

ФОРМАЛИЗОВАННЫЕ МОДЕЛИ СТРАТЕГИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ РЕГИОНОМ

Соломатин А.Н.

*Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» РАН,
Москва, Россия
a.n.solomatin@bk.ru*

Аннотация. В работе был предложен формальный математический аппарат для описания процесса стратегического управления регионом – дискретные стратегические пространства и алгебра над ними, полученные в результате дискретизации интервалов значений характеристик региональных объектов, и позволяющие описать различные этапы процесса стратегического управления.

Ключевые слова: стратегическое управление регионом, объекты региональной экономики, дискретизация, дискретные стратегические пространства, интегрированная модель.

Введение

Стратегическое управление является важнейшим инструментом управления функционированием и развитием таких крупномасштабных систем как региональные социально-экономические системы (РСЭС). Это связано как с ростом роли и самостоятельности регионов в процессе глобализации, так и с ростом сложности и нестабильности современной бизнес-среды, особенно в условиях мирового экономического кризиса.

Однако эффективность стратегического управления во многом ограничивается в основном качественным характером используемого инструментария [1, 2], что затрудняет использование современных информационных технологий. Возможно, в этом состоит одна из основных причин того, что Федеральный закон «О стратегическом планировании в Российской Федерации» [3] работает не совсем эффективно.

В связи с этим очевидна актуальность разработки адекватного формализованного аппарата – моделей, методов, алгоритмов и технологий для решения задач стратегического управления регионом на различных этапах этого процесса.

В отделе математических методов регионального программирования ФИЦ ИУ РАН проблематика стратегического управления регионом развивается как дальнейшее развитие проблематики регионального программирования и долгосрочного планирования [4] в современных условиях. В [4, 5] были предложены некоторые формализованные модели для стратегического управления регионом, которые, в частности, касались вопросов формализации матричных моделей стратегического анализа, карт стратегических групп конкурентов и формирования стратегий.

В настоящей работе коротко рассмотрены некоторые методологические аспекты стратегического управления регионом и предложен формальный математический аппарат для описания процесса стратегического управления регионом – дискретные стратегические пространства и алгебра над ними, полученные в результате дискретизации интервалов значений характеристик региональных объектов, и позволяющие описать различные этапы процесса стратегического управления.

1. Региональная социально-экономическая система

Регион, региональная социально-экономическая система (РСЭС) определяется как субъект Российской Федерации, определенная территория, обладающая некоторой общностью природных, социально-экономических, национально-культурных и других условий [6]. Каждый регион представляет собой крупномасштабную саморазвивающуюся территориально-распределенную систему с ограниченными ресурсами и изменяющимися целями развития, действующую под влиянием множества факторов внешней и внутренней среды и обладающую свойствами нестационарности, целостности, устойчивости и т.д.

Важными понятиями, характеризующими РСЭС, являются понятия функций, подсистем и элементов, роли, пропорций, противоречий, потенциала и ресурсов РСЭС, факторов и условий регионального развития [7]. Основными подсистемами РСЭС являются природно-ресурсная, экономическая и социальная подсистемы. Основными элементами – территория, природные ресурсы, этнос, граждане, материальные и духовные ценности, экономика, социальные образования, административно-политическое устройство. Функциями подсистем являются воспроизводство населения (социальная подсистема), удовлетворение потребностей населения (производственная подсистема), обеспечение производственной подсистемы (природно-ресурсная подсистема).

Двойственность положения региона и сложность управления им связаны с тем, что регион является главной составной частью народного хозяйства страны, играющей в нем определенную роль, и, с другой стороны, самостоятельной территориально-хозяйственной единицей, для которой необходимо обеспечить комплексное развитие.

Пропорции РСЭС складываются в зависимости от комплекса разнообразных условий, зависят от целей и задач региона: это пропорции между стадиями воспроизводственного процесса, отраслями экономики, производственной и непроизводственной сферами, социально-экономические, межрайонные, территориально-отраслевые и т.д. Нарушения пропорций выражаются через различные противоречия РСЭС, которые служат основным источником ее развития. При этом главным противоречием РСЭС является противоречие, вытекающее из двойственной природы региона: между интересами всей страны (отрасли специализации) и интересами самого региона как единого целого (прочие отрасли).

На развитие РСЭС оказывают свое влияние различные факторы – природно-экологические, экономические, социальные, социально-политические, институциональные и организационно-управленческие. При этом необходимо максимальное использование и устойчивое воспроизводство стратегического потенциала каждого региона, включающего множество субпотенциалов – от природно-ресурсного и производственного до социально-демографического и исторического.

Стратегии регионального развития должны быть направлены, в первую очередь, на решение сложнейшего комплекса проблем, стоящих перед регионами.

