

ISSN 1728-7901

Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті
Казахский национальный педагогический университет имени Абая
Abai Kazakh National Pedagogical University

ХАБАРШЫ

«Физика-математика ғылымдары» сериясы
Серия «Физико-математические науки»
Series of Physics & Mathematical Sciences
№1(69)

Алматы, 2020

МАТЕМАТИКА. МАТЕМАТИКАНЫ ОҚИТУ
ӘДІСТЕМЕСІ

МАТЕМАТИКА. МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ
МАТЕМАТИКИ

Абиров А.Қ., Шаждекеева Н.Қ., Ахмурзина Т.Н. Гиперкомплекс жүйеде дифференциалдық теңдеулерді шешу	7
Адиева А.Ж., Байарыстанов А.О. Замыкание финитных функций в одном весовом пространстве типа Соболева.....	12
Акпаева А.Б., Лебедева Л.А., Мынжасарова М.Ж. О проблеме изучения трудных тем в курсе математики 4 класса обновленного содержания образования Республики Казахстан	18
Акпаева А.Б., Лебедева Л.А., Рыскулбекова А.Д. Особенности планирования и организации практических занятий по методике преподавания обновленного содержания дисциплины "Математика" в начальных классах.....	24
Алпысов А.К., Кокажаева А.Б. Решение показательных неравенств методом обратных действий.....	32
Alkhan K.B., Shaimova Z.E. Teaching High School students to solve differential equations using Python at Math Class.....	38
Джумабаева А.А., Жетписбаева А.Е. Порядок наилучшего приближения функций в пространстве Лебега.....	43
Дуйсебаева А.Б. О совершенствовании математической подготовки студентов педвуза на основе обучения технологии компьютерной графики и мультимедиа.....	52
Ермекқызы Л. Определение гидравлического сопротивления подземного нефтепровода.....	56
Ескабылова Ж.Б., Оспанов Қ.Н. Сызықты емес үшінші ретті нұқсанды дифференциалдық теңдеудің коэритивті шешілу шарттары.....	62
Есқалиев М.Е., Масимгазиева А.А., Нұрғали Н.А. Кестемен берілген функция мәндерін интерполяциалаудағы ең кіші квадраттар әдісінің тиімділігі.....	68
Естаева Г.Ж., Сағындыков Т.Н. Математикалық индукция әдісінің стандартты емес есептерде қолданылуы.....	71
Иманбаев Н.С. О неустойчивости свойств базисности корневых векторов нагруженного дифференциального оператора второго порядка	78
Исахов А.А., Бекжігітова Ж.Е., Омарова П.Т. Численное моделирование распространение загрязняющих веществ в уличном каньоне.....	84
Искакова М.Т., Оразбаева А.К. Жалпы білім беретін мектепте логикалық есептерді шешуге баулу.....	92
Искакова Н.Б., Рысбек А.С., Серік Н.С. Монжа-Ампер теңдеуі үшін кейбір сызықты емес есептердің жуықталған шешімдері.....	97
Kasenov S.E., Kasenova G.E., Sultangazin A.A., Bakytbekova B.D. Numerical solution of the inverse problem for a system of differential equations.....	106
Кадиева М.Р., Майер Ф.Ф. Условие выпуклости обобщенного интеграла Бернацкого для одного подкласса звездообразных функций.....	111
Қайыңбаев Ж.Т., Нурбавлиев О.К. Жобалау іс-әрекеті және оны оқыту барысында қолдану.....	119
Калыбай А.А., Кеулиджаева Ж.А. Условия существования следа функции из пространства с мультивесовыми производными в особой точке.....	123

Казахский национальный педагогический университет имени Абая

ВЕСТНИК

Серия «Физико-математические науки»
№ 1 (69), 2020 г.

Главный редактор:

д.ф.-м.н. Бектемесов М.А.

Редакционная коллегия:

Зам.главного редактора:

д.ф.-м.н., академик НАН РК Уалиев Г.,

д.п.н. Бидайбеков Е.Ы.,

д.ф.-м.н., член-корр НАН РК Косов В.Н.,

к.ф.-м.н. Бекпатшаев М.Ж.

Ответ. секретари:

к.п.н. Шекербекова Ш.Т.,

к.п.н. Абдулкаримова Г.А.

Члены редколлегии:

Dr.Sci. Alimhan K. (Japan),

Phd.d. Cabada A. (Spain),

Phd.d. Kovatcheva E. (Bulgaria),

Phd.d. Ruzhansky M. (England),

д.п.н., член-корр НАН РК Абылкасымова А.Е.,

д.т.н. Амиргалиев Е.,

д.ф.-м.н. Бердышев А.С.,

д.т.н. Григорьев С.Г. (Россия),

д.п.н. Гриншкун В.В. (Россия),

д.ф.-м.н. Мухамбетжанов С.Т.,

д.ф.-м.н. Кабанихин С.И. (Россия),

д.ф.-м.н., член-корр НАН РК

Калимолдаев М.Н.,

д.ф.-м.н. Кожамкулов Б.А.,

д.ф.-м.н. Комаров Ф.Ф.

(Республика Беларусь),

д.т.н. Кулбек М.К.,

д.п.н. Лапчик М.П. (Россия),

д.ф.-м.н. Лисицин В.М. (Россия),

д.п.н. Мамбетакунов Э.М.

(Киргизская Республика),

д.п.н. Пак Н.И. (Россия),

д.ф.-м.н. Сахиев С.Қ.,

д.п.н. Седова Е.А. (Россия),

д.п.н. Сыдықов Б.Д.,

д.т.н. Тулешов А.К.,

д.ф.-м.н. Уалиев З.Г.,

к.т.н. Хамраев Ш.И.

© Казахский национальный педагогический университет им. Абая, 2020

Зарегистрирован в Министерстве информации

Республики Казахстан,

№ 4824 - Ж - 15.03.2004

(периодичность – 4 номера в год)

Выходит с 2000 года

Подписано в печать 10.03.2020 г.

Формат 60x84 1/8. Об. 57,3 уч.-издл.

Тираж 300 экз. Заказ 256.

050010, г. Алматы, пр. Достык, 13,
Издательство «Ұлағат» КазНПУ им. Абая

Калыбай А.А., Темирханова А.М. Ограниченность одного класса матричных операторов в весовых пространствах последовательностей.....	128
Mardenova L.K., Maksat A. Digital resource to study mathematics and manage the learning process of students by Khan Academy.....	134
Нурбаева Д.М., Нурмухамедова Ж.М., Ералиев С., Косанов Б.М. О развитии мышления учащихся при решении тригонометрических уравнений и неравенств в школьном курсе алгебры.....	138
Нургабыл Д.Н., Нурпеисов К.С. Построение сечений многогранников методом следов	144
Нурмухамедова Ж.М., Нурбаева Д.М., Косанов Б.М., Ералиев С. О методике обучения решению уравнений и их систем с помощью компьютерной программы Geogebra.....	150
Омарова Б.Ж. Многопериодические решения систем второго порядка с оператором дифференцирования по векторному полю Ляпунова.....	155
Teukhanova N.T., Sadykova K.K. The convolution in anisotropic Triebel–Lizorkin spaces.....	163
Шәріп Б., Есимова А.Т. Сзықты дифференциалдық тендеу үшін бастапқы секірісті шеттік есеп шешімін бағалау.....	168
Ысмағұл Р.С., Нургельдина А.Е. Фредгольмнің интегралдық тендеулерін шешу әдістері.....	174

