

Когнитивное моделирование

Научная статья
Статья в открытом доступе
УДК 004.8:331.101.1
doi: 10.30987/2658-4026-2026-1-66-77

Когнитивное моделирование как инструмент разработки стратегии развития региона

Елена Анатольевна Ларичева^{1✉}

¹Брянский государственный технический университет; Брянская область, Брянск, Россия

¹helenette@yandex.ru; <http://orcid.org/0000-0002-3246-7823>

Аннотация.

Статья посвящена использованию метода когнитивного моделирования для разработки стратегии регионального развития в условиях сложно предсказуемой динамической внешней среды. В статье построены когнитивная карта и на её основе – бинарная матрица смежности, включающая десять ключевых факторов развития региона, от человеческого капитала до экзогенных регуляторов.

В статье приводится описание построения модели, проведён анализ её структуры, с помощью искусственного интеллекта выполнено импульсное моделирование. Полученные результаты свидетельствуют о том, что когнитивное моделирование является эффективным инструментом визуализации сложных взаимозависимостей между факторами, позволяет прогнозировать изменение значений факторов модели, имитируя изменения во внутренней и внешней среде региона.

Ключевые слова: региональное развитие, стратегическое планирование, когнитивное моделирование, когнитивная карта, причинно-следственные связи, импульсное моделирование

Для цитирования: Ларичева Е.А. Когнитивное моделирование как инструмент разработки стратегии развития региона // Эргодизайн. 2026. №1 (31). С. 66-77. <http://dx.doi.org/10.30987/2658-4026-2026-1-66-77>.

Original article
Open access article

Cognitive Modeling as a Tool for Developing Regional Development Strategy

Elena A. Laricheva^{1✉}

¹Bryansk State Technical University, Bryansk, Bryansk Region, Russia

¹helenette@yandex.ru; <http://orcid.org/0000-0002-3246-7823>

Abstract.

The article is devoted to using the cognitive modeling method for carrying out a regional development strategy in a dynamically changing and difficult-to-predict external environment. The article constructs a cognitive map and, based on it, a binary adjacency matrix, which includes ten key factors of regional development, from human capital to exogenous regulators. The article provides a description of the model construction, an analysis of its structure, and impulse modeling using artificial intelligence. The results obtained indicate that cognitive modeling is an effective tool for visualizing complex interdependencies between factors, allowing predicting changes in the values of model factors by simulating changes in the internal and external environment of the region.

Keywords: regional development, strategic planning, cognitive modeling, cognitive map, cause-and-effect relationships, impulse modeling

For citation: Laricheva E.A. Cognitive Modeling as a Tool for Developing Regional Development Strategy. Ergodizayn [Ergodesign]. 2026;1(31):66-77. Doi: 10.30987/2658-4026-2026-1-66-77.

Введение

Современное состояние социально-экономической среды характеризуется высокой степенью неопределённости, глобализацией вызовов и возрастающей сложностью принимаемых управленческих решений. При решении задач на региональном уровне требуется учитывать значительное количество факторов. Так, разработка эффективной региональной стратегии сейчас не должна ограничиваться составлением прогнозных документов и планов на год – два – пять. Процесс разработки стратегии превращается в управление сложной, слабоформализованной системой, в которой имеется значительное количество элементов, связанных между собой нелинейно и динамично [6]

Классические инструменты стратегического анализа (таких как SWOT, PEST-анализ и др.) позволяют выделить, обобщить и оценить (например, с точки зрения силы влияния и важности) набор внешних и внутренних факторов. Но они не позволяют отразить глубину их взаимодействия, временные задержки эффектов или побочные последствия управленческих решений [8].

Помочь в этой ситуации может применение когнитивного моделирования. Оно способно систематизировать экспертные представления о поведении сложной системы в виде формализованной структуры. Когнитивное моделирование находит своё применение во многих сферах человеческой деятельности – экономике и управлении, социологии, медицине, физике и т.д. [18].

Сам метод когнитивного моделирования был разработан Р. Аксельродом [15]. Метод проучил в теоретическом и практическом плане – в частности, в трудах В.Б. Силова [12] и других авторов. Суть подхода заключается в представлении системы через совокупность ключевых понятий (переменных, факторов, концептов) и направленных причинно-следственных связей между ними – так называемую когнитивную карту. Такая карта позволяет проиллюстрировать экспертные (индивидуальные или коллективные) представления о логике функционирования объекта, учесть взаимовлияния факторов друг на друга и имеющиеся зависимости между ними.

Таким образом, построение когнитивной карты – это процесс структуризации неопределённости. Аналитик превращает в модель собственные знания и представления о процессе/явлении, которое он изучает. Полученная карта позволяет провести количественный и структурный анализ, направленный на выявление устойчивых конфигураций, моделирование реакции системы на внешние импульсы и поиск эффективных управленческих решений [2], [3], [9].

Применение когнитивных карт при разработке региональной стратегии оправданно по следующим причинам:

1. Способность обрабатывать слабоструктурированную информацию, объединяя в единое пространство анализируемые количественные (например, объём выпуска продукции, численность населения и т.д.) и качественные показатели (например, инновационная культуры, уровень креативности персонала и т.д.).

2. Отображение взаимосвязей. Так, на карте можно проследить прямое и опосредованное взаимовлияние факторов. Это помогает обнаружить латентные зависимости и критические узлы, неочевидные при традиционном анализе [6].

3. Выявление механизмов саморегуляции и дисбаланса через анализ циклов обратной связи (петель) в карте позволяет идентифицировать как стабилизирующие («петли ограничений»), так и дестабилизирующие («петли взаимного усиления») механизмы в развитии региона [8]. Например, может быть выявлен цикл, в котором увеличение некоего фактора «А» ведёт к ухудшению фактора «В» и, в конечном итоге, к снижению фактора «С», который является результативным во всей системе.

