

# ПРИМЕНЕНИЕ СЦЕНАРНЫХ МЕТОДОВ В МНОГОСУБЪЕКТНОМ УПРАВЛЕНИИ РЕГИОНАЛЬНЫМ РАЗВИТИЕМ

Н. В. Команич

Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова РАН, г. Москва

✉ komanich.n@ipu.ru

**Аннотация.** Рассматривается применение сценарных методов в управлении регионом несколькими субъектами для исследования и оценки проблем повышения эффективности принятия управленческих решений, направленных на обеспечение устойчивого и согласованного развития в условиях неопределенности и воздействия деструктивных факторов различного характера. Объектом исследования является система информационно-аналитической поддержки регионального управления. Цель работы заключается в применении сценарного подхода для формирования и обоснования системы критериев оценки эффективности сценариев многосубъектного регионального управления. Критерии разработаны на основе анализа результатов имитационного моделирования: пособытийного описания сценариев и степени близости к заданным параметрам целевого сценария. На основе математического аппарата знаковых ориентированных графов создана комплексная имитационная сценарно-событийная модель многосубъектного регионального управления для анализа и оценки различных стратегий управления несколькими субъектами, а также для прогнозирования последствий их реализации. По итогам проведенных исследований сценарно-событийной модели получены сценарии региональной динамики и отдельных ее составляющих, которые позволили выявить ключевые тенденции и факторы, влияющие на устойчивость и эффективность управления региональными системами в условиях нарастающих внешних и внутренних угроз. Анализ сценариев (на основе пособытийного кодирования последовательности событий и близости к целевым параметрам) показал, что в динамично изменяющейся среде предпочтительной стратегией управления, формируемой на основе сценарно-прогнозного мониторинга развития ситуации, является перенос центра принятия решений на государство, так как оно обладает наибольшим количеством возможностей и методов воздействия. Данная стратегия должна осуществляться на принципах многосубъектного управления с опорой на согласованность действий субъектов управления, направленных на снижение влияния внешних деструктивных действий со стороны потенциальных и существующих противников и на поддержание социально-экономических процессов и стабильности в регионе. При выборе стратегии управления следует учитывать, что механизмы стимулирования экономических субъектов управления способствуют предотвращению конфликтов и равномерному распределению существующих возможностей управления и ресурсов в региональной системе.

**Ключевые слова:** многосубъектное управление, имитационное моделирование, сценарный анализ, региональная безопасность, оценка эффективности, кодирование событий.

## ВВЕДЕНИЕ

В контексте современного регионального развития эффективная стратегия управления становится ключевым фактором обеспечения стабильности и безопасности. В силу своей особой системной природы понятие многосубъектного реги-

онального управления представляет собой сложную систему, интегрирующую экономические, политические, правовые, организационно-управленческие, социально-демографические и научно-технические аспекты [1]. Данное понятие характеризует региональное управление кооперативного типа, при котором стратегические решения прини-



маются совместно несколькими субъектами (прежде всего государством и частным бизнесом). Его актуальность существенно возрастает в современных условиях, когда задачи регионального развития приобретают комплексный характер, внешняя среда демонстрирует повышенную динамику и неопределенность. Большинство подходов к изучению проблем стратегического регионального управления лежат в плоскости системного анализа, который включает в себя оценку внешней обстановки, региональной специфики, перспектив расширения управленческих возможностей [2, 3]. В прикладном аспекте основными проблемами являются:

- отсутствие четких сценарных критериев и методов определения управленческих стратегий,
- отсутствие оценок эффективности стратегий управления,
- отсутствие формализованного представления сценарных моделей, методов и алгоритмов моделирования процессов многосубъектного управления.

Данные проблемы затрудняют процессы координации и перераспределения управляющих воздействий между различными субъектами регионального управления, прогнозирование и оценку их последствий. Традиционные методы моделирования (линейное программирование, балансовые модели), основанные на допущении о наличии полной информации о сложной управляемой системе, оказываются неэффективными в условиях сложной, адаптивной среды. Современные вызовы, такие как неопределенность, риски, внешние угрозы и деструктивные воздействия, требуют перехода к гибридным моделям (например, к сценарному планированию), которые учитывают неполноту данных и нелинейность процессов.

В контексте теории сценарного планирования и прогнозирования сценарий редко воспринимается как формализованная последовательность уникальных событий, что существенно ограничивает возможности для объективной оценки его эффективности. Данный подход особенно необходим в многоэтапных сценарных моделях, при использовании которых наблюдается парадоксальная динамика расхождений: начальные отклонения от целевого сценария могут временно компенсироваться путем применения стабилизирующих механизмов, однако на финальных этапах даже незначительные накопленные погрешности способны привести к качественным изменениям траектории развития как отдельных ключевых факторов, так и системы в целом. Отсутствие формализованных

критериев и методологий для пособытийной оценки сценариев приводит к субъективности в интерпретации данных и затрудняет процесс принятия обоснованных решений на основе сценарного моделирования. Определим ключевые понятия.

*Состояние* – совокупность текущих значений параметров факторов, которые значимы для системы управления.

*Событие* – изменение состояния одного или нескольких факторов, при этом переход из одного состояния в другое представляется мгновенным.

*Сценарий поведения объекта* – модель изменения обстановки, связанной с возникновением и развитием той или иной ситуации (последовательностью событий) и определяемой в дискретном временном пространстве с заданным временным шагом.

Целью данной статьи является разработка и обоснование системы критериев оценки эффективности сценариев, полученных при имитационном моделировании процессов многосубъектного регионального управления, на основе анализа их пособытийного представления и степени близости к заданным параметрам целевого сценария. К числу задач, обеспечивающих достижение цели, относятся:

- необходимость выделить возможные критерии оценки эффективности сценариев многосубъектного регионального управления;
- формирование системы оценки близости полученных сценариев к целевым в рамках предполагаемых стратегий управления;
- сценарное имитационное моделирование рассматриваемых стратегий;
- дальнейший анализ полученных результатов на основе сценарно-событийной идентификации и попарного сравнения полученных сценариев с целевым.

## 1. СЦЕНАРНЫЕ МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ

### 1.1. Организационная структура регионального управления

Организационная структура регионального управления – это сложная система взаимодействия нескольких субъектов разных уровней, принимающих управленческие решения разного уровня иерархии, основанная как на постоянных, так и на ситуационных социально-экономических организационных связях, направленная на достижение совместных целей. Она функционирует на основе устойчивых социально-экономических связей и

ситуативных факторов, которые определяются стратегическими задачами, методами, инструментами, ресурсами и возможностями каждого субъекта [4, 5].

В данной работе внимание уделено государственным (представленным на уровне государства как центра принятия решений и на уровне региональных субъектов управления) и коммерческим субъектам (в лице частного бизнеса), их взаимоотношениям и взаимодействию в процессе управления и достижения поставленных целей. В процессе принятия управленческих решений на региональном уровне особое значение приобретают территориально обусловленные взаимосвязи: между экономическими кластерами, инфраструктурными системами, природными ресурсами и демографическими группами. Эти связи носят не только прямой, но и обратный характер. Именно на региональном уровне эффект от обратных связей проявляется наиболее остро из-за ограниченности ресурсов, гетерогенности территорий и высокой зависимости между отраслями и населением. Региональное управление требует системного подхода, учитывающего внутренние социально-экономические особенности территории и ее взаимодействие с внешними уровнями – федеральным, межрегиональным и глобальным.

Такой анализ направлен на выявление ключевых целей, интересов, уязвимостей и возможностей управления, что является основополагающим для формирования целостной и стратегически обоснованной концепцией.

Применение методов прогнозирования в рамках системного подхода способствует разработке превентивных стратегий, ориентированных на минимизацию потенциальных угроз и рисков.

Интеграция такого подхода в систему управления обеспечивает формирование комплексной и адаптивной системы принятия решений, способной эффективно реагировать на изменения внешней и внутренней обстановки.

Для детализации возможностей и интересов субъектов управления в работе приведена табл. 1, заполненная на основе анализа стратегических документов государственного уровня [6–9], включая национальные проекты, стратегии социально-экономического развития регионов, документов государственно-частного партнерства (ГЧП) [10, 11]. Выделены интересы государства и частного бизнеса (стратегические цели, приоритеты развития, ожидания от ГЧП) и возможности (ресурсная и институциональная база обеих сторон, организационный потенциал для участия в региональном

развитии). Такой подход позволяет четко соотнести стратегические задачи с имеющимися возможностями управления и перейти к механизмам взаимодействия государства и субъектов частного бизнеса при реализации целей регионального управления.

При этом следует отметить, что представленный перечень не претендует на исчерпывающую полноту. В рамках данного исследования автор сознательно ограничился рассмотрением наиболее релевантных факторов, непосредственно влияющих на достижение целей настоящей работы и играющих существенную роль в формировании управленческой динамики.

## **1.2. Управление региональной безопасностью на основе сценарных методов**

Региональное управление осуществляется на трех уровнях: стратегическом, тактическом и оперативном.

Стратегическое управление представляет собой процесс установления долгосрочных целей и задач организации, а также принятия основополагающих решений, которые могут включать реструктуризацию или оптимизацию функционирующей системы. Этот уровень управления предполагает анализ внешних и внутренних факторов, влияющих на региональную систему, и разработку долгосрочных планов и стратегий развития.

Тактическое управление фокусируется на реализации конкретных управленческих воздействий, направленных на достижение поставленных стратегических целей. На этом уровне осуществляется оперативное планирование и координация ресурсов для достижения краткосрочных и среднесрочных задач, что позволяет обеспечить поступательное движение к стратегическим ориентирам.

Оперативное управление представляет собой решение текущих и неотложных проблем, возникающих в рамках функционирования региональной системы. Этот уровень управления характеризуется высокой степенью адаптивности и гибкости, поскольку требует оперативного реагирования на изменения внутренней и внешней среды.

