

УДК 005

doi:10.18720/SPBPU/2/id24-462

*Яковлева Елена Анатольевна*¹,

профессор, д-р экон. наук;

*Константинова Елена Дмитриевна*²,

аспирант;

*Айрапетян Роберт Грачевич*³,

аспирант

РАЗВИТИЕ ТЕОРИИ АДАПТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ В КИБЕРНЕТИКЕ И СИСТЕМНОМ АНАЛИЗЕ

^{1,2,3} Россия, Санкт-Петербург,

Санкт-Петербургский государственный экономический университет,

¹ helen7199@mail.ru, ² konstantinovaelena51@gmail.com,

³ robert.ayrapetyan@list.ru

Аннотация. Статья посвящена развитию теории адаптивного управления в контексте кибернетики и системного анализа. В работе рассматриваются принципы и методы, основанные на логико-лингвистических моделях, применяемых для прогнозирования и устранения стратегических проблемных ситуаций. Особое внимание уделено механизмам фреймового представления знаний, используемым для динамического отображения информации и поддержки процессов целеполагания. Акцент сделан на важности информационного взаимодействия и адаптации в контексте самоорганизации и поддержания устойчивости системы. В заключении подчеркивается роль современных методов и технологий стратегического управления в обеспечении гибкости и эффективности управленческих решений в рамках кибернетического и системного подходов.

Ключевые слова: адаптация, сложная система, экспертиза, оценки, инновации, системный анализ.

*Elena A. Iakovleva*¹,
Professor, Doctor of Economic Sciences;
*Elena D. Konstantinova*²,
Postgraduate Student;
*Robert G. Ayrapetyan*³,
Postgraduate Student

DEVELOPMENT OF ADAPTIVE CONTROL THEORY IN CYBERNETICS AND SYSTEMS ANALYSIS

^{1,2,3} St. Petersburg State University of Economics, St. Petersburg, Russia,
¹ helen7199@mail.ru, ² konstantinovaelena51@gmail.com,
³ robert.ayrapetyan@list.ru

Abstract. The paper is devoted to the development of adaptive management theory in the context of cybernetics and systems analysis. The paper discusses principles and methods based on logic linguistic models used for predicting and eliminating strategic problem situations. Particular attention is paid to frame knowledge representation mechanisms used for dynamic information display and goal-setting process support. Emphasis is placed on the importance of informational interaction and adaptation in the context of self-organization and system stability maintenance. In conclusion, the role of modern methods and technologies of strategic management in ensuring flexibility and effectiveness of managerial decisions within a cybernetic and systemic approach is highlighted.

Keywords: adaptation, complex system, expertise, assessments, innovations, systems analysis.

Введение

Методология стратегического управления основывается на положениях системного анализа и теории систем, включая теорию ситуационного и адаптивного управления, общую параметрическую теорию в сочетании с положениями теории экономики и управления, стратегического управления, теорией искусственного интеллекта, концепциями языкознания. В частности, она опирается на кибернетическую концепцию Д. А. Поспелова, Ю. И. Клыковым и теорию ситуационного управления, общую параметрическую теорию А. И. Умова и Б. Д. Кошарского, концепции современного языкознания В. Я. Шабеса и когнитивной лингвистики Н. Н. Болдырева. Кроме того, учитываются достижения в науке о стратегическом управлении социальными и экономическими системами, теории экономической организации, моделирования, принятия решений, управления рисками, а также в областях логики, семиотики, психологии, психосемантики и психолингвистики.

Теория адаптивного управления

В теории адаптивного управления организация стратегического управления базируется на актуализированном концептуальном каркасе

сложной экономической системы Б. Л. Кукура, который представляет собой основной инструмент моделирования в рамках теории адаптивного управления и является логико-лингвистической моделью предметной области. В нем реализуются методы обратного логического вывода при принятии координационных и организационных стратегических решений с учётом допустимого уровня риска, формируется причинно-следственная модель дискретно-ситуационной сети проблемных ситуаций и путей их решений. Процесс разработки и выполнения стратегического плана включает динамическое представление знаний через фреймы, обеспечивающее функционирование механизма адаптивного управления. Также предусмотрено использование цифровых сквозных технологий.

Хозяйствующий субъект одновременно выполняет функции управляемых и управляющих элементов. Информационное воздействие со стороны хозяйствующего субъекта характеризуется тем, что при выдаче управляющих воздействий и передаче прямой информации объекту, субъект одновременно получает и анализирует информацию обратной связи от объекта, включая изменения, происходящие в результате этого взаимодействия.

