

О. Н. Шарнопольская, канд. экон. наук, С. А. Руссиян, канд. техн. наук
ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ И ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДИКИ ПРИОРИТЕТНОГО ИНВЕСТИРОВАНИЯ ОТРАСЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОЙ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ

Разработана и обоснована методика определения приоритетного инвестирования отраслей промышленности территориально-промышленного комплекса региона по нечетким условиям с использованием теории нечетких множеств для разработки различных сценариев и выбора наиболее эффективной отраслевой градации в контексте приоритетности финансирования для максимально быстрого роста экономики региона.

Ключевые слова: приоритеты инвестирования, условия неопределенности, антикризисная стратегия, территориально-промышленный комплекс, отрасли промышленности, нечеткие условия, теория нечетких множеств, экономико-математическое моделирование, нечетко-множественные теории, адаптивная методика

Введение

Антикризисное социально-экономическое развитие региона в стратегической перспективе возможно только на инновационной основе с обеспечением необходимыми инвестиционными ресурсами, что определяется обоснованием и выбором инвестиционных приоритетов от решения которых зависит реализация важнейших направлений социально-экономической политики. Эффективность осуществления такой стратегии будет зависеть от поставленных задач социально-экономического развития, наличия информационных, инвестиционных и инновационных, демографических и миграционных, инфраструктурных и финансовых составляющих на общегосударственном и отраслевом уровне.

Анализ последних исследований и публикаций

При изучении проблем инвестиционного обеспечения управленческих решений на макро-, мезо- и микроуровнях экономики рассматривались научные взгляды и подходы Т. Л. Безруковой, О. С. Виханского, С. Ю. Глазьева, И. А. Гольдмана, Д. Грейсона, Л. Кортленда, Э. И. Крылова, М. А. Лимитовского, В. Н. Попова, Е. В. Сибирской, Дж. Харрингтона. Эти ученые внесли существенный вклад в развитие теории и практики стратегического управления развитием региональных экономических систем, а также методологии активизации инвестиционных ресурсов. Однако их исследования посвящены вопросам и проблемам развития признанных государств. Вопросам развития региона в условиях непризнанности де-юре и функционирующих де-факто не уделяется внимания, несмотря на то, что в мире таких регионов около 120. В своей монографии Ю. В. Полшков обосновал и разработал теоретико-методологические аспекты и практические рекомендации относительно формирования механизма «управления экономикой региона с особым статусом в контексте инвестиционно-инновационного развития» [1]. Актуальными остаются вопросы определения приоритетности инвестирования в сложившихся кризисных условиях, а также детализации и обоснования межотраслевого взаимообеспечения и взаиморазвития для устойчивого антикризисного развития в стратегической перспективе.

Цель статьи заключается в развитии научно-методологических подходов в области реализации стратегического антикризисного управления экономическими системами и акти-

визации инвестиционного обеспечения экономического развития территориально-промышленного комплекса в условиях неопределенной внешней среды.

Изложение основного материала исследования

Как правило, система приоритетных направлений инвестирования в регионе разрабатывается с учетом обоснованных критериев, а также принципов их отбора, с учетом степени соответствия конкретному этапу трансформационных процессов в экономике, целям и задачам государственной социально-экономической политики. Так, в зависимости от направлений развития Г. Татевосян классифицирует инвестиционные приоритеты и выделяет «следующие группы:

- неизбежные: к ним относятся приоритеты, которые будут стоять на первом месте при любой концепции общероссийской структурной политики (экономическая безопасность, отрасли промышленности, продукция которых идет на мировой рынок);
- наиболее вероятные: к ним относятся направления, связанные с масштабным развитием отдельных отраслей или производств, в разработке которых могут участвовать несколько регионов;
- проблемные: при реализации данных приоритетов могут возникнуть трудности и развитие этих направлений возможно только при соответствующих решениях в рамках российской структурной политики» [2].

Новиков Ю. С. предлагает такую классификацию приоритетов:

- общеэкономического характера: поддержка производственного аппарата, а также инвестирование, способствующее расширению конкурентной среды и стимулирующее предпринимательство;
- межотраслевого уровня: структурная перестройка народного хозяйства, развитие производственной инфраструктуры на основе поддержки инновационных проектов, улучшение экологической ситуации;
- целевой характер: обеспечение населения страны продовольственными товарами собственного производства, повышение эффективности топливно-энергетического комплекса путем совершенствования эксплуатационных характеристик его предприятий и снижения затрат тепло- и электроэнергии в быту и производстве;
- выбор вариантов инвестирования и государственной поддержки среди предприятий, объектов, нуждающихся в обновлении основных фондов [3].

Исследования принципов обоснования приоритетов инвестирования не получили должного освещения в научной литературе, однако необходимо сделать акцент на целевой направленности инвестиций и особой значимости конкретных инвестиций для экономического и социального развития территории, решения наиболее важных проблем в данный момент.

Таким образом, в зависимости от поставленных задач государственной политики антикризисного социально-экономического развития, приоритеты инвестирования отраслей можно разделить на две большие группы: стратегические – нацеленные на новый уровень производства и структурные изменения в экономике, и тактические – решающие текущие задачи по обеспечению населения жильем, продовольственными товарами, услугами, в т. ч. социальной сферы, вопросы экологии и развития коммунального хозяйства.

Приоритеты в инвестиционной политике и приоритеты при формировании стратегии социально-экономического антикризисного развития региона тесно взаимосвязаны и касаются прежде всего ограниченности ресурсов и необходимости их сосредоточения на важнейших направлениях. С целью определения приоритетных направлений инвестирования, исходя из целей и задач государственной социально-экономической политики, необходимо определить отрасль – «ядро» стратегического антикризисного развития, направленную на новый уровень производства и структурные изменения в экономике и отрасль – «локомотив» для

решения тактических задач по обеспечению национальной безопасности, восстановлению экономического потенциала, обеспечению социальной стабильности и т. д.