В данной работе региональное управление рассматривается как комплексная совокупность методов, принципов и инструментов, предназначенных для целенаправленного и систематического воздействия на социально-экономические процессы и другие аспекты регионального развития несколькими субъектами управления. Эта система координирует управленческую деятельность различных



Таблица 1

**Интересы и возможности государства и частного бизнеса**

|             | Государство                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Частный бизнес                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Интересы    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Модернизация системы стратегического регионального управления.</li> <li>• Развитие региональной транспортной, энергетической и социальной инфраструктуры.</li> <li>• Оптимизация управления государственными природными ресурсами и земельными фондами.</li> <li>• Применение инноваций в управлении и промышленности в рамках повышения конкурентоспособности региона.</li> <li>• Снижение рисков в региональных проектах, информирование бизнеса и увеличение доходов от госактивов.</li> <li>• Улучшение жизни людей, повышение качества образования и создание рабочих мест.</li> <li>• Поддержание экономической, политической и социальной стабильности</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Долгосрочные контракты на эксплуатацию государственных объектов, получение стабильного дохода и возврат инвестиций.</li> <li>• Участие в ключевых инфраструктурных проектах для расширения бизнеса.</li> <li>• Согласование планов регионального развития с государственными программами и сотрудничество с надежными партнерами, где государство выступает гарантом.</li> <li>• Привлечение бюджетных средств к совместным инвестициям и разделение рисков с государством.</li> <li>• Участие в проектах по обеспечению безопасности для поддержки стабильного развития бизнеса</li> </ul>                                                                                                            |
| Возможности | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Правовая среда и государственная политика (создание благоприятной правовой и законодательной базы, включающей налоговые льготы, преференциальные режимы и субсидии, играющие ключевую роль в стимулировании экономического роста).</li> <li>• Управление госимуществом (государственные механизмы перераспределения собственности, такие как передача объектов в управление и аренду, важные для эффективного использования активов и привлечения частных инвестиций).</li> <li>• Институты и социальная сфера (развитие социальных агентств, центров поддержки предпринимательства и компетенций).</li> <li>• Региональная безопасность (федеральные и региональные власти, вооруженные силы РФ, обеспечивающие безопасность на местах, что необходимо для устойчивого развития).</li> <li>• Межрегиональное взаимодействие (развитие межрегиональных связей способствует интеграции экономик, обмену опытом и ресурсами).</li> <li>• Наука и инновации (внедрение результатов передовых научных исследований, инноваций и современных методов управления)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Привлечение частных инвестиций, банковского и проектного финансирования.</li> <li>• Внедрение инноваций, разработка новых технологий и бизнес-моделей, повышение эффективности управления жизненным циклом проектов благодаря имеющимся компетенциям и экспертной оценке.</li> <li>• Создание рабочих мест и обучение новых специалистов.</li> <li>• Влияние на социально-экономические процессы региона, участие в формировании его приоритетов.</li> <li>• Гибкость в принятии решений, сотрудничество с другими компаниями в кластерах и отраслевых консорциумах.</li> <li>• Государственные гарантии поддержки бизнеса в условиях неопределенности и активных деструктивных воздействий</li> </ul> |

субъектов, стремясь достичь стратегических целей обеспечения стабильности и безопасности. Важные задачи включают улучшение качества жизни населения, обеспечение политической стабильности и региональной безопасности.

На рис. 1 представлена структурная схема многосубъектного управления на основе сценарных методов. Данная схема описывает процесс управления, осуществляемый несколькими субъектами

управления, которые, исходя из поставленных целей, наличия аппарата воздействия и имеющихся ресурсов, осуществляют управление обеспечением региональной безопасности, определяя свои возможности и формируя сценарные альтернативы на основе прогноза вероятных последствий управляющих воздействий для выбора наиболее эффективного варианта управления с целью воздействия на объект управления.

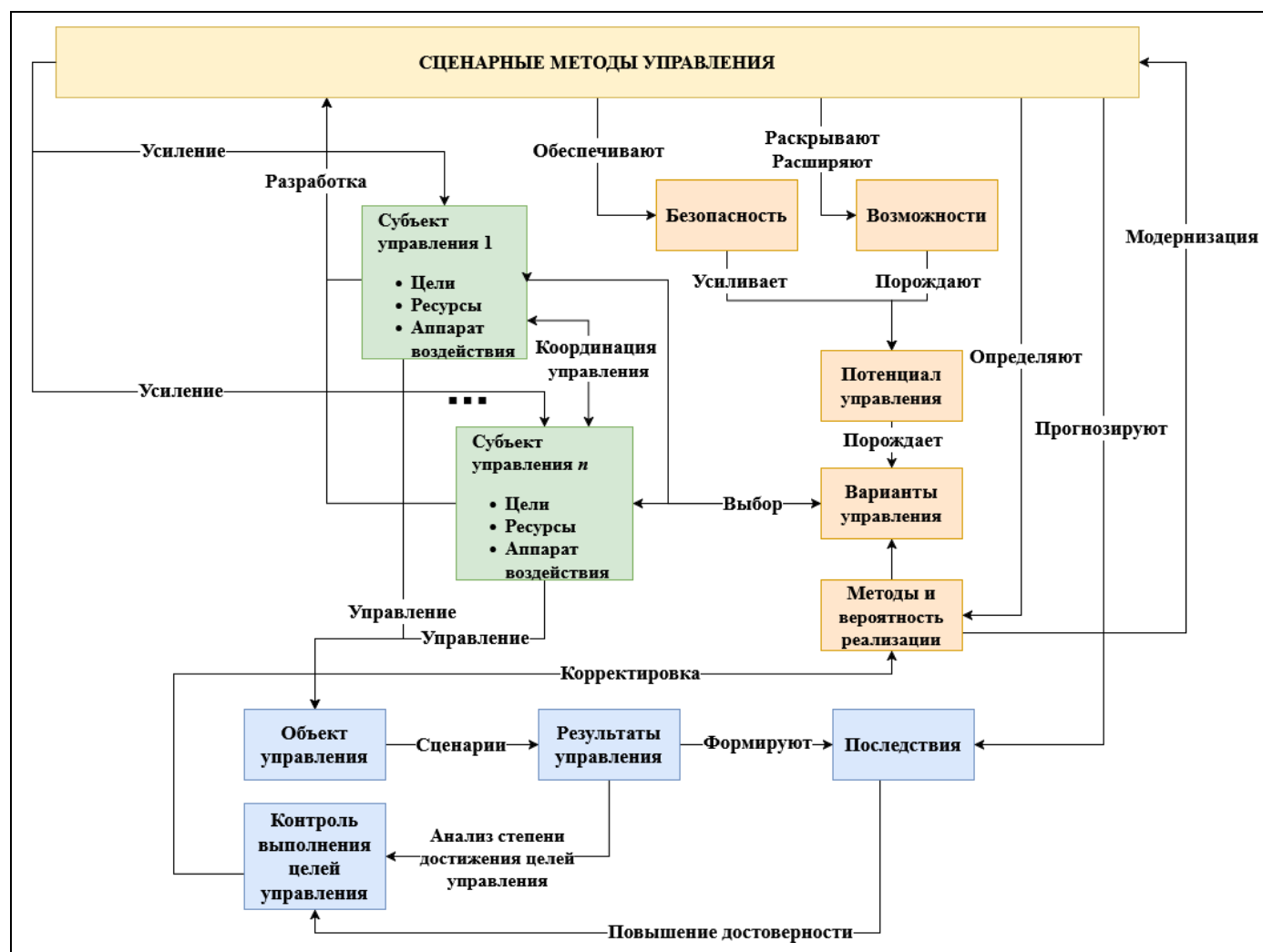


Рис. 1. Структурная схема многосубъектного управления на основе сценарных методов

Стратегическое управление представляет собой целенаправленный процесс системной трансформации управленческого потенциала субъектов управления, основанный на согласовании и оптимизации трех взаимосвязанных подсистем: целеполагания, ресурсного обеспечения и аппарата воздействия. Его сущностная особенность заключается в переходе от реактивной модели реагирования к проактивной стратегии формирования траектории развития. Разработка сценарных методов регионального управления на стратегическом уровне преследует две основные задачи:

- обеспечение безопасности объекта управления,
- выявление и активизацию новых управленческих возможностей, адаптированных к текущим условиям и внешней среде.

Таким образом, формируется потенциал управления – системная характеристика, отражающая совокупную способность субъектов управления в различной степени влиять на объект управления,

осуществлять выбор управленческих альтернатив, оценивать реализуемость этих альтернатив через определение доступных методов воздействия и вероятности их успешной реализации. Проведя оценку альтернативных управленческих воздействий, спрогнозировав результаты их реализации и проанализировав возможные сценарии развития ситуации, субъект управления принимает решение о выборе оптимального варианта воздействия. Окончательный выбор базируется на сопоставлении ожидаемой эффективности каждого сценария с точки зрения достижения целевых показателей управления.

На схеме также продемонстрирована взаимосвязанная природа процессов управления – обработанная информация о результатах примененных управляющих воздействий подается на вход блока контроля выполнения целей управления, который выполняет функцию обратной связи:

- отслеживает фактическое выполнение управленческих решений,





- выявляет отклонения от запланированных показателей,
- служит основанием для корректировки методов управления.

Анализ последствий управления (как прогнозируемых на этапе планирования, так и фактически возникающих в процессе реализации) выступает ключевым источником верификации достоверности контрольных процедур и повышения обоснованности управленческих решений. Таким образом, формируется замкнутый цикл управления. Эта цикличность обеспечивает непрерывное совершенствование системы управления:

- благодаря оперативной адаптации методов к меняющимся условиям,
- постепенному повышению точности прогнозов,
- снижению неопределенности при принятии решений.

### 1.3. Показатели эффективности регионального управления

Для объективного и точного анализа эффективности регионального управления, особенно в контексте взаимодействия государства и частного бизнеса, необходима система критериев (показателей) регионального развития, отражающих ключевые цели и приоритеты страны. Эти критерии должны охватывать различные аспекты, включая национальную безопасность, модернизацию экономики, улучшение социальной поддержки и развитие инфраструктуры. На основе анализа стратегических документов [6–8, 12], а также ряда научных работ и литературы по затрагиваемой тематике [1, 3, 13–15] были выделены следующие показатели, которые в дальнейшем были использованы для формирования сценарной имитационной модели регионального управления несколькими субъектами управления:

- **Социально-экономическое развитие:** увеличение валового регионального продукта (ВРП), рост экспорта, инвестиций и снижение уровня безработицы, демографический рост, снижение миграции.
- **Качество социальной инфраструктуры:** доступность здравоохранения, жилья, социальной и правовой поддержки.
- **Инвестиционная привлекательность региона:** повышение рентабельности региона.
- **Целеполагание и стратегическое планирование:** эффективность работы административного и институционального аппарата, наличие страте-

гии развития, планов и индикаторов.

- **Развитие региональной инфраструктуры:** состояние дорог, водоснабжения и энергоснабжения.

- **Удовлетворенность населения работой органов власти:** уровень доверия к власти, поддержка в СМИ.

- **Качество управленческих решений:** обоснованность, своевременность и эффективность.

- **Уровень инновационного развития:** внедрение новых технологий, развитие науки и образования.

- **Региональная безопасность:** готовность к чрезвычайным ситуациям, адаптивность к изменениям и гибкость в бюджетной и управленческой политике.

Выбор представленных факторов для построения сценарной модели региональной безопасности, по мнению автора, обоснован их комплексным влиянием на устойчивость и развитие региона. Они охватывают ключевые сферы, которые определяют способность региона противостоять угрозам и адаптироваться к изменениям. Следует отметить, что все показатели, включенные в сценарную модель, рассматриваются только в качественном виде, т. е. для формирования событий сценария важен тип их динамики (рост, падение, колебание и др.). Следовательно, в качестве источников для формирования моделей можно использовать как динамику факторов, определенную из статистических данных показателей регионального развития, так и данные, полученные с применением экспертных методов. В данном случае рассмотренная ниже модель используется без привязки к конкретному региону и служит в качестве примера применимости сценарного подхода в региональном управлении. В дальнейшем при рассмотрении конкретных регионов, безусловно, следует использовать уже накопленные статистические данные, а также дополнительные параметры расчетных динамик факторов модели, в частности скорость изменения их характеристик. Ниже рассмотрены краткие характеристики факторов модели в контексте данной работы.

Экономический рост является основой устойчивого развития региона, создает ресурсную базу для решения социальных задач, повышения инвестиционной привлекательности региона и модернизации объектов критически важной инфраструктуры.

Качество социальной инфраструктуры влияет на уровень жизни населения; его недостаток может стать источником социальной напряженности и снижения доверия к власти.