4. Поддержка сценарного анализа и принятия решений. Карта позволяет проводить импульсное моделирование, исследуя изменение системы во времени, задавая скорость распространения импульса. Данное динамическое моделирование позволит предвидеть изменение состояния системы. Такой метод будет более нагляден при использовании нечётких когнитивных карт, когда взаимосвязи между факторами (концептами) системы будут различаться по интенсивности, а интенсивность любого влияния будет изменяться с течением времени

[9], [17]. Это позволит приблизить модель системы к реальной системе.

5. Синхронизация экспертных позиций. Совместная работа экспертов из различных сфер деятельности (бизнес, политика, культура и т.д.) может стать основой для формирования единого концептуального видения проблем региона, а, следовательно, разработки максимально правдоподобной модели ситуации.

То есть когнитивное моделирование позволит выйти за рамки линейной логики и в итоге сформировать модель для системного анализа и управления процессами внутри региона в условиях неопределённости.

1. Материалы, модели, эксперименты, методы и методики.

Основой для настоящего исследования послужили научные статьи, посвящённые различным аспектам региональной экономики, стратегического управления и применения когнитивных методов. Анализ публикаций [1], [3], [4], [6], [8-11], [13], [14], [18] позволил выявить универсальные факторы развития, описанные в контексте конкретных проблем: связанных с развитие регионов и предприятий.

Методологическую основу работы составила стандартная технология когнитивного моделирования сложных систем, включающая последовательные этапы [3], [4], [9], [12], [14]:

1. Когнитивная структуризация предметной области. На основе анализа статистической информации и проведённого автором исследования [11] были выявлены и систематизированы ключевые факторы (концепты), влияющие на социально-экономическое развитие региона. Факторы были разделены на группы для снижения размерности модели при сохранении её содержательной полноты.

2. Построение когнитивной карты. Выделенные факторы стали вершинами графа. Причинно-следственные связи между ними определялись также на основе анализа собранной информации. Каждой связи был присвоен знак: «+1» для положительного влияния (рост причины ведёт к росту следствия), «-1» для отрицательного. Таким образом получилась бинарная когнитивная карта.

3. Формальное описание модели. Карта представлена в виде матрицы смежности (матрица прямых влияний, когнитивная матрица), что позволяет провести её

компьютерную обработку и математический анализ.

4. Сценарное (импульсное) моделирование. На основе матрицы влияний были промоделированы возможные реакции системы на изменения отдельных факторов (управляющие импульсы) для качественной оценки траекторий развития.

Были выделены 15 базовых концептов, образующих ядро модели регионального развития. Из них четыре фактора V9, 10, 14 и 15 являются экзогенными – то есть внешними. Они оказывают влияние на регион, но практически не поддаются влиянию из отдельного региона (таблица 1).

На рис. 1 приведена когнитивная карта факторов, формирующих развитие региона, а в табл. 2 - матрица их прямых влияний.

Рассмотрим более подробно логику построения карты.

Рассмотрим более подробно логику построения карты.

Концепт V1 положительно влияет на концепты V3, V11, V12, V13 (поэтому в матрице это влияние обозначается как +1). То есть значительный человеческий капитал обеспечивает экономическое развитие в целом, развитие МСП в регионе, повышения уровня жизни и ускорение технологической адаптации, то есть обеспечивает качественное развитие региона.

Концепт V2 положительно влияет на концепты V3, V6, V7, V11. Таким образом, развитие институтов непосредственно стимулируют экономическую активность, повышают инвестиционную привлекательность территории, укрепляют бюджетную устойчивость и создают благоприятные условия для развития бизнеса.

Концепт V3 положительно влияет на концепты V11 и V12. Это означает, что успешная диверсифицированная экономика обеспечивает развитие малого и среднего бизнеса и в конечном итоге ведёт к повышению уровня жизни населения.

Концепт V4 положительно влияет на концепты V3, V6, V13. Наличие развитой научной базы и инновационной активности обеспечивает модернизацию экономической структуры, повышает инвестиционную привлекательность региона для инновационных компаний и ускоряет процесс технологической адаптации.

Концепт V5 положительно влияет на концепты V1, V3, V6, V11, V13. Развитая инфраструктура улучшает качество человеческого капитала через доступность

услуг, стимулирует экономику, увеличивает инвестиционную привлекательность, создает условия для бизнеса и облегчает внедрение новых технологий.

Концепт V6 положительно влияет на концепты V3, V11, V13. Таким образом приток инвестиций способствует развитию экономической структуры, финансированию бизнеса и внедрению современных технологий.

Концепт V7 положительно влияет на концепты V5 и V12. Наличие собственных

финансовых ресурсов позволяет региону развивать инфраструктуру и финансировать социальные программы, направленные на повышение уровня жизни.

Концепт V8 положительно влияет на концепт V1, но отрицательно - на V2 и V7. Увеличение численности населения улучшает качественный состав человеческого капитала, но увеличивает нагрузку на институты управления и бюджетную систему, приводя к их перегрузке и снижению эффективности.

Таблица 1.

Факторы, влияющие на разработку региональной стратегии *

Table 1.

*Factors influencing the development of a regional strategy **

Обозначение	Фактор/группа факторов	Характеристика	Способность к самостоятельному развитию внутри региона
V1	Человеческий капитал	Уровень образования, квалификации, здоровья, креативности, культурного самосознания населения. Ключевой ресурс постиндустриальной экономики, основа инноваций и роста производительности	Высокая. На фактор влияют внутренние инвестиции в образование, здравоохранение, культуру, наличие среды для самореализации и креативной деятельности. Значение фактора снижается при оттоке населения и нехватке финансирования
V2	Институциональная среда	Качество формальных и неформальных правил (законы, традиции, этика); эффективность госуправления; уровень правовой защищённости; развитость гражданского общества и доверия	Средняя. ИС формируется исторически и меняется медленно. Сильно зависит от политической воли. На неё позитивно влияют внутренние реформы, внедрение лучших практик, повышение прозрачности, давление со стороны общества и бизнеса
V3	Экономическая структура	Диверсификация по отраслям и секторам; соотношение крупного, среднего и малого бизнеса; уровень конкуренции; производственно-ресурсный потенциал	Средняя/Высокая. Может менять свою структуру и обновляться под влиянием инвестиций, инноваций и государственной промышленной политики. На фактор положительно влияет развитие кластеров и МСП. Зависит от внешнего спроса и конъюнктуры
V4	Научно-инновационный потенциал	Концентрация исследовательских организаций, вузов, технологических компаний; способность генерировать, внедрять и коммерциализировать	Высокая. Потенциал может развиваться автономно в рамках научно-образовательных центров, технопарков, при поддержке бизнеса и государства. Позволяет создавать инновационные экосистемы, венчурные проекты. Нуждается в

