

## ПРИМЕНЕНИЕ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ПОДСИСТЕМАМИ ГЕОАНАЛИТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

**М.В. Альшевских**

amv18u116@student.bmstu.ru

*МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация*

Описана актуальность геопространственных информационных систем и их кооперация с искусственным интеллектом, которая порождает новое научное направление — геопространственный искусственный интеллект. Рассмотрена работа геоаналитической системы и выявлено потенциальное «узкое место». Для устранения проблемы предложено решение в виде планировщика, распределяющего задачи по подсистемам геоаналитической системы. Для реализации планирования рекомендовано использовать экспертную систему. Описаны особенности функционирования экспертной системы и ее взаимодействие с модулями подсистемы управления информационными потоками. Приведены выводы, сделанные в ходе написания статьи, о доработке и применимости экспертной системы с геоаналитической системой в других областях.

**Ключевые слова:** экспертная система, геопространственный искусственный интеллект, геоаналитическая система, подсистема управления, база знаний, геоанализ, большие данные

**Введение.** В настоящее время все более активно используются приложения, обрабатывающие географические/пространственные данные, начиная от разработок для обычных пользователей, таких как работа с картами или навигаторы, и заканчивая сложными системами, например, в авионике. Сложность таких систем постоянно растет. Основные функции геопространственных информационных систем (ГИС) — сбор, хранение, анализ и визуализация географической информации. С появлением и внедрением искусственного интеллекта в различные сферы деятельности человека образовалось новое научное направление — геопространственный искусственный интеллект (GeoAI). Системы, относящиеся к такому классу, называют геоаналитическими. Востребованность экспертной системы обусловлена ростом объема географических данных с учетом изменяющейся ситуации в регионах, требованием к качественному анализу пространственных данных и необходимостью прогнозирования ситуаций.

**Геоанализ больших данных.** Геоаналитическая система — система, выполняющая пространственный анализ и интерпретацию данных, связанных с местоположением и географическими характеристиками объекта, на основе геопространственного искусственного интеллекта (GeoAI) [1]. Простран-

ственный анализ включает процессы изучения местоположения, атрибутов и взаимосвязей в геоданных и состоит из следующих этапов: постановка проблемы, оценка исходных данных, выбор метода анализа, обработка данных.

Геоданные — информация, которая описывает географические объекты, расположенные на поверхности земли или вблизи нее. Геоданные подразделяют на три основных типа: картографические данные, атрибутивные данные и данные изображения.

Картографические данные относятся к векторному типу данных и включают координаты местоположения объекта на карте, а также пространственный тип объекта, определяющий его природу. Выделяют следующие базовые пространственные типы:

- точка (Point). Точки используются для представления пространственных характеристик объектов, местоположения которых соответствуют отдельным координатам ( $x$ ,  $y$  или долготе, широте);

- отрезок/линия (Linestring). Линии представляют такие объекты, как дороги или реки;

- многоугольник/полигон (Polygon). Полигоны используются для представления характеристик объектов, имеющих границы, таких как озера или страны;

- набор точек (MultiPoint);

- набор отрезков/линий (MultiLinestring);

- набор многоугольников/полигонов (MultiPolygon).

Атрибутивные данные — совокупность описательных данных пространственного объекта. Например, для какой-либо страны атрибутами являются: население, город-столица, площадь и др.

Данные изображения относятся к растровому типу и включают данные, созданные с помощью камеры, например, фото со спутника или аэрофотоснимки с летательных аппаратов.

В геоаналитической системе используются все типы геоданных, а значит, для корректной работы геоанализа требуется хранилище с большим объемом памяти для размещения всей совокупности данных. Кроме того, необходимы большие вычислительные мощности для проведения всех этапов анализа.

