

В.Г. Чаплыгин

Высшая банковская школа (университет) Гданьска, Польша

В.Н. Мороз

Высшая банковская школа (университет) Гданьска, Польша

Принятие решений по трансферу технологий в региональном инновационном кластере в условиях неопределенности и риска

Аннотация. Региональные инновационные кластеры (РИК) объединяют различные организации, расположенные на территории конкретного региона и относящиеся к высокотехнологичным отраслям, на основе общности деятельности и интересов и взаимодополнения функций, ресурсов и возможностей. Целью работы является выработка практических рекомендаций для трансфера технологий в региональном инновационном кластере в условиях неопределенности и риска. Задачи исследования — обосновать алгоритм принятия решения в выборе принимающего предприятия при осуществлении трансфера технологий в РИК. На основании имеющихся данных показать, как производить выбор предприятия для передачи разработанной технологии в РИК в условиях нечеткой информационной среды. Результаты работы: разработана методика принятия решения по выбору организации для передачи технологии в рамках реализации инновационного проекта в РИК, основанная на сочетании двух методов — TOPSIS и выбора в условиях нечеткой информационной среды. Выводы: предложенная методика принятия решения повышает точность и объективность экспертных оценок и создает возможность выбора предприятия для передачи разработанной технологии с наименьшим риском за счет объединения качественного и количественного анализа предпочтений между альтернативами и многосторонней оценки риска.

Ключевые слова: *региональный инновационный кластер, трансфер технологий, методика выбора принимающего предприятия, внедрение разработанной технологии, неопределенность, риск, нечеткая информационная среда, многокритериальные методы принятия решения, метод TOPSIS, матрица предпочтений, матрица интенсивностей доминирования, матрица недоминирования.*

Классификация JEL: C44, C61, O31, O330.

Цитирование: **Чаплыгин В.Г., Мороз В.Н.** (2022). Принятие решений по трансферу технологий в региональном инновационном кластере в условиях неопределенности и риска // *Журнал Новой экономической ассоциации*. № 1 (53). С. 121–142. DOI: 10.31737/2221-2264-2022-53-1-6

1. Введение

В современных условиях основным инструментом обеспечения устойчивости, развития и достижения конкурентоспособности региональной экономики является инновационная активность, определяемая активностью в осуществлении инновационной деятельности со стороны организаций, расположенных на территории региона, в особенности ключевых предприятий (Lew, Park, 2021). Инновационная деятельность связана с высоким уровнем риска (Syrova, 2020), поскольку ее целью является создание новой продукции, не имеющей аналогов на рынке, либо придание выпускаемой продукции новых свойств, отсутствовавших у этой и у аналогичной продукции ранее, что обуславливает возникновение значительного числа различных рисков, касающихся как процесса ее изготовления, так и реализации ее на рынке, особенно в новых высокотехнологичных отраслях. Одним из основных способов повышения эффективности осуществляемой в регионе инновационной деятельности и снижения связанных с ней рисков

является формирование региональных инновационных кластеров (РИК) (Muro, Katz, 2010; Wessner, 2011; Herliana, 2015; Turkina, Oreshkin, Kali, 2019). Успешное функционирование РИК и реализация его преимуществ в ракурсе регионального инновационного развития требует грамотного выстраивания взаимодействия между входящими в его состав организациями (Calamel, 2012).

Главным инструментом такого взаимодействия является трансфер технологий. Трансфер технологий между организациями–участниками РИК, способствуя созданию нового знания за счет интеграции знаний различных организаций-участников, играет роль катализатора инновационной деятельности (Чаплыгин, Мороз, 2020). Однако осуществление трансфера технологий требует от организации–разработчика технологии выбора предприятия, способного наиболее быстро и эффективно ее применять либо внедрять разработки на ее основе новой технологии, которая будет в дальнейшем применяться в процессе изготовления конечного продукта, привлекая современные математические методы и модели, используемые для принятия решений.

Проблема выбора организации для передачи технологий в РИК приобретает особую важность в процессе воплощения инновационного проекта, поскольку от быстрого и эффективного применения принимающей организацией переданной ей технологии зависит успех реализации проекта, целью которого является выпуск инновационного продукта. Быстрое внедрение принимающей организацией переданной ей технологии либо разработка на ее основе новой технологии, применяемой в процессе изготовления конечного продукта. Необходимость такого выбора в РИК обусловлена тем, что в рамках взаимодействия независимых организаций, направленного на совместное осуществление инновационной деятельности, решения определяют два фактора: высокий риск, сопровождающий инновационную деятельность (Syrova, 2020), и невозможность полной осведомленности о ресурсах и возможностях других независимых организаций из-за высокой информационной асимметрии, представляющей собой неравное распределение информации между взаимодействующими сторонами (Morgan, Anokhin, Wincent, 2018).

Настоящее исследование посвящено разработке методики выбора организаций–участников РИК, основанной на сочетании двух методов принятия решений: TOPSIS (нахождение расстояния каждой альтернативы от позитивного и от негативного идеального решения с последующим расчетом относительной близости к позитивному идеальному решению) и выбора в условиях нечеткой информационной среды (составление матрицы предпочтений, матрицы интенсивностей доминирования и матрицы недоминирования и предполагающего попарное сравнение альтернатив). Предложенная методика позволяет проводить оценку каждой альтернативы, в данном случае – каждой организации–участника РИК, – как на предмет близости к идеальному решению, так и на предмет превосходства над другими альтернативами по всем оцениваемым критериям с учетом веса каждого, что зависит от конкретной ситуации. Применение данного подхода будет способствовать детальной и многосторонней оценке каждой альтернативы, что имеет важное значение при принятии решения в условиях неопределенности и риска. Сравнительный анализ с другими методами принятия решения, основанными на нахождении расстояния каждой альтернативы от идеального реше-

ния – методом VIKOR и серым реляционным анализом (grey relational analysis) – показал, что предложенная методика позволяет наиболее четко ранжировать альтернативы и идентифицировать наиболее предпочтительную альтернативу.

2. Теория

В современной литературе все чаще используется понятие «региональный инновационный кластер» для характеристики кластеров, объединяющих различные организации, действующие на территории определенного региона, и нацеленных на создание и внедрение инноваций. В работе (Turkina, Oreshkin, Kali, 2019) авторы рассматривают региональный инновационный кластер как региональную концентрацию крупных компаний и малых предприятий, разрабатывающих креативную продукцию и услуги совместно со специализированными поставщиками, обслуживающими фирмами, университетами и иными связанными с ними учреждениями. Вместе они составляют критическую массу навыков и таланта и отличаются высоким уровнем взаимодействия между предпринимателями, исследователями и инноваторами (Turkina, Oreshkin, Kali, 2019; Wessner, 2011). Эти кластеры иногда относят к технологическим районам, или знаниевым кластерам. Инновационная деятельность географически сконцентрирована в пространстве, что создает позитивный эффект агломерации и обеспечивает высокую плотность специализированных ресурсов, которые, в свою очередь, усиливают и стимулируют инновационный процесс (Turkina et al., 2019; Muro, Katz, 2010).

М. Муро и Б. Кац определяют региональный инновационный кластер как географическую концентрацию взаимосвязанного бизнеса, поставщиков, обслуживающих предприятий, координаторов-посредников и т.д. Стимулируя такие движущие силы, как объединение рынков труда, специализация поставщиков и распространение знаний (knowledge spillover), региональные инновационные кластеры дают выгоду всем видам фирм, входящим в их состав, за счет повышения локального и инновационного потенциала, поощряют предпринимательство. Они также способствуют росту производительности труда, заработной платы и созданию новых рабочих мест (Muro, Katz, 2010).

Региональный инновационный кластер рассматривается также с позиции теории тройной спирали (triple helix). Эта теория делает акцент на важности достижения синергии трех полюсов: интеллектуального полюса, бизнеса и правительства. Наиболее распространенной формой синергии в контексте этой теории является циркуляция знаний, приводящая к инновациям, имеющим экономический потенциал, или капитализация знаний. Цель этого тройственного процесса состоит в формировании пространства знаний, в котором три актора – интеллектуальная сфера, бизнес и государство – обладают одинаковым объемом знаний и единым пониманием совместной деятельности, что стимулирует третьего актора (государство) создавать пространства консенсуса, в котором все участники начинают активно взаимодействовать и выполнять свои обязательства (Herliana, 2015).

