

УДК 007.5

Методология многокритериальной оптимизации управленческих решений в сложных организационно- технических системах

Д.С. Ордян✉

Воронежский институт высоких технологий, Воронеж, Россия

В статье исследуются теоретические и прикладные аспекты совершенствования процессов управления в современных организационных системах. Актуальность работы обусловлена возрастающей сложностью информационных связей и необходимостью повышения оперативности принятия решений в условиях неопределенности. Автор проводит системный анализ информационных потоков и выявляет ключевые факторы, влияющие на устойчивость управления. В работе предложен аналитический подход к оценке эффективности управленческих воздействий, базирующийся на принципах системного синтеза. Особое внимание уделено алгоритмизации процедур выбора оптимальных стратегий развития в многокритериальной среде. Сформулированы принципы построения адаптивных контуров управления, позволяющих минимизировать риски принятия неверных решений. Результаты исследования могут быть внедрены в практику управления крупными производственными и социально-экономическими объектами для повышения их функциональной надежности.

Ключевые слова: организационные системы, управленческое решение, системный анализ, оптимизация, информационные потоки, многокритериальный выбор, адаптивное управление.

Methodology of Multi-Criteria Optimization of Management Decisions in Complex Organizational and Technical Systems

D.S. Ordyan✉

Voronezh Institute of High Technologies, Voronezh, Russia

The article examines the theoretical and applied aspects of improving management processes in modern organizational systems. The relevance of the study is due to the increasing complexity of information links and the need to improve the efficiency of decision-making under conditions of uncertainty. The author conducts a systematic analysis of information flows and identifies key factors affecting the stability of management. The paper proposes an analytical approach to assessing the effectiveness of management actions based on the principles of system synthesis. Particular attention is paid to the algorithmization of procedures for selecting optimal development strategies in a multi-criteria environment. The principles of constructing adaptive management circuits that minimize the risks of making wrong decisions are formulated. The results of the study can be implemented in the management practice of large industrial and socio-economic objects to increase their functional reliability.

Keywords: organizational systems, management decision, system analysis, optimization, information flows, multi-criteria choice, adaptive management.

Эффективность управления организационно-техническими системами определяется скоростью обработки информации и качеством обратной связи. Внедрение новых стандартов управления требует не просто автоматизации, а перестройки архитектуры системы с учётом взаимодействия лица, принимающего решения (ЛПР), и программных комплексов. В этих условиях необходим переход от

интуитивных решений к аналитическим моделям, где выбор обосновывается расчётами и прогнозами. Сложность таких объектов (разветвлённость, неоднородность данных) делает задачу многокритериальной оптимизации критически важной для устойчивости предприятия [3]. Новизна предлагаемого подхода заключается в комбинировании методов системного анализа с итеративной процедурой корректировки весовых коэффициентов критериев на основе обратной связи от предыдущих циклов управления. В отличие от классических работ [1, 2], где веса задаются экспертно-статистически, в данной работе предложен механизм их динамической адаптации, что позволяет повысить обоснованность решений в условиях неопределённости.

Проведенный системный анализ позволяет выделить три критических уровня иерархии управления, каждый из которых обладает специфическими характеристиками информационного взаимодействия:

1. Стратегический уровень, характеризующийся высокой степенью неопределённости и слабой структурированностью задач.
2. Тактический уровень, ориентированный на распределение ресурсов и координацию деятельности функциональных узлов.
3. Операционный уровень, где процессы управления максимально формализованы и алгоритмизированы.

Важно подчеркнуть, что взаимодействие между выделенными уровнями (стратегическим, тактическим и операционным) часто нарушается из-за асимметрии информации. На стратегическом уровне ЛПР сталкивается с проблемой избыточности неструктурированных данных, поступающих из внешней среды. На тактическом уровне основной сложностью является координация между функциональными подразделениями, которые могут использовать разнородные информационные системы (legacy-системы), что затрудняет построение единой картины состояния объекта. Операционный уровень, будучи наиболее формализованным, требует сверхвысокой скорости реакции на возникающие отклонения. Нарушение связей между этими уровнями ведет к росту информационной энтропии и потере управляемости.

