

УДК 681.518

## ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ БЛИЗОСТИ ЛОГИСТИЧЕСКИХ ПРЕЦЕДЕНТОВ

Л.В. Гордиенко<sup>1</sup>, Л.К. Самойлов<sup>2</sup>

<sup>1</sup> кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры информационных измерительных технологий и систем, Институт нанотехнологий, электроники и приборостроения Южного федерального университета, г. Таганрог, Россия, e-mail: [lgordienko@sfedu.ru](mailto:lgordienko@sfedu.ru)

<sup>2</sup> доктор технических наук, профессор кафедры информационных измерительных технологий и систем, Институт нанотехнологий, электроники и приборостроения Южного федерального университета, г. Таганрог, Россия, e-mail: [ksamoilov@sfedu.ru](mailto:ksamoilov@sfedu.ru)

**Аннотация.** Работа посвящена исследованию модели определения близости логистических прецедентов в среде геоинформационной системы (ГИС) на основе нечетких данных. Отличительной особенностью данной модели является нечеткое описание данных о ситуации. Использование данной модели позволяет повысить качество принимаемых решений.

**Ключевые слова:** геоинформационные системы, логистический прецедент, нечеткое множество.

## GEOINFORMATION MODEL FOR DEFINITION OF PROXIMITY OF LOGISTIC PRECEDENTS

L.V. Gordienko<sup>1</sup>, L.K. Samoylov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ph.D., Senior lecturer of Department of information and measuring technology and systems, Institute of Nanotechnology, Electronics and Instrumentation of Southern Federal University, Taganrog, Russia, e-mail: [lgordienko@sfedu.ru](mailto:lgordienko@sfedu.ru)

<sup>2</sup>Ph.D., Professor of Department of information and measuring technology and systems, Institute of Nanotechnology, Electronics and Instrumentation of Southern Federal University, Taganrog, Russia, e-mail: [ksamoilov@sfedu.ru](mailto:ksamoilov@sfedu.ru)

**Abstract.** The work is devoted to study model determine the proximity of the logistics of precedents in the environment of geographic information system (GIS) based on fuzzy data. A distinctive feature of this model is the fuzzy description of the data about the situation. The use of this model allows to improve the quality of decisions.

**Keywords:** geographic information system, logistic precedent, fuzzy set.

**Введение.** Логистический прецедент в ГИС представлен разнородной информацией, основой которой являются пространственные данные. На практике зачастую информации о самой ситуации недостаточно, она пред-

ставлена в неполной форме. Наиболее приемлемой является нечеткая модель описания близости. Для этого ситуации задаются совокупностью признаков, представленных в виде нечетких множеств, которые могут быть получены различными способами:

- В результате опроса экспертов;
- В результате анализа картографической информации.

**Целью данной работы** является исследование геоинформационной модели определения близости объектов, основанной на нечетком описании данных о ситуации.

Пусть задано базовое множество  $Y$ . Под нечетким подмножеством  $\tilde{A}$  на множестве  $Y$  понимается множество пар  $\tilde{A} = \{(\mu_{\tilde{A}}(x_i)/x_i)\}$ , где  $\mu_{\tilde{A}}(x_i)$  - степень принадлежности элемента  $x_i$  нечеткому подмножеству  $\tilde{A}$ .

В настоящее время существуют различные методы, позволяющие определить меру сходства между двумя нечеткими множествами. К ним относят меры сходства по Заде, по Лукасевичу, по площади [1].

Мера сходства Заде

$$z(\tilde{A}, \tilde{B}) = \min(\max(1 - \mu_{\tilde{A}}(x_i), \mu_{\tilde{B}}(x_i)), \max(\mu_{\tilde{A}}(x_i), 1 - \mu_{\tilde{B}}(x_i))), \quad i = \overline{1, n} \quad (1)$$

Мера сходства Лукасевича

$$l(\tilde{A}, \tilde{B}) = 1 - \max|\mu_{\tilde{A}}(x_i) - \mu_{\tilde{B}}(x_i)|, \quad i = \overline{1, n} \quad (2)$$

Геоинформационная система предоставляют расширенную информацию о логистическом прецеденте: координаты, семантическая информация (включает время события, описание и т.д.), топологии. Логистический прецедент в среде геоинформационной системы описывается следующим множеством:

$$P = \langle M, T, S, TL, I \rangle,$$

где  $M$  – подмножество данных о месте возникновения прецедента, представленных в виде критической области логистического прецедента;

$T$  – информация о времени возникновения прецедента;

$S$  – описание ситуации;

$TL$  – подмножество данных о топологии;

$I$  – решение логистического прецедента, включающее область решения.

