

# Разработка формализованных моделей стратегического регионального управления

А.Н. Соломатин

Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление»  
Российской академии наук, г. Москва, Россия

**Аннотация.** Рассматривается проблематика формализации в общественных науках, включая стратегическое управление. Предложен формальный математический аппарат для описания процесса стратегического управления регионом – дискретные стратегические пространства, полученные в результате дискретизации значений характеристик объектов региональной экономики. Приводится интерпретация некоторых понятий этих пространств и многокритериального анализа в терминах стратегического управления регионом. На этой основе предлагается интегрированная модель, позволяющая описать различные этапы процесса стратегического управления. Рассматриваются некоторые способы визуализации объектов региональной экономики.

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

**DOI:** 10.14357/20790279250403 **EDN:** BBXRDU

## Введение

Стратегическое управление [1] является важнейшим инструментом управления функционированием и развитием таких крупномасштабных систем как региональные социально-экономические системы (РСЭС). Стратегическое региональное управление (региональное стратегическое управление, стратегическое управление регионом) реализует выполнение основных функций управления для обеспечения социально-экономического развития региона в долгосрочной перспективе [2].

Однако в основном качественный характер используемого инструментария существенно снижает эффективность стратегического управления [1, 2]. Как известно, в каждой науке столько науки, сколько в ней математики. А отсутствие должной формализации существенно затрудняет использование современных информационных технологий, без использования которых невозможно представить любую отрасль знаний. 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 были предложены некоторые формализованные модели для

стратегического управления регионом [3, 4], которые, в частности, касались вопросов формализации матричных моделей стратегического анализа, карт стратегических групп конкурентов и формирования стратегий.

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

## 1. 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. Они содержат как количественные, так и качественные элементы, основными особенностями которых являются неопределенность и неоднозначность исходной информации, неформализуемость и невозможность полного описания проблемы, многоэкстремальность, многосвязанность (взаимное нелинейное влияние мно-

гих факторов), противоречивость целей, большая размерность, недетерминированность, активность субъектов, зависимость от предыстории и т.д.

Современная цивилизация достигла своих результатов только благодаря широчайшему использованию математики, моделирования, оптимизации. Очевидно, что для общественных наук подобного аппарата пока нет. Недаром покойный директор ВЦ РАН математик академик А.А. Дородницын подчеркивал, что главная задача математики в XXI веке – это обеспечить формализацию в общественных науках [5], разработать новый адекватный математический аппарат.

Для такой формализации необходимым условием является наличие своего языка, который бы в общественных науках позволил однозначно описывать объекты и процессы, моделировать и прогнозировать их развитие. Во многих областях знания существуют свои языки: это математика, химические формулы, географические карты, радиосхемы и т.д.

В силу бОльшей роли образного мышления в общественных науках таким языком для них мог бы стать некий визуальный язык (язык символьических изображений, когнитивная графика и т.д.), объединенный с формализованными символьными конструкциями.

Также практика показывает, что для таких сложных систем как РСЭС, наиболее целесообразно использование так называемых мягких моделей. 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:

- 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;

- линейная алгебра, семиотика – многомерные матричные модели стратегического анализа, формирование стратегий;
- клusterный анализ – формирование стратегических групп конкурентов;
- дискретная оптимизация, теория графов – анализ и оптимизация портфеля объектов региональной экономики;
- универсальные алгебры – анализ стратегий как операторов в пространстве стратегических позиций;
- многокритериальная оптимизация, методы визуализации – анализ и сравнение различных объектов региональной экономики.

## 2. 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-то 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 [3, 4]. Пусть  $n$  – максимальное рассматриваемое количество характеристик, описывающих различные объекты РСЭС. Эти характеристики могут количественными либо качественными, относящими 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 [6].

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 нумеруются, значения в порядковой шкале оставляются без изменений;
- количественные значения (целые, либо вещественные) в абсолютной шкале разбиваются на интервалы, которые нумеруются естественным образом.

В результате получим изоморфное  $S^n$  дискретное пространство стратегических позиций  $H^n = P$ . Поскольку количество рангов и интервалов конечно, пространство  $P$  можно представить в виде декартова произведения конечных множеств целых чисел как  $P = P_1 \times P_2 \times \dots \times P_n$ , где  $P_i$  – множество целочисленных значений для  $i$ -й характеристики,  $P_i = \{0, 1, 2, \dots, m_i\}$ . Здесь 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 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. Далее, широко используемые в стратегическом планировании матричные модели неявно вводят дискретизацию, разбивая множества значений на интервалы. Наконец, 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 позво-

ляет 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  $S^n$  можно иметь дело только с унифицированными объектами – целочисленными векторами с ограниченными и небольшими значениями элементов. Кроме того, дискретизация в определенной мере упрощает визуализацию экономических объектов, их отношений и 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. Можно сказать, что каждый диапазон 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, предлагается формальный математический аппарат, единый язык для описания процесса стратегического управления регионом – многомерные стратегические пространства и алгебры над этими пространствами. Предложенный подход, связанный с дискретизацией, может быть использован для формализации и анализа широкого класса систем в различных общественных, а также других науках (например, социология, психология, медицина, геология), которые оперируют нечеткими и качественными характеристиками и для них рассмотренная дискретизация является достаточно естественной.

