

Р.Г.Болбаков

# Принятие решений в геоинформационных системах

Рассмотрены методы и технологии принятия решения при помощи геоинформационных систем. Показана возможность многоаспектного применения системного анализа при управлении с помощью ГИС. Показан информационный канал управления с помощью ГИС. Показано, что управление с помощью ГИС осуществляется в цифровом и визуальном варианте.

Ключевые слова: управление, пространственный анализ, принятие решений, геоинформационные системы

R.G.Bolbakov

## Decision-making in geoinformation systems

The article analyzes the methods and technologies of decision making with the help of geographic information systems. The article shows the possibility of multi-dimensional analysis of the application of the system in the management of GIS. The article argues that GIS creates an information channel management, in addition to organizational management. The article proves that the management of GIS comes in digital and visual form.

Keywords: management, spatial analysis, decision making, geoinformation systems

**В**ведение. В 1996 году правительством В. Черномырдина было принято постановление «ГИС как орган государственной власти». Однако до настоящего времени это постановление реализовано частично. Это обусловлено отчасти недостаточной разработанностью технологии принятия решений с применением ГИС. Теория принятия решений [1] определяет методы выбора решений в различных ситуациях. По мере развития общества и усложнения управленческих задач усложняются условия, в которых оказывается лицо принимающее решение (ЛПР). В современном обществе возрастает роль информационных технологий [2] как инструмента управления. В данной статье рассмотрены особенности и уточнены основные понятия системного анализа, концепция к постановке задачи принятия решений с использованием ГИС для выбора альтернатив при принятии решений.

ГИС как человеко-машинная система. Информационная теория управления [3] призвана дать ответы на два вопроса: 1. Какие информационные модели важны для данного выбора решений; 2. Как сопоставить информационные модели, факты, информационные ситуации и информационные процессы, чтобы получить логически обоснованное и достоверное решение. Рациональное решение должно быть эффективным по выбранным

критериям эффективности [4]. При стратегии выигрыша эффективным будет решение с максимальным выигрышем. При затратной стратегии эффективным будет решение с минимальными потерями. При сравнительной стратегии эффективным будет решение с максимальной предпочтительностью [5] перед другими

Когда принятие решений сталкивается с человеко-машинной системой (ЧМС) [6], ошибочные действия могут привести к невыполнению ЧМС своих функций. В условиях ускорения принятия решений выбор правильного и научно-обоснованного решения приобретает первостепенное значение. В настоящее время разработана система мер по управлению с использованием ЧМС [7]. Применительно к пространственной информации разработан комплекс методов по ее использованию для управления, основным из которых является применение ГИС. Данный метод, реализованный в геоинформационных технологиях, нашел широкое применение включая пространственную экономику и теорию управления [8].

Первоначально применение ГИС сводилось к накоплению данных и фактов и визуальной интерактивной обработке информации. Но поскольку ГИС использует геоданные, которые являются системным интегрированным информационным ресурсом [9], то мож-

но говорить об интеграционном управлении с применением ГИС. Интеграционный аспект управления состоит в появлении дополнительных отношений и связей, объединяющих ранее разрозненные данные отдельных наук о Земле. Появление дополнительных отношений и связей позволяет объединять различные виды информации и знаний и получать на этой основе новые модели и новое знание.

Особенности современных геоинформационных систем. В настоящее время геоинформационные системы как правило, являются сложными системами. Поэтому следует говорить о ГИС как о сложных организационно-технических системах (СОТС) [10] или о сложных технических системах (СТС) [11]. Различие определяется типом управления. При рассмотрении ГИС как СОТС в управление включается когнитивный фактор [12]. При рассмотрении ГИС как СТС, ГИС рассматривается как чисто технологическая схема принятия решений. Это более простой вариант использования ГИС который входит и также в СОТС.

