

ISSN 1999-9801



АУЭС

Алматы энергетика және
байланыс университетінің
ХАБАРШЫСЫ

ВЕСТНИК

Алматинского университета
энергетики и связи

BULLETIN

OF ALMATY UNIVERSITY OF POWER
ENGINEERING AND TELECOMMUNICATIONS

4 (51)

2020



РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Сагинтаева С.С., д-р экон. наук, канд. физ.- мат. наук, академик МАИН, ректор НАО «Алматинский Университет Энергетики и Связи имени Гумарбека Даукеева»
Гита Ревалде, доктор PhD, член-корреспондент Академии наук Латвии, директор Национального Совета науки, Рига, Латвия
Главный редактор – Стояк В.В., канд. техн. наук, профессор, НАО «Алматинский Университет Энергетики и Связи имени Гумарбека Даукеева»
Заместитель главного редактора – Жауыт А., доктор PhD, НАО «Алматинский Университет Энергетики и Связи имени Гумарбека Даукеева»
Илиев И.К., д-р техн. наук, Русенский университет, Болгария
Белоев Кристо, д-р техн. наук, Русенский университет, Болгария
Галайко Дмитрий, доктор PhD, университет Сарбонны, Франция
Такая Инамори, доктор PhD, Университет Токио, Япония
Цветков В.Ю., д-р техн. наук, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Белоруссия.
Кузнецов А.А., д-р техн. наук, ФГБОУ ВА «Омский государственный университет путей сообщения», Российская Федерация.
Авезова Н.Р., д-р, техн. наук, Министерство инновационного развития Республики Узбекистан.
Мунц В.А., д-р техн. наук ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Российская Федерация.
Мустафин М.А., д-р техн. наук, НАО «Алматинский Университет Энергетики и Связи имени Гумарбека Даукеева»
Обозов А.Д., д-р техн. наук, Кыргызский государственный технический университет им. И. Раззакова, Кыргызская Республика
Орумбаев Р.К., д-р техн. наук, НАО «Алматинский Университет Энергетики и Связи имени Гумарбека Даукеева»
Потехин В.В., канд. техн. наук доцент Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация
Франческо Сандоро, доктор PhD, Университет Альдо Моро, Бари, Италия
Туманбаева К.Х., канд. техн. наук, НАО «Алматинский Университет Энергетики и Связи имени Гумарбека Даукеева»
Мутуле Анна, доктор PhD, Рижский Технический Университет, Латвия
Махмутов С.К., канд. истор. наук, НАО «Алматинский Университет Энергетики и Связи имени Гумарбека Даукеева»
Алипбаев К.А., доктор PhD, НАО «Алматинский Университет Энергетики и Связи имени Гумарбека Даукеева»
Кабдушев Б.Ж., канд. истор. наук, НАО «Алматинский Университет Энергетики и Связи имени Гумарбека Даукеева»

Ответственный секретарь: Шубаева Д.А.

Технический редактор казахского языка Алмухаметова Г.С.

Технический редактор русского языка Ефимова А.Н.

Технический редактор английского языка Сергеева Л.Д.

С содержанием журнала можно ознакомиться на сайте <http://aues.kz> , <http://vestnik-aues.kz>

Подписаться на журнал можно в редакции журнала и по объединенному каталогу Департамента почтовой связи, подписной индекс -**74108**.

Адрес редакции: 050013, г.Алматы, НАО «Алматинский Университет Энергетики и Связи имени Гумарбека Даукеева», ул. Байтурсынулы, дом 126/1, офис А224

Тел.: 8 (727) 292 58 48, 708 880 77 99, e-mail: vestnik@aues.kz,

[Тираж 200 экз.](#)

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
НЕКОММЕРЧЕСКОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ ИМЕНИ ГУМАРБЕКА
ДАУКЕЕВА»

В Е С Т Н И К

АЛМАТИНСКОГО УНИВЕРСИТЕТА ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ

Учрежден в июне 2008 года

4 (51)

2020

Импакт-фактор - 0.154

Научно-технический журнал
Выходит 4 раза в год

Алматы



**АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ**
имени Гумарбека Даукеева

057
КОД ВУЗА

ГОСУДАРСТВЕННАЯ ЛИЦЕНЗИЯ НА ОБРАЗОВАТЕЛЬНУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ №01377445 ОТ 08.08.2010г. СВИДЕТЕЛЬСТВО ОБ ИНСТИТУЦИОНАЛЬНОЙ АККРЕДИТАЦИИ № 000003

АУЭС - ведущий ВУЗ в Казахстане, готовящий высококвалифицированных специалистов в сфере энергетики, телекоммуникации и IT-технологий во всем регионе Центральной Азии. Университет готовит специалистов по образовательным программам **БАКАЛАВРИАТА, МАГИСТРАТУРЫ И ДОКТОРАНТУРЫ PhD.**

ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ПРОГРАММЫ

Группы ОП	Образовательная программа	Бакалавриат	Магистратура	Докторантура
Информационные технологии	Информатика	+	+	
	Информационные системы	+	+	
	Вычислительная техника и программное обеспечение	+	+	
Информационная безопасность	Системы информационной безопасности	+	+	
Коммуникации и коммуникационные технологии	Радиотехника, электроника и телекоммуникации	+	+	+
	Инфокоммуникационные технологии и системы	+		
	Специальная электросвязь	+		
Электротехника и энергетика	Теплоэнергетика	+	+	+
	Современные и инновационные технологии возобновляемой энергетики	+		
	Предпринимательство в инженерии	+		
	Электротехника	+	+	+
	Интеграция и управление Smart технологиями энергосбережения и энергоэффективности в электротехнике	+		
	Электротехнические системы	+		
Электротехника и автоматизация	Автоматизация и управление	+	+	+
Механика и металлообработка	Приборостроение	+	+	+
Воздушный транспорт и технологии	Космическая техника и технологии	+	+	+
	Космическая инженерия	+		
	Энергообеспечение сельского хозяйства	+		
Агроинженерия	Гибридные системы электроснабжения агропромышленных объектов	+		
Санитарно-профилактические мероприятия	Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды	+	+	
	Инженерная экология и безопасность в энергетике	+		



Язык обучения:
- Казахский
- Русский
- Английский



Форма обучения:
- Очное
- Очное с применением дистанционных технологий

КОЛЛЕДЖ

Шифр	Специальность	Шифр	Квалификация
1304000	Вычислительная техника и программное обеспечение (по видам)	130404 3	Техник-программист
1302000	Автоматизация и управление (по профилю)	130203 3	Промышленный электронщик
0906000	Теплоэнергетические установки тепловых электрических станций	090603 3	Техник-энергетик
		090601 2	Машинист-обходчик по котельному оборудованию
1305000	Информационные системы (по областям применения)	130502 3	Техник-программист
0901000	Электрооборудование электрических станций и сетей (по видам)	090101 3	Техник-электрик
		130610 3	Техник-радиомеханик
0901000	Радиоэлектроника и связь (по видам)	130601 2	Электромонтер по телекоммуникационным сетям и системам



ГРАНТЫ

- Государственный
- От компаний партнеров
- Имени первого ректора АУЭС Гумарбека Даукеева



Иногородным предоставляется общежитие

СТИПЕНДИИ

- Президентская
- Государственная
- Совета попечителей
- Имени первого ректора АУЭС Гумарбека Даукеева
- Имени Ш.Есенова
- Самрук Энерго

АДРЕС:
050013, г. Алматы,
ул. Байтурсынулы 126/1

AUES.KZ

#АУЭС
#AUES
#ТОТСАМЫЙЭНЕРГО
#НЕДЛЯГУМАНИТАРИЕВ

КОНТАКТНЫЙ ТЕЛЕФОН:
+7(727) 292-0303



AUES UNIVERSITY



РУБРИКИ

Теплоэнергетика и Теплотехнологии

- Экспериментальные и численные исследования теплоэнергетических и теплотехнологических процессов
- Физико-химические процессы в теплоэнергетике и теплотехнологиях
- Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии, процессы и аппараты
- Автономные и распределенные системы комплексного энергоснабжения, комбинированное производство энергоносителей.

Телекоммуникации и Коммуникационная инженерия

- Сети и системы радиовещания и телевидения
- Системы и устройства связи, навигации и управления
- Информационные технологии в телекоммуникациях
- Электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств

Космическая инженерия и Робототехника

- Космическая навигация и связь
- Космическое и специальное электронное приборостроение, малые космические аппараты
- ГИС-технологии и методы дистанционного зондирования земли
- Мехатроника и робототехнические системы

Энергообеспечение сельского хозяйства

- Агро инженерные проблемы, энергосбережение и энергоэффективные технологии
- Энергообеспечение отдаленных населенных пунктов и объектов производства на основе возобновляемых источников энергии

Электроэнергетика и Электротехнологии

- Электрические станции, сети и системы
- Электромеханика и электропривод
- Электрический транспорт
- Электроэнергетика на базе ВИЭ
- Интеллектуальные электрические сети

Автоматика, Информационные технологии и Кибербезопасность

- Системы автоматического управления
- Вычислительная техника и программное обеспечение
- Информационные системы
- Системы информационной безопасности

Промышленная и Экологическая безопасность

- Промышленная безопасность технологических процессов
- Состояние и проблемы охраны окружающей среды и пути их решения
- Экологическая безопасность объектов энергетики
- Системы управления безопасности труда

Вопросы высшей школы, Инновационное развитие высшего образования

- Содержание и качество высшего инженерного образования
- Инновационные технологии обучения в высшем образовании
- Прикладная инновационная экономика знаний
- Современные коммуникативные технологии в инженерном образовании



СОДЕРЖАНИЕ

ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ

Саухимов А.А., Баймаханов О.Д., Мұрат А.Қ., Бектимиров А.Т.
ОПТИМИЗАЦИЯ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ С
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АЛГОРИТМА DRAGONFLY.....6

Бектимиров А. Т., Саухимов А.А., Тохтибакиев К.К., Дидоренко Е. В.
ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ НЭС РК ПРИ ВНЕДРЕНИИ
РЕЖИМНОЙ АВТОМАТИКИ WACS.....16

Кешуов С.А., Байсенова Г. С., Молдыбаева Н. И.
СИНТЕЗ СТРУКТУРЫ СИСТЕМ АВТОНОМНОГО ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ
ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ.....27

ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА И ТЕПЛОТЕХНОЛОГИИ

Бражанова Д.К., Терзиев А.К., Стояк В.В
ТЕПЛОПОСТУПЛЕНИЯ В ЗДАНИИ, ФОРМИРУЮЩИЕ ИЗБЫТОЧНОЕ ТЕПЛО.....41

ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ И КОММУНИКАЦИОННАЯ ИНЖЕНЕРИЯ

Туржанова К.М., Коньшин С.В., Солощенко А.В.
АНАЛИЗ СЦЕНАРИЕВ РАЗВЕРТЫВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ NB-IOT В СЕТЯХ 4G С
ПРИМЕНЕНИЕМ РЕЗУЛЬТАТОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ.....51

АВТОМАТИКА, ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И КИБЕРБЕЗОПАСНОСТЬ

Калиаскаров Н.Б., Ивель В.П., Югай В.В., Петров П.А.
ИЗМЕРЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ И ВЛАЖНОСТИ НА ОСНОВЕ ДВУХПРОЦЕССОРНОЙ WI-FI
СИСТЕМЫ.....60

Сейдалиева У.О., Илипбаева Л.Б.
ВИЗУАЛДЫ МӘЛІМЕТТЕР НЕГІЗІНДЕ МОДИФИКАЦИЯЛАНҒАН VGG-16 CNN МОДЕЛІ
КӨМЕГІМЕН ҰШАТЫН НЫСАНДАРДЫ КЛАССИФИКАЦИЯЛАУ..... 70

Қамбаров Д. Б., Қашағанова Г. Б.
ӨНЕРКӘСПТІК ЖҮЙЕЛЕРДЕГІ КОМПЬЮТЕРЛІК ШАБУҢА МӘСЕЛЕЛЕРІН ЗЕРТТЕУ.... 78

Санатова Т.С., Абикенова А.А., Сағытаева К.А.
РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА С
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ.....87

N. V. Syabina, L. K. Ibrayeva

DEVELOPMENT OF METHOD FOR CONTROLLING THE LIQUID PRESSURE VALUE IN THE MAIN PIPELINE IN THE PRESENCE OF GAS-AIR INCLUSIONS.....97

Спабекова Ж.Х., Алмерек С.Ұ., Бердіқұл Н.Б., Туркестан Б.Е.

OPENCV КОМПЬЮТЕРЛІК КӨРУ КІТАПХАНАСЫН ПАЙДАЛАНА ОТЫРЫП ЖОЛ БЕЛГІЛЕРІН ТАҢУ.....106

A.V.Maldynova, M.S. Salykova, M.B. Amreyev

APPLICATION OF BIG DATA ANALYSIS TO FORM A STRATEGY FOR PROMOTING INNOVATIVE PRODUCTS.....115

A. Mashekova, Y. Zhao, EYK Ng, V. Zarikas, O. Mukhmetov

RECENT ADVANCES ON ARTIFICIAL INTELLIGENT TECHNIQUES FOR BREAST CANCER DIAGNOSIS.....126

Газиз Г.Г., Ақмырзаева А.Қ., Базарбек Ж.П., Жасұзақ М.С.

OPENCV КОМПЬЮТЕРЛІК КӨРУ КІТАПХАНАСЫН ПАЙДАЛАНА ОТЫРЫП ҒИМАРАТТАҒЫ АДАМДАР САНЫН ЕСЕПТЕУ.....136

Муханбет А.А., Ерқос А., Жумахан Л.М., Абдирахметова З.М.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ РАСПОЗНАВАНИЕ ЖИВУЧЕСТИ ОБРАЗА С ПОМОЩЬЮ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ.....145

КОСМИЧЕСКАЯ ИНЖЕНЕРИЯ И РОБОТОТЕХНИКА

A.Zhauyt, M. Azilkiyasheva

THE KINEMATIC ANALYSIS OF SEWING MACHINE MECHANISMS.....155

ПРОМЫШЛЕННАЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Иманкулова Б.Б., Аманжолова С.Т., Дуйсебекова К.С.

ПРОГРАММНО - ТЕХНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СБОРА ДАННЫХ С КОНЕЧНЫХ УЗЛОВ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ.....164

ВОПРОСЫ ВЫСШЕЙ ШКОЛЫ, ИННОВАЦИОННОЕ РАЗВИТИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

Кабдушев Б.Ж., Дәкенов М.Д., Байдильдина С.Х.

АЛМАТЫ ЭНЕРГЕТИКА ИНСТИТУТЫНЫҢ ҚҰРЫЛУ ТАРИХЫ.....173

Балакаева Г.Т., Ақмырзаева Қ.А.

ПАЙДАЛАНУШЫ РЕЙТИНГІНІҢ ТАЛДАУЫ ҮШІН АҚПАРАТТЫҚ ЖҮЙЕНІҢ МОДУЛІН ЖАСАУ.....184

Хан С.Г., Тлеубаева Ж.С., Гинятова А.Ю.

ВИРТУАЛЬНЫЕ ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ КАК ФОРМА ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ.....193

Редакция журнала «Вестник АУЭС» информирует читателей, что статья **Шишкина А.А., Шишкина А.А., Душкиной Н.Н.** «Экспериментальное исследование аэродинамической структуры потока в зоне сепарации частиц нового золоулавливающего устройства» в соответствии с заявлением авторов отозвана из журнала «Вестник АУЭС» №2 (49) 2020 г. Основание: Акт об отзыве статьи от 05 ноября 2020 г.



44.29.37

ОПТИМИЗАЦИЯ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АЛГОРИТМА DRAGONFLY

А.А. Саухимов¹, О.Д. Баймаханов², А.Қ. Мұрат³, А.Т. Бектимиров⁴

Некоммерческое акционерное общество «Алматинский университет энергетики и связи
имени Гумарбека Даукеева», г. Алматы, Казахстан

¹e-mail: a.saukhimov@aes.kz

²e-mail: o.baimakhan@aes.kz

³e-mail: a.murat@aes.kz

⁴e-mail: a.bektimirov@aes.kz

Аннотация. Одной из стратегических задач развития электрических сетей является снижение потерь электроэнергии. Оптимизация режимов электрической сети по активной и реактивной мощностям – одно из действенных мероприятий по снижению потерь напряжения и мощности при передаче электроэнергии от источника к потребителю. При этом актуальным является применение эффективных методов оптимизации, способных в условиях ограничений найти оптимальные точки подключения распределенных источников генерации. В статье рассматривается использование нового эвристического алгоритма Dragonfly для эффективной расстановки источников активной и реактивной мощностей, с целью снижения отклонения напряжения в узлах нагрузок. По результатам оптимизационного моделирования установлено, что применение данного метода позволяет эффективно снизить отклонения напряжения на 7% относительно номинальных значений, при комбинированном подключении солнечных установок и конденсаторных батарей различной мощности.

Ключевые слова: потери электроэнергии, распределительные электрические сети, оптимизационные эвристические алгоритмы, алгоритм Dragonfly.

Введение

Снижение технологического расхода на передачу электроэнергии всегда является приоритетной задачей для компаний распределительных электрических сетей. В условиях роста потребления нагрузки очевидно, что будут возрастать переменные потери электроэнергии в электрических сетях 10/0,4 кВ, к примеру, по г. Алматы прирост потребления электроэнергии ориентировочно составил 20% по сравнению с 2015 г [1]. В этой связи актуальным является подход оптимизации потокораспределения мощности с целью минимизации потерь электроэнергии. Однако, радиальная структура распределительных электрических сетей не позволяет управлять режимом сети, как в энергосистемах 220 кВ и выше, что усложняет оптимизацию режимов по активной и реактивной мощностям в электрических сетях 10/0,4 кВ. Вместе с этим, в Казахстане широко распространяются ВИЭ (возобновляемые источники энергии) [2], в частности принятые нормативные документы [3] способствуют использованию солнечных установок (солнечные панели, инверторы, накопители) жителями городов и пригородов для покрытия собственного энергопотребления. Подключение солнечных установок в распределительную сеть 10/0,4 кВ значительно повышает фазное напряжение в узлах [4] и меняет баланс активных (P) и реактивных мощностей (Q) (1,2):

$$P_r - P_{\text{потреб}} - \Delta P = 0 \quad (1)$$

$$Q_{\Gamma} - Q_{\text{потреб}} - \Delta Q = 0 \quad (2),$$

где P_{Γ} Q_{Γ} – мощность генерации;
 $P_{\text{потр}}$ $Q_{\text{потреб}}$ – мощность нагрузки;
 ΔP ΔQ – потери мощности.

В результате создается система распределенной генерации электрической энергии (РГЭ) в центрах нагрузок. При этом РГЭ может быть использована для оптимизации режимом и управления активными и реактивными [5] потоками мощности в период максимальных нагрузок, что позволит снизить потери напряжения и активной мощности (3, 4).

$$\Delta U = \frac{(Pr_0 + Qx_0)L}{U_n} \quad (3)$$

где P , Q – активная и реактивная мощности;
 U_n – номинальное напряжение;
 r_0 – удельное активное сопротивление;
 x_0 – удельное реактивное сопротивление;
 L – длина линии.

$$\Delta P = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} \times R \quad (4),$$

где P , Q – активная и реактивная мощности;
 U – номинальное напряжение;
 R – активное сопротивление линии.

Вместе с этим актуальным является вопрос нахождения оптимальной функции по подключению РГЭ в сеть для снижения потерь напряжения и активной мощности.

В литературе имеется несколько исследований, направленных на поиск оптимального расположения и мощности источников распределенной генерации. Одно из последних исследований использовало для этой цели алгоритм Moth-Flame Optimization [6]. Для решения задачи оптимальной мощности и размещения источников распределенной генерации были использованы несколько других эвристических алгоритмов, включая алгоритм Crow Search [7], алгоритм Whale Optimization [8], алгоритм Flower Pollination Optimization [9], алгоритм teaching learning-based optimization [10].

Для решения задачи оптимизации в настоящей работе применяется один из эвристических методов Алгоритм Dragonfly [11].

Моделирование работы алгоритма Dragonfly выполнено в программном комплексе Matlab с использованием пакета OpenDSS на тестовой схеме в 33 узла IEEE.

Алгоритм Dragonfly

Dragonfly Algorithm (DA) – один из последних эвристических оптимизационных алгоритмов [12]. Алгоритм имитирует статическое и динамическое поведения роя стрекоз. Выбраны две важные фазы оптимизации, исследования и эксплуатации, которые разработаны путем моделирования социального взаимодействия стрекоз при навигации, поиске еды и избегании врагов при динамическом или статистическом образовании роев.

Согласно Рейнольдсу, поведение роя руководствуется тремя примитивными принципами [13]: разделение, нужно для предотвращения статических столкновений особей друг с другом; выравнивание, нужно для усреднения скорости всех особей; сплочение, создание единого роя.

Также рой стремится найти источник пищи и убежать от врага. Учитывая эти два поведения, существует пять основных факторов поведения стрекоз в рое, как показано на рисунке 1.

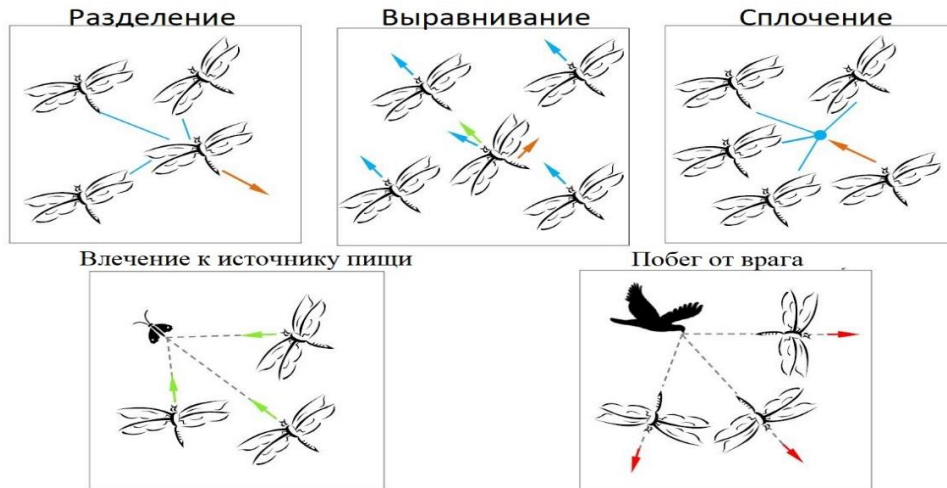


Рисунок 1 – Факторы поведения стрекоз в рое

Каждое из этих поведений математически моделируется следующим образом:
Разделение рассчитывается следующим образом:

$$S_i = -\sum_{j=1}^N X - X_j \quad (5)$$

где X – позиция текущего индивида, X_j – положение j -го соседнего индивида, а N – количество соседних индивидов.

Выравнивание рассчитывается следующим образом:

$$A_i = \frac{\sum_{j=1}^N V_j}{N} \quad (6)$$

где V_j – скорость j -го соседнего индивида.

Сплочение рассчитывается следующим образом:

$$C_i = \frac{\sum_{j=1}^N X_j}{N} - X \quad (7)$$

где X – позиция текущего индивида, N – количество соседних индивидов, X_j – положение j -го соседнего индивида.

Влечение к источнику пищи рассчитывается следующим образом:

$$F_i = X^+ - X \quad (8)$$

где X – позиция текущего индивида, X^+ – показывает положение источника пищи.

Побег от врага рассчитывается следующим образом:

$$E_i = X^- + X \quad (9)$$

где X – позиция текущего индивида, X^- – показывает позицию врага.

Поведение стрекоз является комбинацией этих пяти корректирующих моделей. Чтобы обновить положение искусственных стрекоз в пространстве поиска и имитировать их движения, рассматриваются два вектора: шаг (ΔX) и позиция (X). Математическое выражение вектора шага следующее:

$$\Delta X_{t+1} = (sS_i + aA_i + cC_i + fF_i + eE_i) + w\Delta X_t \quad (10),$$

где s – вес разделения, S_i – разделение i -го индивида, a – вес выравнивания, A – выравнивание i -го индивида, c – вес сплочения, C_i – сплочение i -го индивида, f – фактор еды, F_i – источник пищи i -го индивида, e – фактор врага, E_i – позиция врага i -го индивида, w – вес инерции, t – счетчик итераций.

После вычисления вектора шага векторы положения вычисляются следующим образом:

$$X_{t+1} = X_t + \Delta X_{t+1} \quad (11)$$

где t – текущая итерация.

Поведения исследования и эксплуатации во время оптимизации достигаются благодаря разделению, выравниванию, сплочению, факторам еды и врага (s , a , c , f и e). У каждой стрекозы есть окружность для исследования. Для перехода от разведки к эксплуатации радиусы окрестностей увеличиваются пропорционально количеству итераций.

Необходимо использовать случайный ход (Levy flight) для того, чтобы увеличить случайность поведения искусственных «стрекоз» при исследовании области поиска. Для этой цели используется следующее уравнение:

$$X_{t+1} = X_t + Levy(d) \times X_t \quad (12),$$

где t – текущая итерация, d – величина вектора позиции.

Случайный ход (Levy flight) рассчитывается следующим образом:

$$Levy(x) = 0.01 \times \frac{r_1 \times \sigma}{|r_2|^{1/\beta}} \quad (13)$$

где r_1 , r_2 – две случайные между 0 и 1, β – константа (в данном случае равная 1.5), σ – рассчитывается так:

$$\sigma = \left(\frac{\Gamma(1 + \beta) \times \sin\left(\frac{\pi\beta}{2}\right)}{\Gamma\left(\frac{\pi\beta}{2}\right) \times \beta \times 2^{\left(\frac{\beta-1}{2}\right)}} \right)^{1/\beta} \quad (14),$$

где Γ – стандартная гамма функция.

Результаты моделирования оптимизации режима

Для моделирования и оптимизации режимов с применением алгоритмов ДА была выбрана тестовая схема из 33 узлов IEEE [14]. Тестовая схема является эталонной моделью электрической системы, состоящей из элементов сети и ее параметров, нагрузки и генерации, которую широко используют для различных исследований, при изменении внешних параметров таких, как активная и реактивная генерация, напряжения и т.д. Тестовая схема представляет из себя радиальную распределительную электрическую сеть (рисунок 2) с тремя ответвлениями и подключенными узлами активных и реактивных нагрузок.

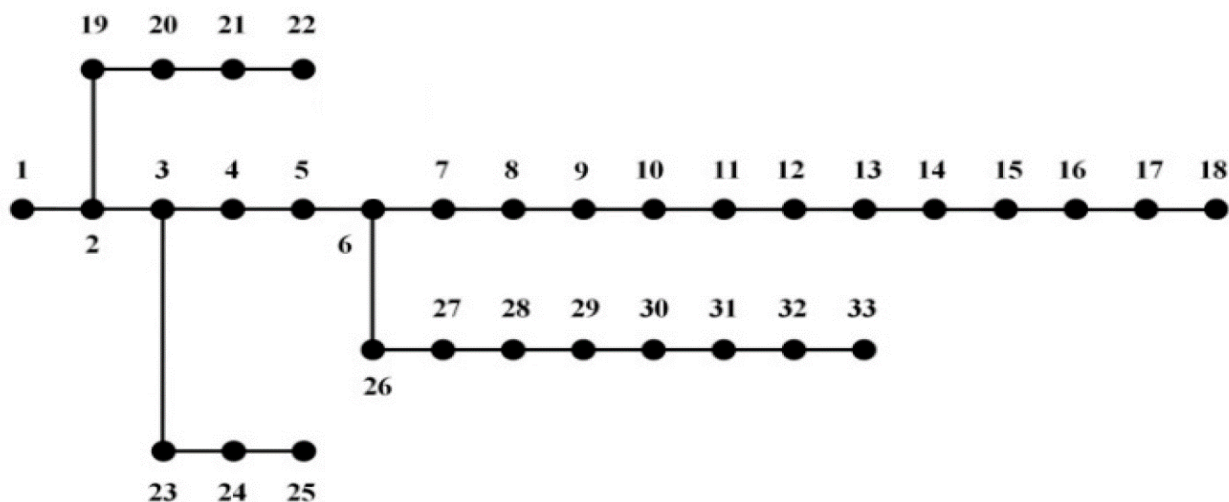


Рисунок 2 – Схема тестовой системы IEEE на 33 узла.

Поузловые данные активных и реактивных нагрузок приведены в таблице 1, что позволяет выполнить расчет установившегося режима.

Таблица 1. Данные по активным и реактивным нагрузкам

№ Узла	Активная мощность, кВт	Реактивная мощность, кВАр	№ Узла	Активная мощность, кВт	Реактивная мощность, кВАр
1	0	0	18	90	40
2	100	60	19	90	40
3	90	40	20	90	40
4	120	80	21	90	40
5	60	30	22	90	40
6	60	20	23	90	50
7	200	100	24	420	200
8	200	100	25	420	200
9	60	20	26	60	25
10	60	20	27	60	25
11	45	30	28	60	20
12	60	35	29	120	70
13	60	35	30	200	100
14	120	80	31	150	70
15	60	10	32	210	100
16	60	20	33	60	40
17	60	20			

Расчет режима сети был выполнен с применением кода метода прямого-обратного хода [15]. Далее после установления параметров напряжения, потерь мощности для нахождения оптимальных узлов подключения генерации активной и реактивной мощностей к сети (рисунок 3) применяется алгоритм DA (рисунок 3).

```

Инициализировать популяцию стрекоз  $X_i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ )
Инициализировать вектор шага  $\Delta X_i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ )
while конечное условие не выполнено
    Вычислите объективные значения всех стрекоз
    Обновление источников пищи и врага
    Обновление  $w, s, a, c, f, e$ 
    Вычислить  $S, A, C, F, E$ , используя уравнения с (1) по (5)
    Обновить соседствующие радиусы
    if стрекоза имеет хотя бы одного соседствующего индивида

```

```

Обновить вектор скорости, используя уравнение (6)
Обновить вектор позиции, используя уравнение (7)
else
    Обновить вектор позиции, используя уравнение (8)
end if
Проверьте и исправьте новые позиции на основе границ переменных
end while

```

Рисунок 3 – Псевдокод алгоритма Dragonfly

Мы стремимся уменьшить отклонения напряжения. Кроме того, наша цель – снизить потери активной мощности. Математическая модель (11) нашей оптимизационной модели может быть представлена следующим образом:

$$\min \sum_{t=1}^{N_{\text{итераций}}} \sum_{i=1}^{N_{\text{узел}}} [(V_i - 1)^2] + \sum_{t=1}^{N_{\text{итераций}}} \Delta P \quad (15)$$

при условии $\begin{cases} X_i \ (i = 1, 2, \dots, n) \\ N_{\text{итераций}} \ (t = 1, 2, \dots, n) \\ 100\text{кВт} \leq P_j \leq 200\text{кВт}, \quad (j = 1, 2, \dots, n) \\ 25\text{кВАр} \leq Q_j \leq 100\text{кВАр}, \quad (j = 1, 2, \dots, n) \\ Y_m \ (m = 2, 3, \dots, m) \end{cases}$

Последовательность оптимизация обеспечивается за счет корректировки входных данных алгоритма DA при следующих условиях:

- задали количество стрекоз в рое X_i равное 40 единицам;
- количество итераций $N_{\text{итераций}}$ – 100 раз.
- ограничили количество устанавливаемых источников генерации 16-ю единицами: 8 источников активной P_j и 8 источников реактивной Q_j мощности;
- ограничили их номинальные мощности в пределах 100-200кВт и 25-100кВАр соответственно;
- Исключили первый узел из рассматриваемых кандидатов Y_m для размещения генерации.

Результаты моделирования

Результаты моделирования оптимизации режимов с использованием алгоритма DA показали, что солнечные установки различной мощности наиболее эффективно устанавливать в следующих узлах (таблица 2).

Таблица 2. Подключение солнечных установок

Узел	Мощность, кВАр
7	100
8	100
14	75
18	37,5
29	50
30	100
31	50
32	100

Дополнительно в распределительную сеть необходимо подключить конденсаторные батареи различной мощности, наиболее эффективные точки их установки показаны в нижеследующей таблице (таблица 3).

Таблица 3. Подключение конденсаторных батарей

Узел	Мощность, кВАр
4	100
7	150
8	150
14	100
24	200
25	200
30	150
32	200

Рекомендуемая установка источников активной и реактивной мощностей обеспечивает максимальное повышение отклонения напряжения в соответствии с номинальным значением во всех узлах нагрузок, что продемонстрировано на рисунке 4.

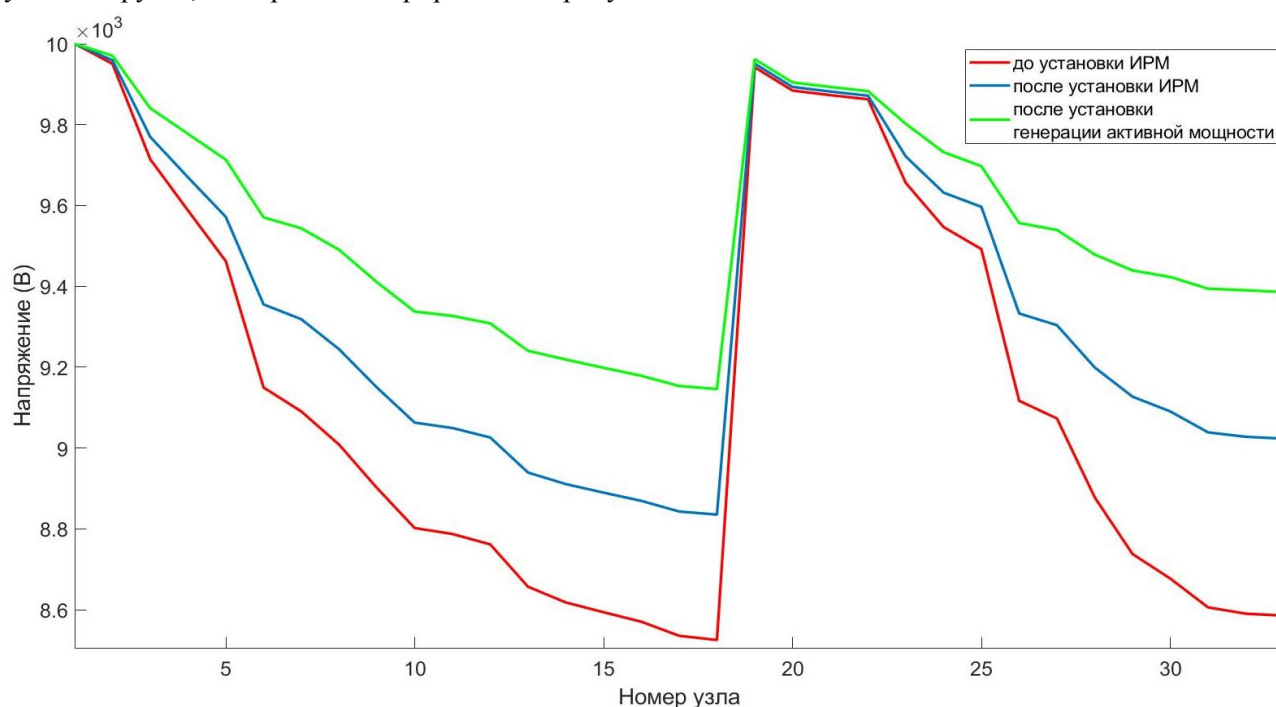


Рисунок 4 – График падения напряжений на узлах после установки ИРМ и ИАМ

Оптимизационная функция DA расположила подключение 16 солнечных установок и конденсаторных батарей различной номинальной мощности в узлах с наибольшим потреблением активной и реактивной мощностей, а также с учетом обеспечения минимального падения напряжения относительно центра питания. В результате рекомендуемая алгоритмом DA вариативная установка источников РГЭ по электрической сети позволяет минимизировать снижение напряжения в удаленных узлах нагрузок на 2,9 % при подключении конденсаторных батарей, и на 7% при комбинированном подключении солнечных установок и конденсаторных батарей.

Закключение

Применение алгоритма DA на тестовой схеме в 33 узла показало, что оптимизационная функция позволяет в условиях поставленных ограничений максимально эффективно расставить по электрической сети 16 РГЭ (8 источников активной и 8 источников реактивной мощностей) относительно снижения падения напряжения между центром питания и удаленными потребителями. В результате обеспечивается снижение отклонения напряжения на 7% в узлах нагрузок относительно номинальных значений, что, в свою очередь, положительно сказывается на снижении потерь напряжения ΔU и мощности ΔP . При этом максимальное снижение потерь напряжения ΔU

достигается за счет дополнительной установки конденсаторных батарей в узлах нагрузок. В связи с этим, для снижения потерь ΔU и ΔP в электрических сетях, на участках, где располагаются солнечные установки, необходимо предусматривать установку батарей статических конденсаторов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Программа развития г. Алматы – 2020. https://www.almaty.gov.kz/page.php?page_id=3239&lang=1
- [2] Самойленко А. Г. Развитие возобновляемой энергетики в Республике Казахстан: взгляд на международный опыт / А. Г. Самойленко. — Текст: непосредственный // Молодой ученый. — 2018. — № 11 (197). — С. 238-241.
- [3] Закон Республики Казахстан от 4 июля 2009 года № 165-IV «О поддержке использования возобновляемых источников энергии»
- [4] B. Muruganantham, R. Gnanadass and N. P. Padhy, Unbalanced load flow analysis for distribution network with solar PV integration. 2016 National Power Systems Conference (NPSC), Bhubaneswar, 2016, pp. 1-6, doi: 10.1109/NPSC.2016.7858849.
- [5] Омельчук А. О., Скрипник А. М., Трондюк В. С. Оптимизация параметров и режимов источников реактивной мощности в электрических сетях разных уровней напряжения // Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. 2012. №11 (105).
- [6] O. Ceylan and S. Paudyal, “Optimal capacitor placement and sizing considering load profile variations using moth-flame optimization algorithm,” in 2017 International Conference on Modern Power Systems (MPS), 2017, pp. 1–6.
- [7] A. Askarzadeh, “Capacitor placement in distribution systems for power loss reduction and voltage improvement: a new methodology,” IET Generation, Transmission Distribution, vol. 10, no. 14, pp. 3631–3638, 2016.
- [8] D. Prakash and C. Lakshminarayana, “Optimal siting of capacitors in radial distribution network using whale optimization algorithm,” Alexandria Engineering Journal, vol. 56, no. 4, pp. 499 – 509, 2017. [Online].
- [9] A. Abdelaziz, E. Ali, and S. A. Elazim], “Optimal sizing and locations of capacitors in radial distribution systems via flower pollination optimization algorithm and power loss index,” Engineering Science and Technology, an International Journal, vol. 19, no. 1, pp. 610 – 618, 2016.
- [10] S. Sultana and P. K. Roy, “Optimal capacitor placement in radial distribution systems using teaching learning-based optimization,” International Journal of Electrical Power & Energy Systems, vol. 54, pp. 387 – 398, 2014.
- [11] Mirjalili, Seyedali. (2015). Dragonfly algorithm: A new meta-heuristic optimization technique for solving single-objective, discrete, and multi-objective problems. Neural Computing and Applications. 10.1007/s00521-015-1920-1.
- [12] Rahman, Chnoor & Rashid, Tarik. (2019). Dragonfly Algorithm and Its Applications in Applied Science Survey. Computational Intelligence and Neuroscience. 2019. 1-21. 10.1155/2019/9293617.
- [13] Reynolds CW (1987) Flocks, herds and schools: a distributed behavioral model. ACM SIGGRAPH Comput Gr 21:25–34.
- [14] IEEE 33-Bus Test distribution system. <https://edoc.pub/ieee-33-bus-test-distribution-system-pdf-free.html>
- [15] Saad Ouali & Abdeljabbar Cherkaoui. An Improved Backward/Forward Sweep Power Flow Method Based on a New Network Information Organization for Radial Distribution Systems. Journal of electrical and Computer Engineering, 2020. Article ID 5643410

REFERENCES

- [1] Development program for Алматы – 2020. https://www.almaty.gov.kz/page.php?page_id=3239&lang=1
- [2] Samoilenko A.G. Development of renewable energy in the Republic of Kazakhstan: a look at international experience / A.G. Samoilenko. - Text: direct // Young scientist. - 2018. — № 11 (197). — P. 238-241.

- [3] Law of the Republic of Kazakhstan dated July 4, 2009 No. 165-IV "On supporting the use of renewable energy sources"
- [4] B. Muruganatham, R. Gnanadass and N. P. Padhy, Unbalanced load flow analysis for distribution network with solar PV integration. 2016 National Power Systems Conference (NPSC), Bhubaneswar, 2016, pp. 1-6, doi: 10.1109/NPSC.2016.7858849.
- [5] A. O. Omelchuk, A. M. Skripnik, V. S. Trondyuk. Optimization of parameters and modes of reactive power sources in electric networks of different voltage levels // Enerfy saving. Power industry. Energy audit. 2012. №11 (105).
- [6] O. Ceylan and S. Paudyal, "Optimal capacitor placement and sizing considering load profile variations using moth-flame optimization algorithm," in 2017 International Conference on Modern Power Systems (MPS), 2017, pp. 1–6.
- [7] A. Askarzadeh, "Capacitor placement in distribution systems for power loss reduction and voltage improvement: a new methodology," IET Generation, Transmission Distribution, vol. 10, no. 14, pp. 3631–3638, 2016.
- [8] D. Prakash and C. Lakshminarayana, "Optimal siting of capacitors in radial distribution network using whale optimization algorithm," Alexandria Engineering Journal, vol. 56, no. 4, pp. 499 – 509, 2017.
- [9] A. Abdelaziz, E. Ali, and S. A. Elazim], "Optimal sizing and locations of capacitors in radial distribution systems via flower pollination optimization algorithm and power loss index," Engineering Science and Technology, an International Journal, vol. 19, no. 1, pp. 610 – 618, 2016.
- [10] S. Sultana and P. K. Roy, "Optimal capacitor placement in radial distribution systems using teaching learning-based optimization," International Journal of Electrical Power & Energy Systems, vol. 54, pp. 387 – 398, 2014.
- [11] Mirjalili, Seyedali. (2015). Dragonfly algorithm: A new meta-heuristic optimization technique for solving single-objective, discrete, and multi-objective problems. Neural Computing and Applications. 10.1007/s00521-015-1920-1.
- [12] Rahman, Chnoor & Rashid, Tarik. (2019). Dragonfly Algorithm and Its Applications in Applied Science Survey. Computational Intelligence and Neuroscience. 2019. 1-21. 10.1155/2019/9293617.
- [13] Reynolds CW (1987) Flocks, herds and schools: a distributed behavioral model. ACM SIGGRAPH Comput Gr 21:25–34.
- [14] IEEE 33-Bus Test distribution system. <https://edoc.pub/ieee-33-bus-test-distribution-system-pdf-free.html>
- [15] Saad Ouali & Abdeljabbar Cherkaoui. An Improved Backward/Forward Sweep Power Flow Method Based on a New Network Information Organization for Radial Distribution Systems. Journal of electrical and Computer Engineering, 2020. Article ID 5643410

Благодарности. Исследования, приведенные в данной статье, проводились в рамках выполнения работ по «грантовому финансированию молодых ученых по научным и научно-техническим проектам на 2020-2021 годы» Комитета науки Министерства образования и науки РК по Договору №101 от 25.05.2020 г. на тему AP08052770 «Оптимизация планирования и управления электрическими режимами в Smart Grid системах».

DRAGONFLY АЛГОРИТМІН ҚОЛДАНА ОТЫРЫП, ТАРАТУ ЖЕЛІЛЕРІНДЕГІ ЭЛЕКТР ЭНЕРГИЯСЫНЫҢ ШЫҒЫНЫН ОҢТАЙЛАНДЫРУ

А.А. Саухимов¹, О.Д. Баймаханов², А.Қ. Мұрат³, А.Т. Бектимиров⁴

«Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғамы, Алматы қ., Қазақстан

¹e-mail: a.saukhimov@aes.kz

²e-mail: o.baimakhan@aes.kz

³e-mail: a.murat@aes.kz

⁴e-mail: a.bektimirov@aes.kz

Аңдатпа. *Электр желілерін дамытудың стратегиялық міндеттерінің бірі электр энергиясының шығынын азайту болып табылады. Активті және реактивті қуат бойынша электр желісінің режимдерін оңтайландыру электр энергиясын энергия көзінен тұтынушыға тасымалдау кезінде кернеу мен қуаттың шығынын төмендетудің тиімді шараларының бірі болып табылады. Сонымен қатар, шектеулер жағдайында таратылған генерациялау көздеріне оңтайлы қосылу нүктелерін табуға қабілетті тиімді оңтайландыру әдістерін қолдану маңызды. Мақалада жүктеме тораптарындағы кернеу ауытқуын төмендету мақсатында активті және реактивті қуат көздерін тиімді орналастыру үшін Dragonfly жаңа эвристикалық алгоритмін пайдалану қарастырылған. Оңтайландыруды модельдеудің нәтижелері бойынша бұл әдісті қолдану күн қондырғылары мен түрлі қуаттылықтағы конденсатор банктерін біріктіре отырып, номиналды шамаларға қатысты кернеудің ауытқуын 7% -ға тиімді төмендете алатындығы анықталды.*

Түйін сөздер: *электр энергия шығыны, таратушы электр желілері, оңтайландыру эвристикалық алгоритмдері, Dragonfly алгоритмі.*

OPTIMIZATION OF ELECTRICITY LOSSES IN DISTRIBUTION NETWORKS USING THE DRAGONFLY ALGORITHM

A.A. Saukhimov¹, O.D. Baimakhanov², A.K. Murat³, A.T. Bektimirov⁴

Non-profit joint-stock company “Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named after Gumarbek Daukeev”, Almaty, Kazakhstan

¹e-mail: a.saukhimov@aes.kz

²e-mail: o.baimakhan@aes.kz

³e-mail: a.murat@aes.kz

⁴e-mail: a.bektimirov@aes.kz

Annotation. *One of the strategic tasks in the development of electric grids is to reduce electricity losses. Optimization of the modes of the electrical network in terms of active and reactive power is one of the most effective measures to reduce voltage and power losses during transmission of electricity from the source to the consumer. The use of effective optimization methods capable of finding optimal connection points for distributed generation sources under constraints is urgent. The use of the new Dragonfly heuristic algorithm for the effective placement of active and reactive power sources in order to reduce the voltage deviation in the load nodes is discussed in the article. Based on the results of optimization modeling, it was found that the use of this method can effectively reduce voltage deviations by 7% relative to nominal values, with a combined connection of solar installations and capacitor banks of various capacities.*

Key words: *power losses, distribution electric networks, heuristic optimization algorithms, Dragonfly algorithm.*



МРНТИ 44.37.01

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ НЭС РК ПРИ ВНЕДРЕНИИ РЕЖИМНОЙ АВТОМАТИКИ WACS

А.Т. Бектимиров¹, А.А. Саухимов¹, К.К. Тохтибакиев¹, Е.В. Дидоренко²

¹НАО «Алматинский университет энергетики и связи имени Гумарбека Даукеева»,
г. Алматы, Казахстан

²АО «Kazakhstan Electricity Grid Operating Company», г. Нур-Султан, Казахстан
e-mail: a.bektimirov@aues.kz

Аннотация. В данной статье приведены результаты исследований по созданию режимной автоматики на базе системы WAMS-WACS на транзите Север-Юг, включающие использование новых информационных технологий при формировании данных по оценке состояния сети в темпе процесса, методы и алгоритмы управления режимами НЭС РК в реальном времени, формирование суточных графиков и балансовых перетоков мощности с использованием прогнозирования на базе искусственного интеллекта.

Ключевые слова: синхронизированные векторные измерения, устойчивость, режимная автоматика, нейронная сеть, искусственный интеллект.

Введение

Повышение надежности функционирования НЭС Казахстана в соответствии с концепцией Интеллектуальных Электрических Сетей (ИЭС) достигается созданием систем управления режимами ЭЭС в реальном времени на базе цифровых систем контроля состояния ЭЭС, включающих:

- Устройства контроля схемы сети (пусковые устройства РЗ и ПА);
- Выявительные устройства и системы, контролирующие параметры режима сети.

В настоящее время при введении режима, с использованием первой группы устройств контроля сети, область допустимых режимов для различных схем определяется заранее на стадии предварительных расчетов. Такой подход позволяет инструктировать диспетчера об основных допустимых конфигурациях ЕЭС Казахстана, однако число возможных сочетаний схем и режимов ЕЭС Казахстана не позволяет заранее просчитать и описать в инструкции. В результате при наложении аварийных отключений на ремонтные схемы, диспетчерский персонал может судить о надежности режима только по косвенным признакам: уровням напряжений, частоте, величине тока по проводам воздушной линии (ВЛ) и оборудованию. Этот недостаток устраняется при создании адаптивных систем управления с использованием системы WAMS-WACS на базе синхронизированных векторных измерений (СВИ) [1-4]. Систему WAMS, основанную на синхронизированных векторных измерениях от устройств PMU, активно применяют в Америке, странах Европы и Китае [5-8]. Система WAMS позволяет осуществлять выявление наиболее характерных процессов для электроэнергетической системы, возмущений режимных параметров: взаимных углов между векторами напряжений в узлах, частоты, перетоками активной и реактивной мощности, низкочастотных колебаний [9-11].

Решаемые задачи WACS выполняются в виде отдельных функционалов, с использованием методов и алгоритмов адаптивного управления по данным СВИ. Общая структурная схема режимной автоматики WACS и взаимодействия с другими системами приведена на рисунке 1.

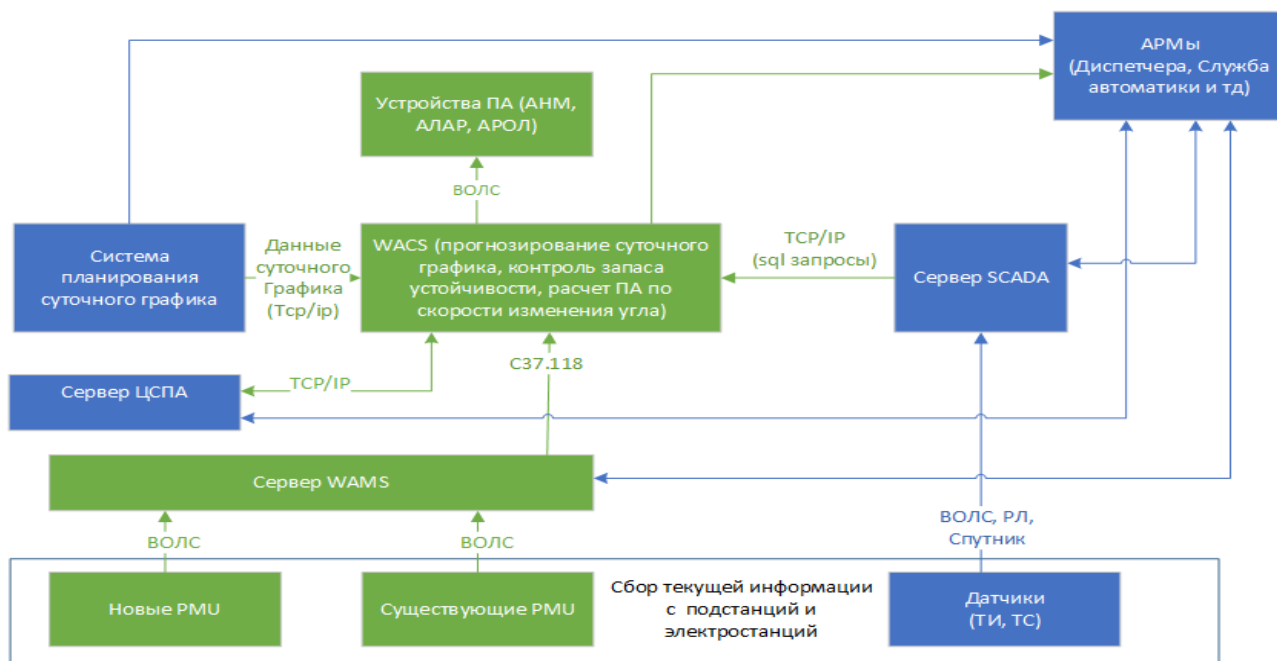


Рисунок 1 – Общая структурная схема WACS

В данной статье приводятся результаты исследования по созданию режимной автоматики НЭС РК с использованием системы WACS на транзите Север-Юг для выполнения следующих задач:

- Формирование суточных графиков нагрузки на основе прогнозирования нагрузки, обеспечивающих надежность баланса с учетом пропускной способности транзита;
- Контроль и прогнозирование запаса статической устойчивости по текущему состоянию режима транзита, для максимального использования пропускную способность транзита Север -Юг;
- Контроль и прогнозирование аварийных небалансов, приводящих к нарушению устойчивости.

Далее в работе приводятся описания предлагаемых функционалов в составе системы WACS:

I. Функционал «Система формирования и прогнозирования суточного графика нагрузки» по транзиту Север-Юг

Решение задач данного функционала возможно при использовании алгоритмов «Формирование нейронной сети на базе искусственного интеллекта» и «Машинное обучение нейронной сети» (Рисунок 2).

Алгоритмы «Формирования нейронной сети на базе искусственного интеллекта» и «Машинного обучения нейронной сети» создают модели энергосистемы, которые будут запоминать и сопоставлять изменения фактических суточных графиков производства-потребления с запланированным на сутки вперед. Нейронная модель будет в постоянном времени обучаться на основании фактических данных и прогнозировать реальные суточные графики производства-потребления, которые сложатся на следующие сутки. В нейронную модель будут введены ограничения, связанные с максимально допустимым перетоком (МДП) и аварийно допустимым перетоком (АДП) транзита «Север-Восток-Юг». Анализ также будет производиться с учетом возникновения факторов нарушения нормального режима: отключение ВЛ, авария на станции, погодные условия, изменения генерации ВИЭ и т. д.

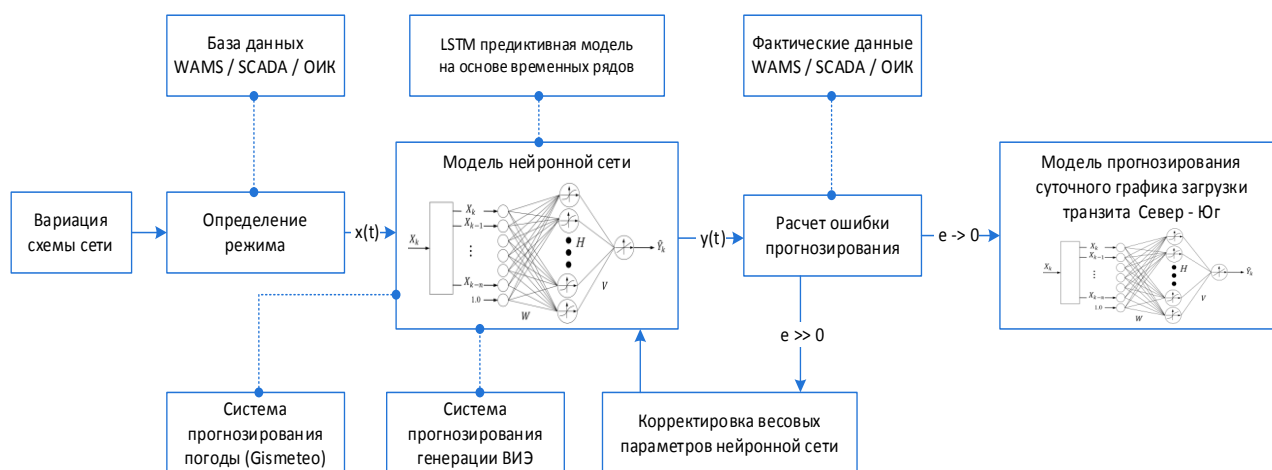


Рисунок 2 - Функциональная схема обучения нейронной сети

Модель энергосистемы для обучения составляет около 60 объектов энергосистемы (источники генерации, линии электропередач, крупные потребители), влияющих на переток мощности в контролируемом сечении.

Выбор модели прогнозирования. Выбор модели для прогнозирования временных рядов обусловлен в первую очередь характером самих данных или, если говорить точнее, объектом прогнозирования [12]. В практических задачах прогнозирования существуют 2 основные модели для решения задач прогнозирования. Первая – это так называемая ARIMA модель на базе алгоритмов авторегрессии. Характерной особенностью применения данной модели является ее точность при прогнозировании нестационарных временных рядов, не имеющих строгих временных закономерностей. Вторая модель – модель глубокого обучения LSTM (Долгая краткосрочная память) на базе рекуррентных нейронных сетей, как наиболее подходящая модель прогнозирования временных рядов с возможностью сохранения памяти в течение длительного периода времени, что более подходит для стационарных временных рядов.

В данной работе мы имеем дело с прогнозированием нагрузки и потребления электроэнергии. Данные по электроэнергии имеют характер постоянно повторяющихся данных (например, суточный график), и их форма (пики) меняется только под влиянием внешних факторов. Тем не менее, они достаточно стационарны, и влияние внешних факторов (отключение потребителей, праздничные дни и т. д.) вполне может быть учтено при построении прогнозной модели. Исходя из этого, LSTM модель была выбрана как наиболее подходящая для решения поставленной задачи.

Дополнительным фактором для выбора LSTM модели, по сравнению, например, с линейной регрессией, является также специфический характер изменения электропотребления в зимний и летний период. Если в зимний период можно наблюдать 2 пиковых значения в течение дня, то в летний период только 1 пиковое значение (в середине дня). Линейные модели не могут моделировать несколько нагрузочных кривых для одного и того же времени.

Для предсказания 24-часового потребления-производства электроэнергии LSTM учитывает данные за прошедшие несколько суток (в процессе обучения и в «боевой» версии), а также на основании прогноза погоды и состояния системы (для прогноза в режиме реального времени) выводит прогноз на указанный период (24 часа или 5 мин).

Согласно Блоку I (рисунок 2), спрогнозированный график перетока мощности для 9 суток представлен на рисунке 3. Результаты моделирования показали ошибку не более 5% в сравнении с реальным перетоком мощности за исследуемый период, где синим показан спрогнозированный переток, а оранжевым – реальный.

Проверка прогнозного перетока по критерию надежности проводится по следующему алгоритму (Блок II) – формирование итогового прогноза перетока по критериям надежности. Данные для расчета, согласно показанному алгоритму, поступают из предыдущего Блока I (рисунок 2), формируемого с помощью нейронной сети. Блок-схема алгоритма приведена на рисунке 4.

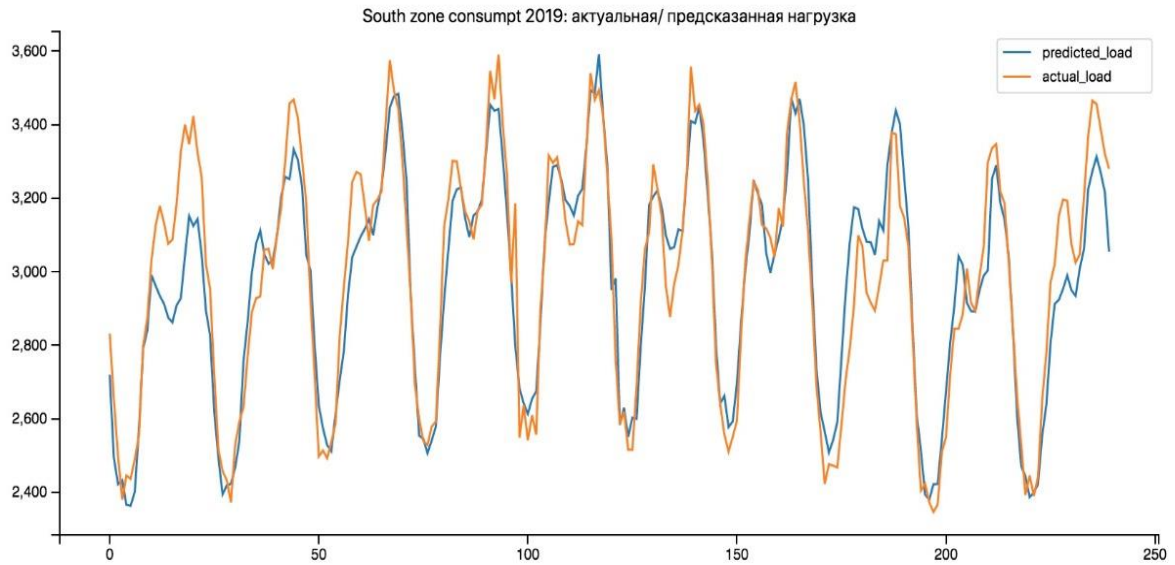


Рисунок 3 - Прогноз на 9 суток вперед

Окончательная проверка выбранного контрактного перетока по критерию надежности будет выполняться путем интеграции с расчетной программой 1-ДО в составе ПО WACS (блок выделен красной пунктирной линией).

Зеленым выделен реализованный блок, на выходе которого получаем данные по прогнозному МДП. График прогнозного МДП сформирован по данным прогнозного перетока, нагрузки и генерации, получаемых от нейронной сети и модуля расчета запаса статической устойчивости.

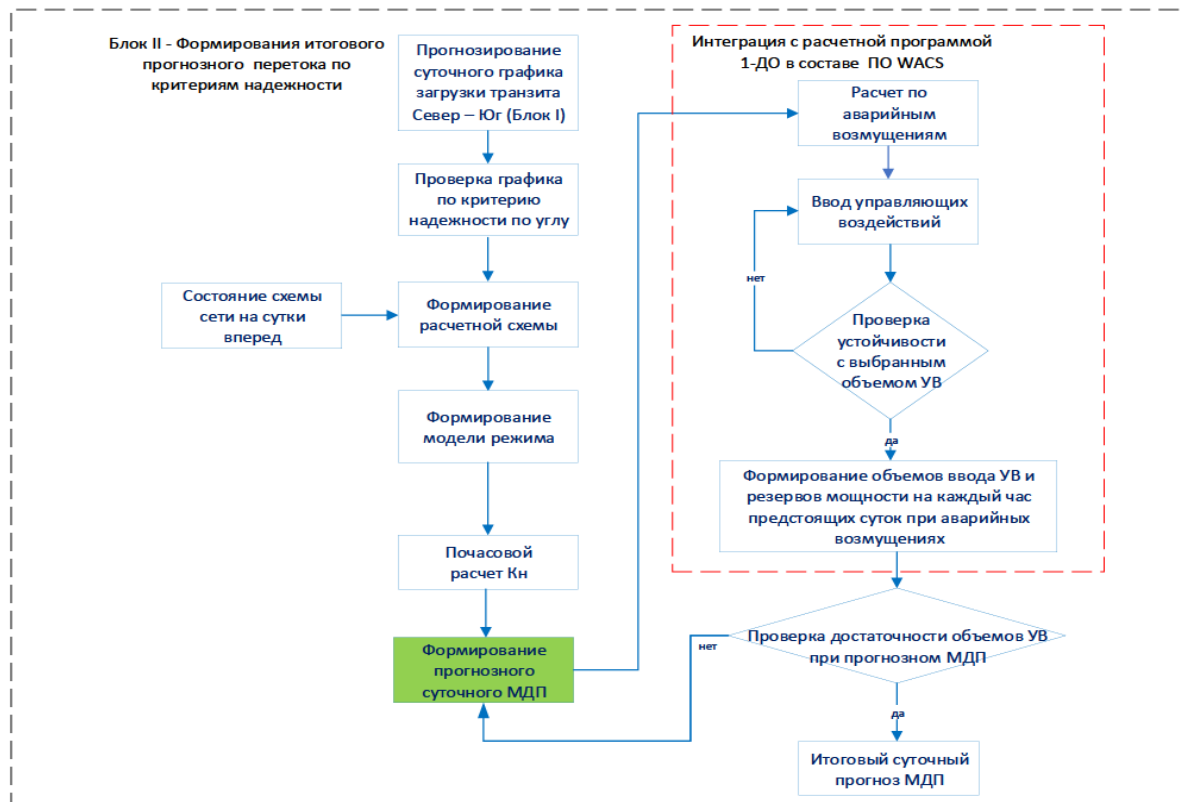


Рисунок 4 – Блок-схема алгоритма формирования итогового прогнозного графика

Вышепредставленный алгоритм предназначен для решения следующих задач:

- Расчет (определение) максимально допустимого перетока, исходя из критерия обеспечения надежности (расчет коэффициента запаса в области допустимых режимов) на каждый час предстоящих суток, исходя из коэффициента усреднения показателей за час, а также расчета «ровного» графика прогнозного МДП.

- Определение достаточности объемов УВ на каждый час предстоящих суток при спрогнозированном перетоке мощности по транзиту и дальнейшая корректировка графика при недостаточности УВ.

- Также возможно определение необходимой величины резерва для регулирования отклонений субъектов Южной Зоны на каждый час предстоящих суток – на выходе число в МВт на каждый час вперед путем предположения включения и отключения энергообъектов.

- Формирование контрактного перетока на предстоящие сутки.

Сформированные суточные графики на сутки вперед по соответствующим протоколам обмена данных будут посылаться в ЦСПА для проверки достаточности противоаварийного управления [13]. После корректировки суточного графика производства потребления в модуле ЦСПА он принимается в работу.

II. Функционал «Система контроля и прогнозирования запаса статической устойчивости» на транзите Север-Юг.

Реализация данного функционала направлена на выявление опасных режимов, способных нарушать устойчивость в реальном времени. Для электроэнергетических систем идея управления по данным синхронизированных измерений сводится к методу вычисления устойчивости в условиях реального времени с помощью устройства управления при использовании расчетной модели. Данная модель формируется в контуре управления транзита для определения опасных режимов в системообразующей сети, а также оценки пропускной способности при адаптивной реакции на изменения схемы.

Технология векторного измерения параметров режима позволяет расширить список получаемых для оценивания состояния параметров за счет учета фаз напряжений в различных узловых точках энергосистемы. Ранее данный формат получения данных был не доступен.

Модуль оценки режима формирует расчетную модель энергосистемы по сетевым параметрам и матрицу Якоби по режимным параметрам, затем производится расчет определителя матрицы. По данным системы WAMS считываются режимные параметры:

1. Напряжения в контролируемых узлах сети ($V_1 \dots V_n$);
2. Перетоки активной мощности по контролируемым ветвям P_{ij} .
3. Вектора напряжений в узлах и значение угла между ними δ ;

Матрица Якоби формируется в следующем виде [14]:

$$\frac{\partial W}{\partial \delta} = \begin{bmatrix} \frac{\partial w_1}{\partial \delta_1} & \dots & \frac{\partial w_1}{\partial \delta_{m-1}} \\ \dots & \dots & \dots \\ \frac{\partial w_{m-1}}{\partial \delta_1} & \dots & \frac{\partial w_{m-1}}{\partial \delta_{m-1}} \end{bmatrix} \quad (1)$$

Переход через ноль Якобиана является условием развала статической устойчивости: $J < 0$

Формирование матрицы Якоби и дальнейший расчет определителя производится модулем оценки режима. СВИ предоставляет значения напряжений в контролируемых узлах сети ($V_1 \dots V_n$), вектора напряжений в узлах и значение угла между ними, перетоки активной мощности по контролируемым ветвям P_{ij} . Формирование матрицы Якоби в следующем виде:

$$\left(\frac{\partial \Delta P}{\partial \delta} \right)_{km} = \frac{\partial \Delta P_k}{\partial \delta_m} = \begin{cases} V_k V_m (-G_{km} \sin \delta_{km} + B_{km} \cos \delta_{km}), & k \neq m; \\ V_k \sum_{m \in k} V_m (G_{km} \sin \delta_{km} - B_{km} \cos \delta_{km}), & k = m; \end{cases} \quad (2)$$

Методы построения аппроксимации по точкам использованы для получения зависимости функции J от наблюдаемых параметров режима сети.

С использованием метода наименьших квадратов (МНК) определяются коэффициенты аппроксимирующей зависимости.

В функционале используется постоянный контроль запаса устойчивости по данным WAMS и адаптивная опережающая оценка предела передаваемой мощности по сечению «Север-Юг» НЭС Казахстана. В данном функционале коэффициент запаса статической определяется периодически следующим образом:

$$K_3 = \frac{P_{\text{пр}} - (P_{\text{пер}} + P_{\text{нк}})}{P_{\text{пр}}} \times 100 \quad (3)$$

где $P_{\text{пр}}$ – предельный переток активной мощности по сечению по значению аппроксимирующей функции.

$P_{\text{пер}}$ - текущая передаваемая активная мощность.

$P_{\text{нк}}$ - нерегулярные колебания.

Алгоритм поиска предела пропускной способности по сечению приведен на рисунке 5.

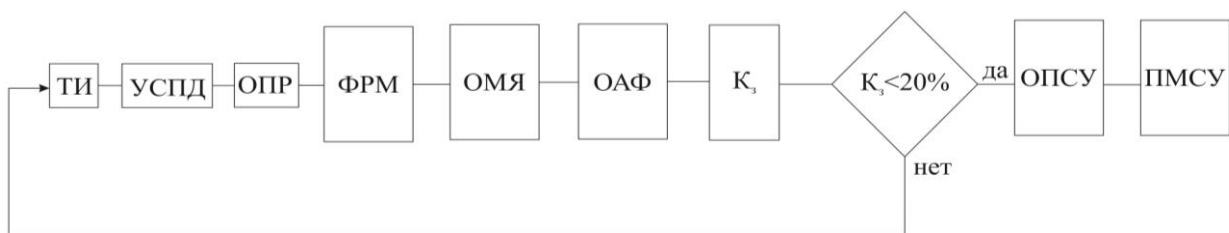


Рисунок 5 – Структура алгоритма прогнозирования предела статической устойчивости.

где ТИ-телеизмерения; УСПД- устройство сбора и передачи данных; ОПР – определение параметров режима; ФРМ- формирование расчетной модели; ОМЯ- определение матрицы Якоби; ОАФ – определение аппроксимирующей функций; ОПСУ – определение предела статической устойчивости с $K_3 < 20\%$; ПМСУ – применение мер по сохранению устойчивости.

При значении коэффициента запаса (K_3) менее 20% диспетчер получает сигнал о приближении энергосистемы к пределу статической устойчивости.

Показатель устойчивости в виде определителя матрицы Якоби позволяет построить некую зависимость по аппроксимирующей функции. Для прогнозирования предела статической устойчивости используется аппроксимирующая поверхность.

Апробация метода выполнена по схеме транзита Север-Юг. Схема отражает эквивалентную модель транзита, в которой для получения данных использованы данные от установленных 16 РМУ на ПС 500 кВ транзита Север-Юг. Значение МДП, определенное при прогнозировании предлагаемым методом, совпадает со значением, полученным в расчетных программах режима, совпадает с погрешностью менее 3%. На рисунке 6 представлены результаты расчета алгоритма.

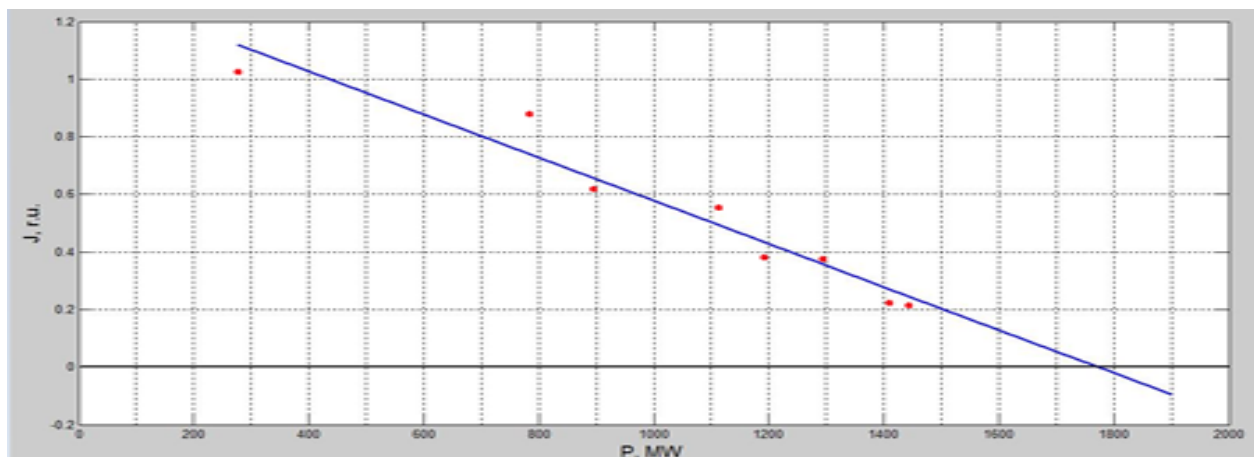


Рисунок 6 – Аппроксимация значений Якобиана при восьми измерениях

III. Функционал «Контроль и прогнозирование динамической устойчивости».

Реализация функционала направлена на расчет и выбор управляющих воздействий при приближении к границе нарушения устойчивости для сохранения нормального предаварийного режима. В отличие от классических методов оценки динамической устойчивости, где нарушение устойчивости фиксируется по расхождению взаимных углов генераторов и существенному изменению основных параметров состояния системы (напряжения и частоты), в предлагаемом методе нарушение устойчивости прогнозируется по отклонению наблюдаемых параметров и скорости их изменения по данным синхронизированных векторных измерений [15]. Теоретические основы метода прогнозирования нарушения динамической устойчивости базируются на использовании оценки устойчивости по второму методу Ляпунова. В электроэнергетике этот метод представляется как «метод площадей».

По второму методу Ляпунова применительно к устойчивости ЭЭС полная энергия движения генераторов системы в переходном процессе не должна быть больше потенциальной в критической точке, определяемой взаимному углу между ускоряющей и тормозящейся частями системы (между генераторами по разные стороны сечения)

$$V_{fi} = V_K(T_y W_i) + V_\delta(\delta_i), \quad (4)$$

где: V_K – кинетическая энергия движения генераторов;

V_δ – потенциальная энергия в послеаварийном режиме;

V_{fi} – полная энергия системы в граничной точке по взаимному углу.

Разработка системы прогнозирования включает в себя необходимые этапы работы: подготовка данных, предварительная обработка, разбиение наборов данных, обучение выбранной нейронной сети, проверка модели и интеграция обученных моделей в опытную эксплуатацию (Рисунок 7).

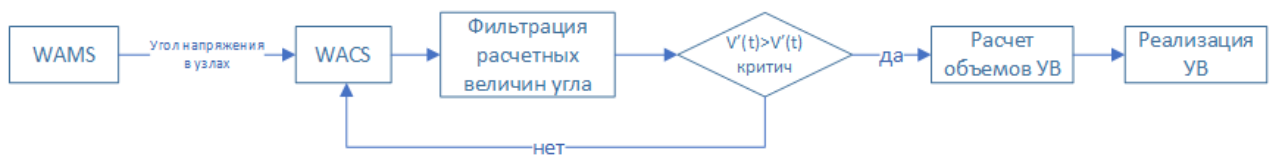


Рисунок 7 – Фиксации возникновения аварийного возмущения по данным WAMS

Блок по расчету управляющих воздействий для предотвращения нарушения устойчивости будет анализировать изменение переходных процессов. Синхронизированные векторные измерения формируют некоторую траекторию движения энергосистемы в реальном времени. По поверхностным точкам изменения режимов энергосистемы (I , δ , U) возможно определить состояние покоя или ускорения.

Первичным показателем наблюдения за режимом является взаимный угол напряжения (δ) между двумя энергосистемами вращающихся масс генераторов. Однако, текущий анализ фактических режимов по данным WAMS показал, что в связи с изменением структуры транзита «Север-Юг» текущее значение взаимного угла (δ) не совсем корректно отражает реальные запасы устойчивости.

При этом, используя функцию прогнозирования нарушения устойчивости по ускорению угла напряжения ($d^2\delta/dt^2$), возможно прогнозировать нарушение устойчивости и дозировать снижение отключаемой нагрузки системы, используя САОН через дополнительный контроллер противоаварийной автоматики с ретрансляцией сигнала в ЦСПА.

Выявление значения критического угла (δ) по обоим концам транзита «Север-Юг» будет выполняться по принципу скользящего окна, с глубиной погружения 100 мс.

$$\delta_{кр} = \delta_{тек} - \delta_{100} \geq V_{град/с^2} \quad (5)$$

где $V_{град/с^2}$ – физические значения траектории ускорения, получаемые по результатам моделирования.

Анализ траектории ускорения взаимного угла (δ'') и сопоставления со значениями состояния покоя (δ') позволит с высокой точностью определить оценку текущей ситуации в разрезе глубины приближения к границе устойчивости. Использование подхода квадратичных функций ускорений взаимного угла δ позволит сформировать гибкую зависимость объема отключения нагрузки САОН и плавно возвращать текущий режим к нормальному состоянию.

Фиксация возникновения аварийного нарушения и выбор объема управляющего воздействия будут осуществляться при внезапном увеличении относительной скорости изменения угла V'' до критических значений.

Фиксация возникновения аварийного возмущения будет выполняться в следующей последовательности:

- 1) Определение текущей скорости V' :

$$V' = \frac{d\delta}{dt} = \frac{(\delta_1 - \delta_2)}{0,05} \quad (6)$$

где δ_1 – текущее измерение;

δ_2 – предыдущее измерение 50 мс назад;

Скорость определяется в виде среднего значения угла (δ) как приращение на интервале 50 мс.

- 2) Оценка текущего движения системы:

$V' \geq V'_{\text{крит1}}$ срабатывание ПУ

$V' < V'_{\text{крит1}}$ состояние покоя ПУ

По проведенным расчетам, оценочно, при значении скорости угла передачи 20 град/с и более требуется противоаварийное управление.

Соответственно, $V'_{\text{крит1}}$ имеет значение 20 град/с

- 3) Определение текущего значения ускорения V'' :

Поиск критического значения V'' в темпе процесса будет выполнен по принципу скользящего окна, которое сохраняет информацию 100 мс назад. Обновляется скользящее окно каждые 20 мс.

$V'' \geq V''_{\text{крит1}}$ срабатывание ПУ

$V'' < V''_{\text{крит1}}$ состояние покоя ПУ

По проведенным расчетам, оценочно, при ускорении менее 200 град/с² противоаварийное управление не требуется.

По проведенным расчетам, оценочно, при значении скорости угла передачи 200 град/с² и более требуется противоаварийное управление.

Соответственно, $V''_{\text{крит1}}$ имеет значение 200 град/с²

- 4) Контроль текущей схемы сети и значения перетока по сечению.

Проведенные расчеты показывают, что значения скорости и ускорения имеют схожие значения вне зависимости от загруженности транзита и схемы сети. При минимальной загруженности транзита наброс мощности не приведет к неустойчивой работе системы, но при таком же объеме наброса в максимальном режиме система может привести к потере устойчивости. Соответственно, при выборе объема УВ, нужно учитывать текущую схемно-режимную ситуацию.

- 5) Контроль значения ускорения V'' с учетом текущей схемно-режимной ситуации.

По проведенным расчетам ускорение угла передачи в диапазоне 200-500 град/с² характерно для набросов мощности. Требуемый объем управляющих воздействий составляет порядка 100 МВт на каждые 50 град/с², превышающих пороговую границу ввода противоаварийного управления (200 град/с²).

Ускорение угла передачи 500 град/с² и более характерно для аварийных отключений ВЛ 500 кВ по транзиту. Как известно, отключение ВЛ-500 кВ является пусковым органом ЦСПА, соответственно противоаварийное управление будет выполнено комплексом УВК АДВ, и может возникнуть избыточное ПАУ со стороны WACS. Скорость реагирования комплексов УВК АДВ быстрее, чем комплекса оборудования WACS. В связи с этим необходимо блокировать работу ПАУ WACS при аварийном отключении ВЛ-500 кВ:

$V'' \geq V''_{\text{крит2}}$ состояние покоя ПУ

$V'' < V''_{\text{крит2}}$ срабатывание ПУ

Соответственно, V'' крит1 имеет значение 500 град/с²

Заключение

В связи с возрастающей нагрузкой на транзит «Север-Юг» НЭС Казахстан появляются новые технологические задачи, которые направлены на максимальное использование пропускной способности транзита без снижения режимной надежности передающих электрических сетей при эксплуатации в реальном времени. Исходя из особенностей применения синхрофазорных измерений, получаемых из PMU по транзиту, основными задачами, решаемые автоматикой WACS, определены следующие: «формирование контрактных перетоков для суточного графика производства потребления», «система контроля и прогнозирования запаса статической устойчивости» и «контроль и прогнозирование динамической устойчивости».

«Формирование контрактных перетоков для суточного графика производства потребления» позволит по данным текущих измерений анализировать и прогнозировать поведение системы в зависимости от влияния различных факторов. Система контроля и прогнозирования запаса статической устойчивости позволит в реальном времени в темпе процесса контролировать запас устойчивости по транзиту, который имеет особенности меняться в зависимости от изменения схемно-режимных ситуаций. Контроль и прогнозирование динамической устойчивости позволит в реальном времени детектировать и идентифицировать характер нарушения режимной надежности, с высокой скоростью синхрофазорных измерений.

Исходя из особенностей применения синхрофазорных измерений в НЭС Казахстан, определены три основные задачи, решаемые автоматикой WACS - формирование контрактных перетоков для суточного графика производства потребления, система контроля запасов устойчивости, управление режимами в переходных процессах. Алгоритмы, решающие вышеуказанные задачи, функционируют по данным реального времени. Данные о состоянии энергосистемы WACS получает от систем WAMS (синхронизированные векторные измерения) и SCADA (телеизмерения и телесигнализация о состоянии связей) по протоколам С 37.118 и IEC 60870-5-104 соответственно.

Благодарность. Работа была выполнена в рамках ТЭИ «Разработка алгоритмов и создание автоматики WACS на базе синхрофазорных измерений WAMS», финансируемой Системным оператором Республики Казахстан АО «KEGOC».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] A.G. Phadke, J.S. Thorp. "Synchronized Phasor Measurements and Their Applications". –NY.: Springer Science + Business Media, LLC, 2008.- стр. 243.
- [2] Jaime De La Ree, Virgilio Centeno, Thorp, A.G. Phadke "Synchronized Phasor Measurement Applications in Power Systems" // IEEE Transactions on Smart Grid – 06 2010– № 1, стр. 20 – 27.
- [3] I. Kamwa, R. Grondin, Y. Hebert, Wide-area measurement based stabilizing control of large power systems-a decentralized/hierarchical approach, Power Systems, IEEE Transactions on 16 (1) (2001) 136–153
- [4] Тохтибакиев К. К., Саухимов А. А. Контроль пропускной способности межсистемных связей НЭС Казахстана в реальном времени с использованием системы синхронизированных векторных измерений // Технічна Електродінаміка. – Киев: - № 4 - 2015 - С. 62-64.
- [5] Xiaorong Xie, Yaozhong Xin, Jinyu Xiao, Jingtao Wu, Yingdao Han. "WAMS applications in Chinese power systems" // IEEE Power &Energy Magazine – January/February 2006 – стр. 54 – 63
- [6] Aranya Chakraborty, Joe H. Chow and Armado Salazar. "A Measurement-based Framework for Dynamic Equivalencing of Large Power Systems using WAMS" // Innovative Smart Grid Technologies (ISGT) – 2010 978-4244-6266-7/10/\$26.00 c2010 IEEE
- [7] Grid Applications Stream: Wide Area Measurement /Smart Grid, Smart City Project, Monitoring and Measurement Report, Report III/ 01 January 2012 – 30 June 2012;
- [8] A.G. Phadke, H. Volskis, R. Menezes de Moraes, T. Bi, R.N. Nayak, Y.K. Sehgal, S. Sen, W. Sattinger, E. Martinez, O. Samuelsson, D. Novosel, V. Madani, Y.A. Kulikov, "The Wide World of Wide-Area Measurement," IEEE power & energy magazine, September/October, 2008, pp. 52 – 56.
- [9] E. Grebe, J.Kabouris, S. Lopez Barba, W. Sattinger and W. Winter. "Low Frequency Oscillations in the Interconnected System of Continental Europe" // ENTSO-e.: IEEE- 2010 - P. 1 - 7.

- [10] M. C. J. Angammana. "Analytical study of factors affecting to electromechanical oscillations in power systems" // Master thesis, Asian Institute of Technology - Thailand - May 2006.
- [11] K. Prasertwong, N. Mithulanathan and D. Thakut. "Understanding Low-Frequency Oscillation in Power Systems" // International Journal of Electrical Engineering Education- 2010 – July.
- [12] B. Horne, Progress in supervised neural networks, Signal Processing Magazine, IEEE 10 (1) (1993) 8–39
- [13] Тохтибакиев К. К., Саухимов А.А., Бектимиров А.Т., Мерекенов М.Д., Нурғалиева С.А. Эффективность интеллектуальной системы противоаварийного управления режимами ЕЭС Казахстана // Вестник АУЭС, 4(1), 43(1), 2018, стр.43-49
- [14] Хрущев Ю. В., “Методы расчета устойчивости энергосистем”, Томск: СТТ, 2005
- [15] Zhao J., Zhang Y., Zhang P., Jin X., Fu C. Development of a WAMS based test platform for power system real time transient stability detection and control // Protection and Control of Modern Power Systems - (2016) 1:6

LIST OF REFERENCES

- [1] A.G. Phadke, J.S. Thorp. "Synchronized Phasor Measurements and Their Applications". –NY.: Springer Science + Business Media, LLC, 2008.- стр. 243.
- [2] Jaime De La Ree, Virgilio Centeno, Thorp, A.G. Phadke "Synchronized Phasor Measurement Applications in Power Systems" // IEEE Transactions on Smart Grid – 06 2010– № 1, стр. 20 – 27.
- [3] I. Kamwa, R. Grondin, Y. Hebert, Wide-area measurement based stabilizing control of large power systems-a decentralized/hierarchical approach, Power Systems, IEEE Transactions on 16 (1) (2001) 136–153
- [4] Tokhtibakiev K. K., Saukhimov A. A. Kontrol propusknoy sposobnosti mezhsistemnix svyazei NES Kazakhstana [Real-time monitoring of the throughput of intersystem connections of the Kazakhstan NPG using a system of synchronized phasor measurements]//Technichna Electrodynamika. - Kiev: - No. 4 - 2015 - p. 62-64.
- [5] Xiaorong Xie, Yaozhong Xin, Jinyu Xiao, Jingtao Wu, Yingdao Han. "WAMS applications in Chinese power systems" // IEEE Power &Energy Magazine – January/February 2006 – стр. 54 – 63
- [6] Aranya Chakraborty, Joe H. Chow and Armado Salazar. "A Measurement-based Framework for Dynamic Equivalencing of Large Power Systems using WAMS" // Innovative Smart Grid Technologies (ISGT) – 2010 978-4244-6266-7/10/\$26.00 c2010 IEEE
- [7] Grid Applications Stream: Wide Area Measurement /Smart Grid, Smart City Project, Monitoring and Measurement Report, Report III/ 01 January 2012 – 30 June 2012;
- [8] A.G. Phadke, H. Volskis, R. Menezes de Moraes, T. Bi, R.N. Nayak, Y.K. Sehgal, S. Sen, W. Sattinger, E. Martinez, O. Samuelsson, D. Novosel, V. Madani, Y.A. Kulikov, “The Wide World of Wide-Area Measurement,” IEEE power & energy magazine, September/October, 2008, pp. 52 – 56.
- [9] E. Grebe, J.Kabouris, S. Lopez Barba, W. Sattinger and W. Winter. "Low Frequency Oscillations in the Interconnected System of Continental Europe" // ENTSO-e.: IEEE- 2010 - P. 1 - 7.
- [10] M. C. J. Angammana. "Analytical study of factors affecting to electromechanical oscillations in power systems" // Master thesis, Asian Institute of Technology - Thailand - May 2006.
- [11] K. Prasertwong, N. Mithulanathan and D. Thakut. "Understanding Low-Frequency Oscillation in Power Systems" // International Journal of Electrical Engineering Education- 2010 – July.
- [12] B. Horne, Progress in supervised neural networks, Signal Processing Magazine, IEEE 10 (1) (1993) 8–39
- [13] Tokhtibakiev K.K., Saukhimov A.A., Bektimirov A.T., Merekenov M.D., Nurgalieva S.A. Effectivnost intellektualnoy sistemy protivovariynogo upravleniya regimami EES Kazakhstana [Effectiveness of the intelligent emergency management system of the Kazakhstan’s UPS regimes] //Bulletin AUES, 4 (1), 43 (1), 2018, p. 43-49
- [14] Khrushchev, Y.V., “Metody rascheta ustoychivosti energosistem [Methods of calculating stability of energy systems],” Tomsk: STT, 2005
- [15] Zhao J., Zhang Y., Zhang P., Jin X., Fu C. Development of a WAMS based test platform for power system real time transient stability detection and control // Protection and Control of Modern Power Systems - (2016) 1:6

WACS РЕЖИМДІК АВТОМАТИКАСЫН ЕНГІЗУ КЕЗІНДЕ ҚР ҰЭЖ ЖҰМЫС ІСТЕУ СЕНІМДІЛІГІН АРТТЫРУ

А.Т. Бектимиров¹, А.А. Саухимов¹, К.К. Тохтибакиев¹, Е.В. Дидоренко²

¹«Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғамы, Алматы қ, Қазақстан

²«Kazakhstan Electricity Grid Operating Company» акционерлік қоғамы, Нұр-сұлтан қ, Қазақстан
электрондық пошта: a.bektimirov@aes.kz

Аңдатпа. Бұл мақалада Солтүстік-Оңтүстік транзитінде WAMS-WACS жүйесі негізінде режимдік автоматиканы құру бойынша зерттеулердің нәтижелері келтірілген, оған процесс қарқынында желі жағдайын бағалау бойынша деректерді қалыптастыру кезінде жаңа ақпараттық технологияларды пайдалану, нақты уақытта ҚР ҰЭЖ режимдерін басқару әдістері мен алгоритмдері, жасанды интеллект базасында болжауды пайдалана отырып, тәуліктік графиктер мен қуаттың теңгерімдік ағындарын қалыптастыру келтірілген.

Түйін сөздер: синхрондалған векторлық өлшеулер, тұрақтылық, режим автоматикасы, нейрондық желі, жасанды интеллект.

INCREASING THE RELIABILITY OF THE KAZAKHSTAN GRID FUNCTIONING BY IMPLEMENTING THE WACS AUTOMATION

A. Bektimirov¹, A. Saukhimov¹, K. Tokhtibakiev¹, E. Didorenko²

¹Non-profit joint-stock company “Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named after Gumarbek Daukeev”, Almaty, Kazakhstan

²Joint-stock company «Kazakhstan Electricity Grid Operating Company», Nur-Sultan, Kazakhstan
e-mail: a.bektimirov@aes.kz

Annotation. In this article, the results of research on the creation of regime automation based on the WAMS-WACS system on the North-South transit are given. They include the use of new information technologies in the formation of data for assessing the state of the network at the rate of the process, methods and algorithms for controlling the modes of the NES of the Republic of Kazakhstan in real time, forming daily schedules and balance power flows using forecasting based on artificial intelligence.

Key words: synchronized vector measurements, stability, mode automation, neural network, artificial intelligence.



МРНТИ 44.29.39

СИНТЕЗ СТРУКТУРЫ СИСТЕМ АВТОНОМНОГО ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

С.А. Кешуов¹, Г.С. Байсенова¹, Н.И. Молдыбаева²

¹ТОО «Научно-Производственный Центр Агроинженерии» (ТОО «НПЦАИ») Республика Казахстан, г. Алматы

²НАО «Казахский Национальный Аграрный Исследовательский Университет», Республика Казахстан, г. Алматы

E-mail: keshuov@mail.ru, baisenova61@mail.ru, moldybayeva78@mail.ru

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы построения оптимальных систем автономного энергоснабжения агропромышленного комплекса (АПК) с использованием возобновляемых источников энергии (ВИЭ), где актуальным является проблема выявления закономерностей распределения зон оптимального использования различных ВИЭ и их сочетания, путем сравнения их эксплуатационных и экономических показателей. Эффективным инструментом, определения зон оптимального применения различных видов ВИЭ, является системный подход, который позволяет провести комплексный анализ объекта и строго систематизировать исследования, а также осуществить синтез, т.е. найти систему, оптимальную для заданных условий. Проведен синтез оптимальной структуры системы возобновляемого энергоснабжения в зависимости от условий эксплуатации и мощности потребителя по критерию «эффективность-стоимость», интегральному показателю качества, комплексному критерию эффективности, частным показателям качества и стоимости систем. Разработаны алгоритм и программное обеспечение, которое позволило отыскать оптимальную структуру для построения автономных систем возобновляемого энергоснабжения для конкретных случаев и тем самым определив зоны оптимального использования различных систем в зависимости от принятых ограничений.

Ключевые слова: системы возобновляемого энергоснабжения, системный анализ, функциональный анализ, синтез оптимальной структуры системы, критерий «эффективность-стоимость».

Введение

В Казахстане обладающей большой территорией и низкой плотностью населения существует проблема энергоснабжения отдаленных от централизованных источников энергии объектов агропромышленного комплекса, например, отгонного животноводства. Одним из эффективных путей решения этой проблемы является энергоснабжению объектов АПК с использованием возобновляемых источников энергии. [1,2]

Известные методы выбора различных типов ВИЭ и их сочетаний достаточно сложны [3,4,5].

Поэтому актуальным является вопрос построения оптимальных систем автономного энергоснабжения объектов АПК более простыми методами, учитывающими наиболее важные эксплуатационные показатели, а также условия эксплуатации [6,7,8].

Материалы и методы исследования

Для определения зон оптимального применения различных видов ВИЭ, выбран метод системного анализа, который позволяет систематизировать исследования и осуществить синтез оптимальной структуры системы для заданных условий.

Определены границы исследуемого объекта – преобразовывающая, аккумулирующая и доставляющая энергию к потребителю часть рассматривается как самостоятельная «система возобновляемого энергоснабжения» (СВЭ), другие – ВИЭ и потребитель, как внешняя среда.

Сравнение видов систем производим для отрезка времени, соответствующего стадии использования по назначению [9].

Диаграмма функций СВЭ, совмещенная с ее схемой, составленная по принципу соответствия системы цели в составе метасистемы приведена на рисунке 1. В общем случае система состоит из преобразователя возобновляемой энергии ПВЭ, аккумулятора энергии АЭ, устройства обеспечения необходимых качественных показателей энергии УОКЭ, устройства передачи энергии УПЭ с соответствующими выполняемыми функциями.

Первым этапом синтеза структуры системы является обоснование исходных данных. Множество факторов, влияющих на качество системы, разделим на три совокупности: внутренние - относящиеся непосредственно к системе, внешние - характеризующие окружающую среду, и ограничения на структуру и параметры системы.

Внутренними факторами системы S выступают эксплуатационные свойства $K = \langle K_э, C \rangle$, где $K_э$ – эффективность системы, характеризующий качество выполнения системой цели функционирования, C – экономические свойства, характеризующие затраты, расходуемые на выполнение цели.

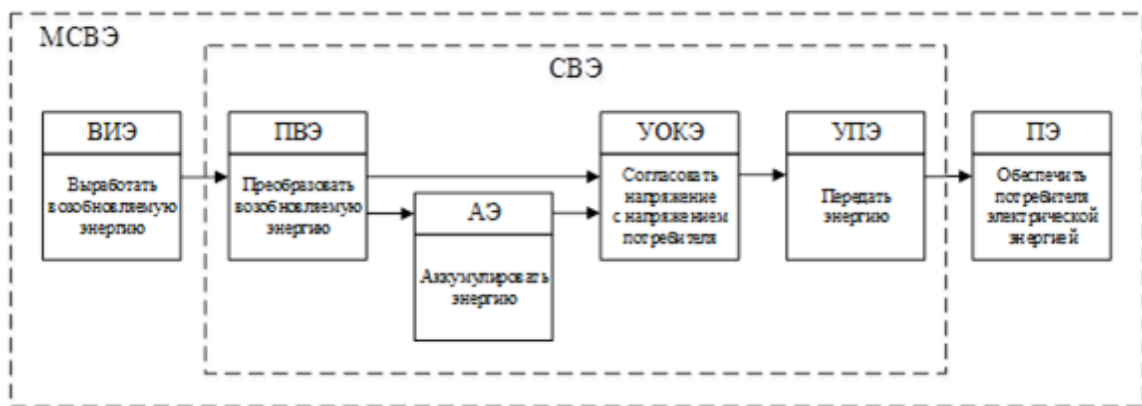


Рисунок 1 – Диаграмма функций СВЭ совмещенная с ее схемой

Эффективность является функцией показателей качества системы

$$K_э = f(K_n, K_T, K_{эн}, K_{эк}), \quad (1)$$

где K_n – надежность; K_T – технические показатели; $K_{эн}$ – энергетические показатели; $K_{эк}$ – экологические показатели.

В свою очередь: надежность системы СВЭ, исчерпывающим образом может быть представлена одним показателем, вероятностью безотказной работы $p(t)$; техническим показателем является типоразмерный ряд T_p оборудования по мощности; энергетическим показателем является к.п.д. η ; экологические показатели включают безвредность B_v и безопасность B_o .

Тогда

$$K_n = \{p(t)\}, K_T = \{T_p\}, K_{эн} = \{\eta\}, K_{эк} = \{B_v, B_o\}. \quad (2)$$

где $p(t)$ - вероятность безотказной работы, T_p - типоразмерный ряд, η - к.п.д.; B_v - безвредность и B_o -безопасность.

Экономические свойства C характеризуем капитальными вложениями. Использование этого критерия оправдано, поскольку анализируемые варианты построения систем практически идентичны по эксплуатационным затратам.

Для получения возможности аналитического описания закономерностей изменения показателей, синтез целесообразно проводить на основе отдельных единичных показателей, представив их в виде комплексных, естественным образом учитывающих часть из оставшихся единичных показателей. Такими комплексными показателями являются надежность $p(t)$, к.п.д. η и стоимость C .

Показатель типоразмерного ряда, непосредственно учитываются к.п.д. и стоимостью систем, например, использование системы СВЭ завышенной мощности из-за редкой шкалы типоразмерного ряда, приводит к росту стоимости системы и снижению его к.п.д.

Другие показатели – безвредность и безопасность сравниваемых систем приведем к одному уровню путем проведения технических мероприятий. Эти мероприятия приводят к изменению надежности и росту стоимости, следовательно, также учитываются выбранными показателями.

Таким образом, комплексные показатели надежность, к.п.д. и стоимость объединяют все 5 единичных показателей. Тогда эффективность запишем как

$$K_{\text{Э}} = f[p(t), \eta]. \quad (3)$$

где $p(t)$ - вероятность безотказной работы, η - к.п.д.

Внешними факторами, влияющими на качество системы, являются условия эксплуатации $U = \{U_{\text{И}}, U_{\text{В}}, U_{\text{Р}}\}$, где $U_{\text{И}}$ – условия использования; $U_{\text{В}}$ – дестабилизирующие воздействия; $U_{\text{Р}}$ – режимы работы.

