

ГЕО- ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННО- ПЛАНИРОВОЧНЫХ РЕШЕНИЙ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

И. М. Патракеев

Кандидат технических наук, доцент*
Контактный тел.: (057) 707-31-04
E-mail: patr@mail.ru

Е. О. Андрющенко*

В. Е. Жуков

Аспирант*
Контактный тел. (057) 707-31-04
E-mail: vladimirzh@yandex.ru

*Кафедра геоинформационных систем и геодезии
Харьковская национальная академия городского
хозяйства

ул. Революции, 12, г. Харьков, Украина, 61002

Розглянуто завдання ухвалення рішень для розміщення об'єктів транспортної інфраструктури в умовах невизначеності шляхом використання методичного апарату теорії нечітких множин. Спостерігається значне ускладнення завдань ухвалення просторово-планувальних рішень, пов'язаних з освоєнням міських територій

Ключові слова: управління земельними ресурсами, геоінформаційні системи, імітаційне моделювання

Рассмотрена задача принятия решений для размещения объектов транспортной инфраструктуры в условиях неопределенности путем использования методического аппарата теории нечетких множеств. Наблюдается значительное усложнение задач принятия пространственно-планировочных решений, связанных с освоением городских территорий

Ключевые слова: управление земельными ресурсами, геоинформационные системы, имитационное моделирование

The task of making decision is considered for placing of objects of a transport infrastructure in the conditions of vagueness by the use of methodical vehicle of theory of fuzzy sets. There is considerable complication of tasks of acceptance of spatial-plan decisions, related to mastering of city territories

Key words: landuse management, geographic information systems, simulation

В настоящее время наблюдается значительное усложнение задач принятия пространственно-планировочных решений (ППР), связанных с освоением городских территорий, возникла насущная необходимость привлечения новых математических методов, внедрения геоинформационных технологий в процесс управления территориальным развитием городов.

Современная практика размещения новых градостроительных объектов на городской, уже сложившейся территории, а тем более, по своей природе техногенных объектов, которыми являются автозаправочные станции, приводит к негативным изменениям инженерно-геологических характеристик территорий. При этом, как правило, игнорируются возможности изменения параметров природной среды под влиянием новой застройки, игнорируется благоустройство городской территории в целом.

Выполнение прогноза и принятие ППР на застройку территорий на практике связано со значительными трудностями, которые обусловлены большой трудоем-

костью расчетов по проверке антропогенных влияний, которые возникают в результате размещения техногенно-опасного объекта.

В Государственных строительных нормах Украины сформулирована достаточно стройная система территориального планирования, которая должна стать основой, как для прогноза так и принятия ППР на развитие городской территории. Однако проблема раскрытия инвестиционного потенциала территории сравнительно мало (или недостаточно) раскрыта на микроуровне: точечный объект, участок под застройку, размещение техногенно-опасных объектов в городской черте, пространственная зона в правилах землепользования и застройки. Для рассмотрения территории на микроуровне используются такие инструменты как бизнес-план, паспорт площадки под застройку, оценка стоимости недвижимости, обычно слабо связаны с особенностями пространственно-планировочных решений. В целом на микроуровне процесс принятия ППР по выбору места размещения новых градостроитель-

ных объектов в настоящее время представляется не до конца формализованным и не достаточно открытым.

Для принятия ППР по размещению новых градостроительных объектов, особенно техногенно-опасного характера требуется наличие полной информации, что не всегда является возможным. Одним из направлений для решения задач градостроительного проектирования в настоящее время является применение аналитических систем основанных на нечеткой логике.

Функционирование нечетких систем основано на использовании лингвистических переменных, что позволяет формализовать нечетко сформулированные задачи по размещению новых объектов, особенно в условиях застроенных территорий.

Нечеткость при принятии решений по застройке городских территорий возникает в случае, когда необходимо количественно охарактеризовать качественные понятия и отношения между объектами уже сложившейся градостроительной системы. В данном случае эксперты часто не могут оперировать четкими понятиями, а используют нечеткие переменные, которые подсознательно понимают, но выразить количественно затрудняются. В нечеткой логике точные значения переменных преобразуются в значения лингвистических переменных посредством применения теории нечетких множеств. Значения любой величины представляются не числами, а словами естественного языка - терминами.