- в условиях еще продолжающейся глобализации и всеобщей информационной связанности возрастает роль регионов, которые могут стать основными опорными точками развития России [7], совмещая одновременно свойства как государства (являются социально-экономическими территориальными системами, могут проводить собственную политику), так и компании (являются экономическими субъектами);
- как и у биологических объектов, где выживание является приоритетной целью, важнейшей стратегической целью каждой РСЭС является ее устойчивое развитие на длительном интервале времени, целью даже более важной, чем экономический рост и повышение качества жизни населения;
- регионы должны адекватно отвечать на вызовы перехода к шестому технологическому укладу и четвертой промышленной революции, в первую очередь, в связи с возможностями и рисками применения средств ИИ, а также в связи с растущими внешними угрозами;
- до сих пор не устранена региональная асимметрия или дифференциация регионов – существенные (более чем в 10 раз) различия различных регионов по экономическому развитию и качеству жизни с разделением регионов на контрастные типы по разным характеристикам (доноры, реципиенты, депрессивные, пограничные, кризисные и т.д.);
- дифференциация регионов приводит к их дезинтеграции: существенная роль эксперта сырья, засилье импорта, плохая инфраструктура, рост тарифов и цен ведут к тому, что регионы часто предпочитают увеличивать товарооборот с зарубежными странами, а не с другими регионами РФ;
- помимо системных проблем, общими социально-экономическими проблемами большинства регионов РФ являются: демографическая проблема, проблемы нехватки рабочих рук и квалифицированных кадров, нехватка инвестиций, износ инфраструктуры, проблемы импортозамещения, рост социального неравенства, миграционные процессы и т.д.

2. Вопросы методологии

При разработке рассматриваемого подхода к формализации процесса стратегического управления региональными системами были предложены либо использовались следующие методологические подходы.

2.1. Энтропийный подход к развитию систем

В работе [8] был предложен энтропийный подход к обеспечению устойчивого развития региональных систем; имеется в виду информационная энтропия как мера внутренней неупорядоченности и дезорганизации в любых системах.

Было показано, что и глобальные, и региональные проблемы представляют собой в большинстве случаев либо проблемы нехватки различных ресурсов (сырьевых, инвестиционных, технологических и т.д.) и борьбы за эти ресурсы, либо негативного влияния загрязнений, что накладывает

соответствующие ограничения на перспективы устойчивого развития цивилизации в целом, отдельных стран и регионов.

Анализ свойств энтропии показывает, что глобальные и региональные проблемы устойчивого развития, в частности, экологические, можно рассматривать как проблемы, возникающие вследствие роста энтропии в глобальной системе «планета Земля». На самом деле, как изъятие невозобновляемых природных ресурсов, так и выбросы в окружающую среду отходов и загрязнений дают в итоге общий рост глобальной энтропии, рост энтропийного загрязнения. В частности, это следует из базового свойства энтропии: при уменьшении энтропии в любой системе растет энтропия во внешней среде системы и других системах.

Вся история человеческой цивилизации представляет собой непрерывную борьбу с энтропией в самых различных областях. При этом традиционные способы решения проблем с энтропией (захватнические войны, освоение новых территорий, создание колониальной системы) в современных условиях становятся практически невозможны из-за наличия оружия массового уничтожения и почти полного заселения территории планеты.

Были предложены общие направления борьбы с ростом энтропии в системах любого уровня, включая региональные:

- уменьшение продукции энтропии и увеличение продукции негэнтропии (научно-технический прогресс, безотходное производство, «экономика знаний», развитие культуры);
- уменьшение импорта и увеличение экспорта энтропии из системы (сокращение миграции, потока западной культуры, вынос вредных производств в другие страны);
- уменьшение экспорта и увеличение импорта негэнтропии в систему (уменьшение экспорта природных ресурсов, прекращение «утечки мозгов» и вывоза капитала, увеличение притока ресурсов, средств и рабочей силы из других стран);
- упрощение системы за счет уменьшения ее размеров и сложности (данное направление неприемлемо ни для отдельных регионов, ни для России в целом);
- увеличение емкости (размеров) внешней среды (освоение восточных и северных территорий, Арктики, а также в перспективе космического и подводного пространства);
- увеличение степени открытости (открытые границы, глобализация, что в современных условиях для России мало выполнимо);
- объединение с другими системами (создание различных союзов, объединений и/или вхождение в них);
- улучшение управления (сильное государство, стратегическое управление, развитие ИКТ, платформизация экономики, использование ИИ).

2.2. Формирование допустимых систем как условие их управляемости и самоорганизации

В работе [9] было введено и исследовано понятие допустимых систем. Система, в частности, региональная, называется допустимой, если она имеет ограниченный уровень системных патологий и дисфункций (СПД), которые возникают, в частности, как результат нарушения многочисленных общесистемных закономерностей и принципов построения систем. Допустимость представляет собой необходимое (но не достаточное) условие эффективного функционирования, развития и выживания системы.

При высоком уровне СПД система является «не совсем системой» с точки зрения выполнения целей ее функционирования; у такой системы существенно уменьшается как управляемость, так и способность к самоорганизации, что делает стратегическое управление неэффективным, а «рыночные» возможности – ограниченными.

Поэтому для технических и биологических систем вначале производится ремонт изделия и, соответственно, лечение, и только потом можно говорить о функционировании системы. Например, водитель не поедет на неисправном автомобиле, больной спортсмен не будет допущен к соревнованиям и т.д. К сожалению, в существенно более сложных региональных и других социально-экономических системах акцент обычно делается либо на самоорганизации (рыночная экономика) либо на управлении (плановая экономика), но не на обеспечении допустимости системы.

В данном случае общесистемные закономерности – это закономерности построения, функционирования и развития сложных систем, где закономерность – это часто наблюдаемое, типичное свойство (очень высокая, но не 100% вероятность). Многие десятки закономерностей обычно подразделяют на закономерности целеобразования, структуры и функций, части и целого, иерархии, ресурсные, управления, устойчивости, развития, энтропийные, а также количественные. Примерами

общесистемных закономерностей являются принципы необходимого разнообразия Эшби, Парето «80/20», золотой пропорции и т.д.