В таблице 1 представлены сравнительные характеристики управленческих задач на различных уровнях организационной системы.

Таблица 1

Классификация управленческих задач по уровням системы

Уровень управления	Характер информации	Периодичность принятий решений	Степень формализации
Стратегический	Внешняя, агрегированная	Низкая (годы)	Низкая (0,1–0,3)
Тактический	Смешанная, детальная	Средняя (месяцы)	Средняя (0,4–0,6)
Операционный	Внутренняя, оперативная	Высокая (дни, часы)	Высокая (0,7–0,9)

Для эффективной реализации предлагаемой методологии многокритериальной оптимизации необходимо сформировать систему мониторинга, которая бы обеспечивала ЛПР достоверными данными на каждом этапе принятия решения.

Опираясь на системный подход, можно выделить совокупность обязательных требований к такому мониторингу:

1. Своевременность: фиксация отклонений управленческого процесса от эталонных значений в режиме реального времени, что позволяет минимизировать временные лаги.

2. Полнота: сбор достаточного объема метрик для проведения глубокой диагностики причин возникновения управленческих ошибок.

3. Достоверность: исключение искажений при передаче информации от периферийных узлов к центру управления.

4. Объективность: независимость параметров состояния системы от субъективных оценок локальных менеджеров.

5. Гибкость: способность системы мониторинга быстро адаптироваться к изменениям внутренней структуры организации или внешних рыночных факторов.

В рамках исследования был разработан итерационный алгоритм синтеза оптимального управленческого решения, включающий в себя следующие последовательные этапы:

Этап 1. Идентификация и аудит. Осуществляется не просто сбор данных, а тотальная консолидация информационного пространства. Это включает ликвидацию лоскутной автоматизации и создание единых реестров нормативно-справочной информации, что позволяет преодолеть проблему информационной асимметрии.

Этап 2. Прогнозирование и имитационное моделирование. На этом этапе целесообразно использовать концепцию цифровых двойников организации. До физического принятия решения производится его апробация в виртуальной среде, что позволяет просчитать поведенческие реакции системы и оценить потенциальные затраты на координацию.

Этап 3. Формирование адаптивных альтернатив. Создается набор сценариев, учитывающих не только экономическую эффективность, но и социальные аспекты, а также технологическую готовность инфраструктуры к изменениям.

Этап 4. Выбор оптимального решения. Применяются методы системного анализа для сопоставления альтернатив по противоречивым критериям. Здесь важно достижение Парето-оптимального состояния, при котором улучшение одного показателя не ведет к критическому ухудшению других [4].

Этап 5. Реализация и масштабирование. Успешно выбранная стратегия внедряется через обновление бизнес-логики информационных систем управления. Процесс сопровождается автоматизированным обучением персонала (LMS-системы), что снижает уровень сопротивления изменениям на местах.

Для более наглядного представления структуры разработанного механизма принятия решений, описанный итерационный алгоритм синтеза оптимального управленческого решения представлен в виде блок-схемы на рисунке.