Инвестиционная привлекательность определяет заинтересованность субъектов управления в развитии региона и уровень притока капитала. Традиционно в качестве расчетных индикаторов рентабельности региона наиболее часто используют валовой региональный продукт (ВРП) на душу населения, уровень доходов населения, а также рентабельность активов бизнеса. В данной работе рассматривается фактор рентабельности в качественном виде, т. е. направление его изменения: повышение рентабельности создает условия для долгосрочного роста инвестиционной привлекательности региона и снижения зависимости от внешних факторов и деструктивных воздействий. Таким образом, фактор рентабельности региона рассматривается как качественный параметр, динамика которого прямо или косвенно оказывает влияние на формирование событий моделируемых сценариев.

Целеполагание и стратегическое планирование отражают степень эффективности принятия управленческих решений. Слабое развитие институциональных механизмов может стать источником неэффективного использования ресурсов и роста рисков стратегического планирования.

Развитие региональной инфраструктуры является основой социально-экономического развития региона. Дефицит или износ инфраструктуры ограничивает возможности региона по привлечению инвестиций и обеспечению потребностей населения. В работе рассматривается только качественное влияние данного фактора на развитие региона – как изменение его состояния. Увеличение или уменьшение значения данного показателя (в зависимости от финансирования) положительно или отрицательно влияет на перспективы развития региона.

Фактор «Уровень инновационного развития» является источником повышения конкурентоспособности региона и снижения зависимости от других регионов, способствуя диверсификации экономики. В работе он демонстрирует: развитие науки (разработку новых технологий и методов управления) и образовательных программ в рамках подготовки квалифицированных кадров; внедрение новых технологий в производство и сельское хозяйство для повышения их эффективности.

Региональная безопасность отражает способность субъектов управления регионом противостоять внешним и внутренним угрозам и вызовам, включая чрезвычайные ситуации, деструктивные действия со стороны потенциальных и существующих противников и гибкое реагирование на изменения в экономической, социальной и политической среде.

Таким образом, подчеркнем: представленный список факторов носит фундаментальный характер. Однако его адаптация к конкретным региональным условиям может потребовать расширения за счет включения дополнительных факторов и учета специфических особенностей.

#### **1.4. Сценарное имитационное моделирование в управлении развитием региональных систем**

Среди инструментов, используемых для разработки и анализа альтернативных сценариев функционирования сложных социально-экономических систем регионального уровня, значительное место занимает метод имитационного моделирования. Данный метод, основанный на компьютерном моделировании и симуляции, предоставляет возможность глубокого анализа динамики происходящих процессов, выявления потенциальных рисков и факторов неопределенности, что является источником для принятия обоснованных управленческих решений и обеспечения устойчивого развития региональных систем в условиях динамично изменяющейся внешней среды.

Разработка имитационных моделей базируется на их комплексной структуре, включающей наборы эндогенных и экзогенных факторов и их взаимосвязи. Эндогенные факторы представляют собой внутренние процессы и характеристики региональной системы, в то время как экзогенные факторы отражают внешние воздействия, исходящие от потенциальных и существующих противников, политических условий, социальных изменений и других факторов. Взаимосвязи между этими элементами позволяют моделировать эволюцию системы и прогнозировать ее поведение при различных сценариях развития.

Ключевым элементом имитационного моделирования регионального развития является анализ, основанный на формализованных методах создания моделей и генерации сценариев их поведения при различных условиях. Сценарные модели помогают прогнозировать последствия разных управленческих решений, обнаруживать внешние и внутренние угрозы и снижать риски [16–18].

Рассматриваемый сценарный подход к многосубъектному управлению основывается на использовании нескольких субъектов управления в качестве дополнительного ресурса. Возможность определения их исключительного или кооперативного участия в условиях изменяющейся обстановки позволяет разрабатывать комплексные стратегии регионального управления. Процесс решения задачи включает два основных этапа.

1. Определение субъекта управления, обладающего необходимыми ресурсами и потенциалом для формирования и реализации управляющих воздействий, направленных на достижение безопасного или целевого сценария в текущей или прогнозируемой обстановке. Этот этап является ключевым аспектом стратегического анализа и планирования, рассматриваемого в данной работе.

2. Определение конкретных управляющих воздействий, которые выбранный субъект управления должен предпринять для достижения целевого сценария.

Предлагаемые стратегии должны быть разработаны с учетом анализа текущих рисков и факторов неопределенности, что позволяет минимизировать или полностью нейтрализовать потенциальные угрозы и обеспечить достижение целевого сценария развития ситуации [16, 19].

В рамках работы проведено сценарное имитационное моделирование управления региональной безопасностью на основе нескольких стратегий;

в контур управления включен алгоритм оценки эффективности сценариев исходя из сравнения с целевым сценарием. Моделирование произведено на базе программно-аналитического комплекса (ПАК) «Полюс», разработанного в Институте проблем управления РАН.

На рис. 2 представлена структурная схема процесса сценарного имитационного моделирования регионального управления.

На основе полученных при моделировании данных сформирована система оценки эффективности сценариев исследуемых стратегий исходя из следующих критериев:

- согласованность (степень согласованности воздействий субъектов управления);
- степень релевантности конечным целям управления (близость к целевым параметрам);
- степень отклонения от целевой траектории (степень близости к целевому (безопасному) сценарию);
- ресурсные и временные ограничения.

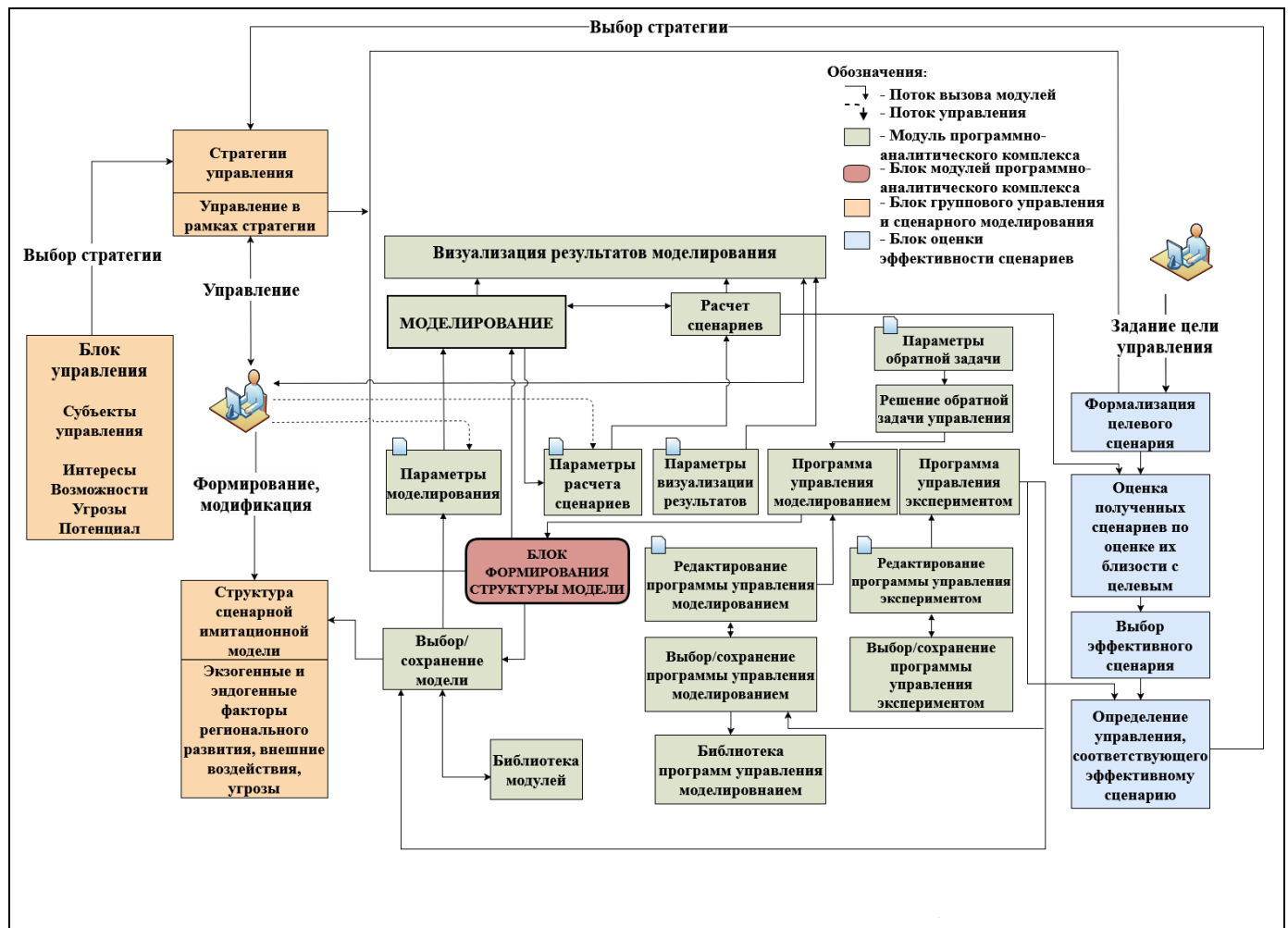


Рис. 2. Структурная схема сценарного имитационного моделирования регионального управления



## 2. ЗАДАЧА УПРАВЛЕНИЯ РЕГИОНАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ

### 2.1. Математическая постановка задачи

Зададим множество субъектов регионального управления (СУ):  $Sm = \{Sm^j\}$ ,  $j = 1, N^{Sm}$ .

Для описания исследуемой региональной системы  $S$  введем следующие основные параметры:

– вектор эндогенных переменных  $y \in Y$ , характеризующий фазовое пространство факторов и состояний объекта  $S$ ;

– вектор экзогенных переменных  $x \in X$ , характеризующий фазовое пространство факторов и состояний внешней среды системы  $S$ ;

– вектор управляемых переменных для каждого СУ  $Sm^j : u^j \in U^j \in U$ ;

– вектор выделенных ресурсов для каждого СУ  $Sm^j : p^j \in P^j \in P$ .

Расширенное фазовое пространство  $z = Y \cup X$  представим как объединение фазового пространства факторов и состояний объекта  $S$  и его внешней среды.

Для дальнейшего учета вариантов развития системы  $S$  (внешней среды (обстановки) и (или) динамики поведения объекта управления) в работе рассматриваются альтернативы развития ситуации, описываемые и исследуемые на основе сценариев.

Основой разрабатываемых и исследуемых имитационных моделей является комплексная система показателей и их взаимосвязей, которая адекватно описывает состояние и динамику развития региональной системы, включая как субъекты, так и объекты управления. Такой подход позволяет максимально точно учитывать внешние факторы, влияющие на функционирование и развитие региональной системы, что существенно повышает точность и релевантность результатов моделирования.

Определим  $G(V, E)$  – структуру сценарной имитационной модели системы  $S$ , где  $V$  – конечное множество факторов (вершин графа),  $E$  – множество взаимосвязей между факторами.

Каждой вершине поставим в соответствие ее параметр, который является переменной, характеризующей ее состояния на  $i$ -м шаге моделирования  $v_i \in V$ ,  $i = 1, 2, \dots$

В рамках сценарно-событийного подхода будем рассматривать выявленный характер динамики изменения значений определенного фактора, требующий установления (коррекции) опосредован-

ной связи в процессе моделирования, как *событие*, и в соответствии с этим данную связь назовем *сценарно-событийной*. Для краткости будем называть динамикой фактора характер временной зависимости изменения его значений в процессе моделирования.