Следует отметить, что гораздо легче провести диагностику допустимости системы и обнаружить ее СПД, чем проводить детальный анализ и моделирование системы, что не всегда является возможным.

2.3. Законы синергетики для сложных систем

Проблемы реализации стратегий управления часто связаны не с ошибками управления и, в частности, стратегического контроля, а с рядом свойств сложных систем, что подтверждается результатами синергетики [10].

- Обычные черты сложных систем – нестационарность, неформализуемость описания, многоэкстремальность, нелинейность, многокритериальность, неопределенность исходной информации, сложность наблюдения, сопротивление управлению и т.д.
- Сложные системы существенно нелинейны: это ненадежность прогнозов-экстраполяций «от имеющегося», пороговость чувствительности (выше порога все усиливается, ниже – ослабевает), нелинейность зависимости результатов от усилий, нелинейность траекторией движения, когда периоды стабильного функционирования и развития (траектория движения системы хорошо прогнозируется, но с трудом корректируется) могут сменяться периодами возникновения кризисных ситуаций.
- Траектории развития сложных динамических систем могут проходить через точки бифуркации, где система очень чувствительна к незначительным внешним возмущениям и может случайным образом перейти на какую-либо новую траекторию развития. Поэтому в точках бифуркации система максимально управляема.
- В пространстве состояний системы обычно имеются области притяжения аттракторов – точек в фазовом пространстве таких, что произвольная траектория системы, чье начальное состояние лежит в области притяжения, всегда стремится к аттрактору.
- Системы неустойчивы при нахождении в режимах с обострением, когда за ограниченное время происходит неограниченный рост значений параметров системы в силу возбуждения нелинейных положительных обратных связей; в таких режимах система находится в состоянии неустойчивости с возникновением угрозы ее распада.

Таким образом, в процессе стратегического управления следует учитывать внутренние тенденции развития системы и тот факт, что не всякая цель системы может быть достигнута в принципе, а стратегия достижения этой цели - реализована.

2.4. Формализация и моделирование

Задачи формализации и моделирования для обеспечения процесса стратегического регионального управления пока еще не до конца решены.

Задачи стратегического управления регионом относятся к так называемым слабо структурированным проблемам, которые содержат как количественные, так и качественные элементы, и основными особенностями которых являются многоэкстремальность, неопределенность и неоднозначность исходной информации, неформализуемость и невозможность полного описания проблемы, многосвязанность (взаимное нелинейное влияние многих факторов), противоречивость целей, большая размерность, недетерминированность, активность субъектов, зависимость от предыстории, а также ситуация невнешнего наблюдателя, когда, образно говоря, молекула воды пытается описать движение горного потока, в котором она находится.

Кроме того, необходимо:

- принимать решения в условиях нестабильной внешней среды;
- учитывать многоаспектность сложных объектов региональной экономики (территориальный, отраслевой, корпоративный аспекты), находящихся на различных уровнях РСЭС;
- производить расчеты на длительный период времени в динамике;
- совмещать качественный характер стратегического планирования и количественные методы, в том числе, методы моделирования и оптимизации;
- обеспечивать формирование и анализ большого числа вариантов;
- учитывать многокритериальность при выборе наилучшего варианта для реализации;
- обеспечивать режим динамического проектирования, реализующего корректирующую обратную связь.

Современная цивилизация достигла своих результатов только благодаря широчайшему использованию математики, моделирования, оптимизации, когда модель замещала конкретный объект, и эту модель можно было анализировать, делать на ней расчеты и прогнозы. Очевидно, что для общественных наук пока подобного аппарата пока нет.

Недаром покойный директор ВЦ РАН математик академик А.А. Дородницын подчеркивал, что главная задача математики в 21 веке – это обеспечить формализацию в общественных науках [11], разработать новый адекватный математический аппарат. Сейчас существует достаточно много инструментов, пытающихся решить проблему формализации: нечеткая математика, роды структур, специальные логики, когнитивные модели, онтологии, но кардинальных сдвигов пока нет.

Для формализации необходимым условием является наличие своего языка, который отсутствует в общественных науках. Цели языка – однозначно описывать объекты и процессы, моделировать и прогнозировать их развитие. Во многих областях знания существуют свои языки: это математика, химические формулы, латынь для медиков, географические карты, радиосхемы и т.д.; даже у ботаников есть свои формулы для описания цветков растений.

Социально-экономические системы изучаются общественными науками, которые в целом меньше имеют дела с числами и более широко используют образное мышление. Как гипотеза, языком гуманитарных наук может стать некий визуальный язык (язык символических изображений, когнитивная графика и т.д.), объединенный с формализованными символическими конструкциями.

Также практика показывает, что для таких сложных систем как РСЭС, наиболее целесообразно применение так называемых мягких моделей, например, лингвистических, семиотических, графических, когнитивных. Видимо, в этом состоит причина широкого применения в стратегическом управлении простых и наглядных матричных моделей [1], а не сложного аппарата оптимального управления и дискретной оптимизации.

Процесс стратегического управления регионом (СУР) состоит из многих этапов, которые могут выполняться для различных отраслей и направлений функционирования РСЭС. Поэтому при решении задач СУР целесообразно использовать весь арсенал существующих взаимосвязанных моделей, методов и алгоритмов, каждый из которых ориентирован на решение наиболее адекватной для него задачи. Так, могут быть использованы:

- общая теория управления, поскольку процесс СУР является процессом управления;
- системный анализ в силу большого сходства его этапов и этапов СУР;
- теория систем, поскольку РСЭС является сложной развивающейся системой;
- синергетика, поскольку РСЭС является самоорганизующейся нелинейной системой;
- маркетинговый анализ, поскольку каждый регион является самостоятельным экономическим субъектом, имеющим экономические цели;
- алгебра, теория решеток, комбинаторика, поскольку компоненты РСЭС могут быть представлены в виде комбинаторных объектов в многомерном пространстве.

