

DOI:10.17308/978-5-9273-3692-0-2023-211-214

КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ СОЗДАНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ТЕРРИТОРИЕЙ**CONCEPTUAL AND PRACTICAL ASPECTS OF AI BASED TERRITORY MANAGEMENT DECISION SUPPORT SYSTEMS****Готов А.А.**

Glotov A.A.

e-mail: aleksglotov@mail.ru

ООО «Т2 Мобайл», Москва, Россия

T2 Mobile, Moscow, Russia

Аннотация. Современные подходы управления геосистемами основываются преимущественно на классических методологических подходах наук о Земле, при этом не учитываются подходы смежных направлений, таких как достаточно общая теория управления и теория игр. В данной работе представлены теоретические и прикладные аспекты разработки интеллектуальных систем управления территорией с использованием положений теории управления, теории игр и машинного обучения.

Abstract. Actual approaches in territory management field based on classical methodology Earth sciences, and doesn't apply methods and technologies from general governance theory and game theory. In this article we provide theoretical and practical aspects of AI territory management systems development using machine learning, general governance theory and game theory technologies.

Ключевые слова: геосистема, управление геосистемами, теория управления, теория игр, машинное обучение

Keywords: geosystem, geosystem management, control theory, game theory, machine learning

О задаче управления геосистемами с использованием современных информационных технологий. Решение задачи эффективного управления природными ресурсами, геосистемами лежит за рамками исключительно географических наук и требуют использования комплексного междисциплинарного подхода, основанного на синтезе географических знаний, теории игр, теории управления, а также современных подходов к анализу и обработке больших данных с использованием технологий машинного обучения. С нашей точки зрения, перспективным направлением выступает создание интеллектуальных информационных систем, предназначенных для поддержки принятия решений в рамках управления территорией (ИСУ). Некоторые методологические аспекты разработки интеллектуальных геоинформационных систем рассмотрены нами в работе [3].

Большинство классических географических исследований рассматривают динамику геосистем как комплекс факторов, связанных со спонтанной динамикой природных комплексов и влиянием антропогенных факторов [5, 6 и др.]. При этом не учитываются современные положения теории управления и математических дисциплин, описывающих принципы и правила взаимодействия различных субъектов, а также подходы теории управления, когда геосистемы выступают в качестве объекта управления.

В рамках данной работы мы опираемся на следующие принципы построения ИСУ:

Использование технологий обработки больших данных и машинного обучения.

1. Методологический синтез классического геосистемного подхода, теории управления и теории игр.

2. Использование методологии моделирования взаимодействия различных субъектов управления с использованием аппарата теории игр [1].

3. Формирование гибкой и масштабируемой базы знаний – «картины мира» ИСУ, описывающей ключевые понятия и отношения между ними.

4. Использование механизма обратной связи и активного обучения для повышения качества работы ИСУ в процессе эксплуатации.

5. ИСУ, разработанные с использованием вышеперечисленных принципов, могут повысить качество управления геосистемами и обеспечить рациональное использование природных ресурсов.

Геосистема как объект моделирования. Одним из ключевых моментов при построении интеллектуальных систем управления территорией является формализация принципов моделирования объекта управления. Классически в геоинформационных технологиях существует две базовые модели представления пространственной информации – растровая (континуальная) и векторная (дискретная), и информация о каждом наблюдаемом параметре представляется в виде отдельного набора данных или слоя. Что при этом считать геосистемой? В значительной степени методологические аспекты моделирования геосистем (ландшафтов) были описаны нами в работе [2]. В развитии представленных ранее идей нами был сформулированы два базовых принципа геоинформационного моделирования:

1. *Нулевая гипотеза геоинформационного моделирования или принцип пространственного объединения данных* – все данные (фиксируемые параметры), описывающие один и тот же участок территории относятся к одной геосистеме (рис. 1).

2. *Принцип временного контекста* – каждое значение наблюдаемых параметров, описывающих определенный участок территории, отражает не только текущее состояние геосистемы, но и является

проекцией протекающих динамических процессов на текущий момент времени. Иными словами, за каждым объектом или элементом растровой модели необходимо видеть колебательный процесс, а не только текущее состояние (рис. 2).