Тогда пусть в основе определения событий лежат изменения в динамике поведения множества значимых для анализа ситуации и управления факторов:  $V^{(3H)} \subseteq V = \{v_n\}$ ,  $n = 1, 2, \dots, N$ , где  $N$  – количество факторов (вершин) модели  $G$ . Тогда событие на  $i$ -м шаге ( $t_i$ ) является функцией от динамик поведения значимых для формирования этого события факторов:  $E^{(3H)}(t_i) = f(FSc(v_n, t_i))$ ,  $v_n \in V^{(3H)}$ ,  $n = 1, 2, \dots, N$ ,  $i = 1, 2, \dots$

Сценарием  $FSc(v_n, t_i)$  является тип преобладающей динамики (рост, падение, колебания, постоянные значения, расходящиеся и сходящиеся колебания) фактора  $v$  на заданном дискретном отрезке времени  $\Delta t$ , измеряемом в шагах моделирования. По сути рассматриваемый сценарий является переменной величиной, отражающей характер изменения фактора сценарной модели во времени и принимающей целочисленные значения, соответствующие одному из базовых типов его динамик (табл. 2) на некотором временном интервале процесса моделирования. Таким образом, для каждого  $n$ -го фактора в процессе моделирования определяется соответствующий идентификатор текущей динамики  $FSc(v_n, t_i)$ .

Зададим  $Z = Z^{(nav)}(t) \cup Z^{(sec)}(t)$  – множество расширенных состояний системы  $S$  в фазовом пространстве  $z$ , где  $Z^{(nav)}(t)$  – множество недопустимых состояний в момент времени  $t$ ;  $Z^{(sec)}(t)$  – множество безопасных состояний системы  $S$  в момент времени  $t$ . Обозначим множество желаемых состояний системы  $S$  следующим образом:  $Z^{(tar)}(t) \subseteq Z^{(sec)}(t)$ .

В основе сценарного управления лежит множество возможностей управления, а также рисков и уязвимостей, влияющих на достижение цели, т. е. нахождение системы  $S$  в состоянии  $Z^{(tar)}(t)$  или  $Z^{(sec)}(t)$ .

Под уязвимостью в рамках работы понимается степень открытости системы  $S$  деструктивным воздействиям, которые приводят к отклонению от цели управления.

Таблица 2

## Идентификаторы динамик факторов

| Значение сценария $FSc(v_n, t_i)$ | Обозначение | Динамика факторов модели | Тип динамики $i$ -го фактора         | Название по умолчанию |
|-----------------------------------|-------------|--------------------------|--------------------------------------|-----------------------|
| 0                                 |             | —                        | Не определен (не рассчитывается)     | Не определено         |
| 1                                 |             |                          | Рост                                 | Растет                |
| 2                                 |             |                          | Падение                              | Уменьшается           |
| 3                                 |             |                          | Постоянное значение                  | Постоянно             |
| 4                                 |             |                          | Колебания, ограниченные по амплитуде | Устойчивое состояние  |
| 5                                 |             |                          | Расходящиеся колебания               | Нестабильно           |
| 6                                 |             |                          | Сходящиеся колебания                 | Стабилизируется       |

Определим целевой сценарий поведения системы  $\mathfrak{X}(t)$  как множество значимых для управления событий  $\{E^{(3H)}(t_i)\}$ ,  $i = 0, 1, \dots, N$ ,  $t_0 = 0$ , в дискретные моменты времени, определенных на множестве  $Z$ :

$$\mathfrak{X}(t) = \mathfrak{X}\{E^{(3H)}(t_i) = f(Z(t)), (t - t_r) \leq t_i \leq t\},$$

где  $t_r$  – глубина сценария.

Определим целевой сценарий поведения системы как

$$\mathfrak{X}^{(\text{tar})}(t) = \mathfrak{X}\{E^{(3H)}(t_i) = f(Z^{(\text{tar})}(t)), (t - t_r) \leq t_i \leq t\},$$

а безопасный сценарий – как

$$\mathfrak{X}^{(\text{sec})}(t) = \mathfrak{X}\{E^{(3H)}(t_i) = f(Z^{(\text{sec})}(t)), (t - t_r) \leq t_i \leq t\}$$

Необходимо определить стратегию участия каждого субъекта управления  $Sm^j \in Sm$  и для него найти такое управление  $u^j \in U^j$  с учетом влияния всех неуправляемых факторов  $\zeta^j \in \Gamma^j$ , обеспечивающих:

$$\theta = (z, \zeta^j, u^j) M^{\mathfrak{Z}^j} \in Z^{(\text{tar})}, \theta = (z, \zeta^j, u^j) M^{\mathfrak{Z}^j} \in Z^{(\text{sec})} : \\ \{u | \theta = (z, \zeta^j, u^j) \in Z^{(\text{tar})} \vee \theta = (z, \zeta^j, u^j) \in Z^{(\text{sec})}\}$$

при реализации сценариев  $\mathfrak{X}^{(\text{tar})}$  или  $\mathfrak{X}^{(\text{sec})}$ , где  $\theta = Z \times S^{(\text{cs})}$  – прогноз возможных переходов системы  $S$  в следующее состояние, где  $M^{\mathfrak{Z}} \subseteq Z$  – множество возможных событий (состояний).

**Задача:** для оценки эффективности выбранной стратегии определить близость (сходство) сценариев  $\mathfrak{X}^{(\text{tar})}(t)$  и  $\mathfrak{X}^j(t)$  по сходству последовательностей событий, где  $\mathfrak{X}^j(t)$  –  $j$ -й сценарий из множества полученных сценариев.

## 2.2. Решение задачи

При оценке эффективности сценариев для расчета событий сценариев вводятся следующие параметры (рис. 3) [20]:

$p(t)$  – период расчета или обновления расчетных динамик факторов (имитация процессов принятия решений) в шагах моделирования, т. е. параметр, с помощью которого определяется частота событийного мониторинга (диагностирования событий в процессе моделирования, т. е. в соответствии с введенными выше определениями – обнаружения и идентификации характера динамики изменения значений факторов из заданного подмножества);

$k^{FSc}(t)$  – количество шагов моделирования, принимаемое во внимание при анализе динамики факторов, которое отражает глубину событийного мониторинга моделируемой системы;

$z^{FSc}(t)$  – количество итераций моделирования, необходимых для имитации временной задержки в процессе анализа исследуемой ситуации и последующего принятия решений, которое представляет собой период запаздывания управленческого реагирования, выраженный в шагах моделирования.

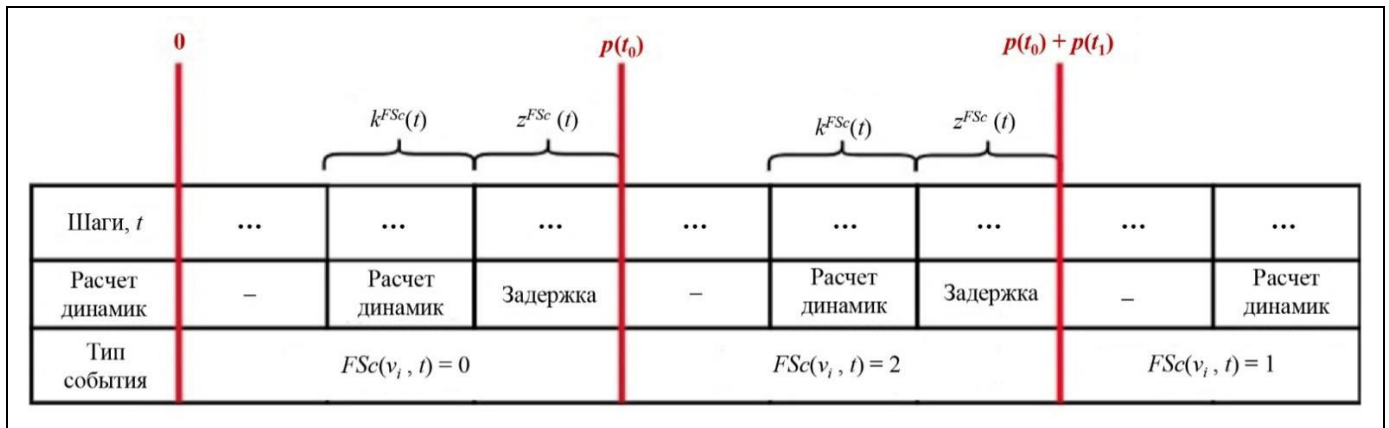


Рис. 3. Взаимосвязь параметров расчета динамики факторов

Таким образом, попарное сравнение сценариев (одного из полученных с целевым) сводится к оценке близости текстовых строк, состоящих из идентификаторов типов последовательности событий, иными словами, формирующихся на основе склейки всех значений  $FS(v_n, t_i)$ . Например, представление сценария в виде текстовой строки  $TSc = "1, 1, 1, 1, 1, 2, 2, 2, 2, 3, 3, 3, 3, 3, 1, 1, 1, 4, 4, \dots"$  означает, что на первых пяти шагах моделирования реализуется тип события «1», затем на следующих четырех шага – тип события «2», далее на шести шагах – тип события «3», затем на трех шагах повторяется событие «1» и т. д.

Типы событий формируются следующим образом. Пусть, например, из всего множества факторов только пять факторов влияют на формирование события. При моделировании происходит непрерывный анализ динамики этих факторов в соответствии с табл. 2. Формирование нового события и присвоение ему идентификатора 0, 1, 2, ... происходит, если изменился тип динамики одного или нескольких из отслеживаемых значимых факторов.

Таким образом, получаем для каждого сценария массив строк, отражающих последовательное целочисленное представление наборов типов меняющихся или не меняющихся событий. На рис. 4 представлен алгоритм кодирования сценариев в строковые представления и их попарного сравнения.

Обозначим множество всех рассматриваемых сценариев как совокупность целевого сценария (размещаемого в начале множества) и множества альтернативных сценариев  $\mathcal{A}$ . Каждый элемент множества  $\mathcal{A}$  представляет собой упорядоченную последовательность значимых событий.

### Процедура пособытийного сопоставления

1. Идентификация значимых событий. Каждому значимому событию присваивается уникальный целочисленный идентификатор из табл. 2. Данный идентификатор однозначно характеризует событие и обеспечивает дифференциацию событий в рамках всего множества.

2. Формирование строкового представления сценариев. Для каждого сценария создается строковая запись, формируемая последовательным включением идентификаторов в порядке следования событий.

3. Построение массива уникальных событий. Формируется упорядоченный массив, содержащий все уникальные события из множества  $\mathcal{A}$ . При заполнении массива соблюдаются следующие правила:

- события добавляются в порядке их первичного обнаружения при последовательном анализе сценариев,
- каждому уникальному событию присваивается идентификатор (позиция в массиве),
- идентификатор включается в строковое представление соответствующего сценария.

4. Обработка дублирующих событий. При обнаружении события, уже присутствующего в массиве, ему присваивается идентификатор  $m$  без повторного включения в массив.

