

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ В УПРАВЛЕНИИ: КАК ПРИНИМАТЬ РЕШЕНИЯ В СЛОЖНЫХ СИСТЕМАХ

И.А. Куликов¹, Д.А. Седых¹, С.П. Дудник¹, П.Д. Вытовтов¹

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова»

Аннотация. В статье рассматриваются современные подходы к системному анализу и моделированию процессов принятия решений в сложных организационных системах. Проведен анализ методов: метод анализа иерархий, ситуационное моделирование и экспертные системы. Особое внимание уделено проблемам формализации целевых установок и выбора оптимальных управленческих решений. Рассмотрены перспективные направления интеграции методов в автоматизированные системы поддержки принятия решений.

Ключевые слова: системный анализ, принятие решений, моделирование, метод анализа иерархий, экспертные оценки.

SYSTEM ANALYSIS IN MANAGEMENT: HOW TO MAKE DECISIONS IN COMPLEX SYSTEMS

I.A. Kulikov¹, D.A. Sedykh¹, S.P. Dudnik¹, P.D. Vytovtov¹

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov

Abstract. The article discusses modern approaches to system analysis and modeling of decision-making processes in complex organizational systems. The analysis of methods is carried out: the analytic hierarchy process, situational modeling and expert systems. Special attention is paid to the problems of formalizing target settings and choosing optimal management solutions. Promising directions for integrating methods into automated decision support systems are considered.

Keywords: system analysis, decision making, modeling, analytic hierarchy process, expert assessments.

Введение

В современных условиях управление организационными системами (ОС) становится всё более сложной задачей. Такая тенденция обусловлена увеличением числа взаимосвязей между элементами систем, высокой динамичностью

внешней среды и необходимостью поиска баланса между противоречивыми критериями при выработке управленческих решений. Руководители различных уровней ежедневно решают задачу выбора наилучшего варианта действий в ситуациях, когда исходные данные часто являются неполными либо противоречивыми, а принимаемые решения способны повлечь значительные последствия.

Базой для решения подобных задач выступает системный анализ – методологический подход, позволяющий структурировать проблему, декомпозировать её на составные части и выбирать адекватные способы её разрешения [1]. В отличие от интуитивных методов, системный анализ опирается на научные принципы, что способствует повышению прозрачности и объективности процесса принятия решений.

Современные условия диктуют необходимость решения ряда сложных проблем, среди которых:

- ограниченность и низкая достоверность исходных данных;
- субъективизм мнений экспертов и лиц, принимающих решения;
- трудности формализации качественных целей;
- наличие множества критериев, нередко противоречащих друг другу;
- постоянная изменчивость внешней среды и необходимость учёта будущих трендов.

Для преодоления указанных препятствий широко применяются методы математического моделирования и имитационного анализа. Они позволяют проигрывать различные сценарии развития ситуации и оценивать возможные последствия без риска для реальной системы [2]. Такой подход даёт возможность проверять гипотезы на виртуальных моделях – что особенно актуально в случаях, когда экспериментирование на реальных объектах затруднено либо сопряжено с высокими затратами.

Цель исследования – всестороннее рассмотрение современных методик системного анализа и моделирования, используемых в сфере поддержки управленческих решений, выявление их сильных и слабых сторон, а также определение перспективных направлений их развития и практического внедрения.

Теоретические основы системного анализа

Системный анализ представляет собой научный метод, направленный на исследование сложных систем путём выявления взаимосвязей между их элементами и оценки влияния этих связей на общее состояние объекта. В числе основных принципов данного метода можно выделить следующие.

– Целостность. Система трактуется как единое образование, свойства которого не сводятся к сумме свойств составляющих её компонентов.

– Иерархичность. Любой объект может быть рассмотрен как часть более крупной системы, а сама система – как элемент вышестоящего уровня.

– Структурированность. Анализу подвергается внутреннее устройство элементов и характер связей между ними.

– Множественность представлений. Для полноценного понимания сложных систем строится множество их моделей, отражающих различные аспекты.

– Динамичность. Системы развиваются во времени, и учёт их изменений является обязательным условием анализа.