**Экспертная система для управления компонентами геоаналитической системы.** Геоанализ пространственных данных — это сложный процесс, предусматривающий несколько этапов. Кроме того, с помощью методов искусственного интеллекта геоаналитические системы должны также обеспечивать вопросы прогнозирования. Геоаналитические системы достаточно сложны, поэтому их, как и любые сложные системы, разбивают на подсистемы [2, с. 111]. Таких подсистем может накопиться достаточно большое коли-

чество (классификация по сложности от  $10^4$  до  $10^{200}$ ). Каждая подсистема выполняет свои функции и взаимодействует с другими подсистемами. Требуемое взаимодействие осуществляется с помощью протоколов передачи данных через Интернет. Чтобы минимизировать возможность выхода из строя всей системы при возникновении неисправности или в ходе атак, подсистемы размещают на разных серверах с разными ip-адресами и обмен информации происходит с помощью интернет-протоколов http или https.

Таким образом, в геоаналитических системах реализуется большое количество этапов обработки и используется большое количество подсистем и даже копий подсистем, для которых необходимо оценивать текущее состояние и планировать их работу.

В геоаналитических системах анализ происходит в несколько этапов, каждый из которых реализует своя подсистема. Существует несколько вариантов реализаций работы геоаналитической системы.

Первый вариант: строго определяется порядок взаимодействия подсистем. Если одна из подсистем занята, требуется ждать ее освобождения (рис. 1).

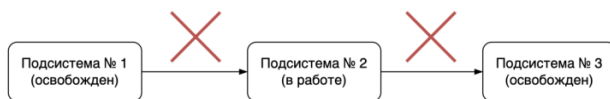


Рис. 1. Пример наличия узкого места

Второй вариант: создается несколько копий подсистемы ради ликвидации «узкого места», однако подсистеме, готовой отправить данные, необходимо определить, в какую копию их передать (рис. 2).

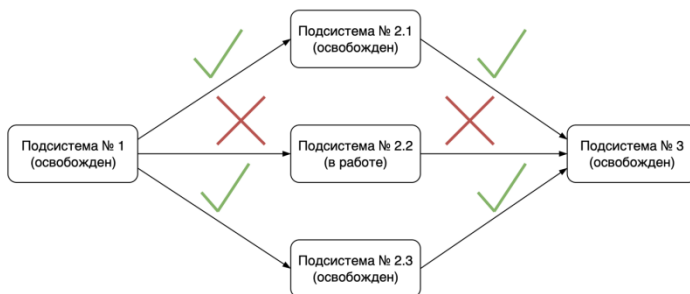


Рис. 2. Пример использования копий подсистемы для устранения узкого места

Третий вариант: существует несколько подсистем, каждая из которых должна обработать данные, однако порядок работы этих подсистем может быть произвольным (рис. 3).

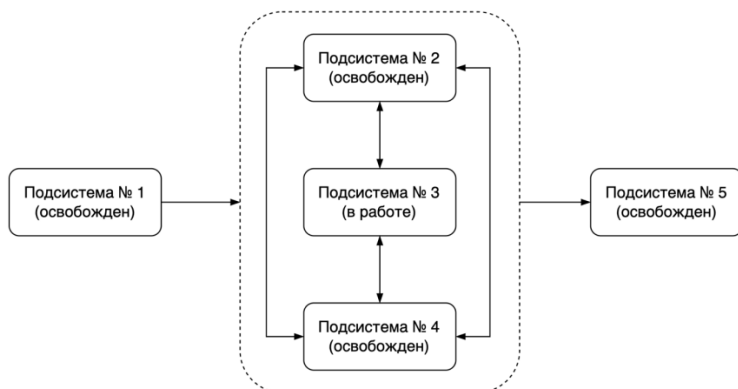


Рис. 3. Пример прохождения подсистем без соблюдения порядка действий

В любом из трех случаев требуется контролировать готовность очередной подсистемы к обработке данных. Для уменьшения числа запросов к подсистемам необходимо планирование порядка работы подсистем. Такое планирование можно реализовать с использованием экспертной системы (ЭС).

Экспертная система — это система искусственного интеллекта, в которой накоплены узкоспециализированные знания экспертов из конкретной области и которая моделирует рассуждения человека-эксперта [3, с. 12]. Любая ЭС включают в себя базу знаний, состоящую из набора фактов и правил. На основе знаний ЭС может сформулировать решение, провести диагностику или предоставить рекомендацию по достижению цели [4, с. 2]. Факты характеризуют объекты, свойства объектов, какие-либо процессы и др., правила фиксируют закономерности выбранной предметной области. Такие экспертные системы на основе базы знаний могут выдавать руководителю процесса рекомендации о том, какой этап производства необходимо выполнить следующим, а иногда полностью заменить руководителя процесса [5, с. 54].