Принадлежность каждого точного значения одному из термов лингвистической переменной определяется функцией принадлежности.

Необходимо отметить, что нечеткость проявляется в процессе пространственно-планировочных решениях:

- в процессе описания постановки задачи и целей классификации;
- при выборе системы показателей, характеризующих постановку задачи;
- при выборе алгоритмов классификации;
- при подборе способов представления конечного результата.

Применение понятия нечеткого множества открывает широкий подход к анализу и решению пространственных задач, в том числе задач принятия пространственно-планировочных решений по управлению городской территорией.

В качестве примера рассмотрим одну из возможных постановок задачи пространственно-планировочного решения по размещению техногенно-опасного объекта на территории Коминтерновского административного района города Харькова. В качестве техногенно-опасного объекта рассматривается автозаправочная станция (АЗС).

Реализация моделей для решения задач пространственно-планировочного решения связана, как правило, с созданием сложных многофакторных структур, которые учитывают:

- пространственную неоднородность объектов, которые находятся на городской территории;
- вес или значимость каждого фактора;
- пространственные взаимосвязи между объектами, которые участвуют в пространственно-планировочном решении.

В настоящее время одним из самых простых вариантов для принятия ППР применяется моделирование ситуации средствами пространственного анализа

ГИС, то есть выполняются простые операции геометрического наложения данных различных тематических слоев. При этом имеющиеся объекты тематических слоев могут рассматриваться как исключаяющие факторы. Проводится четкая классификация наборов данных, используется весь арсенал логических и математических операторов, весовые коэффициенты, которые показывают степень пригодности каждого из исключаяющих факторов.

Целесообразность применения классификаций с использованием методов теории нечетких множеств для принятия ППР предполагает возможность относить территориальные объекты не просто к одному из классов (как в стандартных алгоритмах многомерных классификаций), а одновременно к нескольким классам с различными функциями принадлежности. Такая классификация удобна, когда в действительности границы между классами имеют нечеткий, переходный характер, что должно учитываться при математическом моделировании и соответствующим образом отражаться в тематических слоях ГИС.

Согласно Государственных строительных норм Украины основным фактором, который ограничивает принятие ППР по размещению АЗС является расстояние к объектам городской инфраструктуры. Наименование объекта, до которого устанавливается ограничение на размещение АЗС и минимальное расстояние до объекта показано в табл. 1.

Таблица 1

Характеристики окружающей инфраструктуры АЗС

Наименование объекта, до которого устанавливается расстояние от сооружений АЗС	Минимальное расстояние, м.
Жилые и общественные здания	25
Места массового скопления людей (остановки общественного транспорта, границы территории рынка)	30
Отдельные торговые палатки и киоски	20
Индивидуальные гаражи и открытые стоянки для автомобилей	18
Очистные канализационные сооружения, которые не относятся к АЗС	15
Производственные, административные и хозяйственные строения, складские помещения и здания промышленных предприятий	12
Склады лесных материалов, торфа, горючих веществ и др.	20
Лесные массивы, парки, городские скверы	25
Пересечение с магистралью	100
Пересечение с улицей местного значения	35

Для принятия ППР по размещению АЗС на территории Коминтерновского административного района города Харькова разработана база данных в среде ArcGIS 9.3, которая содержит тематические слои, созданные в соответствии с табл.1. На рис. 1 а), б), в), г) показано содержание тематических слоев, которые являются исходными данными для принятия ППР решения по размещению АЗС на территории Коминтерновского административного района.