Важной особенностью ГИС является высокий уровень системности. Как техническую систему ее можно рассматривать как сложную систему (техническую или субстанциональную). Технологии применения ГИС также можно рассматривать как сложную систему (процессуальная система). Наконец, данные ГИС – геоданные, являются системным информационным ресурсом [9] (сложная система данных). Это в совокупности дает основание применять системный анализ для анализа управленческих возможностей ГИС.

С технологических позиций можно говорить об использовании ГИС в управлении как о СТС. ГИС как система управления - это внутренне организованная целостная система, в которой все элементы связаны друг с другом и создают на основе этой связи эффект эмерджентности. Отметим основные свойства ГИС, которыми она должна удовлетворять как СТС [13]. Это целостность, структурность, наличие устойчивых связей между элементами системы. При этом различают системно образующие и вспомогательные связи.

Рассмотрение ГИС как сложной системы дает основание применять системный анализ для исследования ее управленческих возможностей. Системный управленческий анализ целесообразно начинать с выявления и четкого формулирования конечных целей системы управления. Далее необходимо рассматривать проблему также как сложную систему и анализировать последствия и взаимосвязи каждого частного решения, согласовывать цели подсистем с общей целью системы, выявлять и анализировать возможные пути достижения цели и выбирать из них наиболее эффективные.

Один из важных факторов эффективности управления учет жизненного цикла управленческой системы, так его этапы оказывают влияние на эффективность управления. Кроме того само управление, как сложная система, также имеет свой жизненный цикл. Принимать решения приходится на всех стадиях жизненного цикла. Согласно национальному российскому стандарту «Информационная технология. Системная инженерия. Процессы жизненного цикла систем ISO/IEC15288:2002» различают семь стадий жизненного цикла [14]: стадия замысла; стадия разработки; стадия производства; стадия применения; стадия управления в поддержке применения; стадия прекращения применения и списания. Дадим краткий комментарий некоторым элементам.

1. Замысел: Определение потребности заказчика. Исследование концепции. Формирование предложений по жизнеспособным решениям.

2. Разработка: Уточнение требований к системе. Создание проекта решения. Построение системы. Проведение верификации и валидации системы.

3. Производство: Производство системы. Инспектирование и тестирование.

4. Эксплуатация: Использование системы для удовлетворения нужд заказчиков.

5. Сопровождение: Обеспечение поддерживаемых системных возможностей.

6. Снятие с эксплуатации: Хранение, архивирование или списание системы

7. Утилизация.

Требуют пояснения понятия верификации и валидации сложной технической системы. Верификация (verification) – подтверждение на основе представления объективных свидетельств того, что установленные требования к функционированию системы были выполнены. Верификация является совокупностью действий по сравнению реальных функций СТС с требуемыми согласно ее функциональным характеристикам.

Валидация (validation) – подтверждение того, что функциональные характеристики СТС реализованы. Валидация в контексте жизненного цикла системы является совокупностью действий, гарантирующих способность системы выполнять заданные функции в соответствии с установленными целями и назначением.

Концепция принятия решений и выбора альтернатив. Стратегия выбора может быть основана на комплексных методах применения пространственных моделей и алгоритмов. При создании управленческих проектов лицо, принимающее решение (ЛПР), сталкивается с задачами принятия решений на этапах стратегического прогнозирования, планирования,

распределения ресурсов и формирования (синтеза) альтернативных решений и пр. Решение таких задач сводится к выбору одного или нескольких лучших альтернативных вариантов из заданного набора множеств [15]. Для того чтобы сделать такой выбор, необходимо четко определить цель, задачи и критерии (совокупность показателей качества), по которым будет проводиться та или иная оценка для некоторого набора альтернативных вариантов.

Существует множество различных подходов для выбора обоснованных решений при выборе управленческих проектов [16]. Приведем один из подходов применительно к критериальному выбору.

