Формирование базы нечетких правил для оценки научно-исследовательских работ в условиях многофакторной неопределенности

Грушкин Сергей Викторович
аспирант, АНО ДПО "НОЦ ВКО "Алмаз-Антей"

В статье рассматривается проблема формализации экспертных знаний для многокритериальной оценки научно-исследовательских работ как составляющей инвестиционных проектов. В развитие методики, предложенной в [1], представлена структурированная база нечетких правил, включающая стратегические, адаптационные, ресурсные и комбинированные сценарии. Для каждого правила приведено обоснование целесообразности. Разработанная модель может быть использована при создании интеллектуальных систем поддержки принятия решений в условиях неопределенности, дополняя адаптивный механизм назначения весов, описанный в [1].

Ключевые слова: нечеткая логика, база знаний, экспертные системы, оценка проектов, многокритериальный анализ, поддержка принятия решений, неопределенность.

Введение

В работе [1] была предложена адаптивная методика оценки перспективных направлений НИР, позволяющая на основе аппарата нечеткой логики динамически определять весовые коэффициенты критериев в зависимости от стратегии предприятия, состояния рыночной среды и кадрового потенциала. Данный подход решает ключевую проблему субъективности назначения весов в традиционных методах взвешенной суммы. Однако, как справедливо отмечается в [1], для полноценной реализации такой методики требуется не только гибкое изменение весов, но и формализованная база правил, кодирующая логику принятия решений в различных комбинациях условий.

Современная экономика характеризуется высокой степенью неопределенности, что существенно усложняет задачу отбора и оценки инвестиционных проектов. Традиционные количественные методы (NPV, IRR, ROI) часто оказываются недостаточными, поскольку не учитывают качественные факторы: технологические риски, кадровый потенциал, стратегическую значимость и адаптацию к изменяющейся рыночной среде. Предложенная в [1] методика решает проблему назначения весов, но оставляет открытым вопрос о содержательном наполнении базы правил «ЕСЛИ-ТО», которая должна обеспечить корректную работу нечеткого вывода.

Целью данной статьи является разработка и научное обоснование структурированной базы нечетких правил для многокритериальной оценки проектов, учитывающей различные комбинации стратегических целей, рыночных условий и ресурсных ограничений. Данная база правил выступает логическим продолжением и содержательным расширением модели, предложенной в [1].

Основная часть

В качестве метода построения базы правил использован экспертный подход с последующей верификацией на основе принципов, заложенных в адаптивной методике [1]. При этом структура правил полностью соответствует системе критериев, введенной в [1]: технологическая реализуемость (T), кадровый потенциал (K), экономическая эффективность (E), рыночная востребованность (M) и научно-социальная эффективность (S). Выходные переменные, веса («Вес_T», «Вес_E», «Вес_M», «Вес_K», «Вес_S») для каждого критерия могут принимать значения: очень низкий (ОН), низкий (Н), средний (С), высокий (В) и критический (К). Каждый критерий может принимать значения от 0 (минимальная значимость) до 1 (максимальная значимость, блокирующая или критическая). При этом необходимо понимать, что эти значения являются целевыми лингвистическими уровнями, а не весами. Расчет итоговых весов будет показан ниже.

Предлагаемая база правил направлена на расширение адаптивного механизмы [1] за счет явного описания четырех групп сценариев: стратегических, адаптационных, ресурсных и комбинированных. Правила строятся по принципу «ЕСЛИ-ТО», описывает логику принятия решений экспертами в зависимости от внешних и внутренних условий.

В результате работы по формированию сводной таблицы базы правил, представленные в таблице 1.

Таблица 1

ID	Условия (ЕСЛИ...)	Выводы (ТО...)					Приоритет
		Вес_E	Вес_M	Вес_T	Вес_K	Вес_S	
Стратегические правила (С)							
С1	Стратегия = Коммерциализация	В	В	С	С	Н	Средний
С2	Стратегия = Технологическое лидерство	С	Н	Кр	В	В	Средний
С3	Стратегия = Оборонный заказ	Н	Н	Кр	В	С	Средний
Адаптационные правила (А)							
А1	Рыночная среда = Волатильная	Кр	С	В	–	–	Низкий
А2	Рыночная среда = Высокая конкуренция	В	Кр	В	–	–	Низкий
А3	Рыночная среда = Стабильная	В	С	–	–	Н	Низкий

