

УДК 658.012.011/.56.681

СИТУАЦИОННЫЙ ЦЕНТР УПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЕМ ТЕРРИТОРИИ: КОНЦЕПЦИЯ, АРХИТЕКТУРА, СХЕМА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ, ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Черемисина Евгения Наумовна¹, Спивак Лев Феликсович², Спивак Иван Львович³

¹Академик РАН, д.т.н., проф., директор Института системного анализа и управления, заведующая кафедрой САУ;

ГБОУ ВПО «Международный Университет природы, общества и человека «Дубна»,
Институт системного анализа и управления;
141980, Московская обл., г. Дубна, ул. Университетская, 19;
e-mail: e.cheremisina@geosys.ru.

²Доктор технических наук, профессор Института системного анализа и управления;

ГБОУ ВПО «Международный университет природы, общества и человека «Дубна»,
Институт системного анализа и управления;
141980, Московская обл., г. Дубна, ул. Университетская, 19;
e-mail: levspivak@mail.ru.

³Генеральный директор ООО «Риэл Гео Проджект», старший преподаватель Института системного анализа и управления;

ООО «Риэл Гео Проджект»;
141980, Московская обл., г. Дубна, ул. Программистов, 4, корп. 2, оф. 326;
ГБОУ ВПО «Международный Университет природы, общества и человека «Дубна»,
Институт системного анализа и управления;
141980, Московская обл., г. Дубна, ул. Университетская, 19;
e-mail: spivak@neolant.ru.

Статья посвящена проблемам создания ситуационного центра управления развитием территории (СЦУРТ) при Институте системного анализа и управления Международного университета «Дубна». Представлена схема информационных потоков, связывающих органы управления территорией, СЦУРТ и систему мониторинга. Предложена иерархия функций поддержки принятия решений (ППР), включающая пять уровней: описание текущего состояния территории, распознавание и ранжирование изменений, анализ тенденций, прогноз развития, выработка рекомендаций. Изложен единый методологический подход к реализации функций ППР, базирующийся на концепции объектной карты территории (ОКТ). Описано информационно-аналитическое обеспечение для реализации основных функций ППР в среде ГИС.

Ключевые слова: ситуационный центр, управление территорией, поддержка принятия решений, объектные карты территории, распознавание изменений, анализ тенденций, прогноз развития, выработка рекомендаций.

SITUATIONAL CENTER OF MANAGING THE DEVELOPMENT OF TERRITORY: CONCEPT, ARCHITECTURE, FUNCTIONING SCHEME, INFORMATION AND ANALYTICAL TOOLS

Cheremisina Evgenia¹, Spivak Lev², Spivak Ivan³

¹Academician of RANS, Doctor of Science in Engineering, Professor, Director of the Institute of Systems Analysis and Management, Head of «Systems Analysis and Management» department;

Dubna International University of Nature, Society and Man,
Institute of system analysis and management;
141980, Dubna, Moscow reg., Universitetskaya str., 19;
e-mail: e.cheremisina@geosys.ru.

²*Doctor of Science in Engineering, professor of Institute of system analysis and management; Dubna International University of Nature, Society and Man, Institute of system analysis and management; 141980, Dubna, Moscow reg., Universitetskaya str., 19; e-mail: levspivak@mail.ru.*

³*General director, Senior teacher; ООО «Real Geo Project», 141980, Dubna, Moscow reg., Programmistov srt., 4/2, 326; Dubna International University of Nature, Society, and Man, Institute of system analysis and management; 141980, Dubna, Moscow reg., Universitetskaya str., 19; e-mail: spivak@neolant.ru.*

The paper described experience in the creation of situational center of managing the development of territory in the Institute of System Analysis and Management of «Dubna» University. Presented the diagram of decision support, including five functions: a description of the current state, detection and ranking changes, trend analysis, forecast development, elaboration of recommendations. Proposed a unified methodological approach to the implementation of the decision support based on objects map of territory (OMT). Described methods and algorithms of decision support functions in GIS.

Keywords: situational center, managing the development of territory, decision support, objects map of territory, changes detection, trend analysis, forecast development, elaboration of recommendations.