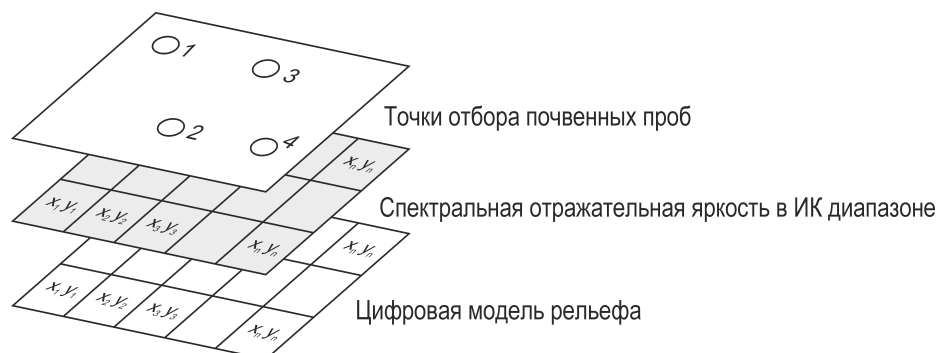


Рис. 1. Визуальное представление нулевой гипотезы геоинформационного моделирования

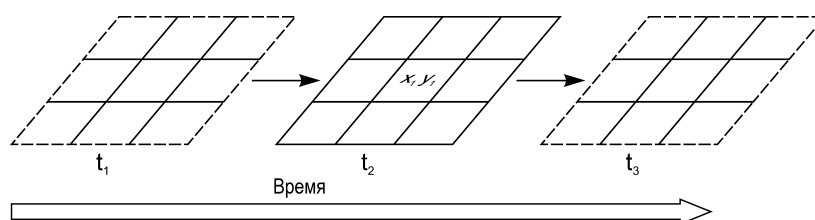


Рис. 2. Визуальное представление принципа временного контекста

Таким образом, геосистема с точки зрения моделирования может быть описана как множество параметров, фиксируемых в единой пространственной локации и обладающая некоторым системным (эмерджентным) свойством.

Геосистема как объект управления. Согласно базовым положениям Достаточно общей теории управления [4], любой объект или явление в рамках нашего мироздания можно представить как процесс управления или самоуправления. Исходя из данной методологической позиции, любая геосистема может быть рассмотрена как объект управления.

В любом процессе управления выделяются следующие ключевые элементы:

1. объект управления;
2. субъект управления;
3. среда функционирования, в которой находится объект управления;
4. цели управления.

Управление всегда осуществляется в соответствии с *полной функцией управления* – моделью жизненного цикла любого процесса управления от формирования целеполагания субъектом до расформирования систем управления после достижения целей. Любой процесс управления имеет цели, сформулированные в явном (по оглашению) или неявном (по умолчанию) виде. Также процесс управления растянут во времени и всегда оперирует последовательностью динамических состояний объекта управления.

Объект управления. Геосистема как объект управления, может быть представлена как матрица параметров, описывающих ее функционирование во времени:

$$\text{Geosystem} = \begin{matrix} & A1 & A2 & A3 \\ B1 & B1 & B2 & B3 \\ C1 & C2 & C3 \end{matrix}$$

Модель представления геосистемы в виде матрицы динамических признаков, где

{A, B, C} – множество параметров, описывающих геосистему,

{1,2,3,...,N} – множество моментов времени, в рамках которого осуществляется процесс управления

Субъекты управления. В целом в рамках функционирования геосистемы можно выделить следующие процессы управления (субъекты):

- внутренний процесс самоуправления геосистемы, выражающийся в естественной динамике;
- внешние процессы, количество соответствует наиболее значимым субъектам управления. Каждый внешний субъект обладает своим вектором цели в отношении объекта управления – желаемым состоянием объекта в будущем.