Этапы проведения системного анализа

Практическая реализация системного анализа включает последовательное выполнение следующих этапов:

1. Определение проблемы – формулировка целей и границ исследования.
2. Структурирование системы – выделение элементов и связей между ними.
3. Моделирование – создание формализованных описаний системы.
4. Анализ моделей – проведение экспериментов и изучение поведения системы в различных условиях.
5. Оценка вариантов – сравнение решений по выбранным критериям.
6. Выбор решения – определение наиболее подходящей альтернативы.
7. Анализ последствий – прогнозирование влияния выбранного варианта на систему.

Основные методы системного анализа в задачах управления

Метод анализа иерархий (МАИ)

Этот метод, разработанный в 1970-х годах американским ученым Томасом Саати, широко применяется при решении задач с несколькими критериями. Он позволяет разбивать проблему на иерархические уровни, сравнивать альтернативы по каждому из них и формировать приоритеты.

Этапы АИП включают:

- Создание иерархической модели (цель, критерии, альтернативы);
- Попарное сравнение элементов каждого уровня;
- Расчет локальных приоритетов;

- Проверка согласованности суждений;

Однако, как отмечается в статье В. Г. Горбунова «Сравнительный анализ методов «Прометей» и нечетких отношений в условиях принятия решений», классический АИП имеет ограничения, связанные с обработкой локальных приоритетных векторов. [3] В этой статье также рассматриваются модификации, повышающие точность результатов, что особенно важно в задачах, требующих высокой надежности. Этот метод успешно применяется при выборе стратегии развития, распределении ресурсов и оценке кадрового потенциала, особенно при наличии качественных критериев.

Моделирование сценариев (ситуационное моделирование)

Этот подход используется для анализа функционирования сложных систем в условиях неопределенности и внешних воздействий. Он позволяет разрабатывать возможные сценарии развития событий и оценивать устойчивость системы к различным возмущениям.

Ключевые этапы:

1. Идентификация возможных ситуаций и факторов неопределенности.
2. Построение модели, описывающей поведение системы в различных условиях.
3. Генерация сценариев развития событий.
4. Оценка последствий реализации каждого сценария.
5. Разработка рекомендаций по действиям в различных ситуациях.

Сумин, В. И. в своих статьях подчеркивает значимость формализации целей и построения сетевых моделей, связывающих цели, ресурсы и возможные действия. Такой подход позволяет не только реагировать на текущие проблемы, но и предвидеть негативные сценарии, что повышает эффективность управленческих решений. [4, 5]

Экспертные системы и методы обработки экспертной информации

Качественное решение во многом зависит от компетентности лиц, принимающих решения, и привлеченных экспертов. В этой связи актуально использование методов формирования экспертных групп. В исследовании Сумина, В. И. «Особенности выбора членов экспертной группы для анализа функционирования сложной организационной системы силовых структур» анализируются осо-

бенности подбора участников, что влияет на точность итоговых оценок. Неправильный подбор экспертов может нивелировать преимущества даже самых современных методов анализа данных. [6]

Таблица 1 – Детальное сравнение методов моделирования процессов принятия решений

Метод	Область применения	Преимущества	Недостатки	Необходимые ресурсы
Аналитический иерархический процесс	Многокритериальный выбор, ранжирование альтернатив	Наглядность, возможность учета качественных факторов, встроенная проверка согласованности	Субъективизм попарных сравнений, трудоемкость при большом числе альтернатив	Эксперты, программное обеспечение для расчетов
Моделирование сценариев	Анализ сценариев, управление в реальном времени, стратегическое планирование	Учет динамики и неопределенности среды, возможность проигрывания "что-если" сценариев	Высокая сложность разработки моделей, необходимость в квалифицированных аналитиках	Специализированное ПО, базы данных, эксперты
Экспертные системы	Диагностика, прогнозирование, консультирование	Использование накопленных знаний, постоянная доступность, документирование логики вывода	Узкая специализация, сложность адаптации к новым ситуациям, трудоемкость извлечения знаний	Инженеры по знаниям, эксперты предметной области
Имитационное моделирование	Исследование сложных динамических систем, оптимизация процессов	Высокая наглядность, возможность учета стохастичности, эксперименты без риска	Требует много времени на разработку, сложность верификации	Мощные компьютеры, специализированное ПО

Для обработки экспертных мнений используют различные методы:

- Статистические – расчет средних значений, коэффициентов согласованности.
- Методы ранжирования – учет порядка предпочтений.
- Нечеткая логика – работа с лингвистическими переменными, например, «высокий риск» или «низкая вероятность».