Условия использования характеризуются видом технологического процесса T и потребляемой технологическим процессом мощностью P . Следовательно $U_{\text{И}} = \{T, P\}$.

К первичным показателям дестабилизирующих воздействий относятся климатические условия, режима работ - график потребления энергии во времени.

Последняя группа факторов, влияющих на качество системы – ограничения O_S , накладываемые на структуру и параметры систем. Приняты следующие ограничения: дискретное ограничение O_{SM} множества $M_{\text{СА}}$ строго допустимых систем – с использованием энергии солнца $S_{\text{С}}$, ветра $S_{\text{В}}$, потока воды $S_{\text{В}}$; ограничение O_{SC} позволяющее использовать только серийные оборудование и приборы; ограничение O_{SP} на мощность системы и расстояние, на которое передается энергия $O_{SP} = \{P_{\min} \leq P \leq P_{\max}, l \leq l_{\max}\}$.

Тогда

$$O_S = \{O_{SM}, O_{SK}, O_{SP}\}. \quad (4)$$

Таким образом, совокупность исходных данных можно записать как $D = \{CK, U, O_S\}$.

Здесь символ CK означает, что речь идет не о величине составляющих вектора K , а лишь о составе этого вектора.

Эвристическим методом была сформирована целевая функция показателя эффективности. Результирующий показатель эффективности

$$\left. \begin{aligned} K_{\Sigma} &= \sum_{i=1}^m C_{Bi} \cdot K'_i; \\ K'_i &= \frac{K_i}{K_{i6}}; i = 1, m; \\ \sum_{i=1}^m C_{Bi} &= 1, C_{Bi} > 0, i = 1, m, \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

где K'_i , K_i и K_{i6} – нормированное, численное и базисное значение показателя качества; C_{Bi} – весовые коэффициенты единичных показателей.

Тогда целевая функция (5) запишется как

$$K_{\Sigma} = c_{B1} p'(t) + c_{B2} \eta' = 0,751 p'(t) + 0,249 \eta'. \quad (6)$$

где $p'(t)$ и η' – нормированные значения $p(t)$ и η ; $c_{B1} = 0,751$ и $c_{B2} = 0,249$ – весовые коэффициенты $p(t)$ и η полученные в результате обработки мнений экспертов.

Результаты ранжирования, дополнительно оцененные по степени согласованности, показывают, что показатель надежности обладает явным преимуществом перед показателем к.п.д., что соответствует сложившейся практике сравнительного анализа различных автономных систем электроснабжения.

Для проведения функционально-структурного анализа систем, в соответствии с ограничением O_{SM} на их структуру, были предварительно рассмотрены устройство рассматриваемых систем. Принципиальные схемы СВЭ приведены на рисунке 2.

Сравнение систем проводим по критерию «эффективность-стоимость», при этом критерием оптимальности искомой системы будет

$$\left. \begin{aligned} K_{\Sigma} &= (C_{B1} p'(t) + C_{B2} \eta') \quad K_{орг} = \min, \\ C &= \min \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

где K_{Σ} – эффективность системы, C_{B1} и C_{B2} – веса показателей качества системы, $p'(t)$ и η' – вероятность безотказной работы и к.п.д. системы приведенные к стандартному виду, $K_{орг}$ – коэффициент организационного совершенства системы, C – стоимость системы.

К стандартному виду, нормированные показатели эффективности приведены для удобства сравнения – чем меньше величина, тем лучше система при прочих равных условиях.

$$p'(t) = \frac{1-p(t)}{p_6(t)}, \quad \eta' = \frac{1-\eta}{\eta_6}, \quad (8), (9)$$

где $p_6(t) = 1$, $\eta_6 = 1$, – базисные значения $p(t)$ и η .

Уточнение результатов сравнения систем автономного электроснабжения производим по условному критерию предпочтения – показатель интегрального качества K_{Σ} , являющийся функцией эффективности и стоимости

$$K_{\Sigma} = K_{\Sigma} \cdot C = \min \quad (10)$$

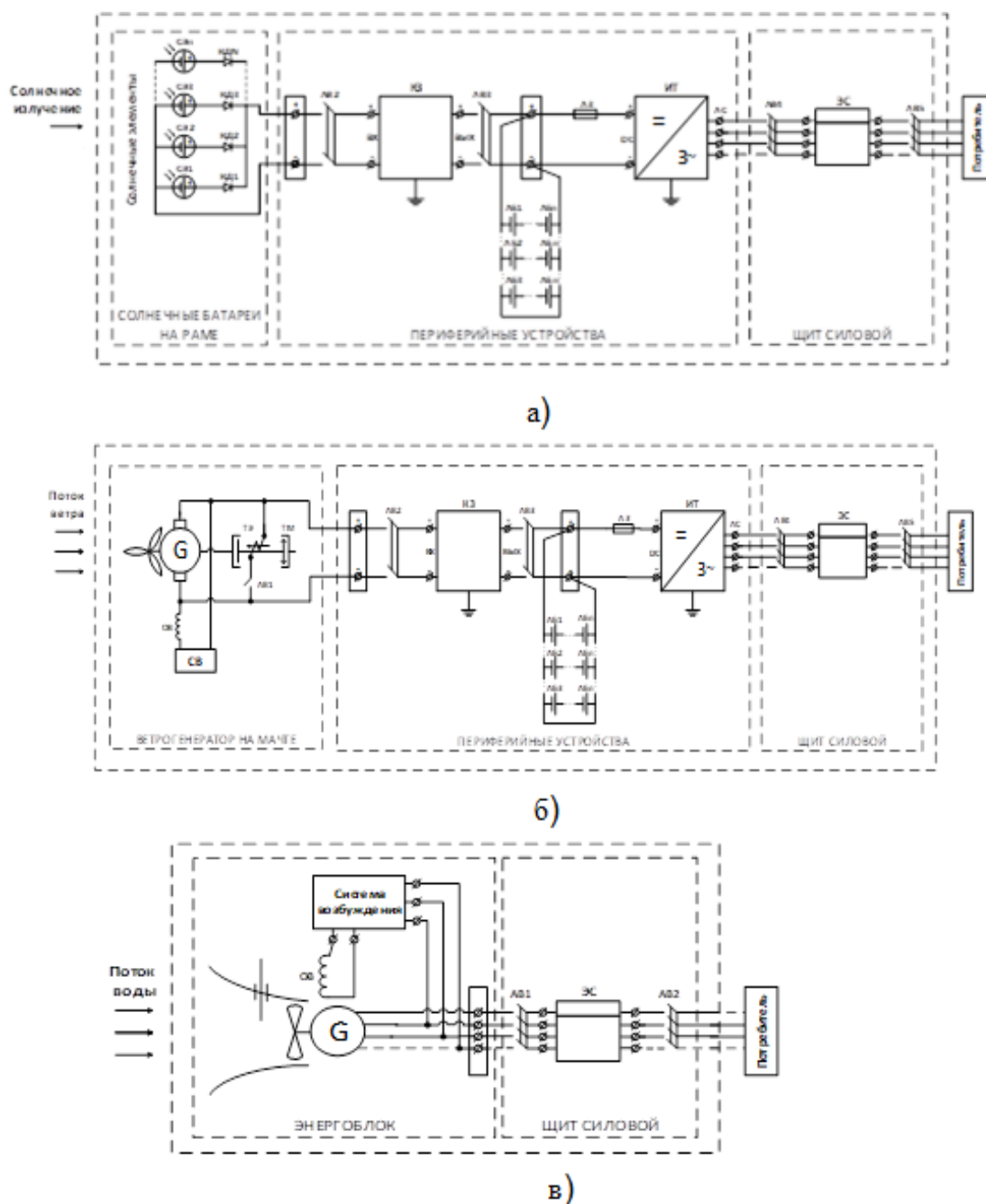


Рисунок 2 - Принципиальные схемы СВЭ с использованием энергии солнца S_C (а), энергии ветра S_B (б) и энергии потока воды S_T (в)

Структурная модель системы СВЭ с использованием солнечной энергии, составленная на основе ее принципиальной схемы, приведена на рисунке 3. Она имеет вид связанного графа типа дерева, основанием которого являются комплексы преобразователя солнечной энергии в электрическую, аккумулятора электрической энергии, инвертора постоянного тока в переменный, аппаратуры защиты электрооборудования, и кабельной линии.

Для функционального описания системы целесообразно использовать метод логической цепочки, основанный на постепенном раскрытии всей цепи последовательно связанных функций, характеризующих структуру анализируемого объекта [10].

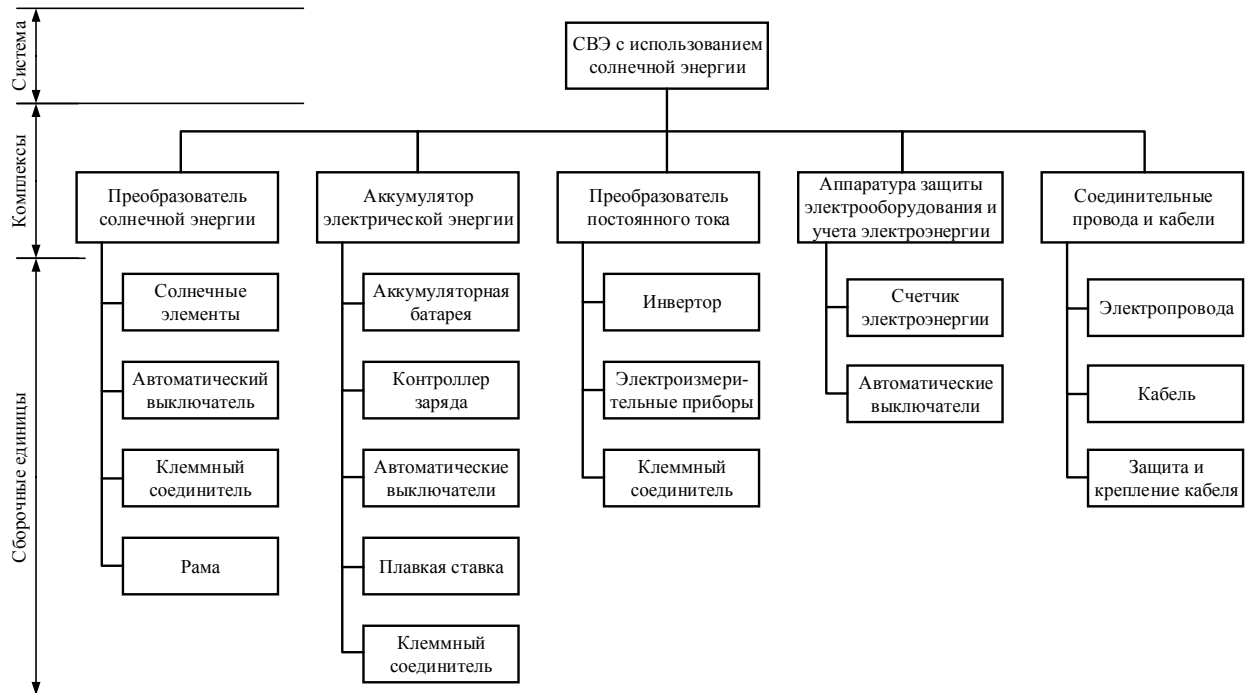


Рисунок 3 -Структурная модель системы СВЭ с использованием солнечной энергии

Диаграмма функций системы S_C , построенная по методу FAST показана на рисунке 4.

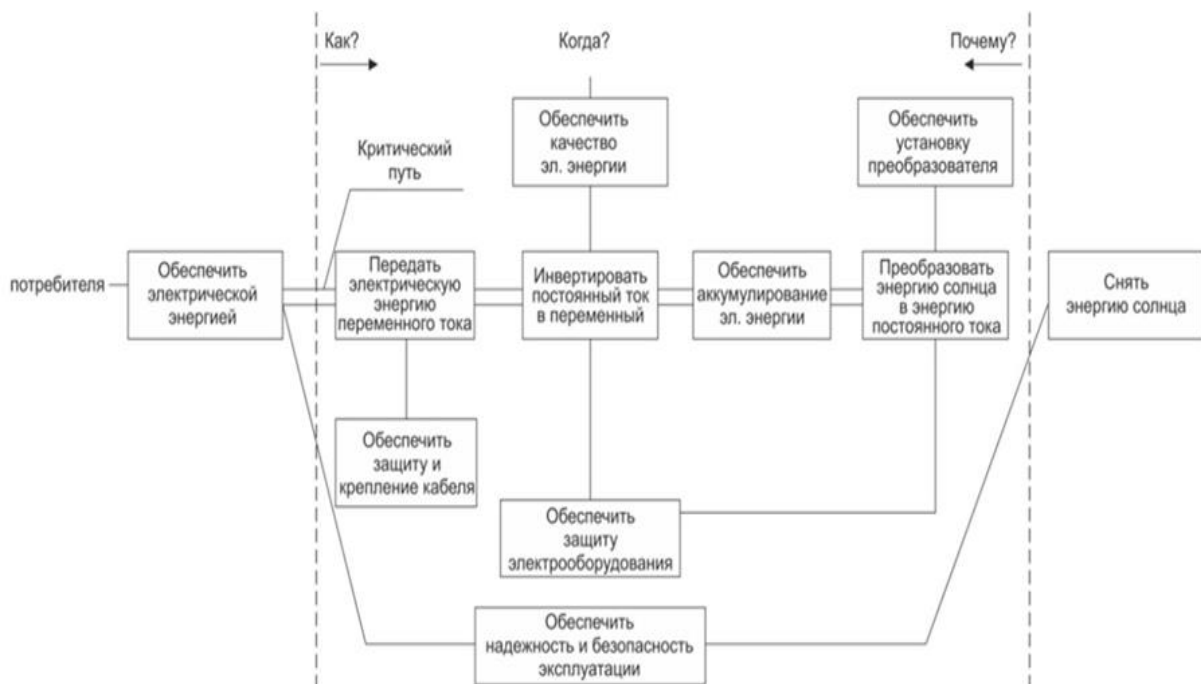


Рисунок 4 -Диаграмма функций системы BCЭ с использованием солнечной энергии (по методу FAST)

Практическим инструментом определения взаимосвязи функций является повторяемая постановка двух основных вопросов «почему?» и «как?», которыми определяются непосредственно предшествующая и непосредственно последующая функция.

Функциональная модель системы приведена на рисунке 5. Где 1-й уровень модели составляют главная функция системы, заключающаяся в обеспечении потребителя электрической энергией, и сопутствующие ей второстепенные функции – обеспечить надежность электроснабжения и безопасность эксплуатации. Последняя, является внешней. Функции, характеризующие

последовательность преобразований и соответствующие принципу действия системы, определяют состав основных функций, входящих во II уровень модели. Дифференциация основных функций на вспомогательные, происходит на III и IV уровнях.

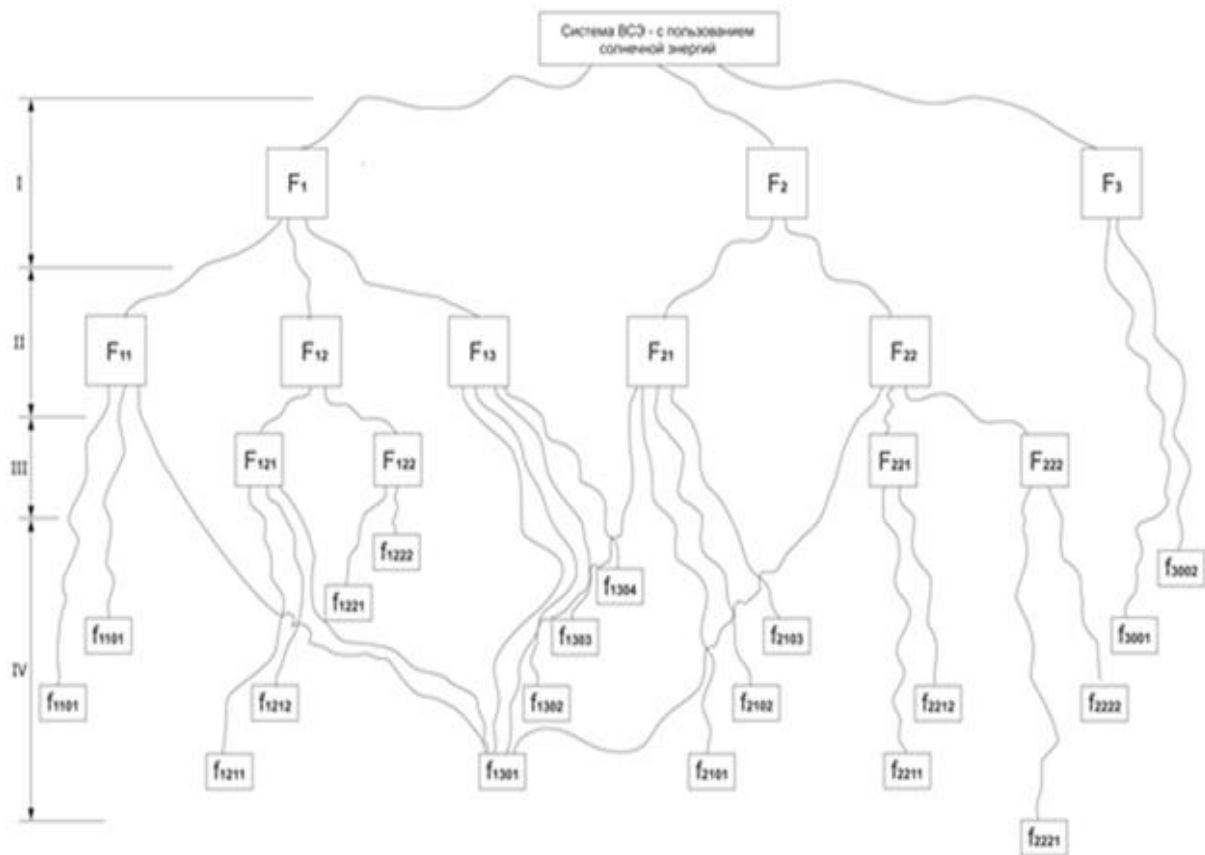


Рисунок 5 – Функциональная модель системы СВЭ с использованием солнечной энергии

F_1 – обеспечить потребителя электрической энергией; F_2 – обеспечить надежность электроснабжения; F_3 – обеспечить безопасность эксплуатации; F_{11} – преобразовать энергию солнца в электрическую энергию; F_{12} – согласовать напряжение преобразователя с напряжением потребителя; F_{13} – передать электрическую энергию потребителю; F_{14} – защитить электрооборудование; F_{21} – аккумулировать электрическую энергию; F_{111} – обеспечить работу солнечных элементов; F_{112} – обеспечить отслеживание положения солнца элементом; F_{121} – инвертировать постоянный ток в переменный; F_{122} – обеспечить качество напряжения; F_{211} – обеспечить работу аккумуляторных батарей; F_{212} – оптимизировать режим зарядки и разрядки аккумуляторных батарей; f_{1111} , f_{1211} , f_{2111} – обеспечить необходимую мощность; f_{1112} – обеспечить установку элементов; f_{1113} , f_{1213} , f_{2113} – обеспечить электрическое соединение с элементами системы; f_{1121} – обеспечить возможность поворота панелей; f_{1122} – автоматически отслеживать положение Солнца; f_{1212} – обеспечить установку инвертора; f_{1221} – обеспечить номинальную частоту напряжения; f_{1222} – обеспечить номинальное напряжение; f_{1301} – учет электроэнергии; f_{1302} – обеспечить прокладку кабеля; f_{1303} – обеспечить качество напряжения; f_{1401} – контролировать ток нагрузки; f_{1402} – контролировать напряжение; f_{1403} – контролировать частоту напряжения; f_{1404} – защищать от короткого замыкания; f_{1405} – защищает от перегрузок; f_{1406} – обеспечить электрическую изоляцию элементов; f_{2112} – обеспечить установку аккумуляторных батарей; f_{2121} – контролировать уровень заряда аккумуляторных батарей; f_{2122} – автоматически включать и отключать источник питания и нагрузку; f_{3001} – изолировать электрооборудование от внешней среды; f_{3002} – ограничить доступ к солнечным элементам; f_{3003} – ограничить доступ к защитным аппаратам.

Выявление связей между элементами системы осуществляем по матрицам связей «элемент-элемент» (таблица 1), в которых явные контактные (физический контакт) связи отмечены буквой «Ф», неявные корреляционные (косвенные воздействия) – «К». Внутри каждой разновидности связей выделяем вредные (-), нейтральные ($\pm$), полезные (+), а также прямые «П», обратные «О» и выполнения функции согласования «С».

Элементы материальные носители																			
		① Солнечные элементы	1 Автомат. выключатель	Клеммный соединитель	2 Рама	② Автомат. выключатель	Контроллер заряда	③ Автомат. выключатель	2 Клеммный соединитель	Аккумулятор	Плавная вставка	Инвертор	Счетчик электроэнергии	④ Автомат. выключатель	3 Клеммный соединитель	Кабель	Защита и крепление кабеля	Электропровода	
①	Солнечные элементы		Ф п (+)	Ф п ±	Ф о (+)	Ф п (+)	Ф п (+)			К п (+)		К п (+)						Ф п (±)	
	Автомат. выключатель	Ф о (+)		Ф п (±)	Ф о (+)	Ф п (+)	Ф п (+)											Ф п (±)	
	Клеммный соединитель	Ф о (±)	Ф о (±)		Ф о (±)	Ф п (±)	Ф п (±)											Ф п (±)	
	Рама	Ф п (+)	Ф п (+)	Ф п (±)															
②	Автомат. выключатель	Ф о (+)	Ф о (+)	Ф о (±)			Ф п (+)											Ф п (±)	
	Контроллер заряда	Ф о (+)	Ф о (+)	Ф о (±)		Ф о (+)		Ф п (±)	Ф п (±)	Ф с (+)	Ф п (+)	Ф с (+)						Ф п (±)	
③	Автомат. выключатель						Ф о (+)		Ф п (+)	Ф п (+)	Ф п (+)	Ф п (+)						Ф п (±)	
	Клеммный соединитель						Ф о (±)	Ф о (±)		Ф п (±)	Ф п (±)	Ф п (±)						Ф п (±)	
2	Аккумулятор	К о (+)					Ф с (+)	Ф о (+)	Ф о (±)		Ф п (+)	Ф п (+)						Ф п (±)	
	Плавная вставка						Ф о (+)	Ф о (+)	Ф о (±)	Ф о (+)		Ф п (+)						Ф п (±)	
	Инвертор	К о (+)					Ф с (+)	Ф о (+)	Ф о (±)	Ф о (+)	Ф о (+)		Ф п (+)	Ф п (+)	Ф п (±)	Ф п (+)		Ф п (±)	
	Счетчик электроэнергии											Ф о (+)		Ф п (+)	Ф п (±)	Ф п (+)		Ф п (±)	
④	Автомат. выключатель											Ф о (+)	Ф о (+)		Ф п (±)	Ф п (+)		Ф п (±)	
	Клеммный соединитель											Ф о (±)	Ф о (±)	Ф о (±)		Ф п (±)		Ф п (±)	
3	Кабель											Ф о (+)	Ф о (+)	Ф о (+)	Ф о (+)		Ф п (+)	К п (±)	
	Защита и крепление кабеля															Ф п (+)			
	Электропровода	Ф п (±)	Ф п (±)	Ф п (±)		Ф п (±)	Ф п (±)	Ф п (±)	Ф п (±)	Ф п (±)	Ф п (±)	Ф п (±)	Ф п (±)	Ф п (±)	Ф п (±)	К п (±)			

Таблица 1 - Матрица связей элементов системы СВЭ с использованием солнечной энергии.

На основе анализа структурной, функциональной, функционально-структурной моделей, а также матрицы связей систем оценена функциональная организованность систем СВЭ. (Таблица 2.)

Таблица 2 – Коэффициенты функционально-структурного совершенства систем передачи энергии.

S	Коэффициенты													
	Актуализации				Сосредоточение				Совместимости				Функциональной широты $k_{ш}$	Функциональной организованности $k_{орг}$
	Функций k_{af}	Элементов k_{aH}	Связей k_{ac}	Среднее k_a	Функций k_{fF}	Элементов k_{fH}	Связей k_{fC}	Среднее k_f	Функций k_{cF}	Элементов k_{cH}	Связей k_{cC}	Среднее k_c		
S_c	1	1	0,47	0,82	0,6	0,5	0,53	0,54	0,65	0,87	0,96	0,83	1	0,8
S_B	1	1	0,6	0,87	0,65	0,63	0,5	0,59	0,7	0,84	0,96	0,83	1	0,82
S_r	1	1	0,61	0,87	0,62	0,54	0,61	0,59	0,85	1	1	0,95	1	0,85

Зная коэффициент функциональной организованности системы $k_{\text{орг}}$, скорректированный показатель эффективности систем $K'_{\text{э}}$ находим как

$$K'_{\text{э}} = \frac{K_{\text{э}}}{k_{\text{орг}}} \quad (11)$$

Приняты следующие ограничения OSP: мощность системы $1 \text{ кВт} \leq P_{\text{нотр}} \leq 100 \text{ кВт}$, величина и частота напряжения потребителя $\{U_{\text{н}} = 380/220 \text{ В}; f_{\text{н}} = 50 \text{ Гц}\}$; расстояние на которое передается энергия от первичного источника до помещения для электрооборудования $l = 10 \text{ м}$ для SC, $l = 100 \text{ м}$ для SB и $l = 50 \text{ м}$ для SG. Базовые условия работы системы приняты средней тяжести [11].

Эффективность и стоимость каждой из систем запишем как

$$\left. \begin{aligned} K_{\text{эс}} &= C_{\text{в1}} p_{\text{с}}(t) + C_{\text{в2}} \eta_{\text{с}} \\ K_{\text{эв}} &= C_{\text{в1}} p_{\text{в}}(t) + C_{\text{в2}} \eta_{\text{с}} \\ K_{\text{эг}} &= C_{\text{в1}} p_{\text{г}}(t) + C_{\text{в2}} \eta_{\text{с}} \\ C_{\text{с}} &= f_1(P), C_{\text{в}} = f_1(P), C_{\text{г}} = f_1(P) \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

Зависимости $p'(t)$, η' , $C = \varphi(P)$, были показаны в виде графиков, путем расчета каждого из систем передачи энергии для нескольких значений P в пределах заданного диапазона.

Вероятность безотказной работы, к.п.д. и стоимость СВЭ с использованием солнечной энергии найдем как

$$\left. \begin{aligned} p'_{\text{с}}(t) &= 1 - p_{\text{сб}}(t) \cdot p_{\text{скз}}(t) \cdot p_{\text{син}}(t) \cdot p_{\text{саб}}(t) \cdot p_{\text{са1}}(t) \cdot p_{\text{са2}}(t) \cdot p_{\text{са4}}(t) \times \\ &\quad \times p_{\text{ссэ}}(t) \cdot p_{\text{скл}}(t); \\ \eta'_{\text{с}} &= 1 - \eta_{\text{скз}} \cdot \eta_{\text{син}} \cdot \eta_{\text{саб}} \cdot \eta_{\text{ссэ}} \cdot \eta_{\text{скл}}; \\ C_{\text{с}} &= C_{\text{сб}} + C_{\text{ско}} + C_{\text{скр}} + C_{\text{скз}} + C_{\text{син}} + C_{\text{саб}} + C_{\text{сст}} + C_{\text{са1}} + C_{\text{са2}} + \\ &\quad + C_{\text{са4}} + C_{\text{ссэ}} + C_{\text{скл}} + C_{\text{сзк}}; \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

То же для СВЭ с использованием энергии ветра

$$\left. \begin{aligned} p'_{\text{в}}(t) &= 1 - p_{\text{ввг}}(t) \cdot p_{\text{вкз}}(t) \cdot p_{\text{вин}}(t) \cdot p_{\text{ваб}}(t) \cdot p_{\text{ва2}}(t) \times \\ &\quad \times p_{\text{ва4}}(t) \cdot p_{\text{всэ}}(t) \cdot p_{\text{вкл}}(t); \\ \eta'_{\text{в}} &= 1 - \eta_{\text{ввг}} \cdot \eta_{\text{вкз}} \cdot \eta_{\text{вин}} \cdot \eta_{\text{ваб}} \cdot \eta_{\text{всэ}} \cdot \eta_{\text{вкл}}; \\ C_{\text{в}} &= C_{\text{ввг}} + C_{\text{вкз}} + C_{\text{вин}} + C_{\text{ваб}} + C_{\text{вст}} + C_{\text{ва2}} + C_{\text{ва4}} + C_{\text{всэ}} + \\ &\quad + C_{\text{вкл}} + C_{\text{взк}}; \end{aligned} \right\} \quad (14)$$

То же для СВЭ с использованием энергии потока воды

$$\left. \begin{aligned} p'_\Gamma(t) &= 1 - p_{\Gamma\Gamma}(t) \cdot p_{\Gamma\Delta 4}(t) \cdot p_{\Gamma\Gamma\Delta 3}(t) \cdot p_{\Gamma\Gamma\Delta 4}(t), \\ \eta'_\Gamma &= 1 - \eta_{\Gamma\Gamma} \cdot \eta_{\Gamma\Gamma\Delta 3} \cdot \eta_{\Gamma\Gamma\Delta 4} \\ C_\Gamma &= C_{\Gamma\Gamma} + C_{\Gamma\Delta 4} + C_{\Gamma\Gamma\Delta 3} + C_{\Gamma\Gamma\Delta 4} + C_{\Gamma\Delta 3\Delta 4} \end{aligned} \right\} \quad (15)$$

Находим скорректированный показатель эффективности системы с использованием коэффициента функциональной организованности

$$\left. \begin{aligned} K_{\Sigma C} &= \frac{1}{K_{\text{орг } C}} (c'_{B1} \cdot P'_C(t) + c'_{B2} \cdot \eta'_C); \\ K_{\Sigma B} &= \frac{1}{K_{\text{орг } B}} (c'_{B1} \cdot P'_B(t) + c'_{B2} \cdot \eta'_B); \\ K_{\Sigma \Gamma} &= \frac{1}{K_{\text{орг } \Gamma}} (c'_{B1} \cdot P'_\Gamma(t) + c'_{B2} \cdot \eta'_\Gamma); \end{aligned} \right\} \quad (16)$$

где $K_{\text{орг } C}$, $K_{\text{орг } B}$, $K_{\text{орг } \Gamma}$ – коэффициенты функциональной организованности систем; $c'_{B1} = 1/c_{B1}$ и $c'_{B2} = 1/c_{B2}$ – стандартные весовые коэффициенты комплексных показателей качества соответственно вероятности безотказной работы и к.п.д.

Определяем показатель интегрального качества систем

$$\left. \begin{aligned} K_{\Sigma C} &= K_{\Sigma C} \cdot C_C \\ K_{\Sigma B} &= K_{\Sigma B} \cdot C_B \\ K_{\Sigma \Gamma} &= K_{\Sigma \Gamma} \cdot C_\Gamma \end{aligned} \right\} \quad (17)$$

Условием определения наилучшей системы является критерий

$$K_\Sigma = \min \quad (18)$$

Результаты работы

Для синтеза структуры системы по эксплуатационным свойствам и отдельным единичным показателям, разработаны алгоритм и программа расчета на ПЭВМ, позволяющая отыскать оптимальную структуру построения автономных СВЭ для конкретного случая и найти зоны оптимального использования различных систем в пределах принятых ограничений.

Результаты синтеза по критерию "эффективность - стоимость" приведены на рисунке 6а. Как видно из рисунка, при заданных условиях и во всем диапазоне изменения $P_{\text{потр}}$, и по комплексному показателю качества K_Σ и по стоимости C наихудшим из сравниваемых систем является система S_B . Из оставшихся систем – S_C лучше S_Γ по показателю K_Σ , но хуже по C , соответственно S_Γ лучше S_C по показателю C , но хуже по K_Σ . Таким образом, использование безусловного критерия предпочтения не позволило определить худшую систему.

Тогда для доведения задачи синтеза до конца используем показатель интегрального качества K_Σ в соответствии с условием (18). Из рисунка 6б видно, что наихудшим является система S_B .

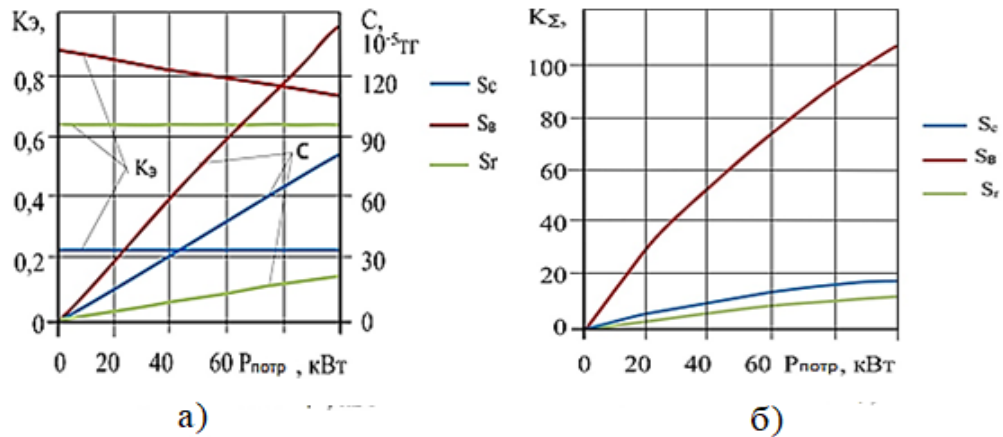


Рисунок 6 - Результаты синтеза СВЭ по критерию "эффективность - стоимость" (а) и по показателю интегрального качества (б).

Полученные результаты объясняются относительной простотой микроГЭС, отсутствием необходимости накопления электрической энергии, и возможностью вырабатывать электроэнергию промышленной частоты и напряжения непосредственно электромашиным генератором. Система S_B , в части ветрогенератора, значительно сложнее солнечных элементов и дороже, менее надежна.

Результаты синтеза структуры по эффективности функционирования системы $K_{\text{э}}$ и стоимости C приведены на рисунке 6а и по частным показателям эффективности $p(t)$ и η на рисунках 7а и 7б. Как видим, по критерию $K_{\text{э}} = \min$ предпочтительной является система S_c имеющая $K'_{\text{эГ}} = 0,21$, далее следует. S_r с $K'_{\text{эГ}} = 0,67-0,62$, S_B с $K'_{\text{эВ}} = 0,83-0,78$ является наименее предпочтительной. По стоимости безусловным преимуществом обладает система S_r . Система S_c по стоимости лучше S_B во всем диапазоне мощности. При этом преимущество каждой из систем S_r и S_c с увеличением мощности растёт.

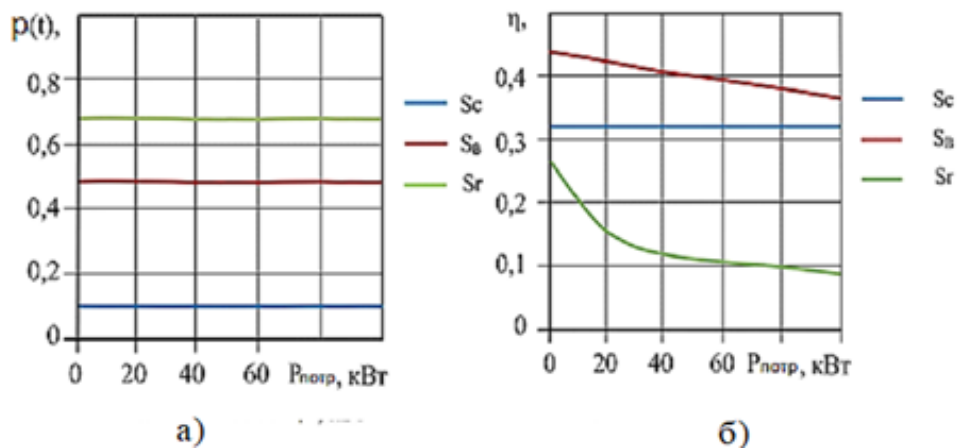


Рисунок 7 - Результаты синтеза структуры СВЭ по частым показателям

$$p'(t) = f(P_{\text{потр}}) \text{ и } \eta' = f(P_{\text{потр}}).$$

По вероятности безотказной работы лучшей является система S_c с $\eta'(t) = 0,12$, далее S_B с $\eta'(t) = 0,49$ и S_r с $\eta'(t) = 0,67$. По к.п.д. большим превосходством обладает система S_r , с увеличением мощности ее преимущество растет. На втором месте находится система S_c , и далее S_B .

Выводы

Разработан метод синтеза оптимального СВЭ в зависимости от условий эксплуатации и мощности потребителя по критерию «эффективность - стоимость», интегральному показателю качества, комплексному критерию эффективности. Разработаны алгоритм и программа расчета на ПЭВМ, позволяющая отыскать оптимальную структуру построения автономных СВЭ для конкретного случая и найти зоны оптимального использования различных систем в пределах принятых ограничений. Проведен синтез оптимального СВЭ в зависимости от условий эксплуатации и мощности потребителя по различным критериям.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Программа "Энергосбережение - 2020" (изменения на 29 августа 2013). Постановление Правительства Республики Казахстан от 29 августа 2013 года № 904.
- [2] Karatayev M., Michèle L. Clarke A review of current energy systems and green energy potential in Kazakhstan/ Renewable and Sustainable Energy Reviews Volume 55, March 2016, Pages 491-504
- [3] Таранов М.А., Воронин С.М. Оптимизация параметров ветроэнергетической установки для фермерского хозяйства. //Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2000. – № 5. – С.37-39.
- [4] Григорьева О.А., Кривенко Т.В., Тремясов В.А. Анализ надежности автономного ветродизельного комплекса. / Энергетика. Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. 2(243) 2016.С. 45-52
- [5] Baoping C., Yonghong L., Yunpeng M., Lei H., Zengkai L. A framework for the reliability evaluation of grid-connected photovoltaic systems in the presence of intermittent faults / C. Baoping, L. Yonghong, M. Yunpeng, H. Lei, L. Zengkai // Elsevier Ltd. All rights reserved - 2015. – Vol. 93, P.1308-1320.
- [6] Алхасов А.Б. Возобновляемая энергетика. –М.: ФИЗМАТЛИТ. 2010. - 256 с.
- [7] Сибикин Ю.Д., Сибикин М.Ю. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: учебн. пос. – М.: КНОРУС, 2010. – 232 с.
- [8] Gonzales A., Riba J., Rius A., Puig R. Optimal sizing of a hybrid gridconnected photovoltaic and wind power system // Applied Energy. – 2015. – Vol. 154. – P. 752-762.
- [9] Кешуов С.А., Байсенова Г.С., Молдыбаева Н.И. Обоснование исходных данных и функциональный анализ систем автономного электроснабжения на основе ВИЭ для синтеза их оптимальной структуры. // Материалы международной научно-практической конференции. И «Проблемы повышения эффективности использования электрической энергии в отраслях агропромышленного комплекса» Ташкент 2018. С326-331.
- [10] Кешуов С.А. Синтез структуры систем приводов рабочих органов мобильных сельскохозяйственных машин по критерию эффективности функционирования. //Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана №5, 1995. С114-122
- [11] Mohammadi M., Ghasempour R., Toopshekan A. Optimal planning of renewable energy resource for a residential house considering economic and reliability criteria.// International Journal of Electrical Power and Energy Systems. – 2018. – Vol. 96. – P. 261-273

LIST OF REFERENCES

- [1] Programma «Energoberezhenie – 2020» (izmeneniia na 29 avgusta 2013) Postanovlenie Pravitelstva Respubliki Kazakhstan ot 29 avgusta 2013 goda 904
- [2] Karatayev M., Michèle L. Clarke A review of current energy systems and green energy potential in Kazakhstan/ Renewable and Sustainable Energy Reviews Volume 55, March 2016, Pages 491-504
- [3] Taranov M. A. Voronin S. M. Optimizatsiia parametrov vetroenergeticheskoi ustanovki dlia fermerskogo khoziaistva. Mekhanizatsiia i elektrifikatsiia selskogo khoziaistva 2000 5 S 37-39
- [4] Grigoreva O.A., Krivenko T.V., Tremiasov V.A. Analiz nadezhnosti avtonomnogo vetrodizelnogo kompleksa. /Energetika. Nauchno-tekhicheskie vedomosti Cankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo politekhnicheskogo universiteta 2 243 2016 S 45-52

[5] Baoping C Yonghong L Yunpeng M Lei H Zengkai L A framework for the reliability evaluation of grid-connected photovoltaic systems in the presence of intermittent faults C Baoping L Yonghong M Yunpeng H Lei L Zengkai Elsevier Ltd All rights reserved - 2015 Vol 93 P 1308-1320

[6] Alhasov A.B. Vozobnovlyаемая энергетика. –М._ FIZMATLIT. 2010. _ 256 s.

[7] Sibikin Yu.D._ Sibikin M.Yu. Netradicionnie i vozobnovlyаемie istochniki energii_ uchebn. pos. – М._ KNORUS_ 2010. – 232 s. [6]Gonzales A., Riba J., Rius A., Puig R. Optimal sizing of a hybrid gridconnected photovoltaic and wind power system // Applied Energy. – 2015. – Vol. 154. – P. 752-762.

[8]Gonzales A., Riba J., Rius A., Puig R. Optimal sizing of a hybrid gridconnected photovoltaic and wind power system // Applied Energy. – 2015. – Vol. 154. – P. 752-762.

[9] Keshuov S.A., Baisanova G.S., Moldybaeva N.I. Obosnovanie iskhodnykh dannyx i funktsionalnyi analiz sistem avtonomnogo elektrosnabzheniia na osnove VIE dlia sinteza ikh optimalnoi struktury // Materialy mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii Tashkent 2018. S326-331

[10] Keshuov S.A. Sintez struktury sistem privodov rabochikh organov mobilnykh selskhoz mashin po kriteriiu effektivnosti funktsionirovaniia [Tekst] Vestnik selskokhoziaistvennoi nauki Kazakhstana 5 1995 S114-122

[11] Mohammadi M., Ghasempour R., Toopshekan A. Optimal planning of renewable energy resource for a residential house considering economic and reliability criteria.// International Journal of Electrical Power and Energy Systems. – 2018. – Vol. 96. – P. 261-273

ЖАҢАРТЫЛАТЫН ЭНЕРГИЯ КӨЗДЕРІ НЕГІЗІНДЕ АВТОНОМДЫ ЭНЕРГИЯМЕН ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУ ЖҮЙЕЛЕРІНІҢ ҚҰРЫЛЫМЫН СИНТЕЗДЕУ

С.А. Кешуов¹, Г.С. Байсенова¹, Н.И. Молдыбаева²

¹ЖШС «Агроинженерия Ғылыми-Өндірістік Орталығы» (ЖШС «АҒӨО»), Алматы қ., Қазақстан

²КеАҚ «Қазақ Ұлттық Аграрлық Зерттеу Университеті», Алматы қ., Қазақстан

E-mail: keshuov@mail.ru, baisanova61@mail.ru, moldybayeva78@mail.ru

Андатпа. Мақалада «тиімділік-құн» критерийіне, сапаның интегралдық көрсеткіші бойынша, тиімділіктің кешенді критерийіне, жүйенің сапасы мен өзіндік құнының жеке көрсеткіштеріне сәйкес жұмыс жағдайына және тұтынушының қуатына байланысты жаңартылатын энергиямен қамтамасыз ету жүйесінің оңтайлы жүйені синтездеу мәселелері қарастырылады.

Мақалада жаңартылатын энергия көздерін (ЖЭК) пайдалана отырып, агроөнеркәсіптік кешендерін (АӨК) автономды энергиямен жабдықтаудың оңтайлы жүйелерін құру мәселелері қарастырылады, мұнда әртүрлі ЖЭК-ті оңтайлы пайдалану аймақтарын бөлу заңдылықтарын және олардың пайдалану және экономикалық көрсеткіштерін салыстыру арқылы оларды үйлестірудің проблеммасы өзекті болып табылады. ЖЭК әр түрлі түрлерін оңтайлы қолдану аймақтарын анықтаудың тиімді құралы объектіге кешенді талдау жүргізуге және зерттеулерді қатаң жүйелеуге, сондай-ақ синтездеуге, яғни берілген жағдайлар үшін оңтайлы жүйені табуға мүмкіндік беретін жүйелі тәсіл болып табылады. «Тиімділік-құн» критерийіне, сапаның интегралдық көрсеткіші бойынша, тиімділіктің кешенді критерийіне, жүйенің сапасы мен өзіндік құнының жеке көрсеткіштеріне сәйкес жұмыс жағдайына және тұтынушының қуатына байланысты жаңартылатын энергиямен қамтамасыз ету жүйесінің оңтайлы жүйені синтездеу мәселелері қарастырылады. Алгоритм және бағдарламалық жасақтама әзірленді, бұл нақты жағдайлар үшін жаңартылатын энергиямен жабдықтаудың автономды жүйелерін құрудың оңтайлы құрылымын табуға және осылайша қабылданған шектеулерге байланысты әртүрлі жүйелерді оңтайлы пайдалану аймақтарын анықтауға мүмкіндік берді.

Түйін сөздер: жаңартылатын энергиямен қамтамасыз ету жүйелері, жүйелік талдау, функционалдық талдау, жүйенің оңтайлы құрылымын синтездеу, «тиімділік- құн» критерийі.

SYNTHESIS OF THE STRUCTURE OF AUTONOMOUS POWER SUPPLY SYSTEMS BASED ON RENEWABLE ENERGY SOURCES

S.A. Keshuov¹, G.S. Baisanova¹, N.I. Moldybaeva²

¹LTD «Scientific Production Center of Agricultural Engineering» (SPCAE) Almaty, Kazakhstan

²Non-profit joint-stock company “Kazakh National Agrarian Research University”,
Almaty, Kazakhstan

E-mail: keshuov@mail.ru, baisanova61@mail.ru, moldybaeva78@mail.ru

Annotation. The article deals with the issues of constructing optimal systems of Autonomous energy supply for the agro-industrial complex (AIC) using renewable energy sources (RES), where the problem of identifying patterns of distribution of zones of optimal use of various RES and their combination by comparing their operational and economic indicators is relevant. An effective tool for determining the areas of optimal use of various types of RES is a systematic approach that allows you to conduct a comprehensive analysis of the object and strictly systematize research, as well as to carry out synthesis, i.e. to find a system that is optimal for the given conditions. The optimal structure of the renewable energy supply system is synthesized depending on the operating conditions and the capacity of the consumer according to the "efficiency-cost" criterion, an integral quality indicator, a complex efficiency criterion, and particular indicators of the quality and cost of systems. An algorithm and software were developed that allowed finding the optimal structure for building Autonomous renewable energy systems for specific cases and thereby determining the optimal use zones of various systems depending on the accepted restrictions.

Key words: renewable energy supply systems, system analysis, functional analysis, synthesis of the optimal structure of the system, the criterion "efficiency-cost".



ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА И ТЕПЛОТЕХНОЛОГИИ

МРНТИ 44.41.35

ТЕПЛОПОСТУПЛЕНИЯ В ЗДАНИИ, ФОРМИРУЮЩИЕ ИЗБЫТОЧНОЕ ТЕПЛО

Д.К. Бражанова^{1*}, А.К. Терзиев², В.В. Стояк¹¹НАО «Алматинский университет энергетики и связи имени Гумарбека Даукеева», Алматы, Казахстан²Технический Университет Софии, София, Болгария
e-mail: dana_b.k@bk.ru, aterziev@tu-sofia.bg, v.stoyak@au.es.kz

Аннотация. Вопросы, связанные с повышением энергоэффективности жилых и общественных зданий продолжают оставаться актуальными. Стремление к оптимальному управлению энергобалансом зданий обусловлено ростом цен на энергоносители и возрастающими требованиями потребителей к комфортному микроклимату в жилых и рабочих зонах зданий. Необоснованно высокое энергопотребление для отопления в зимний период и кондиционирование летом, как правило, обусловлено недостаточной эффективностью ограждающих конструкций с применением устаревших проектных решений, техники контроля микроклимата и алгоритмов управления энергопотоками. Предложенная в статье новая модель учета теплопоступлений в здание позволит существенно уточнить и ускорить оценку составляющих энергобаланса и определить реальную потребность в тепле, холоде и вентиляции в условиях реальной эксплуатации помещений. Предполагается, что предложенная модель может быть успешно применена в проектах энергоэффективных систем управления, основанных на беспроводных сенсорно-актуаторных технологиях.

Ключевые слова: тепловой режим, теплопоступление в жилые и общественные здания, вторичные энергоресурсы, HOMER.

На сегодняшний день здания и сооружения являются одной из энергоемких отраслей, потребляющей почти 1/3 топливно-энергетических ресурсов страны. Существующий потенциал энергосбережения в данной сфере составляет около 25-27%. В этой связи важную роль приобретает разработка новых мероприятий, направленных на совершенствование правил учета, управления и контроля энергопотребления и предельных энергопотерь [1].

Актуальной задачей является разработка новых методов утилизации рекуперации избыточного тепла одного из энергосберегающих мероприятий, которые учитывают как экономические показатели реализации энергосберегающей модели, так и комфортность микроклимата в зданиях. Кроме того, рекуперация позволяет утилизировать тепло уходящего воздуха, не причиняя вред окружающей среде.

Тепловой режим зданий в зависимости от их назначения может быть постоянным или переменным. Постоянный тепловой режим характерен для большинства зданий, требующих постоянного поддержания заданной температуры воздуха в установках на протяжении всего периода эксплуатации. Поддержание температуры воздуха в помещении, установленной нормативными документами, в основном обеспечивается работой систем отопления и кондиционирования.

При выборе схем климатических систем и определении производительности тепло- и холодогенерирующего оборудования составляется тепловой баланс помещения, который представляет собой сопоставление тепловых потоков, поступающих и выходящих из помещений максимальным дефицитом (избытком) тепла в расчетном режиме работы системы в здании [2]. Тепловые потоки делятся на две категории: внешние (в зависимости от сезона и дня они могут быть положительными или отрицательными) и внутренние (всегда положительные).

Наружные тепловые потоки определяются разностью температур внутри и снаружи помещения, солнечной радиацией, вентиляцией. Рассматривая внешние тепловые потоки, следует выделить солнечное излучение, которое является одним из основных факторов, влияющих на тепловой режим здания.

Между тем, стоит отметить, что появление в последние годы дополнительных источников климатической информации, основанных на многолетних спутниковых наблюдениях за поверхностью земли, дает возможность получить более детальные средние актинометрические данные, в том числе и для территории Казахстана.

Во многих работах в качестве такого источника используется база данных NASA Surface meteorology and Solar Energy (SSE). Формирование этой базы данных осуществлялось в рамках международного сотрудничества и основывалось на проведении спутниковых и наземных измерений, использовании современных математических моделей распространения солнечного излучения в атмосфере Земли и верификации моделей на основе сравнения результатов расчетов и данных наземных измерений. Показано, что погрешность исходной информации базы NASA по средним суммам солнечной радиации для большинства солнечных месяцев не превышает 15%. Сравнительные исследования были проведены на основе многолетних измерений солнечной радиации на метеообсерватории МГУ им. М.В. Ломоносова [3].

Солнечная радиация, поступая через оконные проемы, вносит существенный вклад в теплоснабжение зданий, особенно жилых. При этом китайские исследователи обнаружили, что примерно 20–30% охлаждающей нагрузки в зданиях приходится на наружные окна летом в Северном Китае, тогда как в Южном Китае эта доля еще выше [4]. Была проанализирована охлаждающая нагрузка на примере двух коммерческих зданий, оборудованных светоотражающей оконной пленкой в Шанхае, и обнаружено, что тепловая нагрузка на здания от солнечного излучения через окна составляет 44% и 47% от общей нагрузки соответственно [5]. Таким образом, солнечное излучение является ключевым метеорологическим параметром для оценки нагрузки на отопление/охлаждение здания [6].

Существует множество методов расчета количества солнечной радиации [6], достигающей поверхности здания и проникающей в помещения через непрозрачные и светопрозрачные ограждения, но многие из них считаются устаревшими, содержат существенные ошибки или необоснованно сложные вычисления. Поэтому предлагается использовать программы расчетов, основанные на результатах непрерывных наблюдений определяющих переменных факторов, которые на данный момент предоставляют более точную информацию. В этих целях разработана подпрограмма расчета внешних теплопоступлений в среде MATLAB, учитывающая, наряду с расчетной траекторией солнца для конкретной даты и времени суток, фактическую радиацию (рисунок 1) [6].

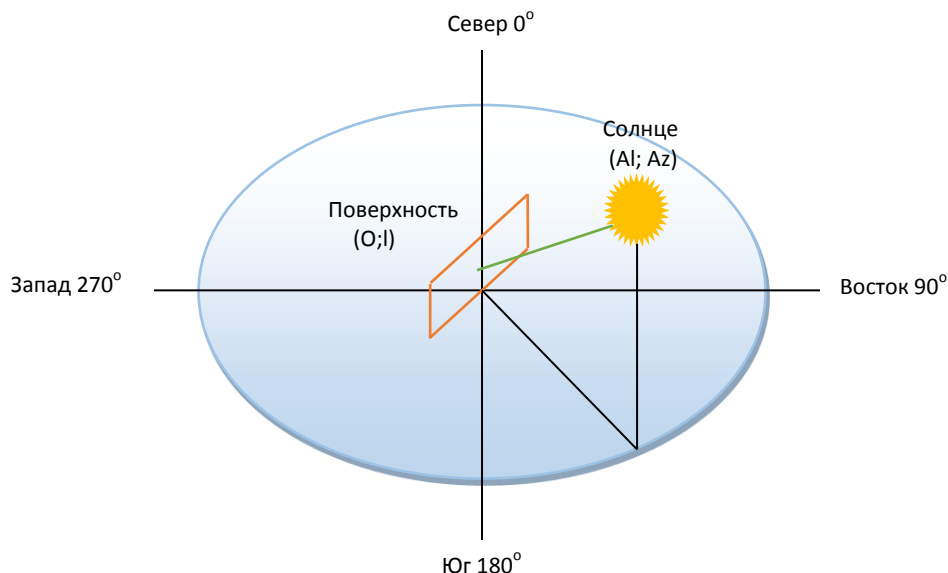


Рисунок 1 – Определение солнечных углов и поверхностных углов

Например, в работе [6] ученые из Китая, для определения поступившего тепла на здания от солнечной радиации, провели исследование, состоящее из четырех этапов: сбор данных, разработка метода, тематическое исследование и анализ. Собранные данные от метеорологических радиационных станций ими были проанализированы, а также выбран метод определения прямо

падающего солнечного излучения. Проведенное исследование было выполнено с использованием программы MATLAB. Общая методология исследования показана на рисунке 2.

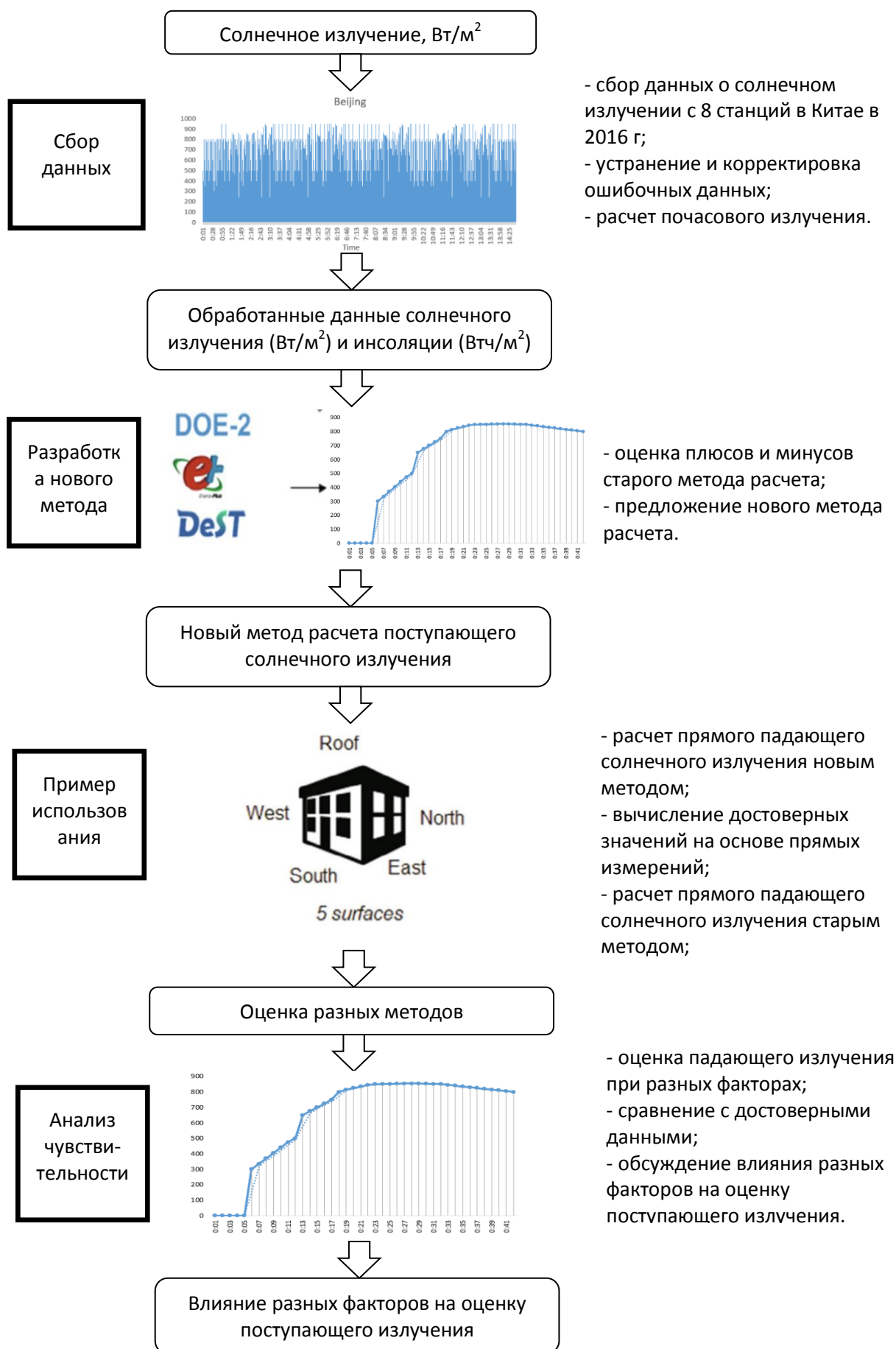


Рисунок 2 – Общая методология исследования [6].

В свою очередь, внутренние потоки составляют тепло от людей, от освещения, оборудования и т. д.

Поскольку человек выделяет в окружающую среду тепло и влагу, он не только является потребителем энергии, но и действует как источник тепловой энергии. Большое количество работ посвящено изучению влияния деятельности человека на потребность в энергии, а также их значительной роли в энергетическом балансе зданий [4].

Тепло от людей передается окружающей среде в результате конвективного и лучистого теплообмена и скрытого (латентного) тепла – теплосодержания водяного пара, который испаряется снаружи тела, а также выделяется с выдыхаемым воздухом.

Количество выделяемого людьми тепла зависит в основном от пола, возраста, телосложения человека, тяжести выполняемой работы и, самое главное, от микроклимата в помещении и одежды. По мере увеличения комнатной температуры и интенсивности работы доля выделяемой теплоты увеличивается.

Количество поступлений тепла от людей можно определить по формуле, Вт:

$$Q_{\text{юд}} = n \cdot q \cdot k \quad (1),$$

где n – количество людей;
 q – тепловыделение одним взрослым человеком Вт/чел.;
 k – $k=1$ – для мужчин, $k=0,85$ – для женщин.

q зависит от вида деятельности и ее категории (дифференциация работы по нагрузке в соответствии с потреблением энергии человеком) и температуры окружающей среды. Согласно нормативным документам, для учета тепловыделения людей в общественных и административных зданиях рекомендуется принимать значение тепловыделения на человека равным 90Вт/чел [7]. При расчете теплопоступления от людей учитывается, что заявленное в исходных данных количество людей может не соответствовать их одновременному нахождению в помещении. Существуют такие программы, как TRNSYS, Energy Plus и др., которые используются для расчета выделения тепла людьми. Однако они не учитывают фактическое количество людей на момент исследования, что объясняется интенсивным перемещением людей в зданиях (офисных, общественных, жилых).

Для решения этой проблемы в настоящей работе представлен новый метод и система для косвенного измерения теплопоступления от людей. Этот метод определяет количество людей, находящихся в комнате, путем измерения динамики изменения концентрации CO_2 , при этом авторами делается допущение о наличии линейной зависимости между тепловыделением человека и количеством выдыхаемого CO_2 . Система определяет базовый уровень концентрации CO_2 в помещении перед измерением. После этого измеренные значения концентрации CO_2 сравниваются с базовым значением через определенные интервалы времени. При обнаружении увеличения концентрации CO_2 рассчитывается количество присутствующих людей. По полученным данным определяется количество выдыхаемого углекислого газа в помещении, и далее рассчитывается теплопоступление [7].

Преимущества этого метода:

- расчет количества тепла от людей в текущий момент времени;
- определение точного количества человек в комнате;
- учет показателя физической активности человека, который является важным показателем при расчете тепловыделения человека;
- возможность определять эффективность работы системы вентиляции и/или инфильтрацию по темпу снижения концентрации CO_2 после того, как люди покинут помещение

Другим составляющим внутренних тепловых потоков являются поступления тепла от электрооборудования. Энергия, потребляемая электрооборудованием, включая освещение, практически полностью преобразуется в тепло, которое нагревает воздух в помещении. Чтобы рассчитать подачу тепла в комнату от различного электрооборудования, достаточно замерить мощность, потребляемую этим объектом.

Согласно государственному стандарту «Здания жилые и общественные параметры микроклимата в помещениях» показателями, характеризующими метеорологические

условия в закрытых помещениях (микроклимат), являются: температура воздуха, относительная влажность воздуха, скорость движения воздуха и интенсивность теплового облучения. В зимний период года при обеспечении оптимальных и допустимых показателей микроклимата необходимо предусматривать мероприятия по защите жилища от радиационного охлаждения от остекленных поверхностей оконных проемов, в летний период - от попадания прямых солнечных лучей [8].

Основными вредными выбросами, попадающими в воздух помещений, являются: чрезмерное тепло, чрезмерная влажность, вредные пары и газы, и другие вещества. Избыточное тепло ухудшает состав и состояние воздуха в помещении. Количество избыточного тепла в разное время года определяется исходя из теплового баланса помещения [9].

Как показано в работе [10], факторы, влияющие на окружающую среду в помещении, в основном включают температуру, влажность, скорость воздухообмена, движение воздуха, вентиляцию, загрязняющие частицы, биологические и газообразные загрязнители.

Огромное количество работ было посвящено влиянию вышеупомянутых факторов на физическое состояние и здоровье человека. Многие из них исследовали влияние внешнего и внутреннего избыточного тепла на пожилых людей. Сбор данных о тепловыделении пожилых людей в различных условиях окружающей среды и субъективных переменных невозможен из-за отсутствия достаточных экспериментальных данных о пожилых людях, которые включают физиологические и тепловые реакции. Следовательно, важно использование проверенной модели, которая может точно предсказать тепловые реакции пожилых людей в условиях теплового стресса [11].

В исследованиях ученых из Бейрута и Канады были разработаны индексы перегрева для пожилых людей, эквивалентные стандартной эффективной температуре (СЭТ). Разработанные индексы вместе с подтвержденной моделью бионагрева для пожилых людей использовались для установки приемлемых внутренних условий температуры и относительной влажности в помещении или соответствующих пороговым значениям СЭТ. Кроме того, другой индекс перегрева использовался для установления диапазонов приемлемого воздействия, таких как процент потери воды телом, влажность кожи и внутренняя температура. Эти диапазоны воздействия для пожилых людей сравнивались с таковыми для более молодых людей в течение двухчасового периода воздействия после одного часа предварительного кондиционирования. Были разработаны контуры СЭТ, увлажненности кожи и процентной потери воды телом по сравнению с температурой в помещении и относительной влажностью. Диапазоны воздействия, представленные в виде уравнений изолинии для пожилых и молодых людей, соответствующие пороговым значениям СЭТ, влажности кожи, процентной потере воды в организме и внутренней температуре, были суммированы в работе [11] для различных случаев моделирования при переменной температуре окружающей среды и относительной влажности, скорости метаболизма и изоляции одежды. Температуру тела также наносили на график для сравнения тепловых реакций пожилых и молодых людей.

Основные выводы исследования сводятся к следующему: по мере увеличения температуры в помещении, СЭТ увеличивается процент потери воды в организме и увлажненности кожи. Следовательно, чтобы получить тот же уровень комфорта, что и молодые люди, пожилым людям потребуется более низкая температура при воздействии теплых и жарких условий.

Количество тепла (за вычетом теплопотерь), которое поступает в помещение при заданных климатическим параметрам внутри помещений и текущих параметрах снаружи, является избыточным и сопровождается повышением температуры.

На современном этапе наибольшая энергоэффективность организуется в гибридных системах. Для оценки методов и сокращения выбросов и эксплуатационных затрат при проектировке используют различные программные обеспечения, в том числе оптимизационную модель для гибридных систем HOMER.

HOMER является одним из наиболее мощных инструментов для проектирования и планирования гибридных систем возобновляемых источников энергии с целью определения оптимального размера его компонентов путем проведения технико-экономического анализа. Многие ресурсы, такие как фотоэлектрическая батарея, топливные элементы, малая гидроэнергетика, биомасса, тепловые насосы, батареи и обычные генераторы, моделируются в HOMER [12].

HOMER запрашивает шесть типов данных для моделирования и оптимизации, такие как метеорологические данные, профиль нагрузки, характеристики оборудования, пространство поиска, экономические и технические данные [13].

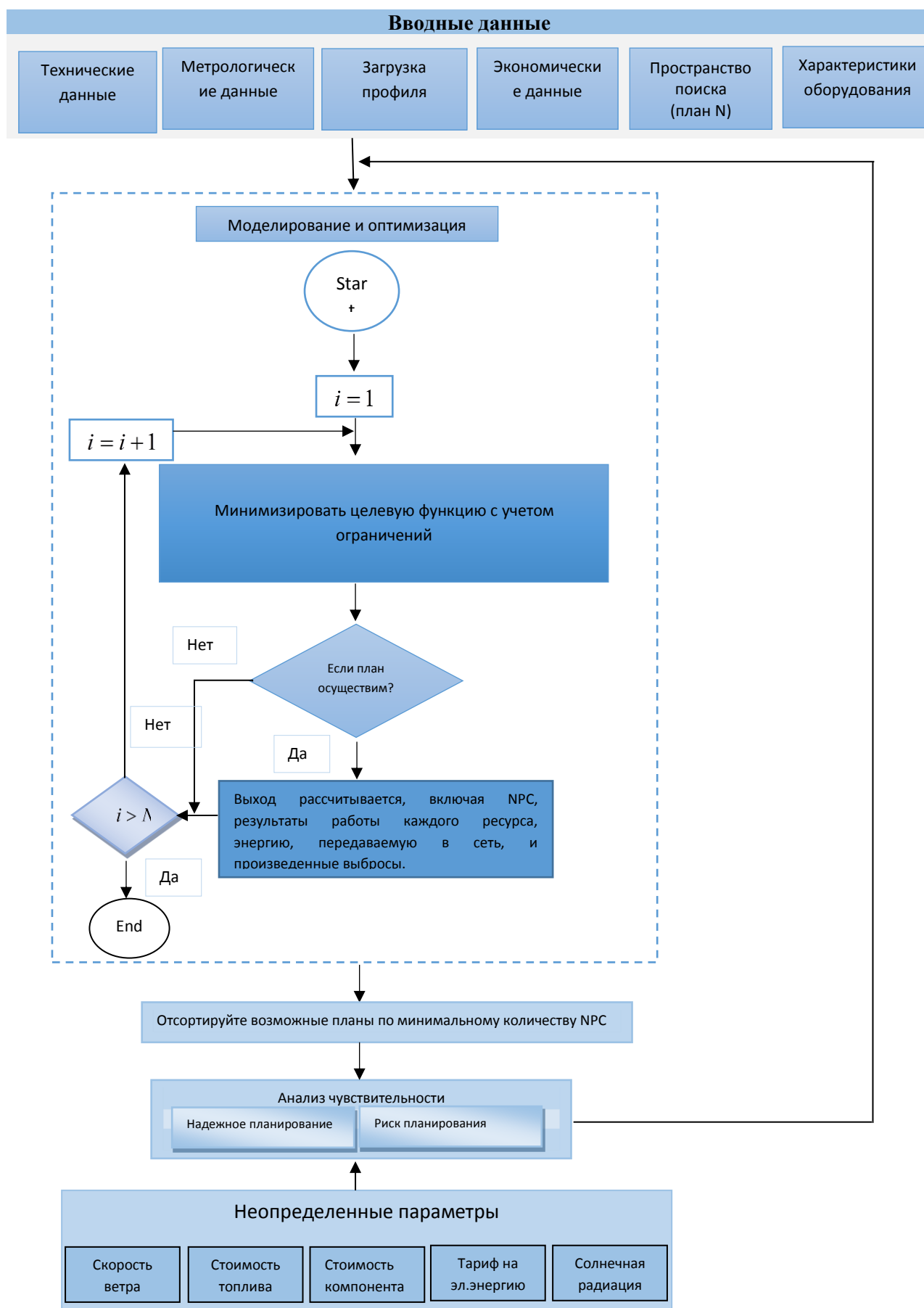


Рисунок 3 – Этапы моделирования и оптимизации

Метеорологические данные – это скорость ветра, солнечная радиация, температура и поток воды, при использовании микро-ГЭС, которые загружаются в программное обеспечение в виде среднемесячных значений или данных временного ряда. HOMER использует эти входные данные для расчета выходной мощности фотоэлектрической батареи и гидроэнергетики.

Профиль нагрузки каждого региона является наиболее важным фактором при моделировании и оптимизации. В некоторых зданиях, таких как университеты, больницы, отели и промышленные здания, есть данные о реальном потреблении энергии, которые подходят для моделирования. Эти реальные данные вводятся в HOMER как данные временных рядов. Однако в некоторых зданиях, особенно в отдаленных и сельских районах, где отсутствуют данные о реальном потреблении энергии, профиль нагрузки следует прогнозировать с учетом специфики этого региона. Эти данные вводятся в HOMER как суточный профиль, и программа использует их для ограничения баланса мощности.

По характеристикам каждого оборудования, моделируемого в HOMER, определяется эффективность его работы в составе системы возобновляемых источников энергии [14].

Поскольку компоненты систем возобновляемых источников энергии, включая фотоэлектрическую батарею, генератор, аккумулятор и преобразователь, имеют разные мощности, существует пространство поиска, которое учитывается при моделировании и оптимизации.

Каждое оборудование в системе возобновляемых источников энергии имеет некоторые данные о стоимости, такие как эксплуатация и техническое обслуживание, капитальные затраты и стоимость замены. Цена на топливо, цена транзакции электроэнергии с сетью, реальная процентная ставка, срок действия проекта, стоимость основного капитала системы, фиксированная стоимость эксплуатации и обслуживания системы, а также штраф за выбросы – это другие экономические данные, которые можно учитывать в HOMER. Эти затраты учитываются на этапах моделирования и оптимизации, и на их основе рассчитывается чистая текущая стоимость (NPC) каждого плана.

После ввода данных в HOMER перечисленные выше оптимальные размеры оборудования системы возобновляемых источников энергии определяются в три этапа, включая моделирование, оптимизацию и анализ чувствительности, как описано на рисунке 3. Этапы моделирования и оптимизации выполняются одновременно [13].

На сегодняшний день в современных зданиях повышают энергоэффективность за счет использования избыточного тепла и энергии возобновляемых источников.

Возобновляемые источники энергии являются подходящей альтернативой традиционным ресурсам для удовлетворения растущего потребления энергии. Однако, когда эти ресурсы используются для индивидуального снабжения местных нагрузок, возникает множество проблем, таких как высокие инвестиционные затраты и низкая надежность снабжения из-за их прерывистого и неопределенного характера. Для решения этих проблем появилась новая концепция, а именно гибридная система возобновляемых источников энергии [13].

Система гибридных источников энергии представляет собой комбинацию возобновляемых, традиционных энергоресурсов и хранилищ энергии для локального удовлетворения нагрузки как в подключенном к сети, так и в автономном режиме. Система используется в автономном режиме в отдаленных и сельских районах. Фактически, в периоды, когда выработки возобновляемых ресурсов недостаточно для удовлетворения нагрузки, оставшаяся часть нагрузки может быть обеспечена за счет резервных ресурсов.

Следовательно, система возобновляемых источников энергии (HRES) обладает большей надежностью по сравнению с системами возобновляемой энергии в автономном режиме. Когда цены на электроэнергию в сети низкие, HRES удовлетворяет нагрузку от сети и заряжает аккумуляторы энергии за счет возобновляемых источников энергии. Затем, в периоды высоких цен на сетевую электроэнергию, HRES удовлетворяет нагрузку своими ресурсами и продает дополнительную энергию в сеть. В этом режиме HRES более экономичны, чем только системы возобновляемой энергии.

Таким образом, HRES обеспечивает некоторые преимущества, например: увеличение проникновения возобновляемых источников энергии, снижение стоимости энергии (CoE), сокращение выбросов парниковых газов и обеспечение доступа к электроэнергии для людей в отдаленных и сельских районах. Эти преимущества соответствуют всем трем критериям устойчивого развития (УР), включая экономические, экологические и социальные аспекты.

Следует отметить, что концепция здания, теплоснабжение которого осуществляется главным образом за счет утилизации теплоты вытяжного воздуха для подогрева приточного, использование

теплоты солнечной радиации и внутренних тепловыделений от людей, отопительных приборов, освещения, бытовой техники и т. д., отличается от концепций, предусматривающих использование возобновляемых источников энергии непосредственно в здании (например, солнечных коллекторов, фотоэлектрических панелей и т. д.)

Выводы. Были рассмотрены внутренние и внешние тепловые потоки объекта теплоснабжения, обозначены проблемы учета этих тепловых потоков. В решении этих проблем представлен новый метод учета теплового потока через наружные ограждения здания и косвенного измерения теплопоступления от людей. Этот метод определяет количество людей, находящихся в комнате, путем измерения динамики изменения концентрации CO_2 .

Установлено, что внутренние и внешние поступления, в том числе от солнечной радиации, оборудования и людей, вносят значительный вклад в формирование избыточного тепла, которое, в свою очередь, следует рассматривать как возобновляемый энергоресурс в проектах энергоэффективных зданий.

Например, в летний период путем включения в схему централизованного кондиционирования зданий теплообменников для нагрева воды в системе горячего водоснабжения взамен воздухоохлаждаемых конденсаторов компрессионных кондиционеров в сочетании с водяными аккумуляторами тепла.

Очевидно, что систематическое формирование избыточного тепла в отопительный период сопровождается перерасходом энергии на теплоснабжение и свидетельствует о необходимости реализации энергосберегающих мероприятий, таких как пофасадное и/или местное точечное регулирование, программное регулирование с понижением задания в ночные часы и нерабочие дни и т. п.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Михеев Д.А. Повышение тепловой эффективности наружных стеновых ограждений на основе анализа тепловизионных исследований // Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук – Красноярск, 2010.
- [2]. Свистунов В.М., Пушняков Н.К. Отопление, вентиляция, и кондиционирование воздуха объектов агропромышленного комплекса и жилищно-коммунального хозяйства. Учебник для ВУЗов. Санкт-Петербург. 2001. 25-27 стр.
- [3]. Попель О.С. Исследование и разработка систем энергоснабжения с использованием возобновляемых источников энергии. // Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук – 2007.
- [4]. Knappa G.L., Mukherjee T., Zubacka J.S., Weia H.L., Palmera T.A., Deb A., DebRoy T. Building blocks for a digital twin of additive manufacturing // *Acta Materialia*. – №135. – 2017. – с. 390-399.
- [5]. Insu Kim, Jean-Ann James, John Crittenden. The case study of combined cooling heat and power and photovoltaic systems for building customers using HOMER software. *Electric Power Systems Research* 143 (2017) 490–502.
- [6]. Jingjing An, Da Yan, Siyue Guo, Yan Gao, Jinqing Peng, Tianzhen Hong. An improved method for direct incident solar radiation calculation from hourly solar insolation data in building energy simulation. *Energy & Buildings* 227 (2020) 110425. www.elsevier.com/locate/enb.
- [7]. Ибрагимова М.В. Разработка аппаратного программно-методического комплекса для автоматизированного энергетического аудита зданий на основе беспроводных сенсорных систем // Диссертация на соискание ученой степени доктора философии (PhD). – 2018
- [8]. СН РК 4.02-101-2011 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха».
- [9]. ГОСТ 30494-2011. «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях».
- [10]. Бражанова Д.К., Стояк В.В. Актуальные вопросы систем кондиционирования воздуха. Материалы международной научно-технической конференции «I юбилейные чтения БОЙКО Ф.К.», посвященной 100-летию БОЙКО Ф.К. Павлодар, 1 том. 211-215 стр.
- [11]. Mariam Itani, Nesreen Ghaddar, Kamel Ghali, Abdelaziz Laouadi. Development of heat stress charts for older people under indoor environmental conditions. *Energy & Buildings* 224 (2020) 110274.
- [12]. Insu Kim, Jean-Ann James, John Crittenden. The case study of combined cooling heat and power and photovoltaic systems for building customers using HOMER software. *Electric Power Systems Research* 143 (2017) 490–502.

- [13]. S. Bahramara, M. Parsa Moghaddam n, M.R. Haghifam. Optimal planning of hybrid renewable energy systems using HOMER: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 62 (2016) 609–620.
- [14]. Lambert T, Gilman P, Lilienthal P. Micropower system modeling with homer. *Integration of alternative sources of energy*. John Wiley & Sons, Inc.; 2006. p. 379–418.
- [15]. Rebecca Ford, Marco Pritoni, Angela Sanguinetti, Beth Karlin. Categories and functionality of smart home technology for energy management. *Building and Environment* 123 (2017) 543 – 554.

REFERENCES

- [1]. Mixeev D.A. Povyshenie teplovoj effektivnosti naruzhnyx stenovyx ograzhdenij na osnove analiza teplovizionnyx issledovanij [Increasing the thermal efficiency of external wall fences based on the analysis of thermal imaging studies] // *Avtoreferat dissertacii na soiskanie uchenoj stepeni kandidata texnicheskix nauk – Krasnoyarsk*, 2010.
- [2]. V.M. Svistunov, N.K. Pushnyakov. Otoplenie, ventilyaciya, i kondicionirovanie vozduxa ob`ektov agropromyshlennogo kompleksa i zhilishhno-kommunal'nogo khozyajstva [Heating, ventilation, and air conditioning of objects of the agro-industrial complex and housing and communal services]. *Uchebnik dlya VUZov*. Sankt-Peterburg, 2001. 25-27 str.
- [3]. Popel` O.S. Issledovanie i razrabotka sistem energosnabzheniya s ispol`zovaniem vozobnovlyaemyx istochnikov energii [Research and development of energy supply systems using renewable energy sources]. // *Avtoreferat dissertacii na soiskanie uchenoj stepeni doktora texnicheskix nauk – 2007*.
- [4]. Knappa G.L., Mukherjee T., Zubacka J.S., Weia H.L., Palmera T.A., Deb A., DebRoy T. Building blocks for a digital twin of additive manufacturing // *Acta Materialia*. - №135. – 2017. – s. 390-399.
- [5]. Insu Kim, Jean-Ann James, John Crittenden. The case study of combined cooling heat and power and photovoltaic systems for building customers using HOMER software. *Electric Power Systems Research* 143 (2017) 490–502.
- [6]. Jingjing An, Da Yan, Siyue Guo, Yan Gao, Jinqing Peng, Tianzhen Hong. An improved method for direct incident solar radiation calculation from hourly solar insolation data in building energy simulation. *Energy & Buildings* 227 (2020) 110425. www.elsevier.com/locate/enb.
- [7]. Ibragimova M.V. Razrabotka apparatnogo programmno-metodicheskogo kompleksa dlya avtomatizirovannogo energeticheskogo audita zdaniy na osnove besprovodnyx sensornyx sistem [Development of a hardware-software-methodical complex for automated energy audit of buildings based on wireless sensor systems] // *Dissertaciya na soiskanie uchenoj stepeni doktora filosofii (PhD)*. - 2018
- [8]. SN RK 4.02-101-2011 «Otoplenie, ventilyaciya i kondicionirovanie vozduxa» [Heating, ventilation and air conditioning].
- [9]. GOST 30494-2011. «Zdaniya zhilye i obshchestvennyye. Parametry mikroklimate v pomeshheniyax» [Residential and public buildings. Indoor microclimate parameters].
- [10]. Brazhanova D.K. Stoyak V.V. Aktual'nyye voprosy sistem kondicionirovaniya vozduxa [Topical issues of air conditioning systems]. *Materialy mezhdunarodnoj nauchno-texnicheskoj konferencii «I yubilejnyye chteniya BOJKO f. K.», posvyashhennoj 100-letiyu BOJKO F.K. Pavlodar, 1 tom*. 211-215 str.
- [11]. Mariam Itani, Nesreen Ghaddar, Kamel Ghali, Abdelaziz Laouadi. Development of heat stress charts for older people under indoor environmental conditions. *Energy & Buildings* 224 (2020) 110274.
- [12]. Insu Kim, Jean-Ann James, John Crittenden. The case study of combined cooling heat and power and photovoltaic systems for building customers using HOMER software. *Electric Power Systems Research* 143 (2017) 490–502.
- [13]. S. Bahramara, M. Parsa Moghaddam n, M.R. Haghifam. Optimal planning of hybrid renewable energy systems using HOMER: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 62 (2016) 609–620.
- [14]. Lambert T, Gilman P, Lilienthal P. Micropower system modeling with homer. *Integration of alternative sources of energy*. John Wiley & Sons, Inc.; 2006. p. 379–418.
- [15]. Rebecca Ford, Marco Pritoni, Angela Sanguinetti, Beth Karlin. Categories and functionality of smart home technology for energy management. *Building and Environment* 123 (2017) 543 – 554.

HEAT GAIN IN THE BUILDING WHICH FORMS THE EXCESS HEAT

D.K. Brazhanova^{1*}, A.K. Terziev², V.V Stoyak¹

¹Non-profit joint-stock company «Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named after Gumarbek Daukeev», Almaty, Kazakhstan

² Sofia Technical University, Sofia, Bulgaria
e-mail: dana_b.k@bk.ru*, aterziev@tu-sofia.bg, v.stoyak@au.es.kz

Abstract. Issues related to improving the energy efficiency of residential and public buildings continue to be relevant. The desire for optimal management of the energy balance of buildings is due to the rise in energy prices and the increasing demands of consumers for a comfortable microclimate in residential and working areas of buildings. Unreasonably high energy consumption for heating in winter and air conditioning in summer, as a rule, is due to insufficient efficiency of the enclosing structures, the use of outdated design solutions, microclimate control technology and energy flow control algorithms. The proposed in the article a new model for accounting for heat inputs into a building will significantly clarify and accelerate the assessment of the components of the energy balance and determine the real need for heat, cold and ventilation in the conditions of real operation of premises. It is assumed that the proposed model can be successfully applied in projects of energy efficient control systems based on wireless sensor-actuator technologies.

Key words: thermal conditions, heat input in residential and public buildings waste energy, HOMER.

АРТЫҚ ЖЫЛУДЫ ҚАЛЫПТАСТЫРАТЫН ҒИМАРАТТАҒЫ ЖЫЛУ АҒЫНЫ

Д.К. Бражанова^{1*}, А.К. Терзиев², В.В Стояк¹

¹«Ғұмарбек Даукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғамы, Алматы, Қазақстан

²София техникалық университеті, София, Болгария
e-mail: dana_b.k@bk.ru*, aterziev@tu-sofia.bg, v.stoyak@au.es.kz

Аңдатпа. Тұрғын үй және қоғамдық ғимараттардың энергия тиімділігін арттыруға байланысты мәселелер өзекті болып қалуда. Ғимараттардың энергия теңгерімін оңтайлы басқаруға деген ұмтылыс энергия бағасының өсуіне және ғимараттардың тұрғын және жұмыс аймақтарындағы жайлы микроклиматқа тұтынушылардың қоятын талаптарының өсуіне байланысты. Қысқы кезеңде жылытуға және жазда кондиционерлеуге негізсіз жоғары энергияның жұмсалуды, әдетте, үй құрылысындағы ескірген жобалық шешімдерді, микроклиматты бақылау техникасын және энергия ағындарын басқару алгоритмдерін қолдана отырып, қоршау конструкцияларының тиімділігінің жеткіліксіздігіне байланысты. Ғимаратқа келетін жылу ағынын есепке алудың осы мақалада ұсынылған жаңа моделі энергия теңгерімінің құрамдас бөліктерін бағалауды барынша нақтылауға, тездетуге мүмкіндік береді және үй-жайларды нақты пайдалану жағдайында жылу мен, суыққа және желдетуге деген нақты қажеттілікті анықтайды. Ұсынылған модель сымсыз сенсорлық-актуаторлық технологияларға негізделген энергияны тиімді басқару жүйелерінің жобаларында сәтті қолданылуы мүмкін деп болжанады.

Түйін сөздер: жылулық режимі, тұрғын және қоғамдық ғимараттарға жылудың түсуі, қайталама энергоресурстар, HOMER бағдарламасы.



ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ И КОММУНИКАЦИОННАЯ ИНЖЕНЕРИЯ

МРНТИ 49.33.29

АНАЛИЗ СЦЕНАРИЕВ РАЗВЕРТЫВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ NB-IOT В СЕТЯХ 4G С ПРИМЕНЕНИЕМ РЕЗУЛЬТАТОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ

К.М. Туржанова*, С.В. Коньшин, А.В. Солощенко

НАО «Алматинский Университет Энергетики и Связи имени Гумарбека Даукеева»,
г. Алматы, Казахстан

e-mail: karinaturzhanova@gmail.com

Аннотация. Технология NB-IoT поддерживает три сценария использования радиочастотного спектра (автономный, в защитной полосе, совмещенное использование спектра) в сетях мобильной связи. Выбор сценария развертывания NB-IoT важен, поскольку оказывает влияние не только на гибкость развертывания сетей, затраты на её модернизацию, но и на основные показатели эффективности функционирования сети мобильной связи 4G, а, следовательно, и на удовлетворенность пользователей предоставляемыми услугами Интернета вещей. В данной статье представлены результаты имитационного моделирования эффективности применения трех сценариев использования радиочастотного спектра в сетях мобильной связи 4G при оказании услуг Интернета вещей на основе применения многокритериального подхода. Представлена к рассмотрению методология тестирования технологии NB-IoT, а также основные выводы и рекомендации по выбору наиболее выгодного сценария развертывания NB-IoT.

Ключевые слова: NB-IoT, Интернет Вещей, in-band, standalone, guard band.

Введение

NB-IoT (Narrow-Band Internet of Things) – это технология узкополосного Интернета вещей (IoT), разработанная консорциумом 3GPP для устройств телеметрии с низкими объемами обмена данными на основе мобильных сетей стандарта 4G (LTE). Данная технология была представлена консорциумом в рамках работ над стандартами сотовых сетей нового поколения [1]. Одними из главных преимуществ NB-IoT по сравнению с другими технологиями LPWAN (Low Power Wide Area Network) стали возможность обеспечения практически полного переиспользования сетевой инфраструктуры существующего стандарта 4G и возможность подключения к базовой станции большого количества устройств, в десятки раз превышающего возможности существующих стандартов мобильной связи. Стабильное покрытие NB-IoT, низкое энергопотребление и небольшая стоимость устройств также относятся к значительным преимуществам данной технологии [2].

В спецификации 3GPP TR 45. 820 [3] указано, что технология NB-IoT может поддерживать три сценария использования радиочастотного спектра (рис. 1) в сетях мобильной связи, а именно:

1) Standalone mode – автономный сценарий, при котором задействуются существующие свободные ресурсы спектра 2G/4G на принципах рефарминга (замены) частот.

2) In-band mode – сценарий совмещенного использования спектра или внутриполосный, при котором существующие ресурсные блоки 4G с полосой пропускания 180 кГц выделяются под технологию NB-IoT.

3) Guardband mode – сценарий использования защитной полосы. В данном сценарии для развертывания NB-IoT задействуется избыточный спектр частотного канала в пределах выделенного канала 4G.

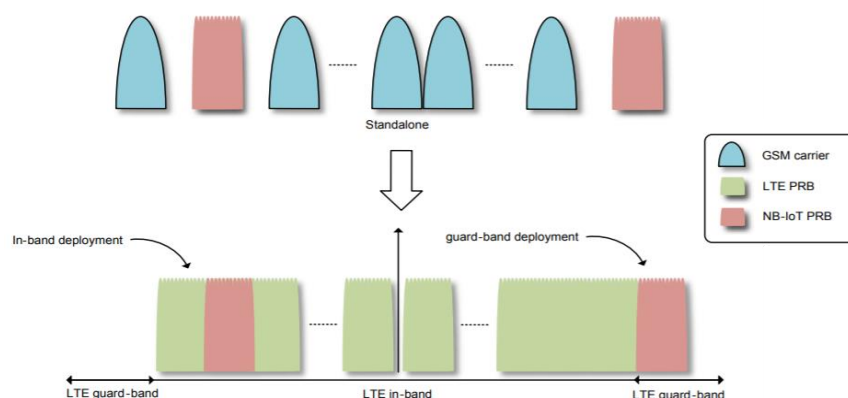


Рисунок 1 – Три сценария развертывания технологии NB-IoT

Автономный сценарий является хорошим вариантом для сетей 4G, работающих параллельно со стандартом GSM. Поскольку стандарт GSM в основном работает в диапазонах 900 МГц и 1800 МГц (спектр, который присутствует практически на всех рынках связи), то этот вариант ускоряет время выхода технологии NB-IoT на рынок и максимизирует преимущества инфраструктуры в глобальном масштабе.

Внутриполосный сценарий является наиболее предпочтительным вариантом сосуществования технологии NB-IoT и 4G сетей, поскольку обеспечивает наиболее экономически выгодное развертывание сети, а также более эффективное использование спектральных ресурсов. Именно эти преимущества значительно выделяют NB-IoT среди остальных технологий LPWA. NB-IoT несущая частота (cell) представляет собой автономный сетевой элемент, использующий один блок физических ресурсов сети (PRB). В случае отсутствия IoT трафика этот ресурсный блок может быть с легкостью переиспользован операторами для 4G трафика.

Для использования сценария развертывания NB-IoT в защитной полосе должны выполняться строгие требования по предотвращению возникновения интерференции (помех) между NB-IoT и LTE. В отличие от других технологий LPWA, физические уровни NB-IoT были разработаны с учетом строгих требований сосуществования в защитной полосе LTE.

Выбор определенного сценария развертывания технологии NB-IoT является первостепенной задачей операторов мобильной связи, поскольку влияет на гибкость развертывания сетей, затраты на модернизацию инфраструктуры сетей – TCO (total cost of ownership), качество функционирования сети мобильной связи 4G, и как результат на удовлетворенность пользователей предоставляемыми услугами Интернета вещей, что и является ключевым моментом при выборе дальнейшей стратегии развития мобильных сетей операторами связи.

Согласно ранним исследованиям [4, 5, 6, 7], большинство мобильных операторов и производителей телекоммуникационного оборудования «при определении сценария построения и развертывания технологии NB-IoT руководствуются ограниченным набором показателей сети, не дающим в полной мере комплексной оценки для эффективности функционирования сети 4G». В связи с этим в работах [4, 8] мы предлагаем использование усовершенствованного метода [9, 10, 11] для анализа и оценки эффективности функционирования сети мобильной связи 4G [9], основной идеей и задачей которого является определение и систематизация ключевых показателей эффективности сети 4G, работающей совместно с технологией NB-IoT, и использование многокритериального подхода к оценке основных показателей функционирования сети при оказании услуг Интернета вещей. Результатом применения данного подхода является выбор наиболее оптимального сценария использования радиочастотного спектра для реализации узкополосного Интернета вещей на существующей сети 4G.

В данной работе мы приводим результаты анализа сценариев использования радиочастотного спектра в сетях мобильной связи 4G с технологией NB-IoT при оказании услуг Интернета вещей, предлагаем к рассмотрению методологию тестирования сети NB-IoT, а также основные выводы и рекомендации по выбору наиболее оптимального сценария развертывания NB-IoT.

Методика

Методика исследования представлена в виде комбинированного подхода, включающего в себя имитационное моделирование с применением специализированного программного обеспечения U-Net Planning Tool и анализ полученных данных, с целью оценки эффективности функционирования сети мобильной связи 4G при использовании узкополосной технологии IoT для трех различных вариантов использования спектра. Методология разработана на основе рекомендаций консорциума 3GPP [3] и научных изысканий, представленных в работах [12, 13]. Объективные (инструментальные) методы измерения и контроля основных показателей функционирования мобильных сетей представлены в [14]. В качестве наблюдаемого объекта используется кластерная зона, состоящая из трех базовых станций, работающих в диапазоне 900 МГц. Тестирование проводится поочередно в трех различных режимах NB-IoT (standalone, guard band, in-band).

Экспериментальная часть

В этой главе изложены результаты моделирования системы коммерческого учета счетчиков/датчиков в случае их использования в городских условиях. Экспериментальная часть работы проводилась с помощью имитационного моделирования в программной среде U-Net Planning Tool. Как известно, в технологии NB-IoT используется множество знакомых функций и методов из 4G сетей. В связи с этим большинство сценариев испытаний могут быть весьма похожи на тестирование 4G сети.

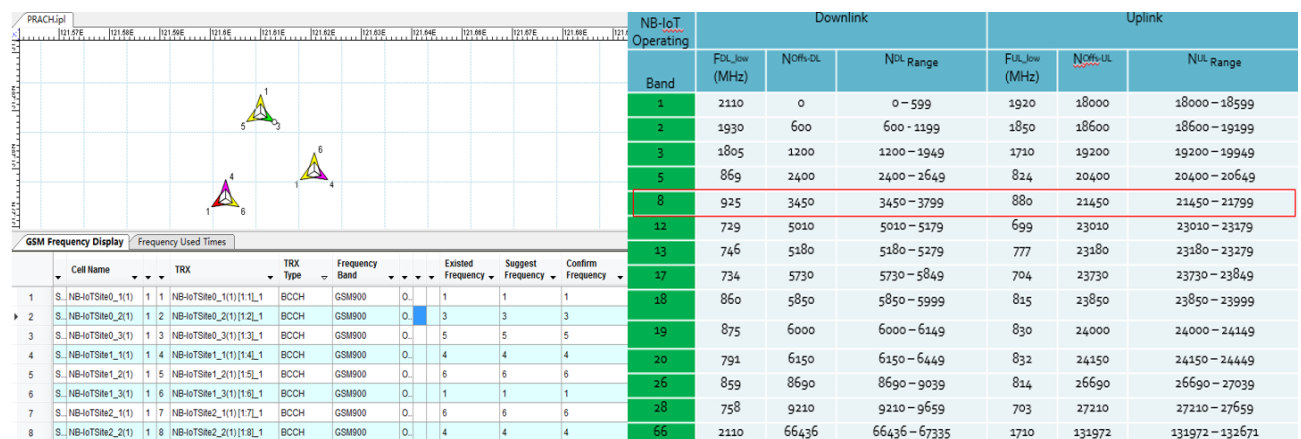


Рисунок 2 – Процесс конфигурации базовых станций в программной среде U-Net Planning Tool

Программа предложенного нами экспериментального исследования включает в себя три основных задачи:

- воспроизведение наиболее приближенных к реальным условиям функционирования технологий NB-IoT на тестовом участке сети 4G с использованием эмпирической модели распространения сигнала Окамура-Хата;
- проверку и анализ значений основных показателей сети 4G при оказании услуг NB-IoT для различных вариантов использования спектра (автономный, в защитной полосе, совмещенное использование спектра);
- сбор, систематизацию и анализ полученных результатов эксперимента.

Проведение замеров основных показателей эффективности функционирования сети в реальных условиях осуществляется двумя доступными способами – посредством сбора статистических данных с мобильной сети 4G для каждого из указанных NB-IoT сценариев использования спектра общей продолжительностью 30 дней (10 дней для каждого из сценариев). Моделирование проводится в специализированном программном приложении U-Net Network Planning Tool. Сбор статистики ведется почасовой, преимущественно в пиковые часы загрузки сети, что позволяет проанализировать влияние каждого из сценариев NB-IoT в максимально реальных условиях эксплуатации коммерческих сетей 4G. В случае проведения более длительных измерений сбор статистических данных может осуществляться ежемесячно. В данной работе мы ограничимся анализом результатов, полученных путем имитационного моделирования сети.

Архитектура сети NB-IoT

Для проведения и анализа эффективности функционирования сети мобильной связи 4G при реализации NB-IoT с применением различных сценариев использования спектра были проведены экспериментальные исследования в соответствии с диаграммой, представленной на рисунке 3.

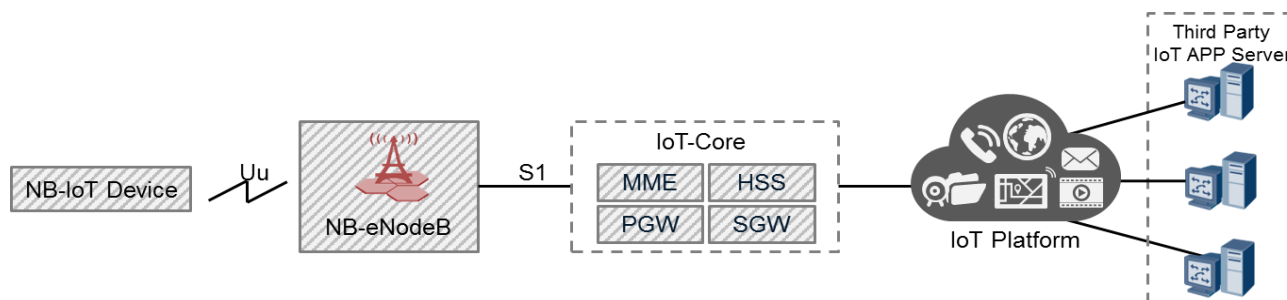


Рисунок 3 – Сетевая архитектура NB-IoT сети

Стоит отметить, что структура сети NB-IoT во многом схожа с сетью 4G и состоит из пяти основных функциональных элементов:

1. Оконечные пользовательские устройства NB-IoT (терминалы, датчики, сенсоры и т.д.), которые имеют доступ к сети NB-IoT пока установлена SIM-карта соответствующего провайдера связи.
2. Базовые станции – один из основных функциональных элементов сети, чаще всего инфраструктура сети оператора готова и переиспользуется после обновления программного обеспечения. Базовая станция должна поддерживать все три варианта использования спектра.
3. Ядро сети. В базовой сети базовая станция NB-IoT может подключаться к облачной платформе NB-IoT посредством передачи и обработки данных в ядре сети (IoT Core).
4. Облачная платформа предназначена для обработки различных услуг и перенаправлению полученных результатов в вертикальный бизнес-центр или терминал NB-IoT.
5. Вертикальный бизнес-центр, представляющий своего рода контролирующий орган, который получает данные NB-IoT и хранит их в своем собственном центре, а также контролирует функционирование терминалов NB-IoT. В основном данный элемент находится на стороне провайдера услуг NB-IoT [15].