Основным инструментом функционирования РИК, достижения его целей и решения задач в его рамках, а также реализации его преимуществ является обмен знаниями (в современной литературе – «трансфер знаний» (Гительман,

Кожевников, Рыжук, 2020; Leszczyńska, Pruchnicki, 2016; Wei, Limin, 2018; Schröter et al., 2021)) между различными видами входящих в его состав организаций. В осуществлении инновационной деятельности знания служат основным видом специализированных ресурсов, поэтому трансфер знаний может рассматриваться в качестве главного фактора агломерации в региональном инновационном кластере и обеспечения инновационных процессов, за счет интеграции знаний различных организаций-участников и создания на этой основе новых знаний, общих для кластера. Вместе с тем, «интеграция знаний, инноваций и инвестиций с целью создания высокотехнологичных, наукоемких, инновационных продуктов» (Guzhina et al., 2018) выступает в роли одного из основных преимуществ регионального инновационного кластера как формы взаимодействия организаций. Можно утверждать, что трансфер знаний, формируя данную интеграцию, обеспечивает также реализацию одного из главных преимуществ такого кластера.

Наиболее важное направление трансфера знаний в РИК – трансфер технологий. Технология представляет собой совокупность прикладных знаний научно-технической области, предназначенную для внедрения в производственный процесс и направленную на решение практических задач. В технологию могут быть преобразованы знания, относящиеся к области фундаментальной науки, вырабатываемые университетами и научно-исследовательскими институтами, в процессе их передачи промышленным предприятиям. Таким образом, объектом трансфера технологий являются различные виды знаний: прикладные знания научно-технической области, составляющие готовые технологии, и фундаментальные научные знания, способные к преобразованию в готовые технологии. Для целей настоящего исследования был проведен теоретический анализ понятия «трансфер технологий».

Понятие «трансфер технологий» происходит от английского слова transfer – «перенос», «перемещение», «передача». Данный термин появился в США в начале 1940-х годов, научные исследования в этой области получили распространение в 1970-х годах, а наибольшее развитие – в трудах Э.М. Роджерса. В различных работах, написанных им в соавторстве с другими исследователями, Э.М. Роджерс дает дополняющие определения трансфера технологий: движение технологии из одного места в другое (из одной организации в другую, из университета в организацию, из одной страны в другую (Solo, Rogers, 1972)); движение технологии от одного индивида к другому либо от одной организации к другой по определенному каналу коммуникации (Rogers, Takegami, Yin, 2001). В современных работах термин «трансфер технологий» получил следующие определения:

- запланированный и ограниченный во времени процесс обмена между, по меньшей мере, двумя сторонами в рамках целенаправленной передачи технологического знания от передающей стороны принимающей, который дает возможность экономического решения проблем, относящихся к определенному продукту или процессу (Albers et al., 2014);
- совокупность целенаправленных и целеориентированных интеракций между двумя и более организациями, направленных на обмен технологическим знанием и/или артефактами, а также правами интеллектуальной собственности (Leischnig, Geigenmueller, Lohmann, 2014);

- сложный экстенсивный процесс, происходящий между независимыми экономическими субъектами, в рамках которого отправитель и получатель новой технологии взаимосвязаны. Является полноценным и эффективным лишь при условии, что получатель обладает возможностями практически применять передаваемую технологию, ее воспроизводить, совершенствовать, перепродавать и расширять собственные компетенции посредством создания и внедрения инноваций на конечной стадии процесса (Fazal et al., 2016);
- передача определенных технологий (знаний, производственных навыков, оборудования) от одного пользователя другому, при этом технология, разработанная в определенном месте, применяется в другом месте с целью создания новых продуктов, процессов или услуг (Stepanova, 2020).

На основе представленных определений авторы предложили следующее определение трансфера технологий: процесс передачи из одной организации в другую совокупности прикладных знаний в области науки и техники, представляющей собой готовую технологию, либо знаний, полученных в процессе фундаментальных научных исследований, преобразуемых впоследствии в технологию, в ходе которого передаваемые фундаментальные и прикладные знания становятся производительными силами организации-получателя.

Проведенный теоретический анализ понятий РИК и трансфер технологий позволяет утверждать наличие взаимосогласованной связи между РИК и трансфером технологий: создание и функционирование РИК в значительной степени способствует успешному осуществлению трансфера технологий между организациями, вовлеченными в инновационную деятельность. При этом трансфер технологий в такой же мере способствует успешному осуществлению деятельности РИК и реализации им инновационных проектов. Однако для наиболее полного и эффективного использования потенциала РИК для трансфера технологий и трансфера технологий для деятельности РИК необходима передача различных видов знаний, являющихся объектом трансфера технологий, тем организациям-участникам РИК, которые обладают наибольшими возможностями для их эффективного применения и оперативного внедрения. Организации-участники могут рассматриваться в РИК в качестве отдельных систем восприятия знаний и иметь различные возможности их получения, а также генерировать и аккумулировать различные виды знаний (Jing, 2010). При этом способность организации к использованию внешнего знания зависит от уже имеющегося у нее знания. Из этого следует, что возможности эффективного применения различных знаний, включая знания, являющиеся объектом трансфера технологий и касающиеся достижения главных целей, решения основных задач и создания конкурентоспособного конечного продукта, у различных организаций-участников РИК различаются. От эффективного применения передаваемых технологий зависят качество и сроки изготовления выпускаемого конечного продукта, что в значительной степени определяет его конкурентоспособность, поскольку достижение высокого качества инновационного продукта в короткие сроки позволяет вывести на рынок новый продукт, обладающий характеристиками, отсутствующими у конкурентов, или опережающими конкурентов, выпускающих аналогичную продукцию. В этой ситуации выбор для передачи технологий организаций-участ-

ников, способных к наиболее эффективному их применению, с использованием современных математических методов и моделей, имеет критически важное значение для успешного функционирования РИК. Разработке методики выбора таких организаций-участников посвящено настоящее исследование.

3. Методология

В работах по принятию решений в экономике в условиях неопределенности и риска все чаще встречается метод TOPSIS (Yildirim, Karakaya, Altan, 2019; Lo, Chen, Liu, 2018; Pramanik et al., 2017; Ortiz-Barríos et al., 2020; Antuchevičienė, 2005), который был разработан Ч.Л. Хван и К.П. Юн еще в 1981 г. (Hwang, Yoon, 1981). Идея метода TOPSIS состоит в выборе альтернативы, наиболее близкой к позитивному идеальному решению и наиболее отдаленной от негативного идеального решения (Аннадурдыев, 2018; Лобкова, 2019; Reddy, Kumar, Raj, 2019). *Позитивное идеальное решение* – вариант, содержащий максимальные значения по каждому оцениваемому критерию для всех альтернатив; *негативное идеальное решение* – вариант, содержащий минимальные значения по каждому критерию для всех альтернатив (Ortiz-Barríos et al., 2020; Аннадурдыев, 2018). Позитивное идеальное решение максимизирует выгоду и/или минимизирует издержки, тогда как негативное идеальное решение максимизирует издержки и/или минимизирует выгоду (Yildirim et al., 2019; Reddy, Kumar, Raj, 2019). В рамках применения метода TOPSIS рассчитывается расстояние от позитивного идеального решения (S_i^+), расстояние от негативного идеального решения (S_i^-) и относительная близость к позитивному идеальному решению, называемая также коэффициентом близости к позитивному идеальному решению (C_i). Наилучшей альтернативой считается альтернатива, имеющая наиболее высокое значение относительной близости к позитивному идеальному решению C_i . Альтернативы ранжируются в порядке убывания C_i .

