

Подход к организации поддержки принятия решений при разработке стратегий инновационного развития регионов с применением адаптивно-имитационной модели

Л.Р. Черняховская^a 

E-mail: lrchern@yandex.ru

М.М. Низамутдинов^b 

E-mail: marsel_n@mail.ru

В.В. Орешников^b 

E-mail: VOresh@mail.ru

А.Р. Атнабаева^b 

E-mail: Alsouy@mail.ru

^a Уфимский государственный авиационный технический университет
Адрес: 450008, г. Уфа, ул. К. Маркса, д. 12

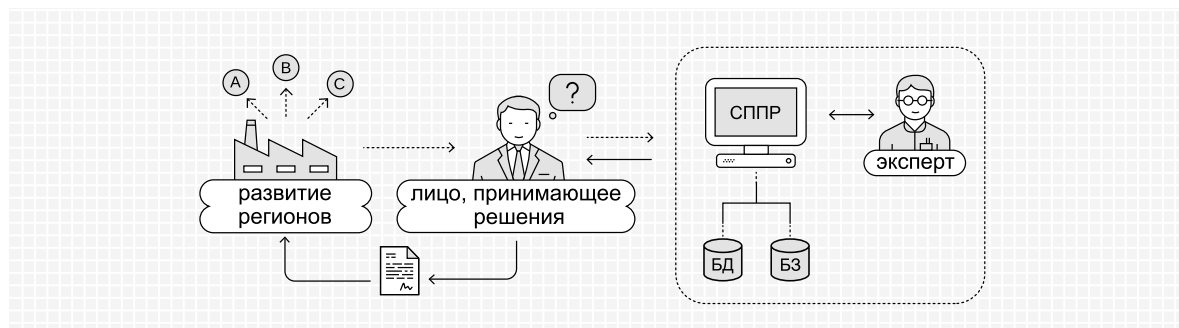
^b Уфимский федеральный исследовательский центр, Российская академия наук
Адрес: 450054, г. Уфа, ул. Проспект Октября, д. 71

Аннотация

В статье рассматриваются вопросы формирования системы поддержки принятия решений (СППР) в области управления региональным развитием. Представленный обзор существующих подходов в данной области свидетельствует, с одной стороны, об их многообразии, а с другой — позволяет сделать вывод о необходимости решения ряда методологических и практических вопросов поддержки принятия решений для задачи инновационного развития региона. Исходя из этого, целью исследования является разработка концепции СППР для обоснования параметров стратегии инновационного развития региона на основе применения адаптивных механизмов согласования интересов экономических агентов. Методология исследования базируется на синтезе различных подходов в рамках интегрирования в структуру адаптивных имитационных моделей проблемно-ориентированных баз знаний с механизмом логического вывода, а также интеллектуальных технологий обработки слабоструктурированной информации, используемых для поиска решений в процессе формирования и корректировки параметров управления инновационным развитием региона. Результатом исследования является теоретическое обоснование разработки проблемно-ориентированной СППР, включая описание взаимосвязанных этапов, определяющих основные конструктивные особенности данного инструментария. В рамках проведенного исследования предложена концептуальная схема реализации СППР в области управления инновационным развитием региона и описаны ключевые функциональные блоки предлагаемого инструментария. Определено место инструментария в структуре системы управления региональным развитием, показаны возможности его использования при формировании прогнозно-плановых оценок развития региона, а также при оценке эффективности применения альтернативных управляющих воздействий. Предложенный инструментарий позволяет расширить возможности применения

методов теории управления и поддержки принятия решений, интеллектуальных информационных технологий, экономико-математических методов, а также современных технологий компьютерного имитационного моделирования для задач стратегического планирования развития региональных социально-экономических систем. С практической точки зрения данный инструментарий может быть интересен для органов государственного управления при решении задач в области разработки стратегий инновационного развития регионов России, формировании среднесрочных прогнозов и обосновании параметров социальной, экономической и бюджетной политики.

Графическая аннотация



Ключевые слова: поддержка принятия решений; инновационное развитие; имитационное моделирование; адаптивное моделирование; региональное управление; прогнозирование и планирование.

Цитирование: Черняховская Л.Р., Низамутдинов М.М., Орешников В.В., Атнабаева А.Р. Подход к организации поддержки принятия решений при разработке стратегий инновационного развития регионов с применением адаптивно-имитационной модели // Бизнес-информатика. 2019. Т. 13. № 3. С. 20–34.
DOI: 10.17323/1998-0663.2019.3.20.34

Введение

Региональная социально-экономическая система по своей природе является сложной, многоаспектной и многоцелевой системой, включающей множество элементов и разнородных взаимосвязей во всех сферах жизнедеятельности общества. Непосредственно на стабильность и устойчивость развития региона в целом важнейшее влияние оказывают протекающие экономические процессы. При этом в условиях глобальной конкуренции за различные виды ограниченных ресурсов определяющим фактором становится способность органов управления региона задействовать инновационный потенциал населения и предприятий. Разработка соответствующих стратегий инновационного развития нуждается во всестороннем комплексном обосновании, определении целевых ориентиров, ресурсной базы, оптимальных путей решения поставленных задач. В связи с этим объективным условием формирования эффективной экономи-

ческой политики является широкое использование научно обоснованных инструментов управления, к которым, в частности, следует отнести инструментарий выработки и обоснования параметров инновационного развития региона. При этом ускоренный экономический рост не должен противоречить более глобальной задаче достижения сбалансированного развития как отраслей реального сектора экономики, так и социальной сферы региона.

Научно-исследовательские работы в области формирования экономико-математических моделей и инструментария управления стратегическим развитием сложных социально-экономических систем и, в частности, планирования инновационного развития в той или иной степени ведутся в последние десятилетия в большинстве развитых стран мира. На сегодняшний день разработано множество программных продуктов, позволяющих решать комплекс задач прогнозирования регионального развития [1]. Однако подавляющая часть современных

отечественных разработок все еще базируется на предпосылках функционирования плановой экономики, и не отражает современные рыночные условия ведения хозяйственной деятельности в Российской Федерации. Кроме того, существующие разработки в основном отражают инерционные механизмы развития территорий и не направлены на решение актуальных задач обеспечения ускоренного экономического роста на основе перехода к инновационно-ориентированной модели развития.

Таким образом, имеются объективные предпосылки совершенствования применяемого в настоящее время модельного инструментария за счет более широкого использования методов имитационного моделирования, проведения сценарных экспериментов, учета объективных возможностей и ограничений регионов. В совокупности это позволяет обеспечить формирование конкретных механизмов и условий достижения общественно-значимых приоритетов развития.

1. Обзор существующих подходов

Анализ текущего состояния исследований в сфере организации поддержки принятия решений при разработке стратегий инновационного развития регионов подразумевает комплексное рассмотрение вопросов стратегического управления, теории инновационной экономики, разработки систем поддержки принятия решений (СППР). Отдельно следует отметить вопросы разработки экономико-математических моделей применительно к рассматриваемой задаче.

Данные направления имеют проработанную научную базу. В частности, базовые постулаты теории инновационной экономики были сформированы еще Й. Шумпетером. Ряд аспектов рассматривается в исследованиях длинных волн Кондратьева, диффузий инноваций К. Фримена, а также теории технологических укладов С.Ю. Глазьева, К. Переса, Д.С. Львова, Ю.В. Яковец и др. Однако большинство имеющихся исследований не в полной мере ориентировано на количественную оценку и прогноз влияния факторов инновационного развития на эволюцию территориальных социально-экономических систем.