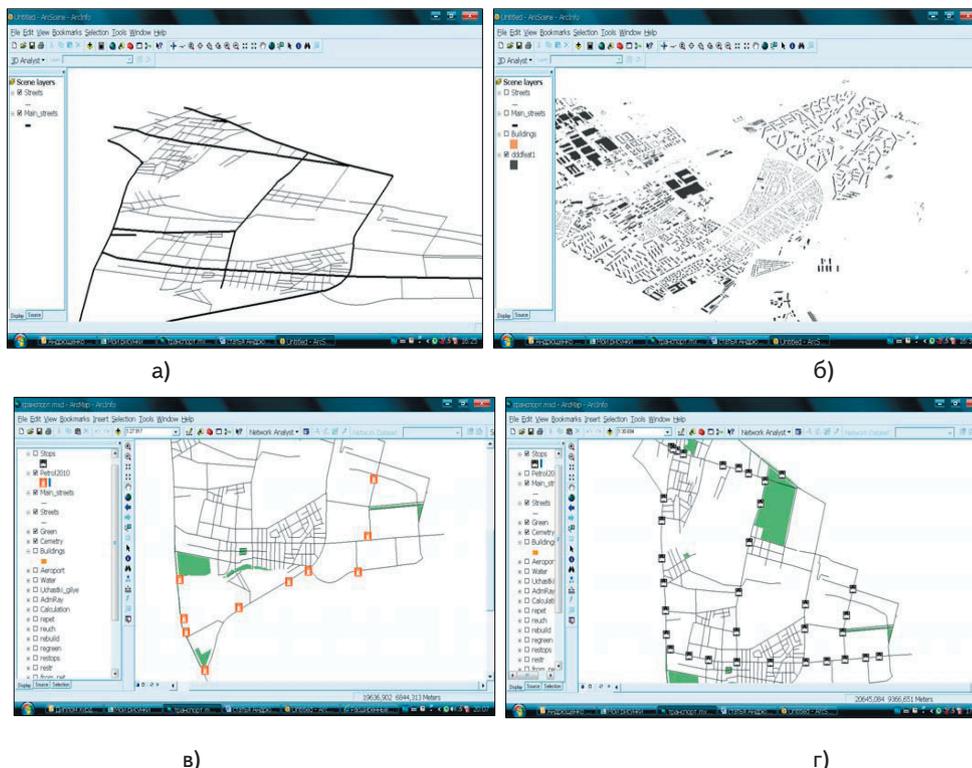


Рис. 1. Тематические слои базы геоданных: а) магистрали и улицы местного значения, б) жилые и общественные здания, в) существующие АЗС, г) места массового скопления людей (остановки общественного транспорта)

На основе входных данных с помощью функциональных средств Spatial Analyst построены карты, отображающие степень пригодности городской территории относительно соответствующих объектов.

Растровые наборы данных, полученные в результате применения функций Spatial Analyst, используются для вычисления следующих расстояний:

- от основных магистралей Коминтерновского района;
- относительно зданий и сооружений;
- от рекреационных зон;
- от остановок пассажирского городского транспорта;
- от уже имеющихся АЗС.

Примеры растровых наборов данных, которые моделируют требования, предъявляемые к размещению АЗС на городской территории, показано на рис. 2 а), б), в).

В общем случае принятие ППР заключается

делены лингвистические переменные (ЛП) для всех требований, которые установлены Государственными

