



**НЕЧЕТКИЕ МОДЕЛИ
И МЕТОДЫ ОЦЕНКИ,
ФОРМИРОВАНИЯ
И РАЗВИТИЯ
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО КАПИТАЛА
ОРГАНИЗАЦИИ В ЦИФРОВОЙ
ЭКОНОМИКЕ**

Монография

Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Владивостокский государственный университет»

НЕЧЕТКИЕ МОДЕЛИ И МЕТОДЫ ОЦЕНКИ, ФОРМИРОВАНИЯ И РАЗВИТИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО КАПИТАЛА ОРГАНИЗАЦИИ В ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКЕ

Монография

*Рекомендовано решением научно-
технического совета
ФГБОУ ВО «Владивостокский
государственный университет»*

Владивосток
Издательство ВВГУ
2025

УДК 330.142+65.012
ББК 65.05
Н59

Рецензенты: *В.Н. Ембулаев*, д-р экон. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Владивостокский государственный университет»;
Д.М. Назаров, д-р экон. наук, доцент, зав. кафедрой бизнес-информатики Института цифровых технологий управления и информационной безопасности, ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет»

Н59 Нечеткие модели и методы оценки, формирования и развития интеллектуального капитала организации в цифровой экономике: монография / К.С. Солодухин, О.В. Недолужко, Г.С. Завалин, Д.В. Макарова; Владивостокский государственный университет. – Владивосток: Изд-во ВВГУ, 2025. – 150 с.

ISBN 978-5-9736-0742-5

Рассмотрены теоретические аспекты управления формированием и развитием интеллектуального капитала организации в условиях цифровизации. Предложены нечеткие модели оценки, формирования и развития интеллектуального капитала организации с учетом рисков. Разработаны нечеткие инструменты поддержки принятия управленческих решений в сфере интеллектуального капитала организации в условиях неопределенности.

Для научных работников, аспирантов, преподавателей, студентов вузов и колледжей и практикующих специалистов в области менеджмента и экономико-математических методов, интересующихся вопросами управления интеллектуальным капиталом на различных уровнях экономических систем.

УДК 330.142+65.012
ББК 65.05

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-28-01091 (<https://rscf.ru/project/23-28-01091/>) в ФГБОУ ВО «Владивостокский государственный университет» (Приморский край).

ISBN 978-5-9736-0742-5

© Солодухин К.С., Недолужко О.В.,
Завалин Г.С., Макарова Д.В.,
текст, 2025
© ФГБОУ ВО «Владивостокский
государственный университет»,
издание, 2025

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	4
ВВЕДЕНИЕ	6
1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ УПРАВЛЕНИЯ ФОРМИРОВАНИЕМ И РАЗВИТИЕМ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО КАПИТАЛА ОРГАНИЗАЦИИ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВИЗАЦИИ.....	8
1.1. Тенденции развития теории интеллектуального капитала организации в цифровой экономике	8
1.2. Теоретический подход к управлению формированием и развитием интеллектуального капитала организации в цифровой экономике	21
1.3. Роль и место искусственного интеллекта в процессах формирования и развития интеллектуального капитала организации	29
2. НЕЧЕТКИЕ МОДЕЛИ ОЦЕНКИ, ФОРМИРОВАНИЯ И РАЗВИТИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО КАПИТАЛА ОРГАНИЗАЦИИ.....	41
2.1. Нечеткая модель формирования каузального поля показателей развития интеллектуального капитала организации	41
2.2. Нечеткая модель количественной оценки интеллектуального капитала организации	57
2.3. Нечеткие модели оптимизации портфеля проектов по развитию интеллектуального капитала организации с учетом рисков.....	71
3. НЕЧЕТКИЕ ИНСТРУМЕНТЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ В СФЕРЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО КАПИТАЛА ОРГАНИЗАЦИИ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ.....	90
3.1. Нечеткий метод оценки степени риска недостижения целевых значений показателей интеллектуального капитала организации.....	90
3.2. Нечеткие многокритериальные модели сбалансированного развития интеллектуального капитала организации в условиях неопределенности.....	108
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	121
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	124

ПРЕДИСЛОВИЕ

Монография включает в себя три главы.

В **первой главе** «Теоретические аспекты управления формированием и развитием интеллектуального капитала организации в условиях цифровизации» подробно рассмотрены существующие тенденции развития теории интеллектуального капитала организации. Предложен теоретический подход к управлению формированием и развитием интеллектуального капитала организации в цифровой экономике. Определены роль и место искусственного интеллекта в процессах формирования и развития интеллектуального капитала организации.

Во **второй главе** «Нечеткие модели оценки, формирования и развития интеллектуального капитала организации» предложена концептуальная схема выявления и отбора эксплицитных и имплицитных факторов развития интеллектуального капитала в увязке со стратегией организации на основе модифицированной сбалансированной системы показателей с учетом распределения показателей по типам когнитивной активности. Схема операционализирована путем разработки нечеткой модели с возможностью нечеткого задания «границ отсечения» эксплицитных и имплицитных факторов. Разработана нечеткая модель, позволяющая количественно оценить интеллектуальный капитал организации и его компоненты всех иерархических уровней. Предложены нечеткие модели оптимизации портфеля проектов по развитию интеллектуального капитала организации с учетом рисков, позволяющие формировать программу развития интеллектуального капитала при различных целевых функциях и ограничениях.

В **третьей главе** «Нечеткие инструменты поддержки принятия управленческих решений в сфере интеллектуального капитала организации в условиях неопределенности» предложен метод оценки рисков недостижения целевых показателей интеллектуального капитала организации, основным преимуществом которого является возможность учета толерантности к неопределенности лица, принимающего решения. Разработан комплекс взаимосвязанных нечетких многокритериальных моделей, позволяющий сформировать программу развития интеллектуального капитала, обеспечивающую допустимый компромисс между наибольшим ростом интеллектуального капитала организации, возможным при заданных

ограничениях на ресурсы, и сбалансированностью развития компонентов интеллектуального капитала.

В качестве практических примеров в монографии частично приведены итоги апробации полученных результатов во Владивостокском государственном университете (ВВГУ) – одном из первых (и до сих пор немногих) российских вузов, в котором стратегическое управление (в том числе управление формированием и развитием интеллектуального капитала) осуществляется на регулярной основе с получением видимых результатов, представленных научному сообществу в многочисленных статьях и монографиях.

ВВЕДЕНИЕ

Современным этапом эволюции общественных и экономических отношений, развития экономических систем нового типа является цифровая экономика. Ведущую роль в становлении цифровой экономики играет интеллектуальный капитал. При этом по мере развития цифровой экономики происходят трансформации процессов формирования и развития интеллектуального капитала на всех уровнях экономики, меняются роли и характер взаимодействия ключевых компонентов интеллектуального капитала. Все это оказывает влияние на теорию интеллектуального капитала и методологию управления его формированием и развитием. Возникает необходимость в новых инструментах оценки, формирования и развития интеллектуального капитала, учитывающих специфические особенности цифровой экономики.

Существует значительное количество моделей и методов оценки величины интеллектуального капитала и ее прироста в результате тех или иных управленческих воздействий. Среди них следует особо выделить нечетко-множественные модели и методы, что связано, прежде всего, с экономической природой интеллектуального капитала, который, с одной стороны, сам является имплицитным фактором управленческой деятельности, при этом, с другой стороны, среди факторов самого интеллектуального капитала преобладающими являются имплицитные факторы, количественная оценка которых затруднена. Значительным преимуществом использования нечетких моделей и методов является возможность формализации различного рода неопределенностей и количественной оценки рисков.

Процессы формирования и развития интеллектуального капитала в цифровой экономике представляют собой слабоструктурированные процессы, протекающие в условиях значительного увеличения скорости и непредсказуемости изменений во внешней среде. Это крайне затрудняет возможность использования предыдущего опыта и вероятностных прогнозов при оценке рисков недостижения стратегических целей по развитию интеллектуального капитала организации. В этой связи также возникает необходимость разработки соответствующих нечетких методов и моделей.

Научная значимость предлагаемого исследования заключается в развитии теоретических положений управления формированием и развитием интеллектуального капитала организации в условиях цифровизации, а также развитии инструментальной составляющей соответствующей методологии, а именно: в разработке принципиально новых нечетко-множественных моделей и методов, позволяющих учесть при оценке, формировании и развитии интеллектуального капитала организации различные сценарии взаимодействия его элементов (включая типы когнитивной активности), противоречия между ними и допустимые компромиссы, прямое и опосредованное влияние имплицитных факторов, количественные оценки рисков.

Актуальность исследования состоит в том, что оно призвано обеспечить развитие и продвижение современных методов оценки, формирования и развития интеллектуального капитала организации в условиях существующего тренда развития отечественной экономики в направлении формирования инфраструктурной поддержки ее перехода к экономике, основанной на знаниях (цифровой экономике), а также на этой основе создание условий для эффективного социально-экономического развития регионов и страны в целом. Существующие методы и модели оценки и управления интеллектуальным капиталом носят разрозненный характер; за их рамками остаются многие важнейшие факторы и условия развития интеллектуального капитала, практически не учитываются риски. Разработка комплекса новых взаимосвязанных нечетко-множественных моделей и методов не только позволит устранить имеющиеся пробелы, но и внесет вклад в развитие аппарата теории интеллектуального капитала.

1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ УПРАВЛЕНИЯ ФОРМИРОВАНИЕМ И РАЗВИТИЕМ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО КАПИТАЛА ОРГАНИЗАЦИИ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВИЗАЦИИ

1.1. Тенденции развития теории интеллектуального капитала организации в цифровой экономике

Наиболее актуальной теоретической концепцией, составляющей основу экономического развития, в настоящее время является теория постиндустриального общества. В рамках этой теории рассматриваются различные типы экономических систем, формирование и развитие которых имеет определенную периодизацию. Современным этапом развития экономических систем нового типа является цифровая экономика, развитие которой продолжается и в настоящее время. Характерной особенностью цифровой экономики является смещение акцента с материально-вещественных факторов производства в сторону нематериальных факторов, ключевым из которых является интеллектуальный капитал организации (далее – ИКО). Теория ИКО выделилась в самостоятельную область знаний в 90-е гг. XX в., однако в связи с существенными изменениями, произошедшими в экономической системе под воздействием цифровизации, в настоящее время возникает актуальная проблема обоснования положений теории ИКО и разработки методологии управления его формированием и развитием, которые учитывали бы эти изменения.

Считается, что автором термина «цифровая экономика» является американский ученый Н. Негропonte, который ввел его в оборот в своей книге «Being digital» в 1995 г. Согласно его определению, цифровая экономика представляет собой результат взаимодействия информационных сетей и коммуникационных инфраструктур, формирующий глобальную платформу, при помощи которой реализуется взаимовлияние экономических субъектов [227]. Исследование феномена цифровой экономики получило свое развитие в работах отечественных и зарубежных ученых, значительная часть из которых рассматривает данное понятие в двух концептуальных аспектах:

1) расширенная концепция, предполагающая интерпретацию цифровой экономики как особого вида экономики в целом, характеризующего новый этап ее развития; экономической системы, включающей в себя совокупность социально-экономических отношений, которые связаны с производством, распределением, обменом и потреблением информационных технологий [5, 48, 181];

2) суженная концепция, состоящая в том, что под цифровой экономикой понимается часть экономики, включающая в себя определенные отрасли или виды экономической деятельности, в основе которых стоят новые методы обработки, хранения и передачи данных, причем трактовка понятия данных методов и их классификация существенно варьируются в различных исследованиях на данную тему [47, 254].

Актуальной задачей экономической науки в сложившихся обстоятельствах становится создание условий для цифровизации социально-экономических систем и их системного взаимодействия в складывающихся новых условиях. Одним из ключевых аспектов данного процесса является формирование и развитие ИКО как ключевого фактора, обеспечивающего переход экономических субъектов и систем на качественно новый уровень, который соответствует запросам со стороны современной экономики.

Основные предпосылки и условия развития теории ИКО на современном этапе развития мировой экономики представлены на рис. 1.1.

Истоки выделения теории ИКО в самостоятельную область знаний берут свое начало в положениях классической политэкономии, в частности, в трудах А. Смита, который в своем фундаментальном труде «Исследование о природе и причинах богатства народов» [256] изучал проблематику формирования богатства и капитала. Выделяя в составе последнего оборотный и основной капитал, он говорил о существовании человеческого капитала как отдельного вида капитала, выделяя его в составе последнего. Особую роль, которую способности, знания и навыки человека играют в процессе создания богатства, отмечали и многие другие известные ученые-классики [92, 218]. Можно говорить о том, что в работах представителей классической политэкономии были заложены основы традиционной концепции нематериальных факторов производства, которые, не имея материально-вещественной формы, тем не менее вносят вклад в создаваемую компанией ценность. Отдельного упоминания заслуживают исследования родоначальника теории инноваций Й. Шумпетера, в соответствии с которыми основой экономического развития являются инновационные процессы, в рамках которых реализуются новые комбинации факторов и условий хозяйственной деятельности. При этом он рассматривал интеллектуальные и творческие способности индивида в качестве инст-

румента, позволяющего предпринимателю получать в свое распоряжение необходимые ему конкретные блага и обеспечивающего возможность применения их для достижения новых целей и переориентирования производственной деятельности в новом направлении [128].

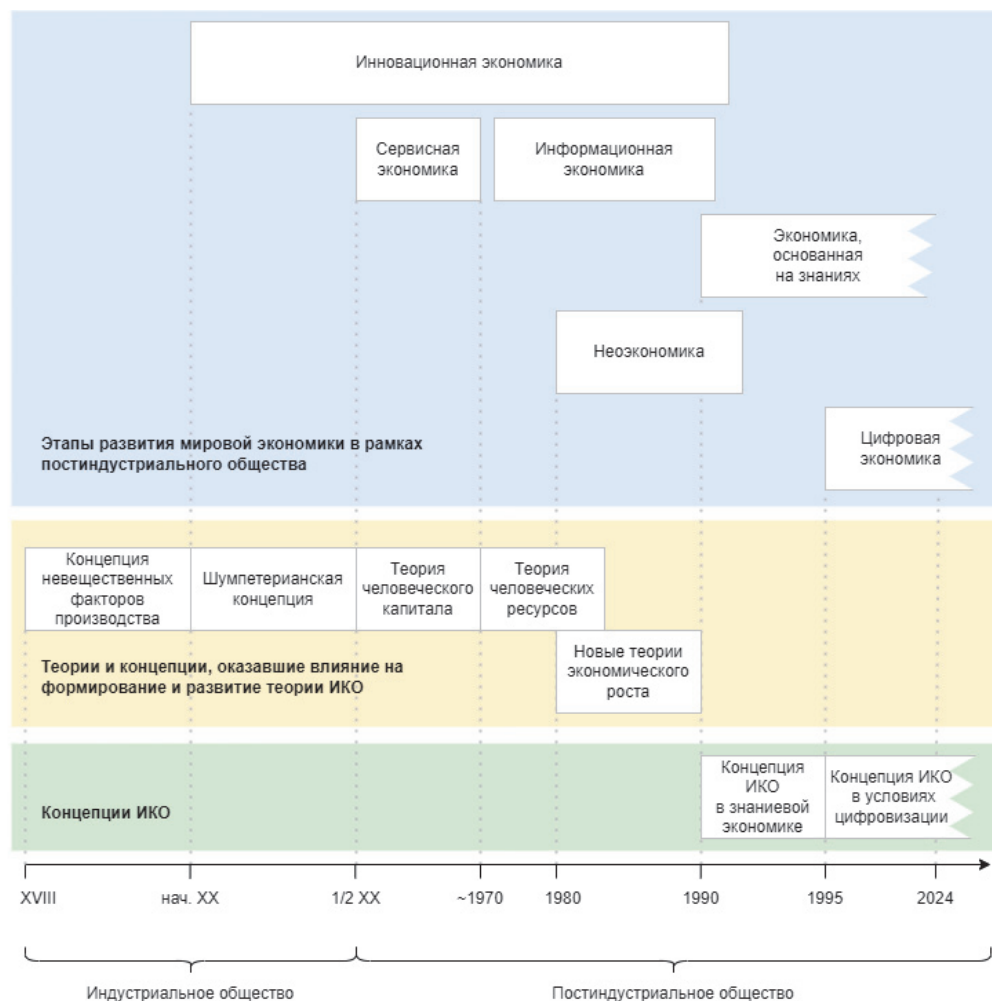


Рис. 1.1. Предпосылки и условия развития теории ИКО на современном этапе развития мировой экономики

Источник: сост. авторами по [16, 52, 121].

Основоположниками теории человеческого капитала считаются ученые, стоявшие у истоков чикагской научной школы, – Г. Беккер, Дж. Минсер и Т. Шульц [140, 219, 253], чья научная деятельность была связана с объективной необходимостью объяснить существенный рост экономики отдельных стран после Второй мировой войны.

Формирование теории ИКО как самостоятельной области знаний имеет достаточно широкую теоретическую основу и соотносится с исследованиями большого количества ученых, но именно во второй половине XX в. были заложены предпосылки для выделения данной теории как отдельного направления. Постепенно феномен невещественных факторов производства перестал отождествляться исключительно с человеческими ресурсами организации и получил другие обозначения. В частности, Т. Фортьюн использует понятие «интеллектуальные факторы производства», представленные суммой всех знаний сотрудников компании, обеспечивающих конкурентные преимущества данной компании на рынке [115], а Д. Клейн и Л. Прусак предлагают обозначать данный феномен как «интеллектуальный материал» [194].

Исторически создателем термина «интеллектуальный капитал» считается американский экономист Дж. Гэлбрейт, который понимал под ним результат «интеллектуального действия», а не просто знания, создающего ценность как еще один актив в традиционной экономике [179]. Широкое распространение в научном сообществе термин получил благодаря Т. Стюарту, опубликовавшему в 1991 г. свою известную работу «Сила интеллекта: как интеллектуальный капитал становится наиболее ценным активом Америки». Т. Стюарт определяет интеллектуальный капитал как совокупность информационных активов предприятия, которые способны создавать дополнительные преимущества, а также как имущество организации, признанное людьми и обеспечивающее ей конкурентные преимущества [260]. Концепция ИКО получила развитие в работах таких ученых и практиков, как Х. Сент-Онж [251], Л. Эдвинссон и П. Салливан [169], В.Г. Зинов [32] и др.

В качестве основной проблемы видения указанных авторов можно рассматривать тот факт, что ИКО анализируется в статическом аспекте – как совокупность неких элементов, представленных в организации и взаимодействующих между собой, однако не показываются условия формирования составляющих и возможные траектории развития ИКО под воздействием определенных условий. Тем не менее в рассматриваемых научных работах не отражены условия и факторы, определяющие возможные траектории формирования и развития ИКО, что препятствует определению механизма его функционирования, а значит, использования в качестве фактора становления и развития экономики нового типа. Таким образом, исследование феномена ИКО в контексте его использования в целях формирования цифровой экономики представляет собой предмет научного интереса и является актуальным в рамках выбранного направления исследования.

Цифровая экономика характеризуется специфическими чертами, отличающими ее от других типов экономических систем (табл. 1.1), часть из которых оказывает непосредственное воздействие на компоненты ИКО.

Таблица 1.1

Ключевые характеристики цифровой экономики, определяющие характер развития постиндустриального общества

Ключевая характеристика	Влияние на развитие экономической системы
Свободное и беспрепятственное взаимодействие участников инновационной деятельности, снижение барьеров реализации инноваций / трансакционных издержек	Облегчается взаимодействие между экономическими субъектами; снижаются издержки (прежде всего трансакционные); предоставляется дополнительный функционал для участников, улучшается их сотрудничество, что сокращает время цикла разработки новых товаров и выведения их на рынок; способствует созданию и распространению инновационных продуктов и решений
Развитие стейкхолдерской концепции формирования стоимости	Сотрудничество различных организаций путем проведения средне- и долгосрочных исследований совместно с группами заинтересованных сторон с учетом их значимости [108] и возможных стратегий взаимодействия [20, 259]
Непосредственное взаимодействие производителей и потребителей	Создаются предпосылки для сокращения цепочек посредников между производителем и конечным потребителем, выстраивания эффективной производственной и потребительской кооперации
Признание информации полноценным и стратегическим фактором производства	Эффективная обработка и использование информации осуществляются с помощью современных информационно-коммуникационных технологий. Усиление стратегической роли человеческого интеллекта, таланта, идей и знаний, которые внедряются в производство посредством инноваций, обеспечивают развитие человеческого и интеллектуального капитала
Современные подходы к управлению экономическими объектами	Использование интеллектуальных методов, моделей, алгоритмов принятия решений в области экономики, управления
Использование платформенных бизнес-моделей	Исследования, разработки, производство и продажа большинства продуктов осуществляются через скоординированные многокомпонентные цепочки, которые растягиваются на множество – от нескольких до нескольких тысяч хозяйствующих субъектов

Ключевая характеристика	Влияние на развитие экономической системы
Формирование «экономики совместного пользования»	Всеобъемлющая цифровизация и ускорение коммуникаций создают предпосылки для размывания традиционных отношений собственности, развития юридических практик использования теоретической институциональной концепции «пучка прав собственности»
Усиление роли вклада индивидуальных участников	Развитие малого и среднего бизнеса как более гибкого и мобильного играет значительную роль в бизнес-процессах; осуществляется ускоренное продвижение инновационных стартапов; расширяется сектор «экономики физических лиц» и возникает тенденция к росту «атомизации» структуры экономики
Унификация технических стандартов в сфере цифрового пространства	Способствует интеграции экономик отдельных стран в глобальную экономическую систему
Дематериализация активов	Происходит образование нового класса активов в условиях увеличения доли нематериальных активов, представляющих некий триединый продукт, включающий: а) материальное устройство доступа или преобразования; б) программное обеспечение; в) информацию

Источник: сост. авторами по [15, 20, 19, 89, 108, 257, 259].

Наиболее характерные черты цифровой экономики, которые оказывают воздействие на функционирование экономических субъектов, включают в себя:

- использование платформенных бизнес-моделей;
- формирование экономики совместного пользования;
- усиление роли вклада отдельных участников;
- современные подходы к управлению экономическими объектами;
- признание информации полноценным и стратегическим фактором производства.

Систематизация и обобщение ключевых изменений, произошедших в экономике под влиянием цифровизации, позволили выделить основные проблемы, возникшие в теории ИКО в связи с данными преобразованиями (рис. 1.2). На современном этапе развития экономической системы можно отметить следующее:

1. Развитие цифровых технологий позволило сформировать платформенные бизнес-модели (торговые площадки, агрегаторы), что влияет на специфику формирования и развития отношенческого капитала в составе компонентов ИКО, поскольку успешными в этих условиях оказываются те компании, которые оказываются способными повлиять на принятие

клиентом решения в свою пользу. На данный процесс влияет значительное количество факторов (качество дизайна, способы коммуникации, контент объявления, система рейтингов, дополнительные услуги или бонусы), и влияние большей части из них не может быть измерено в количественных шкалах. В отношении образовательных организаций примером использования платформенных бизнес-моделей являются открытые образовательные платформы (Stepik, Moodle, Coursera, Академия Яндекса), с помощью которых преподаватели самостоятельно конфигурируют, загружают и обновляют свои материалы в оперативном режиме. Сетевое взаимодействие с вузами-партнерами в части совместно реализуемых образовательных программ, соглашений об использовании образовательных курсов, размещенных на цифровых образовательных платформах, способствует развитию отношения человеческого капитала [15] и увеличению числа факторов, которые сложно измерить в количественных шкалах (степень индивидуализации образовательных траекторий, эффективность сетевого взаимодействия с партнерами, удовлетворенность студентов качеством обучения и др.).

2. Реализация наиболее характерных черт «экономики совместного пользования» предполагает взаимодействие участников и сторон, заинтересованных в результатах этого взаимодействия. Быстрый и более эффективный обмен информацией, который обеспечивается современными технологиями, рост числа деловых контактов, более гибкие возможности взаимодействия субъектов на рынке позволяют увеличить масштаб экономической цепочки взаимодействующих контрагентов. Исходя из этого факторы, которые оказывают прямое влияние на эффективность функционирования экономического субъекта, представляющего собой одно из промежуточных звеньев в цепочке, могут непрямым образом влиять на функционирование другого субъекта (-тов) в последующих звеньях цепочки, что позволяет сделать вывод о необходимости учета не только явно воздействующих факторов (эксплицитных), но и факторов, влияние которых является опосредованным (имплицитных). Следует отметить то обстоятельство, что влияние факторов такого рода в экономических системах существовало всегда, однако из-за ограниченности количества звеньев в цепочках в силу их локального масштаба им можно было пренебречь. Названные тенденции приводят к тому, что действия субъектов, вовлеченных в экономическую цепочку, начинают косвенным образом влиять на деятельность других участников цепочки.

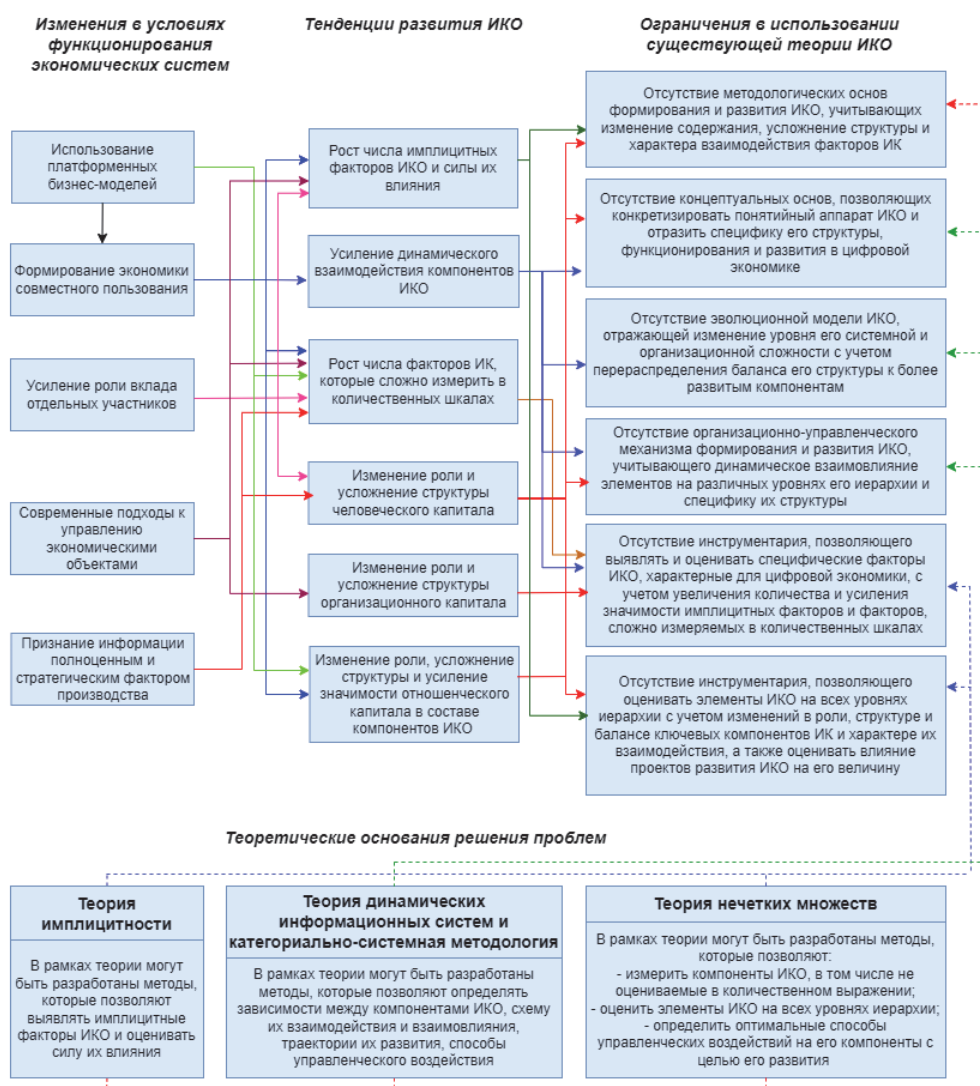


Рис. 1.2. Актуальность обоснования теоретического подхода к управлению формированием и развитием ИКО в условиях цифровой экономики

Источник: сост. авторами по [116, 223, 266].

В целом формирование «экономики совместного пользования» также приводит к росту числа факторов, сложно измеряемых в количественных шкалах. Применительно к образовательной организации это проявляется в том, что для обеспечения своей конкурентоспособности и формирования организационной идентичности на рынке образовательных услуг вуз должен в значительной степени расширить свои деловые контакты с другими образовательными организациями в части совместной реализации

образовательных программ за счет использования открытых образовательных платформ, электронных библиотечных систем (ЭБС Znanium, образовательная платформа «Юрайт» и др.). Это, с одной стороны, приводит к усложнению структуры и изменению роли отношенческого капитала в составе компонентов ИКО, а с другой – оказывает влияние на усиление динамического взаимовлияния компонентов ИКО, поскольку влияние этих факторов реализуется в совокупности, т.е. невозможно оценить то, как воздействует на выбор клиента в пользу определенного вуза каждый отдельно взятый фактор.

3. Усиление роли индивидуальных участников связано со снижением барьеров вхождения в бизнес, что стало возможным благодаря цифровым технологиям. Малые группы и индивидуальные предприниматели играют более активную роль в экономике, что обуславливает важность для успешности бизнеса личностных особенностей участников, наличия неформальных договоренностей, налаженных связей и контактов. Эти факторы также сложно измерить в количественных шкалах. В образовательных организациях данный аспект проявляется в отношении возрастания роли личности и профессионализма преподавателя, чей курс, размещенный на открытой образовательной платформе, характеризуется определенным числом подписчиков, что может стать одним из факторов для студентов в пользу принятия решения о выборе данного вуза. Удовлетворенность студентов контентом курса, с одной стороны, в данном случае выступает в качестве фактора, который сложно измерить в количественных шкалах. С другой стороны, наличие и уровень качества таких курсов влияет на ИКО в части репутационного аспекта отношенческого капитала не напрямую, а опосредованно – через рейтинг курса, сформированный на основе оценок студентов, уже прошедших курс, т.е. является имплицитным фактором. Важное значение также имеет фактор обратной связи, когда по числу подписчиков курса преподаватель может принимать решение о необходимости повышения качества курса посредством его доработки, т.е. указанный фактор оказывает влияние на усложнение структуры человеческого капитала.

4. Современные подходы к управлению экономическими объектами основываются на применении инструментов, позволяющих выявить сложные неочевидные закономерности с использованием цифровых технологий (Data Science, Machine Learning, нейронные сети, искусственный интеллект). Применение данных инструментов дает возможность преобразовать бизнес-процессы в организации, обеспечить более эффективные способы взаимодействия между структурными подразделениями и сотрудниками организации, что ведет к изменению роли и усложнению структуры организационного капитала в составе компонентов ИКО.

В современных образовательных организациях передовые цифровые технологии позволяют получать новые научные результаты, что определяет изменение содержания бизнес-процессов и обеспечивает производственную рационализацию. Степень и эффективность использования таких технологий являются факторами, которые сложно измерить в количественных шкалах с учетом того, что метрики эффективности будут применяться сотрудниками, которые их используют. Вместе с тем эффективность использования данных инструментов (например, качество и объем информации, выдаваемой по запросу ChatGPT, ее полезность и релевантность) является имплицитным фактором; она воздействует на конечный результат не напрямую, а опосредованно с учетом умения пользователя формулировать запросы и интерпретировать полученные результаты.

5. Признание информации полноценным и стратегическим фактором производства приводит к изменениям в человеческом капитале. Цифровизация, с одной стороны, требует наличия у работника специализированных навыков, позволяющих ему использовать новые технологии, а с другой – обеспечивает переносимость этих навыков из одной области в другую, что делает человеческий капитал более мобильным, предоставляет дополнительные возможности для смены сферы деятельности. В цифровой экономике более значимыми становятся гибкие навыки (soft skills), поскольку наличие технических навыков является базовым требованием для широкого спектра должностей и позиций. Соответственно, можно отметить изменение роли и усложнение структуры человеческого капитала, а также то, что воздействие гибких навыков на развитие ИКО сложнее оценить в количественных шкалах.

Можно сделать вывод о том, что в настоящее время применительно к ИКО и его компонентам могут быть выделены следующие основные тенденции:

- 1) рост числа имплицитных факторов ИКО и силы их влияния;
- 2) усиление динамического взаимодействия компонентов ИКО;
- 3) рост числа факторов ИКО, которые сложно измерить в количественных шкалах;
- 4) изменение роли и усложнение структуры человеческого капитала;
- 5) изменение роли и усложнение структуры организационного капитала;
- 6) изменение роли, усложнение структуры и усиление значимости отношения человеческого капитала в составе компонентов ИКО.

Таким образом, изменение сущности, роли, структуры и характера взаимодействия компонентов ИКО в условиях цифровой экономики требует развития теоретических положений и разработки *принципиально новой методологии* управления формированием и развитием ИКО, поскольку существующая методология ориентирована в первую очередь на клас-

сическую трехкомпонентную структуру ИКО, не учитывает усложнение роли и структуры его компонентов за счет усиления роли имплицитных факторов и факторов, сложно измеряемых в количественных шкалах, системный динамический характер взаимодействия компонентов ИКО в ходе его эволюционного развития, смещение акцента в сторону отношенческого капитала как более развитого компонента в условиях цифровой экономики, что в свою очередь создает препятствия для его оценки и формирования оптимальной программы его развития. С учетом вышесказанного разработка принципиально новой методологии должна учитывать положения теории имплицитности, теории динамических информационных систем и теории нечетких множеств.

Использование новых теоретических оснований позволит решить ключевые проблемы, возникшие в теории ИКО на современном этапе.

Проблема отсутствия методологических основ управления формированием и развитием ИКО, учитывающих изменение содержания, усложнение структуры и характера взаимодействия факторов ИКО, может быть решена посредством теории имплицитности, теории динамических информационных систем и теории нечетких множеств. В рамках теории имплицитности и теории динамических информационных систем может быть сформировано новое системное видение ИКО как иерархической структуры, основанной на традиционном выделении трех ключевых компонентов с последующей их декомпозицией на основные виды когнитивной активности и предполагающей учет: не только явных, эксплицитных, факторов, но и имплицитных, косвенным образом воздействующих на него; факторов, сложно измеряемых в количественных шкалах; динамического взаимовлияния структурных компонентов ИКО, взаимосвязи и взаимообусловленности видов способностей к когнитивной активности организации и ее сотрудников как декомпозирующих элементов ИКО; развития ИКО как результата смены его эволюционных состояний. В рамках теории нечетких множеств может быть разработан инструментарий, позволяющий операционализировать схемы выявления специфических факторов ИКО, возникающих в цифровой экономике, разработать модели оценки компонентов ИКО на различных уровнях иерархии и интегрального показателя ИКО.

