

М. Б. Гузаиров, Е. В. Орлова

МОДЕЛИРОВАНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ РЕГИОНАЛЬНЫХ СИСТЕМ В УСЛОВИЯХ РИСКА

Приведен критический анализ существующих методов анализа и оценки рисков, показана необходимость перехода от вероятностного к детерминировано-вероятностному подходу к описанию инновационных процессов. Выявлена совокупность рисков и образующих их факторы по стадиям инновационного процесса с позиции различных субъектов инновационной деятельности. Предложена многокритериальная модель выбора инновационных проектов в условиях противоречивых интересов субъектов инновационного процесса, учитывающая мультипликативные эффекты взаимодействия факторов риска. *Инновационный процесс; управление в условиях риска; методы анализа рисков инновационной деятельности; многокритериальный выбор*

Среди многочисленных проблем, возникновение которых обусловлено переходом экономики на инновационный путь развития, одной из наиболее важных является проблема управления рисками инновационной деятельности, связанной с высокой степенью неопределенности и риска. Сегодня для инновационно-активных предприятий чрезвычайно важным является использование методик управления рисками, основанными на экономико-математическом инструментарии, и позволяющим обеспечить эффективное управление предприятиями и региональными структурами.

1. ПОДХОДЫ К АНАЛИЗУ И ОЦЕНКЕ РИСКОВ В ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

В настоящее время в теории принятия решений для описания неопределенностей чаще всего используют вероятностно-статистические методы – методы статистики нечисловых данных, интервальной статистики и интервальной математики [5]. Полезными также являются методы теории нечетких множеств и методы теории конфликтов [2, 3]. Математический инструментарий анализа социально-экономических систем, функционирующих в условиях неопределенности и риска, применяется в имитационных и эконометрических моделях, реализуемых в виде специальных инструментальных средств.

Оценка риска осуществляется на основе ряда методов, выбор которых обусловлен природой риска и образующих его факторов. Широко применяются две группы методов – статистические, основанные на использовании эмпирических данных, и экспертные, опирающиеся на

мнение и интуицию специалистов. Однако применение классических статистических методов для анализа и оценки риска затрудняется следующими обстоятельствами.

В статистических методах для оценки возможной величины ущерба, связанного с риском, используется функция распределения и рассматриваются такие ее характеристики, как математическое ожидание, медиана и квантили, дисперсия, среднее квадратическое отклонение, коэффициент вариации, линейная комбинация математического ожидания и среднего квадратического отклонения (например, традиционный доверительный интервал для определения ущерба может быть оценен по правилу трех сигм – математическое ожидание плюс-минус три сигма), математическое ожидание функции потерь и др.

В этом случае задача оценки ущерба понимается как задача оценки одной или нескольких перечисленных характеристик. Чаще такую оценку проводят по эмпирическим данным – по выборке величин ущербов, соответствующих происшедшим ранее аналогичным случаям. При отсутствии эмпирического материала остается опираться на экспертные оценки.

Если неопределенность носит вероятностный характер, а потери описываются случайной величиной, тогда минимизация риска может состоять:

- в минимизации математического ожидания (ожидаемых потерь);
- в минимизации квантиля распределения (например, медианы функции распределения потерь или квантиля порядка 0,99);
- в минимизации дисперсии (с целью обеспечения предсказуемости);

- в минимизации линейной комбинации математического ожидания и среднего квадратического отклонения (используют в случае близости распределения потерь к нормальному закону как комбинацию подходов, нацеленных на минимизацию средних потерь и разброса возможных значений потерь);

- в максимизации математического ожидания функции полезности и др.

В зависимости от предположений о свойствах функции распределения ущерба вероятностные модели риска делятся на параметрические и непараметрические. Поскольку величина ущерба зависит от множества факторов, то согласно центральной предельной теореме она должна иметь нормальное распределение. В действительности вид функции распределения величины ущерба должен определяться способом взаимодействия факторов риска. В ситуации, когда факторы действуют аддитивно, вызванные ими эффекты складываются, тогда существуют основания использовать нормальное распределение для оценки интегрального риска. Если же факторы действуют мультипликативно, то вызванные ими эффекты перемножаются, и следует приближать распределение величины ущерба с помощью логарифмически нормального распределения. Если же основное влияние оказывает «слабое звено» (наиболее слабый элемент в системе), то следует приближать распределение величины ущерба с помощью распределения из семейства Вейбулла – Гнеденко. В конкретных практических случаях не всегда представляется возможным различить перечисленные варианты.