Пусть  $d$  - некоторое решение, возможные варианты которого определены на допустимом множестве  $D$ . Качество принимаемого решения ЛПР оценивается  $n$  скалярными критериями  $R_j, j=1,2, \dots, n$ , оценки по которым образуют вектор эффективности  $r(r_1, r_2, \dots, r_n)$ . Этот вектор и связан с альтернативой  $d$  функциональным отображением

$$F: d \rightarrow r(d)$$

Оценка эффективности может быть сравнительной и абсолютной. При абсолютной оценке критериальная оценка  $r(d)$  для варианта  $d$  зависит только от этого варианта и не зависит от того, какие другие варианты включены в множество  $X$ . После получения абсолютной оценки для каждого варианта происходит сравнение альтернатив по абсолютным оценкам.

При сравнительной оценке [5] критериальная оценка  $r_i(d)$  для варианта  $d_i$  зависит от оценок  $r_j(d)$   $j \neq i$  других вариантов включенных в множество  $X$ . Сравнительная оценка получается сразу для всех вариантов.

Технология постановки задачи управления в принятии решения при разработке проекта решения при помощи ГИС включает: пространственный анализ, разработку сценария, построение пространственных и математических моделей, реализацию решения с контролем на визуальном уровне. Последнее является существенным преимуществом ГИС перед другими системами управления, поскольку визуальный анализ позволяет подключать когнитивную графику и когнитивные методы управления [12].

Выбор того или иного метода принятия решений зависит от количества и качества имеющейся информации. Как правило, такая информация черпается из геоданных [9]. Данные, необходимые для осуществления обоснованного выбора, можно разделить на четыре категории: информация об альтернативных вариантах, информация о критериях выбора, информация о предпочтениях, информация об оценке эффективности решения.

Показатель эффективности решения оценивает качественную и количественную степень достижения цели [17], а критерий эффективности является некоторым правилом, с помощью которого по данному показателю эффективности выбирается наиболее предпочтительный вариант решения.

Процедура принятия решений при использовании ГИС. При выборе альтернатив важным этапом является процесс принятия решений. Этот процесс является сложным, состоящим из ряда этапов. Рассмотрим процессы принятия решений при формировании управленческого решения. Управленческое решение рассматривается как иерархическая сложная система. Схема приведена на рис.1.

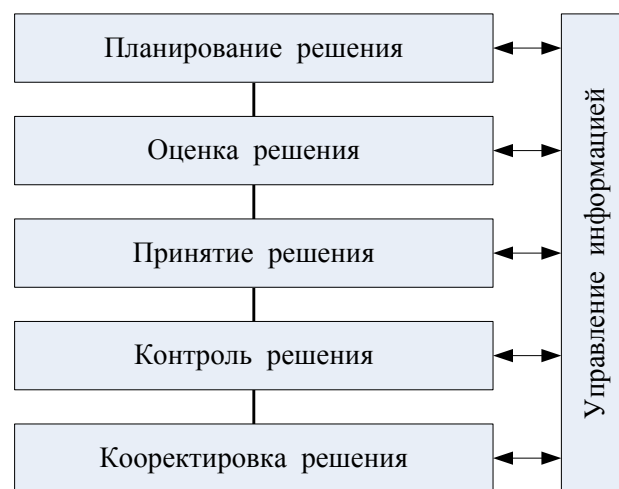


Рис.1. Схема принятия решений с использованием ГИС

Некоторые этапы, приведенные на рис.1, включают ряд дополнительных процессов. Этап оценка решения включает процесс оценки рисков. Этап принятие решения включает процессы управления конфигурацией ГИС. Особенность схемы на рис.1 в том, что она является двухканальной. Один канал является организационно-технологическим. Второй канал является информационным. Информационный канал управления осуществляет функции поддержки управления, контроля или дублирования. Все зависит от оперативности решения. Основными является канал с минимальным временем реакции. Кроме того, информационный канал для ГИС также является двойным. Он включает визуальное управление и цифровое управление.

Одной из особенностей применения ГИС является то, что ГИС формирует информационную модель, которая называется проектом. Процессы проекта используются для установления и выполнения планов, оценки фактических достижений и продвижений проекта в соответствии с планами и для контроля выполнения проекта вплоть до его завершения.

