УДК 004.048

НЕЧЕТКОЕ ОПИСАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ОТНОШЕНИЙ В ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

Гордиенко Л.В.

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», Таганрог, e-mail: lgordienko@sfedu.ru

Настоящая статья посвящена исследованию механизмов описания пространственных отношений в геоинформационных системах с применением теории нечетких множеств. Использование категории нечеткостей связано с неопределенностью описания среды, субъективностью восприятия, неточностью измерений. Формализация нечетких знаний позволяет получать корректные решения в условиях наличия НЕ-факторов внешней среды. Изложено понятие нечетких множеств с точки зрения оценки пространственного взаимодействия между картографическими объектами. Рассмотрено описание пространственных отношений в геоинформационных системах с помощью лингвистических переменных. Использование лингвистических переменных позволяет формализовать экспертные оценки и описывать человеческие знания в информационных системах. Описаны виды представлений нечетких знаний средствами геоинформационных систем. Изложены основные этапы работы с нечеткими данными с учетом интеграции визуальных и семантических данных. Это позволяет получить дополнительную информацию и принять на ее основе более качественное решение.

Ключевые слова: геоинформационные системы, пространственные отношения, нечеткие знания, лингвистическая переменная

FUZZY DESCRIPTION OF SPATIAL RELATIONS IN GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS

Gordienko L.V.

Southern Federal University, Taganrog, e-mail: lgordienko@sfedu.ru

This article is devoted to a research of mechanisms to describe the spatial relationships in geographic information systems using the theory of fuzzy sets. Using the categories of fuzzy associated with the uncertainty in the description of the environment, the perception of subjectivity, inaccuracy of measurement. The formalization of fuzzy knowledge allows you to receive the correct decisions in the conditions of existence NOT – factors of the external environment. The concept of fuzzy sets from the point of view of assessment of spatial interaction between cartographical objects is stated. The description of the spatial relations in geographic information systems by means of linguistic variables is considered. The use of linguistic variables allows to formalize expert evaluation and describe human knowledge in information systems. The types of representations of fuzzy knowledge by means of geographic information systems are described. The basic stages of work with fuzzy data taking into account the integration of visual and semantic data are stated. It allows to obtain additional information and to make the better decision on its basis.

Keywords: geographic information systems, spatial relations, fuzzy knowledge, linguistic variable

Описание объектов, процессов и явлений в среде геоинформационных систем (ГИС) требует учета большого количества факторов. В связи с этим часто возникают сложности, связанные с неполнотой, неточностью данных, необходимостью учета разнородной информации, в том числе экспертной. Таким образом, становится актуальной задача разработки механизма накопления знаний в ГИС в условиях нечеткости и многофакторности информации.

Цель исследования. Целью данной работы является исследование способов описания пространственных отношений как нечетких категорий с использованием инструментария ГИС.

Материалы и методы исследования

Пусть E – универсальное множество, x – элемент E, а R – определенное свойство. Используя категории четких множеств, об x можно сказать, что $x \in E$, либо $x \notin E$.

Нечеткая логика связана с неопределенностью, касающейся принадлежности входных значений к нечеткому множеству. При нечетком описании может быть использована дополнительная информация, которая отображает мнение эксперта о той или иной степени вхождения элемента в множество [2].

Таким образом, нечетким подмножеством A из E называется множество упорядоченных пар вида

$$A = \{\mu_A(x) / x\},$$

где $x \in E$, $\mu_A(x)$ – функция принадлежности, указывающая степень принадлежности элемента x к множеству A, $\mu_A(x) \in [0,1]$.

Использование категорий нечетких множеств позволяет формализовать ряд важных понятий [1].

Результаты исследования и их обсуждение

Рассмотрим, например, схему проезда между зданиями. В качестве объектов множества ВыгодноеПоложениеДляПодъезда выступают сооружения:

$$A = \{x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7\}.$$

На оценку эксперта влияют различные факторы: время, расстояние, наличие препятствий, объектов с высокой степенью концентрации транспортных средств (торговые центры, лечебные, образовательные учреждения и т.д.). Для описания множества ВыгодноеПоложениеДляПодъезда будем считать:

$\mu_A(x_i)=1$ – элемент однозначно принадлежит множеству A;

$\mu_A(x_i)=0$ – элемент однозначно не принадлежит множеству A;

$0<\mu_A(x_i)<1$ – нет однозначного ответа о принадлежности элемента множеству A.