Проблема отсутствия концептуальных основ, позволяющих конкретизировать понятийный аппарат ИКО и разработать комплекс взаимосвязанных моделей и схем, отражающих специфику его структуры, функционирования и развития в цифровой экономике может быть решена посредством использования теории динамических информационных систем. В рамках теории могут быть использованы категориальные методы, позволяющие: получить уточненное определение ИКО посредством использования метода двухуровневой триадической дешифровки; выделить его базовую характе-

ристику с помощью использования метода перестановки понятий, дешифрующих базовую категорию; предложить концептуальную модель и структурно-компонентную схему ИКО, отражающую последовательную смену этапов эволюционного развития ИКО.

Проблема отсутствия эволюционной модели ИКО, отражающей изменение уровня его системной и организационной сложности с учетом перераспределения баланса его структуры к более развитым компонентам, может быть решена с помощью метода «Ряд информационных критериев» категориально-системной методологии в рамках теории динамических информационных систем. Типологизационная модель ИКО, разработанная на основе метода, позволит осуществлять идентификацию уровня развития ИКО конкретной организации, а значит, определять возможные траектории его эволюционирования.

Проблема отсутствия организационно-управленческого механизма формирования и развития ИКО, учитывающего динамическое взаимовлияние элементов на различных уровнях его иерархии и специфику их структуры, может быть решена посредством использования простой и развернутой категориальных моделей компенсационного гомеостата в сочетании с категориальным методом «Универсальная схема взаимодействия» в рамках теории динамических информационных систем. В рамках теории может быть разработан организационно-управленческий механизм формирования и развития ИКО, включающий в себя экономическую систему взаимосвязанных отношений между парами системообразующих компонентов ядра ИКО, а также режимы взаимодействия между парами компонентов под воздействием субъекта управления, и позволяющий определить возможные комбинации взаимодействия элементов ИКО с учетом имеющихся в наличии ресурсов, рассмотреть возможные результаты, получаемые в каждой из комбинаций, и показать возможные способы получения необходимых результатов в форме различных видов ИКО с помощью организации взаимодействия требуемых элементов и привлечения необходимых ресурсов.

Проблема отсутствия инструментария, позволяющего выявлять и оценивать специфические факторы ИКО, характерные для цифровой экономики, с учетом увеличения количества и усиления значимости имплицитных факторов и факторов, сложно измеряемых в количественных шкалах, может быть решена с помощью теории имплицитности и инструментария теории нечетких множеств. В рамках теории могут быть разработаны модели, которые позволяют выявлять имплицитные факторы ИКО, оценивать силу их влияния и измерять факторы ИКО, в том числе сложно измеряемые в количественных шкалах.

Проблема отсутствия инструментария, позволяющего оценивать элементы ИКО на всех уровнях иерархии с учетом изменений в роли, струк-

туре и балансе ключевых компонентов ИКО и характере их взаимодействия, а также оценивать влияние проектов развития ИКО на его величину, может быть решена с помощью теории имплицитности и инструментария теории нечетких множеств. В рамках теории могут быть разработаны модели, позволяющие:

1) оценить компоненты ИКО на всех уровнях иерархии с учетом увеличения количества факторов, сложно измеряемых в количественных шкалах, усложнения структуры компонентов ИКО, усиления значимости имплицитных факторов ИКО, смещения баланса в структуре ИКО в сторону отношения человеческого капитала, отражающего эволюционное развитие ИКО, достижения им более высокого уровня системной и организационной сложности в процессе перехода экономики к современному этапу постиндустриального общества;

2) обосновать оптимальную программу развития ИКО посредством формирования портфеля проектов развития ИКО на основе выбранной целевой функции с использованием заданных ограничений.

Таким образом, актуальные тенденции цифровизации экономики обуславливают необходимость разработки принципиально нового подхода к управлению формированием и развитием интеллектуального капитала организации, учитывающего специфику данных условий. Основные аспекты, которые должны быть учтены в рамках разработки нового подхода:

1. Изменения в сущности ИКО и составе его ключевых компонентов в первую очередь состоят в усложнении его структуры и усилении динамического характера взаимовлияния компонентов, а также в усилении воздействия имплицитных факторов и факторов, сложно измеряемых в количественном выражении.

2. Радикальный характер изменений в содержании феномена ИКО обуславливает необходимость трансформации положений теории ИКО, учитывающей повышение уровня его системной и организационной сложности в цифровой экономике, рост числа и изменение специфики факторов, оказывающих влияние на его формирование и развитие, необходимость развития инструментов, обеспечивающих его количественную оценку.

3. Основные теории, которые могут обеспечить решение вышеобозначенных проблем, включают в себя теорию имплицитности, теорию динамических информационных систем и теорию нечетких множеств. Рассматриваемые теории позволяют сформировать базовые предпосылки для разработки методологии управления формированием и развитием ИКО.

1.2. Теоретический подход к управлению формированием и развитием интеллектуального капитала организации в цифровой экономике

Теория интеллектуального капитала на современном этапе развития экономики испытывает на себя воздействие процессов цифровизации, обуславливающих существенные изменения в функционировании социально-экономических систем. В соответствии с основными характеристиками цифровой экономики реализуется ряд изменений в содержании понятия и ключевых компонентах интеллектуального капитала. Данные изменения оказывают влияние на все аспекты функционирования субъектов экономики, в том числе на специфику и характер взаимодействия компонентов интеллектуального капитала, что в свою очередь обуславливает трансформации в процессах формирования и развития интеллектуального капитала на различных уровнях экономики. Учет факторов и условий, действующих в процессе реализации управленческих воздействий на ИКО в цифровой экономике, может быть произведен посредством выделения положений современных теорий, которые обладают потенциалом для их использования в целях формирования принципиально нового теоретического подхода к управлению формированием и развитием ИКО, что в свою очередь позволит предложить эффективный инструментарий его формирования и развития с учетом специфических характеристик цифровой экономики.

В соответствии с обозначенными выше тенденциями могут быть рассмотрены основные теории, оказывающие воздействие на развитие теории ИКО в настоящее время. К ним относятся теория постиндустриального общества, ресурсная теория стратегического управления, теория динамических информационных систем и теория имплицитности [77, 76].

Анализ многочисленных исследований в рамках теории постиндустриального общества позволил выделить наиболее характерные особенности постиндустриальной экономики:

- экономическая деятельность смещается от производства товаров к производству услуг;
- сфера услуг выделяется как новая крупнейшая сфера экономической деятельности, состоящая в воздействии на человека, а не на природу;
- происходит коренное изменение роли науки и инноваций, теоретического знания и информации, становящихся новым ресурсом (источником) развития в обществе, ориентированном на будущее;
- в этих условиях происходит соединение науки, технологии и экономики, что находит свое выражение в феномене НИР (research &

development), а также необходимости контроля и оценки технологий, технологического прогнозирования в таком типе общества;

– в постиндустриальную эпоху наука окончательно превращается в непосредственную производительную силу [141, 146, 167, 204, 209, 261, 268].

Названные особенности определяют характер преобразований в теории ИКО, в соответствии с которыми он начинает рассматриваться как ключевой ресурс экономических систем нового типа.

На формирование концепции экономической системы нового типа также оказала влияние ресурсная теория стратегического управления, отводящая ключевую роль в обеспечении конкурентных преимуществ организации ее уникальным ресурсам, главным из которых является знание-ресурс. До 1980-х гг. основные управленческие теории фокусировались на внешней среде фирмы (т.е. структуре отрасли), которая использовалась в качестве основы для понимания конкурентных преимуществ [249]. В рамках стратегического анализа влияния внешней среды мало внимания уделялось влиянию уникальных, специфических характеристик фирмы на ее конкурентную позицию. В частности, модели конкурентных преимуществ были основаны на двух простых предположениях: 1) фирмы в одной отрасли (или стратегической группе) идентичны с точки зрения стратегически важных ресурсов, которые контролируют, и стратегий, которым следуют [252]; 2) в случае появления разнородных ресурсов в конкретной отрасли или группе эта неоднородность будет краткосрочной, потому что ресурсы, которые фирмы используют при реализации своих стратегий, очень мобильны, т.е. их можно покупать и продавать на рынке факторов производства [138]. Другими словами, считалось, что ресурсы одинаково распределяются внутри отрасли и легко доступны для конкурирующих фирм. Соответственно, роль руководства заключалась в том, чтобы найти новые, более эффективные способы объединения продуктов и рынков с учетом рыночной силы поставщиков и покупателей, входных барьеров и потенциальных заменяющих технологий и/или продукта. Ключевой посыл теории конкурентного преимущества Портера заключался в том, что среда более важна для создания конкурентного преимущества, чем действия внутри фирмы [249].

Однако в 1980-х гг. эта точка зрения была заменена новой перспективой – ресурсной теорией. Основываясь на некоторых вопросах, поднятых Э. Пенроуз в 1950-х гг. [233], сторонники этой теории считают, что конкурентное преимущество может быть достигнуто не только за счет различных комбинаций продуктов и рынков в конкретной отрасли, но и за счет существующих различий в сочетании видов ресурсов в фирме, где

ресурсы рассматриваются как сила или слабость определенной фирмы [275].

Развивая эти идеи, Дж. Барни [138] разработал четыре критерия для определения того, какие ресурсы обеспечивают устойчивое конкурентное преимущество:

- 1) ценность для потребителя;
- 2) редкость по сравнению с конкурентами;
- 3) неспособность к имитированию;
- 4) постоянство (организованность).

Единственный ресурс, который, по-видимому, может соответствовать такому набору критериев, – это знаниевый ресурс, получивший разнообразные наименования в разных научных работах: невидимые активы [187], поглощающая способность [154], основные компетенции [238], стратегические активы [133], организационные навыки [278], нематериальные ресурсы, организационная память [273] и т.д. Например, Х. Итами [187] рассматривает невидимые активы как наиболее важные ресурсы в производственном процессе, которые основаны на свободном обмене информацией как внутри компании, так и с окружающей средой.

Следующим логическим шагом исследователей, пытавшихся понять природу знания, стала категоризация знаний. Несмотря на то, что предлагались различные виды типологий, такие как встроенное знание, закодированное знание, процедурное знание [144], наиболее часто используемым видом является выделение неявного и явного знания [199]. Кроме того, существуют различия в отношении индивидуальных и организационных явных и неявных знаний [197].

Исходя из этого можно отметить, что исследования в области стратегического управления сместили акцент с изучения внешней среды или структуры отрасли на изучение разнородных ресурсов внутри фирмы или ее возможностей, компетенций и знаний как источников устойчивых конкурентных преимуществ [241].

В современной деловой среде ИКО является одним из важнейших факторов, способствующих развитию и конкурентоспособности организации. ИКО, как правило, нематериален по своей природе, и возникают проблемы, когда дело доходит до определения его стоимости. Обычно используемые способы определения и описания ИКО включают в себя создание ценности и повышение конкурентного преимущества и успеха организации [265]. ИКО помогает создавать богатство и производить другие ценные активы. ИКО в бизнесе включает в себя богатство идей и способность к инновациям, которые во многом определяют будущее фирмы. В прошлом люди считали, что эффективность организации зависит от финансовых статей и расходов. Однако этот подход больше не соответст-

вует действительности. Исследователи пришли к выводу о том, что успех организации во многом зависит от элементов ИКО, которые вносят вклад в деятельность организации.

Чтобы выжить в конкурентной деловой среде, каждая фирма должна работать в условиях высокой производительности [250]. Кроме того, Дж. Мартин-де Кастро, И. Диес-Виаль и М. Дельгадо-Верде [207] считали, что ИКО играет важную роль в экономике, основанной на знаниях, и является ключевым фактором устойчивого конкурентного преимущества компании.

В работе [240] также обосновывается ключевая роль ИКО в достижении устойчивых конкурентных преимуществ и непрерывного роста организаций, независимо от основного характера их деятельности. Среди основных факторов, обуславливающих важность ИКО, выделяются следующие:

- 1) помогает организациям сформулировать свою стратегию;
- 2) позволяет оценить выполнение стратегии;
- 3) оказывает влияние на принятие решений о диверсификации и расширении;
- 4) использует их как основу для компенсации;
- 5) обеспечивает информирование внешних заинтересованных сторон.

Теория имплицитности изначально была сформулирована в когнитивной психологии [53], получила свое развитие в лингвистике [61, 95], а на современном этапе нашла практическое применение в экономических науках [123, 162]. Наше предположение о целесообразности и актуальности ее применения в целях формирования и развития ИКО основывается на ключевой роли, которую играет в ней понятие имплицитных факторов, под которыми понимаются неявные факторы, оказывающие существенное влияние на бизнес-процессы хозяйствующего субъекта, в основе которых лежит скрытая информация [70]. С учетом ключевой роли информации как фактора производства, которую она играет на современном этапе экономического развития в условиях цифровой экономики, происходит возрастание роли неявных, скрытых, факторов на процессы управления в организации [206, 271]. Теория имплицитности обеспечивает возможность идентификации таких факторов, а также их оценки и управления ими, за счет чего обеспечивается возможность учета вышеприведенных специфических особенностей цифровой экономики.

Теория динамических информационных систем (далее – ТДИС) представляет собой результат разработок отечественных исследователей В.И. Разумова и В.П. Сизикова [97, 98, 99], получивший в дальнейшем развитие в работах Г.Д. Боуш [9, 10, 11], З.А. Аксютиной [2], С.И. Насыровой [71], Ю.П. Дуся [27], В.Ю. Рогова, Т.Б. Савченко [102],

Н.А. Самарской [104], А.А. Толстой [118], А.Д. Тихоновой [117]. ТДИС основывается на подходе к разработке интеллектуальных технологий, где используется согласование потенциалов образного и рационально-логического мышления. Эти интеллектуальные технологии решают задачи перевода информации в знания, согласовывают содержательно-образное и формально-математическое в рассуждениях.

Динамический аспект влияния факторов ИКО в ТДИС может быть учтен с помощью понятия типов изменений. Концепция изменения в теории предполагает выявление информационных характеристик исследуемого объекта, учет обмена ресурсами по структурным связям, имеющим характер управляющих и контролирующих воздействий.

Усложнение структуры факторов ИКО в ТДИС регламентируется категорией качественного анализа, которая обеспечивает согласование информационного содержания исследуемого объекта с классификациями возможных моделей и соединяет в себе возможности включения в них компонентов различных типов. Качественный анализ в категориально-системной методологии и ТДИС представляет собой средство конструирования категориальных схем и их применения к интерпретации конкретных объектов, т.е. является инструментом, организующим категории в категориальной схеме, и средством для систематизации понятий. Относительно математической аксиоматики качественный анализ реализуется посредством обеспечения однозначного и строгого анализа информационного объекта [97].

Использование ТДИС в значительной степени ориентировано на возможности представления в рамках теории исследуемого объекта как сложной многокомпонентной системы, взаимодействие элементов которой осуществляется с учетом влияния универсальных закономерностей, действующих вне зависимости от специфики области познания, к которой принадлежит исследуемый объект. Применение теории характеризуется следующими специфическими чертами:

1) представление объекта исследования в виде динамической системы реализуется посредством формирования его структуры на основе общепhilosophической концепции триадичности;

2) использование общесистемных принципов познания дает возможность выделить и сформулировать новые, ранее не исследованные понятия и явления в проблемном поле изучаемого объекта;

3) применение ТДИС позволяет выявить принципиально новые качественные характеристики исследуемого объекта, не доступные при его первичном рассмотрении, выявить скрытые закономерности его функционирования и развития;

4) ТДИС дает возможность определить состав компонентов изучаемого объекта, описать характер их взаимодействия, выявить ключевой

ресурс, за счет которого реализуется процесс его функционирования, специфику противоречий, возникающих в ходе его использования;

5) реализуется прогностическая функция теории, т.е. возможность предсказания поведения объекта и возможных траекторий его развития на основе универсальных принципов познавательной деятельности [99].

Таким образом, использование ТДИС позволяет учесть скрытые слабо-формализуемые факторы функционирования экономических субъектов, а также предоставляет инструментарий для обеспечения интеллектуализации моделей и методов принятия управленческих решений в цифровой экономике.

В рамках теории имплицитности и теории динамических информационных систем может быть сформировано новое системное видение ИКО как иерархической структуры, основанной на традиционном выделении трех ключевых компонентов с последующей их декомпозицией на основные виды когнитивной активности и предполагающей учет: не только явных, эксплицитных, факторов, но и имплицитных, косвенным образом воздействующих на него; факторов, сложно измеряемых в количественных шкалах; динамического взаимовлияния структурных компонентов ИКО, взаимосвязи и взаимообусловленности видов способностей к когнитивной активности как декомпозирующих элементов ИКО; развития ИКО как результата смены его эволюционных состояний.

Обозначенные тенденции свидетельствуют о необходимости разработки принципиально нового теоретического подхода к управлению формированием и развитием ИКО в цифровой экономике, предполагающего конвергенцию основных положений теории постиндустриального общества, ресурсной теории стратегического управления, теорий имплицитности и динамических информационных систем. Данный подход предполагает учет как изменения роли самого ИКО, который с позиции теории постиндустриального общества и ресурсного подхода рассматривается в качестве ключевого невещественного ресурса, обеспечивающего устойчивые конкурентные преимущества организации, так и изменение роли, усложнение структуры и усиление значимости влияния ключевых компонентов ИКО, специфику их динамического взаимодействия, изменение характера влияния факторов на ИКО в условиях цифровизации экономики, что обуславливает использование теорий имплицитности и динамических информационных систем в целях учета влияния данных факторов на процессы его формирования и развития.

Выполненный анализ и систематизация основных положений рассматриваемых теорий позволили обобщить их в виде схемы и обосновать комбинированный теоретический подход к управлению формированием и развитием ИКО в цифровой экономике (рис. 1.3).



Рис. 1.3. Конвергенция основных положений теорий, сформировавших основу комбинированного теоретического подхода к управлению формированием и развитием ИКО в цифровой экономике

Источник: сост. авторами.

В соответствии с результатами обобщения основными положениями рассматриваемого теоретического подхода являются: необходимость учета факторов скрытого (опосредованного) влияния, которые в условиях экономики нового типа могут быть отнесены к источникам конкурентных преимуществ организации; многоаспектный характер влияния факторов внешней среды на социально-экономические системы, что в целом согласуется с необходимостью учета неявных факторов; ключевая роль информации и знаний в формировании конкурентных преимуществ компа-

нии; категоризация знания с выделением категорий явного и неявного знания; ориентация социально-экономических субъектов на их будущее динамическое развитие; возможность системы динамически развиваться за счет сочетания разнородных ресурсов, в числе которых могут отдельно быть выделены факторы скрытого (опосредованного) влияния.

Указанные положения определяют содержание комбинированного теоретического подхода и должны рассматриваться не обособленно, а в динамическом взаимодействии, что схематично показано на рис. 1.4.



Рис. 1.4. Концептуальная модель комбинированного теоретического подхода к управлению формированием и развитием ИКО в цифровой экономике

Источник: сост. авторами.

Предлагаемый теоретический подход обеспечивает следующие преимущества:

1) дает возможность сформировать полное и непротиворечивое описание исследуемого объекта с выделением его фундаментальной характеристики, обеспечивающей основу для формирования его иерархической структуры;

2) обеспечивает возможность представления ИКО и процессов его формирования и развития в виде совокупности концептуальных моделей и схем, позволяющих обосновывать эффективные управленческие воздействия на него с учетом запросов лиц, принимающих решения, и ключевых стейкхолдеров организации;

3) позволяет определить возможные траектории развития ИКО на основе его текущего уровня развития и имеющихся в наличии ресурсов, а также желаемого результата;

4) позволяет идентифицировать и типологизировать факторы, воздействующие на процессы формирования и развития ИКО в условиях цифровой экономики, с учетом степени их влияния и характера взаимодействия;

5) обуславливает необходимость оценки интегрального показателя ИКО и показателей, соответствующих его элементам на всех уровнях иерархии, с целью анализа динамики его развития и определения необходимых управленческих воздействий на данный процесс;

6) обеспечивает возможность оптимизации управленческих воздействий на основе разработки программы развития ИКО с учетом заданной целевой функции и сформированных ограничений.

Таким образом, выполненное исследование ключевых положений современных теорий, отвечающих актуальным преобразованиям в содержании понятия и ключевых компонентах ИКО вследствие цифровизации экономики, позволило обосновать комбинированный теоретический подход к управлению формированием и развитием ИКО в цифровой экономике. Данный подход обеспечивает условия эффективного принятия решений руководством организации с позиции текущего уровня развития ИКО, выделения проблемных зон и аспектов, требующих повышенного внимания, с учетом трансформаций в экономике под влиянием на нее процессов цифровизации, обоснования комплекса управленческих воздействий на ИКО, направленных на его эффективное развитие в условиях цифровой экономики. Комбинированный теоретический подход позволяет сформировать представление об ИКО как о непрерывно развивающейся динамической системе, включающей в себя множество взаимосвязанных элементов и испытывающей на себе воздействие большого числа факторов, зачастую реализуемое опосредованно. Следовательно, возможности его использования напрямую связаны с перспективами разработки методологии управления формированием и развитием ИКО в цифровой экономике.

1.3. Роль и место искусственного интеллекта в процессах формирования и развития интеллектуального капитала организации

В настоящий момент сущность и структура ИКО претерпевают существенные изменения вследствие стремительного развития искусственного интеллекта (далее – ИИ). Несмотря на то, что данное понятие появилось в 1960-х гг., концепция ИИ начала широко использоваться и активно исследоваться в работах отечественных и зарубежных ученых только в последнем десятилетии, что обуславливает слабую изученность ИИ и необ-

ходимость более детального изучения его сущностных характеристик. В контексте целей и задач настоящего исследования особого внимания заслуживает вопрос воздействия ИИ на формирование и развитие ИКО.

Анализ исследований по данной теме позволил сделать вывод о том, что существуют два основных направления, в рамках которых изучается феномен ИИ с позиции его влияния на ИКО. В соответствии с первым направлением основной акцент делается на том, что ИИ может рассматриваться как своего рода альтернатива или же дополнение к интеллекту естественному, индивидуальному интеллектуальному капиталу человеческой личности, что ведет, с одной стороны, к смещению акцента от технических функций сотрудников (которые с успехом могут выполняться системами искусственного интеллекта) в сторону «мягких» навыков, в первую очередь тех из них, которые предполагают наиболее эффективное использование ИИ, обработку и интерпретацию результатов его применения; с другой стороны, данное преобразование обуславливает снижение актуальности целого класса технических профессий, что в перспективе предполагает возникновение структурной безработицы [24, 33, 105]. В данном случае ИИ рассматривается как ресурс, который наряду с интеллектом человека задействуется в создании интеллектуального капитала.

Второе направление связывает использование ИИ с его применением в бизнес-процессах компании, обеспечивающим более эффективную их реализацию, что позволяет говорить о его интерпретации как результате в виде организационного и, в той или иной степени, отношенческого капитала [86, 103]. В отдельных работах встречается точка зрения, в соответствии с которой ИИ может рассматриваться и как фактор производства, используемый для формирования ключевых компонентов ИКО, и как уже созданный результат [8]. Можно согласиться с тем, что оба направления отражают объективную картину встраивания феномена ИИ в структурную модель ИКО.

Однако в вышеприведенных исследованиях отсутствует более детальное представление о роли ИИ в процессах формирования и развития ИКО, предполагающее учет как положительных изменений, связанных с внедрением новых технологий, так и негативных тенденций. Не выявлены условия и возможные варианты воздействия ИИ на формирование и развитие ИКО, что затрудняет принятие управленческих решений, ориентированных на реализацию прогрессивного развития ИКО. Влияние ИИ на формирование и развитие ИКО может быть разнонаправленным, и, для того чтобы реализовать желаемый вариант изменений в ИКО под воздействием внедрения ИИ, необходимо создать определенные условия такого внедрения.

С целью изучения роли и места ИИ в процессах формирования и развития ИКО как с точки зрения воздействия его на природу и содержание ресурсов, используемых для реализации данных процессов, так и влияния на бизнес-процессы организации предполагается использовать категориальный метод «Универсальная схема взаимодействия» [11]. Суть метода состоит в том, что в рамках исследования объекта выделяются и описываются базовые категории – процесс, ресурс, элементы, взаимодействие, результат и эффект, после чего совокупность описываемых категорий представляется в виде схемы. С помощью данной схемы могут быть решены две управленческие задачи: задача определения видов ИКО, которые могут быть сформированы на основе использования имеющихся ресурсов посредством реализации доступных видов когнитивной активности, и обратная управленческая задача, состоящая в оценке того, какие виды ресурсов требуются для формирования определенного вида ИКО. В работе [74] вышеуказанный метод был использован в отношении ИКО в целом. В рамках настоящего исследования полученный результат в виде организационно-управленческой схемы ИКО может применяться для определения роли и места ИИ в данной схеме. Виды когнитивной активности, реализуемые в организации и обеспечивающие формирование ключевых компонентов ИКО, включают в себя обучение, вовлечение, производственную рационализацию, самосовершенствование, клиентоориентированную рационализацию, инновационную деятельность [75].

Далее предполагается использовать категориальный метод «Простая модель компенсационного гомеостата», чтобы выявить и описать специфику противоречий, возникающих в рамках реализации процессов формирования и развития ИКО в ячейках двухкомпонентного ядра ИКО с учетом влияния ИИ.

Вышеприведенные методы дополняются методом библиографического анализа источников по теме влияния ИИ на процессы формирования и развития ИКО.

Применение метода «Универсальная схема взаимодействия» в отношении ИКО позволило получить его организационно-управленческую схему, показанную на рис. 1.5.

Далее необходимо определить роль и место ИИ в процессах формирования и развития ИКО с учетом того, что он может оказывать воздействие на данные процессы как с точки зрения используемых ресурсов (физиологическая и психологическая основа интеллекта, модифицирующаяся под воздействием внедрения ИИ), так и с точки зрения полученного результата в виде внутренних бизнес-процессов организации и процессов ее взаимодействия с внешними стейкхолдерами (организационный и отношениями капитал).

Средне-серым на рисунке показаны блоки, соответствующие элементам траекторий формирования ИКО с участием ИИ в качестве ресурса (наряду с естественным интеллектом человека) и в качестве получаемого результата.

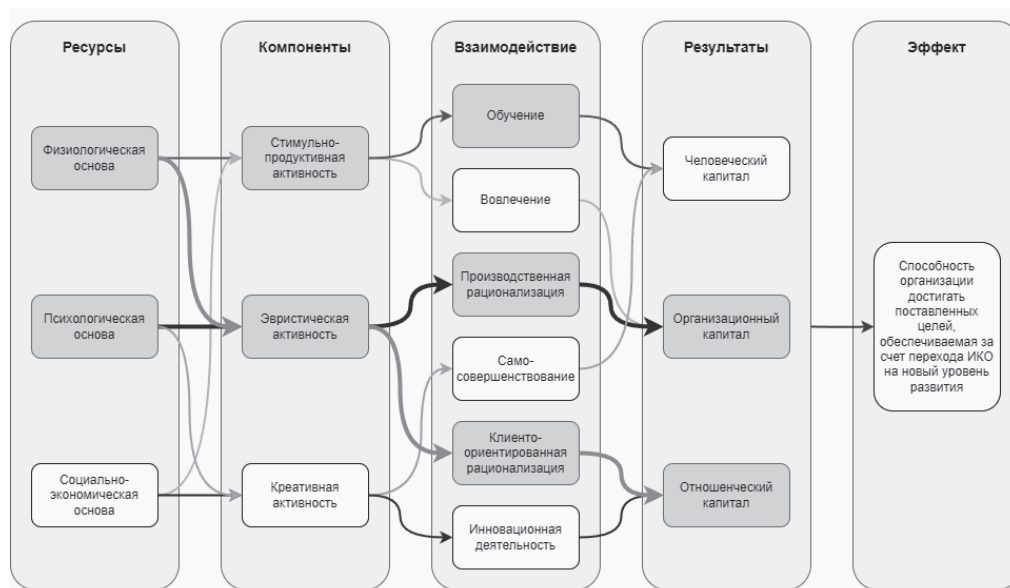


Рис. 1.5. Место искусственного интеллекта в структурной схеме ИКО

Источник: сост. авторами.

Активное использование ИИ обуславливает изменения в процессе воспроизводства ИКО, при котором ресурсы трансформируются в компоненты на более высоком этапе их развития.

Таким образом, располагая информацией об имеющихся ресурсах и используемых элементах системы, руководство организации получает возможность управления процессами формирования и развития необходимых видов ее интеллектуального капитала.

Дальнейшее рассмотрение роли ИИ в процессах формирования и развития ИКО предполагается осуществить посредством выделения тех видов способностей к когнитивной активности, в которых ИИ используется либо в качестве ресурса, либо в качестве полученного результата в виде одного из ключевых компонентов ИКО. Когнитивная активность представляет собой фундаментальную характеристику ИКО, которая может рассматриваться как источник использования имеющегося в наличии у организации ресурса с целью получения результата в виде ИКО. Из концепции роли ИИ в структурно-компонентной схеме ИКО следует, что

виды когнитивной активности, в которые оказывается включенным ИИ в качестве либо ресурса, либо результата, либо и того и другого, включают в себя обучение, производственную рационализацию и клиенто-ориентированную рационализацию. Задачей лица, принимающего решение, является осуществление управленческих воздействий на реализацию данных процессов с тем, чтобы обеспечить их протекание в наиболее благоприятном режиме, обеспечивающем переход ИКО на более высокий уровень системной и организационной сложности. Для этого необходимо воспользоваться категориальным методом простого компенсационного гомеостата. В рамках метода используется понятие противоречия между двумя составными элементами системы (подсистемы, компоненты), которые, сами являясь неустойчивыми, обеспечивают устойчивость системы (гомеостаз) [18]. Возникновение противоречия обусловлено наличием конкуренции, возникающей между этими компонентами за значимый для них ресурс (рис. 1.6).

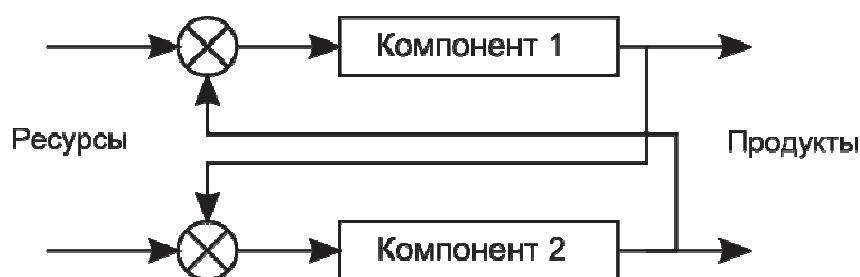


Рис. 1.6. Простая модель компенсационного гомеостата

Источник: [18, 97].

Компоненты системы представляют собой элементы-преобразователи, поскольку их роль в системе предполагает, что они трансформируют получаемые ресурсы в результаты определенного вида. Полученный результат функционирования каждого элемента-преобразователя влияет на состояние противоположного элемента и системы в целом. Возможна реализация двух вариантов такого влияния: рост продуктивности противоположного элемента (положительная обратная связь), снижение продуктивности противоположного элемента (отрицательная обратная связь). Таким образом, могут быть реализованы четыре возможных режима функционирования системы, представленные в табл. 1.2 [18].

Таблица 1.2

Возможные варианты взаимодействия компонентов в ИКО

Ре- жим	Тип обрат- ной связи	Характер взаимодействия	Результат взаимодействия
1	--	Оба элемента блокируют развитие друг друга	Локальный регресс, снижение продуктивности системы
2	+ -	Элемент 1 стимулирует развитие элемента 2. Элемент 2 блокирует развитие элемента 1	Локальный изогресс, временное сохранение продуктивности системы
3	- +	Элемент 2 стимулирует развитие элемента 1. Элемент 1 блокирует развитие элемента 2	Локальный изогресс, временное сохранение продуктивности системы
4	++	Оба элемента стимулируют развитие друг друга	Локальный прогресс, рост продуктивности системы

Режимы 2 и 3 носят устойчивый характер. Режим 1 не может быть длительным и в перспективе приводит систему к распаду. В режиме 4 система также не может долго существовать: она либо разрушается вследствие переизбытка ресурса, либо переходит на более высокий уровень системной и организационной сложности.

Таким образом, учитывая то, что применительно к задаче определения роли ИИ в процессах формирования и развития ИКО рассмотрению подлежат три из шести видов когнитивной активности, реализуемых в организации, всего возможны три попарные комбинации компонентов в ядре ИКО: обучение – производственная рационализация; обучение – клиентоориентированная рационализация; производственная рационализация – клиентоориентированная рационализация.

Использование категориального метода простого компенсационного гомеостата применительно к данным парным комбинациям позволило получить следующие результаты.

Противоречие типа «обучение – производственная рационализация» в простой модели компенсационного гомеостата представлено на рис. 1.7.

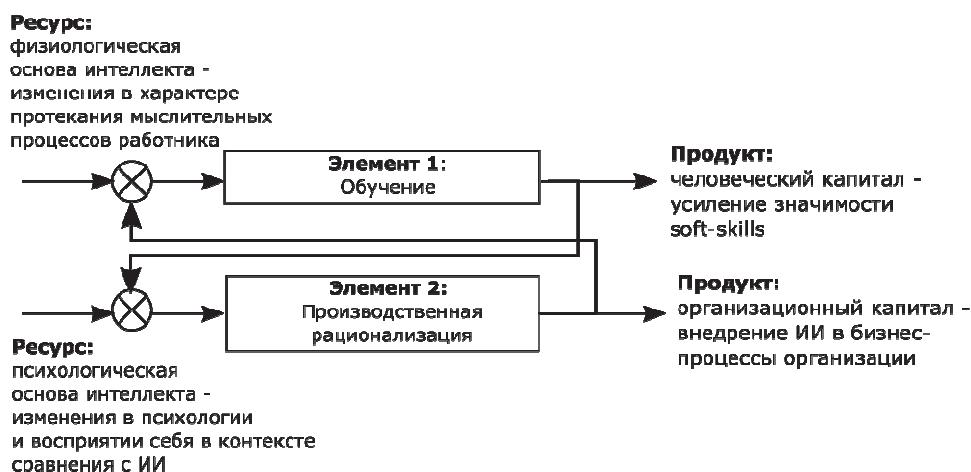


Рис. 1.7. Простая модель компенсационного гомеостата для двухкомпонентного ядра
«обучение – производственная рационализация»

Источник: сост. авторами.

Возможные режимы взаимодействия компонентов ИКО в двухкомпонентном ядре «обучение – производственная рационализация» могут быть интерпретированы следующим образом.

Режим 1: у работника слабо развиты как интеллект восприятия, так и интеллект мышления. Выполняя текущие рутинные операции с помощью полученных в процессе обучения навыков, работник отказывается от совершенствования производственных процессов с помощью внедрения в них ИИ. Как правило, это может быть связано с несколькими причинами:

1) он испытывает внутреннее сопротивление изменениям, нежелание осваивать новые технологии [125];

2) он освоил использование ИИ для выполнения текущих рутинных операций, чтобы сократить время их выполнения и повысить свои KPI, однако в долгосрочной перспективе использование результатов работы ИИ без их верификации и критического анализа приводит к сбоям и проблемам в производственных процессах организации;

3) он осознает, что использование ИИ в текущих рутинных операциях может привести к тому, что его труд будет полностью заменен работой ИИ и необходимость в его трудоустройстве в принципе отпадет, поэтому он не инициирует масштабное открытое использование ИИ в производственных процессах.