Забегая вперед, перечислим некоторые инструменты [1], предлагаемые далее для формализации и моделирования различных этапов процесса СУР:

- линейная алгебра, семиотика – многомерные матричные модели стратегического анализа, формирование стратегий;
- кластерный анализ – формирование стратегических групп конкурентов;
- дискретная оптимизация, теория графов – анализ и оптимизация портфеля объектов региональной экономики;
- методы искусственного интеллекта – полуавтоматический синтез стратегий;
- универсальные алгебры – анализ стратегий как операторов в пространстве стратегических позиций;
- многокритериальная оптимизация – выбор варианта стратегии для реализации;
- теория игр – взаимодействие моделей различных уровней региональной системы;
- методики оценки стоимости – стоимостной анализ объектов региональной экономики;
- многокритериальная оптимизация, методы визуализации – анализ и сравнение различных объектов региональной экономики.

3. Предлагаемый подход

Предлагаемый подход к формализации процесса стратегического управления регионом основан на обобщении результатов теории матричных моделей стратегического анализа, которые являются одним из наиболее популярных и немногих формализованных методов стратегического планирования [1].

В матричных моделях положение компании, стратегической бизнес-единицы, продукта либо какого-либо другого экономического объекта изображается в виде окружности на координатной плоскости, оси которой соответствуют каким-либо характеристикам объекта (например, для популярной матрицы МакКинси – это пара «преимущество компании на рынке, привлекательность рынка»). Совокупность значений по каждой характеристике делится на равные диапазоны (от двух до десятка для различных матриц) пороговыми значениями характеристик. В результате в I квадранте координатной плоскости формируется набор клеток, каждой из которых сопоставляются качественно различающиеся ситуации и стратегии развития объекта.

Как обобщение матричных моделей, введем многомерное стратегическое пространство (пространство стратегических позиций) следующим образом [4, 5]. Пусть n – максимальное рассматриваемое количество характеристик, описывающих различные объекты РСЭС. Эти характеристики могут количественными либо качественными, относящимися к различным видам шкал – абсолютной, интервальной, порядковой, номинальной.

Тогда каждый объект может быть представлен в виде вектора характеристик x длиной n , $x \in S^n$, где S^n – пространство характеристик объектов региональной экономики. Такое представление соответствует определению любой системы как вектора ее характеристик [12].

Обеспечим дискретизацию характеристик объектов, для чего приведем все характеристики к единой порядковой шкале измерений следующим образом:

- качественные значения получают новое значение (ранг) в зависимости от степени выраженности;
- номинальные шкалы превратим в порядковые, упорядочив соответствующие значения по какому-либо критерию максимума полезности для объекта;
- интервалы интервальной шкалы пронумеруем, значения в порядковой шкале оставим без изменения;
- количественные значения (целые либо вещественные) в абсолютной шкале разбиваются на интервалы (как это делается для матричных моделей), которые нумеруются естественным образом; очевидно, что такие значения являются преобладающими.

В результате получим изоморфное S^n дискретное пространство стратегических позиций $H^n = P$.

Поскольку количество рангов и диапазонов конечно, пространство можно представить в виде декартова произведения конечных множеств целых чисел:

$$P = P_1 \times P_2 \times \dots \times P_n,$$

где P_i – множество целочисленных значений для i -го характеристики, $P_i = \{0, 1, 2, \dots, m_i\}$, где 0 означает отсутствие данной характеристики у объекта, а значение m_i не превышает 7–10 (из соображений удобства визуализации и компьютерной реализации).

Тогда, очевидно, каждый кортеж этого декартова произведения, каждая многомерная точка пространства P представляет собой вектор неотрицательных целых чисел, определяющий позицию объекта в стратегическом пространстве и однозначно описывающий этот объект.

Предложенный подход дискретизации при решении задач стратегического управления правомерен с различных точек зрения:

- окружающий нас мир непрерывен только на первый взгляд: он дискретен вплоть до кварков и фотонов света; в особенности дискретность адекватна при решении задач экономики и управления, имеющих дело с дискретными сущностями – материальными объектами, денежными единицами, людьми;
- широко используемые в стратегическом планировании матричные модели неявно вводят дискретизацию, разбивая множества значений на интервалы;
- в ряде случаев, например, в когнитивных моделях нечеткие значения лингвистических переменных (типа «очень мало», «мало», ..., «очень много») заменяются на балльные оценки, например, по 10-балльной шкале.

Предложенный подход дискретизации при решении задач стратегического управления позволяет получить следующие преимущества:

- дискретизация существенно упрощает расчеты и анализ при программной реализации: вместо сложных векторов пространства S^n , где различные характеристики задаются в разных шкалах и могут иметь широкие диапазоны значений, в пространстве H^n можно иметь дело только с унифицированными объектами – целочисленными векторами с ограниченными и небольшими значениями элементов;
- дискретизация позволяет оперировать на стратегическом обобщенном уровне, не вдаваясь в мелочи;

- дискретизация в определенной мере упрощает визуализацию экономических объектов, их отношений и их развития.