Каждый субъект управления может быть формализован следующим образом:

1. Набор параметров, описывающих непосредственно самого субъекта (кстати, при таком моделировании, субъект управления уже выступает в роли объекта управления)

2. Цели субъекта в отношении объекта управления. Цели субъекта могут быть выражены в следующем виде:

$T_i^S = \{A_i, B_i, C_i\}$ – желаемое целевое состояние объекта управления для S-субъекта в i-ый момент времени.

3. Каждый субъект обладает определенным пространством стратегий и возможных действий: $S = \{S_1, S_2, \dots, S_n\}$ – пространство действий, которые может предпринять S-субъект управления в отношении объекта.

Динамическая (игровая) модель управления.

Текущее состояние объекта управления – является равновесным относительно всех факторов среды (субъектов), оказывающих воздействие на него. Изменение равновесия предполагает изменение системы векторов управляющего воздействия.

Поскольку, как мы отмечали ранее, в большинстве случаев на объект управления воздействует несколько субъектов управления, то целесообразно в концептуальную модель управления геосистемами включить теоретико-игровую составляющую. С данной позиции различные субъекты могут играть в коалиционную игру, если желаемое состояние объекта управления для них обладает близким набором параметров; или в антагонистическую – если цели противоположны.

Таким образом, рассматривая динамику геосистемы в рамках игровой модели, мы можем предположить, что ее состояние в некоторый произвольный момент времени является сложением векторов воздействий частных процессов управления (включая процесс самоуправления).

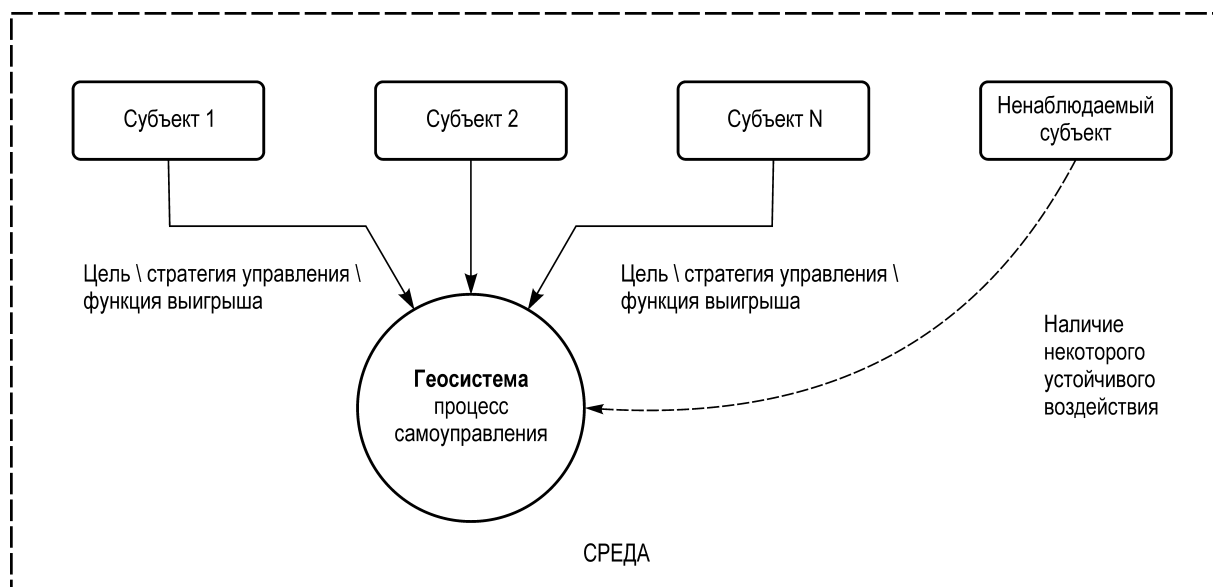


Рис. 3. Концептуальная схема процесса управления геосистемой

Следующим важным моментом является как мы можем оценить вклад частного процесса управления (или действий игрока). Это делается через расчет функции потерь (или выигрыша): в каждый момент времени, можно рассчитать функцию потерь для каждого из игроков как разность между состоянием объекта и целевым состоянием для субъекта:

$$L_i = [A, B, C] - [A_i, B_i, C_i]$$

Данная процедура может выполняться в каждый дискретный момент времени при изменении данных и позволит оценить эффективность частного процесса управления и субъекта управления.