Кроме этого, некорректным является традиционное представление и убежденность в том, что реальные погрешности (остатки) в эконометрических моделях нормально распределены. Проведенный анализ погрешностей реальных наблюдений показал, что их распределение в большинстве случаев отличается от нормального. Поэтому использование статистических методов оценки должно, с одной стороны, быть обосновано с позиции выполнимости основных предпосылок, лежащих в основе этих методов, а с другой, должно соответствовать природе изучаемых систем и решаемых задач.

Методология рационального принятия решения в условиях неопределенности, основанная на функции полезности индивида Неймана–Моргенштерна [2], имеет следующие особенности. ЛПП при принятии решений стремится к максимизации ожидаемой полезности, приписываемое ЛПП каждой возможной альтернативе.

При этом каждое ЛПП имеет свою функцию полезности, которая показывает его предпочтение в выборе той или иной альтернативы в зависимости от его склонности к риску.

Исследования в области определения и оценки факторов, влияющих на принятие решений, показали, что, действуя в условиях неопределенности и риска, инвесторы подвергаются влиянию целого ряда иллюзий, эмоций, ошибочного восприятия информации и других «иррациональных» факторов [6], которые также необходимо учитывать. Измерение склонности к риску, а затем построение функции полезности, учитывающей как объективные, так и субъективные факторы, представляет собой самостоятельную задачу исследования.

В области безопасности и управления риском общепринятым является вероятностный подход. Однако в сложных социально-экономических системах, имеющих несколько уровней организации, есть место и для случайности, и для предопределенности (глобально поведение системы носит детерминированный характер, а локально – стохастический). В некоторых состояниях случайные воздействия не приводят к кризисным явлениям, в других могут вызвать ряд рискованных ситуаций. В одних системах может иметь высокую степень предсказуемости и большой горизонт прогноза, а в других возможности прогнозирования невелики. Это означает необходимость перехода от вероятностного к детерминированно-вероятностному подходу для описания многих сложных социально-экономических систем, развивающихся в условиях неопределенности и риска.

Возможность влиять на характеристики риска, которые определяют степень достижения цели, формализуется как выбор значения управляющего параметра. При этом управляющий параметр может быть числом, вектором, может быть элементом конечного множества или иметь более сложную математическую природу. Основной проблемой в этом случае является корректная формулировка цели управления рисками. Поскольку существует целый спектр различных характеристик риска, то оптимизация управления риском сводится к решению задачи многокритериальной оптимизации. Например, естественной является задача одновременной минимизации среднего ущерба (математического ожидания ущерба) и разброса ущерба (дисперсии ущерба).

2. ИДЕНТИФИКАЦИЯ ИННОВАЦИОННЫХ РИСКОВ И ИХ ФАКТОРОВ

Динамика развития региональных экономик зависит от развития производства, науки, образования, а также техники, технологии, кадров. Все направления развития региональной научно-технической и инновационной политики взаимосвязаны и представляют сложную иерархическую систему. Поэтому основными методологическими требованиями при выработке и реализации направлений региональной научно-технической и инновационной политики являются [1]:

- системное видение ресурсных, факторных, институциональных предпосылок и условий;
- необходимость комплексной оценки показателей воздействия результатов научно-технической, инновационной и производственной деятельности на экономику региона и национальную экономику в целом.

Вместе с тем стратегическое инновационно-технологическое развитие производственных систем направлено на решение задач по созданию высокой динамичной производственной эффективности, связанной с соотношением эффекта и затрат всех видов материальных и нематериальных ресурсов в стоимостном выражении. При разработке и реализации инновационно-технологической программы в динамике учитываются взаимоотношения трех параметров: объемов инвестиций, возможностей роста объемов реализации за счет инноваций, роста эффективности предприятия на основе его капитализации и дивидендной политики.