Но самое главное состоит в другом. Каждому целочисленному вектору из пространства H^n соответствует многомерный «куб» в исходном пространстве S^n , в частности, образованный выделенными диапазонами значений по каждому измерению. Все стратегические позиции, все вектора из S^n близки друг другу и эквиваленты в некотором смысле.

Можно сказать, что каждый диапазон значений по некоторому измерению в пространстве S^n представляет собой значение некоторой нечеткой переменной, соответствующей характеристике по этому измерению. Поэтому в процессе дискретизации все нечеткое и качественное превращается в четкое и дискретное.

Таким образом, можно сделать вывод, что предложен формальный математический аппарат, единый язык для описания процесса стратегического управления регионом – многомерные стратегические пространства и алгебры над этими пространствами. Стратегические пространства, полученные в результате дискретизации, позволяют единообразно описывать текущие и целевые позиции экономических объектов (матричные модели стратегического анализа), их взаимодействие (карты стратегических групп конкурентов, модели портфельного анализа) и развитие этих объектов (формирование стратегий и мониторинг их реализации); другими словами, на математический язык были переложены основные понятия стратегического управления.

Предложенный подход, связанный с дискретизацией, может быть использован для формализации и анализа широкого класса систем в различных общественных, а также других науках (например, медицина, геология), которые оперируют нечеткими и качественными характеристиками и для которых рассмотренная дискретизация является достаточно естественной.

4. Стратегические пространства

4.1. Свойства пространства

Далее будем употреблять термин «точка» в смысле многомерной точки, многомерного вектора многомерного стратегического пространства, которые характеризуют некоторый объект региональной экономики.

Пространство стратегических позиций H^n как обобщение многомерных матричных моделей по своему построению является пространством дискретным, целочисленным и конечномерным. Более того, количество точек в нем конечно, поскольку конечно количество диапазонов значений по каждому измерению.

Далее, это пространство будет метрическим, если в нем ввести манхэттенскую (городскую) метрику как сумму разностей значений двух точек по всем измерениям:

$$d(x, y) = \sum_{i=1}^n (|x_i - y_i|), \quad x, y \in P.$$

Это пространство будет линейным, если определить в нем операции сложения векторов и умножения на целочисленный скаляр.

Но поскольку в пространстве H^n все точки являются изолированными и отсутствуют предельные точки, то это пространство не является полным (а, следовательно, и евклидовым, гильбертовым, банаховым) [13].

4.2. Интерпретации

Перечислим далее некоторые интерпретации свойств и операторов пространства H^n в терминах различных этапов стратегического управления регионов и их характеристик:

- множество в пространстве H^n - множество допустимых позиций, имеющих смысл; это множество может не быть связным; если исходная позиция объекта находится в одной связной компоненте, а стратегическая цель – в другой, то нельзя будет построить последовательность элементарных стратегий для достижения цели;
- подпространства меньшей размерности пространства H^n – различные многомерные матричные модели, которые можно визуализировать на плоскости с использованием метода связанных проекций [14];
- расстояние между точками – характеризует опасность другого объекта как конкурента либо перспективность другого объекта для его включения в портфель;

- расстояния от точки x до множества S : $d(x, S) = \inf(d(x, s), s \in S)$ – расстояние от объекта до стратегической группы конкурентов;
- расстояние между множествами A и B есть $\rho(A, B) = \inf \rho(x, y), x \in A, y \in B$. – расстояние между стратегическими группами конкурентов;
- открытый шар $B(x, r) = \{y \in M | d(x, y) < r\}$ – соседи по группе конкурентов либо возможные претенденты на исключение из портфеля (бесполезность слишком близких позиций);
- сумма векторов и умножение на скаляр используется в линейных комбинациях векторов вида $\sum_{j=1}^k \alpha_j x_j$ (операции обобщения позиций и корректировки позиций) и при кластеризации конкурентов здесь $k < n$, в противном случае линейно-зависимая комбинация обратится в нуль;
- ломаная в стратегическом пространстве – стратегия перевода объекта из исходного в целевое состояние либо фактическое движение объекта во времени в стратегическом пространстве, которое выступает как фазовое пространство.

Множеством точек может быть не только какое-либо множество объектов, но и совокупность точек траектории движения объекта в стратегическом пространстве в предыдущие годы и в перспективе, что позволяет учитывать следующие аспекты:

- траектория движения объекта в предыдущие годы как основа для формирования будущей стратегии;
- пересечение с траекториями конкурентов в будущем – опасная конкуренция;
- мера несовпадения траектории стратегии и фактического развития – мера отклонения при мониторинге реализации стратегии.

4.3. Отношения

По построению, множество всех точек стратегического пространства H^n представляет собой декартово произведение множеств целочисленных значений по каждому из измерений. Поэтому любую точку пространства можно также рассматривать как некоторое n -мерное отношение.

Для точек H^n можно ввести отношение порядка R , определяемого стандартным образом через отношения равенства и неравенства (строгого и нестрогого) между значениями по различным измерениям. Наконец, различные множества точек можно рассматривать как специфические отношения: это члены каждой стратегической группы конкурентов, все поставщики, все потребители, участники некоторого портфеля, а также множество точек, задающих динамику соответствующего ОРЭ в стратегическом пространстве, т.е. стратегию данного ОРЭ.

Рассматривая многомерные точки как критериальные векторы, а отношение порядка как отношение доминирования, можно использовать понятия и аппарат многокритериальной оптимизации [15]: на самом деле, и точка стратегического пространства, и критериальный вектор являются в данном случае просто целочисленными векторами, для которых задано отношение сравнения. Процесс многокритериальной оптимизации может производиться на различных множествах – конкурентов, партнеров, поставщиков, потребителей, объектах портфеля, вариантах стратегий.