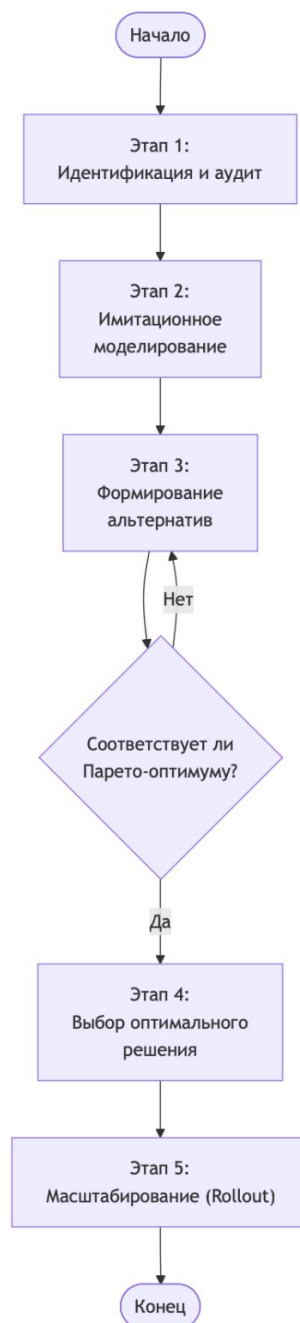


Рисунок. Алгоритм многокритериальной оптимизации управленческого цикла в организационной системе

В формализованном виде задача многокритериального выбора может быть представлена как поиск альтернативы x , максимизирующей совокупную функцию (1) эффективности:

$$F(x) = \sum_{i=1}^n w_i f_i(x), \quad (1)$$

где:

$f_i(x)$ – значение i -го критерия;

w_i – вес критерия;

$\sum w_i = 1$.

На этапе выбора оптимального решения после каждой итерации производится пересчёт весов w_i на основе анализа отклонений фактических результатов от прогнозных. Если по какому-либо критерию система показывает систематическое недостижение цели, его вес увеличивается, что усиливает внимание к проблемной области в следующем цикле планирования. Это позволяет реализовать принцип адаптивного управления, заложенный в основу предлагаемой методологии.

Для оценки результативности предложенного алгоритма были проведены численные эксперименты, имитирующие работу системы в условиях пиковых нагрузок.

Имитационное моделирование проводилось на абстрактной организационно-технической системе, содержащей три уровня управления и пять функциональных узлов. Для каждого сценария выполнялось 100 итераций при случайном распределении входных возмущений. В качестве критериев оценки использовались среднее время реакции системы, коэффициент устойчивости и доля ошибочных управленческих решений.

Результаты показывают, что использование формализованных методов оптимизации позволяет сократить время выработки решения на 25–30% при одновременном снижении вероятности критического отказа системы (табл. 2).

Таблица 2

Результаты имитационного моделирования на тестовом стенде

Показатель	Без оптимизации	С оптимизацией	Снижение/рост
Среднее время выработки решения, мин	124	93	–25%
Коэффициент устойчивости	0,72	0,89	+23%
Ошибка управления, %	12	4	–66%

Полученные в ходе моделирования данные (табл. 2) подтверждают гипотезу о том, что алгоритмизация процесса принятия решений на основе многокритериальной оптимизации является наиболее эффективным инструментом снижения энтропии в распределенных системах. Однако для полноценного внедрения данной методологии в практику реального сектора экономики необходимо четкое понимание преимуществ предлагаемого подхода в сравнении с классическими парадигмами менеджмента. В условиях цифровой трансформации выбор модели управления перестает быть чисто административным решением и переходит в плоскость проектирования информационных архитектур. Для систематизации качественных различий между подходами автором был проведен сравнительный анализ, результаты которого консолидированы в таблице 3.

Таблица 3

Сравнительный анализ парадигм управления организационно-техническими системами

Критерий сравнения	Традиционный (интуитивный) подход	Директивный (каскадный) подход	Предлагаемая методология оптимизации
Базис принятия решения	Опыт и интуиция ЛПР	Жесткие регламенты и инструкции	Аналитические модели и данные

Таблица 3 (продолжение)

Критерий сравнения	Традиционный (интуитивный) подход	Директивный (каскадный) подход	Предлагаемая методология оптимизации
Учет многокритериальности	Субъективное взвешивание	Игнорирование вторичных факторов	Поиск Парето-оптимальных решений
Скорость масштабирования	Крайне низкая	Низкая (бюрократия)	Высокая (обновление платформы)
Реакция на неопределенность	Хаотичная	Инертная	Адаптивная (корректировка весов)