Реализуемый алгоритм обеспечивает:

- унификацию представления – все сценарии описываются посредством целочисленных идентификаторов событий;
- сопоставимость на событийном уровне – появление одинаковых идентификаторов в строковых представлениях разных сценариев указывает на совпадение соответствующих событий;

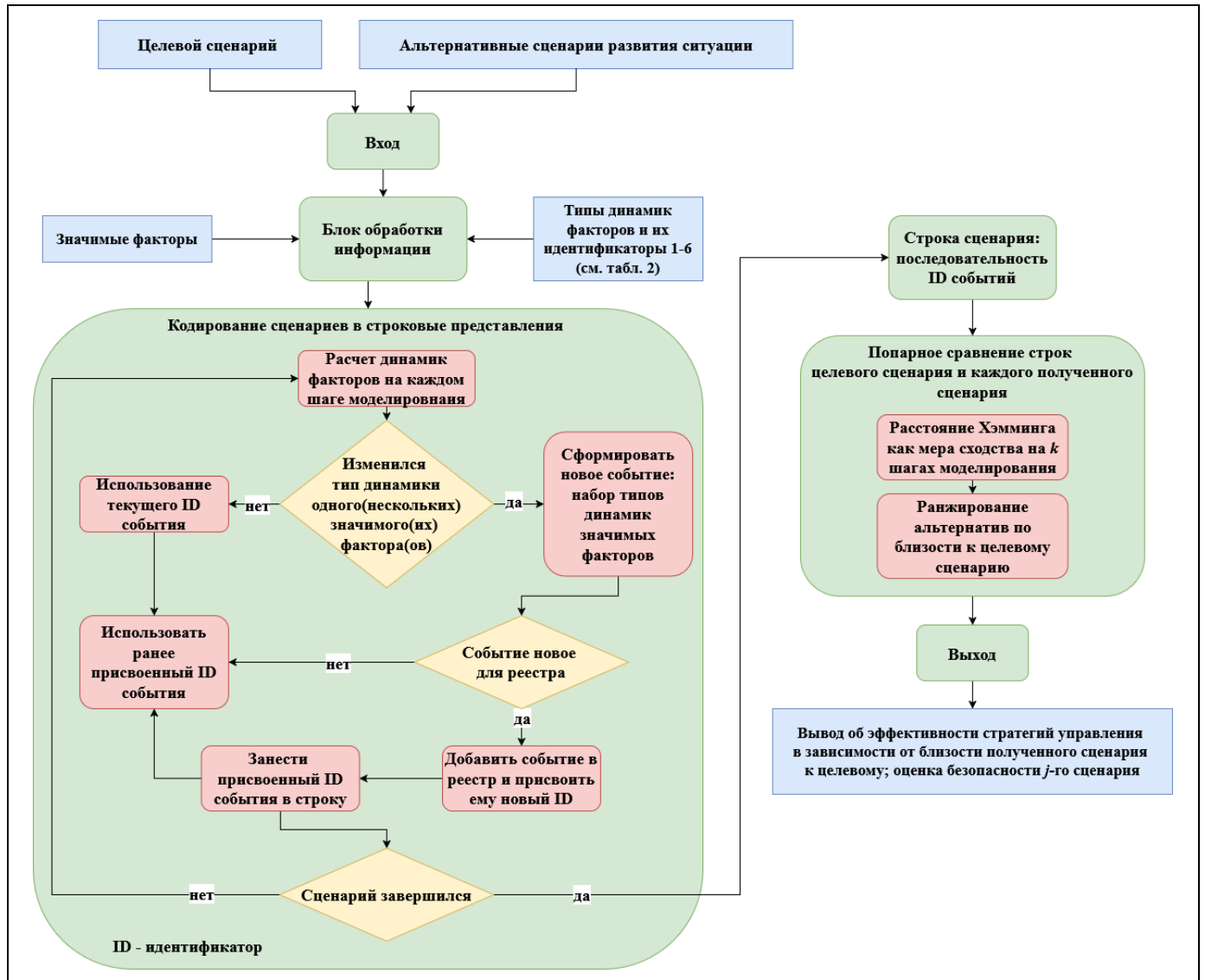


Рис. 4. Алгоритм кодирования сценариев в строковые представления и их попарного сравнения

• оптимизацию хранения – исключается дублирование информации путем повторного использования идентификаторов уже зарегистрированных событий.

Таким образом, исходное множество сценариев преобразуется в набор строковых представлений, пригодных для формального сравнения посредством анализа последовательностей идентификаторов. Следовательно, можно использовать известные метрики оценки близости текстовых строк. Например, в качестве меры близости двух сценариев  $\mathcal{R}^{(\text{tar})}$  (целевого) и  $\mathcal{R}^j$  (одного из полученных), представленных в виде текстовых строк на интервале шагов моделирования  $[t_r - t]$ , можно использовать метрику на основе расстояния Хемминга [21]. В этом случае мера сходства  $\delta_H$  для  $K$

шагов моделирования определяется как

$$\delta_H(\mathcal{R}^{(\text{tar})}, \mathcal{R}^j) = 1 - \frac{d_H(\mathcal{R}^{(\text{tar})}, \mathcal{R}^j, K)}{K},$$

$$d_H(\mathcal{R}^{(\text{tar})}, \mathcal{R}^j, K) = \sum_{k=t-K}^t \theta(TSc^{(\text{tar})0}(k), TSc^j(k)),$$

$$\theta(TSc^{(\text{tar})}(k), TSc^j(k)) = \begin{cases} 0, & \text{если } TSc^{(\text{tar})}(k) = TSc^j(k), \\ 1, & \text{если } TSc^{(\text{tar})}(k) \neq TSc^j(k), \end{cases}$$

где  $TSc^{(\text{tar})}(k)$  и  $TSc^j(k)$  представляют собой типы событий этих двух сценариев на  $k$ -м шаге.



### 3. СЦЕНАРНОЕ ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕГИОНАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ

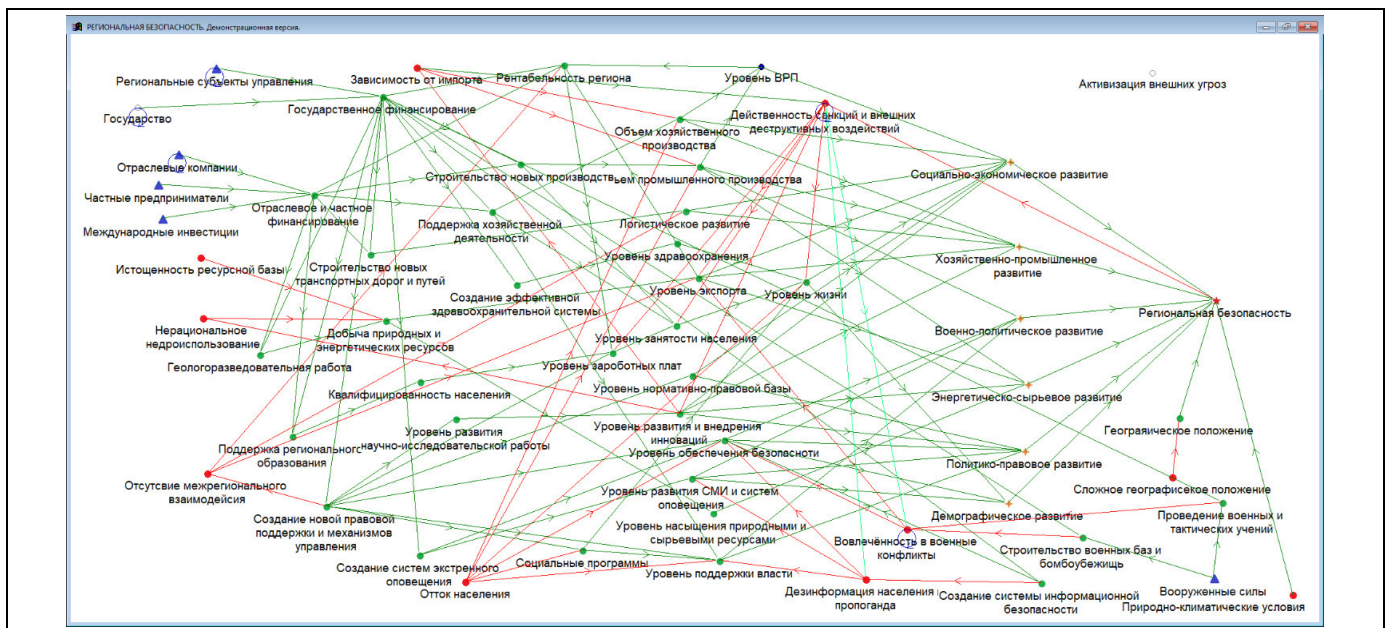
### 3.1. Сценарное моделирование процессов многосубъектного регионального управления в условиях реализации угроз

В предшествующей статье [22] уже были приняты шаги по оценке эффективности регионального управления несколькими субъектами управления. На основе оценки согласованности процессов управления несколькими субъектами управления и близости к целевым параметрам управления (на основе анализа выходных данных сценарного имитационного моделирования и их соответствия целевым состояниям факторов модели) были выделены наиболее предпочтительные стратегии. В рамках проведенного исследования было установлено, что административные (государство и региональные субъекты) и экономические (частный бизнес и предприниматели) субъекты управления обладают уникальными инструментами воздействия и возможностями влияния на региональную систему, а также имеют как схожие, так и различные интересы в процессе управления. На основе их анализа была разработана система взаимовыгодной поддержки управления региональной безопасностью и создана сценарная имитационная модель регионального развития в условиях влияния внешних угроз, структура которой представлена на рис. 5.

На рис. 5 зеленым цветом отражена область воздействия субъектов управления, красным обозначена основная область уязвимости, желтым отмечены целевые факторы поддержания региональной безопасности.

Целевыми факторами, которые также составляют множества значимых для анализа ситуации и управления факторов  $V^{(3n)} = \{v_1, v_{28}, v_{31}, v_{38}, v_{47}, v_{49}, v_{50}, v_{51}, v_{53}\}$ , в исследовании являлись: «Региональная безопасность»; «Рентабельность региона»; «Государственное финансирование»; «Отраслевое и частное финансирование»; «Действенность санкций и влияния деструктивных воздействий»; «Дезинформация населения и пропаганда»; «Отток населения»; «Зависимость от импорта» (данный фактор отражает уровень зависимости региона от иностранных технологий, инноваций, оборудования, сырья, материалов, комплектующих и т. д.).

В ходе исследования был выполнен ряд сценарных экспериментов, которые базировались на наборе гипотетических стратегий управления, каждая из которых предполагала различную конфигурацию взаимодействий между субъектами управления и специфику воздействия на ключевые факторы развития региона. Оценка эффективности сценариев осуществлялась по единому критерию – степени близости полученных в ходе моделирования результатов к заранее определенным целевым параметрам. Результаты анализа систематизированы и представлены в табл. 3 и 4.