Результативность научно-технического и инновационного развития региональных систем зависит от комплексного ресурсного, прежде всего, инвестиционного обеспечения. В структуре финансирования инновационных проектов можно выделить собственные средства, заемные и привлеченные внебюджетные и бюджетные средства, в том числе инвестиционные ресурсы коммерческих банков, инновационный лизинг, эмиссию ценных бумаг. В последнее время усиливается роль государства по финансированию инновационной деятельности.

Любая инновационная деятельность осуществляется в условиях неопределенности и риска. Высокая степень неопределенности инновационных процессов связана с интуитивной и неоднозначной оценкой потребительской стоимости инноваций. Неопределенность инновационной деятельности обуславливается неточностью

и неполнотой информации о совокупности факторов, их динамике в течение инновационного цикла, которые определяют неопределенность экономических результатов и затрат инновационной деятельности. При этом инновационный риск является частью совокупного риска проекта, включающего макроэкономические, технические, финансовые, организационно-управленческие, экологические и другие риски, и учитывается во всех технико-экономических расчетах бизнес-планов.

Объектом инновационного риска являются научно-технические, инновационные процессы, процессы коммерциализации результатов научной и научно-технической деятельности. Носителем инновационного риска может быть экономическая инновационная система, действующая в государстве, стимулирующая инновационные процессы или противодействующая им.

Разнообразные характеристики инновационного риска объединены:

- связью инновационного риска с возможными потерями в будущем;
- зависимостью инновационного риска от неопределенности будущих условий реализации инновационного проекта;
- влиянием на качественную и количественную характеристики инновационного риска совокупности управленческих решений;
- воздействием конкурентной среды на инновационные риски.

Риск инновационной деятельности возникает в случае, когда существует несколько альтернативных вариантов реализации инновации, имеющих разные оценки полезности с позиций инноватора и инвестора. Вместе с тем, разные варианты реализации инноваций имеют разную вероятность осуществления и связаны с разными затратами. Инновационные риски можно классифицировать по стадиям научно-технического и инновационного циклов, по масштабу своего проявления и влияния на экономическую систему, по видам деятельности, по используемым в ходе научно-инновационной деятельности ресурсам. Поэтому инновационные риски должны анализироваться с использованием инструментария, включающего теорию систем, теорию вероятностей, теорию эконометрического моделирования и прогнозирования, теорию полезности, экономическую теорию. Вариативность такого инструментария при управлении инновационными рисками должна быть основана на выявлении точек бифуркации, то есть на идентификации таких состояний (сочетании состояний, факторов), когда имеются альтерна-

тивные возможности развития научно-технического, инновационного, воспроизводственного процессов инновационного типа.

Инновационный процесс представляет собой последовательность действий по инициации инновации, по разработке новых продуктов и операций, по их реализации на рынке и по дальнейшему распространению результатов. Для организации управления сложным инновационным процессом требуется проведение структуризации. К основным стадиям инновационного процесса можно отнести: генерацию инновационной идеи, разработку инновации, оценку эффективности инновации, коммерциализацию инновации, выпуск, мониторинг и диффузию инновации.

На каждой стадии инновационного процесса присутствуют разные субъекты инновационной деятельности, которых можно разделить на четыре основные группы. К первой группе субъектов относятся: академическая наука (фундаментальные исследования), вузовская наука (фундаментальные и прикладные исследования), отраслевые научно-исследовательские институты и научно-исследовательские центры (прикладные исследования отраслевого профиля), государственные научные центры и НИИ промышленных предприятий, индивидуальные исследователи и изобретатели. Субъекты второй группы: информационные центры, консалтинговые фирмы, патентно-лицензионные службы, инвестиционные компании, частные инвесторы. Третья группа – субъекты предпринимательской деятельности, в том числе субъекты инновационного предпринимательства различных организационно-правовых форм, в том числе техноцентры, технопарки, инновационно-активные предприятия. Четвертая группа – государство. В ряду участников инновационной деятельности государство выступает как субъект отношений по управлению этой деятельностью, ее поддержке, а также как непосредственный участник этой деятельности в лице государственных организаций.