ФИЗИКА. ФИЗИКАНЫ ОҚЫТУ ӘДІСТЕМЕСІ

ФИЗИКА. МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ ФИЗИКИ

Ақжігітова Э.М., Курмангалиева В.О., Дүйсенбай А.Д., Калжигитов Н.К. «Ауыр электрондардың» лептондық қасиеттері және олардың нейтрондық жұлдыздарда пайда болу жолдары.....	179
Vaimolda D., Cechak T., Tlebaev K.B. Study of the elemental composition of fillers of irradiated polymeric composite by the method of x-ray fluorescence analysis.....	185
Джумадиллаева А.К., Жұмаділлаев Қ.Н., Джакупова Ж.О., Қозыбай А.Қ. Жаратылыстану ғылыми білім беруде физиканың жаратылыстану ғылымдарымен пәнаралық байланысын жүзеге асырудың әдістемелік негіздері	190
Жадраева Л.У., Куатбаева Д.Е. Преподавание школьной физики в условиях STEM образования.....	194
Zhadyranova A.A., Myrzakul Zh.R., Myrzakulov K.R. The Hierarchy of associativity equations for n=3 case with an metric $\eta_{11} \neq 0$	199
Зазулин Д.М., Кемелжанова С.Е., Эзау П.Д. Применение геометротермодинамики к системе с нулевым звуком описанной методом голографических дуальностей	205
Заурбек А., Джурунтаев Д.З. Схема цифрового генератора с увеличенным периодом повторения псевдослучайной последовательности импульсов.....	210
Касенова Л.Г., Есекеева М.Ж., Енсебаева Г.С. Визуализация реальных физических процессов с использованием 3D-редактора Blender.....	215
Қозыбай А.Қ., Жанбекова Г.И., Ахметкалиева Г.А. Техникалық жоғары оқу орындарында физика пәнінен зертханалық жұмыстарды орындауда негізгі ұғымдарды түсіндіру әдістемесі.....	219
Косов В.Н., Красиков С.А., Федоренко О.В., Калимов А.Б. Конвективное смешение в наклонном канале, вызванное тройной диффузией при условии и возрастании плотности смеси с высотой.....	224

ABAI UNIVERSITY

BULLETIN

Ser. Physics & Mathematical Sciences

№ 1 (69)

Editor-in-Chief

Dr. Sci. Bektemesov M.A.

Deputy Editor-in-Chief:

Dr. Sci. Ualiyev G.,

Dr. Sci. (Ped.), Bidaibekov Ye.Y.,

Dr. Sci., Corresponding member

of the NAS of RK Kosov V.N.,

Cand.Sci. Bekpatshayev M.Zh.

Responsible editorial secretary:

Cand. Sci. (Ped.) Shekerbekova Sh.

Cand. Sci. (Ped.) Abdulkarimova G.A.

Editorial board:

Dr.Sci. Alimhan K. (Japan),

Phd.d. Cabada A. (Spain),

Phd.d Kovatcheva E. (Bulgaria),

Phd.d. Ruzhansky M. (England),

Dr. Sci. (Ped.), Corresponding member of the

NAS of RK Abylkasymova A.Ye.,

Dr.Sci.(Engineering) Amirgaliyev Ye.,

Dr. Sci. Berdyshev A.S.

Dr.Sci. Grigoriev S.G. (Russia),

Dr.Sci. Grinshkun V.V. (Russia),

Dr. Sci. Mukhambetzhano S.T.,

Dr.Sc. Kabanikhin S.I. (Russia),

Dr. Sci., Academician of the NAS of RK

Kalimoldayev M.N.,

Dr. Sci. Kozhamkulov B.A.,

Dr. Sci. Komarov F.F.,

(Republic of Belarus),

Dr.Sci.(Engineering) Kulbek M.K.,

Dr. Sci. (Ped.) Lapchik MP (Russia),

Dr. Sci. Lisicin V.M. (Russia),

Dr. Sci. (Ped.) Mambetkunov E.M.

(Kyrgyz Republic),

Dr. Sci. (Ped.) Pak N.I. (Russia),

Dr.Sc. Sakhiev S.K.,

Dr. Sci. (Ped.) Sedova Ye.A. (Russia),

Dr. Sci. (Ped.) Sydykov B.D.,

Dr.Sci.(Engineering) Tuleshov A.K.,

Dr.Sci. Ualiyev Z.G.,

Cand.Sci. Khamraev Sh.I.

© Abai University, 2020

Registered in the Ministry of Information of the

Republic of Kazakhstan,

№ 4824 - Ж - 15.03.2004

(Periodicity: 4 issues per year)

Published since 2000

Signed to print 10.03.2020 г.

Format 60x84 1/8. Vol. 57,3 p.

Printing 300 copies. Order 256.

Publishing and Editorial:

050010, 13 Dostyk av.,

Almaty, Kazakhstan

Publisher "Ulagat"

Abai University

Косов В.Н., Мукамеденкызы В., Федоренко О.В., Туцен М. Изоконцентрационные распределения компонентов в тройных газовых смесях при наличии особых режимов диффузионного смешения.....	230
Кушербаева М.Р. Физикалық білімнің қолданбалы бағыты....	236
Минглибаев М.Дж., Байсбаева О.Б. Поступательно-вращательное движения трехосного тела с переменными сжатиями при наличии реактивных сил и моментов	241
Минглибаев М.Дж., Бижанова С.Б. Массасы мен өлшемі айнымалы өстік симметриялы дененің эволюциялық теңдеулерін зерттеу.....	247
Молдабекова М.С., Ж.М.Битибаева Некоторые особенности формирования исследовательских умений студентов в контексте практико-ориентированного подхода.....	253
Опахай С., Кутербеков К.А., Нуркенов С.А. Тіреуіш металл негізіндегі қатты оксидті отын элементтері.....	258
Сайлаубеков Е.К., Морзабаев А.К. Альфа-бөлшектерді беру реакцияларын зерттеу.....	264
Темирбеков Е.С., Тукешова Г.А. Стержневое моделирование конструкций рычажных механизмов с распределенной инерции.....	269

ИНФОРМАТИКА. ИНФОРМАТИКАНЫ ОҚЫТУ ӘДІСТЕМЕСІ. БІЛІМ БЕРУДІ АҚПАРАТТАНДЫРУ ИНФОРМАТИКА, МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ ИНФОРМАТИКИ. ИНФОРМАТИЗАЦИЯ ОБРАЗОВАНИЯ