Применительно к структуре экономического потенциала Донецкой Народной Республики для формирования стратегии ее антикризисного развития могут быть выделены четыре ключевые отрасли территориально-производственного комплекса (ТПК): электроэнергетическая, угольная, машиностроение и металлургия. Схема взаимодействия отраслей территориально-производственного комплекса с прямыми и косвенными связями представлена на рисунке 1.

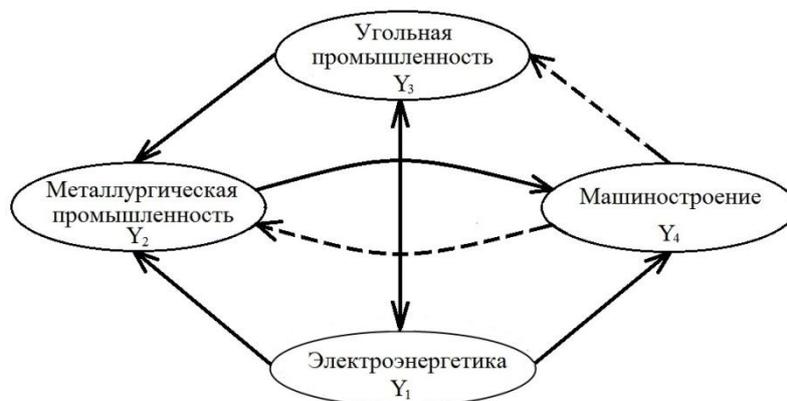


Рисунок 1 – Схема взаимодействия отраслей территориально-производственного комплекса с прямыми (—) и косвенными (---) связями [4]

Предполагается, что «локомотивом» в данной схеме является электроэнергетическая отрасль, которая обеспечит *энергетическую безопасность Республики* и позволит решить вопрос о восстановлении и развитии любой из отраслей региона, поскольку имеет прямую связь со всеми отраслями территориально-производственного комплекса. В стратегической перспективе эта отрасль может стать и «ядром» развития, например, возобновляемых источников энергии – солнечной, ветряной, биоэнергии.

Непосредственное взаимодействие между электроэнергетической и угледобывающей отраслями имеет прямую связь в обеспечении необходимыми ресурсами для их постоянного функционирования. Косвенная связь установлена между угледобывающей и машиностроительными отраслями, которые по мере необходимости удовлетворяют потребности в обеспечении требующимися материальными ресурсами. Восстановление и развитие металлургической отрасли способствует увеличению спроса на продукцию угледобывающей отрасли и электроэнергетики, между которыми установлена прямая связь по обеспечению стратегическими ресурсами.

Таким образом, предложенная функциональная схема взаимодействия отраслей внутри ТПК будет способствовать решению текущих задач по взаимному стимулированию функционирования в сложившихся условиях экономической блокады. При определении направления выхода из сложившегося кризиса пути восстановления и формирования стратегии антикризисного развития базовых отраслей потребуют существенной государственной поддержки, капиталовложений, инвестиций.

Оценка перспектив состояния экономики промышленного региона во взаимосвязи со стратегическими приоритетами инвестирования характеризуется базовыми показателями, в т. ч. инвестиционной деятельностью в регионе. Одной из таких ключевых характеристик развития выступает объем инвестиций в основной капитал. По оценкам Министерства экономического развития ДНР драйверами роста экономики в 2019 г. стали капитальные инвестиции, рост которых составил 29 %. Это коррелируется и с итогами инвестиционного Форума ДНР (2019 г.), где было подписано 34 долгосрочных соглашения на общую сумму 135,6 млрд руб. (2,1 млрд долл.), относящихся в основном к машиностроению, металлургии и агропромышленному комплексу [5].

Экономической наукой предложен и практикой используется методический инструментарий, относящийся к обоснованию и выбору инвестиционных приоритетов. Однако использование его в условиях ДНР затруднено по ряду причин: отсутствие полного комплекса официальных статистических данных по результатам деятельности отраслей в динамике; неясность в определении степени перспективности развития отраслей, уровня инвестиционного риска; неопределенность в перспективах международного признания государственного статуса Республики и т. д. Задача обоснования и выбора приоритетов отраслевого инвестирования в территориально-производственный комплекс Республики является актуальной и служит ключевым аспектом в выработке эффективной политики антикризисного развития в сложившихся условиях с учетом объективных факторов неопределенности и нестабильности.

Инвестиционный приоритет, занимая в региональной инвестиционной стратегии промежуточное положение между целями и инструментами их реализации, становится важным ориентиром при решении задач инвестиционного и социально-экономического характера. Обоснование, выбор и реализация инвестиционных приоритетов являются одной из функций управления инвестициями (процесс выработки, принятия и реализации решений в соответствии с принципами управления инвестициями): целевой направленностью, доходностью, сбалансированностью рисков, системностью управления. Такой подход вполне себя оправдал в условиях сбалансированного, бескризисного состояния субъектов экономической деятельности. В кризисных условиях и непризнанности субъектов хозяйственной деятельности конкретного региона (государства) представляется необходимой разработка и обоснование адаптированной методики определения отраслевых инвестиционных приоритетов. В частности, эта задача может быть решена на основе качественного разграничения отраслей территориально-производственного комплекса по нечетким условиям с использованием теории нечетких множеств.

Среди известных подходов к выделению секторов экономики [6–11] широко известно направление, в котором рассматривается структура региональной экономики с позиции двух секторов – потребительского и производственного [9, 10]. Однако в отношении промышленных регионов большей рациональностью отличается мнение о приоритетности рассмотрения производственно-промышленного сектора [11].

