ISSN 1999 – 9801

АУЭС

Образован в 1975

Алматы энергетика және байланыс университетінің ХАБАРШЫСЫ

ВЕСТНИК Алматинского университета энергетики и связи

Специальный выпуск

2018

МАТЕРИАЛЫ

Международной научно-практической конференции

«РОЛЬ МОЛОДЕЖИ В СТАНОВЛЕНИИ ЭКОНОМИКИ ЗНАНИЙ» РМСЭЗ – 2018

23-24 апреля 2018 г.
г. Алматы

АУЭС
Образован в 1975

**НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ
«ВЕСТНИК АЛМАТИНСКОГО
УНИВЕРСИТЕТА ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ»**

Издаётся с июня 2008 года

УЧРЕДИТЕЛЬ

Некоммерческое акционерное общество
«Алматинский университет энергетики и связи»

С содержанием журнала можно ознакомиться на веб-сайте АУЭС **www.aipet.kz.**
Подписаться на журнал можно в почтовых отделениях связи по объединённому каталогу Департамента почтовой связи. Подписной индекс **– 74108.**
В редакции можно подписаться на журнал и приобрести отдельные номера.

Адрес редакции: 050013, г. Алматы, Некоммерческое акционерное общество «Алматинский университет энергетики и связи», ул. Байтурсынулы, дом 126/1, офис Б 224
Тел.: 8(727) 2925048. Факс: 8(727) 2925057. E-mail: **aues@aues.kz** (с пометкой «Для редакции журнала»)

«Вестник АУЭС», 2018 г.

В Е С Т Н И К

АЛМАТИНСКОГО УНИВЕРСИТЕТА
ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ

Специальный выпуск 2018

**Материалы
международной научно-практической конференции**

**«Роль молодежи в становлении экономики знаний»
РМСЭЗ – 2018**

**23-24 апреля 2018 г.
г. Алматы**

Алматы

ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА И ТЕПЛОТЕХНОЛОГИЯ

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

МРНТИ 27.35.43+28.29.03

Н. Т. Исимов[1,2], **Т. Ж. Мазаков**[1,2], **Н. Т. Карымсакова**[2]

[1] Институт информационных и вычислительных технологий КН МОН РК, Алматы, Казахстан
[2] Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан

ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ ЭПИДОБСТАНОВКОЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ НЕЧЕТКОГО И ИНТЕРВАЛЬНОГО АНАЛИЗА

Аннотация. В данной статье проанализированы проблемы мониторинга и управления социально-эпидемиологической ситуации. Наибольшую опасность в социально-эпидемиологической сфере представляют возникающие чрезвычайные ситуации, обусловленные инфекционными заболеваниями. Анализ инфекционной заболеваемости предусматривает определение количественных характеристик динамического ряда, тенденцию роста, снижения или стабилизации заболеваемости, выявление причинных факторов, на конкретных территориях и для различных групп. Критерий нечеткой управляемости был получен для решения проблемы прогнозирования и контроля эпидемиологической ситуации. Описаны новая математическая модель и алгоритм для решения поставленной задачи по мониторингу и управления социально-эпидемиологической ситуации на основе интервальной их программной реализации. Социальный эффект будет выражен в повышении безопасности жизнедеятельности людей. Как следствие будет обеспечена возможность проведения профилактических мероприятий на необходимых территориях.

Ключевые слова: эпидобстановка, управляемость, интервальная математика, лингвистическая переменная, нечеткий и интервальный анализ.