Обозначение	Фактор/группа факторов	Характеристика	Способность к самостоятельному развитию внутри региона
		новые знания и технологии	долгосрочном инвестированием, связях с реальным сектором
V5	Уровень инфраструктуры	Развитость транспортной, энергетической, коммунальной, цифровой (ИКТ) и социальной (здравоохранение, образование, культура) инфраструктуры	Средняя. Физическая инфраструктура развивается за счёт крупных государственных и частных инвестиций. Цифровая инфраструктура может развиваться быстрее, если есть спрос и регуляторная поддержка. Социальная инфраструктура зависит от бюджетных возможностей и приоритетов
V6	Инвестиционная привлекательность	Приток инвестиций, уровень состояния бизнес-климата	Средняя. Зависит от институтов, инфраструктуры, экономических перспектив.
V7	Бюджетно-финансовая устойчивость	Собственные доходы региона, зависимость от федеральных трансфертов	Средняя. Определяется налоговой базой и эффективностью регионального управления
V8	Демографический потенциал	Динамика численности, половозрастная структура населения, миграционные потоки (отток/приток). Определяют количественные и качественные параметры трудовых ресурсов	Низкая Естественные демографические процессы (рождаемость, старение) инерционны и слабо управляемы в краткосрочной перспективе. Миграционные потоки можно регулировать косвенно через улучшение качества жизни, экономических возможностей и инфраструктуры
V9	Экологическая устойчивость	Качество окружающей среды, объём имеющихся природных ресурсов, экологическая ёмкость территории. Определяют пределы экстенсивного роста	Низкая. Экзогенный фактор. Являются объективным физическим ограничением. Однако регион может развивать потенциал для повышения экологической устойчивости через внедрение «зелёных» технологий, модернизацию производств и более экономного использования ресурсов (внедрение повторного использования ресурсов и т.д.)
V10	Внешнеэкономические условия	Конъюнктура внешних рынков, спрос на продукцию региона.	Низкая. Экзогенный фактор. Практически не поддаётся контролю со стороны региона
V11	Малый и средний бизнес (МСБ)	Количество МСП, их вклад в занятость и ВРП.	Высокая. Может динамично развиваться, если есть поддержка институтов и доступное финансирование
V12	Уровень жизни населения	Реальные доходы, бедность, социальное неравенство.	Средняя. Зависит от экономического роста, политики перераспределения, развития человеческого капитала
V13	Технологическая адаптивность	Глобальные и национальные	Низкая/ средняя.

Обозначение	Фактор/группа факторов	Характеристика	Способность к самостоятельному развитию внутри региона
		тенденции (цифровизация, автоматизация, «зелёные» технологии). Создают новые возможности и угрозы	Факторы внешние по отношению к региону. Однако регион может быть высоко восприимчивым к ним, активно внедряя и адаптируя технологии за счёт своего научно-инновационного потенциала и сформировавшегося человеческого капитала
V14	Ресурсные ограничения	Дефицит квалифицированных кадров, производственных мощностей, энергии	Низкая. Экзогенный фактор. Проявляется как следствие быстрого роста, ограничивая его потенциал
V15	Конкуренция с другими регионами	Отток капитала, «утечка мозгов», борьба за инвестиции и федеральные ресурсы	Низкая. Экзогенный фактор. Внешний фактор, усиливающийся при успехах региона