Метод TOPSIS подходит для условий нечеткой информационной среды (Antuchevičienė, 2005; Li et al., 2020). Сохранение хозяйственной самостоятельности организациями-участниками РИК является одним из его преимуществ. Однако любое взаимодействие независимых организаций происходит на фоне асимметричной информации (Чаплыгин, 2004; Чаплыгин, Мороз, 2015) между ними, что обуславливает необходимость применения математических методов и моделей выбора в условиях нечеткой информационной среды при любом выборе в рамках РИК. В отечественной литературе показана возможность применения метода TOPSIS для анализа и решения проблем региональной экономики (Лобкова, 2019), что также позволяет его использовать для принятия решений в РИК.

Однако у указанного метода имеются и недостатки, способные негативно влиять на выбор принимающего предприятия при осуществлении трансфера технологий в РИК в условиях неопределенности и риска. Метод не всегда позволяет выбрать альтернативу с низким уровнем риска.

При реализации инновационного проекта, направленного на создание и внедрение улучшающих инноваций, можно применить исключительно метод TOPSIS с ранжированием альтернатив на основе значений показателя C_i . В случае реализации инновационного проекта, связанного с базисными инноваци-

ями, отличающимися неопределенностью и риском, при несовпадении ранжирования по показателям Si^+ , Si^- и Ci и/или нахождении значения показателя Ci у наилучшей альтернативы в области риска либо близко к ней ($Ci < 0,7$), необходимо уточнить и конкретизировать результаты при помощи иных методов выбора в условиях нечеткой информационной среды.

Один из таких методов основан на матрице предпочтений по каждому критерию, матрице интенсивностей доминирования, матрице недоминирования и выборе альтернативы, соответствующей столбцу матрицы недоминирования, минимальное значение которого равно максимальному значению в столбцах с ранжированием альтернатив по этому признаку (Бережной, Цвиринько, Шарунова, 2005; Чаплыгин, Мороз, 2015). При применении данного метода совместно с методом TOPSIS в роли критериев будут выступать расстояния, рассчитанные в рамках TOPSIS: расстояние от позитивного идеального решения (Si^+), расстояние от негативного идеального решения (Si^-) и относительная близость к позитивному идеальному решению (Ci).

Выбор предприятия для передачи разработанной технологии в РИК с применением метода TOPSIS требует корректного подбора критериев оценки, к числу которых авторы относят квалификацию персонала, непосредственно задействованного в процессе внедрения технологий, опыт предприятия в работе с аналогичными технологиями и наличие специального оборудования. Не менее важными факторами успешного внедрения передаваемой технологии будут готовность к внедрению передаваемых инновационных технологий и готовность предприятия воспринимать и продуктивно использовать новую информацию, поскольку технологии сами по себе являются информацией и могут рассматриваться в качестве информационных ресурсов. Инновационная активность предприятия рассчитывается по формуле (Яковлева, 2010):

$$K_{Иа} = 0,25K_{ин} + 0,25K_{из} + 0,1K_{реал} + 0,1K_{вовл} + 0,25K_{эф} + 0,05K_{сам}, \quad (1)$$

где $K_{Иа}$ – коэффициент инновационной активности предприятия, $K_{ин}$ – коэффициент инновационности продукции, отражающий степень передела продукции и уровень добавленной стоимости; $K_{из}$ – коэффициент затрат на инновации в общих расходах; $K_{реал}$ – коэффициент реализации инноваций; $K_{вовл}$ – коэффициент вовлеченности персонала в инновационный процесс; $K_{эф}$ – коэффициент экономической эффективности (рентабельность инноваций); $K_{сам}$ – коэффициент самостоятельности в инновациях.

В работе предлагается выбирать предприятия для передачи разработанной технологии в РИК посредством анализа всех рассматриваемых предприятий по каждому из этих критериев на основе сочетания метода TOPSIS с методом выбора в условиях нечеткой информационной среды. Данный метод основан на составлении матрицы предпочтений, матрицы интенсивностей доминирования и матрицы недоминирования. Применение этого метода позволит конкретизировать результаты, полученные при использовании метода TOPSIS, в случае реализации РИК инновационного проекта, направленного на создание и внедрение базисных инноваций, а также нахождения в области риска значения относительной близости к позитивному идеальному решению C_i , рассчитанной в рамках применения метода TOPSIS, для наилучшей альтернативы ($C_i < 0,7$) и/или несо-

впадения ранжирования альтернатив по расстоянию от позитивного идеального решения S_i^+ , расстоянию от негативного идеального решения S_i^- и относительной близости к позитивному идеальному решению C_i . Одним из условий практического применения результатов, полученных при использовании метода TOPSIS, является совпадение ранжирования (рейтинга) альтернатив по расстоянию от позитивного идеального решения, расстоянию от негативного идеального решения и относительной близости к позитивному идеальному решению, в случае несовпадения ранжирования (рейтинга) требуется проведение повторного анализа альтернатив с получением других данных либо применение иных методов многокритериального принятия решений. Другим важным условием является числовое значение относительной близости альтернативы к позитивному идеальному решению $C_i \leq 0,6$, в противном случае полученный результат находится в области риска. Авторы полагают, что при реализации инновационного проекта, направленного на создание и внедрение базисных инноваций, отличающихся повышенным риском и неопределенностью, требуется более детальный учет риска и, как следствие, соблюдение более строгих требований в отношении значения относительной близости оцениваемой альтернативы к позитивному идеальному решению. Поэтому предлагается установить пороговое значение $C_i \leq 0,7$. В рамках настоящей статьи авторы предлагают при несоблюдении одного из этих условий, в особенности при реализации инновационного проекта, направленного на создание и внедрение базисных инноваций, конкретизировать результаты, полученные при применении метода TOPSIS, при помощи метода выбора в условиях нечеткой информационной среды (составление матрицы предпочтений, матрицы интенсивностей доминирования и матрицы недоминирования и предполагающей попарное сравнение альтернатив).

4. Алгоритм применения предложенной методики

Выбор альтернативы с использованием метода TOPSIS состоит из следующих последовательных этапов.

Этап 1. Построение матрицы решений.

Матрица решений $X = (x_{ij})$ (порядка $n \times m$) состоит из числовых значений экспертных оценок каждого предприятия по каждому критерию, где i – номер альтернативы (оцениваемого предприятия), $i = 1, \dots, n$; j – номер критерия, $j = 1, \dots, m$, $n = 5$.

Этап 2. Построение нормализованной матрицы решений R (порядка $n \times m$):

$$r_{ij} = x_{ij} / \sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}. \quad (2)$$

Этап 3. Определение веса каждого критерия w_j .

В случае выбора организации для передачи технологии в процессе реализации инновационного проекта в РИК значимость предложенных авторами критериев зависит от сферы деятельности РИК, срока реализации инновационного проекта и типа создаваемых в его рамках инноваций (например, базисные инновации, связанные с созданием принципиально нового продукта, аналоги которому отсутствуют на рынке, либо улучшающие инновации, направленные на улучшение отдельных характеристик выпускаемого продукта), поэтому в данном случае при определении веса каждого критерия необходима четкая расстановка

Таблица 1

Балльная шкала значимости критериев

Критерии и характеристики	Балльная оценка				
	1	2	3	4	5
Важные критерии	1	2	3	4	5
Характеристика	Одинаково важны	Важнее	Существенно важнее	Значительно важнее	Несравненно важнее
Менее важные критерии	1	1/2	1/3	1/4	1/5
Характеристика	Одинаково важны	Менее важный	Существенно менее важный	Значительно менее важный	Несравненно менее важный

Источник: составлено авторами с использованием источника (Бережной Цвиринько, Шарунова, 2005).

приоритетов в зависимости от конкретной ситуации. Для установления веса критерия предлагаем использовать методику, базирующуюся на аналитическом иерархическом процессе, в основе которой лежит сопоставление значимости критериев (по пятибалльной шкале) (табл. 1).