Для решения указанной проблемы представляется необходимым использование специализированного инструментария, в частности, систем поддержки принятия решений (СППР) [2]. Однако, к сожалению, в рамках исследуемой проблематики большинство имеющихся разработок ориентировано на за-

дачи управления развитием отдельных предприятий или видов деятельности. Однако на региональном уровне, где решаются вопросы разработки стратегий инновационного развития, эти системы не находят практического применения. Отдельные работы в данной сфере (информационно-аналитическая СППР по управлению инновационной деятельностью в регионе [3], СППР по стратегии инновационного развития региона [4] и т.д.), лишь частично отражают такое существенное свойство региональной системы, как адаптивность поведения ключевых экономических субъектов [5], либо имеют исключительно теоретическое или отраслевое значение [6].

Различные направления также сложились в области экономико-математического моделирования социально-экономических процессов (модели общеэкономического равновесия, имитационные модели, вероятностно-статистические модели и т.д.). В то же время модели, применяемые на практике, в основном являются комбинированными и сочетают в себе черты различных подходов [7]. Наиболее известными зарубежными моделями в данной области являются Уортонская годовая модель экономики США, модель LIFT, Брукингская модель экономики США, модель налогово-бюджетной политики США. Среди отечественных разработок особое место занимают модельно-программные комплексы «СИРЕНА» и «СИРЕНА-2» (ИЭОПП СО РАН), модельный комплекс «ПОЛИГОН-2» (Новосибирский государственный университет), модель «RIM» (ИНП РАН), «Модель межотраслевых взаимодействий» (ИЭПНТП АН СССР), CGE-модель «RUSEC», «Эконометрическая модель экономики России», «CGE-модель социально-экономической системы России со встроенными нейронными сетями» (ЦЭМИ РАН), «Модель региона Российского Севера» (Сыктывкарский государственный университет), модель «Губернатор», «Агент-ориентированная модель г. Москвы» (ЦЭМИ РАН) и т.д. [8]. На применении имитационных моделей [9] основаны многие комплексные информационно-аналитические системы, включая информационно-аналитический комплекс «Прогноз» (ЗАО «Прогноз»).

Несмотря на достоинства представленных моделей, в них крайне неполно представлены параметры инновационного развития регионов [10, 11]. В то же время многие модели, в особенности, базирующиеся на эконометрических уравнениях, не отражают адаптивные свойства агентов региональной системы, что вызывает снижение точности получаемых прогнозов.

В связи с этим целью исследования является разработка концепции системы поддержки принятия решений для процесса формирования стратегий инновационного развития регионов. Для достижения данной цели требуется решить ряд задач, включая определение концептуальных основ разработки СППР и рассмотрение практических аспектов организации процесса поддержки принятия решений.

2. Концептуальные основы и логика разработки СППР

Комплекс методологических проблем в области стратегического планирования регионального развития определяет необходимость разработки особого инструментария управления, который отражал бы ключевые принципы взаимодействия субъектов в условиях формирования инновационной экономики и позволял бы оперативно определять возможные последствия принимаемых решений. Требуется качественное изменение методической и инструментальной базы существующей системы управления инновационным развитием регионов за счет интеграции методов стратегического управления, экономико-статистического анализа, математического моделирования, теории поддержки принятия решений и имитационного моделирования.

Для достижения указанной цели, в первую очередь, необходимо рассмотреть место данного ин-

струментария в системе регионального управления. При этом управление территориальным развитием, в целом, включает две составляющие — стратегическое и оперативное. Уровень стратегического управления задает приоритеты развития региона, его основные параметры, определяет цели для оперативного уровня. Цель оперативного управления, в свою очередь, заключается в решении текущих задач, направленных на достижение тех или иных частных параметров, характеризующих стратегические цели развития региона. На изменение значений параметров региональной социально-экономической системы (РСЭС) непосредственное влияние оказывают регуляторы (управляющие параметры), представляющие собой результат деятельности субъектов оперативного управления, а также процессы, происходящие в рамках самой системы и во внешней среде (рисунк 1).

В качестве лица, принимающего решения, применительно к задаче разработки стратегии инновационного развития региона (обозначен на рисунке 1 как «Субъект стратегического управления») следует рассматривать соответствующие органы государственного управления, состав и структура которых несколько различаются в том или ином субъекте Российской Федерации. В первую очередь к ним относятся Министерство экономического развития и Министерство промышленности и инновационной политики.

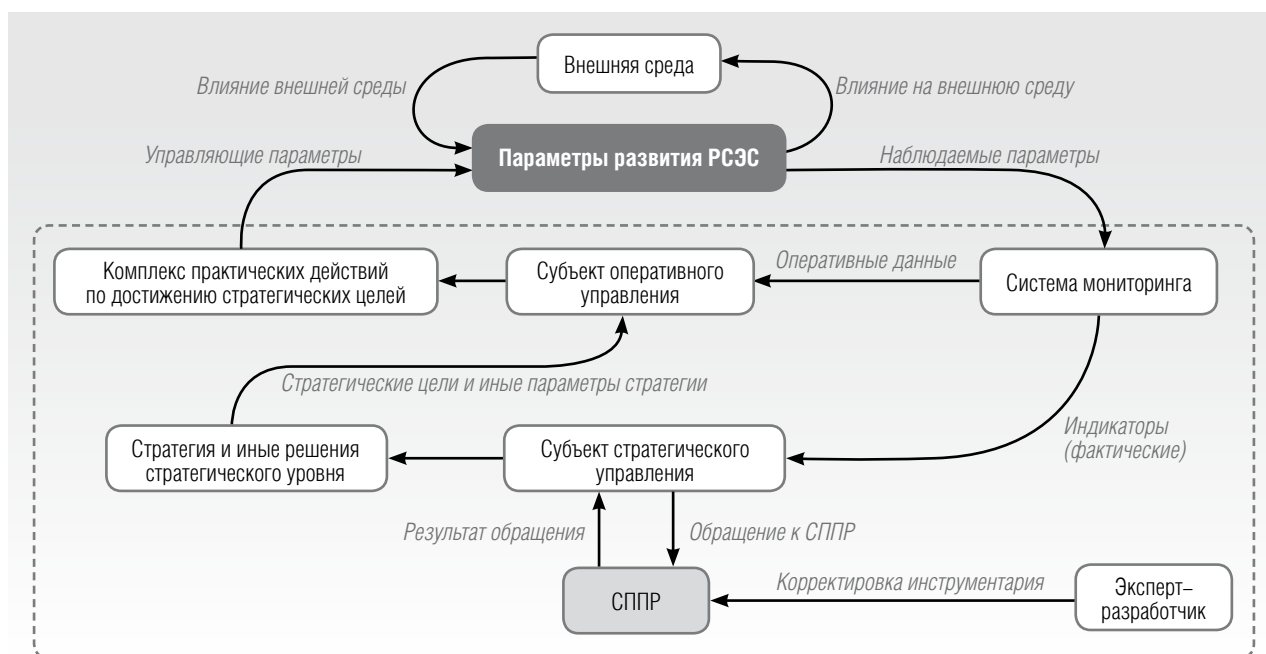


Рис. 1. Место СППР в системе управления региональным развитием

В ходе решения задач стратегического управления осуществляется постановка и обоснование долгосрочных масштабных проектов. Непосредственная разработка стратегии инновационного развития региональной системы подразумевает реализацию ряда этапов, включая следующие:

- ♦ **Определение целей стратегии.** Необходимо отметить, что цели должны быть количественно измеримы, иметь четкие временные характеристики и быть взаимоувязаны с более глобальными параметрами развития экономики региона. Поэтому в качестве показателей, характеризующих цели реализации инновационной стратегии развития региона, могут быть отнесены, например, доля инновационной продукции, темп роста ВРП региона, доля занятых в инновационных видах экономической деятельности;