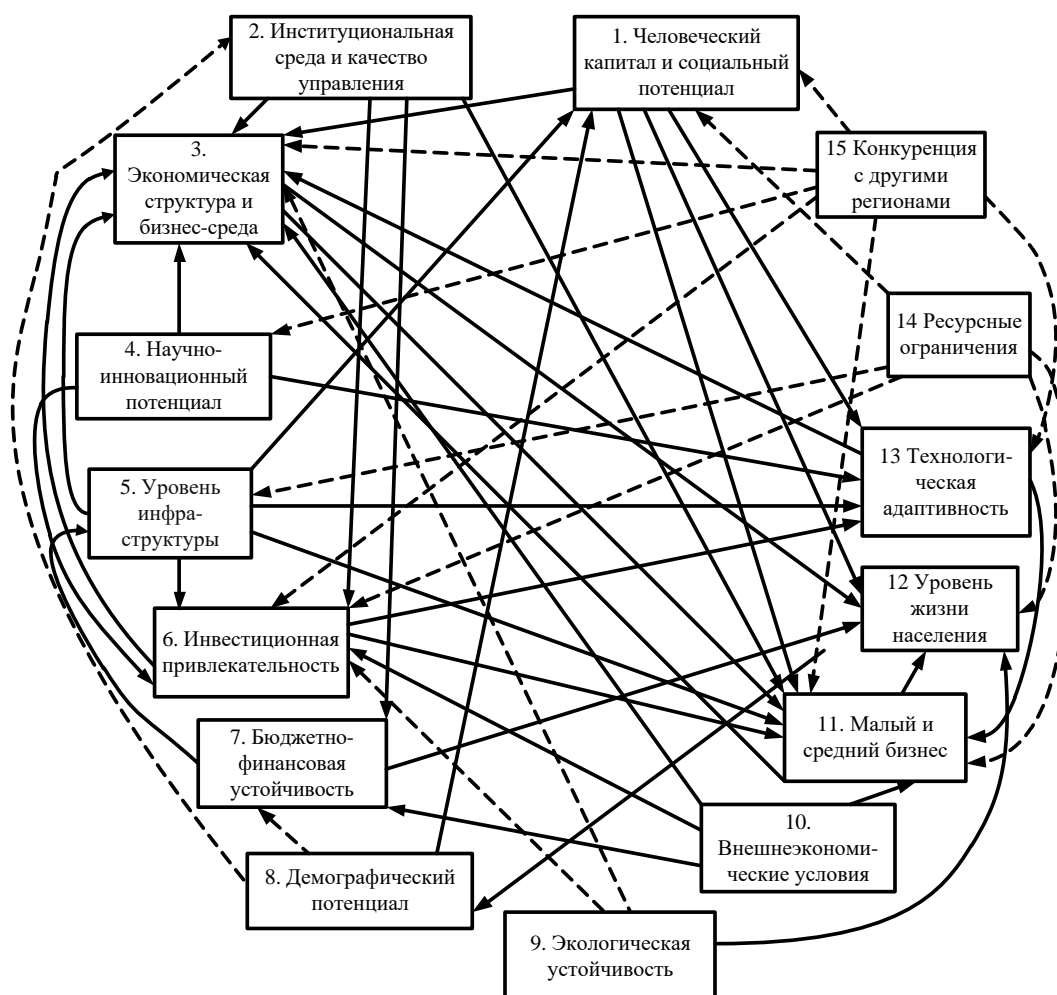


Рис. 1. Когнитивная карта факторов, формирующих развитие региона
Fig. 1. Cognitive map of the factors shaping the development of the region

где

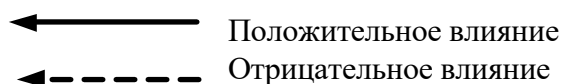


Таблица 2.

Матрица прямых влияний (матрица смежности) между факторами регионального развития

Table 2.

The matrix of direct influences (adjacency matrix) between the factors of regional development

Причина / Следствие	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12	V13	V14	V15
V1 Человеческий капитал	0	0	+1	0	0	0	0	0	0	0	+1	+1	+1	0	0
V2 Институциональная среда	0	0	+1	0	0	+1	+1	0	0	0	+1	0	0	0	0
V3 Экономическая структура	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+1	+1	0	0	0
V4 Научно-инновационный потенциал	0	0	+1	0	0	+1	0	0	0	0	0	0	+1	0	0
V5 Уровень инфраструктуры	+1	0	+1	0	0	+1	0	0	0	0	+1	0	+1	0	0
V6 Инвестиционная привлекательность	0	0	+1	0	0	0	0	0	0	0	+1	0	+1	0	0
V7 Бюджетно-финансовая устойчивость	0	0	0	0	+1	0	0	0	0	0	0	+1	0	0	0
V8 Демографический потенциал	+1	-1	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0
V9 Экологическая устойчивость	0	0	-1	0	0	-1	0	0	0	0	0	+1	0	0	0
V10 Внешне-экономические условия	0	0	+1	0	0	+1	+1	0	0	0	+1	0	0	0	0
V11 Малый и средний бизнес	0	0	+1	0	0	0	0	0	0	0	0	+1	0	0	0
V12 Уровень жизни населения	0	0	0	0	0	0	0	+1	0	0	0	0	0	0	0
V13 Технологическая адаптивность	0	0	+1	0	0	0	0	0	0	0	+1	0	0	0	0
V14 Ресурсные ограничения	-1	0	0	0	-1	-1	0	0	0	0	-1	-1	0	0	0
V15 Конкуренция с другими регионами	-1	0	-1	-1	0	-1	0	0	0	0	-1	0	-1	0	0

Концепт V9 отрицательно влияет на концепты V3 и V6 и положительно на V12. Ужесточение экологических требований и ограничений увеличивает затраты предприятий на очистные сооружения, сдерживает экономическую активность, а также может снижать инвестиционную привлекательность для «грязных» производств. Но, с другой стороны, ужесточение экологических требований улучшают региональную экологию, улучшая уровень жизни населения.

Концепт V10 положительно влияет на концепты V3, V6, V7, V11. Благоприятная внешняя конъюнктура (например, спрос на продукцию региона, доступность ресурсов) напрямую стимулирует экономику, привлекает инвестиции, улучшает бюджетные показатели и создает возможности для развития бизнеса.

Концепт V11 положительно влияет на концепты V3 и V12. Предпринимательская активность в регионе способствует развитию

экономики, создает рабочие места и способствует росту доходов населения.

Концепт V12 положительно влияет на концепт V8. Повышение благосостояния делает регион более привлекательным для проживания, что положительно сказывается на демографических показателях (миграционный приток и в перспективе - увеличение рождаемости).

Концепт V13 положительно влияет на концепты V3 и V11. Способность экономики быстро внедрять инновационные технологии повышает ее конкурентоспособность и создаёт новые возможности для развития бизнеса.

Концепт V14 отрицательно влияет на концепты V1, V5, V6, V11, V12. Нехватка трудовых, финансовых, производственных ресурсов, энергии напрямую ограничивает развитие человеческого капитала, сдерживает инфраструктурные проекты, уменьшает инвестиционную привлекательность, затрудняет предпринимательскую деятельность и в конечном итоге ухудшает уровень жизни.

Концепт V15 отрицательно влияет на концепты V1, V3, V4, V6, V11, V13. Усиление межрегиональной конкуренции приводит к трудовой миграции (так называемой «утечке мозгов»), оттоку капитала и бизнеса, потере научных кадров, снижению инвестиционной привлекательности и ухудшению результатов инновационной деятельности.

Данная матрица служит формальной основой для дальнейшего анализа динамических свойств системы регионального развития.

2. Результаты

Проведённый анализ построенной когнитивной карты позволил получить ряд содержательных результатов, характеризующих системную логику регионального развития и потенциал моделирования.