Перечислим некоторые интерпретации понятий многокритериальной оптимизации в терминах стратегического управления:

- ранжирование точек – оценка и упорядочение конкурентов или объектов портфеля;
- сравнение точек – сравнение с конкурентами, бенчмаркинг;
- доминируемые точки – неопасные конкуренты, бесперспективные объекты с точки зрения включения в портфель;
- множество Парето – самые опасные конкуренты, наилучшие кандидаты для включения в портфель;
- идеальная точка – образец для бенчмаркинга; по близости к идеальной точке можно оценить реальную силу каждого конкурента и каждого объекта портфеля;
- многокритериальная оптимизация – поиск наилучшего образца при бенчмаркинге, поиск наиболее опасных конкурентов, поиск «звезды» в портфеле.

5. Интегрированная модель

5.1. Интегрированная модель

Таким образом, предлагается формализованная модель стратегического управления регионом на основе использования единого математического аппарата – дискретных метрических стратегических пространств, при помощи которых описываются состояния различных объектов РСЭС, взаимодействие объектов и стратегии их развития. На единой базе стратегических пространств

рассматриваются все традиционные модели СУР: стратегического анализа, анализа конкурентов, портфельного анализа, формирования стратегий, мониторинга реализации стратегий, которые рассматриваются как процессы анализа и преобразования многомерных точек, формализующих различные объекты региональной экономики.

Эта модель отражает:

- различные уровни и объекты РСЭС, такие как районы, населенные пункты, отрасли и подотрасли регионального хозяйства (в широком смысле этого слова – как различные сферы деятельности), корпорации (холдинги), компании (предприятия), а также стратегические бизнес-единицы компаний;
- одновременно территориальные, отраслевые и корпоративные аспекты развития региональной системы;
- различные временные этапы процесса функционирования и развития РСЭС;
- различные этапы процесса стратегического управления, включая стратегический анализ, анализ конкуренции, портфельный анализ, формирование и выбор стратегий, мониторинг реализации и корректировку стратегий.

Следует отметить, что любая крупная корпорация (холдинг) может иметь дочерние предприятия и подчиненные компании в разных отраслях и населенных пунктах.

В результате имеем трехмерный куб вида «районы/населенные пункты x отрасли/подотрасли x холдинги/нет холдинга», элементом (ячейкой) которого будет некоторая компания (предприятие), рассматриваемая в перечисленных трех аспектах.

В табл. 1 приведены основные отличия предлагаемых моделей стратегического управления от традиционных.

Таблица 1. Отличия предлагаемых моделей стратегического управления от традиционных

| Характеристика модели | Традиционные модели | Предлагаемые модели |
|-----------------------|---------------------|-----------------------------------|
| Размерность | двумерные | многомерные |
| Иерархия | одноуровневые | многоуровневые |
| Интеграция | отдельные | интегрированные |
| Единообразии | разнородные | на основе многомерных пространств |
| Формализация | концептуальные | формализованные |
| Характеристика модели | традиционные модели | предлагаемые модели |
| Прогнозирование | экспертные оценки | моделирование, экстраполяция |
| Оптимизация | отсутствует | при синтезе портфеля и стратегий |

Различные объекты РСЭС образуют иерархическую структуру, декомпозиция которой производится одновременно по отраслевому, территориальному и корпоративному признакам (рис. 1). Все объекты РСЭС различных уровней, отраслей, корпораций являются сложными системами, экономическими объектами и имеют много общих признаков и характеристик, поэтому в целом можно говорить о фрактальном характере данной модели; при этом можно выделить два типа фракталов – с гомогенными и с гетерогенными объектами подчиненных уровней.

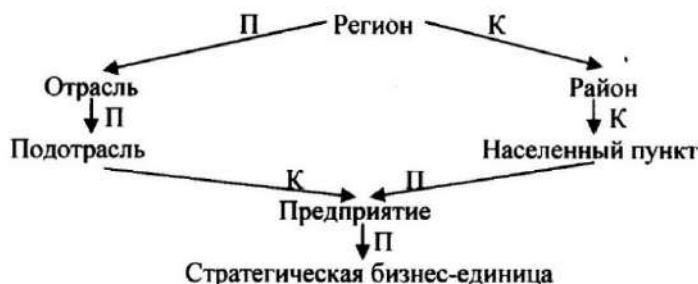


Рис. 1. Иерархия объектов РСЭС

При этом естественной иерархии объектов в РСЭС (например, регион-районы-населенные пункты-предприятия) будут соответствовать многоуровневые иерархии многомерных моделей – карт стратегических групп конкурентов (КСГ), стратегий и портфельных моделей, связанных зависимостью по данным [5].

Взаимодействие объектов стратегического пространства одного уровня реализуют КСГ и портфельные модели, а перевод объекта в другую точку пространства – процессы формирования, реализации и корректировки стратегии развития объекта, причем:

Была сделана попытка согласовать множество различных процессов различных уровней и аспектов: {конкуренцию, сотрудничество, развитие} {по уровням региона} {по территориям, по отраслям, по корпорациям} {в динамике}.