Полученная обратная информация позволяет субъекту корректировать свои представления об объекте и вносить соответствующие изменения в собственную деятельность. Это обеспечивает способность системы к самоорганизации и адаптации, поддержанию целостности её элементов, их внутренней структуры и методов упорядочивания в условиях стабильной внешней среды, а также к адаптации при существенных её изменениях.

В системе происходят сложные взаимодействия, нейтрализация или предупреждение которых осуществляются посредством механизмов обратной связи внутри системы.

Разработка стратегии развития субъекта экономической деятельности сводится к непрерывному поэтапному расчету уровня достижения стратегической цели, используя правила её достижения в процессе последовательной реализации проектов (в среднесрочном, текущем планах). Разработка стратегии включает в себя нижеследующие этапы.

Этап 1. Определение стратегической цели

Стратегическая цель определяется на основе необходимого значения интенсивностей характеристик объекта, потенциалов и дефицита потоков, реагируя на прогнозируемые стратегические проблемные ситуации. *Методы системного анализа и теории систем:*

- моделирование целей и состояний системы (целевое программирование);
- логико-лингвистическое моделирование для определения стратегических целей;
- анализ критических факторов успеха (CSF) для идентификации ключевых параметров объекта и окружающей среды.

Этап 2. Определение времени достижения стратегической цели

Здесь важно установить конкретный срок, к которому ожидается достижение цели, а также учесть возможность коррекции сроков в зависимости от внешних обстоятельств. *Кибернетика*:

- прогностическое моделирование временных рамок достижения цели;
- временной анализ динамики экономических систем.

Этап 3. Фиксация исходной ситуации

На этом шаге определяются различные виды потоков (информационные, материальные, финансовые и другие), которые влияют на стратегическую цель. Для каждого потока фиксируются текущие параметры, дефицит и потенциал, а также влияние возможных изменений на потребности и возможности. *Методы теории систем*:

- диаграммы потоков (flowcharts) для их визуализации и анализа;
- матричный анализ для учета влияния различных факторов на каждый поток.

Этап 4. Задание набора проектов

Формируется перечень проектов, которые могут повлиять на изменение дефицита и потенциала. Проекты оцениваются по таким критериям, как затраты ресурсов, устраняемый дефицит, время реализации и ожидаемые эффекты. *Экономика и теория систем*:

- SWOT-анализ для оценки сильных и слабых сторон проектов;
- PERT/CPM-методы для планирования и контроля проектов.

Этап 5. Расчет последствий реализации проектов

Последовательно рассчитываются результаты внедрения каждого проекта, чтобы оценить, как они влияют на потребности, возможности, а также на использование потенциалов объекта и устранение дефицита. *Кибернетические методы*:

- имитационное моделирование (simulation modeling) для предсказания последствий реализации различных комбинаций проектов;
- методы оптимизации для нахождения наилучшей последовательности проектов.

Этап 6. Проверка соответствия изменению ситуации заданной цели

Проводится оценка того, насколько текущая ситуация соответствует установленным целям. Если цель не достигнута, то производится коррекция последовательности проектов и повторение расчетов. Если же цель достигнута или максимально приближена, процесс возвращается к предыдущему шагу для дальнейшего уточнения. *Системный анализ*:

- метод обратной связи (feedback loop) для мониторинга и корректировки стратегии;

– балансовый анализ для сопоставления текущих достижений с установленными целями.

Таким образом, алгоритм сочетает методы системного анализа, теории систем и экономической кибернетики для комплексного подхода к разработке и реализации стратегии, направленной на достижение поставленных целей с максимальной эффективностью.

Выделяются два ключевых направления формирования плановых решений: исследовательское и нормативное, что вместе способствует поддержанию устойчивого динамического равновесия сложной экономической системы. В исследовательском аспекте сценарии и гипотезы плана определяют будущие потребности и возможности, тогда как в нормативном аспекте они создают базу данных, содержащую информацию и знания о плановых, организационных и координационных процессах, необходимых для принятия решений и установления ответственности в управляющей структуре.

При этом используются методы системного анализа и теории систем:

– моделирование сценариев для создания альтернативных вариантов развития событий для изучения возможных исходов.

– в прогнозировании использование статистических и математических методов для предсказания будущих тенденций и потребностей.

– SWOT-анализ – при оценке внутренних и внешних факторов, влияющих на организацию, для выявления сильных и слабых сторон, возможностей и угроз.