На каждом этапе у каждой группы субъектов существуют собственные факторы риска инновационной деятельности [1]. Была проведена структуризация всех рисков факторов в разрезе стадий жизненного цикла инновационного процесса и с позиции разных субъектов инновационной деятельности (табл. 1).

3. МНОГОКРИТЕРИАЛЬНАЯ ОЦЕНКА РИСКА ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ

Для решения задачи выбора наиболее эффективных инновационных проектов с позиций

разных субъектов инновационного процесса с целью минимизации совокупных рисков по всем стадиям жизненного цикла проекта разработана модель, представленная в виде сетевой структуры и использующая методы многокритериального выбора решений. Концептуальная схема выбора инновационных проектов показана на рис. 1. На схеме представлены стадии инновационного процесса, основные его агенты (субъекты) и основные факторы риска, присущие каждой стадии. Выбор альтернативных инновационных проектов осуществляется с учетом минимизации потерь от возможных последствий выявленных рисков с позиции противоречивых интересов разных субъектов инновационной деятельности. Предлагаемая модель позволяет сравнивать между собой множество инновационных проектов по разным критериям, осуществлять их выбор с точки зрения различных субъектов инновационного процесса. В социально-экономических и производственных системах часто возникают проблемы, имеющие в своей основе следующие особенности:

- наличие нескольких иногда противоречивых показателей эффективности (критериев), обеспечивающих обоснованный выбор;
- отсутствие возможности формализованного выражения связи между показателями эффективности и вариантами достижения цели системы;
- необходимость учета большого числа факторов разнообразной природы, измеримых в различных шкалах;
- необходимость рассмотрения развития объекта исследования (т. е. учета динамики), связанная с изменением его структуры, функций, целей во времени.

Поэтому возникает необходимость в применении методов, с помощью которых можно упорядочить объекты и дать им относительные оценки. Одним из эффективных подходов, основанным на сочетании методов количественных и экспертных оценок на основе построения иерархических и сетевых отношений между альтернативами и критериями их выбора, а также на использовании экспертных рассуждений в терминах шкалы отношений, является подход, использующий метод анализа иерархий и аналитических сетей [4]. В этом методе опыт и интуиция играют не менее важную роль, чем расчеты количественных показателей.

Таблица 1

Факторы риска инновационной деятельности по стадиям жизненного цикла инноваций

Риск инновационной деятельности	Факторы риска
Субъект 1 – Научная организация (СЕКТОР РАЗРАБОТКИ ИННОВАЦИИ)	
Получение отрицательного результата НИОКР	неверное направление исследований; ошибка в постановке задачи; ошибки расчетов; неверная интерпретация результатов и/или выбор пути реализации фундаментальных исследований
Отсутствие результата в установленные сроки	ошибочные сроки завершения исследований; ошибки в оценке необходимых ресурсов; невозможность реализовать результат фундаментальных исследований
Отказ в сертификации результата	нарушение стандартов и требований сертификации; нарушение условий секретности; отсутствие лицензий
Получение непатентоспособного результата	наличие аналогов; несоответствие требованиям патентования; патентование на ранних сроках может привести к значительному ущербу конкурентоспособности (утечка информации)
Невозможность внедрения результатов НИОКР в производство	неверная оценка полученного результата исследований; неправильный выбор пути реализации результатов исследований; невозможность реализовать результат на технологическом уровне; ошибки в оценке возможностей производства
Экологические риски НИОКР	ошибки в расчетах, приводящие к превышению фактических показателей выработки вредных веществ над расчетными; недоработка технологии; технология производства предполагает использование/выработку экологически вредных веществ
Субъект 2 – Инвестор (ФИНАНСОВЫЙ СЕКТОР)	
Незаинтересованность инвестора в инвестировании	склонность инвестора к риску; наличие альтернативных высокодоходных источников вложения денежных средств; длительный срок возврата инвестиций; объем необходимых инвестиций
	отсутствие кредитных источников; неподходящие условия кредита; отсутствие государственной поддержки
	наличие аналогов; несоответствие требованиям потребителя; финансовая неадекватность; технологическая неадекватность
	быстрое старение инновации; появление аналогов; ошибки в стратегии маркетинга
	неправильное определение цены; неправильный выбор целевых групп потребителей, недооценка конкурентов, неправильная организация сбытовой стратегии; несоответствие рыночной стратегии; отсутствие поставщиков необходимых комплектующих; невыполнение поставщиками обязательств по срокам и качеству поставок
Субъект 4 – ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СЕКТОР	
Политические риски	изменения в налоговом законодательстве; экспортно-импортные ограничения; возможность смены политического и экономического курса страны