ID	Условия (ЕСЛИ...)	Выводы (ТО...)					Приоритет
		Ресурсные правила (Р)					
Р1	Кадровый потенциал = Критический дефицит	–	–	Н	Кр	–	Высший
Р2	Кадровый потенциал = Дефицит	–	–	–	В	–	Высший
Р3	Кадровый потенциал = Стабильный	–	–	–	Н	–	Высший
	Комбинированные правила						
К1	Стратегия = Коммерциализация И Рыночная среда = Волатильная	Кр	С	В	–	Н	Комбинир.
К2	Стратегия = Технологическое лидерство И Кадровый потенциал = Критический дефицит	–	–	В	Кр	С	Комбинир.
К3	Стратегия = Оборонный заказ И Кадровый потенциал = Критический дефицит И Рыночная среда = Высокая конкуренция	Н	–	Кр	Кр	В	Комбинир.
К4	Рыночная среда = Стабильная И Социальный запрос = Высокий	–	В	–	–	В	Комбинир.
К5	Стратегия = Коммерциализация И Рыночная среда = Высокая конкуренция И Доступ к импорту = Ограничен	С	В	Кр	В	–	Комбинир.

Примечание: Знак «–» означает, что правило явно не изменяет данный критерий.

Далее представлено детальное описание каждого нечеткого правила, его теоретическое обоснование. Правила сгруппированы по четырем категориям: стратегические, адаптационные, ресурсные и комбинированные.

Стратегические правила определяют целевые приоритеты проекта исходя из стратегии предприятия. Как показано в методике [1], стратегия предприятия является одним из ключевых входных параметров, влияющих на весовые коэффициенты критериев. Правила этой группы конкретизируют, каким должен быть «профиль» успешного проекта для каждой из трех типовых стратегий: коммерциализация, технологическое лидерство и оборонный заказ.

Правило С1 основывается на классической теории инвестиционного анализа, где доминирующими критериями выступают финансовая эффективность и рыночная привлекательность [2]. В рамках нечеткого подхода коммерциализация рассматривается как задача получения максимальной пользы при наличии ресурсных ограничений [3, 4]. Ключевая идея заключается в том, что для коммерческого предприятия проекты, в первую очередь, должны обладать двумя свойствами: генерировать положительный денежный поток (высокая экономическая эффективность Е) и иметь высокий спрос (высокая рыночная востребованность М).

Технологическая реализуемость (Т) и кадровый потенциал (К) при этой стратегии играют обеспечивающую, а не целеполагающую роль. Они не должны быть критически низкими, иначе проект становиться невыполнимым. Однако, при этом, их высокие значения не являются самоцелью. Научно-социальная значимость (S) при коммерциализации имеет низкий приоритет, поскольку предприятие не ставит перед собой задач фундаментальных исследований или социальной миссии.

Правило С2 опирается на концепцию «technology-push», иными словами «технологического толчка» и теорию диффузии инноваций Э. Роджерса [5], при которых создание уникального технологического знания важнее текущей монетизации. Компании, следующие стратегии технологического лидерства (например, в фармацевтике, авиастроении, полупроводниковой промышленности), сознательно идут на длительные сроки окупаемости и высокие риски ради получения конкурентного преимущества в будущем.

В рамках данного правила:

- Т=Кр (критический вес технологической реализуемости) означает, что проект должен быть не просто выполним технически, а обладать уникальными, прорывными характеристиками.
- К=В (высокий вес кадрового потенциала) отражает тот факт, что носителями уникального знания являются высококвалифицированные ученые и инженеры. Без них даже хорошая идея нереализуема.
- S=В (высокая стратегическая значимость) учитывает, что технологические прорывы часто имеют долгосрочное влияние на отрасль или национальную безопасность.
- Е=С, М=Н – экономическая эффективность и рыночная востребованность на момент оценки могут быть средними или даже низкими, поскольку прорывные технологии часто не имеют готового рынка и требуют «выращивания» спроса.

Правило С3 основано на принципах государственного оборонного заказа (ГОЗ), где выполнение тактико-технических характеристик (ТТХ) является обязательным условием. В оборонной промышленности заказчик (государство) финансирует разработку и/или производство, исходя из необходимости обеспечения национальной безопасности, а не из соображений максимальной прибыли.