Введение. С начала XX века активно развиваются методы прогнозирования эпидемиологической ситуации. Эпидемиологические прогнозы выполняются для различных сроков и в зависимости от них служат разным целям. В основном выполняются три вида прогнозирования, это долгосрочные на период от нескольких месяцев до нескольких лет, среднесрочные сроком от двух месяцев до полугода и краткосрочные прогнозы на несколько недель вперед применяется в оперативном управлении и при выявлении эпидемических вспышек заболеваемости. В последние годы число работ на эту тему стремительно растет благодаря развертыванию информационных систем надзора и появлению больших объемов статистики, доступной для анализа. Наиболее полезным можно считать среднесрочный прогноз сроком от двух месяцев до полугода, используемый в тактическом управлении. В силу различных факторов, он менее точен, нежели краткосрочный, но оставляет достаточно времени для подготовки к возможным чрезвычайным ситуациям и проведения превентивных мероприятий. При принятии стратегических решений не обойтись без долгосрочных прогнозов на год вперед и более. Достижение высокого качества таких прогнозов в большинстве случаев невозможно, тем не менее они требуются, например, при оценке необходимых объемов производства лекарственных препаратов и вакцин, оснащении медицинских учреждений и подготовке персонала. Сегодня мир оказался в положении, когда «старые» и «новые» инфекционные заболевания имеют высокий потенциал к бесконтрольному распространению и, причем, с беспрецедентно высокой скоростью. Урбанизация, нарастающее ухудшение социально-экологических и санитарно-гигиенических условий жизни сотен миллионов людей в развивающихся и развитых странах мира, все возрастающие миграционные потоки и процессы глобализации экономики способствуют быстрому распространению инфекционных заболеваний. Как это ни парадоксально, но сегодня реальная угроза исходит от высоких биотехнологий - генной инженерии и молекулярной биологии. Дело в том, что модифицированные микроорганизмы могут стать первопричиной тяжелых эпидемий, например, в результате неконтролируемого их «выхода» из научных лабораторий и промышленных предприятий промышленно-развитых стран мира вследствие техногенных аварий или природных катастроф. В качестве одного из инструментов прогнозирования применяется математическое моделирование различных ситуации.

Математическое моделирование динамики риска инфекционного заболевания активно используется специалистами для решения ряда прикладных вопросов, таких как планирование различных защитных мероприятий, лечение инфекционных больных [1, 2, 3]. При этом реализованы отличающиеся друг от друга подходы к достижению конечного результата.

Постановка задачи. Нами в статье исследуется управляемость нелинейной системы, описываемой обыкновенными дифференциальными уравнениями

$$\dot{x} = f(x, u, t) \qquad (1)$$

где $f(x, u, t)$–n-вектор, элементы которого являются непрерывно-дифференцируемыми функциями по своим аргументам,

x – n-мерный вектор состояния системы, u–m-мерный вектор управления.

На управление даются ограничения

$$u(t) \in U = \{u(t){:} -L_i \le u_i(t) \le L_i,\ i = 1, m, t \in [t_0, t_1]\} \qquad (2)$$

В работе [2] предложена математическая модель, характеризующая эпидемиологическую обстановку в исследуемом регионе. В предложенной математической модели используются следующие абиотические факторы:

w_1 – солнечная активность (числа Вольфа),

w_2 – температура (среднемесячная температура в исследуемом районе),

w_3 – суммарное количество осадков за месяц,

w_4 – максимальное суточное количество осадков за месяц,

w_5 – уровень подземных грунтовых вод,

w_6 – просачиваемость почвы;

биотические факторы:

x_1– общее количество носителей эпидемии (блох),

x_2 – количество заразных носителей эпидемии,

x_3– общее количество переносчиков эпидемии (песчанок),

x_4– количество заразных переносчиков эпидемии.

Факторы $w_i, i = \overline{1,6}$ независимы. Значения факторов $w_i, i = \overline{1,3}$ в момент времени tопределяются с помощью временных рядов. Значения факторов $w_i, i = \overline{4,6}$ определяются из геофизических данных по исследуемому району.

Динамика факторовx_i $(i = 1, 2)$ в момент времени tописывается уравнениями:

$$\dot{x}_1 = f_1(w)x_1 - f_2(w)x_1 - b_1u_1, \qquad (3)$$

$$\dot{x}_2 = \mu_1 x_2\left(1 - \frac{x_2}{x_1}\right) - c_1x_2 \qquad (4)$$

где функция f_1 определяет рождаемость популяции, функцияf_2 определяет смертность популяции в зависимости от абиотических факторов среды. Коэффициент μ_1 определяет вероятность заражения одной особи в единицу времени. Коэффициент c_1 определяет темп естественного оздоровления и смертность больных носителей.

Функцию рождаемости f_1задается следующим образом:

$$f_1(w) = \sum_{i=1}^{3} f_{1_i}(w_i) \quad (5)$$

$$f_{1_i}(w_i) = a_i e^{-\frac{(w_i - \widehat{w}_i)^2}{\sigma_i^2}}, i = 1,3 \quad (6)$$

Здесь $\widehat{w}_i$ определяет наиболее благоприятное для жизнедеятельности носителя значение i–го абиотического фактора, σ_i- ширину интервала с центром в точке $\widehat{w}_i$, при котором возможна жизнедеятельность носителя. Численные значения параметров $\widehat{w}_i$ иσ_iдоступны из соответствующих справочников. Коэффициенты a_i определяют степень влияния i–го абиотического фактора на рождаемость носителя.