Для оценки близости прецедентов необходимо проанализировать как связаны между собой логистические прецеденты по каждому из составляющих.

Одним из существенных вопросов является определение близости топологий двух прецедентов [2]. Использование топологий определяет специфику геоинформационной системы. Существуют различные виды топологических отношений:

- Изолированность;
- Пересечение;
- Вложенность;
- Соседство;
- Близость;
- Удаленность.

Например, прецедент  $P_1$  произошел из-за плохой видимости (рис. 1).

Причиной прецедента  $P_2$  также была плохая видимость. Однако топология  $P_2$  имеет следующий вид (рис. 2).

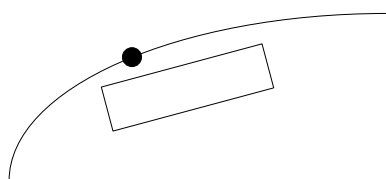


Рисунок 1 - Топология прецедента  $P_1$

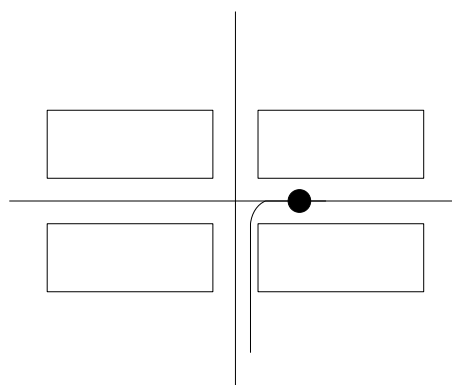


Рисунок 2 - Топология прецедента  $P_2$

В топологии прецедента  $P_1$  прямая дорога, а в топологии прецедента  $P_2$  - перекресток. Однако, в топологическом смысле в обоих случаях есть объект, который нарушает видимость. В этом смысле в некоторой степени есть определенное топологическое сходство.

Топологические свойства фигур не изменяются при любых деформациях, производимых без разрывов или соединений. Поэтому с топологической точки зрения следующие модели эквивалентны (рис. 3):

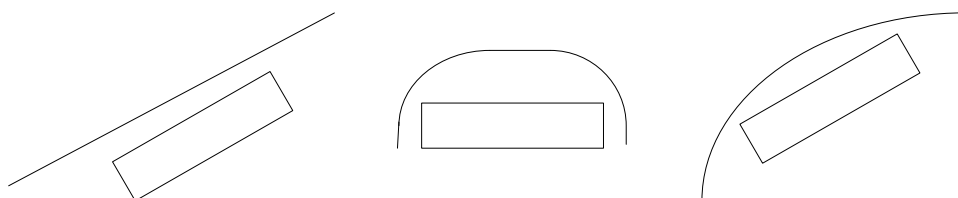


Рисунок 3 - Эквивалентные топологии

Для определения сходства подобных конструкций выработаем правила. Для рассматриваемого примера: рядом с линией находится картографический объект, который имеет высоту. Поэтому с топологической точки зрения эти ситуации похожи в определенной степени.

Важным этапом в сравнении топологий является оценка расстояния и взаимного расположения их объектов в пространстве.

Уточним описание объекта в геоинформационной системе применительно к данной задаче:

$$V_{obj} = (I, Class, P, T, A_1, \dots, A_N),$$

где *Class* – признак, характеризующий размерность объекта и принимающий следующие значения  $Class = \{точка, интервал, плоская фигура, объемная фигура\}$ ; *P* – геометрическая составляющая, которая принимает значения  $P = \{d_{max}, d_{min}, h, o'\}$ , где  $d_{max}$  – длинная сторона объекта,  $d_{min}$  – короткая сторона объекта,  $h$  – высота,  $o'$  – выделяет ориентацию объекта (длинная сторона, передняя сторона и т.п.).