- ♦ **Формирование перечня рассматриваемых показателей.** Перечень данных показателей определяется исходя из вышеуказанных целей, необходимости рассмотрения ключевых факторов, оказывающих влияние на инновационную активность экономических субъектов, и принципов формирования модели региональной системы;

- ♦ **Анализ и выявление проблем.** На данном этапе определяются особенности инновационного развития региона, его сильные и слабые стороны, ограничения;

- ♦ **Анализ влияния сценарных параметров.** На данном этапе рассматривается влияние сценарных параметров на уровень инновационной активности хозяйствующих субъектов. В рамках предлагаемого подхода моделирование влияния внешних условий отличается лишь принципом определения значений показателей, в то время как для самих экономических агентов принципиальное отличие отсутствует;

- ♦ **Выявление управляемых параметров и механизмов управления ими.** Следует отметить, что в области инновационного развития управление осуществляется преимущественно косвенными методами, в частности, путем создания благоприятных условий для формирования и внедрения инноваций;

- ♦ **Определение целей развития, комплекса целевых ориентиров и их количественных характеристик.** На данном этапе с применением методов экономико-математического моделирования обосновываются плановые значения ранее рассмотренных показателей;

- ♦ **Формирование комплекса мероприятий, направленных на достижение поставленной цели.** Применение СППР на данном этапе обеспечивает

возможность учета ранее полученных результатов государственной политики по активизации инновационного потенциала региона. Для данных целей может быть применена соответствующая база прецедентов;

- ♦ **Обоснование эффективности мероприятий и оценка объема необходимых ресурсов.**

Из представленного перечня следует, что задача обоснования параметров инновационного развития региона многоаспектна и требует отражения особенностей поведения агентов региональной системы. Данная постановка задачи определяет необходимость синтеза различных подходов к исследованию. Подобное требование реализуется при использовании СППР на основе адаптивно-имитационных моделей (АИМ) [12].

Под АИМ региона в рамках данного исследования понимается модель, основанная на идее последовательной адаптации к изменению экономической ситуации не только целей и поведения отдельных агентов (и, соответственно, их стратегий), но и управляющей подсистемы. Следует отметить, что моделируемые в данном случае сложные социально-экономические системы также являются адаптивными, что обуславливает необходимость применения АИМ региона для разработки стратегии его развития.

В целом теоретическое обоснование разработки подобной проблемно-ориентированной системы поддержки принятия решений должно включать реализацию нескольких последовательно взаимосвязанных этапов, определяющих основные конструктивные особенности.

В рамках концептуального этапа требуется четко определить основные принципы и требования к разработке инструментария поддержки принятия решений применительно задаче разработки стратегий инновационного развития регионов.

Ключевым принципом исследования является системность подхода, заключающаяся в необходимости анализа всех основных элементов и взаимосвязей региональной системы, формирующих основу для инновационного развития, а также описание их наиболее значимых свойств и определяющих факторов инновационного развития. Вместе с тем существенными являются и такие принципы как адаптивность и согласованность процедур принятия решений агентами и управляющей системой региона в рамках реализации мер государственной социально-экономической политики. Принцип комплексности требует рассмотрения различных аспектов, определяющих степень реализации инновационного потенциала

региона, включая экономические, социальные, институциональные, организационные, технические и иные факторы. Принцип соответствия целям исследования предопределяет ограничения по структуре рассматриваемых параметров и позволяет избежать существенных отклонений, связанных с многообразием жизнедеятельности общества, в том числе, концентрируя внимание на факторах инновационного развития региона. Принципы научной обоснованности и практической применимости, дополняя друг друга, обеспечивают ориентацию, с одной стороны, на научный базис (включая указанные ранее разработки в сфере формирования, внедрения и распространения инноваций), а с другой — на задачи экономического развития, стоящие перед органами государственной власти субъектов РФ. Еще одним немаловажным принципом является сопоставимость данных, обусловленная, в том числе, необходимостью использования разнородных и разноразмерных характеристик, полученных из различных источников и относящихся к различным периодам времени.

Необходимо также сформировать общую методологию исследования, обосновать подходы, методы и технологии, а также определить концепцию отражения в имитационной модели экономической системы региона адаптивных схем управления (например, с применением эволюционных процедур в рамках поддержки принятия решений [13]). Следует отметить, что методология исследования отражает системный взгляд на регион с определением места, роли и взаимосвязей экономических, социальных и инновационных процессов в воспроизводственном процессе, формализуемых на основе адаптивно-имитационной модели (АИМ) региона.

В дальнейшем при проектировании и математической формализации имитационной модели происходит встраивание структурных компонентов и функциональных связей, которые необходимы для обоснования параметров стратегий инновационного развития региона. В связи с этим на базе представленной методологии требуется разработать логические, информационные и математические модели для всего комплекса рассматриваемых экономических агентов. Вместе с тем необходимо разработать подсистему управления, предназначенную для решения задачи инновационного развития.

Данная подсистема, на наш взгляд, включает модель индикативного планирования и комплекс управляющих параметров, которые могут быть использованы для обоснования параметров стратегий экономического развития путем задействования иннова-

ционного потенциала региона. Кроме того, разработка алгоритма классификации ситуаций на основе методов нечеткой логики [14, 15] и корректировки индикативного плана даст возможность определять необходимые регулирующие воздействия. Данная процедура проводится для достижения плановых ориентиров развития региона в рамках адаптации стратегии функционирования как экономической подсистемы, так и подсистемы управления.

Среди факторов инновационного развития исследователями выделяются следующие:

- ♦ стратегические (качество стратегического планирования, уровень формирования национальной инновационной системы);
- ♦ экономические (наличие финансовых ресурсов организаций, инвестиционная ситуация, многообразие форм хозяйствования);
- ♦ организационно-управленческие (уровень подготовки кадров в области инновационного управления, наличие научного и научно-технического потенциала, уровень развития инновационной инфраструктуры);
- ♦ технико-технологические (изношенность основных фондов, сложность и особенности производства, разработка и внедрение инноваций в экономически сильных хозяйствующих субъектах);
- ♦ социальные (престижность различных видов трудовой деятельности, нехватка высококвалифицированных специалистов);
- ♦ институциональные (состояние нормативно-правовой базы, уровень государственной поддержки, финансирование научно-технических программ);
- ♦ рыночные (спрос на инновационный продукт, уровень развития рыночной инфраструктуры).

Переходя к непосредственной разработке программного обеспечения СППР, необходимо системно интегрировать представленные выше модели и алгоритмы в единый инструментарий. В частности, речь идет о базах данных о состоянии экономических агентов и внешней среды, пользовательском интерфейсе, модуле управления, системе вывода полученных результатов и т.д. Данный подход в целом соответствует исследованиям отечественных и зарубежных авторов [16]. Также требуется разработка методического обеспечения использования СППР при обосновании параметров стратегии инновационного развития региона. Данные методики должны содержать описание процесса разработки индикативного плана, определения параметров регулирую-

щего воздействия, а также проведения вычислительных экспериментов.

В рамках практической апробации предлагаемого инструментария предполагается реализовать комплекс сценарных экспериментов с применением АИМ региона для обоснования наиболее целесообразной для реализации в среднесрочной перспективе стратегии инновационного развития.

От применяемых на сегодняшний день информационно-аналитических систем разрабатываемый инструментарий поддержки принятия решений отличается использованием АИМ, ориентированной на обоснование параметров стратегии инновационного развития экономики. Данный класс моделей дает возможность целостно отражать адаптивные свойства в поведении агентов и реакции управляющей подсистемы в рамках реализации стратегий. Предлагаемая модель выделяется наличием интегрированных контуров взаимодействия субъектов в различных ситуациях, что обеспечивает возможность адаптации их ресурсных стратегий в ходе определения согласованных целей развития.