Этап 4. Построение взвешенной нормализованной матрицы решений V путем умножения значений нормализованной матрицы решений r_{ij} на веса критериев w_j :

$$v_{ij} = r_{ij} w_j. \quad (3)$$

Этап 5. Определение позитивного идеального решения A^+ :

$$A^+ = [v_1^+, \dots, v_n^+] = [\max v_{i1}, \dots, \max v_{in}] - \quad (4)$$

и негативного идеального решения A^- :

$$A^- = [v_1^-, \dots, v_n^-] = [\min v_{i1}, \dots, \min v_{in}]. \quad (5)$$

Этап 6. Расчет расстояния каждого оцениваемого предприятия от позитивного идеального решения S_i^+ и от негативного идеального решения S_i^- на основе Евклидова расстояния (Халицкая, 2020):

$$s_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_i^+ - v_{ij}^+)^2}, \quad (6)$$

$$s_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_i^- - v_{ij}^-)^2}. \quad (7)$$

Этап 7. Расчет относительной близости каждого оцениваемого предприятия к позитивному идеальному решению C_i :

$$C_i = (S_i^-) / (S_i^+ + S_i^-). \quad (8)$$

Этап 8. Ранжирование оцениваемых предприятий по относительной близости к позитивному идеальному решению C_i и выбор принимающего предприятия с максимальным значением C_i .

При применении метода, основанного на составлении матрицы предпочтений по каждому критерию, матрицы интенсивностей доминирования, матрицы недоминирования в сочетании с методом TOPSIS, для начала работы

необходимо установить вес каждой меры расстояния $w_{distance(j)}$. Способ определения весов мер расстояний¹ аналогичен способу определения весов критериев, поскольку значимость каждой меры расстояния² также зависит от конкретной ситуации, обусловленной сферой деятельности РИК, сроком реализации инновационного проекта и типом создаваемых в его рамках инноваций.

После определения веса каждой меры расстояния необходимо провести нормализацию числовых значений рейтинга предприятий по всем мерам. Нормализация в рамках этого метода проводится в соответствии с формулой

$$\hat{X}_{E(j)} = 1 - X_{E(j)} / n_j, \quad (9)$$

где $\hat{X}_{E(j)}$ – нормализованное числовое значение рейтинга предприятия по j -мере расстояния; $X_{E(j)}$ – числовое значение рейтинга предприятия по j -мере расстояния; n_j – количество числовых значений рейтинга предприятий (равно числу оцениваемых предприятий).

После проведения нормализации по формуле (9) необходимо рассчитать отношения предпочтения по каждой j -мере расстояния для всех пар оцениваемых предприятий (i и k) и сформировать матрицу предпочтений по отдельным мерам расстояний $\pi_j(i, k)$:

$$\pi_j(i, k) = \begin{cases} \hat{X}_{E(ij)} - \hat{X}_{E(kj)}, & \text{если } \hat{X}_{E(ij)} > \hat{X}_{E(kj)}; \\ 0, & \text{если } \hat{X}_{E(ij)} \leq \hat{X}_{E(kj)}, \end{cases} \quad (10)$$

где $\pi_j(i, k)$ – отношение предпочтения по j -мере расстояния для пары оцениваемых предприятий: i и k , (i, k) – обозначения оцениваемых предприятий, составляющих пару; $\hat{X}_{E(ij)}$ и $\hat{X}_{E(kj)}$ – нормализованные значения оценки j -меры расстояния оцениваемых предприятий i и k .

Далее следует сформировать матрицу предпочтений оцениваемых предприятий $\pi(i, k)$, вычислив отношения предпочтения для каждой пары по всем мерам расстояния с учетом их весов

$$\pi(i, k) = \sum_{j=1}^n w_{distance(j)} \pi_j(i, k), \quad (11)$$

где $w_{distance(j)}$ – вес j -меры расстояния; n – число мер расстояния.

На основе матрицы предпочтений $\pi(i, k)$ нужно сформировать матрицу интенсивностей доминирования оцениваемых предприятий $d(i, k)$:

$$d(i, k) = \begin{cases} \pi(i, k) - \pi(k, i), & \text{если } \pi(i, k) > \pi(k, i); \\ 0, & \text{если } \pi(i, k) \leq \pi(k, i). \end{cases} \quad (12)$$

После того как проведены все расчеты, необходимо установить отношения недоминирования между оцениваемыми предприятиями:

$$Nd(i, k) = 1 - d(i, k) - \quad (13)$$

с последующим построением матрицы недоминирования $Nd(i, k)$.

В матрице недоминирования следует выбрать максимальное значение среди минимальных в столбцах, что будет соответствовать наиболее предпочтительному предприятию передачи разработанной технологии в процессе изготов-

¹ В ряде русскоязычных источников, посвященных методу TOPSIS, используется словосочетание «мера расстояния» для характеристики показателей расстояния от позитивного идеального решения, расстояния от негативного идеального решения и относительной близости к позитивному идеальному решению, под словом «мера» в данном случае следует понимать «показатель».

² Имеется в виду расстояние каждой оцениваемой альтернативы (предприятия) от позитивного и от негативного идеального решения по совокупности критериев с учетом веса каждого из них и, кроме того, относительная близость к позитивному идеальному решению.

ления конечного продукта. Иными словами, наилучшее с этой позиции предприятие, в соответствии с данным методом, должно отвечать условиям

$$d^*(E_i) = \min N d(i, k), \quad i = 1, \dots, m; \quad k = 1, \dots, m; \quad k \neq i, \quad (14)$$

где $d^*(E_i)$ – интенсивность доминирования предприятия i среди оцениваемых предприятий; m – число оцениваемых предприятий;

$$d^*(E_i^*) = \max d^*(E_i), \quad (15)$$

где $d^*(E_i^*)$ – наиболее высокая интенсивность доминирования среди оцениваемых предприятий, характеризующая наиболее предпочтительное предприятие.

5. Результаты

Продемонстрируем применение методики выбора принимающего предприятия при трансфере технологий в РИК на условном примере. Предположим, что в РИК, областью деятельности которого являются информационные технологии (кластер информационных технологий), принято решение о реализации инновационного проекта сроком на два года, направленного на выпуск нового программного продукта, не имеющего аналогов. В рамках реализации данного проекта научно-исследовательская организация в процессе проведения прикладных исследований разработала новую технологию, которую намерена передать одному из семи предприятий сферы информационных технологий, расположенных на территории региона и входящих в состав кластера информационных технологий, с целью внедрения данной технологии в изготовление программного продукта. Каждое из этих предприятий активно проводит разработки новых программных продуктов и занимает значительную нишу на региональном рынке. Оценка предприятий по предложенным авторами критериям – уровень «информационности» (Романова, Нелюбина, 2009)³, представляет собой способность компонентов системы генерировать и использовать новую информацию на основе знаний, в организациях–участниках РИК в роли таких компонентов авторами рассматриваются их структурные подразделения и отдельные сотрудники; инновационная активность; квалификация персонала; наличие специального оборудования и опыт работы с аналогичными технологиями – проводилась на основе экспертных оценок. С этой целью была привлечена группа экспертов, состоящая из 12 экспертов, обладающих высокой профессиональной компетентностью. В состав группы входили два доктора и четыре кандидата наук, каждый из которых имел на момент проведения экспертизы свыше 10 научных публикаций,

³ Уровень информативности означает способность компонентов системы генерировать и использовать новую информацию на основе знаний, в организациях–участниках РИК в роли таких компонентов авторами рассматриваются их структурные подразделения и отдельные сотрудники. О.А. Романова, Т.А. Нелюбина предлагают три подхода к оценке информативности: декомпозиция системы на компоненты, оценка каждого компонента на предмет информативности и расчет доли информативных компонентов; учет фактов приобретения, использования и генерирования новой информации на основе знаний за определенный период времени, а также формулирование интегральной характеристики, данный подход предполагает расчет доли информативных сегментов в экономике рассматриваемой системы. Под информативными сегментами понимаются сегменты экономики, где инновационность и креативность является естественной компонентой их функционирования. К информативным сегментам относятся сектор производства знания – научные и исследовательские разработки, проектно-конструкторские разработки; сектор производства информационных технологий – производство и обслуживание телекоммуникационного и компьютерного оборудования, производство программного обеспечения; сектор распространения информации и культурных услуг – радио и телевидение, печатные издания, театры, музыка киноиндустрия, Интернет-услуги. Авторы предлагают для оценки уровня информативности предприятия использовать одновременно три подхода, иными словами, анализировать процессы взаимодействия со структурными подразделениями и отдельными сотрудниками, вовлеченными в процесс реализации РИК инновационного проекта, и в то же время проводить расчет доли информативных сегментов в каждом из оцениваемых предприятий, в качестве которых на уровне предприятия могут рассматриваться подразделения, в основе деятельности которых лежит инновационность и креативность и которые непосредственно вовлекаются в процессы проведения исследований и разработок (конструкторское бюро, вычислительный центр и др.).