Анализ взаимодействия территориально-производственного комплекса при выборе отрасли – «локомотива» для решения задач антикризисного развития региона является основой для разработки мероприятий, планов и программ, ранжированных по важности приоритета финансирования. Выбор указанных мероприятий должен основываться на определенных формальных правилах, требующих функционального отображения характера преобразования качественных признаков в количественные оценки, по которым будет осуществляться отраслевая градация в контексте соблюдения приоритетности финансирования в целом и по пяти составляющим: инвестиционной привлекательности; обеспечению ресурсами других отраслей; приоритетности отрасли, обеспечивающей максимально быстрый рост экономики региона; занятости рабочей силы; благосостоянию граждан [1].

Наличие показателей оценки эффективности реализации системы отраслевого распределения, в контексте приоритетности финансирования, характеризующихся количественными и качественными составляющими, имеющими экономическое и социальное основание, требует применения приемов и методов теории нечетко-множественного подхода [12, 13]. В частности, теория нечетких множеств может быть использована как средство сбора и обработки нечеткой информации, представленной экспертом, особенно относительно тех ее аспектов, которые связаны с лингвистической неопределенностью, часто возникающей при работе (с экспертами) на естественном языке. Под лингвистической неопределенностью будем подразумевать качественные оценки естественного языка для логического вывода, принятия решений [14, 15].

При построении системы градации отраслевого распределения целесообразно выде-

лить три этапа:

- формирование массива исходных данных, полученных экспертным методом, с целью ранжирования отраслевого распределения по важности приоритета финансирования; проверка согласованности мнений экспертов;
- построение нечеткой модели оценки эффективности реализации системы отраслевого распределения; определение функций принадлежности качественных уровней общего отраслевого распределения; формирование системы правил нечеткого логического вывода;
- отнесение отрасли к определенному уровню в системе градации ТПК, в контексте приоритетности финансирования, для максимально эффективного решения задач антикризисного развития региона.

На первом этапе формирования массива исходных данных для построения функций принадлежностей качественных уровней градации отраслевого распределения по составляющим представляется целесообразным экспертный опрос с целью определения принадлежности отрасли по признакам низкого, среднего и высокого уровней по интегральным показателям пяти составляющих, которые служат для определения приоритетности финансирования. Такой опрос был проведен в ходе подготовки данного исследования.

Рассчитаны значения частоты, с которой экспертами были распределены отрасли по признакам низкого, среднего и высокого уровней. Это значение частоты было сопоставлено со значениями общего интегрального показателя и по его составляющим. Таким образом получен массив исходных данных для построения функций принадлежности общего уровня системы градации отраслевого распределения по пяти составляющим:

- уровень инвестиционной привлекательности;
- обеспечение ресурсами (конечной продукцией производства) других отраслей;
- обеспечение максимально быстрого роста показателей приоритетных отраслей экономики;
- повышение уровня полной занятости рабочей силы;
- улучшение материального благосостояния граждан.

Для определения уровня значимости каждой составляющей было привлечено восемь экспертов – представителей Министерств соответствующих отраслей. Для научного обоснования значимости и достоверности ответов экспертов весомое значение имеет оценка показателя степени согласованности действий экспертов (коэффициент конкордации) и критерия Пирсона, по которому проверяется статистическое значение коэффициента конкордации.

Поскольку каждая из указанных составляющих способна влиять на процесс реализации при градации в системе отраслевого распределения в различной степени, то с целью выявления значимости отдельных составляющих экспертам было предложено произвести их ранжирование, т. е. последовательно каждому из критериев экспертом присваивается определенный вес (чем больше вес, тем более велика степень влияния данной составляющей). Результаты ранжирования приведены в таблице 1, где для нахождения согласованной оценки группы экспертов, которые влияют на процесс реализации градации в системе отраслевого распределения, определена сумма весов оценок по каждому показателю.

Таблица 1 – Результаты экспертного ранжирования составляющих

Ранжируемые составляющие	Номер эксперта								Суммы весов экспертных оценок
	1	2	3	4	5	6	7	8	
1	1	2	1	1	2	2	3	2	14
2	3	3	3	3	3	3	1	3	22
3	2	1	2	2	1	1	2	1	12
4	4	4	5	5	4	4	5	4	35
5	5	5	4	4	5	5	4	5	37

Далее упорядочим суммы весов (по возрастанию) и связанные с ними номера ранжируемых составляющих. Так же для построения функций принадлежности сделаем расчет коэффициентов весомости ($\alpha_i, i = \overline{1, n}$) для составляющих системы градации отраслевого распределения (таблица 2). В нашем случае количество ранжируемых составляющих $n = 5$.

Таблица 2 – Ранжирование составляющих по возрастанию

Оценка экспертов	Номер эксперта								Ранжирование сумм	Квадраты весов	Ранг	Коэф. весомости
	1	2	3	4	5	6	7	8				
3	2	1	2	2	1	1	2	1	12	144	1	$\alpha_1 = 5/15$
1	1	2	1	1	2	2	3	2	14	196	2	$\alpha_2 = 4/15$
2	3	3	3	3	3	3	1	3	22	484	3	$\alpha_3 = 3/15$
4	4	4	5	5	4	4	5	4	35	1225	4	$\alpha_4 = 2/15$
5	5	5	4	4	5	5	4	5	37	1369	5	$\alpha_5 = 1/15$
Всего:	15	15	15	15	15	15	15	15	120	3418	15	1

Таким образом, результат ранжирования, который представляет согласованную оценку экспертов, выглядит следующим образом (составляющие выстроены по возрастанию степени их значимости, по мнению экспертов):

- обеспечение максимально быстрого роста приоритетных отраслей экономики;
- обеспечение ресурсами (конечной продукцией производства) других отраслей;
- уровень инвестиционной привлекательности;
- обеспечение более полной занятости рабочей силы;
- улучшение материального благосостояния граждан.