Например: программист освоил написание кода с помощью ChatGPT, за счет чего скорость выполнения им задач существенно повысилась. Однако бездумное копирование кода привело к тому, что в коде, сформированном на уровне отдельного технического решения, не учтены общие

принципы формирования системы, на уровне которой он встраивается, что привело к усложнению его поддержки и обусловило возникновение трудно выявляемых дефектов. В результате этого произошел сбой в реализации производственных процессов на уровне организации.

Режим 2: в процессе приобретения знаний, необходимых для реализации текущей рутинной деятельности, работник делает ее более эффективной с помощью использования ИИ, что на определенном этапе обеспечивает возможность глобальных изменений в самой организации производственных процессов. Данные изменения приводят к тому, чего он гипотетически мог опасаться: к постепенной замене ручного неквалифицированного труда работой ИИ. Соответственно, отказ от использования труда работников влечет за собой прекращение их дальнейшего обучения. В частности, в феврале 2024 г. австралийский журнал *Cosmos Magazine* произвел замену всех авторов на систему ИИ¹, после того как их же работы были использованы для того, чтобы обучить систему генерировать контент.

Режим 3: решение о внедрении систем ИИ в деятельность организации принимается на уровне руководства, однако работник, понимая, чем это грозит его положению в организации, активно или скрыто саботирует дальнейшее усиление роли ИИ, отказывается осваивать новые технологии, в силу чего последующий рост использования ИИ в производственных процессах компании оказывается недоступным.

Например: в эпоху индустриализации работники разрушали станки, потому что боялись, что их труд будет полностью замещен работой промышленных инструментов [12].

Режим 4: наиболее благоприятная ситуация, при которой работник осознает неизбежность и необходимость использования ИИ в производственных процессах. В этом случае освоение новых технологий на уровне отдельно взятых работников сочетается с их централизованным внедрением на уровне организации, что позволяет обеспечить переход ИКО на более высокий уровень системной и организационной сложности либо за счет смещения акцента от компонента «обучение» в ячейке двухкомпонентного ядра к компоненту «вовлечение» (ситуация, когда работник осознает необходимость использования новых технологий и с воодушевлением воспринимает эту идею), либо за счет смещения акцента от компонента «производственная рационализация» в сторону компонента «самосовершенствование», когда работник приходит к выводу о том, что для

¹ Cosmos Magazine publishes AI-generated articles, drawing criticism from journalists, co-founders. ABC News (posted Thu 8 Aug 2024). URL: <https://www.abc.net.au/news/science/2024-08-08/csiro-cosmos-magazine-generating-articles-using-ai/104186330> (accessed date: 15.08.2024).

сохранения своей конкурентоспособности на рынке труда ему необходимо постоянно осваивать новые технологии.

Желаемый результат может быть достигнут посредством проведения ряда психологических тренингов среди сотрудников, объясняющих целесообразность и неизбежность трансформации, с одной стороны, и изменения содержания производственных процессов, при котором труд работника становится более квалифицированным и включает в себя осознанное использование результатов, получаемых с помощью ИИ, с другой стороны.

Противоречие типа «обучение – клиентоориентированная рационализация» в простой модели компенсационного гомеостата представлено на рис. 1.8.

В соответствии с приведенными в табл. 1.2 вариантами возможные режимы взаимодействия компонентов ИКО в двухкомпонентном ядре «обучение – клиентоориентированная рационализация» можно интерпретировать следующим образом.

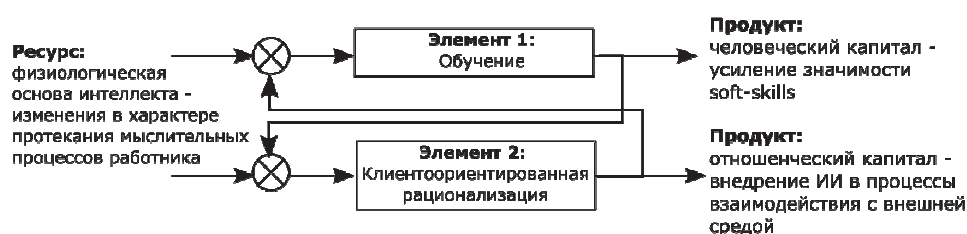


Рис. 1.8. Простая модель компенсационного гомеостата для двухкомпонентного ядра «обучение – клиентоориентированная рационализация»

Источник: сост. авторами.

Режим 1: работник может использовать системы ИИ в части выполнения рутинных операций, как и в рамках первой парной комбинации, однако их использование не носит повсеместного и определяющего характера и остается личной инициативой отдельно взятых сотрудников. В таком случае речь опять же идет о локальной оптимизации.

Например: работник в сфере продаж сгенерировал деловое предложение клиенту с использованием нейросети, не подвергая его критическому анализу. В результате предложение оказалось технически нереализуемым, клиенты остались недовольны, организация выплатила штраф за нарушение условий подписанного соглашения.

Режим 2: работник успешно осваивает использование ИИ на уровне рутинных операций в рамках взаимодействия с внешней средой, в резуль-

тате чего производительность в данной области повышается. В долгосрочной перспективе расширение клиентской базы организации влечет за собой возникновение сбоев во внутренних бизнес-процессах организации.

Например: аналогично предыдущей ситуации работник в сфере продаж сформировал деловое предложение клиенту с использованием нейросети, опять же без верификации возможности его реализации. Предложение было реализовано в авральном режиме, чтобы не нарушать договоренность, из-за чего пострадали процессы долгосрочного планирования и, возможно, другие, менее значимые клиенты.

Режим 3: данная ситуация в целом сходна с режимом 3 в рамках первой рассматриваемой комбинации. Системы ИИ внедряются в процессы взаимодействия с внешними стейкхолдерами на уровне руководства организации, однако рядовые сотрудники испытывают сложности с освоением новых технологий. В этом случае наиболее эффективным выходом также становится либо переориентирование уже имеющихся сотрудников, либо постепенная замена имеющихся сотрудников на более эффективных.

Режим 4: такая ситуация оказывается возможной в том случае, если сами сотрудники уже в достаточной степени подготовлены к освоению систем ИИ и руководство реализует последовательную программу по их внедрению в процессы взаимодействия с внешними стейкхолдерами.

В таком случае происходит переход ИКО на новый уровень либо за счет смещения акцента от компонента «обучение» в двухкомпонентном ядре к компоненту «вовлечение», как в первой рассмотренной комбинации, либо за счет смещения акцента от компонента «клиентоориентированная рационализация» к компоненту «инновационная деятельность» в случае, если увеличение количества клиентов и, соответственно, бюджета, позволяет внедрять инновации и более эффективно использовать ИИ для генерации новых идей.

Противоречие типа «производственная рационализация – клиентоориентированная рационализация» в простой модели компенсационного гомеостата представлено на рис. 1.9.

В соответствии с представленными в табл. 1.2 вариантами возможные режимы взаимодействия компонентов ИКО в двухкомпонентном ядре «производственная рационализация – клиентоориентированная рационализация» можно интерпретировать следующим образом.

Режим 1: руководство принимает решение об использовании систем ИИ на уровне внутренних бизнес-процессов компании, что влечет за собой их бездумное использование сотрудниками, вследствие чего результат не соответствует желаемому клиентам.

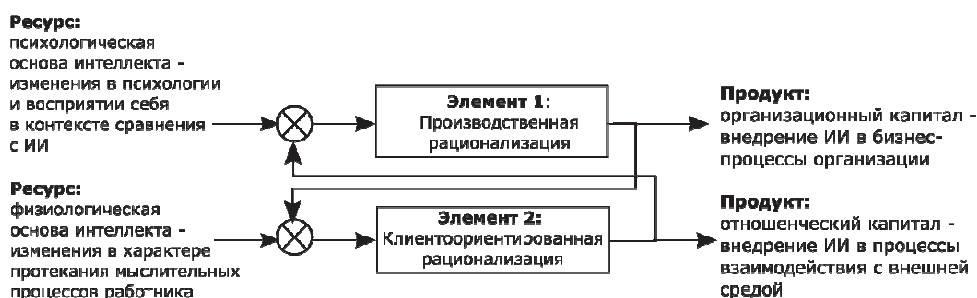


Рис. 1.9. Простая модель компенсационного гомеостата для двухкомпонентного ядра «производственная рационализация – клиентоориентированная рационализация»

Источник: сост. авторами.

Режим 2: системы ИИ эффективно используются на уровне организации, клиенты в краткосрочной перспективе оказываются удовлетворены результатами, однако расширение возможностей формирования деловых предложений и рост числа клиентов ведут к проблемам во внутренних бизнес-процессах, вызванных сложностью или невозможностью обслуживания увеличившегося числа клиентов и усложнением запросов со стороны старых клиентов.

Режим 3: генерация деловых предложений с использованием нейросетей в целом согласуется с их применением на уровне бизнес-процессов, однако в долгосрочной перспективе в отношении технической реализации могут возникнуть сложности, связанные с запаздыванием технологий в рамках взаимодействия с клиентами на новом уровне.

Режим 4: внедрение новых технологий во внутренние бизнес-процессы и в процессы взаимодействия с внешними стейкхолдерами реализуется примерно с одинаковыми темпами, что может, как и во второй комбинации, обеспечить увеличение бюджета и активизацию инновационной составляющей (переход от компонента «клиентоориентированная рационализация» к компоненту «инновационная деятельность»), а может подготовить условия для внутренних изменений в сотрудниках, осознающих целесообразность использования ИИ (переход от компонента «производственная рационализация» к компоненту «самосовершенствование»).

Таким образом, использование категориальных методов «Простая модель компенсационного гомеостата» и «Универсальная схема взаимодействия» в сочетании с традиционным методом анализа библиографических публикаций по теме исследования позволило получить следующие результаты:

1. Определено место ИИ в организационно-управленческой схеме ИКО. Показано, что ИИ может оказывать воздействие как на трансфор-

мацию определенных ресурсов (физиологическая или психологическая основа интеллекта), обеспечивающих получение результатов в виде соответствующих компонентов ИКО, так на уже полученный результат в виде организационного либо отношенческого капитала, который может использоваться на последующих этапах развития ИКО.

2. Выявлены и описаны противоречия, возникающие между парами элементов ячейки двухкомпонентного ядра ИКО на различных этапах его развития, обусловленные воздействием ИИ. Показаны возможные комбинации элементов двухкомпонентных ядер, связанные отношениями противоречий.

3. Определены режимы возможного взаимодействия компонентов ячеек двухкомпонентного ядра в результате возникновения таких противоречий. Показаны варианты реализации прогрессивных режимов и возможные перспективы дальнейшего развития ИКО в результате реализации прогрессивных режимов.

Перспективы дальнейшего использования полученных результатов видятся в разработке более детальных рекомендаций для управленческого звена организации, направленных на обеспечение реализации прогрессивного режима в каждом конкретном случае и, как следствие, на формирование инфраструктурной поддержки перехода ИКО на более высокий уровень системной и организационной сложности, что представляет собой конечную цель управленческих воздействий лиц, принимающих решения.

2. НЕЧЕТКИЕ МОДЕЛИ ОЦЕНКИ, ФОРМИРОВАНИЯ И РАЗВИТИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО КАПИТАЛА ОРГАНИЗАЦИИ

2.1. Нечеткая модель формирования каузального поля показателей развития интеллектуального капитала организации

Развитие теории интеллектуального капитала за счет введения в нее концепции имплицитности позволяет обеспечить объяснение и интерпретацию бизнес-процессов экономических систем на принципиально новом уровне обобщения. В рамках теории интеллектуальный капитал сам является имплицитным фактором, процесс формирования которого в значительной степени определяется воздействием ряда имплицитных факторов, влияющих на него [67]. Соответственно, представляется целесообразным выделить, кроме явно воздействующих на развитие ИКО факторов (эксплицитных), факторы скрытого, опосредованного влияния (имплицитные). В совокупности выделенные группы ключевых показателей развития ИКО, эксплицитных, или очевидных, факторов, оказывающих непосредственное воздействие на развитие ИКО, а также имплицитных факторов составляют каузальное поле показателей развития ИКО [68].

Развитие ИКО как источника конкурентных преимуществ организации осуществляется в рамках стратегического управления организацией. Важнейшим инструментом структуризации и операционализации стратегии является сбалансированная система показателей (ССП – Balanced ScoreCard, BSC). Данный системный метод управления, предложенный Р. Капланом и Д. Нортоном, позволяет перевести сформулированные стратегические цели и задачи организации, учитывающие все аспекты ее дальнейшего развития, в конкретные действия [191, 200, 232]. За свою тридцатилетнюю историю концепция СПП претерпела значительную эволюцию, не только не растеряв, но упрочив свою популярность. Ее используют практически все известные консалтинговые компании, а все крупные разработчики корпоративных информационных систем предлагают инструментальную поддержку СПП [196, 235, 264].

Возможность использования СПП в отношении оценки ИКО обусловлена, во-первых, акцентом на нематериальные показатели, во-вторых, просле-

живающейся взаимосвязью между традиционно выделяемыми основными структурными компонентами ИКО (человеческий капитал, организационный капитал, отношенческий капитал) и перспективами ССП [267, 189, 224, 232, 234].

Несмотря на признанные достоинства, ССП не свободен от недостатков и подвержен критике на протяжении своей эволюции [44, 68, 80, 183, 230]. Выделим два из них, критичные с точки зрения целей настоящей работы.

Во-первых, в традиционной модели ССП не учитываются опосредованные влияния имплицитных факторов на ключевые показатели деятельности организации. Причинно-следственные связи в стратегических картах отражают факторы прямого влияния (явные, очевидные зависимости).

Во-вторых, в классической версии ССП изначально заложено неравноправие стейкхолдеров организации с точки зрения учета их интересов [30]. Между тем важнейшим структурным компонентом ИКО является отношенческий капитал, определяемый характером взаимосвязей организации с субъектами внешней среды [145, 202, 134, 248, 255].

Решение первой проблемы предлагает Д.М. Назаров [68], разработавший модель рефлексивного отбора имплицитных показателей управленческой деятельности организации и применивший ее в разработке модифицированной ССП. В свою очередь, в работах [109, 111] предлагается модификация ССП для так называемой стейкхолдер-компании. В ее рамках предлагается в том числе метод построения карты стратегических целей, в котором устранено изначально неравноправие интересов стейкхолдеров, заложенное в классической ССП. С точки зрения целей настоящей работы представляется перспективным совместить описанные модификации ССП, а именно применить модель рефлексивного отбора имплицитных показателей в рамках «стейкхолдерской» модификации ССП.

Важно отметить, что процесс создания различных видов ИКО реализуется за счет его фундаментальной характеристики – когнитивной активности. Когнитивная активность обеспечивает необходимое разнообразие способов восприятия и переработки информации и их проявление через совокупность специфических психических процессов и состояний (познавательную деятельность) [45, 75, 153]. Определение возможных типов когнитивной активности (обучение, вовлечение, производственная рационализация, самосовершенствование, клиентоориентированная рационализация, инновационная деятельность) дает возможность осуществлять конкретные управленческие воздействия на них на различных уровнях. Типы когнитивной активности могут быть соотнесены со структур-

ными компонентами ИКО следующим образом: обучение и самосовершенствование способствуют развитию человеческого капитала; вовлечение и производственная рационализация развивают организационный капитал; инновационная деятельность и клиентоориентированная рационализация обеспечивают прирост отношения человеческого капитала.

Неявность имплицитных факторов, скрытость и опосредованность их влияния на развитие ИКО (в свою очередь являющегося имплицитным фактором) приводят к необходимости использования нечетких инструментов при их выявлении. Значительным преимуществом использования нечетких моделей и методов является возможность формализации различного рода неопределенностей (прежде всего лингвистической неопределенности).

В научной литературе нам не удалось найти нечеткие модели выявления имплицитных факторов ИКО. В то же время существуют работы, в которых предлагаются нечеткие инструменты применительно к самым различным имплицитным факторам социально-экономических систем [7, 178, 220, 147].

В работе [67] предложена нечеткая модель выявления имплицитных факторов в ССП организации. Выявление опосредованных влияний в рамках модели основано на технологии оценки нечетких бинарных отношений на некотором множестве. При этом элементами матриц нечетких бинарных отношений являются одноточечные нечеткие множества, что в определенной степени сужает возможности использования модели [69]. Представляется перспективным развитие данной модели применительно к ИКО в рамках новой модификации ССП в привязке к основным структурным компонентам ИКО с учетом распределения показателей по типам когнитивной активности с изменением технологии оценки нечетких бинарных отношений.

Таким образом, необходима разработка метода отбора эксплицитных и имплицитных факторов развития ИКО в увязке с ее стратегией на основе модифицированной ССП с учетом распределения показателей по типам когнитивной активности в нечеткой постановке.

Формирование каузального поля показателей развития ИКО предполагает выделение трех групп показателей:

- 1) ключевые показатели развития ИКО;
- 2) эксплицитные факторы ИКО (оказывающие очевидное непосредственное влияние на развитие ИКО);
- 3) имплицитные факторы ИКО (неявные факторы, оказывающие опосредованное влияние на развитие ИКО).

Формирование каузального поля предлагается осуществлять в рамках модифицированной ССП. При этом предлагается сгруппировать стратеги-

ческие цели организации, имеющие существенное отношение к развитию ее интеллектуального капитала, по трем группам, соответствующим основным структурным компонентам ИКО. Заметим, что одна и та же цель может попасть в несколько групп. При этом интегральные показатели, соответствующие основным структурным компонентам ИКО, могут быть рассмотрены как ключевые показатели ИКО. Поскольку, как было отмечено выше, с каждым структурным компонентом ИКО могут быть соотнесены два типа когнитивной активности, то фактически происходит группировка стратегических целей по шести группам.

Предварительный отбор показателей, претендующих на включение в группы «эксплицитные факторы ИКО» и «имплицитные факторы ИКО», происходит среди показателей стратегических целей из шести групп. Концепция ССП предполагает соответствие каждой стратегической цели набора результирующих показателей, значения которых позволяют судить о степени достижения цели. Стратегические цели, которые способствуют в той или иной мере развитию ИКО, могут быть направлены на развитие иных ключевых аспектов деятельности организации. Поэтому не все результирующие показатели этих целей будут показателями развития ИКО.

Сформированный набор показателей необходимо разделить на три подгруппы: эксплицитные факторы ИКО; имплицитные факторы ИКО; показатели, влиянием которых на развитие ИКО можно пренебречь (для конкретной организации в рамках ее стратегии на данном этапе ее развития).

Для этого на первом этапе необходимо оценить влияние всех отобранных показателей на ключевые показатели ИКО. Под влиянием показателя на ИКО будем понимать интегральную степень влияния данного показателя на ключевые показатели ИКО. Все показатели, степень влияния которых на ИКО превосходит определенную границу, будем относить к эксплицитным факторам ИКО.

На втором этапе необходимо оценить влияние всех оставшихся показателей на уже отобранные эксплицитные факторы ИКО. Здесь мы вслед за Д.М. Назаровым [66] принимаем гипотезу о том, что имплицитные факторы влияют на основные показатели деятельности организации опосредованно. Причем в роли опосредованных показателей выступают эксплицитные факторы. Соответственно, влияние оставшихся показателей на развитие ИКО может быть оценено как суперпозиция влияний этих показателей на эксплицитные факторы ИКО и эксплицитных факторов ИКО на ключевые показатели ИКО. Все показатели, степень итогового (опосредованного) влияния которых на ИКО превосходит определенную границу, будем относить к имплицитным факторам ИКО. Заметим, что в общем случае «границы отсечения» при отборе эксплицитных и имплицит-

ных факторов могут не совпадать. Будем считать, что влиянием на ИКО показателей, оставшихся после отбора эксплицитных и имплицитных факторов, можно пренебречь.

В целом базовая схема формирования каузального поля показателей развития ИКО приведена на рис. 2.1.

Далее представим нечеткую экономико-математическую модель, обеспечивающую операционализацию представленной выше схемы.

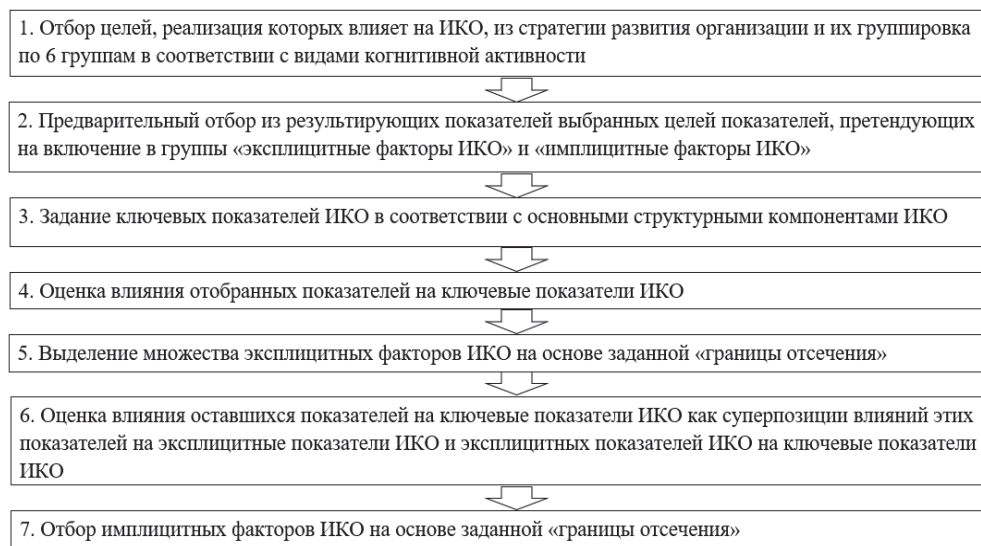


Рис. 2.1. Базовая схема формирования каузального поля показателей развития ИКО

Источник: сост. авторами.

Пусть $C = \{c_1, c_2, \dots, c_k\}$ – множество ключевых показателей развития ИКО;

$E = \{e_1, e_2, \dots, e_t\}$ – множество показателей стратегических целей, влияющих на развитие ИКО;

$B = \{b_1, b_2, \dots, b_m\}$ – множество эксплицитных факторов ИКО;

$A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$ – множество имплицитных факторов ИКО;

$D = \{d_1, d_2, \dots, d_s\}$ – множество факторов, влиянием которых на развитие ИКО можно пренебречь.

Таким образом, $E = B \cup A \cup D$, причем $t = m + n + s$, т.е. множества B , A и D попарно не пересекаются.

Степени влияния показателей множества E на показатели множества C определяются экспертно в заданной лингвистической шкале. В таблице 2.1 приведены возможная лингвистическая шкала и соответствующие

лингвистическим переменным функции принадлежности нечетких множеств.

Ответы экспертов следует проверить на согласованность [66] и усреднить. При этом каждому эксперту может быть присвоен четкий или нечеткий весовой коэффициент, отражающий его уровень компетенции. В этом случае находятся средневзвешенные экспертные оценки.

Таблица 2.1

Терм-множество лингвистической переменной «влияние показателя e_i на показатель C_i »

Значение лингвистической переменной	Трапециевидная функция принадлежности
Очень слабое	$\langle 0; 0; 0,5; 1,5 \rangle$
Слабое	$\langle 0,25; 1,0; 1,5; 2,75 \rangle$
Среднее	$\langle 1,0; 2,0; 3,0; 4,0 \rangle$
Сильное	$\langle 2,25; 3,5; 4,0; 4,75 \rangle$
Очень сильное	$\langle 3,5; 4,5; 5,0; 5,0 \rangle$

Источник: сост. авторами.

В результате имеем матрицу M_{EC} размерности $t \times k$, элементами которой являются нечеткие числа. Заметим, что элементами данной и последующих нечетких матриц могут быть нечеткие числа произвольного типа (не обязательно одноточечные).

Поставим в соответствие матрице M_{EC} вектор-столбец M_{EC}^* длины t следующим образом:

$$(M_{EC}^*)_i = \sum_{j=1}^k w_j (M_{EC})_{ij}, \quad (2.1)$$

где w_j – весовые коэффициенты ключевых показателей развития ИКО.

Заметим, что в общем случае коэффициенты w_j могут быть нечеткими (в частном случае можно считать $w_1 = w_2 = w_3 = 1/3$). Элементы вектор-столбца M_{EC}^* определяют влияние показателей множества E на ИКО.

Тогда эксплицитными факторами ИКО будем считать показатели e_i , для которых $(M_{EC}^*)_i$ превосходят экзогенно заданную «границу отсечения». «Граница отсечения» эксплицитных факторов в общем случае может быть задана нечетко. В этом случае необходимо воспользоваться одним из существующих методов сравнения нечетких множеств [152]. Если «граница отсечения» задана четко, то нечеткие элементы вектор-столбца

M_{EC}^* могут быть дефазифицированы, после чего полученные четкие числа можно будет сравнивать с четкой «границей отсечения» [30].

Заметим, что традиционно «граница отсечения» эксплицитных факторов задается вербально. Например, под эксплицитными факторами ключевого показателя деятельности организации обычно понимаются показатели, влияние которых «сильное» или «очень «сильное». Иногда (реже) к ним добавляются также показатели со «средним» влиянием. В этом случае под нечеткой «границей отсечения» следует понимать нечеткое множество с функцией принадлежности, соответствующей заданной вербальной оценке.

Обозначим через $F = \{f_1, f_2, \dots, f_{n+s}\}$ множество показателей стратегических целей, не являющихся эксплицитными факторами, т.е. $F = E \setminus B = A \cup D$.

Определим экспертно в заданной лингвистической шкале степени влияния показателей множества F на показатели множества B . В результате имеем матрицу M_{FB} размерности $(t - m) \times m$, элементами которой являются нечеткие числа.

Рассмотрим матрицу M_{BC} размерности $m \times k$, полученную из матрицы M_{EC} удалением строк, соответствующих показателям множества F . Элементы матрицы M_{BC} отражают степени влияния эксплицитных факторов на ключевые показатели развития ИКО.

Обозначим через M'_{FC} матрицу, полученную в результате произведения матриц M_{FB} и M_{BC} :

$$(M'_{FC})_{ij} = \sum_k (M_{FB})_{ik} \cdot (M_{BC})_{kj}. \quad (2.2)$$

Произведение и сложение элементов матриц в этом случае осуществляется по заданным правилам произведения и сложения нечетких чисел.

Существуют два основных подхода к реализации нечетких арифметических операций: подход на основе α -уровней (the α -cut approach) с использованием интервальной арифметики, подход по принципу расширения с использованием различных t -норм (the extension principle approach using different t -norms). Для трапециевидных нечетких чисел в рамках первого подхода можно воспользоваться известными формулами сложения и произведения [94].

Существуют более сложные способы реализации нечеткой арифметики с использованием вычислительных методов, устраняющие недостатки двух основных подходов (завышение неопределенности в результирующих нечетких числах в рамках первого подхода и высокая чувствительность к изменениям входных нечетких чисел в рамках второго подхода). Однако в некоторых случаях сложность выполнения вычислительных операций в рамках данных методов может быть недопустимо высокой.

В этой связи существуют упрощения процедуры арифметических операций над нечеткими числами определенных типов, в том числе трапецевидными [270]. В работе [243] предложена унифицированная система правил выполнения арифметических операций над нечеткими числами (L - R)-типа.

Заметим, что при использовании простейших формул сложения и произведения трапецевидных нечетких чисел средневзвешенные экспертные оценки будут также являться трапецевидными нечеткими числами. В то же время при использовании упомянутой выше системы правил выполнения арифметических операций над нечеткими числами (L - R)-типа средневзвешенные экспертные оценки могут иметь экспоненциальные (гауссовы) функции принадлежности (точнее, функции принадлежности получаемых нечетких множеств очень хорошо аппроксимируются гауссианами).

При выполнении арифметических операций с нечеткими числами произвольного типа в работе использовалась формула, предложенная D. Dubois, A. Kaufman:

$$\check{\mu}(z) = [\max_z(\mu(z))]^{-1} \int_{-\infty}^{+\infty} \mu_1(t) \mu_2(z \otimes t) dt, \quad (2.3)$$

где μ_1, μ_2 – операнды операции; $\mu(z)$ – функция принадлежности результата операции; $\check{\mu}(z)$ – нормальная функция принадлежности результата операции; z – аргумент функции принадлежности результата операции.

Нормируем при необходимости элементы матрицы M_{FC} таким образом, чтобы универсальное множество получившихся нечетких чисел совпадало с исходным универсальным множеством (в нашем случае $[0; 5]$). Полученную матрицу обозначим M_{FC} .

Элементы матрицы M_{FC} отражают степени влияния показателей множества F на ключевые показатели развития ИКО.

Поставим в соответствие матрице M_{FC} вектор-столбец M_{FC}^* длины $t - m$ следующим образом:

$$(M_{FC}^*)_i = \sum_{j=1}^k w_j (M_{FC})_{ij}. \quad (2.4)$$

Элементы вектор-столбца M_{FC}^* определяют влияние показателей множества F на ИКО.

Тогда имплицитными факторами ИКО будем считать показатели f_i , для которых $(M_{FC}^*)_i$ превосходят экзогенно заданную «границу отсечения». «Граница отсечения» имплицитных факторов также может быть задана нечетко и в общем случае не совпадает с «границей отсечения» эксплицитных факторов.

Предложенная модель была апробирована на примере крупного регионального университета (Владивостокского государственного университета, ВВГУ). В ВВГУ разработана стратегия развития университета, формализованная в виде стратегических карт в соответствии со «стейкхолдерской» модификацией ССП. Стратегические цели, имеющие существенное отношение к развитию интеллектуального капитала университета, были сгруппированы по шести группам в соответствии с типами когнитивной активности (табл. 2.2).

Таблица 2.2

**Стратегические цели университета в сфере развития ИКО
(фрагмент)**

Группа стейкхолдеров	Перспектива ССП	Цель	Показатель	Когнитивная активность	Структурный компонент ИКО
Сотрудники	Ресурсная	Внедрение процедур и критериев оценки качества и эффективности используемых электронных учебных курсов	Использование электронного обучения (E_1)	Обучение	Человеческий капитал
Сотрудники	Ресурсная	Внедрение процедур и критериев оценки качества и эффективности используемых электронных учебных курсов	Эффективность использования дистанционных образовательных технологий (E_2)	Обучение	Человеческий капитал
Сотрудники	Ресурсная	Создание центра взаимодействия университета с бизнесом	Стажировочная активность (E_3)	Обучение	Человеческий капитал
...					
Сотрудники	Ресурсная	Модернизация материально-технической базы университета	Инфраструктурная обеспеченность (E_7)	Вовлечение	Организационный капитал
Сотрудники	Стейкхолдерская	Формирование уникальной корпоративной среды, способствующей развитию и поддержанию корпоративной культуры	Социально-психологическая удовлетворенность (E_8)	Вовлечение	Организационный капитал

Продолжение табл. 2.2

Группа стейкхолдеров	Перспектива ССП	Цель	Показатель	Когнитивная активность	Структурный компонент ИКО
Бизнес-сообщество	Процессная	Формирование востребованного бизнесом «портфеля» проектов и научно-исследовательских тематик	Уровень научной и научно-производственной кооперации с партнерами (E_9)	Производственная рационализация	Организационный капитал
...					
Клиенты	Процессная	Создание системы оценки эффективности применения электронных учебных курсов в учебном процессе	Цифровизация образовательного процесса (E_{11})	Производственная рационализация	Организационный капитал
...					
Клиенты	Процессная	Включение российских и зарубежных стажировок в образовательные программы ВО и СПО	Эффективность сетевого взаимодействия с партнерами (E_{14})	Производственная рационализация	Организационный капитал
...					
Государство, общество	Стейкхолдерская	Формирование научных школ	Публикационная активность (E_{21})	Самосовершенствование	Человеческий капитал
...					
Сотрудники	Стейкхолдерская	Создание системы мотивации персонала к достижению высоких показателей и карьерному росту	Личностный рост ППС (E_{27})	Самосовершенствование	Человеческий капитал
...					
Клиенты	Стейкхолдерская	Развитие бренда университета	Удовлетворенность студентов качеством обучения (E_{30})	Клиентоориентированная рационализация	Отношенческий капитал
Клиенты, бизнес-сообщество, общество	Стейкхолдерская	Развитие бренда университета	Эффективность управления брендом (E_{31})	Клиентоориентированная рационализация	Отношенческий капитал

Группа стейкхолдеров	Перспектива ССП	Цель	Показатель	Когнитивная активность	Структурный компонент ИКО
Бизнес-сообщество, общество, государство	Стейкхолдерская	Создание комфортной среды и современной развитой инфраструктуры, необходимой для проведения крупных значимых мероприятий	Эффективность общественных и предпринимательских инициатив (E_{32})	Клиенто-ориентированная рационализация	Отношенческий капитал
...					
Сотрудники, клиенты, бизнес-сообщество, государство	Стейкхолдерская	Развитие междисциплинарных научных исследований	Междисциплинарные научные проекты (E_{40})	Инновационная деятельность	Отношенческий капитал
Бизнес-сообщество, государство	Стейкхолдерская	Создание системы R&D, потенциально востребованной реальным сектором экономики	Объем доходов от R&D (E_{41})	Инновационная деятельность	Отношенческий капитал
...					
Бизнес-сообщество, государство, общество	Стейкхолдерская	Способность выполнять научные проекты и, в частности, руководить работой студенческих команд по выполнению научных проектов, формированию компетенций STEMskills	Патентная активность (E_{44})	Инновационная деятельность	Отношенческий капитал

Источник: сост. авторами.

Среди результирующих показателей выбранных целей были отобраны показатели, значения которых позволяют судить о степенях достижения целей в аспекте развития ИКО:

- использование электронного обучения (E_1);
- эффективность использования дистанционных образовательных технологий (E_2);
- стажировочная активность (E_3);
- эффективность стажировочной активности (E_4);
- степень соответствия квалификации персонала решаемым задачам (E_5);
- закрепление кадров (E_6);

- инфраструктурная обеспеченность (E_7);
- социально-психологическая удовлетворенность (E_8);
- уровень научной и научно-производственной кооперации с партнерами (E_9);
- степень соответствия системы мотивирования персонала решаемым задачам (E_{10});
- цифровизация образовательного процесса (E_{11});
- эффективность использования инфраструктуры (E_{12});
- степень индивидуализации образовательных траекторий (E_{13});
- эффективность сетевого взаимодействия с партнерами (E_{14});
- уровень адаптации передовых технологий (E_{15});
- уровень автоматизации управленческих процессов (E_{16});
- уровень доступности цифровых образовательных ресурсов (E_{17});
- уровень использования открытых образовательных платформ (E_{18});
- уровень экспертной обеспеченности по стандартам WorldSkills (E_{19});
- уровень освоения стандартов WorldSkills (E_{20});
- публикационная активность (E_{21});
- грантовая активность (E_{22});
- защиты диссертаций (E_{23});
- сформированность организационной культуры (E_{24});
- международная научная острепененность (E_{25});
- международная академическая мобильность (E_{26});
- личностный рост ППС (E_{27});
- инновационно-предпринимательская активность ППС (E_{28});
- трудоустройство студентов (E_{29});
- удовлетворенность студентов качеством обучения (E_{30});
- эффективность управления брендом (E_{31});
- эффективность общественных и предпринимательских инициатив (E_{32});
- уровень поддержки предпринимательской активности студентов (E_{33});
- уникальность портфеля образовательных программ университета (E_{34});
- уровень использования цифрового маркетинга в процессе взаимодействия с абитуриентами (E_{35});
- внутренняя востребованность ДОП университета (E_{36});
- внешняя востребованность ДОП университета (E_{37});
- международная образовательная активность (E_{38});
- реализованные научные проекты (E_{39});
- междисциплинарные научные проекты (E_{40});
- объем доходов от R&D (E_{41});

- квалификация персонала в сфере научных исследований и разработок (E_{42});
- эффективность деятельности инновационного бизнес-инкубатора (E_{43});
- патентная активность (E_{44}).