Нормативный аспект направлен на создание базы данных, содержащей информацию и знания о плановых, организационных и координационных процессах. Он ориентирован на установление правил, стандартов и процедур, необходимых для принятия решений и распределения ответственности в управляющей структуре:

– регламентация процессов путем установления четких инструкций и регламентов для управления различными видами деятельности;

– контроль исполнения, мониторинг за выполнением установленных норм и правил.

– информационная поддержка – это сбор, хранение и обработка данных для поддержки принятия решений.

Обработка информации и динамическое представление

Методология устанавливает упорядоченный подход к обработке информации и её динамическому представлению в формате фрейма, который включает данные в слотах по следующим пяти функциям:

- 1) *целеполагание*;
- 2) *анализ*;
- 3) *прогноз*;
- 4) *учет*;

5) *управляющее воздействие* (включает инструктирование и мотивацию).

Эти динамические форматы и фреймы интегрированы с современными методами и технологиями стратегического управления, такими как когнитивное моделирование и ситуационное управление. Это обеспечивает гибкость и адаптивность к изменяющимся условиям и требованиям, целостность информации и оперативную реакцию для корректировки планов и стратегии.

Применение стандартизованных единиц знаний в информационно-аналитическом обеспечении стратегического управления создаёт основу для механизма адаптивного управления. Это позволяет формировать обоснованные управляющие воздействия (плановые решения).

Динамические форматы и фреймы интегрируются с современными методами и технологиями стратегического управления, такими как когнитивное моделирование и ситуационное управление, обеспечивая гибкость и адаптивность к изменениям условий и требований, целостность информации и оперативность реакции для корректировки планов и стратегии.

Структура фрейма

Каждый фрейм содержит сведения о конкретных аспектах поведения системы, событиях или процессах (например, проблемные ситуации, способы их разрешения, стандартные единицы задач, заданий и знаний).

Примеры таких аспектов включают:

- проблемные ситуации;
- потоки (материальные и нематериальные);
- способы их разрешения;
- стандартные единицы задач;
- стандартные единицы заданий;
- стандартные единицы знаний.

Применение стандартизованных единиц знаний в информационно-аналитическом обеспечении стратегического управления создает основу для механизма адаптивного управления, позволяя формировать обоснованные управляющие воздействия (плановые решения).

В информационно-аналитическом обеспечении могут найти применение методы системного анализа и теории систем:

- стандартизация знаний, унификация и структурирование информации для упрощения обработки и анализа данных;
- интеграция разнородных источников информации в единую систему для комплексного анализа;
- адаптация и гибкое реагирование на изменения в среде и автоматическая корректировка планов;
- когнитивное моделирование, использование интеллектуальных систем для имитации мышления и принятия решений человеком;

- ситуационное управление, анализ текущей ситуации и выбор оптимального решения на основе контекста;
- использование автоматизированных систем для ускорения и улучшения качества принятия решений.

Современные методы и технологии стратегического управления выделяют применение машинного обучения и нейронных сетей для анализа больших объемов данных и прогнозирования использования больших массивов данных для глубокого анализа и поиска скрытых закономерностей.

Практика применения концепции приемлемого риска

В адаптивном управлении практическое применение концепции приемлемого риска в процессе непрерывного формирования и реализации стратегического плана позволяет:

- идентифицировать известные факторы риска и угрозы возникновения проблемных ситуаций;
- определять причинно-следственные связи на всех уровнях управления;
- создавать эмпирическую и практическую логико-лингвистическую модель дискретно-ситуационной сети (ДСС) проблемных ситуаций и определять профили риска стратегий;
- определять матрицу риска и угроз, профили риска стратегий.

Указанный подход распознает потенциальные угрозы и проблемные ситуации всех трёх классов (в объекте, субъекте и в отношениях между ними) в теории адаптивного управления [4], связанные с неблагоприятным развитием событий в объекте и в управляющей структуре, следствием которых может стать недостижение целевых нормативов (стратегических, тактических, оперативных).

Основные характеристики процесса стратегического управления

Основными характеристиками процесса стратегического управления следует считать наличие представления о желаемом будущем состоянии системы (стратегическая цель), описываемая через целевые динамические нормативы в качественном и количественном изменении характеристик системы (элемента, отношений, структуры в динамике) или (и) характеристика элементов (факторов) внешней среды, спроса и предложения, потребностей и возможностей взаимодействия элементов системы.