Анализ матрицы смежности (количество и характер исходящих и входящих связей) позволяет ранжировать факторы по их системной роли:

Среди факторов (концептов), имеющих наибольшее количество исходящих положительных связей следует отметить – V1, V2, V5 и V10 (основное внешнее управляющее воздействие).

Также выделим факторы, подвергающиеся наибольшему количеству положительных воздействий (наиболее чувствительные). К ним относятся V3 и V11. Они отвечают за развитие региона, следовательно, этим

факторам необходимо уделять максимум внимания при разработке и реализации стратегии. Чтобы непредуманным воздействием не снизить ожидаемые результаты.

Ограничителями в данной модели (источниками негативных влияний) являются V14, V15. Они являются внешними по отношению к региону. Их негативное воздействие ухудшают развитие человеческого капитала, уровня жизни, инфраструктуры, бизнеса, снижают потенциал развития. Также среди ограничителей отметим концепт V9, который создаёт ограничения для экстенсивного роста, вынуждая заботиться об улучшении экологии, внедрять различные «зелёные» технологии.

Проведём динамическое моделирование. Используем вычислительные возможности нейросети Deepseek. Обучение нейросети для проведения расчётов проводилось с использованием источников [2-4], [8], [12], которые позволили пояснить чату методика расчёта необходимых показателей на основе построенной когнитивной карты и терминологию интерпретации результатов.

Рассмотрим основные компоненты модели, описав их языком математики и поясним проведённые расчёты.

1. Итак, имеется вектор состояния системы:

$$X(t) = [x_{1(t)}, x_{2(t)}, \dots, x_{n(t)}]^T, \quad (1)$$

где $x_{i(t)}$ – количественная оценка состояния i -го концепта (фактора развития) в момент времени (цикл) t ; n – количество факторов в модели (в нашем случае, $n = 15$).

2. Построена матрица смежности (прямых влияний – табл. 2):

$$W = [w_{ij}]_{n \times n}, \quad (2)$$

где $w_{ij} \in \{-1, 0, +1\}$ – сила и направление прямого влияния концепта i на концепт j . Эта матрица фиксирует качественные причинно-следственные связи, выявленные на этапе когнитивного структурирования.

3. Поскольку карта носит бинарный характер (наличие связи +/-1; отсутствие связи 0), импульсное воздействие на концепты вызовет экспоненциальный рост получаемой модели, что нереалистично. Тем более любая система обладает инерцией. В силу взаимодействия друг с другом факторы тормозят друг друга (например, промышленный рост ограничен такими факторами, как ёмкость рынка, конкуренция, несовершенство законов, инфраструктуры, сопротивление изменениям и т.д.), что приводит к определённому замедлению проявления эффекта.

Для анализа динамических эффектов управляющих воздействий в модели используем принцип импульсного отклика, который присутствует в стандартном инструментарии анализа векторных авторегрессионных (VAR) моделей в эконометрике [7], [16].

Для проведения расчётов влияния импульсов на систему введём коэффициент α (назовём его коэффициент передачи (затухания), который отражает долю импульса, которая реально передаётся от концепта-причины к концепту-следствию за один цикл моделирования. При этом $\alpha \in (0, 1)$. (3)

Его присутствие позволит учесть недостаток бинарной модели - экспоненциальный рост отдельных или всех факторов в ходе моделирования.

Предположим, что за один условный цикл (например, год) реализуется около 70% потенциального эффекта от полученного импульса. Остальные 30% «теряются» или откладываются на будущие периоды из-за указанных выше причин. Тогда примем коэффициент передачи (затухания) за $\alpha = 0,7$.

Если принять коэффициент, равный 0,5, то получится, что 50% управляющего воздействия в системе будут бесполезными, то есть управление будет неэффективным. Если принять коэффициент за 0,9, то данное значение будет слишком оптимистичным. Поэтому было выбрано значение 0,7.

4. Вектор внешних управляющих импульсов. Обозначим каждый импульс его $P^0(t)$. Он представляет собой план конкретных управленческих действий на определённый период (например, на год). Например, на систему (регион) осуществляется воздействие через экзогенный фактор V10 – запускается программа поддержки экспорта региональной продукции торговли ($p_{10}^0(1) = +1$). На фактор V9, например, никакого целенаправленного воздействия не оказывается ($p_9^0(1) = 0$).

Тогда величина внешнего воздействия, приложенного к i -му концепту в момент t может быть описана таким образом:

$$P^0(t) = [p_{i1}^0(t), p_{i2}^0(t), \dots, p_{in}^0(t)]^T. \quad (4)$$

То есть будущее состояние каждого показателя определяется как

Новое значение показателя = Старое значение + Новые решения + Эффект от изменений в других показателях (5)

С учётом введения коэффициента передачи (затухания) новое состояние системы будет выглядеть:

$$x_j(t+1) = x_j(t) + p_j^0(t+1) + \alpha \sum_{i=1}^n [w_{ij} \cdot p_i(t)],$$

(6)

где:

$x_j(t+1)$, $x_j(t)$ – состояния концепта j в моменты $t+1$ и t соответственно;

$p_j^0(t+1)$ – внешний управляющий импульс для концепта j в момент $t+1$;

α – коэффициент передачи;

w_{ij} – элемент когнитивной матрицы, описывающий влияние i на j .

$p_i(t) = x_i(t) - x_i(t-1)$ – результирующий (внутренний) импульс концепта i , накопленный к моменту t . Для $t=0$ полагается $p_i(0) = 0$ для всех i .

То есть руководство страны/региона разрабатывает стратегию развития региона, выбирает, на какие направления (в данном случае концепты) воздействовать. Для каждого показателя (концепта) вычисляется значение, которое он примет к концу года, получается новая картина состояния региона. При этом изменятся не только факторы, на которые оказывалось воздействие, но и те, на которые они влияют. Такие изменения становятся новыми импульсами внутри систему. И каждый новый период влияние первоначального импульса распространяется всё дальше в системе. Полученный прогноз, например, на 10 циклов (лет) и будет отражать результат воздействия на систему (стратегических решений на регион).