Введение понятия лингвистической переменной позволяет описать процессы интеллектуальной деятельности, включая нечеткость и неопределенность выражений [5].

Под лингвистической переменной понимается пятерка [3–4, 6]

$$\left(y, T, U, S, \tilde{M}\right),$$

где y – наименование лингвистической переменной, T – терм-множество лингвистической переменной, U – базовое множество лингвистической переменной, S – синтаксическое правило, генерирующее термы терм-множества, $\tilde{M}$ – нечеткое подмножество множества U.

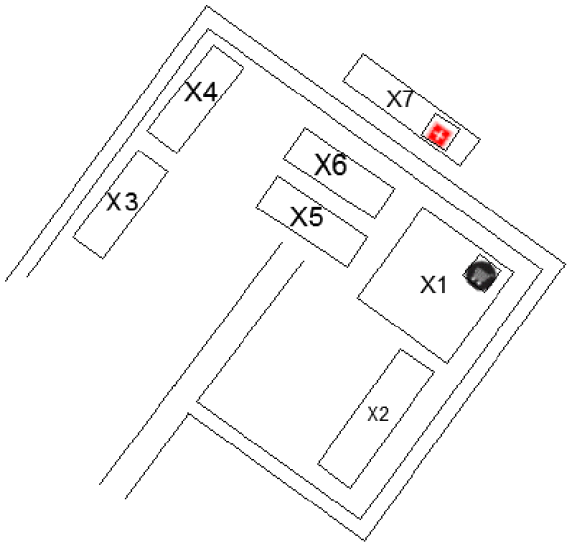

Рис. 1. Схема проезда

Таким образом, нечеткое множество ВыгодноеПоложениеДляПодъезда может быть описано некоторым экспертом следующим образом:

$$\breve{A}=\{0,9/x_1;0,6/x_2;0,7/x_3;0,8/x_4;0,1/x_5;0,7/x_6;0,7/x_7\}.$$

Важно отметить, что значения функции принадлежности $\mu_A(x_i)$ отражают субъективное мнение эксперта.

Для описания нечеткой переменной в среде ГИС необходимо задать имя переменной и ее нечеткое множество на заданной области определения.

Формализация нечетких знаний дает возможность принимать адекватные решения в условиях неполной или нечеткой информации. Это является положительным фактором при описании знаний экспертов о событиях, явлениях, объектах в среде ГИС.

В качестве примера рассмотрим лингвистическую переменную НахождениеТранспортногоСредстваОтносительноЗдания. Зачастую при описании нештатной ситуации высока доля субъективизма. Формализация субъективной оценки расположения транспортного средства может быть выполнена с помощью лингвистической переменной НахождениеТранспортногоСредстваОтносительноЗдания, которая описывается следующим терм-множеством:

$T=\{$*рядом, близко, недалеко, далеко*$\}$.