3. Практические аспекты организации ППР с применением адаптивно-имитационной модели

С практической точки зрения комплекс задач, решаемых с применением разрабатываемого инструментария поддержки принятия решений, определяется исходя из последовательности этапов разработки стратегии инновационного развития региона и необходимости учета достоинств и недостатков отдельных подходов [17]. В связи с этим к числу базовых задач относятся следующие:

- ◆ сбор и хранение фактографической информации, в том числе структурированной (в форме правил принятия решений) и слабоструктурированной (в форме онтологий и баз прецедентов);
- ◆ оценка наблюдаемых и прогнозируемых ситуаций с применением проблемно-ориентированной базы знаний с механизмом логического вывода;
- ◆ построение прогноза изменения ситуации в тех или иных условиях на базе адаптивной имитационной модели;
- ◆ обоснование комплекса рекомендаций по разработке и корректировке ключевых параметров управления инновационным развитием региона.

Принимая во внимание особенности функционирования и развития объекта управления, а также учи-

тывая цели и задачи разработки инструментария, в качестве его ядра целесообразно использовать имитационную модель, отражающую адаптивные свойства поведения экономических агентов. При этом важное значение имеют характеристики рассматриваемого агента и правила принятия решений, базирующиеся как на собственном опыте, так и на анализе поведения других агентов. Решение данных задач обеспечивается за счет использования возможностей АИМ региона, интегрирующей в рамках единой конструкции три ключевых уровня — экономические агенты, органы государственного управления, макросреда.

Из всего комплекса параметров, описывающих внешнюю среду агента (в том числе характеристики контрагентов), экономическим агентом воспринимается лишь ограниченная их часть. Кроме того, информация о состоянии агента также доступна ему самому только отчасти. Исходя из этого, решения принимаются агентом на основе ограниченных знаний (*рисунок 2*). Опираясь на данную информацию, а также принимая во внимание имеющиеся базы правил и базы знаний, агент осуществляет классификацию ситуаций и принимает решения. Одновременно с самым решением агентом формируется образ желаемого результата реализации стратегии. При этом под решением в рамках данного исследования понимается также и возможный отказ от каких-либо действий со стороны агента. На реализацию решения и, следовательно, последствия данного решения ока-

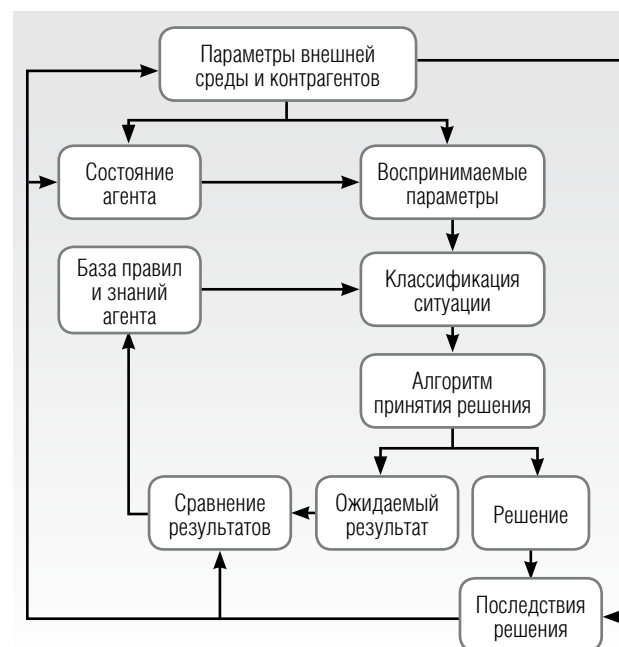


Рис. 2. Агрегированная схема функционирования агента

зывают влияние параметры внешней среды, включая активную реакцию со стороны контрагентов. Таким образом, последствия принятого решения в той или иной степени отличаются от ожидаемых результатов. В ходе сравнения агентом ожидаемого и полученного результатов происходит либо подтверждение правил и знаний агента (при совпадении результатов), либо корректировка его баз правил и знаний.

При этом в последующих циклах анализа ситуации и принятия решений рассматриваемый агент руководствуется новым комплексом правил и знаний. В соответствии с данным алгоритмом осуществляется обучение и адаптация агента. То есть, обладая «памятью», он способен не только корректировать количественные параметры решения, но и дополнять существующую базу правил с целью выявления качественно новых ситуаций и выработки соответствующих решений.

Иным способом корректировки базы правил и базы знаний агента выступает «обмен» правилами

и знаниями с контрагентами. Подобный механизм не предполагает непосредственного сопоставления ожидаемых и наблюдаемых результатов, полученных в ходе принятия решений. Благодаря этому реализуются важнейшие свойства агентов в социально-экономической системе — адаптируемость и обучаемость. Отражение данных свойств позволяет моделировать региональные процессы не с позиции механистического подхода, а отражая поведенческие особенности различных агентов.

В рамках предлагаемой модели представляется целесообразным рассматривать агенты трех типов — «Население», «Предприятия» и «Органы государственного и муниципального управления». В агрегированном виде логическая модель региональной системы представлена на рисунке 3. При этом формирование агентно-ориентированной модели подразумевает наличие множества параметров, характеризующих каждого агента модели, относящегося к тому или иному типу. Так, для агента «Население»