Описание результатов

Тестирование сети узкополосного Интернета вещей проводится для трёх различных сценариев использования спектра. Первый сценарий – автономный (standalone), при котором происходит переиспользование выделенного канала в Р-диапазоне 900 МГц с полосой пропускания 200 кГц. Внутриполосный (in-band) – второй сценарий развертывания, использующий канал или ресурсный блок 4G в диапазоне частот 900 МГц с полосой пропускания 180 кГц. И наконец, третий сценарий (guard band), при котором происходит использование защитной полосы, и таким образом переиспользуется избыточный спектр в пределах выделенного канала 4G.

Частотный диапазон в 900 МГц выбран исходя из расчета, что для низкочастотного сегмента покрытие NB-IoT значительно выше (табл. 1). Следовательно, использование такого диапазона должно существенно сократить затраты на закуп количества требуемых базовых станций NB-IoT. Зона покрытия для различных частотных диапазонов представлена в таблице 1. Входные данные для осуществления тестирования используются следующие: автономный режим, мощность NB IoT Tx - 43 дБм, NRS мощность 32,2 дБм, требование к уровню покрытия RSRP -112 дБм).

Таблица 1 – Зона покрытия NB-IoT в автономном режиме для различных сценариев использования и частот

Сценарий использования	700 МГц	800 МГц	900 МГц	1800 МГц	2100 МГц
Urban (городской тип)	1.48	1.34	1.23	0.76	0.66
Suburban (пригород)	3.06	2.77	2.53	1.78	1.54
Rural (сельский тип)	10.07	9.1	8.33	5.84	5.02

В работе [5] представлено описание методики определения основных ключевых показателей (KPI), которые рекомендуются к использованию для оценки достижения эффективности функционирования сети 4G при реализации технологии узкополосного IoT. Входные данные для имитационной модели представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Входные параметры симулятора U-NetPlanningTool

Параметры		Значения
Частота		900 МГц
Ширина полосы пропускания NB-IoT		180 кГц
Среда распространения		Urban (городская среда)
Трафиковая модель в каналах UL/DL (восходящий/нисходящий канал)	Размер пакета	UL: 20 – 200 бит DL: 20 бит
	Интенсивность поступления пакетов	15 % – один раз в час;
Тип антенн базовой станции		Внутриполосный режим / В защитной полосе: 2T2R Автономный сценарий: 1T2R
Выходная мощность базовой станции		Автономный режим: 43 dBm Внутриполосный режим / В защитной полосе: 35 dBm

В качестве показателей эффективности функционирования сети 4G были выбраны сетевые параметры, представленные в таблице 3. Отбор параметров осуществлялся с использованием принципов независимости, их простоты, измеримости и достижимости. Проведение комплексной оценки по предложенным показателям с использованием выбранных сетевых параметров поможет мобильным операторам сети и заинтересованным сторонам выявить, в какой степени выбранный сценарий развертывания NB-IoT может быть признан как наиболее оптимальный и экономически выгодный для использования на существующей сети 4G.

Таблица 3 – Результаты экспериментального исследования сценариев технологии NB-IoT

Показатели	KPI / ключевые параметры сети	Приоритет параметра	Автономный сценарий	Сценарий использования защитной полосы	Внутриполосный сценарий
Зона покрытия	Уровень опорного сигнала принятой мощности, дБм	высокий	-130	-132	-133
	Отношение сигнал / шум, дБ	высокий	-9.3	-10.3	-10.5
Доступность сети	Процент успешных соединений, %	высокий	99.63%	99.43%	99.39%
Сохранность сети	Процент разъединения установленных соединений, %	средний	0.10%	0.12%	0.13%
Уровень внутрисистемных помех и со-канальных помех	Уровень внутрисистемных помех в направлении «вверх», дБм	средний	-128.38	-130	-129.1
Клиентский	Средняя скорость	высокий	1.2	0.97	0.67

опыт	передачи данных на конечного пользователя в линии «вниз», Мбит/с				
	Средняя скорость передачи данных на конечного пользователя в линии «вверх», Мбит/с	высокий	0.16	0.16	0.16

Тестовый кластер состоит из трех базовых станций, расположенных на расстоянии приблизительно 1.2 км друг от друга, с высотой подвеса антенн 25 м и наклоном вниз 8 градусов. Выбранная эмпирическая модель распространения сигнала – Окамура-Хата (городской тип). Данная модель применяется при проектировании систем сотовой связи для осуществления расчета основных потерь при распространении сигнала.

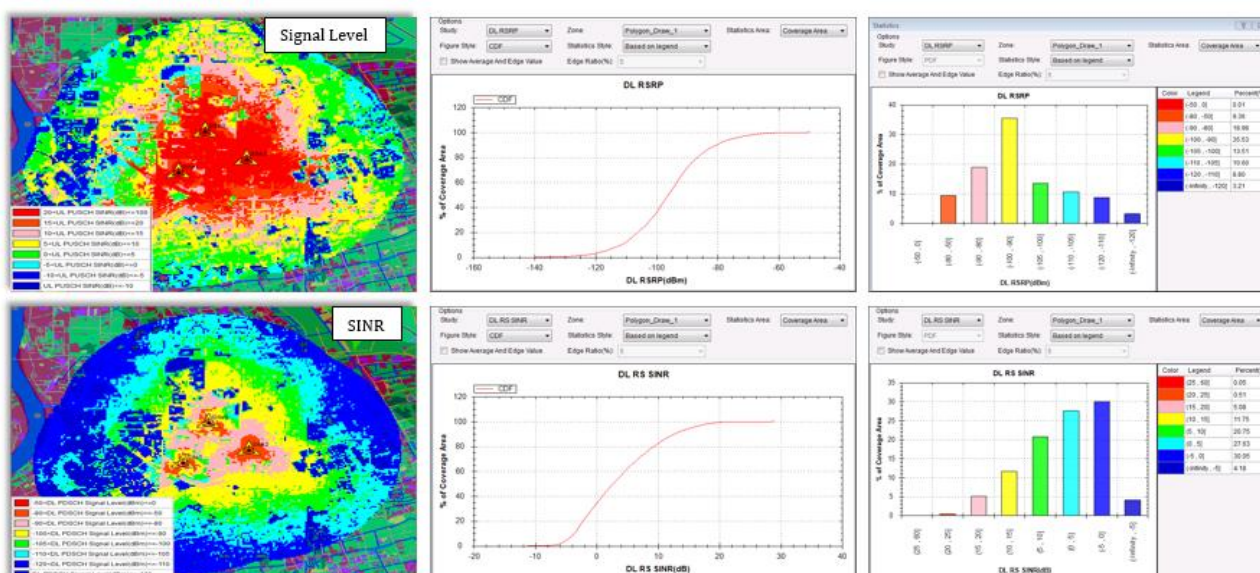


Рисунок 4 – Результаты моделирования RSRP и SINR в режиме Guard band в программной среде U-Net Planning Tool

Основные выводы и рекомендации для выбора сценария использования РЧС технологиями NB-IoT приведены в следующем разделе.

Анализ результатов

В этом разделе мы приводим оценку производительности базовой конфигурации сети 4G для различных сценариях использования спектра при оказании услуг NB-IoT. Основные результаты можно резюмировать следующим образом:

1. Низкие показатели производительности, а именно коэффициент покрытия сети, среди рассматриваемых сценариев наблюдались для внутрисполосного использования спектра. Причиной стало понижение выходной мощности передатчика LTE на 2x3 Вт для включения внутрисполосного режима NB-IoT, а также высокий уровень помех и со-канальных потерь из-за наличия смежных радиоресурсных блоков для LTE и технологии NB-IoT.

2. Общие показатели надежности предоставляемых услуг (RRC Connection Setup Success Rate, Call Drop Rate) слабо чувствительны к изменению режима развертывания NB-IoT из-за незначительного объема данных нисходящей линии связи, вовлеченных в процесс передачи данных. Рекомендуется повторить исследования, увеличив загруженность базовых станций до 75-80% в пиковые часы.

3. Сосуществование в режиме с защитной полосой (-132 дБм) даёт несколько лучшие результаты по уровню покрытия по сравнению с внутрисполосным сценарием (-133 дБм) использования РЧС, но уступает автономному сценарию (-130 дБм).

4. Наиболее оптимальным из сценариев свободного спектра и при наличии высоких требований к покрытию является автономный сценарий развертывания технологии NB-IoT (-130 дБм).

Результаты моделирования могут незначительно отличаться из-за различий в существующих методах моделирования и используемых операторами ППО. Возможные отличия между результатами моделирования и реальной средой также могут быть обусловлены такими факторами, как потеря мощности, возникновение ошибок в процессе модуляции и др. Тем не менее, основной вывод, который можно сделать из приведённого выше примера имитационного моделирования, заключается в том, что NB-IoT может сосуществовать с технологией LTE и обеспечивать устойчивое покрытие до 2.4 км для любого из сценариев использования РЧС.

При использовании операторами сотовой связи наших результатов, полученных путем имитационного моделирования в полосе 900MHz на сети мобильной связи 4G при реализации технологии NB-IoT и представленных в таблице 2, операторы смогут заранее спрогнозировать бизнес- модель NB-IoT и наиболее точно выстроить дальнейшую стратегию развития Интернета вещей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] ITU (2005). The Internet of Things: Executive Summary. Available at: https://www.itu.int/osg/spu/publications/internetofthings/InternetofThings_summary.pdf (accessed 9 November 2020).
- [2] Кранц М. Интернет вещей. Новая технологическая революция. Издательство Бомбора, 2019, с. 330.
- [3] 3GPP TR 45.820 (2015). Cellular system support for ultra-low complexity and low throughput Internet of Things (CIoT). Available at: <https://itectec.com/archive/3gpp-specification-tr-45-820/> (accessed 9 November 2020).
- [4] К.М. Туржанова, С.В. Коньшин, А.В. Солощенко. Исследование эффективности функционирования сети мобильной связи 4G при использовании узкополосной технологии NB-IoT для различных сценариев использования спектра. Вестник КазНУ, 2020, № 4 (140), с. 485-492.
- [5] GTI IoT Network Performance Evaluation White Paper (2019). Available at: http://ydgtx@ydgtx.dev.ftbj.net/zx_images/2.21/new/GTI%20IoT%20Network%20Performance%20Evaluation%20WhitePaper_v2.pdf, (accessed 26 July 2020).
- [6] Mobile IoT Service Research Series White Paper (2016). Things Coverage Network Planning White Paper | Executive Summary. A Things-Oriented Network Planning Methodology. Available at: https://www.huawei.com/minisite/hwmbbf16/insights/paper-en.pdf?utm_medium=affiliate&utm_source=Adcell&utm_campaign=deeplink&bid=211178-26134-at106140_a186044_m12_p12460_cKZ&adcref=www.google.com%2F (accessed 9 November 2020).
- [7] The Internet of Things for “Smart” Cities (2018). Available at: [https://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/ey-iot-for-smart-cities-rus/\\$FILE/ey-iot-for-smart-cities-rus.pdf](https://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/ey-iot-for-smart-cities-rus/$FILE/ey-iot-for-smart-cities-rus.pdf) (accessed 9 November 2020).
- [8] К.М. Туржанова. Анализ подходов и выбор показателей оценки эффективности функционирования сетей мобильной связи 4G/5G при оказании услуг Интернета вещей. Вестник Алматинского Университета Энергетики и Связи, 2020, № 2 (49), с. 57-64.
- [9] Подиновский В.В., Потапов М.А. Метод взвешенной суммы критериев в анализе многокритериальных решений. PRO ET CONTRA. Бизнес Информатика, 2013, Т. 3, № 25, с. 41-48.
- [10] Yashin S.N., Boronin O.S. Multi-criteria assessment of economic efficiency of innovative projects. Economic sciences, 2010, vol. 72, pp. 253-256.
- [11] Emelyanov A.K.. Evaluation of the effectiveness of infrastructure development projects for cellular networks. Modern problems of science and education, 2013, vol. 5, p.424
- [12] Liberg. O, Sundberg M., Wang E., Bergman J., Sachs J. Cellular Internet of Things: Technologies, Standards, and Performance. Academic Press, 2017, pp. 297 - 325.
- [13] Matz A.P., Fernandez-Prieto J.-A., Canada-Bago J., Birkel U. A Systematic Analysis of Narrowband IoT Quality of Service. Sensors, 2020, vol. 20, no. 6, p.1636, doi: 10.3390/s20061636

[14] Basu S. S., Sultania A. K., Famaey J., Hoebeke J. Experimental performance evaluation of NB-IoT. International Conference on Wireless and Mobile Computing, Networking and Communications (WiMob). Barcelona, Spain, 2019, pp. 1-6, doi: 10.1109/WiMob.2019.8923221

[15] Mahbub, M. NB-IoT: applications and future prospects in perspective of Bangladesh. International Journal of Information Technology, 2020, vol. 12, no. 4, pp. 1183-1193, doi: 10.1007/s41870-020-00469-x

REFERENCES

[1] ITU (2005). The Internet of Things: Executive Summary. Available at: https://www.itu.int/osg/spu/publications/internetofthings/InternetofThings_summary.pdf (accessed 9 November 2020).

[2] Krants M. Internet veshchey. Novaya tekhnologicheskaya revolyutsiya [Internet of Things. New technological revolution]. Bombora Publ., 2019, p. 330.

[3] 3GPP TR 45.820 (2015). Cellular system support for ultra-low complexity and low throughput Internet of Things (CIoT). Available at: <https://itectec.com/archive/3gpp-specification-tr-45-820/> (accessed 9 November 2020).

[4] Turzhanova K.M, Konshin S.V, Solochshenko A.V. Issledovaniye effektivnosti funktsionirovaniya seti mobil'noy svyazi 4G pri ispol'zovanii uzkopolosnoy tekhnologii NB-IoT dlya razlichnykh stsenariyev ispol'zovaniya spektra [Investigation of the efficiency of the functioning of a 4G mobile communication network using narrowband NB-IoT technology for various scenarios of spectrum use]. Vestnik KazNITU - Vestnik KazNRTU, 2020, vol. 140, no. 4, pp. 485-492.

[5] GTI IoT Network Performance Evaluation White Paper (2019). Available Online at: http://ydgtx@ydgtx.dev.ftbj.net/zx_images/2.21/new/GTI%20IoT%20Network%20Performance%20Evaluation%20WhitePaper_v2.pdf (accessed 26 July 2020).

[6] Mobile IoT Service Research Series White Paper (2016). Things Coverage Network Planning White Paper | Executive Summary. A Things-Oriented Network Planning Methodology. Available at: https://www.huawei.com/minisite/hwmbbf16/insights/paper-en.pdf?utm_medium=affiliate&utm_source=Adcell&utm_campaign=deeplink&bid=211178-26134-at106140_a186044_m12_p12460_cKZ&adcref=www.google.com%2F (accessed 9 November 2020).

[7] The Internet of Things for “Smart” Cities (2018). Available at: [https://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/ey-iot-for-smart-cities-rus/\\$FILE/ey-iot-for-smart-cities-rus.pdf](https://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/ey-iot-for-smart-cities-rus/$FILE/ey-iot-for-smart-cities-rus.pdf) (accessed 9 November 2020).

[8] Turzhanova K.M. Analiz podkhodov i vybor pokazateley otsenki effektivnosti funktsionirovaniya setey mobil'noy svyazi 4G/5G pri okazanii uslug Interneta veshchey [Analysis of approaches and selection of indicators for assessing the performance of 4G / 5G mobile communication networks in the provision of Internet of Things services]. Vestnik Almatinskogo Universiteta Energetiki i Svyazi – Vestnik Almaty university of power energy and telecommunications, 2020, vol. 49, no. 2, pp. 57-64.

[9] Podinovskiy V.V., Potapov M.A. Metod vzveshennoy summy kriteriyev v analize mnogokriterial'nykh resheniy [Weighted sum of criteria method in the analysis of multicriteria decisions]. PRO ET CONTRA. Biznes Informatika - Business Informatics, 2013, vol. 3, no. 25, pp. 41-48.

[10] Yashin S.N., Boronin O.S. Multi-criteria assessment of economic efficiency of innovative projects. Economic sciences, 2010, vol. 72, pp. 253-256.

[11] Emelyanov A.K.. Evaluation of the effectiveness of infrastructure development projects for cellular networks. Modern problems of science and education, 2013, vol. 5, p.424

[12] Liberg. O, Sundberg M., Wang E., Bergman J., Sachs J. Cellular Internet of Things: Technologies, Standards, and Performance. Academic Press, 2017, pp. 297 - 325.

[13] Matz A.P., Fernandez-Prieto J.-A., Canada-Bago J., Birkel U. A Systematic Analysis of Narrowband IoT Quality of Service. Sensors, 2020, vol. 20, no. 6, p.1636, doi: 10.3390/s20061636

[14] Basu S. S., Sultania A. K., Famaey J., Hoebeke J. Experimental performance evaluation of NB-IoT. International Conference on Wireless and Mobile Computing, Networking and Communications (WiMob). Barcelona, Spain, 2019, pp. 1-6, doi: 10.1109/WiMob.2019.8923221

[15] Mahbub, M. NB-IoT: applications and future prospects in perspective of Bangladesh. International Journal of Information Technology, 2020, vol. 12, no. 4, pp. 1183-1193, doi: 10.1007/s41870-020-00469-x

ANALYSIS OF NB-IOT TECHNOLOGY DEPLOYMENT SCENARIO IN 4G NETWORKS USING SIMULATION RESULTS

K.M. Turzhanova^{*}, S.V. Konshin, A.V. Solochshenko

Non-profit joint -stock company “Almaty University of Power Engineering and Telecommunications
named after Gumarbek Daukeev”, Almaty, Kazakhstan
e-mail: karinaturzhanova@gmail.com

Abstract. NB-IoT technology supports three scenarios for the use of the radio frequency spectrum: autonomous, in the guard band, shared spectrum use in mobile networks. The choice of NB-IoT deployment scenario is important. It affects not only the flexibility of network deployment, the cost of its modernization, but also the main indicators of the efficiency of the 4G mobile communication networks, and, consequently, the satisfaction of users with the Internet of Things services provided. The results of simulation modeling of the effectiveness of the use of three scenarios of using the radio frequency spectrum in 4G mobile networks in the provision of Internet of things services based on the application of a multi-criteria approach are presented in this article. The NB-IoT technology testing methodology, as well as the main conclusions and recommendations for choosing the most profitable NB-IoT deployment scenario are presented for consideration.

Key words: NB-IoT, Internet of Things, in-band, standalone, guard band.

МОДЕЛЬДЕУ НӘТИЖЕЛЕРІН ҚОЛДАНА ОТЫРЫП, 4G ЖЕЛІЛЕРІНДЕ NB-IOT ТЕХНОЛОГИЯСЫН ОРНАЛАСТЫРУ СЦЕНАРИЙЛЕРІН ТАЛДАУ

К.М. Туржанова^{*}, С.В. Коньшин, А.В. Солощенко

«Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті»
коммерциялық емес акционерлік қоғамы, Алматы, Қазақстан
e-mail: karinaturzhanova@gmail.com

Аңдатпа. NB-IoT технологиясы ұялы байланыс желілерінде радиожіілік спектрін қолданудың үш сценарийін қолдайды (автономды, қорғаныс жолағында, спектрді бірлесіп пайдалану). NB-IoT орналастырудың нақты сценарийін таңдау өте маңызды, өйткені бұл желілерді орналастырудың икемділігіне, оны жаңарту шығындарына ғана емес, сонымен қатар 4G ұялы байланыс желісі жұмысының негізгі көрсеткіштеріне, демек, желі пайдаланушыларының интернет қызметтеріне қанағаттануына әсер етеді. Бұл мақалада көп өлшемді тәсілді қолдану негізінде Интернет заттары қызметтерін көрсету кезінде 4G ұялы байланыс желілерінде радиожіілік спектрін қолданудың үш сценарийін қолданудың тиімділігін модельдеу нәтижелері келтірілген. NB-IoT технологиясын тестілеу әдістемесі, сондай-ақ NB-IoT орналастырудың ең оңтайлы сценарийін таңдау бойынша негізгі тұжырымдар мен ұсыныстар ұсынылған.

Түйін сөздер: NB-IoT, заттар Интернеті, in-band, standalone, guard band.



АВТОМАТИКА, ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И КИБЕРБЕЗОПАСНОСТЬ

МРНТИ 59.14.21

ИЗМЕРЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ И ВЛАЖНОСТИ НА ОСНОВЕ ДВУХПРОЦЕССОРНОЙ WI-FI СИСТЕМЫ

Н.Б. Калиаскаров^{1*}, В.П. Ивель¹, В.В. Югай², П.А. Петров¹

¹Некоммерческое акционерное общество Северо-Казахстанский Университет, ул. Пушкина 86,
Петропавловск, РК

²Некоммерческое акционерное общество Карагандинский Технический Университет, проспект Н.
Назарбаева 56, Караганда, РК

e-mail: 90nurbol@mail.ru, ivelvic@mail.ru, slawa_v@mail.ru, paolo1988@mail.ru

Аннотация. Процесс измерения различных данных, таких как температура, влажность, расстояние, показания магнитного поля и других, берет начало в прошлых веках. С развитием электроники данный вопрос решается при помощи различных приборов и устройств, обладающих высокими точностными характеристиками. Развитие множества технологий передачи данных на расстояния проводными или беспроводными способами, позволяет решить вопрос измерения и мониторинга параметров путем объединения сфер электроники и телекоммуникаций, так как именно телекоммуникационная составляющая обеспечивает надежную передачу данных измеряемых параметров. В статье описана важность проведения измерения температуры и влажности в таких местах, как строительные объекты, здания или мосты. В целом, достоверность всех результатов исследований играет важную роль при прогнозе технических состояний различных объектов и при поиске решения проблем, возникающих по причине технических сложностей удаленного контроля. В связи с этим, поставлен и решен вопрос обоснованности выбора Wi-Fi модулей, работающих в двухпроцессорном режиме, предназначенном для приема и передачи результатов измерений. В данных модулях для получения результатов измерений в длительном времени учтены параметры энергопотребления и доступности к программированию плат. Настройка параметров энергопотребления позволила увеличить время проведения исследования на удаленных объектах, что в свою очередь повышает долговечность и срок эксплуатации управляющей системы. Предложены практические решения для передачи данных на расстоянии по беспроводной сети связи. Проверена работоспособность подключаемых устройств в двухпроцессорной беспроводной системе.

Ключевые слова: температура, влажность, Wi-Fi система.

Введение. Измерение температуры и влажности – важный динамический процесс в любом техническом строительном объекте (такие как жилые и офисные здания, технические сооружения, мосты, многоквартирные дома, небоскребы и другие). Данные параметры являются одними из основных при проведении удаленного мониторинга в режиме настоящего времени, так как данные два параметра изменяются намного быстрее, чем такие параметры, как деформация трещин, угол наклона, нагрузки, влияющие на объект, и другие. Все сказанные параметры дают полную картину о техническом состоянии строительных объектов и различных сооружений, но цикл наблюдения за температурой и влажностью составляет меньшее время и соответственно занимает особое место при проектировании и разработки системы мониторинга технического состояния мостов и технических сооружений.

Актуальность работы. Важным элементом любой системы технической диагностики строительных объектов или мостовых сооружений является их непрерывный мониторинг, основу которого составляет измерение напряженно-деформационных параметров несущих конструкций, а также определение уровня их основных параметров. Составной частью систем технической диагностики является подсистема сбора данных, т. е. подсистема передачи измеренных данных в единый информационный центр. Необходимым условием эффективности функционирования таких систем технической диагностики с большим количеством датчиков является возможность

беспроводной передачи полученных данных. Достоверность измерений обеспечивается правильной настройкой двухпроцессорной системы, в рамках которой производится следующая проверка и регулировка: обеспечение правильного соединения контактов подключаемых датчиков и беспроводного передатчика и их энергоэффективность, отправка результатов измерений от передаточного Wi-Fi модуля в приемную сторону по локальной или глобальной сети (в зависимости от вида оконечных устройств) и настройка приемного канала системы для получения актуальных данных измерений.

Особенностями разрабатываемой системы и отличиями от известных аналогов являются ее относительно низкая цена на практическую реализацию, доступность проведения дополнительных настроек по обеспечению безопасности передаваемых данных, возможность адаптации, описанной в статье системы, под другие сферы за счет доступной среды программирования Arduino Ide в различных устройствах (иными словами появляется возможность измерить данные не только с датчиков температуры и влажности, но и другие параметры в зависимости от вида и назначения датчиков, такие, как расстояние между объектами, показания магнитного поля, угол наклона и так далее), возможность экспортирования полученных результатов измерений в удобном формате благодаря правильной настройки и подбору используемого сервера.

Постановка задачи. В настоящее время существуют различные беспроводные системы передачи оцифрованного аналогового сигнала, работающие в стандартах Zigbee или Bluetooth. К недостаткам таких систем можно отнести невысокую скорость передачи данных и ограниченное число абонентов (для Bluetooth). Помимо прочего, в технологиях Zigbee или Bluetooth имеется ряд других сложностей, таких как ограниченное расстояние передачи данных в зависимости от приемной стороны, сравнительная сложность настройки сервера для обработки полученных результатов по данным технологиям, сложность прошивки беспроводных передатчиков и модулей, ограничения по совместимости устройств, безопасность сети и другие. Этим недостаткам лишена сеть Wi-Fi, но ее применение ограничивалось высоким энергопотреблением. Однако в последнее время на рынке беспроводных устройств появились достаточно интересные беспроводные приемопередатчики, которые, при сохранении всех необходимых характеристик, обладают достаточно низким энергопотреблением. По данной технологии датчики и модули подсоединяются к точке доступа, которая предоставляет доступ в глобальную сеть Интернет. Приемная сторона может находиться где угодно (в локальной сети или глобальной), так как значения всей измеряемой температуры и влажности строительных объектов и мостовых сооружений можно получить и на сервере в глобальной сети (доступ к серверу получают лишь авторизованные исследователи, занимающиеся исследованием изменения температуры и влажности), и на настроенном устройстве локальной сети (например при помощи телефона). Для программирования и управления двухпроцессорной беспроводной системой сбора и передачи данных подобраны модули и платы, программируемые в среде Arduino. Это обосновано тем, что выбранная беспроводная технология Wi-Fi совместима с платами, модулями и датчиками, работающими совместно с платформой Arduino. Особенность данных плат и их возможности подключения с датчиками описаны в [1, 2]. Широкий спектр возможностей плат, программируемых в среде Arduino при разработке систем удаленного мониторинга, сбора и передачи данных, описаны в [3, 4]. Работы [3, 4] подтверждают целесообразность использования данной платформы, так как она позволяет построить беспроводную систему для снятия различных параметров датчиков. Например, в системе, описанной в [3], проведены измерения температуры, влажности, влажности почвы, количества дождя и уровня воды. Но в данной работе не решен важный вопрос энергопотребления. В работе подключен проводной источник питания, что делает систему не полностью беспроводной. В работе [3] предложена экономичная система, которая отслеживает данные датчиков, такие как влажность почвы, температура, относительная влажность и интенсивность света, однако прототип системы не был создан. Работа считается симуляционной для определения срока службы сети и не имеет практических оснований, что вопрос энергопотребления решен полностью. Все это позволяет утверждать, что целесообразным является проведение исследования и экспериментальных работ, посвященных не только снятию и передаче параметров температуры и влажности от датчиков, расположенных на строительных конструкциях и мостовых объектах, но и решению, в первую очередь, вопроса энергопотребления.

Разработка системы. Учитывая все вышесказанные факторы, поднят вопрос о разработке, сборе и внедрении беспроводной системы (рисунок 1) по удаленному мониторингу динамического изменения температуры и влажности различных зданий, строительных конструкций или технических

мостовых сооружений. Измерение температуры и влажности можно осуществить при помощи различных датчиков или масштабных систем с применением IoT технологий, описанных в [5-8]. Но для проведения удаленного мониторинга измерения различных параметров (в том числе и температуру и влажность), необходимо использование беспроводных систем, которые уже имеются в мире и описаны в [9-11], но у них имеются различные сложности при программировании или внедрении. К таким сложностям можно отнести: сложность при настройке совместимости устройств, высокая цена на оборудование, сложность реализации на всех территориях в зависимости от погодных условий и другие.

Описанная в данной статье система разрабатывается путем использования датчика температуры и влажности, Wi-Fi передатчика, основанный на модуле NodeMCU V3 ESP8266, приемного устройства Wi-Fi сигнала (в нашем случае это смартфон, работающий в операционной среде Android с приложением Blynk) и программной среды Arduino Ide, в которой будут производиться все основные настройки данной системы и загружаться скетч программного кода для получения данных по Wi-Fi технологии. Отличием данной системы от других известных аналогичных систем, является то, что написан уникальный скетч, в котором учтены дополнительные параметры безопасности от перехвата полученных результатов (коды шифрования и параметры аутентификации); проведена дополнительная настройка для выбора приемного устройства в зависимости от его расположения (для устройства в локальной сети прошивается одна программа, для устройства в глобальной сети прошивается другая программа) и прописаны дополнительно параметры минимизации энергопотребления модуля NodeMCU V3 ESP8266. Данный модуль может работать в следующих режимах на выбор, для этого исследователь программным способом прописывает соответствующий код в зависимости от выбранного режима: при активном режиме весь чип включен и чип может принимать, передавать данные. Очевидно, это наиболее энергоемкий режим. При режиме ожидания модема ЦП работает, а радио Wi-Fi отключены. Этот режим можно использовать в приложениях, где требуется работа процессора, как в широтно-импульсной модуляции. Это заставляет модем Wi-Fi отключаться при подключении к точке доступа Wi-Fi (точка доступа) без передачи данных для оптимизации энергопотребления. В режиме ожидания процессор и все периферийные устройства приостановлены. Любое пробуждение, такое как внешние прерывания, разбудит чип. Без передачи данных цепь модема Wi-Fi может быть отключена, а ЦП приостановлен для экономии энергопотребления. В режиме глубокого сна работает только RTC, а все остальные компоненты чипа отключены. Этот режим полезен, когда данные передаются через определенные промежутки времени. Проведенная работа позволяет провести измерения в закрытых помещениях и с этой целью выбран датчик температуры и влажности DHT11, исходя из его следующих технических характеристик: питание: DC 3,5 – 5,5 В, ток питания: в режиме измерения 0,3 мА; в режиме ожидания 60 мкА, определение влажности 20–80 % с точностью 5 %; определение температуры 0–50 °C с точностью 2 %; частота опроса не более 1 Гц (не более одного раза в 1 с).

Но необходимо учитывать, что удаленные объекты могут располагаться и на улице, поэтому в этом случае необходимо заменить данный датчик на более новую версию, то есть на модель DHT22, у которой некоторые параметры намного лучше и точнее, например его точность измерения в диапазоне 2-5% (в DHT11 точность равна 5%), влажность измеряется до 100% (в DHT11 влажность измеряется до 80%), а температура принимает значения от -40°C до +80 °C (для сравнения в DHT11 температура мерится от 0°C до 50°C). Но именно для закрытых помещений предпочтительнее смотрится датчик DHT11, в связи с его относительно невысокой стоимостью, допустимыми рабочими диапазонами внутри помещений и относительно малого потребления тока.

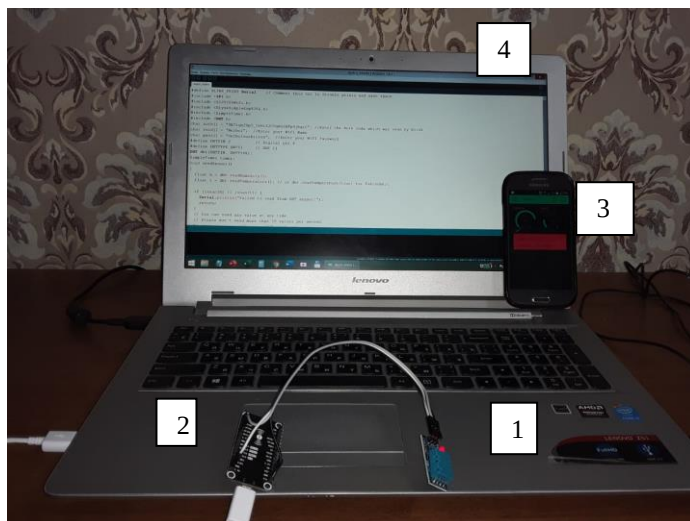


Рисунок 1 – Общий вид собранной системы удаленного мониторинга температуры и влажности:

- 1 - Датчик температура и влажности DHT11; 2 - Wi-Fi передатчик NodeMCU V3 ESP8266; 3 - Wi-Fi приемник, с установленным программным обеспечением для получения данных о температуре и влажности;
- 4 – Ноутбук, с установленным программным обеспечением Arduino Ide для программирования устройства.

Данная система позволит получить и отправить получателю на расстоянии по беспроводной технологии все данные о различных данных температуры и влажности, установленные там, где это нужно и необходимо для проведения расчетов с целью проведения косвенных измерений. Система работает следующим образом: датчик температуры и влажности DHT11 устанавливается в исследуемом объекте (в закрытых помещениях); датчик по линиям передачи данных соединяется с Wi-Fi передатчиком, который получает результаты мониторинга от датчика и отправляет по одной Wi-Fi сети полученные результаты на приемное устройство, которое обрабатывает и показывает результаты мониторинга в режиме настоящего времени с помощью специализированной программы.

Как и было сказано выше, данный вид датчика можно заменить на другие (таких как DHT22, DS18B20 и другие), в зависимости от наших условий эксплуатации и исследуемых величин, потому что данные датчики обладают различными параметрами и техническими характеристиками и их необходимо использовать уже в зависимости от проведенных видов работ, наша система позволяет менять все эти датчики без особых затруднений и их замена никак не сказывается на ухудшение работоспособности, а наоборот расширяет возможности разработанной системы. Программа Blynk, показывающая полученные результаты мониторинга, скачивается в открытом доступе, но некоторые дополнительные функции требуют дополнительных денежных вливаний, но тем не менее программа отлично защищена от незаконного вмешательства сторонних лиц, так как на каждый созданный проект программы соответствует свой токен авторизации, который отправляется только на почту пользователя, данный токен авторизации, имя и пароль сети Wi-Fi, в которой работает вся система прописываются в программном скетче при помощи Arduino Ide.

Выбор данного модуля обосновывается тем, что он позволит быстро обработать информацию и передать окончательным устройствам с помощью Wi-Fi технологии, он совместим с линейкой платформ Arduino, который дает возможность программирования в программной среде Arduino Ide, не требующего глубоких знаний программирования, в составе модуля имеется установленная прошивка, которая может интерпретировать команды скриптового языка Lua - встраиваемого языка сценариев, который является маленьким, быстрым и очень мощным.

Модуль имеет мощные встроенные возможности для обработки и хранения данных и порты ввода-вывода (GPIO), которые позволяют объединить его с различными датчиками и другими специальными устройствами, нуждающимися в сетевом обмене данными, ему требуется немного внешних компонентов для подключения, в результате блок Wi-Fi может занимать совсем мало места на печатной плате [12]. Стоит отметить, что технология Wi-Fi по которой принимаются и передаются данные в разрабатываемом устройстве, была выбрана не случайно.

Wi-Fi – торговая марка объединения Wi-Fi Alliance, представляющая собой семейство стандартов спецификации IEEE 802.11 для широкополосной радиосвязи. В зависимости от стандарта и топологии сети, Wi-Fi использует для передачи данных диапазон частот в районе 2,4 ГГц или 5 ГГц и обеспечивает скорость передачи данных от 2 Мбит/с на расстояниях до 200 метров [13-15].

Результаты работы. При работе в программной среде Arduino Ide необходимо установить дополнительные библиотеки, важно указать правильно цифровой вход, который подключается от беспроводного модуля к датчику влажности и температуры, в коде так же прописывают возможные сообщения ошибок, при неправильном подключении или отсутствии сети, обязательно указываются виртуальные пины (в нашем случае это №5 и №6) двух рассматриваемых параметров мониторинга (влажность и температура) и указываются такие параметры как скорость передачи, запуск приложения и интервалы.

После загрузки программного кода в Wi-Fi передатчик NodeMCU V3 ESP8266, необходимо в проекте приложения Blynk создать 2 индикатора температуры и влажности (индикаторы температуры (в системе это индикатор – «temperature») и влажности (в системе данный индикатор назван как «humidity») на рисунке 2 предварительно настраиваются по необходимым параметрам и обязательно указываются виртуальные пины для работы, прописанные ранее в программном скетче), отображающих полученные результаты цифрами (для графика температуры взят интервал

отображения от -50°C до 100°C (данный интервал выбран для использования не только датчика DHT11, но и для DHT22), для влажности - интервал от 0 до 100%, данные интервалы можно менять в зависимости от вида используемых датчиков и их характеристик, а так же по необходимости и запросу самого пользователя). Для удобства мониторинга и контроля изменения в режиме настоящего времени, приложение позволяет создать график, в котором можно указать те же самые виртуальные пины 2 рассматриваемых параметров и по ним построить график, наглядно демонстрирующий динамические изменения параметров в онлайн-режиме. При создании графика для удобства пользователю можно поставить разные цвета параметров, подписать режимом «легендой» их названия и выбрать удобное время отображения графика. На рисунке 2 показаны результаты измерений после настройки системы под локальную сеть в первом дне апробации работы, а на рисунке 3 показаны результаты измерений после настройки системы под глобальную сеть в следующем дне апробации системы.



Рисунок 2 – Пример отображений результатов температуры и влажности в локальной сети

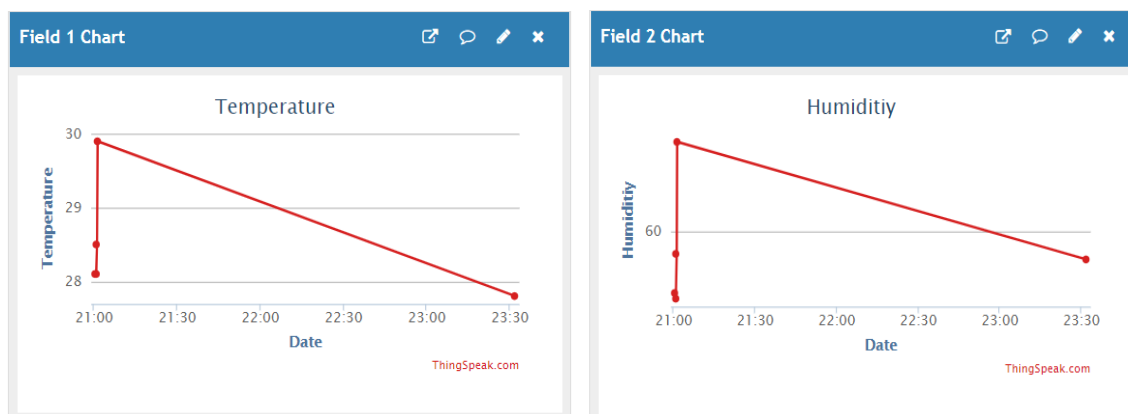


Рисунок 3 – Показания температуры и влажности на глобальном сервере

Как мы видим из рисунков 2 и 3, все показания хранятся по каждой точке измерения и есть возможность следить динамику изменения параметров не только по дням, но и по времени. Для решения вопроса проведения полного анализа и обработки полученных результатов в системе подобран сервер, обеспечивающий возможность экспортирования данных и обработку результатов в встроенной программной среде Matlab, не выходя из личного кабинета. Измеренные выходные данные и результаты в системе можно обработать различными способами. Например, можно записать все результаты исследования вручную и, заполняя массивы данных, построить зависимости изменения параметров – в этом случае исследователь сможет увидеть все возможные ошибки. Но процесс заполнения вручную всех результатов занимает объемное время и могут возникнуть человеческие факторы при вводе данных, что приведет к ошибкам. Поэтому в созданной системе

имеется возможность экспортировать все данные в удобном формате (рисунок 4) и обработать все результаты в программной среде Matlab. На рис. 5 показаны данные измерения по результатам исследований в формате Xml. Данный формат позволит пользователю обработать данные для будущего внедрения этих значений в отдельный HTML файл. HTML файл широко используется при создании локальных страниц с использованием MQTT сервера, позволяющий расширить способов мониторинга и сбора получаемых данных на приемной стороне.

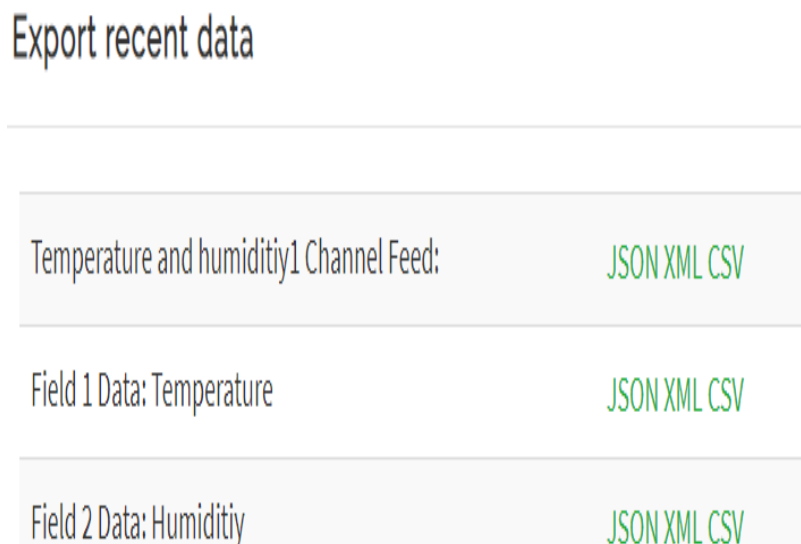


Рисунок 4 – Выбор формата для экспортирования измеренных показаний

```

▼<channel>
  <id type="integer">1078381</id>
  <name>Temperature and humidity1</name>
  <description>Temperature and humidity (first part of my research)</description>
  <latitude type="decimal">0.0</latitude>
  <longitude type="decimal">0.0</longitude>
  <field1>Temperature</field1>
  <field2>Humidity</field2>
  <created-at type="dateTime">2020-06-09T14:55:40Z</created-at>
  <updated-at type="dateTime">2020-06-09T14:55:40Z</updated-at>
  <last-entry-id type="integer">5</last-entry-id>
▼<feeds type="array">
  ▼<feed>
    <created-at type="dateTime">2020-06-09T15:00:32Z</created-at>
    <entry-id type="integer">1</entry-id>
    <field1>28.10</field1>
  </feed>
  ▼<feed>
    <created-at type="dateTime">2020-06-09T15:00:49Z</created-at>
    <entry-id type="integer">2</entry-id>
    <field1>28.10</field1>
  </feed>
  ▼<feed>
    <created-at type="dateTime">2020-06-09T15:01:05Z</created-at>
    <entry-id type="integer">3</entry-id>
    <field1>28.50</field1>
  </feed>
  ▼<feed>
    <created-at type="dateTime">2020-06-09T15:01:20Z</created-at>
    <entry-id type="integer">4</entry-id>
    <field1>29.90</field1>
  </feed>
  ▼<feed>
    <created-at type="dateTime">2020-06-09T17:31:54Z</created-at>
    <entry-id type="integer">5</entry-id>
    <field1>27.80</field1>
  </feed>
</feeds>

```

Рисунок 5 – Вывод всех измеряемых данных в формате Xml

Полученные результаты измерений и возможность их обработки дает возможность проводить удаленный мониторинг в режиме онлайн времени как в локальных, так и в глобальных сетях. Просмотр результатов исследования может осуществить авторизованный и имеющий доступ к результатам исследования пользователь, при помощи любого устройства, имеющего доступ в глобальную сеть интернет. Как известно, на сегодняшний день доступ в интернет осуществляется при помощи множества устройств (смартфоны, планшеты, ноутбуки, компьютеры, миникомпьютеры и

другие). Тем самым, распределенная беспроводная система решает проблемный вопрос настройки и совместимости оборудования на приемной стороны с передающим устройством.

Обсуждение результатов. Отличительными особенностями данной системы от аналогичных и известных систем являются: установленные дополнительные параметры безопасности от перехвата полученных результатов, дополнительная настройка для выбора приемного устройства в зависимости от его расположения и возможность выбора дополнительных параметров минимизации энергопотребления модуля NodeMCU V3 ESP8266, возможность дальнейшей обработки и хранения данных при помощи выбранного сервера. В работе выбран режим глубокого сна модуля. В этом случае общий средний ток составляет менее 1 мА. При 2,5 В требование к току составляет всего 20 мкА. В работе предлагается методика сбора данных с датчиков температуры и влажности и их передачи на приемную сторону по технологии Wi-Fi в двухпроцессорной беспроводной системе как в локальной, так и в глобальной системе.

Теоретическая значимость и необходимость данной работы по передаче и сбору результатов измерений в двухпроцессорной системе экспериментально подтверждены после проектировки и сбора макетной части устройства, предназначенная для сбора и передачи данных температуры и влажности.

Выводы. Данная система позволяет получить необходимые параметры без какого-либо затруднения, в связи с тем, что в схеме используется малое количество элементов, но от этого качество и точность результатов не становятся хуже; приложение для сбора информации не требует повышенных навыков программирования, опытный пользователь быстро создаст новый проект для обработки полученных данных, программный скетч занимает не много места и пользователю, работавшему с Arduino ранее, не составит труда разобраться во всех тонкостях кода. Стоит отметить, что такая система не требует значительных капитальных денежных вложений, что позволит массово внедрить во все строительные объекты, сооружений или мосты данную систему мониторинга, а используемая технология Wi-Fi для передачи данных позволит в пределах прямой видимости получить данные без разрыва сети, а маленькие размеры каждого устройства и требуемое небольшое питание для поддержки их работы, позволит установить эту систему в труднодоступные места и получить точные данные для последующей обработки и анализа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Ocak, M. A. Where does Arduino's power come from?: An extended literature review. *Journal of Learning and Teaching in Digital*, 2018, vol.3 (1), pp.21–34. Available at: <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/1175624> (доступ:03.11.2020)
- [2] Faugel, H., Bobkov, V. Open source hard- and software: Using Arduino boards to keep old hardware running. *Fusion Engineering and Design*. 2013, vol.88 (6-8), pp.1276–1279. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fusengdes.2012.12.005>
- [3] Khoa, T.A., Man, M.M., Nguyen, T.Y., Nguyen, V., Nam, N.H. Smart Agriculture Using IoT Multi-Sensors: A Novel Watering Management System. *Journal of Sensor and Actuator Networks*, 2019, vol.8 (3) 45. doi: <https://doi.org/10.3390/jsan8030045>
- [4] Kumar, S., Ch, N. IoT Based Multi-sensor Data Acquisition System for the Application of Smart Agriculture. *Communications in Computer and Information Science*, 2020, vol.1192, pp.329–342. doi: https://doi.org/10.1007/978-981-15-3666-3_27
- [5] Xu X., Luo M., Liu J., Luan N. Fluorinated polyimide-film based temperature and humidity sensor utilizing fiber bragg grating. *Sensors(Switzerland)*, 2020, vol.20, no.19, pp.1-9, doi: 10.3390/s20195469.
- [6] Kapic A., Tsiro A., Verdini P.G., Carrara S. Humidity Sensors for High Energy Physics Applications: A Review. *IEEE Sensors Journal*, 2020, vol.20, no.18, pp.10335-10344, doi: 10.1109/JSEN.2020.2994315.
- [7] Wang Y.-F., Sekine T., Takeda Y., Yokosawa K., Matsui H., Kumaki D., Shiba T., Nishikawa T., Tokito S. Fully Printed PEDOT: PSS-based Temperature Sensor with High Humidity Stability for Wireless Healthcare Monitoring. *Scientific Reports*, 2020, vol.10, no.1, doi:10.1038/s41598-020-59432-2.
- [8] Rambabu A., Singh D.K., Pant R., Nanda K.K., Krupanidhi S.B. Self-powered, ultrasensitive, room temperature humidity sensors using SnS₂ nanofilms. *Scientific Reports*, 2020, vol.10, no.1, doi: 10.1038/s41598-020-71615-5
- [9] Parihar H.S., Nagula R., Bumb M., Gada D., Bajjuri S., Agarwal R., Chauhan S. IoT-Based Ambiance Monitoring System. *Lecture Notes in Mechanical Engineering*. International Conference on

Advances in Mechanical Engineering, ICAME 2020; Nagpur; India, pp.793-798, doi: 10.1007/978-981-15-3639-7_95.

[10] Vijayalakshmi R., Jayasimman, L. An enhanced context aware monitoring for smart learning using internet of things (Iot). International Journal of Emerging Trends in Engineering Research, 2020, vol.8, no.9, pp.5995-6000, doi: 10.30534/ijeter/2020/177892020

[11] Tang X., Tan C., Chen A., Li Z., Shuai R. Design and implementation of temperature and humidity monitoring system for small cold storage of fruit and vegetable based on Arduino. Journal of Physics: Conference Series, 2020, vol.1601, no.6, doi: 10.1088/1742-6596/1601/6/062010

[12] Оспанов К.Ж. Разработка быстродействующей беспроводной системы сбора данных. Магистерская диссертация. Петропавловск, 2018. 69 с.

[13] Chi K., Du X., Yin G., Wu J.M., Han Q., Yang Y. Efficient and fair Wi-Fi and LTE-U coexistence via communications over content centric networking. Future Generation Computer Systems, 2020, vol.112, pp.297-306, doi: 10.1016/j.future.2020.05.026

[14] Nassar M.A., Hasan M., Khan M., Sultana M., Hasan M., Luxford L., Cole P., Oatley G., Koutsakis P. Wifi-based localisation datasets for No-GPS open areas using smart bins. Computer Networks, 2020, vol.180, doi: 10.1016/j.comnet.2020.107422

[15] Ghafar A.A., Kassim M., Ya'acob N., Mohamad R., Rahman R.A. Qos of wi-fi performance based on signal strength and channel for indoor campus network. Bulletin of Electrical Engineering and Informatics, 2020, vol.9, no.5, pp.2097-2018, doi: 10.11591/eei.v9i5.2251

REFERENCES

[1] Ocak, M. A. Where does Arduino's power come from?: An extended literature review. Journal of Learning and Teaching in Digital, 2018, vol.3 (1), pp.21–34. Available at: <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/1175624> (Accessed:03.11.2020)

[2] Faugel, H., Bobkov, V. Open source hard- and software: Using Arduino boards to keep old hardware running. Fusion Engineering and Design. 2013, vol.88 (6-8), pp.1276–1279. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fusengdes.2012.12.005>

[3] Khoa, T.A., Man, M.M., Nguyen, T.Y., Nguyen, V., Nam, N.H. Smart Agriculture Using IoT Multi-Sensors: A Novel Watering Management System. Journal of Sensor and Actuator Networks, 2019, vol.8 (3) 45. doi: <https://doi.org/10.3390/jsan8030045>

[4] Kumar, S., Ch, N. IoT Based Multi-sensor Data Acquisition System for the Application of Smart Agriculture. Communications in Computer and Information Science, 2020, vol.1192, pp.329–342. doi: https://doi.org/10.1007/978-981-15-3666-3_27

[5] Xu X., Luo M., Liu J., Luan N. Fluorinated polyimide-film based temperature and humidity sensor utilizing fiber bragg grating. Sensors(Switzerland), 2020, vol.20, no.19, pp.1-9, doi: 10.3390/s20195469.

[6] Kapic A., Tsiro A., Verdini P.G., Carrara S. Humidity Sensors for High Energy Physics Applications: A Review. IEEE Sensors Journal, 2020, vol.20, no.18, pp.10335-10344, doi: 10.1109/JSEN.2020.2994315.

[7] Wang Y.-F., Sekine T., Takeda Y., Yokosawa K., Matsui H., Kumaki D., Shiba T., Nishikawa T., Tokito S. Fully Printed PEDOT: PSS-based Temperature Sensor with High Humidity Stability for Wireless Healthcare Monitoring. Scientific Reports, 2020, vol.10, no.1, doi:10.1038/s41598-020-59432-2.

[8] Rambabu A., Singh D.K., Pant R., Nanda K.K., Krupanidhi S.B. Self-powered, ultrasensitive, room temperature humidity sensors using SnS2 nanofilms. Scientific Reports, 2020, vol.10, no.1, doi: 10.1038/s41598-020-71615-5

[9] Parihar H.S., Nagula R., Bumb M., Gada D., Bajjuri S., Agarwal R., Chauhan S. IoT-Based Ambiance Monitoring System. Lecture Notes in Mechanical Engineering. International Conference on Advances in Mechanical Engineering, ICAME 2020; Nagpur; India, pp.793-798, doi: 10.1007/978-981-15-3639-7_95.

[10] Vijayalakshmi R., Jayasimman, L. An enhanced context aware monitoring for smart learning using internet of things (Iot). International Journal of Emerging Trends in Engineering Research, 2020, vol.8, no.9, pp.5995-6000, doi: 10.30534/ijeter/2020/177892020

[11] Tang X., Tan C., Chen A., Li Z., Shuai R. Design and implementation of temperature and humidity monitoring system for small cold storage of fruit and vegetable based on Arduino. Journal of Physics: Conference Series, 2020, vol.1601, no.6, doi: 10.1088/1742-6596/1601/6/062010

[12] Ospanov K.Zh. Razrabotka bystrodeystvuyushchey besprovodnoy sistemy sbora dannykh [Development of a high-speed wireless data acquisition system]. Magisterskaya dissertatsiya. Petropavlovsk, 2018, pp.69.

[13] Chi K., Du X., Yin G., Wu J.M., Han Q., Yang Y. Efficient and fair Wi-Fi and LTE-U coexistence via communications over content centric networking. Future Generation Computer Systems, 2020, vol.112, pp.297-306, doi: 10.1016/j.future.2020.05.026

[14] Nassar M.A., Hasan M., Khan M., Sultana M., Hasan M., Luxford L., Cole P., Oatley G., Koutsakis P. Wifi-based localisation datasets for No-GPS open areas using smart bins. Computer Networks, 2020, vol.180, doi: 10.1016/j.comnet.2020.107422

[15] Ghafar A.A., Kassim M., Ya'acob N., Mohamad R., Rahman R.A. Qos of wi-fi performance based on signal strength and channel for indoor campus network. Bulletin of Electrical Engineering and Informatics, 2020, vol.9, no.5, pp.2097-2018, doi: 10.11591/eei.v9i5.2251

ЕКІПРОЦЕССОРЛЫ WI-FI ЖҮЙЕСІ НЕГІЗІНДЕ ТЕМПЕРАТУРА МЕН ЫЛҒАЛДЫЛЫҚТЫ ӨЛШЕУ

Н.Б. Калиаскаров^{1*}, В.П. Ивель¹, В.В. Югай², П.А. Петров¹

¹Солтүстік Қазақстан университеті коммерциялық емес қоғам, Пушкина к. 86 үй, Петропавл, ҚР

²Қарағанды техникалық университеті коммерциялық емес қоғам, Н.Назарбаевсандағылы 56 үй,
Қарағанды, ҚР

e-mail: 90nurbol@mail.ru, ivelvic@mail.ru, slawa_v@mail.ru, paolo1988@mail.ru

Аңдатпа. Температура, ылғалдылық, қашықтық, магнит өрісінің көрсеткіштері және басқалары сияқты әртүрлі деректерді өлшеу процесі өткен ғасырларда басталды. Электроника саласының дамуымен бұл мәселе жоғары дәлдік сипаттамалары бар әртүрлі аспаптар мен құрылғылардың көмегімен шешіледі. Деректерді қашықтыққа сымды немесе сымсыз әдістермен берудің көптеген технологияларының дамуы электроника мен телекоммуникация салаларын біріктіру арқылы параметрлерді өлшеу және бақылау мәселесін шешуге мүмкіндік береді, өйткені ол өлшенген параметрлердің мәліметтерді сенімді беруін қамтамасыз ететін телекоммуникация компоненті болып табылады. Бұл мақалада құрылыс объектітері, ғимараттар және көпірлер сияқты құрылымдарда температура мен ылғалдылықты өлшеудің маңыздылығы сипатталған. Жалпы, барлық зерттеу нәтижелерінің сенімділігі әр түрлі объектілердің техникалық жағдайларын болжауда және қашықтықтан басқарудың техникалық қиындықтарынан туындайтын мәселелерге шешім табуға маңызды рөл атқарады. Осыған байланысты, өлшеу нәтижелерін қабылдауға және беруге арналған, қос процессорлы режимде жұмыс істейтін Wi-Fi модульдерін таңдау негізділігі туралы мәселе көтерілді және шешілді. Ұзақ уақыт аралығында өлшеу нәтижелерін алу үшін, бұл модульдер қуат тұтыну параметрлерін және бағдарламалауға арналған тақталардың болуын ескереді. Энергияны тұтыну параметрлерін реттеу шалғай учаскелерде зерттеу уақытын ұлғайтуға мүмкіндік берді, бұл өз кезегінде басқару жүйесінің беріктігі мен қызмет ету мерзімін арттырады. Сымсыз байланыс желісі арқылы қашықтықта деректерді берудің практикалық шешімдері ұсынылған. Қос процессорлы сымсыз жүйеде жалғанған құрылғылардың жұмысқа қабілеттілігі тексерілді.

Түйін сөздер: температура, ылғалдылық, Wi-Fi жүйесі.

TEMPERATURE AND HUMIDITY MEASUREMENT BASED ON A TWO-PROCESSOR WI-FI SYSTEM

N.B. Kalaisakrov^{1*}, V.P. Ivel¹, V.V. Yugay², P.A. Petrov¹

¹M.Kozybayev North Kazakhstan state university, Pushkin str., 86, Petropavlovsk, Kazakhstan

²Karaganda technical university, N.Nazarbayev av., 56, Karaganda, Kazakhstan

e-mail: 90nurbol@mail.ru, ivelvic@mail.ru, slawa_v@mail.ru, paolo1988@mail.ru

Annotation. *The process of measuring various data, such as temperature, humidity, distance, magnetic field readings and others, takes in the past centuries. With the development of electronics, this issue is resolved with the help of various instruments and devices with high accuracy characteristics. The development of many technologies for transmitting data over distances by wired or wireless methods makes it possible to solve the issue of measuring and monitoring parameters by combining the spheres of electronics and telecommunications, since it is the telecommunications component that provides reliable data transmission of the measured parameters. The article describes the importance of measuring temperature and humidity in construction sites, buildings and bridges. In general, the reliability of all research results plays an important role in predicting the technical conditions of various objects and in finding solutions to problems arising from the technical difficulties of remote control. In this regard, the question of the validity of the choice of Wi-Fi modules operating in a dual-processor mode, intended for receiving and transmitting measurement results, was raised and resolved. In order to obtain measurement results over a long period of time, these modules take into account the parameters of power consumption and the availability of boards for programming. Adjustment of energy consumption parameters made it possible to increase the time of research at remote sites, which in turn increases the durability and service life of the control system. Practical solutions for data transmission at a distance via a wireless communication network are proposed. The operability of connected devices in a dual-processor wireless system has been checked.*

Key word: *temperature, humidity, Wi-Fi system.*



АВТОМАТИКА, ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И КИБЕРБЕЗОПАСНОСТЬ

УДК 004.93'12

ВИЗУАЛДЫ МӘЛІМЕТТЕР НЕГІЗІНДЕ МОДИФИКАЦИЯЛАНҒАН VGG-16 CNN МОДЕЛІ КӨМЕГІМЕН ҰШАТЫН НЫСАНДАРДЫ КЛАССИФИКАЦИЯЛАУ

У.О. Сейдалиева¹, Л.Б. Илипбаева²

¹ Өнеркәсіптік автоматтандыру және цифрлау институты, Сәтбаев Университеті, Алматы, Қазақстан

² Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті, Алматы, Қазақстан
E-mail: s.jalgasa@gmail.com, Ilizat1011@mail.ru

Аңдатпа. Соңғы уақытта ұшқышсыз ұшу көліктерінің немесе дрондардың жетілдіріліп, қол жетімді бағада жаппай өндіріске шығарылуы олардың қолданылу аясын айтарлықтай кеңейтті. Сондай-ақ, ұшқышсыз ұшу көліктерін басқарудың қарапайымдылығы адамдардың оларды есірткі жеткізу және әртүрлі қауіпті жарылғыш заттарды тасымалдау мақсатында жиі қолдануына да себеп болуда. Сондықтан да ұшу нысандарын белгілі бір қашықтықтан анықтау және оларды арнайы класстарға жіктеу тапсырмалары сенімді анықтау және классификациялау жүйесін қажет етеді. Бұл мақалада түпнұсқа VGG-16 үйірткілі нейрондық желі моделіне өзгеріс енгізу арқылы ұшатын нысанды сенімді классификациялау тапсырмасы қарастырылды. Ұшатын нысандарды сенімді классификациялауға мүмкіндік беретін терең машиналық оқыту моделін жаттықтыру өте көп суреттерден тұратын деректер базасын талап етеді. Дрондарды кез келген жерде ұшыру рұқсат етілмегендіктен, дрондардың ашық деректер базасы қол жетімсіз болып табылады. Бұл мақалада өзгертілген VGG-16 моделін жаттықтыру үшін жалпы саны 11 128 суреттерден тұратын деректер базасы дайындалды. Сондай-ақ, классификация дәлдігін арттыру мақсатында Dropout жүйелеу әдісі қолданылды. Классификация дәлдігінің графигі, классификация метрикасы және екі түрлі жаңылысу матрицаларын тұрғызу арқылы ұсынылған модельдің жаңа деректерді болжау дәлдігі бағаланады.

Түйін сөздер: үйірткілі нейрондық желілер, ұшатын нысандарды классификациялау, визуалды деректер, машиналық оқыту.

Кіріспе. Соңғы уақыттарда ұшқышсыз әуе көліктерінің (ҰӘК) қол жетімді бағада жаппай өндіріске шығарылуы олардың қолданылу аясын айтарлықтай кеңейтті. Дрондармен байланысты бірнеше лаңкестік шабуылдар және азаматтық авиацияға қауіп төндіретін дрондар, сондай-ақ тыңшылық және жеке өмірге қатысты мәселелер ҰӘК қорғалған аймақтарға заңсыз мақсаттарда кіруін дер кезінде анықтауды талап етеді. 2015 жылдың қаңтарында мас шенеунік басқарған дронның Ақ үйдің көгалдарының алдында құлауы [1], 2017 жылы Канаданың Квебек провинциясында жерге қонар кезде жеңіл қозғалтқышы бар ұшақтың 450 м биіктікте ҰӘК-ке соғылуы [2], 2018 жылдың желтоқсанында Лондон Гатвик әуежайының ұшу-қону жолағының үстіндегі ҰӘК туралы хабарламаларға байланысты 36 сағатқа жабылуы [3] сияқты қолайсыздық пен қауіп тудырған оқиғалардың орын алуы ҰӘК белгілі бір қашықтықтан дұрыс анықтайтын және классификациялайтын сенімді анти-дрон жүйесін талап етеді. ҰӘК анықтау және классификациялау үшін радар, акустикалық, визуалдық, Радиожиіліктік (РЖ) сигнал негізіндегі әртүрлі сенсорлар қолданылады [4]. Бұл сенсорлардың әрқайсысының өз артықшылықтары мен кемшіліктері бар, сондықтан соңғы кезде бірнеше сенсорларды біріктіру арқылы бимодальді немесе мультимодальді анти-дрон жүйелері оңтайлы шешімдер ретінде қарастырылуда. Қолжетімділігі мен жақсы локализациялау қасиеттерінің арқасында камералардан алынған визуалды деректерді пайдалана отырып, дронды анықтау және классификациялау бүгінде көптеген зерттеушілерді қызықтыруда. Бұл жұмыс ҰӘК мен құстарды дұрыс классификациялау мәселесін шешу арқылы, анти-дрон жүйесі үшін тиімді классификациялау моделін таңдау проблемасын шешуге бағытталады. VGG-16 түпнұсқа

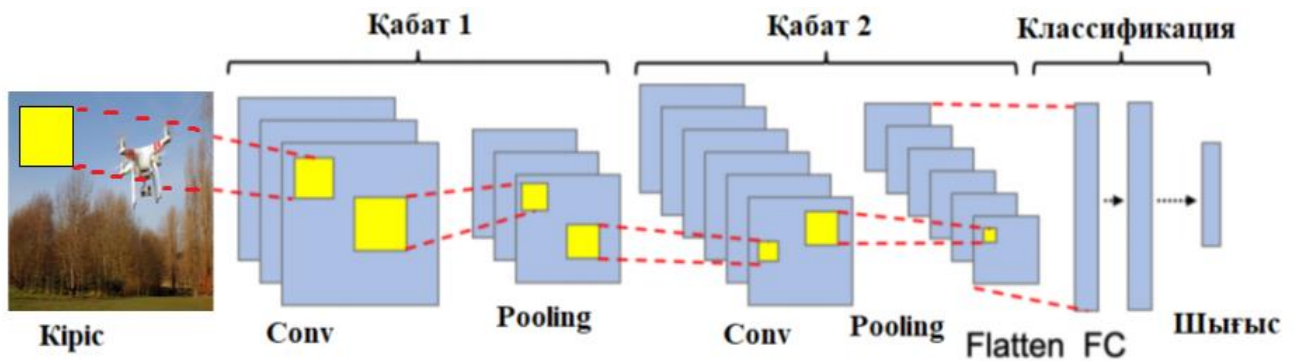
үйірткілі нейрондық моделіне өзгерту енгізу [4] жұмыс авторларымен салыстырғанда ұшатын нысандарды классификациялаудың салыстырамалы түрде жоғарырақ дәлдігін алуға мүмкіндік берді.

2 Әдеби шолу

ҰӘК, құс және фон класстарын жіктеу үшін Arne Schumann және т.б. [5] төрт үйірткілі және екі толық байланысқан қабаттардан тұратын қарапайым CNN классификаторын қолданса, Saqib және т.б. [6] ZF [7], VGG-16 [8] классификаторларын қарастырды. Авторлар [9] жұмыста Inception v2 және ResNet-101 CNN архитектуралары негізінде Faster R-CNN және Inception v2 негізінде SSD сияқты танымал deep learning негізіндегі нысанды анықтау әдістерінің көмегімен қашықтықтан бейне бақылаудағы шағын дрондарды анықтау мәселесін қарастырды. Celine Craye және т.б. [10] өте кіші нысандарды анықтау мәселесін шешу үшін жалғыз нысанды анықтау детекторының орнына потенциалды нысандарды U-Net [11] семантикалық сегменттеу желісімен локализациялайтын және анықталған нысанды ResNetv2 [12] желісімен жіктейтін екі үйірткілі нейрондық желілерді қолданатын кеңістіктік-уақыттық семантикалық сегменттеу әдісін ұсынды.

3 Үйірткілі нейрондық желілер

Визуалды бейнені талдауда жиі қолданылатын әйгілі терең *үйірткілі нейрондық желі* (CNN) негізгі үш қабаттан тұрады: үйірткілі қабат (*Conv*), *pooling* және толық байланысқан қабат (*FC*) [13] (3-сурет). *Үйірткілі қабаттар* CNN моделінің негізгі құрушы блоктары болып табылады. Үйірткі (*Convolution*) – екі ақпарат жиынтығын біріктіруге арналған математикалық операция. Үйірткілі қабаттар *фильтрлер* мен *белгі карталарынан* (feature maps) тұрады [13]. Фильтрді кіріс бойымен сырғыту (sliding) арқылы үйірткі операциясын орындаймыз. Әрбір орында матрицалардың элемент бойынша көбейтіндісі орындалып, нәтижесі қосылады. Бұл қосынды белгілер картасына енгізіледі. Яғни, үйретілген фильтрлер кіріс суреттегі маңызды белгілерді шығару үшін қолданылса, ал белгілер картасы (feature map) алдыңғы қабатқа қолданылған фильтрдің шығысы болып табылады. Үйірткі операциясын орындайтын фильтр өлшемі үнемі тақ сандық өлшем болады (1x1, 3x3, 5x5, 7x7 немесе 11x11) [14].



Сурет 1 – CNN архитектурасының сұлбасы

Терең оқыту әдетте сызықтық емес тапсырмаларды шешу үшін қолданылады. Үйірткілі қабаттағы матрицалардың көбейтіндісінен алынған мәндер сызықты болып келеді. Мәндерді сызықтық емеске түрлендіру үшін әдетте әрбір үйірткілі қабаттан соң сызықтық емес *белсендіру қызметі* (elu, selu, relu, tanh, sigmoid және т.б.) қолданылады [15]. Pooling қабаты CNN архитектурасына периодты түрде енгізіліп тұрады. Оның негізгі функциясы – тордағы максималды пиксель мәндерін алу арқылы сурет өлшемін азайту және әрбір белгілер картасын тығыздау. Pooling операциясының екі түрі болады: *Average* және *Max*. Жиі қолданылатыны – *Max pooling*. *Max pooling* жағдайында stride=2 қадаммен 2x2 өлшемді терезе арқылы кіріс белгілер картасының ең үлкен элементтері алынады және шығыста екі есе кіші өлшемдегі белгілер картасы шығарылады. Жоғарыдағы процесстерден өткеннен соң модель белгілерді түсінуге қабілетті болады. *Үйірткілі, белсендіру, pooling* қабаттарынан кейін толық байланысқан қабат (FC) келеді. Conv және Pooling қабаттарының шығысы үнемі 3D көлемін құрайды, ал толық байланысқан қабат (FC) сандардың 1D

векторын күтеді. Сондықтан біз соңғы *pooling* қабатының шығысын векторға тегістейміз және ол толық байланысқан қабаттың (FC) кірісіне айналады. Әрі қарай ол классификацияны орындайтын нейрондық желінің түйіндеріне енгізіледі.

4 Эксперимент және нәтижелер

4.1 Деректерді дайындау және өңдеу

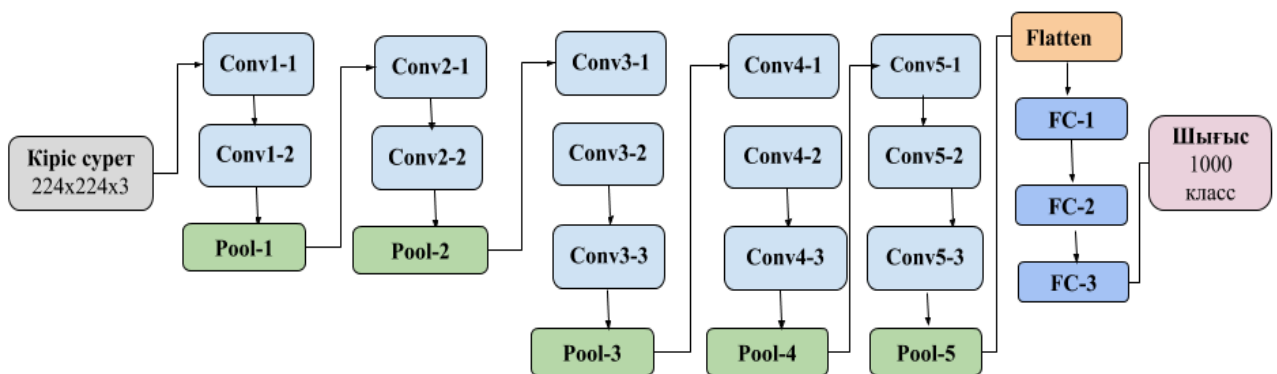
Төмендегі 1-суретте көрсетілгендей классификация белгілері фон, ҰӘК, құс болып табылады және эксперимент барысында жалпы саны 11 128 (оның ішінде 2002 фон, 4998 ҰӘК және 4133 құс) суреттен тұратын деректер жиынтығы қолданылды. Деректер жиынтығындағы суреттердің 70%-ы оқыту (training), 15%-ы тексеру (validation) және 15%-ы тестілеу (testing) үшін пайдаланылды.



Сурет 2 – Үш классқа арналған деректер жиынтығы

4.3 Ұсынылған CNN классификаторын оқыту

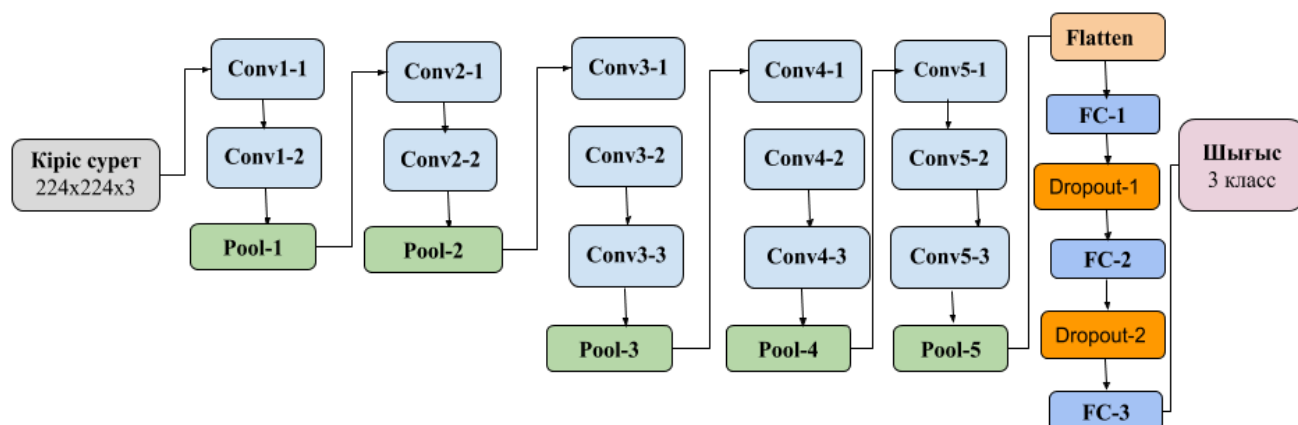
Төменде көрсетілген 3-а суретте 13 үйірткілі (conv) және 3 толық байланысқан (FC), яғни жалпы саны 16 қабаттан тұратын негізгі түпнұсқа VGG-16 моделі келтірілген.



а)

VGG-16 деп аталу себебі қабаттар санына байланысты. Кіріс суреттің өлшемі 224x224, және шығыста softmax активациялық функциясы 1000 классқа жіктеу үшін ImageNet деректер жиынтығын қолданады. Яғни, тікелей түпнұсқа модельді қолдансақ, 1000 классқа дейінгі нысандарды классификациялай аламыз. Алайда, зерттеу ҰӘК, құс және фон деп аталатын үш белгіні ғана анықтауы тиіс, сондықтан CNN моделін тек 3 классқа бейімдеп өзгертеміз. Сондай-ақ, ұсынған модельдің күрделілігін азайту және модельдің шектен тыс детальдарды үйреніп кетпеуі, яғни *асқын оқытудың* (overfitting) алдын алу үшін FC-1, FC-2 толық байланысқан қабаттарынан соң 0.5 ықтималдыққа тең Dropout-1 және 0.3 ықтималдыққа тең Dropout-2 қабаттарын қостық. Яғни, dropout қабатын іске қосу арқылы, модельді оқыту кезінде 0.5 және 0.3 ықтималдықтағы белгілі бір нейрондарды ажыратамыз немесе оларды ескермейміз. Dropout тек модельді оқыту кезінде ғана қолданылады. Түпнұсқа VGG-16 моделі 138 миллион оқытылатын параметрлерден тұрады. Яғни, бұл өте ауыр және нөлден бастап оқытатын болсақ, модельді оқыту өте ұзақ уақытты алады. Сондықтан, алдын ала үйретілген Imagenet салмақтарын қолданып, тек толық байланысқан қабаттар ғана

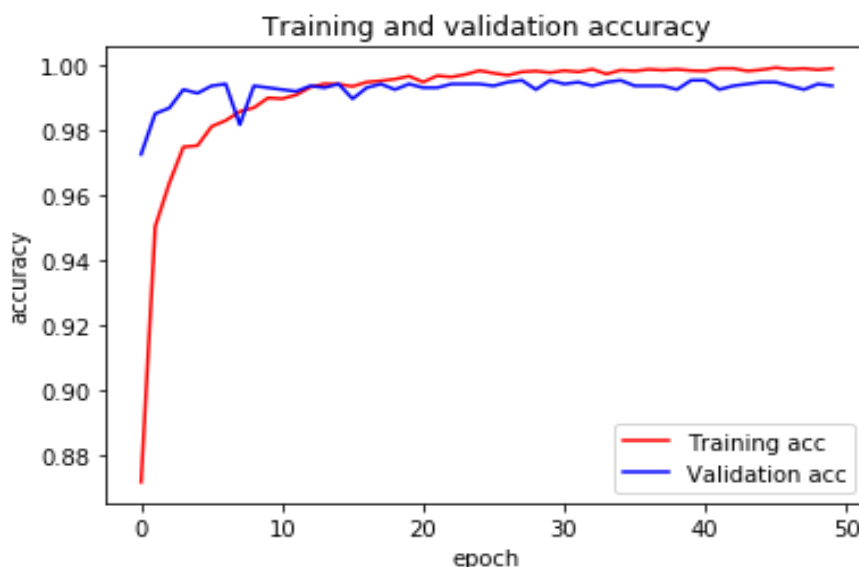
оқытылады. Нәтижесінде, модельді оқыту үшін 2.5 миллион үйретілетін параметрлер ғана қолданылады.



ә)

Сурет 3 – түпнұсқа VGG-16 (а) және модификацияланған VGG-16 (ә) модельдері

Ұсынылған CNN моделі фон, ҰӘК және құс деп аталатын үш класс бойынша деректер жиынтығының 70%-ы, яғни жалпы саны 7616 сурет оқытылды және оқыту дәлдігі (training accuracy) 99.91 % көрсетті. Оқытылған модельді тексеру үшін деректер жиынтығының 15%-ы, яғни 1755 суретке тексерілді және тексеру дәлдігі (validation accuracy) 99.37 % тең болды. Эпоха – модельдің бүкіл деректер жиынтығына қанша рет оқытылып үйретілгендігін көрсетеді. Бұл жұмыста эпоха саны 50-ге тең деп алынды. Жоғарыдағы 1-суретте көрсетілген оқыту және тексеру классификация дәлдіктерінің эпоха санына тәуелділік графигінен модельді оқыту үшін 30 эпоха да жеткілікті екендігін байқауға болады.



Сурет 4 – Жүргізілген 50 эпоха бойынша оқыту және тексеру классификация дәлдіктері

Өте аз эпоха санымен оқытылған модельді оқыту деректердің ерекшеліктері мен белгілерін жеткіліксіз үйреніп, нәтижесінде жаңа деректерді классификациялау кезінде өте нашар нәтижені көрсетуі мүмкін. Машиналық оқытуда бұл жағдай *underfitting* деп аталады, яғни оқытылатын деректер саны аз немесе деректер өте аз эпохта жеткіліксіз оқытылғандығын білдіреді. Ал керісінше, модель өте көп эпоха санымен оқытылған жағдайда, модель оқытылатын деректерді детальді түрде шуылдарына дейін үйреніп, жаңа дерекке тексерген кезде бұл модель сенімсіз болуы мүмкін. Машиналық оқытудағы бұл жағдай *overfitting* деп аталады. Сондай-ақ, loss функциясының неғұрлым төмен мәнде болуы модельдің сенімділігін білдіреді. Эксперимент нәтижесі бойынша соңғы эпохадағы тексеру loss функциясы 0,0507 мәнін көрсетіп тұр.

Тек осы нәтиже арқылы модельді бағалау жеткіліксіз. Модельдің сенімділігін бағалау үшін оның оқытылып үйретілмеген, яғни жаңа деректерді қаншалықты дұрыс болжайтынын тестілеу қажет. Эксперимент нәтижесінде тестілеу кезіндегі классификация дәлдігі 99.317 % көрсетсе, ал loss функциясының мәні өз кезегінде 0,06 тең болды.

Алайда, ұсынылған модельдің қаншалықты дұрыс жұмыс жасап жатқандығын бағалау мұнымен ғана шектелмеуі тиіс. Моделіміздің үйретілмеген, жаңа деректерді қаншалықты дұрыс болжайтынын немесе классификациялайтынын көрсететін тағы екі тәсіл бар. Олардың бірі – классификация метрикасы (classification metrics) болса, екіншісі жаңылысу матрицасы (confusion matrix) болып табылады.

Классификация метрикасын қолдану үшін тестілік деректер басқа сандық форматқа, яғни ұяшық (*numpy*) массивіне түрлендіріледі. Нақты нәтижені алу үшін осы түрлендірілген кодты енгізілген классификация метрикасы арқылы жүргіземіз. Дәл осы жерде фон, ҰӘК және құс класс атаулары енгізіледі.

Кесте 1 – Классификация метрикасы

Класс атаулары	Дәлдік (Precision)	Recall	F-1 бағалау	Support
Фон (<i>background</i>)	0.98	0.99	0.99	309
Құс (<i>bird</i>)	1.00	0.99	1.00	700
ҰӘК (<i>drone</i>)	0.99	0.99	0.99	748

Кестедегі Precision өлшемі тек қана позитивті болжамдарды ғана ескерсе, Recall өлшемі позитивті де, негативті де болжамдарды есепке алады. Сәйкесінше оларды есептеу үшін келесі формулалар қолданылады:

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP} \quad (1)$$

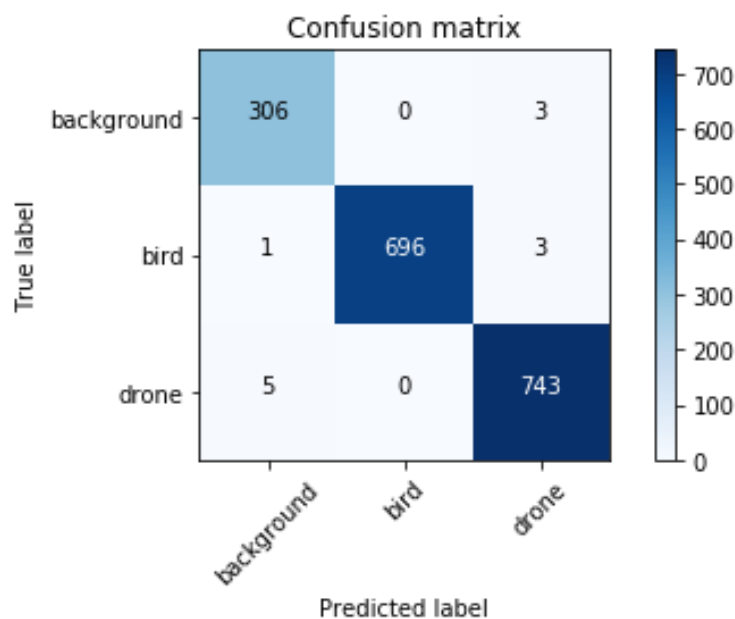
$$Recall = \frac{TP}{TP + FN} \quad (2)$$

Классификация метрикасындағы маңызды параметрлердің бірі *F1-бағалау* (F1-score) болып саналады, яғни ол жоғарыда аталған Precision және Recall параметрлерін бірге қарастырады. F1-бағалау мәні неғұрлым жоғары болса, соғұрлым модель сенімді болады. Дәлдік (Precision) және Recall мәндері арқылы F1-бағалауды төмендегі формула арқылы анықтауға болады:

$$F1 = 2 \cdot \frac{Precision \cdot Recall}{Precision + Recall} \quad (3)$$

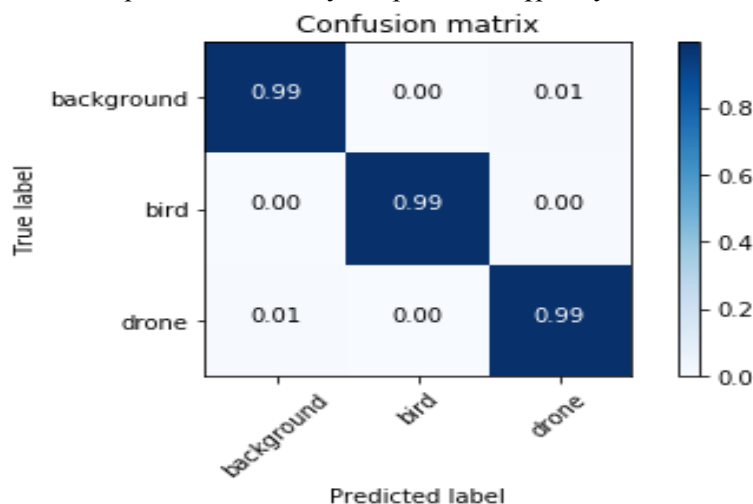
Модельді бағалаудың келесі тәсілі – жаңылысу матрицасын (confusion matrix) тұрғызу. Жасалынған *ұяшық (numpy) массиві* деректер фреймінің ішінде орнатылатыны, өйткені жаңылысу матрицасы деректер фреймінде жақсы жұмыс жасайды. Ұсынылған классификатордың деректер жиынтығындағы шығыс деректер сапасын бағалау үшін, мұнда жаңылысу матрицасының екі түрі тұрғызылады: қалыпқа келтірілген және қалыпқа келтірілмеген жаңылысу матрицалары.

Бұл жұмыста класс дисбалансы, яғни әр класстағы деректер саны әртүрлі болғандықтан, қай класстың қате классификацияланғанын анық көрсету үшін қалыпқа келтірілмеген жаңылысу матрицасын тұрғызу тиімді. Мұндағы диагональдік элементтер болжанған класстың нақты класспен сәйкес келген санын көрсетеді, ал диагональдік емес элементтер – классификатормен қате болжанған элементтер санын көрсетеді. Диагональдік элементтер саны неғұрлым жоғары болса, онда модель тестілік деректерді соғұрлым дұрыс болжап тұрғанын білдіреді. Мысалы, 748 ҰӘК суреттерінің 743-і дрон ретінде дұрыс болжанса, ал 5-і фон ретінде қате классификацияланып тұрғанын білдіреді.



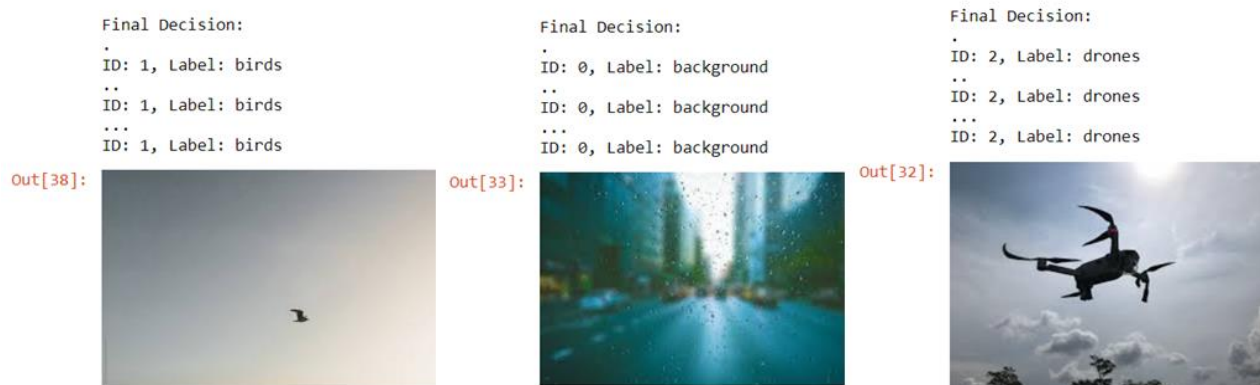
Сурет 5 – Қалыпқа келтірілмеген жаңылысу матрицасы

Әр класс үшін модельдің болжаған классификация нәтижелерінің *Recall* мәндері бойынша көрсету арқылы қалыпқа келтірілген жаңылысу матрицасын тұрғызуға болады.



Сурет 6 – Қалыпқа келтірілген жаңылысу матрицасы

Эксперименттің соңғы әрі шешуші кезеңі – жаңа суреттерді тестілеу. Бұл кезеңде ұсынылған классификатор моделі мүлде оқытылмаған, белгі қойылмаған жаңа тестілік суреттерге тексеріледі.



Сурет 7 – Ұсынылған модельді жаңа тестілік суреттерге тексеру нәтижелері

Тестілеу нәтижесі бойынша ұсынылған CNN классификаторы өте алыстан түсірілген құстың суретін 96.11 % дәлдікпен «құс» класы ретінде дұрыс болжады. Ал, бұлдырлаған фондық суретті 100 % дәлдікпен «фон» ретінде болжады, және де ҰӘК суретін 98.37 % дәлдікпен «ҰӘК» класы ретінде дұрыс классификациялады.

Қорытынды

Сонымен, VGG-16 үйірткілі нейрондық желі архитектурасының модификацияланған нұсқасы қойылған тапсырманы сәтті орындады. Осыған дейін анти-дрон жүйеге қай CNN моделі тиімді екенін тексеру үшін бірнеше архитектураларды салыстырып қарастырған зерттеуде [1] авторлар VGG-16 түпнұсқа үлгісін қолданып, 97.84 % нәтижеге қол жеткізген болатын. Бұл жұмыста үлкен мөлшердегі деректерді қолдану және Dropout жүйелеу әдістерін енгізу арқылы, классификация дәлдігі 99.317 % жеткізілді. Алдағы уақытта ұшатын нысандар санын арттырып, көп сандық жіктеу мәселесін шешу және заманауи CNN модельдеріне талдау жасау арқылы, нақты уақыт режимінде ҰӘК анықтау жұмыстары қарастырылады.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- [1] Jansen, B. Drone Crash at White House Reveals Security Risks. USA Today. 26 January 2015. Available online: <https://www.usatoday.com/story/news/2015/01/26/drone-crash-secret-service-faa/22352857/>.
- [2] Pham, S. Drone Hits Passenger Plane in Canada. CNN. Available online: <https://money.cnn.com/2017/10/16/technology/drone-passenger-plane-canada/index.html>. (Accessed on 16 October 2017).
- [3] Guardian, T. Gatwick Drone Disruption Cost Airport Just £1.4 m. The Guardian. Available online: <https://www.theguardian.com/uk-news/live/2018/dec/21/gatwick-drone-airport-limited-flights-live>. (Accessed on 21 December 2018).
- [4] Hyun Min Oh, Hyunki Lee and Min Young Kim, “Comparing Convolutional Neural Network (CNN) models for machine learning-based drone and bird classification of anti-drone system”, ICCAS 2019.
- [5] Arne Schumann, Lars Sommer, Johannes Klatte, Tobias Schuchert, Jurgен Beyerer, “Deep cross-domain flying object classification for robust UAV detection”, *AVSS*, 2017.
- [6] Saqib Muhammad, Nabin Sharma, Sultan Daud Khan, Michael Blumenstein, “A study on detecting drones using deep convolutional neural networks”, *AVSS*, 2017.
- [7] Zeiler, M.D.; Fergus, R. Visualizing and understanding convolutional networks. arXiv 2013, arXiv:1311.2901.
- [8] K. Simonyan, and A. Zisserman, “Very deep convolutional networks for large-scale image recognition,” *arXiv preprint arXiv:1409.1556*, 2014.
- [9] Mrunalini Nalamati, Ankit Kapoor, Muhammed Saqib, Nabin Sharma, Michael Blumenstein, “Drone Detection in Long-range Surveillance Videos”, *AVSS*, 2017.
- [10] Celine Craye, Salem Ardjoune, “Spatio-temporal Semantic Segmentation for Drone Detection”, *AVSS*, 2019.
- [11] O. Ronneberger, P. Fischer, and T. Brox. U-net: Convolutional networks for biomedical image segmentation. CoRR, abs/1505.04597, 2015.
- [12] Kaiming He, Xiangyu Zhang, Shaoqing Ren, Jian Sun, “Identity Mappings in Deep Residual Networks”, in Proc. CVPR, 2016.
- [13] Jason Brownlee, “Deep learning for computer vision”, 2019.
- [14] Liu T, Fang S, Zhao Y, Wang P, Zhang J., Implementation of training convolutional neural networks. arXiv preprint arXiv:1506.01195. 2015.
- [15] Gu, Shanqing; Pednekar, Manisha; and Slater, Robert (2019) "Improve Image Classification Using Data Augmentation and Neural Networks," *SMU Data Science Review: Vol. 2 : No. 2* , Article 1.

КЛАССИФИКАЦИЯ ЛЕТАЮЩИХ ОБЪЕКТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДИФИЦИРОВАННОЙ МОДЕЛИ VGG-16 CNN НА ОСНОВЕ ВИЗУАЛЬНЫХ ДАННЫХ

У.О. Сейдалиева¹, Л.Б. Илипбаева²

¹Институт промышленной автоматизации и цифровизации, Satbayev University, Алматы,

²Казахстанский международный университет информационных технологий, Алматы, Казахстан

E-mail: s.jalgasa@gmail.com

Аннотация. В последнее время усовершенствование и массовое производство беспилотных летательных аппаратов или дронов по доступным ценам значительно расширили сферу их применения. Простота управления беспилотными летательными аппаратами (БПЛА) также привела к частому использованию дронов для перевозки наркотиков и взрывчатых веществ. Следовательно, задачи определения летательных объектов на определенном расстоянии и их классификация требуют надежной системы обнаружения и классификации. В этой статье обсуждается задача надежной классификации летающего объекта путем модификации исходной модели нейронной сети VGG-16. Обучение модели глубокого машинного обучения, позволяющей надежно классифицировать летающие объекты, требует наличия базы данных с большим количеством изображений. Открытая база данных дронов недоступна, так как дроны не разрешены к запуску в любом месте. В этой статье была подготовлена база данных из 11 128 изображений для обучения модифицированной модели VGG-16. Для повышения точности классификации был использован метод систематизации Dropout. Точность прогнозирования новых данных предложенной модели оценивается путем построения графика точности классификации, классификационных метрик и двух различных матриц ошибок.

Ключевые слова: сверточные нейронные сети, классификация летающих объектов, визуальные данные, машинное обучение.

CLASSIFICATION OF FLYING OBJECTS USING A MODIFIED MODEL OF VGG-16 CNN BASED ON VISUAL DATA

U.O. Seidaliyeva¹, L.B. Ilipbayeva²

¹ Institute of Industrial Automation and Digitalization, Satbayev University, Almaty, Kazakhstan

² International University of Information Technology, Almaty, Kazakhstan

E-mail: s.jalgasa@gmail.com

Abstract. Recently, the improvement and mass production of unmanned aerial vehicles or drones at affordable prices have greatly expanded their scope. The ease of control of unmanned aerial vehicles (UAVs) has also led to the frequent use of drones to transport drugs and explosives. Consequently, the tasks of determining flying objects at a certain distance and their classification require a reliable detection and classification system. In this article, the problem of reliable classification of a flying object by modifying the original VGG-16 neural network model has been discussed. Training a deep machine learning model to reliably classify flying objects requires a database with a large number of images. The open drone database is not available as drones are not allowed to launch anywhere. In this article, a database of 11,128 images for training a modified VGG-16 model has been prepared. To improve the classification accuracy, the Dropout systematization method was used. The forecasting accuracy of the new data of the proposed model is estimated by plotting the classification accuracy graph, classification metrics, and two different error matrices.

Keywords: convolutional neural networks, classification of flying objects, visual data, machine learning.



АВТОМАТИКА, ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И КИБЕРБЕЗОПАСНОСТЬ

ӨОЖ 004

ӨНЕРКӘСІПТІК ЖҮЙЕЛЕРДЕГІ КОМПЬЮТЕРЛІК ШАБУЫЛ МӘСЕЛЕЛЕРІН ЗЕРТТЕУ

Д. Б. Қамбаров*, Г. Б. Қашағанова

«Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті» КеАҚ,
Алматы қ., Қазақстан

e-mail: das.kambarov@au.es.kz, g.kashaganova@au.es.kz

Аңдатпа. Физикалық және ақпараттық процестерді біріктіретін технологиялық құрылымның сандық өзгеруі адам тарапынан өнеркәсіптік жүйелердің автономды жұмыс істеуін қамтамасыз ететін заманауи өндірістік технологиялардың дамуына әкелді. Өнеркәсіптік инфрақұрылымды цифрландыру компьютерлік шабуылдарды жүзеге асыру үшін кең мүмкіндіктер ашты, олардың бағыты, жүйені басқару мүмкіндігін рұқсатсыз алу және оның дұрыс жұмыс істеуін бұзу жағына ауысты.

Қайтымсыз физикалық үрдістердің бақылаудан шығуына жол бермеуге мүмкіндік беретін өнеркәсіптік жүйелердегі компьютерлік шабуылдардың алдын алу, компьютерлік шабуылдардың жаңа түрлерінің өсуіне, шабуылдарға қарсы іс-қимылға, уақыттың шектелуіне және шабуылдарды ерте анықтау мен оларға қарсы іс-қимылды үйлестіретін бірыңғай әдіснаманың болмауына байланысты күрделене түсті.

Бұл ерекшеліктер өндірістік жүйелерге компьютерлік шабуылдардың алдын алу әдістемесін құрудың ғылыми мәселесін анықтады. Бұл мақалада осы зерттеудің өзектілігін анықтайтын компоненттердің деректеріндегі жағымсыз тенденцияларды болжау кезінде жүйенің алдын ала өзін-өзі реттеуіне арналған компьютерлік шабуылдардың алдын алудың бірыңғай әдістемесін жасауға әрекет жасалды. Тәсілдің негізі компьютерлік шабуылдардың кез-келген түрін ертерек анықтауға және өндірістік жүйенің құрылымын автоматты түрде қайта құру арқылы оларға қарсы тұруға мүмкіндік беретін әдістерден құралды.

Түйін сөздер: кибертұрақтылық қағидасы, инвариант қағидасы, өзін-өзі реттеу қағидасы, желілік трафик, мультифракталдық талдау

Кіріспе. Жылдан жылға ақпараттық жүйе кәсіпорындарында компьютерлік шабуылдар мен вирустардың өсуі - үздіксіз көпқабатты ақпаратты қорғау жүйесін құруды талап етті. Әрбір кәсіпорын заманауи IT-технологияларын қолдану арқылы ақпараттық жүйелерді құруды және сымдық, сымсыз арна байланыстары арқылы бір-бірін біріктіруді қамтамасыз етті. Бұл олардың тиімді қолданылуы, дамуымен қатар компьютерлік шабуылдарға бейім етті. Ақпараттық жүйелерге жасалатын компьютерлік шабуыл деп ақпараттық жүйенің осал жерлерін пайдалану арқылы ақпараттың қолжетімділігін, тұтастығын және құпиялығын бұзуға бағытталған қаскүнемнің алдын ала жасайтын іс-әрекеттерін айтамыз.