В рамках правила:

- Т=Кр – технологическая реализуемость имеет критический вес. Если проект не может обеспечить заданные ТТХ (дальность, точность, скрытность, надежность), то он не может быть принят ни при каких обстоятельствах.
- К=В – кадровый потенциал имеет высокий вес, поскольку работы с секретными технологиями, двойным назначением и специфическими материалами требуют уникальной квалификации и допусков.
- S=С – стратегическая значимость оценивается как средняя, потому что в рамках ГОЗ все проекты по определению имеют высокую стратегическую ценность, и дополнительное ранжирование по этому критерию внутри портфеля оборонных проектов не требуется.
- Е=Н, М=Н – экономическая эффективность и рыночная востребованность имеют низкий вес, так как ценообразование регулируется государством, а рынок сбыта (внутренний и, возможно, экспортный) является производным от выполнения ТТХ.

Адаптационные правила отражают влияние внешней рыночной среды на требования к проекту. Как показано в методике [1], одна и та же стратегия может требовать разных весов критериев в зависимости от того, работает ли предприятие в условиях стабильности, волатильности или высокой конкуренции. Правила группы формализуют эти эффекты.

В условиях высокой неопределенности (резкие колебания курсов валют, внешнее санкционное давление, пандемии) классические рациональные модели принятия решений уступают место адаптивным механизмам, основанным на теории перспектив Д. Канемана и А. Тверски [6]. Согласно этой теории, в условиях неопределенности лица, принимающие решения, демонстрируют асимметричное отношение к выигрышам и потерям: потери воспринимаются острее, чем эквивалентные выигрыши. И как следствие этого, появляется стремление не увеличить доход, а минимизировать риски.

В рамках правила А1:

- Е=Кр – экономическая устойчивость получает критический вес. Это означает, что проекты с неопределенным или отложенным денежным потоком блокируются. Предпочтение отдается проектам с быстрой окупаемостью, предсказуемой выручкой и низкой долговой нагрузкой.
- Т=В – технологическая реализуемость получает высокий вес, поскольку в волатильной среде сбои в цепочках поставок, импортные комплектующие и недоступность критических технологий становятся серьезными рисками. Предпочтение отдается проектам на основе проверенных, локализованных технологий.
- М=С – рыночная востребованность имеет средний вес, так как даже востребованный продукт может оказаться неплатежеспособным в условиях кризиса. Такое решение соответствует практике антикризисного управления: «жить сегодня» важнее, чем «выиграть завтра».

Правило А2 (Высокая конкуренция)

В условиях насыщенного рынка, где множество игроков предлагают схожие продукты, выживают проекты с явным конкурентным преимуществом. Теория

конкурентных преимуществ М. Портера выделяет два типа таких преимуществ: дифференциация (уникальность продукта) и лидерство по издержкам (более низкая цена) [7]. Правило А2 интегрирует оба подхода.

В рамках правила:

- M=Кр – рыночная востребованность получает критический вес. Это требование означает, что проект должен либо создавать новый, ранее не удовлетворенный спрос (голубой океан), либо предлагать уникальное ценностное предложение, которого нет у конкурентов.

- E=B – экономическая эффективность имеет высокий вес, так как в конкурентной среде цена является ключевым фактором. Проект должен обеспечивать либо более низкую себестоимость (ценовое преимущество), либо более высокую маржинальность за счет уникальности.

- T=B – технологическая реализуемость имеет высокий вес, потому что в высококонкурентных отраслях (например, смартфоны, электромобили, SaaS) технологическое отставание быстро приводит к потере доли рынка.

Правило А3 (Стабильная среда)

В стабильных условиях, когда рынок предсказуем, конкуренция умеренна, а макроэкономические показатели (инфляция, курс, ставки) не испытывают резких колебаний, основным драйвером становится операционная эффективность и оптимизация издержек. Этот подход известен как lean-мышление (бережливое производство), получившее развитие в работах Дж. Вумека и Д. Джонса [8].

В рамках правила:

- E=B – экономическая эффективность имеет высокий вес. В стабильной среде основной вопрос будет: насколько проект более прибылен по сравнению с альтернативами?

- M=C – рыночная востребованность имеет средний вес, поскольку в стабильной среде спрос предсказуем, и основная задача – занять долю на существующем.

- S=H – научно-социальная значимость имеет низкий вес.

Ресурсные правила реализуют механизм «вето», блокирующий проекты, которые не могут быть обеспечены доступными ресурсами. Как показано в методике [1], кадровый потенциал является одним из ключевых входных параметров. Правила группы Р конкретизируют, при каких уровнях дефицита кадров проект может быть принят, а при каких отклонен.