Введение

По большому счету практика управления имеет дело с тремя типами сложных динамических систем: технологическими процессами, организациями и территориями. В историческом разрезе задачи управления территориями были сформулированы еще во времена Платона, задачи управления предприятиями и организациями обрели свой статус значительно позже, а задачи управления технологическими процессами порождены потребностями XX века. В тоже время степень автоматизации функций управления этими системами носит абсолютно противоположный характер. На сегодняшний день в мире создано огромное число успешно функционирующих автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП) и достаточно большое количество автоматизированных систем управления предприятиями (АСУП), а вот примеров удачно реализованных автоматизированных систем управления развитием территории (АСУРТ) практически нет. Этот парадокс объясняется, главным образом, различием в уровне сложности объектов и задач управления [1, 2].

АСУТП относятся к категории замкнутых систем, функционирование которых можно описать на языке конечных автоматов, в частности, используя НИРО-диаграммы по схеме «вход-обработка-выход», или представить в виде конечного графа, каждая вершина которого может быть описана по этой схеме. При этом как входные, так и выходные параметры измеряются в количественных шкалах. Эффективность функционирования АСУТП оценивается на основе формальных критериев, имеющих ясный физический смысл (количество произведенных продуктов, количество затраченных ресурсов или их комбинации). Современные АСУТП являются практически полностью автоматическими. Человек в них выполняет роль оператора, контролирующего ход процесса и при необходимости осуществляющего непосредственное вмешательство, предусматривающее конечный набор действий, определяемых инструкцией (регулирование, отключение, переход на специальный режим работы и т.п.). Квалификация оператора, хотя и является важным условием, обычно доступна широкому кругу людей и может быть приобретена в процессе обучения.

АСУП функционально являются более сложными, чем АСУТП. Они относятся к категории частично-открытых систем, которые должны эволюционировать на протяжении всего жизненного цикла объекта управления и адаптироваться с учетом изменений последнего. Предприятие, обычно, представляют в виде иерархической структуры подразделений и технологических процессов, связанных материальными, финансовыми и информационными потоками. В рамках АСУП может функционировать несколько различных АСУТП, но управление организацией нельзя свести только к управ-

лению технологическими процессами. В АСУП возникают новые важные задачи, связанные, в частности, с управлением персоналом. Деятельность организаций оценивается на основе множества комплексных экономико-социальных критериев, часть из которых недостаточно формализована. Хотя по вопросам управления организациями написано множество толстых учебников, компетенция и личные качества руководителя имеет ключевое значение. Хорошо известно, что несмотря на огромные затраты, вложенные в развитие теории управления организациями за последние 50 лет, число банкротств неуклонно возрастает [3].

Самые большие трудности связаны с созданием АСУРТ. Они относятся к категории открытых систем. АСУРТ в принципе нельзя построить сразу, в законченном виде. Она должна непрерывно расти и развиваться, что бы с одной стороны, адекватно отражать реальные изменения в состоянии территории, а с другой – наращивать функциональные возможности, обеспечивая расширение круга пользователей и приложений. Управление территорией качественно сложнее управления организацией. В пределах территории может функционировать множество различных организаций, каждая из которых преследует свои собственные интересы и выгоды. Сотрудники организаций связаны, прежде всего, совместной деятельностью и преследуют единую корпоративную цель. Для них важна общая прибыль. Население территорий связано, прежде всего, совместным проживанием. Для многих из них качество среды обитания, исторические и культурные традиции имеют не меньшую ценность, чем доходы.

Концептуальную основу теории организаций образуют идеи специализации и интеграции. В основу теории управления территориями, по-видимому, необходимо дополнительно положить принципы районирования, т.е. разделения территорий на однородные районы, кластеризации, рационального использования ресурсов и устойчивого развития [2, 4].

Несмотря на многократные попытки, построить адекватную нормативную теорию управления территориями пока никому не удалось. Тому есть ряд причин. Критерии управления территориями должны учитывать не только экономические и социальные, но и экологические, политические, нравственные, культурные, исторические, ментальные и другие факторы. Разработать такие критерии, которые позволили бы согласовывать и гармонизировать множество различных противоречивых интересов, не просто, да и вряд ли это в принципе возможно. Поэтому процесс принятия решений по управлению территорией – это всегда поиск компромисса различных интересов, часто по принципу выбора наименьшего из зол. При принятии решений руководители территорий могут опираться только на свой опыт да на советы великих предшественников. Они практически всегда находятся в условиях неопределенности и, зачастую, не могут рассчитать не только отдаленные, но и краткосрочные последствия своих решений. Даже возможности использования метода аналогий крайне ограничены. Поэтому роль первого руководителя – чрезвычайно важна. При одних руководителях территории благоденствуют, при других – приходят в упадок.