Жалпы компьютерлік шабуылдарды жүзеге асырудың әр түрлі жолдары бар. Оларды төмендегідей бір топқа біріктірсек болады:

- қашықтықтан компьютерге заңсыз қосылу: желі арқылы басқа компьютерлерге рұқсатсыз кіретін бағдарламалар;
- жергілікті компьютерге кіру: өздері жұмыс істейтін компьютерлерге тіркелмеген қолжетімділікке ие болу;
- құпия сөзді анықтағыштар: оңай табылатын құпия сөздерді анықтайтын бағдарламалар;
- желілік сканерлер: шабуылдарға бейім компьютерлер мен бағдарламалар жайлы ақпарат беретін бағдарламалар.

Қазіргі кездері жаңа технологиялардың дамуымен қатар жаңа қауіптер де пайда болуда. Олармен күрес ретінде қауіптерді анықтайтын және ақпараттық жүйелерде байқалатын өзгерістерге сараптама жасайтын жаңа әдістер мен түрлі бағдарламалар шығарылуда.

Жалпы өндіріс жүйелерінде киберқауіпсіздіктің кейбір мәселелеріне:

- үздіксіз осал жерлер мен қауіптердің саны мен түрлерінің өсуі;

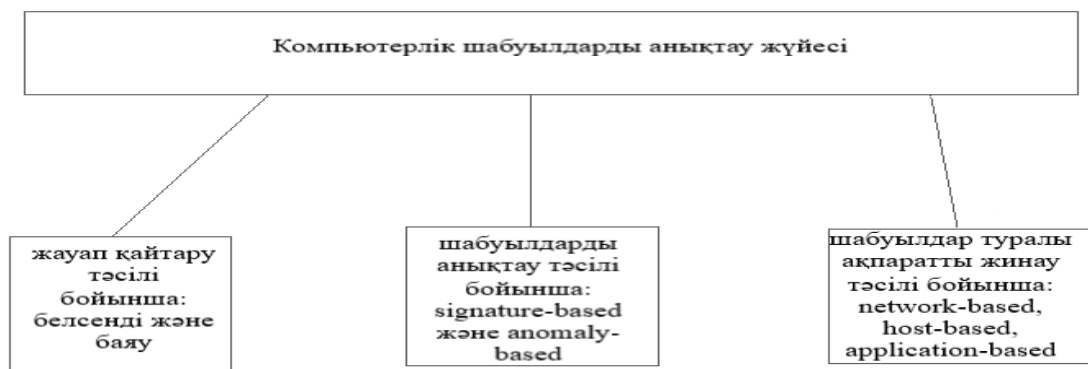
- киберқылмыс пен арнайы қызмет кәсіпорындарына қызығушылықтың артуы;
- жалпы қауіптер деңгейін бағаламау;
- қауіптердің ерекшелігін дұрыс түсінбеу және тиімсіз қорғау әдістерін таңдау жатады.

Кейбір кәсіпорындарда шабуылдарды анықтау мен сараптама жасауға жеткіліксіз болатын базалық қорғау әдістері қолданылады.

Толыққанды жүйені бақылау үшін компьютерлік шабуылдарды тиімді анықтау жүйесі құрылады.

Компьютерлік шабуылдарды анықтау жүйесі (IDS-Intrusion Detection Systems) – кез келген заманауи кәсіпорындар үшін ақпараттық қауіпсіздік жүйесінің маңызды бөлігі болып табылады.

1-ші суретте шабуылдарды анықтау жүйесінің жіктелуі келтірілген. Бұл суреттің маңыздылығы, компьютерлік шабуылдарды анықтайтын жүйелердің жұмыс істеу қағидатын айқындап береді.



Сурет 1 – Компьютерлік шабуылдарды анықтаудың жіктелуі

Негізгі бөлім. Қазіргі кездерде компьютерлік шабуылдар әдістерінің нақты саны белгісіз. Негізінде компьютерлік шабуылдардың төрт санаты бар:

- қолжетімділік шабуылы;
- түрлендіру шабуылы;
- қызмет көрсетуден бас тарту шабуылы;
- міндеттемелерден бас тарту шабуылы.

Қолжетімділікке бағытталған шабуыл-қаскүнемнің жалпы қолжетімділігі шектеулі ақпаратқа ие болуы әрекеті. Бұл шабуылдар ақпарат пен оның таралу ортасы бар барлық жерлерде жүзеге асырыла алады. Қолжетімділік шабуылы ақпараттың құпиялығын бұзады.

Түрлендіру шабуылы - қаскүнемнің ақпаратты заңсыз өзгерту әрекеті. Бұл шабуылдар ақпарат пен оның таралу ортасы бар барлық жерлерде жүзеге асырыла алады. Қолжетімділік шабуылы ақпараттың тұтастығын бұзуға бағытталған.

Қызмет көрсетуден бас тарту шабуылы (Denial-of-service, DoS) - бұл шабуыл заңды пайдаланушылардың ақпаратқа қол жетімділігін бұзады. Dos шабуылының нәтижесінде қаскүнемге компьютерлік жүйе қолжетімді болмайды, ол тек ондағы ақпаратты қолжетімсіз етеді.

Міндеттемелерден бас тарту шабуылы - бұл шабуыл ақпаратты сәйкестендіру мүмкіндігіне қарсы бағытталған, басқаша айтқанда нақты жағдайларға байланысты жалған ақпарат беруі болып табылады.

Бұл мақалада біз кәсіпорындардағы қызмет көрсетуден бас тарту шабуылын қарастырамыз. Компьютерлік шабуылдар, соның ішінде өнеркәсіптік жүйелердегі шабуылдарды анықтау мәселесіне көптеген ғылыми еңбектер жария етілген. Бұл еңбектерде – ауытқуларды анықтау және оларға жауап беру жылдамдығын арттыру, шабуылға қарсы тұру қажеттілігі, анықтау жүйесінің тиімділігі мен сипаттамалары кеңінен ашылып жазылған. Осы еңбектерді талдай отырып, біз өндірістік жүйелердегі қызмет көрсетуден бас тарту шабуылын қарастырдық.

Қазіргі уақытта қызмет көрсетуден бас тарту шабуылы кеңінен таралуда. Қызмет көрсетуден бас тартуға арналған шабуылдардың кең таралғаны түрі - DDoS шабуылы. DDoS-шабуыл-Distributed Denial of Service («қызмет көрсетуден бас тарту» түріндегі кең жайылған шабуыл) - бұл жеке компьютерге немесе есептеу жүйесіне жасалатын шабуыл, оның негізгі мақсаты - есептеу жүйесін жалған қомақты ресурсты сұранымдардың көп санын жолдау жолымен істен шығару болып

табылады. Осының нәтижесінде жабдық жұмысы кідіріп, қолжетімсіз болады. Шабуыл көптеген компьютерден бір уақытта жасалады.

Компьютерлік қылмыстың осы түрінің ерекшелігі қаскүнемнің мақсаты - ақпаратты ұрлау немесе жою мақсатында қорғалған компьютер жүйесіне заңсыз кіру болып табылмайды. DDoS - шабуылының мақсаты - шабуыл жасалатын веб-торап жұмысына тосқауыл қою болып табылады. DDoS-шабуылдар туралы алғаш хабарламалар 1996 жылдан бастап шықты. Алайда 1999 жылдан бастап осы мәселе күрделі сипатқа ие болып келеді. Содан бері DDoS - шабуылдар туралы хабарламалар ерекше жаңалық болып табылмайды. Мұндағы басты қауіп шабуылдарды ұйымдастыру оңайлығы, өйткені хакерлердің ресурстары шектеусіз болып келеді, себебі шабуыл бөліп таратылады.

Осы шабуылдардан қорғану мақсатында желілік трафиктің көрсеткішін талдау әдісін ұсынамыз. Бұл жүйенің қалыпты жұмысы мен оған қызмет көрсетуден бас тартудың таратылған шабуылын (Distributed denial of Service, DDoS) жүзеге асыру кезінде жүйенің жұмысы арасындағы айырмашылықты дәл көрсетеді [1]. Жалпы есептеу күрделілігін төмендету үшін индикаторлардың екі түрін қолдану керек:

- белгілі бір пакеттің әрекетін сипаттайтын көрсеткіштер (өлшемі, берілген пакет пен оның алдындағы жіберу арасындағы аралық, хаттама);
- трафиктің жалпы әрекетін сипаттайтын көрсеткіштер (өткізу қабілеті, алушылардың көптеген IP мекенжайларының қуаты, белгілі бір IP мекенжайына жіберу жиілігі).

Бұл әдістің құрамында келесі модульдер кіреді:

- Желілік сенсор;
- Түйіндік сенсор;
- Басқару консоли;
- Деректер базасы;
- Әрекет ету агенттері.

Желілік сенсор желілік трафик және түйіндік сенсор негізінде жүйелік нысандарды сараптауға арналған. Желілік сенсор оқиғалар жиынтығын қалыптастыратын бақылаушыдан тұрады. Сараптама ядросы бағдарламаларды орындауды қолдау жүйесін ұсынады. Кіші жүйе де шабуыл туралы ақпарат алатын бақылаушыдан тұрады. Әсер ету автоматтары әсер ету саясатын жүзеге асырады [2].

Желілік сенсордың кіші қызметтік жүйесі шифрланған арнаның жүзеге асырылуын қамтамасыз етеді.

Түйіндік сенсор желілік журнал және жүйе негізінде желілік нысандарды сараптауға арналған.

Түйіндік сенсор ядро сараптамасының оқиғаларын қалыптастыратын бақылаушыдан тұрады.

Шығысында түйіндік сенсор ауытқулар туралы хабарламаларды таратады. Бұл хабарламалар түйіндік сенсормен байланысы бар желілік сенсорге жіберіледі.

Деректер базасы нысандардың қалыпты және ауытқу күйлері туралы бөлінген қойма ұсынады. Бұл қойма желілік және түйіндік сенсорлармен пайдаланылады [3].

Басқару консоли графиктік қосымшаларды ұсынады, олардың міндеттеріне:

- физикалық және логикалық құрылымдардың көрсетілуі;
- шабуылдарды анықтау жүйесінің бөліктерін баптау және басқару;
- жүйе қауіпсіздігі туралы оператордың хабарландыруы;
- шабуыл туралы хабарламаларды түзеу;
- орталықтандырылған әсер ету;
- шабуыл жайлы хабарламаларды қарау болып табылады.

Келесі бір ұсынылатын әдіс мультифракталдық талдау негізінде желілік қозғалысты сараптау.

Бұл әдістің трафиі шағын уақыт аралығында мультифракталдылық қасиетін көрсетеді. Әсіресе шағын уақыт аралықтарын талдау жеткілікті ұзақ уақыт аралықтарын талдауға қарағанда ерекше болып келеді, өйткені біріншіден, ұзақ мерзімді деректерді жинақтау үлкен есептеу ресурстарын және үлкен жадты қажет етеді, бұл кейбір өндіріс жүйелері үшін өте маңызды болуы мүмкін, екіншіден, үлкен көлемде деректерді жинау кезінде қысқа компьютерлік шабуылдарды, әсіресе төмен қарқындылықпен жүретіндерді жіберіп алу қауіпі бар [4].

Мультифрактал – бұл фракталдардың жиынтығы, олардың әрқайсысы үшін өлшем мәні әр түрлі болады, мультифракталды анықтау үшін әртүрлі фракталдық өлшемдердің үлгілерін тудыратын көптеген алгоритмдер қолданылады. Желілік трафикке байланысты желілік трафикті ағындағы бөліктерге бөлген кезде әр бөлік фракталдық қасиет көрсетеді.

Мультифракталды әдістің жалпы математикалық сипаттамасы және оның ауытқуларды анықтауға қолданылуы көптеген ғылыми еңбектерде көрсетілген. Зерттеулердің көбісі ауқымды желілердің трафигіндегі ауытқуларды анықтауға арналған.

Желілік қозғалыс параметрлерінен құрылған уақыт қатарларының үстіндегі мультифракталды талдау үшін Лежандра мульти (α) мультифракталды спектрінің қызметі есептеледі, мұндағы α – гелдердің көрсеткіші болып табылады. Есептеу формуласы:

$$D = \frac{r(q)}{q-1} \quad (1)$$

Бұл формула (1) спектрді анықтайды, мұндағы $r(q)$ скейлингтік функция болып табылады.

Екінші формуламыз:

$$f_L(\alpha) = \inf(\alpha q - r(q)) \quad (2)$$

Мұндағы α – гелдердің көрсеткіші. Осы формула негізінде (2) Лежандра мультифракталды спектрі анықталады.

Ал спектр енін анықтау үшін:

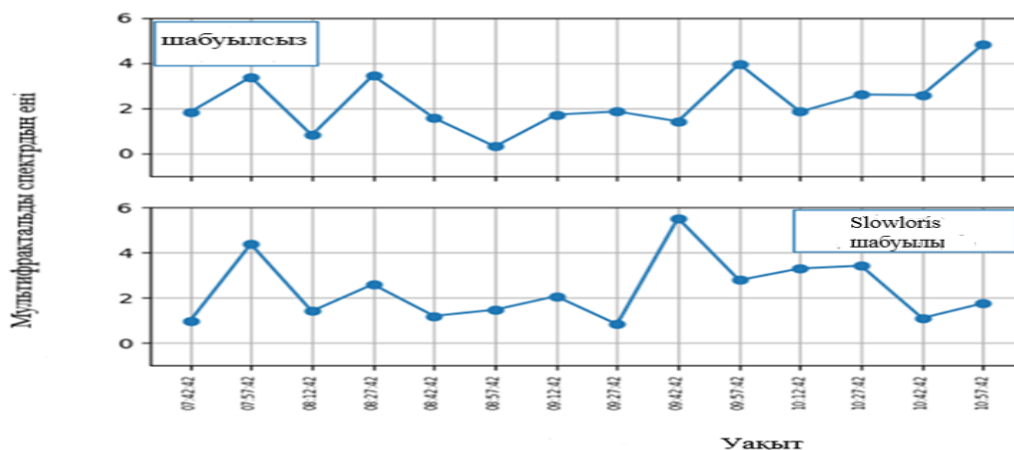
$$width = \alpha_{max} - \alpha_{min} \quad (3)$$

формуласы қолданылады. Яғни бір сөзбен пайымдасак, осы формулалар арқылы біз жалпы шабуыл кезіндегі спектрдің өзгеруін бақылай аламыз. Бұл әдістің тиімділігі, спектрдің күйін бақылау арқылы жүйедегі шабуылдың бар жоғынан хабардар болып отырамыз.

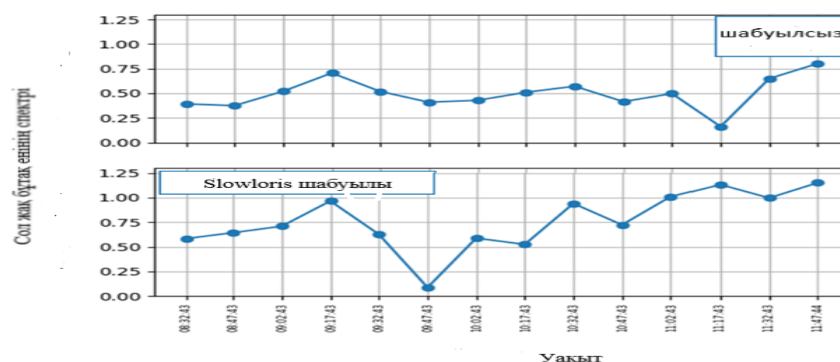
Желілік қозғалыс параметрлерінің тізімін жүйенің түріне және компьютерлік шабуылдардың түріне байланысты өзгертуге болады [5].

Қауіпсіздік критерийі-мультифракталдық спектр параметрлерінің олардың қалыпты мәндерінен ауытқу мәні болып табылады. Спектрдің параметрлеріне, оның сол және оң жақ "бұтақтарының" ені, биіктігі сияқты сипаттамалары жатады [6].

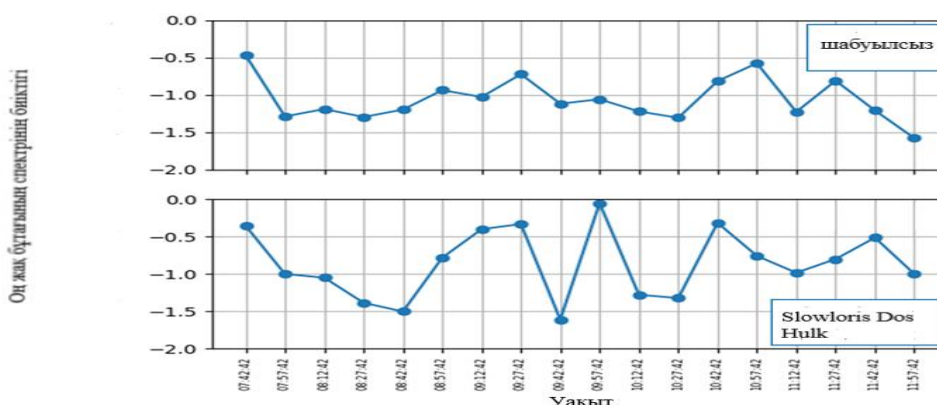
Бұл әдістің тиімділігін бағалау бойынша тәжірибелік зерттеулер жүргізу үшін Нью-Брансвик университетінің магистральды трафигінің дамы пайдаланылды. Мұнда қалыпты трафик те, сондай-ақ әртүрлі DoS шабуылдары бар трафик те болды (SlowLoris, slowlorishttptest, DoS Hulk, DoS GoldenEye. 2, 3, 4-суреттерде ұсынылған өлшемдерді қолдана отырып, Dos шабуылдарынан туындаған желілік трафиктегі ауытқуларды анықтауды сипаттайтын графиктер көрсетілген [7].



Сурет 2 – Шабуыл кезінде мультифракталдық спектрдің енінің өзгеруі SlowLoris



Сурет 3 – SlowLoris шабуыл кезінде мультифракталдық спектрдің сол жақ "тармағының" енін өзгерту



Сурет 4 – Мультифракталдық спектрдің "оң" тармағының биіктігін өзгерту SlowLoris және DoS Hulk шабуылдары кезінде

Жалпы бұл зерттеу әдісінің тиімділігі графиктік талдау негізінде белгілі бір уақыт аралығындағы компьютерлік шабуылдарды анықтауға, сараптауға болады. Осы жүйе негізінде толық бақылау жасап, жалпы тек өндірістік жүйеде ғана емес, басқа салаларда да алдын ала компьютерлік шабуылдардан қорғанып, оларды анықтауға болады. Бұл әдістің бір ерекшелігі талдауда ең кең таралған компьютерлік шабуылдардың бірі-SlowLoris және DoS Hulk шабуылдары негізінде график құрылған. Демек, осы әдістің арқасында біздің жүйемізге жасалуы мүмкін ірі қауіп көздерінің бетін қайтара аламыз. Сонымен қатар, ақпаратты қорғау жүйесіне арналған аса танымал SIEM жүйелерінің заманауи, әрі озық өнімдерін қолдана аламыз. Біздің айтып отырған әдісіміз осы SIEM жүйесінің қызметіне сәйкес келеді. Әрине, болашақта қазіргі технологияның қарқынды өсіп келе жатқан заманында бұдан да озық жүйенің, әдістің шығатынына күмән келтірмейміз.

Сондай-ақ жалпы өндірістік жүйелерде компьютерлік шабуылдардың алдын алудың келесі қағидаттарын қолдансақ болады:

- инвариант қағидасы, кез келген шабуылда, жүйенің қызметінің әмбебаптық графтық моделінің арқасында жүйенің жалпы жағдайын бейімделу арқылы болжайды;
- өзін-өзі реттеу қағидасы, жүйенің дұрыс жұмыс істеуін қамтамасыз ету үшін жүйені автоматты іске қосады;
- кибертұрақтылық қағидасы, шабуыл кезінде жүйе қызметінің бұрынғы қалпын сақтайды.

Инвариант қағидасы негізінде қағида мен жүйе желілік байланыста болуымен қатар, жүйенің барлық компоненттерін қамтамасыз ете білуі шарт. Келесі бір ерекшелік инвариант қағидасы компьютерлік шабуылдың кез келген типін анықтауы қажет және де компьютерлік шабуылдардың алдын алу үшін дұрыс бейімделу болжамын жасауы керек [8].

Өзін-өзі реттеу қағидасы мынандай тұрғыда сипатталады: кез келген күдік тудыратын іс-әрекетке жүйенің кері конфигурациялау алгоритмі болады, ол жүйенің өзін-өзі реттеуін қамтамасыз етеді. Мұның маңыздылығы F функциясының тұрақтылығы сақталады. Онда алгоритм соңғы сандағы n қадамында орындалады. Сондай-ақ алгоритм аз уақыт ішінде орындалып, ондағы орындалуға жұмсалған уақыт болжауға кеткен уақыттан аз болады.

Жалпы өзін-өзі реттеу терминін қолдана отырып, кибертұрақтылық түсінігін дұрыстауға болады, яғни ол өндірістік жүйенің компьютерлік шабуылға қарсы тұра білу қабілетін көрсетеді.

Кибертұрақтылық қағидасы инвариант пен өзін-өзі реттеу қағидасын өндіріс жүйесіндегі компьютерлік шабуылдарды алдын алуға арналған ғылыми тәжірибелік тапсырмаға біріктіреді [9]. Кибертұрақтылықты орындау үшін келесі қағидаттарды орындау қажет:

- өзін-өзі реттеу жүйесі қызметінің сақталуын қамтамасыз ету керек;
- өзін-өзі реттеудің қойылымын іздеумен қатар, жүйенің ағымдағы конфигурациясына қолданудың жиынтық уақыты болжау кезеңінен аз немесе оған тең болуы керек;
- жүйелер үшін эволюциялық үрдіске ұқсас және жүйе сақтайтын шектеулерді бағалау арқылы алуға болатын қағидаттың орындалуының шекаралық шарттары анықталуы керек.

Осыған байланысты компьютерлік шабуылдардың алдын алу мәселесін шешуде уақыт факторы маңызды рөл атқарады.

Жүйе компоненттерінің сипаттамаларындағы жағымсыз үрдісті болжауды, өзін-өзі реттеудің қолайлы тәсілін табуды және шабуылдың таралу уақытынан аз уақыт ішінде таңдалған әдіске сәйкес жүйені қайта конфигурациялауды жүзеге асыру қажет. 5-суретте компьютерлік шабуылдардың алдын алу үрдісінің барлық кезеңдері арасындағы қатынасты көрсететін уақыт диаграммасы көрсетілген [10].



Сурет 5 – Компьютерлік шабуылдардың алдын алу үрдісінің барлық кезеңдері арасындағы қатынасты көрсететін уақыт диаграммасы

Мұндағы, t -уақыт, dt -шабуылдарды алдын алу үрдісінің кезеңдері болып табылады. Мәселені тұжырымдау үшін әр түрлі түрдегі өндіріс жүйелерінің жұмыс істеу үрдісін және өндірістік жүйенің мақсатты қызметтерін орындауды көрсетуге мүмкіндік беретін әмбебап модель құру қажет. Дамыған, жиі бөлінген, желілік инфрақұрылымы бар, іске асырудың ақпараттық ортасын қамтамасыз ететін қазіргі заманғы физикалық үрдістер мәліметтермен алмасу, жүйе компоненттері арасында қолдану және графтар теориясын ұсыну үшін келтірілген.

Жүйеге жасалатын шабуыл, мұндай деструктивті әсерлер сөзсіз графиктің құрылымында немесе оның шыңдары мен доғаларының параметрлерінде көрініс тапқан.

Осы ұсынылған шабуылдарды анықтау әдістерін бағалау үшін келесі деңгейлерді қолдансақ болады:

- жүйені бақылау деңгейі;
- әдістің тексерілуі;
- әдістің бейімделуі;
- тұрақтылық;
- есептеу күрделілігі.

Жүйені бақылау деңгейі - бұл деңгей, сарапталған оқиғаларды жинап, бақылауға алады және де әдістің желідегі шабуылдарды анықтауда қолданылу мүмкіндігін айқындайды [11]. Осы анықтамалар негізінде келесі деңгейлер қарастырылады:

- HIDS - операциялық жүйе деңгейінде бақылау;
- NIDS – желілік өзара байланыс деңгейінде бақылау;

- AIDS – жеке қосымшалар деңгейінде бақылау;
- Hybrid – әр түрлі деңгейдегі бақылаушылар тобы.

Және де осы деңгей негізінде әдістің 4 негізгі қасиеті қарастырылады:

- бейімделуі;
- ауқымдылығы;
- жауап қайтаруы;
- қорғалуы.

Бейімделуі. Заманауи компьютерлік шабуылдарды анықтау жүйесі, жүйеде болатын компьютерлік шабуылға да, ауытқуға да бейім әдістерді қолданады. Оның артықшылығы ондай әдіс, өзгерістерге ұшыраған және беймәлім шабуылдарды анықтай алады, сондай-ақ жоғары жылдамдықтағы жүйелерде оңай қолданылады [12].

Ауқымдылығы. Бұл әдістің көптеген түйіндер мен арналарды зерттей алу мүмкіндігін білдіреді. Яғни қосымша арналар мен түйіндемелерді қосу әдістің жұмыс істеуін режимін бұзбайды.

Жауап қайтаруы. Жүйеде қолданылатын әдістің кез келген шабуылға қарсы әрекеті. Мысалы, байланыс орнату, сараптама жүргізу және тағы басқа іс-әрекеттері.

Қорғалуы. Тәжірибелік шабуылдарды анықтау жүйесі SSHv2 өзгертілген хаттамасы негізінде шифрланған арналарды қолданады.

Әдістің тексерілуі – бұл тұлғаның шабуылды анықтауы кезінде, шешімдерді бірінен кейін бірін қолданыла алуын мүмкіндігін бағалайды. Жалпы бір сөзбен айтқанда әдістің дұрыстығын бағалайды [13].

Әдістің бейімделуі – бұл шабуылды жүзеге асыруда болатын кішігірім өзгерістерге қарамастан әдістің қалыпты жұмыс істеуі. Бейімделу – бұл шабуылдарды анықтайтын әдістердің маңызды көрсеткіштерінің бірі. Бейімделудің болмауы әдістің тиімсіздігіне, жүйенің шабуылға қарсы жауап қайтармауына алып келеді. Ал жауап қайтару үшін үнемі әдісті жаңартып отыруға тура келеді. Бұл әрине өте тиімсіз. Сондықтан да әдістің бастапқыда жүйеге бейімделуі шарт [14].

Тұрақтылық – бұл әдістің шығуын қорғалатын жүйеден тәуелсіз етеді. Яғни жүйедегі өзгерістер әдістің жұмысына кедергі келтірмейді.

Есептеу күрделілігі – қолданылатын әдістің күрделілігін теоретикалық бағалау. Бағалауда арнайы баптаусыз тек әдістің күрделілігі қаралады. Бұл қасиеттің шабуылды анықтайтын әдістерде болуы өте маңызды, себебі күрделі шабуылдарды анықтау қабілеті осыған байланысты болады [15].

Қорытынды. Жалпы бұл мақалада өндірістік жүйеге жасалатын компьютерлік шабуылдардың алдын алу мәселелері мен жүйенің компьютерлік шабуылға қарсы қағидалары қарастырылған. Қағидалардың жұмыс істеу режимі зерттелген, шабуылдарды анықтау әдістеріне талдау жасалған, мультифракталдық әдістің диаграммасы мен компьютерлік шабуылдардың алдын алу үрдісінің барлық кезеңдері арасындағы қатынасты көрсететін уақыт диаграммасы қарастырылған.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР

- [1] Sadiku N. Cyber-physical systems: a literature review // European Scientific Journal. - 2017. - Vol. 13. - № 36. - P. 52-58.
- [2] Henshaw M. Systems of systems, cyber-physical systems, the Internet-of-things... What next? //Insight. - 2016. - Vol. 19. - № 3. - P. 51-54.
- [3] Wan K., Hughes D., Man K., Krilavicius T., Zou S. Investigation on composition mechanisms for cyber physical systems // International Journal of Design, Analysis and Tools for Circuits and Systems. - 2011. - Vol. 2. - № 1. - P. 30-40.
- [4] Khaitan S., McCalley J.D. Design techniques and applications of cyberphysical systems: a survey // IEEE Systems Journal. - 2015.-Vol. 9. -№ 2. -P. 350-365.
- [5] Stojmenovic, I., Zhang F. Inaugural issue of ‘cyberphysical systems’// Cyber-Physical Systems. - 2014 -Vol. 1 -№ 1. -P. 1-4.
- [6] Kleissl J., Agarwal Y. Cyber-physical energy systems: Focus on smart buildings // IEEE Design Automation Conference. - 2010. - P. 749-754.
- [7] Macana C., Abdou A., Pota H., Guerre J., Vasques J. Cyber Physical Energy Systems Modules for Power Sharing Controllers in Inverter Based Microgrids // Inventions. - 2018. -Vol. 3. -№ 3. - P. 1-21.
- [8] Farhangi, H. The path of the smart grid //IEEE Power and Energy Magazine. - 2010. - Vol. 8. - № 1. - P. 18-28.
- [9] Shi X., Li Y., Cao Y., Tan Y. Cyber-physical electrical energy systems: challenges and issues //

CSEE Journal of Power and Energy Systems. - 2015. - Vol. 1. - № 2. - P. 36-42.

[10] Ericsson G. N. Cyber Security and Power System Communication Essential Parts of a Smart Grid Infrastructure // IEEE Transactions on Power Delivery. - 2010. - Vol. 25. - № 3. - P. 1501-1507.

[11] Yongfu, L., Dihua S., Weining L., Xuebo Z. A service-oriented architecture for the transportation cyber-physical systems // IEEE Control Conference (CCC) Chinese. - 2012. - P. 7674-7678.

[12] Xiong G., Zhu F., Liu X., Dong X., Huang W., Chen S., Zhao K. Cyber-physical-social system in intelligent transportation // IEEE/CAA Journal of Automatica Sinica. - 2015. - Vol. 2. - № 3. - P. 320-333.

[13] Möller, D. P. F., Vakilzadian H. Cyber-physical systems in smart transportation // IEEE International Conference on Electro Information Technology (EIT). - 2016. - P. 776-781.

[14] Jianjun, S., Xu W., Jizhen G., Yangzou C. The analysis of traffic control cyber-physical systems // Procedia — Social and Behavioural Sciences. - 2013. - Vol. 96. - P. 2487-2496.

[15] Gokhale A. A., McDonalds M.P., Drager S., McKeever W. Cyber Physical System Perspective on the Real Time and Reliable Dissemination of Information in Intelligent Transportation Systems // Network Protocols and Algorithms. - 2010. - Vol. 3. - № 3. - P. 116-136.

LIST OF REFERENCES

[1] Sadiku N. Cyber-physical systems: a literature review // European Scientific Journal. - 2017. - Vol. 13. - № 36. - P. 52-58.

[2] Henshaw M. Systems of systems, cyber-physical systems, the Internet-of-things... What next? // Insight. - 2016. - Vol. 19. - № 3. - P. 51-54.

[3] Wan K., Hughes D., Man K., Krilavicius T., Zou S. Investigation on composition mechanisms for cyber physical systems // International Journal of Design, Analysis and Tools for Circuits and Systems. - 2011. - Vol. 2. - № 1. - P. 30-40.

[4] Khaitan S., McCalley J.D. Design techniques and applications of cyberphysical systems: a survey // IEEE Systems Journal. - 2015. - Vol. 9. - № 2. - P. 350-365.

[5] Stojmenovic, I., Zhang F. Inaugural issue of 'cyberphysical systems' // Cyber-Physical Systems. - 2014. - Vol. 1. - № 1. - P. 1-4.

[6] Kleissl J., Agarwal Y. Cyber-physical energy systems: Focus on smart buildings // IEEE Design Automation Conference. - 2010. - P. 749-754.

[7] Macana C., Abdou A., Pota H., Guerre J., Vasques J. Cyber Physical Energy Systems Modules for Power Sharing Controllers in Inverter Based Microgrids // Inventions. - 2018. - Vol. 3. - № 3. - P. 1-21.

[8] Farhangi, H. The path of the smart grid // IEEE Power and Energy Magazine. - 2010. - Vol. 8. - № 1. - P. 18-28.

[9] Shi X., Li Y., Cao Y., Tan Y. Cyber-physical electrical energy systems: challenges and issues // CSEE Journal of Power and Energy Systems. - 2015. - Vol. 1. - № 2. - P. 36-42.

[10] Ericsson G. N. Cyber Security and Power System Communication Essential Parts of a Smart Grid Infrastructure // IEEE Transactions on Power Delivery. - 2010. - Vol. 25. - № 3. - P. 1501-1507.

[11] Yongfu, L., Dihua S., Weining L., Xuebo Z. A service-oriented architecture for the transportation cyber-physical systems // IEEE Control Conference (CCC) Chinese. - 2012. - P. 7674-7678.

[12] Xiong G., Zhu F., Liu X., Dong X., Huang W., Chen S., Zhao K. Cyber-physical-social system in intelligent transportation // IEEE/CAA Journal of Automatica Sinica. - 2015. - Vol. 2. - № 3. - P. 320-333.

[13] Möller, D. P. F., Vakilzadian H. Cyber-physical systems in smart transportation // IEEE International Conference on Electro Information Technology (EIT). - 2016. - P. 776-781.

[14] Jianjun, S., Xu W., Jizhen G., Yangzou C. The analysis of traffic control cyber-physical systems // Procedia — Social and Behavioural Sciences. - 2013. - Vol. 96. - P. 2487-2496.

[15] Gokhale A. A., McDonalds M.P., Drager S., McKeever W. Cyber Physical System Perspective on the Real Time and Reliable Dissemination of Information in Intelligent Transportation Systems // Network Protocols and Algorithms. - 2010. - Vol. 3. - № 3. - P. 116-136.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОБЛЕМ КОМПЬЮТЕРНЫХ АТАК В ПРОМЫШЛЕННЫХ СИСТЕМАХ

Д. Б. Камбаров*, Г. Б. Кашаганова

НАО «Алматинский университет энергетики и связи имени Гумарбека Даукеева»,
г. Алматы, Казахстан
e-mail: das.kambarov@aues.kz, g.kashaganova@aues.kz

Аннотация. Количественная трансформация технологической структуры, объединяющая физические и информационные процессы, привела к развитию современных производственных технологий, обеспечивающих автономное функционирование промышленных систем со стороны человека. Цифровизация промышленной инфраструктуры открыла широкие возможности для осуществления компьютерных атак, их направленность перешла в сторону несанкционированного получения возможности управления системой и нарушения ее правильного функционирования.

Предотвращение компьютерных атак в промышленных системах, позволяющее не допустить выхода необратимых физических процессов из-под контроля, осложнялось ростом новых типов компьютерных атак, противодействием атакам, ограничением времени и отсутствием единой методологии, координирующей раннее выявление атак и их противодействие.

Эти особенности определили научную проблему построения методики предупреждения компьютерных атак на производственные системы. В данной статье предпринята попытка разработать единую методику профилактики компьютерных атак, предназначенную для предварительной саморегуляции системы при прогнозировании негативных тенденций в данных из компонентов, определяющих актуальность данного исследования. Основу подхода составили методы, позволяющие на ранней стадии обнаружить любые виды компьютерных атак и противостоять им путем автоматической перенастройки структуры производственной системы.

Ключевые слова: принцип киберустойчивости, принцип инварианта, принцип саморегуляции, сетевой трафик, мультифрактальный анализ.

RESEARCH OF PROBLEMS OF COMPUTER ATTACKS IN INDUSTRIAL SYSTEMS

D.B.Kambarov*, G.B.Kashaganova

Non-profit joint-stock company “Almaty University of Power Engineering and Telecommunications
named after Gumarbek Daukeyev”, Almaty, Kazakhstan
e-mail: das.kambarov@aues.kz, g.kashaganova@aues.kz

Annotation. The quantitative transformation of the technological structure, combining physical and informational processes, has led to the development of modern production technologies. They provide the autonomous functioning of industrial systems on the part of a person. The digitalization of industrial infrastructure has opened up ample opportunities for computer attacks. Their focus shifted towards unauthorized gaining of the ability to control the system and disruption of its correct functioning.

Preventing computer attacks in industrial systems, which makes it possible to prevent irreversible physical processes from getting out of control, was complicated by the growth of new types of computer attacks, countering attacks, time constraints and the lack of a unified methodology coordinating early detection of attacks and their counteraction.

These features determined the scientific problem of constructing a methodology for preventing computer attacks on production systems. In this article, an attempt to develop a unified methodology for preventing computer attacks, designed for preliminary self-regulation of the system when predicting negative trends in data from the components that determine the relevance of this study, is undertaken. The basis of the approach is the methods that allow early detection of any types of computer attacks and to resist them by automatically reconfiguring the structure of the production system, were formed.

Keywords: the principle of cybersecurity, the principle of invariance, the principle of self-regulation, network traffic, multifractal analysis.



АВТОМАТИКА, ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И КИБЕРБЕЗОПАСНОСТЬ

МРНТИ 87.17.81

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Т.С. Санатова, А.А. Абикенова, К.А. Сагытаева

НАО «Алматинский университет энергетики и связи имени Гумарбека Даукеева»

Аннотация. Статья посвящена усовершенствованию методики прогнозирования состояния атмосферного воздуха. Выбор цели работы связан с усилением требований к качеству информации о состоянии атмосферного воздуха. Для этого необходимо провести модернизацию существующих методик мониторинга атмосферного воздуха. В работе описан пример практической реализации разработанной системы мониторинга. Разработана программа удаленного администрирования через сеть Интернет, позволяющая вести наблюдения за состоянием окружающей среды в автоматизированном режиме, без использования переносных приборов и пробоотборников. Созданы программы, реализующие систему и позволяющие обеспечить эффективный удаленный доступ к ней через Интернет, с использованием современных пакетов программ, что дает возможность обеспечивать эффективное функционирование системы мониторинга вне зависимости от программно-аппаратной платформы.

Ключевые слова: автоматизированная система экологического мониторинга, загрязнение окружающей среды, выбросы источников загрязнения, система экологической безопасности, оценка качества атмосферного воздуха.

В современном мире наблюдается тенденция роста выбросов из промышленных и естественных (природных) источников. Причиной интенсивного загрязнения атмосферного воздуха являются:

- рост промышленного производства;
- увеличение энергоемкости производств;
- увеличение парка автомобилей, самолетов и другой техники, работающих на углеводородном топливе;
- сжигание мусора.

Существенный вклад в загрязнение природы вносят работающие вулканы, лесные и степные пожары, частота которых с каждым годом возрастает. Особенно остро это наблюдается в крупных мегаполисах с большим скоплением людей и, соответственно, большим энергопотреблением. Состояние воздушного бассейна многих городов вызывает тревогу у населения. Загрязненная атмосфера вызывает различные заболевания, в том числе и болезни легких человека.

Наиболее подверженными по данным ВОЗ являются дети и женщины. Загрязненный воздух оказывает разрушительное воздействие на здоровье детей. Во всем мире до 14% детей в возрасте 5-18 лет страдают от астмы, вызванной, помимо прочего, загрязнением воздуха. Ежегодно 543 000 детей в возрасте до 5 лет умирают от респираторных заболеваний, связанных с загрязнением воздуха [1]. Загрязнение воздуха также связано с детским раком. Воздействие загрязненного воздуха на беременных женщин может сказываться на развитии мозга плода. Загрязнение воздуха также связано с когнитивными нарушениями как у детей, так и у взрослых людей [1].

Проблема получения достоверной информации о состоянии воздушного бассейна является в настоящее время актуальной. Наиболее важен этот вопрос для такого большого мегаполиса Республики Казахстан как Алматы. Увеличение парка автомобилей привело к значительному загрязнению воздуха. Большинство двигателей грузовых и легковых автомобилей используют бензин и дизельное топливо. В результате сжигания топлива в двигателях внутреннего сгорания в атмосферу поступает около 200 вредных веществ. Выбросы автомобилей неравномерно распределены в городской среде. Наибольшая загрязненность воздуха наблюдается в нижней (северо-

западной) части города. Существенный вклад в загрязнение атмосферы вносят также предприятия энергетики. Самая мощная тепловая станция города Алматы, работающая на Экибастузском угле, расположена в западном направлении возле жилых микрорайонов. Степень загрязнения атмосферы зависит также от природного расположения города и инверсионного состояния атмосферы. Температурная инверсия в городе при почти полном штиле ветра наблюдается в период отопительного сезона – с декабря по январь месяцы. Поэтому проведение систематических наблюдений за состоянием воздуха является важной и актуальной задачей для Алматы. Применение автоматизированных систем мониторинга позволит не только получить достоверную информацию о состоянии атмосферного воздуха, но и произвести оценку и прогнозирование экологической ситуации в городе.

Изменения уровня загрязнения среды обитания связаны с увеличением выбросов источников на промышленных площадках, автомобильного транспорта (грузового и легкового), увеличения парка самолетов и климатическими условиями, которые имеют значительную временную изменчивость. Вредные вещества, попадающие в атмосферу, под воздействием фотохимического реакций претерпевают различные физико-химические превращения, образуя соединения парниковых газов, или выпадают из атмосферы в виде кислотных дождей. Степень загрязнения атмосферы зависит как от естественных, так и антропогенных источников и может переноситься как на большие, так и малые расстояния или образовывать большие скопления, например, в промышленных районах. Под влиянием этих факторов определяются суточные и годовые изменения концентрации вредных веществ в атмосфере. Изучение этого вопроса очень важно для эффективного учета вредных факторов при планировании производственной деятельности промышленных предприятий.

Решение современных экологических задач невозможно без аналитического анализа экологических проблем современного города. Одним из основных направлений в этой области является создание такой системы наблюдения экологического состояния природной среды, позволяющей произвести анализ и оценку факторов антропогенного воздействия источников, выявить источники, расположенные на этом участке местности, дающие наибольший вклад в загрязнение этого региона. Существующие системы мониторинга атмосферы, обладая рядом достоинств, имеют один существенный недостаток: эти системы автоматического мониторинга (АСМ) концентраций вредных веществ дают информацию по текущему состоянию, не определяя источники, дающие наибольшие вклады в данный момент или в определенный промежуток времени: сутки, месяцы, год.

Следует отметить, что Алматы – это крупный административный и финансовый центр Республики Казахстан и не является территорией с хорошо развитой промышленной инфраструктурой. В Алматы расположены источники загрязнения атмосферы трех видов: крупный энергокомплекс – Алматинская тепловая электрическая станция ТЭЦ-2; грузовой и легковой автомобильный транспорт; частный сектор, использующий для отопления твердое топливо.

Для улучшения состояния атмосферы города Алматы необходимо в первую очередь решить вопрос: какие из этих трех видов загрязнителей дают наибольший и существенный вклад в загрязнение? Решение этого вопроса позволит составить на перспективу программу мероприятий по оздоровлению воздушного бассейна города. Для осуществления этой проблемы необходимо решить вопрос о разработке и внедрении систем АСМ и автоматизированных систем мониторинга эмиссий (АСМЭ) вредных веществ на источниках выбросов отечественного производства.

Современные системы мониторинга, использующие беспроводные сенсорные сети на базе WSN, позволяют в онлайн режиме иметь информацию о концентрациях загрязняющих веществ как на источниках выбросов, так и в разных точках на территории города.

Исследования, проводимые авторами статьи в течение последних нескольких лет, показывают, что создание АСМЭ на территории Казахстана и, в частности, в городе Алматы являются актуальными. Внедрение АСМЭ промышленными предприятиями обеспечат им постоянный контроль и наблюдение за выбросами, что позволит им решить вопросы сокращения эмиссий и избежать экологических штрафов, которые предполагается увеличить Министерством экологии РК в несколько раз в 2021 году.

Наряду с этим немаловажное значение имеет осведомленность населения о состоянии атмосферы города. Информация о фактическом загрязнении может поступать на рекламные билборды города и в виде СМС-сообщений на сотовые телефоны и позволит горожанам самим решать вопросы – сколько им можно находиться на территории города для обеспечения здоровья и безопасности.

Применение современных средств контроля и наблюдения параметров окружающей среды с использованием цифровых технологий беспроводной передачи данных в онлайн режиме имеет ряд достоинств:

- точность анализа;
- малая энергоемкость системы;
- оперативная передача данных;
- возможность передать информацию о состоянии параметров окружающей среды (температуры, влажности, атмосферного давления, концентрации загрязняющих веществ и т.д.) быстро и на любой компьютер, подключенный к сети интернет;
- возможность анализировать и прогнозировать экологическую обстановку в любом регионе страны.

Город Алматы имеет самые серьезные экологические проблемы и относится к самым загрязненным городам Казахстана. Основная проблема Алматы – загрязненный атмосферный воздух. В городе нет крупных промышленных объектов, кроме объектов энергетики, но наблюдается большое скопление грузового и легкового автомобильного транспорта.

Установка АСМ и АСМЭ как современной технологии слежения (наблюдения) параметров окружающей среды позволит оперативно решать вопросы снижения выбросов промышленными предприятиями при неблагоприятных метеорологических условиях города.

Следует отметить, что разработкой АСМ и АСМЭ занимаются зарубежные ученые таких стран как Россия, Германия. В Казахстане такие разработки ведутся впервые. Опытно-промышленная установка АСМЭ была разработана и испытана сотрудниками испытательной лаборатории университета с участием магистрантов специальности «Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды».

Экологический мониторинг – это информационная система, которая занимается наблюдением, оценкой и прогнозом изменений в окружающей среде, созданная с целью выделения антропогенного компонента на фоне естественного процесса [2].

Оценки экологического мониторинга могут включать установление исходного качества, выявление экологических тенденций, выявление любых изменений, определение успеха проектов и подтверждение того, были ли достигнуты экологические цели [3].

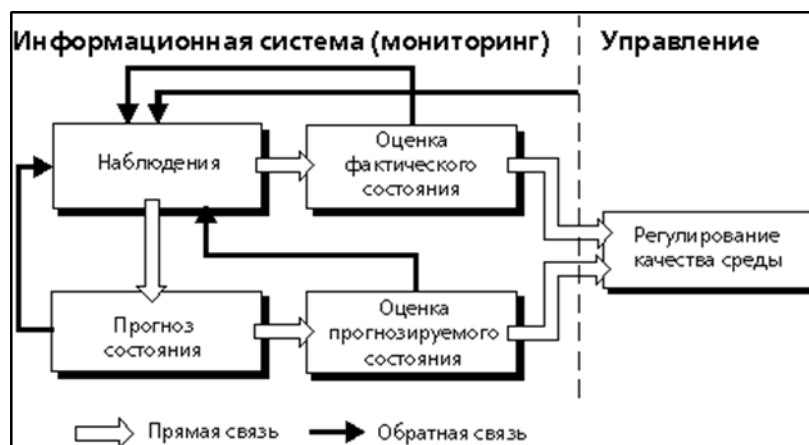


Рисунок 1 – Информационная блок-схема системы мониторинговых наблюдений

Особое значение имеет фоновый мониторинг городов. Фоновый мониторинг, который проводится в локациях, не подверженных человеческой деятельности, направлен на оценку влияния человеческой деятельности на окружающую среду. С помощью данных, получаемых с фонового мониторинга, можно наглядно понять степень антропогенного воздействия, сравнивая результаты фонового и локального, регионального мониторинга [3].

Создание автоматизированной системы мониторинга и записи выбросов загрязняющих веществ в отраслях, которые оказывают существенное негативное влияние на окружающую среду, установлено в нормативно-правовом акте Республики Казахстан (Экологический кодекс РК, статья 17, подпункт 30).

Цель данной работы – анализ состояния атмосферного воздуха города Алматы и разработка системы контроля качества воздушного бассейна. Для оценки состояния воздушного бассейна г. Алматы (рисунок 1) использована топология сети ZigBee, которая состоит из координатора и набора маршрутизаторов и конечных устройств.



Рисунок 1 – Вид смога над г. Алматы

Структура системы беспроводной сенсорной сети мониторинга, в которой применены маршрутизаторы и координаторы беспроводной сенсорной сети, приведена на рисунке 2. Преимуществами данной установки являются [7, 8, 9]:

1. дистанционный сбор данных;
2. многофункциональность;
3. получение данных в реальном времени;
4. измерение концентрации нескольких веществ одновременно;
5. вывод информации в таблицы [10, 11].

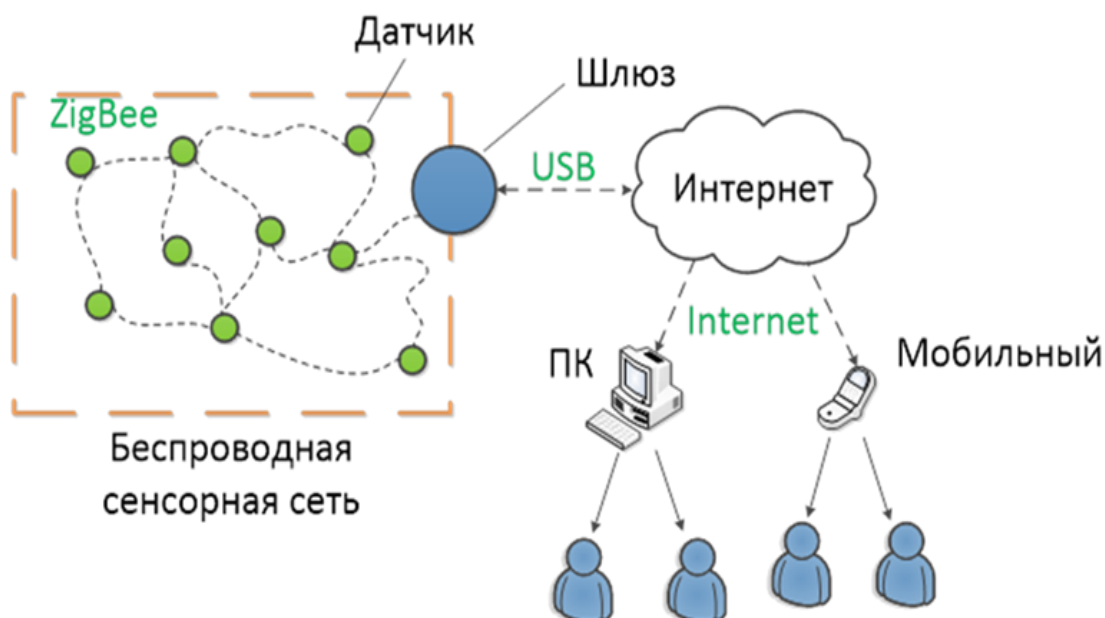


Рисунок 2 – Структура системы беспроводной сенсорной сети мониторинга

Центральная станция состоит из координатора, который контролирует все показания, поступающие от маршрутизаторов, и сохраняет их в файлах txt на компьютере и затем загружает эти данные в Интернет [12].

Регистрация данных началась в двух точках с использованием графического интерфейса пользователя. В результате мониторинга данной системы были получены результаты, которые представлены в виде кривых изменения концентраций ультрадисперсных частиц размером 2,5 мкм. Эксперименты с использованием автоматизированной системы мониторинга проводились в городе Алматы. Система с датчиками были установлены в двух точка города. Точки установки датчиков были определены на пересечениях улиц Бауыржана Момышулы и Раймбека, а также проспектов Сейфуллина и Рыскулова (Рисунок 3, 4)

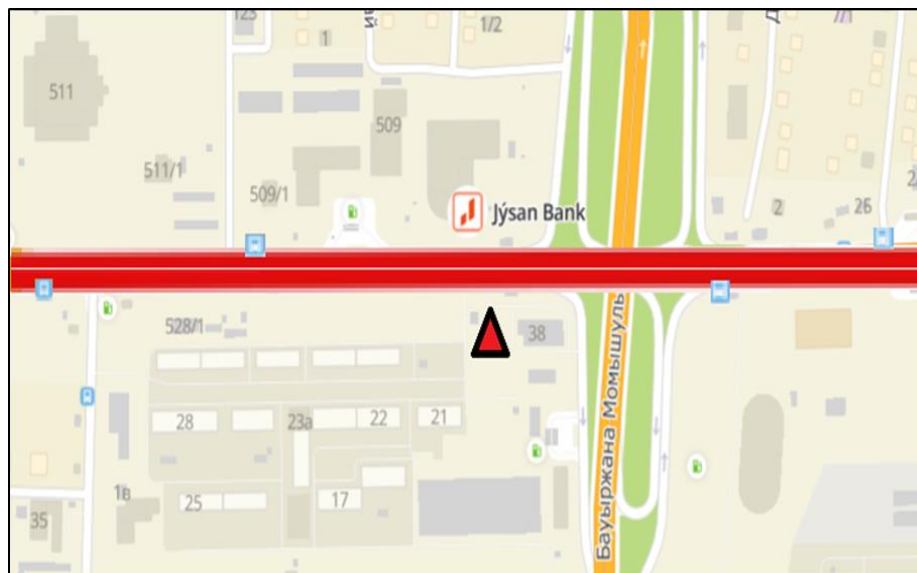


Рисунок 3 – Точки отбора проб атмосферного воздуха на пересечении Момышулы – Раймбека г. Алматы

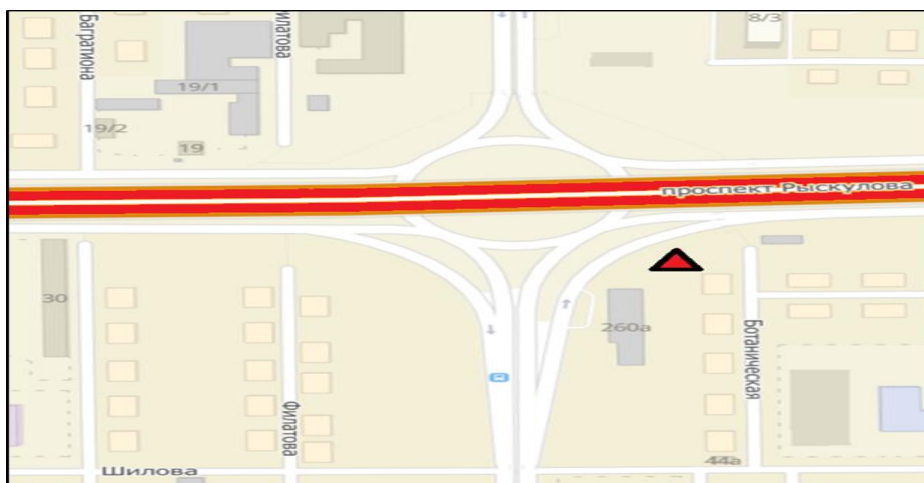


Рисунок 4 – Точки отбора проб атмосферного воздуха на пересечении Сейфуллина – Рыскулова г. Алматы

Датчики ультрадисперсных частиц, газов, влажности и температуры подключаются к платформе Arduino UNO, для передачи данных в ПК и дальнейшей обработки [7]. На рисунке 5 приведен внешний вид платформы Arduino UNO.

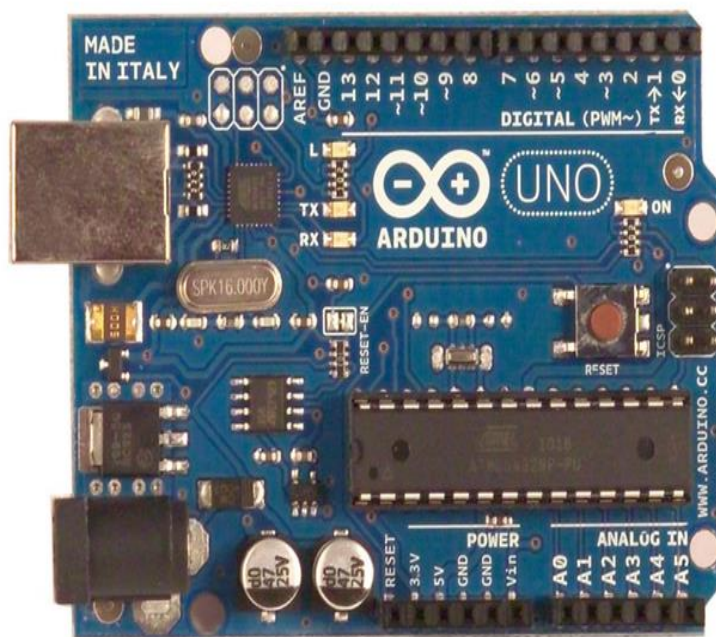


Рисунок 5 – Внешний вид платформы Arduino UNO

Обработка данных осуществляется с помощью приложения Arduino и PLX-DAQ. После обработки в интерфейсе программ появятся данные, которые поступают с подключенных датчиков. Далее полученные результаты можно синхронизировать с локальной сетью. Используемые датчики подключаются к плате Arduino параллельно, сама плата подключается к ПК через разъем USB. Наглядная схема представлена на рисунке 6 [13, 14].

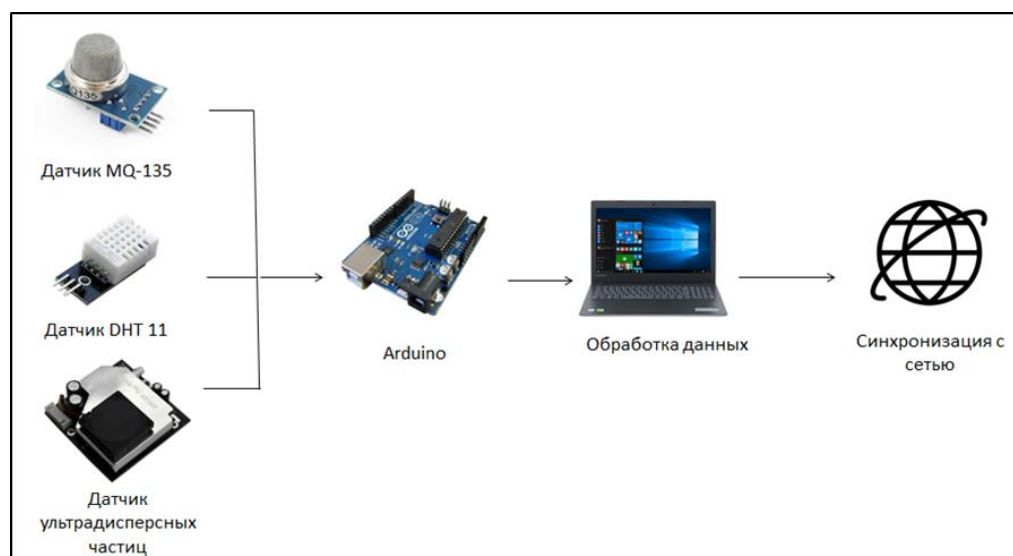


Рисунок 6 – Архитектура автоматизированной системы мониторинга

Разработанная установка автоматизированного мониторинга с установленными внутри датчиками в собранном виде показана на рисунке 7.



Рисунок 7 – Автоматизированная система мониторинга с установленными внутри датчиками в собранном виде

Результаты исследования состояния атмосферного воздуха с использованием прибора автоматизированной системы мониторинга эмиссий (АСМЭ) приведены в таблицах 1, 2 и на рисунке 8, 9. Данные ультрадисперсных частиц приведены в мг/м^3 .

Таблица 1 – Показания датчиков в утреннее время. Пересечение Сейфуллина – Рыскулова

Date	Time	Hum(%)	Temp(C^0)	PM2.5	PM10	CO ₂
17.02.2020	08:05:24	33,00	-6,00	0,094	0,144	80,11
	08:05:25	33,00	-6,00	0,092	0,143	80,47
	08:05:26	33,00	-7,00	0,093	0,144	80,35
	08:05:27	34,00	-7,00	0,091	0,145	80,62
	08:05:28	34,00	-7,00	0,092	0,143	80,74
	08:05:29	33,00	-6,00	0,094	0,144	80,86
	08:05:30	34,00	-6,00	0,093	0,146	80,76
	08:05:31	33,00	-6,00	0,094	0,144	80,93
	08:05:32	33,00	-6,00	0,093	0,145	81,22
	08:05:33	33,00	-6,00	0,095	0,146	80,98
	08:05:34	34,00	-6,00	0,094	0,143	80,56
	08:05:35	34,00	-7,00	0,095	0,145	80,62
	08:05:36	33,00	-7,00	0,093	0,144	81,13
	08:05:37	33,00	-6,00	0,092	0,145	80,91
	08:05:38	34,00	-7,00	0,095	0,146	81,24

Таблица 2 – Показания датчиков в вечернее время. Пересечение Момышулы-Раймбека

Date	Time	Hum(%)	Temp(C^0)	PM2.5	PM10	CO ₂
17.02.2020	18:19:26	22,00	2,00	0,144	0,202	89,24
	18:19:27	22,00	2,00	0,143	0,202	89,24
	18:19:28	22,00	2,00	0,144	0,203	89,24
	18:19:29	22,00	2,00	0,145	0,203	89,24
	18:19:30	21,00	1,00	0,143	0,202	89,24
	18:19:31	21,00	2,00	0,144	0,202	88,79

18:19:32	21,00	2,00	0,145	0,202	89,14
18:19:33	21,00	2,00	0,145	0,203	88,91
18:19:34	22,00	2,00	0,144	0,203	88,79
18:19:35	22,00	2,00	0,145	0,203	88,79
18:19:36	22,00	2,00	0,144	0,202	88,79
18:19:37	20,00	2,00	0,145	0,202	89,11
18:19:38	20,00	1,00	0,144	0,203	89,17
18:19:39	20,00	1,00	0,144	0,203	88,89
18:19:40	21,00	1,00	0,145	0,203	88,76

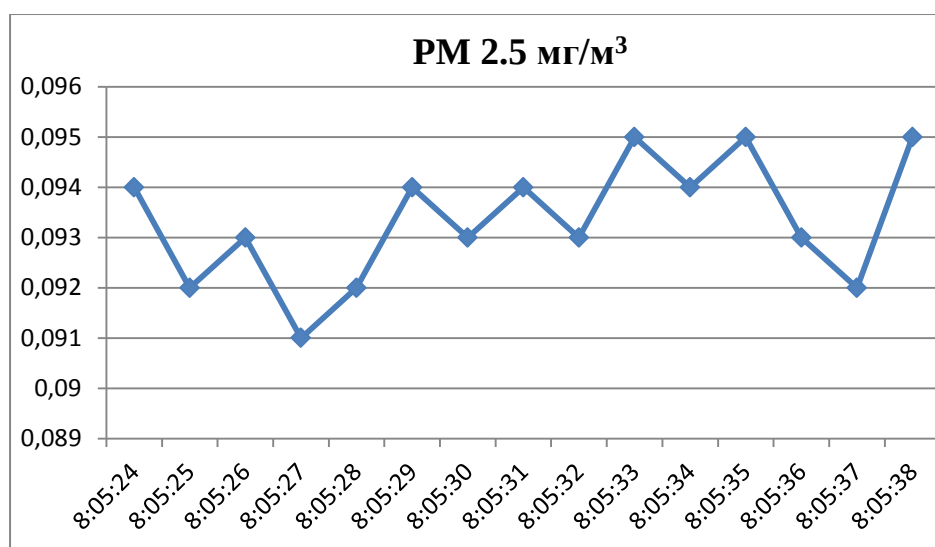


Рисунок 8 – График изменения концентрации ультрадисперсных частиц в утреннее время. Пересечение Момышулы-Райымбека в утреннее время.

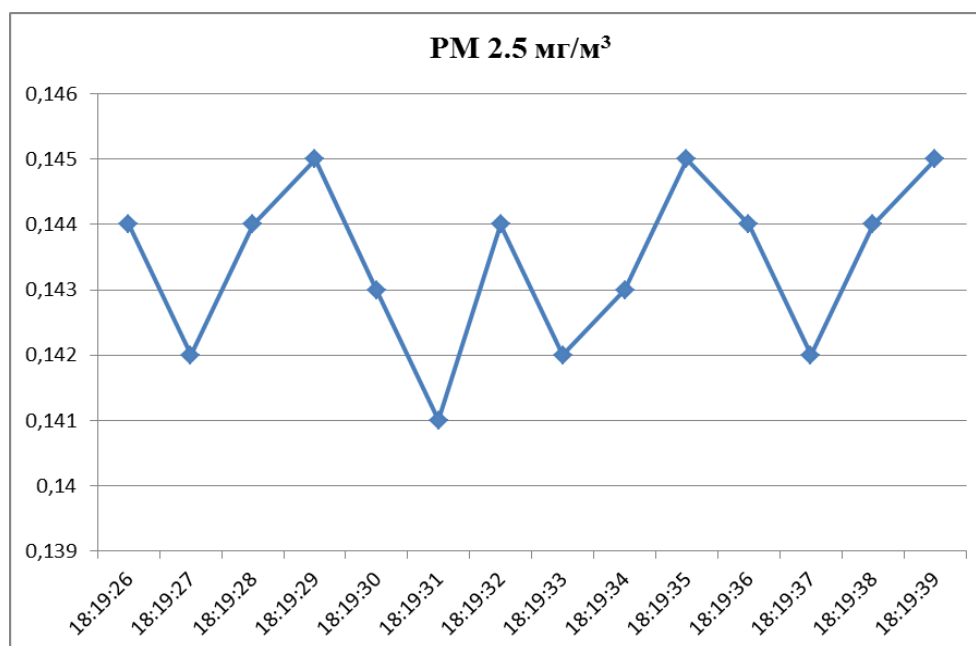


Рисунок 9 – График изменения концентрации ультрадисперсных частиц в вечернее время. Пересечение Момышулы-Райымбека в вечернее время.

В таблице 3 приведен итоговый отчет результатов приведенных исследований по определению концентраций частиц размером 2,5 и 10 мкм.

Таблица 3 – Отчет по результатам мониторинга ультрадисперсных частиц PM 2.5 и PM 10 [15]

Места отбора проб	Размерность частиц	Концентрация		
		Фактическая	ПДК	Кратность превышения
Сейфуллина – Рыскулова	PM 2.5	0,135	0,035	3,85
	PM 10	0,196	0,06	3,26
Момышулы–Райымбека	PM 2.5	0,145	0,035	4,14
	PM 10	0,203	0,06	3,38

Анализ результатов экспериментальных исследований показал:

- разработанная АСМЭ позволяет производить наблюдения в режиме реального времени;
- значительное превышение концентраций частиц размером 2,5 и 10 мкм;
- результаты исследований, приведенные на рисунках 8, 9, показывают увеличение концентраций частиц размером 2,5 мкм в вечернее время.

Это подтверждает предположение авторов о значительном влиянии автотранспорта на экологию Алматы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Всемирная организация здравоохранения /<https://www.who.int/ru/>
- [2] Герасимов И.Л. Научные основы современного мониторинга окружающей среды. – Изв. АН СССР. Сер. Геогр., 1975, N3, с. 13-25.
- [3] Положение об организации и осуществлении государственного мониторинга окружающей среды (государственного экологического мониторинга): Утв. постановлением Правительства РФ от 31.03.2003 № 177.- П. 1)
- [4]https://tengrinews.kz/zakon/pravительство_respubliki_kazahstan_premier_ministr_rk/ohrana_okrujayu_schey_sredyi/id-V1800017543/ - Правила ведения автоматизированной системы мониторинга эмиссии 2018 г.
- [5] Экологический Кодекс Республики Казахстан – с изменениями и дополнениями по состоянию на 26.12.2019.
- [6] Горелик Д. О., Конопелько Л. А. Мониторинг загрязнения атмосферы и источников выбросов. // Аэроаналитические измерения. – М.: Изд-во. Стандартов, 1992.
- [7] D. He, X. Fan and D. Chai, "On-line control strategy of fresh air to meet the requirement of IAQ in office buildings," in Proc. IEEE Conf. on Industrial Electronics and Applications, Taichung, Taiwan, pp. 845-848, June 2010.
- [8] V. Mayalarp, N. Limpaswadpaisarn, T. Poombansao, and S. Kittipiyakul, "Wireless mesh networking with XBee," in 2nd ECTI-Conference on Application Research and Development (ECTI-CARD 2010), Pattaya, Chonburi, Thailand, 10-12 May 2010
- [9] Developing a monitoring project. /McDonald Lee H.//J. Soil & Water Conserv. 1994 N3 с.221-227. РЖ72 "Охрана природы и воспроизводство природных ресурсов", N2,1996
- [10] Won-Suk Jang, William M. Healy, Mirosław J. Skibniewski, "Wireless sensor networks as a part of a web-based building environmental monitoring system", Automation in Construction Volume 17, Issue 6, August 2008, Pages 729-736.
- [11] K.M. Wallingford, "NIOSH Indoor Air Quality Investigations in Office Buildings," in "Industrial Hygiene News Report," Vol. 29 no. 11, Lake San Marcos, Calif., Nov. 1986.
- [12] Christopher McLean and Dave Wolfe, "Intelligent Wireless Condition-Based Maintenance," Sensors, June 2002, p 16.
- [13] O. Postolache, M. Pereira and P. Girao, "Smart Sensor Network for Air Quality Monitoring Applications", Proc. of Instrumentation and Measurement Technology Conference, pp. 537- 542, May 2005.

[14] Атмосферная термография для целей защиты окружающей среды. Aerial Thermography in the protection of environment: [Pap] Workshop Adv. Infrared Technol.&App. Cesa Inalaprte-Capry Sept. 19-20 1995/ Lubecki A./Atti Fond. G.Ponchi.1996. N1-2,с. 325- 337. РЖ-32 "Метрология и измерительная техника". N12, 1996.

[15] Галанский Б.Л., Поляков В.И. Информационные системы. - Томск: Изд-во ТГУД989. – 155 с.

[16] Санатова Т.С., Абикенова А.А., Сагытаева К.А., Умбетали Ш.М., Хамза Ш.С Информационные системы наблюдения за параметрами окружающей среды. – Вестник Алматинского университета энергетики и связи. №4 (3) 43. Алматы: АУЭС, 2018 – С.45-53.

ЗАМАНАУИ ТЕХНОЛОГИЯЛАРДЫ ПАЙДАЛАНА ОТЫРЫП АТМОСФЕРАЛЫҚ АУА САПАСЫН БАҚЫЛАУ ЖҮЙЕСІН ӘЗІРЛЕУ

Т. С. Санатова, Ә.А. Абикенова, Қ.Ә. Сагытаева

«Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті» КеАҚ

Аңдатпа. Мақала атмосфералық ауаның жағдайын болжау әдістемесін жетілдіруге арналған. Жұмыстың мақсатын таңдау атмосфералық ауаның жай-күйі туралы ақпарат сапасына қойылатын талаптардың артуымен байланысты. Ол үшін атмосфералық ауа мониторингінің қолданыстағы әдістемелерін жетілдіру қажет. Жұмыста әзірленген мониторинг жүйесін практикалық тұрғыдан іске асырудың мысалы сипатталған. Тасымалды аспаптар мен сынама алғыштарды пайдаланбай, автоматтандырылған режимде қоршаған ортаның жай-күйіне бақылау жүргізуге мүмкіндік беретін интернет желісі арқылы қашықтықтан басқару бағдарламасы әзірленді.

Жүйені іске асыратын және оған заманауи бағдарламалар пакеттерін пайдалана отырып, Интернет арқылы тиімді қашықтықтан қол жеткізуді қамтамасыз етуге мүмкіндік беретін бағдарламалар құрылды, бұл бағдарламалық-аппараттық платформаға қарамастан мониторинг жүйесінің тиімді жұмыс істеуін қамтамасыз етуге мүмкіндік береді.

Түйін сөздер: экологиялық мониторингтің автоматтандырылған жүйесі, қоршаған ортаның ластануы, ластану көздерінің шығарындылары, экологиялық қауіпсіздік жүйесі, атмосфералық ауаның сапасын бағалау.

DEVELOPMENT OF AN ATMOSPHERIC AIR QUALITY CONTROL SYSTEM USING MODERN TECHNOLOGIES

T.S. Sanatova, A.A. Abikenova, K.A. Sagitaeva

Non-profit JSC "Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named after Gumarbek Daukeev"

Annotation The improvement of the method for predicting the state of atmospheric air is described in the article. The choice of the purpose of the work is associated with the strengthening of requirements for the quality of information on the state of atmospheric air. Modernization of existing methods for monitoring atmospheric air should be carried out for this. An example of the practical implementation of the developed monitoring system was described in the article. A remote administration program via the Internet, which allows monitoring the state of the environment in an automated mode, without the use of portable instruments and samplers, has been developed. Programs that implement the system and provide effective remote access to it via the Internet using modern software packages have been created. This makes it possible to ensure the effective functioning of the monitoring system, regardless of the software and hardware platform.

Keyword: automated environmental monitoring system, environmental pollution, emissions of pollution sources, environmental safety system, assessment of atmospheric air quality.



АВТОМАТИКА, ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И КИБЕРБЕЗОПАСНОСТЬ

МРПТИ 50.43.19

DEVELOPMENT OF METHOD FOR CONTROLLING THE LIQUID PRESSURE VALUE IN THE MAIN PIPELINE IN THE PRESENCE OF GAS- AIR INCLUSIONS

N.V. Syabina*, L.K. Ibrayeva

Non-profit JSC “Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named after Gumarbek Daukeyev”, Almaty, Kazakhstan
e-mail: n.syabina@aues.kz

Annotation. The issues of developing a method for controlling pressure in a pipeline laid over rough terrain, and the results of experimental studies on a physical layout has been presented in the article. Existing methods for controlling the parameters of main pipelines with pronounced complications such as leaks, water and gas-air inclusions, waxing, etc., often use an estimation of the amplitude of pressure oscillations, and due to the fuzzy characteristics of the object, they give a significant error in flow control. In the developed method, an option to controlling the pipeline productivity by fixing self-oscillations of pressure of different frequencies is proposed. According to the formed control algorithm, pressure oscillations of high and low frequencies are passed through the structural elements of the functional block-diagram and form a signal for changing the pressure of the working fluid. The proposed method also considers the features of the physical structure of the flow.

In addition, the results of estimation of the quality indicator of the control system, as well as a preliminary calculation of the economic effect when using the method has been presented in the article.

Keywords: control method, main pipeline, gas-air inclusions, fluid pressure, rough terrain, frequency self-oscillations, physical experiments.

Introduction

Currently, there are serious requirements for the reliability of pipeline systems that transport oil and petroleum products over long distances in large volumes. When transporting the product through long-distance pipelines, additional difficulties are identified related to the physical properties of the working flow, terrain features, pumping modes (temperature and pressure gradient, flow rate, etc.), as well as changes in the flow structure [1-7]. In addition, the formation of in-pipe inclusions (gas-air and water accumulations, wax deposits) and the occurrence of leaks of different volumes leads to a decrease in pipeline productivity [8-12].

A serious problem is the accumulation of gas in the main pipelines, which reduce the working cross-section of the pipes, increase the hydraulic resistance of the liquid and reduce the throughput capacity of the pipeline to 40-70 % [13]. As a result, the transportation time of the same volume of oil increases and, consequently, the cost of the product increases.

In order to prevent a break in the flow continuity at the inflection point during transportation, in [1] the authors recommend maintaining a pressure at the end point that would provide a head margin of 10 m. In [10], it is proposed to establish a "safety gap" determined by the pressure value of 2 kgf /cm² by increasing the pumping pressure by 10-15 %. However, the proposed solution is not always acceptable, because when transporting highly viscous and high-solidifying oil overestimation of these parameters leads to an increase in energy consumption and cost of product.

Reducing gas-air inclusions in places where they accumulate can be achieved by increasing the liquid pressure P within reasonable limits, since the use of large values of P can lead to undesirable results (increased energy consumption, the need to increase the safety margin of mechanical equipment, increase the probability of accidents). In this regard, it is necessary to monitor the presence and volume of gas-air inclusions. It is not advisable to reduce the volume of gas-air inclusions during transportation by increasing the pressure P in the pipeline, since in this case the overall reliability of the pipeline and the efficiency of liquid pumping may be reduced.

Various authors suggest different ways to control the parameters of an extended pipeline and control the flow of a fluid medium. In [14] to control the parameters, it is proposed to excite electromagnetic waves at both ends of the pipeline, receive them after interaction with the medium, and compare the results obtained with the parameters recorded during the obviously normal operation mode. After that, the coordinates of the gas-air components and their volume are determined, on the basis of which the operating parameters are further controlled.

In [15] an acoustic sensor is installed directly on the production pipe and the acoustic characteristic of the fluid flow is determined, then, by means of the controller, the fluid flow mode is determined, on the basis of which the operating parameters are controlled. Existing methods for controlling the flow of a fluid medium do not take into account the ambiguity of the object's characteristics, namely: changes in the shape of the flow of the working medium during transportation, different modes of fluid flow in pipeline sections with different profiles, acoustic noise interference and heterogeneity of the signal spectrum. In this regard, sufficient management efficiency is not provided.

Thus, the task of controlling the flow of fluid in the presence of gas-air inclusions and maintaining a certain mode of fluid flow in pipelines laid over rough terrain is very relevant for the operation of oil trunk pipelines.

Methods

Various studies of the pressure P behavior have shown that pressure fluctuations can be observed at any point in the pipeline section. Figure 1 shows one of the possible profiles of a section of the pipeline route considered in these studies. The profile includes 4 pass points, the change in fluid pressure along the length of the pipeline is shown, considering the changes in pressure due to losses. Stable fluid movement is provided by the pressures at these pass points ΔP_i .

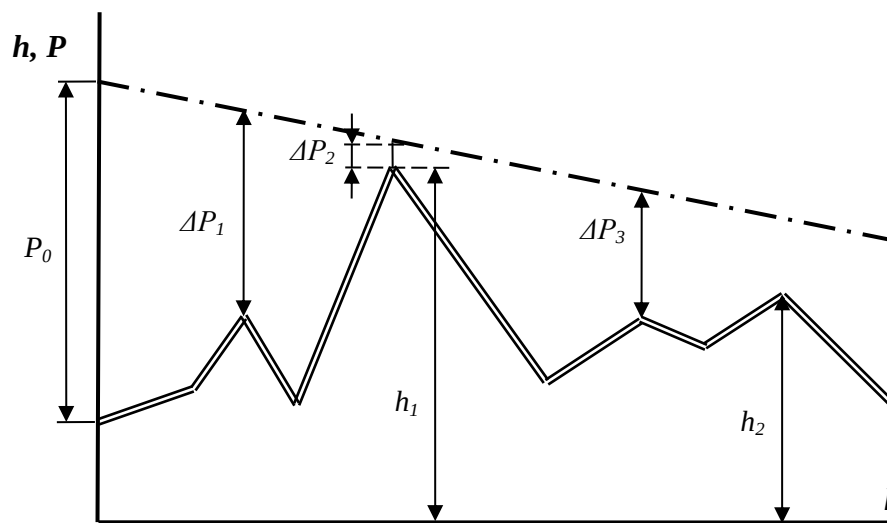


Figure 1 - Track profile

The proposed pressure control system solves the problem of providing a change in the P_0 value, considering the necessary reserve of ΔP for the maximum height of each section of the track.

Previous studies have shown that self-oscillations of the liquid at the highest point of the route cause forced pressure fluctuations P along the entire length of the section [16]. Due to the fact that forced pressure fluctuations capture self-oscillations of lower heights, the pressure sensor will only register the highest frequency. The presence of this frequency indicates the presence of air in the pipeline. It is easiest to measure the frequency of self-oscillations of pressure at each oil-pumping station of the site. To track the frequency of self-oscillation of pressure, it is better to perform measurements at each oil-pumping station of the site. Quality indicators of control system are determined from solving the problem of minimizing the following functional:

$$J = Q^2 - 2Q\varphi P + (\varphi^2 + \psi^2)P^2 \rightarrow \min, \quad (1)$$

where φ is the coefficient of influence of the pressure value on the amount of air in the pipe, ψ – the coefficient of influence of the pressure value on efficiency, Q – the pump productivity, P – system pressure. The minimization problem is solved by equating to zero the derivative of the functional (1) with respect to the variable P . The solution has the form:

$$P = \frac{2Q\varphi}{2(\varphi^2 + \psi^2)} = \frac{1}{\varphi\left(1 + \frac{\psi^2}{\varphi^2}\right)} Q. \quad (2)$$

At the same time the sensitivity of the quality indicator J to changes in pressure P is determined by the expression:

$$\frac{\partial J}{\partial P} = 2(\varphi^2 + \psi^2)P - 2Q\varphi. \quad (3)$$

Thus, when the values of φ and ψ for a given pipeline are constant, the pressure P must be set to ensure a minimum value of J .

Previous studies [17, 18] have shown that the volume of gas-air inclusions in the pipeline has a significant effect on the frequency of pressure self-oscillations ω and the amplitude of self-oscillations a . Even minor changes in the pipeline structure (for example, changes in the position of valves), the occurrence of hydraulic losses and, as a result, changes in the transport speed as a result of in-pipe formations (for example, leaks, waxing, gas and water accumulations) lead to a change in the transmission coefficient of the open system of the real control object. As a result, the amplitude of oscillations within the limits of the limiting pressure will change depending on the parameters of the linear part of the object according to an inversely proportional law [17]. At the same time, the accuracy of information about the influence of gas-air inclusions may significantly decrease due to interference in the pressure signal and introduce errors in the control process.

If the flow structure of the working flow changes, it can be argued that the frequency of limit cycle oscillations will also change. Moreover, the physical properties of the liquid have less influence on the value of the ω_n located at the stability boundary than the structure of the two-phase fluid flow. In addition, the existence of the two most probably flow structures (cork-dispersed and film-dispersed) limits the number of discrete frequencies. It should be noted that the resulting noises effect on the frequency determination to a lesser extent than on the amplitude of self-oscillations

Based on the results of research [17], we can draw the following conclusions about the mutual influence of the level of self-oscillations frequency and the volume of air in the pipe:

- a) at a significant air concentration, there are high-frequency oscillations in the liquid pressure, which corresponds to the cork structure of the flow;
- b) when the air concentration is low, low-frequency oscillations in the liquid pressure occur, which corresponds to a large flow dispersion;
- c) if there is no air in the pipe, pressure fluctuations will not be detected.

For liquid transportation, the third option is most preferable, but its existence in real conditions is complex terrain is impossible.

Since the minimization problem (1) requires an unambiguous signal, and there is always some volume of air in the pipeline, it makes sense to use low-frequency self-oscillations as such a signal.

Results and discussion

In the proposed method for controlling the value of liquid pressure in the presence of a gas-air component in the pipeline, the parameters of the working flow are determined and, depending on their deviation from the set values, the liquid pressure changes. The pressure change must be made simultaneously with the recording of the presence or absence of undamped oscillations in the liquid pressure ω_1 and ω_2 until the lower of the frequencies ω_1 is registered.

In this case, it is necessary to set the maximum allowable values of the fluid pressure in the pipeline area, and the fluid pressure should be controlled by changing the pump capacity. Pressure control is performed by selecting the self-oscillation frequencies ω_1 and ω_2 and then changing the pressure to the level of the frequency ω_1 .

Consider the algorithm for controlling the pressure of the working fluid in the pipeline:

- 1) verification the presence or absence of undamped pressure oscillations of the working liquid of two frequencies ω_1 and ω_2 ;
- 2) in the absence of self-oscillation with frequencies ω_1 and ω_2 , reduce the fluid pressure;
- 3) if there are self-oscillations of a higher frequency ω_2 , increase the fluid pressure.

When the pressure is high or there is no air in the pipeline, there are no pressure oscillations with the frequencies ω_1 and ω_2 .

The functional diagram of pressure control in the pipeline, shown in Figure 2, explains the proposed method.

The filters F1 and F2 shown in Figure 2 are pre-configured for the frequencies ω_1 and ω_2 , respectively. First, the signal from the pressure sensor S installed at the starting point of the pipeline section is simultaneously fed to the narrow-band filters F1 and F2.

The received signal is compared with the values set on the filters F1 and F2. If there are significant air accumulations in the pipeline, then on the output of one of the filters (F1 or F2) the oscillations with a frequency of ω_1 or ω_2 respectively occur. In this case, the output of the other filter will not register oscillations. Then the signal is sent to the corresponding detector (D1 or D2) and, after smoothing, to the corresponding fixing device (FD1 or FD2). If there is a large accumulation of air in the system, then oscillations with a frequency of ω_2 will be registered at the output of the F2 filter. Then the signal from the FD2 fixing device will be sent to the OR-NOT logic element and simultaneously to the first input of the controller-integrator R1. This allows to increase the pump productivity setting signal, since the signal from the output of the OR-NOT logic element entering to the second input of the R1 controller will be equal to 0. Then the signal will be sent to the pump P1, which will increase its productivity and increase the liquid pressure. Consequently, the self-oscillations of the higher frequency ω_2 will disappear, and the signal from the output of the fixing device FD2 will become zero.

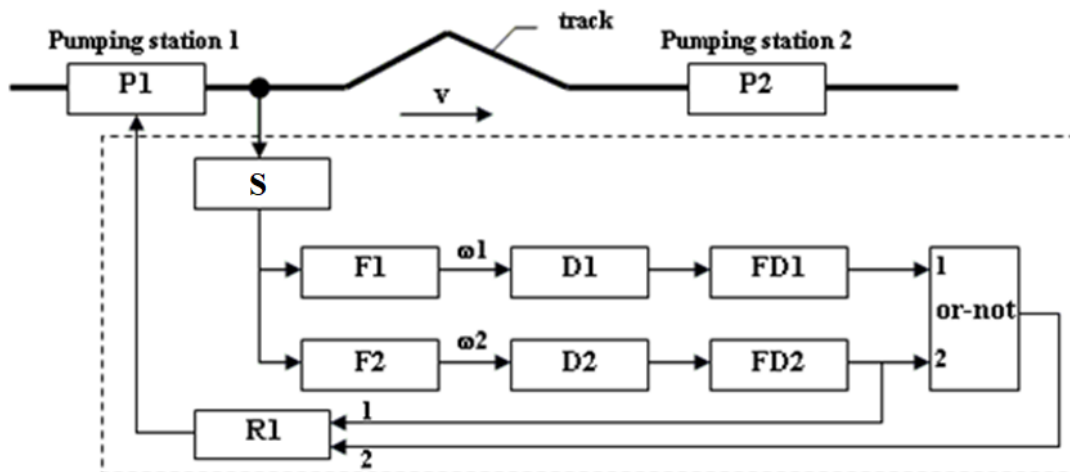


Figure 2 - Functional block-diagram of pressure control for pipeline transport system:
P1, P2 - pumps 1, 2; S - pressure sensor; F1, F2 - filters 1, 2, tuned to the frequencies of ω_1 and ω_2 ;
D1, D2 - detectors 1, 2; FD1, FD2 - fixing devices 1, 2; RI - regulator-integrator; OR-NOT - logical element; v – direction of fluid movement.

Increasing the pressure of the working fluid will force air out of the pipeline, resulting in pressure oscillations of a lower frequency ω_1 . The new signal will be detected by the filter F1, and then through the detector D1 and the smoothing filter will be sent to the fixing device FD1. After that, the OR-NOT logic element will simultaneously receive two signals: a signal from the fixing device FD1 with level "1" and a signal from the fixing device FD2 with level "0". Since the "0" signal remains at the output of the OR-NOT element, the controller will remember the previous output level, and the pump productivity will not change. If there are no air inclusions or there is high pressure in the pipeline, the filters F1 and F2 will not register the values of the frequencies ω_1 and ω_2 . Respectively, the detectors D1 and D2 and the fixing devices FD1 and FD2 will receive zero signals. In this case, the output signal of the logic element equal to "1" will go to the second input of the controller and reduce the pressure in the pipeline. The normal operation mode will be maintained as long as low-frequency self-oscillations with the level of ω_1 are registered in the system.

Studies of the occurrence of self-oscillations and pressure control were carried out on a physical model of the pipeline located in the laboratory of the "Automation and Control" Department of Almaty University of Power Engineering and Communications named after Gumarbek Dukeev (Figure 3).

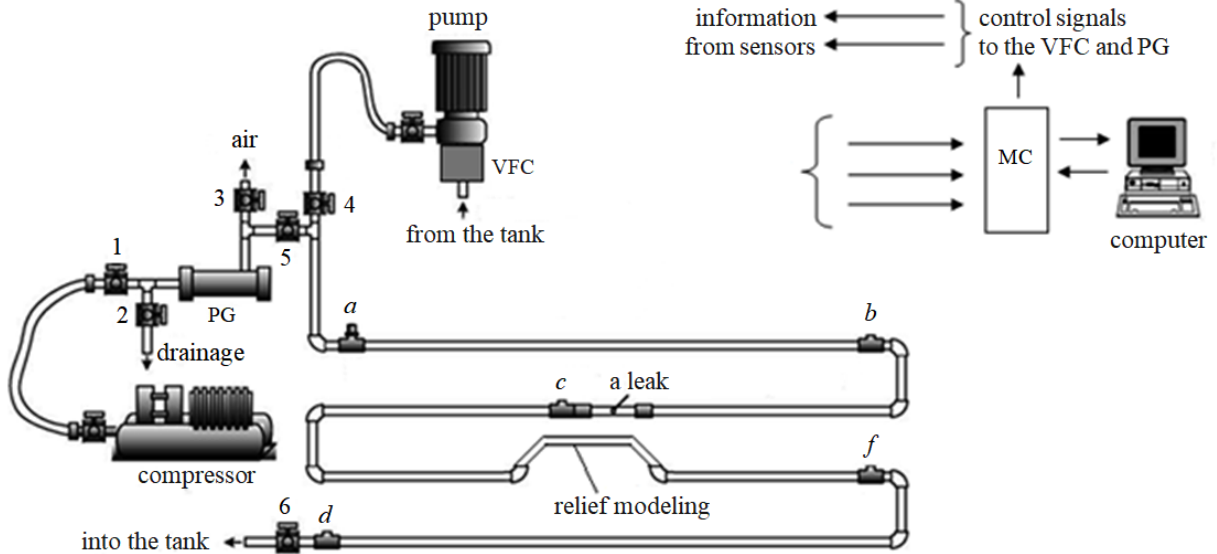


Figure 3 – Installation flow chart:

1-6 - cranes; a, b, d, f - sensor installation locations; PG – pulse generator;
MC – microcontroller; VFC - variable frequency converter

The physical stand simulates a complex relief – a section of pipeline laid over rough terrain. Several pressure sensors (differential pressure gauges) are installed on the stand. A frequency converter is used to control the operation of the motor. The freely programmable controller allows changing the frequency of sensor survey, as well as connecting additional equipment. The pipeline parameters measured by the sensors are displayed using the software installed on the computer connected to the physical stand.

Water is used as the working fluid. In the future, recalculation is performed for oil as a liquid using the physical similarity theory. Alternating supply of water and air under pressure allows simulating gas-air accumulations in the pipe.

The results of one of the experiments are shown in Figure 4.

Fragment I of the graph shows that there are no oscillations at the frequencies ω_1 and ω_2 . This is due to the fact that there is no air in the working flow.

Fragment II of the graph shows self-oscillations of the frequency ω_2 , which corresponds to the injection of air during the experiment and a significant increase in its amount in the pipeline.

Fragment III corresponds to low-frequency pressure oscillations ω_1 , which occur when the volume of air in the pipe decreases. Self-oscillations of pressure consider the physical parameters of the pipeline, and pressure regulation provides a minimum controlled air level. This increases the accuracy of controlling the flow of liquid in the pipeline.

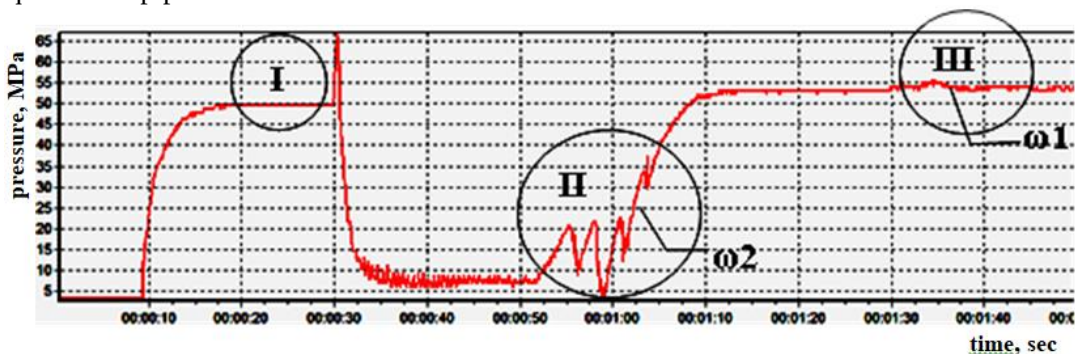


Figure 4 - Pressure changing diagram

Experimental data obtained using a physical model confirmed the results previously obtained using a mathematical model implemented in MatLab [18].

The economic effect of using the method. A feature of pumping oil through a pipeline laid over rough terrain is the control of the state of gas-air accumulations in elevated sections of the route and the need to displace them by increasing the pump productivity. This inevitably leads to an increase in operating costs for electricity, which can be estimated using the following formula:

$$E = CQL \quad (4)$$

where E is the total operating costs; C is the cost of pumping; Q is the pipeline capacity; L is the length of the pipeline. At the same time, the cost of electricity is 40-60% of the total operating costs.

If L is a constant value, then according to (4) the cost of electricity will be:

- for a pipeline that does not have gas-air inclusions along its entire length

$$E_{el1} = (0.4 \div 0.6)C_1Q_1L;$$

- for the pipeline, in the presence of gas-air inclusions, respectively

$$E_{el2} = (0.4 \div 0.6)C_2Q_2L.$$

If gas-air inclusions reduce the pipeline capacity by 30%, we can assume that

$$Q_2 = 0.7Q_1.$$

Therefore

$$\frac{E_{el1}}{E_{el2}} = \frac{C_1Q_1}{0.7C_2Q_1},$$

$$E_{el1} = 1.43E_{el2} \frac{C_1}{C_2}. \quad (5)$$

In expression (5), the ratio of the pumping cost can be

$$\frac{C_1}{C_2} \leq 1.$$

From the above calculations it is seen that in the presence of gas accumulations the reducing the capacity of the pipeline up to 70% will increase energy costs up to 43% while maintaining the cost of pumping.

Conclusion

Thus, to solve the problem of minimizing the control quality indicator J , it is necessary to maintain the pressure value P in proportion to the air volume Q in real time. As a signal, it makes sense to use low-frequency self-oscillations of the liquid pressure in the pipeline.

The developed methodology for studying the issues of controlling the value of liquid pressure in the presence of gas-air components in a pipeline passing over rough terrain includes fixing the parameters of liquid transportation and changing the liquid pressure as a function of deviation from the specified parameter values. Its distinctive feature is that the presence or absence of self-oscillations of two different frequencies ω_1 and ω_2 of the liquid pressure is simultaneously recorded as parameters of liquid transportation, and the pressure change is carried out until the lower of the specified frequencies ω_1 is fixed. Increasing the accuracy of fluid flow control in the pipeline is achieved due to the fact that pressure self-oscillations considers the actual physical parameters of the pipeline, and the control of the pressure value as a function of the self-oscillation frequency provides a minimum controlled level of air inclusions. Experiments fulfilled on the physical stand of the pipeline confirm that the above method in combination with the previously developed pipeline model [18], which consider of the terrain relief and the presence of in-pipe inclusions, will increase the efficiency of operation of main oil pipelines and reduce energy consumption by up to 43%.

LIST OF REFERENCES

- [1] Gusejnzade M. A., Drugina L. I., Petrova O. N., Stepanova M. F. *Gidrodinamicheskie processy v slozhnyh truboprovodnyh sistemah* [Hydrodynamic processes in complex pipeline systems]. M.: Nedra, 1991. 164 p. (in Russian).
- [2] Hongyang Ch., Xinwei L., Zhiming Ch., Xiaoliang Zh., Wenyan L., Peng D. Transient pressure analysis of a horizontal well with multiple, arbitrarily shaped horizontal fractures. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 2019, vol. 180, pp. 631-642, doi:10.1016/j.petrol.2019.06.003.
- [3] Kanin E.A., Osipov A.A., Vainshtein A.L., Burnaev E.V. A predictive model for steady-state multiphase pipe flow: Machine learning on lab data. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 2019, vol. 180, pp. 727-746, doi: 10.1016/j.petrol.2019.05.055.
- [4] Kok M.V., Saracoglu R.O. Mathematical modelling of wax deposition in crude oil pipelines (comparative study). *Journal Petroleum Science and Technology*, 2000, vol. 18, no 9-10, pp. 1121-1145, doi: 10.1080/10916460008949895.
- [5] Zhang J., Xu J.-Y., Chen X.-P. A Study on Flow Characteristics of Heavy Crude Oil for Pipeline Transportation. *Journal Petroleum Science and Technology*, 2015, vol. 33, no 13-14, pp. 1425-1433. doi: 10.1080/10916466.2015.1070175.
- [6] Zhang Y., Gong J., Wu H. An Experimental Study on Wax Deposition of Water in Waxy Crude Oil Emulsions. *Petroleum Science and Technology*, 2010, vol. 28, no 16, pp. 1653-1664, doi: 10.1080/10916460903096822.
- [7] Chu Zh.-Q., Sasanipour J., Saeedi M., Baghban A., Mansoori H. Modeling of wax deposition produced in the pipelines using PSO-ANFIS approach. *Petroleum Science and Technology*, 2017, vol. 35, no 20, pp. 1974-1981, doi: 10.1080/10916466.2017.1374405.
- [8] Obanijesu E. O., Omidiora E. O. Artificial Neural Network's Prediction of Wax Deposition Potential of Nigerian Crude Oil for Pipeline Safety. *Journal Petroleum Science and Technology*, 2008, vol. 26, no 16, pp. 1977-1991, doi: 10.1080/10916460701399485.
- [9] Cao Q., Nastac L. Numerical modelling of the transport and removal of inclusions in an industrial gas-stirred ladle. *Ironmaking & Steelmaking*, 2018, vol. 45, no 10, pp. 984-991, doi: 10.1080 / 03019233.2018.1426697.
- [10] Nechval' A.M. *Dinamika obrazovaniya gazovyh skoplenij v truboprovodah i ih udalenie potokom perekachivaemoj zhidkosti*. Diss. Dokt. Tekhn. Nauk [The dynamics of the formation of gas accumulations in pipelines and their removal by the flow of the pumped liquid. Dr. tech. sci. diss.]. Ufa, 1991, 206 p. (in Russian).
- [11] Kutukov S. E., Bahtizin R. N., Shammazov A. M. *Ocenka vliyaniya gazovogo skopleniya na harakteristiku truboprovoda* [Evaluation of the effect of gas concentration on characteristics of pipeline] *Neftegazovoe delo - Oil and gas business*, Ufa: State Technical University, 2003, vol 1, pp. 1-11 (in Russian).
- [12] Bazhaikin S.G., Husainov R.R., Muhametshin G.R. *Eksperimental'nye issledovaniya transporta gazozhidkostnyh smesey po promyslovym truboprovodam* [Experimental research of gas and liquid mixtures transport in production pipelines] *Nauka i tekhnologii truboprovodnogo transporta nefti i nefteproduktov - Oil & Oil products pipeline transportation: science & technologies*, 2016, no 6(26), pp. 88-90 (in Russian).
- [13] Kutukov S.E. *Gidrodinamicheskie usloviya sushchestvovaniya gazovyh skoplenij v truboprovodah* [Hydrodynamic conditions for the existence of gas accumulations in pipelines] *Neftyanoe hozyajstvo - Oil industry*, 2002, no. 9, pp. 91-94 (in Russian).
- [14] Guzhavin G.G., Broslavac V.N., Semenov G.I., Guzhavina L.E. *Sposob kontrolya protyazhennogo truboprovoda, zapolnennogo zhidkim produktom s dielektricheskimi svojstvami* [A method for controlling an extended pipeline filled with a liquid product with dielectric properties]. Patent RF, no 2009476, 1994. - 3 p. (in Russian).
- [15] Bernett R.R., Karl F.G. ml., Sevedzh V.M., Vajngar H.Dzh. *Sposob ekspluatatsii gazliftnoj neftyanoy skvazhiny, gazliftnaya neftyanaya skvazhina i sposob upravleniya potokom mnogofaznoj tekuchej sredy v gazliftnoj neftyanoy skvazhine* [A method for operating a gas-lift oil well, a gas-lift oil well, and a method for controlling the flow of a multiphase fluid in a gas-lift oil well]. Patent RF, no 2256067, 2004. - 2 p. (in Russian).
- [16] Syabina N.V., Ibrayeva L.K. Modeling of the oil pipeline section with the change of the inclination angle to the horizon. - *Bulletin of the Almaty University of Power Engineering and Telecommunications*, no 4(39), 2017, pp. 26-32.