Функцию смертности f_2выберем следующим образом:

$$f_2(w) = \sum_{i=1}^{3} f_{2_i}(w_i) \quad (7)$$

$$f_{2_i}(w_i) = \beta_i \left(1 - \varepsilon\, e^{-\frac{\left(w_i - \widehat{w}_i\right)^2}{\sigma_i^2}} \right), i = 1,2 \quad (8)$$

$$f_{2_3}(w) = \beta_3 (1 - \varepsilon e^{-\frac{\left(w_3 - \widehat{w}_3\right)^2}{\sigma_3^2}})/w_4. \quad (9)$$

В формулах (8)-(9) коэффициент ε определяет естественную смертность носителя. Коэффициенты β_i определяют степень влияния i–го абиотического фактора на смертность носителя.

Для прогнозирования значения факторов x_i (i = 3,4) в момент времени t предлагается модель:

$$\dot{x}_3 = f_3(w)x_3 - f_4(w)x_3 - b_2 u_2, \quad (10)$$
$$\dot{x}_4 = \frac{x_2}{x_1} x_4 \left(1 - \frac{x_4}{x_3}\right) - c_2 x_4,$$

где функция f_3определяет рождаемость, функция f_4 определяет смертность переносчиков в зависимости от абиотических факторов среды. Коэффициент c_2 определяет смертность больных переносчиков.Функции рождаемости f_3 и смертности f_4 аналогичны соответсвенно функциям f_1 и f_2.

В отличии от модели Вольтерра в (3) – (10) задаются управленияu_1 иu_2, определяющие противоэпидемиологические мероприятия. Коэффициентыb_1 иb_2 задают степень влияния управления на динамику численности носителей и переносчиков.

В [2] для модели (3)-(10) разработаны: алгоритмы идентификации параметров a_i, β_i, b_i; доказано существование и решение соответствующей задачи для Коши при фиксированном управлении; экспертная система мониторинга эпидобстановки.

Как видно, модель (3)-(10) полностью погружается в более общую модель (1)-(2).

В классической теории управления обычно исследуется задача управляемости [3] (Задача 1): существует ли управление, удовлетворяющее ограничению (2) и переводящее систему (1) из начального состояния

$$x(t_0) = x_0 \quad (11)$$

в конечное заданное состояние

$$x(t_1) = x_1. \qquad (12)$$

за фиксированное время $t_1 - t_0$.

Начальные значения вектора состояния x_0 в формуле (11) задаются по фактическим измерениям. В то же время, для задачи мониторинга эпидемиологической ситуации актуально не фиксированное значение x_1 в конечный момент времени t_1 в формуле (12), а перевод системы в некоторое множество, позволяющее обеспечить удобную интерпретацию.

В этой связи, на основе теории нечетких множеств введем для переменных состояния x системы (1), соответствующие лингвистические переменные следующим образом [4].

Каждой переменной состоянияx_i поставим в соответствие лингвистическую переменную $x_{лингi}$, $i = \overline{1,n}$. Так как в модели (3)-(10) переменные состояния системы имеют количественный характер и большее значение их повышает степень опасности возникновения эпидемии, предложены следующие значения лингвистических переменных:

TermLin[1]=«идеальный уровень»,
TermLin[2]=«оптимальный уровень»,
TermLin[3]=«комфортный уровень»,
TermLin[4]=«умеренный уровень»,
TermLin[5]=«допустимый уровень»,
TermLin[6]=«критический уровень» и TermLin[7]=«катастрофический уровень».

Каждому j – му значению i – й лингвистической переменной$x_{лингi,j}$соответствует числовой интервал$\left(x_{\min,i,j}, x_{\max,i,j}\right)$ и множество$\bigcup_{j=1}^{7}\left(x_{\min,i,j,}, x_{\max,i,j}\right)$должно охватывать всевозможные значения переменной$\left(x_{\min,i,j}, x_{\max,i,j}\right)$. В частности, допускается, чтобы $\bigcup_{j=1}^{7}\left(x_{\min,i,j,}, x_{\max,i,j}\right) = (-\infty, +\infty)$.