Сегодня в России недостаток научно-обоснованных методов и интеллектуальных технологий поддержки принятия решений особенно остро ощущается на муниципальном и региональном уровнях. Как показывает мировой опыт, эффективная система управления территорией должна базироваться на «трех китах»:

- системе мониторинга, обеспечивающей оперативный сбор разномасштабной информации, объективно отражающей текущее состояние дел в регионе;
- комплексе математических моделей, позволяющих строить научно-обоснованные прогнозы развития ситуации при различных начальных условиях и управляющих воздействиях;
- информационно-аналитических средствах, позволяющих генерировать, анализировать и выбирать наиболее предпочтительные рекомендации и сценарии управления.

Современные тенденции создания АСУРТ предусматривают интеграцию всех трех компонент в рамках ситуационных центров управления развитием территории (СЦУРТ). При этом система мониторинга служит информационным фундаментом, на котором выстраиваются аналитические средства прогнозирования и поддержки принятия решений (ППР). Как правило, СЦУРТ сопряжены с центра-

ми приема данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). Это существенно расширяет функциональные и пространственные возможности мониторинга.

Наиболее перспективной представляется организация СЦУРТ при федеральных и региональных вузах. Вузы располагают необходимой материально-технической базой и квалифицированным кадровым потенциалом, хорошо знакомым со спецификой местных условий и проблем. Кроме того, они пользуются финансовыми льготами при приобретении дорогостоящих технических и программных средств. Не менее важно, что организация СЦ при вузах позволяет существенно повысить качество профессиональной подготовки студентов, которые на стадии обучения получают возможность принять участие в решении актуальных практических задач и могут реально способствовать устойчивому развитию своих регионов.

В статье изложены принципы организации и архитектура СЦУРТ, который создается на базе института системного анализа и управления (ИСАУ) университета «Дубна». Планируется, что СЦУРТ будет ориентирован на обслуживание органов управления территориями трех масштабных уровней: области, района и города. При этом, независимо от масштаба территории, используется единая схема реализации функций поддержки принятия решений (ППР) [5].

Концептуальная схема поддержки принятия решений в системе управления развитием территории

На рис. 1 представлена укрупненная схема информационных потоков, связывающих органы управления территорией, СЦУРТ и систему мониторинга.