Отдельные процессы проекта могут осуществляться в любой момент жизненного цикла и на любом уровне иерархии проектов как в соответствии с проектными планами, так и с учетом непредвиденных обстоятельств. Уровень точности и формализации, с которой осуществляются процессы проекта, зависит от сложности самого проекта и проектных рисков.

Планирование исследования операции, оценка и контроль являются ключевыми процессами практически для всех видов управления. Управление на основе проекта ГИС включает определение статуса проекта. В ходе этого анализа реализации проводится оценка развития проекта и достижений относительно требований, планов и целей бизнеса. В случае обнаружения существенных отклонений (разрывов) информация сообщается в систему управления для осуществления корректирующих управляющих воздействий.

В системном анализе считают, что выбор - это уже принятие решений. Однако из представленных элементов процесса принятия решений (рис.1) виден ряд вспомогательных корректирующих и дублирующих этапов. Цель процесса контроля решения заключается в организации исполнения плана решения и обеспечении гарантий реализации решения в соответствии с заданными планами и графиками.

В результате управления процессом принятия решений:

- определяются и совершаются корректирующие действия, если результаты проекта не соответствуют запланированным заданиям;
- инициируется перепланирование проекта, если цели проекта или ограничения изменились, или допущены, сделанные при планировании, оказались неверными;
- санкционируются действия по переходу от одного запланированного этапа или события к следующему (при условии успешной реализации предыдущего этапа или события).

В соответствии с ГОСТ ИСО 15288- 2002 цель принятия решений заключается в выборе из существующих альтернатив наиболее предпочтительного направления проектных действий. Это повышает значение теории предпочтений [5] как сравнительного метода оценки проекта. Альтернативные действия анализируются, и выбирается направление действий. Решения и их обоснование документируются для поддержки принятия решений в будущем. В результате осуществления комплексного процесса принятия решений:

- определяется стратегия принятия решений с помощью ГИС;
- определяются альтернативы с использованием ГИС;
- выбирается наиболее предпочтительная

альтернатива на основе критериального подхода с использованием абсолютной или сравнительной оценки направление действий;

- принятое решение прорабатывается в визуальном и цифровом варианте.

Современные ситуационные комнаты основаны на концепции двойного решения в цифровом и визуальном вариантах.

Технология принятия решения включает разные по качеству этапы. В общем виде процесс принятия решения с технологической точки зрения может быть представлен в следующей последовательности:

Этап 1. Декомпозиция стратегической цели на частные цели.

Этап 2. Анализ ресурсов для достижения целей.

Этап 3. Формирование решений на основе имеющихся ресурсов.

Этап 4. Формирование решений на основе информационной ситуации и информационной позиции объекта управления.

Этап 5. Комплексная оценка (верификация и валидация) решений.

Этап 6. Реализация решения.

Этап 7. Контроль и корректировка решения.

Этап 1 является важным и определяющим, так как дает переход от абстрактных целей и задач к реальным целям.

На втором этапе исследуются реальные ресурсы системы. Методологической основой этого этапа является системный анализ с использованием экспертных методов.

На третьем этапе технологические решения становятся ресурсопригодными для данной организации.

На четвертом этапе технологические решения корректируются с учетом действий конкурентов и реальной окружающей ситуации

На пятом этапе осуществляется комплексный анализ и прорабатываются сценарии развития решений и варианты решений.

Важным является шестой этап, на котором необходимо реализовать решение с учетом динамики изменения ситуации.

Седьмой этап реализует корректирует первоначальное решение. Если в процессе его реализации произошли изменения, не учтенные при формировании решения.

Процесс принятия решений может проходить по иерархической [18] или сетцентрической [19] схеме. При этом ГИС использует факторы, которые другие системы управления использовать не могут. Это пространственные отношения и пространственный анализ.

Заключение. ГИС имеет все компоненты автоматизированной системы управления [20]. В тоже время она позволяет использовать методы информационного управления, причем в цифровом и визуальном вариантах.

