

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ ПОЛЕЙ ВЕРОЯТНОСТЕЙ**

**Гаць Богдан \***

### **ABSTRACT**

This paper describes research of infrastructure development and expansion of limits of settlements on the basis of geoinformation system (GIS) MapInfo Professional. Three basic objects with the developed tourist infrastructure were taken: villages Vorokhta, Migovo, ski and spa resort «Bukovel». Round the set objects in a radius of 7-10 km we randomly got out points, determine their co-ordinates, presence of infrastructure objects (highways, railways, settlements and so on), calculate distances to the nearest motorway, railway, center of the village. As a result a training set was formed and the Sugeno type fuzzy system is built using package MATLAB. This fuzzy system allows forecasting a presence or absence of development in points of a selection.

**Key words: GIS, fuzzy system, training set, ANFIS**

### **АННОТАЦИЯ**

В данной работе на основе данных ГИС MapInfo Professional проводилось исследование развития инфраструктуры и расширения границ населенных пунктов. За основу было взято 3 базовых объекта с развитой туристической инфраструктурой: сгт. Ворохта, с. Мигово, ТК «Буковель». Вокруг заданных объектов в радиусе 7-10 км случайным образом выбирались точки, для которых определялись координаты, наличие объектов инфраструктуры, проводился расчет расстояний к ближайшей автодороге, железнодорожному пути, центру села. В результате была сформирована учебная выборка и построенная нечеткая система типа Сугено с помощью ANFIS-редактора пакета MATLAB, которая позволяет спрогнозировать наличие или отсутствие развития в точках выборки.

**Ключевые слова: ГИС, нечеткая система, учебная выборка, ANFIS**

---

\* Соискатель, ЧТЭИ КНТЭУ, г. Черновцы, Центральная площадь 7, gatsb@yandex.ru, +38 050 618 59 63

# 1. GENERAL PRINCIPLES OF CRISIS MANAGEMENT

## 1.1. SPECIFICS OF CRISIS PLANNING

### Вступление

Интенсивное развитие населенных пунктов определяет необходимость моделирования пространственной структуры и динамики распространения явления урбанизации территорий. Как показывают исследования [1-3] наиболее распространенными и эффективными методами для моделирования урбанизации территорий являются клеточные автоматы, аппарат нечеткой логики, использование геоинформационных систем (ГИС) и дистанционное зондирование Земли. В свою очередь, моделирование и прогнозирование урбанизации может предоставить ключевые переменные для многих экологических моделей и моделей планирования [4].

В данной работе были исследованы возможности использования данных ГИС и аппарата нечеткой логики для определения пространственных распределений полей вероятностей и моделирования урбанизации населенных пунктов, которые специализируются на рекреационных услугах. В качестве объекта исследования выступали несколько туристических курортов украинских Карпат – поселок городского типа Ворохта, село Мигово и туристический комплекс «Буковель». Населенные пункты рассматриваются как комплексные системы с присущими им внутренними характеристиками появления, самоорганизации, самоподобия и нелинейного протекания динамики использования земель.

### Постановка задачи

На начальном этапе формировалась учебная выборка с помощью ГИС MapInfo Professional с набором карт для Украины (табл. 1). Для этого вокруг выбранных населенных пунктов определялась область радиусом 5-7 километров. С заданной области случайным образом выбирались точки и определялись их координаты, наличие объектов инфраструктуры (автомобильных дорог, железных дорог, поселков). Кроме того, рассчитывались расстояния до ближайшей автодороги, железной дороги и центра населенного пункта. Расстояние рассчитывалось между двумя точками по дуге большого земного сечения (большой окружности, полученной в результате сечения земного шара плоскостью, заданной этими двумя точками и центром Земного шара):

$$\Delta\sigma = \arctan \left\{ \frac{\sqrt{[\cos\phi_2 \sin\Delta\lambda]^2 + [\cos\phi_1 \sin\phi_2 - \sin\phi_1 \cos\phi_2 \cos\Delta\lambda]^2}}{\sin\phi_1 \sin\phi_2 + \cos\phi_1 \cos\phi_2 \cos\Delta\lambda} \right\}, \quad (1)$$

где  $\phi_1, \lambda_1, \phi_2, \lambda_2$  – широта и долгота двух точек,

$\Delta\lambda$  – разница координат по долготе,

$\Delta\sigma$  – угловая разница.

Расчет проводился с помощью языка программирования MapBasic для ГИС MapInfo Professional.

*Таблица 1 Данные ГИС для построения нечеткой системы*

Широта	Долгота	Наличие автодороги	Наличие железной дороги	Наличие рек	Наличие сел	Расстояние до центра населенного пункта (км)	Расстояние до железной дороги (км)	Расстояние до автодороги (км)
24.5446	48.2881	0	0	0	1	1,936	0,468	2,289
24.5517	48.3029	0	0	0	0	1,834	1,242	1,756
24.5767	48.2982	1	0	0	1	0,857	0,682	0,075
24.5734	48.2974	1	0	0	1	0,660	0,427	0,049
24.5676	48.2691	0	0	0	1	2,543	1,432	0,992
24.5717	48.2746	0	0	0	1	1,932	0,978	0,500
24.5759	48.2991	1	0	0	1	0,906	0,605	0,076
24.5764	48.3108	0	0	0	1	2,150	0,147	0,521
24.5662	48.3082	0	0	0	1	1,833	0,471	1,246
24.5467	48.2626	0	0	0	0	3,687	2,271	2,699
24.5702	48.2861	0	1	0	1	0,640	0,080	0,384

В таблице 1 приведен фрагмент учебной выборки, которая заполнялась данными из ГИС по описанному выше алгоритму. В данной таблице наличие объектов инфраструктуры соответствует 1, отсутствие – 0.