Моделирование в автоматизированных системах поддержки решений

Понятие и архитектура СППР

Интеграция рассмотренных методов в единую информационную среду приводит к созданию автоматизированных систем поддержки принятия решений (СППР). Такие системы не только предоставляют ЛПР необходимую информацию, но и выполняют расчеты по моделям, предлагая оптимальные или рациональные варианты решений.

Современные СППР состоят из следующих компонентов:

- База данных – хранит информацию о текущем состоянии системы.
- База моделей – содержит математические, имитационные и другие модели.
- Интерфейс пользователя – обеспечивает удобное взаимодействие ЛПР с системой.
- Подсистема вывода – реализует алгоритмы поиска решений.
- Подсистема объяснений – поясняет, почему предложен тот или иной вариант.

Примеры практического применения

Примером успешного применения системного анализа может служить алгоритмическая модель СППР «Оптимальный учебный план», описанная в статье М. В. Юрчишиной «Алгоритмическая модель СППР “Оптимальный учебный план”». Данная система позволяет решать сложную задачу распределения учебной нагрузки и формирования расписания с учетом множества ограничений и предпочтений. Вузы ежегодно сталкиваются с необходимостью составления расписания для тысяч студентов и сотен преподавателей. Ручное решение этой задачи практически невозможно, а использование СППР позволяет найти компромиссный вариант, удовлетворяющий большинство участников процесса. [7]

Другой пример – разработка интеллектуальных систем управления качеством на предприятиях, описанных в статье С.М. Бантюкова «Создание интеллектуальной системы управления качеством предприятия «Эталон» в авиационной промышленности», где моделирование позволяет отслеживать отклонения параметров продукции и своевременно корректировать технологические процессы. В авиационной промышленности, где цена ошибки особенно высока, такие системы позволяют выявлять потенциальные дефекты на ранних стадиях производства. [8],

Существенной характеристикой подобных систем выступает их архитектура. В настоящее время СППР всё чаще проектируются на основе сервис-ориентированной архитектуры (Service-Oriented Architecture, SOA), что обеспечивает им масштабируемость и гибкость. Такие системы интегрируются с действующими учётными системами (ERP, CRM), извлекая из них необходимую для анализа информацию. Параллельно активно развиваются веб-ориентированные решения, благодаря которым управление системами становится возможным через интернет с любых устройств.

Проблемы и ограничения системного анализа

Теоретические проблемы

Несмотря на значительные успехи в области моделирования систем, существует ряд проблем, требующих дальнейшего изучения:

1. Проблема верификации и валидации моделей. Насколько точно модель отражает реальность и можно ли доверять полученным с ее помощью прогнозам? Верификация проверяет, правильно ли реализована модель (соответствует ли замыслу), а валидация – соответствует ли модель реальному миру. Для сложных систем полная валидация часто невозможна.
2. Проблема сложности. Стремление учесть все факторы приводит к чрезмерно сложным моделям, которые трудно понять и использовать. С другой стороны, слишком простые модели могут упускать существенные аспекты.
3. Проблема неопределенности. Многие параметры систем известны лишь приблизительно или могут меняться со временем. Как учитывать эту неопределенность при принятии решений?

Практические проблемы

На практике специалисты сталкиваются с такими трудностями, как:

- Нехватка данных – для точных расчетов нужны большие объемы качественных данных, которые часто отсутствуют [9].
- Сопротивление персонала – люди могут не доверять компьютерным рекомендациям или саботировать внедрение новых методов.
- Высокая стоимость – разработка и внедрение сложных систем анализа требует значительных затрат.
- Быстрое устаревание – модели, построенные на данных прошлых периодов, могут быть неприменимы в быстро меняющихся условиях.

Перспективные направления развития

Искусственный интеллект и машинное обучение

Одним из наиболее перспективных направлений является использование методов искусственного интеллекта, особенно машинного обучения, для автоматического выявления скрытых закономерностей в данных и пополнения базы знаний экспертных систем. Нейронные сети способны находить сложные нелинейные зависимости, а технологии глубокого обучения позволяют работать с неструктурированными данными – изображениями, текстами, звуковыми сигналами, что значительно расширяет возможности анализа.