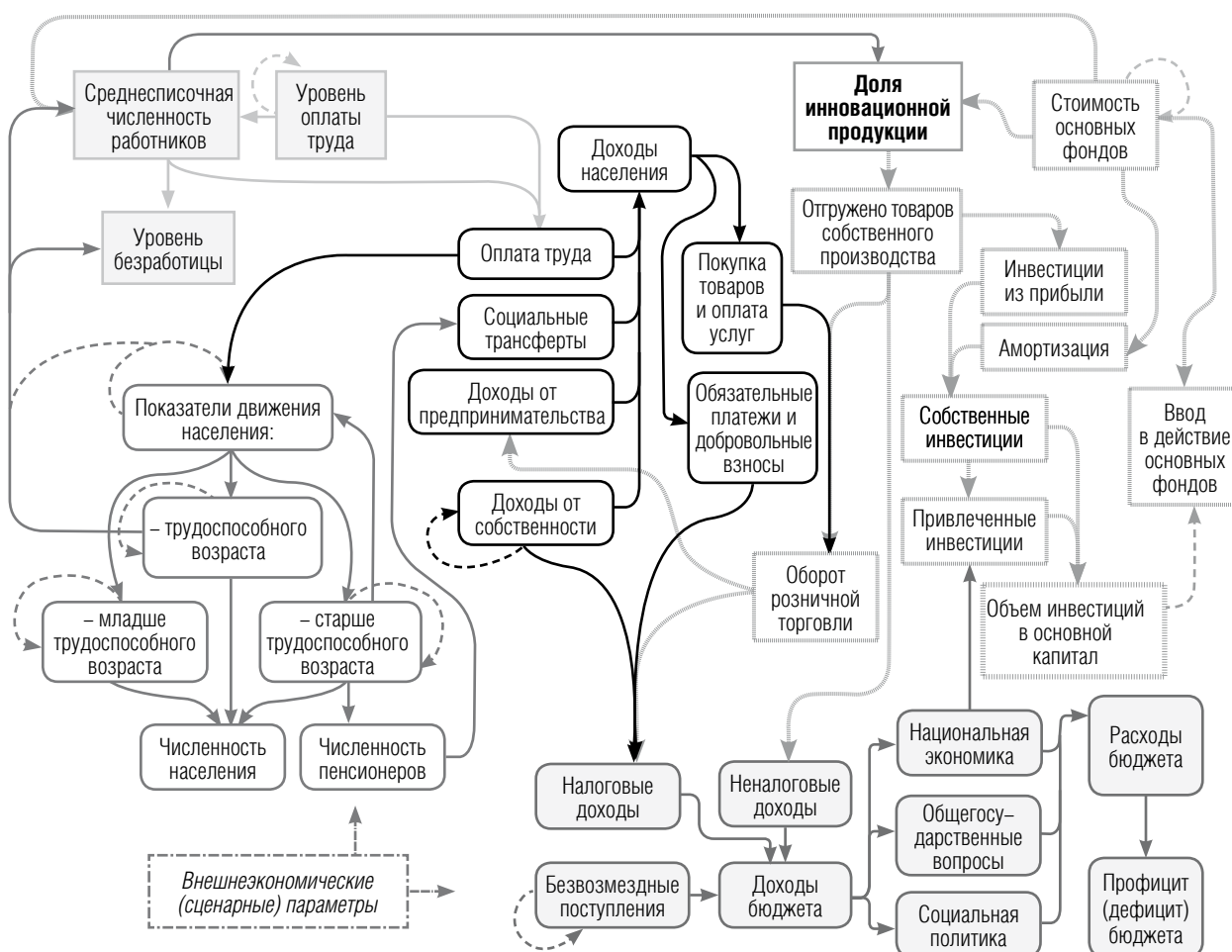


Рис. 3. Агрегированная логическая структура модели региона

могут рассматриваться не только такие показатели как «Пол» и «Возраст», но и «Уровень образования», «Склонность к сбережению» и т.д. Акцентируя внимание на инновационной составляющей экономического развития региона следует отметить, что каждый из агентов типа «Предприятие» обладает такими характеристиками как «Идентификатор экономической деятельности», «Объем отгруженной продукции», «Рентабельность производства» и т.д., каждая из которых, так или иначе, оказывает влияние на долю инновационной продукции. Схожие исследования подтверждают множественность факторов, оказывающих влияние на уровень инновационного развития региона. В частности, в работе [18] выделены демографические, экономические, финансовые, трудовые, социальные, инвестиционные и некоторые другие факторы, общее количество которых составляет 119 единиц.

Управление инновационным развитием в рамках предлагаемой модели представляет собой корректировку параметров, оказывающих влияние на поведение агентов региональной системы. В качестве важнейших параметров в данном случае определены следующие:

- ◆ величина ВРП региона;
- ◆ объем расходов бюджета по направлению «Национальная экономика»;
- ◆ уровень среднемесячной начисленной заработной платы в регионе;
- ◆ темпы роста объема инвестиций в основной капитал;
- ◆ уровень износа основных фондов;
- ◆ численность аспирантов и докторантов;
- ◆ ставки налогов и сборов, величина которых может быть скорректирована на уровне субъектов Российской Федерации.

Помимо количественных показателей требуется учитывать и качественные параметры, такие как качество стратегического планирования и уровень формирования национальной инновационной системы. Эти параметры предлагается оценивать экспертным методом и в дальнейшем использовать в расчетах с применением методов нечеткой логики. Состояние данных параметров в совокупности определяет класс ситуации, определяющий степень воздействия инновационного потенциала региона. Другой особенностью управления инновационным развитием региона, учитываемой в рамках модели, является характер распространения инноваций. Так, взаимодействие агента с инновационно-активными

контрагентами повышает его собственный уровень инновационной активности. Таким образом, учитывается фактор диффузии инноваций. Открытым остается вопрос об учете такого фактора как востребованность инноваций (спрос на инновации). Данные параметры определяют специфику модели для рассматриваемой задачи управления инновационным развитием региона.

В рамках предлагаемой модели функционирование агента задается набором условий и соответствующих правил поведения. Корректировка условий способна привести как к количественным, так и к качественным изменениям характеристик агента. Подобная структура формирования АИМ дает возможность получать сбалансированные прогнозные оценки показателей регионального развития. В то же время экономико-математическая модель сама по себе не позволяет решить все задачи, возлагаемые на систему поддержки принятия решений, и требуется ее дополнение комплексом функциональных блоков. Состав и взаимосвязь блоков определяется исходя из задач, определенных для данного инструментария (рисунк 4).

Принятие решений требует наличие соответствующей базы исходных данных. Для ее формирования в рамках предлагаемой СППР предусматривается блок ввода и корректировки данных. При этом особенности существующего подхода к оценке инновационного развития региона таковы, что последующее корректировки применяемой методической базы весьма вероятны. Поэтому требуется предусмотреть возможность изменения количества и структуры показателей, а также корректировку ранее внесенных данных.

Учитывая необходимость периодического обновления данных, объективным условием эффективной работы инструментария является организация мониторинга происходящих процессов по строго установленным параметрам. Это позволяет как формировать статистическую базу для решения управленческих задач, так и отслеживать последствия принимаемых решений, то есть совершенствовать используемые базы правил и базы прецедентов. Работа с большими массивами информации на сегодняшний день невозможна без задействования современных информационных технологий интеллектуального анализа данных и их обработки. Целесообразным представляется организовать хранение данных на основе концепций OLAP и Data Mining. Специалистами в данной области указывается, что, используя данные технологии, можно выявить скрытые закономерности в больших объемах информации [19, 20].

