

**АНАЛИЗ ФОРМАЛЬНЫХ ПОНЯТИЙ (АФП)  
В СОЦИАЛЬНО-ОРИЕНТИРОВАННЫХ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ**

С. П. Семенов, В. В. Славский, А. О. Ташкин

**Проект РФФИ 15-41-00092**

В мире уделяется особое внимание решению проблемы создания безбарьерной среды и улучшению качества жизни людей с ограниченными возможностями. Маломобильные граждане сталкиваются с двумя основными проблемами в перемещении: первая связана с физической недоступностью объектов социальной инфраструктуры (далее ОСИ), которая решается установкой конструкций на объекты застройки, вторая проблема заключается в недоступности информации о каждом объекте ОСИ [1, 2].

Цель данной работы состоит в описании методики построения математической модели социально-ориентированной геоинформационной системы (далее ГИС), направленной на удовлетворение информационных потребностей маломобильных групп населения (далее МГН). В исследовании предлагается формализовать систему ОСИ и множества их признаков в терминах теории анализа формальных понятий (АФП) [3, 4].

В ходе исследования были построены бинарные матрицы объектов и их признаков, а затем с помощью операторов Галуа определено множество формальных понятий. Для наглядного представления результатов использовались диаграммы Хассе для построения решеток формальных понятий, объектов и их признаков [5, 6, 7].

Были введены следующие обозначения:

О – Объекты социальной инфраструктуры, ОСИ, к примеру магазины, больницы, муниципальные учреждения, музеи, театры и др.

Р – Признаки, описывающие ОСИ, например количество этажей зданий или является ли данный ОСИ жилым зданием.

I – Отношение между ними, например обладает ли определенным признаком тот или иной ОСИ.

$I = \{ \langle oi, pj \rangle \}$

Пара  $\langle oi, pj \rangle$  показывает, что объект  $oi$  обладает признаком  $pj$ .

Формальный контекст – это тройка  $K = (O, P, I)$ .

Множество объектов  $O$  и их множество признаков  $P$  (формальный контекст) можно представить в виде бинарной матрицы. Имея два множества (объекты и их признаки), а также отношение между ними, с помощью операторов Галуа можно сформировать формальные понятия.

Операторы Галуа:

Для  $A \subseteq O$  и  $B \subseteq P$ .

$A' = \{ p \in P \mid \forall o \in A: (o I p) \}$

$B' = \{ o \in O \mid \forall p \in B: (o I p) \}$

$A'$  – множество признаков, которыми обладают все объекты из множества  $A$ .

$B'$  – множество объектов, которые обладают всеми признаками из множества  $B$ .

Формальное понятие  $(A, B)$  состоит из множества объектов  $A \subseteq O$  и множества признаков  $B \subseteq P$ , таких что  $B' = A$  и  $A' = B$ .

$A$  – называется объемом формального понятия (все объекты, написанные напротив данного понятия и всех понятий, менее общих, чем оно).

$B$  – называется содержанием понятия формального понятия (признаки, написанные напротив данного понятия и более общих понятий).

Пример бинарной матрицы объектов и их признаков

|    | P1 | P2 | P3 | P4 |
|----|----|----|----|----|
| O1 | 1  | 1  | 0  | 1  |
| O2 | 0  | 0  | 1  | 1  |
| O3 | 1  | 1  | 1  | 1  |
| O4 | 0  | 0  | 0  | 1  |

Построение решетки понятий начинается с удаления тривиальных признаков, которыми обладают все объекты (P4), а также тех объектов, которые не обладают ни одним из рассматриваемых нетривиальных признаков (O4). В результате такой редукции бинарная матрица приобретает вид:

Таблица 2

Редуцированная бинарная матрица объектов и их признаков

|    | P1    | P2    | P3    |
|----|-------|-------|-------|
| O1 | 1 ●   | 1 ●   | 0     |
| O2 | 0     | 0     | 1 ●   |
| O3 | 1 ● ● | 1 ● ● | 1 ● ● |

Затем находятся формальные понятия, то есть группы объектов и признаков взаимно плотно определяющие друг друга. В матрице контекста формальные понятия представляют собой максимальные подматрицы, состоящие из единиц, в данном случае максимальные подматрицы  $([o1, o3], [p1, p2])$  и  $([o2, o3], [p3])$ . Формальное понятие с подписью O3 имеет объем  $[o1, o3]$  и содержание  $[p1, p2, p3]$ . В Таблице 3 формальные понятия помечены фиолетовым, красным и зеленым цветом, а также представлены на рисунке 1 с помощью диаграмм Хассе.