Правило Р1 (Критический дефицит кадров)

Согласно теории ограничений Э. Голдратта в любой системе существует «узкое место», которое определяет максимальную производительность всей системы [9]. Если критическое узкое место – это отсутствие кадров с уникальной квалификацией, то никакие инвестиции в технологии, маркетинг или стратегические исследования не приведут к успеху, пока кадровая проблема не будет решена.

В рамках правила Р1:

- K=Кр – кадровый потенциал получает критический вес. Это означает, что если предприятие не может обеспечить проект необходимыми специалистами, проект блокируется независимо от его E, M, T или S.

- T=H – технологическая реализуемость автоматически снижается до низкого уровня, поскольку без кадров даже отработанная технология не может быть внедрена.

Правило Р2 (Умеренный дефицит кадров)

При умеренном дефиците проблема решаема, но требует дополнительных затрат времени и средств, например, на обучение и/или перепрофилирование существующих сотрудников [10].

В рамках правила Р2:

- K=B – кадровый потенциал получает высокий, но не критический вес. Это означает, что проекты, требующие уникальных специалистов, получают понижающий коэффициент по сравнению с проектами, которые могут быть реализованы имеющимся персоналом. Однако блокировки (вето) не происходит.

Правило Р3 (Стабильный кадровый состав)

При отсутствии кадровых ограничений, когда предприятие обладает достаточным количеством специалистов нужной квалификации или может легко нанять их на рынке, этот фактор не требует дополнительного учета. Это стандартная ситуация для крупных промышленных предприятий с собственной системой подготовки кадров или для компаний в отраслях с избытком предложения труда.

В рамках правила Р3:

- K=H – кадровый потенциал получает низкий вес. Это означает, что фокус смещается на другие критерии (экономический, рыночный, технологический), а кадровый вопрос рассматривается как решаемый в рабочем порядке.

Комбинированные правила охватывают ситуации, когда одновременно действуют несколько сценариев (стратегический + адаптационный, стратегический + ресурсный и т.д.). Как показано в методике [1], итоговые веса критериев рассчитываются как суперпозиция активированных правил. Правила этой группы конкретизируют, как именно комбинируются эффекты.

Правило К1 является синтезом стратегии коммерциализации (С1) и адаптации к волатильной среде (А1). Как показано в [1], при наложении этих двух сценариев вес экономической эффективности возрастает максимально (критический уровень), а вес социальной значимости падает до нуля.

В рамках правила:

- E=Кр – экономическая устойчивость становится абсолютным приоритетом. В кризис даже коммерчески ориентированное предприятие должно в первую очередь заботиться о «выживании».

- M=C – рыночная востребованность снижается с «высокого» (по С1) до «среднего», поскольку в кризис даже востребованные продукты могут столкнуться с неплатежеспособностью спроса.

- T=B – технологическая реализуемость повышается до «высокого», чтобы минимизировать риски срывов, например, из-за недоступности импортных компонентов.

- S=OH – социальная значимость обнуляется. В кризис коммерческое предприятие не может позволить себе роскошь социально значимых, но убыточных проектов.

Правило К2 разрешает вопрос, при котором, предприятие стремится к технологическому лидерству (С2), но сталкивается с критическим дефицитом кадров (Р1). В этой ситуации теория ограничений [9] предписывает сосредоточить все усилия на поиске кадров, как самого узкого места в проекте. Следовательно, кадровый критерий становится доминирующим.

В рамках правила:

- K=Кр – кадровый потенциал получает критический вес. Без решения кадровой проблемы проект не может быть принят. Однако, в отличие от чистого Р1, здесь не происходит автоматического снижения T (в Р1 T=H), а T сохраняется на высоком уровне (T=B). Это отражает тот факт, что стратегическая цель (технологическое лидерство) сохраняется, но достижение ее откладывается до решения кадровой проблемы.

- S=C – стратегическая значимость остается на среднем уровне, подчеркивая, что проект важен, но не настолько, чтобы игнорировать кадровые ограничения.

Правило К3 описывает наиболее жесткий сценарий: предприятие ОПК выполняет оборонный заказ (С3), испытывает критический дефицит кадров (Р1) и работает в условиях высокой конкуренции (А2) – например, борьба нескольких предприятий за включение в госпрограмму вооружений.