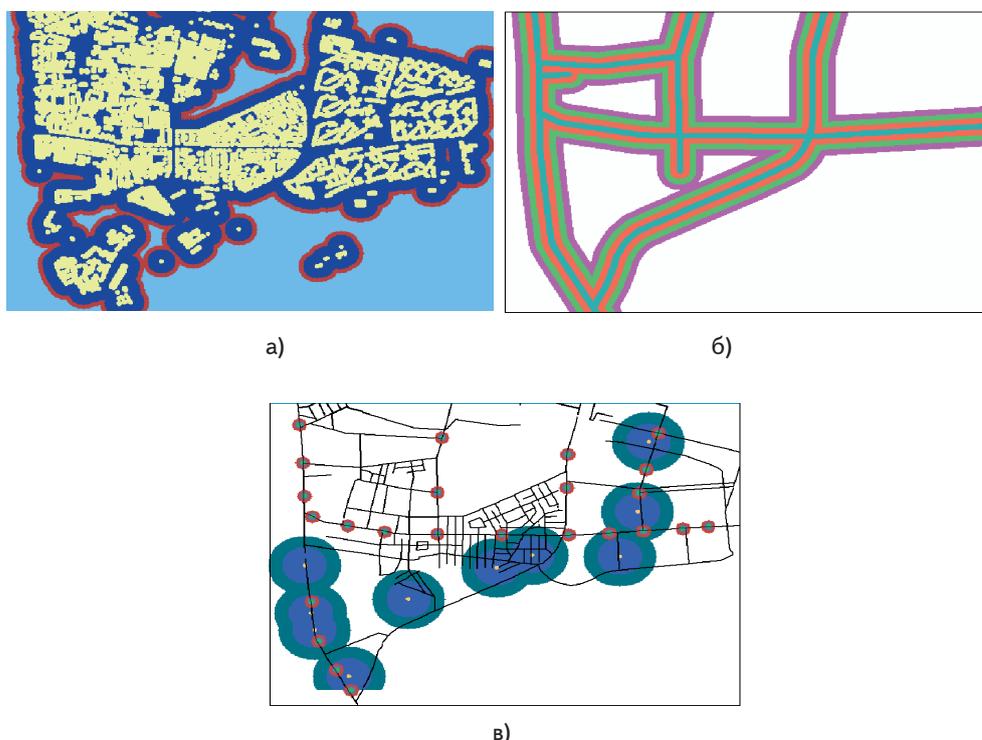


Рис. 2. Требования к расстояниям, установленные согласно Государственных строительных норм Украины, в виде растровых наборов данных: а) жилые и общественные здания, б) магистрали и улицы местного значения, в) остановки общественного транспорта и существующие АЗС

в генерации возможных альтернатив решений $\{A\}$, их оценке и выборе лучшего, «правильного ППР» A^* . В результате оценки множества $\{A\}$ выделяют подмножество альтернатив, которые допустимы по качеству $\{A^{доп}\}$.

Для использования в моделях пространственно-планировочных решений информации, которая представлена на основе теории нечетких множеств, необходимо определить вид функций принадлежности. Выбор или построение соответствующих функций принадлежности является важным компонентом в принятии ППР.

Для идентификации различных условий для выбора пригодной для размещения АЗС земельного участка на городской и уже застроенной территории определены лингвистические переменные (ЛП) для всех требований, которые установлены Государственными

строительными нормами Украины. Лингвистическую переменную будем определять кортежем [2]

$$\langle \beta; T; U; G; M \rangle,$$

где β – имя лингвистической переменной; T – множество термов, которые представляют наименования нечетких переменных, U – область определения каждой из нечетких переменных; G – синтаксическая процедура, которая характеризует процесс образования из множества T новых, значений лингвистической переменной; M – семантическая процедура, которая присваивает новому значению, образуемому процедурой G , некоторую семантику путем формирования соответствующего нечеткого множества, т. е. отображает новое значение в нечеткую переменную.

В общем случае базовое терм-множество рассматриваемых лингвистических переменных имеет вид

$$T_i = \{T_1^i, T_2^i, \dots, T_m^i\}, (i \in K = \{1, 2, \dots, l\}),$$

где T_i – нечеткая переменная, соответствующая терму $T_i \in T$.

Обозначим нечеткое множество для каждой лингвистической переменной как

$$A_i = \{\langle \mu_{A_i}(x) / x \rangle \mid (x \in X)\},$$

где $\mu_{A_i}(x)$ – функция принадлежности;

X – базовое множество, в нашем случае определяется требованиями Государственных строительных норм Украины.

Базовое терм-множество образуется на основе экспертных рассуждений и может быть получено реализацией G -процедуры с применением модификатора m (m соответствуют такие слова, как ОЧЕНЬ, БОЛЕЕ ИЛИ МЕНЕЕ, НЕЗНАЧИТЕЛЬНЫЙ, СРЕДНИЙ и др.) Например, для лингвистической переменной «Расстояние от магистралей и улиц местного значения» базовое терм-множество есть $T_x = \{\alpha_{x1}; \alpha_{x2}; \alpha_{x3}; \alpha_{x4}\} = \{\text{близко; недалеко; далеко; очень далеко}\}$.