Например, если внутри системы (когнитивной карты) воздействий не планируется, а сама система испытывает на себе воздействие только экзогенных факторов V9, V10, V14, V15, будет получена следующая матрица с учётом 10 циклов (таблица 3).

Как видно, введение коэффициента передачи (затухания) позволило избежать экспоненциального роста факторов. По результатам протекания 10 циклов наблюдается значительный рост концептов V3, V6, V7, V11 – основных показателей экономического развития региона.

Такие факторы, как V1, V2, V3, V13 показывают стагнацию или очень медленный рост. То есть для их развития необходимо воздействие на факторы внутри региона.

Но воздействие на значительный набор факторов приведёт к дисбалансу систем и неконтролируемому росту значений концептов даже при введении корректирующего коэффициента.

Оптимальным будет воздействие на ограниченное количество факторов, через

которые будет осуществляться воздействие на всю модель.

Предположим, разрабатываемая региональная стратегия включает воздействие на такие факторы, как: V1 (человеческий капитал), V2 (институциональная среда), V5

(уровень инфраструктуры), V8 (инвестиционная привлекательность). Тогда будет получена таблица 4. То есть регион ощущает на себе воздействие не только макро-факторов, но и внутренне стимулирование отдельных концептов.

Таблица 3.

Динамика при постоянном воздействии +1 на V9, V10, V14, V15 каждый цикл (коэффициент передачи = 0,7; начальные значения = 1,00)

Table 3.

Dynamics with constant exposure of +1 to V9, V10, V14, V15 each cycle (transmission coefficient = 0.7; initial values = 1.00)

Цикл	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12	V13	V14	V15
0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
1	0,30	1,00	0,50	0,70	0,30	0,30	2,00	1,00	2,00	2,00	0,80	0,40	0,70	2,00	2,00
2	0,41	1,00	0,95	0,49	0,61	0,89	2,90	0,99	3,00	3,00	1,14	0,47	0,49	3,00	3,00
3	0,52	1,00	1,45	0,49	0,83	1,48	3,71	0,98	4,00	4,00	1,52	0,63	0,49	4,00	4,00
4	0,62	1,00	2,00	0,49	1,03	2,07	4,44	0,97	5,00	5,00	1,92	0,88	0,49	5,00	5,00
5	0,72	1,00	2,58	0,49	1,20	2,66	5,11	0,96	6,00	6,00	2,35	1,18	0,49	6,00	6,00
6	0,80	1,00	3,19	0,49	1,36	3,25	5,72	0,95	7,00	7,00	2,78	1,51	0,49	7,00	7,00
7	0,88	1,00	3,83	0,49	1,50	3,84	6,28	0,94	8,00	8,00	3,22	1,85	0,49	8,00	8,00
8	0,95	1,00	4,48	0,49	1,63	4,42	6,79	0,93	9,00	9,00	3,66	2,20	0,49	9,00	9,00
9	1,01	1,00	5,16	0,49	1,74	5,00	7,26	0,92	10,00	10,00	4,10	2,56	0,49	10,00	10,00
10	1,07	1,00	5,85	0,49	1,85	5,58	7,69	0,91	11,00	11,00	4,54	2,92	0,49	11,00	11,00

Таблица 4.

Динамика при постоянном воздействии +1 на V7 и V5 каждый цикл

Table 4.

Dynamics with constant exposure to +1 on V7 and V5 each cycle

Цикл	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12	V13	V14	V15
0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
1	2,00	2,00	1,70	1,00	2,00	2,00	2,00	1,00	2,00	2,00	2,00	1,70	1,00	2,00	2,00
2	3,19	2,79	2,94	1,40	3,30	3,30	3,24	1,00	3,00	3,00	3,14	2,33	1,40	3,00	3,00
3	4,46	3,55	4,62	1,96	4,43	4,60	4,55	1,01	4,00	4,00	4,52	2,99	1,96	4,00	4,00
4	5,78	4,31	6,68	2,67	5,43	5,90	5,91	1,03	5,00	5,00	6,12	3,69	2,67	5,00	5,00
5	7,14	5,08	9,10	3,54	6,32	7,20	7,30	1,07	6,00	6,00	7,90	4,45	3,54	6,00	6,00
6	8,54	5,86	11,88	4,57	7,13	8,50	8,72	1,13	7,00	7,00	9,83	5,26	4,57	7,00	7,00
7	9,97	6,65	15,01	5,77	7,88	9,80	10,15	1,22	8,00	8,00	11,88	6,12	5,77	8,00	8,00
8	11,43	7,45	18,49	7,14	8,57	11,10	11,60	1,33	9,00	9,00	14,05	7,04	7,14	9,00	9,00
9	12,91	8,27	22,31	8,69	9,20	12,40	13,06	1,48	10,00	10,00	16,32	8,00	8,69	10,00	10,00
10	14,41	9,10	26,48	10,43	9,80	13,70	14,54	1,66	11,00	11,00	18,68	9,02	10,43	11,00	11,00

Как видно из полученной таблицы, данная стратегия более сбалансирована, позволяет развиваться всем факторам. Ожидается активное развитие экономической структуры и малого бизнеса. Ожидается увеличение уровня жизни, при этом повышение происходит не за счёт субсидий, а за счёт общего экономического подъёма.

Экзогенные факторы увеличиваются линейно, поскольку система на них не влияет. Эти макро-факторы формируются общим экономическим развитием страны.

Минимальное, но стабильное увеличение демонстрирует демографический фактор в силу своей инерционности.

Представленная в статье модель носит бинарный характер. Однако для более точного

анализа на региональном уровне лучше использовать нечёткие когнитивные карты. Алгоритм работы с ними может выглядеть следующим образом (рис. 2).