В рамках правила:

- T=Кр, K=Кр – и технологическая реализуемость, и кадровый потенциал получают критический вес. Это означает, что без уникальной технологии и уникальных кадров проект не может быть выполнен в принципе. Высокая конкуренция означает, что заказ достанется тому, кто сможет предоставить лучшее решение, а не тому, кто даст более низкую цену.

- S=B – стратегическая значимость повышается до высокого уровня, так как в условиях конкуренции обоснование важности проекта для национальной безопасности становится дополнительным аргументом.

- E=H – экономическая эффективность остается низкой, как и в базовом правиле С3.

Правило К4 отражает растущую роль социально-ориентированных проектов в инвестиционном анализе [11]. Даже в стабильной рыночной среде (А3) предприятие может инициировать проекты с высокой социальной значимостью (например, снижение вредных выбросов, развитие городской среды, поддержка образования).

В рамках правила:

- S=B – социальная значимость получает высокий вес, отражая приоритет нефинансовых результатов.

- M=B – рыночная востребованность также получает высокий вес, поскольку социальные проекты часто связаны с укреплением репутации и лояльности клиентов, что в конечном счете влияет на спрос.

Правило К5 отражает ситуацию, характерную для России после 2022 года: стратегия коммерциализации (С1) в условиях высокой конкуренции (А2) и ограничения импорта (санкции). Концепция технологического суверенитета [12] требует создания собственных критических технологий, даже если по чисто экономическим критериям импортный аналог был бы дешевле.

В рамках правила:

- T=Кр – технологическая реализуемость получает критический вес. Создать свое, пусть и не самое совершенное, но работоспособное решение становится императивом.

- M=B – рыночная востребованность имеет высокий вес, так как импортозамещающая продукция получает гарантированный спрос со стороны государства и крупных корпораций.

- K=B – кадровый потенциал имеет высокий вес, поскольку разработка импортозамещающих продуктов часто требует уникальных компетенций.

- E=C – экономическая эффективность снижается до среднего уровня, поскольку в условиях санкций допустима более низкая рентабельность во имя достижения независимости.

В реальных ситуациях оценки инвестиционных проектов редко активируется только одно правило. Как правило, одновременно выполняются условия для нескольких правил из разных групп. Например, предприятие может одновременно следовать стратегии коммерциализации (правило С1), работать в условиях волатильной среды (правило А1) и испытывать умеренный дефицит кадров (правило Р2). В таком случае возникает конфликт выводов: разные правила предписывают разные уровни значимости для одних и тех же критериев.

Например:

- C1 требует высокого веса для экономической эффективности (E=B) и рыночной востребованности (M=B);

- A1 требует критического веса для E (E=Кр) и высокого для T;

- P2 требует высокого веса для K (K=B).

Возникают вопросы: какой вес в итоге присвоить E – высокий или критический? Как учесть одновременно требования к M, T и K? Как быть, если одно правило (например, P1) предписывает блокировку проекта, а другие — его одобрение?

Для разрешения таких конфликтов в предлагаемой модели используется иерархический механизм агрегирования, основанный на принципах:

1. Принцип доминирования ограничений, при котором ресурсные правила имеют высший приоритет, так как отражают физические или организационные ограничения, которые невозможно обойти.

2. Принцип стратегического целеполагания, когда стратегические правила имеют средний приоритет, задавая желаемый вектор развития.

3. Принцип адаптивной коррекции, при котором адаптационные правила имеют низкий приоритет, внося поправки с учетом внешней среды.

4. Принцип синтеза, при котором комбинированные правила не имеют фиксированного приоритета, а представляют собой заранее определенную суперпозицию эффектов для часто встречающихся сочетаний условий.

Иерархия приоритетов представлена в таблице 2.

Таблица 2

Уровень	Группа	Роль	Механизм	Приоритет (p_i)
1 (Высший)	P (ресурсные)	Ограничители	Вето, блокировка проекта при активации P1	1
2 (Средний)	C (стратегические)	Целеполагатели	Задают базовый вектор оценки	0,7
3 (Низкий)	A (адаптационные)	Корректоры	Влияют пропорционально силе активации	0,4
–	K (комбинированные)	Синтезаторы	Заменяют суперпозицию базовых правил при совпадении условий	по ситуации

Пояснение механизмов каждого уровня:

- Уровень 1 (Высший) – группа P. Если активировано правило P1 («Кадровый потенциал = Критический дефицит»), система автоматически присваивает итоговой интегральной оценке значение «неудовлетворительно» (или «проект отклонен») независимо от значений других критериев. Это «жесткое вето», отражающее тот факт, что без ключевых специалистов проект не может быть реализован в принципе. Правила P2 и P3 не дают вето, но их высокий приоритет (p=1,0) означает, что их рекомендации по весу критерия K имеют приоритет над рекомендациями из групп C и A.