[17] Ibrayeva L.K., Syabina N.V. Kubyr zhelisindegi sujyktyktyn ornyktalghan periodty terbelisterinin pajda bolu zhagdaylaryn anyktau [Determination of the conditions of appearance of stable periodic oscillations of fluid pressure in pipeline] Vestnik AUES - Bulletin of the Almaty University of Power Engineering and Telecommunications, no 4(5) (43), 2018, pp.17-23 (in Kazakh).

[18] Syabina N.V., Ibrayeva L.K. The harmonic linearization coefficient determination. - Bulletin of the Almaty University of Power Engineering and Telecommunications, no 3 (42), 2018, pp.47-53.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1] Гусейнзаде М. А., Другина Л. И., Петрова О. Н., Степанова М. Ф. Гидродинамические процессы в сложных трубопроводных системах. М.: Недра, 1991.- 164 с.

[2] Hongyang Ch., Xinwei L., Zhiming Ch., Xiaoliang Zh., Wenyuan L., Peng D. Transient pressure analysis of a horizontal well with multiple, arbitrarily shaped horizontal fractures. Journal of Petroleum Science and Engineering, 2019, vol. 180, pp. 631-642, doi:10.1016/j.petrol.2019.06.003.

[3] Kanin E.A., Osipov A.A., Vainshtein A.L., Burnaev E.V. A predictive model for steady-state multiphase pipe flow: Machine learning on lab data. Journal of Petroleum Science and Engineering, 2019, vol. 180, pp. 727-746, doi: 10.1016/j.petrol.2019.05.055.

[4] Kok M.V., Saracoglu R.O. Mathematical modelling of wax deposition in crude oil pipelines (comparative study). Journal Petroleum Science and Technology, 2000, vol. 18, no 9-10, pp. 1121-1145, doi: 10.1080/10916460008949895.

[5] Zhang J., Xu J.-Y., Chen X.-P. A Study on Flow Characteristics of Heavy Crude Oil for Pipeline Transportation. Journal Petroleum Science and Technology, 2015, vol. 33, no 13-14, pp. 1425-1433. doi: 10.1080/10916466.2015.1070175.

[6] Zhang Y., Gong J., Wu H. An Experimental Study on Wax Deposition of Water in Waxy Crude Oil Emulsions. Petroleum Science and Technology, 2010, vol. 28, no 16, pp. 1653-1664, doi: 10.1080/10916460903096822.

[7] Chu Zh.-Q., Sasanipour J., Saeedi M., Baghban A., Mansoori H. Modeling of wax deposition produced in the pipelines using PSO-ANFIS approach. Petroleum Science and Technology, 2017, vol. 35, no 20, pp. 1974-1981, doi: 10.1080/10916466.2017.1374405.

[8] Obanijesu E. O., Omidiora E. O. Artificial Neural Network's Prediction of Wax Deposition Potential of Nigerian Crude Oil for Pipeline Safety. Journal Petroleum Science and Technology, 2008, vol. 26, no 16, pp. 1977-1991, doi: 10.1080/10916460701399485.

[9] Cao Q., Nastac L. Numerical modelling of the transport and removal of inclusions in an industrial gas-stirred ladle. Ironmaking & Steelmaking, 2018, vol. 45, no 10, pp. 984-991, doi: 10.1080 / 03019233.2018.1426697.

[10] Нечваль А.М. Динамика образования газовых скоплений в трубопроводах и их удаление потоком перекачиваемой жидкости: диссерт. канд. техн. наук. – Уфа, 1991. – 206 с.

[11] Кутуков С. Е., Бахтизин Р. Н., Шаммазов А. М. Оценка влияния газового скопления на характеристику трубопровода // Нефтегазовое дело. – Уфа: УГНТУ, 2003. – Т.1. – С. 1-11.

[12] Бажайкин С. Г., Хусаинов Р. Р., Мухаметшин Г. Р. Экспериментальные исследования транспорта газожидкостных смесей по промысловым трубопроводам. - Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов, №6 (26), 2016, С. 88-90.

[13] Кутуков С. Е. Гидродинамические условия существования газовых скоплений в трубопроводах // Нефтяное хозяйство. – М.: ЗАО «Издательство «Нефтяное хозяйство», 2002. - № 9. - С. 91-94.

[14] Гужавин Г.Г., Брославец В.Н., Семенов Г.И., Гужавина Л.Е. Способ контроля протяженного трубопровода, заполненного жидким продуктом с диэлектрическими свойствами. Патент РФ № 2009476 РФ, 1994. – 3 с.

[15] Бернетт Р.Р., Карл Ф.Г. мл., Севедж В.М., Вайнгар Х.Дж. Способ эксплуатации газлифтной нефтяной скважины, газлифтная нефтяная скважина и способ управления потоком многофазной текучей среды в газлифтной нефтяной скважине. Патент РФ № 2256067, 2004. – 2 с.

[16] Syabina N.V., Ibrayeva L.K. Modeling of the oil pipeline section with the change of the inclination angle to the horizon. - Вестник АУЭС, №. 4(39), 2017, с. 26-32.

[17] Ибраева Л.К., Сябина Н.В. Құбыр желісіндегі сұйықтықтың орнықталған периодты тербелістерінің пайда болу жағдайларын анықтау. - Вестник АУЭС, №4 (5) (43), 2018, с.17-23.

[18] Syabina N.V., Ibrayeva L.K. The harmonic linearization coefficient determination. - Вестник АУЭС, № 3 (42), 2018, с.47-53.

ГАЗ-АУА ҚОСЫНДЫЛАРЫ БОЛҒАН КЕЗДЕ МАГИСТРАЛЬДЫҚ ҚҰБЫРДАҒЫ СҰЙЫҚТЫҚ ҚЫСЫМЫНЫҢ ШАМАСЫН БАСҚАРУ ӘДІСІН ӘЗІРЛЕУ

Н.В. Сябина*, Л.К. Ибраева

«Ғұмарбек Даукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті» КеАҚ, Алматы қ.,
Қазақстан
E-mail: n.syabina@aues.kz

Аңдатпа. Мақалада ойлы-қырлы жерге төселген құбырдағы қысымды басқару әдісін әзірлеу мәселелері және физикалық орналасудағы тәжірибелік зерттеулердің нәтижелері келтірілген. Ағып кету, су және газ-ауа қосылыстары, парафинизация және т.б. айқын асқынулары бар магистральдық құбырлардың параметрлерін бақылаудың қолданыстағы әдістері қысымның ауытқу амплитудасын бағалауды жиі қолданады, ал нысанның сипаттамаларының анық болмауына байланысты олар ағынды басқаруда айтарлықтай қателік береді. Әзірленген әдісте әртүрлі жиіліктегі қысымның автотербелістерін тіркеу арқылы құбырдың жұмысын реттеу нұсқасы ұсынылған. Қалыптасқан басқару алгоритмі бойынша жоғары және төмен жиіліктегі қысымның ауытқуы сұлбаның құрылымдық элементтері арқылы өтеді және жұмыс сұйықтығының қысымының өзгеруі туралы сигнал жасайды. Ұсынылған әдіс ағынның физикалық құрылымының ерекшеліктерін де ескереді.

Сонымен қатар, мақалада басқару жүйесінің сапа көрсеткішін бағалау нәтижелері, сондай-ақ, әдісті қолдану кезіндегі экономикалық тиімділікті алдын-ала есептеу келтірілген.

Түйін сөздер: басқару әдісі, магистралды құбыр, газ-ауа қосындылар, ағынды ортаның қысымы, ойлы-қырлы жер, жиіліктің автотербелістері, физикалық тәжірибелер.

РАЗРАБОТКА МЕТОДА УПРАВЛЕНИЯ ВЕЛИЧИНОЙ ДАВЛЕНИЯ ЖИДКОСТИ В МАГИСТРАЛЬНОМ ТРУБОПРОВОДЕ ПРИ НАЛИЧИИ ГАЗОВОЗДУШНЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ

Н.В. Сябина*, Л.К. Ибраева

НАО «Алматинский университет энергетики и связи имени Гумарбека Даукеева», г. Алматы,
Казахстан
E-mail: n.syabina@aues.kz

Аннотация. В статье представлены вопросы разработки способа управления давлением в трубопроводе, проложенном по пересеченной местности, и результаты экспериментальных исследований на физическом макете. Существующие способы контроля параметров магистральных трубопроводов с выраженными осложнениями, такими как утечки, водные и газовоздушные включения, парафинизация и т.п., часто используют оценку амплитуды колебаний давления, а из-за нечеткости характеристик объекта дают существенную погрешность при управлении потоком. В разработанном способе предложен вариант регулирования производительности трубопровода за счет фиксации автоколебаний давления разных частот. По сформированному алгоритму управления колебания давления высокой и низкой частот пропускаются через структурные элементы схемы и формируют сигнал на изменение давления рабочей жидкости. Предлагаемый способ также учитывает особенности физической структуры потока.

Кроме того, в работе приводятся результаты оценки показателя качества системы управления, а также предварительный расчет экономического эффекта при использовании способа.

Ключевые слова: метод управления, магистральный трубопровод, газовоздушные включения, давление текучей среды, пересеченная местность, автоколебания частоты, физические эксперименты.



АВТОМАТИКА, ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И КИБЕРБЕЗОПАСНОСТЬ

УДК 004.93`12

Ж.Х. Спабекова, С.Ұ. Алмерек*, Н.Б. Бердіқұл, Б.Е. Туркестан

әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті, Алматы қаласы, Қазақстан

E-mail: sayatalmerek.94@gmail.com

OPENCV КОМПЬЮТЕРЛІК КІТАПХАНАСЫН ПАЙДАЛАНА ОТЫРЫП ЖОЛ БЕЛГІЛЕРІН ТАҢУ

***Аңдатпа.** Бұл мақалада түрлі-түсті суреттегі тіктөртбұрыш ретінде ақпараттық трафик белгілерін анықтау әдісі ұсынылды. Әр түрлі себептерге байланысты жүргізушілер кейде жол жиегінде тұрған жол белгілерін байқамайды. Шамадан тыс шаршау, алаңдататын дыбыс немесе терезе сыртындағы көрініс, ауа-райы жағдайлары немесе қарсы машинаның жарқыраған жарығы маңызды ақпарат беретін белгіні байқамай қалуға себеп боуы мүмкін. Мұндай жағдайдың алдын алу үшін жол белгісін танитын және жүргізушіге дыбыстық сигнал және машина экранында кескін түрінде хабарлайтын арнайы жүйе жасалды. Мұндай жүйелерге қойылатын негізгі талаптардың бірі - жол белгілерін тану. Маңызды ерекше жағдай - бұл ақпаратты және бағыттаушы белгілер мен қосымша ақпарат белгілерін тану. Мұндай тапсырманың күрделілігі мынада: алдымен белгі суреттен анықталуы керек, ал бұл түр үшін өлшемі мен арақатынасы бекітілмейді және берілген ақпарат көлеміне байланысты болады. Мысалы, мұндай белгі бірнеше мәтіндік жолдарды, бір ұзақ жолды, тіпті шағын жол картасын қамтуы мүмкін. Тәжірибе нәтижелері жол белгілерін анықтау жүйесінің тиімділігін растады.*

***Түйін сөздер:** жол белгілерін анықтау, жол белгілерін қадағалау, кескіндерді өңдеу, компьютерлік көру жүйесі.*

Соңғы 10 жылда жол белгілерін табу мәселесін көптеген елдердің ғалымдары шешті [1], [2], [3]. Бұл тапсырманың өзектілігі жол қауіпсіздігі мәселелеріне байланысты және алғашқы зерттеулер 30 жылдан астам уақыт бұрын пайда болған. Алайда, сол кездегі есептеу техникасының қуаты кадрларды қанағаттанарлық уақытта өңдеуге мүмкіндік бермеді. Сонымен қатар, цифрлық фотокамералар кескіннің жеткілікті мөлшерін қамтамасыз ете алмады.

Жыл сайын әлемде автомобильдер саны көбейеді, сонымен қатар жол-көлік оқиғалары да көбейеді. Осыған байланысты ақпаратты интеллектуалды өңдеу және шешім қабылдау үшін автомобиль жүйелеріне көбірек көңіл бөлінуде. Бүкіл әлемдегі инженерлер автомобильдер үшін көптеген белсенді қауіпсіздік жүйелерін әзірледі, мысалы ABS (тежегішке қарсы тежеу жүйесі), EBD (тежегіш күшін бөлу жүйесі), ESP (көлік құралын динамикалық тұрақтандыру жүйесі) және басқалары. Ең заманауи бірі - жол белгілері мен жол белгілерін тану жүйесі.

Жол белгілерін тану жүйесі жүргізушілерге жылдамдықты сақтау қажеттілігін ескертуге арналған. Бұл жүйе жылдамдықты шектейтін жол белгілерін өтіп бара жатқанда анықтайды және егер ол жылдамырақ жүрсе, жүргізушіге ағымдағы рұқсат етілген жылдамдықты еске салады [2].

Апаттардың көп бөлігі жылдамдықты бұзу деп саналатындықтан, автокөлік шығаратын компаниялардың инженерлері бұл мәселені жоюға бет бұрды. Ол үшін машинада таңбаларды тану жүйесі орнатылған. Оның негізгі функциялары:

- жол белгілері туралы ақпаратты анықтау және растау.
- деректер қорынан ақпаратты іздеу және драйверге хабарлау
- егер жылдамдық өзгермесе, жарық немесе дыбыстық сигнал арқылы ескерту.

Бейнекамера артқы көрініс айнасының артында орналасқан. Камера автомобиль алдында жол белгілері орналасқан аймақта (қозғалыс бағыты бойынша оң және жоғары) бос орын алып, суретті электрондық басқару блогына жібереді. Сондай-ақ, бейнекамераны басқа Белсенді қауіпсіздік жүйелері-жаяу жүргіншілерді анықтау жүйесі, жолақты қозғалысқа көмектесу жүйесі қолданады[3].

Электрондық басқару блогы келесі жұмыс алгоритмін орындайды:

- жол белгісінің формасын тану (дөңгелек форма);
- белгінің түсін тану (ақ түстегі Қызыл түс);
- жазуды тану (жылдамдық шамасы);
- ақпараттық тақтайшаны тану (көлік түрі, әрекет ету уақыты, әрекет ету аймағы);
- автомобильдің нақты жылдамдығын талдау;
- автомобиль жылдамдығын максималды рұқсат етілген жылдамдықпен салыстыру;
- ауытқу кезінде жүргізушіге визуалды және дыбыстық ескерту.

Жылдамдықты шектеу белгісі түріндегі сурет бақылау тақтасының экранында көрсетіледі (спидометрдің ішінде, кейбір модельдерде – әйнекте) және шектеу аяқталғанша немесе өзгергенше көрінеді. Жол белгілерін тану жүйесінің бірқатар конструкцияларында электрондық блок навигациялық жүйемен өзара іс-қимыл жасайды, атап айтқанда өз жұмысында навигациялық карталардан жылдамдықты шектеу белгілері туралы деректерді пайдаланады. Белгі бейнекамерамен анықталмаса да, ол туралы ақпарат бақылау тақтасында көрсетіледі[3].

Танудың негізгі кезеңдері төменде келтірілген:

- бейне сигнал жақтауларының түс кеңістігін түрлендіру;
- контурларды таңдау және шуды жою;
- қызығушылық объектілерін тексеру;
- жол белгісін сәйкестендіру.

Автокөліктерде қолданылатын жол белгілерін тану жүйелері типтік дизайнға ие, оған мыналар кіреді:

- бейнекамера;
- басқару блогы;
- экран

Статикалық тану тәсілі бірнеше кезеңдерді қамтиды:

- түстер кеңістігін трансформациялау;
- шуды жою;
- контурларды табу және қажет емес контурларды сүзу;
- контурды анықтау.

Барлық жол белгілерінің екі ортақ белгілері бар - белгінің түсі мен пішіні[4].

HLS (Hue, Luminance and Saturation) түстер кеңістігі кіріс суреттен қызыл немесе көк түс алу үшін қолданылады. Біріншіден, сурет rgb түс кеңістігінен hls форматына ауыстырылады.

SSD терең нейрондық желі моделі ұсынылды [5]. 1-суретте SSD желісінің жалпыланған архитектурасы көрсетілген. SSD моделінің бірінші бөлігі - классикалық архитектураның конволюциялық жүйке жүйесі, ол кескінді жіктеу мәселесін шешу үшін қолданылады. Ол әдетте базалық желі деп аталады. Негізгі желіден кейін бірнеше конволюциялық қабаттар қосылады, олар объектілерді қамтитын шектейтін тіктөртбұрыштардың болжамын құруға жауап береді, сонымен қатар осы объектілердің берілген кластарға жату ықтималдығын анықтайды. Содан кейін объектілердің орналасуын нақтылау және сол объектімен «жылжытылған» тіктөртбұрыштарды алып тастау үшін максималды емес басу процедурасы қолданылады [6].

Жылдамдықты шектейтін жол белгілерінің маңызды ерекшеліктері бар мысалы, шеңбер пішіні және қызыл жиек. Сондықтан әдіс жұмысының бірінші кезеңі-суреттегі қызыл аймақтарды таңдау. Ол үшін кіріс кескініндегідей RGB емес, HSV түсті моделін қолданған жөн. HSV қызыл реңктерді дәлірек көрсетуге мүмкіндік береді.

Мобильді жүйелер үшін ең келешегі бар желілік архитектура - бұл ұялы байланыс тереңдігі 1-ге тең MobileNet [7], бұл архитектураның нейрондық желісі мобильді жүйелерде қолдану үшін арнайы әзірленген, жадында салыстырмалы түрде аз кеңістікті алады, сонымен қатар жоғары классификация дәлдігімен жоғары өнімділікпен сипатталады [он алты]. MobileNet желісінің архитектурасы екі қабаттан тұратын жекелеген арналық конволюцияларды (тереңдік бойынша

бөлінетін конволюциялар) қолдануға негізделген: мүмкіндіктер картасының әр каналын бөлуге арналған кеңістіктік ядросының өлшемі 1×1 конволюциялық қабат және әр канал үшін кеңістіктік ядросының өлшемі 3×3 болатын жеке конволюциялық қабат, оның нәтижелері бір ерекшелік картасына біріктіріледі [7].

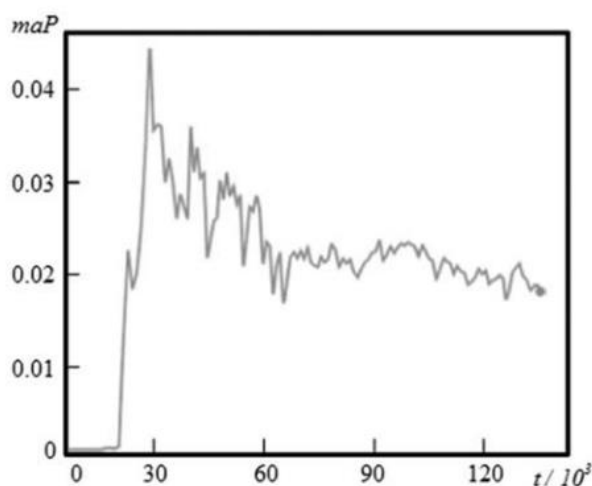


1-сурет. SSD моделінің жалпыланған архитектурасы

MobileNet ядросы бар SSD моделін анықтау сапасының нәтижелері:

Деректер жиынтығы	mAP	Секундына кадрлар	Модельдің өлшемі, МБ
GTSRB	0,98	3	25,9
LISA	0,56	3	26,2
BelgiumTS	0,17	3	27,2

Ең жақсы нәтижелер GTSRB деректер жиынтығында, ал нашар нәтижелер Белгия дерекқорында көрсетілгенін көруге болады. Мұның басты себептерінің бірі әр түрлі сыныптардың саны және әр сыныптың даналарының саны. GTSRB деректер жиынтығында сыныптардың ең аз саны (43) және сыныптардың әрқайсысы үшін ең үлкен суреттер саны бар. BelgiumTS коллекциясынан алынған мәліметтер бойынша нашар нәтижелер әр класс үшін орташа суреттер саны ең аз сыныптардың (61) санынан туындауы мүмкін. Сонымен қатар, БелгияTS деректер жиынтығы қатты тепе-теңдікке ие, яғни кейбір сыныптардың мысалдары басқа сыныптардың мысалдарына қарағанда әлдеқайда көп, бұл оқуды қиындатады. Мысалы, 2-суретте mAP графигі сыныптардың біреуіне арналған қайталану нөміріне сәйкес келтірілген, оның тек 10 суреті бар. Графиктен анықталу дәлдігі бастапқыда сәл жоғарылайды, бірақ кейін азаяды[7].



2-сурет. BelgiumTS деректер жиынтығынан бір төмен кескін сыныбы үшін MaP дәлдігі мәндері

Нысанды анықтау логикасының қадамдық сипаттамасы:

1. Камера қоршаған ортаны талдайды және жол белгілері туралы мәліметтерді оқиды.
2. Жүйе белгіге ұқсас пішінді анықтайды.
3. Түсті тану және қосымша белгілердің болуы. Деректер базасынан матчтарды іздеу.
4. Дисплей арқылы драйверге ақпарат беру.

Таңбалар типін танудың кезектілігі:

1. Пішінді анықтау: шеңбер, тіктөртбұрыш, шаршы.
2. Түстер гаммасын талдау.
3. Белгідегі белгілерді немесе жазуларды оқу.
4. Нақты жылдамдықты рұқсат етілген жылдамдықпен салыстыру.

Белгілерді жіктеу үшін қолданылатын жүйелік жүйенің конволюциялық архитектурасы:

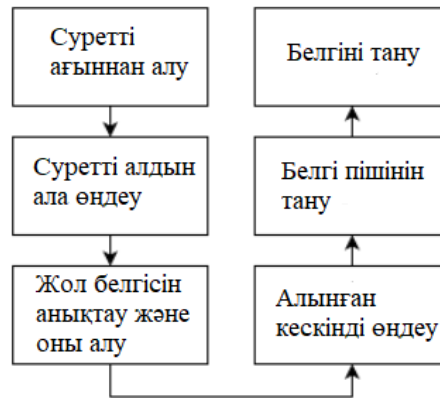
Қабат	Типі	Қабаттағы және нейрондағы карталардың саны	Ядро
0	Kipic	48 × 48 нейроннан тұратын 3 карта	
1	Орама	100 × 100 нейроннан тұратын 100 карта	7×7
2	Max pooling	21 × 21 нейроннан тұратын 100 карта	2×2
3	Орама	18 × 18 нейроннан тұратын 150 карта	4×4
4	Max pooling	9 × 9 нейроннан тұратын 150 карта	2×2
5	Орама	6 × 6 нейроннан тұратын 250 карта	4×4
6	Max pooling	3 × 3 нейроннан тұратын 250 карта	2×2
7	Толық байланысты	300 нейрон	1×1
8	Толық байланысты	43 нейрон(класстар саны)	1×1

Бүгінгі күнге дейін ең жақсы әдістер үлкен оқыту үлгісін қажет ететін машиналық оқыту алгоритмдерін қолданады. Мұндай үлгіні жинау үшін сіз ондаған шақырым жолдардың суреттерін немесе бейнелерін көруіңіз керек. Сондықтан, біз осы жұмыста синтетикалық мәліметтер бойынша жол белгілерін тану алгоритмін оқыту мүмкіндігін зерттеп, алгоритмін ұсындық

белгілердің синтетикалық бейнелерін қалыптастыру. Фронтальдық белгішелер алгоритмге беріледі. Бұл белгішелер түрлендірулер жиынтығынан өтеді, оны он екі параметр - жарықтық, қанықтылық, үш ось айналасында айналу, бұлыңғырлық деңгейі, кескіннің төрт жағынан жылжу, өлшем, шу деңгейі[8].

Жол белгілерін автоматты тану жүйелері жұмысының соңғы кезеңі жол белгілерін тануға арналған. Жалпы, бұл үшін қолданыстағы әдістер алдын-ала жасалған шаблондарды қолданады немесе оқытуға негізделген. Бірінші жағдайда, әрбір мүмкін белгі үшін дерекқорға орналастырылған арнайы шаблондар жасалады, содан кейін кез-келген қашықтықты (Евклид, Махаланобис және т.б.) есептеу арқылы жаңадан енгізілген белгіні барлық шаблондармен салыстырады. Әрине, барлық белгілерді бірдей мөлшерге келтіру керек. Алайда, бұл әдіс, әдетте, нысандардың түсі мен жарықтылығының шамалы өзгеруімен де айтарлықтай қателіктерге ие. Сондықтан, белгілерді өздері салыстырудың орнына, олардың кейбір сипаттамалық белгілері (гистограммалар, проекциялар мен қарқындылықтардың қосындысы және т.б.) ерекшеленеді, бұл тану сенімділігінің артуына әкеледі[9].

Өзірленетін программа жұмысының кезеңдері 3-суретте көрсетілген.



3-сурет. Әзірленетін программа жұмысының кезеңдері

Кескінді алдын-ала өңдеу кезеңі түрлі-түсті кескінді қара түске келтіруді (2Б сурет), суреттегі шуды азайту үшін Гаусс сүзгісімен кескінді тегістеуді (2В сурет), жол белгісінің контурын оңай табу үшін кескінді бинаризациялауды қамтиды. Суреттерді өңдеу үшін Open Source Computer Vision Library (OpenCV) компьютерлік көру кітапханаларын қолдана отырып, C++ бағдарламалау тілінде жүзеге асырылған алгоритм қолданылды [10].

Тану үшін таңбаның кескінін алу жол белгісінің контуры бұрын табылған бастапқы кескін аймағын алу арқылы жүзеге асырылады. Содан кейін сурет [4] 30x30 пиксель өлшеміне дейін (3-сурет) нейрондық желі арқылы белгіні одан әрі танудың уақыт пен қуат шығындарын азайту үшін азаяды.

Алынған кескін өзінің кіріс қабатында 900 Нейрон бар нейрондық желінің кірісіне беріледі, олардың әрқайсысы жол белгісі бейнесінің тиісті пикселінің жарықтылығының мәнін білдіреді. Жасырын қабатта 42 Нейрон бар. Нәтижесінде белгілі бір жол белгісіне сәйкес келетін олардың бір шығу нейрондары қозғалады [11].

Ағымдағы нұсқада келесі белгілерді тани алады:

- * Жол бер
- * Жылдамдық шектеулері (асып кеткен кезде, қосымша жылдамдықты төмендетуге көбірек ынталандыру үшін айыппұл мөлшерін көрсетеді. Өзекті үшін ғана РФ).

- * Басып озуға тыйым салынады

- * Тоқтатуға тыйым салынады

- * Тұраққа тыйым салынады

- * Жаяу жүргіншілер өткелі

- * Қиылыстардың өтуін белгілейтін белгілер

Жол белгілерінің локализациясының дәлдігін арттыру үшін оларды 2 сыныпқа бөлу туралы шешім қабылданды: үшбұрышты (ескерту және "жаяу жүргіншілер өткелі"), дөңгелек (тыйым салу) және әр сынып үшін жіктеуіштердің жеке каскадтарын оқыту [12].

Классификаторлар каскадын оқыту үшін OpenCV пакетінде "opencv_traincascade.exe" кіру үшін келесі деректерді қабылдайды:

- деректер-нәтижелерді орналастыратын қалтаның мекен-жайы;
- numStages18-бағдарлама үйрететін каскадтық деңгейлердің саны. Неғұрлым көп деңгейлер дәлірек болса, бірақ ол ұзақ жұмыс істейді. Олардың қалыпты саны 16-дан 25-ке дейін;
- minhitrate0, 999-оқу сапасын анықтайтын коэффициент. (10,999)—қабаттағы өткізіп алынған нысандар саны.
- numPos1000-оң үлгілердің саны.
- numNeg1500-теріс үлгілердің саны.

Каскадтар бір жарым күн бойы оқытылды және сканерлеу терезесінің өсу коэффициенті 1,1 болған кезде локализацияның келесі дәлдігі алынды (тестілеу GTSDb тестілеу базасында жүргізілді).

- Үшбұрышты белгілер - 82,5%;
- Дөңгелек белгілер - 74%.

Конволюциялық нейрондық желілердің құрылымы конвульсиялық және субдискреттеу (іріктеу) қабаттарының кезектесуін және шығу кезінде толық байланыстырылған қабаттардың болуын қамтиды.

Конволюциялық нейрондық желілер үш негізгі парадигманы қамтиды:

- жергілікті қабылдау;
- бөлінетін салмақ;
- субдискреттеу.

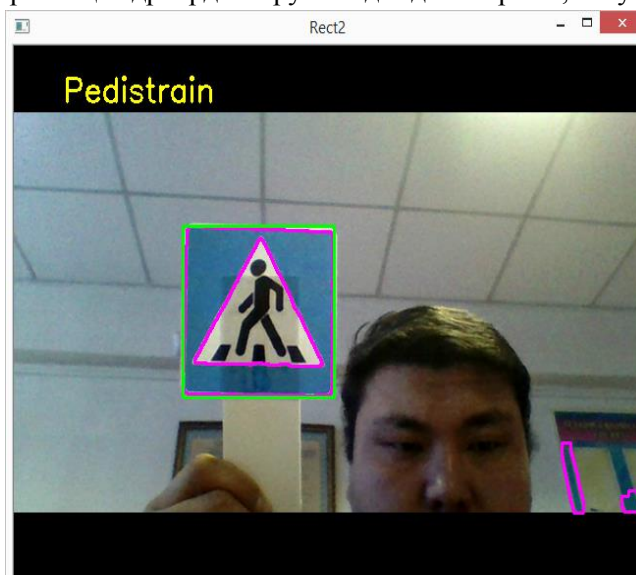
"Жергілікті қабылдау" дегеніміз-бір нейронның кіруіне бүкіл кескінді емес (немесе алдыңғы қабаттың шығуын) емес, тек белгілі бір аймақты беруді білдіреді. Бұл тәсіл кескін топологиясын қабаттан қабатқа сақтауға мүмкіндік береді [13].

Субдискреттеу-бұл кескіннің өлшемін 2 есе азайту, бұл масштабтың өзгермеуін қамтамасыз етуге мүмкіндік береді. Конволюциялық нейрондық желілердегі қабаттардың ауысуы белгілер картасынан белгілер карталарын жасауға мүмкіндік береді, бұл іс жүзінде белгілердің күрделі иерархиясын тану мүмкіндігін білдіреді [14].

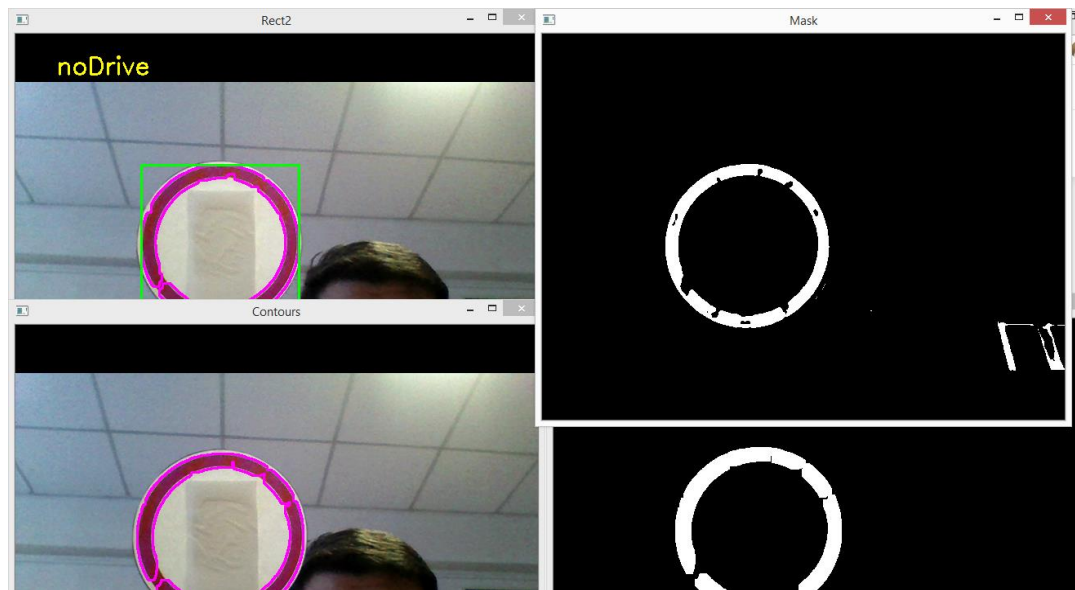
Ағымдағы кадр қызығушылық аймақтарын іздеу блогына беріледі. Блоктың шығысы-қиылыспайтын тіктөртбұрыштар түрінде қажетті нысандарды қамтитын аймақтар жиынтығы. Табылған аймақтар ең жақын типтік өлшемдерге сәйкес келеді және тиісті нейрондық желі детекторларына жіберіледі. Барлық детекторлардың соңғы позитивтері бастапқы кадрдың координаттар жүйесіне беріледі.

Жүйені әзірлеу кезінде әр түрлі жағдайларда жасалған 300 бейнеден тұратын Оқу үлгісі қолданылды: күн шуақты ауа-райы (жарық, жарық); бұлтты ауа-райы және күн батқан кезде жасалған жазбалар (жеткіліксіз Жарық, көлеңкелер); адамдар көп жиналған кездегі жазбалар (тосқауылдар) және т. б.

Бұл міндет күндізгі жарықтың өзгеруі, ауа-райының өзгеруі, жеткілікті сапалы және сенімді жабдықты таңдау сияқты сыртқы факторлармен қиындайды. Жүйе жоғары ықтималдықпен тануға мүмкіндік беруі керек белгілері олар қисық немесе ақаулары бар. Белгілерді жоғары жылдамдықта танудың күрделілік дәрежесін ескеру қажет. Көлік құралының жылдамдығы артқан сайын жүйеге жүктеме артады, өйткені ақпараттық кадрларды беру жылдамдығы артып, тану уақыты азаяды [15].



4-сурет. Зерттеудің нәтижесі



5-сурет. Зерттеудің толық нәтижесі

Тандау бір таңбаны немесе бірнеше бейнені бір суретте камтитын кескіндерден құрылады. 1920x1080 ажыратымдылығы бар кескінге тексерілген. Ол 50 кескін бойынша тексерілген. «Жол беріңіз» белгісі 10-нан 9-ға, «Токтаусыз кіруге болмайды» - 15-тен 13-ге, «Кіруге тыйым салынған» 14-тен 13-ке, «Жаяу жүргіншілер өткелі» - 13-тен 10-ға танылды. Анықтау дәлдігі шамамен 90% құрайды.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- [1] Говард А. Г., Чжу М., Чэнь Б., Калениченко Д., Ван В., Вейанд Т., Андретто М. и Х. Адам Мобиленец: эффективные сверточные нейронные сети для мобильных приложений зрения //
- [2] Корр. 2017. abs / 1704.04861 Якимов П. Ю. Отслеживание дорожных знаков в видеопоследовательности с использованием скорости движения транспортного средства / П. Ю. Якимов // Компьютерная оптика. - 2015. – Т. 39, № 5. – С. 795-800
- [3] Фурсов В. А. Локализация контуров объектов на изображениях при вариациях масштаба с использованием преобразования Хафа. / С. А. Бибииков, В. А. Фурсов, П. Ю. Якимов // Компьютерная оптика. – 2013. – Т. 37, №4. – С. 502-508.
- [4] Якимов П. Ю. Предварительная обработка цифровых изображений в системах. локализации и распознавания дорожных знаков // Компьютерная оптика. – 2013. –Том. 37. –№ 3. –С. 401-405.
- [5] Хубен С. Обнаружение дорожных знаков на изображениях реального мира: немецкий стандарт обнаружения дорожных знаков / С. Хубен, Дж. Столлкамп, Дж. Сальмен, М. Шлипсинг, К. Igel // Международная совместная конференция по нейронным сетям... - 2013.
- [6] "Цифровая обработка видеоизображений".. А. Лукьяница, А. Г. Шишкин - М.: "ИС-Эс пресс", 2009.-518 с.
- [7] Лукьяница А. А., Шишкин А. Г. Цифровая обработка видеоизображений – М.: "И-Эс-Эс пресс", 2009. - 518 с.
- [8] Суслинников А.Д. Системы современного автомобиля. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://systemsauto.ru/active/traffic_sign_recognition.html свободный.
- [9] Попов Е.Ю., Крыжановский Д.И. Алгоритм распознавания дорожных знаков ограничения скорости // Современные научные исследования и инновации. – Июнь 2012. - № 6 [Электронный ресурс]. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2012/06/14717>.
- [10] Цифровая обработка видеоизображений А.А. Лукьяница, А.Г. Шишкин – М.: «Ай-Эс-Эс Пресс», 2009. – 518 с.
- [11] Савичева С.В. Экспериментальное исследование алгоритма идентификации плоских объектов //Алгоритмы, методы и системы обработки данных, 2010, №15. С.153-160.

- [12] Садыков С.С., Савичева С.В. Распознавание отдельных и наложенных плоских объектов – Владимир: Изд-во ВлГУ, 2012. – 265 с.
- [13] Казбеков А. В. Методы сравнения контуров в задачах распознавания образов / А. В. Казбеков, Н. А. Максимов // Научный Вестник МГТУ ГА. – 2012. – Вып. 185. – С. 37–43.
- [14] Сакович И. О. Обзор основных методов контурного анализа для выделения контуров движущихся объектов / И. О. Сакович, Ю. С. Белов // Инженерный журнал: наука и инновации. – 2014.
- [15] Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс; пер. с англ. Л. Рубанов, П. Чочиа. – М.: Техносфера, 2012. – 1104 с.

REFERENCES

- [1]. Howard A. G., Zhu M., Chen B., Kalenichenko D., Wang 9 V., Weyand T., Andretto M. and H. Adam Mobilenet: efficient convolutional neural networks for mobile vision applications //
- [2] Corr. 2017. abs / 1704.04861 Yakimov, P. Yu. Tracking road signs in a video sequence using the vehicle speed / P. Yu. Yakimov // computer optics. -2015. –Т. 39, No. 5. –S. 795-800
- [3] Fursov, VA localization of the contours of objects in images at variations in scale using the Hough transformation / SA Bibikov, VA Fursov, P. Yu. Yakimov // computer optics. -2013. –Т.37, No4. -FROM. 502-508.
- [4] Yakimov P. Yu. Pre-processing of digital images in systems for localization and recognition of road signs // computer optics. –2013. –Tom. 37. –№ 3. –С. 401-405.
- [5] Huben, S. Traffic Sign Detection in Real World Images: German Standard for Traffic Sign Detection / S. Huben, J. Stollkamp, J. Salmen, M. Schlipsing, K. Igel // International Collaborative Conference on Neural Networks. ... -2013.
- [6] "Digital processing of video images" .. A. Lukyanitsa, A. G. Shishkin - M .: "IS-Es press", 2009.-518s.
- [7] Lukyanitsa A. A., Shishkin A. G. Digital processing of video images - Moscow: "IS-Es press", 2009.-518s.
- Suslennikov A.D. modern car system [Electronic resource] Access mode: http://systemsauto.ru/active/traffic_sign_recognition.html free of charge (Request date: 4.07.2020)
- [8] Suslennikov A.D. Systems of a modern car [Electronic resource]. Access mode: http://systemsauto.ru/active/traffic_sign_recognition.html free
- [9] Popov E.Yu., Kryzhanovsky D.I. Algorithm for recognizing road signs of speed limits // Modern scientific research and innovations. - June 2012. - No. 6 [Electronic resource]. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2012/06/14717>
- [10] "Digital processing of video images" A.A. Lukyanitsa, A.G. Shishkin - M .: "IS-Es Press", 2009.-518s.
- [11] S.V. Savicheva Experimental study of the identification algorithm for flat objects // Algorithms, methods and data processing systems, 2010, №15. S.153-160.
- [12] Sadykov S.S., Savicheva S.V. Recognition of individual and superimposed flat objects - Vladimir: Publishing house of VIGU, 2012. - 265 p.
- [13] Kazbekov A. V. Contour comparison methods in pattern recognition problems / A. V. Kazbekov, N. A. Maksimov // Scientific Bulletin of MSTU GA. - 2012. - Issue. 185. - S. 37–43.
- [14] Sakovich I. O. Review of the main methods of contour analysis for identifying the contours of moving objects / I. O. Sakovich, Yu. S. Belov // Engineering journal: science and innovations. - 2014.
- [15] Gonzalez R. Digital image processing / R. Gonzalez, R. Woods; per. from English. L. Rubanov, P. Chochia. - M .: Technosphere, 2012 .- 1104 p.

РАСПОЗНАВАНИЕ ДОРОЖНЫХ ЗНАКОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПЬЮТЕРНОЙ БИБЛИОТЕКИ OPENCV

Ж.Х. Спабекова, С.У. Алмерек*, Н.Б. Бердикул, Т.Е. Туркестан

Казахский национальный университет им. аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан

E-mail: sayatalmerek.94@gmail.com

Аннотация. В данной статье представлен метод определения знаков информационного трафика в качестве прямоугольника в цветном изображении. По различным причинам водители иногда не наблюдают за дорожными знаками, стоящими на обочине дороги. Утомляемость, тревожащий звук или изображение вне окна, погодные условия или светящийся свет встречной машины, и водители могут пропустить знак, который оповещает о значимой информации. Для предотвращения подобных ситуаций создана специальная система распознавания дорожного знака и оповещения водителя в виде звукового сигнала и изображения на экране машины. Одним из основных требований к таким системам является признание дорожных знаков. Важная особая ситуация - это признак распознавания информации и направляющих знаков и дополнительные сведения. Сложность такого задания заключается в том, что вначале знак должен быть определен из рисунка, а для этого типа размер и соотношение не закрепляются и зависят от объема предоставленной информации. Например, такой знак может включать несколько текстовых строк, один длинный путь и даже небольшую дорожную карту. Результаты эксперимента подтвердили эффективность системы обнаружения дорожных знаков.

Ключевые слова: обнаружение дорожных знаков, отслеживание дорожных знаков, обработка изображений, система компьютерного зрения

ROAD SIGN RECOGNITION USING THE OPENCV COMPUTER LIBRARY

Zh. Kh. Spabekova, S.U. Almerrek*, N.B. Berdikul, T.E. Turkestan

Kazakh national university named after Al-Farabi, Almaty, Kazakhstan

E-mail: sayatalmerek.94@gmail.com

Abstract: In this article, a method for determining signs of information traffic as a rectangle in a color image is presented. For various reasons, drivers sometimes do not observe road signs on the side of the road. Fatigue, an alarming sound or image outside the window, weather conditions or the glowing light of an oncoming car distract drivers. They may miss a road sign that contains important information. To prevent such situations, a special system for recognizing a road sign and alerting the driver in the form of a sound signal and an image on the screen on the car was created. One of the main requirements for such systems is the recognition of road signs. Critical Exception is Information Recognition and Directional Signs and Additional Information. The difficulty of such a task lies in the fact that first the sign must be determined from the picture. The type, size and ratio of the road sign is not fixed and depends on the amount of information provided. For example, such a sign can include several lines of text, one long path, and even a small roadmap. The results of the experiment confirmed the effectiveness of the traffic sign detection system.

Keywords: road sign detection, road sign tracking, image processing, computer vision system



АВТОМАТИКА, ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И КИБЕРБЕЗОПАСНОСТЬ

APPLICATION OF BIG DATA ANALYSIS TO FORM A STRATEGY FOR PROMOTING INNOVATIVE PRODUCTS

A.V.Maldynova¹, M.S. Salykova², M.B. Amreyev²

¹University of international Business, Almaty, Kazakhstan

²Non-profit JSC "Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named after Gumarbek Daukeyev", Almaty, Kazakhstan

e-mail: aizhanam@gmail.com, m.salykova@aes.kz, m.amreev@aes.kz

Annotation. The use of big data analysis tools contributed to the industrial revolution and the development of new methods of mass production. As a result of using new knowledge in an innovative economy, industrial enterprises have good economic performance and use big data analysis methods, for example, for pricing.

The data on which the research is based were obtained through conversations among experts in order to clarify the attitude and general mood of the market to the servitization strategy. It was revealed that market participants respond positively to the servitization strategy, companies confirm the need for its application.

Based on the data analysis, proposals were formed to increase the level of customer confidence and loyalty to the services of partner enterprises.

Key words: big data, innovative product, knowledge, customer confidence

Introduction. The socio-economic phenomenon of big data has spread across all industries and business functions. Big data itself has become an important factor of production, along with labor and capital. Researchers identify the following main ways of using big data to create value:

- Big data can make information more accessible by using it at a much higher frequency.
- As organizations create and store more transactional data in digital form, they can collect more accurate performance information from product inventories to sick days, and hence identify variability and improve productivity.
- Big Data allows segmenting consumers, which further facilitates the ability to make personalized offers to clients.
- Sophisticated analytics allows you to optimize the decision-making process [1].

Big Data technologies themselves always include at least the data itself, its analytics and data delivery technologies. The defining characteristics of big data are usually described using 3 V - volume, speed, variety. However, it is the diversity of big data itself and technologies for working with them that makes it possible to speak more about the need for reliability, viability, value for business and decision-makers, changeability and the need for visualization.

Our main idea is that in modern conditions there is a segmentation of the Big Data technologies themselves and their industry specialization. From individual successful cases, this market is moving to the development of industry models for collecting, analyzing and using big data. The tools of work may be similar, but the boundaries of application, forms of organization and consequences of implementation become different. Marketing in this sense is moving from using big data to transforming marketing technologies driven by big data [2].

Following these advantages, the understanding of the usual marketing tools is being transformed. For example, a marketing mix is enriched with new ideas:

- Promotion: Through data analysis, marketers can create an accurate portrait of a potential customer. Moreover, it is even possible to predict consumer reaction to advertising.
- Product: modern data processing tools can be used for product and market research. In addition, the manufacturer can view and analyze activity in the digital environment, which helps to improve the product according to the needs and desires of customers.

- Location: Big data analysis allows you to determine the most effective advertising channels for products and the goods themselves. In particular, today it is more profitable to conduct sales online in some cases.

- Cost: to correctly establish the cost, you can analyze supplier data, financial statements, business models, etc. If the target audience is quite large and "diverse", you can use customized pricing [3].

The emergence of new data sources and new ways of analysis opens up a lot of opportunities for marketers. For example, the development of the market for digital devices for health and fitness allows not only the consumer himself to analyze his own data, but also marketers to measure the physiological reaction of the client to advertisements, prices, products, etc. Marketing today pays special attention to technologies of personality recognition, which will allow more understand exactly what advertising and marketing materials the consumer sees and understands, as well as build the correct parameters for advertising campaigns [4].

Servitization in the economy is partly due to the rapid development of industrial services. Industrial services include engineering, repair and maintenance, types of pre-sale and after-sales services, rental of industrial premises, as well as management, marketing and consulting services.

When applying the servitization strategy in the industrial market, business models and business relationships are completely changed.

The reason for the emergence of servitization in the economy is the rapid development of industrial services. For example, such as engineering, repair and maintenance, pre-sales and after-sales services, rental of production facilities.

When a servitization strategy is applied in an industrial market, business models change.

An increase in the share of service in production will lead to the following consequences:

- changes in the structure of the organization;
- impact on the market;
- change of production chains;
- change of way of thinking [5].

The industrial market in Kazakhstan, due to its high industrial potential, is an attractive market, which confirms the fact that Kazakhstan occupies the top lines of the rating in terms of the attractiveness of industry on a global market scale. This situation becomes the reason for fierce competition in the industrial market, in which enterprises must develop a marketing strategy for successful competition.

Based on the study of world experience and literature, it is obvious that the most relevant strategy for promoting innovative products is the servitization strategy. The emphasis given by a manufacturing company to its expansion by offering services is broadly referred to as servitization.

Servitization is fundamentally changing the way manufacturing companies produce and deliver services: services have now become an explicit strategy, and they have become the main differentiating factor in customer offerings by the enterprise. This does not mean that the products cease to exist, and the manufacturing company should move to support the fulfillment of customer needs through a comprehensive offering.

A traditional manufacturing company must change its strategy from pure production to product-service, where the product is only a part of the entire offering. Servitization began in the scientific literature on marketing in the 1990s. The emergence of the Servitization strategy began in the United States and quickly spread to the United Kingdom and Western Europe. The first material on this topic is found in the literature for managers and practitioners, mainly in the areas of operations, manufacturing, services, business management and marketing.

A key feature of a servitization strategy is a strong customer focus. Customers are not only supplied with products, they are also provided with broader, customized solutions. The focus is on value in use, which necessarily emphasizes the role of customers.

In recent years, companies in the industrial market have found themselves in a position where "firms offer packages of customer-centric combinations of goods, services, support, self-service and knowledge". Companies need to look at their specific capabilities and challenges at different levels of service infusion and deliberately position themselves. It is assumed to be a dynamic process, with companies redefining their positions over time and striving to dominate the service sector [6].

Over the years, various concepts and terms have been developed regarding the integration of products and services. The various options can be grouped into two categories, defined based on an approach or perspective: a marketing approach and a strategic approach.

In the Kazakh industrial market, the Industry 4.0 phenomenon was considered only as a fragmented development, in terms of technological improvement, however, it should be borne in mind that the gradual introduction of digital technologies in the process of providing services is an important element of the synergy of servitization with Industry 4.0.

Current understanding of Servitization focuses on how digital technologies, in the context of Servitization, can only add value to customers, while the benefits they can bring to companies' internal processes have been rejected.

Currently, there are 3 main ways to develop Servitization powered by Industry 4.0:

- industrial servitization,
- commercial servitization,
- value servitization.

However, in all three cases of servitization development, a lot of attention is paid to how digital technologies can add value for customers. Services related to Industry 4.0 should have a dual focus on added value, taking into account the benefits for customers and for internal processes. Servitization supported by digitalization can bridge these two apparently dichotomous business lines [7].

It is clear that the digitalization of assets and the exchange of data between industrial buyers and suppliers are improving servitization. Leveraging technology for intelligent and connected asset management enables manufacturers to deliver new functionality and collect and present actionable data that fosters stronger customer relationships.

Digital technology enables suppliers to get information about customer needs without having to go through direct contact. By analyzing data from sensor-enabled products, service providers can better understand how customers are using their offerings.

Industrial manufacturers are leveraging digital technology, resources and capabilities to make internal manufacturing operations smarter and transform internal optimization into new hybrid services and added value for customers.

The commercial service path aligns internal value creation processes with those of customers and suppliers. This enables more interaction between buyers and suppliers and therefore requires the development of customer support capabilities. For this reason, digital technology is moving beyond the manufacturing realm to support the collection of information and semantics to meet customer needs.

Companies are focused on the interests of customers and change their business from selling goods to the client to creating effective solutions [8].

In the conditions of the formation of the information society in various sectors of the economy, a huge amount of various data is created and accumulated. In industry, business, the flow of technological, audio, photo, video information necessary for managing enterprises is constantly growing. New services based on the use of information and communication technologies are constantly appearing. As a result of the development of the Internet, social networks, video, audio and geolocation services, the demand for information products and services is constantly growing. To offer these services to customers, enterprises have to analyze large amounts of data from various sources. As a result, the accumulated information becomes a strategically important asset for government authorities, telecommunications and Internet companies, banks, retailers, energy, housing and communal services, and the results of their activities depend on the effectiveness of their management.

The growth in the volume of information is accompanied by the emergence of hardware and software tools capable of promptly processing large volumes of information, as well as a significant reduction in the cost of collecting, processing, storing and transferring uniform information.

As a result of the combination of these two processes - the growth of business demand for processing and storing large amounts of data and the emergence of technical means capable of promptly processing such data with minimal costs, one of the most interesting and promising areas of service development has emerged, which is called Big Data.

Despite the fact that there is not much experience in the practical application of Big Data in the service sector, there is still not much accumulated in marketing, interest in projects in this area is constantly growing. There are regular reports of the successful use of Big Data technologies by innovative companies to solve various problems of increasing competitiveness, creating new services, and improving customer relationship management.

Research methods:

The basis for analysis is relationship marketing theory. Trust and commitment are essential elements of a relationship. To find out the reasons for the low level of influence of client motivation on the level of servitization, a qualitative study was carried out using a focus group. Participants are industry experts.

A focus group is based on interviewing a group of people. It is a form of qualitative research consisting of interviews in which a group of people are asked about their perceptions, opinions, beliefs, and attitudes towards a product, service, concept, advertisement, idea, or packaging. Questions are asked in an interactive group setting where participants are free to talk with other group members. Instead of a researcher individually asking group members questions, focus groups use group interaction to explore and clarify the beliefs, opinions and views of the focus group members. The interactivity of focus groups allow researchers to gain data from multiple members simultaneously, often making it a quick and convenient research method. During this process, the researcher either takes notes or records the vital points he or she is getting from the group. Researchers should select members of the focus group carefully for effective and authoritative responses.

Designed to better understand the motives, preferences, behaviors of consumers or their relationship to a particular product or topic. The main task is to identify personal information regarding the object of interest. The main advantage of a focus group is the ability to obtain detailed in-depth information during a conversation with respondents. In this method, the basis is on focusing the attention of the participants on the problem to determine the attitude to the problem posed, to clarify motivations. Usually a group consists of 8-10 people.

In order to find out the reasons for the low level of influence of customer motivation on the level of servitization, a qualitative study was conducted - a focus group among experts in the industrial market [9].

Object of research: experts from industrial sectors of the economy of Kazakhstan in the amount of 10 people.

Research subject: motivation of clients to apply the servitization strategy, perception of the servitization strategy by industry experts.

At the preparatory stage, a scenario for conducting a focus group was developed - a guide, consisting of 8 main questions. Upon completion of the focus group, a transcript was drawn up based on the recording of the conversation.

The transcript of the conversation during the focus group serves as an array of data for conducting content analysis.

As a method for analyzing the data obtained, the author used content analysis, that is, the analysis of the qualitative and quantitative content of the text array. The essence of content analysis consists in translating textual information of a document into quantitative indicators and further analyzing it. Content analysis provides the definition of such characteristics of the text of the document, which are able to assess the processes and situations, point of view and intentions of the communicator.

In content analysis, such characteristics are analysis categories, analysis units (classified into semantic and qualitative) and counting units, which are identified before the start of the study. Units of analysis are sorted by analysis category. Content analysis requires a clear listing of features with which it becomes possible to draw the ratio of units of analysis to categories of analysis.

A unit of analysis is a piece of content that is identified as an element of a category. Using the unit of account, the characteristics of the text are measured.

Starting work with content analysis consists of clarifying the lexical differences in the texts of electoral programs. As a rule, such an analysis is performed by dividing documents into separate words, counting the frequency of occurrence of each word in each document and compiling the so-called. A term document matrix, in which the rows usually correspond to words and the columns to documents.

Having such a matrix, it is possible to calculate the appropriate document similarity metric. Despite the seeming simplicity, preparing a term document matrix is a non-trivial task that often requires experimentation.

To prepare the term-documentary matrix based on the documents (election programs) we are considering, the following steps were taken:

- Clearing punctuation marks, numbers and extra spaces.
- Convert all letters in words to lowercase.
- Splitting a document into separate words.
- Removing stop words, i.e. words that do not carry a special semantic load (for example, "a", "not", "and", etc.).

It should be noted that the set of stop words could vary considerably depending on the context. For the described analysis, we used a general-purpose list available in the SnowballC package for R.

To apply text analysis methods, it is necessary to transform documents of various formats into the format of a simple text document. The result of file transformation is a text corpus with the txt extension. Next comes the step of preparing the corpus for analysis. During this step, punctuation marks, numbers, foreign words, names of people, stop words (words with little meaning) are removed from the text, and capital letters are transformed into lower case.

The main operation is lemmatization of a word. Lemmatization means converting a word to its original form. Thus, the result of the analysis of the corpus of highly important words in their basic form is provided.

This transformation allows you to explore information using various methods of text analysis. To identify the factors affecting the variables of the previous analysis, the tf-idf metric was used already on a clean corpus. TF-IDF measures the importance of words in a set of documents. The metric consists of two parts: the word frequency (term frequency or tf) and the inverse document frequency (idf).

TF evaluates the frequency of a word in a document. This metric reduces the weight of frequently used words and increases the weight of words that are rarely found in the corpus. The result of combining two metrics (multiplying one by the other) is tf-idf. TF-IDF implies word frequency adjusted for how infrequently it is used. TF-IDF measures the importance of a word for a document that is part of a corpus (set of documents).

To prepare data for content analysis, the units of analysis are counted and the corresponding assessment indicators are indicated. In the process of preliminary analysis of the text of the document, the main semantic units are designated, which are distinguished on the basis of their compliance with the goals and objectives of the study. Then a content analysis form is drawn up, in which the collected data on the total number of mentions of each indicator.

Results and discussion.

An array of data for conducting a content analysis is the transcript of the conversation during the focus group.

First, the participants in the focus group were asked about the reasons why customers prefer to use the strategy of servicing. As options for the reasons for motivation, the survey participants proposed the following:

Lower operating costs, lower risks, reduced investments in personnel or equipment, improved productivity, the ability to concentrate in other areas, and support product-related activities. Further, the importance of these motivations on a 5-point scale was identified (Figure 1).

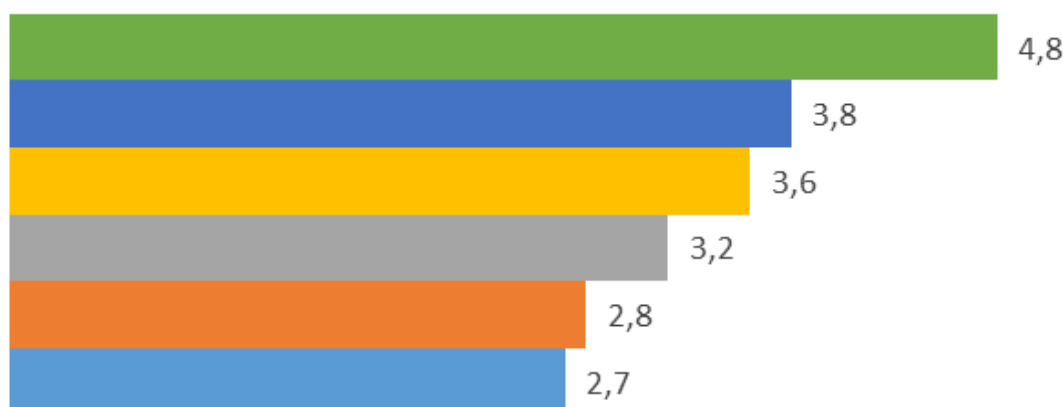


Figure 1 - The importance of motivation to apply a servitization strategy for a client (compiled by the authors)

Content analysis is a method of analyzing the content of texts of documents, in which text information is translated into quantitative indicators.

With the help of content analysis, it becomes possible to determine the characteristics of the text of the document, which are indicators of the processes or states, attitudes or intentions of the communicator. Such characteristics are the categories of analysis, units of analysis and account identified before the start of the study.

Using the TF-IDF metric, an analysis was made of the frequency and importance of words regarding servitization and customer attitudes towards servitization in the industrial market. As a result, the following diagram was obtained (Figure 2).

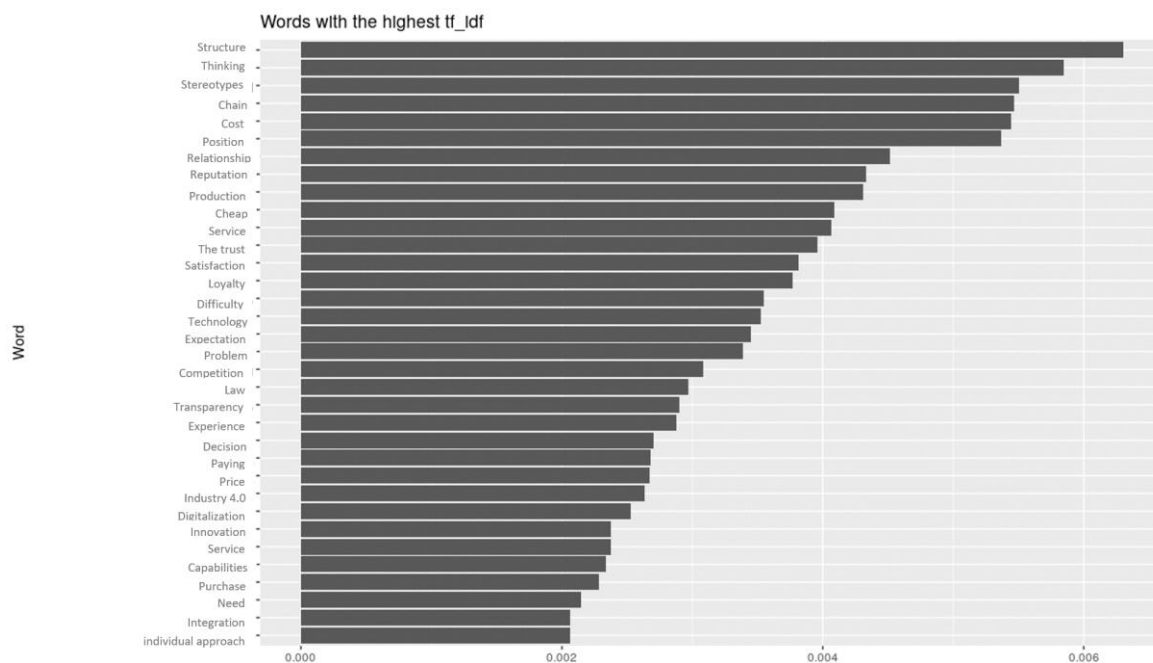


Figure 2 - Analysis of the frequency and importance of words using the TF-IDF metric (compiled by the authors based on the data of the program R)

Based on the results obtained, using the tf-idf metric, highly important words are combined into thematic groups for different methods of text analysis. One such kind is KWIC (key word in context) or keyword in context.

The KWIC method defines the semantics of keywords. The algorithm identifies a keyword in the text, thereby creating a table for each observation of the keyword and the context in which it is found. All words assigned a semantic meaning are considered the total number of positive and negative words of the keyword.

As you can see from the picture, the words that are often encountered during the conversation regarding servitization are: structure, thinking, stereotypes, value, reputation, trust, loyalty, satisfaction, integration, innovation, industry 4.0, etc.

Based on the results obtained using the tf-idf metric, it is possible to combine highly important words, in their semantic meaning, into thematic groups for conducting various text analysis methods. One of these types is KWIC (key word in context) or keyword in context [10].

Thus, the word of interest to us is formed and its positive and negative frequency. By combining words into groups, the semantics of this group is calculated (Figure 3).

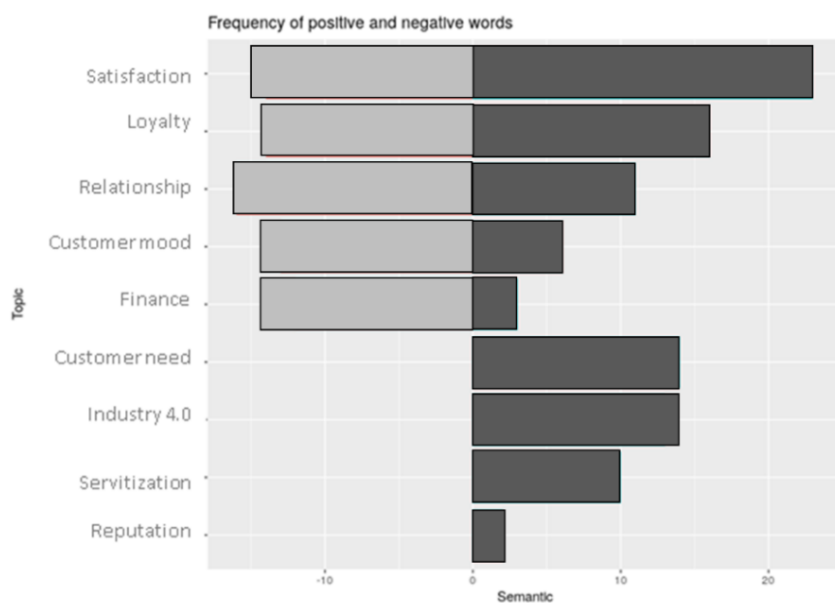


Figure 3 - Analysis of keyword semantics (compiled by the authors based on the data of the program R)

As a result of the analysis, the main priority in choosing a supplier was revealed - a mix of high level of satisfaction with low rates of commitment, as well as frugality and low prices. However, quality is not a top priority. These clients are often dependent on government agencies and laws, they opt for lucrative suppliers through open tenders, and they invest in developing relationships. This strategy satisfies short-term goals, but does not assume a long-term perspective.

Some clients have low satisfaction, but are loyal to suppliers, they strive for stable long-term relationships. This situation can be explained by the problems of the clients themselves in business and its low efficiency, while their loyalty to the supplier is quite high.

Taking into account the specifics of the client and his equipment, various methods can be used to build customer loyalty:

- deep study of the client's business model and performance criteria;
- forecast of possible failures;
- interest in the problems of the client;
- Providing turnkey global solutions.

Quality indicators directly affect the level of satisfaction, that is, the higher the client's level of commitment to services and products, the higher the company's income.

The client's level of motivation to apply the servitization strategy depends on the client's level of trust in the contractor. Many enterprises in the industrial market strive for long-term relationships, are ready to invest in the development of relationships, they share the risks. At the same time, the rest of the enterprises are looking for low prices, have no interest in developing ties.

According to the author, such clients have a good perspective for joint projects. Recent service disruptions or disruptions have been identified as the main cause of low satisfaction levels.

At the same time, high rates in relationships and commitment are the result of client trust, as well as the key to a quick and successful service recovery.

Industry 4.0, the development of new production methods are the reasons for the increase in business transactions and have shifted the focus from customer relationship to the background. Industrial enterprises do not have a reputation for being good service providers with their customers. Large manufacturers do not see the benefit of developing trust with customers, as it requires additional investment. In this connection, customers buy services from cheaper suppliers.

Large customs representatives, who process large consignments, really do not want to declare one-time consignments of goods from small entrepreneurs.

Relationship elements such as trust, satisfaction, commitment can not only strengthen the business relationship between the customer and the supplier, but also create material benefits.

In today's changing environment, marketing focuses on the relationship of customer satisfaction with the financial results of the enterprise. The Srivastava marketer [11] proposed the idea of accelerating and

increasing cash flows due to a high level of customer satisfaction. As you can see from the picture, several groups of keywords have a double semantic color: positive and negative. This group includes topics such as satisfaction, trust, loyalty, relationships, customer mood, and finances. This phenomenon can be explained by the fact that during the conversation about these groups of keywords, the participants in the focus group spoke out in different ways, as industry experts participated in the conversation without dividing them into customers and suppliers.

So, experts call the combination of high satisfaction with low indicators of commitment and relationships with frugality and low prices, the main priority in choosing a supplier. Quality is not a top priority. Such clients often depend on government agencies and laws and choose the most profitable suppliers in open tenders. They do not need to invest in relationship development. In general, such a strategy satisfies short-term goals and does not imply a long-term perspective [12].

The high development of the servitization level depends on the level of the company's motivation for its implementation and use. The higher the level of motivation to apply the servitization strategy, the higher the level of servitization in the enterprise.

It has been proven through analysis that addiction does not exist. It was revealed that market participants speak positively about the servitization strategy, they confirm its necessity. The introduction of servitization is proceeding at a slow pace due to barriers. The main thing is the lack of confidence of customers in the services provided by the supplier enterprises.

The client's level of motivation to apply the servitization strategy depends on his trust in the customer, that is, the higher the level of trust in the services, the higher the client's motivation to apply the servitization strategy.

Companies that focus on trust with customers have better profit margins than those that rely on the commercial success of mass sales.

To increase customer confidence, it is necessary to implement a three-step system of building trust:

1. Building a close relationship with the client: create a personalized offer, provide special conditions.
2. The belief in performance. Demonstrate a return on investment that demonstrates the benefits of collaboration. Convince there are no risks.
3. Demonstration of cooperation. Developing demand, increasing the amount of contracts, increasing customer loyalty.

Enterprises must convince their customers that the accompanying services to the product being sold are of high quality, the staff is trained and trained more narrowly than third-party contractors, while the service support is cost-effective and reliable.

Implementing servitization is a complex process. But if all market participants come to a common understanding of the benefits and benefits of using servitization strategy as a marketing strategy for enterprise development, the implementation process will be successful and fast.

Kazakhstani industrial enterprises are ready to introduce servitization. 54% of the surveyed companies provide services tailored to the needs of customers and 33% provide specific services.

The functioning of the industrial market is strikingly different from the mass market. Therefore, many standard marketing tools do not work in the industrial market.

The global economic crisis observed in the past few years has brought significant adjustments to the business activities of industrial enterprises; currently, companies are in a constantly changing economic environment and are forced to find new ways for their stable functioning and future development. It is obvious that in the modern economic environment, innovation is becoming a fundamental factor in achieving the set goals.

World experience shows that at the moment, in the new conditions of the crisis, there is a significant change in the structure of demand, there is a transition from traditional goods to new, improved, innovative ones. Only those companies that are actively pursuing innovation activities and developing research and development have chances for promising economic development. At the same time, it is worth considering the fact that the production of innovative products is becoming insufficient, an effective and competent marketing strategy is needed to promote new products to the market.

More and more innovative companies in the course of their activities come to the understanding that marketing is not intrafirm management, but a whole concept of innovative marketing in enterprise management. In the process of functioning of an innovative enterprise, marketing takes an increasingly serious position, due to the fact that the production and promotion of innovative products carries great risks and a positive economic result is not always guaranteed [13].

Marketing at an innovative enterprise is designed to organize the promotion of an innovative product in such a way that the supply and demand for innovative products coincides with the needs of consumers and the capabilities of the enterprise. Marketing strategies for promoting innovative products in the industrial market must be global in nature. Provide value not only for customers, but also for the industrial enterprise itself.

After analyzing the experience of production and implementation of innovative products at enterprises, the author notes that research is becoming an important point in the formation of a marketing strategy. Marketing research is a mandatory element for the release of an innovative product at every stage of creation and distribution. Based on the results of marketing research, enterprises adapt an innovative product to customer requirements, monitor and evaluate the correctness of measures to bring an innovative product to the market [14].

According to the IMF report, a group of companies has emerged in the industrial market of Kazakhstan that are most ready to implement a servitization strategy. Moreover, many enterprises are already introducing certain elements of servitization: software for tracking customer requests, automated programs for tracking installed products on the client's premises, etc. Implementation of advanced software, staff training are important steps on the road from product marketing to a servitization strategy.

However, along with the obvious advantages of introducing servitization to the market, the following problems can be noted:

- Lack of funding. The maintenance development program for the manufactured product requires significant funding, for which many enterprises do not have enough funds. Industrial enterprises in Kazakhstan are highly dependent on government investment;
- Low qualification of personnel. Industrial enterprises are experiencing a shortage of qualified personnel. In-house training is not always possible due to high costs. Serious support is required from the state in providing enterprises with qualified personnel;
- Actual education. Due to the changing conditions of production and service in production, academic education in universities and colleges should be revised taking into account new realities and requirements;
- Lack of service companies.

The growing role of marketing in the management of an industrial enterprise is directly related to the objective tendencies of increased competition, liberalization of foreign economic relations.

In the process of developing and using specific marketing tools, it is necessary to use a differentiated approach, taking into account the characteristics of the enterprise and the specifics of the industry. Consequently, there is an increasing need for focus and validity of the adopted marketing strategies that can determine the overall global goals of the enterprise in the market.

An effective and efficient marketing strategy must be flexible and adaptable to changes in the macro and micro environment. It is necessary to observe the principle of compliance of the alternative of marketing programs with strategic plans to improve the performance of an industrial enterprise [15].

Servitization strategy as a marketing strategy capable of ensuring sustainable competitive development of an enterprise, and also allows for an adaptation process between the internal environment to changes in the external environment.

Such characteristics as servitization level and motivation level have the maximum influence on profit and market share indicators. Which implies that managers pay close attention to these characteristics in the process of implementing servitization strategies.

The introduction of servitization in the enterprise should lead to an improvement in the economic performance of the enterprise, based on the research results, the higher the level of servitization in the enterprise, the higher the profit and market share indicators.

The use of the servitization strategy as a marketing strategy for promoting an innovative product in the industry gradually leads to an improvement in relations in the industrial market. Trust helps to carry relationships through difficult situations and allows not only not to destroy the relationship, but even create added tangible and intangible benefits [16].

The use of the strategy of servitization as a marketing strategy for promoting an innovative product in industry gradually leads to a renaissance of relations in the industrial market. Long-term relationships are built on trust. Trust helps to carry relationships through difficult situations and allows not only not to destroy relationships, but even to create added tangible and intangible benefits.

REFERENCES

- [1] Bae, Jae. A Study on Technical Issues and Institutional Issues of BigData Analysis Market: Focusing on the In-depth Interview Method // Asia-Pacific Journal of Multimedia services convergent with Art, Humanities, and Sociology. 2017. – # 7. – P.885-894. DOI: 10.14257/AJMAHS.2017.05.46.
- [2] K. Sam, Editor, Jcsis. BigData Concepts and Architecture. 2020/
- [3] Camgoz Akdag, Hatice. 3 BigData chapter. 2020.
- [4] Chuduc Hoang, Le Chi Hieu. Bigdata analytics: An overview and future trends. 2020. DOI: 10.13140/RG.2.2.28228.24963.
- [5] Crie, Dominique. (2016). BigData, Marketing, Consommateurs, Citoyens et Entreprises.
- [6] Lai Bo-Cheng Chen, Chun-Yen, Hsin, Yi-Da, Lin Bo-Yen. A Two-Directional BigData Sorting Architecture on FPGAs. IEEE Computer Architecture Letters. 2020. – P. 1-8. DOI: 10.1109/LCA.2020.2993040.
- [7] Hashem, Hadi Ranc D. An integrative modeling of BigData processing. 2015. – #12. P.1-15.
- [8] Finne M., Turunen T., Eloranta V. Striving for network power: The perspective of solution integrators and suppliers // Journal of Purchasing and Supply Management. 2015. – №21(1). – P. 9–24.
- [9] N. Srivastava. Improving Neural Networks with Dropout. Master's thesis, University of Toronto. – 2013. – P. 150.
- [10] Thomas S., Gruca Lopo L., Customer Satisfaction, Cash Flow and Shareholder Value // Journal of Marketing. 2015. – № 69. – P.115–130.
- [11] Flowerdew J. Concordancing as a Tool in Course Design / J. Flowerdew // M. Ghadessy, A. Henry, and R.L. Roseberry (eds), Small corpus studies and ELT. - Amsterdam: John Benjamins, 1993. - Pp. 71-92.
- [12] Mathieu V. Product services: From a service supporting the product to a service supporting the client // Journal of Business & Industrial Marketing. 2017. – № 16(1). – P. 39–58
- [13] Ulaga W., Loveland J. M. Transitioning from product to service-led growth in manufacturing firms: Emergent challenges in selecting and managing the industrial sales force // Industrial Marketing Management. 2014. – № 43(1). – P. 113–125.
- [14] Lakshman, Aarepu Sharma, Dr. Yogesh. (2019). A review on data mining and bigdata. international journal of computer engineering & technology. DOI: 10.1034218/ijcet.10.1.2019.014.
- [15] Neely A. Exploring the financial consequences of the servitization of manufacturing // Operations Management Research. 2018. – № 1(2). – P. 103–118.
- [16] Vargo S., Lusch R. From good to service(s): Divergences and convergences of logics // Industrial Marketing Management. 2014. – № 37(3). –P. 254–259.

ИННОВАЦИОННО-ПРОДУКТИВНО-ЖИЗНЕННАЯ СТРАТЕГИЯ КАЛЫПТАСТЫРУ ҮШІН ҮЛКЕН ДЕРЕКТЕРДІ ТАЛДАУДЫ ҚОЛДАНУ

А.В.Малдынова¹, М.С. Салыкова², М.Б. Амреев²

¹Халықаралық бизнес университеті, Алматы, Қазақстан

²«Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті» КеАҚ, Қазақстан

Аңдатпа. Үлкен деректерді талдау құралдарын пайдалану өнеркәсіптік революцияға және жаппай өндірістің жаңа әдістерін жасауға ықпал етті. Инновациялық экономикада жаңа білімді қолдану нәтижесінде өнеркәсіптік кәсіпорындар жақсы экономикалық көрсеткіштерге ие және үлкен деректерді талдау әдістерін қолданады, мысалы, баға белгілеуде.

Зерттеулерге негізделген деректер сервитизация стратегиясына нарықтың көзқарасы мен жалпы көңіл-күйін анықтау мақсатында сарапшылар арасындағы әңгімелесу барысында алынды. Нарық қатысушылары сервитизация стратегиясын туралы оң пікір білдіретіні анықталды, компаниялар оны қолдану қажеттілігін растайды.

Деректерді талдау негізінде клиенттердің серіктес кәсіпорындардың қызметіне деген сенімділігі мен адалдығын арттыру бойынша ұсыныстар қалыптастырылды.

Түйін сөздер: үлкен мәліметтер, инновациялық өнім, білім, клиенттердің сенімі

ПРИМЕНЕНИЕ АНАЛИЗА БОЛЬШИХ ДАННЫХ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ СТРАТЕГИИ ПРОДВИЖЕНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОДУКТОВ

А.В. Малдынова¹, М.С. Салыкова², М.Б. Амреев²

¹Университет международного бизнеса, Алматы, Казахстан

²НАО «Казахский национальный аграрный университет», Казахстан

Аннотация. *Использование инструментов анализа больших данных способствовало промышленной революции и разработке новых методов массового производства. В результате использования новых знаний в инновационной экономике промышленные предприятия имеют хорошие экономические показатели и используют методы анализа больших данных, например, для ценообразования.*

Данные, на которых основано исследование, были получены в ходе бесед между экспертами с целью выяснения отношения и общего настроения рынка к стратегии сервитизации. Выявлено, что участники рынка положительно отзываются о стратегии сервитизации, компании подтверждают необходимость ее применения.

На основе анализа данных сформированы предложения по повышению уровня доверия клиентов и лояльности к услугам предприятий-партнеров.

Ключевые слова: большие данные, инновационный продукт, знания, доверие клиентов.



АВТОМАТИКА, ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И КИБЕРБЕЗОПАСНОСТЬ

МРПТИ 34.57.23; 34.17.53

RECENT ADVANCES ON ARTIFICIAL INTELLIGENT TECHNIQUES FOR BREAST CANCER DIAGNOSIS

A. Mashekova^{1,3}, Y. Zhao^{1*}, EYK Ng², V. Zarikas¹, O. Mukhmetov^{1,3}

¹ Department of Mechanical and Aerospace Engineering, School of Engineering and Digital Sciences, Nazarbayev University, Nur-Sultan, Kazakhstan

² School of Mechanical and Production Engineering, Nanyang Technological University, Singapore

³ Nazarbayev University Research and Innovation System, Nur-Sultan, Kazakhstan

e-mail: yong.zhao@nu.edu.kz

Abstract. One of the most common causes of disease-related death among young women in almost every country in the world is the breast cancer. Valid and timely diagnosis of the breast cancer is vital, as its earlier identification considerably helps any further treatment. There are several methods for breast cancer identification. This paper acknowledges that the gold standard method of breast cancer identification is mammography, which can be further assisted with the adjunctive tool of thermography. For both these techniques there are many research approaches that use computer-aided detection systems to improve the detectability of the breast cancer which are based on these basic methods. The developments are mainly based on the recent progress in the field of machine learning techniques, numerical simulation, and statistical methods. They span a broad range of the artificial intelligence (AI) field. The paper elaborates on these recent and future paths of progress in the field of artificial intelligence for breast cancer diagnosis.

Keywords: breast tumor, thermal patterns, thermography, artificial intelligence, Neural Network, Bayesian Networks.

INTRODUCTION

One of the most common causes of disease-related death among young women in developing countries is breast cancer [1]. Among the several significant causes, changes in the genome in a cell caused by various factors such as hormonal dysfunctions or external causes can lead to the development of cancerous cells. Genetic predisposition such as BRCA1 and BRCA2 genetic mutations, burdened family history, lack of childbirth, abortions and age are main risk factors that may cause development of tumor. Also, lifestyle with pernicious habits, like smoking, alcohol, obesity, lack of physical activities [3, 4]. As far as the successful treatment is concerned the stage of disease plays an important role in the recovery procedure [2].

In Kazakhstan, the annual rate of mortality per 100,000 women because of breast cancer has increased by 9%, which is 0.39% increment per year [5] since 1990 as seen in Figure 1. Statistics show that the breast cancer accounts for 11.7% of all cancer cases including both genders [6]. In 1991, breast cancer cases were around 10 cases per 100,000 citizens, after 22 years the number of cases has increased 3 folds. On the other hand, number of lung cancer cases is also steadily increasing, which is the main cause of the death among men.

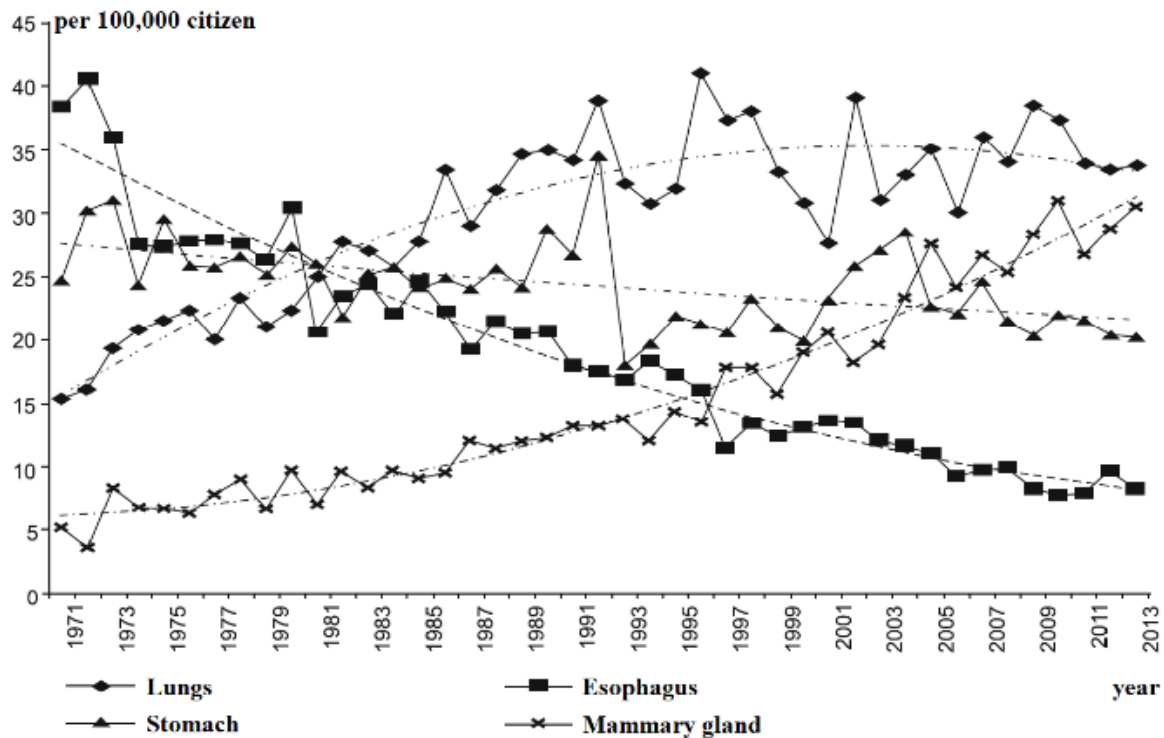


Figure 1 – The dynamics of cancer incidence of various localizations [7]

The last studies conducted by Medical University of Semey in Kazakhstan, revealed that 43.2% of cases are diagnosed at 3rd stage, 40.8% at 2nd stage, 14.2 % at 4th stage, and only 1.8% at 1st stage. According to the stages of cancer development, patients with stages 2 and 3 of the disease were more common (84% in total). This is because stage 1 breast cancer is only determined by mammography, without clinical manifestations. At the 4-stage cancer tumor is fully developed and the patients have sought medical help already. Therefore, these stages 1 and 4 are in the minority.

The diagnosis of cancer at early stages is crucial for treatment and reduction of mortality, when treatment can be started early while tumor size is small and does not have any symptoms. Therefore, usage of the latest developments in technique and artificial intelligent can help in breast cancer diagnosing.

1 METHODOLOGY

1.1 Bases

The review paper consists of the scientific papers from such databases as: ScienceDirect, Scopus, PubMed Central, Research Gate, IEEEExplore, etc. In addition, the reference list of the papers was used to find the related papers.

1.2 Keywords

Different keywords and their combinations were used to find the related papers. The keywords include: “Infrared thermography”, “Deep learning”, “Artificial Intelligence”, “Numerical Simulation”.

1.3 Elimination and insertion criteria

To find the most relevant articles for the review the following criteria was considered:

- Improvement in the performance of the system.
- Recent developments in artificial intelligence approaches for breast cancer diagnosis.
- Practical relevance of the study.

1.4 Critical Review and Analysis

The selected papers were reviewed and critically analyzed in terms of their strengths and weaknesses in the research presented and the technologies developed.

2 THE GOLD STANDARD METHOD AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNIQUES

Currently, mammography is considered to be the most appropriate method for breast cancer detection. It consists of three stages: detection, analysis, and final assessment/management. The first stage includes the breast mammography image segmentation into different types of regions, such as foreground (breast) and background. In the second stage in order to investigate the image in more details the set of ROIs (Regions of Interest) are extracted from it. Finally, the third stage will determine whether the tumor is noncancerous or cancerous. Based on the finding, final decision on the treatment can be made [8]. This traditional screening process is mostly performed manually and qualitatively by specialists.

In many cases the findings are laborious and prone to human errors as some breast masses are not considered and these may turn out to be cancerous after biopsies [8]. To overcome this problem, automated mass detection systems using deep learning techniques have been investigated to improve the clinical practice by providing a consistent quantitative analysis and assessment approach with decrease in the dependence on radiologist's experience. Many of the recent studies have focused on exploring deep learning using breast mammography by replacing or excluding some of the stages in traditional three-stage process. For example, Dynamic Neural Network (DNN) had been applied in breast mass detection and classification of ROIs into one of the determined categories [9-20].

The history of the medical decision support systems (DSSs), as well as clinical decision support systems (CDSSs) started almost 40 years ago. The first works in this field were Shortliffe, 1976, Miller & Masarie, 1989 [21,22]. In the beginning knowledge and inference of CDSSs consisted of the simple rules [21, 23-29]. Further development of the CDSSs lead to the embedding such rules and algorithm as: fuzziness Fuzzy logic, Bayes' rule, Bayesian belief network, decision trees and artificial neural networks. Furthermore, in order to present temporal and spatial medical knowledge other CDSS comprise structural representations and special knowledge representation schemes [23-29].

Deep learning has demonstrated immense success in next-generation challenges such as object recognition in natural images, machine translation, and automatic speech recognition. This has attracted increased interests to apply deep learning techniques such as Deep Convolutional Networks (DCN) to medical imaging such as mammograms. Convolutional Neural Network (CNN) model is a deep learning technique used for the understanding of the images. The perspective of such networks has been presented by many researchers in the area of mammography.

Domingues et al. [10] presented findings on binary classification between cancer and non-cancer breast mass lesions derived from the INBreast database. This was further developed by exploring deep learning methods for mass detection on mammogram images. Several classifiers were tested, and special attention was given to Deep Learning methodologies and particularly the Support Vector Machines (SVM) technique. It was shown that these methods may find masses of different sizes in different locations. However, there could be a number of false positive results.

Carneiro et al. [17] presented a new way for identifying of masses from the mammograms by connecting deep learning with the random forest approach. The first stage of the system consists of the combination of the multi-scale deep belief network (m-DBN) [11,15] and Gaussian mixture model classifier for the selection of a set of regions that represent the breast masses. The second stage consists of a cascade of deep convolutional neural networks, which not only can decrease the number of false positive results, but also maintain most of the true positive results. The third stage extracts the texture and morphological features so that these can be further classified by a random forest classifier.

Ertosun et al. [12] presented a deep learning-based visual search and localization of masses routine using mammography images. There are two modules. The first is the classification engine and the second is the localization engine. In the classification engine, the system classifies the mammograms to determine whether there is mass or no mass using a deep learning classifier. The next engine then localizes the mass or masses within the mammogram by exploring a regional probabilistic approach as leverage in a deep learning network. The accuracies of the first and second stages were 85%, and 85% respectively with an average of 0.9 false positives per image.

Becker et al. [18] presented the study of a breast imaging CADx system on the bases of the deep neural networks with transfer learning. The work compared previously developed analytically extracted hand-crafted CADx features, pre-trained CNN-extracted features, and an assembly classifier developed using both forms of features. The validation results show that the classifier with both types of feature had the best performance metric.

Levy et al. [14] applied end-to-end CNN in order to categories breast tumour as cancer or non-cancer. The study used a combination of transfer learning, careful pre-processing, and data-augmentation. The

results showed a probability of 0.934 in recall at 0.924 precision. This surpasses human performance recall results which ranges between probability of 0.745 and 0.923.

Arevalo et al. [15] presented the grouping of tumour in mammography, which aims to directly learn the content of these images using supervised learning. The framework uses the modern image features such as histogram of oriented gradients (HOG) and histogram of gradient divergence (HGD) descriptors. The assembly of learned and hand-crafted features led to the superlative descriptor for tumour classification.

Mordang et al. [16] dedicated his study on the detection of macro calcification candidates by using convolutional neural network. The findings indicated that CNN had a significantly higher mean sensitivity compared to the state-of-the-art method cascade classifier: 0.6914 ± 0.0041 (mean $\pm$ stdev) versus 0.6381 ± 0.0038 ($p < 0.001$). The work concluded that CNN outperformed the cascade classifier in terms of sensitivity for the whole specificity range.

The above review shows that there are a number of ongoing works in this field. Almost all these works are based on mammograms with very little emphasis on the preliminary mass screening stage. Currently the use of thermograms has not been fully investigated. There are long-term prospects to apply the techniques to thermograms. An integrated system for the early detection of breast tumor incorporating thermograms with cancer risk markers will complement the existing work with mammograms.

3 THERMOGRAPHY AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE METHODS

It is well-known, that the probabilities for effective treatments of breast cancer are reliant on the stage of malignant tumors. The likelihoods are clearly higher as soon as the tumors are detected in the initial stages of growth. To improve the chances for effective treatment, the accuracy of early detection of malignant tumor is life-threatening. The first step of the process will involve the detection of tumor development. Thermograms will be suitable for this preliminary screening stage. The technique is based on the phenomenon of higher metabolic rates of growing tumors compared with surrounding tissues. This leads to hyperthermia, i.e. elevated temperature in surrounding regions of the breast. As such, thermal imaging can be used to identify and classify the growing tumor inside the breast. It is known that each breast has a unique thermal pattern that should not vary with time, much like a fingerprint. With the development of a growing tumor in one of the breasts, the thermal patterns of this breast will deviate from the baseline pattern. As the tumor grows, the deviation should increase. By continuous monitoring and comparing the thermal patterns of the left and right breasts over a period of time, abnormalities such as tumor growth can be detected. Any significant changes between the left and right breasts could define abnormal development inside one of the breasts and warrants an investigation. In the last two years we have been developing the intelligent system to identify the tumor position and size [29-36], which is based on patient specific data and inverse thermal modeling using design optimization techniques. This approach is simple, and it provides the continuous personalized monitoring quantitatively without complex and expensive medical facilities. It is relatively inexpensive and noninvasive with great potential for mass screening applications.

In real life medical problems, it is common practice to apply different Artificial Intelligence (AI) tools in order to provide practical and successful solutions. Artificial Neural Network (ANN) is a widely used analytical tool, which assists the physicians in diagnosis of patients with breast tumors.

Ng and Kee [37] employed both ANN and bio-statistical methods to identify malignant tumors using thermograms. There were 82 patients thermograms analyzed, which consisted of 30 asymptomatic, 48 benign and 4 malignant. The inputs of the ANN were identified by the use of a regression analysis. The authors achieved 80.95% in accuracy in tumor diagnosing, whereas the accuracy of the radial basis function of neural network was 75% in unhealthy population, and 90% in healthy population.

Mital and Pidarati [37] used several methods, such as ANN, genetic algorithm (GA) and thermal simulations together in order to bond temperature of skin surface with the locations of tumors in terms of tumor depths and sizes. The ANN was trained with tumor features in order to characterize surface temperature distribution. In addition, GA was employed to find suitable features of the tumors, based on a layered semi-spherical breast. Numerical simulation was used to find correlation between surface temperature distribution and simulated temperature distribution. The errors were within 5 and 2 mm in terms of the tumor depth and size, respectively.

The study in [38] investigated the application of ANN with thermography for the early diagnosis of breast cancer. It was concluded that without large population of data it was impossible to train reliable ANN. Therefore, numerical simulation, as well as thermograms, were used for ANN training. Thus, using numerical inputs can greatly improve the training, since changing tumor parameters in a numerical breast model produces new training data and the number of available cases becomes unlimited by the amount of

clinical data. On the other hand, to produce precise surface temperatures the numerical model applied must be well validated by clinical data.

Saniei et al [39] trained a dynamic neural network to estimate the location and metabolic heat generation of the tumor in the breast based on the surface temperature distribution. Results of the research demonstrated that the estimation error of depth was higher than the estimation error of size. The deep-seated tumors had also larger errors than other cases. The findings matched actual parameters and offered the possibility of determination of necessary parameters from a group of surface temperature data.

Wahab et al [40] suggested to use multiple features retrieved from a range of numerical simulations carried out by the use of different tissue compositions of breast models which were fed into an optimized ANN system of 6-8-1 network architecture with a momentum constant value of 0.3, iteration rate of 20000, and a learning rate of 0.2. The total accuracy of 96.33% and 92.89% for testing and validation respectively was achieved.

Pramanik et al [41] developed an automatic method of breast thermographic analysis. There are three main steps in the analysis: segmentation of breast regions from the original images, extraction of features, and classification and performance analysis using the ANN. The first step was based on the Otsu's thresholding approach followed by a reconstruction method. The third stage based on the feed-forward ANN with gradient descent training classification of the thermograms were executed. The disadvantage of the study is the limited number of the thermograms, namely 306 thermograms of 102 breast cancer patients were employed. The accuracy, sensitivity and specificity obtained in the proposed system were 90.48%, 87.6%, and 89.73%, respectively.

Raghavendra et al. [42], developed an preliminary screening computer-aided diagnostics system based on the histogram oriented gradients, which further uses kernel locality preserving projection (KLPP) to extract descriptors. The generated KLPP features are ranked and classified. To validate the developed system various machine learning techniques was used. The obtained results showed their effectiveness, where the accuracy was equal to 98%, sensitivity was 96.66%, specificity was 100% and area under the curve was 0.98.

Etehadtavakol et al. [43], conducted a study investigating lazy snapping method for the segmentation the region of interest. The study concluded that lazy snapping is one the most appropriate and effective methods for the segmentation, as it took short time to differentiate the hottest or coldest region of interest, in addition it produces results in the real time.

Ragvahendra et. al. [44], presented the comprehensive revision of computer-aided diagnostics system for breast tumor screening using thermograms. The paper focuses on the advantages and disadvantages of the CAD systems, as well as suggesting further improvement of the system. The work can be used as a basis of further development of the CAD systems, that explore machine learning methods for the tumor detection.

Thus, the reviewed articles showed high accuracy of the ANN used in combination with other approaches to diagnose the breast tumor. The results of the studies agreed with the actual parameters and the technology thereby has the potential to identify the required parameters from breast surface temperature data. Therefore, ANN, CNN can be further developed and integrated with other physics-based simulation methods for intelligent systems for the breast cancer identification. Another future research direction for AI in thermography is to use CNN as an AI-based diagnostic tool for breast cancer diagnosis as it has been applied successfully in using mammography due to its efficiency in handling images compared to ANN, but no research has been carried out to evaluate its capability in using thermography for diagnosis. Furthermore, it can be a potentially powerful patient specific diagnostic tool by combining it with physics-based reverse thermal modeling methods [31] as a front-end fast screening tool.

4 BAYESIAN NETWORKS FOR MEDICAL DIAGNOSIS

Knowledge representation and decision-making are important tasks, in the field of medicine where many parameters are involved and interrelated to make a decision. Thus, several Artificial Intelligence (AI) methodologies and techniques have been applied to represent medical knowledge: production rules, semantic nets, Bayesian networks (BNs), frameworks, scripts, statements, logic, causal networks, etc. Perhaps one of the most successful tools for medical diagnosis is the Bayesian probability theory [45] based on representation of knowledge and approximation of reasoning with uncertainty [46-48]. Bayesian Networks (BNs) [46] proved to be effective in the decision support tasks emerging from a significant number of applications in the medical field [49]

Bayesian Networks and Neural networks are very strong machine learning tools, but at the same time they are conceptually different. Modern Neural networks in the last ten years surprised all researchers with

their incomparable ability to recognize patterns. Their applicability to real life AI problems attract the interest of many investors and companies. However, the way that they find solutions is a black box. Bayesian Networks on the other hand are very useful for medical like problems where one can build an expert model for diagnosis or for industrial problems of reliability and troubleshooting. Bayesian networks are conceptually different in the sense that they encapsulate the knowledge from data in variables that can be concepts of a domain expert. Furthermore, this is the only framework that can provide causal reasoning that explores causes and effects.

Bayesian networks (BNs) are probabilistic models that can encode any type of certain or uncertain knowledge. Thus, they provide a mathematically adequate way to set up a knowledge representation scheme. Furthermore, it is the only mathematically consistent way to make decisions. BNs can be associated with supervised or unsupervised learning techniques in order to utilize historic data and make intelligent predictions. With the help of BNs we can also discover causal connections.