Обсуждение/Заключение.

Когнитивное моделирование является эффективным инструментом для преодоления ограничений традиционных методов стратегического анализа и способно прогнозировать развитие тех или иных процессов в регионе. Построенная когнитивная карта помогает не только визуализировать причинно-следственные связи между ключевыми факторами развития, но и провести динамическое импульсное моделирование.

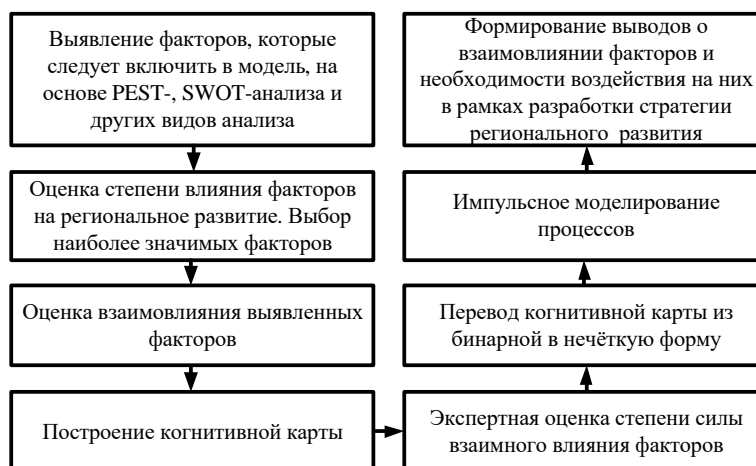


Рис. 2. Алгоритм применения когнитивных карт при разработке стратегии регионального развития

Fig. 2. Algorithm of using cognitive maps in the development of a regional development strategy

Для повышения точности анализа рекомендуется перейти от бинарных к нечётким когнитивным картам (НКК), что позволит учитывать не только факты взаимного влияния, но и оценить его силу. Это приблизит построенную модель к реальным

условиям и сделает прогнозирование более объективным.

То есть когнитивное моделирование позволит региональным властям и аналитикам более системно подходить к процессу разработки стратегии регионального развития.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. **Балуян Ю.В.** Анализ состояния малого предпринимательства на основе метода когнитивного моделирования // Terra Economicus. 2008. №3. С. 154-157. EDN PTUAAP.
2. **Горбанева О.И., Мурзин А.Д., Угольников Г.А.** Математическая постановка задач управления на когнитивных моделях // Проблемы управления. 2022. № 5. С. 25-39. DOI 10.25728/ru.2022.5.3. EDN BVAAWM.
3. **Горелова Г.В., Момот М.О.** Когнитивный подход к определению освоенности территории как фактора социально-экономического развития региона // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 5: Экономика. 2019. № 2. С. 24-37. EDN WBCISN.
4. **Горелова Г.В., Михалкина Д.А., Никитаева А.Ю.** Развитие человеческих ресурсов в регионе: когнитивное моделирование // Journal of Economic Regulation (Вопросы регулирования экономики). 2023. №14(2). С. 55-68. DOI 10.17835/2078-5429.2023.14.2.055-068. EDN PHZTOW.
5. **Искусственный интеллект DeepSeek.** URL: <https://chat.deepseek.com> (дата обращения 20-28.12.2025).
6. **Исмиханов З.Н., Магомедбеков Г.У.** Исследование современных экологических, социальных и экономических проблем устойчивого развития региона: когнитивный подход // Юг России: экология, развитие. 2017. №4. С. 46-56. EDN XHQSO.
7. **Колдунов Э.Д., Филонова Е.С.** Эконометрическое моделирование импульсных откликов макроэкономических показателей // Фундаментальные исследования. 2022. № 6. С. 5-10. DOI 10.17513/fr.43264. EDN ZZIMCK.
8. **Копылов А.В., Цыганкова В.Н.** Анализ структуры инновационного бренда территории с использованием когнитивного моделирования // Региональная экономика: теория и практика. 2014. №. 47. С. 26-35. EDN TBEZH.

REFERENCES

1. **Baluyan Y.V.** Analysis of the State of Small Business Based on the Cognitive Modeling Method. Terra Economicus. 2008;(3):154-157.
2. **Gorbaneva O.I., Murzin A.D., Ougolnitsky G.A.** A mathematical formulation of control problems on cognitive models. Control Sciences. 2022;5:21-33. DOI 10.25728/ru.2022.5.3.
3. **Gorelova G.V., Momot M.O.** Cognitive Approach to Determining the Development of the Territory as a Factor of the Socio-Economic Development of the Region. The Bulletin of Adyghe State University. Series 5: Economics. 2019;(2):24-37.
4. **Gorelova G.V., Mikhalkina D.A., Nikitaeva A.Y.** Development of Human Resources in the Region: Cognitive Modeling. Journal of Economic Regulation. 2023;14(2):55-68. DOI 10.17835/2078-5429.2023.14.2.055-068.
5. **DeepSeek AI [Internet]** [cited 2025 Dec 20-28]. Available from: <https://chat.deepseek.com>.
6. **Ismikhhanov Z.N., Magomedbekov G.U.** Research of Modern Environmental, Social and Economic Problems of Sustainable Development of the Region: Cognitive Approach. South of Russia: Ecology, Development. 2017;(4):46-56.
7. **Koldunov E.D., Filonova E.S.** Econometric modeling of impulse responses of macroeconomic indicators. Fundamental research. 2022;6:5-10. DOI 10.17513/fr.43264.
8. **Kopylov A.V., Tsygankova V.N.** Analysis of the Structure of Innovation Brand of a Territory Using Cognitive Modeling. Regional Economics: Theory and Practice. 2014;(47):26-35.