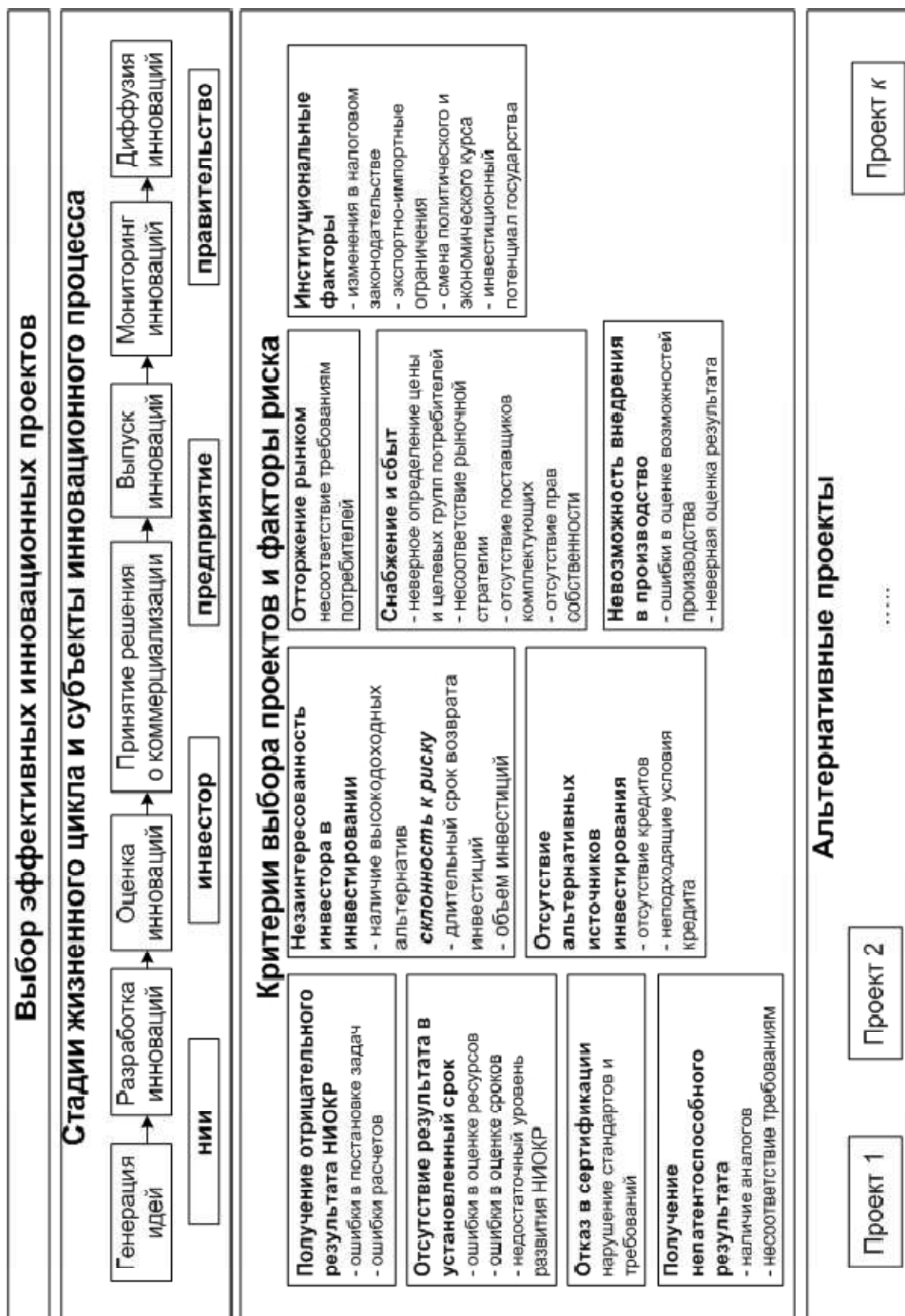


Рис. 1. Концептуальная схема выбора инновационных проектов

Метод позволяет выявлять факторы с невысокой степенью влияния на величину критерия, которые обладают существенным системным влиянием из-за косвенных взаимодействий с другими важными факторами.