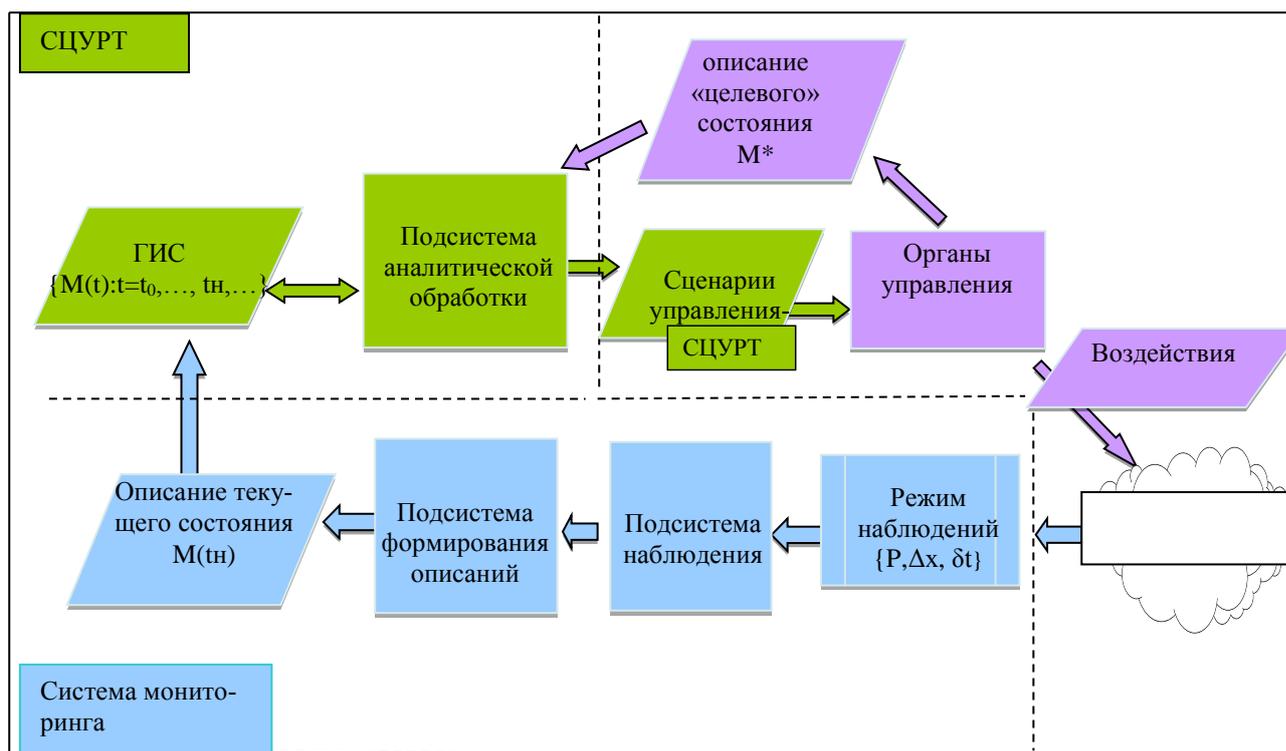


Рис. 1. Схема информационных потоков в системе управления развитием территории

В компетенцию органов управления территорией входит:

- определение целей и приоритетов развития территории, включая описание целевого состояния или целевой модели территории;

- выбор критериев для оценки текущего уровня развития территории и его «близости» к целевому;
- выбор управляющих воздействий (из набора предложенных альтернатив) с учетом их ожидаемой эффективности и возможных последствий;
- контроль реализации выбранных воздействий и их коррекция при необходимости.

Основное назначение СЦУРТ – информационно-аналитическое обслуживание органов управления для более эффективного выполнения этих функций. В отличие от кризисных центров, ориентированных на быстрое реагирование в условиях чрезвычайных ситуаций, СЦУРТ призван ежедневно снабжать лиц, принимающих решения (ЛПР) информацией, необходимой для выполнения повседневной работы по управлению территорией. Фактически СЦУРТ выполняет роль «интеллектуального шлюза» между системой мониторинга и ЛПР.

Система мониторинга отвечает за регулярную поставку объективной и полной информации о текущем состоянии потенциала территории, который определяется количеством и качеством населения, проживающего в пределах территории, природными ресурсами территории и социально-экономической инфраструктурой, созданной трудом поколений. Перечень измеряемых параметров (P), пространственные характеристики сети наблюдения (Δx) и режимы сбора данных (δt) определяются задачами управления. Результаты наблюдений используются для формирования описания состояния территории. На основе анализа описаний и вырабатываются рекомендации для принятия решения.

При создании СЦУРТ университета «Дубна» за основу была принята функциональная схема поддержки принятия решений, изображенная на рис. 2.



Рис. 2. Функциональная схема поддержки принятия решений по управлению развитием территории

Отметим, что схема носит итеративный характер и в процессе принятия решений может многократно повторяться, начиная с любой функции. Реализация каждой функции по существу сводится к решению соответствующей задачи. При этом задачи, находящиеся на более высоких уровнях иерархии, используют результаты решения задач нижележащих уровней. Следовательно, создание информационно-аналитического обеспечения (ИАО) СЦУРТ нужно осуществлять также снизу вверх, т.е. сначала реализовать функции описания и распознавания изменений (это позволяет решать, в частности, задачи учета и контроля использования природных ресурсов территории), а затем постепенно расширять аналитические возможности в направлении прогноза и выработки рекомендаций.

В настоящее время наиболее эффективные технологические решения задач управления развитием территорий базируются на использовании геоинформационных систем. Современные ГИС являются чрезвычайно мощным и очень удобным инструментом создания ИАО СЦУРТ. Ниже описана цепочка ГИС-технологий, позволяющая реализовать функций ППР для территорий различного масштаба.

Описание состояния территории

Первой и чрезвычайно важной функцией ППР является описание состояния территории. Подчеркнем, что от качества описания зависит точность решения всех остальных задач, в первую очередь, детектирование и ранжирование изменений в состоянии территории. Для описания различных категорий объектов (природные ресурсы, население, социально-экономическая инфраструктура) традиционно используют различные схемы и стандарты описания. В дальнейшем мы ограничимся описаниями пространственных и атрибутивных характеристик объектов, которые могут быть представлены в картографическом виде. Карты строятся в процессе мониторинга. Для построения карт могут быть использованы как космические снимки, так и данные наземных наблюдений. Процедура построения карт территории на основе космических снимков называется тематическим дешифрированием. Различают задачи объектного и параметрического дешифрирования / 6/. В результате объектного дешифрирования на снимках выделяются границы наземных объектов заданных классов подстилающей поверхности и строится растровая карта, каждый пиксель которой принадлежит объекту определенного класса. Перечень классов определяет содержательную нагрузку карты. Такие карты в дальнейшем будем называть объектной картой территории (ОКТ).