- Уровень 2 (Средний) – группа C. Если не активировано правило P1, то вступают в силу стратегические правила. Они определяют, какой тип проекта (коммерческий, технологический, оборонный) является приоритетным для предприятия. Их приоритет p=0,7 означает, что при конфликте с адаптационными правилами (p=0,4) стратегический вектор перевешивает. Однако, если активировано несколько стратегических правил (что в нормальных условиях маловероятно, так как стратегия предприятия обычно одна), система использует максиминный подход: берется наибольшее из предписанных значений по каждому критерию.

- Уровень 3 (Низкий) – группа A. Адаптационные правила корректируют стратегический вектор с учетом текущей рыночной конъюнктуры. Их низкий приоритет (p=0,4) означает, что они не могут радикально изменить стратегический приоритет, но могут сместить акценты. Например, если стратегия C1 требует высокого веса E, а среда A1 требует критического веса E, то итоговый вес будет ближе к критическому, но не выше его. Если же стратегия C1 требует высокого веса E, а среда A3 (стабильная) тоже требует высокого веса E, конфликта нет.

- Комбинированные правила (группа K). Эти правила не имеют собственного фиксированного приоритета. Они активируются только при точном совпадении комбинации условий (например, C1 И A1) и при активации заменяют собой суперпозицию базовых правил. Это сделано для того, чтобы в типовых сложных ситуациях (например, «коммерциализация в кризис») можно было задать экспертно-верифицированный вывод, который может отличаться от простого усреднения выводов C1 и A1.

Для критериев, не попавших под действие механизма вето (P1), итоговый вес каждого критерия рассчитывается по формуле (1):

$$W x = \frac{\sum_{i=1}^{n} (ai * pi * xi)}{\sum_{i=1}^{n} (ai * pi)} \qquad (1)$$

где:

W_x – итоговый вес критерия x (где $x \in \{E, M, T, K, S\}$);

n – количество активированных правил (из групп C, A, P2, P3, а также комбинированных правил, если они активированы и не заменены);

a_i – степень активации i-го правила — число в интервале [0, 1], показывающее, насколько условия правила соответствуют текущей ситуации. Например, если рыночная среда оценивается как «скорее волатильная, чем нет», степень активации правила A1 может быть 0,7. Если условия выполнены четко – 1.

p_i – приоритет правила, принимает значения:1 для ресурсной группы; 0,7 для стратегической группы; 0,4 для адаптивной группы. Для комбинированных правил принимается равным приоритету той группы, чью логику они наследуют.

$_{xi}$ – вес критерия x в выводе i-го правила, выраженный численно в соответствии со шкалой: критический = 1; высокий = 0,8; средний = 0,5; низкий = 0,2; очень низкий = 0. В правилах, где критерий явно не указан $_{xi} = 0$, что означает отсутствие влияния данного правила на этот критерий.

Знаменатель формулы (1) выполняет функцию нормировки, чтобы итоговые веса W_x находились в интервале [0, 1] и могли интерпретироваться как относительная важность критериев. В реальных расчетах после получения W_x может проводиться дополнительная нормировка к сумме 1, если требуется сравнительная оценка проектов.

Заключение

Разработанная база нечетких правил представляет собой формализованное описание экспертных знаний для многокритериальной оценки проектов. В контексте методики, предложенной в [1], данная база правил выполняет следующие функции:

1. Обеспечивает содержательное наполнение нечеткого вывода для пяти ключевых критериев (T, K, E, M, S);

2. Учитывает четыре типа сценариев: стратегические, адаптационные, ресурсные и комбинированные;

3. Реализует иерархическую систему приоритетов с механизмом «вето» для ресурсных ограничений.

4. Позволяет разрешать конфликты между правилами на основе формализованной процедуры.

Предложенная база правил может быть использована при создании интеллектуальных систем поддержки принятия решений в условиях неопределенности, а также в образовательных целях при подготовке специалистов в области управления и принятия решений.

Литература

1. Грушкин С.В. Совершенствование методики комплексной оценки целесообразности проведения НИР с применением аппарата нечеткой логики // Финансовые рынки и банки. 2026. № 1. С. 30-32.