Именно многокритериальная логика является тем методом, который позволяет рассмотреть проблему анализа и оценки риска целиком и является полезным и незаменимым инструментом отбора альтернативных инновационных проектов по множеству критериев. Метод анализа иерархий является систематической процедурой для иерархического представления компонентов, определяющих суть любой проблемы. Метод состоит в декомпозиции проблемы на более простые составляющие части и дальнейшей обработке последовательности суждений ЛПР по парным сравнениям, включает процедуры синтеза множественных суждений, выявления приоритетности критериев и нахождения альтернативных решений. В результате может быть выражена относительная степень взаимодействия элементов. Полученные таким образом значения являются оценками в шкале отношений и соответствуют некоторым численным оценкам.

Решение сложной проблемы реализуется процедурой поэтапного установления приоритетов. На первом этапе выявляются наиболее важные компоненты проблемы, на втором – наилучший способ проверки наблюдений испытания и оценка альтернатив; на следующем этапе вырабатывается решение и оценивается его качество. Процесс может быть проведен над последовательностью иерархий: в этом случае результаты, полученные в одной из них, используются в качестве входных данных при изучении следующей.

Учет зависимостей и обратных связей между элементами, а также циклов влияния реализуется на основе формирования сетей, которые являются аналогами уровней в иерархии. В сетях можно учесть влияние подкритериев и альтернатив, расположенных под критерием с низким приоритетом, и при наличии обратных связей важность незначительного критерия может увеличиться в результате циклических и предельных операций.

Итак, для повышения эффективности региональных инновационных структур, развиваю-

щихся в условиях неопределенности и риска, необходимо учитывать интересы разных участников инновационной деятельности по всем стадиям инновационного процесса. Для этого требуется, во-первых, выявлять совокупность рисков и образующие их факторы по стадиям инновационного процесса с позиции различных субъектов инновационной деятельности; во-вторых, осуществлять обоснованный выбор инновационных проектов с учетом интересов субъектов инновационного процесса и множества факторов риска проектов с использованием экономико-математических моделей и методов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Инновационный путь развития экономики / под ред. А. Н. Фоломьева. М.: Изд-во РАГС, 2008. 712 с.
2. Нейман Д., Моргенштерн О. Теория игр и экономическое поведение. М.: Наука, 1970. 780 с.
3. Орлова Е. В. Проблемы многокритериального анализа и синтеза систем и применение интеллектуальных методов // Формирование стратегии инновационного развития экономических систем: межвуз. науч.-практ. конф. СПб., 2009. С. 466–471.
4. Саати Т. Принятие решение при зависимостях и обратных связях: Аналитические сети. М.: Изд-во ЛКИ, 2008. 360 с.
5. Шоломицкий А. Г. Теория риска. Выбор при неопределенности и моделирование риска: учеб. пособие. М.: Изд. дом ГУ ВШЭ, 2005. 400 с.
6. Tversky A., Kahneman D. Advances in prospect theory: cumulative representation of uncertainty // Journal of risk and uncertainty. 1992. № 5.

ОБ АВТОРАХ

Гузаиров Мурат Бакеевич, ректор УГАТУ, проф. каф. вычислительн. техники и защиты информации. Дипл. инженер-электромеханик (УАИ, 1973). Д-р техн. наук по управлению в соц. и эконом. системах. Иссл. в обл. системн. анализа, управления в соц. и эконом. системах.

Орлова Екатерина Владимировна, доц. каф. экономики предпринимательства. Дипл. инженер-системотехник (УГАТУ, 1999). Канд. техн. наук по управлению в соц. и эконом. системах. Иссл. в обл. моделирования и управления в соц. и эконом. системах.