В каждый текущий момент времени t ОКТ t позволяет отображать множество фактов и утверждений следующих видов:

1) в пределах территории T имеются объекты разных классов. Перечень классов объектов определяется классификатором $A = \{A_k : k = \overline{1, K}\}$;

2) индивидуальный объект a_{kl} принадлежит классу A_k , т.е. $a_{kl} \in A_k : l = \overline{1, L}$;

3) границы индивидуального объекта задаются вектором координат $a_{kl}(X_s) = a_{kl}(x_1, \dots, x_s)$;

4) значение интегрального свойства c_i объекта a_{kl} в момент времени t равно q_t , т.е. $q_t = c_i[a_{kl}]$;

5) классы объектов A_{k1} и A_{k2} в момент времени t связаны отношением $R_t \{A_{k1}, A_{k2}\}$. В частности, бинарное отношение «граничить» представляет собой множество пар индивидуальных объектов имеющих общую границу.

Построенные по результатам мониторинга ОКТ накапливаются в ГИС территории, начиная с момента t_0 с определенным временным шагом Δt . Таким образом, содержание базы данных ГИС территории T представляет собой постоянно пополняемый временной ряд ОКТ, отражающий динамику изменения состояний территории:

БД ГИС (T) = {ОКТ $_{t_0}$, ОКТ $_{t_0+\Delta t}$, ..., ОКТ $_{t-\Delta t}$, ОКТ $_t$, ...}.

Распознавание и ранжирование изменений

Для детектирования изменений в состоянии территории необходимо регулярно сравнивать ОКТ, отвечающие последовательным моментам времени по схеме:

$$\{ \langle \text{Было (ОКТ}_{t_1}) \rangle \text{ ----} \rangle \langle \text{Стало (ОКТ}_{t_2}) \rangle \}.$$

Разумеется, для объективного выделения различий, ОКТ должны формироваться по единой технологии, обеспечивающей пространственное совмещение и равенство размеров всех пикселей раstra. В этом случае два состояния территории, представленные в виде ОКТ, будут иметь конечное число допустимых различий, перечень которых приведен в таблице 1. Таким образом, проблема сравнения ОКТ фактически сводится к регистрации соответствующих различий [7].

Таблица 1. Перечень допустимых различий ОКТ

Что изменилось	Было: ОКТ _{t1}	Стало: ОКТ _{t2}	Вид различия
Количество классов объектов	$A_{t_1} = \{A_k : k = \overline{1, K_{t_1}}\}$	$A_{t_2} = \{A_k : k = \overline{1, K_{t_2}}\}$	$K_{t_2} \neq K_{t_1}$
Количество объектов данного класса	$A_k^{t_1} = \{a_{kl} : l = \overline{1, L_{t_1}}\}$	$A_k^{t_2} = \{a_{kl} : l = \overline{1, L_{t_2}}\}$	$L_{t_2} \neq L_{t_1}$
Пространственное положение объекта	$X_{t_1} = (x_1, \dots, x_{S_{t_1}})$	$X_{t_2} = (x_1, \dots, x_{S_{t_2}})$	$X_{t_2} \neq X_{t_1}$
Площадь (количество пикселей) конкретного объекта	$q_{t_1} = c_i[a_{kl}]$	$q_{t_2} = c_i[a_{kl}]$	$q_{t_2} \neq q_{t_1}$
Суммарная площадь объектов данного класса	$Q_{t_1} = \sum c_i[a_{kl}(x_s)]$	$Q_{t_2} = \sum c_i[a_{kl}(x_s)]$	$Q_{t_2} \neq Q_{t_1}$
Пространственные отношения между объектами	$R_{t_1}\{A_{k_1}, A_{k_2}\} =$ $= \{k_1 \in K_{t_1}; k_2 \in L_{t_1}\}$	$R_{t_2}\{A_{k_1}, A_{k_2}\} =$ $= \{k_1 \in K_{t_2}; k_2 \in L_{t_2}\}$	$K_{t_2} \neq K_{t_1};$ $L_{t_2} \neq L_{t_1}$

Отметим, что обнаружить различия – только половина дела. На практике серьезной проблемой является их разделение на **существенные и не существенные** с точки зрения управления территорией. Для ранжирования изменений по важности необходимы специальные критерии.