Гибридные методы

Развиваются гибридные решения, сочетающие несколько подходов: аналитические модели и имитационное моделирование, экспертные оценки и анализ данных, оптимизацию и машинное обучение. В статьях «Моделирование возникновения внутренних напряжений в сложной структуре материала и Выбор критерия оптимальности при принятии управленческих решений в сложных технических системах» показано, что комбинирование различных методов позволяет компенсировать слабые стороны каждого из них и получать более надежные и точные решения для управления сложными системами. [10, 11]

Виртуальные копии (цифровые двойники)

Концепция цифровых двойников становится все более популярной. Это виртуальные модели реальных объектов или процессов, которые постоянно синхронизируются с физическими системами через датчики. Такие двойники позволяют прогнозировать состояние системы и управлять ей в реальном времени, что уже широко используется в промышленности, логистике и энергетике, и начинает проникать в сферу управления организационными структурами.

Когнитивные технологии

Когнитивные системы, которые имитируют человеческое мышление, становятся важным направлением развития. Они способны понимать язык, учиться в процессе работы, формулировать гипотезы и предлагать инновационные решения. Внедрение когнитивных технологий в системы анализа расширяет их возможности и позволяет получать более неочевидные инсайты.

Заключение

Анализ систем и моделирование – важнейшие инструменты повышения эффективности управления сложными организациями. Методы, такие как аналитический иерархический процесс, сценарное моделирование и экспертные системы, позволяют структурировать задачи и находить обоснованные решения в условиях многокритериальности и неопределенности.

Ключевые выводы:

1. Системный анализ предоставляет методологическую основу для решения сложных управленческих задач, позволяя разбивать их на более простые компоненты.
2. Существует широкий спектр методов моделирования, каждый из которых имеет свою область применения, преимущества и недостатки.
3. Интеграция этих методов в современные СППР открывает новые возможности для автоматизации управленческого труда и повышения качества принимаемых решений.
4. На пути применения системного анализа существуют как теоретические, так и практические проблемы, требующие дальнейших исследований.

Дальнейшие исследования в этой области должны быть направлены на:

- совершенствование математического аппарата, особенно в части работы с неопределенностью;
- разработку эффективных методов верификации и валидации сложных моделей;
- активное внедрение технологий искусственного интеллекта для адаптации систем к изменяющимся условиям;
- создание доступных инструментов, которые могли бы использовать не только специалисты, но и руководители-практики.

Системный анализ не заменяет человеческую интуицию и опыт, но вооружает руководителя надежным инструментарием, позволяющим принимать более

обоснованные и взвешенные решения. В условиях растущей сложности современного мира значение системного подхода будет только возрастать.

Список литературы

1. Шагеев, Д. А. Поиск решения проблемы выбора формы свёртки локальных векторов с целью повышения точности измерений в методе анализа иерархий / Д. А. Шагеев // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 95-105. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-93-103.
2. Высоцкая, И. А. Поиск множества допустимых управленческих решений в технических системах / И. А. Высоцкая // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 1. – С. 35-42. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-35-42.
3. Горбунов, В. Г. Сравнительный анализ методов «Прометей» и нечетких отношений в условиях принятия решений / В. Г. Горбунов, О. Л. Бордюжа, А. А. Пак // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 1. – С. 42-56. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-42-56.
4. Сумин, В. И. Использование ситуационного моделирования в разработке систем принятия решений для сложных организационных систем / В. И. Сумин, А. С. Кравченко, А. В. Толкачев // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 71-79. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-69-77.
5. Сумин, В. И. Разработка сетевой модели целевых установок сложных организационных систем специального назначения / В. И. Сумин, А. С. Кравченко, С. В. Родин // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 79-87. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-77-85.
6. Сумин, В. И. Особенности выбора членов экспертной группы для анализа функционирования сложной организационной системы силовых структур / В. И. Сумин, А. С. Дубровин, И. С. Кущева // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 4. – С. 77-83. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-77-83.
7. Юрчишина, М. В. Алгоритмическая модель СППР «Оптимальный учебный план» / М. В. Юрчишина, К. И. Бушмелева // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 4. – С. 84-95. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-84-95.