На следующем этапе был произведен опрос экспертов, в число которых вошли представители ППС и АУП университета, а также специально приглашенные внешние эксперты. Эксперты в рамках заданной лингвистической шкалы оценили степень влияния выбранных показателей на ключевые показатели развития ИКО, соответствующие основным структурным компонентам ИКО. Ответы экспертов были проверены на согласованность и усреднены с учетом экзогенно заданных уровней компетентности экспертов. Заметим, что каждый отдельный эксперт оценивал влияние на ключевые показатели ИКО не всех 44 показателей, а лишь тех, в отношении которых обладал соответствующими экспертными знаниями (компетенциями). Результатами данного этапа экспертного опроса являются средневзвешенные экспертные оценки в виде нечетких чисел гауссова типа.

В таблице 2.3 приведены параметры соответствующих аппроксимирующих гауссианов.

Таблица 2.3

Нечеткие оценки влияния показателей множества E на ключевые показатели развития ИКО (фрагмент)

Показатель	Человеческий капитал (C_1)		Организационный капитал (C_2)		Отношенческий капитал (C_3)		Интеллектуальный капитал	
	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ
E_1	2,4472	0,2675	1,2536	0,1401	3,7685	0,2108	2,4999	0,3247
E_2	3,8603	0,3763	1,2991	0,2477	0,1345	0,2980	1,8461	0,2185
E_3	2,3443	0,3999	2,4939	0,3249	3,6572	0,1670	2,8657	0,2251
...								
E_{42}	2,4143	0,3371	2,3756	0,4054	4,8342	0,2865	3,1524	0,1353
E_{43}	3,9457	0,1746	3,8787	0,3795	4,7375	0,1445	3,8849	0,1578
E_{44}	3,5705	0,1556	3,7692	0,1379	3,6417	0,2386	3,5971	0,3190

Источник: сост. авторами.

Поскольку «границы отсечения» эксплицитных и имплицитных показателей заранее не были известны, экспертам требовалось также оценить взаимное влияние всех 44 показателей друг на друга. В этом случае каждый эксперт также отвечал лишь на вопросы, относящиеся к сфере его экспертных знаний. Таким образом, каждому эксперту было необходимо

ответить на разумное количество вопросов за приемлемое время. Такой подход оставляет лицу, принимающему решения, широкие возможности по варьированию «границ отсечения», не вызывая необходимости дополнительных экспертных вопросов. Результаты второго этапа экспертного опроса (в виде параметров, соответствующих средневзвешенным нечетким экспертным оценкам аппроксимирующих гауссианов) частично приведены в табл. 2.4.

Таблица 2.4

**Нечеткие оценки взаимного влияния показателей
множества E (фрагмент)**

Пока- затель	E_1		E_2		E_3		...	E_{42}		E_{43}		E_{44}	
	μ	σ	μ	σ	μ	σ		μ	σ	μ	σ	μ	σ
E_1	*		0,26	0,14	4,72	0,14		4,93	0,14	4,85	0,28	3,55	0,34
E_2	1,26	0,27	*		1,07	0,35		2,55	0,29	1,23	0,26	2,31	0,33
E_3	3,83	0,33	4,57	0,20	*			4,64	0,20	3,74	0,35	3,83	0,14
...													
E_{42}	3,61	0,17	3,56	0,19	4,81	0,13		*		0,42	0,26	4,73	0,21
E_{43}	4,66	0,39	4,66	0,18	2,46	0,24		2,62	0,25	*		0,35	0,23
E_{44}	4,89	0,18	4,73	0,39	3,63	0,28		1,28	0,38	0,19	0,33	*	

Источник: сост. авторами.

Для проведения экспертного опроса, обработки экспертных ответов и проведения необходимых расчетов на основе описанной выше нечеткой модели был разработан программный комплекс. Он позволяет в том числе формировать множества эксплицитных и имплицитных факторов ИКО при заданных «границах отсечения» и выбранных методах дефазификации (если «границы отсечения» заданы четко).

В таблице 2.5 приведены множества эксплицитных и имплицитных факторов ИК ВВГУ при различных «границах отсечения», полученные с использованием трех методов дефазификации (Center Of Gravity / Maximum Of Maximums / Median).

Лицо, принимающее решение, имеет возможность задать первую («эксплицитную») «границу отсечения», исходя из требований к силе прямого влияния отбираемых факторов на результирующие показатели ИКО. В результате будет сформирован набор эксплицитных факторов ИКО. Затем, исходя из требований к силе опосредованного влияния отбираемых факторов на результирующие показатели, выбирается вторая («имплицитная») «граница отсечения». Тем самым формируется набор имплицитных факторов ИКО.

Таблица 2.5

Наборы эксплицитных и имплицитных факторов ИКО

Первая граница отсечения	Номера показателей ИКО, принятых за эксплицитные	Вторая граница отсечения	Номера показателей ИКО, принятых за имплицитные
2	1, 2, 4, 5, 6, 9, 11, 14, 21, 22, 23, 24, 31, 39, 40, 41, 42 / 1, 2, 4, 5, 6, 9, 11, 14, 21, 22, 23, 24, 31, 39, 40, 41, 42 / 1, 2, 4, 5, 6, 9, 11, 14, 21, 22, 23, 24, 31, 39, 40, 41, 42	1,5	3, 7, 8, 10, 12, 15, 26, 27, 28, 32, 33 / 3, 7, 8, 10, 12, 15, 26, 27, 28, 32, 33, 43, 44 / 3, 7, 8, 10, 12, 15, 26, 27, 28, 32, 33, 43, 44
		1,75	3, 7, 8, 12, 27, 33 / 3, 7, 8, 12, 27, 33, 43 / 3, 7, 8, 12, 27, 33, 43
		2	7, 8, 12 / 7, 8, 12 / 7, 8, 12
		2,25	Отсутствуют / Отсутствуют / Отсутствуют
2,5	1, 4, 6, 9, 11, 14, 21, 22, 23, 24, 31, 39, 40, 41, 42 / 1, 4, 6, 9, 11, 14, 21, 22, 23, 24, 31, 39, 40, 41, 42 / 1, 4, 6, 9, 11, 14, 21, 22, 23, 24, 31, 39, 40, 41, 42	1,5	2, 3, 5, 7, 8, 10, 12, 15, 26, 27, 28, 32, 33, 43, 44 / 2, 3, 5, 7, 8, 10, 12, 15, 26, 27, 28, 32, 33, 43, 44 / 2, 3, 5, 7, 8, 10, 12, 15, 26, 27, 28, 32, 33, 43, 44
		1,75	2, 3, 7, 8, 12, 27, 28, 33, 43 / 2, 3, 7, 8, 12, 27, 28, 33, 43 / 2, 3, 7, 8, 12, 27, 28, 33, 43
		2	2, 7, 8, 12 / 2, 7, 8, 12 / 2, 7, 8, 12
		2,25	2 / 2 / 2
3	1, 6, 9, 11, 14, 21, 22, 23, 39, 40, 41, 42 / 1, 6, 9, 11, 14, 21, 22, 23, 39, 40, 41, 42 / 1, 6, 9, 11, 14, 21, 22, 23, 39, 40, 41, 42	1,5	2, 3, 4, 5, 7, 8, 10, 12, 15, 24, 26, 27, 28, 32, 33, 43, 44 / 2, 3, 4, 5, 7, 8, 10, 12, 15, 24, 26, 27, 28, 32, 33, 43, 44 / 2, 3, 4, 5, 7, 8, 10, 12, 15, 24, 26, 27, 28, 32, 33, 43, 44
		1,75	2, 3, 4, 7, 8, 12, 24, 27, 28, 32, 33, 44 / 2, 3, 4, 7, 8, 12, 24, 27, 28, 32, 33, 44 / 2, 3, 4, 7, 8, 12, 24, 27, 28, 32, 33, 44
		2	2, 3, 4, 7, 8, 12, 24, 28 / 2, 3, 4, 7, 8, 12, 24 / 2, 3, 4, 7, 8, 12, 24, 28
		2,25	2, 4, 7, 12, 24 / 2, 4, 7, 12, 24 / 2, 4, 7, 12, 24
3,5	1, 6, 9, 11, 14, 22, 41, 42 / 1, 6, 9, 11, 14, 22, 41, 42 / 1, 6, 9, 11, 14, 22, 41, 42	1,5	2, 3, 4, 5, 7, 8, 10, 12, 13, 15, 17, 21, 23, 24, 28, 31, 32, 33, 39, 40, 43, 44 / 2, 3, 4, 5, 7, 8, 10, 12, 13, 15, 17, 21, 23, 24, 28, 31, 32, 33, 39, 40, 43, 44 / 2, 3, 4, 5, 7, 8, 10, 12, 13, 15, 17, 21, 23, 24, 28, 31, 32, 33, 39, 40, 43, 44
		1,75	2, 3, 4, 5, 7, 8, 12, 21, 23, 24, 28, 32, 33, 39, 40, 43, 44 / 2, 3, 4, 5, 7, 8, 12, 21, 23, 24, 28, 32, 33, 39, 40, 43, 44 / 2, 3, 4, 5, 7, 8, 12, 21, 23, 24, 28, 32, 33, 39, 40, 43, 44
		2	2, 3, 4, 7, 8, 12, 24, 32, 33, 39, 40 / 2, 3, 4, 7, 8, 12, 24, 32, 33, 39, 40 / 2, 3, 4, 7, 8, 12, 24, 32, 33, 39, 40
		2,25	2, 4, 7, 12, 24, 39, 40 / 2, 4, 7, 12, 24, 39, 40 / 2, 4, 7, 12, 24, 39, 40

Источник: сост. авторами.

Анализ полученных результатов показывает следующее:

1. Изменение первой («эксплицитной») «границы отсечения» приводит к изменению наборов факторов ИКО, принимаемых за эксплицитные. При этом чем больше «граница отсечения» (что означает более строгие требования к силе прямого влияния отбираемых факторов на результирующие показатели), тем меньше количество эксплицитных факторов, и наоборот. Интересно, что при различных методах дефазификации наборы эксплицитных факторов не меняются для фиксированной «границы отсечения». Это связано с тем, что полученные с помощью разных методов дефазификации четкие оценки силы прямого влияния факторов отличаются недостаточно сильно для того, чтобы изменился состав эксплицитных факторов. Это, в свою очередь, по всей видимости, связано с трапециевидным типом выбранных функций принадлежности.

2. Изменение второй («имплицитной») «границы отсечения» также приводит к изменению наборов факторов ИКО, принимаемых за имплицитные. При этом также чем больше «граница отсечения», тем меньше количество имплицитных факторов, и наоборот. При выборе имплицитных факторов начинает играть роль выбор метода дефазификации, но только при малых значениях обеих «границ отсечения».

3. Изменения наборов имплицитных факторов при изменении второй «границы отсечения» в значительной степени зависят от выбранной первой «границы отсечения» вне зависимости от метода дефазификации.

4. Некоторые факторы могут быть определены как эксплицитные (для одних границ отсечения) и как имплицитные (для других границ отсечения). Это связано, во-первых, с требованиями к силе прямого или опосредованного влияния фактора на результирующие показатели для отнесения к той или иной группе, во-вторых, с лингвистической неопределенностью при формулировании таких требований и экспертной оценке силы влияния. Именно поэтому и возникла необходимость разработки нечеткой модели.

5. Предложенный метод формирования каузального поля показателей ИКО является универсальным в том смысле, что он применим к различным типам организаций разной отраслевой принадлежности. Стандартными будут ключевые показатели ИКО, соответствующие основным структурным компонентам ИКО (человеческий капитал, организационный капитал, отношенческий капитал), типы когнитивной активности (обучение, вовлечение, производственная рационализация, самосовершенствование, клиентоориентированная рационализация, инновационная деятельность) и соответствие между типами когнитивной активности и структурными компонентами ИКО. Универсальными будут все этапы базовой схемы метода.

6. Вместе с тем наборы эксплицитных и имплицитных факторов ИКО для различных организаций могут отличаться радикально по следующим причинам. Прежде всего, могут значительно различаться набор и состав групп заинтересованных сторон (стейкхолдеров) организаций и их запросов к организациям. Соответственно, будут существенно отличаться стратегические карты целей организаций, а значит, и цели, относящиеся к развитию ИКО, и их результирующие показатели (т.е. исходное множество показателей развития ИКО, из которых выбираются эксплицитные и имплицитные факторы). Даже если исходные множества показателей оказались достаточно близки по составу, то могут существенно отличаться степени влияния показателей на ключевые показатели ИКО и друг на друга. Наконец, лица, принимающие решения, могут выбирать различные «границы отсечения» и методы дефазификации.

2.2. Нечеткая модель количественной оценки интеллектуального капитала организации

Необходимым элементом формирования и развития ИКО является его оценка. Существует значительное количество моделей и методов оценки величины ИКО и ее изменения в результате тех или иных управленческих воздействий, однако сущность ИКО как имплицитного фактора в них, как правило, не учитывается, что обуславливает необходимость использования специфического инструментария оценки, обеспечивающую такую возможность. Существенные преимущества в этом отношении дает использование нечетко-множественных моделей и методов. Одним из важнейших достоинств их применения является возможность учета природы ИКО, который, с одной стороны, сам является имплицитным фактором управленческой деятельности, при этом, с другой стороны, среди факторов, оказывающих воздействие на формирование ИКО, преобладающими являются имплицитные факторы, количественная оценка которых затруднена. Значительным преимуществом использования нечетких инструментов является также возможность формализации различного рода неопределенностей и количественной оценки рисков.

В основе большинства существующих моделей оценки ИКО лежит устоявшееся представление об иерархической структуре ИКО, на верхнем уровне которой находятся его основные структурные элементы (как правило, человеческий, организационный и отношенческий капиталы), а на самом нижнем – факторы ИКО. При этом за рамками остаются возможные типы когнитивной активности, развитие которых и обеспечивает в конечном счете рост ИКО [79], а также декомпозирующие их факторы.

Перечисленное вызывает необходимость модернизации имеющихся и разработки новых инструментальных средств, представляющих комплекс взаимосвязанных нечетко-множественных моделей и методов оценки, формирования и развития ИКО организации.

Традиционные количественные методы и модели оценки ИКО достаточно развиты и могут быть сгруппированы по различным признакам. Значимой работой в этом отношении является классификация, предложенная К.-Е. Sveibi в 2001 г. [262] и обновленная в 2010 г. [263]. В рамках данной классификации были выделены четыре группы методов:

1) методы прямого измерения (Direct Intellectual Capital Methods, DIC), направленные на идентификацию и оценку отдельных элементов ИКО;

2) методы рыночной капитализации (Market Capitalization Methods, MCM), основанные на расчете совокупного ИКО организации как разницы между ее рыночной и балансовой стоимостью;

3) методы отдачи на активы (Return on Assets Methods, ROA), в основе которых – расчеты дополнительных доходов на единицу активов по сравнению со среднеотраслевыми показателями;

4) методы подсчета очков (Scorecard Methods, SC), связанные с выявлением и измерением нефинансовых индикаторов отдельных элементов ИКО.

В дальнейшем данная классификация была расширена за счет включения в нее ряда дополнительных методов, разделяемых по признаку отнесения к финансовым/нефинансовым методам, а также за счет использования дополнительного критерия классификации – использования в отношении ИКО в целом или с точки зрения выделения его составных элементов.

Вместе с тем в классификацию К.-Е. Sveibi не вошла группа методов оценки, предполагающих использование субъективных мнений респондентов, полученных индивидуально или в группах (экспертные мнения, социологические опросы) [82]. Данная группа активно развивается за счет ряда современных работ и, в свою очередь, может быть классифицирована по подгруппам с учетом видов используемых методов анализа и обработки данных.

В первой подгруппе для этой цели используются статистические методы [38, 216, 210, 247].

Во второй подгруппе анализ полученных данных осуществляется с использованием методов теории нечетких множеств. В свою очередь, в данной подгруппе можно выделить следующие категории работ по признаку однородности (близости) используемых методов:

1) методы нечеткой логики [184, 190, 272];

2) нечеткие нейронные сети и нечеткие когнитивные карты [172, 136, 228, 269];

3) нечеткий метод анализа иерархий и близкие к нему методы [149, 188, 201].

В пределах рассматриваемых категорий работ возможно как сквозное использование нечетких методов, при котором совершаются нечеткие операции над компонентами ИКО, что позволяет получить конечный результат в виде нечеткого итогового показателя (группы нечетких показателей) оценки ИКО, так и в ограниченном объеме, например для ранжирования декомпозирующих компонентов и оценки степени их влияния друг на друга и на результирующий показатель ИКО.

Особо можно выделить нечеткие инструменты для исследования отдельных компонентов ИКО, например человеческого капитала [54, 129] или отношенческого капитала [170, 208]. Организационный капитал в силу своей меньшей специфичности в отдельном виде практически не исследуется, а подвергается изучению в составе ИКО в целом.

Таким образом, учитывая специфические особенности и слабоформализуемый характер основных составных элементов, оценка ИКО организации требует использования модифицированных методов и подходов, сочетающих преимущества экспертных методов и инструментария теории нечетких множеств.

Вместе с тем представленный в научных работах инструментарий не позволяет: оценивать способности организации к различным видам когнитивной активности и развивать на этой основе ее ИКО; получать числовые оценки разброса рассчитанных значений элементов ИКО по всем иерархическим уровням; оценивать значения элементов ИКО в иерархиях с циклами; использовать процедуры нечеткой логики одновременно для эксплицитных и имплицитных факторов ИКО.

Вышеуказанные обстоятельства обуславливают необходимость развития нечеткого инструментария оценки ИКО организации, которое может быть выполнено посредством разработки нечеткой модели его количественной оценки.

На первом этапе формируется каузальное поле показателей развития ИКО организации, а именно определяются ключевые показатели развития ИКО, эксплицитные и имплицитные факторы ИКО.

Напомним, что схема формирования каузального поля базируется на «стейкхолдерской» модификации ССП и предполагает выделение из карты целей верхнего уровня стратегических целей, имеющих существенное отношение к развитию ИКО организации, с последующей их группировкой по шести группам, соответствующим типам когнитивной активности. В свою очередь, типы когнитивной активности соотносятся со структурными компонентами ИКО следующим образом: обучение и самосовершенствование способствуют развитию человеческого капитала, вовлечение и производственная рационализация развивают организационный капитал, инновационная деятельность и клиентоориентированная рациона-

лизация обеспечивают прирост отношенческого капитала [29]. Показатели развития ИКО, попавшие в группы эксплицитных и имплицитных факторов, являются результирующими показателями выделенных стратегических целей [30, 29].

Таким образом, каузальное поле показателей развития ИКО может быть представлено в виде следующей иерархической структуры.

Корневой вершиной иерархии (нулевой уровень) является интегральный показатель ИКО организации (I). На первом уровне находятся ключевые показатели ИКО – интегральные показатели, соответствующие основным структурным компонентам ИКО: человеческому капиталу (human capital, I_H), организационному капиталу (organizational capital, I_O), отношенческому капиталу (relational capital, I_R). На втором уровне находятся интегральные показатели, соответствующие типам когнитивной активности: обучению (I_{H1}), самосовершенствованию (I_{H2}), вовлечению (I_{O1}), производственной рационализации (I_{O2}), клиентоориентированной рационализации (I_{R1}), инновационной деятельности (I_{R2}). На следующем уровне выделяются подгруппы факторов ИКО, соответствующие определенным аспектам в рамках отдельных типов когнитивной активности: научно-исследовательскому (I_{H21}), социально-психологическому (I_{H22}), цифровому (I_{O21} и I_{R12}), инфраструктурному (I_{H22}), квалификационному (I_{R22}), репутационному (I_{R13}), предпринимательскому (I_{R11}), а также аспекту взаимодействия с партнерами (I_{O23} и I_{R21}). Самый нижний уровень иерархии образуют эксплицитные и имплицитные факторы ИКО, сгруппированные по соответствующим подгруппам.

В иерархии могут возникать циклы в связи с тем, что некоторые показатели ИКО нижнего уровня являются факторами развития различных когнитивных активностей. Если указать такие показатели в иерархии несколько раз с присвоением им различных номеров (индексов), то можно считать, что построенная иерархическая структура является деревом. В этом случае существенно облегчается процесс оценки показателей различных уровней иерархии. Заметим, что при этом количественные значения «повторяющихся» показателей должны совпадать.

Пример иерархической структуры показателей развития ИКО для конкретной организации (университета) приведен на рис. 2.2.

Рассматривая в дальнейшем показатели ИКО нижнего уровня, не будем делать различий между эксплицитными и имплицитными факторами. Подобное деление важно на этапе выявления факторов развития ИКО. На этапе оценки ИКО существенно большую роль играет способ измерения значений показателей (выбор шкалы).

Часть показателей ИКО нижнего уровня оценивается в количественных шкалах (будем называть такие показатели «количественными»), другая часть – в качественных (будем называть такие показатели «качествен-

ными»). Соответственно, возникают существенные сложности в процессе движения по иерархии снизу вверх при оценке интегральных показателей когнитивных активностей (и их отдельных аспектов), ключевых показателей ИКО, а также интегрального показателя ИКО организации в целом.

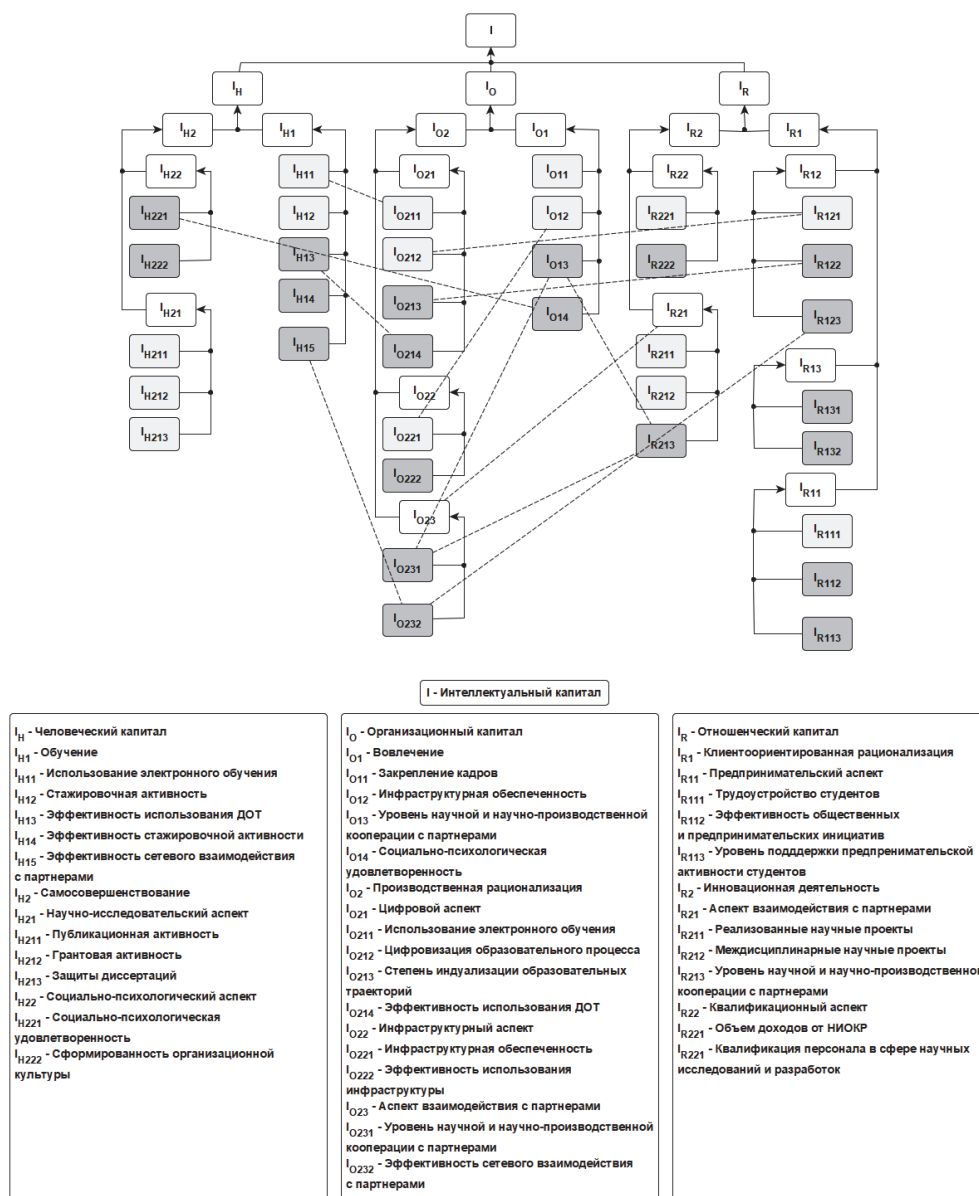


Рис. 2.2. Каузальное поле показателей развития ИК ВВГУ

Источник: сост. авторами.

В этой связи предлагается следующая нечеткая модель оценки ИКО.

Пусть $Q = \{q_1, q_2, \dots, q_n\}$ – множество «качественных» показателей ИКО;

$R = \{r_1, r_2, \dots, r_m\}$ – множество «количественных» показателей ИКО.

«Качественные» показатели ИКО (q_i) оцениваются экспертно в заданной лингвистической шкале. В таблице 2.6 приведены возможная лингвистическая шкала и соответствующие лингвистическим переменным функции принадлежности нечетких множеств с носителем (0; 10).

Таблица 2.6

Терм-множество лингвистической переменной

«значение показателя q_i »

Вербальная оценка	Трапециевидная функция принадлежности
Очень низкое (VL)	$\langle 0,0; 0,0; 1,0; 3,0 \rangle$
Низкое (L)	$\langle 0,5; 2,0; 3,0; 3,5 \rangle$
Среднее (M)	$\langle 2,0; 4,0; 6,0; 8,0 \rangle$
Высокое (H)	$\langle 4,5; 7,0; 8,0; 9,5 \rangle$
Очень высокое (VH)	$\langle 7,0; 9,0; 10,0; 10,0 \rangle$

Источник: сост. авторами.

Темно-серым цветом отмечены «количественные» показатели, светло-серым – «качественные» показатели ИКО нижнего уровня. Пунктирные линии на рисунке соединяют «повторяющиеся» показатели ИКО нижнего уровня иерархии.

Может быть применена более сложная схема, при которой используются четкие или нечеткие самооценки экспертов своего уровня компетентности по тому или иному вопросу. Кроме того, может быть применена процедура «сглаживания» экспертных оценок, позволяющая, например, в большей степени учесть мнения более компетентных специалистов либо учесть все мнения, кроме самых некомпетентных. Для этого используются различные функции сглаживания [51].

Средневзвешенные экспертные оценки, получаемые в результате использования простейших формул сложения и произведения трапециевидных нечетких чисел [94], также являются трапециевидными нечеткими числами. Однако применение различных функций сглаживания может потребовать более сложных способов реализации нечеткой арифметики с использованием вычислительных методов. Существуют упрощения про-

цедуры арифметических операций над нечеткими числами определенных типов, как показано в подразд. 2.1.

С «количественными» показателями ИКО (f_j) ситуация иная. С одной стороны, они не требуют экспертных оценок (а значит, и процедур проверки на согласованность и усреднения), поскольку известны их количественные значения. С другой стороны, фаификация этих показателей требует индивидуального задания функций принадлежности нечетких множеств для значений лингвистических шкал для каждого отдельного «количественного» показателя. При этом будут отличаться носители нечетких множеств для разных показателей. Заметим, что для простоты и удобства для всех «количественных» показателей может быть выбрана общая лингвистическая шкала (например, та же, что и для «качественных» показателей). Однако носители и функции принадлежности соответствующих нечетких множеств для разных «количественных» показателей будут различаться. Имея нечеткие оценки всех показателей ИКО нижнего уровня, можем двигаться вверх по иерархии, используя алгоритмы нечеткого логического вывода [155, 171]. В данной работе применялся самый распространенный из таких алгоритмов – алгоритм Мамдани [205].

Использование таких алгоритмов требует построения баз нечетких продукционных правил. В качестве подусловий в правилах нечетких продукций выступают нечеткие высказывания о значениях показателей ИКО текущего уровня иерархии. ПодзаклЮчениями являются нечеткие высказывания о значениях показателей ИКО вышележащего уровня иерархии, являющихся узлами-родителями для показателей, фигурирующих в подусловиях.

Алгоритмы нечеткого логического вывода по четким значениям входных переменных позволяют определить нечеткое значение выходной переменной, которое при необходимости может быть дефаифицировано (т.е. определено четкое значение выходной переменной).

На самом нижнем уровне иерархии входными переменными являются значения «количественных» и «качественных» показателей ИКО. Четкие значения «количественных» показателей имеются изначально. Для «качественных» показателей известны (рассчитаны) их нечеткие значения, дефаифицируя которые можно получить четкие величины.

При движении по иерархии снизу вверх для всех узлов будем получать нечеткие и после дефаификации четкие значения, по которым, с использованием соответствующих баз нечетких продукционных правил, определяются нечеткие (и четкие) значения вышележащих узлов иерархии вплоть до корневой вершины – ИКО организации в целом.

Существует также более простой способ расчета нечетких значений всех узлов иерархии. В его рамках при движении вверх от предпоследнего

(если считать сверху вниз) уровня иерархии используется упрощенный алгоритм, при котором не требуются построение баз правил и дефазификация нечетких значений узлов. При этом нечеткие значения вышележащих узлов получаются из нечетких значений узлов потомков с помощью заданной нечетко-множественной операции (чаще всего дизъюнкции).

Имея нечеткие значения всех показателей ИКО, можем вычислить индекс нечеткости каждого показателя. Индекс нечеткости отражает степень нечеткости (размытости) нечеткого множества. Индекс нечеткости позволяет установить границы приближенных оценок (чем больше индекс нечеткости, тем менее точной будет оценка) [62]. Существуют различные неметрические и метрические индексы нечеткости, удовлетворяющие определенной системе аксиом [161]. В данной работе использовался индекс нечеткости Ягера с линейной метрикой Хэмминга [276]. Индекс нечеткости позволяет рассчитать верхнюю и нижнюю границы показателя ИКО (как, соответственно, сумму и разность четкого (дефазифицированного) значения показателя и индекса нечеткости).

Если выразить четкое значение показателя и его верхнюю и нижнюю границы в процентах от максимально возможного значения показателя (в рамках заданного носителя нечеткого множества), то можно интерпретировать уровень показателя в некоторой заданной лингвистической шкале [67]. Для этого необходимо предварительно задать соответствующую интервальную шкалу, в рамках которой интервалам относительных значений показателя ставятся в соответствие вербальные оценки уровня показателя. Например, 0–20% – низкий уровень, 21–40% – пониженный уровень, 41–60% – средний уровень и т.д.

Предлагаем для оценки уровней показателей ИКО использовать другой подход. В его рамках носитель разбивается на некоторое количество интервалов, для которых рассчитываются коэффициенты соответствия каждого показателя (как нечеткого множества) этим интервалам. В свою очередь, коэффициенты соответствия рассчитываются как относительные площади фигур, ограниченных кривой функции принадлежности сверху и заданным альфа-уровнем снизу [56]. В простейшем случае можно считать, что альфа-уровень равен нулю [65]. В этом случае интерпретация уровня показателя (в некоторой лингвистической шкале) происходит не по максимальному коэффициенту соответствия, а с ориентированием на все распределение коэффициентов соответствия.

Предложенная модель также была апробирована на примере ВВГУ. Прежде всего, было сформировано каузальное поле показателей развития ИКО вуза, представленное в виде иерархической структуры (см. рис. 2.2).

На следующем этапе был произведен опрос экспертов, в число которых вошли представители ППС и АУП университета, а также специально при-

глашенные внешние эксперты. Эксперты в рамках заданной лингвистической шкалы оценили «качественные» показатели ИКО. Ответы экспертов были проверены на согласованность и усреднены с учетом экзогенно заданных уровней компетентности экспертов. Заметим, что каждый отдельный эксперт оценивал лишь те показатели, в отношении которых обладал соответствующими экспертными знаниями (компетенциями). Для проведения экспертного опроса, обработки экспертных ответов и проведения необходимых расчетов на основе описанной выше нечеткой модели был разработан программный комплекс.

В таблице 2.7 приведены значения «качественных» показателей ИКО, отражающие средневзвешенные экспертные оценки, в виде нечетких чисел гауссова типа.

Таблица 2.7

«Качественные» показатели интеллектуального капитала ВВГУ

Показатель	Структурный компонент ИКО	Тип когнитивной активности	Параметры аппроксимирующей гауссианы	
			μ	σ
Эффективность использования ДОТ (I_{H13} , I_{O214})	Человеческий капитал	Обучение	3,1492	0,4778
Эффективность стажировочной активности (I_{H14})	Человеческий капитал	Обучение	1,3452	0,2555
Социально-психологическая удовлетворенность (I_{H221} , I_{O14})	Человеческий капитал, организационный капитал	Самосовершенствование, вовлечение	7,4240	0,8361
Сформированность организационной культуры (I_{H222})	Человеческий капитал	Самосовершенствование	5,3308	0,5708
Уровень научной и научно-производственной кооперации с партнерами (I_{O13} , I_{O231} , I_{R213})	Организационный капитал, отношенческий капитал	Вовлечение, клиентоориентированная рационализация, инновационная деятельность	3,1332	0,4081
Эффективность использования инфраструктуры (I_{O222})	Организационный капитал	Вовлечение, производственная рационализация	9,0226	0,7395
Степень индивидуализации образовательных траекторий (I_{O213} , I_{R122})	Организационный капитал, отношенческий капитал	Производственная рационализация, клиентоориентированная рационализация	1,3452	0,2555

Показатель	Структурный компонент ИКО	Тип когнитивной активности	Параметры аппроксимирующей гауссианы	
			μ	σ
Эффективность сетевого взаимодействия с партнерами (I_{H15} , I_{O232} , I_{R123})	Организационный капитал, отношенческий капитал	Производственная рационализация, клиентоориентированная рационализация	3,1492	0,4778
Удовлетворенность студентов качеством обучения (I_{R131})	Отношенческий капитал	Клиентоориентированная рационализация	5,3308	0,5708
Эффективность управления брендом (I_{R132})	Отношенческий капитал	Клиентоориентированная рационализация	7,3888	0,6720
Эффективность общественных и предпринимательских инициатив (I_{R112})	Отношенческий капитал	Клиентоориентированная рационализация	3,1492	0,4778
Уровень поддержки предпринимательской активности студентов (I_{R113})	Отношенческий капитал	Клиентоориентированная рационализация	3,1654	0,5360
Квалификация персонала в сфере научных исследований и разработок (I_{R222})	Отношенческий капитал	Инновационная деятельность	5,3308	0,5708

Источник: сост. авторами.