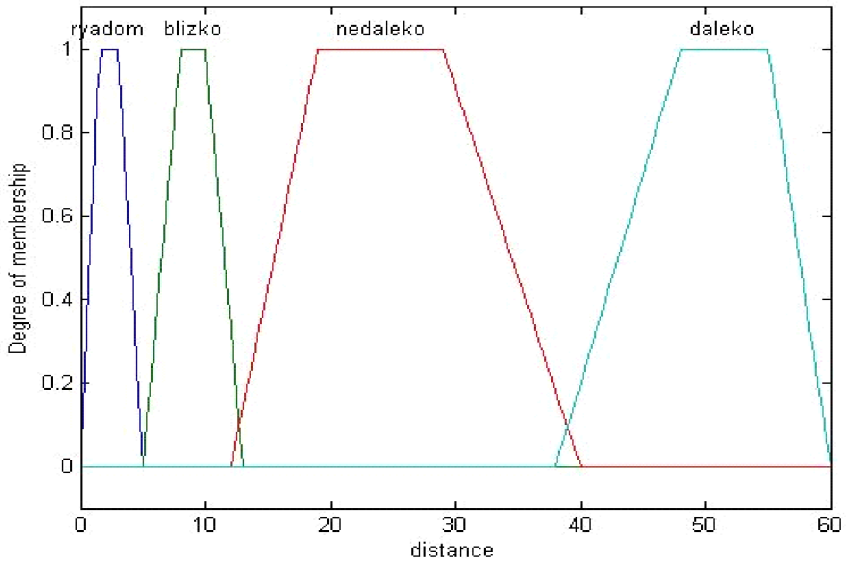

Рис. 2. Терм-множество лингвистической переменной НахождениеТранспортногоСредстваОтносительноЗдания

При решении данных задач возникает необходимость представления нечетких и лингвистических данных в геоинформационной системе. В геоинформационной системе, каждый объект, характеризующийся атрибутом, описываемым лингвистической переменной, представляется в виде значения этой лингвистической переменной. В геоинформационной системе нечеткие значения лингвистических переменных могут быть представлены в следующем виде:

1. Матрицы географических данных;
2. Матрицы данных пространственного поведения.

При этом элементы матриц географических данных (данных об объектах) и матриц пространственного поведения (данных о взаимосвязях между объектами) представляются нечетко. В таблице приведен пример нечеткого задания расстояния между объектами.

Это так называемый этап фаззификации входных данных. Следующим этапом оценки нечетких отношений в среде ГИС является нечеткий логический вывод. Основой для проведения операции нечеткого логического вывода выступает база правил, содержащая нечеткие высказывания в форме «ЕСЛИ-ТО» и функции принадлежности для соответствующих лингвистических термов. Учитывая специфику ГИС, логический вывод осуществляется по двум траекториям: обработка визуальной и атрибутивной информации.

Рассмотрим пример. Нечеткая логическая переменная ПредпочтениеПосещенияТорговогоЦентра определяется в соответствии с правилом:

ЕСЛИ НаличиеРегулируемогоПешеходногоПерехода = недалеко И НаличиеТранспортнойМагистрали – недалеко И ПлощадьАвтостоянки = большая ТО ПредпочтениеПосещенияТорговогоЦентра = 0,8.

Матрица данных пространственного поведения

	Объект 1	Объект 2	Объект 3	Объект 4
Объект 1	(0;0;0;0)	(175; 200; 250; 300)	(130; 150; 175; 200)	(200; 250; 325; 400)
Объект 2	(175; 200; 250; 300)	(0;0;0;0)	(250; 300; 400; 500)	(25; 50; 75; 100)
Объект 3	(130; 150; 175; 200)	(250; 300; 400; 500)	(0;0;0;0)	(275; 350; 475; 500)
Объект 4	(200; 250; 325; 400)	(25; 50; 75; 100)	(275; 350; 475; 500)	(0;0;0;0)

Используя базу знаний ГИС, можно оценить местоположение, картометрические характеристики необходимых пространственных объектов, их атрибутивные данные.

Выводы

Таким образом, инструментальные средства ГИС позволяют хранить и использовать нечеткие знания о пространственных отношениях объектов. При этом логический вывод в ГИС осуществляется на основе визуальной и семантической информации. Это позволяет более качественно оценить характер и степень взаимосвязи между пространственными объектами процессами.

Список литературы

1. Беляков С.Л., Белякова М.Л., Самойлов Л.К. Методы и средства создания интеллектуальных кадастровых систем. – Ростов-на-Дону: Изд-во ЮФУ, 2014. – 112 с.

2. Беляков С.Л. Хранение и обработка нечетких знаний в геоинформационных системах // Известия Южного федерального университета. Технические науки. – 2003. – № 5. – С. 176–180.

3. Берштейн Л.С., Боженюк А.В. Нечеткие модели принятия решений: дедукция, индукция, аналогия. – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2001.

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

5. Поспелов Д.А. Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта / Д.А. Поспелов. – М.: Наука, 1986. – 312 с.

6. Хаптахаева Н.Б., Введение в теорию нечетких множеств: Учебное пособие. – Часть I / Н.Б. Хаптахаева, С.В Дамбаева, Н.Н. Аюшева. – Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2004.