#### **Особенности экспертной системы в геоаналитической системе.**

В настоящее время экспертные системы все чаще используются для управления процессами на производстве [6, с. 1]. Такие системы в большинстве случаев используют статическую базу знаний. Для геоаналитической системы необходима динамическая база знаний, учитывающая динамически меняющееся состояние подсистем [7, с. 8]. Факты для экспертной системы в геоаналитической системе учитывают состояние и свойства подсистем: название, идентификатор, статус, идентификатор и класс данных (с которыми подсистема работает), время начала и конца работы (если подсистема закончила работу) [8, с. 19]. Такие факты необходимо обновлять каждый раз при появ-

лении запроса на построение плана работ подсистем. Правила для экспертной системы в геоаналитической системе учитывают совокупность подсистем и условия их взаимодействия [9, с. 39]. Поскольку момент обновления состояния подсистемы не совпадает с моментом появления запроса на планирование работ, изменения состояния подсистемы хранятся в базе данных и используются экспертной системой при формировании плана работ.

Экспертная система включена в подсистему управления информационными потоками [10, с. 9] (рис. 4).

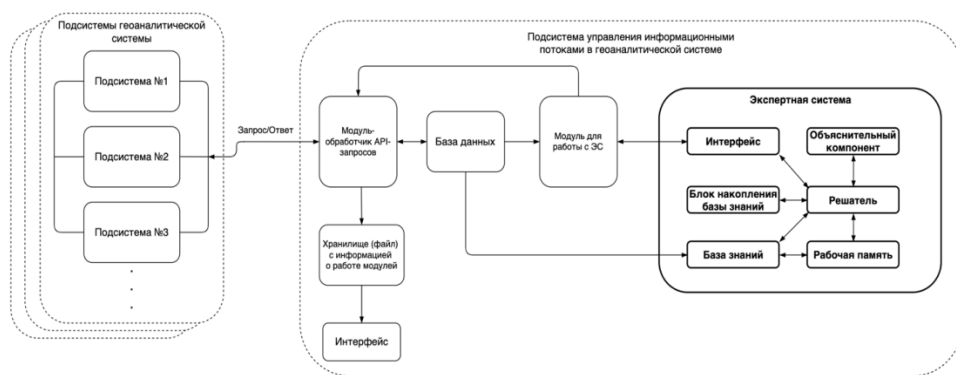


Рис. 1. Структурная схема подсистемы управления

Подсистемы геоаналитической системы передают сообщения о своем состоянии и свои атрибуты с помощью API-запросов. После получения сообщения от одной из подсистем API-запрос обрабатывается отдельным модулем-обработчиком. После этого информация обновляется в базе данных, где хранятся характеристики всех подсистем. Может быть использована любая реляционная база данных, к которой можно обращаться через SQL-запросы, написанные на декларативном языке программирования. Экспертная система с учетом изменения состояния подсистем формирует рекомендации по перераспределению информационных потоков. Экспертная система может быть реализована с помощью таких языков программирования, как prolog или lisp. Для контроля работы систем администратором подсистема управления должна иметь интуитивно понятный интерфейс, например в виде веб-страницы в браузера или в виде лог-файла.

**Заключение.** Экспертную систему геоаналитической системы можно улучшать и дорабатывать, добавляя новые факты и правила в базу знаний и анализируя ее рекомендации на выходе. От этого скорость поиска решения

экспертной системы уменьшится, а эффективность всей геоаналитической системы увеличится. Перспективы дальнейшего использования экспертных систем в геоаналитических системах весьма высоки, поскольку важно оперативно реагировать на быстроменяющиеся ситуации в регионах. Ситуации, в свою очередь, зависят от областей использования геоаналитической системы, которые могут быть следующими: мониторинг окружающей среды, городское планирование, распределение ресурсов здравоохранения, транспортно-логический сектор, автономные транспортные средства и др.

Поэтому применение экспертных систем в кооперации с геоаналитическими системами оправдано и делает их труднозаменимыми в управлении сложных проектов.