Абуярова А.А. Earthquake time prediction with multi-agent systems	275
Артыкбаева Е.В., Бактыбаев Ж.Ш., Тусубаева Ж.М., Арыстанова А.Ж. Готовность преподавателей к внедрению дистанционных образовательных технологий в высшем образовании.....	280
Астамбаева Ж.Қ., Жұмбаева Ә.Е. Болашақ бастауыш сынып мұғалімдерінің алгоритмдік сауаттылығын дамыту жолдары.....	285
Берікқызы Р., Рахимжанова Л.Б., Исабаева Д.Н. Жаратылыстану - математикалық бағыттағы жаңартылған мазмұны бойынша информатиканы оқыту әдістемесі.....	291
Гусманова Ф.Р., Абдулкаримова Г.А. Блоктық шифрлаудың дамуына шолу.....	295
Денгельбаева Н.Б., Исенгалиева А.Г., Атантаева А. Цифрлық жаһандану жағдайында жоғары оқу орындары кітапханаларының даму үрдістері.....	302
Джолдасбаев С.К., Куламбаев Б.О. Применение алгоритмов балансировки нагрузки для повышения качества предоставления услуг.....	308
Досжанов Б.А. Блокчейн технологиясы мен биткойн криптовалютасы: жұмыс ұстанымы және ерекшеліктері.....	314
Zhanibek Zh.A. Balakayeva G.T. Web application for processing a large amount of data in the field of business.....	319
Zhapsarbek N.B. Modeling of large volumes of data with the use of NoSQL.....	323
Жолдас Н.А., Дарибаев Б.С. Ауылшаруашылық нысандарының (жылыжайлардың) өнімділігін арттыру үшін ИОТ және Big Data технологияларын қолдану	327
Заурбеков Н.С., Бодык А.М. Методы применения программного обеспечения Maple и Mathcad в решении математических задач.....	333
Заурбеков Н.С., Шерхан Г.А. О проблемах и методике обучения учащихся старших классов основам алгоритмизации и программирования	339

Зейнулласва И.Д., Керімбаев Н.Н., Бейсов Н.К., Азыбаев М. Дәріс беру барысында студенттермен виртуалды кері байланыс орнату.....	345
Ильясова Р.А., Даулеткулова А.У., Тохтахунова Д.Я. Системы компьютерно-ориентированных задач в курсе дифференциальных уравнений.....	351
Иманбаев К.С., Джанузаков С.Д., Кожамкулова Ж.Ж., Джанузаков А.С. Задача построения оптимальной структуры информационной системы иерархической структуры.....	355
Камалова Г.Б., Шайбасов К. Python как эффективное средство разработки цифровых ресурсов для численного решения систем линейных алгебраических уравнений.....	361
Қадырбек Н.Қ., Мансурова М.Е., Қырғызбаева М.Е. Қазақ тіліндегі құжаттар үндестігін талдауда LSTM желілерін қолдану	366
Маликова Ф.Ө., Төлеушова А.Т., Рыскелді Р.С. Қолтаңбаны визуализациялау әдістемесі.....	370
Маликова Ф.Ө., Жанат Н.Ж., Сағинаева А.К., Рыскелді Р.С. Бет әлпетті тану ерекшеліктері	374
Nurmukhanov T.A., Daribayev B.S. Recognition of the text by means of Deep Learning	378
Неверова Е.Г. Исследование динамики спроса на кредитование физических лиц с помощью инструментов языка R.....	383
Нугманова С.А., Ерболат М. Мектеп оқушыларын оқытуда микроконтроллерлерді қолдану.....	387
Нуруллаев Н.М., Турғунбоев Д.А., Жолдасов Е.Н. Кедір-бұдырлы қатты денелерді қармауға арналған манипуляторларды жетілдіру мүмкіншіліктерін бағалау.....	392
Оразбеков Ж.Н., Мошкалов А.Қ., Сабраев Қ.Ж. Корпоративтік портал ортасында өндіріс деректерін өңдеу мен алмасу процессінде кезекті басқару алгоритмін оңтайландыру	395
Оспан Ә.Ғ., Мансурова М.Е., Какимжанов Е.Х. Разработка гибридной модели для эффективного распределения водных ресурсов на основе модели прогнозирования.....	399
Салғараева Г.И., Асан Г.Е. Педагогикалық зерттеулерде цифрлық білім беру технологияларын қолдану.....	404
Сапанов Н.А., Бектемесов А.Т. Қалалық агломерацияның логистикалық инфрақұрлымын басқару негіздері.....	409
Сарсимбаева С.М. Vuforia платформасында кеңейтілген шындық қосымшаларын құру және оқу процесінде қолдану...	414
Сарсимбаева С.М., Бекеева С.И., Аханова М.Б. Исследование вопросов разработки системы «умный дом» на платформе Arduino.....	417
Сыдыхов Б.Д., Касиева А.Б., Діқамбай Н.Б. Болашақ мұғалімнің сандық білім беру ресурстарын қолдануының теориялық-әдіснамалық мәселелері.....	421
Сыдыхов Б.Д., Қойшыман Г., Батырхан З.Ә. Оқушыларға робототехника негіздерін оқытудың әдістемелік ерекшеліктері....	426
Toleugazy R.T., Balakayeva G.T. Application of the regression analysis method for modelling the processing of large amounts of data	431
Тұльбасова Б.Қ., Салықова А.Н. Цифрлық білім ресурстарын орта мектепте қолдану ерекшеліктері.....	436
Турганбаева А.Р., Болысбекова Ф.Қ. 3D Studio Max редакторының көмегімен компьютерлік модельдеу.....	441
Турганбаева А.Р., Рахымжанова А.А., Черикбаева А.С. Информатика пәні бойынша жаңартылған бағдарламамен оқытумен бағалаудың жолдары.....	445
Шекербекова Ш.Т., Исабаева Д.Н., Тілеуберген М.А. Мектеп оқушыларын компьютерлік ойындарын құруға оқыту әдістемесі.....	450

МАТЕМАТИКА. МАТЕМАТИКАНЫ ОҚЫТУ ӘДІСТЕМЕСІ МАТЕМАТИКА. МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ МАТЕМАТИКИ

МРНТИ 27.27.15

УДК 517.53

А.Қ. Абиров¹, Н.Қ. Шаждекеева¹, Т.Н. Ахмурзина¹

¹Х. Досмұхамедов атындағы Атырау мемлекеттік университеті, Атырау қ., Қазақстан

ГИПЕРКОМПЛЕКС ЖҮЙЕДЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛДЫҚ ТЕНДЕУЛЕРДІ ШЕШУ

Аңдатпа

Мақалада гиперкомплекс жүйеде тұрақты коэффициентті гиперкомплекс айнымалының бірінші ретті біртекті дифференциалдық тендеуін шешу мәселесі қарастырылады. Дифференциалдық тендеудің оң жағының әртүрлі жағдайларындағы шешімнің құрылымы анықталады. Нөлдің бөлгішінің пайда болу жағдайындағы тендеудің шешуінің құрылымы көрсетіледі.

Гиперкомплекстік функцияның компоненті тәуелсіз айнымалының көпмүшелігі болғанда дифференциалдық тендеу біртекті нақты айнымалылардың n тендеулер жүйесіне айналатыны және оның дифференциалды тендеулер теориясының белгілі әдістерімен шешілетіні нақтыланады. Осылайша, гиперкомплекстік жүйеде біртекті дифференциалдық тендеулердің аналитикалық түрдегі шешімдерін алу ғылым мен техниканың әр түрлі салаларындағы процестерді моделдеудің өсуінің тиімділігіне әкеледі.

Түйін сөздер: гиперкомплекс жүйе, гиперкомплекс сан, гиперболалық сан, нөлдің бөлгіші, дифференциалдық тендеу, жеке және жалпы шешім, экспоненциалды полином.

Аннотация

А.К. Абиров¹, Н. К. Шаждекеева¹, Т.Н. Ахмурзина¹

¹ Атырауский государственный университет имени Х. Досмұхамедова, г. Атырау, Казахстан

ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ УРАВНЕНИЯ В ГИПЕРКОМПЛЕКСНОЙ СИСТЕМЕ

В статье рассматривается задача решения неоднородного дифференциального уравнения первого порядка с переменной с постоянным коэффициентом в гиперкомплексной системе. Определена структура решения в разных случаях правой части дифференциального уравнения. Показана структура решения уравнения в случае появления делителя нуля.