Для построения выборки с тестовыми данными, которые используются для тестирования нечеткой сети с целью проверки качества ее функционирования, использовался следующий алгоритм. Вокруг населенного пункта выбиралась квадратная область, максимально приближенная к его границам, которая разбивалась на определенное количество ячеек. Поочередно выбиралась каждая ячейка и для нее определялись такие же данные, как и для учебной выборки.

### Компьютерный эксперимент

Для прогнозирования наличия или отсутствия развития в заданных точках выборки на основе полученных данных строим нечеткую систему типа Сугено с помощью ANFIS-редактора пакета MATLAB. Для построения модели были определены такие переменные: целевая функция  $y$  с параметрами 0 и 1 (1 – происходит развитие населенного пункта в данной точке, 0 – развитие отсутствует);

$x_1$  – расстояние к ближайшему центру населенного пункта;

$x_2$  – расстояние к ближайшей автодороге;

$x_3$  – расстояние к ближайшему железнодорожному покрытию.

В учебную выборку было включено 1000 значений, в тестовую – 200 значений. Для создания системы нечеткого вывода используется метод гратчастой разбивки (Grid partition), согласно которому функции принадлежности нечетких термов равномерно распределяются внутри диапазона изменения данных. Для сравнения было построено FIS системы с разными типами функций принадлежности: гаусовская, обобщенная колоколообразная, треугольная и трапециевидная [5]. Использовался гибридный (hybrid) метод обучения сети с уровнем ошибки обучения (Error Tolerance) равной нулю. Обучение нечеткой системы проводилось на протяжении 25 итераций.

В результате была построена модель гибридной сети, для исследования которой используется программа просмотра правил (рис. 1). Изменяя значения входных переменных (input) получаем значение выходной переменной (output).

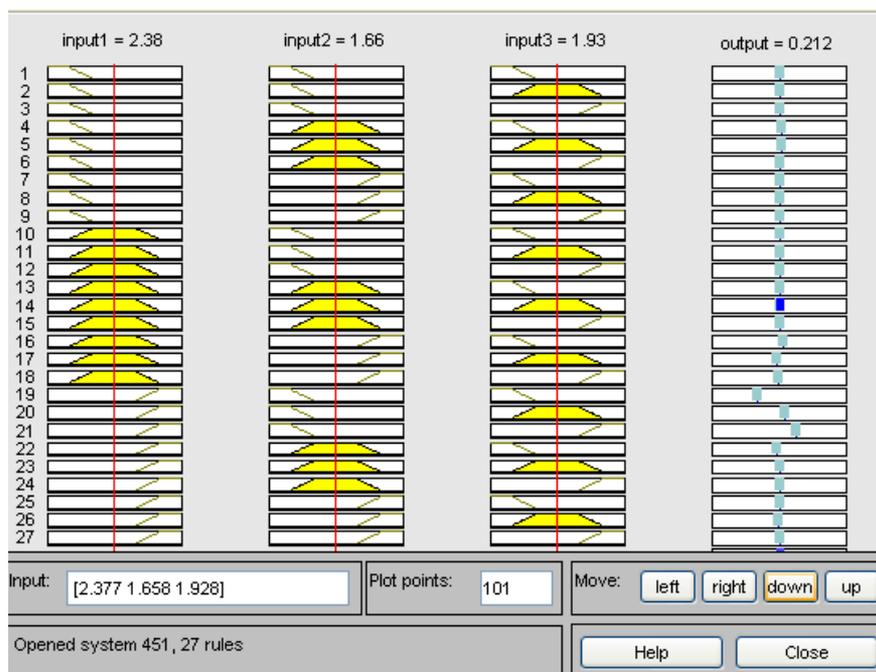


Рис. 1 Графический интерфейс просмотра правил системы нечеткого вывода

### Выводы

Результатом работы является построение нечеткой системы типа Сугено на основе полученных картографических данных, которая позволяет спрогнозировать наличие или отсутствие развития в точках выборки. Модель была протестирована на основе данных, которые содержат границы выбранных населенных пунктов, и показала хорошее соответствие тестовым значениям и достаточный уровень точности. Это подтверждает адекватность модели.

### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Yang Q., Li X., Shi X. Cellular automata for simulating land use changes based on support vector machines // Computers and Geosciences, 2008 – №34, p. 592-602.
- [2] Li X., Yeh A.G.O. Neural-network-based cellular automata for simulating multiple land use changes using GIS. // International Journal of Geographical Information Science. 2002 – Volume 16, p. 323–343.
- [3] Teknomo K., Gerilla G.P., Hokao K. Stochastic cellular model for lowland urban development // Lowland technology international, 2006 – Vol. 8, №1.
- [4] Xia Li, Qingsheng Yang, Xiaoping Liu Discovering and evaluating urban signatures for simulating compact development using cellular automata // Landscape and Urban Planning, 2008. – №86 – p.177-186.
- [5] Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 735 с.:ил.

Článok recenzoval:  
doc. Ing. Ladislav Novák, PhD.