Проведенное ранжирование показывает, что эксперты наиболее высоко оценили значимость обеспечения максимально быстрого роста приоритетных отраслей экономики для решения задач антикризисного развития региона.

Для определения уровня согласованности мнений экспертов рассчитаем коэффициент конкордации (согласования) W :

$$W = \frac{\chi^2}{m(n-1)}. \quad (1)$$

В данном случае показатель χ^2 рассчитывается по формуле

$$\chi^2 = \frac{12S}{mn(n+1)} - 3m(n+1), \quad (2)$$

где m – количество экспертов;

n – количество ранжируемых составляющих;

S – сумма квадратов весов оценок.

Полученный коэффициент W оценивается по шкале от 0 до 1. В случае, если $W \geq 0,5$, то согласование мнений экспертов является положительным и можно акцентировать внимание на соответствующих составляющих, которые имеют наивысший уровень оценки. Если же $W < 0,5$, то согласование мнений экспертов является неудовлетворительным, и экспертная оценка не может быть основанием для реализации проектных мероприятий.

В данном случае коэффициент согласования для рассматриваемого набора составля-

ющих принимает следующее значение:

$$\chi^2 = \frac{12 \cdot 3418}{8 \cdot 5 \cdot (5+1)} - 3 \cdot 8 \cdot (5+1) = 170,9 - 144 = 26,9; W = \frac{26,9}{8 \cdot (5-1)} \approx 0,84.$$

Величина коэффициента конкордации $W = 0,84 > 0,5$ указывает на положительное согласование мнений группы экспертов, что свидетельствует о высокой степени согласованности мнений экспертов и является доказательством статистической существенности соответствующего коэффициента конкордации.

Проверим гипотезу о согласованности мнений экспертов на уровне значимости $\alpha = 0,01$. Для этого найдем табличное значение

$$\chi_{0,01}^2(n-1) = \chi_{0,01}^2(5-1) = \chi_{0,01}^2(4) = 13,3.$$

Будем иметь $\chi = 26,9 > 13,3 = \chi_{0,01}^2(4)$.

Таким образом, с надежностью $\gamma = 1 - \alpha = 0,99$ можно утверждать, что мнения экспертов согласованы и полученные результаты можно использовать при дальнейших расчетах и построений функций принадлежности.

На втором этапе формируется нечеткая модель оценки эффективности реализации системы отраслевого распределения.

Определим нечеткое множество \tilde{A} на универсальном множестве X (векторе влияющих факторов) как совокупность пар $\{x, \mu_{\tilde{A}}(x)\}$, где $\mu_{\tilde{A}}(x)$ – функция (степень) принадлежности элемента $x \in X$ к нечеткому множеству \tilde{A} . Здесь непрерывное нечеткое множество \tilde{A} можно представить в виде:

$$\tilde{A} = \{x, \mu_{\tilde{A}}(x)\} \Leftrightarrow \int_{\tilde{A}} \mu_{\tilde{A}}(x) / x, \quad (3)$$

где знак \int означает совокупность пар $\mu_{\tilde{A}}(x)$ и x .

Следует учесть, что над нечеткими множествами выполняются операции, введенные для использования нечетких множеств в задачах принятия решений. При этом основными операциями над нечеткими множествами являются:

– пересечение нечетких множеств A и B в X – нечеткое множество $A \cap B$ с функцией принадлежности:

$$\mu_{A \cap B}(x) = \min\{\mu_A(x), \mu_B(x)\}, x \in X; \quad (4)$$

– объединение нечетких множеств A и B в X – нечеткое множество $A \cup B$ с функцией принадлежности:

$$\mu_{A \cup B}(x) = \max\{\mu_A(x), \mu_B(x)\}, x \in X. \quad (5)$$

Нечеткая система включает в себя так называемый фаззификатор, преобразующий множество входных данных в нечеткое множество, базу правил и дефаззификатор, преобразующий нечеткие множества в конкретное значение выходной переменной на выходе (рисунок 2).

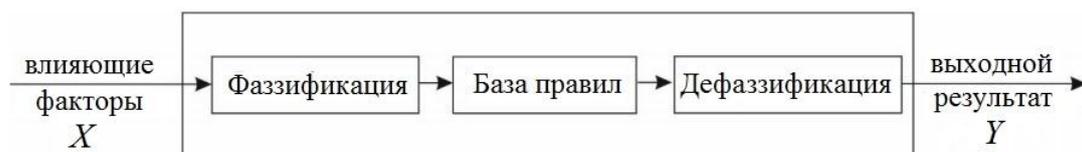


Рисунок 2 – Структурная схема нечеткой модели объекта

Введение нечеткости или фаззификация – это процедура нахождения значений функ-

ций принадлежности нечетких множеств на основе исходных данных. База правил системы нечеткого вывода служит для формального представления эмпирических знаний экспертов, в некоторой предметной области, согласованных относительно используемых в них лингвистических переменных.

Дефаззификация или приведение к четкости в системах нечеткого вывода представляет собой процесс нахождения четкого значения для каждой из исходных лингвистических переменных. Таким образом, оценки эффективности реализации системы отраслевого распределения, в контексте приоритетности финансирования, основанные на использовании методов нечеткой логики, представляют собой набор лингвистических (вербальных) правил в формате «ЕСЛИ – ТО». Каждое правило оперирует несколькими переменными: входными – в части ЕСЛИ и выходным – в части ТО.

Совокупность условий и выводов есть нечеткое правило R_1 :

$$R_1 : \text{ЕСЛИ } x_1 = A_1 \text{ и } x_2 = A_2 \dots x_n = A_n \text{ ТО } y_1 = B_1. \quad (6)$$

Совокупность нечетких правил образуют нечеткую базу правил:

$$\{R_j\}_{j=1}^k : R_j : \text{ЕСЛИ } \dots, \text{ТО } \dots, \quad (7)$$

где $j = \overline{1, k}$.