Для различных объектов РСЭС предлагается использовать две базовые модели, каждая из которых задается в многомерном пространстве стратегических позиций:

- карты стратегических групп конкурентов – как модель конкуренции однородных объектов, что более характерно для территориального среза (районы региона, города района, предприятия отрасли); на рис. 1 этому соответствует пометка «К»;
- портфельные модели как модель взаимодействия и сотрудничества гетерогенных объектов, что более характерно для отраслевого среза (отрасли района, предприятия района или города); на рис. 1 этому соответствует пометка «П».

5.2. Взаимодействие уровней

Важной проблемой является обеспечение взаимодействия по информации между уровнями для всех моделей (позиционирования, анализа конкурентов, анализа портфеля, формирования стратегий). В силу существенной фрактальности рассмотренной иерархической модели не требуется определять взаимодействие для каждой пары уровней и конкретных типов – достаточно определить только для двух типов объектов: гомогенных и гетерогенных. Достаточно определить взаимодействие пары «тип объектов \times тип модели», т.е. детально расписать всего 4 варианта: {гомогенные объекты, гетерогенные объекты} {КСГ, портфель}. При этом для каждого из четырех вариантов требуется определить, как работает данная модель с данным типом объектов, как передаются данные снизу вверх и как передаются данные сверху вниз.

Предлагаемые операции обобщения/корректировки инвариантны и действуют над тремя типами объектов:

- над стратегическими позициями как над многомерными точками;
- над характеристиками конкуренции как над числами;
- над стратегиями также как над многомерными точками другого стратегического пространства – пространства стратегий.

Каждый объект X описывается тройкой $X = (x_1, x_2, x_3)$, где x_1 – стратегическая позиция (вектор), x_2 – уровень конкуренции (число), x_3 – стратегия (вектор). При этом операции обобщения и суммирования (корректировки) одинаковы для любого x_i , $i=1,2,3$.

Проблема межуровневого взаимодействия состоит в том, что надо увязать одновременно три взгляда на каждый объект X_j уровня j :

- каждый объект уровня j описывается тройкой характеристик X_j ;
- на него влияет тройка X_{j+1} как обобщение объектов уровня $j+1$;
- также на него влияет тройка X_{j-1} , отражающая влияние уровня $j-1$.

Процесс взаимоувязки может идти вначале снизу вверх, а потом сверху вниз, т.е. приоритет имеют компании (более предпочтительно для рыночной экономики). Возможен и другой вариант – вначале сверху вниз, потом снизу вверх, т.е. приоритет имеет центр (более предпочтительно для плановой экономики).

Процесс обобщения не требует полной информации обо всех объектах и может работать при любой степени ее полноты, хотя, естественно, чем больше информации, тем лучше: если нет информации об объектах уровня $j+1$, берется информация о тройке объекта верхнего уровня $j-1$, если нет информации об объекте уровня $j-1$ – то только обобщается информация об объектах уровня $j+1$.

Пусть $\{X_i\}$ – характеристики для объектов $j+1$ уровня, X – характеристика объекта j -го уровня.

Тогда при движении снизу вверх имеем две операции:

$X^* = \sum_i a_i X_i / m$ – обобщение объектов $j+1$ -го уровня;

$X^{**} = (\alpha X + \beta X^*) / 2$ – суммирование (корректировка) характеристики объекта j -го уровня.

6. Вопросы визуализации

Как уже говорилось выше, для общественных наук визуализация особенно важна и адекватна в связи с большей ролью образного мышления. Кроме того, человек лучше воспринимает именно

визуальную информацию, что обеспечивает более высокую скорость интерпретации и внутренних закономерностей набора данных.

В работе [14] был предложен новый метод визуализации многомерных объектов, названный методом связанных проекций (МСП), и ориентированный именно на использование при решении задач стратегического управления. Визуальным представлением многомерной точки является многоугольник или ломаная, причем стороны многоугольника (отрезки ломаной) соединяют точки двумерных проекций, находящиеся в различных квадрантах координатной плоскости. В основе метода лежит введение неоднородности координатной плоскости, поскольку каждый квадрант есть самостоятельная координатная плоскость, соответствующая некоторой паре параметров. В общем случае квадранты модели (в количестве обычно до 24 штук) могут присоединяться друг к другу в любом порядке, а двумерные проекции могут соединяться произвольными линиями; особенность метода состоит в том, что координатные оси могут быть неоднозначными (различным сторонам оси соответствуют различные характеристики, шкалы).

Основным достоинством метода является то, что он позволяет анализировать многомерные точки как целостные объекты с регулярными свойствами; так, чем больше площадь многоугольника, тем выше «качество» объекта (многомерной точки) по всем его характеристикам, чем симметричнее многоугольник (относительно начала координат), тем более «сбалансирован» объект по различным характеристикам.

МСП позволяет перейти к использованию многомерных матричных моделей стратегического анализа [4, 5]. Матричные модели широко используются в стратегическом планировании и управлении, однако в каждой модели экономической объект исследуется всего по двум параметрам, в результате чего затрудняется его объективный анализ, а также сравнение между собой различных объектов. Последовательное же исследование по многим парам параметров малоэффективно из-за особенностей восприятия; поэтому обычно используется ограниченный набор популярных моделей, что снижает качество анализа.

При использовании профилей каждому объекту соответствует ломаная, соединяющая нормализованные значения различных характеристик, причем характеристики отображаются по оси OX , а их значения - по оси OY .