«Количественные» показатели были фазифицированы путем индивидуального задания функций принадлежности нечетких множеств для значений лингвистических шкал.

Для примера в табл. 2.8 приведены трапециевидные функции принадлежности для показателей «Публикационная активность (I_{H211})» и «Объем доходов от НИОКР (I_{R211})».

Таблица 2.8

**Терм-множество лингвистических переменных «значение показателя
“Публикационная активность (I_{1211})”» и «значение показателя
“Объем доходов от НИОКР (I_{R211})”»**

Вербальная оценка	Трапецевидная функция принадлежности	
	Публикационная активность, ед. / чел.	Объем доходов от НИОКР, тыс. руб. / чел.
Очень низкое (VL)	<0,0; 0,0; 0,1; 0,25>	<0; 0; 5; 25>
Низкое (L)	<0,15; 0,2; 0,4; 0,6>	<15; 30; 45; 65>
Среднее (M)	<0,3; 0,7; 0,8; 1,0>	<40; 50; 75; 100>
Высокое (H)	<0,75; 1,0; 1,2; 1,4>	<60; 90; 120; 135>
Очень высокое (VH)	<0,8; 1,3; 2,0; 2,0>	<105; 130; 150; 150>

Источник: сост. авторами.

Далее, для нижнего уровня иерархии были сформированы базы нечетких продукционных правил. В таблице 2.9 приведен фрагмент одной из баз правил.

Таблица 2.9

**Фрагмент базы продукционных правил для показателя
«Вовлечение (I_{O1})»**

Номер нечеткого правила	IF				THEN
	I_{O11}	I_{O12}	I_{O13}	I_{O14}	I_{O1}
1	VL	VL	VL	VL	VL
2	VL	VL	VL	L	VL
3	VL	VL	VL	M	L
4	VL	VL	VL	H	L
5	VL	VL	VL	VH	L
...	...	...	...	...	...
101	VL	VH	VL	VL	L
102	VL	VH	VL	L	L
103	VL	VH	VL	M	L
104	VL	VH	VL	H	M

Номер нечеткого правила	IF				THEN
	I _{O11}	I _{O12}	I _{O13}	I _{O14}	I _{O1}
105	VL	VH	VL	VH	M
...	...	...	...	...	...
351	M	VH	VL	VL	L
352	M	VH	VL	L	M
353	M	VH	VL	M	M
354	M	VH	VL	H	M
355	M	VH	VL	VH	H
...	...	...	...	...	...
621	VH	VH	VH	VL	M
622	VH	VH	VH	L	H
623	VH	VH	VH	M	H
624	VH	VH	VH	H	VH
625	VH	VH	VH	VH	VH

Источник: сост. авторами.

Затем с помощью разработанного программного комплекса на основе предложенной нечеткой модели с использованием известных четких значений «количественных» показателей были получены нечеткие и четкие оценки показателей ИКО всех уровней иерархии (табл. 2.10).

Таблица 2.10

Результаты оценки показателей интеллектуального капитала ВВГУ по уровням иерархии

Нечеткая переменная	Центр тяжести	Индекс нечеткости	Нижняя граница	Верхняя граница	Коэффициенты соответствия (при нулевом альфа-уровне)					Интерпретация уровня
					0–2	2–4	4–6	6–8	8–10	
I	5,131	0,364	4,767	5,495	0,373	0,904	1,0	0,944	0,456	Средний
I _H	5,223	0,582	4,641	5,805	0,363	0,789	0,553	0,900	0,456	Средний
I _O	5,010	0,342	4,668	5,352	0,373	0,904	1,0	0,918	0,374	Средний
I _R	4,707	0,516	4,191	5,223	0,363	0,840	1,0	0,630	0,240	Средний
I _{H1}	2,829	0,331	2,498	3,160	0,443	0,963	0,275	0,0	0,0	Низкий
I _{H2}	6,238	0,603	5,635	6,841	0,0	0,399	0,552	0,900	0,456	Высокий

Нечет- кая пере- менная	Центр тяжести	Индекс нечеткости	Нижняя граница	Верхняя граница	Коэффициенты соответствия (при нулевом альфа-уровне)					Интер- претация уровня
					0–2	2–4	4–6	6–8	8–10	
I _{O1}	5,0	0,258	4,742	5,258	0,0	0,75	1,0	0,75	0,0	Средний
I _{O2}	5,010	0,342	4,668	5,352	0,373	0,904	1,0	0,918	0,374	Средний
I _{R1}	4,707	0,516	4,191	5,223	0,363	0,840	1,0	0,630	0,240	Средний
I _{R2}	4,852	0,614	4,238	5,466	0,281	0,625	1,0	0,560	0,214	Средний
I _{H21}	4,852	0,614	4,238	5,466	0,281	0,625	1,0	0,560	0,214	Средний
I _{H22}	6,660	0,470	6,190	7,130	0,0	0,227	0,333	0,900	0,456	Высокий
I _{O21}	5,0	0,365	4,635	5,365	0,0	0,5	1,0	0,5	0,0	Средний
I _{O22}	7,189	0,356	6,833	7,545	0,0	0,0	0,237	0,919	0,394	Высокий
I _{O23}	3,939	0,519	3,420	4,458	0,403	0,928	0,623	0,443	0,0	Низкий
I _{R11}	5,0	0,349	4,651	5,349	0,0	0,543	1,0	0,543	0,0	Средний
I _{R12}	3,988	0,443	3,545	4,431	0,443	0,963	0,702	0,500	0,0	Низкий
I _{R13}	5,341	0,461	4,880	5,802	0,040	0,502	1,0	0,560	0,214	Средний
I _{R21}	3,625	0,480	3,145	4,105	0,563	1,0	0,588	0,360	0,0	Средний
I _{R22}	5,415	0,309	5,106	5,724	0,0	0,5	1,0	0,560	0,214	Средний

Источник: сост. авторами.

Полученные результаты позволяют сделать следующие выводы:

1. Развитие интеллектуального капитала и всех его основных структурных компонентов (человеческий капитал, организационный капитал, отношенческий капитал) в университете находится на среднем уровне. При этом анализ параметров функций принадлежности соответствующих нечетких переменных показывает необходимость более пристального внимания к формированию отношенческого капитала вуза (характер асимметрии функции принадлежности, меньшее значение центра тяжести при большем индексе нечеткости). Что касается остальных структурных компонентов (человеческий капитал и организационный капитал), а также ИКО в целом, то можно говорить о высокой надежности полученных оценок уровня их развития. Уровень развития большинства показателей ИКО более низких уровней иерархии также является средним.

2. Требуют особого внимания показатели ИКО с низким уровнем развития, в том числе I_{O23} «Аспект взаимодействия с партнерами» (в когнитивной активности «Производственная рационализация») и I_{R12} «Цифровой аспект» (в когнитивной активности «Клиентоориентированная рационализация»).

Заметим, что эти же аспекты в рамках других видов когнитивной активности (показатели I_{O21} и I_{R21}) развиты лучше (находятся на среднем уровне).

Что касается низкого уровня показателя I_{H1} «Обучение» (причем с высокой надежностью полученной оценки, определяемой малым индексом нечеткости и распределением коэффициентов соответствия), то он обусловлен низкими значениями декомпозирующих его факторов. В первую очередь это «Эффективность стажировочной активности» (I_{H14}), находящаяся на очень низком уровне и потому требующая самого пристального внимания.

На решение выявленных проблем могут быть направлены следующие комплексные мероприятия: организация стажировок ППС на предприятиях-партнерах, обучение преподавателей цифровым образовательным технологиям, в том числе технологиям создания МООК.

3. На высоком уровне развития находятся следующие показатели ИКО: I_{O22} «Инфраструктурный аспект» (в когнитивной активности «Производственная рационализация») и I_{H22} «Социально-психологический аспект» (в когнитивной активности «Самосовершенствование»), а также I_{H2} «Самосовершенствование», высокий уровень которого обеспечивается развитостью социально-психологического аспекта.

4. Преимущества предложенной модели связаны прежде всего с ее универсальностью и гибкостью. Универсальность модели определяется ее применимостью к самым различным образовательным организациям. Стандартными будут ключевые показатели ИКО, соответствующие основным структурным компонентам ИКО (человеческий капитал, организационный капитал, отношенческий капитал), типы когнитивной активности (обучение, вовлечение, производственная рационализация, самосовершенствование, клиентоориентированная рационализация, инновационная деятельность) и соответствие между типами когнитивной активности и структурными компонентами ИКО. Стандартными будут все этапы модели. Гибкость модели определяется возможностью формирования набора показателей ИКО нижнего уровня иерархии, наиболее соответствующего специфике конкретной образовательной организации в сложившихся условиях, а также требованиям лица, принимающего решения. Кроме того, есть возможность выбора произвольных функций принадлежности нечетких переменных модели, используемых систем нечеткого логического вывода (баз нечетких продукционных правил и алгоритмов нечеткого вывода), методов дефазификации. Преимущества модели определяются также ориентацией на стратегию при формировании каузального поля показателей развития ИКО, возможностью количественной оценки «качественных» показателей ИКО, учетом уровней компетентности экспертов в различных сферах деятельности организации.

5. В практическом использовании модели могут возникнуть следующие сложности. Отсутствие формализованной стратегии развития организации, с одной стороны, не позволит корректно сформировать каузальное поле показателей ИКО. С другой стороны, сама постановка задачи развития ИКО вне связи со стратегией развития организации в целом вряд ли допустима. Расчеты значений нечетких переменных модели достаточно сложны, требуется соответствующее программное средство. Вместе с тем нет необходимости разрабатывать такое программное средство каждой отдельной организацией. Может быть разработано программное средство, допускающее настройку под конкретную организацию (например, на базе уже созданного в ВВГУ программного продукта). Это значительно облегчит адаптацию модели под деятельность различных организаций (тиражирование модели). Получение экспертных оценок «качественных» показателей облегчается разделением вопросов (показателей) между различными экспертами, а также программной реализацией процедур проведения экспертного опроса и обработки экспертных ответов.

2.3. Нечеткие модели оптимизации портфеля проектов по развитию интеллектуального капитала организации с учетом рисков

Результаты оценки ИКО далее используются для организации процесса его развития, которое происходит в результате реализации определенного набора (портфеля) проектов (мероприятий), составляющих в совокупности программу развития ИКО. Программа развития ИКО является, в свою очередь, частью программы стратегического развития организации. Проекты по развитию ИКО конкурируют между собой за общие ограниченные ресурсы. В этой связи возникает задача формирования в условиях ресурсных ограничений такой программы, которая обеспечивала бы максимально возможное увеличение ИКО организации.

Формирование программы развития всегда происходит в условиях неопределенности. Вследствие этого при решении задачи отбора проектов приходится учитывать не только ограничения на ресурсы, но и риски.

В рамках инструментальной составляющей теории портфельной оптимизации разработано значительное количество моделей и методов, учитывающих различные факторы и риски. Вместе с тем соответствующий инструментарий в отношении ИКО развит слабо. В значительной степени это связано с экономической природой ИКО, являющегося имплицитным фактором управленческой деятельности, а также с характером развития ИКО, определяемого влиянием специфических скрытых факторов, чье воздействие на процесс развития выражено неявно и трудно формализу-

ется [66, 166, 198]. При этом ИКО представляет собой иерархическую систему, включающую основные структурные компоненты ИКО (человеческий капитал, организационный капитал, отношенческий капитал), а также типы когнитивной активности (обучение, вовлечение, производственная рационализация, самосовершенствование, клиентоориентированная рационализация, инновационная деятельность), соотнесенные с этими структурными компонентами [29]. Важно отметить, что процесс развития различных видов ИКО организации реализуется именно за счет различных когнитивных активностей [75]. При этом влияние когнитивных активностей и декомпозирующих их факторов на развитие различных структурных компонентов ИКО также достаточно трудно формализуется.

Природа некоторых ограничений при отборе проектов, значительные трудности количественного оценивания многих факторов, стремление экспертов и лиц, принимающих решения, оперировать вербальными оценками, необходимость оценивать и учитывать риски приводят к росту популярности нечетких моделей портфельного инвестирования [217]. Использование нечетких моделей применительно к ИКО представляется особенно перспективным в силу его экономической природы и характера развития.

Оптимизационные модели с нечеткими целевыми функциями и ограничениями, с одной стороны, позволяют варьировать результаты при различных экзогенно установленных уровнях достоверности [3]. Это дает лицу, принимающему решения, большую гибкость, что особенно важно при выборе и планировании интегрированного портфеля проектов [279]. С другой стороны, такие модели позволяют учитывать не только сами риски, но и склонность к риску лица, принимающего решение, которая выражается в различных подходах к выбору портфеля [237].

Нечеткие оптимизационные задачи требуют специальных методов решения. Однако отсутствие примеров апробации предлагаемых методов для решения задачи повышения интеллектуального капитала конкретных организаций создает серьезные трудности в их дальнейшем использовании.

В связи с этим актуальными являются следующие вопросы:

- разработка нечетких моделей портфельной оптимизации в сфере повышения ИКО с учетом рисков;
- совершенствование методов решения нечетких оптимизационных задач;
- демонстрация использования моделей и методов на реальных примерах.

Существуют различные подходы к оптимизации ИКО в зависимости от того, что под ней понимается и какие задачи решаются в ходе ее осу-

ществления. В соответствии с возможными вариантами могут быть выделены следующие группы научных работ по оптимизации ИКО.

Первую группу составляют исследования, в которых производится распределение ограниченного объема финансирования по ключевым компонентам ИКО (или по выделенным направлениям финансирования). В данной группе, в свою очередь, может быть выделено несколько подгрупп.

К первой подгруппе можно отнести работы, в которых исследователи ограничиваются нахождением оптимального распределения бюджета между возможными направлениями инвестирования [107, 50, 85]. Так, в работе [107] решается задача условной оптимизации, в которой варьируемые параметры имеют смысл статей расходов, а скалярная целевая функция является суммой функций, формализующих денежные эквиваленты человеческого, организационного и потребительского капиталов. Проводятся вычислительные эксперименты для нескольких ИТ-компаний с помощью генетического алгоритма и алгоритма роя частиц.

В работах второй подгруппы полученные решения задачи оптимального распределения ресурсов по направлениям инвестирования могут стать основой для формирования комплекса стратегий инвестирования в ИКО, учитывающих не только возможные направления инвестирования, но и более детальные характеристики их реализации, такие как временные периоды осуществления инвестиций или возможные варианты последовательности реализуемых мероприятий в рамках каждого направления. Так, в работе [222] решается задача распределения финансирования между тремя компонентами ИКО, на основании чего, в свою очередь, может быть принято решение о выборе одной из возможных стратегий – бросить вызов новому рынку либо остаться на текущем рынке с последующей оценкой ситуации на рынке и определением условий конкуренции.

Ко второй группе можно отнести работы по оптимизации портфеля проектов по повышению ИКО. Значимый вклад в это направление исследований внесли Н. Daniels и его соавторы [158, 159, 160].

В работе [158] рассматриваются три ключевые характеристики ИКО, значимые с точки зрения способов его оценки и управления его развитием. В их числе авторы выделяют неизменную производительность, нулевую доходность целей и развитие нового знания, в результате чего ими делается вывод о необходимости использования немонетарных методов оценки ИКО, наиболее предпочтительными из которых с их точки зрения являются модели Intangibles Assets Monitor К.-Э. Свейби, Scandia Navigator и Balanced Scorecard (BSC). Все они в той или иной степени пригодны для выбора с их помощью целевых показателей ИКО с последующей оценкой текущих значений и заданием целевых значений. Значения целевых показателей в рамках модели задаются экспертным путем. Оптимизационная модель, предлагаемая авторами, сводится к стандартной задаче

булева линейного программирования с наложением ограничений на количество человеко-часов, предположительно расходуемых в рамках каждого мероприятия по оптимизации ИКО. В качестве целевой функции рассматривается балльная оценка ИКО.

В работе [159] авторы предлагают пять перспектив оценочных карт ИКО: финансовую, клиентскую, процессную, кадровую перспективы и перспективу обновлений. Отличие модели от предыдущей состоит в учете рисков, связанных с реализацией проектов. Величины рисков также экспертно оцениваются в баллах.

В работе [112] предлагается многокритериальная модель, позволяющая находить множества недоминируемых (парето-оптимальных) решений, представляющих собой набор допустимых портфелей проектов. При этом полезность портфеля проектов может рассматриваться с позиций максимизации ценности, стратегического соответствия либо сбалансированности портфеля (по наличию в портфеле проектов разной длительности, с разными уровнями риска, разной экономической ценности).

В статье [6] предложена модель оптимизации портфеля проектов по повышению ИКО малого предприятия. Целевая функция формируется на основе использования балльных оценок степеней достижения целевых значений показателей, характеризующих каждый из четырех ключевых компонентов ИКО: человеческий капитал, структурный капитал, инновационный капитал и потребительский капитал. Ограничения в модели формируются в отношении трудозатрат по проектам.

В работе [112] предлагается модель дискретного линейного программирования. Целевая функция представлена функцией полезности, формируемой методом аддитивной свертки, с ограничениями на ресурсы. Функция полезности формируется как взвешенная сумма компонентов устойчивого роста, обновления и эффективного использования человеческого, организационного, потребительского капиталов. В работе не представлена декомпозиция компонентов на составляющие нижних уровней иерархии, апробация представленной модели также отсутствует.

Ограниченное число публикаций, посвященных оптимизации портфеля проектов по повышению ИКО, в некоторой степени компенсируется работами, в которых рассматривается портфельная оптимизация в отношении отдельных основных структурных компонентов ИКО – человеческого, организационного и отношенческого капитала.

Значительное количество различных моделей оптимизации развития человеческого капитала предлагается в работах Л.С. Мазелиса с соавторами. Часть работ посвящена решению задачи определения оптимальной структуры инвестиций в человеческий капитал [211, 165].

Другие исследования посвящены оптимизации портфеля проектов по повышению человеческого капитала. В работе [55] разработана динамическая модель формирования оптимального плана стратегических мероприятий в области развития человеческого капитала бизнес-единиц университета. В статье [215] данная задача решается в нечеткой постановке. В работе [213] аналогичная задача решается уже на мезоуровне (на уровне региона). В исследовании [96] разработана двухуровневая модель формирования оптимального портфеля региональных проектов для достижения стратегических ориентиров развития региона. Модель учитывает влияние инвестиций в региональный человеческий капитал на уровень его развития и влияние развития человеческого капитала региона на уровень социально-экономического развития региона. Данная модель в нечеткой постановке описана в работе [212].

Развитие организационного капитала организации в значительной степени осуществляется через рационализацию производственных процессов. В этой связи к портфельной оптимизации в отношении организационного капитала могут быть отнесены следующие работы. В статье [59] решается задача оптимизации портфеля технических решений с помощью методов дискретного программирования. В работе [119] предлагается модель оптимизации портфеля проектов по развитию производственного комплекса. Следует отметить, что данная модель может быть применима не только к развитию организационного капитала, но и к оптимизации развития отношенческого капитала, уровень развития которого оценивается с помощью индекса конкурентоспособности, характеризующего инвестиционную и инновационную активность производственного комплекса. Развитие данной модели и ее апробация на примере энергомашиностроительного комплекса рассматриваются в статье [87].

Развитие отношенческого капитала организации осуществляется за счет формирования комплекса связей и взаимодействий организации с ее стейкхолдерами. В этой связи при принятии решений о выборе портфеля проектов могут учитываться специфические интересы различных групп стейкхолдеров, их явные и неявные цели, а также более широкие аспекты стратегической ценности, такие как социальная, экологическая ценность или ценность знаний [135]. В работе [195] предложена модель оптимизации, в которой целевой функцией является социальный эффект портфеля проектов, состоящий, например, в повышении квалификации и заработной платы персонала, решении социальных проблем коллектива или других сообществ, связанных с данными проектами. Нечеткая модель оптимизации портфеля проектов организации, позволяющая учитывать социальную значимость и государственную важность проектов, предложена в статье [81]. Нечеткие модели оптимизации портфеля проектов организа-

ции, позволяющие учитывать интересы и требования широкого круга стейкхолдеров, разработаны в работах [177, 203].

Вместе с тем использование моделей портфельной оптимизации в отношении отдельных структурных компонентов в рамках решения задачи развития ИКО осложняется тем, что реализация отдельных проектов может способствовать развитию не одного структурного компонента, а двух или даже всех трех. Некоторые показатели ИКО нижнего уровня являются факторами развития различных когнитивных активностей, соответствующих различным структурным компонентам ИКО. В этой связи возникает необходимость разработки моделей портфельной оптимизации в отношении ИКО как единой иерархической системы. При этом наличие в данной системе большого числа имплицитных факторов и трудно формализуемых зависимостей между элементами различных уровней иерархии приводит к необходимости построения моделей нечеткой оптимизации.

Таким образом, разработка и апробация нечетких моделей оптимизации портфеля проектов по повышению ИКО как иерархической системы с учетом рисков являются актуальными и позволяют осуществить его эффективное развитие. Рассматривается задача оптимизации портфеля проектов по повышению ИКО с учетом рисков и ограничений по объемам инвестирования. Предполагается, что сформировано каузальное поле показателей развития ИКО, представленное в виде иерархической структуры (см. подразд. 2.2) [28, 30].

Двигаясь снизу вверх по иерархии, можем получить нечеткие значения всех показателей развития ИКО различных уровней. Для этого могут быть использованы системы нечеткого вывода, включающие сформированные базы нечетких продукционных правил, и алгоритмы нечеткого вывода.

Пусть у организации имеется N проектов $P_1, P_2, \dots, P_N$ по развитию ИКО, влияющих на K показателей развития ИКО нижнего уровня $e_1, e_2, \dots, e_K$.

Для моделирования внутренних и внешних условий применим сценарный подход: будем рассматривать L сценариев возможных изменений внутренней и внешней среды $S_1, S_2, \dots, S_L$ с нечеткими вероятностями $p_1, p_2, \dots, p_L$ соответственно [57].

Вероятности сценариев также оцениваются экспертно в некоторой лингвистической шкале и переводятся в нечеткие множества в соответствии с заданными функциями принадлежности. Экспертные оценки весов сценариев также проверяются на согласованность и усредняются с учетом весов экспертов. Соответственно, нечеткие вероятности сценариев имеют функции принадлежности, близкие к гауссианам.

Предполагается, что реализация каждого проекта приводит к изменениям показателей развития ИКО нижнего уровня и через них всех показателей ИКО в иерархии. Эти изменения будут различны в рамках разных сценариев.

Изменения показателей ИКО нижнего уровня также определяются экспертно с последующей проверкой на согласованность и усреднением по отдельным сценариям. Таким образом, они также представляют собой нечеткие числа гауссова типа.

На основе нечетких изменений показателей $e_1, e_2, \dots, e_K$ могут быть рассчитаны нечеткие изменения всех показателей ИКО в иерархии, включая интегральный показатель ИКО (I).

Объем финансовых средств, необходимый для реализации заданного проекта, может также задаваться нечетким числом, рассчитанным на основе экспертных ответов в соответствующей лингвистической шкале.

Итак, каждый из проектов P_n ($n = \overline{1, N}$) характеризуется следующими показателями:

- нечеткими изменениями $A_n^l = (a_{n1}^l, a_{n2}^l, \dots, a_{nK}^l)$ показателей $e_1, e_2, \dots, e_K$ при реализации проекта в рамках сценария S_l ($l = \overline{1, L}$);
- нечетким изменением I_n^l показателя I при реализации проекта в рамках сценария S_l ;
- нечетким объемом необходимых для своей реализации финансовых ресурсов B_n .

Величину I_n^l можно считать полезностью проекта P_n в рамках сценария S_l .

Изменения $A_n^l = (a_{n1}^l, a_{n2}^l, \dots, a_{nK}^l)$, а следовательно, и полезности I_n^l будем рассматривать как случайные величины, зависящие от ряда внешних и внутренних факторов, являющихся функциями времени. В качестве меры риска будем использовать дисперсии полезностей DI_n^l .

Определим бинарную переменную y_n следующим образом:

- $y_n = 0$, если проект n не включается в портфель по повышению ИКО;

- $y_n = 1$, если проект n включается в портфель по повышению ИКО.

Предлагается следующая схема построения оптимального портфеля проектов по повышению ИКО:

1) для каждого проекта n нечетко определяем объем необходимых для его реализации финансовых ресурсов B_n ;

2) определяем набор сценариев $S_1, S_2, \dots, S_L$ и нечетко оцениваем вероятность каждого из них $p_1, p_2, \dots, p_L$;

3) для каждого сценария l по каждому проекту n определяем нечеткие изменения $A_n^l = (a_{n1}^l, a_{n2}^l, \dots, a_{nK}^l)$ показателей $e_1, e_2, \dots, e_K$ и рассчитываем нечеткие полезности I_n^l ;

4) рассчитываем нечеткую удельную полезность каждого проекта n в рамках сценария l по формуле

$$\tilde{I}_n^l = \frac{I_n^l}{B_n}, \quad (2.5)$$

5) находим нечеткое математическое ожидание удельной полезности проекта n

$$m_n = E(\tilde{I}_n^l) = \sum_{l=1}^L \tilde{I}_n^l p_l \quad (2.6)$$

и нечеткие элементы ковариационной матрицы удельных полезностей проектов i и j :

$$v_{ij} = \sum_{l=1}^L (\tilde{I}_i^l - m_i)(\tilde{I}_j^l - m_j)p_l; \quad (2.7)$$

6) нечетко задаем верхнюю границу по имеющимся финансовым ресурсам B_0 ;

7) полезность портфеля $m_{\text{port}} = \sum_{i=1}^N y_i m_i$, риск портфеля $\sigma_{\text{port}}^2 = \sum_{i,j=1}^N y_i y_j v_{ij}$.

Используя введенные выше предположения, соотношения и обозначения, предлагается формирование портфеля проектов осуществлять с помощью следующих моделей.

Модель первая. Портфель проектов по повышению ИКО формируется по критерию максимума ожидаемой удельной полезности при ограничениях на величину риска программы и объем финансовых ресурсов, необходимых для реализации портфеля:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^N y_i m_i \rightarrow \max, \\ \sum_{i,j=1}^N y_i y_j v_{ij} \leq \sigma_0^2, \\ \sum_{i=1}^N y_i B_i \leq B_0. \end{cases} \quad (2.8)$$

Модель вторая. Портфель проектов по повышению ИКО формируется по критерию минимума риска портфеля при ограничениях на объем ресурсов, необходимых для реализации портфеля, и величину ожидаемой удельной полезности:

$$\begin{cases} \sum_{i,j=1}^N y_i y_j v_{ij} \rightarrow \min, \\ \sum_{i=1}^N y_i m_i \geq m_0, \\ \sum_{i=1}^N y_i B_i \leq B_0. \end{cases} \quad (2.9)$$

Сформулированные модели представляют собой нечеткие задачи булева квадратичного программирования. Данные задачи могут быть сведены к четким задачам булева квадратичного программирования с помощью приемов, описанных в работах [94, 168, 274]:

$$\begin{cases} m \rightarrow \max, \\ N_{\sum y_i m_i} (m, m, \infty, \infty) \geq \gamma, \\ N_{\sum y_i y_j v_{ij}} (\sigma_0^2) \geq \lambda_{\sigma^2}, \\ N_{\sum y_i B_i} (B_0) \geq \lambda_B, \\ y_i \in \{0, 1\}, \end{cases} \quad (2.10)$$

$$\begin{cases} \sigma_0^2 \rightarrow \min, \\ N_{\sum y_i y_j v_{ij}} (\infty, \infty, \sigma_0^2, \sigma_0^2) \geq \gamma, \\ N_{\sum y_i m_i} (m_0) \geq \lambda_m, \\ N_{\sum y_i B_i} (B_0) \geq \lambda_B, \\ y_i \in \{0, 1\}. \end{cases} \quad (2.11)$$

Здесь $N_A(B) \geq \gamma$ означает, что нечеткое число A удовлетворяет нечеткому ограничению B с уровнем достоверности γ , $\gamma, \lambda_{\sigma^2}, \lambda_m, \lambda_B$ представляют собой уровни достоверности для целевой функции, а также ограничений на риск, полезность и бюджет портфеля.

В этом случае, если $A = \langle a_1; a_2; a_3; a_4 \rangle$ – трапециевидное нечеткое число, а $B = \langle 0; 0; b_3; b_4 \rangle$ трапециевидное нечеткое ограничение сверху, то $N_A(B) \geq \gamma$ эквивалентно неравенству $(1 - \gamma)a_3 + \gamma a_4 \leq \gamma b_3 + (1 - \gamma)b_4$. Если $B = \langle b_1; b_2; 0; 0 \rangle$ является нечетким ограничением снизу, то $N_A(B) \geq \gamma$ эквивалентно неравенству $\gamma a_1 + (1 - \gamma)a_2 \geq (1 - \gamma)b_1 + \gamma b_2$.

Такой подход к переходу от нечетких задач оптимизации к четким обладает некоторыми недостатками. В частности, в формуле перехода от нечетких ограничений сверху на риск или на финансовые ресурсы в первой модели участвуют абсциссы лишь двух правых вершин трапеции (трапециевидной функции принадлежности). При этом правые границы нечетких значений ковариационной матрицы существенно превосходят по модулю абсциссы остальных трех вершин трапеции. В результате возникают искусственно большие значения вспомогательных ограничений на риск. Во второй модели в формуле перехода от нечеткого ограничения снизу на материальное ожидание к четкому ограничению используются лишь две левые вершины трапеции. В результате четкие вспомогательные ограничения на математическое ожидание получаются искусственно малыми. Кроме того, возникают ограничения на использование методов дефазификации нечеткого риска и нечеткого бюджета отобранного портфеля проектов. Например, использование наиболее распространенного

метода дефазификации (центра тяжести) становится нецелесообразным [174].

Заметим также, что в нашем случае значения переменных моделей являются нечеткими числами гауссова, а не трапезоидного типа. В этой связи предлагается другой способ сведения предложенных нечетких задач оптимизации к четким, а именно: предлагается дефазифицировать нечеткие суммы в задачах (2.8) и (2.9) для каждого портфеля проектов (набора переменных y_n), а также ограничения в правых частях неравенств. В этом случае дефазификация может быть проведена в том числе методом центра тяжести.

Продемонстрируем использование предложенных моделей на примере ВВГУ. В подразделе 2.2 было сформировано каузальное поле показателей развития ИК вуза, представленное в виде иерархической структуры (см. рис. 2.2). Были получены значения всех показателей развития ИКО нижнего уровня в виде нечетких чисел гауссова типа. Далее были рассчитаны нечеткие значения всех показателей развития ИКО всех уровней иерархии.

Рассмотрим восемь стратегических мероприятий (проектов), способствующих развитию ИК университета (табл. 2.11), а также три сценария возможных изменений внутренней и внешней среды (условно назовем их пессимистичный, реалистичный и оптимистичный). Нечеткие вероятности этих сценариев аппроксимируются гауссианами со следующими параметрами: для пессимистичного сценария $\mu = 0,2955$, $\sigma = 0,0318$; для реалистичного сценария $\mu = 0,5238$, $\sigma = 0,0497$; для оптимистичного сценария $\mu = 0,1974$, $\sigma = 0,0226$.

Таблица 2.11

Проекты по развитию интеллектуального капитала ВВГУ

Номер проекта	Название проекта	Бюджет проекта (параметры аппроксимирующей гауссианы)	
		μ , млн руб.	σ
1	Проведение обучения преподавателей цифровым образовательным технологиям, в том числе технологиям создания MOOK	12,24	1,71
2	Организация стажировок преподавателей на предприятиях	5,18	0,82
3	Совершенствование системы материального и нематериального поощрения и стимулирования персонала	20,93	2,32

Окончание табл. 2.11

Номер проекта	Название проекта	Бюджет проекта (параметры аппроксимирующей гауссианы)	
		μ, млн руб.	σ
4	Выявление запросов стейкхолдеров (абитуриентов, родителей, студентов, работодателей, педагогического сообщества) к университету	3,87	0,45
5	Организация мероприятий (деловых, творческих, спортивных, профессиональных), направленных на сплочение коллектива	4,21	0,74
6	Развитие инфраструктурной составляющей университета	18,36	2,17
7	Проведение социально ориентированных и социально значимых мероприятий на базе университета	6,53	0,98
8	Комплексная поддержка развития научной деятельности в университете	20,34	3,19

Источник: сост. авторами.

В рамках сценариев экспертно в заданной лингвистической шкале были определены изменения показателей развития ИКО нижнего уровня вследствие реализации каждого проекта (табл. 2.12).

Таблица 2.12

Терм-множество лингвистической переменной «влияние проекта P_i на показатель e_j »

Значение лингвистической переменной	Трапецевидная функция принадлежности
Очень слабое	$\langle 0; 0; 0,01; 0,03 \rangle$
Слабое	$\langle 0,02; 0,03; 0,05; 0,07 \rangle$
Среднее	$\langle 0,05; 0,07; 0,10; 0,12 \rangle$
Сильное	$\langle 0,10; 0,12; 0,15; 0,20 \rangle$
Очень сильное	$\langle 0,15; 0,20; 0,25; 0,25 \rangle$

Источник: сост. авторами.

Средневзвешенные экспертные ответы в виде нечетких чисел гауссова типа частично приведены в табл. 2.13.