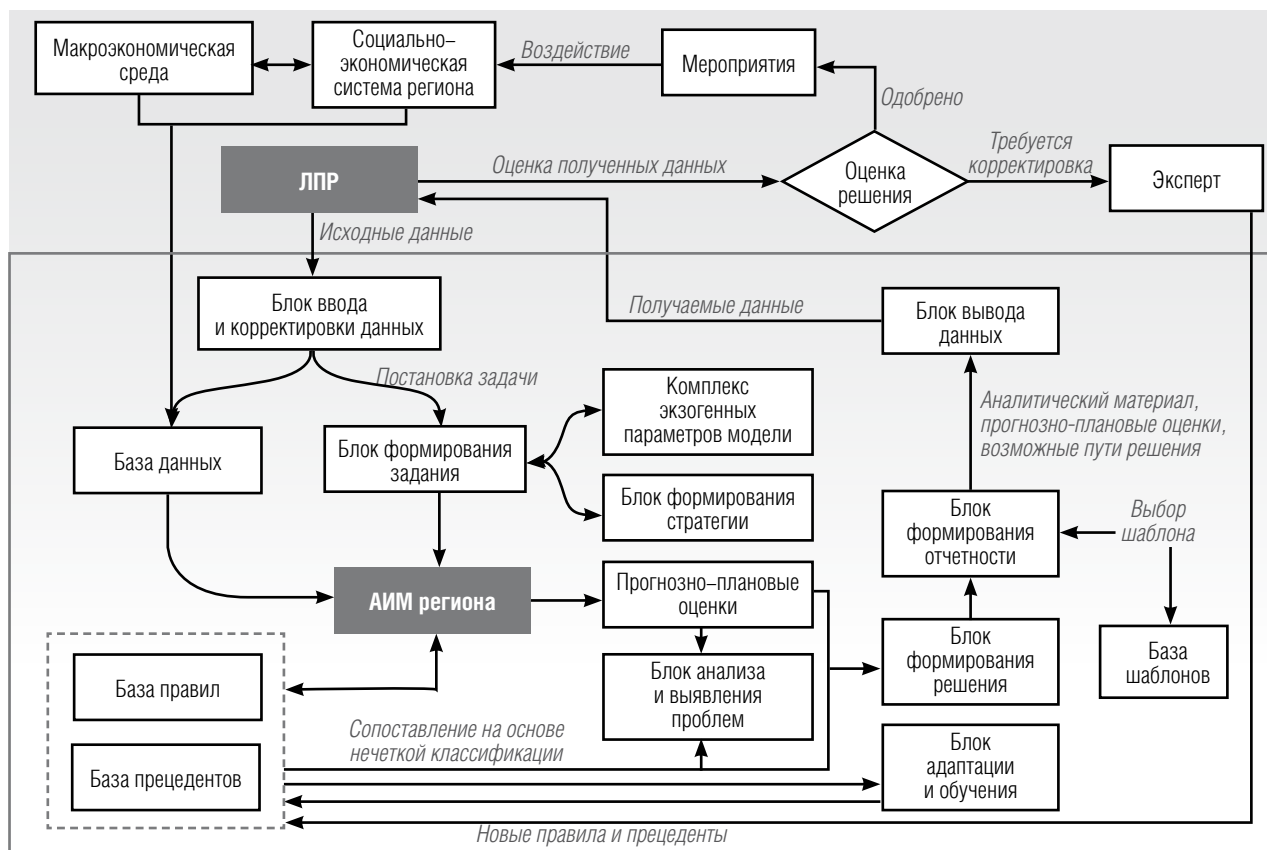


Рис. 4. Схема организации СППР на базе АИМ региона

В дополнение блок ввода и корректировки данных служит для постановки задачи лицом, принимающим решения (ЛПР). На *рисунке 4* указанная задача решается в рамках блока формирования задания. Целесообразность включения данного блока обусловлена многообразием практических задач и областей применения разрабатываемого инструментария, а также необходимостью ввода данных, характеризующих выбор стратегии развития региона.

Блок формирования стратегии обеспечивает определение единой стратегии развития региона и позволяет осуществлять преднастройку ряда параметров модели с целью определения приоритетного направления развития. В частности, могут рассматриваться инвестиционно-ориентированная, социально-ориентированная, инновационная [21], комплексная и другие стратегии. Исходя из вышесказанного, блок ввода данных выступает в качестве пользовательского интерфейса для ввода статистической информации, сценарных и управляющих параметров.

Задача определения параметров инновационного развития региональной системы (включая вопросы информационного обеспечения процедур разработки стратегии инновационного развития региона [22])

накладывает некоторые ограничения на модельные эксперименты. Так, необходимым представляется определение уровня инновационного развития территории [23]. Специалистами в данной области отмечается, что в рамках решения указанной проблемы могут быть дополнительно установлены следующие ограничения [24]:

- ◆ агрегирование совокупности разноразмерных и разнонаправленных по своей динамике критериев;
- ◆ учет значимости критериев в рамках формирования интегральных показателей развития;
- ◆ формализация нечетких характеристик для эффективного анализа качественной информации, так же, как и четких количественных данных;
- ◆ увязка интегрального показателя с целевыми приоритетами стратегического развития региона.

Полученные результаты моделирования поступают в блок анализа и выявления проблем. На этом этапе проводится структурный анализ, анализ динамики и иные виды анализа, направленные на непосредственное выявление проблемы и факторов ее возникновения. Для решения этой задачи задействуется база прецедентов [25], в которой хранится

информация о возможности использования накопленного опыта для решения новых задач. Углубленная структура прецедента включает два элемента — идентифицирующую и обучающую части. На базе прогнозно-плановых оценок, которые были определены в ходе анализа проблем развития, и совокупности прецедентов СППР формирует комплекс решений для дальнейшей оценки по тем или иным критериям.

Одной из ключевых составляющих системы поддержки принятия решений является блок формирования решений. В рамках данного блока предполагается реализовать процедуру классификации ситуаций и их сопоставление с известными прецедентами для определения дальнейших действий. Для решения этой задачи могут быть использованы методы теории нечеткой логики. Данный подход позволяет отслеживать постепенные изменения свойств агентов региональной системы, а также рассматривать не только количественные, но и качественные характеристики. Наиболее значимым этапом является формирование функций принадлежности нечетких множеств, описывающих семантику базовых значений нечетких и лингвистических переменных. Следует принимать во внимание неоднородность источников информации. При этом выбор решений должен отражать специфику инновационного развития.

Заключительный этап — формирование отчета об итогах проведения модельных экспериментов и предлагаемых направлениях решения выявленных проблем. При этом целесообразным является применение типовых отчетов, которые позволяют ЛПР более оперативно ориентироваться в получаемых данных. Необходимо принимать во внимание, что система поддержки принятия решений является лишь инструментом, который позволяет подготовить решение, однако она не должна подменять ЛПР, на которого возлагается вся полнота ответственности [26]. Исходя из этого, проводится оценка полученных данных. При согласовании предложенного решения на базе его ключевых параметров разрабатывается комплекс мероприятий, осуществление которых приводит к корректировке параметров региональной системы. Если же предложенное решение не было согласовано, то осуществляется корректировка баз правил и прецедентов с привлечением соответствующих экспертов, и повторный запуск СППР.

Кроме данных функциональных блоков и АИМ, для использования системы поддержки принятия решений необходимо соответствующее методическое обеспечение, связанное с практическим ис-

пользованием инструментария. Оно должно включать следующие методики:

- ♦ методику сбора и обработки информации о состоянии региона, экономических агентов и внешней среды;
- ♦ методику осуществления эксперимента с АИМ региональной системы;
- ♦ методику разработки управленческого решения на основе СППР.

Предлагаемая система поддержки принятия решений может стать универсальным инструментом, обеспечивающим ЛПР важной для принятия решений информацией о ретроспективном, текущем и будущем состояниях региональной системы, позволяющим проводить анализ и выявлять возможные пути разрешения сложившихся проблем.

Заключение

В ходе проведенного исследования разработана концептуальная схема системы поддержки принятия решений в сфере управления инновационным развитием региона, обосновано место адаптивной имитационной модели, обозначены возможности ее применения в рамках разработки прогнозов и планов развития региона и при оценке эффективности реализации мер государственной политики. Предложена процедура формирования решения и комплекс функциональных блоков, обеспечивающих работу конечного пользователя с АИМ региона.

Теоретическая значимость проведенного исследования заключается в расширении возможностей комплексного использования для решения задач стратегического развития региональных социально-экономических систем как методов теории управления и поддержки принятия решений и интеллектуальных информационных технологий, так и экономико-математических методов и современных технологий имитационного моделирования. Следует отметить, что программный инструментарий носит практическую направленность. Разработанная СППР может быть использована органами государственного управления при определении параметров среднесрочного развития регионов России, а также иных территориальных систем. ■

Благодарности

Исследование выполнено при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ), проект №18-00-00345.