9. **Ларичева Е.А., Ерохин Д.В., Лагерев Д.Г. и др.** Моделирование инновационного механизма предприятия с применением нечетких когнитивных карт // Менеджмент в России и за рубежом. 2006. № 3. С. 96-111. EDN VQQUFL.
10. **Ларичева Е.А., Радькова Н.О.** Применение маркетинга территорий в выравнивании регионального развития // Эргодизайн. 2024. №4 (25). С. 280-287. DOI 10.30987/2658-4026-2024-3-280-287. EDN GPPMIU.
11. **Ларичева Е.А., Радькова Н.О.** Стратегические направления регионального развития: теория и практика (на примере Брянской области): монография. Брянск : ИП Усова И.Н., 2025. 208 с. ISBN 978-5-6053125-2-9.
12. **Силов В.Б.** Принятие стратегических решений в нечеткой обстановке. М.: ИНПРО-РЕС, 1995. 228 с. ISBN 5-7532-0033-8.
13. **Щербина А.В., Латушко Н.А.** Эффективность деятельности компаний сектора услуг креативных индустрий на основе когнитивного моделирования // Сервис в России и за рубежом. 2023. №5. С. 78-86. DOI 10.5281/zenodo.10426003. EDN OFYYYZ.
14. **Якименко М.В., Жертовская Е.В.** Когнитивное моделирование инновационного развития туристско-рекреационных кластеров в условиях глобальной цифровой трансформации в контексте устойчивого развития // Современные проблемы сервиса и туризма. 2020. №4. С. 69-85. DOI 10.24411/1995-0411-2020-10406. EDN KPPIFV.
15. **Axelrod R.** The Structure of Decision: Cognitive Maps of Political Elites. Princeton, NJ: Princeton University Press, 1976. 404 p.
16. **Jetter A.J., Kok K.** Fuzzy Cognitive Maps for futures studies—A methodological assessment of concepts and methods. Futures. 2014;61:45-57. DOI: 10.1016/j.futures.2014.05.002.
17. **Francis N., Owyang M., Soques D.F.** Impulse Response Functions for Self-Exciting Nonlinear Models. NBER. 2023;31709. DOI 10.3386/w31709.
18. **Papageorgiou E.I.** Review Study on Fuzzy Cognitive Maps and Their Applications during the Last Decade Business Process Management. 2013, p. 281-298. DOI 10.1007/978-3-642-28409-0_11.
19. **Penn A.S., Knight S.J.K., Lloyd D.J.B., Avitabile D., Kok K., Schiller F. et al.** Participatory Development and Analysis of a Fuzzy Cognitive Map of the Establishment of a Bio-Based Economy in the Humber Region. PLOS One. 2013;8(11):e78319. DOI 10.1371/journal.pone.0078319.
9. **Laricheva E.A., Erokhin D.V., Lagerev D.G., et al.** Modeling the Innovation Mechanism of an Enterprise Using Fuzzy Cognitive Maps. Management in Russia and Abroad. 2006;(3):96-111.
10. **Laricheva E.A., Radkova N.O.** Applying Territory Marketing in the Regional Development Equalisation. Ergodesign. 2024;4(25):280-287. DOI 10.30987/2658-4026-2024-3-280-287.
11. **Laricheva E.A., Radkova N.O.** Strategic Directions of Regional Development: Theory and Practice (on the Example of the Bryansk region). Bryansk: Usova I.N.; 2025. 208 p.
12. **Silov V.B.** Strategic Decision-Making in a Fuzzy Environment. Moscow: INPRO-RES; 1995. 228 p.
13. **Shcherbina A.V., Latushko N.A.** Efficiency of Companies in the Service Sector of Creative Industries Based on Cognitive Modeling. Services in Russia and Abroad. 2023;(5):78-86. DOI 10.5281/zenodo.10426003.
14. **Yakimenko M.V., Zhertovskaya E.V.** Cognitive Modeling of Innovation Development of Tourist and Recreational Clusters in the Global Digital Transformation in the Context of Sustainable Development. Service and Tourism: Current Challenges. 2020;(4):69-85. DOI 10.24411/1995-0411-2020-10406.
15. **Axelrod R.** The Structure of Decision: Cognitive Maps of Political Elites. Princeton, NJ: Princeton University Press; 1976. 404 p.
16. **Jetter A.J., Kok K.** Fuzzy Cognitive Maps for Futures Studies – A Methodological Assessment of Concepts and Methods. Futures. 2014;61:45-57. DOI 10.1016/j.futures.2014.05.002.
17. **Francis N., Owyang M., Soques D.F.** Impulse Response Functions for Self-Exciting Nonlinear Models. NBER. 2023;31709. DOI 10.3386/w31709.
18. **Papageorgiou E.I.** Review Study on Fuzzy Cognitive Maps and Their Applications During the Last Decade Business Process Management; 2013, p. 281-298. DOI 10.1007/978-3-642-28409-0_11.
19. **Penn A.S., Knight S.J.K., Lloyd D.J.B., Avitabile D., Kok K., Schiller F. et al.** Participatory Development and Analysis of a Fuzzy Cognitive Map of the Establishment of a Bio-Based Economy in the Humber Region. PLOS One. 2013;8(11):e78319. DOI 10.1371/journal.pone.0078319.

Информация об авторах:

Ларичева Елена Анатольевна - доцент, кандидат экономических наук, доцент кафедры «Отраслевая экономика и управление» БГТУ, международные идентификационные номера автора: AuthorID РИНЦ: 210622.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 13.02.2026; одобрена после рецензирования 05.03.2026; принята к публикации 06.03.2026. Рецензент – Кухта М.С., доктор философских наук, профессор, профессор Томского политехнического университета, член редакционного совета журнала «Эргодизайн»

The paper was submitted for publication on the 13th of February 2026; approved after the peer review on the 05th of March 2026; accepted for publication on the 06th of March 2026. Reviewer – Kukhta M.S., Doctor of Philosophy, Professor, Professor at National Research Tomsk Polytechnic University, member of the editorial board of the journal “Ergodesign.”

Information about the authors:

Laricheva Elena Anatolyevna – Associate Professor, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor at the Department of Industry Economics and Management of BSTU, RSCI AuthorID: 210622.