Анализ литературных источников [5-7] и собственные исследования позволили выявить и описать требованиями Государственных строительных норм Украины к размещению таких техногенно-опасных объектов как АЗС в виде лингвистических переменных. Функции принадлежности термов лингвистических переменных аппроксимируются типовыми функциями вида (1)–(3):

$$\mu(x, a, b) = \begin{cases} 1, E \leq 0 \\ \frac{1}{2} - \frac{1}{2} \sin \frac{\pi}{b-a} \left(x - \frac{a+b}{2} \right), 0 \leq E \leq 2 \\ 0, 2 \leq E \end{cases} \quad (1)$$

$$\mu(E, b, c) = \begin{cases} s(x; c - b, c - b/2, c), x \leq c \\ 1 - s(x; c, c + b/2, c + b), x \geq c \end{cases} \quad (2)$$

$$\text{де } s(x; a, b, c) = \begin{cases} 0, x \leq a \\ 2 \left(\frac{x-a}{c-a} \right)^2, a \leq x \leq b \\ 1 - 2 \left(\frac{x-c}{c-a} \right)^2, b \leq x \leq c \\ 1, x \geq c \end{cases}$$

$$\mu(x, a, b) = \begin{cases} 0, E \leq 0 \\ \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \sin \frac{\pi}{b-a} \left(x - \frac{a+b}{2} \right), 0 \leq E \leq 2 \\ 1, 2 \leq E \end{cases} \quad (3)$$

На рис. 3 а), б), в), г) дана графическая интерпретация функций принадлежности для требований, которые предъявляются к размещению АЗС на городской территории и характеризующие различные условия принятия пространственно-планировочных решений. В табл. 1 - 4 представлены базовые терм-множества, приведены аналитические зависимости и параметры функций принадлежности термов лингвистических переменных.

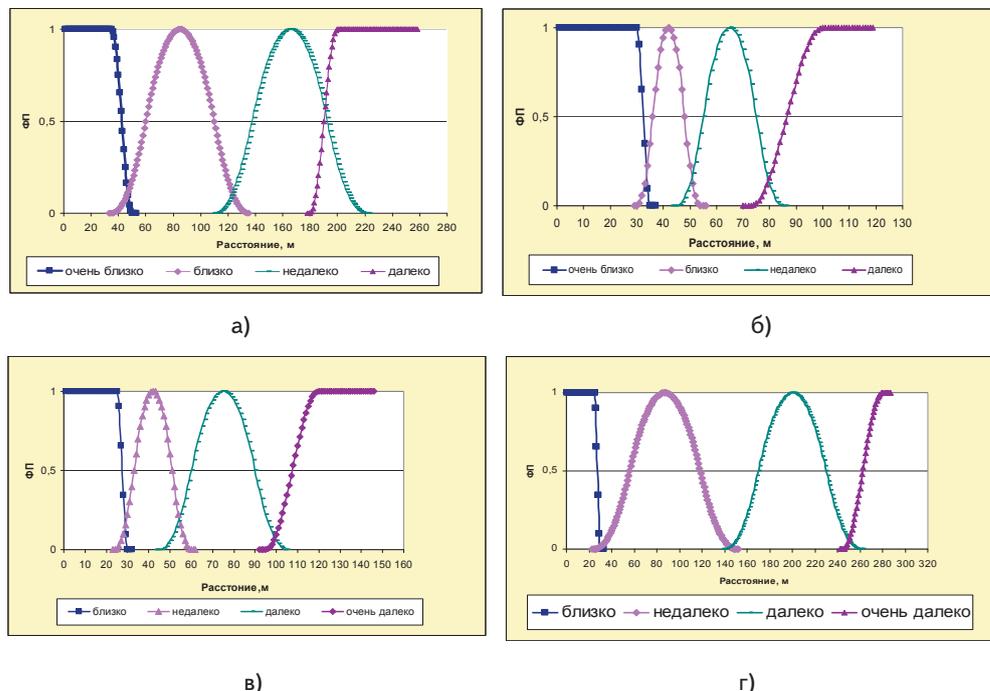


Рис. 3. Функции принадлежности термов лингвистических переменных а) расстояние от магистралей и улиц местного значения, б) расстояние от остановок общественного транспорта, в) расстояние от рекреационных зон, г) расстояние от жилых и общественных зданий