Given n variables $X_1, X_2, \dots, X_n$, a BN is a graphical factorization of the joint probability distribution of the n dimensional variable X with components X_i . A BN is defined by a directed acyclic graph “ G ” determining the conditional independencies among the variables of and a set of local probability distributions. There are also directed arcs from a variable X_i to another variable X_j , (*parent* of X_i). Let us name all the parents that variable X_i has as $Pa(G)_i$. This graph structure results in a factorization of the joint probability distribution for X :

$$p(X) = \prod_{i=1}^n p(X_i | pa(g)_i)$$

BNs have already been used in a variety of different engineering fields, yet only a few works utilize BNs for predictive maintenance. Among a large variety of machine-learning algorithms, those based on Bayesian Networks attract particular interest for handling diagnosis and troubleshooting. As the name suggests, BN are based on the Bayes’ rule, given by the following expression:

$$p(A | B) = \frac{p(B | A)p(A)}{p(B)}$$

where $p(A)$ is the *prior* probability of an event A and $p(B)$ is the normalizing constant. The prior probability $p(A)$ can be viewed as an initial belief about event A before any information about event B is considered. The conditional probability $p(A|B)$, also called the *posterior* probability, represents the probability of A occurring given B has already occurred. Similarly, $p(B|A)$, also called the *likelihood*, is the conditional probability of B occurring given A has already occurred. Bayes’ rule can be used to update the prior probabilities based on new evidence; this process is called the Bayesian inference. Given the effectiveness of BNs in causal reasoning in the engineering and medical fields, we hypothesize that they would have great potentials in applications in intelligent patient-specific breast cancer diagnosis.

5 FUTURE DEVELOPMENT AND DIRECTIONS

It is expected that patient specific diagnosis for breast cancer will be a major trend in future development in breast cancer research, which is based on technology advancements in medical imaging and scanning, AI and physics-based inverse simulation.

For a successful identification of the tumor being cancerous, the thermograms must be integrated with risk markers such as age, medical conditions, lifestyles, dietary habits, genetics, etc. The thermograms need to be quantified and classified based on the associated parameters. Then they should be stored in correctly designed database, in which data mining and deep learning techniques can be applied to predict the development of cancerous tumors. The methodology known as risk markers for cancer existence on thermograms is still an open area of research. Another development is to combine data-driven machine learning with physics-driven inverse thermal simulation [31] for more patient specific and quantitative diagnosis of breast cancer.

It is envisaged that the findings could further be exploited to assist in the guidance and tele training of surgeons for cancerous breast operation procedures. Furthermore, computer-aided-diagnostics like the one under discussion can help medical experts from different countries to collaborate and discuss the treatment of complex cases.

CONCLUSION

Computer-aided diagnostics in healthcare have already confirmed its efficiency and accuracy. Recent development and expansion in the field of thermography also show its effectiveness. The study presents a comprehensive review of the methods and techniques that can be used to identify the breast cancer at its earlier stages, which is very important for further treatment. In addition, it is shown that numerical simulation can be helpful in producing additional inputs for the artificial neural network or Bayesian network. Therefore, combining the physics-driven simulation, data-driven AI and thermography will likely lead to the development of revolutionary diagnostic systems for breast cancer. Such a development of computer-aided diagnostics can further scale the real-time decisions resulting to a reliable expert model.

Acknowledgement

The authors are grateful to Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan for financing this work through the grant for the “Development of an intelligent system for early breast tumor detection and cancer prediction” (AP05130923) and Nazarbayev University Research and Innovation System for administrating the research project.

REFERENCES

- [1] Francis, S. V., Sasikala, M., Jaipurkar, S. D. Detection of Breast Abnormality Using Rotational Thermography. In Application of Infrared to Biomedical Sciences – Singapore: Springer, 2017 – C 133 – 158.
- [2] Sheeja F. V., Sasikala M., Bharathi G. B., Jaipurkar S. D. Breast cancer detection in rotational thermography images using texture features // Infrared Physics & Technology – 2014 – № 67 – C 490 – 496.
- [3] Breast Cancer Treatment (PDQ®). NCI. 23 May 2014. Archived from the original on 5 July 2014. Retrieved 29 June 2014
- [4] World Cancer Report 2014. World Health Organization. 2014. pp. Chapter 5.2. ISBN 978-92-832-0429-9
- [5] HealthGrove. 2013. Breast Cancer in Kazakhstan. Retrieved November 15, 2017, from <http://global-disease-burden.healthgrove.com/1/33097/Breast-Cancer-in-Kazakhstan>
- [6] Sejtказина, G. D., Bajpeisov, D. M., Sejsenbaeva, G. T., Oncological services RK. A. A. P. Kazakhstan for 2011(statistical material) / Indicators Oncology Service of the Republic of Kazakhstan for 2013 (statistical material), 2012.
- [7] Apsalikov B.A., Manambaieva Z.A., Belikhina T.I., Adilkhanov T.A., Dauletiarova M.A., Apsalikov K.N. The dynamics of morbidity of breast cancer in the Eastern-Kazakhstanskaia oblast and role of radiation factor // Problem isocialnoi gigieni, zdravookhranenia i istorii meditsini (Problems of social hygiene, public health and history of medicine, Russian journal) – 2016 – № 24 (1) – C 7 – 10. DOI: 10.1016/0869-866X-2016-1-7-10
- [8] Minsky M. Has AI contributed to an understanding of the human mind? Mind Design J. Haugeland, Ed. / Cambridge, MA: MIT Press, 1981 – C 95 – 128.
- [9] Oliver A. A review of automatic mass detection and segmentation in mammographic images // Med I A – 2010 – № 14 (2) – C 87 – 110.
- [10] Domingues I., Cardoso J. S. Mass detection on mammogram images: a first assessment of deep learning techniques / Cambridge, MA, 2013 – 200 c
- [11] Dhungel N., Carneiro G., Bradley A. P.. Automated mass detection in mammograms using cascaded deep learning and random forests. // International Conference on Digital Image Computing: Techniques and Applications. IEEE, 2015 – C. 1–8
- [12] Ertosun M. G., Rubin D. L. Probabilistic visual search for masses within mammography images using deep learning. // IEEE International Conference on Bioinformatics and Biomedicine. IEEE, 2015 - C 1310–1315
- [13] Huynh B. Q., Li H., Giger M. L.. Digital mammographic tumor classification using transfer learning from deep convolutional neural networks // Journal of Medical Imaging – 2016 № 3 (3) – C 501-509
- [14] Levy D., Jain A. Breast mass classification from mammograms using deep convolutional neural networks. Journal of Medical Imaging – 2017 № 4 (2) – C 105-111

- [15] Arevalo J., Gonzalez F. A., Ramos-Poll R., Oliveira J. L., Lopez M.A.G. Representation learning for mammography mass lesion classification with convolutional neural networks // *Computer methods and programs in biomedicine* – 2016 – № 127 – C 248–257.
- [16] Mordang J. J., Janssen T., Bria A., Kooi T., Gubern-Merida A., Karssemeijer N.. Automatic microcalcification detection in multivendor mammography using convolutional neural networks. // *Springer: International Workshop on Digital Mammography*, 2016 – C. 35–42
- [17] Carneiro G., Nascimento J., Bradley A. P.. Unregistered multiview mammogram analysis with pre-trained deep learning models // *International Conference on Medical Image Computing and Computer Assisted Intervention*. Springer, 2015, – C. 652–660
- [18] Becker A. S., Marcon M., Ghafoor S., Wurnig M. C., Frauenfelder T., Boss A.. Deep learning in mammography: Diagnostic accuracy of a multipurpose image analysis software in the detection of breast cancer / USA: *Investigative Radiology*, 2017
- [19] Warren R. Screening Women at High Risk of Breast Cancer on the Basis of Evidence. // *Eur. J. Radiol.* – 2001 – № 39 (1) – C 50–59
- [20] E.H. Shortliffe. *Computer-Based Metrical Consultations: MYCIN* / North Holland, New York: Elsevier, 1976.
- [21] Miller R.A., Masarie F. E. J. Use of the Quick Medical Reference (QMR) program as a tool for medical education // *Methods of Information in Medicine* – 1989 - № 28 – C 340 - 346
- 22 Yang Y.; Hu J.; Liu Y.; Chen X. A multiperiod hybrid decision support model for medical diagnosis and treatment based on similarities and three-way decision theory. // *Expert Systems* – 2019 - № 36 (3) – C 15-25
- [23] Gao Q.; Dong A. A Contextual Reasoning Research Based on the Uncertain Context. // *Proceedings of the 3rd IEEE International Conference on Robotic Computing*; IEEE: Naples, Italy, 2019
- [24] Jha S.K.; Pan Z.; Elahi E.; Patel N. A comprehensive search for expert classification methods in disease diagnosis and prediction. *Expert Systems* 2019, 36 (1)
- [25] Tselykh A., Tselykh L., Vasilev V., Barkovskii S. Knowledge discovery using maximization of the spread of influence in an expert system. // *Expert Systems* – 2018 - № 35 (6)
- [26] Nakasima-López S., Sanchez M.A., Castro, J.R. Big Data and Computational Intelligence: Background, Trends, Challenges, and Opportunities. // *Studies in Systems, Decision and Control* – 2018 № 143 – C. 183-196
- [27] Ung, S.-T. Development of a weighted probabilistic risk assessment method for offshore engineering systems using fuzzy rule-based Bayesian reasoning approach. // *Ocean Engineering* – 2018, № 147 – C 268-276
- [28] Quinn S., Bond R., Nugent C. Ontological modelling and rule-based reasoning for the provision of personalized patient education. // *Expert Systems* – 2017 - № 34 (2)
- [29] Mukhmetov O., Igali D., Zhao Y., Fok S. Ch., Teh S. L., Mashekova A., Ng EYK. Finite Element Modelling for the Detection of Breast Tumor. // *2018 IEEE 18th International Conference on Bioinformatics and Bioengineering*, Taiwan. DOI 10.1109/BIBE.2018.00078
- [30] Igali D., Mukhmetov O., Zhao Y., Fok S. Ch., Teh S. L. An Experimental Framework for Validation of Thermal Modeling for Breast Cancer Detection. // *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, 2018 – 408c doi:10.1088/1757-899X/408/1/012031
- [31] Mukhmetov O., Mashekova A., Zhao Y., Kwee N.Y.. Inverse thermal modeling and experimental validation for breast tumor detection by using highly personalized surface thermal patterns and geometry of breast (manuscript id: JMES-20-0347). // *Part C: Journal of Mechanical Engineering Science*, 2020 (accepted)
- [32] Zhao Y., Myrzhakhmet A., Mashekova A., Ng EYK, Mukhmetov O.. 3D numerical study of temperature patterns in a female breast with tumor using a realistic multi-layered model. // *Bulletin of National Academy of Science of the Republic of Kazakhstan*, 2021 (accepted)
- [33] Keyserlingk J. R., Ahlgren P. D., Yu E., Belliveau N., Yassa M.. Functional Infrared Imaging of the Breast. // *IEEE Eng. Med. Biol. Mag.* – 2000 - № 19 – C 30-41.
- [34] Head J.F., Elliott R.L. Infrared Imaging: Making Progress in Fulfilling its Medical Promise. // *IEEE Eng. Med. Biol. Mag.* – 2002 - № 21 – C 80-85.
- [35] Ng E.Y.K. A Review of Thermography as Promising Noninvasive Detection Modality for Breast Tumor // *International Journal of Thermal Sciences* – 2008 - № 48 - C 849-859
- [36] Ng E.Y.K., Kee E.C.. Advanced integrated technique in breast cancer thermography. // *J. Med. Eng. Technol.* – 2008 - № 32(2) – C 103-114

- [37] Mital M., Pidaparti R.M.. Breast tumor simulation and parameters estimation using evolutionary algorithms. // Model Simul Eng, - 2008 - № Special Issue - C 6 - 12
- [38] Kandlikar S.G., Perez-Raya I., Raghupathi P.A., Gonzalez-Hernandez J.S., Dabydeen D., Medeiros L., Phatak P. Infrared Imaging technology for breast cancer detection - Current status, protocols and new directions. // International Journal of heat and mass transfer – 2017 - № 108 – C 2303-2320
- [39] Saniei E., Setayeshi S., Akbari M.E., Navid M.. Parameter estimation of breast tumour using dynamic neural network from thermal pattern. // Journal of Advanced Research – 2016 - № 7 – C 1045-1055
- [40] Wahab A.A., Mohamad Salim M.I., Yunus J., Che Aziz M.N. Tumor localization in breast thermography with various tissue compositions by using Artificial Neural Network. // 2015 IEEE Student conference on Research and Development, 2015 – C 484-488
- [41] Pramanik S., Bhattacharje D., Nasipuri M.. Texture analysis of breast thermogram for differentiation of malignant and benign breast // International Conference on Advances in Computing, Communications and Informatics, ICACCI, 2016 – C 8-14
- [42] Raghavendra U., Rajendra Acharya U., Ng E. Y-K, Tan Jen-Hong, Gudigar A. An Integrated Index for Breast Cancer Identification using Histogram of Oriented Gradient and Kernel Locality Preserving Projection Features Extracted from Thermograms // Quantitative Infrared Thermography Journal – 2016 - № 13 (2) – C 195-209
- [43] Etehadtavakol M., Emrani Z., Ng E. Y. K. Rapid Extracting of the Hottest or Coldest Regions of Medical Thermographic Images // Medical & Biological Engineering & Computing, 2019 - № 57(2) – C 379–388, <https://doi.org/10.1007/s11517-018-1876-2>
- [44] Raghavendra U., Gudigara A, Rao T. N., Ciaccio E. J., Ng E.Y.K., Acharya U. R, Computer aided diagnosis for the identification of breast cancer using thermogram images: A comprehensive review // Infrared Physics & Technology – 2019 - № 102 – C 103 – 123. <https://doi.org/10.1016/j.infrared.2019.103041>
- [45] Jensen F.V. An Introduction to Bayesian Networks / New York: Springer, 1996
- [46] Bapin Y., Zarikas V. Smart building's elevator with intelligent control algorithm based on Bayesian networks. // International Journal of Advanced Computer Science and Applications – 2019 № 10(2) – C 16-24
- [47] Amrin A., Zarikas V., Spitas C. Reliability analysis and functional design using Bayesian networks generated automatically by an “Idea Algebra” framework. // Reliability Engineering and System Safety – 2018 - № 180 – C 211-225
- [48] Zarikas V., Papageorgiou E., Pernebayeva D., Tursynbek N. Medical decision support tool from a fuzzy-rules driven Bayesian network. // Proceedings of the 10th International Conference on Agents and Artificial Intelligence; SciTePress: Funchal, Portugal, 2018
- [49] Zarikas V., Papageorgiou E., Regner P. Bayesian network construction using a fuzzy rule based approach for medical decision support. // Expert Systems – 2015 № 32 (3) - C 344-369

ПОСЛЕДНИЕ ДОСТИЖЕНИЯ В МЕТОДАХ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ РАКА МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ

А. Машекова, Я. Жао, Э.Й.К. Нг, В. Зарикас, О. Мұхметов

¹ Инженерлік және цифрлық ғылымдар мектебінің машина жасау және аэроғарыштық инженерия бөлімі, Назарбаев Университеті, Нұр-Сұлтан, Қазақстан

² Машина жасау және өндіріс мектебі, Наньян технологиялық университеті, Сингапур

³ Nazarbayev University Research and Innovation System, Нұр-Сұлтан, Қазақстан
e-mail: yong.zhao@nu.edu.kz

Аннотация. Одной из наиболее частых причин смерти молодых женщин от болезней почти во всех странах мира является рак груди. Правильная и своевременная диагностика рака молочной железы жизненно важна, так как его раннее выявление значительно помогает при дальнейшем лечении. Есть несколько методов выявления рака груди. В этой статье рассматриваются, такие методы диагностирования как маммография и термография. Для обоих методов существует множество исследовательских подходов, в которых используются компьютерные системы обнаружения для улучшения выявляемости рака груди. Большинство разработок основаны на последних достижениях в области методов машинного обучения, численного

моделирования и статистических методов. Они охватывают широкий спектр области искусственного интеллекта (ИИ). В статье подробно рассматриваются возможные пути прогресса в области искусственного интеллекта для диагностики рака груди.

Ключевые слова: рак молочной железы, термография, искусственный интеллект, сверточная нейронная сеть, байесовские сети, машинное обучение.

СҮТ БЕЗІ ҚАТЕРЛІ ІСІГІН ДИАГНОСТИКАЛАУҒА АРНАЛҒАН ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТ САЛАСЫНДАҒЫ ӘДІСТЕРДІҢ СОҢҒЫ ЖЕТІСТІКТЕРІ

А. Машекова, Я. Жао, Э.Й.К. Нг, В. Зарикас, О. Мухметов

¹ Кафедра машиностроения и аэрокосмической техники, Школа инженерных и цифровых наук, Назарбаев Университет, Нур-Султан, Казахстан

² Школа машиностроения и производства, Наньянский Технологический Университет, Сингапур

³ Nazarbayev University Research and Innovation System, Нур-Султан, Казахстан
e-mail: yong.zhao@nu.edu.kz

Андатпа. Сүт безі қатерлі ісігі ауруы әлемдегі барлық елдердегі жас әйелдер арасында жиі кездесетін аурулардың бірі болып табылады. Сүт безі қатерлі ісігін дұрыс және уақтылы диагностикалау өте маңызды, өйткені оны ерте анықтау одан әрі емдеуге үлкен көмек береді. Сүт безі қатерлі ісігін анықтаудың бірнеше әдісі бар. Бұл мақалада маммография және термография сияқты диагностикалық әдістер қарастырылады. Екі әдіс үшін де сүт безі қатерлі ісігін анықтауды жақсарту үшін компьютерлік анықтау жүйесін қолданатын көптеген зерттеу тәсілдері бар. Көптеген әзірлемелер машиналық оқыту әдістерінің, сандық модельдеу мен статистикалық әдістердің соңғы жетістіктеріне негізделген. Олар жасанды интеллект (ЖИ) өрісінің кең спектрін қамтиды. Мақалада сүт безі қатерлі ісігін диагностикалауға арналған жасанды интеллект саласындағы прогресстің ықтимал жолдары егжей-тегжейлі қарастырылған.

Түйінді сөздер: сүт безі қатерлі ісігі, термография, жасанды интеллект, конволюциялық нейронды желі, байес желілері, машиналық оқыту.



АВТОМАТИКА, ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И КИБЕРБЕЗОПАСНОСТЬ

УДК 004.93`12

OPENCV КОМПЬЮТЕРЛІК КІТАПХАНАСЫНЫҢ КӨМЕГІМЕН ФИМАРАТТАҒЫ АДАМ САНЫН ЕСЕПТЕУ

Г.Г. Газиз, А.Қ. Ақмырзаева, Ж.П. Базарбек*, М.С. Жасұзақ

Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті, Алматы қаласы, Қазақстан
E-mail: zhaniya.bazarbek1998@gmail.com

Аңдатпа. Бұл мақалада нақты уақыт режимінде мекемеге кірген және шыққан адамдардың саны көрсетілді. Бұл жүйеде алдымен бейненің кіру және шығу нүктелері анықталды. Адам кіру және шығу нүктелерінен өткен сәттен бастап санақ жүре бастайды. Бұл жұмыста бір уақытта екі бөлмедегі адамдарға санақ жүргізілді. Адамдарды қажетті дәлдікпен санау үшін OpenCV кітапханалары мен компьютерлік көру тұжырымдамаларын қолдана отырып нақты уақыт алгоритмі құрылды. Ұсынылған жүйенің эксперимент нәтижесі нақты уақыт режимінде жоғары дәлдікке ие. Соңында адамдардың кіру және шығу орындарының жалпы саны мен мекемедегі адам саны көрсетілген.

Тірек сөздер: OpenCV, Python, адамдарды санау, компьютерлік көрініс, IP-камера.

Кіріспе

Компьютерлік көру техникасы барлық салаларда, соның ішінде автомобиль, денсаулық сақтау, банк, бөлшек сауда, ауыл шаруашылығы және басқа салаларда кеңінен қолданылады. Дереккөздердің мәліметтері бойынша, әлемдегі машиналарды көру нарығы 2019 жылы 9,9 миллиард АҚШ долларына бағаланған және 2025 жылға дейін 14,7 миллиард АҚШ долларына жетеді, ал 2020 жылдан 2025 жылға дейін CAGR 6,5 % құрайды [1].

Компьютерлік көру - бұл бүкіл әлемдегі ұйымдар мен академиктер арасында ең қарқынды дамып келе жатқан бағыттардың бірі. Осу себептеріне есептеу қуатының қол жетімділігі, компьютерде көру алгоритмдерінің ашық көзі және, әрине, арзан камералардың болуы жатады.

Әдетте OpenCV деп аталатын **ашық көзді** компьютерлік көру кітапханасы - бұл компьютерлік көру қосымшалары үшін жалпы инфрақұрылымды қамтамасыз ету және коммерциялық өнімдерде машинаны қабылдауды дамытуға арналған машиналық оқыту кітапханасы [1].

Intel ғылыми-зерттеу бастамасының аясында құрылған OpenCV кітапханасы, ең алдымен, есептеу тиімділігін қамтамасыз етуге, соның ішінде нақты уақыттағы қосымшаларға арналған. Осы мақалада зерттеушілер арасында осы ашық кітапхананың не себепті танымал болып отырғандығына егжей-тегжейлі тоқталайық. Ашық бастапқы платформалы кітапхана бірнеше интуитивті факторлардың әсерінен компьютерлік көрудің дамуында маңызды рөл атқарады. Бұл нақты уақыттағы көруге бағытталған кітапхана студенттерге, мамандар мен зерттеушілерге компьютерлерді көру жобаларын тиімді жүзеге асыруға көмектеседі, оларға тек бірнеше жетілген ғылыми зертханаларда қол жетімді машиналық оқытудың инфрақұрылымын ұсынды [2].

Google, Uber, Tesla, Apple, Intel және басқалары сияқты танымал ұйымдар бірнеше жылдан бері тұлғаны тану және нысандарды анықтау жобаларына белсенді түрде ақша салып келеді. Мысалы, Google-дің өздігінен жүретін автомобиль жобасы немесе Waymo сенсорлармен және камералармен жабдықталған берік өздігінен жүретін көлік құралдарын жасау үшін аянбай жұмыс жасады. Индустрия 4.0 қабылдағаннан кейін компьютерлік көзқарас елдер мен ұйымдар арасында кең таралды. Үндістан, Қытай, Жапония және т.б. елдер компьютерлік көзқарасты зерттеу мен дамытудың ыстық нүктелері болып табылады. Сонымен қатар, Қытай алға қадам басып, өзінің беттерін тану бағдарламалық жасақтамасын Африканың әртүрлі елдеріне экспорттайды. Қазіргі эпидемияның басталуы бүкіл әлемде осы әдісті қабылдауға итермелегені туралы айтудың қажеті жоқ.

«OpenCV бағдарламалаудың көптеген тілдерінде қол жетімді, сондықтан OpenCV-ді бір тілде білсеңіз, сол білімді басқа тілде түсінуге және қолдануға болады. Мысалы, bitSoup.ai OpenCV Python

backend-ті пайдаланады, ал Android, Java және C ++ алдыңғы жағында. « дейді Мадсу Сандживи, bitSoup.ai негізін қалаушы және бас директоры. Бұл жұмыста OpenCV және Python-мен «адамдарға арналған есепшот» құруды айтамыз. OpenCV көмегімен нақты уақыт режимінде мекемеге «кіретін» немесе «шығатын» адамдарының санын есептейміз. OpenCV-мен жеке есептегіш құру - бұл бізге күнделікті өмірде өте қажетті. Мысалы, кез келген білім беру орталығында есептегіш құру арқылы студенттердің немесе оқушылардың сабаққа келуін, эвакуация кезінде орталықта қанша адам қалғанын немесе болғанын нақты көрсетуге болады. Біз жұмыстың бірінші бөлігінде Python-ның қажетті жиынтықтарын қарастырамыз, бізге адамдарға есептегіш жасау керек болады. Сол жерден біз объектілерді анықтау мен объектілерді бақылаудың айырмашылығы туралы, сонымен қатар адамдарға неғұрлым дәл есептеуіш жасау үшін қалай қолданатынымыз туралы айтатын боламыз. Осыдан кейін бүкіл адамды санау жобасын іске асырамыз. Соңында, біз OpenCV-мен жұмыс істейтін адамдарды нақты бейнелерге қолданудың нәтижелерін қарастырамыз [3].

Кітапханада 2500-ден астам оңтайландырылған алгоритмдер бар, соның ішінде классикалық және заманауи компьютерлік көру және машиналық оқыту алгоритмдерінің барлық жиынтығы. Бұл алгоритмдер арқылы беттерді анықтау және тану, заттарды анықтау, бейнелердегі адам әрекеттерін жіктеу, камера қозғалыстарын қадағалау, қозғалатын нысандарды қадағалау, 3D нысандар модельдерін шығару, стерео камералардан 3D нүктелік бұлттарды құру, суреттерді жоғары ажыратымдылық үшін біріктіруде қолдануға болады. Бүкіл көріністің бейнесі, кескіндер базасынан ұқсас кескіндерді табу, жарқылмен түсірілген суреттерден қызыл көзді алып тастау, көздің қозғалысын қадағалау, ландшафтты тану және оны толықтырылған шындыққа орналастыру үшін маркерлер қою. Қауымдастықтағы мыңдаған пайдаланушылар және жүктеулердің болжамды саны 18 миллионнан асады. Кітапхананы компаниялар, ғылыми топтар мен мемлекеттік органдар кең қолданады.

OpenCV (Open Source Computer Vision Library) - компьютерлік көру және машиналық оқыту бағдарламалық жасақтамасының ашық көзі. OpenCV компьютерлік көру қосымшалары үшін жалпы инфрақұрылымды қамтамасыз ету және коммерциялық өнімдерде машиналық қабылдауды пайдалануды жеделдету үшін құрылған. OpenCV - бұл BSD лицензияланған өнім, бұл кодты пайдалануды жеңілдетеді және оны кәсіпорындар өзгертеді [4].

Материалдар мен тәсілдер

Адамдарды есептейтін қосымшаларды құру үшін бізге бірнеше Python кітапханалары қажет, соның ішінде: NumPy, OpenCV, Dlib, imutils.

Нұсқауды анықтау мен объектілерді қадағалаудың арасындағы түбегейлі айырмашылық бар. Объектіні анықтауды қолданғанда біз суреттің / фреймнің қай жерде тұрғанын анықтаймыз. Нысан детекторы, әдетте, есептеу жағынан қымбат, сондықтан объектіні бақылау алгоритміне қарағанда баяу жұмыс жасайды. Нысандарды анықтау алгоритмдерінің мысалына Нагг каскадтары, HOG + Linear SVM және Faster R-CNNs, YOLO және Single Shot Detector (SSDs) сияқты терең зерттеуге негізделген объект детекторлары жатады [5].

Нысанды бақылаушы, керісінше, объект (суретте) орналасқан координаттарды қабылдайды (x, y): Нақты нысанға бірегей идентификатор тағайындаймыз. Кадрдың әр түрлі атрибуттары (градиент, оптикалық ағын және т.б.) негізінде келесі кадрдағы жаңа нысанның орнын болжай отырып, бейнені ағынмен жылжытқанда объектіні бақылаймыз.

Нысандарды бақылау алгоритмдерінің мысалдарына MedianFlow, MOSSE, корреляциялық сүзгілерді және дискриминациялық корреляциялық сүзгілерді жатқызуға болады.

Нысандарды бақылаудың жоғары дәлдік құралдары объектілерді анықтау ұғымын және объектіні бақылау ұғымын әдетте екі фазаға бөлінетін бір алгоритмге біріктіреді:

1 кезең – Анықтау: анықтау кезеңінде (1) олар жаңа объектілердің біздің көрініске енген - енгенін анықтайды және (2) бақылау кезеңінде жоғалған объектілерді таба алатынымызды тексереді. Әрбір анықталған объект үшін біз бақылау жолағының жаңа координаттарымен объектінің трекерін жасай аламыз немесе жаңарта аламыз. Біздің объектінің детекторы есептеуге қарағанда қымбат болғандықтан, біз бұл фазаны әр N кадрда бір-ақ рет орындаймыз.

2 кезең – Бақылау: «анықтау» фазасында анықтай алмасақ, біз «бақылау» фазасы арқылы анықтайтын боламыз. Біз трекер объектіні құраймыз. Біздің объект объект детекторына қарағанда тезірек және тиімдірек болуы керек. N-ші кадрға жеткенше біз бақылауды жалғастырамыз. Содан кейін бүкіл процесс қайталанады.

Бұл гибриді тәсілдің артықшылығы - объектілерді осындай үлкен есептеулерсіз анықтаудың дәлдігі жоғары әдістерін қолдану. Біз осындай бақылау жүйесін адам есептегішін құру үшін енгіземіз [6].

Relu және SeLU салыстыру: адамдар активтендіру функциясына Нейронды қосу нейрондық желілер мен желілік классификаторлар арасындағы ең үлкен айырмашылық болып табылатын бейсызық көрініс мүмкіндігі бар екенін біледі. Sigmoid белсендіру бастапқы функциясымен салыстырғанда ReLU үш айырмашылығы бар: 1) бір жақты басу 2) қозудың кең шекарасы 3) сирек белсендіру. ReLU градиенттерді өте жақсы жібере алады: қайта кері таратылғаннан кейін градиент өте азаймайды, бұл терең нейрондық желілерді оқыту үшін жарамды. Алайда, эксперименттер ReLU белсендіру функциясы оқытудың үзілуіне бейім екенін көрсетті, ал relu қолдану арқылы кесу өңдеу модельдің тиімді өткізу қабілетін азайтады ($x < 0$, теріс градиент нөлге тең және ол қандай да бір деректермен "некрот"деп аталады). ReLU мен Sigmoid арасындағы ұқсастықтардың бірі-барлық нәтижелер оң, бұл қабілетін төмендетеді [7].

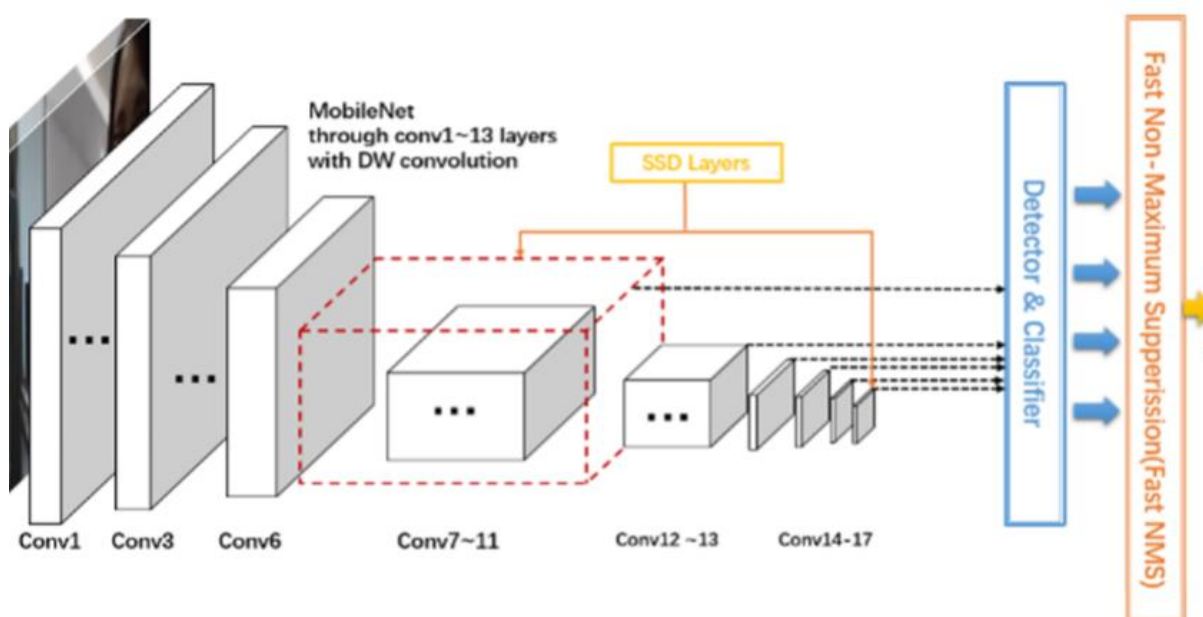
$$\text{Relu}_{(z)} = \begin{cases} z & z > 0 \\ 0 & z \leq 0 \end{cases}$$

$$\text{SeLU}_{(z)} = \gamma \begin{cases} z & z > 0 \\ \alpha(\exp(z) - 1) & z \leq 0 \end{cases}$$

Бұл жердегі $\gamma \approx 1,0507$, $\alpha \approx 1,673$

SeLU негізінен нейрондық желі қабатын көрсету қатынасын орнату үшін F функциясын пайдаланады. Бұл ретте параметрлер қалыпты әсерге жету үшін белгіленген орташа және дисперсияға айналады [8]. ReLU салыстырғанда, ол келесі артықшылықтарға ие: 1) мәліметтердің Шу және Кедрегілері бар болса да, жинақтылықтың күшті қасиеті көп қабатты тікелей және кері таратудан кейін жылдам түседі; 2) реттеу әсері алгоритмнің тұрақтылығын арттырады; 3) сонымен қатар, бірен-саран дисперсияға жақындамайтын қозу мәндері үшін дисперсияның жоғарғы шекарасы мен төменгі шекарасы бар, сондықтан градиенттің жоғалуы мен градиенттің жарылысы дерлік мүмкін емес.

Модель құрылымы: Бұл мақалада MobileNet негізінде SSD анықтау құрылымы таңдалады. MobileNet ұюының 8 қабатын қосу. Жалпы 6 қабат табу үшін алынады, ал белсендіру функциясы- SeLU [9]. – Осы құжат моделінің құрылымдық сұлбасы берілген.



Сурет-1. Модель құрылымы, сол жақ бөлігі-Conv1-conv13 қабатының шығысын қамтитын MobileNet желісін шығару функциясы

Conv13 кейін 8 қабат бума қосылады, және 4 қабат және conv11 және Conv13 MobileNet SSD объектілерінің ауқымды картасы ретінде таңдалып, ақырында, болжау бірлігіне қосылады. Іске қосу функциясы ортасында SeLU функциясын пайдаланады [9].

Адамдардың есептегішін енгізу үшін біз OpenCV және dlib-ті қолданамыз. Біз компьютерде көру / суретті өңдеудің стандартты функциялары үшін, сонымен қатар адамдарды санау үшін терең оқу детекторы үшін OpenCV-ны қолданамыз.

Содан кейін біз корреляциялық сүзгілерді енгізу үшін dlib-ті қолданамыз. Біз OpenCV-ді де пайдалана аламыз; дегенмен, бұл жоба үшін dlib нысанын қадағалаумен жұмыс істеу оңайырақ болды.

№1 қадамда біз тік төртбұрыштардың жиынтығын аламыз және олардың сәйкес центроидтарын есептейміз.

Нысанды анықтаушы (мысалы: HOG + Сызықтық SVM, Faster R-CNN, SSD, т.б.) немесе нысанды бақылаушы (корреляциялық сүзгілер сияқты)

№2 қадамда біз кез-келген жаңа центрифоидтардың және бар центрифоидтардың арасындағы Евклид ара қашықтығын есептейміз [10].

Нақты нәтижелерді DetectMultiScale () функциясының параметрлерін өзгерту арқылы алуға болады. Бұл тәсілдің тағы бір артықшылығы - оқу қабілетінің арқасында кейбір жағдайларда тануды 90% немесе одан да көпке дейін жақсартуға болады [10].

Келесі қадам - объектінің қозғалысын тану. Дәлірек тану үшін затты бөліктерге бөлуге болады (мысалы, бас, жоғарғы және төменгі торсық, қолдар мен аяқтар). Осылайша, егер ол басқа затпен жабылған болса, объект жоғалып кетпейді. Дегенмен, оны бүкіл кескінге емес, объектінің шекаралары анықталған белгілі бір бөлікке қолдану керек.

Бұл тәсілдің кемшілігі - алгоритм кескін векторларының саны мен олардың ажыратымдылығы артқан сайын баяулайды. Егер жылдамдықты жақсартуға болады, егер барлық есептеулер бейне картаның өңдеу қуатын қолдану арқылы жүргізілсе [11].

Көп жағдайда қозғалатын заттарды толығымен тану мүмкін емес, сондықтан кейбір бос кеңістік ішінде қалады. Мұны жақсарту үшін статикалық кескін кеңістігін жабатын үшбұрыш жасалады. Содан кейін үшбұрышты кескінге қолдану үшін морфологиялық операция жасалады. Жақсырақ тану үшін бейнежазбадағы артық кескін шуын, әсіресе аз жарықта түсірілген бейнелерден алып тастау керек. Кейбір жағдайларда Гаусс тегістеуін қолдануға болады. Адамды таңдағаннан кейін оның айналасында шартты тіктөртбұрыш бейнеленеді, тапсырма іргелес кадрларды салыстыру және оны оның қайда қозғалатындығын анықтау үшін қолдану болды. Идеалды маскаға ие бола отырып, тапсырма тривиальды болып шығады, тек төртбұрыштардың қиылыстарын табу керек және біз қозғалыс бағытын анықтай аламыз [12]. Бірақ жалпы жағдайда тапсырма күрделене түсті, өйткені көбінесе адамның бір бөлігі фонмен қосылып кетеді және маска жыртылған болып шығады. Бұл жағдайда дененің жеке бөліктері тым кішірейеді және бұл заттардың көлемін талдау кезінде ескерілуі керек. Мұндай маска арқылы адамға тіпті суреттегі адамдарды анықтау қиынға соғады. Ол үшін «қақпаны» құрайтын екі шартты сызық орнатылды. Бұл сызықтарды ретімен кесіп өту кезінде адам кірді немесе шықты деп саналды. Бұл мәселені шешу кезінде масканы алу кезіндегі қателіктермен, сондай-ақ адамның ретсіз қимылымен байланысты проблемалар туындады. Сондықтан маска бірнеше кадрда жоғалып кетуі мүмкін (мысалы, адам фонмен біріктірілген), содан кейін ол сызықтың артында пайда болады. Немесе адам бір жолды жүріп өтіп, содан кейін бірден оралуы мүмкін. Көбінесе кассадан шыққан кезде адамдар бірінен соң бірі өтіп, бір объектіге бірігіп кетеді, содан кейін екіге бөлінеді, бұл жаңа адамның сиқырлы көрінісіне әкеледі.

OpenCV Android SDK, Java, Python, C ++ және MATLAB сияқты бірқатар бағдарламалау тілдерін қолдайды және C ++, Python, Java және MATLAB интерфейстеріне ие. Кітапхана оңтайландырылған Си тілінде жазылған және көп ядролы процессорлардың артықшылығын қолдана алады [13].

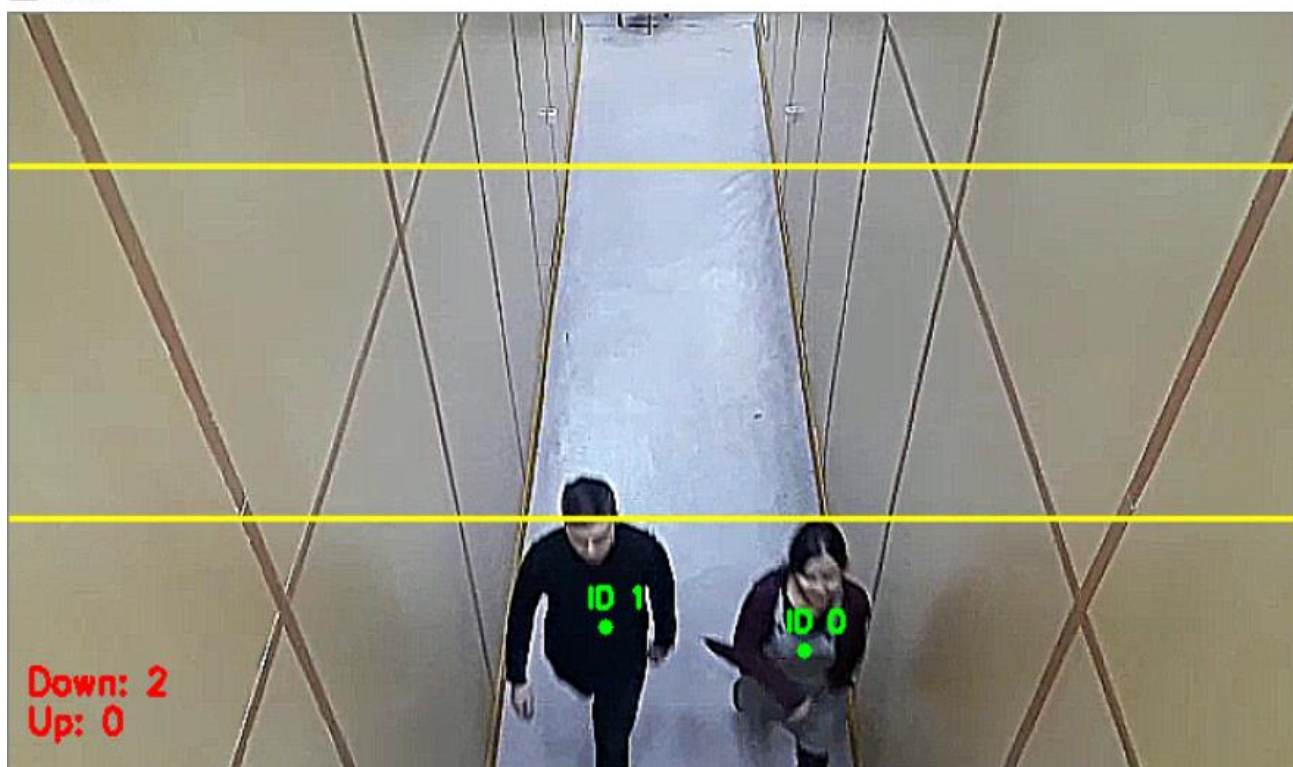


Сурет-2. Мекемеге кірген - шыққан адамдарды есептеудің алгоритмі

Нәтижелері

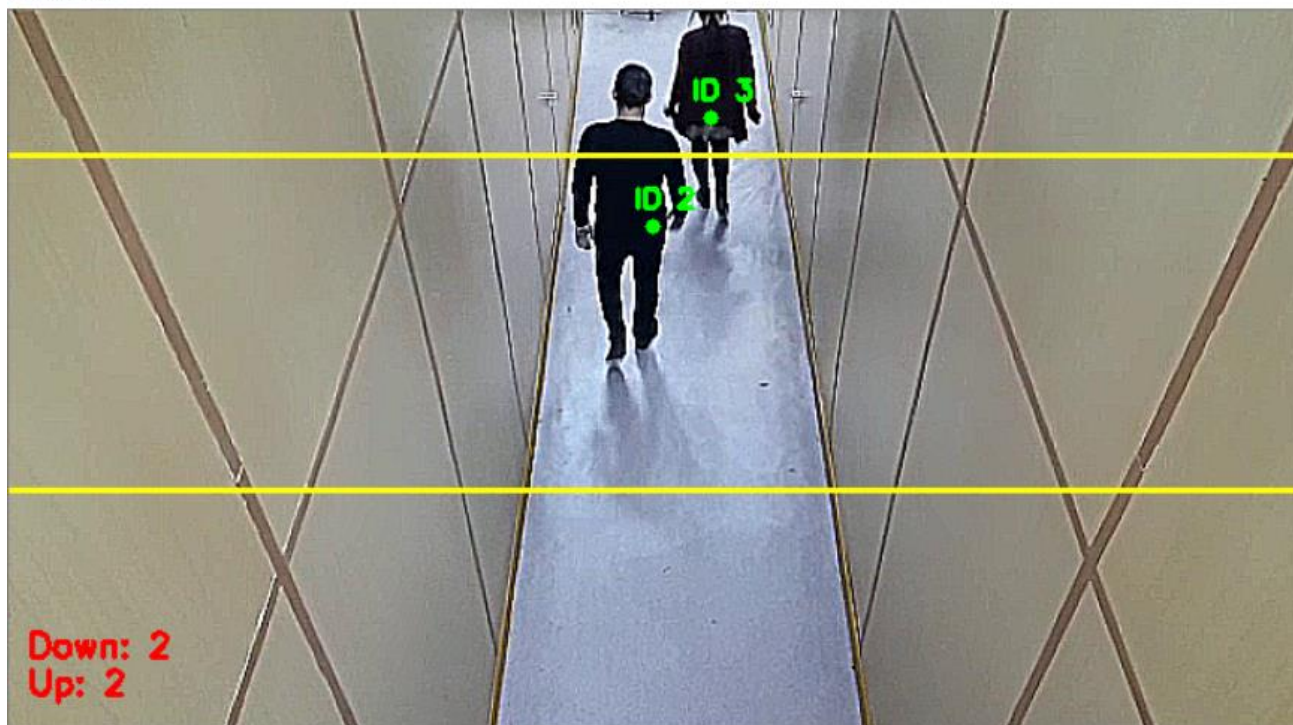
Центроидты бақылау алгоритмі олардың арасындағы евклидік минималды қашықтықтағы центроидтардың жұптары бірдей объект идентификаторы болуы керек деген болжам жасайды [14].

Frame



Сурет-3. Объектінің кіру нәтижесі

Frame

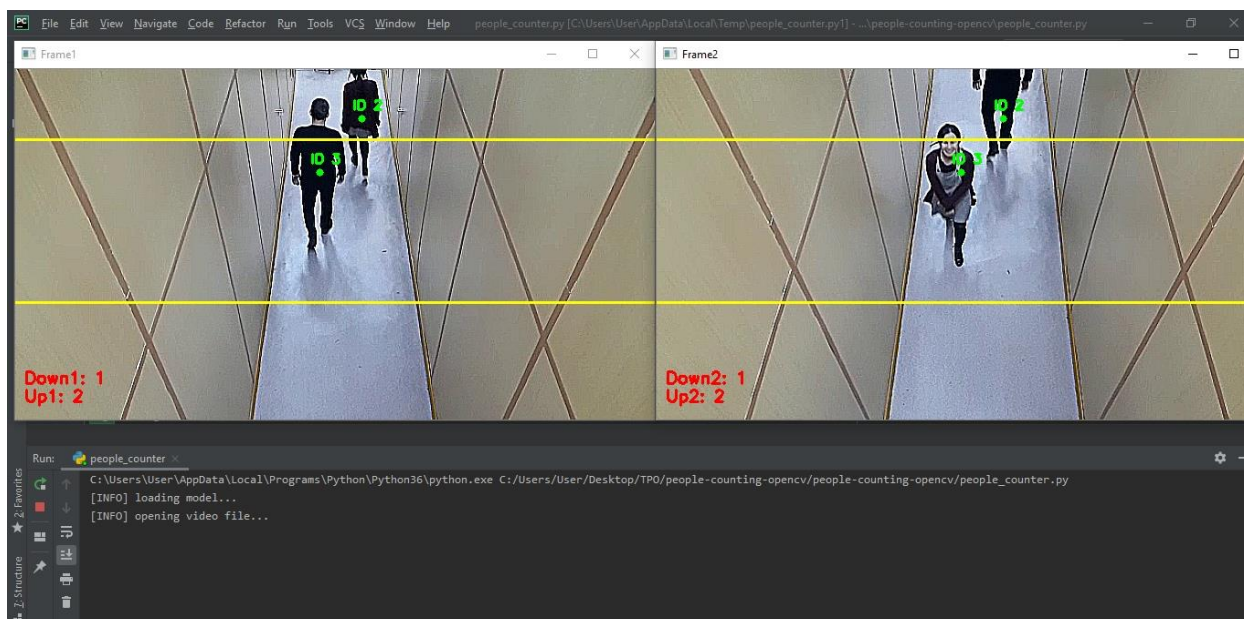


Сурет-4. Объектінің шығу нәтижесі

«Бақыланатын объект» құру

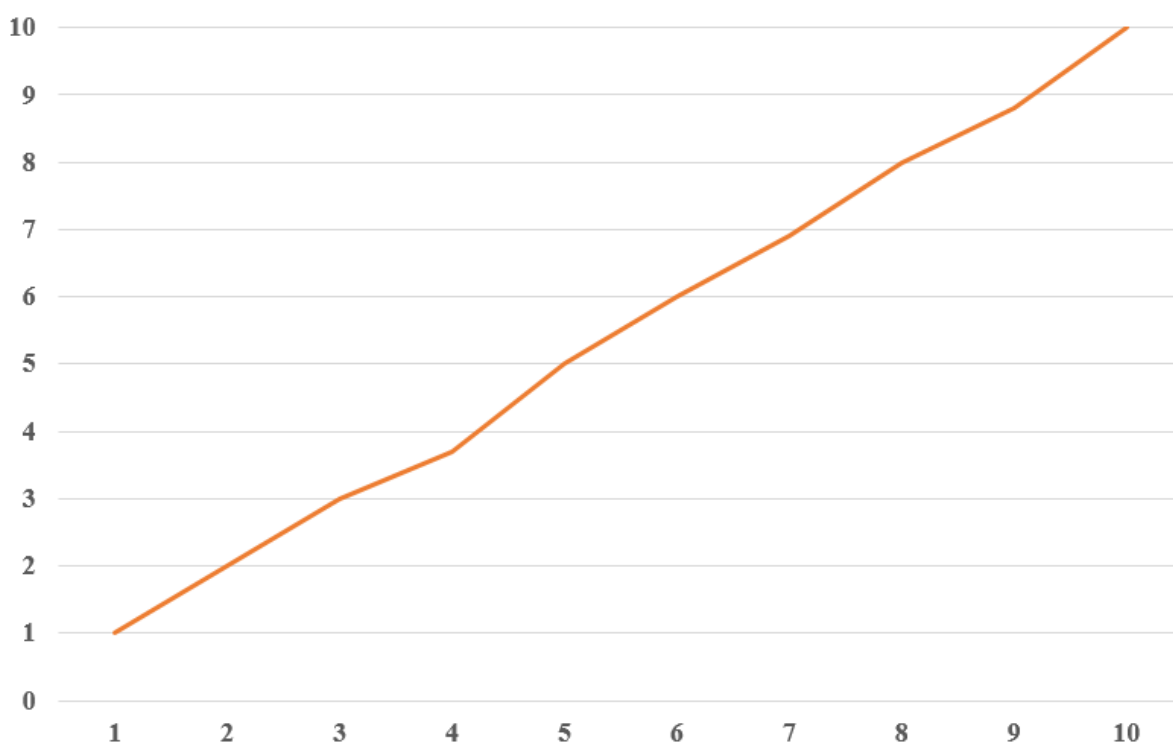
Бейне ағынындағы нысанды бақылау және санау үшін бізге объектінің өзі туралы ақпаратты сақтаудың қарапайым әдісі қажет, соның ішінде:

- бұл объектінің идентификаторы.
- бұл алдыңғы центроидтар (сондықтан біз объектінің қозғалыс бағытын оңай есептей аламыз).
- нысанның есептелгеніне қарамастан.



Сурет-5. Мекемеде бір уақыт мезетінде, екі түрлі орындағы адамдар санын есептеу

Есептеу процесінде сақталған бейнені есептеумен қатар, нақты уақытты есептеу мүмкіндігі де қосылды. Бұл қазіргі уақытта ғимараттардағы адамдардың санын есептеуге мүмкіндік береді.



Сурет-6. Программа мен адам санауының диаграммасы

Ұсынылған алгоритм нәтижелерін бағалау дәлдігі 93% -дан 94% -ға дейін. Бұл жұмыс барысындағы қорытынды нәтиже болып табылады [15].

Қорытынды

Бұл мақаладан біз OpenCV және Python бағдарламаларын қолдана отырып, адамдарға арналған есептегіш құруды білдік. Біздің жұмысты іске асыруымызда:

- нақты уақыт режимінде стандартты процессорда жұмыс істеу мүмкіндігі.
- адамдарды анықтау дәлдігін арттыру үшін терең зерттеу объектілерін анықтағыштарды қолданады.
- бақылау дәлдігін жақсарту үшін екі бөлек алгоритм қолданылады. Оның ішінде центроид фильтрлері және корреляциялық сүзгілер бар.
- ол «анықтау» және «бақылау» кезеңдерін қолданады, бұл жаңа адамдарды табуға және бақылау сатысында «жоғалуы» мүмкін адамдарды анықтауға мүмкіндік береді.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- [1] <https://www.pyimagesearch.com/2018/08/13/opencv-people-counter/>
- [2] Велипасалар С., Тиан Ю.Л., Хампапур А. Автоматический подсчет взаимодействующих людей с помощью одной некалиброванной камеры. Труды Международной конференции IEEE по мультимедиа и выставкам (ICME), 1265-1268 (2006).
- [3] Джон Й. Хардеберг, Фаузи Алая Чейх, Пьер Гутон Система подсчета людей в реальном времени с использованием видеокамеры. Магистр информатики, изображения и искусственного интеллекта 2007 Супервизоры.
- [4] Цзиню Лю, Цзячжэн Лю, Мэнъян Чжан. Отдел электротехнической и информационной инженерии. Метод обнаружения и отслеживания для подсчета людей в реальном времени.
- [5] Цзэбинь Цай, Чжу Лян Юй, Хао Лю и Кэ Чжан, Колледж науки и техники автоматизации, Подсчет людей в переполненных сценах с помощью видеоанализа Южного Китая.
- [6] П. Сатьянараяна, П. Гопикришна, К. Соукхья, М. Сатвик, Я. Чаран Кумар, Надежный двунаправленный алгоритм для счета людей в площадях.
- [7] Амбика Чоудхури. Why Is OpenCV Gaining Prominence? // <https://analyticsindiamag.com/why-is-opencv-gaining-prominence/>
- [8] Гудфеллоу Я., Бенджио И., Курвилль А. – Глубокое обучение, 2017 г.
- [9] Орельен Жерон – Прикладное машинное обучение с помощью Scikit-Learn и TensorFlow, 2018 г.
- [10] Ричард Саттон, Эндрю Барто – Обучение с подкреплением, 2017 г.
- [11] Адриан Роузброк – Deep Learning for Computer Vision with Python, 2017 г.
- [12] Максим Лапань – Deep Reinforcement Learning Hands-On, 2018 г.
- [13] Сандро Сканси – Introduction to Deep Learning, 2018 г.
- [14] Майкл Нильсен – Neural Networks and Deep Learning, 2015 г.
- [15] Ясер Абу-Мостафа, Малик Магдон-Исмаил, Сюань-Тянь Линь – Learning From Data, 2012 г.

REFERENCES

- [1] <https://www.pyimagesearch.com/2018/08/13/opencv-people-counter/>
- [2] Velipasalar S., Tian Y.L., Hampapur A., Automatic Counting of Interacting People by Using a Single Uncalibrated Camera. Proceedings of the IEEE International Conference on Multimedia and Expo (ICME), 1265-1268(2006).
- [3] Jon Y. Hardeberg, Faouzi Alaya Cheikh, Pierre Gouton Real-Time People Counting System using Video Camera Master of Computer Science, Image and Artificial Intelligence 2007 Supervisors.
- [4] Jingyu Liu, Jiazhen Liu, Mengyang Zhang. Electrical and Information Engineering Department A Detection And Tracking Based Method For Realtime People Counting.
- [5] Zebin Cai1, Zhu Liang Yu1, Hao Liu and Ke Zhang, College of Automation Science and Engineering, Counting People in Crowded Scenes by Video Analyzing South China.
- [6] P. Satyanarayana , P. Gopikrishna, K. Soukhya, M. Satvik, Y. CharanKumar, A robust bi-directional algorithm for people count in crowd areas.

- [7] Ambika Choudhury. Why Is OpenCV Gaining Prominence? // <https://analyticsindiamag.com/why-is-opencv-gaining-prominence/>
- [8] Goodfellow Y., Benjio I., Courville A. - Deep Learning, 2017.
- [9] Aurelien Geron - Applied Machine Learning with Scikit-Learn and TensorFlow, 2018.
- [10] Richard Sutton, Andrew Barto - Reinforcement Learning, 2017.
- [11] Adrian Rosebrock - Deep Learning for Computer Vision with Python, 2017.
- [12] Maxim Lapan - Deep Reinforcement Learning Hands-On, 2018
- [13] Sandro Skansi - Introduction to Deep Learning, 2018.
- [14] Michael Nielsen - Neural Networks and Deep Learning, 2015.
- [15] Yasser Abu-Mostafa, Malik Magdon-Ismael, Xuan-Tien Lin - Learning From Data, 2012.

РАСЧЕТ КОЛИЧЕСТВА ЧЕЛОВЕК В ЗДАНИИ С ПОМОЩЬЮ КОМПЬЮТЕРНОЙ БИБЛИОТЕКИ OPENCV

Г.Г. Газиз, А. Акмырзаева, Ж.П. Базарбек*, М.С. Жасузак

Казахский национальный университет им. аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан
E-mail: zhaniya.bazarbek1998@gmail.com

Аннотация. В этой статье мы показываем количество людей, входящих и выходящих из заведения в режиме реального времени. В этой системе мы сначала определяем точки входа и выхода для видео. С момента прохождения человеком пунктов въезда и выезда начинается перепись. В этом исследовании мы считали людей в двух комнатах одновременно. Был создан алгоритм реального времени с использованием библиотек OpenCV и концепций компьютерного зрения для подсчета людей с требуемой точностью. Результаты экспериментов предлагаемой системы имеют высокую точность в реальном времени. В конце указывается общее количество мест въезда и выезда людей. И показывает, сколько человек в заведении.

Ключевые слова: OpenCV, Python, подсчет, компьютерный просмотр, IP-камера.

RECOGNIZING THE AMOUNT OF PEOPLE IN A BUILDING USING THE OPENCV COMPUTER VISION LIBRARY

G. Gaziz, A. Akmyrzhayeva, Zh. Bazarbek*, M. Zhasuzak

Kazakh national university named after Al-Farabi, Almaty, Kazakhstan.,
E-mail: zhaniya.bazarbek1998@gmail.com

Abstract: In this article, we show the number of people entering and leaving the building in real time. In this system, we first define the entry and exit points for the video. From the moment a person passes the points of entry and exit, the census begins. In this study, we counted people in two rooms at the same time. A real-time algorithm was created using Open CV libraries and computer vision concepts to count people with the required accuracy. The experimental results of the proposed system are highly accurate in real time. The total number of places of entry and exit of people; how many people in the institution are indicated at the end.

Keywords: Open CV, Python, people counting, computer vision, IP-camera.



АВТОМАТИКА, ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И КИБЕРБЕЗОПАСНОСТЬ

УДК 004.93`12

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ РАСПОЗНАВАНИЕ ЖИВУЧЕСТИ ОБРАЗА С ПОМОЩЬЮ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

А.А. Муханбет*, А. Еркос, Л.М. Жумахан, З.М. Абдияхметова

Казахский Национальный университет имени аль-Фараби, г.Алматы, Казахстан

E-mail: mukhanbetaksultan0414@gmail.com

Аннотация. Распознавание лиц является широко используемым биометрическим подходом. Технология распознавания лиц быстро развивается в последние годы и это более прямой, удобный и эффективный по сравнению с другими методами. В данной работе для защиты системы с помощью распознавания лиц был применен метод на основе двойной классификации. Представленный метод сможет различить "живучесть" лица основываясь на том, что лицо человека и поддельные лицо отличается между собой. Термин "живучесть" означает отличие реального от поддельного лица. В дальнейшем будет использован этот термин. К методам обмана, можно отнести фотографии, маски или видеоизображения. Для реализации этого метода использованы язык программирования Python, OpenCV, обученная нейронная сеть LivenessNet. Обнаружение лица применено к наборам видео, чтобы сформировать наш окончательный набор данных обнаружения живучести. После создания набора данных были внедрены «LivenessNet» - CNN Keras + Deep Learning. Основная цель заключается в предоставлении простого способа для будущего развития нового и более безопасного подхода для обнаружения живого лица.

Ключевые слова: распознавание, нейронная сеть, python, OpenCV, обнаружение живучести, классификация.

Введение. В связи с быстрым развитием информационных технологий, вопрос о безопасности информации является актуальным. На сегодняшний день существует большое количество методов, обеспечивающих безопасность информации, в том числе биометрические методы распознавания образа. С помощью биометрических систем распознавание осуществляется по голосу, уникальным чертам лица, отпечаткам пальца, радужной оболочке глаза, и т. д. Несмотря на то что биометрические системы обеспечивают высокую безопасность, стоит отметить что существуют не мало методов для обмана таких систем. Каким методам можно отнести: украденное фото или видео, записанный голос, различные 3D модели, способные имитировать человеческие выражения. Для решения таких атак злоумышленников было предложено несколько решений.

Несмотря на то, что были проведены некоторые работы по обнаружению живости радужной оболочки глаза, их эффективность все еще далека от удовлетворительной. Один из работ, для обнаружение живучести лица - это использовать пакетную нормализованную конволюционную нейронную сеть для обнаружения живости радужной оболочки глаза и повышения точности обнаружения. Но обнаружения живости радужной оболочки глаза занимает много времени в процессе изучения. Исходя из этого, для обнаружения живучести использовали человеческих лиц.

Как можно определить реальные и поддельные лица? Что произойдет, если злобный пользователь попытается преднамеренно обойти вашу систему распознавания лиц?

Такой пользователь может попытаться задержать фотографию другого человека. Возможно, у них даже есть фото или видео на смартфоне, которые они могли бы поднести к камере, отвечающей за распознавание лиц.

В таких ситуациях вполне возможно, чтобы лицо, удерживаемое до камеры, было правильно распознано, но в конечном итоге это приведет к тому, что неавторизованный пользователь обойдет систему распознавания лиц.

Ответ состоит в том, чтобы применить обнаружение живучести с OpenCV, о чем будет рассмотрено в этой статье.

Методы. При распознавании лиц обычные методы атаки можно разделить на несколько категорий. Идея классификации основана на том, что верификационные доказательства предоставляют системе верификации лица, такие как украденная фотография, украденные фотографии лица, записанное видео, 3D-модель[1] лица со способностью мигать и двигать губами, 3D-модели лица с различными выражениями и так далее. Чтобы противостоять этим методам атаки, успешная система обнаружения живых лиц должна иметь одну или несколько анти-мошеннических способностей, чтобы разоблачить их. Карта вен лиц с помощью ультрафиолетовых камер является наиболее безопасным методом идентификации живого человека, но для этого нужны специальные дорогостоящие устройства[2]. В этой статье мы предложили метод живого распознавания лиц, чтобы противостоять атаке с помощью фотографии. Обнаружение живости было очень активной темой исследований в сообществах распознавания отпечатков пальцев и радужной оболочки глаза в последние годы. Но в последнее время в анализе лиц были представлены некоторые подходы к решению этой проблемы.

В этой работе использован метод анализа на основе двоичной классификации. Используя этот метод нужно понимать, что человеческое лицо и «поддельное» лицо отличается друг от друга, тем что человеческое является - 3D, а фото 2D объектом [3]. Данный метод позволяет обработать данные и с помощью этих данных обучить нейронную сеть, созданную по этим классификациям.

Для реализации системы нужно сделать следующие задачи:

- Создание набора данных изображений.
- Внедрение CNN [4], способный выполнять детектор живучести лица (LivenessNet).
- Обучение нейронной сети..
- Создание скрипта, способную принять обученную модель детектора живучести, и применить его к видео в реальном времени.

Для начала нужно собрать собственную базу данных. Для этого нужно записать 2 видео: первый - для «живого» лица, а второй - для «поддельного» [5]. Для записи видео была использована веб- камера.

В ходе реализации программного кода с каждого кадра видео в базу данных сохраняется в видео изображения в формате .png. В итоге получаем данные состоящие из двух классов изображений:

- Поддельные изображения;
- Реальные изображения.

После получения базы данных, эти изображения используются для обучения с помощью нейронной сети. Для этого была использована готовая нейронная сеть LivenessNet [6-7]. LivenessNet - детектор живучести, основанный на глубоком обучении. Для детектора живучести использованы две модели:

- liveness.model;
- caffemodel.

Предлагаемая система обнаружения живучести

Есть несколько подходов к обнаружению живости, в том числе:

- Анализ текстур, включая вычисление локальных двоичных паттернов (LBPs) по областям граней и использование SVM[8] для классификации граней как реальных или поддельных.
- Частотный анализ, например, изучение области Фурье лица[9].
- Анализ переменной фокусировки, например, изучение изменения значений пикселей между двумя последовательными кадрами.
- Алгоритмы, основанные на эвристике, включая движение глаз, движение губ и обнаружение моргания. Этот набор алгоритмов пытается отслеживать движение глаз и моргает, чтобы убедиться, что пользователь не держит фотографию другого человека (так как фотография не будет мигать или шевелить губами)[10].
- Алгоритмы оптического потока, а именно изучение различий и свойств оптического потока, генерируемого из 3D - объектов и 2D-плоскостей[11].

- 3D-форма лица, аналогичная той, что используется в системе распознавания лиц Apple iPhone, позволяет системе распознавания лиц различать реальные лица и распечатки/фотографии/изображения другого человека.
- Комбинации вышеперечисленных факторов позволяют инженеру системы распознавания лиц подбирать и выбирать модели обнаружения живости, соответствующие их конкретному применению [12].

На рис. 1 показана общая структура предлагаемой системы обнаружения живучести. Для живого распознавания лиц мы используем 5 последовательных изображений лиц.

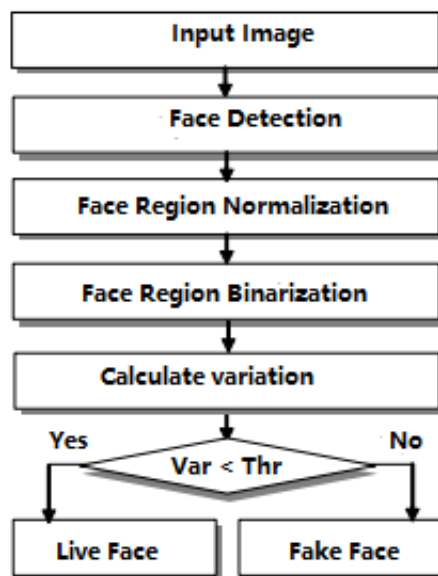


Рис. 1. Общая структура системы

Нейронная сеть. Чтобы использовать идентификационную информацию клиента для обнаружения живости лица, мы используем нейронную сеть LiveNessNet[13]. LiveNessNet -это класс архитектур нейронных сетей, которые содержат две или более подсетей. Содержащиеся в ней подсети могут быть идентичными или различными. Мы используем нейронную сеть с двумя идентичными подсетями. Эти две подсети являются сверточными сетями. Они имеют одинаковую конфигурацию с одинаковыми параметрами и весами, и обновление параметров зеркально отражается в обеих подсетях.

Liveness.model - состоит из слоев, входных и выходных параметров, которые показаны на рисунке 2.

Название слоев	Параметры	Данные
conv2d_1 (Conv2D)	Input	(None, 32, 32, 3)
	Output	(None, 32, 32, 16)
activation_1 (Activation)	Input	(None, 32, 32, 16)
	Output	(None, 32, 32, 16)
batch_normalization_1 (BatchNormalization)	Input	(None, 32, 32, 16)
	Output	(None, 32, 32, 16)
conv2d_2 (Conv2D)	Input	(None, 32, 32, 16)
	Output	(None, 32, 32, 16)
activation_2 (Activation)	Input	(None, 32, 32, 16)
	Output	(None, 32, 32, 16)
batch_normalization_2 (BatchNormalization)	Input	(None, 32, 32, 16)
	Output	(None, 32, 32, 16)

Рис. 2. Слои LiveNessNet. Входные и выходные данные

В нашей реализации эти две подсети основаны на широко используемой архитектуре AlexNet. Мы вносим некоторые изменения в AlexNet[14], чтобы соответствовать нашим данным.. Существует пять слоев свертки и три слоя объединения. Мы используем его для извлечения иерархических объектов с помощью многослойной свертки и получения свойства инвариантности с помощью операции объединения слоев с пониженной выборкой. Детали используемой нами сверточной нейронной сети показаны на рис. 4

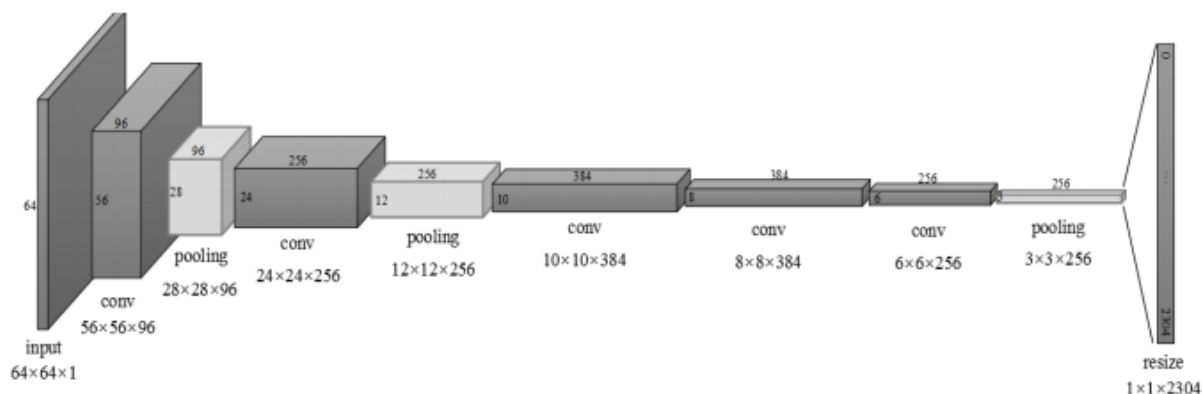


Рис. 3. Детали нашей сверточной нейронной сети

После этого нужно определить границу лица для определения живучести. Для получения границ лица используются модели: dnn и blobfromimage[15]. На рисунке 4 показана архитектура определения границ лица с видео.

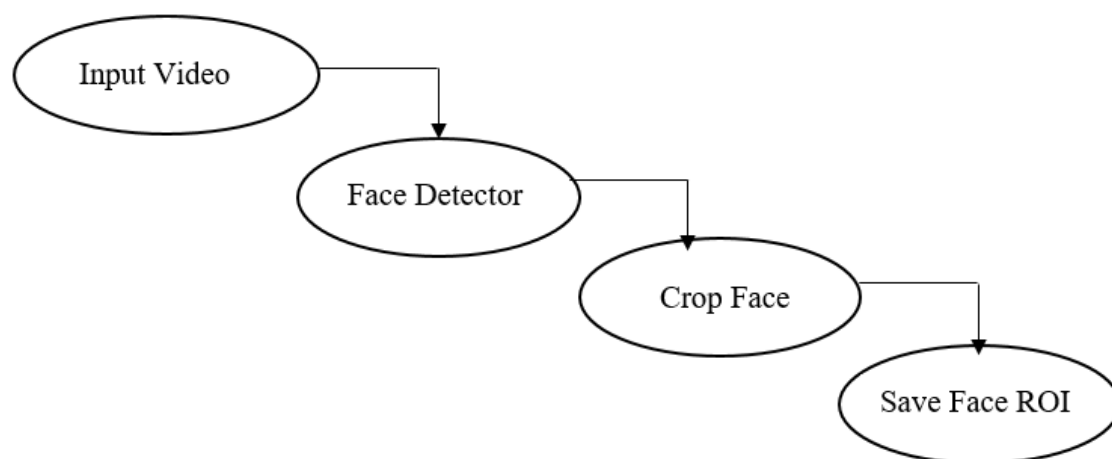


Рис. 4. Обнаружение границы лица в видео для целей создания набора данных для обнаружения живучести

В проекте используются следующие библиотеки для реализации нейронной сети и обработки данных:

Результаты и анализ. Затем обучаем эти данные для обнаружения живучести. В ходе обучения 25% процентов данных используется для тестирования, а остальные 75% для обучения. Полученные результаты в ходе тестирования будут использованы для точного определения живучести. Для этого используется две функции:

- Функция потери;
- Функция точности.

После обучения, получаем данные о точности и потери. Эти данные можно увидеть на рисунке 5.

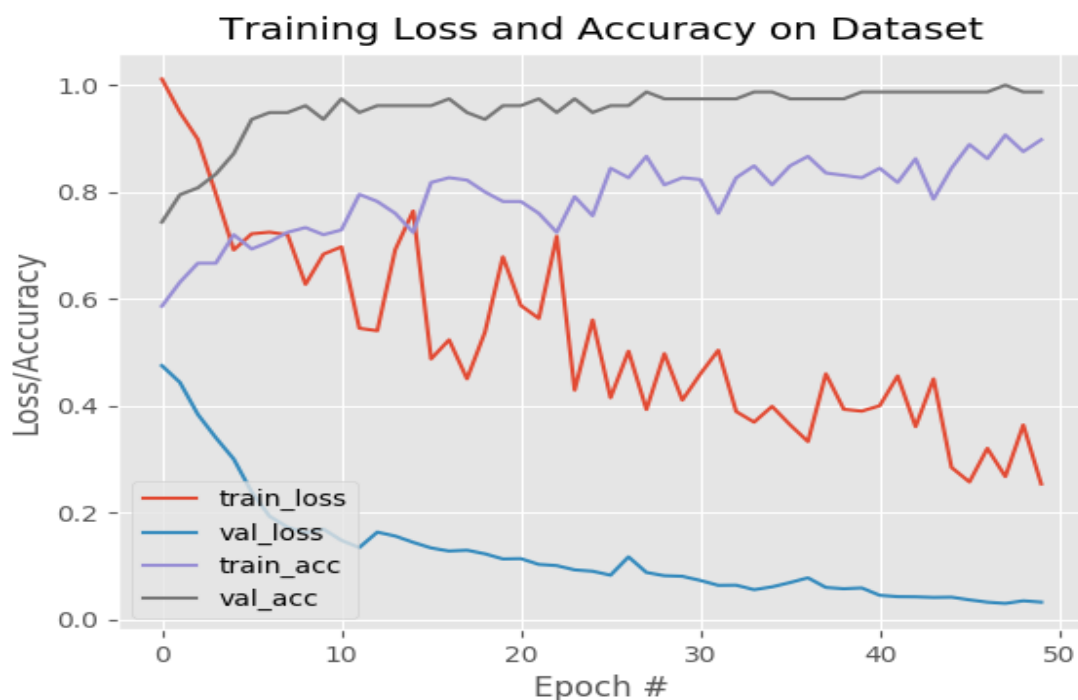


Рис. 5. График точности и потери

Модель, которая создана с помощью нашей нейронной сети, была реализована на платформе Tensorboard [15]. Слои, которые прошли обучение выглядят следующим образом:



Рис. 6. Функции и слои, которые прошли обучение

Последним этапом является внедрение обученной нейронной сети и применение в режиме реальной времени, что является распознаванием поддельных и реальных лиц человека с помощью видео.

Чтобы полностью внедрить систему, мы сначала собираем данные от новых пользователей или клиентов. Для этого клиент должен снять себя на камеру в течение 10 секунд. С помощью видео лица клиентов вырезаются и записываются в реальные данные в базу данных. Реальные данные выглядят следующим образом:



Рис. 7. Процесс сбора реальных данных с видео

Поддельные данные также должны быть собраны для анализа после того, как будут собраны реальные данные. Поддельные данные выглядят следующим образом:

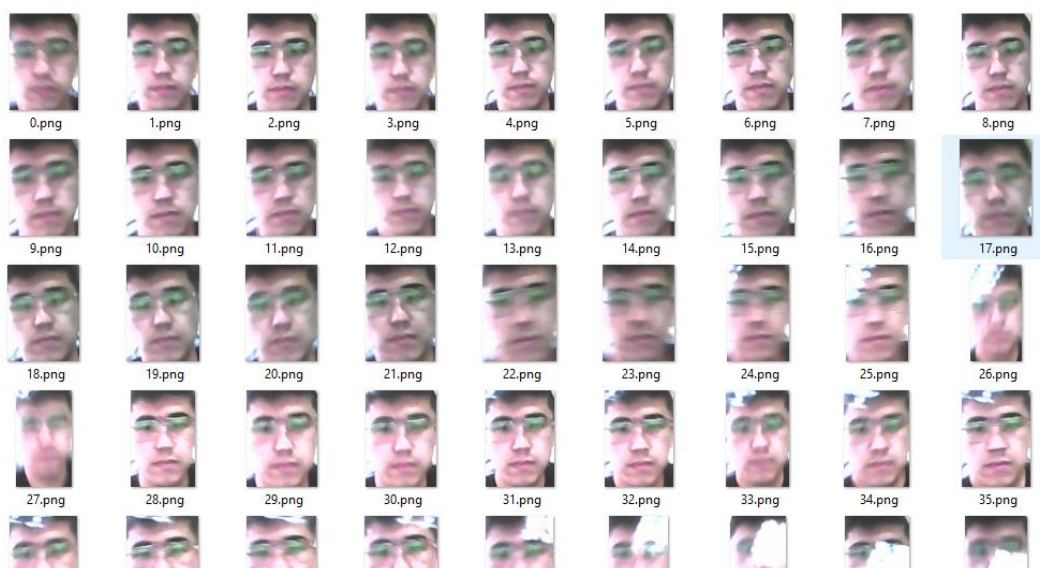


Рис. 8. Процесс сбора поддельных данных с видео

Затем, в зависимости от собранных данных, происходит процесс обучения. После обучения модели, можем протестировать нашу систему в режиме реального времени. Результаты теста следующие:

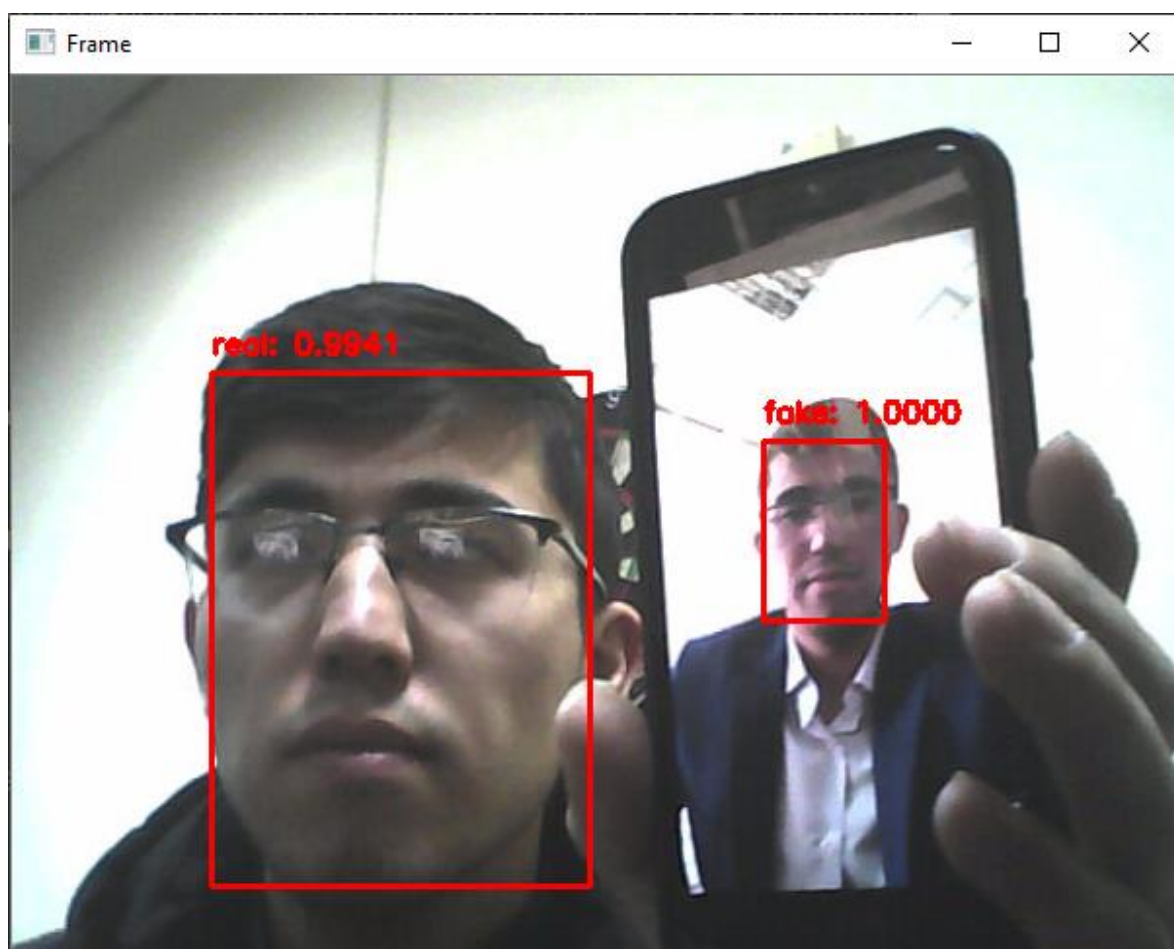


Рис. 9. Пример реализации детектора живучести на реальном пользователе

Для начала были собраны реальные и поддельные наборы данных. Для выполнения этой задачи с начала записали видео о пользователе. Затем записанное видео поднесли к ноутбуку / настольному компьютеру. Воспроизвели то же видео, а затем записали воспроизведение с помощью той же самой веб-камеры (то есть «поддельные» лица). Обнаружение лица применено к обоим наборам видео, чтобы сформировать наш окончательный набор данных обнаружения живучести. После создания набора данных были внедрены «LivenessNet» - CNN Keras.

Эта сеть преднамеренно мелкая, но гарантирует, что:

- Уменьшается шансы перенастройки нашего небольшого набора данных.
- Сама модель способна работать в режиме реального времени.

Заключение. В целом, детектор обнаружения живучести смог различить живого человека от его фотографии на проверочном наборе данных.

В данной работе мы предлагаем метод обнаружения живости лица, основанный на идентификационной информации клиента с использованием нейронной сети. В отличие от большинства методов, мы делаем обнаружение живости лица после распознавания лиц. Таким образом, идентификационная информация клиента и реальное изображение лица клиента могут быть использованы для помощи в обнаружении живости лица.

Чтобы продемонстрировать весь конвейер обнаружения живучести в действии, был создан скрипт Python + OpenCV, который загрузил детектор живучести и применил его к видеопотокам в реальном времени. Детектор живучести смог предельно разделить реального человека от фотографии этого человека.

Нужно отметить, что детектор определяет поддельные лица не только с фотографии, но и с видео. Данная работа может стать решением проблемы взлома для системы безопасности основанного на распознавании лиц. Для создания детектора живучести следующие технологии: OpenCV, Deep Learning и Python.

В результате сравнительного анализа эффективности по среднему значению точность нашего алгоритма достигла 99%. В будущей работе мы рассмотрим использование идентификационной информации клиента для обнаружения живости лица в видео.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] B. Peixoto, K. Michelassi, A. Rocha, Facial recognition survivability under poor lighting conditions, in ICZI, pp. 3557-3560, 2011.
- [2] D. Das. An Overview of Face Liveness Detection// International Journal on Information Theory (IJIT). – 2014. – Т. 3. – No 2. –11-25 p.
- [3] Biometrics Guide / R.M. Ball, J.H. Connel, Sh. Pankanti et al. - M. : Technosphere, 2007. - 368 p.
- [4] Tatarenkov D. A. Analysis of methods of identification of persons on the image // Young scientist. - 2015. - No4. - С. Pp. 270-276.
- [5] J. Li Y. Wang, T. Tan, and A.K. Jain, Live face detection based on the analysis of Fourier spectra, in Proc of Biometric Technology for Human Identification, Orlando, FL, USA. (SPIE 5404), pp. 296- 303, 2004.
- [6] J. Yan, Z. Zhang, Z. Lei, D. Yi, and S. Z. Li, Face liveness detection by exploring multiple scenic clues, In ICARCV 2012, 2012.
- [7] Anil K. Jain, Patrick Flynn, Arun A. Ross, “Handbook of Biometrics”, Springer, 2008.
- [8] K. Kollreider, H. Fronthaler, M. I. Faraj, and J. Bigun, Real-time face detection and motion analysis with application in “liveness” assessment, IEEE Transactions on Information Forensics and Security, 2(3-2):548–558, 2007.
- [9] K. Kollreider, H. Fronthaler, and J. Bigun, Non-intrusive liveness detection by face images, Image and Vision Computing, vol. 27(3), pp. 233-244, 2009.
- [10] Jukka Komulainen, Abdenour Hadid, Matti Pietikainen, Context based Face Anti-Spoofing, Biometrics: Theory, Applications and Systems (BTAS), 2013 IEEE Sixth International Conference on Pages: 1-8, 2013.
- [11] G. Kim, S.Eum, J. K. Suhr, D. I. Kim, K. R. Park, and J. Kim, Face liveness detection based on texture and frequency analyses, 5th IAPR International Conference on Biometrics (ICB), New Delhi, India. pp. 67-72, March 2012.

[12] J. Maatta, A. Hadid, M. Pietikainen, Face Spoofing Detection From Single images Using MicroTexture Analysis, Proc. International Joint Conference on Biometrics (UCB 2011), Washington, D.C., USA.

[13] H. K. Jee, S. U. Jung, and J. H. Yoo, Liveness detection for embedded face recognition system, International Journal of Biological and Medical Sciences, vol. 1(4), pp. 235-238, 2006.

[14] X. Tan, Y. Li, J. Liu, L. Jiang. Face liveness detection from a single image with sparse low rank bilinear discriminative model// Computer Vision – ECCV 2010: Lecture Notes in Computer Science. - Springer, Heidelberg: 2010. -504-517 p.

[15] B. Peixoto, C. Michelassi and A. Roch. Face liveness detection under bad illumination conditions// 18th IEEE International Conference on Image Processing. – Brussels: 2011. - 3557- 3760 p.

REFERENCES

[1] B. Peixoto, K. Michelassi, A. Rocha, Facial recognition survivability under poor lighting conditions, in ICZI, pp. 3557-3560, 2011.

[2] D. Das. An Overview of Face Liveness Detection// International Journal on Information Theory (IJIT). – 2014. – T. 3. – No 2. –11-25 p.

[3] Biometrics Guide / R.M. Ball, J.H. Connel, Sh. Pankanti et al. - M. : Technosphere, 2007. - 368 p.

[4] Tatarenkov D. A. Analysis of methods of identification of persons on the image // Young scientist. - 2015. - No4. - C. Pp. 270-276.

[5] J. Li Y. Wang, T. Tan, and A.K. Jain, Live face detection based on the analysis of Fourier spectra, in Proc of Biometric Technology for Human Identification, Orlando, FL, USA. (SPIE 5404), pp. 296- 303, 2004.

[6] J. Yan, Z. Zhang, Z. Lei, D. Yi, and S. Z. Li, Face liveness detection by exploring multiple scenic clues, In ICARCV 2012, 2012.

[7] Anil K. Jain, Patrick Flynn, Arun A. Ross, “Handbook of Biometrics”, Springer, 2008.

[8] K. Kollreider, H. Fronthaler, M. I. Faraj, and J. Bigun, Real-time face detection and motion analysis with application in “liveness” assessment, IEEE Transactions on Information Forensics and Security, 2(3-2):548–558, 2007.

[9] K. Kollreider, H. Fronthaler, and J. Bigun, Non-intrusive liveness detection by face images, Image and Vision Computing, vol. 27(3), pp. 233-244, 2009.

[10] Jukka Komulainen, Abdenour Hadid, Matti Pietikainen, Context based Face Anti-Spoofing, Biometrics: Theory, Applications and Systems (BTAS), 2013 IEEE Sixth International Conference on Pages: 1-8, 2013.

[11] G. Kim, S.Eum, J. K. Suhr, D. I. Kim, K. R. Park, and J. Kim, Face liveness detection based on texture and frequency analyses, 5th IAPR International Conference on Biometrics (ICB), New Delhi, India. pp. 67-72, March 2012.

[12] J. Maatta, A. Hadid, M. Pietikainen, Face Spoofing Detection From Single images Using MicroTexture Analysis, Proc. International Joint Conference on Biometrics (UCB 2011), Washington, D.C., USA.

[13] H. K. Jee, S. U. Jung, and J. H. Yoo, Liveness detection for embedded face recognition system, International Journal of Biological and Medical Sciences, vol. 1(4), pp. 235-238, 2006.

[14] X. Tan, Y. Li, J. Liu, L. Jiang. Face liveness detection from a single image with sparse low rank bilinear discriminative model// Computer Vision – ECCV 2010: Lecture Notes in Computer Science. - Springer, Heidelberg: 2010. -504-517 p.

[15] B. Peixoto, C. Michelassi and A. Roch. Face liveness detection under bad illumination conditions// 18th IEEE International Conference on Image Processing. – Brussels: 2011. - 3557- 3760 p.

НЕЙРОНДЫҚ ЖЕЛІЛЕРДІ ҚОЛДАНА ОТЫРЫП КЕСКІННІҢ ӨМІРШЕҢДІГІН ТАҢУ ЖҮЙЕСІН ЖАСАУ

А.А. Муханбет*, А. Ерқос, Л.М. Жумахан, З.М. Абдирахметова

Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы қ., Қазақстан
E-mail: mukhanbetaksultan0414@gmail.com

Аңдатпа. Адамдарды тану қазіргі таңда кең қолданылатын биометриялық тәсіл болып табылады. Адамдарды тану технологиясы соңғы жылдары тез дамыды және бұл басқа әдістермен салыстырғанда анағұрлым түзу, ыңғайлы және тиімді болып табылады. Бұл жұмыста адамдарды тану арқылы жүйені қорғау үшін қос жіктеу негізіндегі әдіс қолданылды. Ұсынылған әдіс адамның бет-әлпеті ең жалған бет-әлпетінің бір-бірімен ерекшеленетінін негізге ала отырып, адамның "өміршеңдігін" айыра алады. «Өміршеңдік» термині шынайы адамның жалған адамнан айырмашылығын білдіреді. Бұдан әрі осы термин пайдаланылатын болады. Алдау әдістеріне фотосуреттерді, маскаларды немесе бейнелерді жатқызуға болады. Бұл әдісті жүзеге асыру үшін Python бағдарламалау тілі, OpenCV, livenessnet нейрондық желісі қолданылды. Бет-әлпетті анықтау біздің тіршілікті анықтау туралы соңғы мәліметтер жиынтығын құру үшін бейне қатпарларына қолданылады. Деректер жиынтығын жасағаннан кейін "LivenessNet" - CNN Keras + Deep Learning енгізілді. Негізгі мақсат тірі адамды танудың жаңа және неғұрлым қауіпсіз тәсілін болашақта дамытудың қарапайым әдісін ұсыну болып табылады.

Түйін сөздер: бейнені тану, нейрондық желі, python, OpenCV, өміршеңдікті тану, классификация.

DEVELOPMENT OF THE IMAGE SURVIVABILITY RECOGNITION SYSTEM USING NEURAL NETWORKS

A.A. Mukhanbet*, A. Erkos, L.M. Zhumakhan, Z.M. Abdiakhmetova

Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan
E-mail: mukhanbetaksultan0414@gmail.com

Abstract. Facial recognition is a widely used biometric approach. In recent years, face recognition technology has developed rapidly and has become more direct, convenient and efficient compared to other methods. In this article a double classification method to secure the system with facial recognition is considered. The presented method will make it possible to distinguish the "vitality" of a face on the basis that a person's face differs from a fake face. The term "vitality" means the difference between a real and a fake face. This term will be used in what follows. Such methods of deception include photographs, masks or video images. To implement this method, the programming language Python, OpenCV and the trained neural network LivenessNet were used. Face detection has been applied to video sets to form our final survivability detection dataset. After the dataset was created, "LivenessNet" - CNN Keras + Deep Learning was implemented. The main goal is to provide an easy way to develop a new and more secure approach to real-time face detection in the future.

Key words: recognition, neural network, python, OpenCV, liveness detection, classification.



КОСМИЧЕСКАЯ ИНЖЕНЕРИЯ И РОБОТОТЕХНИКА

IRSTI 621.01

THE KINEMATIC ANALYSIS OF THE MECHANISMS OF SEWING MACHINE

Algazy Zhauyt*, Marzhan Azilkiyasheva

Non-profit joint-stock company "Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named after Gumarbek Daukeev", Almaty, Kazakhstan

E-mail: ali84jauit@mail.ru

Abstract. It is necessary to make link mechanisms calculation to the strength at designing of flat link mechanisms of high class after definition of block diagrams and link linear sizes. It means to choose rationally their forms and to determine the section sizes. The algorithm of the definition of dimension of link mechanism lengths of high classes and their metric parameters at successive approach is offered in this work. In this article the educational and research software named MSC ADAMS is presented. This software has been developed with the aim of approaching the difficulties students usually encounter when facing up to kinematic analysis of mechanisms. A deep understanding of the kinematic analysis is necessary to go a step further into design and synthesis of mechanisms. In order to support and complement the theoretical lectures, MSC ADAMS software is used during the practical exercises, serving as an educational complementary tool reinforcing the knowledge acquired by the students.

Keywords: kinematic analysis, sewing machine, synthesis, algorithm, solution.

Introduction

In the teaching of subjects related to Machine Theory, supporting and complementing theoretical lectures with a simulation and analysis software, helps the students to understand deeply and visually the theoretical bases of the Mechanisms Science [1]. The software has been developed focusing, not only on educational purposes but also on research in the field of computational kinematics and mechanism design applications [2]. The software presented in this article also has potential to be used by students of Bachelor or Master Degrees in Mechanical Engineering and other subjects related to Robotics, Mechanism Design, etc. MSC ADAMS has been developed in a modular structure [3]. After defining the kinematic structure of a linkage in the Geometry module, the user can perform the motion simulation in the Motion module [4]. MSC ADAMS is mainly oriented to the field of kinematic analysis, motion simulation and dimensional synthesis of planar mechanisms. In any case, it also includes other modules for workspace and singularity evaluation and static analysis of mechanical structures [5]. The problem of designing of an over edge sewing machine is the difficult one. There exist a number of design solutions. In order to choose proper parameters a lot analytical study has to be performed. Some study on an over lock sewing machine subject can be found [6]. The purpose of this study is to develop an algorithm that will enable one to choose optimum parameters of the machine using simulation technique. Detailed discussions of such techniques for sewing machines are described [7]. In the presented machine design solution, the trajectory of the transport mechanism toothed bar is formed by a summation of the motion of both the link systems from the two driving links of the main shaft. The main part of the first mechanism consists of two double-arm rockers connected in series [8]. The displacement of the transporting bar upwards and downwards is forced by the motion of the link of the second drive system. The mating of all the transport system mechanism elements has been described by three flat closed polygons of vectors formed on the geometrical relationships of the relative positions of its links [9].

Materials and Methods

The mechanisms of the third class, thanks to their structure, can provide difficult laws of the movement of the points and the driven members. For example, by means of such mechanism it is possible to reproduce set movements of two driven members (output) at one driving (entrance) member [10]. The

questions of synthesis and kinematic analysis of mechanisms of the third class are insufficiently studied. Therefore these mechanisms received limited application in the national economy. In this subsection the technique of the kinematic analysis of the transmission mechanism of the third class with usage of vector calculation on the example of the mechanism of the third class with a sliding bar 5 and driving member 1 is considered (see Fig. 1).

For this mechanism it is possible to work out three following vector equations of isolation:

$$\left. \begin{aligned} \bar{l}_2 + \bar{l}_3 - \bar{l}_6 &= \bar{L} \\ \bar{l}_3 + \bar{l}_5 - \bar{l}_4 &= 0 \\ \bar{l}_2 + \bar{l}_4 - \bar{l}_0 &= \bar{l}_8 - \bar{l}_1 \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

where $\bar{L} = l_7 - l_1$ the known vector-function of the generalized coordinate φ_1 .

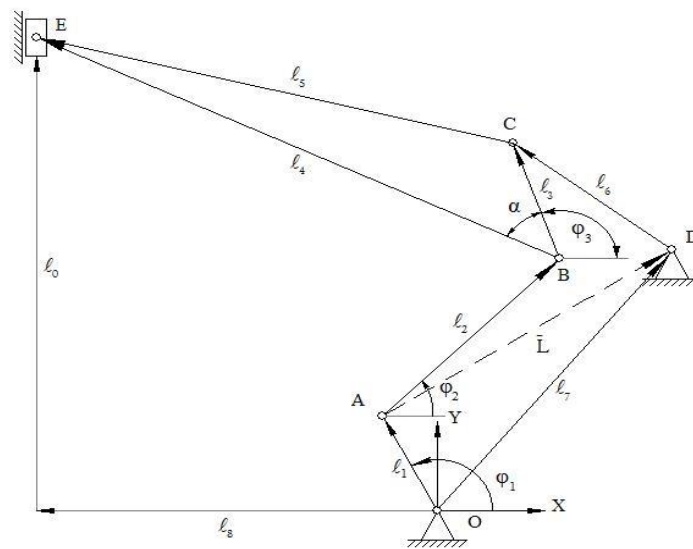


Figure 1- Kinematic Scheme of Sewing Machine Mechanisms

We choose any two from required vectors in the system eq. (1) and we spread out them on orthogonal vectors $\bar{L}$ and $(\bar{k} \times \bar{L})$. Let it be a vector $\bar{l}_2$ and $\bar{l}_3$:

$$\left. \begin{aligned} \bar{l}_2 &= p_2 \bar{L} + q_2 (\bar{k} \times \bar{L}) \\ \bar{l}_3 &= p_3 \bar{L} + q_3 (\bar{k} \times \bar{L}) \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

$\vec{i}$, $\vec{j}$, $\vec{k}$ cross heading of system of coordinates $Oxyz$; P_2 , q_2 and P_3 , q_3 are unknown decomposition coordinates [11]. The others vectors on the basis of equality Eq. (1) can be expressed through chosen. The vector $\vec{l}_4$ is defined by turning movement vector $\vec{l}_3$ on the corner α between them, and the other vector $\vec{l}_6$, $\vec{l}_5$ and $\vec{l}_0$ are defined from equalities Eq. (1). Substituting in the received expressions Eq. (2), we have:

$$\left. \begin{aligned} \bar{l}_4 &= \frac{l_4}{l_3} [p\bar{L} + q(\bar{k} \times \bar{L})] \\ \bar{l}_5 &= \left(\frac{l_4}{l_3} p - p_3 \right) \bar{L} + \left(\frac{l_4}{l_3} q - q_3 \right) (\bar{k} \times \bar{L}) \\ \bar{l}_6 &= (p_2 + p_3 - 1) \bar{L} + (q_2 + q_3) (\bar{k} \times \bar{L}) \\ \bar{l}_0 &= \bar{l}_1 - \bar{l}_8 + \left(p_2 + \frac{l_4}{l_3} p \right) \bar{L} + \left(q_2 + \frac{l_4}{l_3} q \right) (\bar{k} \times \bar{L}) \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

where $p = p_3 \cos \alpha - q_3 \sin \alpha$, $q = p_3 \sin \alpha - q_3 \cos \alpha$.