В качестве базового отношения взаимного расположения объектов в пространстве применительно к данной задаче, выделим следующие [3]:

- $\varphi_1$  - находиться слева;
- $\varphi_2$  - находиться справа;
- $\varphi_3$  - находиться выше;
- $\varphi_4$  - находиться ниже;
- $\varphi_5$  - находиться на одинаковом уровне;
- $\varphi_6$  - быть между;
- $\varphi_7$  - соприкасаться;
- $\varphi_8$  - быть дальше;
- $\varphi_9$  - быть перпендикулярно;
- $\varphi_{10}$  - быть параллельно.

Из базовых отношений с помощью обычных логических операций можно получить нужные производные отношения:

- $\varphi_{11}$  - не соприкасаться  $(O_1 \overline{\varphi_7} O_2) \rightarrow O_1 \varphi_{11} O_2$ ;
- $\varphi_{12}$  - находиться сбоку  $(O_1 \varphi_1 O_2 \cup O_1 \varphi_2 O_2) \cap (O_1 \varphi_7 O_2 \cup O_1 \varphi_{11} O_2) \rightarrow O_1 \varphi_{12} O_2$ ;
- $\varphi_{13}$  - быть поперек  $(O_2 (d_{min}) \varphi_9 O_1) \cap (O_1 \varphi_7 O_2 \cup O_1 \varphi_{11} O_2) \rightarrow O_1 \varphi_{13} O_2$ ;
- $\varphi_{14}$  - быть вдоль  $(O_2 (d_{max}) \varphi_{10} O_1) \cap (O_1 \varphi_7 O_2 \cup O_1 \varphi_{11} O_2) \rightarrow O_1 \varphi_{14} O_2$ .

В качестве базового отношения расстояния выделим следующие:

- $r_1$  - вплотную;
- $r_2$  - очень близко;
- $r_3$  - близко;
- $r_4$  - не далеко и не близко;
- $r_5$  - далеко;
- $r_6$  - очень далеко;
- $r_7$  - очень – очень далеко.

Результат оценки близости топологий будем описывать нечеткой переменной *Степень\_близости\_топологий* [4].

Геоинформационная модель оценки близости топологий критических областей логистических прецедентов, содержащих линейные и полигональные объекты:

1. Определить количество примитивов  $T_1(pr_1, pr_2, \dots, pr_s)$  и  $T_2(pr_1, pr_2, \dots, pr_d)$ . Перейти к п.2.

2. Определить типы картографических объектов  $T_1(L_1, L_2, \dots, L_p, POL_1, POL_2, \dots, POL_t)$  и  $T_2(L_1, L_2, \dots, L_r, POL_1, POL_2, \dots, POL_h)$ . Перейти к п.3.

3. Определить характер взаимного расположения объектов  $L_i^1 \phi_k POL_t^1$  и  $L_x^2 \phi_k POL_y^2$ ,  $k = \overline{1...14}$ . Перейти к п.4.

4. Определить расстояние между объектами  $L_i^1 r_m POL_t^1$ ,  $L_x^2 r_m POL_y^2$ ,  $L_i^1 r_m L_{i_2}^1$ ,  $POL_{t_1}^1 r_m POL_{t_2}^1$ ,  $L_{x_1}^2 r_m L_{x_2}^2$ ,  $POL_{y_1}^2 r_m POL_{y_2}^2$ ,  $m = \overline{1...7}$ . Перейти к п.5

5. По следующим правилам на основе знаний экспертов оценить близость топологий:

1) ЕСЛИ  $(s=d)$  И  $(L_p^1 = L_p^2)$  И  $(POL_t^1 = POL_h^2)$  И  $(L_i^1 \phi_{k_1} POL_t^1)$  И  $(L_x^2 \phi_{k_2} POL_y^2)$  И  $(k_1 = k_2)$  И  $(L_i^1 r_{m_1} POL_t^1)$  И  $(L_x^2 r_{m_2} POL_y^2)$  И  $(m_1 = m_2)$  ТО *Степень\_близости\_топологий* = 1;