Объединение (агрегация) локальных выводов B_i по каждому правилу R_i в общий вывод B представляет собой зависимость:

$$B = \bigcup_{j=1}^k B_j, \quad (8)$$

где \bigcup – объединение локальных выводов [15, 16].

Процедуры фаззификации, композиции базы правил, импликации, дефаззификации в комплексе являются алгоритмом Мамдани. Введем обозначения для функций принадлежности переменных: «Отрасли, обеспечивающие быстрый рост экономики» (I_1), «Обеспечение ресурсами другие отрасли» (I_2), «Инвестиционная привлекательность» (I_3), «Занятость рабочей силы» (I_4) и «Благосостояние граждан» (I_5). Указанные функции принадлежности уместно разбить на следующие термы: «низкий» – H , «средний» – C и «высокий» – B . Исходная результирующая переменная «Градация отраслевого распределения» (D_{ind}) также должна быть разделена на 3 аналогичных терма.

Используя коэффициенты весомости для составляющих системы градации отраслевого распределения (таблица 2), зададим множество определения термов функций принадлежности и результирующей переменной (таблица 3).

Таблица 3 – Множество определения термов функций принадлежности I_1, I_2, I_3, I_4, I_5 и результирующей переменной D_{ind}

Функции принадлежности	Интервалы термов функций принадлежности		
	H	C	B
I_1	$[0; 0, 25\alpha_1)$	$[0, 25\alpha_1; 0, 75\alpha_1)$	$[0, 75\alpha_1; \alpha_1]$
I_2	$[0; 0, 25\alpha_2)$	$[0, 25\alpha_2; 0, 75\alpha_2)$	$[0, 75\alpha_2; \alpha_2]$
I_3	$[0; 0, 25\alpha_3)$	$[0, 25\alpha_3; 0, 75\alpha_3)$	$[0, 75\alpha_3; \alpha_3]$
I_4	$[0; 0, 25\alpha_4)$	$[0, 25\alpha_4; 0, 75\alpha_4)$	$[0, 75\alpha_4; \alpha_4]$
I_5	$[0; 0, 25\alpha_5)$	$[0, 25\alpha_5; 0, 75\alpha_5)$	$[0, 75\alpha_5; \alpha_5]$
D_{ind}	$[0; 2/9)$	$[2/9; 7/9)$	$[7/9; 1]$

Формализация низкого (H), среднего (C) и высокого (B) лингвистических термов осуществлялась с помощью функций принадлежности треугольной формы (рисунок 3, а), имеющих аналитический вид:

$$\mu_{H(I_i)}(x) = \begin{cases} 0, & x < 0; \\ 1 - 2x, & 0 \leq x \leq 0,5 \cdot \alpha_i; \\ 0, & x > 0,5 \cdot \alpha_i. \end{cases} \quad (9)$$

$$\mu_{C(I_i)}(x) = \begin{cases} 0, & x < 0; \\ 2x, & 0 \leq x \leq 0,5 \cdot \alpha_i; \\ 2 - 2x, & 0,5 \cdot \alpha_i \leq x \leq \alpha_i; \\ 0, & x > \alpha_i. \end{cases} \quad (10)$$

$$\mu_{B(I_i)}(x) = \begin{cases} 0, & x < 0,5 \cdot \alpha_i; \\ 2x - 1, & 0,5 \cdot \alpha_i \leq x \leq \alpha_i; \\ 0, & x > \alpha_i, \end{cases} \quad (11)$$

где α_i – коэффициент весомости для составляющих системы градации (I_i) отраслевого распределения ($i = \overline{1,5}$).

Полагая, что в формулах (9), (11) коэффициент весомости $\alpha_i = 1$, формализуем результирующую переменную «Градация отраслевого распределения» (D_{ind}). При этом вариативность среднего (C) лингвистического термина целесообразно выполнить с помощью функции принадлежности трапециевидной формы (рисунок 3, б), записанной аналитически:

$$\mu_{C(D_{ind})}(x) = \begin{cases} 0, & x < 0; \\ 2,5x, & 0 \leq x < 0,4; \\ 1, & 0,4 \leq x < 0,6; \\ 2,5 - 2,5x, & 0,6 \leq x \leq 1; \\ 0, & x > 1. \end{cases} \quad (12)$$

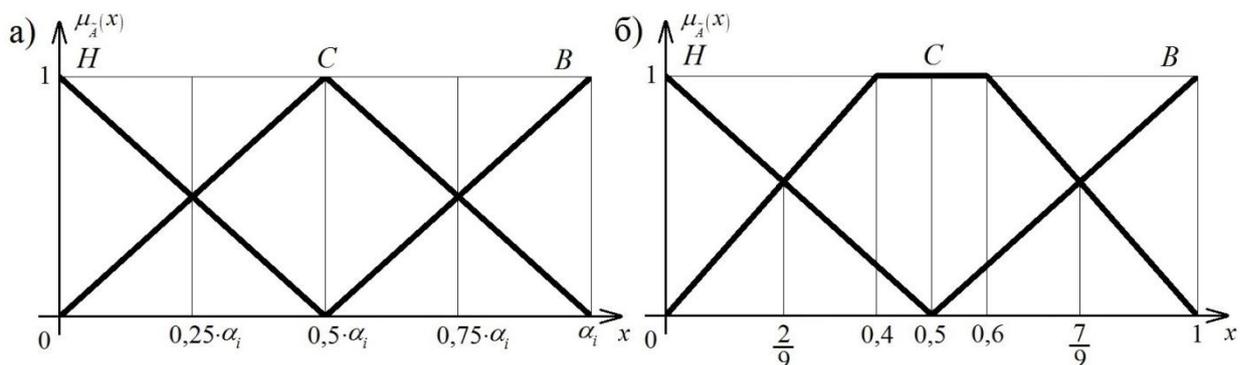


Рисунок 3 – Функции принадлежности (I_i) входных (а) и выходной (D_{ind}) (б) лингвистических переменных

В таблице 4 представлена система правил ($k = 20$) для нечеткой модели оценки эффективности реализации системы отраслевого распределения, в контексте приоритетности финансирования. Опираясь данными лингвистическими переменными, возможно осуществить отраслевую градацию приоритетов финансирования для решения задач антикризисного развития региона [13, 15].