Введем множество индексов $I_{kr} \subseteq [1,..,n]$, определяющее перечень переменных состояния, на которые накладываются терминальные ограничения. Например, если для модели (3)-(10) терминальные ограничения накладываются только на переменную x_2 – количество заразных носителей эпидемии, то множество индексов $I_{kr} = [2]$ состоит из одного элемента.

Далее рассматривается следующая нечеткая задача управляемости (Задача 2): существует ли управление, удовлетворяющее ограничению (2) и переводящее систему (1) из начального состояния(11) в конечное состояние

$$x_{лингi}(t_1) = TermLin[i_j] \ , i \in I_{kr} \qquad (13)$$

за фиксированное время $t_1 - t_0$.

В (13) индекс i_jсоответствует выбранному j-му лингвистическому нечеткому значению для i–й переменной состояния.

Задача 1 является частным случаем задачи 2.

Основные результаты. В силу свойств наложенных на правую часть системы уравнений задачи Коши (1), (11) при фиксированном управлении $u(t) \in U$выполнены условия теоремы существования и единственности решения $x(t), t \in [t_0, t_1]$ [5].

Перепишем задачу Коши (1), (11) в интегральной рекуррентной форме

$$x_{k+1}(t) = x_0 + \int_{t_0}^{t} f(x_k(\tau), u(\tau), \tau)\, d\tau . \tag{14}$$

В силу свойств наложенных на правую часть уравнения (1) и ограничений на функцию $u(t)$ в работе [6] доказано, что метод последовательных приближений (5) сходится к решению к решению абсолютно и равномерно при любом фиксированном управлении.

Тогда задача управляемости сводится к исследованию следующей задачи: существует ли хотя бы одно управление $u(t) \in U$, при котором решение интегрального уравнения (14) в момент времени t_1 удовлетворяет условию (13).

Для решения поставленной задачи применим результаты интервального анализа [7]. Обозначим через $\bar{v}$ интервал от $-L$ до L, через $\bar{f}$ интервалозначную функцию, полученную из функции $f(x_k(t), u(t), t)$.

Подставляя в уравнение (14) вместо функции $u(t)$ интервал $\bar{v}$ получим интервальное интегральное уравнение

$$\bar{x}_{k+1}(t) = x_0 + \int_{t_0}^{t} \bar{f}(\bar{x}_k(\tau), \bar{v}, \tau)\, d\tau . \tag{15}$$

Теорема. Для того чтобы исследуемая система была управляемой необходимо и достаточно, чтобы заданный вектор для всех $i \in I_k$, пересечение множества $\left(x_{\min,i,j}, x_{\max,i,j}\right)$ с множеством $\bar{x}_{k+1,i}(t_1)$ было непустым.

Модельная задача рассмотрена при следующем предположении: значения всех абиотических факторов соответствуют их оптимальным значениям. Таким образом, функции $(f_i(w), \mathrm{i} = 1..4)$ являются постоянными.

Расчеты для уравнений (3),(4),(10),(11) выполнены при следующих численных значений параметров: alf1=1; alf2=1; bet1=0.5; bet2=0.5; bk1=5; bk2:=1; ck1=0.3; ck2=0.3; mk1=0.2. Шаг интегрирования взят равным 0.05. В качестве начальной задана точка с координатами (80, 10, 30, 5). Время исследования выбрана равным T=2.5 условных единиц.

Разработанная программа выводит результаты численных расчетов в виде таблицы изменения параметров модели в текстовый файл и графика изменения значений функции. При этом график можно сохранить в виде графического файла или выдать на принтер. В таблице 1 приведен фрагмент текстового фала, где значения параметров модели представлены в интервальном виде.