2) ЕСЛИ  $(s <> d)$  И  $(L_p^1 <> L_p^2)$  И  $(POL_t^1 <> POL_h^2)$  И  $(L_i^1 \phi_{k_1} POL_t^1)$  И  $(L_x^2 \phi_{k_2} POL_y^2)$  И  $(k_1 <> k_2)$  И  $(L_i^1 r_{m_1} POL_t^1)$  И  $(L_x^2 r_{m_2} POL_y^2)$  И  $(m_1 <> m_2)$  ТО *Степень\_близости\_топологий* = 0;

3) ЕСЛИ  $(s <> d)$  И  $(L_p^1 = L_p^2)$  И  $(POL_t^1 < POL_h^2)$  И  $((L_i^1 \phi_4 POL_t^1)$  И  $(L_i^1 r_2 POL_t^1$  ИЛИ  $L_i^1 r_3 POL_t^1))$  И  $((L_x^2 \phi_4 POL_y^2)$  И  $(L_x^2 \phi_3 POL_y^2)$  И  $(L_x^2 r_2 POL_y^2$  ИЛИ  $L_x^2 r_3 POL_y^2))$  ТО *Степень\_близости\_топологий* = 0,45;

**Вывод.** Отличительной особенностью предложенной геоинформационной модели определения близости логистических прецедентов является использование нечетких данных пространственно-временных, топологических отношений и накопленного опыта. По сравнению с известными, предложенная геоинформационная модель позволяет получать решения, адекватные опыту наблюдения реальных ситуаций.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Кофман А. Введение в теорию нечетких множеств: Пер. с франц. – М.: Радио и связь, 1982.

2. Гордиенко Л.В. Описание топологических отношений объектов в геоинформационной системе при управлении материальными потоками // Межотраслевой институт «Наука и образование» Ежемесячный научный журнал. 2014. № 3. С. 26 – 27.

3. Представление и использование знаний / под ред. Х. Уэно, М. Исидзука; пер. с яп. И. А. Иванова под ред. Н. Г. Волкова. - М.: Мир, 1989.

4. Берштейн Л.С., Боженьюк А.В. Введение в теорию нечетких графов: учеб. пособие. - Таганрог : Изд-во ТРТУ, 1999.

УДК 622.023.23:627.514:004

## РАЗРАБОТКА КОМПЬЮТЕРНОЙ ГИДРОГЕОМЕХАНИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ОГРАЖДАЮЩЕЙ ДАМБЫ ХВОСТОХРАНИЛИЩА

**А.И. Калашник**

кандидат технических наук, заведующий лабораторией, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Горный институт Кольского научного центра Российской академии наук, г. Апатиты, Россия, e-mail: [kalashnik@goi.kolasc.net.ru](mailto:kalashnik@goi.kolasc.net.ru)

**Аннотация.** Разработана гидрогеомеханическая 3D модель ограждающей дамбы хвостохранилища, отличительной особенностью которой является принцип интегрирования геолого-геометрических, геомеханических и гидрогеологических условий. Это позволяет, наряду с геомеханическими расчетами, выполнять и гидравлические, а также оценку устойчивости дамбы. Результаты исследований модели на примере одного из крупных хвостохранилищ Кольского региона получили заверку данными комплексных натурных наблюдений и ежемесячного мониторинга.

**Ключевые слова:** *дамба, хвостохранилище, гидрогеомеханическая модель.*

## DESIGN OF COMPUTER HYDRO-MECHANICAL MODEL FOR TAILINGS EMBANKMENT DAM

**Anatoly Kalashnik**

PhD (Eng.), head of laboratory, Mining Institute KSC RAS, Apatity, Russia; e-mail: [kalashnik@goi.kolasc.net.ru](mailto:kalashnik@goi.kolasc.net.ru)

**Abstract.** A hydro-mechanical 3D model has been designed for a tailings embankment dam, which distinguishing property is a principle of integrating geological-geometric, geomechanical and hydrogeological conditions. This allows both geomechanical and hydraulic calculations and a dam stability assessment. The model research results through the case study of a large tailing at the Kola region have been verified by the data of complex in-situ observations and monthly monitoring.

**Keywords:** *dam, tailing, hydro-mechanical model.*