Процедура принятия решений с помощью ГИС позволяет использовать системный анализ для анализа ГИС как СТС, для системного анализа технологий управления и для анализа

данных (геоданных) которые использует ГИС при формировании управленческого решения. Этим повышает управляемость решения, надежность решения и снижаются риски.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Тихонов А.Н., Цветков В.Я. Методы и системы поддержки принятия решений. - М.: МаксПресс, 2001. -312с.
2. Кульба В.В., Кононов Д.А., Малюгин В.Д., Цыганов В.В. Теоретические основы информационного управления // Информационные войны. - 2008. - №2(6). - С.16-25.
3. Цветков В.Я. Информационное управление. - LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, Saarbrücken, Germany 2012 -201с.
4. Диневич В. А., Рогачев С. В., Якунина Н. И. Показатели и критерии эффективности управления. – М.: Мысль, 1975.
5. Цветков В.Я. Основы теории предпочтений.- М.: Макс Пресс, 2004. - 48с.
6. Омельченко А. С. ГИС как человекo-машинная система и семь принципов академика Глушкова // Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. 2006.- №3 - с. 127-133.
7. Гладун В. П. Партнерство с компьютером. Человекo-машинные целеустремленные системы - Киев: Port-Royal, 2000.
8. Маркелов В.М. ГИС как системы управления транспортом . // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. 2013. – №2. – с.85.-87.
9. Савиных В.П., Цветков В.Я. Геоданные как системный информационный ресурс // Вестник Российской Академии Наук, 2014, том 84, № 9, с. 826–829. DOI: 10.7868/S0869587314090278.
10. Тихонов А. Н., Иванников А. Д., Соловьёв И. В., Цветков В.Я. Основы управления сложной организационно-технической системой. Информационный аспект. - М.: МаксПресс, 2010.-228с.
11. Железнов И. Г. Сложные технические системы (оценка характеристик). – М.: Высшая школа, 1984.
12. Болбаков Р. Г. Основы когнитивного управления // Государственный советник. – 2015. - №1. – с45-49.
13. Прангншвилл И.В. Системный подход и общесистемные закономерности. - М.: СИНТЕГ, 2000. - 528 с.
14. ГОСТ Р. ИСО/МЭК 15288 - 2005. Национальный российский стандарт. Информационная технология. Системная инженерия. Процессы жизненного цикла систем. - М. Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии, 2006. - 54 с.
15. Льюс Р. Д., Райфа Г. Игры и решения. М.: Наука, 1964.
16. Микони С. В. Многокритериальный выбор на конечном множестве альтернатив - СПб.: Лань. – 2009. – 273с.
17. V. Ya. Tsvetkov. Conceptual Model of the Innovative Projects Efficiency Estimation // European Journal of Economic Studies, 2012, Vol.(1), №1. – p.45-50.
18. Т. Саати. Принятие решений. Метод анализа иерархий/ Перевод с английского Р. Г. Вачнадзе. – М.:Радио и связь, 1993. -278с.
19. Тихонов А.Н., Иванников А.Д., Соловьёв И.В., Цветков В.Я., Кудж С.А. Концепция сетцентрического управления сложной организационно-технической системой. - М.: МаксПресс, 2010.-136с.
20. Цветков В.Я., Кужелев П.Д. Геоинформационные системы как новые автоматизированные системы управления // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. - 2003. - №1.- с.115-124.

#### **Информация об авторе:**

**Болбаков Роман Геннадьевич**  
(Россия, Москва)

Доцент, кандидат технических наук  
Московский государственный технический  
университет радиотехники, электроники и  
автоматики

E-mail: bolbakov@mirea.ru

#### **Information about the author:**

**Bolbakov Roman Gennad'evich**  
(Russia, Moscow)

Associate Professor, PhD in Technical Sciences,  
Moscow State Technical University  
of Radio Engineering, Electronics  
and Automation

E-mail: cvj2@mail.ru