С использованием нечетких множеств запрос на поиск пригодного земельного участка на территории

Коминтерновского района для размещения АЗС с учетом требований Государственных строительных норм Украины формулируется в виде:

[IF (близко от магистралей и улиц местного значения),
 & (далеко от остановок общественного транспорта),
 & (далеко от рекреационных зон),
 & (очень далеко от жилых и общественных зданий)),
 THEN территория пригодна].

Таблица 2

Вид и параметры функций принадлежности лингвистической переменной «Расстояние от магистралей и улиц местного значения»

Термы лингвистической переменной «Расстояние от магистралей и улиц местного значения»	Выражение для функции принадлежности	Значения параметров функции принадлежности
Очень близко	Уравнение (1)	a=35; b=50
Близко	Уравнение (2)	b=50; c=85
Недалеко		b=55; b=165
Далеко	Уравнение (3)	a=180; b=200

Таблица 3

Вид и параметры функций принадлежности лингвистической переменной «Расстояние от остановок общественного транспорта»

Термы лингвистической переменной «Расстояние от остановок общественного транспорта»	Выражение для функции принадлежности	Значения параметров функции принадлежности
Очень близко	Уравнение (1)	a=30; b=35
Близко	Уравнение (2)	b=12; c=42
Недалеко		b=20; b=65
Далеко	Уравнение (3)	a=73; b=100

Таблица 4

Вид и параметры функций принадлежности лингвистической переменной «Расстояние от рекреационных зон»

Термы лингвистической переменной «Расстояние от рекреационных зон»	Выражение для функции принадлежности	Значения параметров функции принадлежности
Близко	Уравнение (1)	a=25; b=30
Недалеко	Уравнение (2)	b=18; c=42
Далеко		b=30; c=75
Очень далеко	Уравнение (3)	a=95; b=120

Таблица 5

Вид и параметры функций принадлежности лингвистической переменной «Расстояние от жилых и общественных зданий»

Термы лингвистической переменной «Расстояние от жилых и общественных зданий»	Выражение для функции принадлежности	Значения параметров функции принадлежности
Близко	Уравнение (1)	a=25; b=30
Недалеко	Уравнение (2)	b=62; c=87
Далеко		b=60; c=200
Очень далеко	Уравнение (3)	a=245; b=280

На рис. 4 показан тематический слой который содержит информацию по пригодным земельным участкам городской территории, удовлетворяющим сформулированным требованиям, для размещения АЗС. На рисунке пригодная территория обведена окружностями. Определены пять потенциальных участков на которых возможно размещение техногенно-опасных объектов в городской черте, удовлетворяющих требованиям Государственных строительных норм.

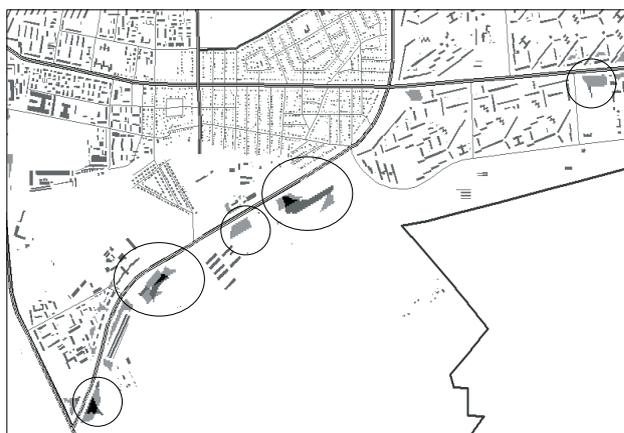


Рис. 4. Тематический слой с рекомендациями по размещению АЗС

В результате проведенных исследований предложено описание требований Государственных строительных норм Украины в виде лингвистических переменных. Для лингвистических переменных определены базовые терм-множества. Произведена соответствующая этим описаниям идентификация функций принадлежности нечетких множеств. Выбраны и обоснованы вид функций принадлежности, определены их параметры, произведена проверка выполнения требований, которые предъявляются к их построению.