Выясняется, что, когда компонент гиперкомплексной функции является полиномом независимой переменной, дифференциальное уравнение превращается в неоднородную систему вещественных переменных из n уравнений и ее решение определяются определенными методами теории дифференциальных уравнений. Таким образом, получение аналитически однородных решений неоднородных дифференциальных уравнений в гиперкомплексной системе приводит к повышению эффективности моделирования процессов в различных областях науки и техники.

Ключевые слова: гиперкомплексная система, гиперкомплексное число, гиперболическое число, делители нуля, дифференциальное уравнения, частное и общее решение, экспоненциальный полином.

Abstract

DIFFERENTIAL EQUATIONS IN A HYPERCOMPLEX SYSTEM

Abirov A.K.¹, Shazhdekeeva N.K.¹, Akhmurzina T.N.¹

¹ Atyrau State University named after Kh. Dosmukhamedov, Atyrau, Kazakhstan

The article considers the problem of solving an inhomogeneous first-order differential equation with a variable with a constant coefficient in a hypercomplex system. The structure of the solution in different cases of the right-hand side of the differential equation is determined. The structure of solving the equation in the case of the appearance of zero divisors is shown.

It turns out that when the component of a hypercomplex function is a polynomial of an independent variable, the differential equation turns into an inhomogeneous system of real variables from n equations and its solution is determined by certain methods of the theory of differential equations. Thus, obtaining analytically homogeneous solutions of inhomogeneous differential equations in a hypercomplex system leads to an increase in the efficiency of modeling processes in various fields of science and technology.

Keywords: hypercomplex system, hypercomplex number, hyperbolic number, zero divisors, differential equations, partial and general solution, exponential polynomial.

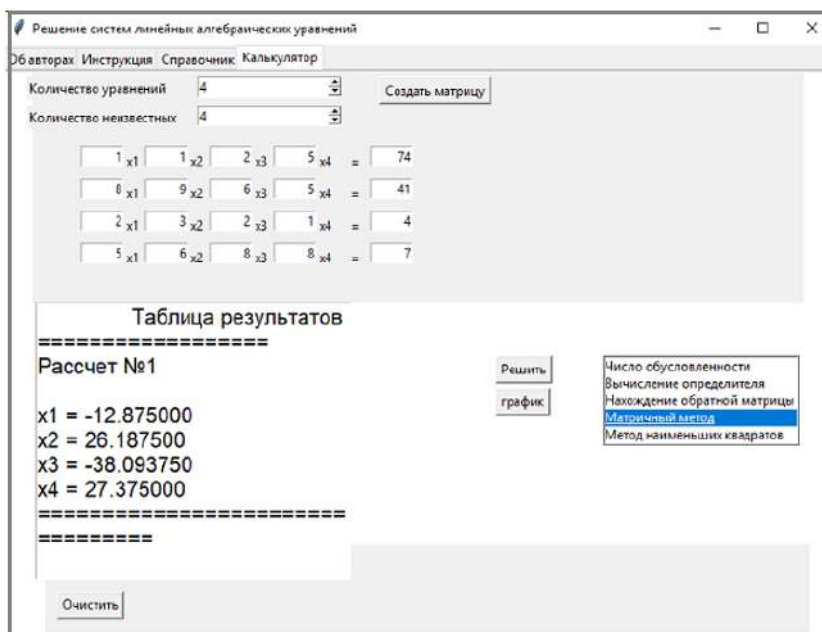


Рисунок 1. Окно, разработанного в Python'e, ресурса для решения систем линейных алгебраических уравнений

Более того, он предоставляет широкие возможности для самопроверки на всех этапах решения СЛАУ. При его использовании процесс учебной работы может проходить в режиме свободного исследования и будет близок по своему характеру к профессиональной деятельности специалиста.

А это будет способствовать повышению мотивации обучающихся к профессиональному использованию цифровых технологий в образовании и научных исследованиях, и в целом повышению качества образования.

Среди множества средств разработки цифровых ресурсов, Python является одним из самых эффективных инструментов разработки подобных ресурсов для численного решения систем линейных алгебраических уравнений. Благодаря наличию в нем множества библиотек существенно облегчена работа над ресурсом, многие задачи решены без написания программного кода.

Список использованной литературы:

- 1 Официальный сайт языка программирования python [Электронный ресурс]. URL: <https://www.python.org/about/> (дата обращения: 16.04.2020)
- 2 Пакет численного анализа NumPy [Электронный ресурс]. URL: <http://www.numpy.org/> (дата обращения: 16.04.2020)
- 3 Пакет научных вычислений SciPy [Электронный ресурс]. URL: <http://scipy.org/> (дата обращения: 16.04.2020)
- 4 SciPy v0.17.0 Reference Guide <http://docs.scipy.org/doc/scipy/reference/tutorial/general.html> (дата обращения: 16.04.2020)
- 5 Графическая библиотека Matplotlib [Электронный ресурс]. URL: <http://www.Matplotlib.org/> (дата обращения: 18.04.2020)
- 6 Кабанихин С.И., Бидайбеков Е.Ы., Корнилов В.С., Шолпанбаев Б.Б., Акимжан Н.Ш. Корректные и некорректные задачи для СЛАУ // Сибирские электронные математические известия, том 12, 2015. – С.255-263
- 7 Камалова Г.Б., Шайбасов К. К вопросу разработки цифрового ресурса по численным методам решения систем линейных алгебраических уравнений // Materiały XVI Międzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji, «Naukowa przestrzeń Europy - 2020», Volume 7, Przemysł: Nauka i studia, 2020. – С.86-90

МРНТИ 20.23.17; 20.23.21; 20.23.25
УДК 004.912; 004.62

Н.Қ. Қадырбек¹, М.Е. Мансурова¹, М.Е. Қырғызбаева¹

әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті, Алматы қ., Қазақстан

ҚАЗАҚ ТІЛІНДЕГІ ҚҰЖАТТАР ҮНДЕСТІГІН ТАЛДАУДА LSTM ЖЕЛІЛЕРІН ҚОЛДАНУ

Аңдатпа

Әлеуметтік медиа-ресурстардағы ақпараттарға деген сенімнің артуына байланысты үндестікті талдау саласына деген қызығушылық күн өткен сайын артуда. Өйткені үндестікті талдау миллиондаған әлеуметтік желі қолданушыларының пікірлеріне мониторинг жүргізудегі басты технологиялардың бірі болып табылады.

Мақалада қазақ тіліндегі мәтіндер үндестігін талдауда LSTM желілерін қолдану қарастырылған. Нейрондық желіні оқыту үшін ұялы телефондар пайдаланушыларының жалпы саны 1000 пікірі қолданылды. Зерттеу жұмысы екі түрлі жолмен жүргізілді: бірінші жағдайда талданатын пікірлер алдын-ала өңдеуден (preprocessing) өткізілді, екінші жағдайда алдын-ала өңдеу жүргізілген жоқ. Модель алдын-ала өңдеуден өткізілген жағдайдағы сапаны бағалау өлшемінің орташа мәні 80%-ке жетті. Бұл көрсеткіш алдын-ала өңдеу жүргізілмеген мәліметпен оқытылған моделмен салыстырылғанда 11%-ға жоғары. Зерттеу нәтижелері мәтіндерді алдын-ала өңдеуден өткізу модельдің сапасын жақсартады деген қортынды жасауға мүмкіндік берді.