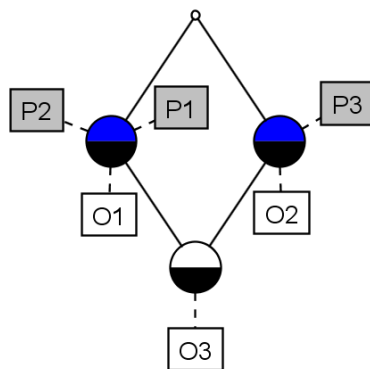


Рисунок 1 – Пример решетки формальных понятий

Каждая вершина решетки – это формальное понятие. Рядом с понятием пишутся объекты, которых нет в менее общих понятиях (находящихся под данным понятием), и признаки, которых нет в более общих понятиях. Находятся такие формальные понятия алгоритмом «замыкай по одному». Функция начинает работать с самого общего формального понятия, которое содержит все объекты и чаще всего ни одного признака. Затем находятся все остальные понятия рекурсивным добавлением признаков. Объем формального понятия – все объекты, написанные напротив данного понятия и всех понятий, менее общих, чем оно. Содержание формального понятия – признаки, написанные напротив данного понятия и более общих понятий.

Рассмотрим построение решетки формальных понятий на примере множества ОСИ и их признаков ГИС, направленной на удовлетворение информационных потребностей МГН.

Таблица ОСИ и их признаков

| №  | О – Объекты<br>Р – признаки     | Р1<br>Здание | Р2<br>Дорога | Р3<br>Социальный | Р4<br>Жилой | Р5<br>Доступный<br>для МГН |
|----|---------------------------------|--------------|--------------|------------------|-------------|----------------------------|
| O1 | Окружная клиническая больница   | 1            | 0            | 1                | 0           | 1                          |
| O2 | ЮГУ                             | 1            | 0            | 1                | 0           | 1                          |
| O3 | Торговый центр «Гостиный двор»  | 1            | 0            | 1                | 0           | 0                          |
| O4 | Улица Мира                      | 0            | 1            | 1                | 0           | 1                          |
| O5 | Мира, д. 100                    | 1            | 0            | 1                | 1           | 0                          |
| O6 | Светофор Красноармейская/Чехова | 0            | 1            | 1                | 0           | 1                          |
| O7 | Калинина, д. 26                 | 1            | 0            | 0                | 1           | 1                          |

В результате достаточной базы объектов социальной инфраструктуры и их признаков можно построить граф, используя диаграммы Хассе для визуализации решеток формальных понятий.