Таблица 1 – Фрагмент текстового файла

N	t	x1	x2	x3	x4
k= 1	t=0,05	= (77,00; 82,00)	= (9,94; 9,94)	= (30,25; 30,75)	= (4,95; 4,95)
k= 2	t=0,10	= (75,45; 82,53)	= (9,87; 9,88)	= (30,66; 31,37)	= (4,90; 4,90)
k= 3	t=0,15	= (74,13; 82,80)	= (9,81; 9,81)	= (31,10; 31,97)	= (4,85; 4,86)
k= 4	t=0,20	= (72,91; 82,94)	= (9,75; 9,75)	= (31,58; 32,58)	= (4,81; 4,81)
k= 5	t=0,25	= (71,76; 82,98)	= (9,69; 9,69)	= (32,07; 33,19)	= (4,76; 4,76)
k= 6	t=0,30	= (70,66; 82,95)	= (9,63; 9,63)	= (32,58; 33,81)	= (4,71; 4,72)
k= 7	t=0,35	= (69,58; 82,87)	= (9,57; 9,57)	= (33,11; 34,44)	= (4,67; 4,67)
k= 8	t=0,40	= (68,52; 82,74)	= (9,51; 9,51)	= (33,66; 35,08)	= (4,62; 4,63)
k= 9	t=0,45	= (67,48; 82,57)	= (9,45; 9,45)	= (34,22; 35,73)	= (4,58; 4,59)
k= 10	t=0,50	= (66,44; 82,36)	= (9,39; 9,39)	= (34,81; 36,40)	= (4,53; 4,54)
………					
k= 49	t=2,45	= (14,76; 51,11)	= (7,26; 7,31)	= (75,25; 78,88)	= (3,26; 3,36)
k= 50	t=2,50	= (12,88; 49,63)	= (7,21; 7,26)	= (76,90; 80,58)	= (3,24; 3,35)

На рисунке 1 представлен график изменения интервальной переменной x1 при следующих ограничениях на управление: 0<=u1<=20; 0<=u2<=10. Как видно из графика начальное значение для переменной x1 соответствует катастрофическому уровню. При имеющихся ресурсах на управление за время T систему по переменной x1 можно привести в состояния от «умеренного» до «идеального».

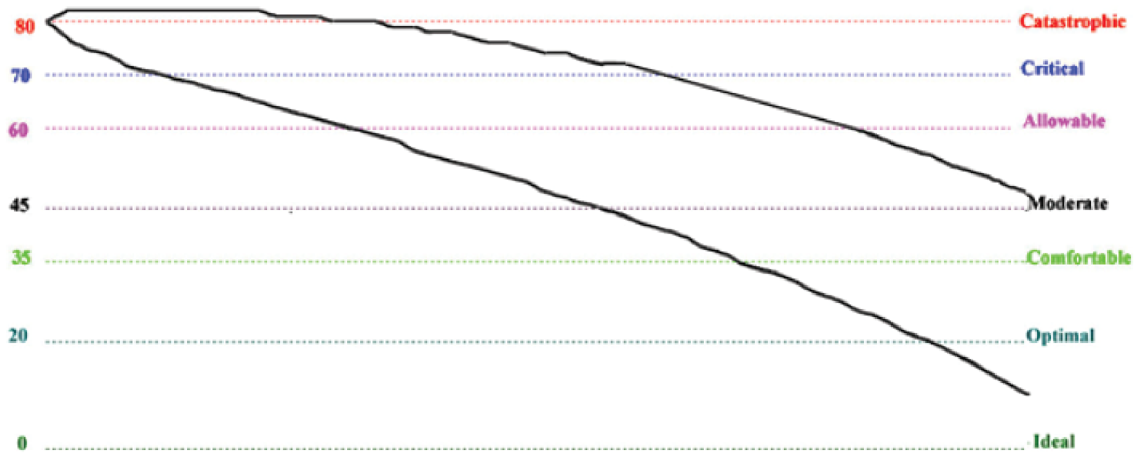

Рисунок 1 – Изменения интервальной переменной x1 при следующих ограничениях на управление: 0<=u1<=20; 0<=u2<=10

На рисунке 2 представлен график изменения интервальной переменной x1 при следующих ограничениях на управление: 5<=u1<=15; 0<=u2<=10. При заданных ресурсах на управление за время T систему по переменной x1 можно привести в состояния от «комфортного» до «оптимального».