Таблица 2.13

Нечеткие изменения показателей развития интеллектуального капитала университета нижнего уровня в результате осуществления проектов в рамках сценариев (фрагмент)

Показатели ИКО Номера проектов	I _{H211}	I _{H221} (I _{O14})	I _{O11}	I _{R111}	I _{R113}	I _{R131}	I _{R132}	I _{R221}	I _{R222}
2				(0,241; 0,020) (0,139; 0,044) (0,078; 0,022)		(0,238; 0,022) (0,132; 0,019) (0,086; 0,011)		(0,152; 0,011) (0,106; 0,046) (0,048; 0,023)	(0,122; 0,011) (0,92; 0,046) (0,037; 0,023)
3	(0,150; 0,023) (0,090; 0,019) (0,035; 0,008)	(0,218; 0,013) (0,152; 0,030) (0,097; 0,011)	(0,225; 0,043) (0,220; 0,012) (0,153; 0,042)					(0,221; 0,048) (0,139; 0,014) (0,053; 0,024)	
4		(0,156; 0,016) (0,124; 0,013) (0,089; 0,009)		(0,231; 0,047) (0,210; 0,043) (0,121; 0,049)	(0,102; 0,046) (0,025; 0,043) (0,014; 0,021)	(0,153; 0,040) (0,075; 0,016) (0,028; 0,043)	(0,134; 0,040) (0,068; 0,044) (0,032; 0,012)	(0,148; 0,011) (0,102; 0,046) (0,051; 0,023)	
5		(0,241; 0,018) (0,141; 0,019) (0,081; 0,014)	(0,042; 0,013) (0,023; 0,006) (0,021; 0,005)						
6		(0,148; 0,015) (0,118; 0,012) (0,076; 0,008)				(0,147; 0,038) (0,091; 0,015) (0,059; 0,007)			
7				(0,136; 0,018) (0,087; 0,009) (0,048; 0,007)	(0,049; 0,037) (0,025; 0,023) (0,016; 0,006)		(0,227; 0,015) (0,210; 0,023) (0,149; 0,011)		
8	(0,205; 0,027) (0,131; 0,031) (0,073; 0,012)		(0,189; 0,016) (0,154; 0,030) (0,097; 0,029)					(0,226; 0,049) (0,204; 0,037) (0,117; 0,012)	(0,233; 0,049) (0,224; 0,037) (0,146; 0,012)

Пустая ячейка в таблице означает, что реализация соответствующего проекта не приводит к изменению данного показателя. В таблице приведены только те показатели, изменение значений которых происходит вследствие осуществления двух или более проектов. На основе нечетких изменений показателей развития ИКО нижнего уровня с использованием алгоритма Мамдани были рассчитаны нечеткие изменения показателей развития ИКО всех уровней иерархии в результате осуществления проектов в рамках сценариев. В том числе были рассчитаны нечеткие изменения интегрального показателя ИКО, позволившие определить нечеткие удельные полезности проектов в рамках сценариев, математические ожидания удельной полезности проектов и нечеткие элементы ковариационной матрицы удельных полезностей проектов.

В таблице 2.14 приведены некоторые результаты применения первой модели, когда программа развития университета формируется по критерию максимума ожидаемой удельной полезности при ограничениях на величину риска программы и объем ресурсов.

Таблица 2.14

**Моделирование формирования программы развития
интеллектуального капитала университета (максимизация ожидае-
мой полезности)**

Бюджет- ное огра- ничение, млн руб.	Ограни- чение на риск портфеля	Номера про- ектов, во- шедших в портфель	Номера про- ектов, не во- шедших в портфель	Ожидае- мая удель- ная полез- ность портфеля	Ожидае- мый бюд- жет порт- феля, млн руб.	Риск портфе- ля
25	0,1	1,2	3,4,5,6,7,8	0,31	17,42	0,0792
	0,25	1,2,7	3,4,5,6,8	0,50	23,95	0,2076
	0,4	2,4,7	1,3,5,6,8	0,61	15,58	0,3613
	0,55	1,2,4,5	3,6,7,8	0,68	25,5	0,4579
	0,7	2,4,5,7	1,3,6,8	0,76	19,79	0,6009
40	0,1	1,6,7	2,3,4,5,8	0,32	37,13	0,0847
	0,25	1,2,7	3,4,5,6,8	0,50	23,95	0,2076
	0,4	1,2,5,7	3,4,6,8	0,64	28,16	0,3957
	0,55	1,2,4,7	3,5,6,8	0,72	27,82	0,455
	0,7	2,4,5,6,7	1,3,8	0,82	38,15	0,6936

Окончание табл. 2.14

Бюджетное ограничение, млн руб.	Ограничение на риск портфеля	Номера проектов, вошедших в портфель	Номера проектов, не вошедших в портфель	Ожидаемая удельная полезность портфеля	Ожидаемый бюджет портфеля, млн руб.	Риск портфеля
55	0,1	2,3,6	1,4,5,7,8	0,33	44,47	0,0998
	0,25	2,3,6,7	1,4,5,8	0,51	51	0,2401
	0,4	1,2,5,7	3,4,6,8	0,64	28,16	0,3957
	0,55	1,2,4,6,7	3,5,8	0,78	46,18	0,5338
	0,7	2,4,5,6,7	1,3,8	0,82	38,15	0,6936
70	0,1	2,3,6	1,4,5,7,8	0,33	44,47	0,0998
	0,25	2,3,6,7	1,4,5,8	0,51	51	0,2401
	0,4	1,2,3,4,6	5,7,8	0,65	60,58	0,3714
	0,55	1,2,4,6,7	3,5,8	0,78	46,18	0,5338
	0,7	1,2,3,4,6,7	5,8	0,83	67,11	0,6118
85	0,1	2,3,6	1,4,5,7,8	0,33	44,47	0,0998
	0,25	2,3,6,7	1,4,5,8	0,51	51	0,2401
	0,4	1,2,3,6,7,8	4,5	0,66	83,58	0,3719
	0,55	1,2,4,6,7	3,5,8	0,78	46,18	0,5338
	0,7	1,2,3,4,6,7,8	5	0,88	87,45	0,6747

Источник: сост. авторами.

В таблице 2.15 приведены результаты применения второй модели, когда программа развития университета формируется по критерию минимума риска программы при ограничениях на объем ресурсов и величину ожидаемой удельной полезности.

Таблица 2.15

Моделирование формирования программы развития интеллектуального капитала университета (минимизация риска)

Бюджетное ограничение, млн руб.	Ограничение на полезность портфеля	Номера проектов, вошедших в портфель	Номера проектов, не вошедших в портфель	Ожидаемая удельная полезность портфеля	Ожидаемый бюджет портфеля, млн руб.	Риск портфеля
25	0,15	4	1,2,3,5,6,7,8	0,19	3,87	0,0417
	0,3	4,7	1,2,3,5,6,8	0,37	10,4	0,1448

Бюд- жетное ограни- чение, млн руб.	Ограниче- ние на по- лезность портфеля	Номера проектов, вошедших в портфель	Номера про- ектов, не вошедших в портфель	Ожидае- мая удель- ная по- лезность портфеля	Ожидае- мый бюд- жет порт- феля, млн руб.	Риск портфеля
	0,45	1,4,7	2,3,5,6,8	0,48	22,64	0,1888
	0,6	1,2,4,5	3,6,7,8	0,68	25,5	0,4579
	0,75	Невозможно сформировать оптимальный портфель проектов				
	0,9	Невозможно сформировать оптимальный портфель проектов				
40	0,15	4	1,2,3,5,6,7,8	0,19	3,87	0,0417
	0,3	1,4,8	2,3,5,6,7	0,34	36,45	0,1085
	0,45	1,4,7	2,3,5,6,8	0,48	22,64	0,1888
	0,6	1,2,5,7	3,4,6,8	0,64	28,16	0,3957
	0,75	2,4,5,7,8	1,3,6	0,81	40,13	0,6832
	0,9	Невозможно сформировать оптимальный портфель проектов				
55	0,15	1,3,8	2,4,5,6,7	0,18	53,51	0,024
	0,3	2,3,6	1,4,5,7,8	0,33	44,47	0,0998
	0,45	1,4,7	2,3,5,6,8	0,48	22,64	0,1888
	0,6	1,2,5,7	3,4,6,8	0,64	28,16	0,3957
	0,75	1,2,4,6,7	3,5,8	0,78	46,18	0,5338
	0,9	Невозможно сформировать оптимальный портфель проектов				
70	0,15	1,3,8	2,4,5,6,7	0,18	53,51	0,024
	0,3	2,3,6	1,4,5,7,8	0,33	44,47	0,0998
	0,45	1,4,7	2,3,5,6,8	0,48	22,64	0,1888
	0,6	1,2,3,4,8	5,6,7	0,64	62,56	0,36
	0,75	1,2,4,6,7	3,5,8	0,78	46,18	0,5338
	0,9	1,2,4,5,6,7,8	3	0,97	70,73	0,9061
85	0,15	1,3,6	2,4,5,7,8	0,18	51,53	0,024
	0,3	2,3,6	1,4,5,7,8	0,33	44,47	0,0998
	0,45	1,2,3,6,8	4,5,7	0,48	77,05	0,1927
	0,6	1,2,3,4,8	5,6,7	0,64	62,56	0,36
	0,75	1,2,4,6,7	3,5,8	0,78	46,18	0,5338
	0,9	1,2,3,4,5,7,8	6	0,96	73,3	0,8984

Источник: сост. авторами.

Полученные результаты позволяют сделать следующие выводы:

1. Разработанные нечеткие модели вносят вклад в инструментальную составляющую теории портфельной оптимизации применительно к развитию ИКО. Модели позволяют решать задачу оптимизации программы развития ИКО как единой иерархической системы с учетом рисков. Этим они выгодно отличаются от существующих моделей портфельной оптимизации в отношении отдельных основных структурных компонентов ИКО. Отличие предложенных моделей от известных моделей оптимизации портфеля проектов по повышению ИКО заключается в определении нечеткой полезности портфеля и рисков в рамках сценарного подхода. Апробация моделей на примере конкретной организации (крупного регионального университета) демонстрирует возможность их практического применения.

2. Предложенный метод формирования оптимального портфеля проектов по развитию ИКО является универсальным в том смысле, что он применим к различным типам организаций разной отраслевой принадлежности. Представление ИКО в виде многоуровневой иерархической системы будет универсальным для трех верхних уровней (интегральный показатель ИКО, основные структурные компоненты ИКО, типы когнитивной активности и соответствие между типами когнитивной активности и структурными компонентами ИКО). При этом элементы двух нижних уровней иерархии могут значительно отличаться для различных организаций.

3. Все основные этапы метода являются стандартными, однако могут различаться используемые системы нечеткого логического вывода (базы нечетких продукционных правил и алгоритмы нечеткого вывода), а также методы дефазификации.

4. Сведение поставленных задач нечеткой оптимизации к четким задачам булева квадратичного программирования может осуществляться различными способами, каждый из которых обладает своими достоинствами и недостатками. Использование в качестве значений переменных моделей нечетких чисел гауссова типа нивелирует некоторые из этих недостатков, возникающих для трапецевидных нечетких чисел.

5. Гибкость модели определяется возможностью формирования набора показателей ИКО нижнего уровня иерархии, наиболее соответствующего специфике конкретной организации в сложившихся условиях, а также требованиям лица, принимающего решения. Кроме того, есть возможность выбора произвольных функций принадлежности нечетких переменных модели, используемых систем нечеткого логического вывода (баз нечетких продукционных правил и алгоритмов нечеткого вывода), методов дефазификации. Преимущества модели определяются также ори-

ентацией на стратегию при формировании каузального поля показателей развития ИКО, возможностью количественной оценки «качественных» показателей ИКО с учетом уровней компетентности экспертов в различных сферах деятельности организации, возможностью нечеткой оценки необходимых для осуществления проектов финансовых ресурсов, возможностью нечеткой оценки полезностей проектов в рамках сценарного подхода, возможностью нечеткой оценки рисков.

6. В практическом использовании модели могут возникнуть следующие сложности. Отсутствие формализованной стратегии развития образовательной организации, с одной стороны, не позволит корректно сформировать каузальное поле показателей ИКО. С другой стороны, сама постановка задачи развития ИКО вне связи со стратегией развития организации в целом вряд ли допустима. Расчеты значений нечетких переменных модели достаточно сложны, требуется соответствующее программное средство. Проблема трудоемкости сбора значений экзогенных переменных модели решается следующим образом. Большая часть значений «количественных» показателей ИКО нижнего уровня, как правило, содержится в системе управленческого учета организации. Получение экспертных оценок «качественных» показателей облегчается разделением вопросов между различными экспертами, а также программной реализацией процедур проведения экспертного опроса и обработки экспертных ответов.

Практическая значимость полученных моделей определяется возможностью их использования в контуре стратегического управления в качестве инструментария поддержки принятия управленческих решений. Схематично данный процесс показан на рис. 2.3.

Концептуальная схема формирования каузального поля показателей ИКО, операционализированная путем разработки нечеткой экономикоматематической модели, позволяет определить требуемые параметры реализации процессов формирования и развития ИКО и сформировать комплекс решаемых задач на этапе планирования.

Нечеткая модель количественной оценки ИКО обеспечивает возможность мониторинга движения к поставленным целям за счет идентификации уровня развития, достигнутого его элементами на различных уровнях иерархии.

Нечеткие модели оптимизации портфеля проектов развития ИКО с учетом рисков позволяют сформировать программу развития ИКО с учетом нечетких оценок полезностей проектов, необходимых финансовых ресурсов и рисков, т.е. реализовать функцию организации управленческого воздействия на элементы ИКО с целью его эффективного развития.

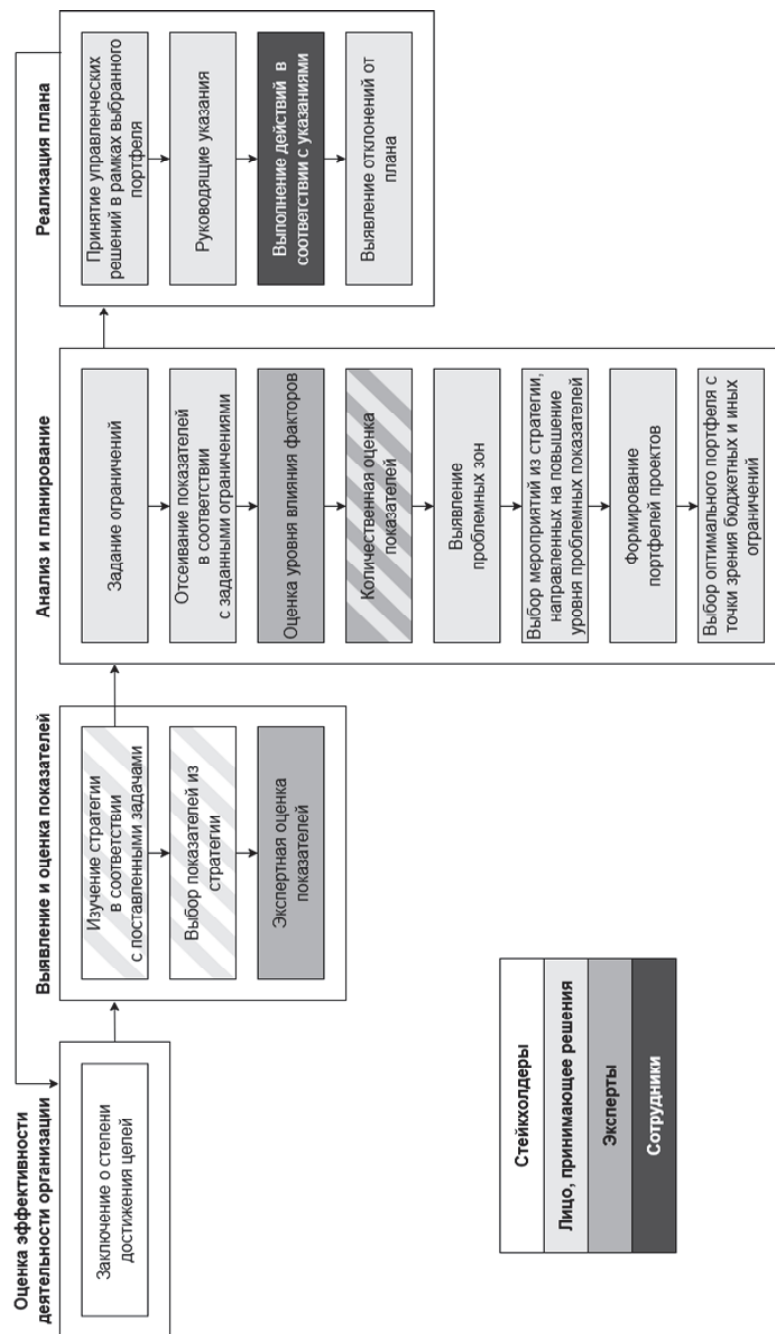


Рис. 2.3. Использование инструментария поддержки принятия управленческих решений в контуре стратегического управления организацией

Источник: сост. авторами.

Полученная совокупность результатов предполагает их использование лицом, принимающим решение, которое реализуется в контуре стратегического управления и обеспечивает циклический характер действий в соответствии с получаемым результатом, что подтверждает их практическую направленность. На рисунке 2.3 с помощью оттенков серого цвета показаны субъекты, осуществляющие разные виды действий в контуре стратегического управления, причем возможна ситуация, когда за одно и то же действие отвечает более одного субъекта, что показано посредством диагональной штриховки с использованием различных оттенков серого цвета. Использование предложенного инструментария происходит в рамках компонента анализа и планирования представленного контура управления.

3. НЕЧЕТКИЕ ИНСТРУМЕНТЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ В СФЕРЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО КАПИТАЛА ОРГАНИЗАЦИИ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

3.1. Нечеткий метод оценки степени риска недостижения целевых значений показателей интеллектуального капитала организации

Формирование и реализация стратегических целей являются ядром стратегического процесса в организации [22, 139]. Другими важнейшими признаками стратегического процесса являются стратегическая рефлексия (поиск лучших путей достижения целей) и стратегические действия (реализация программ, проектов, мероприятий) [21].

Стратегический процесс (как и любая другая деятельность хозяйствующего субъекта) осуществляется в условиях неопределенностей, наличие которых приводит к рискам недостижения целей.

В системе стратегических целей организации могут быть цели, требующие безусловного выполнения. Недостижение этих целей может привести к прекращению ее существования. В этой связи точность оценки рисков недостижения таких целей приобретает критическое значение [63]. Наличие рисков недостижения цели требует запаса «омертвленных» («страховых») ресурсов, использование которых предполагается в случае возникновения угроз на пути движения к цели. Чем меньше риски, тем меньше должны быть «страховые» запасы ресурсов [13]. Повышение точности оценки рисков позволит избежать излишнего «замораживания» ресурсов.

Неточность оценки рисков недостижения целей может также привести к излишним затратам ресурсов, заложенным на этапе планирования стратегических действий (формирования планов и программ развития, отбора проектов). В свою очередь, это может привести к перевыполнению некоторых целей с соответствующими негативными последствиями [64].

С позиций операциональной теории управления риском уровень риска отклонения от цели хозяйственной деятельности организации можно считать характеристикой качества управления. Согласно этой теории эко-

номический риск – это искусственная категория, совокупно отражающая меру реальности нежелательного отклонения от цели деятельности экономического субъекта и объем обусловленных этим отклонением потерь. Эта мера отклонения от цели может быть выражена различными способами, например в виде затрат или потерь экономического эффекта, обусловленных реализацией управленческого решения [36].

В теории управления экономическим риском анализ и сопоставление информации о хозяйственной ситуации могут происходить в двух различных ситуациях (временных срезах): на этапе подготовки решения и на этапе его реализации [36].

Для второго этапа методы оценки рисков недостижения целей посвящены идентификации и оценке возможных помех – событий во внешней среде, препятствующих достижению целей. В зависимости от способа оценки помех модели могут быть вероятностными [23, 88, 83, 84, 124, 236] или нечеткими [37, 56, 106, 114, 122]. Существуют также модели, в которых нечеткий подход дополнен вероятностным анализом [39].

На первом этапе происходит генерация вариантов решений (управленческих воздействий), оценивается достаточность (для принятия решений) имеющейся информации, исходная информация пополняется и уточняется, прогнозируются результаты применения выбранных решений и их соответствие поставленным целям [36].

Управленческим решением (вариантом решения) является решение о выборе из множества возможных стратегических мероприятий (за каждым из которых стоят необходимые ресурсы и определенные последствия) некоторой конкретной совокупности мероприятий, направленных на достижение целей [258]. В большинстве случаев стратегические мероприятия могут быть рассмотрены как проекты (реконструкции и развития), соответственно, выбор совокупности мероприятий представляет собой формирование портфеля проектов.

Управление рисками портфеля проектов (Project Portfolio Risk Management, PPRM) представляет собой сформировавшуюся самостоятельную область исследований. Основной исследовательский вопрос PPRM состоит в выявлении и балансировке рисков портфеля проектов при стремлении максимизировать ценность, получаемую компанией, что отражается в достигнутом воздействии на стратегические цели [217]. Таким образом, в фокусе внимания PPRM находятся управленческие возможности организации по снижению негативного воздействия рисков и расширению возможностей с учетом взаимозависимостей между проектами и рисками [142, 239, 244, 182].

В PPRM могут быть выделены как уже сложившиеся, так и перспективные направления исследований [217]. Одним из таких направлений

является развитие моделей и методов оценки рисков портфеля проектов (Project Portfolio Risk, PPR).

В основе существующих методов оценки портфельного риска лежат различные подходы к моделированию неопределенности. Для формализованного описания неопределенности обычно используются три класса математических моделей, различающихся степенью информированности о состоянии объективной реальности: стохастические, лингвистические (нечеткие) и нестохастические, или игровые. В стохастических моделях неопределенность описывается распределением вероятностей на заданном множестве; в нечетких (лингвистических) моделях – функцией принадлежности, задаваемой вербально [42]. Нестохастические (игровые) модели используются тогда, когда имеется возможность лишь задать неструктурированное множество значений элементарного события, потенциально могущих реализоваться [36].

Теория управления риском смещает акцент в сторону исследования слабоструктурированных явлений [36]. В настоящее время эти явления происходят в условиях значительного увеличения скорости и непредсказуемости изменений во внешней среде. Это крайне затрудняет возможность использования предыдущего опыта (исторических данных) [192] и вероятностных прогнозов.

В этой связи в последние годы активно разрабатываются самые различные нечеткие модели, позволяющие оценить риски портфеля проектов и учесть полученные оценки рисков при выборе портфеля. Следует отметить работу В. Мохагеги с соавторами [221], предложившими оригинальный подход к выбору оптимального портфеля проектов по достижению целей устойчивого развития с использованием интервальных нечетких множеств для учета неопределенности и различных критериев (индексов), отражающих риски. В работе О.М. Шаталовой [126] предложены нечеткие модели оценки сравнительной эффективности инновационных проектов при формировании программы технологического развития промышленного предприятия в условиях нестохастической неопределенности с учетом рисков. В работе А. Зайдуни с соавторами [277] для прогнозирования рисков портфеля IT-проектов используется нечеткий факторный анализ. Следует также отметить работы М.К. Мехлавата и др. [215], Р. Ханджани Шираза и др. [193], Х. Денга и Ю. Юаня [164], М. Рахиминежада Галанкаши и др. [242], М. Мохсени-Тонекабони и др. [245], Б. Ванга и др. [130], Ф. Дехгани [163], В.Д. Нгуена и др. [225], С.Х. Абтахи [132], Х. Янга и др. [131].

В то же время потенциал нечеткого подхода при анализе рисков портфеля проектов в полной мере не реализован [217].

Достижение стратегических целей приводит к изменению стратегического потенциала – «совокупности находящихся в распоряжении пред-

приятия «стратегических» ресурсов, имеющих определяющее значение для возможностей и границ функционирования предприятия в тех или иных условиях» [41, с. 352]. В условиях развития цифровой экономики важнейшим стратегическим ресурсом организации является ее интеллектуальный капитал.

Стратегия развития интеллектуального капитала является частью общей стратегии развития организации. Совокупность стратегических целей, способствующих развитию интеллектуального капитала, является подмножеством множества всех стратегических целей организации. Нежелательные отклонения при достижении этих целей приводят к вышеописанным негативным последствиям. При этом оценка рисков таких отклонений существенно сложнее, чем для большинства других стратегических целей в силу специфики интеллектуального капитала: большое количество имплицитных и «качественных» факторов развития, сильное динамическое воздействие компонентов ИКО и др. [58, 67].

В этой связи на первый план выходят именно нечеткие модели оценки ИКО и его компонентов. Значительное внимание таким моделям уделено в обзоре М. Коса с соавторами [156]. Из соответствующих публикаций, вышедших не ранее 2020 г., следует отметить работы А. Бустаманте и др. [148], С. Козловского и др. [186], Дж. Чевика и О. Арслана [150], Н. Покровской и др. [228], М. Луккезе и др. [137], Е. Гросс-Голацкой и др. [180].

В то же время такой важный (по указанным выше причинам) вопрос, как оценка рисков недостижения целевых показателей ИКО, остался не затронут разработчиками моделей.

Таким образом, актуальной задачей является разработка нечеткого метода оценки рисков недостижения стратегических целей организации в сфере развития интеллектуального капитала.

Базовая схема предлагаемого метода оценки рисков недостижения стратегических целей по развитию ИКО приведена на рис. 3.1.

Данная модель разрабатывалась для оценки текущего уровня ИКО. При этом она может успешно использоваться при установлении целевых значений показателей развития ИКО. Стратегические цели в области развития ИКО возникают в рамках общей стратегии организации, формализованной на основе модифицированной сбалансированной системы показателей [29]. Соответственно, как правило, известны четкие целевые значения «количественных» результирующих показателей таких целей. Значения «качественных» результирующих показателей зачастую отсутствуют в явном виде в стратегии. А в том случае, если они все-таки каким-то образом установлены, непонятно, как определять целевые значения различных интегральных показателей развития ИКО (соответствующих основным компонентам ИКО, способностям организации к тем или иным

когнитивным активностям и различным аспектам в рамках отдельных типов когнитивных активностей). Для этого и может быть применена данная модель.



Рис. 3.1. Базовая схема метода оценки рисков недостижения целей организации по развитию ИКО

Источник: сост. авторами.

После того, как количественно определены нечеткие целевые и текущие значения всех показателей в иерархии, может быть сформирована программа стратегического развития ИКО. Данная программа представляет собой совокупность стратегических мероприятий (проектов), в результате осуществления которых происходит достижение (в той или иной степени) стратегических целей по развитию ИКО. Таким образом, значения результирующих показателей этих целей (показателей развития ИКО) достигают целевых значений или приближаются к ним.

В работе [176] предложены нечеткие оптимизационные модели формирования портфеля проектов по развитию ИКО с учетом рисков. Нечеткие оптимизационные задачи сводятся к четким задачам булева квадратичного программирования с помощью методов, предложенных в работах [94, 168, 274]. При этом необходимо задать уровни достоверности

для целевой функции и каждого ограничения. Уровни достоверности задают жесткость ограничений и могут влиять на состав портфеля. Можно считать, что заданные уровни достоверности определяют толерантность к неопределенности лица, принимающего решение (ЛПР) [173].

Предложенные модели позволяют сформировать оптимальный портфель проектов по развитию ИКО (в зависимости от выбранной целевой функции и заданных ограничений). Одновременно с этим мы получаем ожидаемые нечеткие значения всех показателей ИКО в иерархии (при реализации данного портфеля). Соответственно, могут быть рассчитаны нечеткие относительные отклонения ожидаемых значений от целевых (степени недостижения целевых показателей).

Данные отклонения отражают риски недостижения целевых показателей развития ИКО. В свою очередь, может быть получена дополнительная количественная информация для удобства и повышения точности качественной интерпретации уровня рисков. Прежде всего, каждое нечеткое отклонение может быть дефазифицировано выбранным методом. Кроме того, может быть рассчитан индекс нечеткости отклонения, отражающий степень размытости нечеткого отклонения [62].

В работе [67] предложен способ интерпретации уровня риска на основе соотнесения с максимально возможным значением. В рамках альтернативного подхода рассчитываются коэффициенты соответствия каждого нечеткого отклонения интервалам, на которые разбито универсальное множество [56]. Распределение коэффициентов соответствия определяет качественную оценку риска.

Коэффициенты соответствия представляют собой относительные площади фигур, ограниченных кривой функции принадлежности сверху и заданным альфа-уровнем снизу. Важно отметить, что выбор альфа-уровня (так же, как и выбор уровней достоверности) определяет толерантность ЛПР к неопределенности: чем меньше альфа, тем больше толерантность. Изменение толерантности ЛПР к неопределенности может привести к изменению качественных оценок рисков. Причем, как будет показано ниже, эти изменения могут быть двусторонними: для одних показателей при увеличении альфа-уровня оценки рисков будут повышаться, для других, наоборот, понижаться. Учет толерантности ЛПР к неопределенности является значимым преимуществом предлагаемого метода оценки рисков недостижения целей по развитию ИКО.

Пусть сформировано каузальное поле показателей развития ИКО. Определены нечеткие значения «качественных» показателей нижнего уровня. Осуществлена фазификация четких значений «количественных» показателей. Заданы системы нечеткого вывода (либо упрощенные процедуры [66]), позволяющие получить нечеткие значения показателей

ИКО всех уровней иерархии. Определены целевые и рассчитаны текущие значения всех показателей [78].

Пусть заданы сценарии возможных изменений внутренней и внешней среды, определены их нечеткие вероятности. Сформировано множество возможных проектов по развитию ИКО, нечетко заданы их бюджеты. Определены изменения текущих значений показателей нижнего уровня (и через них всех показателей в иерархии) в результате реализации каждого проекта для каждого сценария [176].

Отметим, что значения всех показателей ИКО (кроме самого нижнего уровня иерархии), вероятности сценариев, бюджеты проектов и изменения показателей нижнего уровня являются нечеткими числами гауссова типа. Значения показателей нижнего уровня являются трапециевидными нечеткими числами.

Формируем программу развития ИКО на основе одной из предложенных нечетких оптимизационных моделей (представляющих собой нечеткие задачи булева квадратичного программирования) [176]]. Напомним, что модели отличаются целевыми функциями (максимизация удельной полезности или минимизация риска портфеля проектов) и ограничениями (на совокупный бюджет программы развития, на величину риска программы или на величину ожидаемой удельной полезности). Напомним также, что состав оптимального портфеля проектов зависит от заданных уровней достоверности (на целевую функцию и ограничения). Для выбранного оптимального портфеля имеем ожидаемые нечеткие значения всех показателей ИКО.

Рассчитываем степени недостижения целевых показателей ИКО как относительные отклонения ожидаемых значений от целевых следующим образом:

$$\Delta_i = \frac{IC_i^T - IC_i^E}{IC_i^T}, \quad (3.1)$$

где Δ_i – степень недостижения целевого значения i -го показателя ИКО; IC_i^T – целевое значение i -го показателя ИКО; IC_i^E – ожидаемое значение i -го показателя ИКО.

Заметим, что в общем случае в силу нечеткости переменных $\Delta_i \neq 1 - \frac{IC_i^E}{IC_i^T}$.

Важно отметить, что, если $IC_i^E > IC_i^T$ (для выбранного метода сравнения нечетких множеств), все равно могут существовать риски недостижения целевого значения i -го показателя. В этом случае нечеткие относи-

тельные отклонения ожидаемых значений от целевых рассчитаем по формуле

$$\Delta_i = \frac{IC_i^E - IC_i^T}{IC_i^E}. \quad (3.2)$$

Пусть $IC_i^T > IC_i^E$. Тогда $(\xi_i; \eta_i) \subseteq (a_i; b_i)$, где $(\xi_i; \eta_i)$ – носитель нечеткого множества Δ_i ; a_i – инфимум носителя нечеткого множества $\frac{IC_i^T - IC_i^E}{IC_i^T}$;

b_i – супремум носителя нечеткого множества $\frac{IC_i^T}{IC_i^E}$.

Если $IC_i^E > IC_i^T$, то в качестве a_i следует брать инфимум носителя нечеткого множества $\frac{IC_i^E - IC_i^T}{IC_i^E}$, в качестве b_i – супремум носителя нечеткого множества $\frac{IC_i^E}{IC_i^T}$.

Рассмотрим биекции $f_i : (a_i; b_i) \rightarrow (0; 1)$,

$$f_i(x) = \frac{x - a_i}{b_i - a_i}. \quad (3.3)$$

Данные отображения позволяют перейти от нечетких отклонений Δ_i к нечетким множествам Δ'_i , носители которых являются подмножествами интервала $(0; 1)$.

Рассчитываем индексы нечеткости множеств Δ'_i заданным методом [161]. Обозначим их θ_i . Осуществляем дефазификацию нечетких множеств Δ'_i одним из выбранных методов. Полученные четкие значения обозначим ω_i .

Разбиваем интервал $(0; 1)$ на h интервалов $(0; \zeta_1), (\zeta_1; \zeta_2), \dots, (\zeta_{h-1}; 1)$ (эти интервалы могут быть равными, но в общем случае это необязательно).

Вычисляем коэффициенты соответствия нечетких множеств Δ'_i этим интервалам как относительные площади фигур, ограниченных кривой функции принадлежности сверху и заданным альфа-уровнем снизу $(0 \leq \alpha < 1)$. Обозначим их $\delta_1^i, \delta_2^i, \dots, \delta_h^i$.

При $\alpha = 1$ δ_j^i есть мера пересечения ядра нечеткого множества Δ'_i и интервала $(\zeta_{j-1}; \zeta_j)$. В качестве метода дефазификации для единичного альфа-уровня разумно использовать метод среднего максимума.

Качественная оценка риска недостижения целевого значения i -го показателя ИКО происходит в заданной лингвистической шкале на основании распределения коэффициентов $\delta_1^i, \delta_2^i, \dots, \delta_h^i$. Если $IC_i^T > IC_i^E$, то чем больше коэффициенты соответствия с меньшими нижними индексами и меньше коэффициенты с большими нижними индексами, тем меньше уровень риска и наоборот. Если $IC_i^E > IC_i^T$, то уровень риска тем меньше, чем меньше коэффициенты соответствия с меньшими нижними индексами и больше коэффициенты с большими нижними индексами.

Во внимание принимаются также ω_i и θ_i . Заметим, что чем меньше θ_i , тем надежнее полученные качественные оценки рисков и наоборот.

В дальнейшем может быть предложена формализованная процедура определения некоторого интегрального коэффициента (как функции переменных $\delta_1^i, \delta_2^i, \dots, \delta_h^i, \omega_i, \theta_i$), на основании которого и будет происходить интерпретация уровня риска. Однако подбор такой функции осложняется немонотонностью в общем случае последовательности $\delta_1^i, \delta_2^i, \dots, \delta_h^i$.

Предложенный метод также апробирован на примере ВВГУ.

Иерархическая система (каузальное поле) показателей развития ИКО представлена на рис. 2.2. Целевые значения «количественных» показателей были взяты из стратегии университета, текущие значения – из системы управленческого учета. Четкие текущие и целевые значения были фазифицированы предложенным в работе [78] способом. Ранее были также получены текущие значения «качественных» показателей в виде нечетких чисел гауссова типа [78]. Аналогичным образом были определены их целевые значения (табл. 3.1).