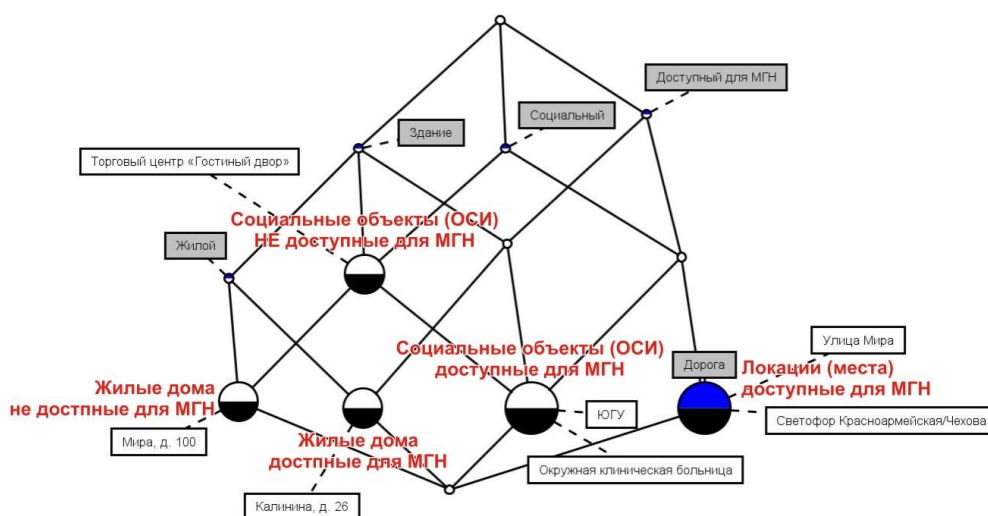


Рисунок 2 – Формальные понятия ГИС для МГН

Представлено теоретическое обоснование подходов к разработке социально-ориентированных геоинформационных систем на основе теории АФП посредством создания динамически обновляемого тезауруса знаний и представлений об объектах предметной области и представления в виде решеток формальных понятий. На основании данной методики возможно решение задач отбора необходимых пространственно-ориентированных данных, организации функции интеллектуального поиска и иных задач по информационному обеспечению маломобильных групп населения [8, 9].

### Литература

1. Игнатов, Д. И. Разработка данных систем совместного пользования ресурсами: от трипонятий к трикластерам [Текст] / Д. И. Игнатов, С. О. Кузнецов, Й. Пульманс // Математические методы распознавания образов: 15-я Всероссийская конференция. Сборник докладов. – М. : МАКС Пресс, 2011. – 618 с.
2. Семенов, С. П. Анализ информационных ресурсов, направленных на удовлетворение информационных потребностей людей с ограниченными возможностями [Текст] / С. П. Семенов, В. В. Славский, А. О. Ташкин // Вестник НГУ Серия: Информационные технологии. – 2016. – Том 14, Выпуск № 1. – С. 115. – ISSN 1818-7900.
3. Семенов, С. П. Интерактивная геоинформационная система для маломобильных граждан [Текст] / С. П. Семенов, А. О. Ташкин // Сборник научных статей международной конференции «Ломоносовские чтения на Алтае: фундаментальные проблемы науки и образования». Барнаул, 20–24 октября, 2015. – Барнаул : Изд-во Алт. ун-та, 2015. – 3797 с. – С. 1007–1010.

4. Семенов, С. П. Методика разработки геоинформационной системы для маломобильных граждан [Электронный ресурс] / С. П. Семенов, А. О. Ташкин // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 1. Режим доступа : <http://www.science-education.ru/115-12206> (дата обращения: 15.03.2016).

5. Семенов, С. П. Применение фолксномического подхода в разработке социально-ориентированных геоинформационных систем [Текст] / С. П. Семенов, А. О. Ташкин // Вестник ЮГУ. – 2014 г. – № 2 (33). – С. 94–99.

6. Семенов, С. П. Создание социально-ориентированных геоинформационных систем с применением возможностей фолксномического подхода [Текст] / С. П. Семенов, С. П. Кононенко, А. О. Ташкин // Материалы III международной научно-практической конференции Шестой технологический уклад: механизмы и перспективы развития 13–14 ноября 2015 г, г. Ханты-Мансийск. – Ханты-Мансийск : РИО ЮГУ, 2015.

7. Ташкин, А. О. Автоматизированная система предоставления услуг населению г. Ханты-Мансийска [Текст] / А. О. Ташкин // Материалы IV Международного IT-форума, г. Екатеринбург. – Екатеринбург : Изд-во Уральского университета, 2011 – С. 192–193.

8. Ташкин, А. О. Методика создания объединенной геопространственной базы данных для исследования анализа динамики экологических демографических и иных процессов [Текст] / А. О. Ташкин // Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Геоинформационные технологии в решении задач рационального природопользования», Югорский научно-исследовательский институт информационных технологий. – Ханты-Мансийск : ООО Изд-во Юграфика, 2013. – 385 с. – С 39–41.

9. Ташкин, А. О. Разработка геоинформационной системы для решения задач информационного обеспечения людей с ограниченными возможностями [Текст] / А. О. Ташкин, С. П. Семенов // Электронный сборник материалов II Международной научно-практической конференции «Шестой технологический уклад: механизмы и перспективы развития» – Ханты-Мансийск : Изд. Югорского гос. ун-та, 2013. – 149 с. – С. 105–107.