Түйін сөздер: үндестікті талдау, табиғи тілдерді өңдеу, терең оқыту, нейрондық желілер, LSTM архитектурасы.

Аннотация

Н.К. Қадырбек¹, М.Е. Мансурова¹, М.Е. Қырғызбаева¹

¹Казахский национальный университет имени аль-Фараби, г.Алматы, Казахстан **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СЕТЕЙ LSTM В АНАЛИЗЕ ТОНАЛЬНОСТИ ДОКУМЕНТОВ НА КАЗАХСКОМ ЯЗЫКЕ**

В связи с растущим доверием к информации в социальных медиа-ресурсах растет и интерес к области анализа тональности. Потому что анализ тональности является одной из основных технологий для мониторинга мнений миллионов пользователей социальных сетей.

В статье рассматривается использование сетей LSTM при анализе тональности текстов на казахском языке. Для обучения нейронной сети было использовано 1000 отзывов пользователей мобильных телефонов. Эксперименты были проведены двумя способами: в первом случае была проведена предварительная обработка (preprocessing) анализируемых отзывов, во втором случае предварительная обработка не проводилась. Среднее значение метрики для оценки качества модели с предварительной обработкой достигло значения 80%. Этот показатель на 11% выше, чем для модели, обученной на данных без предварительной обработки. Результаты исследования позволили заключить, что предварительная обработка текстов способствует повышению качества модели.

Ключевые слова: анализ тональности, обработка естественного языка, глубокое обучение, нейронные сети, архитектура LSTM.

Abstract

USING OF LSTM NETWORKS IN SENTIMENT ANALYSIS OF DOCUMENTS IN KAZAKH LANGUAGE

*Kadyrbek N.K.¹, Mansurova M.E.¹, Kyrgyzbayeva M.E.¹
Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan*

Due to the growing trust in information in social media resources, interest in the field of sentiment analysis is growing. Because sentiment analysis is one of the main technologies for monitoring the opinions of millions of users of social networks.

The article discusses the use of LSTM networks in the analysis of the tonality of texts in the Kazakh language. For training the neural network, 1000 user reviews of mobile phones were used. The experiments were carried out in two ways: in the first case, preprocessing of the analyzed reviews was carried out, in the second case, the preprocessing was not carried out. The average value of the metric for assessing the quality of the pre-processed model reached 80%. This indicator is 11% higher than for a model trained on data without preprocessing. The results of the study allowed us to conclude that the preprocessing of the texts improves the quality of the model.

Keywords: sentiment analysis, natural language processing, deep learning, neural networks, LSTM architecture.

Кіріспе

Қазіргі таңда ақпараттық технологиялардың қарқынды дамуына байланысты әлеуметтік желілердегі пікірлер нарықты бағалау, қандайда бір нақты өнім, қызмет, шоу-бизнес, спорт, тіпті, саяси ұстанымдардың танымалдылығы мен дәрежесін анықтауда жиі қолданылады. Мұндай пікірлер позитивті, негативті немесе бейтарап болуы мүмкін. Осындай пікірлердің қай топқа жататындығын анықтау компьютерлік лингвистиканың бір саласы – үндестікті талдау (sentiment analysis) арқылы жүргізіледі. Үндестікті талдау – табиғи тілдерді өңдеу (NLP) әдістерінің, статистика, машиналық оқыту көмегімен пікірлердің үндестілігін анықтау. Сонымен қатар үндестікті талдау пікірлердегі спамдарды анықтау, пікірлердің пайдалылығын талдау, салыстырымдарды іздеуде қолданылады. Әдетте, әлеуметтік желілерден алынған пікірлер грамматикалық ережелерге сәйкес емес, түрлі белгілер, қысқартылған сөздер және т.б. болуы мүмкін. Сондықтан мұндай жағдайда деректерді алдын-ала өңдеуден өткізу жақсы нәтижелерге қол жеткізуге мүмкіндік береді [1, 2]. Дегенмен біз бұл зерттеу жұмысында алынған пікірлер алдын-ала өңдеуден өткізілген және алдын-ала өңдеуден өткізілмеген екі жағдайды да қарастырып, нәтижелерін салыстыратын боламыз. Соңғы жылдары нейрондық желілер машиналық оқытудың қуатты модельдері ретінде қайта кең жанданып келеді, бейнені тану және табиғи тілді өңдеу сияқты салаларда үздік нәтижелер көрсетуде [3].

"Bag of words", байес әдісі сияқты дәстүрлі моделдерді пайдаланатын классификаторлармен бірге үндестік талдауы есептерінде өте дәл болжамдарды алу үшін ұтымды пайдаланылды [4]. Терең оқыту (deep learning) технологияларының пайда болуымен және оларды табиғи тілді өңдеуде қолдануымен осы әдістердің дәлдігін екі негізгі бағытта жақсарту мүмкіндігі туды: деректерді алдын ала өңдеу және кластеризатор мен классификаторларды оқытуда оқытушымен және оқытушысыз нейрондық желіні пайдалану.

Зерттеу нысандары мен әдістері

Зерттеу жұмысының барысында нейрондық желіні оқыту үшін ұялы телефондар пайдаланушыларының жалпы саны 1000 пікірі қолданылды. Жиынтықта әрбір пікір «клас:пікір» құрылымында сақталған, мұндағы 0-позитивті және 1-негативті пікірлер (1-сурет).

Бұл мәліметтер алдын-ала өңдеудің келесі қадамдарынан өтеді:

- 1) артық таңбаларды алып тастау: тек әріптерді қалдыру
- 2) Сегментация – әрбір пікірді сөйлемдерге, ал сөйлемдер токендерге ажыратылады.
- 3) Лемматизация – токендерді бастапқы қалпына келтіру процесі (нормализация).

Class	Data
0	0 камерасы әлсіз мегапикселін жаңарту қажет зам...
1	0 не деген сұмдық жады аз нәліктен коробкасында...
2	0 телефон не деген ауыр темірден жасаған ба жең...

Сурет 1. Пікірлер жіктелімі

Мысалы: «телефондардың» токени үшін лемма «телефон». Бұл жерде анализатор инструмент ретінде біздің осыған дейін жоба барысында жасалған инструмент қолданылды [5].

Жұмыс барысында лемматизацияны қолдана отырып және қолданбай тәжірибе жасаймыз.

Әдеттегі нейрондық желілердің рекуррентті желілерден негізгі айырмашылығы рекуррентті желінің уақытпен байланысты аспектісі болып табылады. Рекуррентті торларда әрбір сөз кіріс кезектілігі белгілі бір уақыт қадамымен байланысты болады. Іс жүзінде уақыт қадамдарының саны тізбектің максималды ұзындығына тең болады (2-сурет).

Байланыс нашар ұстайды ... тез бұзылады

x_0	x_1	x_2	x_{18}	x_{19}
t_0	t_1	t_2	t_{18}	t_{19}

Сурет 2. Уақыт қадамдарының тізбек ұзындығына сәйкестік мысалы

Әрбір h_t уақыт қадамымен жасырын күй векторы (hidden state vector) деп аталатын жаңа компонент байланысты. Өзінен жоғарғы деңгейден бұл вектор алдыңғы уақыт қадамдарында байқалған барлық ақпаратты инкапсуляциялауға және жинақтауға ұмтылады.