**Рис. 5. Структура сценарной имитационной модели регионального развития**





Таблица 3

**Анализ результатов моделирования сценария 1**

| Фактор                               | Тип динамики         |                   | Совпадение |
|--------------------------------------|----------------------|-------------------|------------|
|                                      | Цель                 | Результат         |            |
| Региональная безопасность            | $FSc(v_{12}) = 1$    | $FSc(v_{12}) = 2$ | –          |
| Отраслевое и частное финансирование  | $FSc(v_{28}) = 1$    | $FSc(v_{28}) = 2$ | –          |
| Рентабельность региона               | $FSc(v_{31}) = 1$    | $FSc(v_{31}) = 2$ | –          |
| Государство                          | $FSc(v_{38}) \neq 2$ | $FSc(v_{38}) = 1$ | +          |
| Дезинформация населения и пропаганда | $FSc(v_{47}) = 2$    | $FSc(v_{47}) = 1$ | –          |
| Зависимость от импорта               | $FSc(v_{49}) \neq 1$ | $FSc(v_{49}) = 1$ | –          |
| Вовлеченность в военные конфликты    | $FSc(v_{50}) \neq 1$ | $FSc(v_{50}) = 1$ | –          |
| Отток населения                      | $FSc(v_{50}) \neq 1$ | $FSc(v_{50}) = 1$ | –          |
| Действенность санкций                | $FSc(v_{51}) = 2$    | $FSc(v_{51}) = 1$ | –          |

Таблица 4

**Анализ результатов моделирования сценария 2**

| Фактор                               | Тип динамики         |                   | Совпадение |
|--------------------------------------|----------------------|-------------------|------------|
|                                      | Цель                 | Результат         |            |
| Региональная безопасность            | $FSc(v_{12}) = 1$    | $FSc(v_{12}) = 1$ | +          |
| Отраслевое и частное финансирование  | $FSc(v_{28}) = 1$    | $FSc(v_{28}) = 1$ | +          |
| Рентабельность региона               | $FSc(v_{31}) = 1$    | $FSc(v_{31}) = 1$ | +          |
| Государство                          | $FSc(v_{38}) \neq 2$ | $FSc(v_{38}) = 1$ | +          |
| Дезинформация населения и пропаганда | $FSc(v_{47}) = 2$    | $FSc(v_{47}) = 2$ | +          |
| Зависимость от импорта               | $FSc(v_{49}) \neq 1$ | $FSc(v_{49}) = 2$ | +          |
| Вовлеченность в военные конфликты    | $FSc(v_{50}) \neq 1$ | $FSc(v_{50}) = 1$ | –          |
| Отток населения                      | $FSc(v_{50}) \neq 1$ | $FSc(v_{50}) = 2$ | +          |
| Действенность санкций                | $FSc(v_{51}) = 2$    | $FSc(v_{51}) = 2$ | +          |

Первый сценарий демонстрирует стратегию оперативного реагирования, при которой центром принятия решений становится государственный субъект управления. В рамках этой модели экономические субъекты управления оказываются в невыгодном положении: при снижении показателя «Рентабельность региона» и отсутствии системы мотивационной поддержки они утрачивают стимулы к достижению собственных целей. Это, в свою очередь, приводит к сокращению их ресурсной вовлеченности в развитие региона – что является источником ослабления партнерских связей между государством и бизнесом. Итог такого сценария выражается в снижении согласованности действий субъектов управления.

Второй сценарий отражает упреждающую стратегию управления, которая базируется на прогнозировании потенциальных угроз и скоординированном взаимодействии нескольких субъектов управления. Ключевая особенность сценария – пе-

реход от реактивных мер к проактивному управлению. Координация управления реализуется через синхронизацию действий государственных и негосударственных субъектов и совместное использование ресурсных возможностей, а также выработку единых критериев оценки угроз и эффективности мер. Как показано в исследовании [22], анализ результирующих динамик ключевых показателей модели подтверждает эффективность данной стратегии. Количественные и качественные показатели демонстрируют соответствие траектории развития целевым параметрам и устойчивость системы к моделируемым угрозам.

В рамках настоящего исследования осуществлен анализ управленческих сценариев с опорой на ранее полученные результаты. Работа сосредоточена на комплексной оценке двух ключевых аспектов:

– близости сценария к целевому сценарию и его траектории,

– логической согласованности действий субъектов управления через соответствие целевых установок различных субъектов общей стратегии развития и наличие (отсутствие) противоречий в принимаемых решениях.

В рамках проведенного исследования согласованность действий субъектов управления оценивается посредством систематического отслеживания их воздействий на целевые и сопутствующие факторы модели.

Методика анализа включает следующие этапы:

1. Фиксация управляющих импульсов. Регистрируются все воздействия, исходящие от субъектов управления и направленные на реализацию цели. Для каждого импульса фиксируются:

- источник (конкретный субъект управления),
- направленность (на какой фактор оказывается воздействие),
- интенсивность (сила воздействия),
- временные параметры (момент и продолжительность воздействия).

2. Анализ взаимовлияния воздействий. Проводится сопоставление импульсов от разных субъектов с целью выявления:

- синергетических эффектов (совпадающие по направлению и усиливающие друг друга воздействия);
- нейтрализующих взаимодействий (противонаправленные воздействия, снижающие общий эффект);
- противоречивых сигналов (одновременные воздействия на один фактор с разными целями).

Данный этап необходим не только для анализа эффективности сценариев, но и для верификации модели и подаваемых сигналов.

В качестве метрики здесь можно использовать известные меры связности пары сценариев, реализуемых двумя субъектами управления на основе их совпадения с целевым. В частности, проведенное выше кодирование сценариев в виде последовательности идентификаторов событий позволяет использовать меры Сокола – Мигнера, Танимото – Роджерса, Кульчинского и др. [21].

Близость к безопасной траектории отражает результаты качественного анализа степени отклонения сценария от целевой траектории даже в случаях, когда целевые параметры формально достигнуты. Такой анализ оценивает состояние факторов не только по итоговому результату моделирования, но и на протяжении всего процесса. Это позволяет:

- оценивать состояние объекта управления или его отдельных подсистем на каждом шаге моделирования,

– проводить пособытийный анализ для каждого фактора и системы в целом.

Таким образом, удастся выявить критические состояния системы и определить причины их возникновения.

На основе анализа сходства пособытийного кодирования последовательностей событий полученных сценариев (целевой сценарий представлен на рис. 6, результаты моделирования представлены на рис. 7 с использованием обозначений динамик факторов для визуализации и облегчения восприятия) и качественного анализа согласованности процессов осуществления управляющих воздействий в процессе моделирования, затраченного времени и ресурсов на подавление имитируемых угроз сформирована следующая оценка эффективности полученных сценариев, представленные в табл. 5. В ходе анализа были определены целевые параметры управления, представленные в табл. 3 и 4. При этом заданы (например) следующие требования к динамике ключевых факторов:

- фактор «Региональная безопасность» должен демонстрировать устойчивый рост,
- для факторов «Зависимость от импорта», «Вовлеченность в военные конфликты» и «Отток населения» допустимы любые типы динамики, кроме роста (снижение или стабильность рассматриваются как приемлемые результаты управления).

Таблица 5

#### Оценка эффективности полученных сценариев

| Критерии эффективности                                     | Сценарий 1 | Сценарий 2 |
|------------------------------------------------------------|------------|------------|
| Согласованность субъектов управления                       | –          | +          |
| Близость к целевым параметрам ( $\mathcal{R}^{(tar)}$ )    | –          | +          |
| Близость к безопасной траектории ( $\mathcal{R}^{(sec)}$ ) | –          | –          |
| Ресурсная и временная затратность                          | –          | +          |

Для обеспечения прозрачности методологии моделирования необходимо дать следующие пояснения: в рамках конкретного имитационного моделирования каждый фактор принимал лишь два типа динамики – рост или падение – что было отражено в таблицах. При этом в ходе экспериментов с различными стратегиями управления были выявлены и иные типы динамики, не вошедшие в итоговые таблицы.

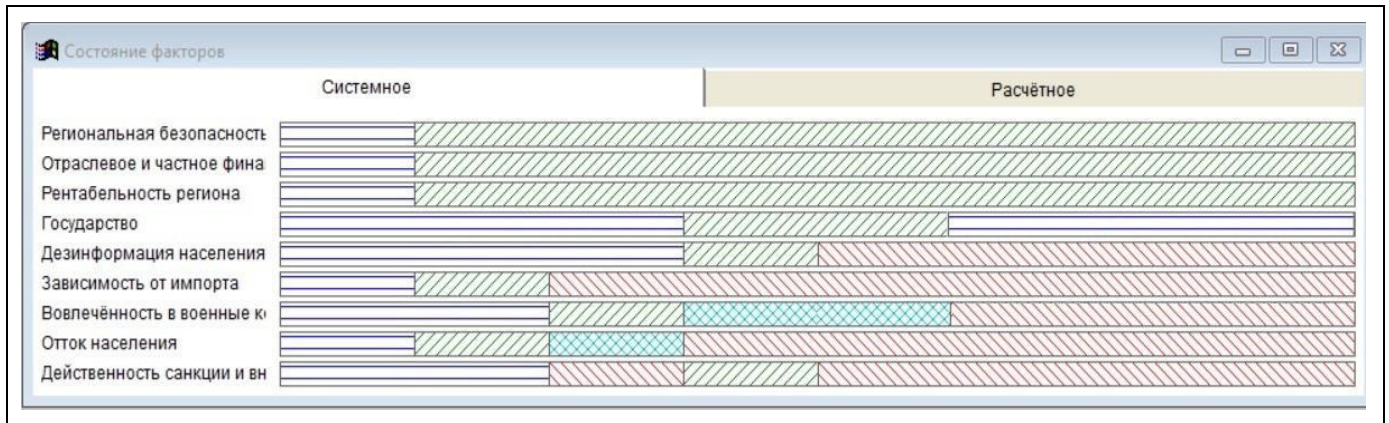


Рис. 6. Результаты моделирования целевого сценария

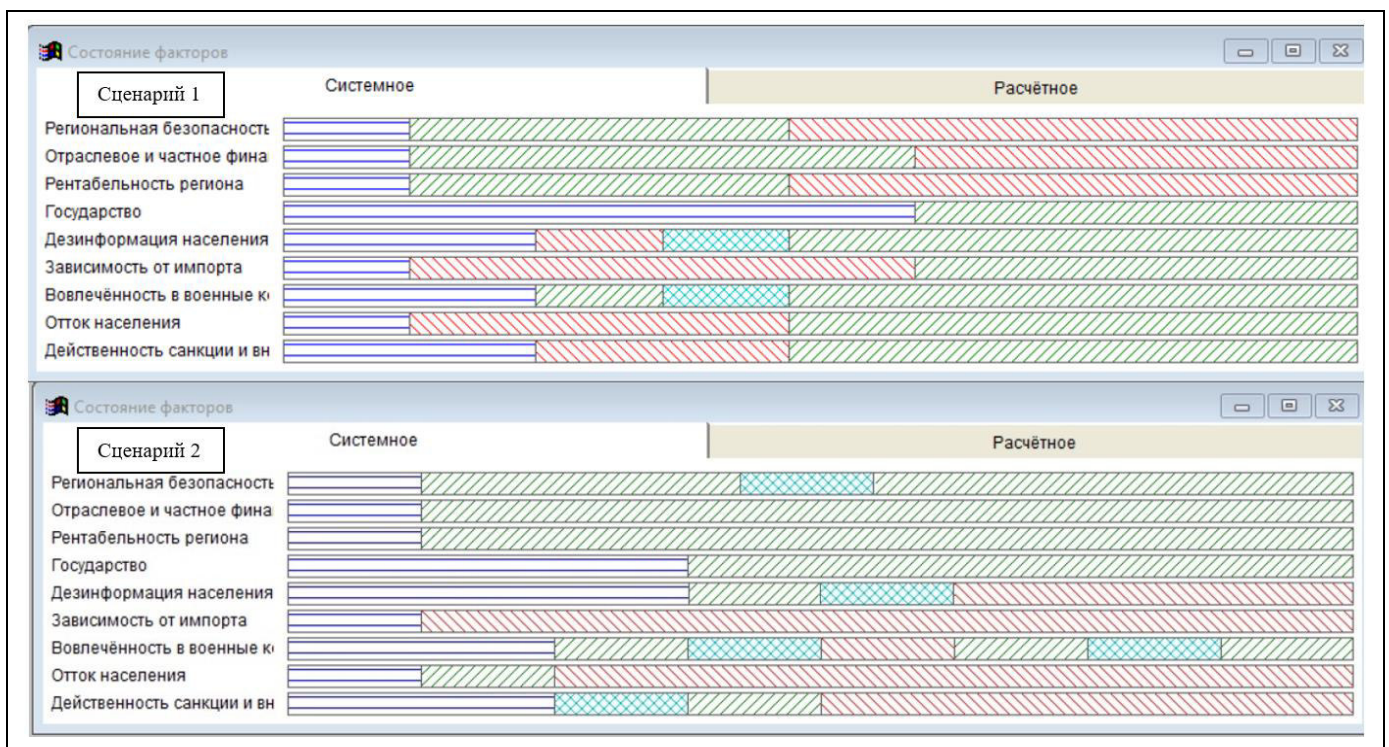


Рис. 7. Результаты моделирования полученных сценариев

Важно отметить: введенные обозначения не являются расчетными величинами – они служат исключительно для иллюстрации типа динамики фактора и вводятся на основании отслеживаемых количественных изменений значений ключевых факторов.