относящихся к оцениваемой проблеме, и шесть специалистов, имеющих опыт работы в сфере информационных технологий свыше пяти лет. В целях уменьшения субъективности экспертных оценок была проведена проверка согласованности мнений экспертов. Для определения согласованности экспертных оценок, выраженных в баллах либо в физических величинах, использовался коэффициент вариации, рассчитываемый по формуле

$$v_i = \sigma_i / \bar{x}_i, \quad (16)$$

где v_i – коэффициент вариации экспертных оценок по объекту оценки i ; σ_i – среднеквадратическое (стандартное) отклонение экспертных оценок по объекту оценки i ; \bar{x}_i – среднее значение экспертных оценок по объекту оценки i .

Выбор организаций для вхождения в состав кластера с применением этой методики был осуществлен 7 раз. По прошествии некоторого времени после каждого случая выбора оценивались эффективность трансфера технологий, временных затрат на освоение организациями-получателями передаваемых им готовых технологий и способных к преобразованию в них фундаментальных научных знаний (в среднем по кластеру), отражающих эффективность взаимодействия участников в ходе трансфера технологий и адаптации передаваемых готовых технологий и фундаментальных научных знаний к потребностям и характеру деятельности организаций-получателей, а также конкурентоспособность исследуемого кластера, выраженная в конкурентоспособности реализуемых им инновационных проектов. Был проведен анализ влияния выбора организаций-участников исследуемого кластера с использованием предложенной методики на конкурентоспособность инновационных проектов. Для начала был проведен регрессионно-корреляционный анализ зависимости конкурентоспособности инновационного проекта от числа случаев выбора организаций-участников исследуемого кластера. В качестве результативного признака была выделена конкурентоспособность проекта, а в качестве факторного – число случаев выбора организаций-участников.

Предприятиям E_1, \dots, E_7 группой экспертов были выставлены в соответствии с пятибалльной системой балльные оценки по 5 критериям: 1 – уровень информативности; 2 – квалификация персонала; 3 – инновационная активность; 4 – наличие специального оборудования; 5 – опыт работы с аналогичными технологиями. На основе выставленных балльных оценок была построена матрица решений X (табл. 2).

Таблица 2

Матрица решений

Предприятие	Оценка критерия, балл				
	1	2	3	4	5
E1	3	5	4	5	4
E2	5	4	2	4	3
E3	2	5	3	1	2
E4	3	4	5	3	2
E5	5	1	4	3	5
E6	4	2	3	5	4
E7	3	4	5	5	4

Была проведена нормализация балльных оценок, в соответствии с формулой (2), после чего были рассчитаны веса критериев w_j по методике, базирующейся на аналитическом иерархическом процессе, в основе которой лежит расстановка приоритетов, обусловленная сферой деятельности РИК, сроком реализации инновационного проекта и типом создаваемых в его рамках инноваций. В рассматриваемом инновационном проекте на первый план выходит скорость внедрения передаваемой технологии в процесс изготовления конечного продукта, которая напрямую зависит от уровня информативности предприятия, отражающего способность компонентов системы – структурных подразделений предприятия и его сотрудников – использовать новую информацию. Расчет весов критериев на основе оценки их значимости по пятибалльной системе представлен в табл. 3.

На основе нормализованных значений балльных оценок и полученных значений весов критериев (табл. 4) были рассчитаны взвешенные значения критериев по формуле (3). Были определены позитивное идеальное решение A^+ и негативное идеальное решение A^- для каждого критерия по формулам (4) и (5). Затем для каждого оцениваемого предприятия были установлены расстояние от позитивного идеального решения S_i^+ и расстояние от негативного идеального решения S_i^- с использованием Евклидова расстояния в соответствии с формулами (6) и (7), а также относительная близость к позитивному идеальному решению C_i по формуле (8).

Как показывают данные в табл. 4, рейтинг предприятий по расстоянию от позитивного идеального решения S_i^+ , рейтинг по расстоянию от негативного идеального решения S_i^- и рейтинг по относительной близости к позитивному идеальному решению C_i не всегда совпадают. Кроме того, значение C_i у наилучшей

Таблица 3

Расчетная таблица весов критериев w_j

Номер критерия, j	Балл*					Формула расчета веса критерия	Вес критерия, W_j
	1	2	3	4	5		
1	1	1	2	3	4	$\sqrt[5]{1 \times 1 \times 2 \times 3 \times 4} = 1,888$	0,32
2	1	1	2	3	4	$\sqrt[5]{1 \times 1 \times 2 \times 3 \times 4} = 1,888$	0,32
3	1/2	1/2	1	2	3	$\sqrt[5]{\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times 1 \times 2 \times 3} = 1,084$	0,19
4	1/3	1/3	1/2	1	2	$\sqrt[5]{\frac{1}{3} \times \frac{1}{3} \times \frac{1}{2} \times 1 \times 2} = 0,644$	0,11
5	1/4	1/4	1/3	1/2	1	$\sqrt[5]{\frac{1}{4} \times \frac{1}{4} \times \frac{1}{3} \times \frac{1}{2} \times 1} = 0,349$	0,06
Сумма						5,853	1

* Под баллами в данном случае понимаются экспертные оценки, выставленные в соответствии с пятибалльной системой.

альтернативы (предприятие E_2) ниже 0,7. В этой ситуации необходим дополнительный анализ правильного выбора принимающего предприятия для передачи разработанной технологии.

Вначале был определен вес каждой меры расстояния⁴, рассчитанной в рамках применения метода TOPSIS $w_{distance(j)}$, способом, аналогичным способу определения весов критериев. После этого была проведена нормализация представленных в табл. 4 числовых значений рейтинга предприятий, из числа которых нужно сделать выбор, по всем мерам расстояния, рассчитанным в рамках использования метода TOPSIS, в соответствии с формулой (9). Затем по формуле (10) были рассчитаны отношения предпочтения для всех пар оцениваемых предприятий по каждой мере расстояния и на основе полученных значений и весов мер расстояний, по формуле (11) была построена матрица предпочтений оцениваемых предприятий (табл. 5).

На основе матрицы предпочтений оцениваемых предприятий $\pi(i, k)$ по формуле (12) были определены отношения доминирования между оцениваемыми

Таблица 4

Меры расстояний и рейтинг предприятий

Предприятие	S_i^+	S_i^-	C_i	Рейтинг предприятий по:		
				S_i^+	S_i^-	C_i
E_1	0,067868962	0,142387884	0,677209264	2	1	2
E_2	0,066300462	0,139522549	0,667876338	1	2	1
E_3	0,114182922	0,127447522	0,527448114	6	3	5
E_4	0,07761653	0,116355014	0,599856101	4	5	4
E_5	0,129167685	0,108228828	0,455898979	7	6	6
E_6	0,107068929	0,086463354	0,446764502	5	7	7
E_7	0,072547322	0,122568451	0,628183202	3	4	3

Таблица 5

Матрица предпочтений оцениваемых предприятий $\pi(i, k)$

Предприятия	E_1	E_2	E_3	E_4	E_5	E_6	E_7
E_1	0	0,0429	0,46262	0,39368	0,69112	0,60246	0,2285
E_2	0,1001	0	0,51982	0,428	0,74832	0,65966	0,2857
E_3	0	0	0	0,0855	0,2285	0,21706	0,0426
E_4	0	0	0,17732	0	0,32032	0,23166	0
E_5	0	0	0	0	0	0,06578	0
E_6	0	0	0,07722	0	0,15444	0	0
E_7	0	0	0,27672	0,1423	0,46262	0,37396	0

⁴ В ряде русскоязычных источников, посвященных методу TOPSIS, используется словосочетание «мера расстояния» для характеристики показателей расстояния от позитивного идеального решения, расстояния от негативного идеального решения и относительной близости к позитивному идеальному решению.