In system of the equations Eq. (3) parameters p_2 , q_2 , p_3 , q_3 are unknown [12]. These parameters can be determined, having squared both parts of the equations Eq. (2) and the third equation of the system Eq. (2) and scarily multiplying the last equation on $\bar{l}_8$:

$$\left. \begin{aligned} (p_2^2 + q_2^2) L^2 &= l_2^2 \\ (p_3^2 + q_3^2) L^2 &= l_3^2 \\ [(p_3 - p_2 - 1)^2 + (q_2 + q_3)^2] L^2 &= l_6^2 \\ \left(p_2 + \frac{l_4}{l_3} \right) (l_8, \bar{L}) + \left(q_2 + \frac{l_4}{l_3} q \right) [\bar{l}_8, \bar{k}, \bar{L}] &= l_8^2 - (l_8, l_1) \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

The nonlinear system of the equations generally has not the only solution and number of these solutions is equal to number of assemblies of the mechanism. The system Eq. (4) can be simplified, having reduced to two equations relatively q_2 and q_3 . For this purpose from the second and the last system parameters Eq. (4), p_3 and p_2 we express through q_3 and q_2 :

$$p_3 = \pm \left[\frac{l_3^2}{L^2} - q_3^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (5)$$

$$p_2 = a_{11} p_3 + a_{12} q_3 + a_{13} q_2 + a_{14} \quad (6)$$

where:

$$\left. \begin{aligned} a_{11} &= -\frac{l_4}{l_3} (\cos \alpha - a_{13} \sin \alpha) \\ a_{12} &= \frac{l_4}{l_3} (\sin \alpha - a_{13} \cos \alpha) \\ a_{13} &= -\frac{[\bar{l}_8, \bar{k}, \bar{L}]}{(\bar{l}_8, \bar{L})} \\ a_{14} &= \frac{l_8^2 - (\bar{l}_8, l_1)}{(\bar{l}_8, \bar{L})} \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

Substituting parameters p_2 and p_3 in the first and third equations of system Eq. (4), we have system of two equations relatively q_2 and q_3 :

$$\left\{ \begin{aligned} & \left\{ \pm \left[\frac{l_3^2}{L^2} - q_3^2 \right]^{\frac{1}{2}} \cdot a_{11} + a_{12}q_3 + a_{13}q_2 + a_{14} \right\}^2 + q_2^2 = \frac{l_3^2}{L^2} \\ & \left\{ \pm \left[\frac{l_3^2}{L^2} - q_3^2 \right]^{\frac{1}{2}} \cdot (1 + a_{11}) + a_{12}q_3 + a_{13}q_2 + a_{14} - 1 \right\}^2 + (q_2 + q_3)^2 = \frac{l_6^2}{L^2} \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

From solutions of the system Eq. (8) taking into account Eq. (6) and Eq. (7) we determine unknown parameters p_2, q_2, p_3, q_3 . As initial approximations of projection of the corresponding vectors functions $\bar{L}$ and $(\bar{k} \times \bar{L})$ for a certain position of the mechanism are set by synthesis conditions. Provisions of other links of the mechanism are from scalar products of cross heading of system of coordinates $Oxyz$ and the found vectors:

$$\left. \begin{aligned} tg \varphi_2 &= \frac{\bar{l}_2 \bar{j}}{\bar{l}_2 \bar{i}} = \frac{p_2 L_y + q_2 L_x}{p_2 L_x + q_2 L_y} \\ tg \varphi_3 &= \frac{\bar{l}_3 \bar{j}}{\bar{l}_3 \bar{i}} = \frac{p_3 L_y + q_3 L_x}{p_3 L_x + q_3 L_y} \\ tg \varphi_4 &= \frac{\bar{l}_4 \bar{j}}{\bar{l}_4 \bar{i}} = \frac{p L_y + q L_x}{p L_x + q L_y} \\ tg \varphi_6 &= \frac{\bar{l}_6 \bar{j}}{\bar{l}_6 \bar{i}} = \frac{(p_2 + p_3 - 1)L_y + (q_2 + q_3)L_x}{(p_2 + p_3 - 1)L_x - (q_2 + q_3)L_y} \\ \bar{l}_0 &= \bar{l}_{1y} - \bar{l}_{8y} + \left(p_2 + \frac{l_4}{l_3} p \right) L_x + \left(q_2 + \frac{l_4}{l_3} q \right) L_y \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

where $L_x = l_{7x} - l_1 \cos \varphi_1$, $L_y = l_{7y} - l_1 \sin \varphi_1$.

We pass to definition of analogs of speeds and speedups. Differentiating Eq. (1) on φ_1 taking into account $\varphi'_3 = \varphi'_4 = \varphi'_5$, we receive:

$$\left. \begin{aligned} \bar{l}_2 \varphi'_2 + \bar{l}_3 \varphi'_3 - \bar{l}_6 \varphi'_6 &= -\bar{l}_1 \\ \bar{l}_2 \varphi'_2 + \bar{l}_4 \varphi'_3 - \bar{l}_0' &= -\bar{l}_1 \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

Analog of speeds of links can be defined from the solution of linear system Eq. (10):

$$\left. \begin{aligned} \varphi'_2 &= \frac{1}{\Delta} \{ (\bar{l}_1, \bar{j}) [\bar{l}_3, \bar{k}, \bar{l}_6] - (\bar{l}_4, \bar{j}) [\bar{l}_1, \bar{k}, \bar{l}_6] \} \\ \varphi'_3 &= -\frac{1}{\Delta} \{ (\bar{l}_1, \bar{j}) [\bar{l}_2, \bar{k}, \bar{l}_6] - (\bar{l}_2, \bar{j}) [\bar{l}_1, \bar{k}, \bar{l}_6] \} \\ \varphi'_6 &= \frac{1}{l_6^2} [(\bar{l}_2, \bar{l}_6) \varphi'_2 + (\bar{l}_3, \bar{l}_6) \varphi'_3 + (\bar{l}_1, \bar{l}_6)] \\ l'_0 &= (l'_1, \bar{i}) + (\bar{l}_2, \bar{i}) \varphi'_2 + (\bar{l}_4, \bar{i}) \varphi'_3 \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

where, $\Delta = (\bar{l}_4, \bar{j}) [\bar{l}_2, \bar{k}, \bar{l}_6] - (\bar{l}_2, \bar{j}) [\bar{l}_3, \bar{k}, \bar{l}_6]$.

For definition of analogs of speedups of links we are differentiating Eq. (10) on φ_1 :

$$\left. \begin{aligned} \bar{l}_2 \varphi_2'' + \bar{l}_3 \varphi_3'' - \bar{l}_6 \varphi_6'' &= -\bar{L}_1 \\ \bar{l}_2 \varphi_2'' + \bar{l}_4 \varphi_3'' - \bar{l} l_0'' &= -\bar{L}_2 \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

where,

$$\left. \begin{aligned} \bar{L}_1 &= \bar{k} \times \bar{l}_1 + \bar{k} \times \bar{l}_2 \varphi_2'^2 + \bar{k} \times \bar{l}_3 \varphi_3'^2 - \bar{k} \times \bar{l}_6 \varphi_6'^2 \\ \bar{L}_2 &= \bar{k} \times \bar{l}_1 + \bar{k} \times \bar{l}_2 \varphi_2'^2 + \bar{k} \times \bar{l}_4 \varphi_3'^2 \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

The solution of linear system Eq. (12) can be written down similarly in the following type:

$$\left. \begin{aligned} \varphi_2'' &= \frac{1}{\Delta} \{ (\bar{L}_2, \bar{j}) [\bar{l}_3, \bar{k}, \bar{l}_6] - (\bar{l}_4, \bar{j}) [\bar{L}_1, \bar{k}, \bar{l}_6] \} \\ \varphi_3'' &= -\frac{1}{\Delta} \{ (\bar{L}_2, \bar{j}) [\bar{l}_2, \bar{k}, \bar{l}_6] - (\bar{l}_2, \bar{j}) [\bar{L}_1, \bar{k}, \bar{l}_6] \} \\ \varphi_6'' &= \frac{1}{l_6^2} [(\bar{l}_2, \bar{l}_6) \varphi_2'' + (\bar{l}_3, \bar{l}_6) \varphi_3'' + (\bar{L}_1, \bar{l}_6)] \\ l_0'' &= (\bar{L}_2, \bar{i}) + (\bar{l}_2, \bar{i}) \varphi_2'' + (\bar{l}_4, \bar{i}) \varphi_3'' \end{aligned} \right\} \quad (14)$$

The usage of formulas Eq. (9), Eq. (11) and Eq. (14) quite just allows making an algorithm of the solution tasks of the kinematic analysis of the mechanism of the third class on the computer.

Results and Discussion

In this article, a kinematic model of the third class Assure group is presented. The method has the property of visibility, which makes it suitable for use in engineering practice [13]. Simulation of the kinematical analysis of third class plain lever mechanism with output dwell is done using Model MSC ADAMS software application that gives opportunity to develop discrete, continuous and hybrid models of complicated technical systems (see Fig. 2-8). A computer analysis of the motion of the spatial links of lever mechanisms has been carried out. This analysis has been presented as an example of some selected mechanisms of one version of basic design solutions for the overlock sewing machine, i.e. a needle arm driving mechanism, a gripper mechanism and a transport mechanism. On the basis of the equations of motion based on the mating of the elementary links of these mechanisms, a kinematic analysis of the motion of these elements has been conducted. The calculation results obtained in the form of discrete functions have been replaced by continuous functions, by the application of the Lagrange polynomial. The parameters of the motion of selected elements as determined are derivatives of these functions.

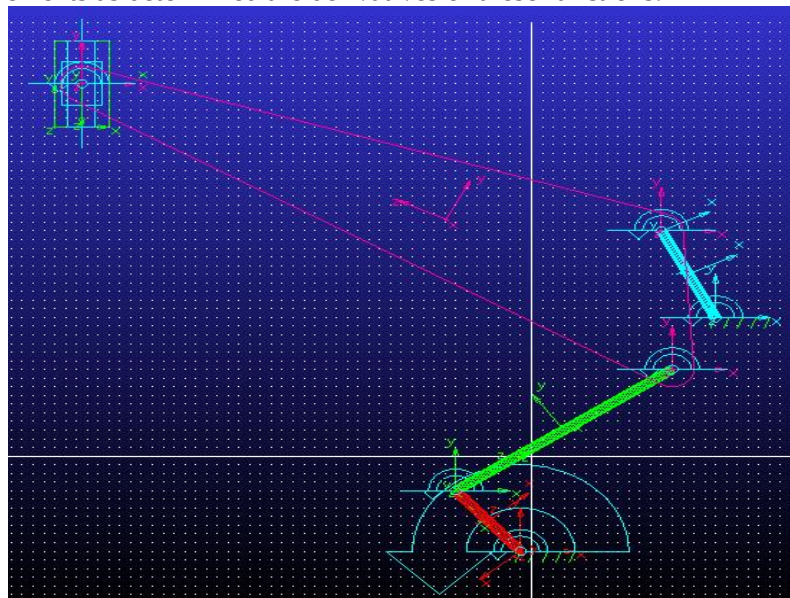


Figure 2 - Six Bar Sewing Machine Mechanisms Model

The computations for all the mechanism links in the machine under consideration have been performed. The results of the calculations for some selected machine elements, on the assumption of a unit angular velocity of the main shaft, are shown in Figures 3-8. This program for calculating the parameters of spatial mechanism kinematics, as formed on the mechanisms of the over edge sewing machine, is a basic tool in the computer analysis of the dynamics of these mechanisms which are currently being developed. Over edge sewing machines are equipped with a knife mechanism whose task is to trim fabric edges to ease the performance of the technological process. The upper knife drive, being a simple crank and rocker mechanism, has not been considered in the present paper. Kinematic analysis was performed on the thread taking-up mechanism of a sewing machine, and the mistakes existing in former analysis were modified correspondingly. The effects of structure parameters for the thread taking-up mechanism on take-up angle were revealed. Synthesis properties of an ideal thread taking-up path were presented. A genetic algorithm was used for the optimum synthesis of the thread taking-up mechanism of sewing machine, and the minimum value of take-up angle was the optimal object function. The result was extremely satisfactory.

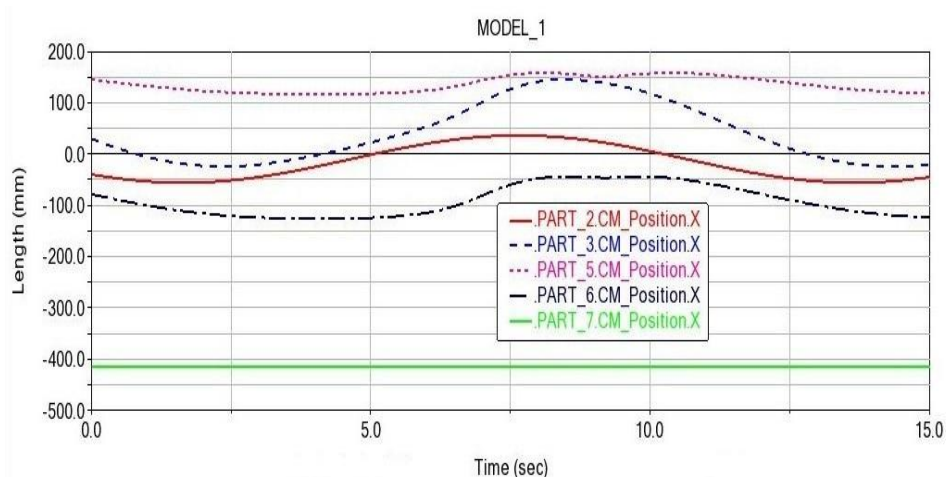


Figure 3 - Computed Plot of the Position Joint 2-7

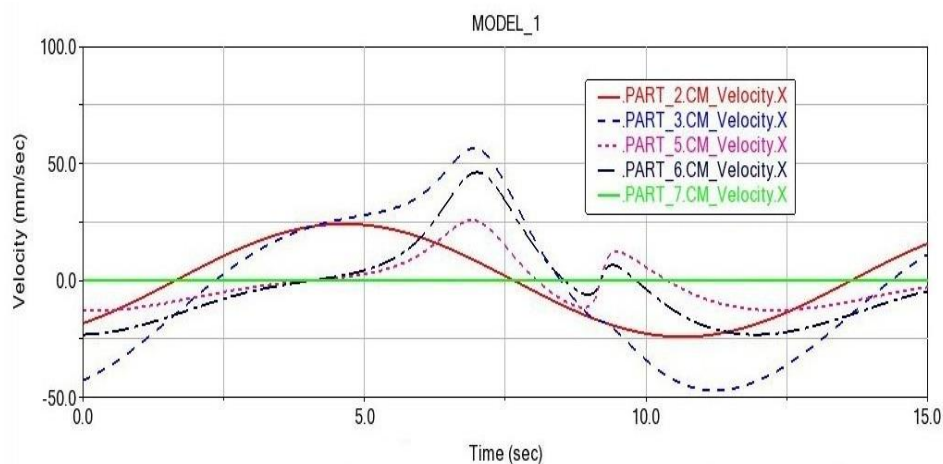


Figure 4 - Computed Plot of the Velocity Joint 2-7

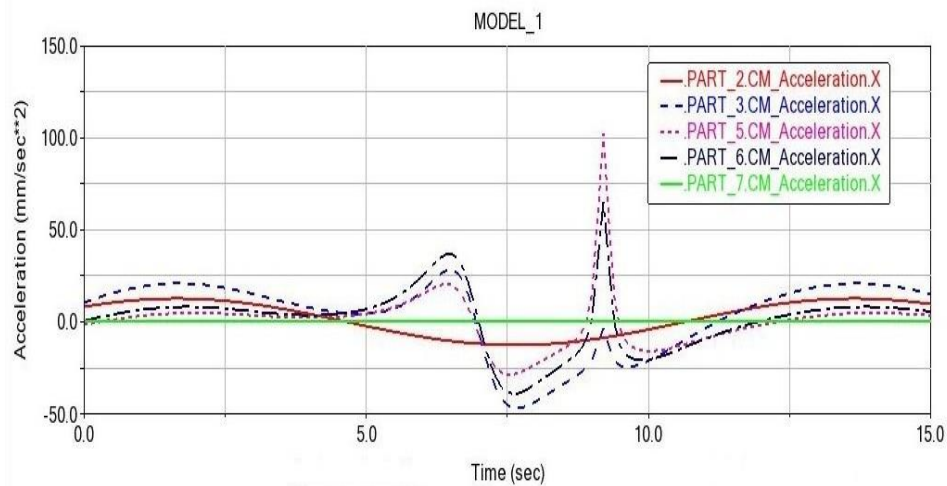


Figure 5 - Computed Plot of the Acceleration Joint 2-7

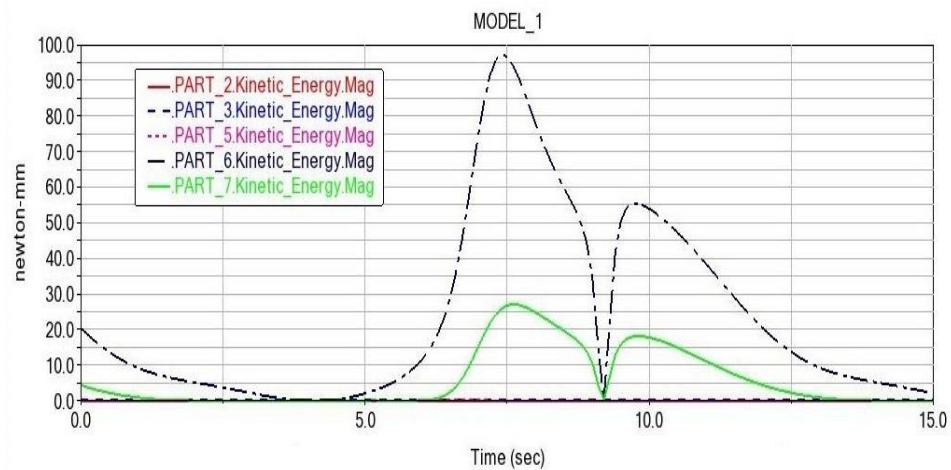


Figure 6 - Computed Plot of the Kinetic Energy Joint 2-7

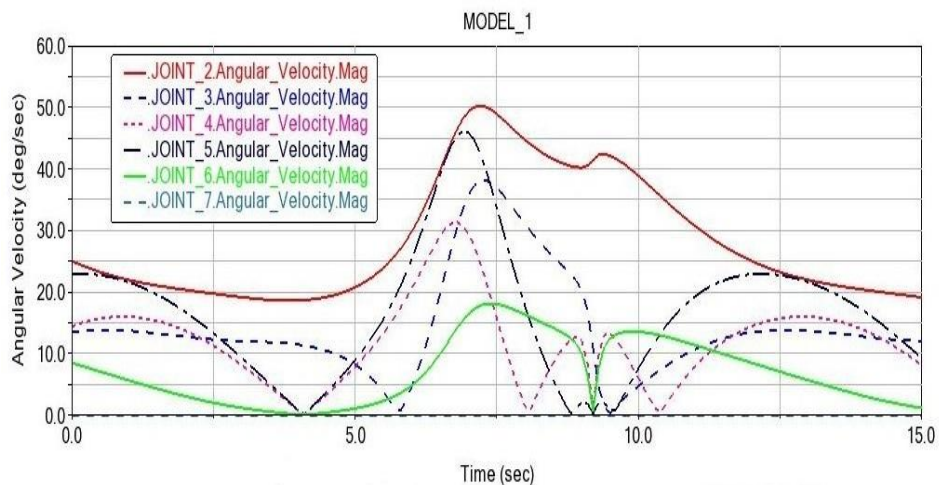


Figure 7 - Computed Plot of the Angular Velocity Joint 2-7

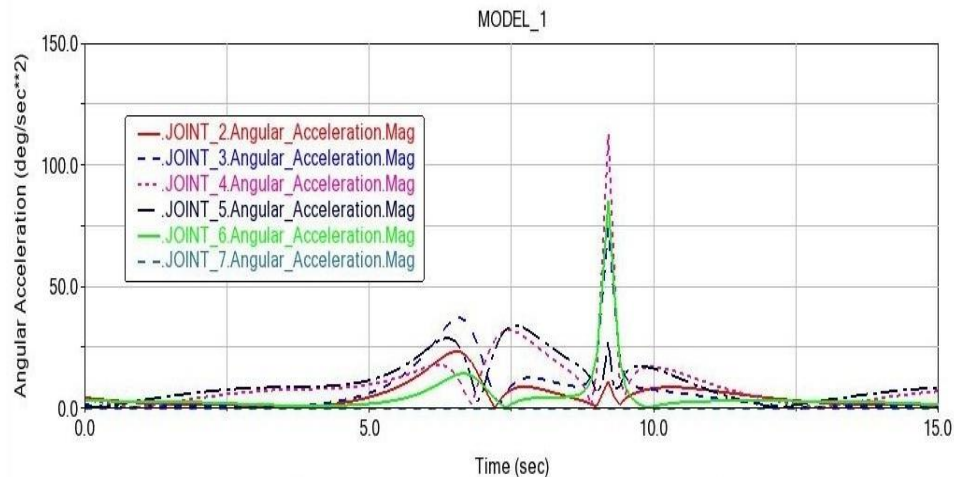


Figure 8 - Computed Plot of the Angular Acceleration Joint 2-7

Conclusion

The algorithm presented in this article together with a computer program developed at the Department of Electronics and Robotics were used enables finding appropriate dimensions of machine elements of an over edge sewing machine. This study proved that mathematical modeling is a very efficient tool for designing of modern high speed over edge sewing machines. The combined analytic and graphic-analytical kinematic analysis method of the sixth class third order mechanism can be performed by accepting the inverse motion, considering the input element of the original mechanism as frame and one of the adjacent ternary element as drive element. The analysis of the mechanism is reduced to the study of third and second class Assure kinematic groups. The positional kinematic analysis shows that the most difficult problem is the solving of a trigonometric equations system by means of numerical methods. The kinematic analysis of a particular case indicated by Artobolevsky highlights the difficulties in computing the velocities in particular positions. However, some properties of the mechanism recommend it to be used in applications which need the preservation of parallel positions of the higher order couplers in self-locked extreme position and its compact size in folded position.

LIST OF REFERENCE

- [1] S. Kosbolov, A. Zhauyt, S. Kosbolov, Kinematic synthesis of spatial linkages with spherical pairs, Journal of theoretical and applied mechanics, 2016, Vol. 54, № 1, p. 75-85, DOI: 10.15632/jtam-pl.54.1.75
- [2] A. Zhauyt, G. Mamatova, G. Abdugalieva, K. Alipov, A. Sakenova, A. Alimbetov, The kinematic analysis of flat leverage mechanism of the third class. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2017, Vol. 250, pp. 1-6, DOI: 10.1088/1757-899X/250/1/012006
- [3] B. Tultayev, G. Balbayev, A. Zhauyt, A kinematic analysis of flat leverage mechanism of the fourth class for manipulators. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2017, Vol. 230, pp. 1-7, DOI: 10.1088/1757-899X/230/1/012047
- [4] R. Przytulski, J. Zajackowski, Kinematic analysis of the sewing mechanisms of an over edge machine. Fibres and Textiles in Eastern Europe, 2016, Vol. 14, Issue 1, pp. 79-82.
- [5] Hsien Chang Tseng, Sewing machine control mechanism. 1998, US Patent 5,704,303.
- [6] G. Pozzi, R. Sanvito. Overedge sewing machine including an upper looper with a hooked member. 1995, US Patent 5,465,675.
- [7] H. Holl, G. Meier. Overcast sewing machine for forming a multiple-tread overcast seam. 1993, US Patent 5,269,240.
- [8] K. Trifonov, Bl. Paleva-Kadiyska, Classification of mechanisms for transportation of material of sewing machines, Journal of Textiles and clothing, 2010, Vol. 6, pp.158-163.
- [9] Bl. Paleva-Kadiyska, Effect of replacement of a real mechanism for transporting materials with a conventional one, Journal of Textiles and clothing, 2012, Vol.7, pp.185-189.

- [10] Roussev R., Bl. Paleva-Kadiyska, Determination of the kinematic features of the feed dog of mechanisms for transportation of material of the sewing machines, Journal of Textiles and clothing, Vol. 3, 2015, pp. 58-63.
- [11] V. Galabov, R. Roussev, Method of momentary centers of velocities for kinematic analysis of lever four-bar mechanisms, TU-Gabrovo, Journal of Reports, 2012, Vol. 44, pp. 30-33, (on Bulgarian).
- [12] J. Vavro, J. Jr. Vavro, P. Kovačikova, R. Bezbedova. Kinematic and dynamic analysis of planar mechanisms by means of the Solid Works software, Procedia Engineering, 2017, Vol. 177, 476-481.
- [13] I. A. S. Leharika and T. V. K. Bhanuprakash, Kinematic analysis of planar and spatial mechanisms using Mathpack, International Research Journal of Engineering and Technology, 2018, 5(11) 416-421, DOI: 10.1088/1757-899X/659/1/012019

ТІГІН МАШИНАСЫНЫҢ МЕХАНИЗМДЕРІН КИНЕМАТИКАЛЫҚ ТАЛДАУ

Ә. Жауыт*, М. Азилкияшева

«Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті» КеАҚ, Алматы, Қазақстан
E-mail: ali84jauit@mail.ru

Аңдатпа. Блок-сұлбалар мен сызықтық өлшемдерді анықтағаннан кейін жоғары класты жазық иінтіректі механизмді жобалау және механизмдерін беріктікке есептеу керек, яғни олардың формаларын таңдап, қиманың өлшемдерін анықтау керек. Бұл жұмыста жоғары класты байланыс механизмнің ұзындығын және олардың метрикалық параметрлерін анықтау алгоритмі ұсынылған. Бұл жұмыста MSC ADAMS атты оқу және зерттеу бағдарламалық жасақтамасы ұсынылған. Бұл бағдарламалық жасақтама механизмдерді кинематикалық талдау кезінде студенттерде кездесетін қиындықтарды жеңу мақсатында жасалған. Механизмдерді жасау мен синтездеуге қадам жасау үшін кинематикалық талдауды терең түсіну қажет. Теориялық дәрістерді қолдау және толықтыру үшін практикалық сабақтарда студенттердің алған білімдерін нығайтатын қосымша білім беру құралы ретінде MSC ADAMS бағдарламалық жасақтамасы қолданылады.

Түйін сөздер: кинематикалық талдау, тігін машинасы, синтез, алгоритм, шешім.

КИНЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ МЕХАНИЗМОВ ШВЕЙНОЙ МАШИНЫ

Ә. Жауыт*, М. Азилкияшева

НАО «Алматинский университет энергетики и связи имени Гумарбека Даукеева», Алматы, Казахстан
E-mail: ali84jauit@mail.ru

Аннотация. Расчет механизмов звеньев на прочность при проектировании плоских звеньев высокого класса необходимо производить после определения структурных схем и линейных размеров звеньев, т.е. рационально выбирать их формы и определять размеры сечений. В работе предлагается алгоритм определения размерности длин звеньев механизмов высоких классов и их метрических параметров при последовательном подходе. В данной статье представлено учебно-исследовательское программное обеспечение MSC ADAMS. Это программное обеспечение было разработано с целью преодоления трудностей, с которыми студенты обычно сталкиваются при кинематическом анализе механизмов. Глубокое понимание кинематического анализа необходимо, чтобы сделать еще один шаг в разработке и синтезе механизмов. Для поддержки и дополнения теоретических лекций во время практических занятий используется программное обеспечение MSC ADAMS, которое служит дополнительным образовательным инструментом, укрепляющим знания, полученные студентами.

Ключевые слова: кинематический анализ, швейная машина, синтез, алгоритм, решение.



ПРОМЫШЛЕННАЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

МРНТИ 50.09.37; 50.51.19

ПРОГРАММНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СБОРА ДАННЫХ С КОНЕЧНЫХ УЗЛОВ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Б.Б. Иманкулова*, С.Т. Аманжолова, К.С. Дуйсебекова

Международный Университет Информационных Технологий, Алматы, Республика Казахстан
e-mail: b.imankulova@edu.iitu.kz

Аннотация. Целью данной публикации является описание программно-технических аспектов сбора данных от конечных устройств для мониторинга окружающей среды. Конечные узлы реализованы в виде встроенной интеллектуальной системы, которая позволяет получать данные из окружающей среды, далее передавая через шлюз на сервер для их дальнейшей обработки и визуализации. В результате с помощью этой системы были получены реальные данные, генерируемые датчиками, такими как датчик измерения качества воздуха (датчик газов), датчик температуры и влажности, датчик атмосферного давления, датчик реального времени и GPS. Выбранная технология LoRa обеспечивает низкое энергопотребление, большой радиус действия и безопасность, также имеет открытый протокол. Конечные узлы были размещены в городе Алматы для изучения загрязнения воздуха.

Ключевые слова: система мониторинга IoT, сбор данных IoT, технология LoRa, база данных, декодирование формата данных.

Введение

На сегодняшний день Интернет вещей (IoT) является актуальной темой для изучения. Разработка IoT поддерживает множество приложений, данная система даёт возможность повысить эффективность и точность, тем самым способствует экономической выгоде [1]. Использование новых технологий позволяет контролировать и управлять системой удаленно с компьютеров, а также мобильных устройств. Функциями IoT являются сбор данных в реальном режиме времени, передача сообщений, обработка данных о местоположении, анализ и визуализация.

Для передачи и приёма данных передатчики используют различные типы модуляции. От частоты, а также от типа используемой модуляции зависит пропускная способность и покрытие.

Технология LoRa (от англ. Long Range) использует модуляцию с расширенным спектром (SSM, Spread Spectrum Modulation) и вариации линейной частотной модуляции (CSS, Chirp Spread Spectrum) с интегрированной прямой коррекцией ошибок (FEC, Forward Error Correction), тем самым передача сигнала осуществляется через большую полосу частот, обеспечивая большой радиус действия [2].

Сеть LoRa реализуется в основном по топологии «звезда» [3], которая определяется физическим уровнем. Преимущество использования данной топологии заключается в продлении срока службы батареи и разгрузки сети, где узлам не нужно получать и пересылать данные из других узлов.

1. Концепция

Основная концепция проекта – это наличие конечного устройства в виде встроенной интеллектуальной системы, которая позволяет получать данные из окружающей среды, далее передавая через шлюз на сервер для их дальнейшей обработки и визуализации.

Для целей мониторинга окружающей среды нами была выбрана беспроводная технология LoRa, из-за низкого энергопотребления, также обеспечения большого радиуса действия, наличия открытого протокола и безопасности. Преимуществом данной технологии является то, что каждый шлюз LoRa может обслуживать большое количество конечных устройств (до 300) на расстоянии до

10 км [2]. Также отсутствует необходимость расширения зоны покрытия, установки дополнительных антенн либо маршрутизаторов.

2. Реализация

В данном исследовании разрабатывался прототип устройства для получения данных от датчиков с помощью технологии LoRa. Прототип был собран на микроконтроллере ATmega2560 с открытым исходным кодом. Кроме Ардуино, также был использован LoRa Shield на основе SX1276/SX1278 – это приемопередатчик большого радиуса действия, работающий на частоте 868 МГц. С помощью LoRa шилда можно добиться высокой помехозащищенности при минимальном потреблении тока. Для корректной передачи данных с узлов на шлюз была выбрана и установлена библиотека LMIC [4], которая предоставляет достаточно полную реализацию LoRaWAN класса A и класса B, поддерживает диапазоны EU-868 и US-915. Работа данной библиотеки заключается в отправке пакетов uplink, шифровании и проверке целостности сообщений, получении пакетов нисходящей линии связи, настройке параметров данных, активация по беспроводной сети (OTAA).

На рисунке 1 показана архитектура сети LoRa, содержащая конечные устройства (End-nodes), шлюз LoRa. В серверной части хранятся полученные данные от датчиков.

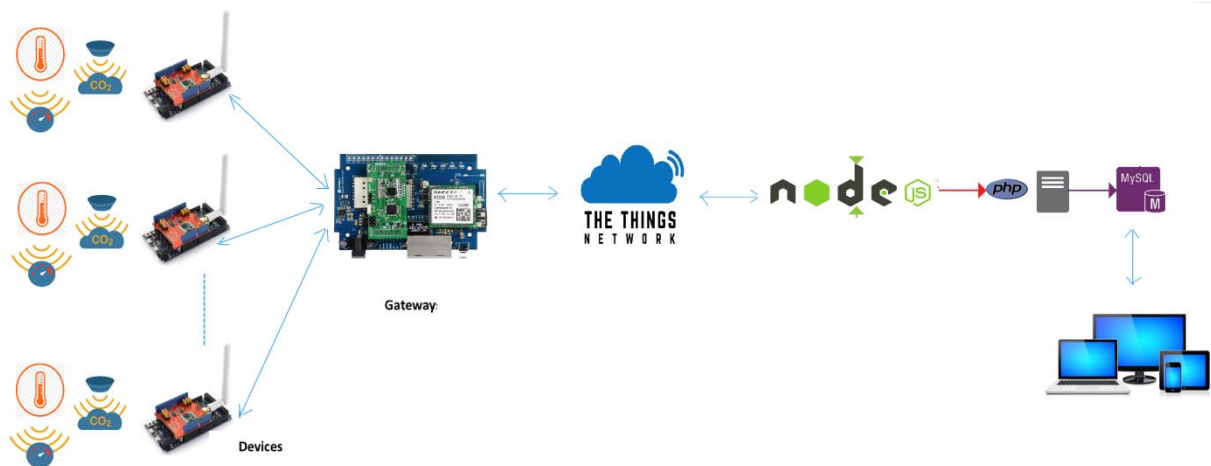


Рисунок 1 – Архитектура сети LoRa для мониторинга окружающей среды

Конечные устройства (или Nodes-узлы) – в восходящем сообщении передают полезные данные на шлюз LoRa. Далее шлюз передает сообщения на сетевой сервер, через Wi-Fi (на плате шлюза имеется модуль Wi-Fi 802.11 b/g/n). Вместе с тем имеется возможность передачи через 3G/4G, подключив дополнительный модуль LTE. Существует несколько вариантов сетевых серверов, в данном случае выбор был сделан на сторонний сервер The Things Network (TTN) [5]. Дополнительные сведения по серверной части представлены в пункте 2.5 данной статьи.

2.1. Анализ сети. Характеристика шлюза

Шлюз LoRa является одноканальным с открытым исходным кодом, использует Linux для управления модулем LoRa SX1276/SX1278 [6]. Поддерживает подключение 50~300 конечных устройств, также поддерживает несколько режимов работы, такие как режим MQTT, режим клиента TCP/IP. Максимальная дальность действия – 5 ~ 10 км.

Система позволяет осуществлять мониторинг с помощью LoRa с такими характеристиками, как ширина спектра 125 кГц, коэффициент расширения спектра (SF) 7, скорость кодирования (CR) 4/5 от рабочей полосы частот. Выбор полосы пропускания также влияет на длину полезной нагрузки. Например, для той же полосы пропускания 125 кГц на частоте 868 МГц, если SF=7, то пропускная способность будет составлять 5470 бит/с, а полезная нагрузка составит 230 байтов. Параметры трансмиссии для LoRa представлены в работах [7], [8].

На рисунке 2 представлен стандартный пакет LoRa. Как видно из рисунка, пакет состоит из кадра преамбулы, который отвечает за синхронизацию с входящими данными. Далее идет заголовок, где содержится информация о длине пакета, скорости (кодовая скорость 4/8). Размер полезной нагрузки хранится с использованием только одного байта, ограничивая его общий размер 255 байтами. Пакет также включает в себя CRC код.

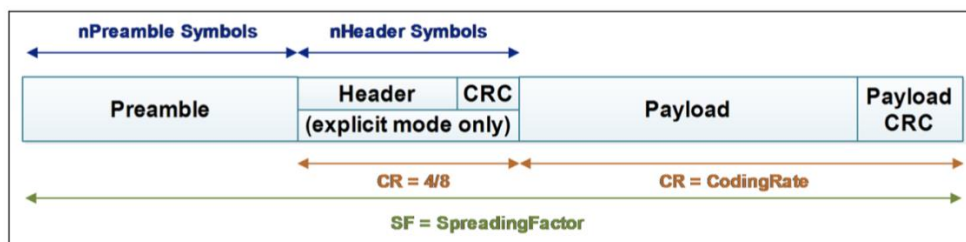


Рисунок 2 – Стандартный пакет LoRa [8]

Сеть доступа может использовать GSM, Wi-Fi или радиомодули, которые будут определять применяемые стандарты и модульные платформы. В данном проекте были протестированы Wi-Fi и GSM модули.

2.2. Датчики и их технические характеристики

Основная задача данной инфраструктуры – соединить узлы и создать способ доступа к данным, генерируемым в разных точках города.

- Датчик температуры и влажности DHT22 (температура измеряется с точностью до $\pm 0,5^\circ\text{C}$ в диапазоне $-40 \sim +125^\circ\text{C}$, влажность измеряется с точностью до $\pm 2-5\%$ в диапазоне 0-100%).
- Датчик атмосферного давления BMP-180 (Bosch Module Pressure): абсолютный диапазон от 30 000 до 110 000 Па (разрешение 1 Па, точность ± 12 Па).
- Датчик газа (чувствителен к аммиаку (NH_3), оксиду азота (NO_x), алкоголю, бензолу, углекислому газу (CO_2)).
- Датчик реального времени (секунды, минуты, часы, даты месяца, месяцы, дни недели и годы).
- Датчик определения местоположения (GPS).

Для стабильной и корректной работы датчиков необходимо провести калибровку датчика газов. Датчик газа калибруется в зависимости от его параметров. Время стабилизации датчиков составляет около 20-30 минут.

CO , NO_2 , NH_3 , CH_4 и другие используют каскады схемы, основанные на делителе напряжения. Этот делитель напряжения состоит из двух резисторов. Один из этих резисторов – это сопротивление датчика (R_S), а другой – сопротивление нагрузки (R_L). R_S изменяется в зависимости от концентрации газа, а сопротивление R_L можно настроить с помощью цифрового потенциометра с помощью функции `configureSensor()`. Значение датчика R_L меняется в зависимости от датчика. Для этого необходимо измерить сопротивление обратного осмоса при известной концентрации (в зависимости от каждого датчика) и контролируемых условиях температуры и влажности и аннотировать это значение для следующих расчетов.

2.3. Конечные узлы (nodes)

Конечные узлы передают информацию на шлюз каждые 60 сек. LoRa может принимать и отправлять сообщения в двух направлениях, также есть возможность трансляции на все узлы. LoRa имеет классы на основе работы уровня MAC [9]:

- класс A – обеспечивает двунаправленную связь конечных устройств, данный класс наиболее экономичен в потреблении энергии и является наиболее распространенным на практике;
- класс B – двунаправленные конечные устройства с запланированными слотами приема;
- класс C – двунаправленные конечные устройства с максимальными слотами приема.

Работа аппаратной системы зависит от системы программного обеспечения, также от установленных библиотек для датчиков.

Библиотеки, необходимые для настройки датчиков для вычисления показаний и их передачи по сети:

- DHT-библиотека предназначена для настройки температуры и влажности, эта библиотека может настраивать все версии датчика DHT (DHT11 и DHT22);
- SFE_BMP18-библиотека предназначена для настройки датчиков атмосферного давления / температуры;

- TimeLib и DS1302RTC-библиотеки предназначены для получения данных о дате и времени в данный момент.
- SD-библиотека предназначена для настройки SD-карты, для хранения данных от датчиков.
- SPI последовательный периферийный интерфейс – это протокол синхронных последовательных данных, используемый микроконтроллерами для быстрой связи с одним или несколькими периферийными устройствами на небольших расстояниях. Его также можно использовать для связи между двумя микроконтроллерами [10].

На рисунке 3 показана начальная конфигурация микроконтроллера с добавлением библиотек для датчиков.

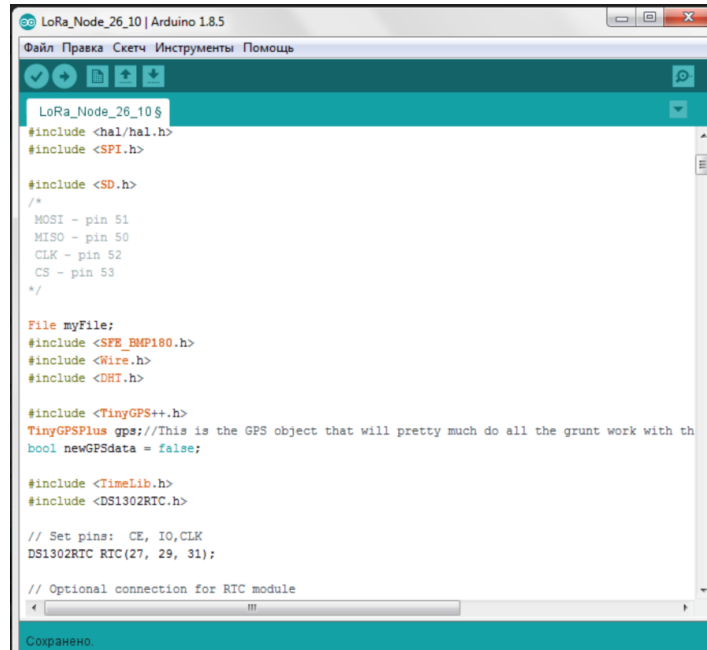


Рисунок 3 – Фрагмент кода начальной конфигурации на Arduino IDE с LoRa shield

Реализация кода для передачи полезной информации на шлюз LoRa в конечном узле показана на рисунке 4.

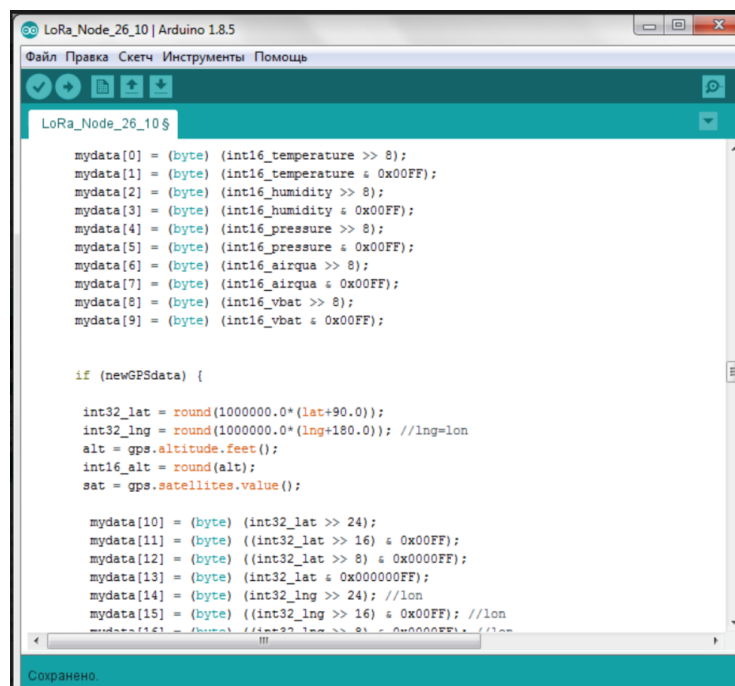


Рисунок 4 – Фрагмент кода передачи полезной информации на шлюз LoRa на Arduino IDE

Конечные устройства должны быть сначала активированы, прежде чем они смогут взаимодействовать с сетевым сервером.

2.4. TTN. Декодер

Для начала работы в системе TheThingsNetwork необходимо создать учетную запись и зарегистрировать устройства, в настройках указывается соответствующий частотный план в зависимости от региона (в данном проекте была выбрана частота 868 МГц). Для присоединения к сети LoRa оконечные устройства должны пройти процесс активации.

Activation Method: OTAA

Device EUI: A8 40 [redacted]

Application EUI: A8 40 [redacted]

App Key: [redacted]

Device Address: 26 [redacted]

Network Session Key: [redacted]

App Session Key: [redacted]

Рисунок 5 – Процесса инициализации в TTN: выбор режима работы

Активация устройства имеет два варианта:

- 1) OTAA, Over-The-Air Activation (необходимо пройти процедуру присоединения, что позволяет получить сессионные ключи шифрования и адрес DevAddr) [10];
- 2) ABP, Activation By Personalization (нет необходимости проходить процедуру присоединения, здесь в устройство заранее записываются ключи шифрования и адрес DevAddr) [11].

При использовании метод ABP, ключи NWkSKey и AppSKey предварительно зарегистрированы в сети и будут предварительно запрограммированы в устройстве. Однако в OTAA NWkSKey и AppSKey активируются с помощью запроса на присоединение.

OTAA является предпочтительным методом активации, так как он обеспечивает наиболее безопасный способ подключения конечных устройств к сетевому серверу перед активацией [12]. В устройствах уже имеются Dev EUI. Dev EUI означает расширенный уникальный идентификатор длиной 64 бита, который обычно используется для идентификации сетевых компонентов. Dev EUI аналогичен MAC-адресу устройства и идентифицирует конечное устройство.

Способ активации определяется в консоли TTN, как показано на рисунке 5.

После завершения этих процедур конечный узел будет готов для передачи показания датчиков с заданным интервалом. После установления соединения данные преобразуются в формат полезной нагрузки в виде шестнадцатеричного кода (HEX). На рисунке 6 показан кодированный формат полезной нагрузки в TTN.

APPLICATION DATA									
Filters uplink downlink activation ack error									
time	counter	port							
15:57:02	83	1	dev id:	node_uno_sensor	payload:	09 C40B 54 03 86 04 80 00 5ABD 68 21 B6 A8 EA 04 06	airqua_ppm:	11	
15:51:29	71	1	dev id:	node_uno_sensor	payload:	09 C40A F0 03 86 05 A1 00 5DBD 68 27 B6 A8 E8 03 EA	airqua_ppm:	144	
15:48:54	65	1	dev id:	node_uno_sensor	payload:	09 C40A 8C 03 86 05 D1 00 5DBD 68 2D B6 A8 E5 03 CD	airqua_ppm:	148	
15:46:19	59	1	dev id:	node_uno_sensor	payload:	09 C40A 28 03 86 06 35 00 5EBD 68 23 B6 A8 EE 04 08	airqua_ppm:	158	

Рисунок 6 – Полезная нагрузка в TTN

В таблице 1 показан пример разбора данных полезной нагрузки в формате HEX:

0A 8C 0C 80 03 8D 01 A1 00 63 BD 7D 62 B6 B1 07 04 0B, размер данных соответствует 18 байтам.

Таблица 1 – Анализ полученных данных

Параметр	HEX данные	Десятичный эквивалент	Коэффициент	Данные
Температура	0A 8C	2700	0.01 °C Signed MSB	27°C
Влажность	0C 80	3200	1 % Unsigned	32 % RH
Давление	03 8D	909	1 hPa Unsigned MSB	909 hPa
AirQua	01 A1	417	1 ppm Unsigned MSB	417 ppm
Батарея	00 63	99	0.01 Signed	0.99
GPS: Latitude	BD 7D 62			43.235003
GPS: Longitude	B6 B1 07			76.909951
GPS: Altitude	04 0B			1035

Также на рисунке 7 показан образец полезной нагрузки данных, которые временно хранятся на сервере TTN.

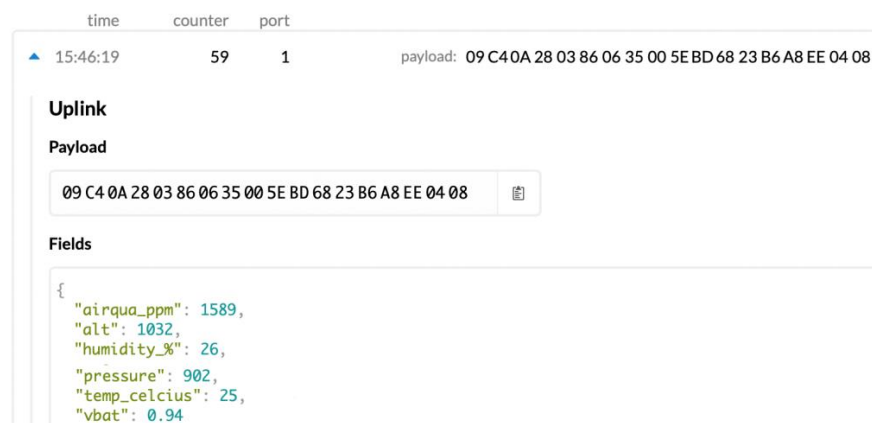


Рисунок 7 – Полезная нагрузка, полученная на консоли приложения TTN от конечного узла

Далее идет процесс декодирования полезной нагрузки для получения десятичного формата. Для декодирования необходимо понимать формат, в котором он был закодирован. На рисунке 8 продемонстрирован код декодера, используемый для конвертации данных из заданной полезной нагрузки.

```

1 function Decoder (bytes, port) {
2   var result = {};
3   var transformers = {};
4
5   if (port==1) {
6     transformers = {
7       'temperature': function transform (bytes) {
8         value=bytes[0]*256 + bytes[1];
9         if (value>=32768) value=value-65536;
10        return value/100.0;
11      },
12      'humidity': function transform (bytes) {
13        return (bytes[0]*256 + bytes[1])/100.0;
14      },
15      'pressure': function transform (bytes) {
16        return (bytes[0]*256 + bytes[1]);
17      },
18      'airqua': function transform (bytes) {
19        return (bytes[0]*256 + bytes[1]);
20      },
21      'lat': function transform (bytes) {
22        return ((bytes[0] * 16777216 + bytes[1] * 65536 + bytes[2] * 256 + bytes[3]) / 1000000.0 - 90.0);
23      },
24      'lng': function transform (bytes) {
25        return ((bytes[0] * 16777216 + bytes[1] * 65536 + bytes[2] * 256 + bytes[3]) / 1000000.0 - 180.0);
26      },
27      'alt': function transform (bytes) {
28        return bytes[0] * 256 + bytes[1];
29      }
30    };
31  }
32  return result;
33 }
34 
```

Рисунок 8 – Фрагмент кода для декодера

На рисунке 9 показан пример формата полезной нагрузки нисходящего канала в консоли и получения данных в читаемом виде (понятный человеку текст). В консоли функция декодера программируется на языке JavaScript.

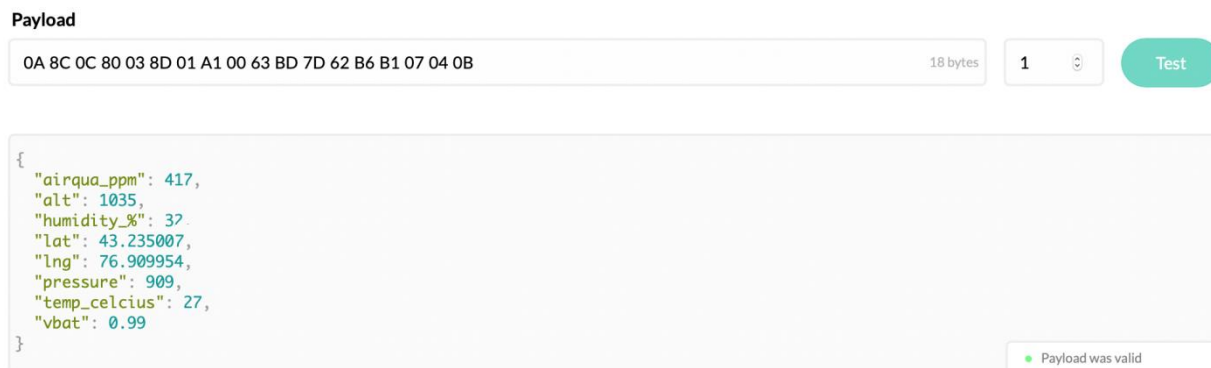


Рисунок 9 - Пример декодирования формата полезной нагрузки на консоли приложения TTN

На последнем этапе реализации архитектуры LoRa данные полезной нагрузки, получив исходный формат данных, далее передаются на сервер для хранения.

2.5. Сбор данных. Результаты экспериментов

В предлагаемой системе значения датчиков системы таких, как температура, давление, влажность, качество воздуха получены и отправлены через шлюз LoRa на сервер TTN. TTN не позволяет хранить данные на их сервере. Для хранения данных из TTN сервера была создана база данных (БД) на MySQL с дальнейшим отображением их в браузере.

Разработчики сообщества TTN создали несколько комплектов для разработки программного обеспечения (SDK) для получения активаций и сообщений от устройств IoT через сеть Things Network на наш сервер. В данном случае был использован SDK на Node.JS с npm (пакетным менеджером). Используется хранилище данных MySQL, была выбрана редакция БД-MySQL Community Server.

Для отображения данных в браузере был применен веб-инструмент администрирования MySQL-phpMyAdmin, на веб-сервере Apache.

Доработка

Применение и тестирование работы альтернативной версии библиотеки для LoRa LMIC для MCCI, которая основана на версии, которая использовалась в данном исследовании, но последняя версия была улучшена. Также рассмотрения требует порт Lascuna с поддержкой SX126x (применима, если имеются ограничения в ОЗУ или флэш-памяти).

В будущем стоит задача об обновлении и улучшении архитектуры системы. Для обеспечения получения более точных данных от датчиков планируется улучшить состав компонентов в системе.

Исследование и выбор модуля для системы мониторинга и анализа, веб-сервис RESTful API. Для хранения данных рассмотреть возможность выбора и использования базы данных, например, PostgreSQL, вместе с тем изучение платформ для визуализации, аналитики и мониторинга.

Заключение

В этой статье представлена информация о реализации программно-технических аспектов сбора данных от конечных устройств для мониторинга окружающей среды, был разработан прототип устройства и проведены его испытания. Проведенные этапы тестирования показали работоспособность системы.

LoRaWAN является перспективной технологией, кроме того, TTN также является важным фактором успеха LoRaWAN. TTN позволяет пользователям использовать свою сетевую структуру, поэтому для полноценного функционирования LoRaWAN необходимы только шлюз и конечное устройство.

С помощью данной системы были получены реальные данные, генерируемые датчиками, такими как датчик измерения качества воздуха, датчик температуры и влажности, датчик атмосферного давления, датчик реального времени и GPS. Далее эти данные будут использованы для

аналитики данных и визуализации основных сведений для изучения загрязнения воздуха в городе Алматы.

Благодарность. Исследования проводились в рамках проекта № AP05134597 «Программно-аппаратный комплекс для анализа и мониторинга климатических и экологических изменений окружающей среды».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Иманкулова Б.Б. Исследование проблем по передаче данных в автоматизированных системах коммерческого учета энергоресурсов. Вестник КБТУ, 2019, том 16, выпуск 3, с. 249-252.
- [2] Semtech LoRa – компания-разработчик. [Электронный ресурс]. <https://www.semtech.com/lora> (по состоянию на 01.10.2020 г.).
- [3] Bankov D., Khorov E., Lyakhov A.. On the Limits of LoRaWAN Channel Access. Conference: 2016 International Conference on Engineering and Telecommunication (EnT). doi: 10-14.10.1109/EnT.2016.011.
- [4] Библиотека LMIC (библиотека для ардуино). [Электронный ресурс]. <https://github.com/matthijskooijman/arduino-lmic> (по состоянию на 20.08.2018 г.).
- [5] TheThingNetwork (TTN) – платформа для IoT приложений. [Электронный ресурс]. <https://www.thethingsnetwork.org> (по состоянию на 04.01.2020 г.).
- [6] Semtech SX1276. [Электронный ресурс]. <https://www.semtech.com/products/wireless-rf/lora-transceivers/sx1276> (по состоянию на 14.12.2019).
- [7] Augustin A., Yi J., Clausen T., Townsley W.M. A Study of LoRa: Long Range & Low Power Networks for the Internet of Things. Sensors, 2016, 16 (9): 1466. doi: 10.3390/s16091466.
- [8] Gambi E, Montanini L, Pigni D, Ciattaglia G, Spinsante S. A home automation architecture based on LoRa technology and Message Queue Telemetry Transfer protocol. International Journal of Distributed Sensor Networks, 2018, Vol. 14(10), doi:10.1177/1550147718806837.
- [9] Некоммерческое объединение в области Интернета вещей (IoT) Lora Alliance [Электронный ресурс]. <https://lora-alliance.org/> (по состоянию на 10.08.2020 г.).
- [10] Библиотеки для Arduino. [Электронный ресурс]. <https://www.arduino.cc/reference/en/libraries/> (по состоянию на 20.08.2018 г.).
- [11] Методы активации LoRa. [Электронный ресурс]. <https://www.thethingsnetwork.org/docs/lorawan/addressing.html> (по состоянию на 20.10.2020 г.).
- [12] Butun I., Pereira N., Gidlund M.. Analysis of LoRaWAN v1.1 security: research paper. In Proceedings of the 4th ACM MobiHoc Workshop on Experiences with the Design and Implementation of Smart Objects (SMARTOBJECTS '18), 2018. Association for Computing Machinery, NY, USA, Article 5, 1–6. doi:10.1145/3213299.3213304.

LIST REFERENCES

- [1] Imankulova B.B. Issledovanie problem po peredache dannyh v avtomatizirovannyh sistemah kommercheskogo ucheta energoresursov. Vestnik KBTU, 2019, tom 16, vypusk 3, s. 249 – 252.
- [2] LoRa Semtech – kompaniya-razrabotchik (developer). Available at: <https://www.semtech.com/lora> (accessed 1 October 2020).
- [3] Bankov D., Khorov E., Lyakhov A.. On the Limits of LoRaWAN Channel Access. Conference: 2016 International Conference on Engineering and Telecommunication (EnT). doi: 10-14.10.1109/EnT.2016.011.
- [4] Biblioteka LMIC (Library for Arduino) Available at: <https://github.com/matthijskooijman/arduino-lmic> (accessed 20 August 2018).
- [5] TheThingNetwork (TTN) – platforma dlya IoT prilozheniy платформа для IoT приложений Available at: <https://www.thethingsnetwork.org> (accessed 4 January 2020).
- [6] Semtech SX1276. Available at: <https://www.semtech.com/products/wireless-rf/lora-transceivers/sx1276> (accessed 14 December 2019).
- [7] Augustin A., Yi J., Clausen T., Townsley W.M. A Study of LoRa: Long Range & Low Power Networks for the Internet of Things. Sensors, 2016, 16 (9): 1466. doi: 10.3390/s16091466.

[8] Gambi E, Montanini L, Pigni D, Ciattaglia G, Spinsante S. A home automation architecture based on LoRa technology and Message Queue Telemetry Transfer protocol. International Journal of Distributed Sensor Networks, 2018, Vol. 14(10), doi:10.1177/1550147718806837.

[9] Nekommercheskoe obyedinenie v oblasti Interneta veshei (IoT) Lora Alliance Available at: <https://lora-alliance.org/> (accessed 10 August 2020).

[10] Biblioteki dlya Arduino. Available at: <https://www.arduino.cc/reference/en/libraries/> (accessed 20 August 2018).

[11] Metody aktivacii LoRa. Available at: <https://www.thethingsnetwork.org/docs/lorawan/addressing.html> (accessed 20 October 2020).

[12] Butun I., Pereira N., Gidlund M.. Analysis of LoRaWAN v1.1 security: research paper. In Proceedings of the 4th ACM MobiHoc Workshop on Experiences with the Design and Implementation of Smart Objects (SMARTOBJECTS '18), 2018. Association for Computing Machinery, NY, USA, Article 5, 1–6. doi: <https://doi.org/10.1145/3213299.3213304>.

СОҢҒЫ ТОРАПТАРДАН ДЕРЕКТЕРДІ ЖИНАУДЫҢ БАҒДАРЛАМАЛЫҚ ЖАСАҚТАМАСЫ ЖӘНЕ ТЕХНИКАЛЫҚ АСПЕКТІЛЕРІ: МӘСЕЛЕЛЕРІ МЕН МҮМКІНДІГІ

Б.Б. Иманкулова*, С.Т. Аманжолова, К.С. Дүйсебекова

Халықаралық Ақпараттық Технологиялар Университеті, Алматы, Қазақстан Республикасы
e-mail: b.imankulova@edu.iitu.kz

Аңдатпа. Мақаланың негізгі мақсаты қоршаған ортаны бақылауға арналған соңғы құрылғылардан деректер жинаудың бағдарламалық-аппараттық аспектілерін сипаттау болып табылады. Соңғы түйіндер қоршаған ортаның деректерін алуға және оларды әрі қарай өңдеу және бақылау үшін серверге шлюз арқылы жіберуге мүмкіндік беретін кіріктірілген зияткерлік жүйе түрінде жүзеге асырылады. Нәтижесінде, осы жүйенің көмегімен ауа сапасын өлшеу датчигі (газ датчигі), температура мен ылғалдылық датчигі, атмосфералық қысым датчигі, нақты уақыт датчигі және GPS сияқты датчиктер шығаратын нақты деректер алынды. LoRa таңдалған технологиясы төмен энергия тұтынуды, үлкен аумақта жұмыс жасауды және қауіпсіздікті қамтамасыз етеді, сонымен қатар ашық протоколға ие.

Соңғы тораптар ауаның ластануын зерттеу үшін Алматы қаласында орналастырылған.

Түйін сөздер: IoT жүйесінің мониторингі, IoT деректерін жинау, LoRa технологиясы, деректер базасы, деректердің форматын декодтау.

SOFTWARE AND TECHNICAL ASPECTS OF DATA COLLECTION FROM END NODES: PROBLEMS AND PROSPECTS

B.B. Imankulova*, S.T. Amanzholova, K.S. Duisebekova

International Information Technologies University, Almaty, Republic of Kazakhstan
e-mail: b.imankulova@edu.iitu.kz

Annotation. The purpose of this publication is to describe the software and technical aspects of data collection from end devices for environmental monitoring. End nodes are implemented as an embedded smart system. It allows you to receive data from the environment and then transfer it through the gateway to the server for their further processing and visualization. As a result, real data generated by the sensors were obtained using this system. These sensors are: air quality measurement sensor (gas sensor), temperature and humidity sensor, barometric pressure sensor, real time sensor and GPS. Selected LoRa technology ensures low power consumption, long range and safety, also has an open protocol. Terminal nodes were located in Almaty to study air pollution.

Key words: IoT monitoring system, IoT data collection, LoRa technology, data base, decoding data forma.



ВОПРОСЫ ВЫСШЕЙ ШКОЛЫ, ИННОВАЦИОННОЕ РАЗВИТИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

FTAMP 03.20.00

АЛМАТЫ ЭНЕРГЕТИКА ИНСТИТУТЫНЫҢ ҚҰРЫЛУ ТАРИХЫ

Б.Ж. Кабдушев*, М.Д. Дәкенов, С.Х. Байдильдина*

«Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғамы, Алматы қ., Қазақстан
e-mail: b.kabdushev@aes.kz s.baidildina@aes.kz

***Аңдатпа.** Мақалада Алматы энергетика институтының ҚазПТИ-дің құрамында энергетика факультеті болып, кейін өз алдына жеке жоғары техникалық оқу орны болып құрылғандығы баяндалады. Оның қалыптасуына үлес қосқан қарапайым кафедра меңгерушілері, факультет декандары, институттың бірінші ректоры А.В. Болотов және сол кездегі Қазақстан Республикасының ірі мемлекеттік қайраткерлерінің есімдері құрметпен аталады. Олардың жұмыла жасаған қажырлы еңбектерінің нәтижесінде қысқа мерзім ішінде факультеттер, бітіртуші және қоғамдық кафедралар мен қызмет көрсету әкімшілігінің ұйымдастырылғандығы мұрағат құжаттарынан алынған. Студенттерді оқуға қабылдау және оқыту үрдісінің, зертханалардың, ғылыми-әдістемелік жұмыстардың ұйымдастырылу барысы қарастырылады. Сұранысқа сай энергетика институты филиалдарының Ақмолада, Өскеменде ашылуы талданады. Мақаланың соңында АЭИ қысқа мерзімде Орта Азиядағы жетекші жоғары оқу орындарының біріне, КСРО-дағы үшінші энергетикалық институтқа айналғандығы қорытындыланған.*

***Түйін сөздер:** ҚазПТИ-дің энергетика факультеті, инженер-энергетик даярлау, жылу энергетика, кафедра, электр машиналары зертханасы, өндірістік тағылым.*

Кіріспе

АЭИ – АЭЖБИ – Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университетінің тарихы бай, жүріп өткен жолы жарқын, болашағы зор еліміздегі техникалық университеттердің көшбасшысы болып табылады. Университет құрылған кезінен бастап, тек қана жоғары білім ордасы болып қалған жоқ, сонымен бірге энергетика, жылу энергетикасы, байланыс салаларындағы жетекші білім беру және ғылыми-техникалық салалардың ірі ғылыми-зерттеу орталығына айналып, отанымыздың өнеркәсібінің, халық шаруашылығының дамуына айрықша үлес қосты.

Талқылау

Ұсынылып отырған алғашқы зерттеу еңбегі республикамыздағы энергетика саласындағы алғашқы жоғары техникалық оқу орнының тарихын зерделеуге деген алғашқы қадам болып табылады. Алматы энергетика институтының құрылуы туралы құнды мәліметтерді оның бірінші ректоры Альберт Васильевич Болотов энергетик мамандар даярлаудың 40 жылдығына арнап сөйлеген сөзінде баяндап берді. Сапасы нашар болса да сол сәттерді бейнелейтін фото суреттер құнды деректер қатарына жатады. Атаулы жоғары оқу орнының 20 жыл толуына орай алғаш «Вечерняя Алма-Ата» газетінде АЭИ ректоры Г.С. Трофимовтың берген сұхбаты жарық көрді. Оқу орнының жетістіктері мен 1990 жылдардың дағдарысы кезеңінде орын алған проблемалары туралы айтылады. Ғұмарбек Дәукеев ректор болған тұста энергетикалық оқу орны туралы қос кітап жарық көрген болатын. Негізінен жарнамалық мақсатта құрастырылғандықтан институттың құрылуы туралы қысқаша анықтама, факультеттер мен әр кафедраның жетістіктері есеп түрінде берілген. Мұрағат деректеріне негізделмеген болса да бұл мәліметтердің оқиға куәгерлері ретіндегі тарихи кезеңдерді ашудағы маңызы зор болды.

Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университетінің қалыптасуы мен дамуының жарты ғасырға жуық тарихын шартты түрде бірнеше кезеңдерге бөліп қарастыруға болады:

1975-1990 жылдар – Алматы энергетика институтының (АЭИ) құрылуы және қалыптасуы жалпы Кеңес Одағындағы жоғары техникалық білім беру жүйесі аясында өрбіді. КСРО Министрлер Кеңесі мен Қазақстан Компартиясы Орталық Комитетінің және Қазақ КСР Министрлер Кеңесінің 1974 жылғы қаулылары негізінде Алматыда 1975 жылдың 1 қаңтарында В.И. Ленин атындағы Қазақ политехникалық институтының энергетика факультетінің базасында еліміздегі энергетика және байланыс саласының инженерлерін даярлайтын тұңғыш іргелі техникалық жоғары оқу орны құрылды. Бұл кезеңде АЭИ өзінің материалдық-техникалық базасының іргетасын қалап, ғылыми-білім беру әлеуетін орнықтырды. Ұжымдық басшылық жасау қалыптасты. Он бес жыл ішінде еліміздің халық шаруашылығы үшін жүздеген инженер-энергетик мамандарды дайындап үлгерді.

1991-1996 жылдар – Қазақстан Республикасының Тәуелсіздік алуған жылдарындағы АЭИ-дің тарихы. Бұл кезеңде Алматы энергетика институтының басты стратегиясы Кеңестер Одағының ыдырауымен өмірге келген жас мемлекет – Тәуелсіз Қазақстан Республикасының нарықтық қоғамында еліне қызмет жасайтын отаншыл азаматын, кәсіби маманды тәрбиелеуге негізделді. Институт басшылығы мен ұжымының алдағы мақсаттарға қол жеткізуі жүйелі саясат пен ерен еңбектің арқасында жүзеге асты, яғни осы аралықтағы оқу орнының қызметі КСРО-ның тарауымен елде және әлемде қалыптасқан оқиғалар аясында өрбіді.

Жалпы елдегі, оның ішінде жоғары білім беру жүйесіндегі орын алған қиыншылықтарға қарамастан, институт өз имиджін сақтап қана қоймай, сауатты, тиімді түрде және дер кезінде сол жылдардың тегеуріндеріне жауап қайтаруға тырысты.

1990-жылдардың басында-ақ АЭИ маңызы мен өзектілігі күні бүгінге дейін күн тәртібінен түспей тұрған жаңа да өзекті, кезек күттірмес бастамалардың жаршысы болды. Олардың қатарында мемлекеттік тілде іс-қағаздарын жүргізу, мемлекеттік тіл мен шет тілін оқыту курстары мен үйірмелердің ұйымдастырылуы, оқу үрдісіне жаңа техника мен технологияларды енгізу, ғылым мен білім берудің интеграциясы, студенттерді ғылыми жұмысқа тарту және ынталандыру, жоғары білімді ізгілендіру, инженерлік білім беру мен өндірістің интеграциясы мәселелері, т.б. болды.

1997-2014 жылдар – Алматы энергетика және байланыс университетінің алғашқы ректоры Ғ.Ж. Дәукеев басшылық еткен 1997 жылдың 3 мамыры – 2014 жылдың 31 қазаны аралығындағы қалыптасу және даму тарихын жеке қарастырған жөн.

1997 жылдың 3 мамырында Қазақстан Республикасы Үкіметінің «Алматы энергетика және байланыс институтын құру туралы» (№43 10.01.1997) қаулысына сәйкес мемлекеттік емес Алматы энергетика және байланыс институты өмірге келді. Бұл Қазақстандағы коммерциялық емес ұйым мәртебесін алған тұңғыш мемлекеттік емес техникалық жоғары оқу орны еді.

Ғұмарбек Жүсіпбекұлы Дәукеев жетекшілік еткен жылдары Алматы энергетика және байланыс университеті Қазақстан энергетика жүйесі мен телекоммуникациясы Альма-матерінің үздік дәстүрлері мен құндылықтарын сақтай отырып, сенімді де қарқынды түрде дамыды. Елдің техникалық жоғары оқу орындарының рейтингінде үздік нәтижелерге қол жеткізіп, жылу энергетикасы, электр энергетикасы және радиотехника, телекоммуникация бағыттары бойынша көшбасшы болып танылды. 2010 жылы АЭЖБИ-ға университет мәртебесі берілді. Университет Қазақстан мен Орта Азиядағы бәсекеге қабілетті оқу орындарының қатарынан орын алды.

2014 жылдың 31 қазанынан - 2020 жылға дейінгі аралық. Айтулы кезеңде университет басшылығы мен ұжымы өзінің жылдар бойғы қалыптасқан үздік дәстүрлерін сақтай отырып, әлемдік интеграция мен жаһандану жағдайындағы заман талаптарына бейімделген ұлттық білім экономикасының таңдаулы интеллектуалды ресурстарын және елдің индустриалды-инновациялық дамуы жолындағы алдыңғы қатарлы технологияларын қалыптастыруды өзінің басты миссиясы деп есептейтін жоғары оқу орны екендігін дәлелдеді.

Университет білім берудің озық заманауи технологияларын меңгеру, энергетика, ақпараттандыру және телекоммуникация саласында ғылыми-зерттеу ресурстарының орталығына айналу және университеттің оқу-зертханалық кешенін жаңғыртуды жүзеге асыру мақсатында жақын және алыс шетел жоғары оқу орындарымен ынтымақтастығын күшейтуде орасан зор жұмыстарды атқарып келеді. Қазақстан Республикасы Үкіметінің қаулысымен инженерлік-техникалық мамандарды дайындаудағы айрықша еңбегі үшін 2019 жылы Алматы энергетика және байланыс университетіне көрнекті ғалым-қайраткер Ғұмарбек Жүсіпбекұлы Дәукеевтің есімі берілді.

Қазіргі таңда университет энергетика, жылу энергетикасы, байланыс, ақпараттық технология салаларындағы жетекші білім беру және ғылыми-техникалық орталыққа айналды. Оның қырық бес жылдық даму тарихының әрбір кезеңі көш тізгінін ұстаған басшылары мен оның тұтас ұжымының

ғылыми-педагогикалық, ұйымдастырушылық және басшылық өмірімен тығыз байланыста өрбіді. Олардың әрқайсысы көрнекті ғалым, білікті педагог, талантты маман-ұйымдастырушы болды.

Университеттің әр қызметкерінің өмір жолы, қызметі мен еңбегі өзінше жеке тарих. Олардың әрқайсысының өмір жолы жеке кітапқа арқау болатынына сенімдіміз.

Әдістер

Мақаланы жазуда объективтілік, тарихилық, жүйелілік және салыстырмалы талдау принциптері басшылыққа алынды. Тәуелсіздік заманында тарихи оқиғаларды жаңа көзқарас тұрғысынан зерттеу талабы қойылуда. Сондықтан зерттеудің үлгісіне соңғы жылдарда жарық көрген жоғары оқу орындарының құрылуы мен қызметі турасындағы еңбектер негіз болды. Мұрағаттағы ғылыми айналымға енген құжаттар салыстырмалы түрде сараптаудан өткізілді. Алматы энергетика институтының қалыптасуы, жаңа факультеттер, бітіртуші кафедралар мен зертханалар, қоғамдық кафедралар мен әкімшілік қызметтер ұйымдастырылуын талдап шешуге Қазақстан Республикасы Орталық Мемлекеттік Мұрағатындағы Қазақ КСР-і Халық Ағарту министрлігінің 2217, 1982 қорларының құжаттары негізге алынды.

Жалпы жұмыстың деректемелік негізіне профессор-оқытушылар және қызметкерлер ұжымының, оған басшылық жасаған ұйымдастырушы, ғалым-педагог тұлғалардың еңбектері ҚР Орталық Мемлекеттік Мұрағатының АЭЖБУ мұрағатының деректері, профессор-оқытушылар мен бітіртуші түлектердің естелік-сұхбаттары, республикалық басылымдарда жарық көрген материалдар, есептік басылымдары кеңінен пайдаланылды.

Нәтижесі

Қазақстанда алғашқы инженер-энергетик мамандарды даярлау В.И. Ленин атындағы Қазақ политехникалық институты (қазіргі Қ.И. Сәтбаев атындағы ҚазҰТЗУ) энергетика факультетінің құрамында жүзеге асты. 1960 жылдың 8 шілдесінде Қазақ тау-кен металлургиялық институтының Қазақ политехникалық институты болып өзгеруімен институт дамуының жаңа белесі басталған еді. Мұнай, геофизика, автоматика және есептеу техникасы, құрылыс және сәулет факультеттерімен қатар энергетика факультетін ашу туралы 1961 жылдың 1 қазанында Орта және жоғары арнаулы оқу министрінің бұйрығы шыққан соң ұйымдастыру жұмыстары қарқынды жүргізілді. Сол кездегі ҚазПТИ-дің ректоры, ірі ғалым-академик О.А. Байқоңыровтың шақыруымен Ресейдің Томск қаласынан т.ғ.к., доцент Кропанін С.С., т.ғ.к., доцент Новокшенов В.С. (кейін техника ғылымының докторы, профессор), т.ғ.к., доцент Карымов Р.Г., т.ғ.к., доцент Кострыгин В.А. және Украинадан т.ғ.к., доцент Титаренко Ю.А. сияқты тәжірибелі педагог мамандар жұмысқа орналастырылып, түгелдей пәтермен қамтамасыз етіледі. Өндірісте жұмыс істеп жүрген білікті мамандарды педагогикалық жұмысқа шақыру ісіне ерекше көңіл бөлінді. Жергілікті ұлт өкілдерінен студенттер қатары көбейіп, оларды аспирантура мен докторантураға оқуға жіберу айрықша қарқын алған жылдар болды.

Энергетика факультеті құрылғаннан бастап, 60 жылдан астам үзбей қызмет жасап келе жатқан университет ардагері, АЭЖБУ-дің құрметті профессоры Г.Х. Хожин: «Сол кезде энергетикалық факультет екі 0303 - «Өндірістерді және қалаларды электр энергиясымен қамтамасыз ету» және 0305 - «Жылу электр станциялары» мамандықтары бойынша инженерлерді дайындауды бастады. Энергетика факультетінің бірінші деканы, доцент Е.Г. Черкасов болатын, кейін деканның орынбасары болып К.М. Омаров тағайындалды», - деп еске алады.

Қазақстанда алғашқы инженер-энергетик мамандарды даярлауда техника ғылымдарының кандидаты, доцент Черкасов Е.Г., факультет деканының орынбасары Бандурина (Мищенко) Н.Х., кейінгі факультет декандары Омаров К.М., Жиенқұлов С.А., кафедра меңгерушілері, техника ғылымдарының кандидаттары, доценттер Кропанін С.С., Каримов Р.Г., Хожин Г.Х., Титаренко В.М., Братчиков В.Н., Ким Ги-Шен, техника ғылымдарының докторлары, профессорлар Тонконогий А.В., Новокшенов В.С., Журавлев В.К. т.б. факультеттің оқу үрдісін ұйымдастыруда, оқу-әдістемелік құрал-жабдықтармен қамтамасыз етуде, оқу зертханаларының материалдық базаларын қалыптастыруда ерекше еңбек сіңірді.

1966 жылы алғашқы инженер-энергетиктер мен инженер-жылу энергетиктердің бітіруші түлектері дипломдарын алып, республикамыздың одақтық көлемдегі қарыштап дамыған өндіріс ошақтарына аттанды.

1969-1973 жылдары энергетика факультетінің деканы болып белгілі ғалым және қоғам қайраткері С.А. Жиенқұлов тағайындалды. Оның ұсынысымен 1970 жылы «Электр станциялары», ал

1971 жылы «Электр жүйелері мен тораптары» кафедралары ашылды. «Электр станциялары» кафедрасының меңгерушісі болып доцент Е.Г. Черкасов (1971-1973 жж.), кейіннен доцент Г.Х. Хожин (1973-1984 жж.) тағайындалады. Ал «Электр жүйелері мен тораптары» кафедрасының меңгерушісі болып (уақытша) доцент Комбаров М.Н., кейін доцент Арыстанов М.Ж. қызмет атқарған. Энергетика факультетін дамытудағы бұл қадамдардың барлығы жаңа оқу орнын ашуға бір табан жақындата түсті.

1968-1976 жылдары ҚазПТИ-дің ректоры Ә.Қ. Омаровтың іскерлігі мен ұйымдастырушылық шеберлігі нәтижесінде В.И. Ленин атындағы Қазақ политехникалық институты Одақтағы техникалық жоғары оқу орындарының арасында алдыңғы қатарға шықты. Ірі кәсіпорындармен, ғылыми мекемелермен өзара тығыз байланыс орната отырып, болашақ мамандарды өндірістік және ғылыми-педагогикалық тәжірибеден өткізудің арқасында институт білікті инженер кадрларды дайындауға, ірі ғылыми-зерттеулерді ұйымдастыруға қол жеткізді. Сонымен қатар ол болашақ энергетикалық жоғары оқу орнының негізін қалауға ерекше үлес қосты.

1970-жылдардың басында Қазақ политехникалық институтының энергетика факультетінің базасында Орта Азия аймағына қажетті энергетика институтын ашу мәселесі пісіп жетілген еді. Оған негіз болған Қазақстан өнеркәсібінің қарқынды дамуы барысында энергия көзіне сұраныстың артуы, 1960-жылдардың соңында әр блогы 500 МВт, жалпы қуаты 20 млн кВт-ты құрайтын Екібастұз жылу энергетикалық жүйесінің іске қосылуы, 300 МВт сегіз блоктан тұратын Ермаков ГРЭС (қазіргі Ақсу) салына бастауы, Кеңестер Одағының өнеркәсіптік аймақтары Орал және Орталық Ресейдің энергия жүйесімен тығыз байланысы жоғары білікті энергетик мамандар дайындаудың өткір қажеттілігін айқындады. КСРО-да қабылданған тоғызыншы бесжылдықтың (1971-1975) халық шаруашылығын дамыту жөніндегі директивалық құжаттарында жоғары оқу орындарында мамандар даярлау халық шаруашылығы мен ғылыми техникалық прогресс сұраныстарына сай болуы керек деген талаптар қойылды. КСРО Министрлер Кеңесінің 1974 жылдың 27 қаңтардағы № 666 қаулысына сәйкес және республикада энергетика саласы үшін мамандар даярлауды арттыру мақсатында Қазақстан Коммунистік партиясының Орталық Комитеті және Қазақ КСР Министрлер Кеңесінің 1974 жылғы 4 қазанда № 526 қаулысы қабылданып, онда «Алматыда 1975 жылдың 1 қаңтардағы В.И. Ленин атындағы Қазақ политехникалық институтының энергетика факультетінің базасында Алматы энергетика институты құрылсын», - деген шешім шығарылды. Осылайша еліміздегі энергетика және байланыс саласының инженерлерін даярлайтын іргелі техникалық жоғары оқу орнының іргетасы 1975 жылы қаланған еді. Осы қаулыға сәйкес Қазақ КСР Жоғары және орта арнаулы оқу министрлігі 1974 жылы 22 қазанда институт құру жайында № 732 бұйрығын шығарып, министрліктің сол жылдың 31 желтоқсанындағы № 903 бұйрығына сәйкес Алматы энергетика институтының ректоры болып техника ғылымдарының докторы, профессор қырық жастағы Альберт Васильевич Болотов тағайындалды [1].

Альберт Васильевич инженер-электрик мамандығы бойынша ауылшаруашылығы институтының (қазіргі ҚазҰАУ) 1957 жылғы түлегі. Еңбек жолын Қазақ Энерго ГРЭС-1 кәсіпорнында кезекші инженер қызметінен бастаған. 1958-1960 жылдары Қазақ КСР ҒА Алтай тау-металлургиялық ҒЗИ-дың кіші ғылыми қызметкері, 1960 жылдан В.И. Ленин атындағы Қазақ политехникалық институтындағы (қазіргі Қ.И. Сәтбаев атындағы ҚазҰТЗУ) қызметін аға инженерден бастап, бас инженер, плазмалық процестер зертханасының меңгерушісі, өнеркәсіп кәсіпорындарын электрмен жабдықтау кафедрасының меңгерушісі, 1971-1973 жылдары энергетика факультетінің деканы лауазымына дейін өседі. «Жалпы менің энергетика жоғары оқу орнына келуімнің өзі де күтпеген жағдай болды. Өзбекстаннан Қазақстанға келгенде профессор А.В. Бричкиннің қолдауымен плазмалық процесс жайлы ғылыми жұмысқа бет бұрған кезім... 1964 жылы кандидаттық диссертациямды қорғадым, қорытындысы бойынша докторлық атақ бермек болды. Мен оған қарсы болдым, ЖАК-ке хат жазып, басқа жоспарым барын айтып, докторлық дәрежеден бас тарттым», - деп еске алады профессор А.В. Болотов. Жас ғалымның ғылыми жаңалыққа толы зерттеу жұмыстары оны Одақ және шетел ғылымында кеңінен танымалдыққа жеткізді. Сондықтан да А.В. Болотовтың мол ғылыми тәжірибесі КСРО-да үшінші ашылған Қазақстандағы энергетикалық жоғары оқу орнының толық бейінді жұмыс істеуін ұйымдастыруды, энергетика және байланыс салаларының мамандықтары бойынша инженерлерді дайындауды, маңызды ғылыми зерттеулерді сәтті орындауды қамтамасыз етуге ұйытқы болды [2].

Институт ректоры Альберт Васильевичтің айтуынша, энергетикалық жоғары оқу орнын ашу бір күннің ісі емес, ол ұзақ дайындықтан өткен еді. «Бұл Одақтық деңгейдегі өзекті мәселе болды. КСРО-да энергетик мамандарды даярлайтын жоғары оқу орындары Мәскеу мен Иванова да ғана бар

болатын. Олар мамандарды одақтық республикалардың кәсіпорындарына бағыттап дайындайтын. 1970 жылы КСРО Ғылым Академиясының Сібір бөлімінде докторлық диссертациямды қорғадым. Жұмыстың нәтижесі бойынша түрлі атақ-марапаттарға ие болып, мені шетелдерге дәріс оқуға шақыра бастады. Осылайша Қазақстан Компартиясы Орталық Комитетінің назарына іліндім. Кезекті іссапардан қайтып келісімен Орталық Комитетінің идеология хатшысы, кадр мәселесін үйлестіруші С.И. Имашев хабарласып, Қонаевтың қабылдауына шақыртты. Бұл кездесу менің болашақ тағдырымды айқындаған тарихи оқиға болды. Әлі есімде, кең кабинетіне кіргенімде Д.А. Қонаев орнынан тұра маған қарсы жүріп жылы қарсы алды. Жайғасқан соң менің халімді, жасап жатқан жұмыстарым жайлы, оның қорытындылары қайда кетіп жатқандығы, не үшін шетелдерге шақыру алатындығымды, алда қандай жоспарларым бары жөнінде сұрастырды. Ол кезде академик Сергей Павлович Королевтің космоста плазманы қолдану туралы ғылыми жобалар турасында ұсынысы бар еді. Мәскеуге жабық мекемелердің бірін басқаруға шақыру алғанымды айттым. Мұны естіген Дінмұхамед Ахметұлы орнынан тұрып кетті де ары-бері жүре бастады. Мен де соңынан ердім. Бір кезде тоқтай қалып: «ал, Сіз туралы Қазақстан ОК-тің басқа жоспары бар», - деді. Республикамызда экономикамыздың қарыштап дамуына байланысты энергетик мамандар даярлайтын жоғары оқу орнын ашу керектігін айтты. Мен болсам: «Дінмұхамед Ахметұлы, менің жоғары оқу орнында жұмыс тәжірибем жоқ. Трамвай жүргізу үшін маманды үш ай дайындайды. Ал мен бір күн де жоғары оқу орнында жұмыс істегем жоқ», - деп ойымды ашық айттым. Ол ойланып тұрды да, қолын бір сілтеп: «сенің қолыңнан келеді» деген шешімін айтты. Бұл кездесу менің өмірімдегі Қазақстандағы тұңғыш энергетикалық оқу орнын ашу бақыты бұйырған тарихи сәт болатын».

Осы кездесуден соң А.В. Болотов одақтық дәрежедегі плазмалық лабораторияны басқарумен қатар жоғары оқу орнына ауыстырылып, бірден кафедра меңгерушісі, көп ұзамай факультет деканы сайланғаны жөнінде шешім шығарылып, энергетика институтын ашу дайындықтары КазПТИ-дың энергетика факультеті негізінде қызу басталып кетті. Оған институт ректоры Әшім Құрамбайұлы Омаров ерекше қолдау көрсетті. «Екеуміз институттың құрылымы туралы жиі ақылдасатынбыз, жоғарыдан түскен әр шешімге байланысты ойын айтып, сенің өз шешімің қандай деп сұрайтын. Тіпті ол Ғылыми Кеңестің жұмысын қалай ұйымдастыру керектігіне шейін мені үйретіп отыратын», - дейді Болотов А.В. Әсіресе оқу ісінің проректоры Ғабдолла Нысанбайұлы Нысанбаевтың айрықша қамқорлық жасағанын еске алады.

1974 жылдың соңына дейін Энергетика институтын құрудың негізгі жұмыстары аяқталған болатын. Мамандық бойынша білімін шыңдайтын кафедралар мен зертханалар, факультеттер, ректорат, олардың бөлімдері ұйымдастырылды. Мамандарға тапсырыс беретін кәсіпорындармен байланыс орнатылды. Жаңа ғылыми зертханалар құрылып, ғылыми топтар жасақталды. Оқитын студенттердің саны белгіленіп, көшірілді. Сабақ беретін профессор-оқытушылардың құрамы да іріктелген еді. 1975 жылы 1 қаңтарда КазПТИ-дің студенттер мен оқытушыларға лық толған акт залында Алматы энергетика институтының ашылу рәсімі салтанатты түрде өтті. Ашылу рәсіміне Қазақстанның Орта және жоғары арнаулы оқу министрі Тұрғанбек Катаевич Катаев қатысып, институт ректоры Александр Васильевич Болотовқа жаңа оқу орнының кілтін табыстады. Жиында Орталық Комитет өкілдері, өндіріс басшылары құттықтау сөздерін айтып, жаңа оқу орнына ақжол тілектерін жолдады. Осылайша КСРО-да одақтық көлемде Мәскеу және Ивановадан кейінгі кәсіби энергетик мамандар даярлайтын үшінші энергетикалық жоғары оқу орны дүниеге келді.

Жаңа ашылған оқу орны қазіргі АЭЖБУ-дің «Б» ғимаратында орналасты. «А» ғимаратының құрылысы жүріп жатты. Қосымша институтқа шаруашылық нысандары беріліп, жер аумағы кеңейтілді. Студенттерге арналған №1 жатақхана салынып пайдалануға берілді. Оған қоса «Орбита» шағын ауданынан жатақхананың құрылысы басталды. Бір жылдан соң «А» ғимаратының құрылысы толық аяқталған болатын. Оның барлығы КСРО Энергетика министрлігінің, Қазақстан Мемлекеттік жоспарлау комитетінің төрағалары Тауфик Галеевич Мухамед-Рахимов, Калык Абдуллаевич Абдуллаев, Ахметбеков Марат Утеинович, Энергетика министрі Тимофей Иванович Батуров, орынбасары Булат Газисович Нуржанов, Байланыс министрінің орынбасары Казыкен Базылович Базылов, Қорғаныс министрлігі, республикалық салалық министрліктер және Қазақстанның сол кездегі үкімет басшысы Әшімов Бәйкен Әшімұлының тікелей қолдауымен қысқа мерзімде жүзеге асырылған шаруалар болатын.

Институттың алғашқы маңызды құжаттары А.В. Болотов 1974 жылдың 30 желтоқсанынан ректорлық қызметіне кіріскен күннен кадрларды іріктеуден басталады. Институт қызметінің жекелеген салалары бойынша ректордың ең жақын көмекшілері саналатын оқу ісі жөніндегі, ғылыми жұмыс бойынша, кешкі және сырттай оқу бөлімдері, әкімшілік – шаруашылық проректорларына

үміткерлерді республиканың жоғары оқу орындары министрлігіне хатпен хабарлады. 1975 жылдың 14 ақпанында ректор А.В. Болотовтың № 12 бұйрығымен техника ғылымдарының кандидаты, доцент Марат Жүсіпұлы Арыстанов оқу ісі жөніндегі проректор, техника ғылымдарының кандидаты, доцент Әбидулла Өмірәев ғылыми жұмыс жөніндегі проректор, техника ғылымдарының кандидаты, доцент Кәміл Байұзақұлы Ермекбаев кешкі және сырттай оқу жөніндегі проректор, Керімтай Нұркерімұлы Бәйімбетов әкімшілік-шаруашылық жұмыс жөніндегі проректор қызметіне тағайындалды [3].

Студенттермен оқу-әдістеме, тәрбие және ғылыми-зерттеу жұмысын жүргізуді жетілдіріп, ұйымдастыру және мамандар дайындаудың сапасын жақсарту мақсатында Қазақ КСР Жоғары және орта арнаулы оқу министрі Т.К.Катаевтың (бұдан әрі Қазақ КСР ЖОО министрлігі) 1975 жылдың 14 ақпанындағы № 113 бұйрығымен институт қабырғасында келесі факультеттер ашылды:

1. Жылу энергетикасы
2. Электр энергетикасы
3. Электр механикасы
4. Электр техникасы
5. Кешкі және сырттай оқу [4].

Ректор А.В. Болотов декандарды және олардың орынбасарларын іріктеп тағайындауда ғылыми атақ-дәрежелерін, оқу-әдістемелік тәжірибелерін, ұжыммен жұмыс істей білу қабілеттерін және т.б. қасиеттерін ескеріп отырды. Осындай көрсеткіштерге орай техника ғылымдарының кандидаттары Жігер Айтқазұлы Дәйірбеков, Геннадий Викторович Стульников, Георгий Оскарович Маркус, Жүнісбек Құсанбекұлы Әміров, Гамиль Ходжаевич Хожин сәйкесінше жылу энергетикасы, электр энергетикасы, электр механикасы, электр техникасы, кешкі және сырттай оқу факультеттерінің декандығына тағайындалды. Бұлар жаңа құрылған Алматы энергетика институтының алғашқы декандары еді.

Қазақ КСР ЖОО министрінің 1975 жылдың 6 наурызындағы № 171 бұйрығымен 1975 жылдың 10 наурызынан бастап Алматы энергетика институтында 22 кафедра өз жұмысын бастады. Олардың құрамы техникалық білім беретін және жалпы білім беретін кафедралардан тұрды [5].

Атап айтқанда:

- 1) СОКП тарихы және саяси экономия
- 2) Маркстік-лениндік философия және ғылыми коммунизм
- 3) Жоғары математика
- 4) Физика
- 5) Химия
- 6) Шетел және орыс тілдері
- 7) Дене шынықтыру және спорт
- 8) Қолданбалы механика
- 9) Жалпы жылу техникасы
- 10) Сызба геометрия және графика
- 11) Электр техникасының теориялық негізі
- 12) Еңбек қорғау
- 13) Электрді өлшеу және қолданбалы электр техникасы
- 14) Электр жетегі
- 15) Өнеркәсіп кәсіпорындары мен қалаларды электрмен қамтамасыз ету
- 16) Электр станциялары мен кіші станциялар
- 17) Жоғары қысым техникасы
- 18) Электр желілері және жүйелері
- 19) Жылу энергетика қондырғылары
- 20) Электр машиналары
- 21) Экономика және энергетиканы ұйымдастыру
- 22) Азаматтық қорғаныс курсы

Кафедралар факультеттердің кәсіби мамандар даярлаудағы ерекшеліктеріне орай факультеттерге бөлініп, факультеттердің құрылымында оқу-әдістемелік, ғылыми, тәрбие жұмысын ұйымдастыруды қолға алды, оқытудың мазмұнын байыту, сапалы мамандар дайындауда тиімді бағыт ұстанды.

Жылу энергетикасы факультетінің құрамында келесі кафедралар жұмыс жасады:

- 1) Жылу энергетика қондырғылары
- 2) Экономика және энергетиканы ұйымдастыру

- 3) Жалпы жылу техникасы
- 4) Химия және материалтану
- 5) Шетел және орыс тілдері

Электр энергетикасы факультетінің құрамына:

- 1) Өнеркәсіп кәсіпорындарын, қалалар мен ауыл шаруашылығын электрмен жабдықтау
- 2) Электрді өлшеу және қолданбалы электртехника
- 3) Жоғарғы математика.
- 4) Физика
- 5) Еңбек қорғау кафедралары енді.

Электр механикасы факультетінің құрамына:

- 1) Электр станциялары және кіші станциялар
- 2) Электр жетегі және өнеркәсіп қондырғыларын автоматтандыру
- 3) Электр машиналары
- 4) Қолданбалы механика
- 5) Дене шынықтыру кафедралары кірді.

Электр техникасы факультетіне:

- 1) Электр жүйелері және желілері
- 2) Электр техникасының теориялық негіздері
- 3) Сызба геометрия және графика
- 4) Жоғарғы кернеу техникасы кафедралары берілді.

Жалпы институттық кафедралардың қатарын:

- 1) СОКП тарихы және саяси экономия
- 2) Маркстік-лениндік философия және ғылыми коммунизм
- 3) Азаматтық қорғаныс курсы кафедралар құрады.

Факультеттер жанынан әкімшілік жұмыспен айналысатын деканаттардың қызметі ұйымдастырылды. Факультеттердің декандары оқу-әдістеме, ұйымдастыру және тәрбие жұмыстарында үлкен тәжірибелері бар доценттер еді. Әр факультетте декандардың төрағалығымен өтетін кеңестер құрылды.

Факультет институттың оқу-ғылыми және әкімшілік бөлімі ретінде кәсіби бағыттағы кафедраларды, жалпы білімдік және жалпы инженерлік кафедраларды біріктірді. Мұндай арақатынас Алматы энергетика институты факультеттерінде қоғамдық-гуманитарлық кафедраларды тепе-тең бөлуге мүмкіндік берді, қоғамдық-саяси және тәрбие жұмыстарын ұтымды жүргізу үшін қажетті жағдайды қамтамасыз етті. Институт факультеттерінің құрамында 50-ден 100-ге жуық студенттік топтар және штат кестесі бойынша 218 оқытушылар болды. Оқытушылардың сапалық көрсеткіші төменде 1-кестеде көрсетілген.

	Атқаратын қызмет атағы	Штат кестесі бойынша	1 маусымдағы нақты саны		Ғылыми атақ дәрежесі бойынша	
			1975	1976	1975	1976
	Кафедра меңгерушісі:					
	а) профессорлар	2	2	2	2	2
	б) доценттер	10	10	13	10	13
	в) аға оқытушылар	9	9	7	6	6
	Кафедра профессорлары					
	Кафедра доценттері	39	38	34	30	33
	Аға оқытушылар	64	53	63	18	19
	Ассистенттер	56	35	53	2	4
	Оқытушылар	38	24	36	-	-
Барлығы:		218	171	208	68	77

1 кесте – Оқытушы-профессорлардың сапалық көрсеткіші

Деканаттардың құрамына деканның оқу ісі жөніндегі орынбасары, деканның ғылыми жұмыс жөніндегі орынбасары, хатшысы, студенттік топтардың кураторлары кірді. Барлық оқу және тәрбие

жұмыстарын деканаттың қызметкерлері дәрісшілермен, топтарда практикалық сабақ жүргізетін оқытушылармен, факультеттердің, курстардың және студенттік топтардың партия, комсомол, кәсіподақ ұйымдарымен тығыз байланыста жүргізді.

Деканаттар факультет мамандықтарының оқу жоспарын қарастырып, оқу жұмысын ұйымдастырды, тікелей оқу сабақтарының, емтихандардың және т.б. кестелерін, құжаттарын дайындауға тікелей атсалысты. Олар семестрдегі оқу процесінің барысын бақылады, емтихан сессиясын және өндірістік практиканы, дипломдық жобаларды ұйымдастырды, мемлекеттік емтихан комиссиясын құрды, жатаханаларда студенттер кеңестерінің қызметіне де басшылық жасады, стипендия бөлуді қарастырды, студенттерді семестрден семестрге көшірді, студенттердің жеке құжаттарын реттеумен айналысты.

Институт өзінің кадрлар мен материалдық-техникалық әлеуетін ескеріп 1975-1976 оқу жылынан бастап инженерлер даярлауды келесі мамандықтар бойынша жүзеге асырды:

- 1) ЭС - 0301 - электр станциялары
- 2) ЭЖЖ (ЭСС) - 0302- электр желілері және жүйелері
- 3) ӨКЭЖ (ЭПП) - 0303 - өнеркәсіп кәсіпорындарын, қалалар мен ауыл шаруашылығын электрмен қамтамасыз ету
- 4) ЖЭС (ТЭС) - 0305 - жылу электр станциялары
- 5) ЭЭ- 0315- электр энергетикасы
- 6) ЭЖӨҚА (ЭАПУ) - 0628 - электр жетегі және өнеркәсіп қондырғыларын автоматтандыру
- 7) ҚЭТ (ГЭТ) - 1605 - қала электр транспорты
- 8) ЭЭҰ (ЭОЭ) - 1707 - Экономика және энергетиканы ұйымдастыру.