Демек, x_t нақты сөзге қатысты барлық ақпаратты қамтитын вектор, h_t – бұл алдыңғы уақыт қадамдарынан ақпаратты жинақтайтын вектор.

Жасырын күй – бұл ағымдағы сөз векторының, сондай-ақ алдыңғы уақыт қадамындағы жасырын күй векторының функциясы. Сигма екі мүшенің қосындысы активация функциясы арқылы (әдетте сигмоид немесе тангенс) орналастырылатынын көрсетеді.

$$h_t = \sigma(W^H h_{t-1} + W^X x_t)$$

W мүшелері – салмақ матрицалары. Кіріс векторын W^X салмақ матрицасына, ал алдыңғы уақыт қадамындағы жасырын күй векторына W^H рекурренттік салмақ матрицасы көбейтіледі. W^H – бұл барлық уақыт қадамдарында өзгеріссіз қалатын матрица, ал W^X өлшеу матрицасы әрбір кіріс сигналы үшін өзгеше болады.

Осы салмақтық матрицалары жасырын күй векторының не ағымдағы, не алдыңғы жасырын күйіне әсер етеді.

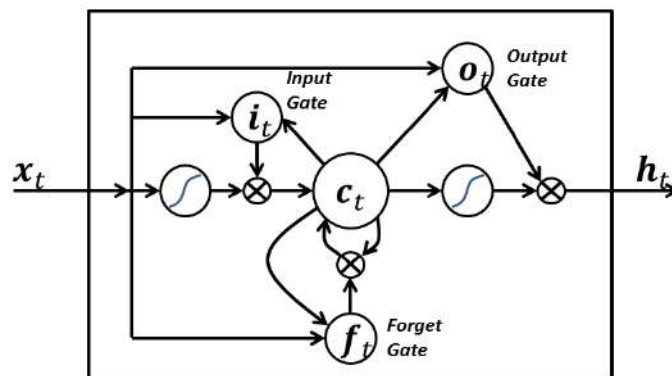
Long Short Term Memory Units - бұл рекуррентті нейрондық желілер ішінде орналастыруға болатын модульдер. Жоғары деңгейде олар h жасырын күй векторының мәтіндегі ұзақ мерзімді тәуелділік туралы ақпаратты инкапсуляциялауға қабілетті болуын бақылайды [6].

Жоғарыда келтірілген RNN туралы тұжырым салыстырмалы тұрғыда қарапайым. Мұндай тәсіл бірнеше уақыт қадамдарына бөлінген ақпаратты біріктіре алмайды.

LSTM бірліктерін(units) техникалық тұрғыдан қарастырғанда, бірліктер x_t сөзінің ағымдағы векторын қабылдап, h_t жасырын күй векторын шығарады.

Осы бірліктерде h_t тұжырымдамасы типтік RNN қарағанда біршама күрделі болады.

Есептеу 4 компонентке бөлінеді: кіріс элементі (input gate), ұмыту элементі (forget gate), шығыс элементі (output gate) және жана жады контейнері (3-сурет).



Сурет 3. LSTM бірліктері

Әрбір элемент x_t және h_{t-1} (суретте көрсетілмеген) кіріс деректер ретінде қабылдайды және аралық күйлерді алу үшін кейбір есептеулерді орындайды.

Әрбір аралық күй әртүрлі желіге келіп түседі және ақыр соңында ақпарат h_t қалыптастыру үшін агрегацияланады.

Мұнда әрбір элемент өзіндік рөл атқарады: кіріс элементі әрбір кіріске қаншалық көңіл бөлу керектігін анықтайды, ұмыту элементі біз алып тастайтын ақпаратты анықтайды, ал шығыс элементі аралық күй негізінде соңғы h_t анықтайды.

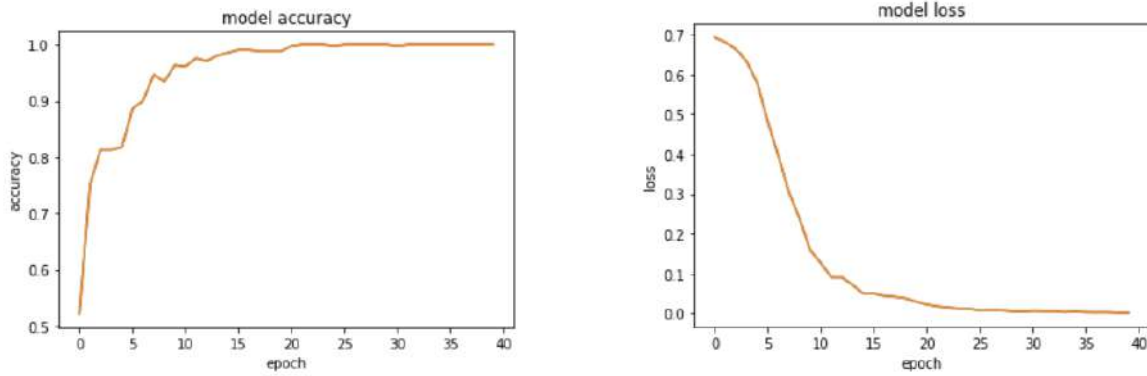
Нәтижелер мен оларды талқылау

LSTM арқылы оқытылған моделімізде *batch size* шамасы, яғни оқытуға алынатын пікірлер мөлшері – 100, ал эпоха (epoch) саны – 40.

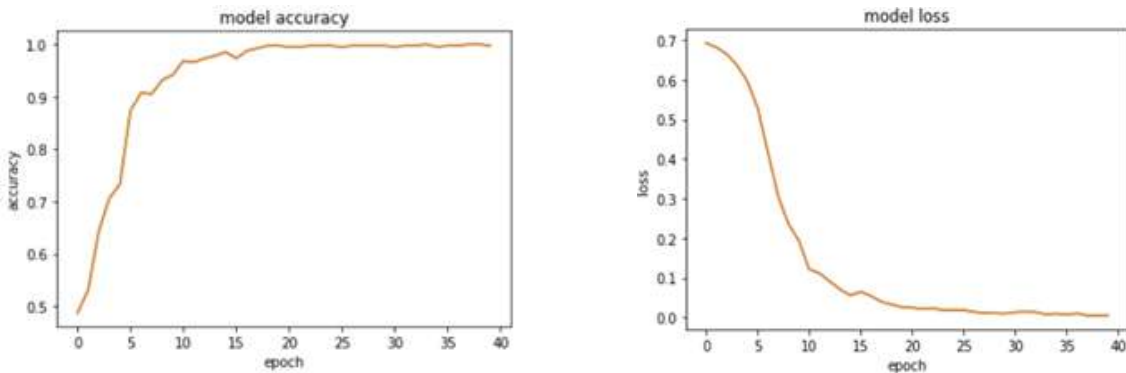
Активация функциясы ретінде *softmax* функциясы пайдаланылды. Себебі желі категориялық кроссэнтропияны (categorical crossentropy) пайдаланады және softmax біз үшін оңтайлы шешім болып табылады.

Тәжірибе екі түрлі әдіс арқылы жүзеге асырылды. Алдын-ала өңдеусіз (4-сурет) және алдын-ала өңдеумен (5-сурет).

Суреттерде нейрондық желіні оқыту барысы келтірілген. Бірінші жағдайда оқыту дәлдігі, ал екіншісінде оқыту қателігі бейнеленген.