мыми предприятиями и построена матрица интенсивностей доминирования предприятий $d(i, k)$ (табл. 6). По ней в соответствии с формулой (13) была сформирована матрица отношений недоминирования $Nd(i, k)$ (табл. 7).

Согласно условиям (14) и (15) организации, разработавшей новую технологию, среди предприятий-участников РИК для передачи технологии следует выбрать предприятие E_2 . (см. рейтинг предприятий по отношениям недоминирования в табл. 8).

Как показывают данные в табл. 8, рейтинг предприятий по отношениям недоминирования в значительной степени схож с рейтингом предприятий по относительной близости к позитивному идеальному решению (C_i), являющейся определяющей мерой расстояния при составлении рейтинга на основе использования метода TOPSIS.

Было проведено сопоставление предложенной методики с иными методами принятия решений. При этом мы исходили из следующих соображений:

Таблица 6

Матрица интенсивностей доминирования оцениваемых предприятий $d(i, k)$

Предприятия	E_1	E_2	E_3	E_4	E_5	E_6	E_7
E_1	0	0	0,46262	0,39368	0,69112	0,60246	0,2285
E_2	0,0572	0	0,51982	0,428	0,74832	0,65966	0,2857
E_3	0	0	0	0	0,2285	0,13984	0
E_4	0	0	0,09182	0	0,32032	0,23166	0
E_5	0	0	0	0	0	0	0
E_6	0	0	0	0	0,08866	0	0
E_7	0	0	0,23412	0,1423	0,46262	0,37396	0

Таблица 7

Матрица отношений недоминирования между оцениваемыми предприятиями $Nd(i, k)^*$

Предприятия	E_1	E_2	E_3	E_4	E_5	E_6	E_7
E_1	1	1	0,53738	0,60632	0,30888	0,39754	0,7715
E_2	0,9428	1	0,48018	0,572	0,25168	0,34034	0,7143
E_3	1	1	1	1	0,7715	0,86016	1
E_4	1	1	0,90818	1	0,67968	0,76834	1
E_5	1	1	1	1	1	1	1
E_6	1	1	1	1	0,91134	1	1
E_7	1	1	0,76588	0,8577	0,53738	0,62604	1

Таблица 8
Рейтинг предприятий по отношениям
недоминирования

Предприятие	Рейтинг
E_1	2
E_2	1
E_3	5
E_4	4
E_5	7
E_6	6
E_7	3

для грамотного выбора принимающей организации в процессе передачи разработанной технологии в рамках реализации инновационного проекта в РИК в условиях неопределенности и риска, присущих инновационной деятельности, необходима детальная оценка всех организаций-участников, потенциально способных выступить в роли принимающей организации, с учетом значимости каждого критерия, определяемой весовыми коэффициентами, что делает нецелесообразной процедуру прямого суммирования.

Для выбора предпочтительных методов были рассмотрены методы, в основе которых лежит оценка альтернатив по всем оцениваемым критериям с учетом их весов и которые содержат как качественный, так и количественный анализ, предполагающий точность расчетов. Эти методы в зарубежной литературе получили название методов MCDM (Multiple Criteria Decision Making) – методы многокритериального принятия решений.

Был проведен сравнительный анализ применения предложенной методики с применением схожих MCDM-методов (табл. 9), в основе которых, как и в основе метода TOPSIS, лежит количественная оценка расстояния от идеального решения: методом VIKOR (Papathanasiou, Ploskas, 2018; Alinezhad, Khalili, 2019; Yang et al., 2020) и серым реляционным анализом (Sarraf, Neyad, 2020; Akcan, Guldes, 2020; Pei, 2021), – а также полученных результатов.

Таблица 9

Сравнительный анализ результатов оценки предприятий в кластере информационных технологий

Предприятие	Предложенная методика		Метод VIKOR		Серый реляционный анализ	
	Значение ранжируемого показателя	Рейтинг	Значение ранжируемого показателя	Рейтинг	Значение ранжируемого показателя*	Рейтинг
E_1	0,9428	2	0,08	1	0,71714	1
E_2	1	1	0,16	3	0,69642	2
E_3	0,48018	5	1	7	0,56823	6
E_4	0,572	4	0,34	4	0,61584	5
E_5	0,25168	7	0,58	5	0,65498	4
E_6	0,34034	6	0,6	6	0,54789	7
E_7	0,7143	3	0,12	2	0,68716	3

* В рамках серого реляционного анализа ранжируемый показатель – серый реляционный ранг (grey relational grade, в российских источниках также называется «интегрированная реляционная оценка») – в большинстве источников обозначается греческой буквой γ (гамма), по отношению к каждой конкретной альтернативе данный показатель обозначается как γ_i .

Анализ выявил существенное сходство рейтингов при оценке альтернатив с использованием различных методов принятия решений. Применение различных методов показывает, что предприятия E_1 , E_2 и E_7 занимают наиболее высокие места в различных рейтингах по предпочтительности передачи разработанной технологии для создания принципиально нового продукта, а предприятия E_6 и E_3 – самые низкие места (см. табл. 9).

Схожесть рейтинга предприятий по предложенной методике с рейтингами, получаемыми при применении других методов принятия решений, ориентированных на нахождение идеального решения и расстояния каждой альтернативы от идеального решения, позволяет говорить об адекватности предложенной методики.

Также были определены разности значений между значением наиболее предпочтительной альтернативы и значением альтернативы, занимающей второе место в рейтинге. В случае применения предложенной методики разность между значением наиболее предпочтительной альтернативы и значением второй по счету альтернативы в рейтинге составляет 0,0572; метод VIKOR дает 0,04, а серый реляционный анализ – 0,02072. Таким образом, при применении предложенной методики наблюдается наиболее значимая разность между наиболее предпочтительной альтернативой и альтернативой, находящейся на втором месте в рейтинге, из чего следует, что предложенная методика, по сравнению с другими методами, ориентированными на идеальное решение, в ситуации выбора организации для передачи разработанной технологии в РИК позволяет наиболее четко ранжировать альтернативы и выявлять наиболее предпочтительную альтернативу.

6. Заключение

Предложенный подход позволит оценить риск выбора в отношении каждого оцениваемого предприятия, повысить точность выбора предприятия и, кроме того, сократить альтернативные издержки РИК, выраженные в упущении выгоды на этапе внедрения разработанной инновационной технологии в процесс изготовления конечного продукта. Из этого можно заключить, что применение такого подхода в РИК позволит ускорить выход выпускаемых им инновационных продуктов на рынок и, как следствие, повысить эффективность и конкурентоспособность как РИК в целом, так и входящих в его состав ключевых предприятий региона его расположения.

Проведенный в работе сравнительный анализ предложенной методики с другими методами многокритериального принятия решений позволяет выделить следующие основные преимущества данной методики:

- 1) детальная оценка риска за счет расчета расстояния как от позитивного, так и от негативного идеального решения и обозначения расстояния от негативного идеального решения в качестве приоритетной меры расстояния TOPSIS с приданием ей наиболее высокого веса при определении весов мер расстояний на основе аналитического иерархического процесса;
- 2) повышение объективности экспертных оценок и оценки альтернатив в целом, за счет сочетания качественного и количественного анализа;

- 3) универсальность применения, обусловленная дифференцированным подходом к использованию в зависимости от типа инноваций, создаваемых в рамках конкретного инновационного проекта, срока реализации инновационного проекта и области деятельности РИК.

Выбор организаций–участников РИК на основе разработанной методики является существенным фактором обеспечения и роста его конкурентоспособности, выраженной как в конкурентоспособности отдельных реализуемых инновационных проектов, так и в конкурентоспособности кластера в целом, отражаемой экономическими показателями его деятельности за счет повышения качества производственной деятельности и выпускаемой продукции, благодаря оперативному внедрению различных видов знаний, являющихся объектом трансфера технологий, и за счет оперативного распространения по всему кластеру и своевременного получения каждой организацией–участником иной информации, которая может быть использована для улучшения тех или иных показателей конкурентоспособности.