Мұрағат құжаттары 1975 жылы институтта жоғарыда аталған бөлімдермен қатар оқу үрдісін ұйымдастыратын 15 әкімшілік бөлімнің құрылып өз функционалдық міндеттерін атқаруға кіріскендігін көрсетеді.

АЭИ-дің аяғынан тік тұрып кетуі кадрлардың өз функцияларын ұтымды атқаруына байланысты екендігін түсінген ректор А.В. Болотов 1975 жылдың 14 ақпанында № 13 бұйрығын шығарып, әр проректордың, декандар мен олардың орынбасарларының, оқу бөлімінің бастығының негізгі міндеттерін белгілеп бекітті және жұмыс барысында сол міндеттердің мүлтіксіз орындалуын талап етіп, қадағалады [6].

Институттың саяси-қоғамдық өміріне бағыт беруші қоғамдық ұйымдар құрылды. М.К. Дүйсебаев партия бюросының хатшысы, М.И. Пак кәсіподақ комитетінің төрағасы, В. Таланов комсомол комитетінің хатшысы болып сайланып, қоғамдық саяси жұмыстарды жандандырды.

Ректораттың құрамына ректор және проректорлармен қатар партия және комсомол ұйымының хатшылары, оқытушылар, жұмысшылар мен қызметшілер және студенттердің кәсіподақ ұйымдарының төрағалары кірді. Институт басшығымен қоса декандар мен кафедра меңгерушілерінен тұратын Ғылыми кеңес құрылды. Осылайша Алматы энергетика институтында - ұжымдық басшылық жасау қалыптасты.

Алғашқы 1975 жылы Алматы энергетика институтының ашылуы барысында жоғарыда аталған кафедра меңгерушілері ректордың бұйрығымен тағайындалып қызмет атқарды. Олардың қатарында Хожин Г.Х., Тонконогий А.В., Выпозова М.Н., Новокшенов В.С., Журавлев В.К., Тұрғанбаев И.Т., Митин Ю.С., Көпесов Н., Тихомиров Б.П., Дүйсебаев М.К., Иванов Э.А., Родыгин А.А., Богородский С.В., Тобаяқов Ж.О., Калинина Н.Н. және т.б. болды. Кафедраларда 214 профессор-оқытушылар жұмыс істеді. Сол оқу жылы бос орынға (вакансия) сайлау жүйесі қалпына келтіріліп, бекітілген штат бойынша 128 оқытушы-профессорлар сайлаудан өтті. Олардың ішінде 12 – кафедра меңгерушісі, 17 – доцент, 39 – аға оқытушы, 60 – ассистенттер мен оқытушылар штаттық қызметке сайланды [7]. Бұдан кейінгі жылдарда да штатта бекітілген бос орынға сайлау тәртібі оқытушыларды таңдап, құрамын жақсартуға және білім беруді күшейтуге ықпал еткен маңызды факторға айналды.

Институттың профессор-оқытушылар құрамымен толықтырылуы В.И. Ленин атындағы Қазақ политехника институтымен жасалған келісім-шарт бойынша жүргізіліп, топ-тобымен, жекелей де Алматы энергетика институтына ауысты. Осылайша профессор-оқытушы кадрлар құрамы жылдан жылға ұлғайып, олар лауазым атағына қарай жіктелді. Профессорлар мен оқытушылар құрамы 1976 ж. - 215, 1977 ж. - 233, 1978 ж. - 255, 1979 ж. - 285 адамды құрады [8].

Бұдан кейінгі жылдары институттағы ғылыми, педагогикалық кадрлардың қатары біліктілікті арттыру факультетінде және аспирантурада оқыту арқылы жетілдіріліп отырды. Олар кафедралардың кәсіби бағыты бойынша маманданып, өндірістен қол үзіп және қол үзбей оқыды. 1976-1977 оқу жылдарында аспирантураның осы екі формасында 50 адам білім алды. Оның 26-сы институт

қызметкерлері, 18-і өнеркәсіп кәсіпорындары мен ғылыми зерттеу институттары, 2-еуі басқа жоғары оқу орындары (ЖОО) қызметкерлері, 2-еуі жас маман мен тағылымгер еді. Ұлттық құрамы жағынан 27 орыс, 13 қазақ, қалғандары белорустар, татарлар, кәрістер және т.б. ұлт өкілдері болды. Олардың 3-еуі әйел адам болған.

1976 жылы институттың ғылыми-зерттеу тағылымдамасында 18 тағылымгер-зерттеуші оқыды. Аспиранттардың ғылыми зерттеуіне 13 ғылым кандидаттары мен 2 ғылым докторы жетекшілік етті [9].

Білім беруді ғылыммен ұштастыруға бағыт алынды. Дәрісханалық топтық сабақтардың барлық түрінің мақсаты (семинар, зертханалық жұмыстар, дәрісханалардағы практикалық сабақтар және т.б.) дәрістерде баяндалған материалдарды кеңейту, тереңдету және бекітуге негізделді. Сондықтан институтта топтық сабақтардың тиімділігін арттыруға көп көңіл бөлінді.

Жоғарғы оқу орындары жұмысының бірден-бір негізгі қағидасы оқытуды өндірістік қызметпен ұштастыру болатын. АЭИ құрылған күнінен бұл мәселеге айрықша маңыз берді. Өндірістік практиканың тиімділігін әрдайым арттырып отыру үшін институт өндірістік практиканың базасы ретінде еліміздің алдыңғы қатарлы, заманауи кәсіпорындарын таңдады. Практикаға жетекшілік ету өндірісті жақсы білетін тәжірибелі оқытушыларға жүктелді. Өндірістік практикалық типтік бағдарламасы ғылым мен техниканың қазіргі жай-күйін, экономика мен еңбекті қорғау мәселелерін бейнеледі. Болашақ мамандарды қалыптастыруда қоғамдық-саяси практика да белгілі бір рөл атқарды. Практиканың бұл бөлігі әрбір студенттің өндіріс ұжымдарында ұйымдастыру және қоғамдық-саяси жұмыс жүргізу дағдыларын қалыптастырып, білімін тәжірибеден өткізуге мүмкіндік беретін. Сондай-ақ сәйкесінше, сырттай және кешкі бөлімдерде өндірістен қол үзіп оқитын студенттердің терең теориялық білім алуы үшін оқу процесін жақсарту шаралары қабылданды. 1975-1976 оқу жылында институтта, жалпы студенттердің саны 2852-ні құрады.

Факультеттер	Студенттер саны
Электр энергетикасы	711
Жылу энергетикасы	483
Электр техникасы	432
Электр механикасы	358
Сырттай бөлім	868

2 кесте - Факультеттер бойынша студенттердің саны

Студенттер өздерінің құрамы жағынан түрлі әлеуметтік топтардың: жұмысшы, колхозшы, зиялы қауым өкілдері болды.

Институттағы студент жастардың қатары жыл сайынғы талапкерлердің оқуға түсуімен көбейді. Мұны төмендегі кестеден байқауға болады:

Оқу жылдары	Студенттер саны
1976-1977	2137
1977-1978	2305
1978-1979	3982
1979-1980	3985
1988-1989	4817
1989-1990	4716
1990-1991	4720

3 кесте - Талапкерлер санының өсу көрсеткіші (ҚР ОММ-ның 2217 қор мәліметтері пайдаланылды.)

Кесте мәліметтері алғашқы 1976-1977 оқу жылы мен тәуелсіздік қарсаңындағы 1990-1991 оқу жылы аралығындағы институтқа оқуға түсуге ниет білдірген талапкерлер санының жыл сайын өсіп, оның екі еседен артқанын көрсетеді.

Жоғары оқу орнына оқуға түсуге ниет білдірген жастарды, мектеп түлектерін оқуға тарту мақсатында институт «ашық есік күндерін» өткізді, орталық мерзімдік басылымдар «Социалистік Қазақстан», «Казахстанская правда», «Вечерняя Алма-Ата» және т.б. газеттерде жарнама берді, өндірістік практикаға барған студенттер кәсіпорындардың қызметкерлері мен жұмысшыларына өз институты туралы мәліметтер таратып, оқуға шақырды.

Алматы энергетика институтына түсіп білім аламын, энергетик - инженер боламын деуші жастарға дайындық курсы (ДК) үлкен көмек көрсетті. Қазақ КСР Министрлер Кеңесінің 1975 жылғы 26 тамыздағы № 621 жарлығын орындау үшін Қазақ КСР ЖОО министрінің 1975 жылы 1 қыркүйектегі № 582 бұйрығымен Алматы энергетика институтында дайындық курсы ашылды. Ол 1975-1976 оқу жылына және одан кейінгі жылдары да 100 адамнан қабылдап отырды [10].

Олар өндірістен кол үзіп 3 ай, 6 ай, 8 ай бойы дайындықтан өтті. ДК тындаушылары түсу емтихандарын табысты тапсырған жағдайда институттың күндізгі бөліміне оқуға түсу мүмкіндігіне ие болды. Алматы энергетика институты өндірістен келушілерді қабылдау мен оқытуда айтарлықтай тәжірибе жинақтады, оқу жоспары мен оқу бағдарламаларын жасады, әдістеме құралы дайындалып баспадан шығарылды, тұрақты тәжірибелі оқытушылар құрамы қалыптасты.

Дайындықтың күндізгі оқыту формасымен қатар 1983 жылдан бастап кешкі дайындық бөлімі жұмыс істей бастады. Сондай-ақ институт қабырғасында республикадан тыс жерде оқыту жоспарына сәйкес Мәскеу, Ленинград ЖОО дайындық курстарына қабылдау жүзеге асырылды.

АЭИ филиалдарының ашылуы да институт дамуындағы жаңа қадам болды. 1977 жылы 15 тамызда ректордың № 268 бұйрығымен Өскемен қаласында Алматы энергетика институтының жалпы институттық факультеті ашылды, бұған негіз болған Шығыс Қазақстан облыстық партия комитетінің энергетик мамандарды дайындауды олардың болашақ жұмыс орындарына жақындату ұсынысы негіз болды [11]. Дәл осындай себеппен Целиноград қаласында (қазіргі Нұр-Сұлтан қаласы) жалпы институттық факультет ректордың № 32 бұйрығымен 1981 жылы шілдеде ашылды [12].

Бұл факультеттер (филиал) қалыптасу кезеңін басынан өткерді. Институт кафедралары облыстық бөлімшелерге үлкен көмек көрсетті. Көмек негізінен оқу, әдістеме, ғылыми және ұйымдастыру бағыттарын (дәрістер, оқу, дипломдық жобалаулар, оқу жоспарлары мен бағдарламаларын дайындау, зертханалық база құру, студенттердің практика өтетін базасын бекіту, ғылыми-педагогикалық кадрлар дайындау, мемлекеттік емтихан комиссиясы (МЕК) жұмысына қатынасу) қамтыды. Факультеттер (филиал) құрылып таратылғанға дейінгі кезең аралығында халық шаруашылығына қажетті мамандар дайындауға өз үлестерін қосып, олардың түлектерінің басым бөлігі Солтүстік Қазақстан және Целиноград (қазіргі Ақмола) облыстарының кәсіпорындарында жемісті еңбек етті.

Қорытынды

Осылайша 1975 жылы жаңа ашылған жоғары техникалық оқу орнының жас ұжымы құрамының қажырлы еңбегінің арқасында жаңа факультеттер, бітіртуші кафедралар мен зертханалар, қоғамдық кафедралар мен әкімшілік қызметтер ұйымдастырылды. Мамандарға тапсырыс берушілердің кәсіпорындарымен байланыс орнатылды, жаңа ғылыми зертханалар мен ғылыми топтар құрылды, жаңа мамандықтар ашылды. Факультеттердің (филиал) кафедралары ғылыми-зерттеу жұмыстарын жүргізді, ғылым мен өндірісті байланыстырды. Кәсіпорындардың тапсырысымен орындалған ғылыми зерттеу жұмыстарының көлемі де айтарлықтай болды. Аспиранттар КСРО-ның орталық жоғары оқу орындарында дайындауға келісімдер жасалынды. Институт Орта Азиядағы жетекші жоғары оқу орындарының біріне, яғни КСРО-дағы үшінші энергетикалық институтқа айналды.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- [1] Қазақстан Республикасының Орталық Мемлекеттік Архиві (ҚРОМА), 1982 қор, 1(пр), 2161 іс, 66 парақ.
- [2] Болотов Альберт Васильевич. Библиографиялық көрсеткіш. – Алматы, 2014. - 69 б.
- [3] ҚРОМА, 2217 қ, 1-т, 1-іс, 2 п.
- [4] Бұл да сонда, 1989-қ, 1-т, 2387-іс, 62 п.
- [5] Бұл да сонда, 1982-қ, 1-т, 2288-іс, 55-56 п.п.
- [6] Бұл да сонда, 2217-қ, 1 т, 1 іс, 13-15 п.п.
- [7] Бұл да сонда, 1982-қ, 1-т, 2288-іс, 50 п.
- [8] Бұл да сонда, 2217-қ, 1 т, 42-іс, 25 п.
- [9] Бұл да сонда, 2217-қ, 1-т, 5-іс, 8 п.
- [10] Бұл да сонда, 1982-қ, 1-т, 2294-іс, 1 п.
- [11] Бұл да сонда, 2217-қ, 1 (қосымша)-т, 91-іс, 53 п.
- [12] Бұл да сонда, 2217-қ, 1-т, 354-іс, 177 п.

REFERENCES

- [1] Central State Archive of the Republic of Kazakhstan, 1982 fund, 2161 case, 66 pages.

- [2] Bolotov Albert Vasilyevich. Bibliographic index. - Almaty, 2014. - 69 p.
- [3] CSA of R, 2217 fund, 1 list, case 1, 2 p.
- [4] It is the case the same, 1989 fund, 1 list, case 2387, 62 p.
- [5] It is the case the same, 1982 fund, 1 list, case 2288, 55-56 p.p.
- [6] It is the case the same, 2217 fund. 1 list, case 1, 13-15 p.p.
- [7] It is the case the same, 1982 fund, 1 list, case 2288, 50 p.
- [8] It is the case the same, 2217 fund, 1 list, case 42, 25 p.
- [9] It is the case the same, 2217 fund, 1 list, case 5, 8 p.
- [10] It is the case the same, 1982 fund, 1 list, case 2294, 1 p.
- [11] It is the case the same, 2217 fund, 1 list (supplement), case 91, 53 p.
- [12] It is the case the same, 2217 fund, 1 list, case 354, 177 p.

ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ АЛМАТИНСКОГО ИНСТИТУТА ЭНЕРГЕТИКИ

Б.Ж. Кабдушев*, М.Д. Дакинов, С.Х. Байдилядина*

Некоммерческое акционерное общество «Алматинский университет энергетики и связи имени Гумарбека Даукева», г. Алматы, Казахстан
e-mail: b.kabdushev@aes.kz e-mail: s.baidildina@aes.kz

***Аннотация.** В статье говорится, что Алматинский энергетический институт был создан как факультет в КазПИ, а затем как отдельное высшее техническое учебное заведение. Рассматривается деятельность личностей, которые внесли свой вклад в его становление, от заведующих кафедр до крупных государственных деятелей Республики Казахстан. Представлена информация из архивных документов об организации факультетов, кафедр, администрации и зачислении студентов по специальностям. Описывается работа по открытию лабораторий, подготовительных курсов для поступления в ВУЗ и производственных практик на предприятиях. Также рассматривается открытие филиалов института в городах Целиноград и Ускемен. Отмечается, что за короткое время АЭИ стал одним из ведущих университетов в Средней Азии и третьим энергетическим институтом в СССР.*

***Ключевые слова:** КазПИ, энергетический факультет, теплоэнергетика, кафедра, лаборатория электрических машин, производственное обучение.*

THE HISTORY OF FOUNDATION OF ALMATY INSTITUTE OF POWER ENGINEERING

B.Zh. Kabdushev *, M.D. Dakenov, S.Kh. Baydildina*

Non-profit joint-stock company "Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named after Gumarbek Daukeev", Almaty, Kazakhstan
e-mail: b.kabdushev@aes.kz s.baidildina@aes.kz

***Abstract.** The Institute of Power Engineering was established as a faculty at KazPI and then as a separate Higher Technical Institute. It deals with the individuals who contributed to the foundation of the Institute including the Heads of the departments and the statesmen of the Republic of Kazakhstan. The information is given based on the archival documents on the organization of the faculties, departments, administration and enrollment of the students by the specialities. It describes the work on the opening of the laboratories, preparatory courses for the admission of the students and the organization of the industrial training at the enterprises. The opening of the new branches of the institute in the cities of Tselinograd and Uskemen is also stated. It is noted that in a short time the AEI has become one of the leading universities in the Central Asia and the third Institute of Power Engineering in the USSR.*

***Key words:** KazPTI, faculty, Heat Power Engineering, department, laboratory of the electrical machines, Industrial training.*



ВОПРОСЫ ВЫСШЕЙ ШКОЛЫ, ИННОВАЦИОННОЕ РАЗВИТИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

УДК 004.93`12

ПАЙДАЛАНУШЫЛАР РЕЙТИНГТЕРІН ТАЛДАУ ҮШІН АҚПАРАТТЫҚ ЖҮЙЕ МОДУЛІН ЖАСАУ

Г.Т. Балакаева, Қ.А. Ақмырзаева*

Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан,
e-mail: akmyrzayeva.aizhan@mail.ru

***Аңдатпа.** ЖОО-ның қызметін индикативтік жоспарлау және рейтингтік бағалаудың ақпараттық жүйесін әзірлеу және енгізу, ЖОО-ның ішкі бизнес-үдерістерін біріктіруге мүмкіндік беретін икемді және ауқымды ақпараттық жүйені құру болып табылады. Сонымен қатар, мониторинг пен талдауды жүзеге асыру, нәтижелерге негізделген басқару тұжырымдамасында орта мерзімді индикативті жоспарлауды ұйымдастыруды және профессорлық-оқытушылық құрамының, кафедралар мен факультеттердің қызметіне ішкі рейтинг беру. Бұл жүйе жоғары оқу орнының ғылыми-білім беру қызметінің орта мерзімді индикативтік жоспарын және профессор-оқытушылар құрамының, кафедралар мен факультеттердің рейтингін қалыптастыруға және талдауға арналған.*

***Түйін сөздер:** Рейтинг, анализ, мониторинг, индикативті жоспар*

Кіріспе. Жоғары оқу орнының қызметін бағалау көрсеткіштерінің көптігімен, қарқынды өзгеретін сыртқы ортамен, жаһанданумен және білім беру нарығында өткір бәсекелестіктің болуымен сипатталатын қазіргі жағдайларда жоғары оқу орнын басқару мәселелері шиеленісіп, білім беру сапасын арттыру, оқытудың Құзыретті үлгілерін іске асыру және нәтижеге бағдарланған басқару жүйесін құру міндеттері өзекті болып отыр.

Әдістеме бес жұмыс түрінен (оқу, ғылыми, енгізу, ғылыми-әдістемелік және мәдени-тәрбие) оқытушының лауазымдық жалақысының бюджеттік бөлігін қалыптастыруға негізделген. Рейтингті есептеу базасы ретінде ғылыми - педагогикалық қызметкер үшін 1548 сағат (258 алты сағаттық жұмыс күні) жылдық уақыт бюджеті қабылданды. Жұмыстың әрбір түрі үшін оларды орындаудың жоспарланған уақыты белгіленген. Бұл ретте оқытушы күнтізбелік жыл ішінде орындауға міндетті оқу жұмысының үлесі уақыт бюджетінің 58% – ын құрайды; ғылыми жұмыс-13 %; мемлекеттік бюджеттік және шаруашылық келісім-шарттық ғылыми әзірлемелердің нәтижелерін өндіріске енгізу бойынша жұмыстар-9 %; ғылыми-әдістемелік жұмыс – 11%; мәдени-тәрбие жұмысы – 9%. Украинаның Ұлттық Аграрлық университеті оқытушы үшін жүктеменің әр түрінің үлес салмағын арттыруды немесе азайтуды қарастырады, бірақ барлық қызмет түрлеріне жалпы жүктеме кем дегенде 1548 сағатты құрауы керек, бұл жалақының бюджеттік бөлігін алудың қажетті шарты болып табылады.

Директивті басқару моделі-бұл басқару субъектісі бастаған жүйенің берілген параметрлерге сәйкестігін бағалау тәртібі. Басқару субъектісі өзі бағалау субъектісі ретінде әрекет етеді. Модель объектілік қатынастармен, үлкен күш қашықтығымен және тікелей ақпараттық ағындармен сипатталады. Бұл ретте басқару объектісі бағалау объектісімен, ал басқару субъектісі бағалау субъектісімен сәйкес келеді[1].

Директивті басқарудың мысалы ретінде сыртқы бақылаудың дәстүрлі формасын келтіруге болады. Бақылаудың бұл түрі үшін анықтайтын принциптер:

- кіріс көрсеткіштерін регламенттеу және қызмет нәтижелері туралы ақпарат жинау;
- қызметтің барлық аспектілерін мерзімді бақылау стратегиясы, "ережесіз ойын".

Бағалау алгоритмін басқару субъектісі белгілейді және, әдетте, кең қоғамдық талқылау мен өзгерісті білдірмейді. Бағалау рәсімін тікелей орындаушылар ретінде басқару субъектісінің (басқару органдарының) өкілетті өкілдері қатысады.

Бағалау тәртібі әдетте үш кезеңнен тұрады:

- жоспарлау (жоспардан тыс рәсім де болуы мүмкін);
- өзіндік бағалау (жергілікті жерлердегі бақылау);
- қорытынды шығару.

АҚШ-тағы мұғалімдердің жұмысын бағалау оқу үдерісінің сапасын қамтамасыз етудің маңызды құрамдас бөлігі ретінде қарастырылады және АҚШ университеттері мен колледждеріндегі бөлім басшысының ең қиын және маңызды қызметтерінің бірі болып табылады.

Бұл міндетті шешу ЖОО - ның бәсекелестік ұстанымдарын күшейтуге және берілген көрсеткіштерге қол жеткізуге, факультеттер, кафедралар мен бөлімшелер бойынша соңғы орындаушыларға - профессор-оқытушылар құрамына (ПОҚ) шығатын көрсеткіштердің декомпозициясына бағытталған нақты жоспарлауға негізделуі тиіс. Бұл жағдайда ЖОО-ның ақпараттық жүйесінің басқару шешімдерін қабылдау үшін қол жеткізілген көрсеткіштер мониторингі құралы және деректер генераторы ретіндегі рөлі күрт артады[2].

Бағалау технологияларының сапа көрсеткіштерін бөлу және құралдары пайдаланылған бағалау технологиялары бойынша кесте құруға және мұғалімдердің кәсіби қызметінің сапасын бағалау үдерісінде оларды қолдану перспективаларын анықтауға мүмкіндік береді.

Кәсіби қызмет сапасын бағалау технологияларын салыстыру 1-кестеде көрсетілген:

Технологияның аты	Бағалау технологиясының оның принциптеріне сәйкестігінің көрсеткіштері	Технологияның сенімділік көрсеткіштері	Мәселелерді шешудің технологиясын ұсыну көрсеткіште-рі	Технологияның жиынтық сапа көрсеткіштері
Рейтингтік бағалау	0,9	0,7	0,43	0,67
Сараптамалық бағалау	1	0,8	1	0,93
Өзін-өзі бағалау	0,6	0,5	0,5	0,53
Студенттерді бағалау	0,6	0,6	0,05	0,4

1-кесте. Кәсіби қызмет сапасын бағалау технологиялары

Кестеден көрініп тұрғандай, ең жоғары мүмкіндіктер сараптамалық және рейтингтік бағалау технологияларына ие. Бұл қазіргі кездегі технологияларды ең перспективалы етеді және оларды университеттегі профессорлық-оқытушылық құрамының кәсіби қызметінің сапасын бағалауға ұсынуға мүмкіндік береді [3].

Модельдер. Модельдің мысалы Метфессель мен Михаэль ұсынған "Eight-stage evaluation process" (сегіз сатылы модель) болып табылады:

- бағалау рәсіміне бүкіл ұжымды және білім беру үдерісіне қатысы бар адамдарды тарту; мақсаттар мен ерекше міндеттерді айқындау;
- ұжымды бағалау үдерісіне дайындау және насихаттау;
- өлшеу құралдарын таңдау;
- педагогикалық өлшеу жүргізу;
- алынған нәтижелерді талдау;
- нәтижелерді түсіндіру (салыстыру, корреляция және т. б.);
- бағдарламаны жетілдіру және мақсаттар мен міндеттерді түзету үшін ұсынымдар ресімдеу.

«Индикативті жоспар» ішкі жүйесі жоспарлау мен бақылаудың негізгі міндеттерін орындайды, «ПОҚ рейтингісі» оқытушылардың ғылыми және білім беру қызметін бағалайды, ал «Талдау» ішкі жүйесі аккредиттеу көрсеткіштері мен ұлттық рейтингтердің талаптарын қанағаттандыратын бекітілген кешенді индикаторларға сәйкес университеттің жағдайын диагностикалау деректерін алуға мүмкіндік береді [4].

Еркін бағалау модельдері. Бұл жағдайда біз бағалаудың бейресми тәсілдерімен сипатталатын бағалау моделі туралы айтып отырмыз. Бұл модельдер бағалау көрсеткіштерінің формальды сипаттамасының болмауымен және қорытынды шешімді алу әдістерімен сипатталады. Әдетте, олардың барлығы бағалауға жоғары білікті мамандарды тартуға негізделген. Осылайша, мысалы, Нидерландыдағы университеттерді аккредиттеу кезінде сараптамалық бағалау жүзеге асырылады.

Формальды бағалау әдістерін жоққа шығару білім беру жүйесін тепе-тең емес, өзін-өзі дамытатын, өзін-өзі реттейтін жүйе ретінде қарастырумен байланысты, егер бағалау әдістері мүмкін болса, онда математикалық есептеулер емес, "жұмсақ" әдістер мен "енгізілген бақылау"[5].

ПОҚ қызметінің сапасын бағалауда осы тәсілдің объективтілігіне күмән келтірген жағдайда еркін бағалау моделі өте кең қолданысқа ие. "Ұнайды — ұнамайды" деген пікір формализацияға берілмейді, дегенмен, Кадрлық шешімдердің көпшілігі, өкінішке орай, осы негізде қабылданады.

Еркін бағалау моделі қолданудың әр түрлі формаларына және қолданудың кең ауқымына ие: субъективті бағалаудың толық еркіндігінен бастап сараптамалық бағалауды сандық көрсеткішке аударудың егжей-тегжейлі әдісіне дейін ие. Әдетте, ол бағалаудың (жүйені қалыптастырудың) жаңа нысандарын енгізу кезінде немесе бағалаудың (жүйенің тұрақты жұмыс істеуі) жеткілікті үлкен тәжірибесі кезінде қолданылады[6].

ЖОО-ның ПОҚ, факультеттері мен кафедралары қызметінің сапасын бағалау басқару қызметтерінің бірі болып табылады. Басқару теориясында жалпы қабылданған қызметтердің әрқайсысы-жоспарлау, ұйымдастыру, ынталандыру, бақылаудың өзіндік мақсаттары, мазмұны, формалары мен нәтижелері бар және әрқайсысы өз кезегінде белгілі бір алгоритмге сәйкес жүзеге асырылады. Мысалы, бақылау қызметі бақылаудың мақсаттарымен, мазмұнымен, нысандарымен анықталады және белгілі бір нәтижелерге ие. Сонымен бірге басқару қызметі ретінде бақылау жоспарланады, ұйымдастырылады, ынталандырылады және бақыланады (яғни, бұл жағдайда біз Мета-бағалау туралы айтып отырмыз).

Әрбір функцияның тиімділігі білім беру қызметін және жалпы білім беру жүйесін жетілдіруге ынталандыру болып табылады және дамуды мақсатты өзгеріс ретінде анықтайды[7].

Түрлі елдердегі ПОҚ қызметінің сапасын бағалаудың практикалық тәжірибесін талдау бағалау тәртібінің бес моделін бөліп көрсетуге мүмкіндік береді:

- Директивалық басқару тәртібінің моделі;
- Салыстырмалы бағалау рәсімінің моделі;
- Іріктемелі бағалау рәсімінің моделі;
- Мета-бағалау тәртібінің моделі;
- Циклдық бағалау тіртібінің моделі.

Роберт Глазертін "teaching — learning-evaluation model" (оқыту және оқыту үдерістерін бағалау моделі) моделін пайдалануға болады. Бұл модельдің тән белгілері:

- оқытушылар мен білім алушылардың жекелеген тұлғалары мен топтарының жалпы және ерекше білім беру мақсаттары мен міндеттерін айқындау;
- оқытушылар мен білім алушылардың мінез-құлқының шарттылығын анықтау (тек жүйеішілік көрсеткіштерге сүйене отырып);
- оқытуды бағалау (педагогикалық технологиялар, ақпарат беру тәсілі, Оқу материалдары мен оқыту құралдары, кері байланыс алу әдістері);
- нәтижелерді бірінші үш кезеңге сәйкестігін бағалау: мақсаттарды, шарттарды анықтау, процесті ұйымдастыру.

Модельдің құндылығы-бұл білім беру жүйесін тұтастай алғанда құрылымдық элементтер мен байланыстардың бірлігі, сондай-ақ кері байланысқа бағытталған, мағыналы және прогрессивті қозғалыстағы жүйе ретінде қарастырады. Бұл сұрақтарға жауап беруге мүмкіндік береді:

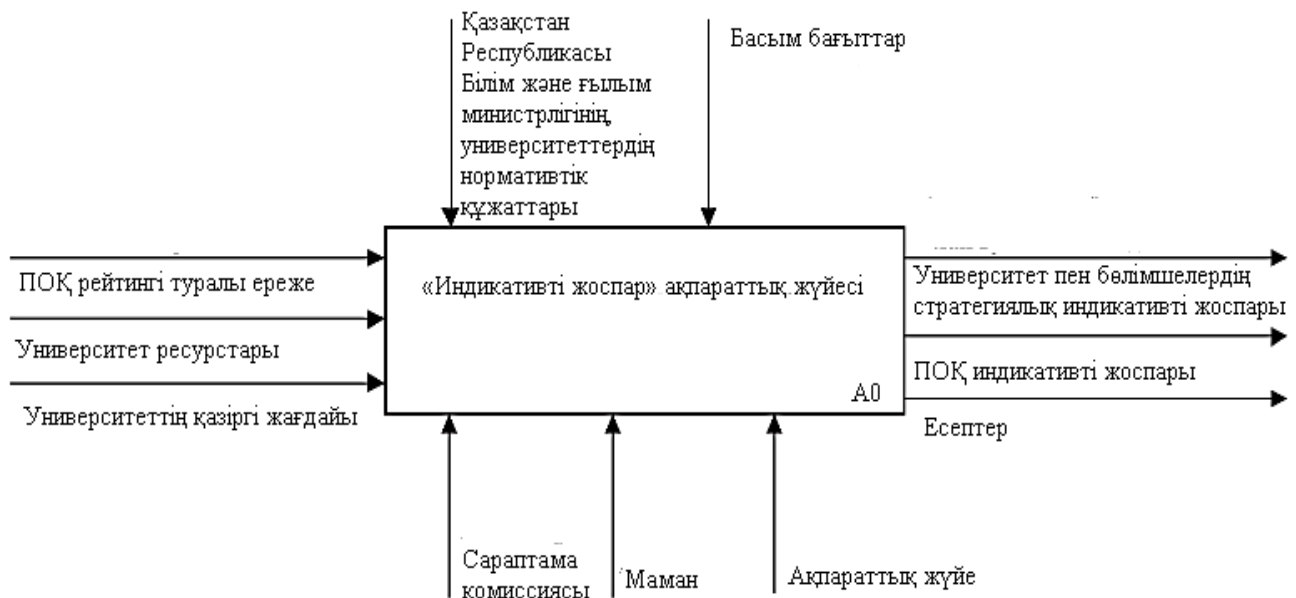
- қандай міндеттер қойылды;
- қандай стратегия мен рәсімдер қолданылды;
- бұл процедуралар қаншалықты тиімді және тиімді;
- мақсаттарға қаншалықты тиімді қол жеткізілді.

Циклдік бағалау моделі-бұл жүйелі ішкі және сыртқы бағалау рәсімі. Модель субъект - субъектілік ұшжақты қатынастарды, тікелей және кері ақпараттық ағындарды, әрбір цикл аяқталғаннан кейін бағалау жүйесін жетілдіруді (с-түзету) көздейді[8].

Бұл модель алдыңғы модельдердің мүмкіндіктерін қамтыды және келесі принциптерді жинақтады:

- бағалаудың бастамашысы басқару субъектісі (басқару органы) болады);
- өзін-өзі тексеру жүргізу және оның нәтижелерін сыртқы сараптама тіртібінің негізі ретінде пайдалану;
- кең академиялық жұртшылықты бағалау рәсіміне сарапшылық комиссиялар мен өзін-өзі тексеру комиссияларының мүшелерін тарту;
- бір мекеменің (оқытушының, кафедраның, факультеттің) ішкі және сыртқы бағалау нәтижелерін осы бейіндегі басқа мекемелердің (оқытушылардың, кафедралардың, факультеттердің) бағалау нәтижелерімен салыстыру;
- бағалау нәтижелері бойынша басқарушылық шешім қабылдау[9].

Анализ. 1-суретте келтірілген «Индикативті жоспар» ішкі жүйенің контекстік диаграммасы сипатталған жүйенің мақсатын көрсетеді: университеттің ғылыми және білім беру қызметін индикативті жоспарлау үдерісіне жан-жақты ақпараттық қолдау көрсету.



1-сурет. «Индикативті жоспар» ішкі жүйесінің контекстік диаграммасы

Университеттің ғылыми және білім беру қызметін жоспарлау келесі процестерден тұрады: оқытушының жеке индикативті жоспарын қалыптастыру, кафедралар мен факультеттердің индикативті жоспарларын құру, құрылымдық бөлімшелердің индикативті жоспарларын құру [10].

Жүйенің негізгі қызметтері:

- пайдаланушыларға индикативті жоспарлар мен рейтинг профильдеріне қол жеткізуді ұйымдастыру;
- индикативті жоспар мен рейтингтік сауалнаманың құрылымын икемді, масштабты басқару (қосу, редакциялау, архивтеу жоспарының индикаторлары / рейтингтік анкета);
- жүйенің жұмыс режимдеріне қол жеткізу құқығын орталықтандырылған басқаруды ұйымдастыру (жоспарларды / сауалнамаларды толтыру, бақылау және қарау режимдерін ашу / жабу);
- индикатор формулаларын қолдана отырып, мәндерді автоматты есептеуді іске қосу арқылы интеграцияланған жүйелер үшін мәліметтерді конверсиялау процедураларын автоматтандыру (индикативті жоспарлау үшін - мәндер, рейтингтік сауалнамалар үшін - баллдарды есептеу);
- индикативті жоспарлар мен рейтингтердің жай-күйін талдау және мониторинг (жоспарланған нәтижеге қол жеткізу индексі, рейтинг профильдерінің ранжингі);
- бақылау кезеңіндегі индикаторлардың жай-күйі туралы ақпаратты жедел беру мүмкіндігі;
- мәліметтерді көрсетілген форматта бірыңғай дерекқордан экспорттау.

Осы ақпараттық жүйенің әдіснамалық негізі болып табылатын университеттің ғылыми және білім беру қызметін индикативті жоспарлау келесі төрт процедураны жүзеге асыруды қарастырады:

1) республикалық білім беру жүйесін дамытудың стратегиялық жоспарын ескере отырып, университетті орта мерзімді кезеңге дамытудың стратегиялық жоспарын әзірлеу;

2) сыртқы және ішкі ортаның ерекшелігі тұрғысынан университет қызметін талдау;

3) университетте қабылданған нәтижелерге негізделген басқару тұжырымдамасы негізінде орта мерзімді кезеңге арналған индикативті жоспарларды құру; рейтингтік индикаторлар жүйесін дамыту және ынталандыру механизмі ретінде рейтинг жүйесін бекіту;

4) университетті дамыту бойынша қабылданған стратегияны, қойылған мақсаттарға жету дәрежесін және ынталандыру механизмдерін икемді басқару арқылы қажетті түзету әрекеттерін (ауытқуларды) іске асыруды бағалау[11].

Бірінші процедура бес кезеңнен тұрады:

- мақсаттарды қалыптастыру және ресурстардың шектеулерін бағалау;
- университеттегі ғылыми және оқу үдерісін сипаттайтын негізгі көрсеткіштердің алдын-ала болжамы, университеттің көрсеткіштері мен қаржылық жағдайын бағалау;
- сценарий тәсілін қолдану арқылы мақсаттарды ауызша сипаттау, оларды талдау және ыдырату;
- мақсатқа жетудің сандық өлшемдерін қалыптастыру және талдау;
- қойылған мақсаттарға жету үшін шараларды әзірлеу және талдау.

Екінші процедура мыналарды қамтиды:

- ғылыми және білім беру, әкімшілік және қаржылық-экономикалық қызмет туралы ақпаратты жинау және өңдеу;
- университеттің барлық ресурстарын және мүмкін резервтерін талдау;
- университеттің дамуының стратегиялық басымдылықтарын талдау және айқындау;
- ғылыми, білім беру, әкімшілік және қаржылық-экономикалық қызметтің негізгі сандық көрсеткіштерінің болжамы.

Үшінші процедура профессорлық-оқытушылық құрамының, кафедралардың және факультеттердің рейтингін қалыптастыру арқылы бақылау нүктелеріндегі өлшеу нәтижелері бойынша рейтингтік көрсеткіштер жүйесін реттеу арқылы жүйені қажетті күйге келтіруге мүмкіндік береді [12].

Бұл жағдайда біз ішкі зерттеу нәтижелерін іріктеп бақылау негізінде бағалау тәртібі туралы айтып отырмыз. Бұл модельдің алдыңғы модельдерден түбегейлі айырмашылығы-бағалау процесінде субъективті қатынастар және өзін-өзі бағалау рәсімінің болуы.

Өзін-өзі бағалау процедурасы берілген көрсеткіштерді "жылтыратумен" шектелмейді. Бұл модельдегі өзін-өзі бағалау білім беру қызметінің нәтижелерін ішкі бақылау, оның ең алдымен университет үшін маңызды параметрлерін терең зерттеу ретінде әрекет етеді.

Өзін-өзі бағалау әртүрлі мақсаттарда қолданылуы мүмкін: мекемені дамыту бағдарламасын құру, басқару құрылымын оңтайландыру, оқытушылар құрамының шығармашылық белсенділігін ынталандыру, оқыту сапасын арттыру, кадрларды аттестаттау және т. б.

Тұрақты өзін-өзі бағалаудың қалыптасқан тетігіне ие бола отырып, ЖОО-ға сыртқы сараптамаға дайындық кезінде қосымша бағалау рәсімдерін жүргізудің қажеті жоқ.

Бұл жағдайда сыртқы сараптаманың мазмұны өзін-өзі тексеру нәтижелерін іріктеп бағалау болып табылады. Өзін-өзі тексеру туралы терең егжей-тегжейлі есеп университеттің қызметіне үлкен сенім тудырады, ең бастысы оған білім беру процесін ұйымдастырудағы жетістіктер туралы қосымша ақпарат беруге мүмкіндік береді.

Іріктемелі бағалау моделінің артықшылығы-ол аттестаттау рәсімін ашық етеді. Сонымен қатар, бағалау процедурасы басқару субъектісінің мақсаттарына ғана емес, сонымен қатар университет ұжымының ішкі өмірлік мәселелерді шешудегі субъективті ұстанымын ынталандырады[13].

Оған мыналар кіреді:

- қабылданған стратегиялық бағыттарға сәйкес құрылған және жоспарларды іске асырудың тиімділігін сипаттайтын және индикативті индикаторлардың жоғарғы шегін белгілейтін мақсатты индикаторларды көрсететін, факультеттер / кафедралар / оқытушылар деңгейінде индикативті жоспарларды қалыптастыру;

- индикативті жоспарлардың негізгі көрсеткіштері бойынша бизнес-процестердің жай-күйін бақылау;

- индикативті жоспарларды іске асыруды ынталандыру механизмі ретінде рейтингтік тізімдерді құру.

Төртінші процедураға мыналар жатады:

- алынған нәтижелерді түсіндіру;

- даму сценарийлерін құру;
- ынталандыру жүйесін басқару арқылы қажетті түзету әрекеттерін орындау үшін;
- болашаққа ұсыныстар жасау;
- ғылыми және білім беру қызметінің стратегиясын және жағдайын түзету рәсімдерін әзірлеу.

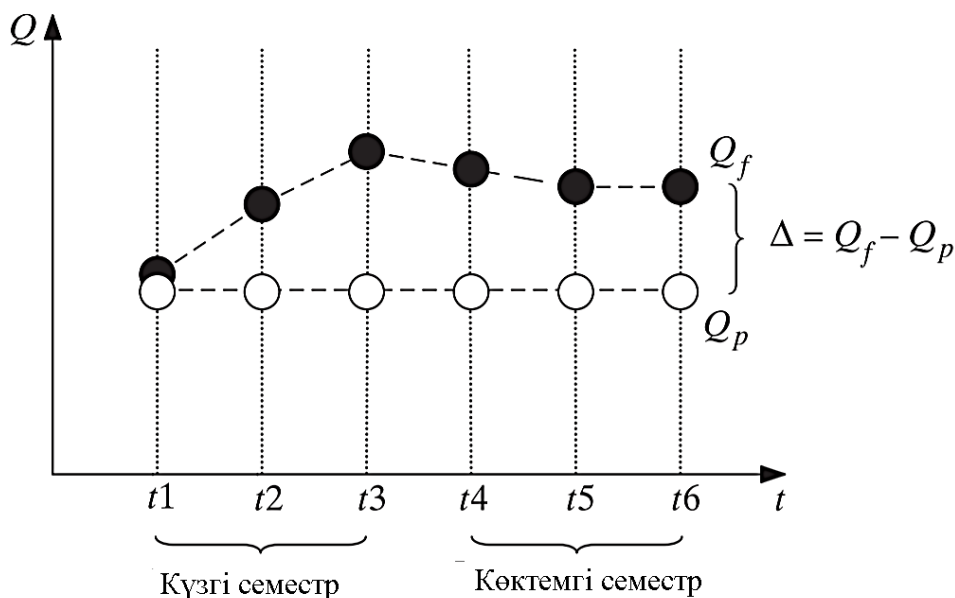
Университеттің бизнес-процестерін бақылаудың негізгі міндеті - қойылған мақсатқа жету жолындағы «қиындықтарды» және басқарудың сәйкес проблемаларын анықтау. Бизнес-процестерді бақылау механизмі келесі қадамдардан тұрады:

- 1 кезең - бақылау нүктелеріндегі уақытты өлшеу;
- 2 кезең - негізгі кешенді көрсеткіштерге аналитикалық есептеулер және бақылау статистикасына сәйкес оқу процесін ұйымдастыруды бағалау;
- 3 кезең - жұмысты ұйымдастыруды жетілдіруге бағытталған қажетті әкімшілік-басқару іс-әрекеттері туралы шешім қабылдау;
- 4 кезең - есептік құжаттаманы қалыптастыру және келешектегі университеттің ішкі ортасын талдау үшін қолданылатын архивті қалыптастыру.

Университеттің қызметін индикативті жоспарлау мен рейтингтің ақпараттық жүйесі екі негізгі ішкі жүйелерден тұрады - «Индикативті жоспарлау» және «Рейтинг», олар мыналарды қарастырады:

- индикативті жоспардың кешенді көрсеткіштерін және рейтингтік сауалнаманың жиынтық балдық рейтингтерін автоматты түрде есептеу рәсімдерінің болуы;
- индикативтік жоспарлардың орындалу дәрежесін бағалау және рейтингтік тізімдерді қалыптастыру үшін деректерді мониторингілеу және талдамалық өңдеу;
- индикативті жоспардың құрылымы мен мазмұнын икемді басқару;
- бақылау пункттеріндегі индикаторлардың жай-күйі туралы ақпаратты жедел беру мүмкіндігі;
- пайдаланушының индикативті жоспарлар мен рейтинг профильдеріне қол жетімділігі;
- толтыру режимдерін ашу/жабу, жоспарларға/сауалнамаларға мониторинг жүргізу және қарау бөлігінде топтық қол жеткізу құқықтарын орталықтандырылған басқару;
- деректерді конверсиялау процедураларын автоматтандыру және деректерді белгіленген форматқа экспорттау мүмкіндігі [14].

Мақсатқа қол жеткізу индексінен басқа, мониторинг жүйесі аясында көрсеткіштердің нақты мәнінің жоспарланғаннан ауытқуын бақылау керек (3-сурет).



3-сурет. Индикаторлардың нақты мәндерінің жоспарланғаннан ауытқуын графикалық түсіндіру

"Рейтинг" кіші жүйесі оқытушыға/қызметкерге рейтингтік сауалнаманы және басқа да қажетті құжаттарды қалыптастыруға және толтыруға, қарастырылған рейтингтік баллдарды және т. б. есептеуге, ал басшыларға – кафедра, факультет бөлінісінде сауалнама түрлері, қызмет түрлері бойынша оқытушының рейтингіне талдау жүргізуге мүмкіндік береді [15].

Қорытынды. Рейтингітік жүйе белгілі бір оқытушының, кафедраның, деканаттың, бөлімнің университетті дамытудың стратегиялық мақсаттарына қол жеткізудегі үлесін бағалау құралы, сонымен қатар олардың жұмысының материалдық моральдық ынталандыру механизмі болып табылады, бұл олардың жұмыс сапасын жақсартуға деген қызығушылығын арттырады [4].

Сондықтан рейтинг және талдау жүйесінің негізгі міндеттері:

- басқару шешімдерін қабылдау үшін уақытылы және сенімді ақпарат алу;
- ұжымның өзіндік жұмысының тиімділігіне сыни, ашық талдау жасау арқылы университеттің қызметі мен дамуын жетілдіру;
- университеттің стратегиялық міндеттерін шешуге және рейтингін көтеруге бағытталған барлық қызмет түрлерін жандандыруға ынталандыру жүйесін құру;
- факультеттердің, кафедралардың, оқытушылардың тиімділік деңгейін бағалау мен бақылаудың бірыңғай интегралды өлшемдерін алу;
- қызметкерлердің кәсіби өсуі үшін жағдай жасау, басқару кадрларының резервін қалыптастыру және стратегиялық мақсаттарға қол жеткізуге жеке үлесін ескере отырып профессорлық-оқытушылық құрамды алға ұмтылдыру және жалпы университет рейтингін арттыру;
- жоғары оқу орнының жалпы қызметінің, факультеттердің, кафедралар мен оқытушылардың тиімділігін динамикада көрсететін мәліметтер банкіні қалыптастыру.

"Рейтинг" кіші жүйесі оқытушыға/қызметкерге рейтингтік сауалнаманы және басқа да қажетті құжаттарды қалыптастыруға және толтыруға, қарастырылған рейтингтік баллдарды және т. б. есептеуге, ал басшыларға – кафедра, факультет бөлінісінде сауалнама түрлері, қызмет түрлері бойынша оқытушының рейтингіне талдау.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- [1] Мутанов Г.М., Мамыканова Ж.Д. Индикативное планирование и рейтинговые оценки в стратегическом управлении вузом: Система информационной поддержки. 2013.
- [2] Мутанов Г.М., Кумаргажанова С.К. Рейтинговая модель оценки деятельности преподавателей ВКГТУ им. Д. Серикбаева // Региональный вестник Востока. 2009. № 4 (44). С. 6-10.
- [3] Балакаева Г. Т., Филлипс К., Даркенбаев Д. К., Турдалиев М. Использование posql для обработки неструктурированных больших данных, Scopus News Национальной Академии Наук Республики Казахстан, серия геолого-технических наук. – 2019. Том 6, № 438. – С. 12-21.
- [4] Фрэнкс В., Укрощение больших данных: как извлечь знания из массивов информации с помощью глубокой аналитики. М.: Манн, Иванов и Фербер, 2014. – 180 С.
- [5] Andriole, С. Ю. (1989). Прототипирование раскадровка: новый подход к анализу требований пользователей, что и требовалось доказать наук Infonnation, Инк.
- [6] Нурлыбаева К.К., Балакаева Г.Т. Анализ больших объемов данных для принятия решений, тезисы докладов Международной конференции студентов и молодых ученых. Алматы, 2014, 133 с.
- [7] Балакаева Г.Т., Жанибек Ж.А. Веб-приложение для обработки большого объема данных в сфере бизнеса, Вестник КазНПУ им. Абая, серия «Физико-математические науки», №1(69), 2020, 319-326
- [8] Кивилева А.В. Преимущества и недостатки использования балльно-рейтинговой системы оценки качества знаний студентов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://vio.uchim.info/Vio_116/cd_site/articles/art_2_1.htm (дата обращения: 04.04.2017).
- [9] Мамыкова Ж.Д., Денисова О.К., Кумаргажанова С.К. Организационный подход к созданию системы стратегического и оперативного планирования в высшем учебном заведении // Транзитивная экономика. 2010. № 3. С. 72-78
- [10] Гусев Ю.В., Кричевский А.И., Грановский В.А., Скалон А.И., Пашковский Г.Ю. Обеспечение качества высшего образования: концептуальная и системная проблема // Качество. Инновации. Образование. 2007. № 3. С. 9-20.
- [11] Бобров Л.К. Учет товарных свойств информационных услуг как ключевой фактор их рыночного признания // Научные и технические библиотеки. 2006. № 2. С. 54-58.
- [12] Севрук, В.Т. Дополнительные рейтинги – инструмент оценки внутренних рисков / В.Т. Севрук // Банковское дело. – 2006. – №12. – С. 29-35.

- [13] Постюшков А.В. Методика рейтинговой оценки предприятий. – Имущественные отношения в РФ. – 2003. №1.
- [14] Ковалева М. Рейтинг бьет рекорды // Эхо Москвы. 2004. № 38. С. 3.
- [15] Мутанов Г.М., Мамыкова Ж.Д., Кумаргажанова С.К. Управление, ориентированное на результат, на примере образовательной системы. Усть-Каменогорск: ВКГТУ, 2010. 100 с.

REFERENCES

- [1] Mutanov G.M., Mamykanova Zh.D. Indicative planning and rating assessments in the strategic management of the university: Information support system. 2013
- [2] Mutanov G.M., Kumargazhanova S.K. Rating model for assessing the activities of teachers of EKSTU named after D. Serikbayeva // Regional Bulletin of the East. 2009. No. 4 (44). S. 6-10.
- [3] G. T. Balakaeva, K. Phillips, D. K. Darkenbaev, M. Turdaliev using nosql for processing unstructured big data, Scopus News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, a series of geological and technical sciences. - 2019 - Volume 6, No. 438 - pp. 12-21.
- [4] B. Franks, Taming Big Data: How to Extract Knowledge from Massive Data Using Deep Analytics. М.: Mann, Ivanov and Ferber, 2014.180 S.
- [5] Andriole, S. Yu. (1989), Storyboard Prototyping: A New Approach to Analyzing User Requirements That Was Required to Prove by Infonnation Science, Inc.
- [6] K. K. Nurlybaeva and G. T. Balakaeva, analysis of large amounts of data for decision-making, abstracts of the International Conference of Students and Young Scientists. Almaty, 2014, pp. 133.
- [7] Balakaeva G. T., Zhanibek Zh. A. web application for processing large amounts of data in the field of business, Bulletin of KazNPU im. Abay, series "physical and mathematical sciences", №1 (69), 2020, 319-326
- [8] Kivileva A. V. Advantages and disadvantages of using the point-rating system for assessing the quality of students' knowledge [Electronic resource]. - Access mode: http://vio.uchim.info/Vio_116/cd_site/articles/art_2_1.htm (date of access: 04/04/2017).
- [9] Mamykova Zh.D., Denisova O.K., Kumargazhanova S.K. Organizational approach to the creation of a system of strategic and operational planning in a higher educational institution // Transitive Economics. 2010. No. 3. P. 72–78
- [10] Gusev Yu.V., Krichevsky A.I., Granovsky V.A., Skalon A.I., Pashkovsky G.Yu. Quality assurance in higher education: a conceptual and systemic problem // Quality. Innovation. Education. 2007. No. 3. P. 9–20.
- [11] Bobrov L.K. Accounting for the commodity properties of information services as a key factor in their market recognition // Scientific and technical libraries. 2006. No. 2. P. 54–58.
- [12] Sevruck, V.T. Additional ratings - a tool for assessing internal risks / V.T. Sevruck // Banking. - 2006. - No. 12. - S. 29-35.
- [13] Postyushkov A. V. Methods of rating assessment of enterprises. -Property relations in the Russian Federation - 2003 №1
- [14] Kovaleva M. Rating beats records // Echo of Moscow. 2004. No. 38. S. 3.
- [15] Mutanov G.M., Mamykova Zh.D., Kumargazhanova S.K. Results-based management as exemplified by the educational system. Ust-Kamenogorsk: EKSTU, 2010.100 p.

DEVELOPMENT OF INFORMATION SYSTEM MODULE FOR USER RATING ANALYSIS

G.T. Balakayeva, A. Akmyrzayeva*

Kazakh national university named after Al-Farabi, Almaty, Kazakhstan,
e-mail: akmyrzayeva.aizhan@mail.ru

Abstract. In the article the development and implementation of information systems for indicative planning and ranking of the university's activities are described. The author has created a flexible and complex information system that allows integrating the internal business processes of the university. Monitoring and analysis, the organization of medium-term indicative planning within the framework of the concept of results-based management and the internal

rating of the activities of the teaching staff, departments and faculties were carried out in this system. It is intended for the formation and analysis of a medium-term indicative plan for the scientific and educational activities of a higher educational institution and the rating of the teaching staff, departments and faculties

Key words. Rating, analysis, monitoring, indicative plan

РАЗРАБОТКА МОДУЛЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ АНАЛИЗА РЕЙТИНГОВ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ

Г. Т. Балакаева, А.К. Акмырзаева*

Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан,
e-mail: akmyrzayeva.aizhan@mail.ru

Аннотация. Разработка и внедрение информационных систем индикативного планирования и рейтингования деятельности вуза, создание гибкой и комплексной информационной системы, позволяющей интегрировать внутренние бизнес-процессы вуза. Кроме того, осуществляется осуществление мониторинга и анализа, организация среднесрочного индикативного планирования в рамках концепции управления, ориентированного на результат, и внутреннего рейтинга деятельности профессорско-преподавательского состава, кафедр и факультетов. Данная система предназначена для формирования и анализа среднесрочного индикативного плана научно-образовательной деятельности высшего учебного заведения и рейтинга профессорско-преподавательского состава, кафедр и факультетов.

Ключевые слова: рейтинг, анализ, мониторинг, индикативный план



ВОПРОСЫ ВЫСШЕЙ ШКОЛЫ, ИННОВАЦИОННОЕ РАЗВИТИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

ГРНТИ 44.01.81

ВИРТУАЛЬНЫЕ ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ КАК ФОРМА ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ

С.Г. Хан, Ж.С. Тлеубаева, А.Ю. Гиняйтова

НАО «Алматинский университет энергетики и связи имени Гумарбека Даукеева»

г. Алматы, Казахстан

e-mail: s.khan@aes.kz

Аннотация. В статье обоснована актуальность использования виртуальных лабораторных работ как формы дистанционного обучения, что, несомненно, является важным аспектом цифровизации образования. Рассматриваются методы разработки виртуальных лабораторных работ и их выполнение в режиме дистанционного обучения. Рассматривается среда графического программирования LabView как предпочтительный инструмент для разработки виртуальных лабораторных стендов. Приведены примеры виртуальных лабораторных работ, разработанных на кафедре «Автоматизация и управление» АУЭС.

Ключевые слова: дистанционное обучение, виртуальная лабораторная работа, среда LabView, технические средства измерений, метрология и измерения.

Введение

В настоящее время Казахстан перешел на дистанционное обучение из-за вспышки коронавируса, назначен карантин и приостановлено очное обучение. Студентам удобно в данной ситуации выполнять виртуальные лабораторные работы (ВЛР) в режиме дистанционного обучения, удаленно от университета.

Цифровое (онлайн) обучение представляет собой революцию в традиционных образовательных системах, революцию, которая создала новые цели в управлении системами образования, характере обучения, роли преподавателей и во всех аспектах образовательного процесса. В число инструментов, используемых в цифровом обучении, входит моделирование реальных лабораторий или виртуальные лаборатории. Физические расстояния и нехватка ресурсов делают невозможным проведение реальных экспериментов, особенно когда они связаны со сложным оборудованием и приборами. Виртуальная лаборатория позволяет студенту безопасно проводить эксперименты и получать результаты с помощью компьютера.

Виртуальные лаборатории предоставляют студентам результат эксперимента одним из следующих методов (или, возможно, их комбинацией). Моделирование физического явления с помощью набора уравнений и проведение имитационного моделирования для получения результата конкретного эксперимента. Это может, в лучшем случае, дать приблизительную версию "реального" эксперимента. Предоставление измеренных данных для виртуальных лабораторных экспериментов, соответствующих данным, ранее полученным в результате измерений на реальной системе. Дистанционное выполнение экспериментов в реальной лаборатории и предоставление студенту результатов экспериментов через компьютерный интерфейс. Проведение экспериментов на виртуальных лабораторных стендах, полностью имитирующих выполнение работы на физических стендах.

Последний метод применяется на кафедре «Автоматизация и управление» АУЭС при разработке виртуальных лабораторных работ по различным дисциплинам: Метрология и измерения, Метрология, стандартизация, сертификация и управление качеством; Технические средства измерений; Технологические измерения и приборы; Линейные системы автоматического регулирования; Основы единства измерений и техническое регулирование; Проектирование виртуальных средств измерений и другие [1, 2-4].

Обзор существующих ВЛР показал большое разнообразие работ из школьной, вузовской программ, реализованных в таких средах программирования, как Object Pascal, Delphi, Visual Studio, Matlab, Visual Basic и других, которые имеют как достоинства, так и недостатки [5-8]. Так, например, В программе VisSim, как и в программе Matlab, нет возможности виртуального изображения стенда, что затрудняет оценку правильности составленной структурной схемы, при неправильном соединении входных и выходных сигналов программа не выдает ошибку. В используемой в Delphi парадигме форм (Form) вся информация о форме, включая свойства, настройки компонентов, значения по умолчанию, хранятся в ехе-файле, причем не оптимальным образом. В Delphi не хватает очень многих средств C++: не достаает шаблонов, перезагрузки операторов и объектной модели. В программах Visual Studio отмечается высокое потребление памяти (лог-файлы занимают много места на диске); отсутствует автоматическое изменение размера в зависимости от разрешения экрана.

В настоящей работе средством разработки виртуальной лабораторной работы является среда графического программирования компании National Instruments – Labview, которая имеет широкий спектр инструментов для программирования различного контрольно-измерительного оборудования [9, 10]. Достоинством NI LabVIEW является управление процессом измерения в интерактивном или автоматическом режиме. Для анализа и обработки данных применяется большой набор функциональных библиотек. Взаимодействие с оператором выполняется с помощью простого и продуманного графического интерфейса. В литературе встречаются разработки ВЛР в среде NI LabVIEW [11-15]. Однако, ВЛР по дисциплинам, приведенным выше, не отмечены.

Графический язык программирования NI LabVIEW

Среда программирования NI LabVIEW – наиболее оптимальный вариант для разработки ВЛР, так как в ней есть готовые инструменты по измерениям и автоматизации. Разрабатываемые программные модули называются «Virtual Instruments» (Виртуальные Инструменты VI), имеют расширение *.vi. Можно без затруднений проводить эксперименты, управлять различными приборами.

Графический язык программирования NI LabVIEW берет свое начало в области автоматизации управления и сбора данных. Его особенность состоит в том, что он использует графические диаграммы, а не строки текста, что делает его более интуитивно понятным для инженеров и превосходным для параллельного программирования [10].

Имеется возможность размещения на фронт панелях (интерфейсах) виртуальных приборов таких элементов, как кнопки, переключатели, ручки регулировки, лампочки, графические панели, циферблаты и т. п., что способствует воссозданию внешнего вида традиционных приборов (рисунок 1).

Логика работы виртуального прибора основывается на созданном графическом коде (блок-диаграмме) программы, каждый узел которой соответствует выполнению какой-либо функции или последовательности действий, иначе процедуры (рисунок 2).

Комплект графического программирования LabVIEW позволяет разрабатывать в действительности любые приложения, взаимодействующие с теми или иными видами, типами аппаратных средств, поддерживаемых операционной системой компьютера.

Разработка виртуальной лабораторной работы (ВЛР)

При разработке виртуальных лабораторных работ использовался метод имитационного моделирования. Моделирующие алгоритмы измерительных каналов в разработанных виртуальных лабораторных работах воспроизводят погрешности, возникающие в измерительных каналах при измерении входной величины (расхода, температуры, давления и т.д.) [2].

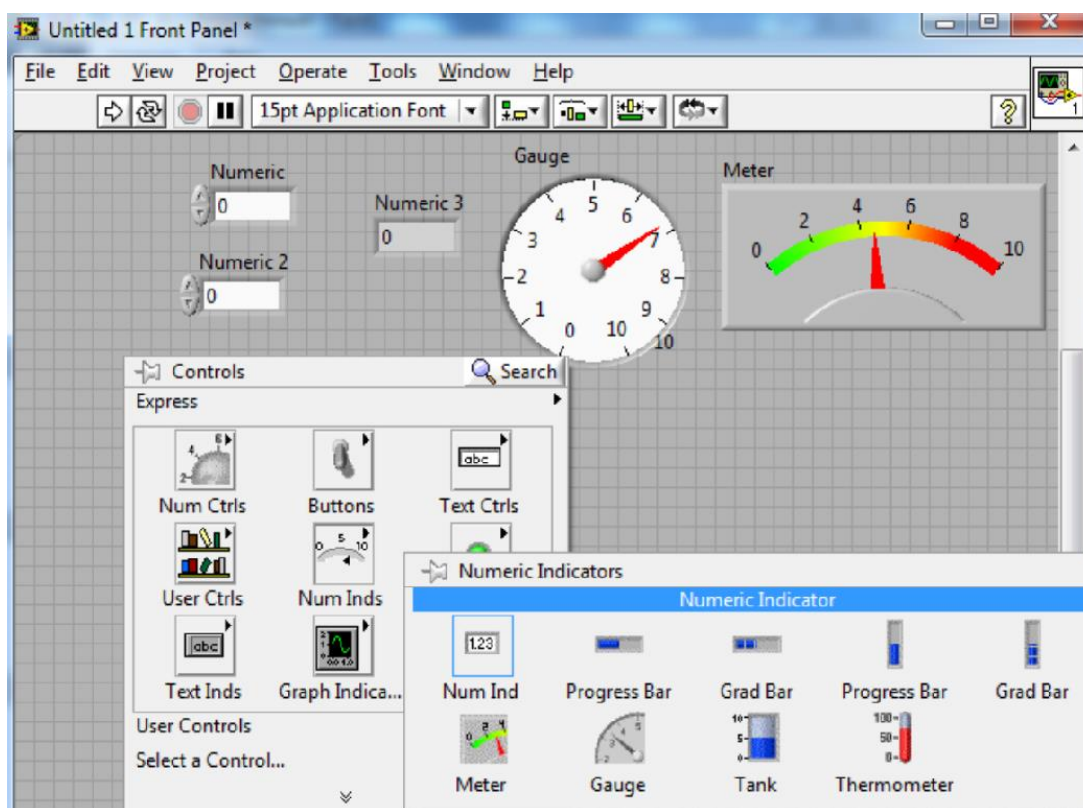


Рисунок 1 – Элементы Фронт-панели LabView

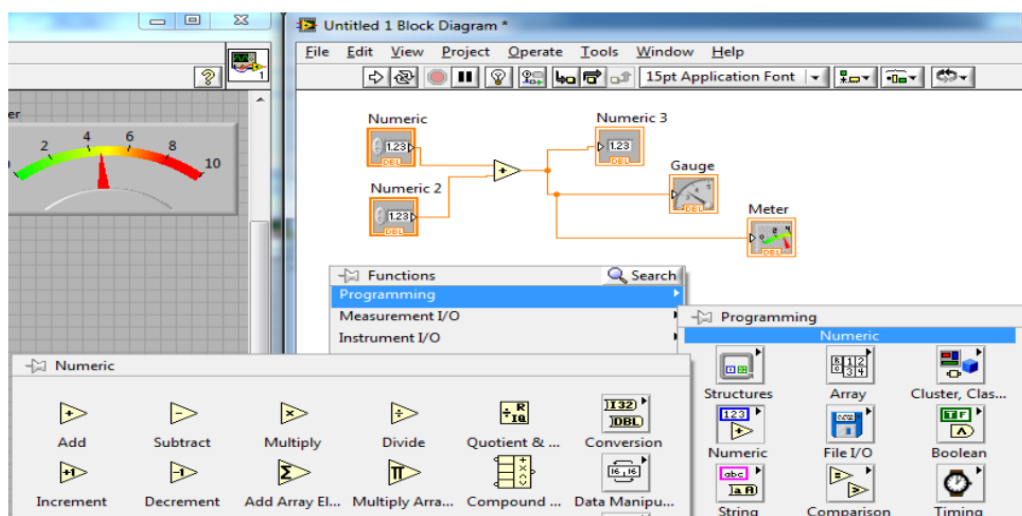


Рисунок 2 – Графический код программы (блок диаграмма) LabView

В качестве примера приведена разработанная авторами ВЛР «Измерение расхода с помощью сужающих устройств. Градуировка стандартной диафрагмы и трубы Вентури» по дисциплине «Технические средства измерений» для обучения студентов образовательной программы «Автоматизация и управление».

Физический стенд по изучению измерения расхода с помощью сужающих устройств расположен в лаборатории Б134 АУЭС (рисунок 3). Согласно цели и задания к лабораторной работе изучается измерение расхода газа в трубопроводе, основанное на принципе переменного перепада давления на сужающем устройстве – стандартной диафрагме. Переменный перепад давления измеряется с помощью микроманометра. С помощью насоса создается движение газа в трубопроводе,

расход (скорость) которого регулируется электродвигателем. Мощность электродвигателя задается с помощью ручки регулятора, скорость измеряется тахометром.



Рисунок 3 – Лабораторный стенд

Виртуальный аналог данного стенда, разработанный в LabView, приведен на рисунке 4.

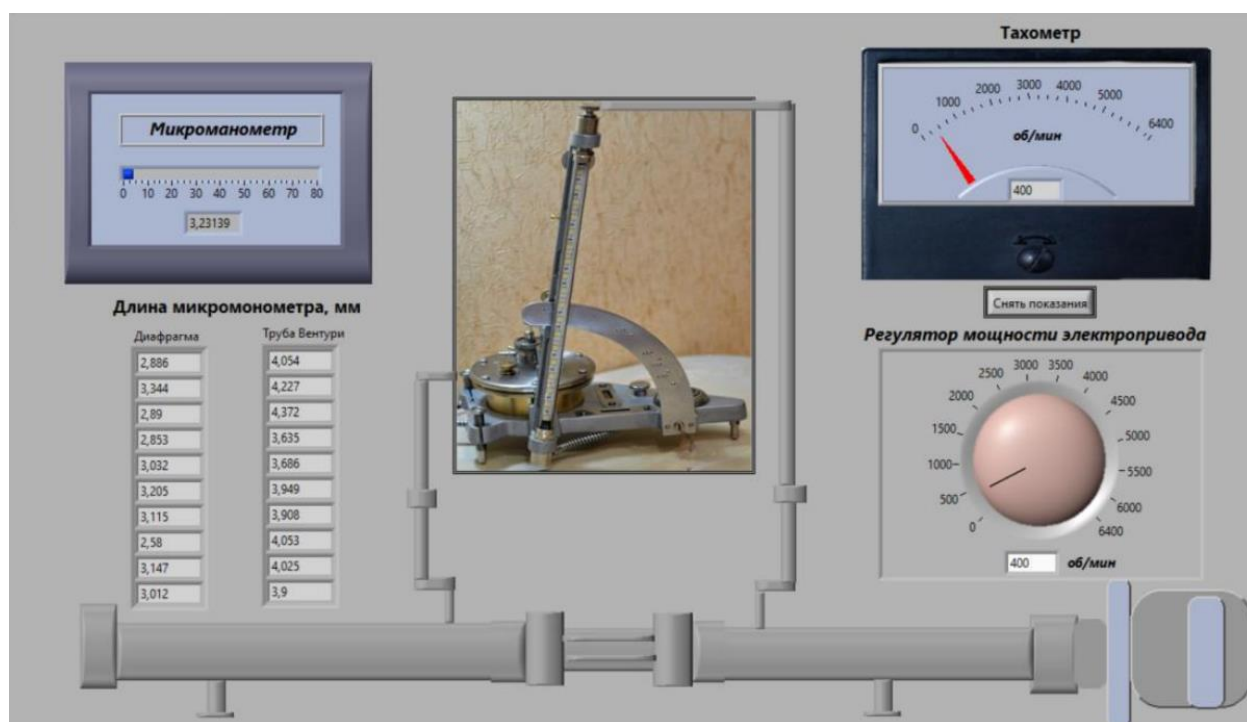


Рисунок 4 – Интерфейс ВЛР «Измерение расхода с помощью сужающих устройств. Градуировка стандартной диафрагмы и трубы Вентури»

Данная ВЛР позволяет выполнить все задания лабораторной работы и, более того, есть возможность виртуальной замены одного вида сужающего устройства – стандартной диафрагмы – на другой – трубу Вентури. На физическом стенде это практически невозможно выполнить в связи с необходимостью разборки и сборки трубопровода и ограничением по времени выполнения лабораторной работы.

Другое преимущество ВЛР: есть возможность выполнять не только однократные, но и многократные измерения, которые в отличие от физического стенда не займут много времени. Общеизвестно, что многократные измерения дают результаты повышенной точности.

Студент имеет возможность проанализировать точность различных методов измерений. Результаты измерений (однократные и многократные) выводятся на соответствующих вкладках интерфейса ВЛР (рисунки 5, 6).

Во вкладке «Расчет измерений» (рисунок 5) вводятся значения исходных данных: (Стандартное значение), (K), (D2), (L), (значение), (Коэффициент расхода), (E – поправочный множитель), (p – плотность), (Коэффициент источника C), (Коэффициент скорости подхода E), (d), (D). Осуществляется проверка верности ввода исходных данных. Значение показаний микроманометра (L) вводятся, как среднее арифметическое значений массива, полученного на вкладке «Выбор устройства». При нажатии «Расчет» визуализируются рассчитанные значения перепада давления (ДЕЛЬТА P), (m), (ОБЪЕМНЫЙ РАСХОД Q, Коэффициент расхода, F0 – площадь отверстия).

При программировании использованы Numeric Control для ввода исходных данных, Boolean – для вывода решения о верности ввода данных и Numeric Indicator – для получения результатов измерений.

Рисунок 5 – Вкладка «Расчет измерений»

Вкладка «Статистическая обработка» приведена на рисунке 6. Данный режим работы используется для выполнения задания №3, согласно которому необходимо рассчитать случайную погрешность показаний микроманометра методом статистической обработки результатов измерений. Для этого проводятся многократные измерения перепада давления, измеряемого микроманометром при одном значении мощности электродвигателя. Для построения градуировочного графика (задание №4) необходимо снимать показания микроманометра при различных значениях мощности электродвигателя. На блок-диаграмме (рисунок 7) показан код программы вкладки «Статистическая обработка». Использована подпрограмма (.vi) «Статистическая обработка», в которой с помощью датчика случайных чисел заданы случайные погрешности микроманометра.

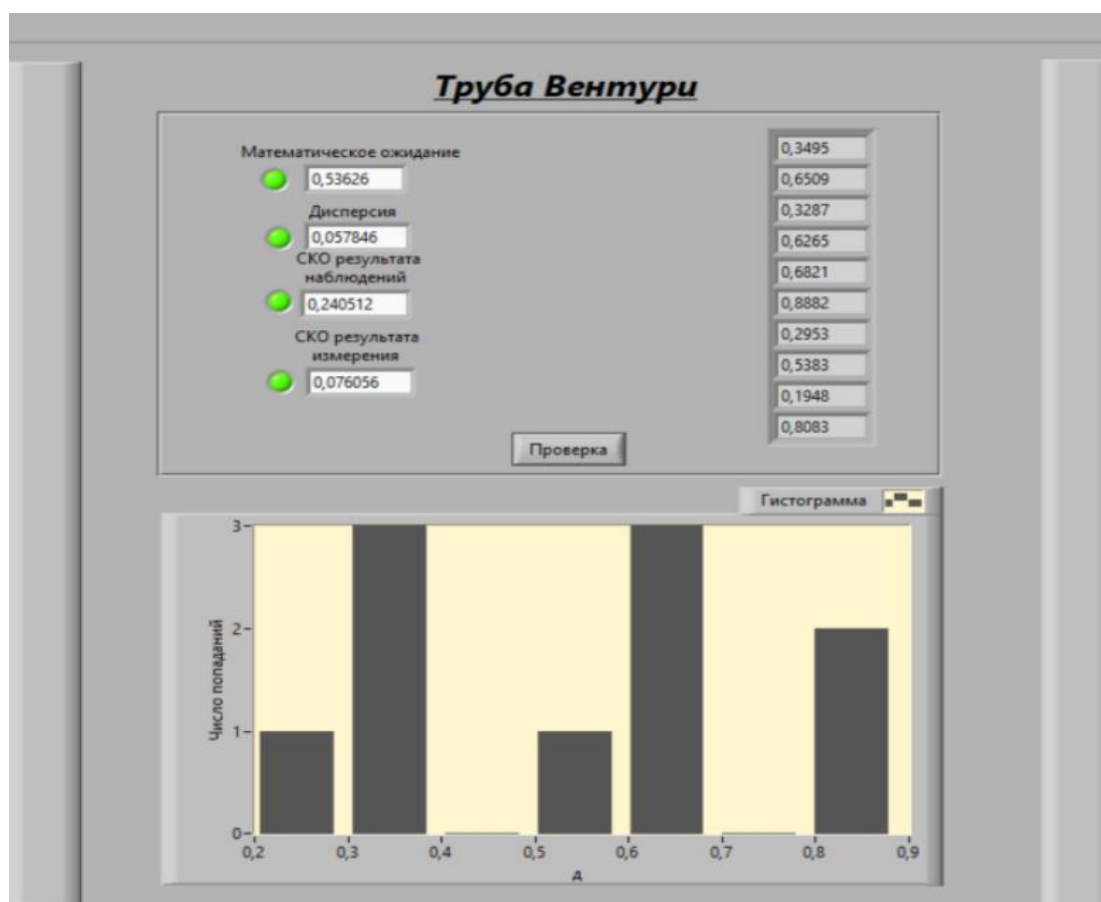


Рисунок 6 – Вкладка «Статистическая обработка»

Обозначения на рисунке 7:

- 1 – структура While Structure – цикл с неизвестным числом повторений;
- 2 – структура For Structure – цикл с известным числом повторений;
- 3 – структуры Case Structure – структура принятия решений;
- 4 – моделирование случайных чисел;
- 5 – подпрограмма статистической обработки.vi;
- 6 – светодиод;
- 7 – блок проверки правильности расчетов.

В лабораторной работе после статистической обработки результатов имитационного эксперимента выводятся значения оценок математического ожидания, дисперсии и среднеквадратического отклонения результатов наблюдений и результатов измерений. Строят диаграмму закона распределения результатов наблюдений измеряемой величины, содержащих случайные погрешности. Заполняют таблицу «Результаты измерений и расчетов на виртуальном стенде» и по данным результатов, занесенных в таблицу, строится график градуировки стандартной диафрагмы $Q_0 = f(\Delta p)$ (рисунок 8). Из графика видно, что зависимость расхода от перепада давления на СУ является нелинейной характеристикой.

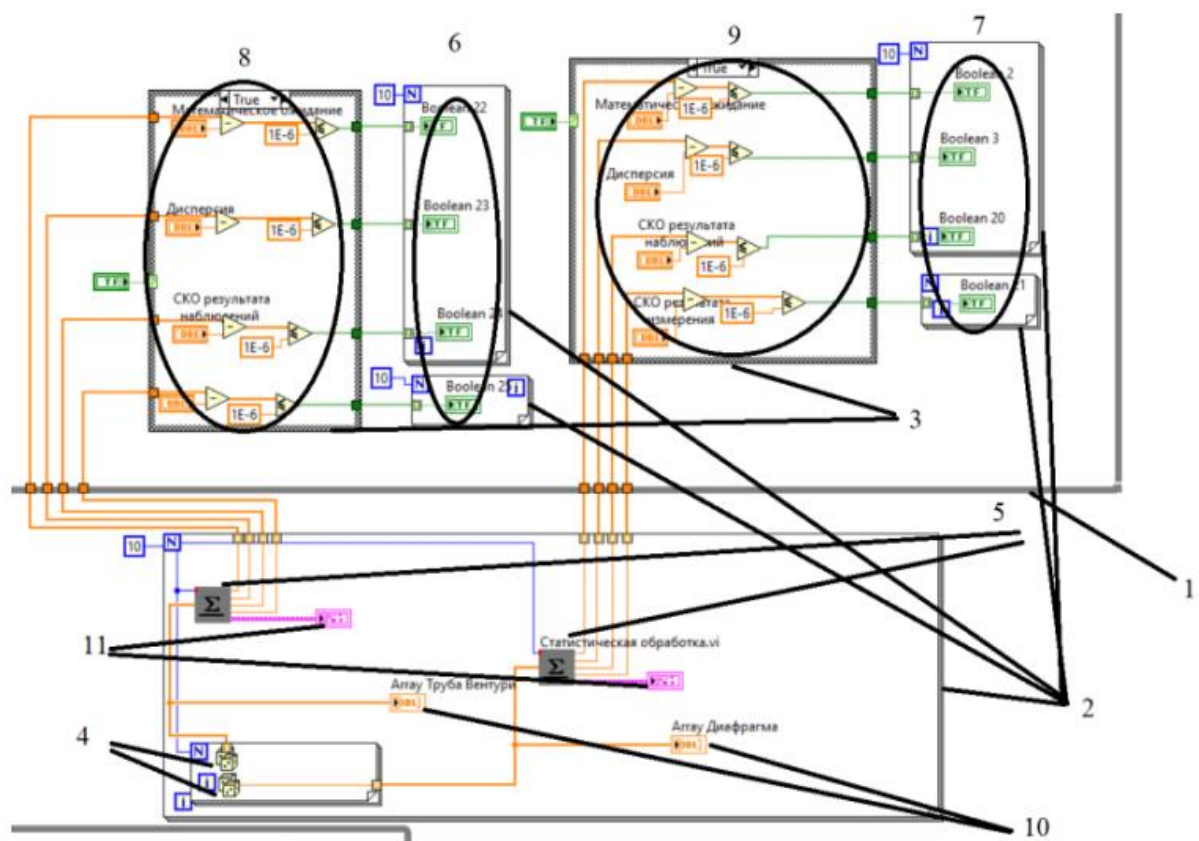
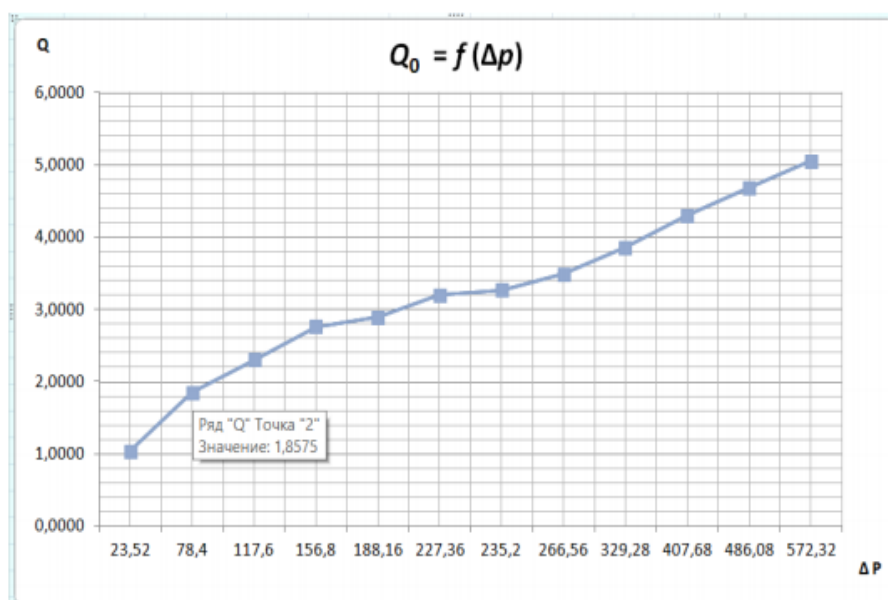


Рисунок 7 – Блок-диаграмма вкладки «Статистическая обработка»

Затем все пункты повторяют для сужающего устройства – трубы Вентури. Обучающийся анализирует результаты, полученные для двух видов сужающих устройств, и делает вывод.

Рисунок 8 – График диафрагмы $Q_0 = f(\Delta p)$

В результате проделанной работы были исследованы принципы действия сужающих устройств, проведены лабораторные эксперименты на виртуальном стенде, рассчитан расход сужающего устройства двумя методами, построена градуировочная характеристика.

Другим примером разработанной ВЛР является работа «Изучение основных и дополнительных погрешностей средств измерений» по дисциплине «Метрология и измерения» (рисунок 9). Основной погрешностью средства измерений (СИ) называется его погрешность в нормальных условиях эксплуатации, когда значения температуры окружающей среды, атмосферного давления, магнитного поля земли находятся в области нормальных значений. Исследование влияния данных параметров на погрешность СИ на физическом стенде невозможно ввиду невозможности изменения их значений в реальной обстановке. Данная задача решена путем моделирования изменения параметров окружающей среды, заданных генераторами случайных чисел в среде LabView.

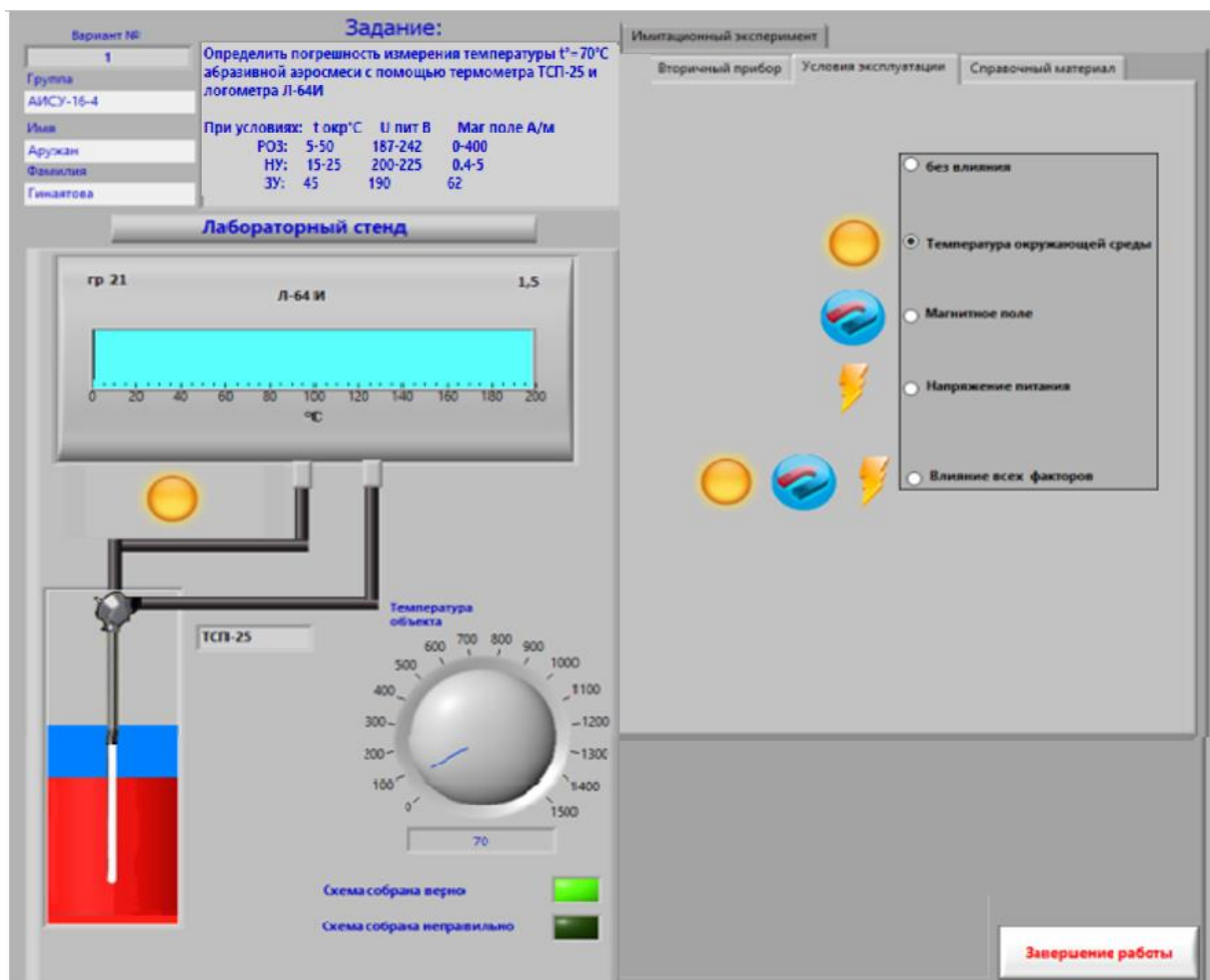


Рисунок 9 – Интерфейс ВЛР «Изучение основных и дополнительных погрешностей средств измерений»

Моделируется измерение показаний измерительного канала температуры, состоящего из первичного преобразователя (термопары или термосопротивления) и вторичного прибора. В работе проводятся пять экспериментов. Исследуется влияние на погрешность измерительного канала: 1) изменений температуры окружающего воздуха; 2) изменений атмосферного давления; 3) изменений напряженности магнитного поля земли; 4) изменений трех факторов одновременно; 5) параметры окружающей среды находятся в пределах нормальных значений. Результаты многократных измерений в каждом эксперименте обрабатываются методом математической статистики.

Кроме разработанных ВЛР на кафедре внедрена автоматизированная обучающая система (АОС) по дисциплине «Метрология и измерения», разработанная в среде LabView, что показывает возможности программирования в LabView различных учебных задач. АОС проводит режимы тестирования (рисунок 10) и теоретического обучения, заносит результаты тестирования в отдельный файл.

Выводы

Разработанная ВЛР «Измерение расхода с помощью сужающих устройств. Градуировка стандартной диафрагмы и трубы Вентури» используется в учебном процессе кафедры АУ при выполнении студентами 3 курса специальности «Автоматизация и управление» лабораторных работ по дисциплине «Технические средства измерений».

Программа позволяет проводить имитационный эксперимент по измерению расхода с помощью сужающих устройств: стандартной диафрагмы и трубы Вентури, а также проводить статистическую обработку результатов имитационного эксперимента: оценка случайной погрешности микроманометра. Были разработаны методические указания к выполнению лабораторной работы.

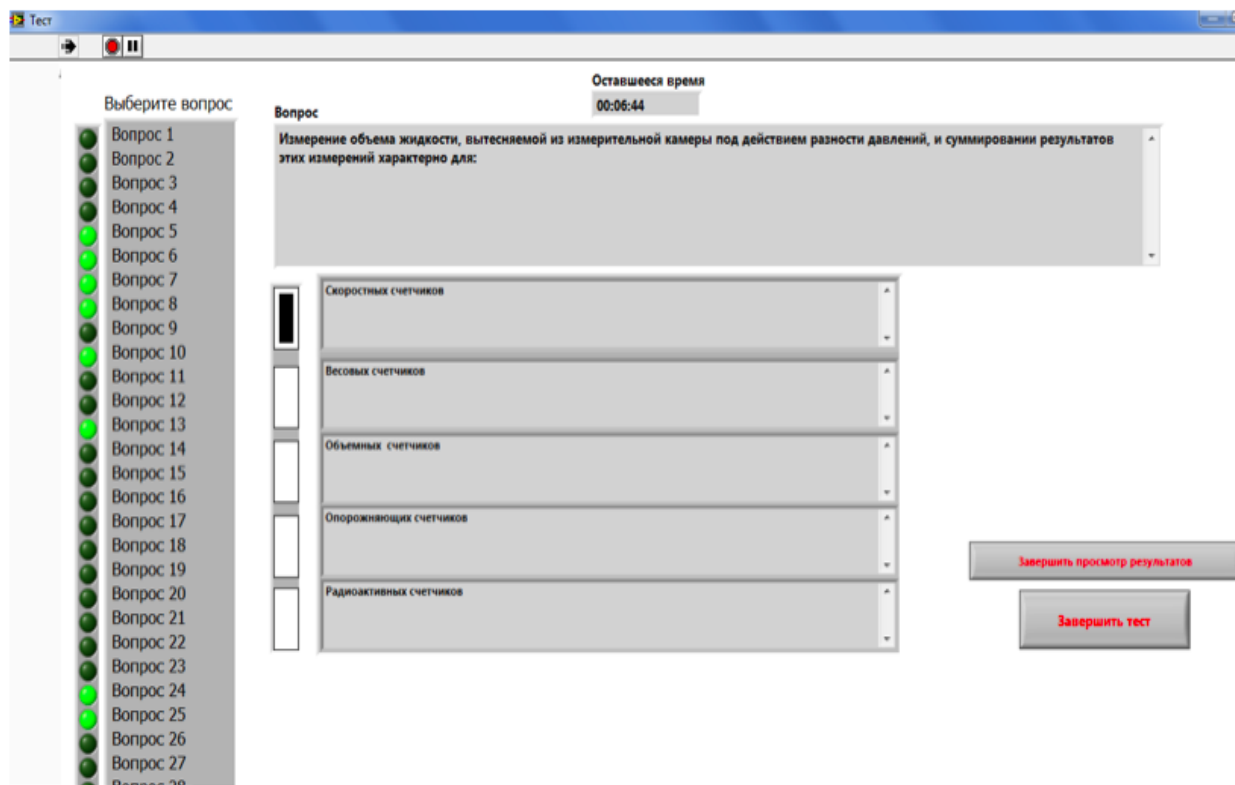


Рисунок 10 – Режим АОС «Тестирование: просмотр результатов»

ВЛР «Изучение основных и дополнительных погрешностей средств измерений» по дисциплине «Метрология и измерения» – пример возможности моделирования влияния параметров окружающей среды на результаты измерений канала измерения температуры, состоящего из первичного преобразователя и вторичного прибора. Возникающая при этом погрешность является суммарной погрешностью измерительного канала, теоретический расчет которой осложняется нахождением коэффициента корреляции составляющих погрешности, что не требуется в имитационном эксперименте.

Разработанные на кафедре «Автоматизация и управление» АУЭС более 30 виртуальных лабораторных работ по различным дисциплинам показывают хорошую возможность решения проблемы проведения экспериментов на физических стендах в дистанционном режиме обучения. Разработанная АОС может быть использована как для допуска к выполнению лабораторных работ, так и для защиты ВЛР.

Среда графического программирования LabView является наиболее приемлемым вариантом для разработки ВЛР, так как является средой разработки в области измерений и автоматизации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Хан С.Г., Хисаров Б.Д. Технологии National Instruments в обучении магистрантов специальности «Автоматизация и управление». // Вестник АУЭС. – 2012. – № 3 (18). С. 105-111.
- [2] Хан С.Г., Алибек А. Технологии National Instruments при разработке виртуальных лабораторных стендов». – Сб.ст. Респуб.науч-практ. конф. молод. учен.,студ. «Приоритетные направления развития АПК: глобальные вызовы и научно-технический потенциал». – Алматы: КазИТУ, 2017. – С.113-118.
- [3] Хан С.Г. Проектирование виртуальных средств измерений. Методические указания по выполнению лабораторных работ для магистрантов специальности 6М070200 – Автоматизация и управление. – Алматы: АУЭС, 2017. – 75 с.
- [4] Хан С.Г. Графическое программирование в задачах измерения и автоматизации. Методические указания к выполнению лабораторных работ для студентов специальности 5В070200 – Автоматизация и управление. – Алматы: АУЭС, 2018. – 94 с.
- [5] Дьяконов В. П. MATLAB, Vissim. Полный самоучитель. – М.: ДМК Пресс, 2015 – 768 с.: ил.
- [6] Белов В.В. Программирование в Delphi: процедурное, объектно-ориентирование, визуальное: учебное пособие. – М.: Горячая линия-Телеком, 2015.
- [7] Павловская Т.А. С/С++. Структурное и объектно-ориентированное программирование: практикум. – СПб.: Питер, 2017.
- [8] Эванс Э. Предметно-ориентированное проектирование (DDD): структуризация сложных программных систем. – М.: Вильямс, 2018.
- [9] Жарков Ф.Д., Каратаев В.В., Никифоров В.Ф., Панов В.С. Использование виртуальных инструментов LabView/ Под ред. К.С. Демирчяна и В.Г. Миронова. – М.: Радио и связь, 2019. – 268 с.
- [10] Евдокимов Ю.К., Линдваль В.Р., Щербаков Г.И. LabView для радиоинженера: от виртуальной модели до реального прибора. – М.: ДМК Пресс, 2017. – 400 с.
- [11] Белиовская Л.Г. Узнайте как программировать на LabView. ДМК-Пресс, – М.: ДМК Пресс, 2017. – 140 с.
- [12] Магда Ю.С. LabView: практический курс для инженеров разработчиков. ДМК-Пресс – М.: 2014. – 208 с.
- [13] Евдокимов Ю.К., Щербаков Г.И., Линдваль В.Р. LabView в научных исследованиях. – М.: ДМК-Пресс, 2018. – 400 с.
- [14] Батоврин В.К., Бессонов А.С., Папуловский В.Ф. LabView: практикум по основам измерительных технологий. – М.: ДМК Пресс, 2011. – 232 с.
- [15] Тревис Дж. LabView для всех. – М.: ДМК Пресс, 2012. – 544 с.

LIST OF REFERENCES

- [1] Khan S.G., Khisarov B.D. National Instruments technologies in teaching master students specializing in Automation and Control. – Bulletin of AUPET. - 2012. - No.3 (18). P.105-111 (in Russian).
- [2] Khan SG, Alibek A. National Instruments technologies in the development of virtual laboratory benches. - Sat. Art. Republican scientific-practical. conf. young. uch., stud. "Priority directions of the agro-industrial complex development: global challenges and scientific and technical potential". - Almaty: KazITU, 2017. - p. 113-118 (in Russian).
- [3] Khan S.G. Design of virtual measuring instruments. Methodical instructions for laboratory work for undergraduates specialty 6M070200 - Automation and control. - Almaty: AUPET, 2017. - 75 p (in Russian).
- [4] S. G. Khan. Graphical programming in measurement and automation tasks. Guidelines for performing laboratory work for students of the specialty 5B070200-automation and control. - Almaty: AUE, 2018. - 94 p. (in Russian).
- [5] Dyakonov V.P. MATLAB, Vissim. Complete tutorial. - M.: DMK Press, 2015 - 768 p (in Russian).
- [6] Belov V.V. Delphi Programming: Procedural, Object Oriented, Visual: A Tutorial. - M.: Hotline-Telecom, 2015 (in Russian).
- [7] Pavlovskaya T.A. C / C ++. Structural and Object-Oriented Programming: Workshop. - SPb. : Peter, 2017 (in Russian).
- [8] Evans E. Subject-oriented design (DDD): structuring complex software systems. - M.: Williams, 2018 (in Russian).

- [9] Zharkov F.D., Karataev V.V., Nikiforov V.F., Panov V.S. Using virtual instruments LabView / Ed. K.S. Demirchyan and V.G. Mironov. - M.: Radio and communication, 2019. - 268 p (in Russian).
- [10] Evdokimov Yu.K., Lindval V.R., Shcherbakov G.I. LabView for the radio engineer: from a virtual model to a real device. - M.: DMK Press, 2017.- 400 p (in Russian).
- [11] Beliovskaya L. G. Learn how to program in LabView. DMK-Press, - M.: DMK Press, 2017. - 140 p. (in Russian).
- [12] Magda Yu. S. LabView: a practical course for development engineers. DMK-Press-M.: 2014. - 208 p. (in Russian).
- [13] Evdokimov Yu. K., Shcherbakov G. I., Lindval V. R. LabView in scientific research. – Moscow: DMK - Press, 2018. – 400 p. (in Russian).
- [14] Batovrin V. K., Bessonov A. S., Papulovsky V. F. LabView: a workshop on the basics of measurement technologies. - Moscow: DMK Press, 2011. - 232 p. (in Russian).
- [15] Travis J. LabView for Everyone. - M.: DMK Press, 2012.- 544 p. (in Russian).

ВИРТУАЛДЫ ЗЕРТХАНАЛЫҚ ЖҰМЫСТАР ҚАШЫҚТЫҚТАН ОҚЫТУДЫҢ ТҮРІ РЕТІНДЕ

С. Г. Хан, Ж. С. Тлеубаева, А. Ю. Гинаятова

«Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті» КеАҚ,
Алматы қ., Қазақстан
e-mail: s.khan@aes.kz

Аннотация. Мақалада қашықтықтан оқытудың бір түрі ретінде виртуалды зертханалық жұмыстарды қолданудың өзектілігі негізделген, бұл сөзсіз білім беруді цифрландырудың маңызды аспектісі болып табылады. Виртуалды зертханалық жұмыстарды әзірлеу әдістері және оларды қашықтықтан оқыту режимінде орындау қарастырылады. LabView графикалық бағдарламалау ортасы виртуалды зертханалық стендтерді жасаудың таңдаулы құралы ретінде қарастырылады. АЭЖБУ-дың "Автоматтандыру және басқару" кафедрасында әзірленген виртуалды зертханалық жұмыстарының мысалдары келтірілген.

Түйін сөздер: қашықтықтан оқыту, виртуалды зертханалық жұмыс, LabView ортасы, техникалық өлшеу құралдары, метрология және өлшеу.

VIRTUAL LABORATORY WORKS AS A FORM OF DISTANCE LEARNING

S. G. Khan, Zh. S. Tleubayeva, A. Yu. Ginayatova

Non-profit joint-stock company "Almaty University of Power Engineering and
Telecommunications named after Gumarbek Daukeyev", Almaty, Kazakhstan
e-mail: s.khan@aes.kz

Annotation. In the article the relevance of using virtual laboratory work as a form of distance learning is substantiated. This is undoubtedly an important aspect of the digitalization of education. Methods for the development of virtual laboratory works and their implementation in distance learning mode are considered. Graphical programming environment LabView is considered as the preferred tool for developing virtual laboratory stands. Examples of virtual laboratory work developed at the Automation and Control Department of AUPET (Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named after Gumarbek Daukeyev) are given.

Keywords: distance learning, virtual laboratory work, LabView environment, technical measurement instruments, metrology and measurement.