Литература

1. Legris P., Ingham J., Colletette P. Why do people use information technology? A critical review of the technology acceptance model // Information and Management. 2003. Vol. 40. No 3. P. 191–204.
2. Симанков В.С., Владимиров С.Н., Денисенко А.О., Черкасов А.Н. Методологические аспекты построения систем поддержки принятия решений // Вестник ДГТУ. 2008. Т. 8. № 3 (38). С. 258–267.
3. Палюх Б.В., Какатунова Т.В. Нечеткая когнитивная карта как инструмент моделирования инновационной деятельности на региональном уровне // Программные продукты и системы. 2012. № 4. С. 128–131.
4. Захарова А.А. Некоторые аспекты разработки информационной системы поддержки принятия стратегических решений об инновационном развитии региона // Современные наукоемкие технологии. 2007. № 9. С. 27–29.
5. Акопов А.С. Об одной модели адаптивного управления сложными организационными структурами // Аудит и финансовый анализ. 2010. № 3. С. 310–317.
6. Антамошкин А.Н., Антамошкина О.И., Ходос Д.В. Моделирование основных этапов формирования программы инновационного развития // Сибирский журнал науки и технологий. 2010. № 4 (30). С. 204–206.
7. Markus M.L., Majchrzak A., Gasser L. A design theory for systems that support emergent knowledge processes // MIS Quarterly: Management Information Systems. 2002. Vol. 26. No 3. P. 179–212.
8. Макаров В.Л., Афанасьев А.А., Лосев А.А. Вычислимая имитационная модель денежного обращения российской экономики // Экономика и математические методы. 2011. Т. 47. № 1. С. 3–27.
9. Лычкина Н.Н. Имитационные модели в процедурах и системах поддержки принятия стратегических решений на предприятиях // Бизнес-информатика. 2007. № 1 (1). С. 29–35.
10. Бурков В., Буркова И., Ириков В. Управление инновационным развитием регионов: современный подход // Проблемы теории и практики управления. 2010. № 11. С. 8–12.
11. Татаркин А.И. Инновационный вектор российской экономики: поведенческая готовность населения // Бизнес, менеджмент и право. 2016. № 1 (33). С. 20–28.
12. Низамутдинов М.М., Орешников В.В. Инструментарий прогнозирования изменения параметров регионального развития на основе адаптивно-имитационного подхода // Тезисы докладов III Международной конференции «Информационные технологии и интеллектуальная поддержка принятия решений» (ITIDS' 2015). Уфа, 18–21 мая 2015 г. С. 211–215.
13. Ломазов В.А., Ломазова В.И., Петросов Д.А. Эволюционная процедура поддержки принятия решений при моделировании взаимосвязанных процессов // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. 2014. № 2 (51). С. 82–89.
14. Глушань В.М., Карелин В.П., Кузьменко О.Л. Нечеткие модели и методы многокритериального выбора в интеллектуальных системах поддержки принятия решений // Известия ЮФУ. Технические науки. 2009. № 4 (93). С. 106–113.
15. Низамутдинов М.М., Орешников В.В. Определение параметров управления региональным развитием на основе алгоритмов нечеткой логики // Экономика и математические методы. 2016. Т. 52. № 2. С. 30–39.
16. Manenti L., Sartori F. Metadata support to retrieve and revise solutions in case-based reasoning // International Journal of Metadata, Semantics and Ontologies. 2011. Vol. 6. No 3–4. P. 185–194.
17. Кравченко Т.К., Середенко Н.Н. Создание систем поддержки принятия решений: интеграция преимуществ отдельных подходов // Искусственный интеллект и принятие решений. 2012. № 1. С. 39–47.
18. Кисуркин А.А. Факторы, влияющие на инновационное развитие региона и их классификация по уровням управления // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 2. [Электронный ресурс]: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=5762> (дата обращения: 20.04.2019).
19. Барабанов И.Н., Коргин Н.А., Новиков Д.А., Чхартишвили А.Г. Динамические модели информационного управления в социальных сетях // Автоматика и телемеханика. 2010. № 11. С. 172–182.
20. Nemati H.R., Steiger D.M., Iyer L.S., Herschel R.T. Knowledge warehouse: An architectural integration of knowledge management, decision support, artificial intelligence and data warehousing // Decision Support Systems. 2002. Vol. 33. No 2. P. 143–161.
21. Гажва В.О., Губанова Е.В. Инновационное развитие Калужского региона // Тезисы докладов Международного научно-практического круглого стола «Направления социально-экономического развития региональной экономики». Калуга, 15 марта 2016 г. С. 122–125.
22. Тюшняков В.Н., Жертовская Е.В., Якименко М.В. Информационно-аналитическое обеспечение ситуационного центра как основа разработки стратегий инновационного развития региона // Фундаментальные исследования. 2015. № 11–6. С. 1253–1257.
23. Гуриева Л.К. Новые подходы к инновационному развитию регионов // Гуманитарные и социальные науки. 2013. № 5. С. 35–42.
24. Захарова А.А. Интегральная оценка инновационного развития региона на основе нечетких множеств // Научное обозрение. Технические науки. 2014. № 1. С. 161–168.
25. Еремеев А.П., Варшавский П.Р. Моделирование рассуждений на основе прецедентов в интеллектуальных системах поддержки принятия решений // Искусственный интеллект и принятие решений. 2009. № 2. С. 45–57.
26. Кравченко Т.К., Исаев Д.В. Принятие стратегических решений в условиях риска и неопределенности // Вестник Финансового университета. 2016. Т. 20. № 4 (94). С. 22–31.

Об авторах

Черняховская Лилия Рашитовна

доктор технических наук;

профессор кафедры технической кибернетики, Уфимский государственный авиационный технический университет, 450008, г. Уфа, ул. К. Маркса, д. 12;

E-mail: lrchern@yandex.ru

ORCID: 0000-0002-2447-8864

Низамутдинов Марсель Малихович

кандидат технических наук, доцент;

заведующий сектором экономико-математического моделирования, Институт социально-экономических исследований, Уфимский федеральный исследовательский центр, Российская академия наук, 450054, г. Уфа, ул. Проспект Октября, д. 71;

E-mail: marsel_n@mail.ru

ORCID: 0000-0001-5643-1393

Орешников Владимир Владимирович

кандидат экономических наук; старший научный сотрудник, Институт социально-экономических исследований, Уфимский федеральный исследовательский центр, Российская академия наук, 450054, г. Уфа, ул. Проспект Октября, д. 71;

E-mail: VOresh@mail.ru

ORCID: 0000-0001-5779-4946

Атнабаева Алсу Расилевна

научный сотрудник, Институт социально-экономических исследований, Уфимский федеральный исследовательский центр, Российская академия наук, 450054, г. Уфа, ул. Проспект Октября, д. 71;

E-mail: Alsouy@mail.ru

ORCID: 0000-0002-7042-1180

Approach to the organization of decision support in the formulation of innovative regional development strategies based on adaptive-simulation model

Lilia R. Chernyakhovskaya^a

E-mail: lrchern@yandex.ru

Marsel M. Nizamutdinov^b

E-mail: marsel_n@mail.ru

Vladimir V. Oreshnikov^b

E-mail: VOresh@mail.ru

Alsouy R. Atnabaeva^b

E-mail: Alsouy@mail.ru

^a Ufa State Aviation Technical University

Address: 12, Karl Marx Street, Ufa 450008, Russia

^b Ufa Federal Research Center, Russian Academy of Sciences

Address: 71, Prospekt Oktyabrya, Ufa 450054, Russia

Abstract

This article deals with the formulation of a decision support system (DSS) in the field of regional development management. The review of existing approaches in this area presented here attests, on the one hand, to their diversity, and on the other hand allows us to draw conclusions about the need to address several methodological and practical issues of decision support in terms of innovative development of regions. Based on this, the goal of the research was to develop the concept of DSS to justify the parameters of an innovative development strategy for regional development based on adaptive mechanisms for coordinating the interests of economic agents. The methodology of the study is based on the synthesis of various approaches in the framework of integration into the structure of adaptive simulation models of problem-oriented knowledge bases with the mechanism of logical inference, as well as intelligent technologies for processing semi-structured information used to find solutions in the process of shaping and adjusting the parameters for managing innovative development of a region.

The result of the study is a theoretical justification for developing problem-oriented DSS, including a description of the interrelated stages that determine the main design features of this tool. In the framework of the study, a conceptual scheme for implementing DSS in the field of managing innovative development of regions is proposed, and the key functional blocks of the proposed tools are described. In addition, the place of existing tools in the structure of the regional development management system is determined, and we show the possibilities of their use in the formation of forecast-planned assessments of the development of the region, as well as in the evaluation of the effectiveness of alternative management actions. The proposed tools will expand the possibilities of applying the methods of management theory and decision support, intelligent information technology, economic and mathematical methods and modern computer simulation technologies for strategic planning of socio-economic systems of macro- and meso-level. In practice, the tools may be of interest to public authorities in solving problems in the formulation of innovative regional development strategies for Russian regions, the formation of medium-term forecasts and the justification of the parameters of social, economic and budgetary policy.