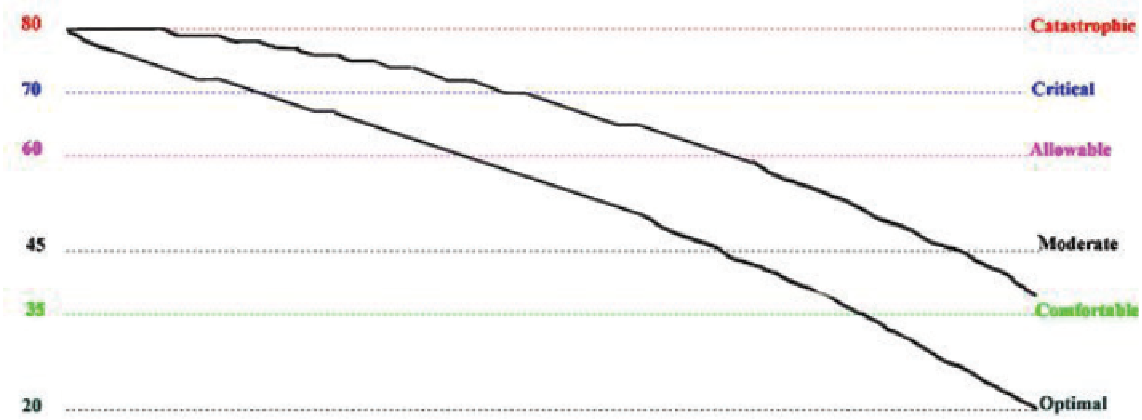

Рисунок 2 – Изменения интервальной переменной x1 при следующих ограничениях на управление: 5<=u1<=15; 0<=u2<=10

На рисунке 3 представлен график изменения интервальной переменной x1 при следующих ограничениях на управление: 7<=u1<=11; 0<=u2<=10. При заданных ресурсах на управление за время T систему по переменной x1 можно привести в «умеренное» состояние.

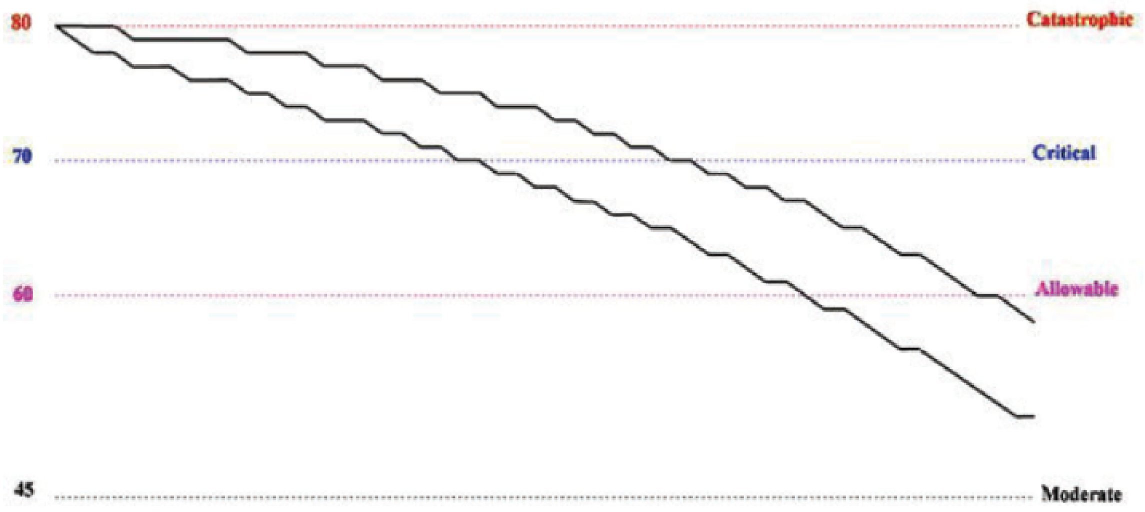

Рисунок 3 – Изменения интервальной переменной x1 при следующих ограничениях на управление: 7<=u1<=11; 0<=u2<=10

Приведенные результаты численного моделирования в виде графиков (рисунки 1-3) согласуются с реально ожидаемыми данными.

На основе библиотеки процедур интервальных вычислений [8] произведены численные расчеты для модельной задачи.

Легкость разработки программного обеспечения, алгоритмизируемость процедуры проверки условий теоремы показывает эффективность его применения.

Выводы. В статье впервые в теории управляемости рассмотрена динамическая модель с ограничением на правый конец на основе лингвистических переменных.

Для прогнозирования и управления эпидемиологический обстановкой на основе интервальной математики получен критерий нечеткой управляемости.

На основе решения модельной задачи показана эффективность полученного критерия.

Работа выполнена за счет средств грантового финансирования научных исследований на 2018-2020 годы по проекту AP05132044 «Разработка аппаратно-медицинского комплекса оценки психофизиологических параметров человека».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1] Ревичс Б. А, Авалиани С. Л., Тихонова Г. И. Экологическая эпидемиология. М.: Академия, 2004. - 384 с.