### 3. Стратегические пространства

**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) ме-

трику как сумму разностей значений двух точек по всем измерениям. Это пространство будет линейным, если определить в нем операции сложения векторов и умножения на целочисленный скаляр. Очевидно, что пространство  $H^n$  не является полным (а, следовательно, и евклидовым, гильбертовым, банаховым) [7], поскольку в нем все точки являются изолированными и отсутствуют предельные точки.

**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 региональной экономики 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 [8];
- 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  $B(x, r) = \{y \in M \mid d(x, y) < r\}$  – соседи по группе конкурентов;
- сумма векторов и умножение на скаляр используется в линейных комбинациях векторов при операциях обобщения позиций и их корректировки, а также и при кластеризации конкурентов [4];
- 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.

**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. Различные множества точек можно рассматривать так же как некие специфические отношения: члены стратегической группы конкурентов, все поставщики и потребители, участники некоторого портфеля, а также множество точек, задающих динамику развития соответствующего объекта региональной экономики в стратегическом пространстве, т.е. стратегию данного объекта.

Рассматривая многомерные точки как критериальные векторы, а отношение порядка как отношение доминирования, можно использовать понятия и аппарат многокритериальной оптимизации [9]: на самом деле, и точка стратегического пространства, и критериальный вектор являются в данном случае просто целочисленными векторами. 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, «звезды» в портфеле.

#### 4. 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 разви-

тия. 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, корпорации (холдинги), компании (предприятия), а также стратегические бизнес-единицы компаний;
- одновременно территориальные, отраслевые и корпоративные аспекты развития региональной системы;
- различные этапы процесса стратегического управления.

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.

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 характеристики, 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.

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); этому соответствует пометка «П».

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.

## 5. 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 [8] 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 линия, причем стороны многоугольника (отрезки ломаной) соединяют точки двумерных проекций, находящиеся в различных квадрантах координатной плоскости. 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 свой-

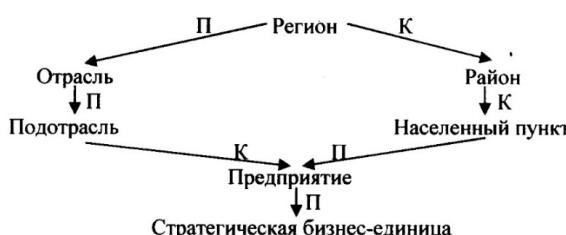


Рис. 1. Иерархия объектов РСЭС

ствами. 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 (рис. 2) [3, 4]. Матричные модели широко используются в стратегическом планировании и управлении, однако в каждой модели экономический 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 параметрам малоэффективно из-за особенностей восприятия, поэтому обычно используется ограниченный набор популярных моделей, что снижает качество анализа.

При использовании профилей каждому объекту соответствует ломаная линия, соединяющая нормализованные значения различных характеристик, причем характеристики отображаются по оси ОХ, а их значения – по оси ОУ.

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

- визуально производить анализ каждого регионального объекта;
- по внешнему виду прямоугольника/многоугольника (размер, положение относительно начала координат) легко оценивать «мощь» и «гармоничность» каждого объекта;
- анализировать динамику движения любого 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;
- сравнивать между собой различные объекты,

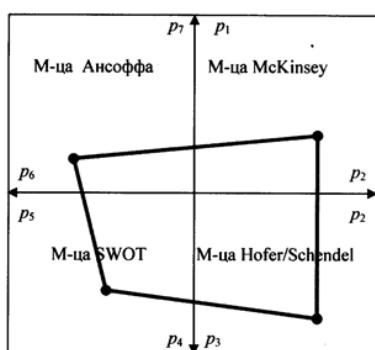


Рис. 2. Метод связанных проекций

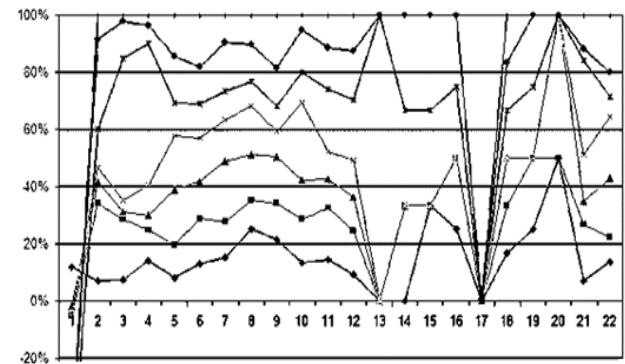


Рис. 3. Метод профилей

например, для обнаружения ближайшего конкурента, в том числе, в будущем с учетом тенденций их развития.