Таблица 3.1

Текущие и целевые значения «качественных» показателей интеллектуального капитала ВВГУ

Показатель	Структурный компонент ИКО	Тип когнитивной активности	Параметры аппроксимирующей гауссианы			
			Текущее значение		Целевое значение	
			μ	σ	μ	σ
Эффективность использования ДОТ (I_{H13}, I_{O214})	Человеческий капитал	Обучение	3,1492	0,4778	5,5782	0,6227
Эффективность стажировочной активности (I_{H14})	Человеческий капитал	Обучение	1,3452	0,2555	2,7812	0,3451

Продолжение табл. 3.1

Показатель	Структурный компонент ИКО	Тип когнитивной активности	Параметры аппроксимирующей гауссианы			
			Текущее значение		Целевое значение	
			μ	σ	μ	σ
Социально-психологическая удовлетворенность (I _{H221} , I _{O14})	Человеческий капитал, организационный капитал	Самосовершенствование, вовлечение	7,4240	0,8361	8,1243	0,7362
Сформированность организационной культуры (I _{H222})	Человеческий капитал	Самосовершенствование	5,3308	0,5708	6,4687	0,6391
Уровень научной и научно-производственной кооперации с партнерами (I _{O13} , I _{O231} , I _{R213})	Организационный капитал, отношенческий капитал	Вовлечение, клиентоориентированная рационализация, инновационная деятельность	3,1332	0,4081	5,2634	0,6132
Эффективность использования инфраструктуры (I _{O222})	Организационный капитал	Вовлечение, производственная рационализация	9,0226	0,7395	9,3461	0,6564
Степень индивидуализации образовательных траекторий (I _{O213} , I _{R122})	Организационный капитал, отношенческий капитал	Производственная рационализация, клиентоориентированная рационализация	1,3452	0,2555	2,6843	0,3154
Эффективность сетевого взаимодействия с партнерами (I _{H15} , I _{O232} , I _{R123})	Организационный капитал, отношенческий капитал	Производственная рационализация, клиентоориентированная рационализация	3,1492	0,4778	5,5617	0,5996
Удовлетворенность студентов качеством обучения (I _{R131})	Отношенческий капитал	Клиентоориентированная рационализация	5,3308	0,5708	6,9453	0,6124

Окончание табл. 3.1

Показатель	Структурный компонент ИКО	Тип когнитивной активности	Параметры аппроксимирующей гауссианы			
			Текущее значение		Целевое значение	
			μ	σ	μ	σ
Эффективность управления брендом (I_{R132})	Отношенческий капитал	Клиентоориентированная рационализация	7,3888	0,6720	8,2164	0,7985
Эффективность общественных и предпринимательских инициатив (I_{R112})	Отношенческий капитал	Клиентоориентированная рационализация	3,1492	0,4778	5,8041	0,6124
Уровень поддержки предпринимательской активности студентов (I_{R113})	Отношенческий капитал	Клиентоориентированная рационализация	3,1654	0,5360	5,7926	0,6309
Квалификация персонала в сфере научных исследований и разработок (I_{R222})	Отношенческий капитал	Инновационная деятельность	5,3308	0,5708	7,8098	0,7068

Источник: сост. авторами.

Далее были рассчитаны нечеткие целевые и текущие значения показателей ИКО всех вышележащих уровней иерархии. Для этого в том числе были сформированы базы нечетких продукционных правил для нижнего иерархического уровня. Дефазифицированные методом центра тяжести целевые и текущие значения показателей интеллектуального капитала университета всех уровней иерархии приведены в табл. 3.2.

Таблица 3.2

Дефазифицированные целевые, текущие и ожидаемые значения целевых показателей интеллектуального капитала университета

Нечеткая переменная	Текущее значение	Целевое значение	Ожидаемое значение
I	5,131	6,942	6,408
I_H	5,226	6,933	6,441

Нечеткая переменная	Текущее значение	Целевое значение	Ожидаемое значение
I _O	5,012	6,985	5,547
I _R	4,612	6,502	5,862
I _{H1}	2,829	5,218	4,426
I _{H2}	5,515	7,145	7,085
I _{O1}	5,459	6,878	7,464
I _{O2}	5,012	7,035	5,547
I _{R1}	4,612	6,502	5,862
I _{R2}	4,852	7,150	7,938
I _{H21}	4,099	6,517	5,635
I _{H22}	6,660	7,659	8,772
I _{O21}	2,829	5,205	4,454
I _{O22}	7,189	8,214	7,189
I _{O23}	3,939	6,775	4,452
I _{R11}	5,0	7,047	6,463
I _{R12}	2,829	5,440	3,452
I _{R13}	5,341	6,591	6,773
I _{R21}	2,885	5,623	3,672
I _{R22}	5,415	8,393	9,141

Источник: сост. авторами.

На следующем этапе была сформирована совокупность стратегических мероприятий (проектов), способствующих развитию интеллектуального капитала вуза. Бюджеты проектов были экспертно оценены в заданной лингвистической шкале. Средневзвешенные экспертные оценки бюджетов проектов в виде нечетких чисел гауссова типа приведены в табл. 2.11.

Большая часть проектов (проекты 1, 2, 3, 5, 8) явным образом направлена на повышение человеческого капитала университета. В то же время каждый из них влияет и на организационный капитал, и почти все (кроме пятого) – на отношенческий капитал (пусть и в меньшей степени). Проекты 4 и 7 ориентированы в первую очередь на повышение отношенческого капитала, при этом проект 4 частично влияет также на человеческий и организационный капиталы (за счет внутренних стейкхолдеров вуза). Проект 6, прежде всего, призван обеспечить рост организационного капитала, при этом он также значительно влияет на отношенческий капитал и в некоторой степени на человеческий капитал университета.

Далее были рассмотрены три сценария, нечеткие вероятности которых аппроксимируются гауссианами: $\mu = 0,2955$, $\sigma = 0,0318$ (для пессимистичного сценария); $\mu = 0,5238$, $\sigma = 0,0497$ (для реалистичного сценария); $\mu = 0,1974$, $\sigma = 0,0226$ (для оптимистичного сценария).

В рамках сценариев определены изменения показателей развития ИКО нижнего уровня вследствие реализации каждого проекта. Средневзвешенные экспертные ответы в виде нечетких чисел гауссова типа частично приведены в табл. 2.13. В таблице отсутствует первый проект, поскольку его реализация приводит к изменению значений только тех показателей, на которые другие проекты значимо не влияют.

Формирование программы развития ИКО осуществлялось по критерию минимума риска программы при ограничениях на бюджет программы (70 млн руб.) и величину ожидаемой удельной полезности (0,6) при уровне достоверности 0,9. В программу вошли проекты с номерами: 1, 2, 3, 4, 8. Ожидаемая удельная полезность портфеля равна 0,64, ожидаемый бюджет портфеля – 62,56 млн руб.

Рассчитанные ожидаемые нечеткие изменения всех показателей развития ИКО в результате осуществления оптимального портфеля проектов позволили получить ожидаемые нечеткие значения показателей развития ИКО всех уровней иерархии (их дефазифицированные центроидным методом значения приведены в табл. 3.2). Для четырех показателей (I_{O1} , I_{R2} , I_{H22} , I_{R13}) центры тяжести нечетких ожидаемых значений превысили центры тяжести нечетких целевых значений, что, как было отмечено выше, не исключает риски недостижения целевых значений показателей. Затем по формуле (3.1) были рассчитаны нечеткие значения относительных отклонений ожидаемых значений от целевых (нечеткие степени недостижения).

Далее были подобраны отображения, позволяющие осуществить переход от нечетких отклонений Δ_i к нечетким нормированным отклонениям Δ'_i [см. формулу (3.3)], для которых были рассчитаны индексы нечеткости Ягера с линейной метрикой Хэмминга [276] (ИН), центры тяжести (ЦТ) и средние максимумы (СМ).

Интервал $(0;1)$ был разбит на пять равных интервалов $(0;0,2)$, $(0,2;0,4)$, ..., $(0,8;1)$, для которых были вычислены коэффициенты соответствия отклонений Δ'_i (при альфа-уровнях 0; 0,5 и 1).

Приведем пример соответствующих расчетов для показателя I_{O2} , характеризующего когнитивную активность «Производственная рационализация». Нечеткое нормированное отклонение ожидаемого значения показателя I_{O2} от его целевого значения приведено на рис. 3.2.



Рис. 3.2. Нечеткое нормированное отклонение ожидаемого значения показателя I_{O2} от его целевого значения

Источник: сост. авторами.

Индекс нечеткости данного нечеткого множества равен 0,269; центр тяжести – 0,493; средний максимум – 0,647.

В таблице 3.3 приведены значения коэффициентов соответствия нечеткого множества заданным пяти интервалам для различных альфа-уровней.

Таблица 3.3

Оценки рисков недостижения целевого значения показателя I_{O2}

Альфа-уровень	Коэффициенты соответствия интервалам					Интерпретация уровня риска
	0 – 0,2	0,2 – 0,4	0,4 – 0,6	0,6 – 0,8	0,8 – 1	
0	0,35	0,72	0,81	0,85	0,24	Средний
0,1	0,31	0,69	0,79	0,84	0,20	Средний
0,2	0,27	0,65	0,76	0,72	0,16	Средний
0,3	0,22	0,61	0,73	0,79	0,12	Средний
0,4	0,18	0,54	0,69	0,76	0,08	Средний
0,5	0,13	0,45	0,63	0,71	0,04	Средний
0,6	0,07	0,32	0,54	0,64	0	Средний
0,7	0	0,15	0,40	0,57	0	Повышенный
0,8	0	0,04	0,21	0,56	0	Повышенный
0,9	0	0	0,06	0,51	0	Повышенный
1	0	0	0	0,47	0	Повышенный

Источник: сост. авторами.

Рассчитанные коэффициенты для всех показателей и полученные на их основе качественные интерпретации уровней рисков недостижения целевых показателей по развитию интеллектуального капитала университета (в лингвистической шкале {Низкий (Н); Пониженный (ПН); Средний (С); Повышенный (ПВ); Высокий (В)}) приведены в табл. 3.4.

Нетрудно заметить, что полученные качественные интерпретации уровней рисков могут существенно зависеть от выбранного альфа-уровня. Так, для интегрального показателя человеческого капитала I_H оценка риска недостижения его целевого значения меняется от «Пониженный» (при $\alpha = 0$) до «Средний» (при $\alpha = 0,5$) и далее до «Повышенный» (при $\alpha = 1$).

Для интегрального показателя организационного капитала I_O оценка риска недостижения его целевого значения, наоборот, снижается при увеличении α от «Средний» до «Пониженный». Для показателей I_{H2} и I_{O2} , соответствующих когнитивным активностям «Самосовершенствование» и «Производственная рационализация», при росте α оценка риска повышается от «Средний» до «Повышенный» (для показателя I_{O2} об этом еще более наглядно свидетельствуют результаты, представленные в табл. 3.3).

Здесь следует обратить внимание на малый индекс нечеткости показателя Δ'_{H2} , что свидетельствует о надежности оценок риска для I_{H2} . При этом для показателя I_{O21} , характеризующего «Цифровой аспект» производственной рационализации, оценка риска меняется от «Пониженный» до «Средний».

Отдельно обратим внимание на показатели, у которых центр тяжести ожидаемого значения превосходит центроид целевого значения (I_{O1} , I_{R2} , I_{H22} , I_{R13}). Для всех этих показателей при $\alpha = 0$ риск недостижения целевого значения «Пониженный», равно как и для остальных α (исключая лишь I_{R13} , для которого при росте α оценка риска доходит до значения «Средний»). Ни в каком случае оценка риска не достигла значения «Низкий», что, по всей видимости, связано с тем, что превышение ожидаемых значений над целевыми (по центрам тяжести) оказалось не очень значительным. Причем для показателя I_{R13} это превышение оказалось наименьшим, именно поэтому оценка риска недостижения его целевого значения достигла значения «Средний».

Таблица 3.4

Оценки рисков недостижения целевых показателей интеллектуального капитала университета

Нечеткая переменная	Нормированная степень недостижения			Коэффициенты соответствия интервалам ($\alpha = 0 / \alpha = 0,5 / \alpha = 1$)					Интерпретация уровня риска ($\alpha = 0 / \alpha = 0,5 / \alpha = 1$)
	ИН	ЦТ	СМ	0 – 0,2	0,2 – 0,4	0,4 – 0,6	0,6 – 0,8	0,8 – 1	
I	0,331	0,464	0,456	0,19 / 0 / 0	0,81 / 0,65 / 0,06	0,95 / 0,92 / 0,64	0,62 / 0,34 / 0	0,08 / 0 / 0	С / С / С
I _H	0,275	0,462	0,598	0,39 / 0 / 0	0,71 / 0,54 / 0	0,81 / 0,67 / 0,21	0,57 / 0,42 / 0,21	0,07 / 0 / 0	ПН / С / ПВ
I _O	0,362	0,489	0,332	0,13 / 0 / 0	0,85 / 0,71 / 0,70	0,92 / 0,89 / 0,20	0,76 / 0,55 / 0	0,10 / 0 / 0	С / С / ПН
I _R	0,263	0,464	0,450	0,18 / 0 / 0	0,64 / 0,36 / 0	0,88 / 0,78 / 0,36	0,46 / 0,11 / 0	0,07 / 0 / 0	С / С / С
I _{H1}	0,311	0,428	0,424	0,15 / 0 / 0	0,79 / 0,64 / 0,29	0,85 / 0,77 / 0,52	0,32 / 0,03 / 0	0,00 / 0 / 0	С / С / С
I _{H2}	0,148	0,491	0,613	0,23 / 0 / 0	0,53 / 0,09 / 0	0,56 / 0,12 / 0	0,59 / 0,31 / 0,12	0,05 / 0 / 0	С / ПВ / ПВ
I _{O1}	0,313	0,639	0,634	0 / 0 / 0	0,39 / 0,02 / 0	0,88 / 0,85 / 0,73	0,97 / 0,97 / 1	0,74 / 0,33 / 0,12	ПН / ПН / ПН
I _{O2}	0,269	0,493	0,647	0,35 / 0,13 / 0	0,72 / 0,45 / 0	0,81 / 0,63 / 0	0,85 / 0,71 / 0,47	0,24 / 0,04 / 0	С / С / ПВ
I _{R1}	0,263	0,464	0,450	0,18 / 0 / 0	0,64 / 0,36 / 0	0,88 / 0,78 / 0,36	0,46 / 0,11 / 0	0,07 / 0 / 0	С / С / С
I _{R2}	0,206	0,611	0,604	0,03 / 0 / 0	0,37 / 0 / 0	0,65 / 0,37 / 0,36	0,72 / 0,31 / 0,46	0,57 / 0 / 0	ПН / ПН / ПН
I _{H21}	0,360	0,457	0,450	0,28 / 0,07 / 0	0,77 / 0,59 / 0,29	0,93 / 0,91 / 0,79	0,61 / 0,28 / 0	0,05 / 0 / 0	С / С / С
I _{H22}	0,263	0,530	0,638	0,02 / 0 / 0	0,25 / 0 / 0	0,36 / 0,08 / 0	0,64 / 0,44 / 0,23	0,53 / 0 / 0	ПН / ПН / ПН
I _{O21}	0,312	0,423	0,471	0,21 / 0 / 0	0,83 / 0,70 / 0	0,85 / 0,74 / 0,61	0,27 / 0,02 / 0	0 / 0 / 0	ПН / ПН / С
I _{O22}	0,306	0,379	0,375	0,14 / 0 / 0	0,78 / 0,67 / 0,67	0,62 / 0,38 / 0,38	0,07 / 0 / 0	0 / 0 / 0	ПН / ПН / ПН
I _{O23}	0,233	0,518	0,500	0,05 / 0 / 0	0,56 / 0,18 / 0	0,89 / 0,85 / 0,56	0,60 / 0,22 / 0	0,13 / 0 / 0	С / С / С
I _{R11}	0,321	0,403	0,397	0,19 / 0 / 0	0,86 / 0,76 / 0,51	0,80 / 0,71 / 0,45	0,23 / 0 / 0	0 / 0 / 0	ПН / ПН / ПН
I _{R12}	0,312	0,497	0,457	0,04 / 0 / 0	0,59 / 0,34 / 0,12	0,92 / 0,92 / 0,68	0,51 / 0,18 / 0	0,06 / 0 / 0	С / С / С
I _{R13}	0,374	0,564	0,562	0,03 / 0 / 0	0,08 / 0 / 0,4	0,71 / 0,52 / 0,37	0,34 / 0,09 / 0	0,05 / 0 / 0	ПН / С / С
I _{R21}	0,373	0,511	0,494	0,02 / 0 / 0	0,70 / 0,52 / 0,31	0,94 / 0,94 / 0,94	0,77 / 0,61 / 0,31	0,09 / 0 / 0	С / С / С
I _{R22}	0,277	0,333	0,342	0,34 / 0,01 / 0	0,89 / 0,82 / 0,57	0,54 / 0,25 / 0	0,08 / 0 / 0	0 / 0 / 0	ПН / ПН / ПН

Полученные результаты позволяют сделать следующие выводы:

1. Разработанный метод оценки рисков недостижения целевых показателей в сфере развития ИКО вносит вклад в инструментальные составляющие методологии управления формированием и развитием интеллектуального капитала, теории управления экономическим риском, а также PPRM (управление рисками портфеля проектов) как самостоятельную область исследований. Апробация метода на примере конкретной организации (крупного регионального университета) демонстрирует возможность его практического применения.

2. Предложенный метод является нечетким. Его использование не требует наличия исторических данных и вероятностных прогнозов и потому перспективно для исследования слабоструктурированных явлений и процессов (а именно процессов формирования и развития интеллектуального капитала в цифровой экономике) в условиях значительного увеличения скорости и непредсказуемости изменений во внешней среде.

3. Нечеткость метода дает возможность учета толерантности ЛПР к неопределенности. Такая возможность осуществляется: на этапе формирования каузального поля показателей ИКО (при выборе нечетких «границ отсечения» эксплицитных и имплицитных факторов и методов дефазификации); на этапе оценки текущих и определения целевых значений показателей (выборе систем нечеткого логического вывода (баз нечетких продукционных правил и алгоритмов нечеткого вывода)); на этапе формирования программы развития ИКО (при задании ограничений на риск и выборе уровней достоверности); на этапе количественной оценки и качественной интерпретации уровня рисков недостижения целевых показателей по развитию ИКО (при расчете коэффициентов соответствия нормированных отклонений ожидаемых значений показателей от целевых (а именно выборе альфа-уровня), а также возможном задании формулы расчета интегрального уровня риска). Различия в толерантности ЛПР к неопределенности приводят к различиям в оценках рисков недостижения целевых показателей.

4. Использование трапециевидных нечетких чисел в качестве функций принадлежности значений лингвистических шкал обеспечивает простоту и прозрачность при проведении экспертных опросов. В свою очередь, дальнейший переход к нечетким числам гауссова типа (и далее произвольным нечетким числам) позволяет нивелировать недостатки, возникающие при использовании трапециевидных нечетких чисел (в частности, при сведении задач нечеткой оптимизации к четким задачам булева квадратичного программирования).

5. Разработанный метод является универсальным в смысле возможной применимости к различным типам организаций разной отраслевой принадлежности (все этапы базовой схемы метода будут стандартными).

При этом специфика конкретной организации будет проявляться: в каузальном поле показателей развития ИКО (наборе показателей двух нижних уровней иерархии); в способах оценки текущих и определения целевых значений показателей; в подходах к формированию программы развития ИКО.

6. Успешность практического использования метода для конкретной организации зависит не столько от ее типа и отраслевой принадлежности, сколько от выполнения следующих требований. Прежде всего, это наличие формализованной стратегии организации, в которой стратегические цели, связанные с развитием ИКО, встроены в иерархическую систему всех стратегических целей организации. При этом должны быть установлены результирующие показатели стратегических целей. В системе управленческого учета организации должна быть заложена возможность получения количественных значений необходимых показателей. Для расчета значений нечетких переменных требуется соответствующее программное средство, адаптированное под данную организацию.

7. Разработанный метод также является универсальным в смысле возможной применимости к оценке рисков недостижения целевых значений различных иерархических систем показателей с большим числом имплицитных факторов и «качественных» показателей.

Таким образом, предложенный метод имеет следующие отличительные особенности. Система показателей ИКО представляет собой многоуровневую иерархическую систему с возможными циклами. Один из уровней этой системы образуют показатели, отражающие способности организации к различным видам когнитивной активности, увязанным с основными компонентами ИКО. На нижнем уровне иерархии находятся эксплицитные и имплицитные факторы развития ИКО, процесс выявления которых достаточно гибок. При определении текущих и целевых значений показателей ИКО используется оригинальный способ оценки «качественных» показателей и интегральных показателей ИКО всех иерархических уровней, позволяющий в том числе получать числовые оценки разброса (размытости) рассчитанных значений показателей. При формировании программы развития ИКО имеется возможность выбора различных нечетких оптимизационных моделей, в которых учет риска происходит либо в целевой функции, либо в нечетких ограничениях. Сценарный подход к моделированию изменений внутренних и внешних условий, лежащий в основе нечетких моделей выбора оптимального портфеля проектов по развитию ИКО, позволяет получить ожидаемые значения показателей ИКО всех уровней иерархии. Предложенный способ получения дополнительной информации при расчете нечетких отклонений ожидаемых значений показателей от целевых позволяет повысить точность качест-

венной интерпретации уровня рисков недостижения целей организации по развитию интеллектуального капитала.

Еще одним значимым преимуществом предлагаемого метода является возможность учета толерантности ЛППР к неопределенности. Такая возможность реализуется при формировании каузального поля показателей ИКО, при оптимизации портфеля проектов по развитию ИКО и, самое главное, при интерпретации уровней рисков недостижения целей по развитию ИКО.

3.2. Нечеткие многокритериальные модели сбалансированного развития интеллектуального капи- тала организации в условиях неопределенности

Особое внимание к сбалансированному развитию ИКО обусловлено следующими причинами. С одной стороны, формирование интеллектуального капитала является не только залогом устойчивого развития цифровой экономики (не случайно Г.Б. Клейнер называет высшую фазу развития цифровой экономики интеллектуальной экономикой [40]), но и основой обеспечения национальных интересов (прежде всего, технологического суверенитета). С другой стороны, в условиях цифровой экономики ИКО становится ключевым конкурентным преимуществом большинства организаций. Наконец, сбалансированное развитие ИКО может обеспечить сбалансированное развитие большинства остальных аспектов ее деятельности.

Специфика интеллектуального капитала, изменение его структуры и сущности в условиях цифровой экономики (рост числа и значимости влияния имплицитных и «качественных» факторов, усиление роли динамического взаимодействия компонентов интеллектуального капитала в ходе его эволюционного развития, смещение акцента в сторону отношения человеческого капитала [76]), приводят к необходимости разработки и использования нечетко-множественных инструментов, имеющих существенные преимущества при моделировании слабоструктурированных явлений, процессов и формализации различного рода неопределенностей. В последнее время бурно развиваются нечеткие модели и методы применительно к самым различным аспектам оценки, формирования и развития интеллектуального капитала организаций. Однако многие важнейшие вопросы, связанные с обеспечением справедливых компромиссов в рамках сбалансированного развития интеллектуального капитала, остались за границами существующих исследований.

Вышеперечисленное вызывает необходимость разработки новых нечетких инструментальных средств обеспечения сбалансированного развития ИКО в условиях цифровой экономики.

Обеспечение сбалансированного развития ИКО происходит в условиях конфликтов за ресурсы между его компонентами и потому невозможно без использования многокритериальных моделей, обеспечивающих сравнение различных альтернатив. Методы многокритериальной поддержки принятия решений позволяют охватить все важные измерения ИКО, поскольку, как справедливо отмечает F. Bilich с соавторами, интеллектуальный капитал сам является многомерным объектом [143, 157].

Разработано значительное количество четких многокритериальных моделей поддержки принятия управленческих решений по развитию ИКО и его основных компонентов. При этом соответствующих нечетких инструментов значительно меньше.

Существующие нечеткие модели и методы поддержки принятия решений в сфере управления ИКО можно условно разделить на несколько групп:

1) нечеткие модели и методы формирования каузального поля показателей развития ИКО (в том числе методы выявления и определения силы влияния имплицитных факторов). В этой связи следует особо отметить работы Д.М. Назарова [66, 67, 68], на базе которых нами была предложена авторская концепция формирования каузального поля ИКО, операционализированная путем разработки нечеткой экономико-математической модели [29]. Модель была апробирована на примере крупного регионального университета;

2) нечеткие модели и методы количественной оценки ИКО и его основных структурных компонентов. В их рамках используются самые различные нечеткие инструменты: алгоритмы нечеткой логики [184, 190]; нечеткие нейронные сети и нечеткие когнитивные карты [136, 172, 269]; нечеткие методы ранжирования элементов иерархии (в первую очередь различные модификации нечеткого метода анализа иерархий) [149, 151, 188, 246]. Среди них заслуживают особого внимания модели и методы, апробированные на примере образовательных организаций либо разработанные специально для университетов [78, 185, 201, 228, 272];

3) нечеткие модели и методы формирования программы развития ИКО (оптимизации портфеля проектов по развитию ИКО). Здесь также могут быть выделены работы, относящиеся к интеллектуальному капиталу университетов [176] и его основным структурным компонентам: человеческому капиталу [49, 54, 213], отношенческому капиталу [57, 214, 175].

Вышеперечисленные нечеткие инструменты позволяют ранжировать элементы (показатели) ИКО и отдельные проекты по развитию ИКО на основе различных наборов критериев. В этой связи они могут быть в той или иной степени использованы для достижения сбалансированного развития ИКО.

В то же время при решении задачи сбалансированного развития ИКО очень важно рассматривать (и приоритизировать) не только и не столько показатели и отдельные проекты, а программы развития, представляющие собой портфели проектов по развитию ИКО и его компонентов. В этой связи возникает необходимость разработки соответствующих нечетких многокритериальных моделей.

Пусть сформировано каузальное поле показателей развития ИКО, представленное в виде многоуровневой иерархической структуры, и получены нечеткие значения всех показателей [78].

Пусть имеется набор возможных проектов по развитию ИКО. В подразделе 2.3 нами решалась задача нечеткой оптимизации портфеля проектов по повышению ИКО по критерию максимума ожидаемой удельной полезности портфеля (при ограничениях на величину риска и объем финансовых ресурсов) либо по критерию минимума риска портфеля (при ограничениях на объем необходимых ресурсов и величину ожидаемой удельной полезности). Далее перед нами возникает задача формирования портфеля проектов, обеспечивающего наиболее сбалансированное (пропорциональное) развитие ИКО по заданным критериям.

Предполагается, что реализация каждого проекта приводит к ожидаемым нечетким изменениям показателей развития ИКО нижнего уровня и через них всех показателей в иерархии. Изменения показателей ИКО нижнего уровня определяются экспертно в лингвистической шкале с заданными функциями принадлежности. На основе нечетких изменений показателей развития ИКО нижнего уровня могут быть рассчитаны нечеткие изменения всех показателей в иерархии, вплоть до нулевого иерархического уровня, на котором находится интегральный показатель интеллектуального капитала организации в целом (I).

Таким образом, для каждого j -го портфеля проектов ($j = \overline{1, J}$) могут быть рассчитаны нечеткие ожидаемые значения всех показателей ИКО, к достижению которых приведет реализация данного портфеля. Обозначим их через $b_1^j, b_2^j, \dots, b_n^j$, где n – общее количество показателей в иерархии.

Предполагается, что имеются нечеткие целевые значения всех показателей ИКО. Обозначим их через $H_1, H_2, \dots, H_n$.

Под степенью относительного недовыполнения (недостижения) целевого значения i -го показателя ИКО для j -го портфеля проектов будем понимать нечеткую величину

$$W_i^j = \frac{H_i - b_i^j}{H_i} k_i, \quad (3.4)$$

где k_i – нечеткий коэффициент, корректирующий степень относительного недовыполнения i -го показателя ИКО исходя из дополнительных условий.

Будем считать, что все показатели W_i^j нормированы таким образом, чтобы их носители являлись подмножествами интервала $[0;1]$. Для этого могут быть использованы биективные отображения $f_i : [a_i; b_i] \rightarrow [0;1]$,

$$f_i(x) = \frac{x - a_i}{b_i - a_i}, \quad (3.5)$$

где a_i – инфимум носителя нечеткого множества $\frac{H_i - H_i}{H_i}$; b_i – супремум носителя нечеткого множества $\frac{H_i}{H_i}$.

В случае, если $H_i \leq b_i^j$ (для заданного правила сравнения нечетких чисел), будем считать, что $W_i^j = 0$. Здесь необходимо заметить, что, вообще говоря, в силу нечеткости величин H_i и b_i^j , даже если $H_i \leq b_i^j$, существуют риски недостижения целевого значения H_i . Однако количественная оценка этих рисков – непростая задача, которой будет посвящено отдельное исследование.

Пропорциональное развитие ИКО предполагает равенство степеней относительного недовыполнения для заданной группы из m показателей ИКО ($m \leq n$). При этом речь идет о нечетком равенстве, способ расчета степени которого может различаться [231].

Каждому портфелю проектов может быть поставлен в соответствие вектор $W^j = (W_1^j, W_2^j, \dots, W_m^j)$.

С точки зрения пропорционального развития ИКО портфель проектов тем «лучше» (сбалансированнее), чем ближе компоненты вектора W^j к нулю (или чем меньше норма вектора W^j , например его длина $|W^j| = \sqrt{(W_1^j)^2 + (W_2^j)^2 + \dots + (W_m^j)^2}$).

Пропорциональность развития требует минимальности «разброса» значений компонентов вектора W^j , т.е. предпочтительность набора проектов может определяться величиной $d(W^j) = \max_i W_i^j - \min_i W_i^j$ ($i = \overline{1, m}$) (чем меньше, тем «лучше»).

Таким образом, возникает двухкритериальная задача выбора портфеля проектов, решение которой осуществляется в соответствии с принципом справедливого компромисса [231].

Модель справедливого компромисса предполагает введение дополнительных критериев, так называемых цен уступки. Пусть в области допустимых компромиссов имеются два решения X' , X'' и их критерии оценки Y_1 и Y_2 , причем решение X' превышает X'' по одному из критериев, но уступает по другому критерию. Для сравнения этих решений вводится мера относительного снижения качества решения по каждому из критериев (цена уступки) x :

$$x_1 = \frac{\lambda_1 \Delta Y_1(X', X'')}{\max_{X', X''} Y_1(X)}; \quad x_2 = \frac{\lambda_2 \Delta Y_2(X', X'')}{\max_{X', X''} Y_2(X)}, \quad (3.6)$$

где ΔY_1 и ΔY_2 – абсолютные уровни снижения критериев при переходе от решения X' к X'' (для Y_1) и при обратном переходе (для Y_2); λ_1, λ_2 – веса критериев Y_1, Y_2 . При $x_1 > x_2$ более предпочтительным считается решение X' и наоборот.

Веса критериев λ_1, λ_2 задаются экспертно и потому могут быть заданы в некоторой лингвистической шкале с последующим переводом их в нечеткие числа. Соответственно, нечеткими будут цены уступки x_1, x_2 [258]. В этом случае их сравнение должно осуществляться по правилам сравнения нечетких чисел.

При необходимости два критерия пропорционального развития могут быть сведены к одному критерию (β^j) следующим образом:

$$\beta^j = \lambda_1 \cdot |W^j| + \lambda_2 \cdot d(W^j), \quad (3.7)$$

где λ_1, λ_2 – нечеткие весовые коэффициенты критериев $|W^j|$ и $d(W^j)$ соответственно.

В предложенной схеме выбора портфеля проектов не учитываются ресурсные критерии (например, объем необходимых для реализации портфеля финансовых ресурсов), а также полезность портфеля (под которой может пониматься, например, ожидаемое значение интегрального показателя ИКО либо его относительный прирост). Данные крите-

рии могут быть сведены к одному важному критерию – удельной полезности портфеля проектов.

В настоящей работе удельную полезность j -го портфеля проектов (m^j) предлагается рассчитывать следующим образом:

$$m^j = \frac{W_I^j}{B^j}, \quad (3.8)$$

где W_I^j – степень относительного недовыполнения (недостижения) целевого значения показателя I (интегрального показателя ИКО) при реализации j -го портфеля; B^j – нечеткий ожидаемый объем необходимых для реализации j -го портфеля финансовых ресурсов.

В этой связи может быть предложена более сложная схема выбора портфеля.

Прежде всего выстраивается последовательность (линейно упорядоченное множество) решений (портфелей) в порядке их приоритетности (по убыванию по правилам сравнения нечетких чисел) по удельной полезности. Последовательность ранжированных решений разбивается на некоторое количество интервалов с заданным шагом. Равноприоритетными (с точки зрения удельной полезности) будут считаться решения, попавшие в один интервал. Ранжирование решений внутри каждого интервала осуществляется по предложенным выше двум критериям пропорционального развития (либо по обобщенному критерию β^j). Управление степенью предпочтения между критериями пропорциональности развития ИКО и критерием удельной полезности осуществляется через варьирование шага разбиения.

Данная схема может быть изменена таким образом, чтобы последовательность решений выстраивалась в порядке приоритетности по выбранному критерию пропорциональности развития ИКО. Тогда ранжирование решений внутри интервалов будет осуществляться на основе критерия удельной полезности.

Характерной особенностью данного подхода является то, что в этом случае генерирование двухкритериальной целевой функции осуществляется имитационной процедурой. В более общем случае может быть рассмотрено несколько (более двух) групп критериев и, соответственно, многокритериальная целевая функция.

Заметим, что в общем случае шаг разбиения также может быть задан нечетко. Тогда принадлежности решения к тому или иному интервалу могут быть определены с некоторыми степенями уверенности (рассчитанными, например, как площади фигур, отсеченные функцией принадлежности

нечеткого решения и прямыми, параллельными оси ординат и проходящими через границы соответствующих интервалов [56]). Отнесение нечеткого решения к интервалу может быть осуществлено по максимальной степени уверенности.

Предложенные нечеткие модели также были апробированы на примере ВВГУ. Выбор данного университета обусловлен, во-первых, наличием стратегии развития университета, формализованной в виде стратегических карт. Во-вторых, на примере данного вуза ранее были апробированы отдельные нечеткие инструменты (см. разд. 2), которые частично используются в предлагаемых моделях.

В процессе управления текущей деятельностью и развитием университета руководство вуза постоянно сталкивается с необходимостью обеспечения самых различных балансов и компромиссов: между необходимостью следования общегосударственной стратегии и сохранением университетской автономии и академических свобод [90, 14]; между фундаментальностью и практикоориентированностью [91, 120]; между обучением, исследованиями и третьей ролью университета [26, 34, 229]; между противоречивыми интересами самых различных групп заинтересованных сторон в отношении вуза и интересами университета в отношении стейкхолдеров [20, 60, 110, 113].

Необходимо также по возможности обеспечивать: организационный баланс [35]; структурные балансы в университетских социальных группах [31]; гендерный баланс [17]; баланс рабочего времени (нагрузки) профессорско-преподавательского состава [100, 101]; баланс доходов [1, 46, 127]; баланс компетенций («жестких» и «мягких» навыков) при реализации и создании новых образовательных программ [93].

Отдельно следует выделить балансы в рамках развития интеллектуального капитала: между развитием его основных структурных компонентов (человеческий, организационный и отношенческий капиталы); между различными видами когнитивных активностей, обеспечивающих развитие основных структурных компонентов (обучение, самосовершенствование, вовлечение, производственная рационализация, инновационная деятельность и клиентоориентированная рационализация); между ресурсами, за которые конкурируют компоненты ядра интеллектуального капитала [72, 73, 226], между интересами и целями стейкхолдеров университета в отношении интеллектуального капитала вуза [4].