Таблица 4 – Нечеткая база правил отраслевой градации

№	Влияющие факторы					Вывод	№	Влияющие факторы					Вывод
	I_1	I_2	I_3	I_4	I_5	D_{ind}		I_1	I_2	I_3	I_4	I_5	D_{ind}
1.	H	H	H	C	C	H	11.	C	H	C	B	C	C
2.	H	H	C	H	C	H	12.	C	H	B	H	C	C
3.	H	C	C	H	C	H	13.	C	C	H	B	H	C
4.	H	C	H	C	C	H	14.	C	C	B	H	C	C
5.	H	C	H	H	C	H	15.	C	B	C	H	H	C
6.	H	C	C	C	B	C	16.	C	B	B	H	C	B
7.	C	H	C	H	C	C	17.	C	B	B	B	H	B
8.	C	H	H	B	C	C	18.	B	C	C	B	H	B
9.	C	H	C	C	B	C	19.	B	C	B	C	B	B
10.	C	C	H	H	H	C	20.	B	C	C	B	C	B

Обоснованная структура правил оценки эффективности реализации системы отраслевого распределения, в контексте приоритетности финансирования, иллюстрируется примерами. Так, например, для правила 14 она имеет следующий вид: «ЕСЛИ «Отрасли, обеспечивающие быстрый рост экономики» (I_1) – средняя И «Обеспечение ресурсами другие отрасли» (I_2) – средняя И «Инвестиционная привлекательность» (I_3) – высокая И «Занятость рабочей силы» (I_4) – низкая И «Благосостояние граждан» (I_5) – средняя ТО результирующая переменная «Градация отраслевого распределения» (D_{ind}) – средняя. Следовательно, согласно правилу № 14 локальный вывод B_{14} , представляющий собой функцию принадлежности, вычисляется по методу [16]:

$$\mu_{B_{14}} = \max \left\{ \mu_C(y), \min \left(\mu_{I_1}(x_1), \mu_{I_2}(x_2), \mu_{I_3}(x_3), \mu_{I_4}(x_4), \mu_{I_5}(x_5) \right) \right\},$$

где $x_i \in [0; \alpha_i]$, $i = \overline{1,5}$, $y \in [0;1]$.

Согласно (8), общий вывод для нечеткой базы знаний равен:

$$\mu_B(y) = \sum_{j=1}^{20} \mu_{B_j}(y). \quad (13)$$

Дефаззификацию полученного нечеткого множества (13) целесообразно провести по методу центра тяжести (взвешенного среднего):

$$D_{ind} = \frac{\int_0^1 y \mu_B(y) dy}{\int_0^1 \mu_B(y) dy}. \quad (14)$$

На третьем этапе в задачу экспертов входило выполнение оценки отрасли ТПК для двух сценариев развития экономики ДНР:

I. Стратегия восстановления.

II. Стратегия развития.

Результаты экспертных оценок влияющих факторов (I_i , $i = \overline{1,5}$) обобщены и трансформированы в количественные показатели на основе использования пятибалльной шкалы от «низкого» уровня до «высокого», нормированных на отрезке $[0; \alpha_i]$. Определено их среднее значение.

Общий логический вывод для сценариев I и II представлен в таблице 6.

Таблица 6 – Общий логический вывод для сценариев I и II

Отрасли ТПК	Влияющие факторы					Вывод
	I_1	I_2	I_3	I_4	I_5	D_{ind}
Сценарий I						
Y_1	0,22	0,27	0,15	0,07	0,06	0,783
Y_2	0,15	0,14	0,18	0,09	0,04	0,516
Y_3	0,16	0,21	0,08	0,12	0,05	0,57
Y_4	0,24	0,17	0,16	0,1	0,06	0,644
Сценарий II						
Y_1	0,15	0,27	0,1	0,05	0,04	0,505
Y_2	0,25	0,21	0,14	0,1	0,03	0,762
Y_3	0,1	0,18	0,07	0,12	0,04	0,47
Y_4	0,3	0,22	0,18	0,08	0,05	0,845

Согласно математической модели (1–14) ранжирования отраслей ТПК по важности приоритета финансирования для двух сценариев развития экономики ДНР получен следующий логический вывод:

I. Для стратегии восстановления: $Y_1 > Y_4 > Y_3 > Y_2$;

II. Для стратегии развития: $Y_4 > Y_2 > Y_1 > Y_3$.

Следовательно, для стратегии I, более важной отраслью ТПК по приоритету финансирования является электроэнергетика. Далее идут машиностроение, угольная и металлургическая промышленность.

Для решения задач антикризисного развития региона (сценарий II) ранжирование по важности приоритета финансирования состоит в следующем: машиностроение, металлургическая промышленность, электроэнергетика, угольная промышленность.