## Заключение

В работе предлагается формальный математический аппарат, единый язык для описания стратегического управления регионом – многомерные стратегические пространства как основа для создания экономико-математической модели. 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). Это открывает возможности для более широкого использования в процессе стратегического управления информационных технологий, в частности, для унификации описания и визуализации объектов региональной экономики, а также стратегий их развития. 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. Хачатуров В.Р., Соломатин А.Н., Злотов 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.
4. 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.
  5. Дородницын А.А. Математика и описательные науки // Избранные научные труды. М.: ВЦ РАН. 1997. Т. 2. С. 330–336.
  6. Хачатуров В.Р. Математические методы регионального программирования. М.: Наука. 1989. 304 с.
  7. Воеводин В.В. Линейная алгебра. 2-е изд. М.: Мир. 1986. 423 с.
  8. 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]. Р. 1–5. Available from <https://ieeexplore.ieee.org/document/8551769> [Accessed 27 May 2025].
  9. Лотов А.В., Поспелова И.И. Многокритериальные задачи принятия решений. М.: МАКС Пресс. 2008. 197 с.

**Соломатин Александр Николаевич.** Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук, Москва, Россия. Ведущий научный сотрудник. Кандидат физико-математических наук. Область научных интересов: математическое моделирование, стратегическое управление регионом. E-mail: ASolomatin@frccsc.ru.

## Development of formalized models of strategic regional management

A.N. Solomatin

Federal Research Center “Computer Science and Control” of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

**Abstract.** The article considers the problems of formalization in social sciences, including strategic management. A formal mathematical apparatus is proposed for describing the process of strategic management of a region – discrete strategic spaces obtained as a result of discretization of the values of characteristics of regional economic objects. An interpretation of some concepts of these discrete spaces and concepts of multicriteria analysis in terms of strategic management of a region is given. On this basis, an integrated model is proposed that allows describing various stages of the strategic management process. Some methods of visualization of regional economic objects are considered.

**Keywords:** strategic management of the region, objects of the regional economy, discretization, discrete strategic spaces, integrated model.

**DOI:** 10.14357/20790279250403 **EDN:** BBXRDU

## References

1. Zub A.T. Strategic management: theory and practice. 4th ed., suppl. Moscow: Yurait. 2014. 375 p. (In Russ)
2. Sangadieva I.G. Methodology of strategic management of the region. Krasnoyarsk: Siberian State Aerospace University. 2006. 260 p. (In Russ)
3. Khachaturov V.R., Solomatin A.N., Zlotov A.V. et al. Planning and designing of the development of oil and gas producing regions and fields: Mathematical models, methods, application / Ed. V.R. Khachaturov. Moscow: URSS: LENAND; 2015. 304 p. (In Russ)
4. Solomatin A.N. Development of multidimensional multilevel models of strategic regional management // Management of the development of large-scale systems (MLSD'2009): Proceedings of the Third int. conf. (October 2009, Moscow). Moscow: IPU RAS. 2009. P. 104–116 (In Russ)

5. *Dorodnitsyn A.A.* Mathematics and descriptive sciences // Selected scientific works, Vol. 2. Moscow: CC RAS. 1997. P. 330–336 (In Russ)
6. *Khachaturov V.R.* Mathematical methods of regional programming. Moscow: Nauka. 1989. 304 p. (In Russ)
7. *Voevodin V.V.* Linear algebra. 2nd ed. Moscow: Mir;. 1986. 423 p. (In Russ)
8. *Solomatin A.N.* Visualization of multidimensional data: method of connected projections // Eleventh international conference “Management of large-scale system development”(MLSD’2018). Moscow (October 2018). IEEE Conference Publications, IEEE Xplore Digital Library. [Published online]. P. 1–5. Available from <https://ieeexplore.ieee.org/document/8551769> [Accessed 27 May 2025].
9. *Lotov A.V., Pospelova I.I.* Multicriterial decision making problems. Moscow: MAX Press. 2008. 197 p. (In Russ)

**Alexander N. Solomatin.** Federal Research Center “Computer Science and Control” of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia. PhD, leading researcher. Research interests: mathematical modeling, strategic management of the region. E-mail: ASolomatin@frccsc.ru.