## Литература

- [1] Song Y., Kalacska M., Gašparović M., Yao J., Najibi N. Advances in geocomputation and geospatial artificial intelligence (GeoAI) for mapping. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 2023, vol. 120, art. 103300. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2023.103300>
- [2] Alastal A.I., Hassan Shaqfa A. Application Areas in Urban Planning and Development: Concepts, Opportunities and Challenges in Smart City (Kuwait, Study Case). *Journal of Data Analysis and Information Processing*, 2022, vol. 10, no. 2. <https://doi.org/10.4236/jdaip.2022.102007>
- [3] Джексон П. *Введение в экспертные системы*. Москва, Вильямс, 2001, 380 с.
- [4] Черненко В.В., Пискорская С.Ю. Экспертные системы. *Актуальные проблемы авиации и космонавтики*, 2012, т. 2, № 8, с. 322–323.
- [5] Джарратано Д., Райли Г. *Экспертные системы. Принципы разработки и программирование*. Москва, Вильямс, 2011, 775 с.
- [6] Мустафаева Д.Г. Мустафаев М.Г. Экспертные системы в организации и управлении производственных процессов. *Организатор производства*, 2013, № 3, с. 20–23.
- [7] Борисов В.В., Бобряков А.В., Мисник А.Е. *Экспертные системы*. Смоленск, Изд-во Универсум, 2021, 110 с.
- [8] Морозов В.А., Паутов В.И. *Представление знаний в экспертной системе*. Екатеринбург, Изд-во Урал. ун-та, 2017, 120 с.
- [9] Гаврилова Т.А., Хорошевский В.Ф. *Базы знаний интеллектуальных систем*. Санкт-Петербург, Питер, 2010, 640 с.
- [10] Юрин А.М. *Экспертные системы*. Казань, Казан. ун-т, 2015, 19 с.

**Поступила в редакцию 30.05.2024**

---

**Альшевских Максим Владимирович** — студент кафедры «Программное обеспечение ЭВМ и информационные технологии», МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация.

**Научный руководитель** — Толпинская Наталья Борисовна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Программное обеспечение ЭВМ и информационные технологии», МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация.

**Ссылку на эту статью просим оформлять следующим образом:**

Альшевских М.В. Применение экспертной системы для управления подсистемами геоаналитической системы. *Политехнический молодежный журнал*, 2024, № 05 (94). URL: [https://ptsj.bmstu.ru/catalog/icec/inf\\_tech/995.html](https://ptsj.bmstu.ru/catalog/icec/inf_tech/995.html)

## USING AN EXPERT SYSTEM IN MANAGEMENT AND CONTROL OF SUBSYSTEMS OF THE GEOANALYTICAL SYSTEM

M.V. Alshevskikh

amv18u116@student.bmstu.ru

*Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation*

The paper describes relevance of the geospatial information systems and their cooperation with the artificial intelligence, which gives rise to a new scientific area, i.e. geospatial artificial intelligence. It considers the geoanalytical system operation and identifies a potential “bottleneck”. To eliminate the problem, the paper proposes a solution in the form of a scheduler that distributes tasks among the geoanalytical system subsystems. It is recommended to use an expert system in the schedule implementation. The paper presents features of the expert system operation and its interaction with modules of the information flow management subsystem. Conclusions were made during the paper preparation. They consider the issues of refinement and applicability of the expert system with the geoanalytical system in other areas.

**Keywords:** expert system, geospatial artificial intelligence, geoanalytical system, control subsystem, knowledge base, geoanalysis, Big Data

---

***Received 30.05.2024***

**Alshevskikh M.V.** — Student, Department of Computer Software and Information Technologies, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation.

**Scientific advisor** — Tolpinskaya N.B., Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Department of Computer Software and Information Technologies, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation.

### **Please cite this article in English as:**

Alshevskikh M.V. Using an expert system in management and control of subsystems of the geoanalytical system. *Politekhnikheskiy molodezhnyy zhurnal*, 2024, no. 05 (94). (In Russ.). URL: [https://ptsj.bmstu.ru/catalog/icec/inf\\_tech/995.html](https://ptsj.bmstu.ru/catalog/icec/inf_tech/995.html)