[2] Тойкенов Г. Ч., Мазаков Т. Ж. Применение математических методов в эпидемиологии // Вестник КазГУ. Матем., механ., информатика. N 4. – Алматы, КазГУ, 1996. с.184-189.

[3] Воронов А. А. Устойчивость, управляемость, наблюдаемость. – М.: Наука, 1979. – 336 с.

[4] Заде А. Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. – М.: Мир, 1976. – 166с.

[5] Понтрягин Л. С. Обыкновенные дифференциальные уравнения. – М.: Наука, 1974. – 332с.

[6] Верлань А. Ф., Сизиков В. С. Интегральные уравнения: методы, алгоритмы, программы. – Киев: Наукова Думка, 1986. – 543 с.
[7] Шокин Ю. И. Интервальный анализ. – Новосибирск: Наука, 1986. – 224с.
[8] Мазаков Т. Ж., Джомартова Ш. А., Оспанова М.К. Библиотека процедур интервальной математики // Материалы 1-й междунар. Научно-практ. конф. «Информатизация общества», 2004 г. с. 160-162.

REFERENCES

[1] B. A. Revichs, S. L. Avaliani, G. I. Tikhonova Environmental epidemiology. M.: Academy, 2004. – p. 384.
[2] G. Ch. Toykenov, T. Zh. Mazakov Application of mathematical methods in epidemiology // Bulletin of KazSU. Math.mekhan, Informatics. No. 4. – Almaty, Kazakh State University, 1996. pp. 184-189.
[3] A. A.Voronov Stability, controllability, observability. – M.: Nauka, 1979. – p. 336.
[4] L. A. Zade The concept of linguistic variable and its application to making approximate decisions. – M.: Mir, 1976. – p.166
[5] L. S. Pontryagin Ordinary differential equations. – M.: Nauka, 1974. – p. 332.
[6] A. F. Verlan, V. S.Sizikov Integral equations: methods, algorithms, programs. – Kiev: Naukova Dumka, 1986. –p. 543.
[7] Y. I. Shokin Interval analysis. – Novosibirsk: Nauka, 1986. – p.224.
[8] T. Z. Mazakov, S. A. Dzhomartova, M. K. Ospanova Library procedures of interval mathematics // Materials of the 1st Intern. Scientific-pract.conf. "Informatization of society", 2004, pp. 160-162.

АЙҚЫН ЕМЕС ЖӘНЕ ИНТЕРВАЛДЫҚ ТАЛДАУДЫ ҚОЛДАНА ОТЫРЫП ЭПИДАХУАЛДЫ БОЛЖАУ ЖӘНЕ БАСҚАРУ МОДЕЛІН ЗЕРТТЕУ

Н. Т. Исимов[1,2], Т. Ж. Мазаков[1,2], Н. Т. Карымсакова[2]

[1]ҚР БҒМ ҒК Ақпараттық және есептеуіш технологиялар институты, Алматы, Қазақстан
[2] Әль-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Казақстан

Аңдатпа. Бұл мақалада әлеуметтік-эпидемиологиялық жағдайды бақылау мен басқарудың мәселелері сарапталған. Әлеуметтік-эпидемиологиялық салада жұқпалы ауру-сырқауларға байланысты туындайтын төтенше жағдайлар ең қауіпті болып табылады. Жұқпалы ауру-сырқауды талдау динамикалық қатардың сандық сипаттамаларын, өсу беталысын, ауру-сырқаудың төмендеуі мен тұрақтануын, нақты аймақ және әртүрлі топтар үшін себепті факторларын анықтауды көздейді. Эпидемиологиялық жағдайды болжау мен бақылау мәселелерін шешу үшін айқын емес басқару критерийі алынған. Өзінің интервалды бағдарламалық жүзе асырылуының негізінде, әлеуметтік-эпидемиологиялық жағдайды бақылау мен басқаруға қатысты қойылған тапсырманы шешу үшін жаңа математикалық модель мен алгоритм сипатталған. Әлеуметтік әсер адамдардың тіршілік қауіпсіздігін арттырумен өрнектеледі. Оның салдары ретінде қажетті аймақтарда алдын алу іс-шараларын жүзеге асыру мүмкіндігімен қамтамасыз етіледі.

Кілттік сөздер: эпидахуал, басқарылу, интервалды математика, лингвистикалық айнымалы, айқын емес және интервалды талдау.