Выводы

Специфика стратегического антикризисного управления экономикой непризнанного государства заключается в необходимости комплексного учета всего многообразия факторов, влияющих на формирование ключевых показателей развития экономической системы, а также в разработке и принятии научно-обоснованных управленческих решений, обеспечивающих достижение социально-экономических целей антикризисного развития экономики. Прежде всего это касается и вопросов определения приоритетов отраслевого инвестирования, разработки методики, адаптированной к сложившимся условиям. Предложенная методика определения приоритетного инвестирования отраслей промышленности на основе объединения нечеткого логического вывода и экспертных оценок является одним из перспективных подходов к анализу взаимодействия территориально-производственного комплекса при выборе отрасли – «локомотива» для решения задач антикризисного развития промышленного региона.

Обобщая вышеизложенные результаты математических обоснований, можно сделать вывод, что качественное разграничение отраслей территориально-производственного комплекса по нечетким условиям с использованием теории нечетких множеств является эффективным и действенным инструментом экономико-математического анализа антикризисного развития региона.

Неопределенность, которая неизбежна при взаимодействии отраслей территориально-производственного комплекса, одновременное влияние значительного количества разнородных и разнонаправленных факторов, а также неопределенность относительно характера реакции экономики региона на те или иные воздействия, требует гибкого подхода к исследованию взаимодействия структурных компонентов территориально-производственного компле-

кса, которое может базироваться на нечетко-множественной теории. Кроме этого, для оценки взаимодействия отраслей территориально-производственного комплекса данная модель позволяет использовать прогнозируемые значения показателей для различных сценариев и выбирать наиболее эффективную отраслевую градацию, в контексте приоритетности финансирования, для максимально быстрого роста экономики региона.

Данная методика позволяет получить комплексное и объективное представление об определении отрасли приоритетного инвестирования в условиях, характерных для непризнанного государства с целью антикризисного развития в стратегической перспективе. Направлением дальнейших исследований будет являться расширение анализа взаимодействия химической, пищевой отраслей, а также сельскохозяйственных производств с рассмотренными отраслями территориально-производственного комплекса региона.

Список литературы

1. Полшков, Ю. Н. Управление экономикой региона с особым статусом : монография / Ю. Н. Полшков ; под научной редакцией А. В. Половяна. – Ростов-на-Дону : Изд-во Южного федерального университета, 2016. – 331 с. – ISBN 978-5-9275-1951-4.
2. Татевосян, Г. Региональная инвестиционная политика: опыт формирования / Г. Татевосян // Инвестиции в России. – 1999. – № 12. – С. 13–17.
3. Новиков, Ю. С. Инвестиции в регионе: проблемы теории и практики / Ю. С. Новиков. – Сыктывкар : Коми книжное издательство, 1998. – 21 с.
4. Шарнопольская, О. Н. Определение приоритетного направления межотраслевого антикризисного развития / О. Н. Шарнопольская, С. А. Руссиян // Менеджер. – 2018. – № 2(84). – С. 57–63.
5. Итогом работы Донецкого международного инвестиционного форума стало подписание 34 соглашений на сумму 135,6 млрд рублей. – Текст : электронный // Землячество Донбассовцев : [сайт]. – 2019. – URL: http://donbass-moscow.ru/forum_don2019/.
6. Миролобова, А. А. Подходы к анализу и прогнозированию инвестиционных вложений в реальный сектор экономики региона на основе эконометрического моделирования / А. А. Миролобова, М. Б. Ермолаев // Известия высших учебных заведений. Серия: Экономика, финансы и управление производством. – 2011. – № 1(7). – С. 17–23.
7. Фридман, Ю. А. Кузбасс: структурный пасьянс / Ю. А. Фридман, Г. Н. Речко. – Текст : электронный // ЭКО. – 2011. – № 9. – С. 34–49. – URL: http://www.econom.nsc.ru/eco/arhiv/ReadStatiy/2011_09/034Fridman2011_09.pdf.
8. Березинская, О. Б. Инвестиционный процесс в российской экономике: потенциал и направления активизации / О. Б. Березинская, А. Л. Ведев. – Текст : электронный // Вопросы экономики. – 2014. – № 4. – С. 4–16. – URL: <https://www.vopreco.ru/jour/article/view/630/0>.
9. Прокудин, А. Ю. Системно-логический подход к рассмотрению структуры региональной экономики / А. Ю. Прокудин. – Текст : электронный // Вестник Тамбовского университета. Серия: Гуманитарные науки. Экономика. – 2008. – № 10(66). – С. 469–472. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sistemno-logicheskiy-podhod-k-rassmotreniyu-struktury-regionalnoy-ekonomiki/viewer>.
10. Кацук, О. А. Подход к рассмотрению структуры региональной экономики / О. А. Кацук, А. Ю. Прокудин. – Текст : электронный // Актуальные инновационные исследования: наука и практика. – 2009. – № 2. – С. 26. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=16373195>.
11. Верников, В. А. Экономический кризис и стратегическое планирование эффективности предпринимательских структур производственно-промышленного сектора / В. А. Верников. – Текст : электронный // Ученые записки Российской Академии предпринимательства. – 2015. – № 43. – С. 7–14. – URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_23857090_40400216.pdf.
12. Шевченко, М. Н. Оценка эффективности реализации конкурентной стратегии мясоперерабатывающего предприятия на основе нечеткой логики / М. Н. Шевченко // Пути повышения эффективности управленческой деятельности органов государственной власти в контексте социально-экономического развития территорий : материалы II международной научно-практической конференции, 6–7 июня, 2018, г. Донецк. Секция 2: Повышение качества управления социально-экономическим развитием региона / ГОУ ВПО «ДонАУиГС». – Донецк : ДонАУиГС, 2018. – С. 232–234.
13. Леоненков, А. В. Нечеткое моделирование в среде Matlab и fuzzyTech / А. В. Леоненков. – Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2015. – 725 с.
14. Петров, А. А. Метод оценки вероятности возникновения аномальных событий в компьютерной сети, основывающийся на системах нечетких множеств / А. А. Петров // Информационная безопасность. – 2013. – № 2(10). – С. 135–145.