8. Бантюков, С. М. Создание интеллектуальной системы управления качеством предприятия «Эталон» в авиационной промышленности / С. М. Бантюков // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 2. – С. 15-23. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-15-23.
9. Мочалов, В. П. Алгоритм динамического распределения и балансировки нагрузки в распределенных облачных вычислениях / В. П. Мочалов, Н. Ю. Братченко, Д. В. Гостева // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 1. – С. 92-102. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-92-102.
10. Николенко, С. Д. Моделирование возникновения внутренних напряжений в сложной структуре материала / С. Д. Николенко, С. П. Козодаев, С. А. Сазонова // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 2. – С. 50-61. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-50-61.
11. Выбор критерия оптимальности при принятии управленческих решений в сложных технических системах / А. В. Скрыпников, И. А. Высоцкая, С. А. Евдокимова [и др.] // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 1. – С. 120-128. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-120-128.

References

1. Shageev, D. A. Search for a Solution to the Problem of Choosing the Form of Convolution of Local Vectors to Improve Measurement Accuracy in the Analytic Hierarchy Process / D. A. Shageev // Modeling of Systems and Processes. – 2024. – Vol. 17, No. 3. – Pp. 95-105. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-93-103.
2. Vysotskaya, I. A. Search for a Set of Acceptable Management Decisions in Technical Systems / I. A. Vysotskaya // Modeling of Systems and Processes. – 2024. – Vol. 17, No. 1. – Pp. 35-42. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-35-42.
3. Gorbunov, V. G. Comparative Analysis of the "Promethee" Methods and Fuzzy Relations in Decision-Making Conditions / V. G. Gorbunov, O. L. Bordyuzha, A. A. Pak // Modeling of Systems and Processes. – 2024. – Vol. 17, No. 1. – Pp. 42-56. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-42-56.
4. Sumin, V. I. The Use of Situational Modeling in the Development of Decision-Making Systems for Complex Organizational Systems / V. I. Sumin, A. S. Kravchenko, A. V. Tolkachev // Modeling of Systems and Processes. – 2024. – Vol. 17, No. 3. – Pp. 71-79. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-69-77.
5. Sumin, V. I. Development of a Network Model of Target Settings for Complex Organizational Systems of Special Purpose / V. I. Sumin, A. S. Kravchenko,

S. V. Rodin // Modeling of Systems and Processes. – 2024. – Vol. 17, No. 3. – Pp. 79-87. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-77-85.

6. Sumin, V. I. Features of Selecting Members of an Expert Group for Analyzing the Functioning of a Complex Organizational System of Power Structures / V. I. Sumin, A. S. Dubrovin, I. S. Kushcheva // Modeling of Systems and Processes. – 2024. – Vol. 17, No. 4. – Pp. 77-83. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-77-83.

7. Yurchishina, M. V. Algorithmic Model of the DSS "Optimal Curriculum" / M. V. Yurchishina, K. I. Bushmeleva // Modeling of Systems and Processes. – 2024. – Vol. 17, No. 4. – Pp. 84-95. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-84-95.

8. Bantyukov, S. M. Creation of an Intelligent Quality Management System for the "Etalon" Enterprise in the Aviation Industry / S. M. Bantyukov // Modeling of Systems and Processes. – 2024. – Vol. 17, No. 2. – Pp. 15-23. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-15-23.

9. Mochalov, V. P. Algorithm for Dynamic Distribution and Load Balancing in Distributed Cloud Computing / V. P. Mochalov, N. Yu. Bratchenko, D. V. Gosteva // Modeling of Systems and Processes. – 2024. – Vol. 17, No. 1. – Pp. 92-102. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-92-102.

10. Nikolenko, S. D. Modeling of Internal Stresses Formation in Complex Material Structures / S. D. Nikolenko, S. P. Kozodaev, S. A. Sazonova // Modeling of Systems and Processes. – 2024. – Vol. 17, No. 2. – Pp. 50-61. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-50-61.

11. Skrypnikov, A. V., Vysotskaya, I. A., Evdokimova, S. A. et al. Selection of Optimality Criteria in Making Management Decisions in Complex Technical Systems // Modeling of Systems and Processes. – 2024. – Vol. 17, No. 1. – Pp. 120-128. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-120-128.