Универсальность применения предложенной методики позволяет ее рекомендовать для использования в любом РИК. Однако наиболее важное значение она имеет для РИК, активно занимающихся исследованиями и разработками в направлении создания принципиально новой продукции – базисных инноваций, отличающихся повышенным риском и реализующих, в основном, краткосрочные инновационные проекты. В этой связи ее применение наиболее целесообразно в РИК, специализирующихся на новых отраслях, в которых происходит быстрое устаревание разрабатываемых и применяемых технологий, а также выпускаемой продукции, что обуславливает высокую скорость обновления вырабатываемых технологий и изготавливаемых продуктов, непрерывную разработку новых технологий и выработку такой принципиально новой продукции в короткий срок, как информационные технологии, биотехнологии, полупроводниковая промышленность и т.д. Таким образом, можно утверждать, что применение данной методики в РИК способно внести определенный вклад в инновационное развитие наиболее динамичных отраслей.

Однако методика имеет некоторые ограничения. При необходимости особенно точной оценки всех критериев, например, в ситуации, когда временная задержка реализации в РИК инновационного проекта грозит финансовыми потерями организациям–участникам, вовлеченным в процесс его реализации, субъективное установление весов критериев, даже основанное на четкой расстановке приоритетов, может быть недостаточным. В этой ситуации следует рассмотреть другие методы определения веса каждого критерия, предполагающие объективный анализ, такие как метод энтропии и метод CRITIC. Следует отметить, что методика является гибкой и способной видоизменяться и совершенствоваться в зависимости от ситуации ее применения.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Аннадурдыев М.** (2018). Применение метода TOPSIS при выборе маркетингового посредника // *KANT*. № 2 (27). С. 230–233. [**Annadurdyev M.** (2018). The application of TOPSIS method in the selection of marketing intermediary. *KANT*, 2 (27), 230–233 (in Russian).]

- Бережной В., Цвирирко И., Шарунова Е.** (2005). Управление информационными потоками организации. Ставрополь: СевКавГТУ. 236 с. [**Berezhnoy V.I., Tsvirinko I.A., Sharunova E.V.** (2005). *Organization information flow management*. Stavropol: Publishing House of SevKavSTU. 236 p. (in Russian).]
- Гительман Л.Д., Кожевников М.В., Рыжук О.Б.** (2020). Технология ускоренного трансфера знаний для опережающего обучения специалистов цифровой экономики // *Экономика региона*. Т. 16. Вып. 2. С. 435–448. DOI: 10.17059/2020-2-8 [**Gitelman L.D., Kozhevnikov M.V., Ryzhuk O.B.** (2020). Technology of accelerated knowledge transfer for anticipatory training of specialists in digital economy. *Economy of Region*, 16 (2), 435–448. DOI: 10.17059/2020-2-8 (in Russian).]
- Лобкова Е.** (2019). Применение метода TOPSIS при решении задачи оценки устойчивости развития территорий // *Экономические науки*. № 3 (172). С. 47–51. DOI: 10.14451/1.172.47 [**Lobkova E.V.** (2019). Application of the TOPSIS method in solving the problem of assessing the sustainability of development of territories. *Economic Science*, 3 (172), 47–51. DOI: 10.14451/1.172.47 (in Russian).]
- Романова О., Нелюбина Т.** (2009). Управление инновационной восприимчивостью сложной системы технологий. Екатеринбург: Институт экономики УрО РАН. 79 с. [**Romanova O.A., Nelyubina T.A.** (2009). *Managing the perceptivity towards innovations of the complex technological systems*. Ekaterinburg: Institute of Economy of Urals division of “RAN”. 79 p. (in Russian).]
- Халицкая К.** (2020). Выбор технологий с помощью метода TOPSIS // *Форсайт*. № 1. С. 85–96. DOI: 10.17323/2500-2597.2020.1.85.96 [**Halicka K.** (2020). Technology selection using the TOPSIS method]. *Foresight*, 14 (1), 85–96. DOI: 10.17323/2500-2597.2020.1.85.96 (in Russian).]
- Чаплыгин В.** (2004). Устойчивость и равновесие, кооперация и координация в глобальном пространстве Дж. Нэш versus Г. Штакельберг // *Известия Томского политехнического университета*. № 2. С. 173–176. [**Chaplygin V.G.** (2004). Sustainability and equilibrium, cooperation and coordination: J. Nash versus H. Stackelberg. *The News of Tomsk Polytechnic University*, 2 (307), 173–176 (in Russian).]
- Чаплыгин В., Мороз В.** (2015). Методика оптимального выбора партнера для реализации инновационного проекта в условиях информационной асимметрии // *Вестник Калининградского филиала Санкт-Петербургского университета МВД России*. № 3 (41). С. 107–110. [**Chaplygin V.G., Moroz V.N.** (2015). Technique of an optimum choice of the partner selection for implementation of the innovative project in the conditions of information asymmetry. *Bulletin of the Kaliningrad branch of the Saint-Petersburg University of the Ministry of Internal Affairs of Russia*, 3 (41), 107–110 (in Russian).]
- Чаплыгин В.Г., Мороз В.Н.** (2020). Математическое определение эффективности трансфера технологий // *Экономика и математические методы*. Т. 56. № 3. С. 136–144. DOI: 10.31857/S042473880010522-3 [**Chaplygin V., Moroz V.** (2020). Mathematical determination of technology transfer efficiency. *Economics and Mathematical Methods*, 56, 3, 136–144. DOI: 10.31857/S042473880010522-3 (in Russian).]
- Яковлева Т.А.** (2010). Управление стоимостью предприятий химической отрасли (на примере Самарской области). Автореф. дисс. канд. экон. наук. Тольятти: Тольяттинский государственный университет. 24 с. [**Yakovleva T.A.** (2010). *Managing the value of chemical industry enterprises (on the example of the Samara region)*. Abstract diss. Cand. Sciences Econ. Togliatti: Togliatti State University. 24 p. (in Russian).]

- Akcan S., Guldies M.** (2020). Methodology for Risk Assessment based on Grey Relational Analysis: A Case Study in the Automotive Industry. *4th International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies, ISMSIT 2020*. Proceedings 22 October 2020. DOI: 10.1109/ISMSIT50672.2020.9254957
- Albers A., Bursac N., Maul L., Mair M.** (2014). The role of in-house intermediaries in innovation management – optimization of technology transfer processes from cross-industry. *Procedia CIRP*, 21, 485–490. DOI: 10.1016/j.procir.2014.03.151
- Alinezhad A., Khalili J.** (2019). New Methods and Applications in Multiple Attribute Decision Making (MADM). *International Series in Operations Research & Management Science*, 277. Cham: Springer Nature Switzerland AG. 233 p. DOI: 10.1007/978-3-030-15009-9
- Antuchevičienė J.** (2005). Evaluation of alternatives applying TOPSIS method in a fuzzy environment. *Technological and Economic Development of Economy*, 11, 4, 242–247. DOI: 10.1080/13928619.2005.9637704
- Calamel L.** (2012). Inter-organisational projects in French innovation clusters: The construction of collaboration. *International Journal of Project Management*, 30, 1, 48–59. DOI: 10.1016/j.ijproman.2011.03.001
- Fazal S.A., Wahab S.A., Yaacob A.S.B., Zarin N., Zawawi N.F.M.** (2016). The role of cultural factors on intra-firm technology transfer performance and corporate sustainability: A conceptual study. *Asian Social Science*, 12, 9, 15–25. DOI: 10.5539/ass.v12n9p15
- Guzhina G.N., Kozhayev Y.P., Guzhin A.A., Nazarshoyev N.M., Ogurtsov E.S.** (2018). Regional innovation clusters as catalyst for development of the regional economy of the Russian Federation. *5th International Multidisciplinary Scientific Conference on Social Sciences & Arts SGEN 2018*, 293–302. DOI: 10.5593/sgemsocial2018/1.3/S03.035
- Herliana C.** (2015). Regional innovation cluster for small and medium enterprises (SME): A triple helix concept. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 169, 151–160. DOI: 10.1016/j.sbspro.2015.01.297
- Hwang C.L., Yoon K.** (1981). *Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications*. Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 269 p.
- Jing L.-L.** (2010). Research on the coupling-based interaction promoting mechanism of corporation's core competence in regional clusters. *International Conference on Internet Technology and Applications, ITAP 2010*. Proceedings 2010. Article ID 5566545. 4 p. DOI: 10.1109/ITAPP.2010.5566545
- Leischnig A., Geigenmueller A., Lohmann S.** (2014). On the role of alliance management capability, organizational compatibility, and interaction quality in interorganizational technology transfer. *Journal of Business Research*, 67, 6, 1049–1057. DOI: 10.1016/j.jbusres.2013.06.007
- Leszczyńska D., Pruchnicki E.** (2016). Location of a multinational corporation in a cluster: A theoretical model of knowledge transfer. *Multinational Business Review*, 24, 2, 144–167. DOI: 10.1108/MBR-07-2015-0033
- Lew Y.K., Park J.-Y.** (2021). The evolution of N-helix of the regional innovation system: Implications for sustainability. *Sustainable Development*, 29, 2, 453–464. DOI: 10.1002/sd.2143
- Li Y., Wu T., Mao J., Guo H., Yao A.** (2020). A method of uncertainty measurements for multidimensional Z-number and their applications. *Hindawi Mathematical Problems in Engineering*. Available at: <https://www.hindawi.com/journals/mpe/2020/8407830/> DOI: 10.1155/2020/8407830
- Lo S., Chen J., Liu T.** (2018). Response to demand uncertainty of supply chains: A value-focused approach with AHP and TOPSIS. *International Journal of Industrial Engineering*, 25, 6, 739–756.