Предлагаемая методология может быть применима для оценки эффективности управления территорией. Далее рассмотрим подходы к построению ИСУ на базе вышеописанных подходов.

Интеллектуальные системы управления территориями. Интеллектуальные системы управления территорией, как правило, предназначены для решения задачи аналитической поддержки принятия управленческих решений для *определенного субъекта управления (!)*. Важным моментом является то, что предложенные подходы могут быть заложены при построении систем общественного контроля за качеством управления геосистемами и рационального природопользования.

В число ключевых задач, которые может решать ИСУ можно включить:

1. идентификация и распознавание объекта управления;
2. идентификация и распознавание факторов среды, включая субъектов управления;
3. мониторинг объекта (отслеживание процесса управления);

4. идентификация целей субъектов управления;
5. восстановление функций стратегий управления;
6. моделирование сценариев управления;
7. сопровождение управления объектом в рамках заданного балансировочного режима (включая выработку воздействия по механизму обратной связи);
8. самообучение \ обучение с подкреплением;
9. оценка качества управления;
10. выработка управляющего информационного воздействия на субъектов управления с целью поддержания объекта управления в целевом состоянии;
11. прогнозирование состояния объекта управления;

В рамках данной работы предлагается концепция и первичная реализация ИСУ, целью которого является отслеживание состояния объекта управления в рамках заданного равновесного (балансирующего) состояния и информирование субъектов управления по механизму обратных связей с целью восстановления равновесного состояния.

То есть в данном случае предполагается задавать для ИСУ целевой набор параметров объекта управления, которые система должна отслеживать, и в случае смещения равновесия в сторону одного из заданных игроков – формировать информационное воздействие на других субъектов управления с целью возвращения объекта управления в заданный балансировочный режим.

В настоящий момент разработан прототип ИСУ «Геоаналитика». В качестве объекта управления в систему введены два класса геосистем – аграрные и лесные природные комплексы Воронежской области. Продолжительность рассматриваемого процесса – 7 лет, начиная с 2019 г.

В качестве ключевых субъектов управления рассматриваются: население Воронежской области, региональные органы исполнительной власти, сельхозтоваропроизводители, надзорные органы в области сельского хозяйства.

В качестве анализируемых параметров геосистем рассматриваются:

- показатели спектральной яркости, их отклонение от многолетних средних показателей;
- изменение площади;
- распознавание различных типов изменений (зарастание, эрозия, вырубки, гари и др.) и их количественные характеристики.

Результаты опытной эксплуатации прототипа ИСУ позволят проверить корректность и полноту методологических и технологических подходов, предложенных в рамках данной статьи и усовершенствовать их.

Литература

1. Вартаков С.А. Введение в теорию игр: учебное пособие для студентов / С.А. Вартаков. – Москва: МАКС Пресс, 2018. – 140 с.
2. Глотов А.А. Геоинформационное моделирование долинно-речных ландшафтов среднерусской лесостепи / А.А. Глотов, В.Б. Михно // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. – 2013. – № 1. – С. 47-52.
3. Глотов А.А. Интеллектуализация геоинформационных систем / А.А. Глотов // Геоматика. – Москва, 2015. – № 4. – С. 18 -25.
4. Достаточно общая теория управления: постановочные: материалы учебного курса факультета прикладной математики-процессов управления Санкт-Петербургского государственного университета. – Санкт-Петербург, 2003. – 419 с.
5. Мильков Ф.Н. Физическая география: учение о ландшафте и географическая зональность / Ф.Н. Мильков. – Воронеж: Издательство Воронежского государственного университета, 1986. – 328 с.
6. Сочава В.Б. Введение в учение о геосистемах / В. Б. Сочава. – Новосибирск: Наука, 1978. – 320 с