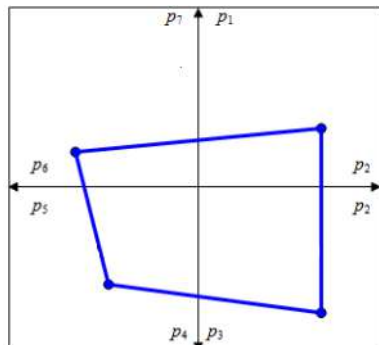


Рис. 2. Метод связанных проекций

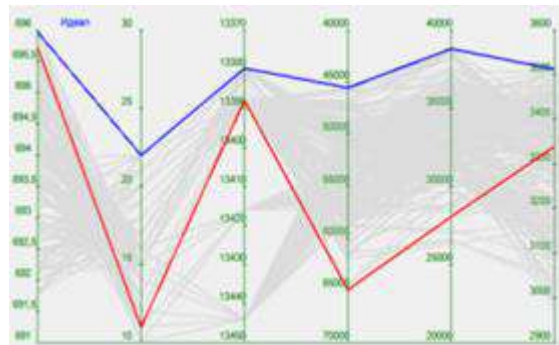


Рис. 3. Метод профилей

Использование методов визуализации, метода связанных проекций (рис. 2) и профилей (рис. 3), позволяют:

- визуально производить анализ каждого регионального объекта;
- по внешнему виду прямоугольника/многоугольника (размер, положение относительно начала координат) легко оценивать «качество» и «гармоничность» каждого объекта;
- анализировать динамику движения любой объекта в стратегическом пространстве, в частности, при реализации стратегии;
- анализировать взаимное положение различных групп объектов, таких как стратегическая группа конкурентов или портфель, в многомерном стратегическом пространстве;
- сравнить между собой различные объекты, например, для обнаружения ближайшего конкурента, в том числе, в будущем с учетом тенденций их развития;
- рассматривая характеристики объектов как некоторые критерии, можно с использованием методов многокритериальной оптимизации и метода профилей находить и визуализировать объекты, ближайшие к данному объекту, ближайшие к «идеальной точке» в стратегическом пространстве, упорядочивать объекты как конкурентов либо как кандидатов на включение в портфель и т.д.

7. Заключение

В работе был предложен формальный математический аппарат, единый язык для описания процесса стратегического управления регионом – многомерные стратегические пространства и алгебры над этими пространствами. Стратегические пространства, полученные в результате дискретизации интервалов значений характеристик региональных объектов, позволяют единообразно описывать текущие и целевые позиции этих объектов (матричные модели стратегического анализа), их взаимодействие (карты стратегических групп конкурентов, модели портфельного анализа) и развитие этих объектов (формирование стратегий и мониторинг их реализации). Предложенный подход может быть использован для формализации и анализа широкого класса систем в различных общественных, а также других науках.

Литература

1. *Зуб А.Т.* Стратегический менеджмент: теория и практика. – 4-е изд., доп. – М: Юрайт, 2014. – 375 с.
2. *Сангадиева И.Г.* Методология стратегического управления регионом. – Красноярск: Сибирский гос. аэрокосмический ун-т, 2006. – 260 с.
3. Федеральный закон «О стратегическом планировании в Российской Федерации» № 172-ФЗ от 20.06.2014. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_164841 (дата обращения 27.05.2025).
4. *Хачатуров В.Р., Соломатин А.Н., Зотов А.В. и др.* Планирование и проектирование освоения нефтегазодобывающих регионов и месторождений: Математические модели, методы, применение / Под ред. В.Р. Хачатурова. – М.: УРСС: ЛЕНАНД, 2015. – 304 с.
5. *Соломатин А.Н.* Разработка многомерных многоуровневых моделей стратегического управления регионом // Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2009): Труды Третьей межд. конф. (5-7 окт. 2009 г., Москва). – М.: ИПУ РАН, 2009. – С.104–116.
6. *Гранберг А.Г.* О Основы региональной экономики: 2-е изд. – М.: ГУ ВШЭ, 2001. – 495 с.
7. Стратегическое управление. Регион, город, предприятие: монография / Под ред. Д.С. Львова и др. – Изд. 2-е, доп. – М.: Экономика, 2005. – 603 с.
8. *Solomatin A.N.* Entropic Approach to Sustainable Development Issues // Thirteenth International Conference Management of Large-Scale System Development (MLSD) / Moscow (September 2020). – IEEE Conference Publications, IEEE Xplore Digital Library. [Published online]. – P. 1–5. – DOI:10.1109/MLSD49919.2020.9247737.
9. *Соломатин А.Н.* Допустимые региональные системы – преимущества, условия, диагностика // Инновации и инвестиции. – 2016. – №10. – С. 229–236.
10. *Князева Е.Н., Курдюмов С.П.* Основания синергетики. – М.: КомКнига, 2005. – 240 с.
11. *Дородницын А.А.* Математика и описательные науки // Избранные научные труды, Т. 2. – М.: ВЦ РАН, 1997. – С. 330–336.
12. *Хачатуров В.Р.* Математические методы регионального программирования. – М.: Наука, 1989. – 304 с.
13. *Воеводин В.В.* Линейная алгебра. – 2-е изд. – М.: Мир, 1986. – 423 с.
14. *Solomatin A.N.* Visualization of multidimensional data: method of connected projections // Eleventh International Conference “Management of Large-Scale System Development” (MLSD) / Moscow (October 2018). – IEEE Conference Publications, IEEE Xplore Digital Library. [Published online] – P. 1–5. – URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8551769> (дата обращения 27.05.2025).
15. *Лотов А.В., Поспелова И.И.* Многокритериальные задачи принятия решений. – М.: МАКС Пресс, 2008. – 197 с.