Динамика изменений состояния (характеристик) элементов внутренней и внешней среды не всегда позволяют приблизиться к идеальному мысленному образу будущего состояния системы. Потребность в разрешении проблемных ситуаций, снижении уровня отклонения текущего состояния системы от представляемого образа (целей, желаемого состояния) требует изменений состава характеристик элементов внешней и внутренней среды.

Инструментом при помощи которых управляющая структура системы обеспечивает изменения характеристик элементов внутренней и внешней среды, выступают управляющие воздействия, коммуникативные акты.

С данных позиций возможно раскрыть сущность управления как выработки управляющей структуры управляющих воздействий для перевода объекта из одного состояния в другой в процессе коммуникации, посредством обновления получаемой и передаваемой содержательной и чувственной информации о динамике характеристик объекта среды, и одновременно повышения уровня его равновесности, адаптивности и организованности.

Заключение

Методы адаптивного управления основываются на логико-лингвистических моделях, предназначенных для прогнозирования и устранения стратегических проблемных ситуаций в рамках процесса целеполагания. В этих целях используются механизмы фреймового представления знаний в виде динамических когнитивных сценариев, обеспечивающих оперативное выявление и разрешение возникающих проблем. Также применяются технологии динамического целевого нормирования и механизмы адаптивного регулирования.

Модели предусматривают применение фреймов для структурированного отображения данных, информации и знаний о субъекте и объекте управления, включая анализ взаимосвязей и взаимоотношений между ними. Это позволяет осуществлять агрегацию стратегических показателей разных уровней и обеспечивать их последующую визуализацию. По итогам анализа функционирования модели формируются предложения по выбору оптимального сценария действий и осуществляется проверка гипотез относительно разрабатываемого плана.

Кибернетические подходы связаны с использованием логико-лингвистических моделей для прогнозирования и разрешения стратегических проблемных ситуаций на основе обратного логического вывода. Это технология фреймового представления знаний, которая обеспечивает динамическое отображение информации и поддержку процессов целеполагания. Структуризация информационного взаимодействия и механизм адаптации в контексте самоорганизации и поддержания устойчивости системы.

Список литературы

1. Волкова В. Н., Денисов А. А. Теория систем и системный анализ: учебник. – М.: Юрайт, 2024.
2. Волкова В. Н. Искусство формализации: от математики – к теории систем и от теории систем – к математике / М-во образования Рос. Федерации, С.-Петерб. гос. политехн. ун-т. – 2-е изд. – СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2004. – 199 с.
3. Уёмов А. И. Системный подход и общая теория систем: монография. – М.: Издательство «Мысль», 1978. – 272 с.
4. Новиков Д. А. Методология управления. – М., 2011. – 128 с. – (Умное управление).

5. Lee E. A., Seshia S. A. Introduction to embedded systems: A cyber-physical systems approach. – 2nd edition. – Boston: MIT Press, 2017.
6. Клименков Г. В., Кукор Б. Л., Пыткин А. Н. Экспертные системы и системы ситуационного управления на базе логико-лингвистических моделей // Вестник Пермского научного центра УрО РАН. – 2010. – № 2. – С. 26–37. – EDN PYLWQV.
7. Кукор Б. Л., Клименков Г. В. Адаптивное управление промышленным комплексом региона: теория, методология, практика: монография / Под общ. ред. Б. Л. Кукора; Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт экономики Уральского отделения Российской академии наук; Министерство образования и науки Российской Федерации; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный экономический университет». – Екатеринбург – СПб.: Институт экономики Уральского отделения РАН, 2017. – 306 с. – ISBN 9785946465762.
8. Болотова Л. С., Смольянинова В. А., Смирнов С. С. Концептуальное проектирование модели предметной области при помощи программных систем разработки баз знаний для интеллектуальных систем поддержки принятия решений // Научные технологии. – 2009. – Т. 10, № 8. – С. 28–36. – EDN LAAKJJ.
9. Кукор Б. Л., Яковлева Е. А. Логико-лингвистическое моделирование и его применение к рискозащищенной технологии стратегического управления // Системный анализ в проектировании и управлении: Сборник научных трудов XXV Международной научной и учебно-практической конференции. г. Санкт-Петербург, 13–14 октября 2021 г. В 3-х частях. – Ч. 1. – СПб.: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», 2021. – С. 261–273. – DOI: 10.18720/SPBPU/2/id21-68. – EDN AKHHXM.