Результаты анализа показывают, что при наличии согласованности в многосубъектном управлении и близости к целевым параметрам (попадании в область целевых сценариев) наблюдается расхождение между полученным и безопасным сценарием. Это выявляется при пособытийном сравнении: несмотря на формальное соответствие це-

левым индикаторам, система отклоняется от безопасной траектории развития.

Причина такого расхождения кроется в специфике текущей ситуации. Скоординированные действия субъектов управления за короткий промежуток времени позволили:

- стабилизировать ключевые факторы регионального развития,
- удержать систему от критического падения значений целевых показателей (факторов).

Однако эти же действия не обеспечили выхода из состояния вовлеченности в военный конфликт – проблемы, определяющей долгосрочную динамику



системы. Это указывает на ограниченность текущих механизмов управления: они эффективны для краткосрочной стабилизации, но не способны разрешить стратегическое противоречие. В результате государство вынуждено наращивать ресурсную поддержку для компенсации негативных последствий.

Таким образом, текущая модель управления демонстрирует парадокс эффективности: она успешно решает оперативные задачи, но усугубляет стратегические риски. Для выхода из этой ситуации требуется:

- переосмысление целевых параметров безопасности с учетом долгосрочного контекста,
- внедрение адаптивных механизмов управления, способных работать в условиях перманентного конфликта,
- разработка ресурсосберегающих стратегий, снижающих нагрузку на бюджет.

### 3.2. Сценарное моделирование многосубъектного регионального управления с элементами государственной поддержки частного бизнеса

На основании анализа предыдущей модели, результатов сценарного исследования, а также оценки мер и возможностей государства по стимулированию частного бизнеса имитационная модель регионального управления в рамках данной работы была доработана и систематизирована.

Она включает следующие блоки: государственно-частное партнерство, социально-политические факторы; экономические факторы, угрозы региональному развитию.

В качестве субъектов управления сохранены «Государство»; «Региональные субъекты управления»; «Частный бизнес».

В качестве мер государственной поддержки и инструментов воздействия на интересы предпринимательского сектора рассматриваются «Государственные субсидии»; «Налоговые льготы»; «Инфраструктурная поддержка».

Для имитации угроз и внешних деструктивных воздействий выбраны следующие факторы: «Санкции»; «Военные конфликты»; «Пропаганда»; «Социальные беспорядки».

Структура сценарной имитационной модели регионального управления представлена на рис. 8.

В рамках настоящего исследования осуществлен комплекс сценарных имитационных экспериментов с применением ПАК «Полюс». Цель экспериментов — сравнительный анализ эффективности различных стратегий регионального управления в условиях внешних и внутренних угроз.

#### 3.2.1. Методология моделирования

Для всесторонней оценки были смоделированы четыре альтернативные траектории развития ситуации, различающиеся:

- по характеру управленческого воздействия (оперативное реагирование либо превентивное прогнозирование);
- степени вовлеченности частного сектора (без стимулирования либо со стимулированием);
- механизму принятия решений (моносубъектное управление либо кооперативное взаимодействие).

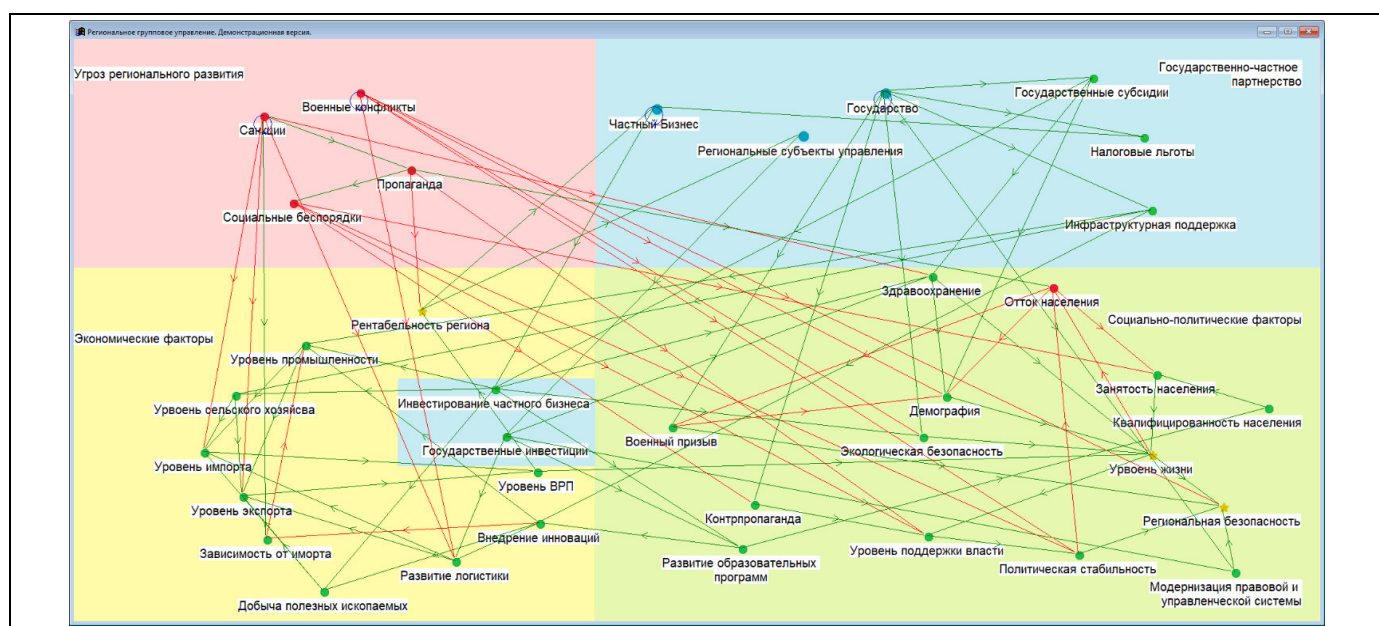


Рис. 8. Структура сценарной имитационной модели



Описание сценария: применяются механизмы мотивации и стимулирования «Частного бизнеса»; формируется система совместного противодействия угрозам. Результаты моделирования представлены на рис. 9. В качестве ключевых отслеживаемых факторов выбраны «Уровень жизни» (социальный индикатор), «Политическая стабильность» (институциональный индикатор), «Региональная безопасность» (комплексный индикатор).

4.  $TSc^{(4)} = "3, 3, 3, 3, 4, 4, 4, 4, 5, 5, 5, 5, 5, 5, 5, 5, 5, 9, 10, 10, 10, 1, 1, 1, 1"$ .