Сурет 4. Нормализациялаумен оқыту барысы



Сурет 5. Нормализациялаусыз оқыту барысы

Кесте 1. Нәтижелерді бағалау

Алдын-ала өңдеусіз				Алдын-ала өңдеумен		
	precision	recall	f1-score	precision	recall	f1-score
негативті	0.68	0.77	0.72	0.81	0.80	0.80
позитивті	0.71	0.62	0.66	0.78	0.80	0.79
дәлдігі	0.69			0.80		

Қорытынды

Үндестік талдауы есептеуіш лингвистиканың іргелі есебі болып табылады. Қазақ тілі аз ресурсты тілдер қатарына жатқандықтан, бұл бағыттағы зерттеу жұмыстары үлкен еңбекті қажет етеді. Қарастырылған жұмыста жоба аясындағы жасалынған морфологиялық анализатор көмегімен өңдеуден өткізілген мәтінге үндестік талдауы жасалынды. Мұнда LSTM архитектурасы арқылы құрастырылған моделдің дәлдігі 80% -ке жетті. Бұл көрсеткіш нормализациядан өтпеген мәліметпен оқытылған моделмен салыстырылғанда 11%-ға жоғары. Бұл бір жағы оқыту үшін қолданылған мәліметтердің көп болмауымен түсіндіруге болады. Өз кезегінде нормализация арқылы моделдің жинақы болуына және көптеген мәліметтерді жалпылау мүмкіндігіне қол жеткізіледі.

Бұл жұмыс ҚР БҒМ О.0856 BR05236340 «Қазақстан Республикасының цифрлы экономикасын қалыптастыру шеңберінде «логистикалық-агломерациялық» жүйесінің талдау және шешім қабылдау жоғары өнімді зияткерлік технологияларын құру» және AP05132933 «Шешім қабылдау сапасын жақсарту үшін деректердің гетерогенді көздерінен білімді алу жүйесін құру» жобалары шеңберінде жасалды.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі:

1 Hemalatha, G. P. Saradhi Varma, A.Govardhan Preprocessing the Informal Text for efficient Sentiment Analysis // International Journal of Emerging Trends & Technology in Computer Science (IJETTCS). Volume 1, Issue 2 July-August 2012. – P. 58–61.

- 2 Muhammad Javed, Shahid Kamal Normalization of Unstructured and Informal Text in Sentiment Analysis // International Journal of Advanced Computer Science and Applications // (IJACSA), Vol. 9, No. 10, 2018. – P. 78–85.
- 3 Харламов А.А., Ле Мань Ха «Нейросетевые подходы к классификации текстов на основе морфологического анализа» // ТРУДЫ МФТИ. 2017. Том 9, № 2. – С. 143-150.
- 4 Narayanan V., Arora I., Bhatia A. Fast and accurate sentiment classification using an enhanced Naive Bayes model // International Conference on Intelligent Data Engineering and Automated Learning. 2013. Oct 20. – P. 194–201.
- 5 Мансурова М.Е., Койбагаров К.Ч., Баракшин В.Б., Солтангельдинова М., Бердибеков С. Применение морфологического анализатора казахского языка для извлечения фактов из фактографических систем // Материалы Международной научной конференции «Информатика и прикладная математика», посвященной 25-летию независимости Республики Казахстан и 25-летию Института информационных и вычислительных технологий. Алматы, 21-24 сентября 2016 года. – Часть I. – С. 156-166.
- 6 Jenq-Haur Wang, Ting-Wei Liu, Xiong Luo, Long Wang An LSTM Approach to Short Text Sentiment Classification with Word Embeddings // The 2018 Conference on Computational Linguistics and Speech Processing ROCLING 2018, - P. 214-223.

МРНТИ 20.53.19
УДК 004.93

Ф.Ө. Маликова^{1,2}, А.Т. Төлеушова², Р.С. Рыскелді¹

¹Алматы Технологиялық Университеті, Алматы қ., Қазақстан

²әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті, Алматы қ., Қазақстан

ҚОЛТАҢБАНЫ ВИЗУАЛИЗАЦИЯЛАУ ӘДІСТЕМЕСІ

Аңдатпа

Қазіргі заманғы ақпараттық қоғамда адам мен машина интерфейсі жетілдіруге көп көңіл бөлінеді, ол деректер мен білімнің қарапайым, жылдам және қолжетімді жолдармен тиімді өңдеуін қамтамасыз етуі тиіс. Оны ұйымдастыру тәсілдерінің бірі - қолжазба енгізу (мәтінді енгізу, суреттер, сызбалар және т.б.). Оны пайдалану әдеттегідей жылдам, ыңғайлы түрде арнайы оқытуды қажет етпейді. Сонымен қатар, адам-машина интерфейсінің ажырамас бөлігі математикалық және бағдарламалық қамтамасыз ету болып табылады, бұл бастапқы төменгі деңгейдегі деректерден енгізілген ақпаратты тікелей сипаттайтын деректерге көшуге мүмкіндік береді. Қазіргі уақытта қолжазба мәтінін жасау процесін үлгілеудің қазіргі заманғы тәсілдері қарастырылады. Қолтаңбаны зерттеу кезінде модельді пайдалану мысалы келтіріледі. Ұсынылған визуализация техникасын қазіргі заманғы үш өлшемді мониторларда толықтай қолдануға болады. Қазіргі уақытта қолтаңба мәтінін компьютерлік талдау жұмыстары белсенді жүргізілуде. Бұл ретте қолжазба мәтінінен оның көмегімен берілетін ақпарат (қолжазба мәтінін тану), сондай-ақ жазушының жеке басы және оның жағдайы туралы ақпарат (жеке басын жазу және қол қою бойынша сәйкестендіру, психологиялық және медициналық диагностика, графикалық зерттеу) алынады.

Түйін сөздер: қолтаңбаны тану, сәйкестендіру, медициналық диагностика, визуализация әдісі, перспективалық проекция, ортогональді проекция.

Аннотация

Ф.Ө. Маликова^{1,2}, А.Т. Төлеушова², Р.С. Рыскелді¹

Алматынський Технологический Университет¹, г. Алматы, Казахстан

Казахский национальный университет имени аль-Фараби², г. Алматы, Казахстан

МЕТОДИКА ВИЗУАЛИЗАЦИИ ПОДПИСИ

В современном информационном обществе большое внимание уделяется совершенствованию человеческого и машинного интерфейса, которое должно обеспечивать эффективную обработку данных и знаний простыми, быстрыми и доступными способами. Одним из способов его организации является введение рукописи (ввод текста, рисунки, чертежи и т. д.). Его использование, как правило, не требует специального обучения в быстром, удобном виде. Кроме того, неотъемлемой частью человеческого-машинного интерфейса является математическое и программное обеспечение, что позволяет перейти от исходных низких данных к данным, непосредственно характеризующим внесенную информацию. В настоящее время рассматриваются современные подходы к моделированию процесса создания рукописного текста. При исследовании подписи приводится пример использования модели. Предлагаемую технику визуализации можно полностью использовать на современных трехмерных мониторах. В настоящее время активно ведутся работы по компьютерному анализу рукописного текста. При этом из рукописного текста извлекается как передаваемая с его помощью информация (распознавание рукописного текста), так и информация о личности пишущего и его состоянии (идентификация личности по почерку и подписи, психологическая и медицинская диагностика, графологическое исследование).