Методика распознавания и количественной оценки изменений при сравнении ОКТ подробно описана в отдельной статье этого сборника [8]. Отметим, что интегральная мера, предусматривающая комплексную оценку обнаруженных различий с учетом их важности, имеет вид:

$$\Lambda(\text{ОКТ}_1, \text{ОКТ}_2) = f(\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4, \lambda_5)$$

где:

- $\lambda_1(\text{ОКТ}_1, \text{ОКТ}_2)$ – локальная мера, оценивающая различия в количестве классов объектов;
- $\lambda_2(\text{ОКТ}_1, \text{ОКТ}_2)$ – локальная мера, оценивающая различия в количестве объектов каждого класса;
- $\lambda_3(\text{ОКТ}_1, \text{ОКТ}_2)$ – локальная мера, оценивающая различия в площадях объектов различных классов;
- $\lambda_4(\text{ОКТ}_1, \text{ОКТ}_2)$ – локальная мера, оценивающая различия в пространственном положении объектов;
- $\lambda_5(\text{ОКТ}_1, \text{ОКТ}_2)$ – локальная мера, оценивающая различия в отношениях между объектами.

В простейшем случае интегральная мера может быть представлена линейной комбинацией локальных мер:

$$\Lambda(\text{ОКТ}_1, \text{ОКТ}_2) = \sum \delta_i \lambda_i(\text{ОКТ}_1, \text{ОКТ}_2); i = 1, \dots, 5,$$

где δ_i – весовые коэффициенты соответствующих различий.

Карты, интегральная мера различия которых меньше, считаются, соответственно, более похожими.

Примечание. При детектировании различий необходимо учитывать эффект накопления малых изменений. В частности, различия между последовательными (текущим и предшествующим) состоя-

ниями могут быть несущественными, но если сравнивать ОКТ, отвечающие началу и концу достаточно большого интервала времени, то изменения могут оказаться значимыми.

Анализ тенденций и прогноз развития

Результаты регистрации изменений используются для *анализа тенденций и прогноза развития*. Отметим, что анализ тенденций предусматривает не только выявление причин, вызвавших обнаруженные изменения, т.е. ответ на вопрос **почему** они происходят (эту функцию называют задачей диагноза), но и построение моделей, описывающих механизмы, порождающие эти изменения, т.е. ответ на вопрос **как**. В дальнейшем построенные модели применяются для прогноза возможных вариантов развития ситуации с учетом выявленных закономерностей и тенденций.

Решение задачи прогноза предусматривает генерацию будущих состояний территории. Классическая постановка задачи прогнозирования предусматривает наличие математической (процедурной) модели, задающей правила перехода от начального состояния в конечное. Формально такую постановку можно представить в виде:

$$CTt_n \rightarrow \{M_i: i = 1, m\} \rightarrow CTt_k, \text{ где:}$$

CTt_n – описание начального состояния территории в момент времени t_n ;

CTt_k – описание конечного состояния, отвечающее моменту времени t_k ;

$\{M_i: i = 1, m\}$ – система процедурных моделей, имитирующих процессы, порождающие изменения в состоянии объектов управления. В общем случае эти процессы могут носить естественный характер (природный источник) или вызываться управляющими воздействиями.

Но в задачах управления территориями, когда оценить вклад отдельных факторов или механизмов, а тем более количественно учесть степень их влияния не представляется возможным, использовать классический подход чрезвычайно сложно. Поэтому для прогноза развития территории предложен другой подход, применимый в ситуациях, когда в результате анализа динамики временного ряда удастся выделить интегральную тенденцию, отражающую совокупное воздействие множества факторов, построить уравнение тренда и по нему предсказать траекторию дальнейшего развития [9].

Соответствующая методика предусматривает анализ последовательности ОКТ и построение уравнения тренда (f), описывающего динамику изменений за период предшествующий текущему моменту времени t_n . Это уравнение и используется для продолжения временного ряда ОКТ на период прогноза:

$$\text{ОКТ}(t_0) \rightarrow \dots \rightarrow \text{ОКТ}(t_{n-1}) \rightarrow \text{ОКТ}(t_n) \xrightarrow{(f)} \text{ОКТ}(t_k).$$

Подчеркнем, что условия, определенные на начальный момент в постановке задачи прогнозирования, считаются неизменными в течение всего периода прогноза.