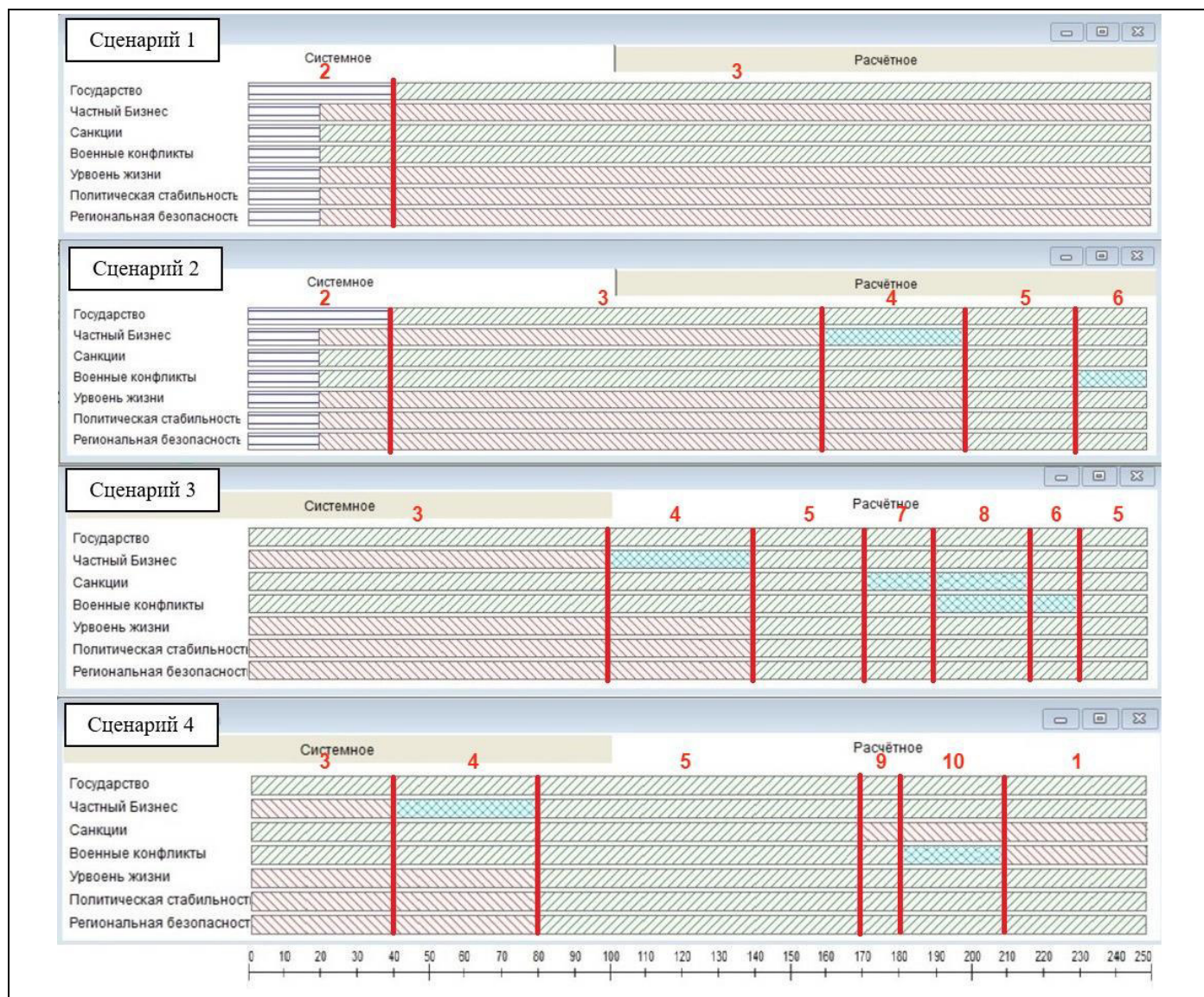


Рис. 9. Результаты моделирования полученных сценариев

Таблица 6

### Анализ результатов моделирования

| Фактор                           | Тип динамики         |                   |                   |                   |                   |
|----------------------------------|----------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
|                                  | Цель                 | Сценарий 1        | Сценарий 2        | Сценарий 3        | Сценарий 4        |
| Государство                      | $FSc(v_1) = 1$       | $FSc(v_1) = 1$    | $FSc(v_1) = 1$    | $FSc(v_1) = 1$    | $FSc(v_1) = 1$    |
| Частный бизнес                   | $FSc(v_2) = 1$       | $FSc(v_2) = 2$    | $FSc(v_2) = 1$    | $FSc(v_2) = 1$    | $FSc(v_2) = 1$    |
| Санкции                          | $FSc(v_6) \neq 1$    | $FSc(v_6) = 1$    | $FSc(v_6) = 1$    | $FSc(v_6) = 1$    | $FSc(v_6) = 2$    |
| Военные конфликты                | $FSc(v_{19}) = 2$    | $FSc(v_{19}) = 1$ | $FSc(v_{19}) = 5$ | $FSc(v_{19}) = 1$ | $FSc(v_{19}) = 2$ |
| Уровень жизни                    | $FSc(v_{27}) \neq 2$ | $FSc(v_{27}) = 2$ | $FSc(v_{27}) = 1$ | $FSc(v_{27}) = 1$ | $FSc(v_{27}) = 1$ |
| Политическая стабильность        | $FSc(v_{29}) \neq 2$ | $FSc(v_{29}) = 2$ | $FSc(v_{29}) = 1$ | $FSc(v_{29}) = 1$ | $FSc(v_{29}) = 1$ |
| Региональная безопасность        | $FSc(v_{31}) \neq 2$ | $FSc(v_{31}) = 2$ | $FSc(v_{31}) = 1$ | $FSc(v_{31}) = 1$ | $FSc(v_{31}) = 1$ |
| Близость к безопасной траектории | Безопасный сценарий  | –                 | –                 | –                 | +                 |
| Временная затратность            | Целевое значение     | –                 | –                 | +                 | +                 |





сти принятых стратегических решений регионального управления и будут использованы в дальнейших исследованиях автора, направленных на сценарный мониторинг развития ситуации, улучшение методологии раннего выявления нежелательных событий и изменений динамик значимых факторов, их формирующих, автоматизацию кодирования событий и формирования процедур реагирования.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Дранко О.И., Новиков Д.А., Райков А.Н., Чернов И.В. Управление развитием региона. Моделирование возможностей. – М.: URSS, ООО «ЛЕНАНД», 2023. – 432 с. [Dranko, O.I., Novikov, D.A., Raikov, A.N., Chernov, I.V. Managing Regional Development. Modeling opportunities. – Moscow: LENAND, 2023. – 432 s. (In Russian)]
2. Malizia, E.E., Feser, E.J., Rensky, H., Drucker, J. Understanding Local Economic Development. – Oxford: Taylor & Francis, 2020. – 312 p.
3. Hoover, E.M., Giarratani, F. An Introduction to Regional Economics // Reprint. Ed. by S. Loveridge, R. Jackson. – WVU Research Repository, 2020. – 303 p.
4. Spangenberg, J. System Complexity and Scenario Analysis. Proceedings of the 9th Biennial Conference of the International Society for Ecological Economics “Ecological Sustainability and Human Well-Being”. – New Delhi, 2020.
5. Setiyowati, S., Sumiati, Sutarti, et al. Group Decision Support System to Determine Regional Development Priority Using the Item-Based Clustering Hybrid Method // Journal of Computer Science. – 2019. – Vol. 15, no. 4. – P. 511–518.
6. Стратегия пространственного развития Российской Федерации на период до 2025 года (утв. распоряжением Правительства РФ от 13.02.2019 № 207-р). [Strategiya prostranstvennogo razvitiya Rossiyskoy Federatsii na period do 2025 goda (utv. rasporyazheniem Pravitel'stva RF ot 13.02.2019 № 207-r. (In Russian)]
7. Указ Президента РФ от 07.05.2024 N 309 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года» от 07.05.2024 N 309. – [Ukaz Prezidenta RF ot 07.05.2024 N 309 «O natsional'nykh tselyakh razvitiya Rossiyskoy Federatsii na period do 2030 goda i na perspektivu do 2036 goda» ot 07.05.2024 N 309. (In Russian)]
8. Стратегия государственной национальной политики Российской Федерации на период до 2036 года (утв. Указом Президента РФ от 25.11.2025 N 858). [Strategiya gosudarstvennoy natsional'noy politiki Rossiyskoy Federatsii na period do 2036 goda (utv. Ukazom Prezidenta RF ot 25.11.2025 N 858). (In Russian)]
9. Федеральный закон «О государственно-частном партнерстве, муниципально-частном партнерстве в Российской Федерации и внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 13.07.2015 N 224-ФЗ. [Federal'niy zakon «O gosudarstvenno-chastnom partnerstve, munitsipal'no-chastnom partnerstve v Rossiyskoy Federatsii i vnesenii izmeneniy v otdel'nye zakonodatel'nye akty Rossiyskoy Federatsii» ot 13.07.2015 N 224-FZ. (In Russian)]
10. Федеральный закон «Об инвестиционной деятельности в Российской Федерации, осуществляемой в форме капитальных вложений» от 25.02.1999 N 39-ФЗ (ред. от 25.12.2023). [Federal'niy zakon «Ob investitsionnoy deyatelnosti v Rossiyskoy Federatsii, osushchestvlyаемой v forme kapital'nykh vlozheniy» ot 25.02.1999 N 39-FZ (red. ot 25.12.2023). (In Russian)]
11. Федеральный закон «О концессионных соглашениях» от 21.07.2005 N 115-ФЗ (ред. от 28.11.2025). [Federal'niy zakon «O kontsessionnykh soglasheniyakh» ot 21.07.2005 N 115-FZ (red. ot 28.11.2025). (In Russian)]
12. Основы государственной политики регионального развития Российской Федерации на период до 2025 года (утв. Указом Президента РФ от 16 января 2017 г. N 13). [Osnovy gosudarstvennoy politiki regional'nogo razvitiya Rossiyskoy Federatsii na period do 2025 goda (utv. Ukazom Prezidenta RF ot 16 yanvarya 2017 g. N 13). (In Russian)]
13. Морозов А.А., Панова Т.В. Эволюция системы оценки ключевых индикаторов эффективности для губернаторов в России: от административного контроля к стратегическому управлению // Общество: политика, экономика, право. – 2025. – № 7. – С. 28–34. [Morozov, A.A., Panova, T.V. Evolution of the System of Assessing Key Performance Indicators for Governors in Russia: From Administrative Control to Strategic Management // Society: Politics, Economics, Law. – 2025. – No. 7. – P. 28–34. (In Russian)]
14. Русин И.Е., Трещевский Ю.И. Региональное управление и территориальное планирование – М.: Изд-во «КноРус», 2020. – 270 с. [Risin, I.E., Treshchevsky, Yu.I. Regional'noe upravlenie i territorial'noe planirovanie. – Moscow: KnoRus, 2020. – 270 p. (In Russian)]
15. Samara, E., Kilintzis, P., Katsoras, E., et al. A System Dynamics Approach for the Development of a Regional Innovation System // Journal of Innovation and Entrepreneurship. – 2024. – Vol. 13. – Art. no. 26.
16. Kulba, V.V., Kononov, D.A., Chernov, I.V., Ponomarev, P.O. Group Management in Social and Economic Systems: Research of Efficiency by Means of Cognitive Analysis // IFAC-PapersOnLine. – 2018. – Vol. 51, iss. 30. – P. 510–515.
17. Pankratova, N.D., Gorelova, G.V., Pankratov, V.A. Strategy for Simulation Complex Hierarchical Systems Based on the Methodologies of Foresight and Cognitive Modeling / In: Advanced Control Systems. – River Publishers, 2022. – P. 257–288.
18. Soltys, J. Scenarios in Regional Planning–Theory and Practice in Poland // European Spatial Research and Policy. – 2018. – Vol. 25, no. 2. – P. 41–60.
19. Chakraborty, A., Sherman, S.A. How Scenario Planning Affects Regional and Local Plans and Planning Practices: An Empirical Analysis. Working Paper WP20AC1. – Cambridge: Lincoln Institute of Land Policy, 2020.
20. Чернов И.В. Сценарно-когнитивное моделирование сложных систем на основе событийной идентификации динамики факторов // Проблемы управления. – 2023. – № 3. – С. 65–76. [Chernov, I.V. Scenario-Cognitive Modeling of Complex Systems Based on Event-Driven Identification of Factor Dynamics // Control Sciences. – 2023. – No. 3. – P. 55–64.]
21. Levy, A., Shalom, B. R., Chalamish, M. A Guide to Similarity Measures and Their Data Science Applications // Journal of Big Data. – 2025. – Vol. 12. – Art. no. 188.





22. Команич Н.В., Чернов И.В. Сценарные технологии в групповом региональном управлении // Управление большими системами. – 2025. – Вып. 114. – С. 186–228. [Komanich, N.V., Chernov, I.V. Scenario Technologies in Group Regional Management // Large-Scale Systems Control. – 2025. – No. 114. – P. 186–228. (In Russian)]

Статья представлена к публикации членом редколлегии О. И. Дранко.

Поступила в редакцию 29.10.2025,  
после доработки 13.04.2026.  
Принята к публикации 13.04.2026.

**Команич Никита Владимирович** – мл. науч. сотрудник, Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, г. Москва  
✉ komanich.n@ipu.ru  
ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-4037-945X>

© 2026 г. Команич Н. В.



Эта статья доступна по лицензии Creative Commons «Attribution» («Атрибуция») 4.0 Всемирная.

## APPLICATION OF SCENARIO METHODS IN MULTI-ACTOR MANAGEMENT OF REGIONAL DEVELOPMENT

N. V. Komanich

Trapeznikov Institute of Control Sciences, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

✉ komanich.n@ipu.ru

**Abstract.** This paper considers the application of scenario methods in multi-actor regional management to investigate and assess challenges in improving the efficiency of managerial decision-making for the sustainable and coordinated development under uncertainty and the impact of various destructive factors. The object of this study is an information and analytical support system for regional management. The aim of this study is to apply the scenario approach in order to form and justify a set of efficiency assessment criteria for multi-actor regional management scenarios. The criteria are formed by analyzing the results of simulation modeling, encompassing both the event-level scenario descriptions and their closeness to given parameters of a target scenario. Using the mathematical apparatus of signed directed graphs, a comprehensive scenario-event simulation model of multi-actor regional management is developed. This model is intended to analyze and assess various management strategies with multiple actors, as well as to forecast the consequences of implementing these strategies. Based on the conducted research using the scenario-event model, scenarios of regional dynamics and their individual components are obtained. These scenarios are employed to identify key trends and factors influencing the stability and efficiency of regional system management under growing external and internal threats. According to the scenario analysis results (the event-by-event encoding of event sequences and closeness to target parameters), the preferred management strategy based on the scenario analysis and situation forecasting in a rapidly changing environment is to shift the decision center to the state, possessing the greatest number of capabilities and influence mechanisms. This strategy shall be implemented on the principles of multi-actor management, relying on the coordination of management actors to reduce the impact of external destructive effects from potential and existing adversaries and maintain socio-economic processes and stability in the region. When selecting a management strategy, one should keep in mind that incentive mechanisms for economic management actors contribute to the prevention of conflicts and a uniform distribution of existing management capabilities and resources within the regional system.

**Keywords:** multi-actor management, simulation modeling, scenario analysis, regional security, efficiency assessment, event encoding.