Таким образом, можно сказать, что современные программные средства ГИС в своей основе используют классическую теорию множеств, что в свою очередь лишь фиксирует задаваемую точность информации, которая используется для пространственно-планировочных решений при выборе пригодной территории. Применение нечеткой логики позволяет определить промежуточные значения для требований, которые установлены в Государственных строительных нормах Украины. Выражения подобные таким, как далеко, очень далеко, недалеко возможно формулировать ма-

тематически и обрабатывать на компьютерах для обеспечения пространственно-планировочных решений в условиях неопределенности.

Полученные результаты являются основой для построения механизма нечеткого вывода экспертной системы.

Литература

1. Обработка нечеткой информации в системах принятия решений / А.Н. Борисов, А.В. Алексеев, Г.В. Меркурьев и др. – М.: Радио и связь, 1989. – 394 с.
2. Бронштейн И.Н., Семендяев К. А. Справочник по математике для инженеров и учащихся вузов.- 13-е изд.- М.: Наука, 1986. – 544 с.
3. Мелихов А.Н., Бернштейн Л.С., Коровин С.Я. Ситуационные советующие системы с нечеткой логикой. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит, 1990. – 272 с.

4. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. – М.: Мир, 1976.
5. Круглов В.В., Дли М.И. Интеллектуальные информационные системы: компьютерная поддержка систем нечеткой логики и нечеткого вывода. – М.: Физматлит, 2002.
6. Леоленков А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. – СПб., 2003.
7. Рутковская Д., Пилиньский М., Рутковский Л. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы. – М., 2004.
10. Kosko B. Fuzzy systems as universal approximators // IEEE Transactions on Computers, vol. 43, No. 11, November 1994. – P. 1329-1333.
11. Cordon O., Herrera F, A General study on genetic fuzzy systems // Genetic Algorithms in engineering and computer science, 1995. – P. 33-57.

УДК 004.942

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ПОПУЛЯЦИЙ

И. А. Пилькевич

Доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой
Кафедра мониторинга окружающей природной среды*
Контактный тел. (0412) 41-56-86

А. В. Маевский

Соискатель*
Контактный тел. (097) 403-14-96
*Житомирский национальный агроэкологический
университет
бульвар Старый, 7, г. Житомир, Украина, 10008

Розроблено узагальнену логістичну модель динаміки популяцій, яка отримана як частковий випадок універсальної моделі екологічної системи. Модель, що пропонується, отримана теоретичним шляхом на основі положень системології

Ключові слова: узагальнена логістична модель, динаміка популяцій

Разработана обобщенная логистическая модель динамики популяций, полученная как частный случай универсальной модели экологической системы. Предлагаемая математическая модель получена теоретическим путем на основе положений системологии

Ключевые слова: обобщенная логистическая модель, динамика популяций

It develops the generalized logistic model of population dynamics, obtained as a special case of the universal model of the ecological system has been worked out. The proposed mathematical model has been obtained theoretically on the basis of systemathology principles

Key words: generalized logistic model, the dynamics of population

1. Введение

Для понимания механизмов функционирования и решения вопросов использования популяций большое значение имеют сведения об их структуре. Закономерное изменение числа особей в популяции данного вида на протяжении года (сезонная) или ряда лет

(многолетняя) определяется изменениями рождаемости (плодовитости) и смертности особей, а также их перемещением (эмиграцией или иммиграцией).

На размножение и выживание животных оказывают влияние как действующие, так и предшествующие условия существования. Известно, что на земном шаре существует радиационный фон, который обусловлен