Ключевые слова: распознавание подписи, идентификация, медицинская диагностика, метод визуализации, перспективная проекция, ортогональная проекция.

Abstract

SIGNATURE VISUALIZATION METHOD

Malikova F.U.^{1,2}, Toleshova A.T.², Ryskeldi R.S.¹

¹Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan

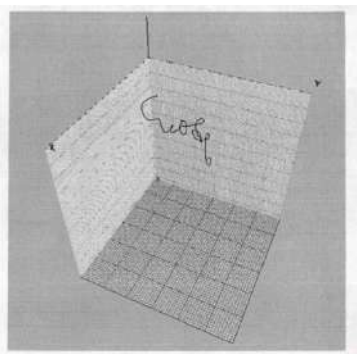
²Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

In the modern information society, much attention is paid to improving the human and machine interface, which should ensure efficient processing of data and knowledge in simple, fast and accessible ways. One way to organize it is to introduce the manuscript (text input, drawings, drawings, etc.) its use usually does not require special training in a fast, convenient way. In addition, an integral part of the human-machine interface is mathematical and software, which allows you to move from the initial low data to data that directly characterizes the entered information. Currently, modern approaches to modeling the process of creating a handwritten text are considered. When examining the signature, an example of using the model is provided. The proposed visualization technique can be fully used on modern three-dimensional monitors. Currently, the work on the computer analysis of the handwritten text is being actively carried out. In this case, from the handwritten text is extracted as transmitted with the help of information (recognition of the handwritten text), and information about the identity of the writer and his condition (identification of the person by handwriting and signature, psychological and medical diagnostics, graphological research).

Keywords: signature recognition, identification, medical diagnostics, visualization method, perspective projection, orthogonal projection.

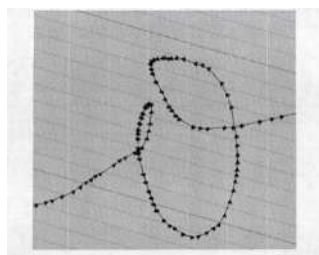
Визуализация әдісі алынған параметрлердің үш өлшемді сызық түрінде ұсынылуын қамтиды, оның әрбір нүктесінің координаттары (x, y, z) алынған параметрлердің бірімен байланысты болады. Жазу кезінде қисық нүктенің екі координатасын (x, y) қаламның координаттарымен, үшіншісін (z) қаламның қысымы арқылы үйлестіру ұсынылады. Өлшеу уақытын тұрақты қисық сызықтардағы уақыт белгілерін пайдаланып көрсету ұсынылады. Осылайша, үлгілер арасындағы белгілердің санын, уақыт аралығын, белгілердің тығыздығын, қаламның қозғалу жылдамдығын анықтайды. Уақытша белгілері, мысалы, қаламның ұштары қозғалыс бағытын көрсететін пирамида түрінде болуы мүмкін. Қаламның көлбеу бұрышы қаламның көлбеуіне сәйкес келетін уақытша белгілерден тұратын қысқа кесінділермен бейнеленеді.

Ұсынылған визуализация техникасын қазіргі заманғы үш өлшемді мониторларда толықтай қолдануға болады. Қолтаңба қисығының ортогональді және перспективалық проекциясының кескінің пайдалану ұсынылады. Ортогональді проекция кез келген координатқа байланысты қолтаңбаның бұрмаланбаған екі өлшемді кескінін және кез келген координатасына байланысты қысымның бұрмаланбаған қисығын байқауға мүмкіндік береді. Перспективалық проекция екі өлшемді монитордың экранындағы объектінің үш өлшемділігін жақсырақ жеткізеді, яғни үш өлшемді кескінің тереңдігін жақсырақ бағалауға мүмкіндік береді (1-сурет).



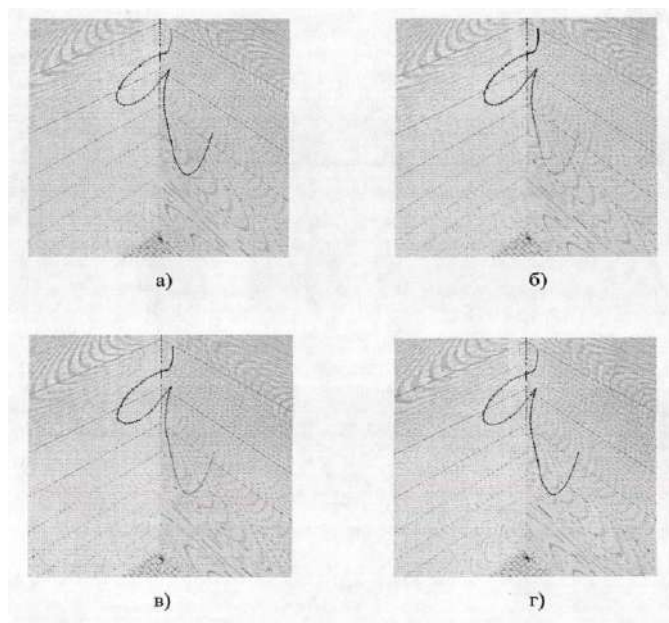
Сурет 1. Деректерді визуализациялау тәсілімен жасалған қолтаңба қисығының кескіні

Уақыттың тең интервалдары арқылы алынған қисық сызықтағы уақыттық белгілердің формалары төменде көрсетілген (2, 3, 4, 5 сурет).

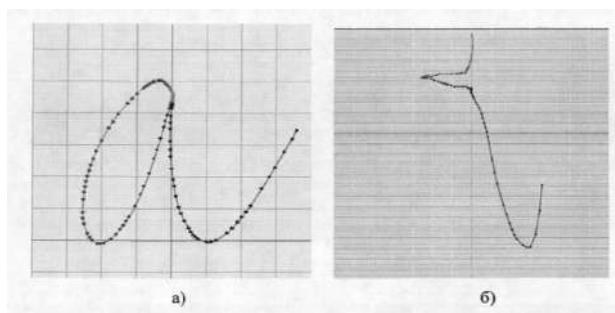


Сурет 2. Уақытша белгілері бар қолтаңбаның қисық фрагменті

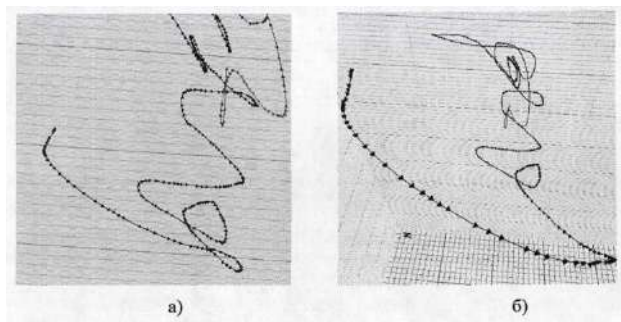
Қысымның шамасының индикациясы сызқтың жарықтығының өзгеруімен немесе түстің негізіден екіншіге көшуімен төмендегі суретте көрсетілген.



Сурет 3. Сызқтың жарықтығының өзгеруімен немесе түстің негізіден екіншіге көшуімен қысым шамасының индикациясы көрсетілген. ("a" әрпі жазылған).



Сурет 4. Координаталы тормен қол қою қисығының кескіні



Сурет 5. Ортогональді немесе перспективалы проекциядағы қолтаңба қисығының бейнесі