- Morgan T., Anokhin S., Wincent J.** (2018). When the fog dissipates: The choice between value creation and value appropriation in a partner as a function of information asymmetry. *Journal of Business Research*, 88, 498–504. DOI: 10.1016/j.jbusres.2017.11.032
- Muro M., Katz B.** (2011). Chapter 5. The new «Cluster moment»: How regional innovation clusters can foster the next economy. In: *Entrepreneurship and global competitiveness in regional economies: Determinants and policy implications* (Advances in the Study of Entrepreneurship, Innovation & Economic Growth, Vol. 22). G.D. Libecap, S. Hoskinson (Eds.). Emerald Group Publishing Limited, 93–140. DOI: 10.1108/S1048-4736(2011)0000022008
- Ortiz-Barrios M., Miranda-De la Hoz C., Lopez-Meza P., Petrillo A., Felice F.** (2020). A case of food supply chain management with AHP, DEMATEL, and TOPSIS. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis: Optimization, Learning and Decision Support*, 27, 1–2, 104–128. DOI: 10.1002/mcda.1693
- Papathanasiou J., Ploskas M.** (2018). Multiple criteria decision aid: Methods, examples and python implementations. In: *Springer Optimization and Its Applications*, 136. Cham: Springer Nature Switzerland AG. 173 p. DOI: 10.1007/978-3-319-91648-4
- Pei S.** (2021). Research on innovation performance evaluation of regional industrial enterprises above scale based on grey relational analysis. *E3S Web of Conferences*, 251, 1–5. DOI: 10.1051/e3sconf/202125101110
- Pramanik D., Haldar A., Mondal S.Ch., Naskar S.** (2017). Resilient supplier selection using AHP-TOPSIS-QFD under a fuzzy environment. *International Journal of Management Science and Engineering Management*, 12, 1, 45–54. DOI: 10.1080/17509653.2015.1101719
- Reddy A., Kumar P., Raj P.** (2019). Entropy-based fuzzy TOPSIS framework for selection of a sustainable building material. *International Journal of Construction Management*. DOI: 10.108 / 15623599.2019.1683695
- Rogers E.M., Takegami S., Yin J.** (2001). Lessons learned about technology transfer. *Technovation*, 21, 4, 253–261. DOI: 10.1016/S0166-4972(00)00039-0
- Sarraf F., Neyad S.H.** (2020). Improving performance evaluation based on balanced scorecard with grey relational analysis and data envelopment analysis approaches: Case study in water and wastewater companies. *Evaluation and Program Planning*, 79, 1–11. DOI: 10.1016/j.evalprogplan.2019.101762
- Schröter B., Zingraff-Hamed A., Ott E., Huang J., Hüesker F., Nicolas C., Schröder N.J.S.** (2021). The knowledge transfer potential of online data pools on nature-based solutions. *Science of The Total Environment*, 762, Article ID 143074. 13 p. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.143074
- Solo A.R., Rogers E.M.** (1972). *Inducing technological change for economic growth and development*. Michigan: Michigan State University Press. 238 p.
- Stepanova V.** (2020). An insight into concepts of technology transfer and its role in the national innovation system of Latvia. *Lecture Notes in Information Systems and Organisation*, 35, 252–261. DOI: 10.1007/978-3-030-34269-2_18
- Syrova T.N.** (2020). Risk management of innovation activities in the conditions of the digital economy. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 908, 306–311. DOI: 10.1007/978-3-030-11367-4_30
- Turkina E., Oreshkin B., Kali R.** (2019). Regional innovation clusters and firm innovation performance: an interactionist approach. *Regional Studies*, 53, 8, 1193–1206. DOI: 10.1080/00343404.2019.1566697
- Wei F., Limin X.** (2018). Simulation of knowledge transfer process model between universities: A perspective of cluster innovation network. *Complexity*, 2018, Article ID 598353. 13 p.

DOI: 10.1155/2018/5983531

- Wessner C.** (2011). *Growing innovation clusters for American prosperity: Summary of a symposium*. Washington, DC: National Research Council and National Academies Press. Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK115046>
- Yang H., Sun, X., Cheng, X., Zhou, G., Sun, G** (2020). Comprehensive evaluation of water resources carrying capacity in Weifang based on the VIKOR method. *Acta Scientiae Circumstantiae*, 40, 2, 716–723. DOI: 10.13671/j.hjkxxb.2019.0344
- Yıldırım M., Karakaya Ö., Altan İ.** (2019). Measurement of financial performance by using cost and profitability ratios in TOPSIS method: The case of a company in the iron and steel industry. *Gazi Journal of Economics and Business*, 5, 3, 170–181.

*Поступила в редакцию 26.11.2020**Received 26.11.2020*

V.G. Chaplygin

WSB University, Gdansk, Poland

V.N. Moroz

WSB University, Gdansk, Poland

Decision making on the technology transfer in regional innovation cluster under uncertainty and risk

Abstract. Regional innovative clusters unite various organizations related to high-tech industries, which is located in concrete region, on the basis of cooperative activity, common interests and complementarity to their functions, resources and capabilities. This accelerates research and development processes and provides market entry of final product that is of fundamental importance for competitiveness of manufactured product as well as of regional innovative cluster as a whole and region of its location. The paper aims to develop methods and recommendations on technology transfer in regional innovation cluster as a tool for optimization of risks of its innovation activity. They include the development of the methodology for decision making on transfer of technology in innovation cluster under uncertainty and risk. As a result, we made calculations on the conditional example, in accordance with proposed methodology. In conclusion, application of proposed methodology in regional innovation cluster allows to optimize risks at the stage of implementation of developed technology in the manufacturing of final product and to accelerate its market entry that can be considered as a factor of regional economic competitiveness.

Keywords: *regional innovation cluster, technology transfer, methodology of receiving enterprise selection, implementation of developed technology, uncertainty, risk, fuzzy information environment, method TOPSIS, preference matrix, domination matrix, non-domination matrix.*

JEL Classification: C2, O31, O330.

For reference: **Chaplygin V.G., Moroz V.N.** (2022). Decision making on the technology transfer in regional innovation cluster under uncertainty and risk. *Journal of the New Economic Association*, 1 (53), 121–142. DOI: 10.31737/2221-2264-2022-53-1-6