Выработка рекомендаций для принятия управленческих решений

Если результаты прогноза, по каким-либо причинам не устраивают ЛПР, необходимо что-то менять. Последний функциональный уровень схемы поддержки принятия решений и предназначен для выработки конкретных рекомендаций (управляющих воздействий) способных изменить ситуацию в нужную сторону.

Грубо, постановку задачи управления развитием территории, по аналогии с классическими задачами управления движением объектов, можно сформулировать следующим образом.

Пусть заданы:

- CTt_n – описание текущего состояния территории в момент времени t_n , когда требуется принять решение (соответствует начальному состоянию в постановке задачи).

- CT^* – целевое состояние, которого мы хотим достигнуть в идеале.

- $Cr = \{Cr_i : i = 1, \dots, m\}$ – множество допустимых сценариев управления (управляющих воздействий, планов действий). Каждому сценарию отвечает своя траектория развития и конечное состояние – $CTt_k(Cr_i)$.

Кроме того, каждому сценарию ставится в соответствие множество ресурсов, необходимых для его реализации (в простейшем варианте: деньги и время).

- K – критерий выбора наиболее подходящего сценария.

Требуется выбрать такой сценарий управления (траекторию развития), которому отвечает конечное состояние наилучшим образом удовлетворяющее критерию при заданных ограничениях на время и (или) стоимость решения.

В случае, когда начальное и целевое состояния представлены в виде ОКТ в качестве критерия удобно использовать интегральную меру близости конечных состояний к целевому, т.е. Λ (OKT^* , $OKTt_k(Cr_i)$), где: OKT^* – целевое состояние, а $OKTt_k(Cr_i)$ – конечное состояние отвечающее сценарию $Cr_i : i=1, \dots, m$.

Основная идея предлагаемого подхода заключается в том, что управляющие воздействия изменяют тенденцию динамики развития, что в свою очередь выражается в изменении типа и параметров уравнения тренда. Другими словами, изменяя динамические характеристики тренда, построенного на этапе прогнозирования, в частности уменьшая или увеличивая скорость, ускорение или темпы динамики, можно имитировать различные управляющие воздействия. Методика включает следующие этапы:

На первом этапе осуществляется построение (генерация) трендов, имитирующих реализацию альтернативных сценариев воздействия с целью изменения результатов прогнозирования в нужном направлении. В итоге строится множество уравнений трендов, каждое из которых реализует определенную стратегию воздействия (сценарий управления);

На втором этапе проводится имитационное моделирование в режиме «что будет, если ...», т.е. осуществляется прогноз динамики с использованием построенных трендов и формируется множество $\{OKTt_k(Cr_i) : i=1, \dots, m\}$ – конечных состояний, каждое из которых является результатом реализации соответствующего сценария.

На заключительном этапе проводится количественная оценка различий между конечными и целевым состоянием с использованием интегральной меры Λ (OKT^* , $OKTt_k(Cr_i)$) и ранжирование рекомендаций по степени их близости к целевому состоянию. Иллюстрация описанной схемы представлена на рис. 3.