Важным условием реализации предложенной методологии является наличие соответствующей технологической базы [6]. В сложных организационно-технических системах информационные технологии эволюционируют из поддерживающего инструмента в непосредственную среду исполнения управленческих алгоритмов. Ключевыми элементами такой среды выступают:

- единое озеро данных (Data Lake): позволяет преодолеть фрагментированность информационного ландшафта и обеспечить ЛПР актуальными метриками в режиме реального времени;
- среда имитационного моделирования: использование цифровых двойников процессов позволяет проводить «безрисковое» тестирование управленческих гипотез до их физического внедрения в структуру организации;
- системы интеллектуального анализа: применение методов машинного обучения для обработки обратной связи позволяет системе самообучаться, корректируя весовые коэффициенты в критериях оптимизации на основе накопленного опыта. Такой синтез управленческих и информационных технологий позволяет минимизировать негативное влияние географической распространенности и обеспечить прозрачность всех уровней иерархии системы.

Главным аспектом является обеспечение адаптивности системы [5]. В точках бифуркации, когда внешние воздействия превышают пороговые значения, жесткие иерархические структуры теряют эффективность. В такие моменты контур управления должен перестраиваться, делегируя часть полномочий на нижние уровни иерархии для обеспечения выживаемости системы. Информационные технологии здесь выступают не просто как средство коммуникации, а как интеллектуальный каркас, обеспечивающий связность всех элементов распределенной структуры.

В отличие от традиционных подходов, предлагаемая методология обеспечивает не только выбор оптимального решения, но и его непрерывную корректировку по мере накопления статистики, что повышает устойчивость системы к изменяющимся условиям функционирования.

Таким образом, исследование теоретических основ управления в сложных организационных системах подтверждает необходимость перехода к гибридным моделям принятия решений, сочетающим в себе математическую точность алгоритмов оптимизации и экспертный опыт ЛПР [6]. Предложенная методология позволяет формализовать неопределенность и обеспечить устойчивое развитие системы в

долгосрочной перспективе. Дальнейшие исследования в данном направлении будут связаны с использованием нейросетевых технологий для автоматизации процессов прогнозирования критических состояний в реальном масштабе времени.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Мильнер Б.З. Теория организации: Учебник / Б.З. Мильнер. – М.: ИНФРА-М, 2022. – 864 с.
2. Новиков Д.А. Теория управления организационными системами / Д.А. Новиков. – М.: Ленанд, 2022. – 584 с.
3. Ахмедьянова Г.Ф. Оптимальное управление организационно-технической системой с учетом интенсивности приложения управляющих воздействий / Г.Ф. Ахмедьянова // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2024. – Т. 12, № 1. – URL: <https://moitvvt.ru/ru/journal/article?id=1497> (дата обращения: 18.06.2026).
4. Шапошников Д.Е. Минимаксный подход для учета качественных предпочтений при многокритериальной оценке / Д.Е. Шапошников // Автоматика и телемеханика. – 2025. – № 4. – С. 101–114.
5. Обеспечение функциональной надежности телекоммуникационных систем на основе топологического ресурса / В.Е. Гвоздев, М.Б. Гузаиров, А.С. Ракипова [и др.] // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2024. – Т. 12, № 3. – URL: <https://moitvvt.ru/ru/journal/article?id=1647> (дата обращения: 18.06.2026).
6. Данеев А.В. Алгоритмы управления сложными организационно-техническими системами / А.В. Данеев, А.А. Воробьев, Д.М. Лебедев // Известия Иркутской государственной экономической академии. – 2010. – № 4. – С. 83–86.
7. Соломатин Д.А. О формировании моделей информационных сетей / Д.А. Соломатин, А.А. Плотников // Перспективы развития технологий обработки и оборудования в машиностроении: Сборник научных статей Всероссийской научно-технической конференции. – Воронеж: Воронежский государственный технический университет, 2023. – С. 363–366.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Ордян Давид Санасарович, студент, Воронежский институт высоких технологий, Воронеж, Россия.

e-mail: ordyan_david@mail.ru