15. Руссиян, С. А. Прогнозирование результатов спортивных событий в условиях нечеткой информации / С. А. Руссиян, Г. А. Гусар, И. А. Качанова // Сборник научно-методических работ. – 2019. – Вып. 11. – С. 186–192.
16. Заде, Л. А. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений / Л. А. Заде. – Москва : Мир, 2010. – 167 с.

О. Н. Шарнопольская, С. А. Руссиян
ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк
Разработка математической модели и обоснование методики приоритетного инвестирования
отраслей промышленности в условиях неопределенной внешней среды

Антикризисное социально-экономическое развитие региона в стратегической перспективе возможно только на инновационной основе с обеспечением необходимыми инвестиционными ресурсами, что определяется обоснованием и выбором инвестиционных приоритетов. От этого зависит реализация важнейших направлений социально-экономической политики.

Обоснование, выбор и реализация инвестиционных приоритетов являются одной из функций управления инвестициями и определяются целевой направленностью, доходностью, сбалансированностью рисков, системностью управления. Такой подход вполне себя оправдал в условиях сбалансированного, бескризисного состояния субъектов экономической деятельности. В кризисных условиях и непризнанности субъектов хозяйственной деятельности конкретного региона (государства) представляется необходимой разработка и обоснование адаптированной методики определения отраслевых инвестиционных приоритетов. В частности, эта задача может быть решена на основе качественного разграничения отраслей территориально-производственного комплекса по нечетким условиям с использованием теории нечетких множеств.

Предложено при построении системы градации отраслевого распределения выделить три этапа: формирование массива исходных данных, полученных экспертным методом, с целью ранжирования отраслевого распределения по важности приоритета финансирования; построение нечеткой модели оценки эффективности реализации системы отраслевого распределения; определение функций принадлежности качественных уровней общего отраслевого распределения; формирование системы правил нечеткого логического вывода; отнесение отрасли к определенному уровню в системе градации ТПК, в контексте приоритетности финансирования, для максимально эффективного решения задач антикризисного развития региона.

Предложенная методика определения приоритетного инвестирования отраслей промышленности территориально-промышленного комплекса на основе объединения нечеткого логического вывода и экспертных оценок позволит определить отрасль – «локомотив» и выбрать наиболее эффективную отраслевую градацию в контексте приоритетности финансирования для максимально быстрого роста экономики региона.

ПРИОРИТЕТЫ ИНВЕСТИРОВАНИЯ, УСЛОВИЯ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ, АНТИКРИЗИСНАЯ СТРАТЕГИЯ, ТЕРРИТОРИАЛЬНО-ПРОМЫШЛЕННЫЙ КОМПЛЕКС, ОТРАСЛИ ПРОМЫШЛЕННОСТИ, НЕЧЕТКИЕ УСЛОВИЯ, ТЕОРИЯ НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ, ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, НЕЧЕТКО-МНОЖЕСТВЕННЫЕ ТЕОРИИ, АДАПТИВНАЯ МЕТОДИКА

О. N. Sharnopolskaia, S. A. Russiian
Donetsk National Technical University, Donetsk
Mathematical Model Development and Technique Substantiation for the Priority Investment of the
Industries in the Conditions of the Uncertain Environment

The anti-crisis socio-economic development of the region in the strategic perspective is possible only on an innovative basis with the provision of the necessary investment resources which is determined by the substantiation and choice of the investment priorities.

The substantiation, selection and implementation of investment priorities are one of the functions of the investment management and they are determined by the target orientation, profitability, balance of risks, systematic management. This approach has fully justified itself in a balanced, crisis-free state of the economic activity subjects. In crisis conditions and unrecognized economic entities of the particular region (state), it seems necessary to develop and justify an adapted technique to determine the sectoral investment priorities. In particular, this problem can be solved on the basis of the qualitative differentiation of the territorial-production complex branches according to the fuzzy conditions using the theory of fuzzy sets.

It is proposed to distinguish the following stages in the construction of the grading industry distribution system: formation of the initial data array obtained by the expert method in order to rank the sectoral distribution

according to the importance of the financing priority; determination of the membership functions of quality levels of general industry distribution; system formation of the rules for fuzzy inference; the industry rating to a certain level in the TPC grading system, in the context of the financing priority, for the most effective solution of the problems of the region anti-crisis development.

The proposed technique to determine the priority investment of the territorial-production complex industries on the basis of combining fuzzy inference and expert assessments will determine the industry – «locomotive» and choose the most effective sectoral gradation in the context of the financing priority for the fastest possible growth of the region's economy.

INVESTMENT PRIORITIES, UNCERTAINTY CONDITIONS, ANTI-CRISIS STRATEGY, TERRITORIAL AND PRODUCTION COMPLEX, INDUSTRIAL BRANCHES, FUZZY CONDITIONS, THEORY OF FUZZY SETS, ECONOMIC-MATHEMATICAL MODELING, FUZZY-MULTIPLE THEORIES, ADAPTIVE TECHNIQUE

Сведения об авторах:

О. Н. Шарнопольская

SPIN-код: 9461-5984

ORCID ID: 0000-0002-0057-0690

Researcher ID: B-6073-2016

Телефон: +38 (071) 309-81-08

Эл. почта: o.sharnopolskaya@mail.ru

С. А. Руссиян

SPIN-код: 5372-5120

ORCID ID: 0000-0001-5506-6144

Researcher ID: D-5746-2016

Телефон: +38 (071) 375-88-25

Эл. почта: st_russ@mail.ru

Статья поступила 12.11.2020

© О. Н. Шарнопольская, С. А. Руссиян, 2020

Рецензент: Е. Г. Курган, канд. экон. наук, доц., ГОУВПО «ДОННТУ»