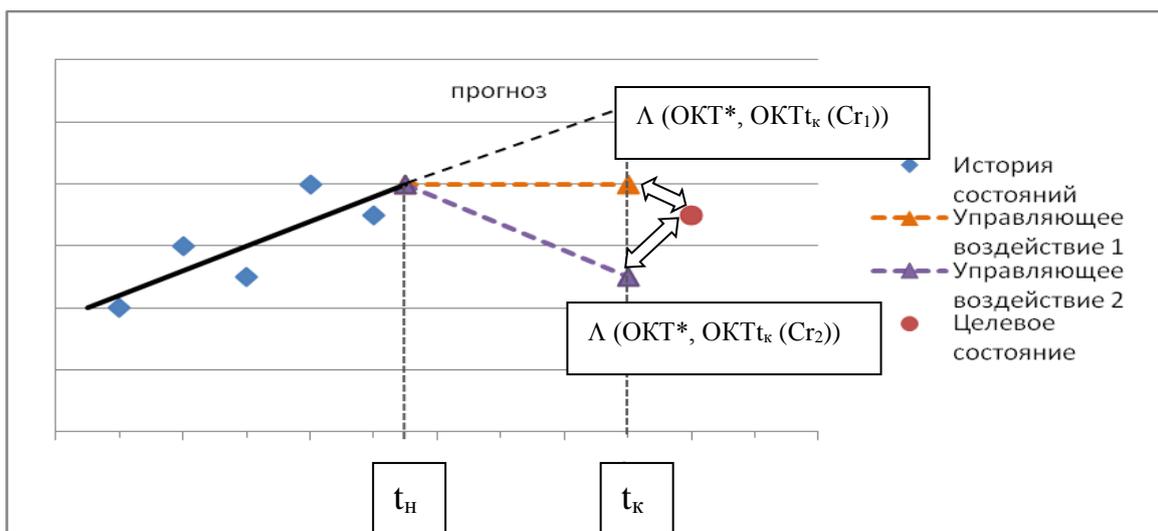


Рис. 3. Иллюстрация к схеме выбора управляющих воздействий

Полученные оценки передаются ЛПР. Отметим, что прежде чем принять окончательное решение, ЛПР должен иметь возможность рассмотреть всю последовательность действий, выполнявшихся в процессе подготовки рекомендаций, и их результаты, включая:

- описание целевого состояния;
- временной ряд ОКТ;
- наиболее важные изменения, их темпы и масштабы;
- диагностику причин изменений;
- уравнения тренда, которое использовались для прогноза и результаты прогноза;
- перечень допустимых сценариев (управляющих воздействий) и затраты, необходимых для их реализации;
- результаты имитационного моделирования для различных управляющих воздействий с оценкой рисков ожидаемых последствий как положительных, так и негативных.

Если у ЛПР остаются сомнения в выборе, он может инициировать повторение процесса поддержки принятия решения с любой процедуры с учетом возникших соображений.

В перспективе на заключительном этапе ключевую роль будет играть база знаний (БЗ), в которой накапливается и систематизируется реальный опыт управления территорией. В частности, БЗ должна содержать информацию о том, какие управляющие воздействия в каких ситуациях применялись и к чему это привело в следующем формате:

< ситуация – прогноз – рекомендации – управляющие воздействия – последствия (изменения) ожидаемые – последствия фактические – выводы >.

Организация БЗ позволит повысить не только эффективность использования информационно-аналитического (интеллектуального) потенциала СЦ, но и его способность к обучению. При этом, содержание БЗ так же должно постоянно уточняться и корректироваться, в первую очередь, на основе анализа различий между результатами модельных прогнозов, ожидаемыми и фактическими последствиями управляющих воздействий [5].

Список литературы

1. Черемисина Е.Н., Спивак И.Л. Концептуальные основы построения автоматизированных систем управления территориями // Геоинформатика. – 2011. – № 4. – С. 14-46.
2. Воронин Ю.А., Черемисина Е.Н. О базовых задачах искусственного интеллекта в мультидисциплинарных исследованиях. – Новосибирск: ИВГи МГ СО РАН, 2001. – Ч.1. – 2002. – Ч.2.
3. Артемьева Е.Н. Анализ статистики банкротств в США (2005-2010г.г.). – [Электронный ресурс]. URL: <http://www.bankruptcyaction.com>.
4. Воронин Ю.А., Спивак Л.Ф. Теория районирования и управление территориями. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2004. – С. 230.
5. Черемисина Е.Н., Спивак Л.Ф., Спивак И.Л. Информационно-аналитическое обеспечение ситуационного центра управления территорией // Геоинформатика. – М.: ВНИИгеосистем, 2013. – № 3. – С. 1-7.
6. Спивак И.Л. Задачи тематического дешифрирования в системах космического мониторинга // Геоинформатика. – М.: ВНИИгеосистем, 2010. – №4. – С. 61-65.
7. Спивак Л.Ф., Спивак И.Л. Методика количественной оценки изменений картографических результатов мониторинга // Геоинформатика. – М.: ВНИИгеосистем, 2010. – № 2. – С. 41-46.

8. Спивак Л.Ф., Спивак И.Л., Соколов А. Интерактивный комплекс сравнения цифровых карт. // Системный анализ в науке и образовании: сетевое научное издание. – 2014. – №2. – [Электронный ресурс]. URL: <http://www.sanse.ru/archive/32>.
9. Афанасьев В.Н., Юзбашев М.М. Анализ временных рядов и прогнозирование. – М.: Финансы и статистика; ИНФРА-М, 2012. – С. 320.