2. Брейли Р., Майерс С. Принципы корпоративных финансов. М.: Олимп-Бизнес, 2015. 1008 с.

3. Zadeh L.A. Fuzzy sets // Information and Control. 1965. Vol. 8, No. 3. P. 338-353.

4. Заде Л.А. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. М.: Мир, 1976. 165 с.

5. Rogers E.M. Diffusion of Innovations. 5th ed. NY: Free Press, 2003. 576 p.

6. Kahneman D., Tversky A. Prospect theory: An analysis of decision under risk // Econometrica. 1979. Vol. 47, No. 2. P. 263-291.

7. Портер М. Конкурентная стратегия. М.: Альпина Паблишер, 2016. 608 с.

8. Womack J.P., Jones D.T. Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation. NY: Simon & Schuster, 2003. 396 p.

9. Голдратт Э.М. Цель: Процесс непрерывного улучшения. М.: Попурри, 2017. 400 с.

10. Беккер Г.С. Человеческое поведение: экономический подход. М.: ГУ ВШЭ, 2003. 672 с.

11. Freeman R.E. Strategic Management: A Stakeholder Approach. Boston: Pitman, 1984. 276 p.

12. Годовой отчет Общественного совета при Минэкономразвития России за 2023 год [сайт www.economy.gov.ru] // Министерство экономического развития Российской Федерации: офиц. сайт. – М., 29.05.2024. – URL: https://economy.gov.ru/material/about/obshchestvennyy_sovet/godovoy_otchet_obshchestvennogo_soveta_pri_minekonomrazvitiya_rossii_za_2023_god.html (дата обращения: 04.08.2026).

Construction of a Fuzzy Rule Base for Evaluating Research Projects Under Multifactor Uncertainty

Grushkin S.V.

ANO DPO "REC VKO Almaz-Antey"

JEL classification: C01, C02, C1, C4, C5, C6, C8

This article addresses the problem of formalizing expert knowledge for the multi-criteria evaluation of research projects that form part of investment projects. Building upon the methodology proposed in [1], the author presents a structured fuzzy rule base comprising strategic, adaptive, resource-related, and combined scenarios. The rationale for each rule is provided. The developed model can be used to create intelligent decision-support systems operating under conditions of uncertainty, thereby complementing the adaptive weight-assignment mechanism described in [1].

Keywords: fuzzy logic, knowledge base, expert systems, project evaluation, multi-criteria analysis, decision support, uncertainty.

References

1. Grushkin S.V. Improving the methodology for the comprehensive assessment of the feasibility of conducting R&D using fuzzy logic // Financial Markets and Banks. 2026. No. 1. P. 30-32.
2. Brealey R., Myers S. Principles of Corporate Finance. Moscow: Olimp-Business, 2015. 1008 p.
3. Zadeh L.A. Fuzzy sets // Information and Control. 1965. Vol. 8, No. 3. P. 338-353.
4. Zadeh L.A. The Concept of a Linguistic Variable and Its Application to Approximate Reasoning. Moscow: Mir, 1976. 165 p.
5. Rogers E.M. Diffusion of Innovations. 5th ed. NY: Free Press, 2003. 576 p.
6. Kahneman D., Tversky A. Prospect theory: An analysis of decision under risk // Econometrica. 1979. Vol. 47, No. 2. P. 263-291.
7. Porter M. Competitive Strategy. Moscow: Alpina Publisher, 2016. 608 p.
8. Womack J.P., Jones D.T. Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation. NY: Simon & Schuster, 2003. 396 p.
9. Goldratt E.M. The Goal: A Process of Ongoing Improvement. Moscow: Popurri, 2017. 400 p.
10. Becker G.S. The Economic Approach to Human Behavior. Moscow: HSE Publishing House, 2003. 672 p.
11. Freeman R.E. Strategic Management: A Stakeholder Approach. Boston: Pitman, 1984. 276 p.
12. Annual Report of the Public Council under the Ministry of Economic Development of Russia for 2023 [website www.economy.gov.ru] // Ministry of Economic Development of the Russian Federation: official website. – Moscow, May 29, 2024. – URL: https://economy.gov.ru/material/about/obshchestvennyy_sovet/godovoy_otchet_obshchestvennogo_soveta_pri_minekonomrazvitiya_rossii_za_2023_god.html (accessed: August 4, 2026).