Key words: decision support; innovative development; simulation modeling; adaptive modeling; regional management; forecasting and planning.

Citation: Chernyakhovskaya L.R., Nizamutdinov M.M., Oreshnikov V.V., Atnabaeva A.R. (2019) Approach to the organization of decision support in the formulation of innovative regional development strategies based on adaptive-simulation model. *Business Informatics*, vol. 13, no 3, pp. 20–34. DOI: 10.17323/1998-0663.2019.3.20.34

References

1. Legris P., Ingham J., Colletette P. (2003) Why do people use information technology? A critical review of the technology acceptance model. *Information and Management*, vol. 40, no 3, pp. 191–204.
2. Simankov V.S., Vladimirov S.N., Denisenko A.O., Cherkasov A.N. (2008) Methodological aspects of the expert decision-making support systems' construction. *Vestnik of Don State Technical University*, vol. 8, no 3, pp. 258–267 (in Russian).
3. Palyukh B.V., Kakatunova T.V. (2012) A fuzzy cognitive map as a tool to model innovations at the regional level. *Software & Systems*, no 4, pp. 128–131 (in Russian).
4. Zakharova A.A. (2007) Some aspects of the development of information system to support strategic decision-making for innovative development of the region. *Modern High Technologies*, no 9, pp. 27–29 (in Russian).
5. Akopov A.S. (2010) On one model of adaptive management of complex organizational structures. *Audit and Financial Analysis*, no 3, pp. 310–317 (in Russian).
6. Antamoshkin A.N., Antamoshkina O.I., Hodos D.V. (2010) Modeling of basic steps of innovative development program formation. *Siberian Journal of Science and Technology*, no 4, pp. 310–317 (in Russian).
7. Markus M.L., Majchrzak A., Gasser L. (2002) A design theory for systems that support emergent knowledge processes. *MIS Quarterly: Management Information Systems*, vol. 26, no 3, pp. 179–212.
8. Makarov V.L., Afanasiev A.A., Losev A.A. (2011) Computable simulation model for money circulation in the Russian economy. *Economics and the Mathematical Methods*, vol. 47, no 1, pp. 3–27 (in Russian).
9. Lychkina N.N. (2007) Simulation models in procedures and systems of strategic decision support at enterprises. *Business Informatics*, no. 1, pp. 29–35 (in Russian).
10. Burkov V., Burkova I., Irikov V. (2010) Managing regional innovative development: Modern approach. *Theoretical and Practical Aspects of Management*, no 11, pp. 8–12 (in Russian).
11. Tatarkin A.I. (2016) Innovative vector of the Russian economics: Behavior readiness of the population. *Business, Management and Law*, no 1, pp. 20–28 (in Russian).
12. Nizamutdinov M.M., Oreshnikov V.V. (2015) A toolkit for forecasting changes in the parameters of regional development on the basis of an adaptive simulation approach. *Proceedings of the 3rd International Conference on the Information Technologies for Intelligent Decision Support (ITIDS' 2015), Ufa, 18–21 May 2015*, pp. 211–215 (in Russian).
13. Lomazov V.A., Lomazova V.I., Petrosov D.A. (2014) Evolutionary procedure of decision support in modeling of interacting processes. *Problems of Contemporary Science and Practice. Vernadsky University*, no 2, pp. 82–89 (in Russian).
14. Glushan V.M., Karelin V.P., Kuzmenko O.L. (2009) Fuzzy models and methods of multi-criterion choice in intelligent decision support systems]. *Izvestiya SFedU. Engineering Sciences*, no 4, pp. 106–113 (in Russian).
15. Nizamutdinov M.M., Oreshnikov V.V. (2016) Formation of the target indicators of regional development strategy using fuzzy logic algorithms. *Economics and the Mathematical Methods*, vol. 52, no 2, pp. 30–39 (in Russian).
16. Manenti L., Sartori F. (2011) Metadata support to retrieve and revise solutions in case-based reasoning. *International Journal of Metadata, Semantics and Ontologies*, vol. 6, no 3–4, pp. 185–194.
17. Kravchenko T.K., Seredenko N.N. (2012) The establishment of systems for decision support: integration of the advantages of individual approaches. *Artificial Intelligence and Decision Making*, no 1, pp. 39–47 (in Russian).
18. Kisurkin A.A. (2012) Factors affecting the innovative development of the region and their classification by management levels. *Modern Problems of Science and Education*, no 2. Available at: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=5762> (accessed 20 April 2019) (in Russian).

19. Barabanov I.N., Korgin N.A., Novikov D.A., Chkhartishvili A.G. (2010) Dynamic models of informational control in social networks. *Automation and Remote Control*, no 11, pp. 172–182 (in Russian).
20. Nemati H.R., Steiger D.M., Iyer L.S., Herschel R.T. (2002) Knowledge warehouse: An architectural integration of knowledge management, decision support, artificial intelligence and data warehousing. *Decision Support Systems*, vol. 33, no 2, pp. 143–161.
21. Gazhva V.O., Gubanova E.V. (2016) Innovative development of the Kaluga Region. Proceedings of the *International Conference on Directions of Social and Economic Development of Regional Economy, Kaluga, 15 March 2016*, pp. 122–125 (in Russian).
22. Tyushnyakov V.N., Zhertovskaya E.V., Yakimenko M.V. (2015) Information and analytical support of situational centers as the basis for developing strategies of a region's innovative development. *Fundamental Research*, no 11–6, pp. 1253–1257 (in Russian).
23. Gurieva L.K. (2013) New approaches to innovative regions development. *Humanities and Social Sciences*, no 5, pp. 35–42 (in Russian).
24. Zakharova A.A. (2014) Integrated assessment of innovative development of the region on the basis of fuzzy sets. *Scientific Review. Technical Sciences*, no 1, pp. 161–168 (in Russian).
25. Ereemeev A.P., Varshavskii P.R. (2009) [Modeling of case-based reasoning in intelligent decision support systems. *Artificial Intelligence and Decision Making*, no 2, pp. 45–47 (in Russian).
26. Kravchenko T.K., Isaev D.V. (2016) Making strategic decisions under risk and uncertainties. *Bulletin of the Financial University*, vol. 20, no 4, pp. 22–31 (in Russian).

About the authors

Lilia R. Chernyakhovskaya

Dr. Sci. (Tech.);

Professor, Department of Technical Cybernetics, Ufa State Aviation Technical University,
12, Karl Marx Street, Ufa 450008, Russia

E-mail: lrchern@yandex.ru

ORCID: 0000-0002-2447-8864

Marsel M. Nizamutdinov

Cand. Sci. (Tech.), Associate Professor;

Head of the Sector of Economic and Mathematical Modeling, Institute of Social and Economic Researches,
Ufa Federal Research Center, Russian Academy of Sciences,
71, Prospekt Oktyabrya, Ufa 450054, Russia

E-mail: marsel_n@mail.ru

ORCID: 0000-0001-5643-1393

Vladimir V. Oreshnikov

Cand. Sci. (Econ.);

Senior Researcher, Institute of Social and Economic Researches, Ufa Federal Research Center, Russian Academy of Sciences,
71, Prospekt Oktyabrya, Ufa 450054, Russia

E-mail: VOresh@mail.ru

ORCID: 0000-0001-5779-4946

Alsouy R. Atnabaeva

Researcher, Institute of Social and Economic Researches, Ufa Federal Research Center, Russian Academy of Sciences,
71, Prospekt Oktyabrya, Ufa 450054, Russia

E-mail: Alsouy@mail.ru

ORCID: 0000-0002-7042-1180