В подразделе 2.2 представлено каузальное поле показателей развития ИКО в виде многоуровневой иерархической структуры.

В подразделе 2.3 рассчитаны текущие значения показателей нижнего уровня иерархии (в виде нечетких чисел гауссова типа) и на их основе – всех показателей вышележащих уровней. Аналогичным образом были рассчитаны нечеткие целевые значения показателей. Нечеткие текущие и целевые значения, дефазифицированные центроидным методом, приведены в табл. 3.2. Возможные проекты по развитию ИКО, а также их бюджеты (в виде нечетких чисел гауссова типа) приведены в подразд. 2.3 (см. табл. 2.11).

Из восьми проектов может быть составлено $2^8 - 1 = 255$ возможных портфелей. Рассчитаны нечеткие ожидаемые бюджеты всех этих портфелей. При необходимости можно перейти от нечетких бюджетов портфелей к четким, используя выбранный метод дефазификации. В данной работе мы использовали для этой цели наиболее распространенный центроидный метод.

Рассмотрим все возможные портфели, четкий ожидаемый бюджет которых находится в диапазоне от 60 до 66 млн руб. Может быть сформировано 23 таких портфеля.

Сбалансированное развитие ИКО, прежде всего, предполагает сбалансированность в развитии человеческого, организационного и отношения человеческого капиталов университета, которое, в свою очередь, обеспечивается за счет соответствующих когнитивных активностей. В этой связи в качестве заданной группы показателей, на основе которых будут сформированы критерии пропорционального развития, будем рассматривать совокупность интегральных показателей, соответствующих типам когнитивной активности: обучению (IH1), самосовершенствованию (IH2), вовлечению (IO1), производственной рационализации (IO2), клиентоориентированной рационализации (IR1), инновационной деятельности (IR2) ($m = 6$).

Для каждого портфеля проектов рассчитаем нормированные нечеткие значения этих показателей и на их основе нечеткие значения критериев пропорционального развития, а также нечеткие удельные полезности портфелей. Соответствующие дефазифицированные (четкие) значения приведены в табл. 3.5.

Таблица 3.5

Портфели проектов по развитию ИКО и их числовые характеристики

Номер портфеля (j)	Состав портфеля	$W_{I_{H1}}^j$	$W_{I_{H2}}^j$	$W_{I_{O1}}^j$	$W_{I_{O2}}^j$	$W_{I_{R1}}^j$	$W_{I_{R2}}^j$	B^j	m^j	W^j	$d(W^j)$	β^j
1	1,4,5,6,7,8	0,662	0	0	0,544	0,424	0,171	65,55	0,736	0,971	0,662	0,7516
2	1,2,3,7,8	0,428	0,551	0	0,495	0,509	0	65,22	0,767	0,995	0,551	0,6795
3	2,3,6,8	0,699	0,495	0	0,574	0,563	0	64,81	0,727	1,175	0,699	0,8371
4	1,2,3,4,5,6	0,428	0	0	0,495	0,411	0,213	64,79	0,851	0,802	0,495	0,5839
5	1,3,5,7,8	0,662	0	0	0,544	0,616	0,141	64,25	0,737	1,064	0,662	0,7787
6	1,2,4,5,6,8	0,428	0	0	0,495	0,419	0	64,20	0,847	0,777	0,495	0,5768
7	1,3,4,7,8	0,662	0,491	0	0,544	0,480	0	63,91	0,741	1,098	0,662	0,7884
8	3,5,6,8	0,866	0	0	0,629	0,680	0,141	63,84	0,695	1,276	0,866	0,9849
9	3,4,6,8	0,866	0	0	0,495	0,414	0	63,50	0,740	1,080	0,866	0,9281
10	1,2,3,6,7	0,428	0,582	0	0,495	0,514	0,267	63,24	0,745	1,050	0,582	0,7179
11	1,2,3,5,8	0,428	0	0,111	0,495	0,599	0	62,90	0,821	0,894	0,599	0,6841
12	1,2,6,7,8	0,428	0,593	0,138	0,495	0,514	0	62,65	0,739	1,031	0,593	0,7197
13	1,2,3,4,8	0,428	0,491	0	0,495	0,464	0	62,56	0,857	0,941	0,495	0,624
14	1,3,5,6,7	0,662	0,505	0	0,495	0,546	0,437	62,27	0,727	1,195	0,662	0,8165
15	1,3,4,6,7	0,662	0,519	0,091	0,544	0,424	0,366	61,93	0,708	1,151	0,571	0,7393
16	1,5,6,7,8	0,662	0,514	0,108	0,495	0,546	0,193	61,68	0,723	1,138	0,554	0,7231
17	1,3,4,5,8	0,662	0	0,107	0,544	0,564	0	61,59	0,793	1,032	0,662	0,7692
18	1,4,6,7,8	0,662	0,528	0,130	0,544	0,424	0,159	61,34	0,716	1,111	0,532	0,6999
19	2,3,4,5,7,8	0,699	0	0	0,574	0,419	0	61,06	0,858	0,997	0,699	0,7855
20	1,2,3,5,6	0,428	0,505	0	0,495	0,530	0,267	60,92	0,841	1,018	0,530	0,6718
21	1,2,3,4,6	0,428	0,519	0	0,495	0,411	0,213	60,58	0,845	0,955	0,519	0,6456
22	1,2,5,6,8	0,428	0,514	0	0,495	0,530	0	60,33	0,837	0,987	0,530	0,6628
23	1,3,7,8	0,662	0,551	0,084	0,544	0,616	0,141	60,04	0,714	1,201	0,578	0,7588

Поскольку $d(W^j) \in [0;1]$ и $|W^j| \in [0; \sqrt{6}]$ (при $m = 6$), то разумно задать значения λ_1 и λ_2 таким образом, чтобы $\frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \sqrt{6}$, $\lambda_1 + \lambda_2 = 1$.

Формируем линейно упорядоченное множество портфелей в порядке их приоритетности по удельной полезности (по возрастанию).

Задаем различные шаги разбиения, и для каждого шага приоритизируем портфели внутри получившихся интервалов по обобщенному критерию пропорционального развития (по убыванию) (табл. 3.6). Для простоты и наглядности были выбраны четкие значения шагов разбиения, хотя, как было отмечено выше, в общем случае шаги разбиения могут быть заданы нечетко.

Таблица 3.6

Приоритизация портфелей проектов по развитию ИКО (первый способ)

Шаг	Интервалы и портфели							
0,025	0,675–0,7	0,7–0,725	0,725–0,75	0,75–0,775	0,775–0,8	0,8–0,825	0,825–0,85	0,85–0,875
	8	15,23,18,16	3,14,1,5,12,9,7,10	2	17	11	22,20,21,6	4,13,19
	8	23,15,16,18	9,3,14,7,5,1,12,10	2	17	11	20,22,21,6	19,13,4
0,05	0,65–0,7	0,7–0,75		0,75–0,8		0,8–0,85		0,85–0,9
	8	15,23,18,16,3,14,1,5,12,9,7,10		2,17		11,22,20,21,6		4,13,19
	8	9,3,14,7,5,23,1,15,16,12,10,18		17,2		11,20,22,21,6		19,13,4
0,075	0,625–0,7	0,7–0,775			0,775–0,85			0,85–0,925
	8	15,23,18,16,3,14,1,5,12,9,7,10,2			17,11,22,20,21,6			4,13,19
	8	9,3,14,7,5,23,1,15,16,12,10,2,18			17,11,20,22,21,6			19,13,4

Рассмотрим данный процесс подробнее. В результате приоритизации проектов по удельной полезности получаем линейно упорядоченное множество портфелей с удельными полезностями от 0,695 (для портфеля с номером 8) до 0,858 (для портфеля с номером 19). Задаем шаг разбиения 0,075 и начальное значение удельной полезности (точку отсчета) 0,625. Получаем четыре интервала: (0,625;0,7), (0,7;0,775), (0,775;0,85), (0,85;0,925), в которые попадают значения удельных полезностей всех рассматриваемых портфелей. Считаем портфели, попавшие в один интервал, равноприоритетными по удельной полезности. В первый интервал попадает единственный портфель (с номером 8). Во второй интервал попадают уже 13 портфелей с номерами 15, 23, 18, 16, 3, 14, 1, 5, 12, 9, 7, 10, 2. Приоритизируем их по убыванию обобщенного критерия пропорционального развития. Получаем следующий упорядоченный набор портфелей: 9, 3, 14, 7, 5, 23, 1, 15, 16, 12, 10, 2, 18. В следующий интервал попа-

дают 6 портфелей с номерами 17, 11, 22, 20, 21, 6. Их также упорядочиваем по убыванию обобщенного критерия пропорционального развития, получаем последовательность портфелей 17, 11, 20, 22, 21, 6. Наконец, в последний промежуток попадают 3 портфеля (4, 13, 19), которые после приоритизации по обобщенному критерию упорядочиваются следующим образом: 19, 13, 4. Итоговая упорядоченная (по совокупности двух критериев) последовательность портфелей: 8, 9, 3, 14, 7, 5, 23, 1, 15, 16, 12, 10, 2, 18, 17, 11, 20, 22, 21, 6, 19, 13, 4 (от худшего к лучшему).

Затем уменьшаем шаг разбиения до 0,05. Теперь количество интервалов равно пяти. Повторяем всю процедуру. Получаем итоговую упорядоченную последовательность портфелей: 8, 9, 3, 14, 7, 5, 23, 1, 15, 16, 12, 10, 18, 17, 2, 11, 20, 22, 21, 6, 19, 13, 4.

Наконец, для шага разбиения 0,025 количество интервалов равно восьми, а итоговая упорядоченная последовательность портфелей выглядит следующим образом: 8, 23, 15, 16, 18, 9, 3, 14, 7, 5, 1, 12, 10, 2, 17, 11, 20, 22, 21, 6, 19, 13, 4.

Нетрудно заметить, что в каждом случае итоговый приоритет портфелей получился различным.

Затем изменяем схему. Формируем линейно упорядоченное множество портфелей в порядке их приоритетности по обобщенному критерию пропорционального развития (по убыванию). Так же задаем шаги разбиения, но приоритизируем портфели внутри получившихся интервалов по их удельной полезности (по возрастанию) (табл. 3.7).

Таблица 3.7

Приоритизация портфелей проектов по развитию ИКО (второй способ)

Шаг	Интервалы и портфели								
0,05	1–0,95	0,95–0,9	0,9–0,85	0,85–0,8	0,8–0,75	0,75–0,7	0,7–0,65	0,65–0,6	0,6–0,55
	8	9	–	3,14	7,19,5,17,23,1	15,16,12,10	18,11,2,20,22	21,13	4,6
	8	9	–	3,14	23,1,5,7,17,19	15,16,12,10	18,2,11,22,20	21,13	6,4
0,01	1–0,9	0,9–0,8		0,8–0,7		0,7–0,6		0,6–0,5	
	8,9	3,14		7,19,5,17,23,1,15,16,12,10		18,11,2,20,22,21,13		4,6	
	9,8	3,14		15,23,16,1,5,12,7,10,17,19		18,2,11,22,20,21,13		6,4	
0,15	1–0,85			0,85–0,7			0,7–0,55		
	8,9			3,14,7,19,5,17,23,1,15,16,12,10			18,11,2,20,22,21,13,4,6		
	9,8			15,23,16,3,14,1,5,12,7,10,17,19			18,2,11,22,20,21,6,4,13		

В результате снова получили три различных упорядоченных последовательности портфелей, которые отличаются от первых трех.

Полученные результаты позволяют сделать следующие выводы:

1. В рамках первого способа приоритизации портфелей проектов по развитию ИКО при изменении шага разбиения происходят изменения в приоритетности портфелей. Однако эти изменения происходят в начале и середине линейно упорядоченных последовательностей портфелей, т.е. касаются портфелей с низкой и средней приоритетностью (с точки зрения заданных критериев и установленных соотношений между критериями). Подпоследовательность из восьми наиболее приоритетных портфелей (11, 20, 22, 21, 6, 19, 13, 4) остается постоянной во всех случаях. Наивысший приоритет имеет портфель с номером 4 (включающий проекты 1, 2, 3, 4, 5, 6), обеспечивающий наибольший ожидаемый прирост интегрального показателя ИКО среди рассматриваемых двадцати трех портфелей. При этом по удельной полезности он находится на третьем месте (из-за относительно большого бюджета), а по обобщенному критерию пропорционального развития – на втором.

2. В рамках второго способа приоритизации при малых и средних шагах разбиения портфель с номером 4 также является наиболее приоритетным. Однако при увеличении шага разбиения он переходит на второе место, уступая портфелю с номером 13 (включающему проекты 1, 2, 3, 4, 8), который находится на втором месте по ожидаемой удельной полезности и на третьем по обобщенному критерию пропорционального развития. При этом при тех шагах разбиения, при которых «лидировал» портфель 4, портфель 13 находился лишь на третьем месте, а на втором месте – портфель с номером 6 (включающий проекты 1, 2, 4, 5, 6, 8). Таким образом, разумно в любом случае реализовывать проекты 1, 2, 4 и дополнительно выбирать между сочетаниями проектов (3, 5, 6), (3, 8) и (5, 6, 8).

3. Следует отметить, что лидирующий по обобщенному критерию пропорционального развития портфель 6 находится на четвертом месте по ожидаемой удельной полезности. В то же время лидирующий по удельной полезности портфель с номером 19 находится лишь на восемнадцатом месте по обобщенному критерию пропорционального развития. Таким образом, при реализации входящих в его состав проектов хотя и будет достигнут рост интегрального показателя ИКО, наиболее возможный при заданных ресурсных ограничениях, сложившаяся в результате структура ИКО будет несбалансированной с соответствующими негативными последствиями.

4. Предложенный инструментарий предоставляет лицу, принимающему решения, возможность приоритизировать портфели проектов по развитию ИКО, находя допустимый компромисс между полезностью портфелей, необходимыми для их осуществления ресурсами и обеспечением сбалансированного развития ИКО. Гибкость моделей определяется

возможностью выбора групп критериев, набора критериев внутри групп и соотношений между критериями. Преимущества моделей связаны с использованием нечетко-множественного инструментария для моделирования различных неопределенностей, возникающих при оценке последствий реализации проектов по развитию ИКО и выборе парето-оптимальных портфелей проектов в области допустимых компромиссов в условиях различных сценариев изменения внешней среды.

Таким образом, предложенный комплекс взаимосвязанных нечетких многокритериальных моделей позволяет сформировать программу развития ИКО, обеспечивающую допустимый компромисс между наибольшим ростом ИКО, возможным при заданных ограничениях на ресурсы, и сбалансированностью развития компонентов интеллектуального капитала. Модели апробированы на примере крупного регионального университета.

В рамках разработанного инструментария предложены:

- способ оценки и метод нормировки ожидаемых недостижений целевых показателей ИКО в результате осуществления проектов по развитию ИКО;
- способ расчета удельной полезности портфеля проектов по развитию ИКО;
- критерии пропорционального развития ИКО;
- нечеткая модификация модели справедливого компромисса применительно к развитию ИКО;
- нечеткий метод задания предпочтений между критериями пропорциональности развития ИКО и удельной полезностью на основе имитационной процедуры.

Дальнейшие исследования в данной области могут быть связаны с учетом различных рисков, возникающих при формировании программы развития ИКО в условиях неопределенности. Нечетко оцененные риски, с одной стороны, могут выступать в качестве дополнительной группы критериев в предложенных моделях. С другой стороны, наличие рисков недостижения целевых значений показателей ИКО при любом соотношении этих значений с ожидаемыми (в результате осуществления программы развития) значениями тех же показателей может потребовать изменения способа расчета (и нормировки) степеней недостижения целевых показателей ИКО.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Монография посвящена проблеме разработки нечетких инструментов оценки, формирования и развития интеллектуального капитала организации в условиях цифровизации экономики. Проведенные исследования позволили сделать следующие выводы:

1. Изменения в сущности интеллектуального капитала организации в условиях цифровизации состоят в изменении ролей, усложнении структуры и усилении динамического характера взаимовлияния его ключевых компонентов (при изменении степени влияния отдельных ключевых компонентов), а также в увеличении количества и усилении воздействия имплицитных факторов и факторов, сложно измеряемых в количественном выражении.

2. Радикальный характер изменений в содержании феномена интеллектуального капитала организации обуславливает необходимость трансформации положений теории интеллектуального капитала организации, учитывающей повышение уровня его системной и организационной сложности в цифровой экономике, рост числа и изменение специфики факторов, оказывающих влияние на его формирование и развитие, необходимость развития инструментов, обеспечивающих его количественную оценку. Основные теории, которые могут обеспечить решение вышеобозначенных проблем, включают в себя теорию имплицитности, теорию динамических информационных систем и теорию нечетких множеств.

3. Выполненное исследование ключевых положений современных теорий, отвечающих актуальным преобразованиям в содержании понятия и ключевых компонентах интеллектуального капитала организации вследствие цифровизации экономики, позволило обосновать комбинированный теоретический подход к управлению формированием и развитием интеллектуального капитала в цифровой экономике. Данный подход обеспечивает условия эффективного принятия решений руководством организации с позиции текущего уровня развития интеллектуального капитала организации, выделения проблемных зон и аспектов, требующих повышенного внимания, обоснования комплекса управленческих воздействий, направленных на эффективное развитие интеллектуального капитала в условиях цифровой экономики. Сформулированные положения теоретического подхода позволили сформировать комплекс нечетких инстру-

ментов оценки, формирования и развития интеллектуального капитала организации в цифровой экономике.

4. Предложена концептуальная схема формирования каузального поля показателей развития интеллектуального капитала в увязке со стратегией организации и типами когнитивной активности. Операционализация данной схемы осуществлена путем разработки нечеткой экономико-математической модели, позволяющей формировать различные наборы эксплицитных и имплицитных факторов интеллектуального капитала организации в соответствии с критериями лица, принимающего решение. Основной особенностью модели является возможность нечеткого задания «границ отсечения» эксплицитных и имплицитных факторов. Оценки опосредованных влияний вычисляются на основе операций с матрицами, элементами которых являются нечеткие числа произвольного типа.

5. Разработана нечеткая модель, позволяющая количественно оценить интеллектуальный капитал организации, в том числе: интегральный показатель интеллектуального капитала организации в целом; интегральные показатели, соответствующие основным структурным компонентам интеллектуального капитала (человеческому капиталу, организационному капиталу, отношенческому капиталу); интегральные показатели, соответствующие типам когнитивной активности (обучению, самосовершенствованию, вовлечению, производственной рационализации, клиентоориентированной рационализации, инновационной деятельности); показатели, соответствующие определенным аспектам в рамках отдельных типов когнитивной активности (научно-исследовательскому, социально-психологическому, цифровому, инфраструктурному, квалификационному, репутационному, предпринимательскому, аспекту взаимодействия с партнерами); эксплицитные и имплицитные факторы интеллектуального капитала. Предложены: способ формализации эксплицитных и имплицитных факторов интеллектуального капитала как лингвистических переменных с переводом их значений в нечеткие множества; метод расчета значений показателей интеллектуального капитала в иерархической структуре с возможными циклами на основе системы нечеткого логического вывода; метод получения числовых оценок разброса рассчитанных значений показателей интеллектуального капитала; метод учета уровней компетентности экспертов в определенных сферах деятельности организации с использованием различных функций сглаживания.

6. Разработаны нечеткие модели оптимизации портфеля проектов по развитию интеллектуального капитала организации с учетом рисков, в которых приросты факторов интеллектуального капитала в результате осуществления комплекса мероприятий являются случайными величинами, дисперсии которых являются мерами риска. Разработанные модели позволяют формировать программу развития интеллектуального капита-

ла: по критерию максимума прироста математического ожидания интегрального значения интеллектуального капитала при ограничениях на величину риска и объем необходимых ресурсов; по критерию минимума риска портфеля при ограничениях на объем ресурсов и прирост математического ожидания интегрального значения интеллектуального капитала.

7. Разработан метод оценки рисков недостижения целевых показателей интеллектуального капитала организации. Предложенный способ получения дополнительной информации при расчете нечетких отклонений ожидаемых значений показателей от целевых позволяет повысить точность качественной интерпретации уровня рисков недостижения целей организации по развитию интеллектуального капитала. Значимым преимуществом предлагаемого метода является возможность учета толерантности лица, принимающего решения, к неопределенности. Такая возможность по-разному реализуется на различных этапах базовой схемы метода.

8. Разработан комплекс взаимосвязанных нечетких многокритериальных моделей, позволяющий сформировать программу развития интеллектуального капитала организации, обеспечивающую допустимый компромисс между наибольшим ростом интеллектуального капитала организации, возможным при заданных ограничениях на ресурсы, и сбалансированностью развития компонентов интеллектуального капитала. Предложен способ оценки и метод нормирования ожидаемых недостижений целевых показателей в результате осуществления проектов по развитию интеллектуального капитала организации. Предложен способ расчета удельной полезности портфеля проектов по развитию интеллектуального капитала организации. Определены критерии пропорционального развития интеллектуального капитала организации. Разработана нечеткая модификация модели справедливого компромисса применительно к развитию интеллектуального капитала организации. Предложен нечеткий метод задания предпочтений между критериями пропорциональности развития интеллектуального капитала организации и удельной полезностью на основе имитационной процедуры.

Практическая значимость представленных результатов состоит в том, что разработанные авторами инструменты могут быть использованы в целях подготовки и реализации управленческих воздействий на процессы формирования и развития интеллектуального капитала организаций различных отраслей и масштабов деятельности в условиях неопределенности. Развитие интеллектуального капитала на различных уровнях экономической системы обеспечит переход отечественной экономики от ориентации на экспорт к ее эффективной трансформации в направлении к цифровой экономике.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Айрапетян, А. Доходы и расходы высших учебных заведений РА / А. Айрапетян // Амберд бюллетень. – 2021. – № 5 (12). – С. 59–69.
2. Аксютин, З.А. Категориально-системный подход к терапии метафорическими ассоциативными картами / З.А. Аксютин // Сибирский психологический журнал. – 2023. – № 88. – С. 135–143. – DOI: 10.17223/17267080/88/8
3. Аньшин, В.М. Методические аспекты измерения взаимовлияния портфеля проектов и целей компании / В.М. Аньшин // Научные исследования и разработки. Российский журнал управления проектами. – 2015. – Т. 4, № 3. – С. 3–8. – DOI: 10.12737/16975
4. Аржанухин, С.В. Модели поведения стейкхолдеров университета в процессе цифровой трансформации интеллектуального капитала вуза / С.В. Аржанухин, Г.В. Макович // Human Progress. – 2021. – Т. 7, вып. 3. – С. 3. – DOI: 10.34709/IM.173.3
5. Бауэр, В.П. Введение в теорию гибридной экономики / В.П. Бауэр, Ю.Г. Федулов. – Тверь: Тверской гос. ун-т, 2020. – 288 с.
6. Березовская, Е.А. Формирование портфеля проектов, направленных на рост интеллектуального капитала организации / Е.А. Березовская, С.В. Крюков // Вестник РГЭУ РИНХ. – 2009. – № 28. – С. 125–132.
7. Биктимеров, В.А. Методика анализа цифрового содержимого для выявления закономерностей. VI-технологии и корпоративные информационные системы в оптимизации бизнес-процессов цифровой экономики: матер. VI Междунар. науч.-практ. очно-заочной конф. / В.А. Биктимеров. – Екатеринбург: Изд-во Уральского гос. экон. ун-та, 2019. – С. 30–31.
8. Бондарь, А.В. Интеллектуальный капитал в экономической системе / А.В. Бондарь, Н.А. Жебентяева, Э. Хостилович // Научные труды Белорусского государственного экономического университета. Вып. 12 / [редкол.: В.Н. Шимов (гл. ред.) и др.]; Министерство образования Республики Беларусь, Белорусский государственный экономический университет. – Минск: Изд-во БГЭУ, – 2019. – С. 47–55.
9. Боуш, Г.Д. Бизнес-кластеры: категориально-системное представление: монография / Г.Д. Боуш. – Омск: ОмГУ, 2011. – 244 с.

10. Боуш, Г.Д. Формирование и развитие промышленных кластеров: автореф. дис. ... д-ра экон. наук / Боуш Галина Дмитриевна. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский гос. ун-т экономики и финансов, 2012. – 42 с.
11. Боуш, Г.Д. Методология научного исследования (в кандидатских и докторских диссертациях) / Г.Д. Боуш, В.И. Разумов. – Москва: НИЦ ИНФРА-М, 2023. – 227 с.
12. Бузгалин, А.В. Жёлтые жилеты: новые луддиты или вызов будущего? (краткие заметки о социально-экономических причинах и требованиях движения) / А.В. Бузгалин // Альтернативы. – 2019. – № 1. – С. 43–47.
13. Васильков, Ю.В. Анализ рисков недостижения целей при управлении организацией / Ю.В. Васильков, Л.С. Гущина // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Экономика и управление. – 2017. – № 1. – С. 5–12.
14. Вахитов Р. Р. Автономия и академические свободы в советских университетах (1920–50-е) / Р.Р. Вахитов // Университетское управление: практика и анализ. – 2024. – Т. 28, № 1. – С. 144–153. – DOI: 10.15826/umpra.2024.01.010
15. Волкова, А.А. Цифровая экономика: сущность явления, проблемы и риски формирования и развития / А.А. Волкова, В.А. Плотников, М.В. Рукинов // Управленческое консультирование. – 2019. – № 4. – С. 38–49. – DOI: 10.22394/1726-1139-2019-4-38-49
16. Гатауллин, И.И. Профиль интеллектуального капитала региона как инструмент повышения его конкурентоспособности: дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05 / Гатауллин Искандер Ильгизович. – Казань, 2018. – 213 с.
17. Гендерный баланс в сфере высшего образования и науки: мировые тенденции, ситуация в России / Н.А. Полихина, И.Б. Тростянская, Е.Г. Гришакина [и др.]. – Москва: Центр социологических исследований, 2020. – 62 с.
18. Горский, Ю.М. Основы гомеостатики. Гармония и дисгармония в живых, природных, социальных и искусственных системах / Ю.М. Горский. – Иркутск: Изд-во ИЗА, 1998. – 337 с.
19. Гресько, А.А. Отношенческий подход и стейкхолдерская концепция как теоретические основы разработки новых методов стратегического управления вузом / А.А. Гресько, М.С. Рахманова, К.С. Солодухин // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 4. – С. 207.
20. Гресько, А.А. Модели и методы выбора стратегий взаимодействия вуза с группами заинтересованных сторон в условиях неопреде-

ленности / А.А. Греско, К.С. Солодухин. – Владивосток: Изд-во ВГУЭС, 2014. – 176 с.

21. Гурков, И.Б. Интегрированная метрика стратегического процесса – попытка теоретического синтеза и эмпирической апробации / И.Б. Гурков // Российский журнал менеджмента. – 2007. – Т. 5, № 2. – С. 3–28.

22. Гурков, И.Б. Факторы формирования и механизмы реализации стратегических целей российских компаний: доклад на Секции экономики Отделения общественных наук РАН 13.03.2008 / И.Б. Гурков. – Москва, 2008.

23. Гущина, Л.С. Методика учета рисков при планировании развития предприятия / Л.С. Гущина, Ю.В. Васильков // Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. – 2017. – № 2 (50). – С. 105–112.

24. Дайнеко, В.Г. Трансформация структуры интеллектуального капитала в период цифровизации экономики / В.Г. Дайнеко, Е.Ю. Дайнеко // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Экономика и управление. – 2021. – № 1. – С. 3–12. – DOI: 10.17308/econ.2021.1/3345

25. Динамическая оптимизационная модель формирования оптимального портфеля стратегических проектов региона для максимального продвижения по развитию человеческого капитала / Л.С. Мазелис, К.И. Лавренюк, Е.В. Красова [и др.] // Тренды и управление. – 2019. – № 4. – С. 31–45. – DOI: 10.7256/2454-0730.2019.4.31874

26. Дремова, О.В. Третья миссия университетов в России: тренд на (не)коммерциализацию? / О.В. Дремова, И.А. Щеглова // Университетское управление: практика и анализ. – 2022. – № 26 (2). – С. 27–37. – DOI: 10.15826/umpra.2022.02.010

27. Дусь, Ю.П. К формированию модели движения человеческого капитала в современном обществе / Ю.П. Дусь, В.И. Разумов, Л.И. Рыженко // Вестник УрФУ. Серия: Экономика и управление. – 2010. – № 2. – С. 11–23.

28. Завалин, Г.С. Выявление имплицитных факторов интеллектуального капитала организации / Г.С. Завалин, О.В. Недолужко, К.С. Солодухин // Интеллектуальная инженерная экономика и Индустрия 5.0 (ИНПРОМ): сб. тр. VIII Междунар. науч.-практ. конф. (Санкт-Петербург, 27–30 апреля 2023 г.). – Санкт-Петербург: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2023. – С. 426–429. – DOI: 10.18720/IEP/2023.1/116

29. Завалин, Г.С. Формирование каузального поля показателей развития интеллектуального капитала организации: концепция и нечеткая экономико-математическая модель / Г.С. Завалин, О.В. Недолужко, К.С. Со-

лодухин // Бизнес-информатика. – 2023. – Т. 17, № 3. – С. 53–69. – DOI: 10.17323/2587-814X.2023.3.52.69

30. Завалин, Г.С. Нечеткая модель выявления имплицитных факторов интеллектуального капитала организации / Г.С. Завалин, О.В. Недолужко // Стратегическое планирование и развитие предприятий: матер. XXIV Всерос. симпозиума (Москва, 11–12 апреля 2023 г.) / под ред. чл.-корр. РАН Г.Б. Клейнера. – Москва: ЦЭМИ РАН, 2023. – С. 375–378. – DOI: 10.34706/978-5-8211-0814-2-s2-23

31. Зверева, О.М. Тriaдный метод оценки структурного баланса / Зверева О. М., Берг Д. Б. // Информация: передача, обработка, восприятие: матер. Междунар. науч.-практ. конф. (Екатеринбург, 12–13 января 2016 г.). – Екатеринбург: Уральский федер. ун-т им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, 2016. – С. 146–161.

32. Зинов, В.Г. Интеллектуальная собственность современного предприятия: правовые и экономические аспекты в свете перспективы вступления России в ВТО / В.Г. Зинов // Матер. НПК «Интеллектуальная собственность как инструмент рыночной экономики». Ч. 1. – Тверь: ТИИТП, 2007. – С. 9–54.

33. Зуева, А.И. Баланс интересов искусственного интеллекта и человеческого капитала в цифровой экономике: вызовы и угрозы для устойчивого развития бизнеса и экономики / А.И. Зуева // Экономика и социум: современные модели развития. – 2021. – Т. 11, № 1. – С. 71–86. – DOI: 10.18334/ecsoc.11.1.111734

34. Иванова, Ю.О. Актуальные проблемы современных восточноевропейских университетов: нахождение баланса между обучением, исследованиями и «третьей ролью» / Ю.О. Иванова // Управленческие науки в современном мире = Management Sciences in the Modern World: сб. докл. науч. конф.: в 2 т. / Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации; науч. практ. журнал «Эффективное антикризисное управление». – Санкт-Петербург: ИД «Реальная экономика», 2016. – Т. 2. – С. 94–98.

35. Использование метода регулирования организационного баланса для трансформации управления научной деятельностью в университете / О.Б. Алексеев, А.С. Алехин, Д.В. Санатов [и др.] // Университетское управление: практика и анализ. – 2024. – Т. 28, № 1. – С. 99–110. – DOI: 10.15826/umpra.2024.01.007

36. Качалов, Р.М. Управление экономическим риском. Теоретические основы и приложения / Р.М. Качалов. – Москва; Санкт-Петербург: Нестор-История, 2012.

37. Качалов, Р.М. Моделирование процедур регулирования экономического риска с применением теории нечетких множеств: матер.

III Междунар. молодежной науч.-практ. конф. / Р.М. Качалов, Ю.А. Слепцова. – Саратов: Саратовский гос. ун-т им. Н.Г. Чернышевского, 2014. – С. 78–83.

38. Кашкинбаев, А.Б. Оценка интеллектуального капитала: измерительная модель и эмпирическое исследование структуры и взаимосвязи элементов капитала / А.Б. Кашкинбаев, Г.Н. Джаксыбекова // Экономика: стратегия и практика. – 2020. – Т. 15, № 3. – С. 207–221.

39. Квантификация и оценка рисков проектов добычи углеводородных ресурсов в Арктике / М.Н. Дудин, Н.В. Лясников, О.Д. Проценко [и др.] // Экономическая политика. – 2017. – Т. 12, № 4. – С. 168–195. – DOI: 10.18288/1994-5124-2017-4-07

40. Клейнер, Г.Б. Интеллектуальная экономика цифрового века / Г.Б. Клейнер // Экономика и математические методы. – 2020. – Т. 56, № 1. – С. 18–33. – DOI: 10.31857/S042473880008562-7

41. Клейнер, Г.Б. Стратегия предприятия / Г.Б. Клейнер. – Москва: Дело, 2008.

42. Клейнер, Г.Б. Эконометрические зависимости: методы и принципы построения / Г.Б. Клейнер, С.А. Смоляк. – Москва: Наука, 2000.

43. Кобелев, Н.Б. Основы имитационного моделирования сложных экономических систем / Н.Б. Кобелев. – Москва: Дело, 2003. – 336 с.

44. Ковалев, Д.В. Система сбалансированных показателей (BSC) – большая правильная ошибка? / Д.В. Ковалев // Контроллинг. – 2006. – № 2 (18). – С. 26–29.

45. Коротаева, Е.В. Развитие когнитивной активности у старших дошкольников / Е.В. Коротаева, А.Н. Нефедова // Педагогическое образование в России. – 2012. – № 3. – С. 176–180.

46. Корчагина, И.В. Доходы опорных университетов России: динамика и тенденции / И.В. Корчагина // Университетское управление: практика и анализ. – 2021. – Т. 25, № 2. – С. 141–157. – DOI: 10.15826/umpra.2021.02.020

47. Кузнецова, С.Н. Вклад цифровой экономики в общую экономику России / С.Н. Кузнецова, В.П. Кузнецова // Научное обозрение: теория и практика. – 2018. – № 6. – С. 177–184.

48. Курегян, С.В. Электронная экономика, искусственный интеллект и экономическая теория / С.В. Курегян // Экономика сегодня. – 2019. – № 10. – С. 41–47.

49. Лавренюк, К.И. Оптимизационные модели инвестирования в человеческий капитал кафедры университета / К.И. Лавренюк, Л.С. Мазелис, В.В. Крюков. – Владивосток: Изд-во ВГУЭС, 2016. – 160 с.

50. Лисенкова, В.С. Многокритериальная оптимизация расходов на элементы интеллектуального капитала высокотехнологичных предпри-

ятий / В.С. Лисенкова, Н.И. Сидняев, В.В. Соколянский // Вопросы инновационной экономики. – 2020. – Т. 10, № 3. – С. 1275–1286.

51. Луговой, Р.А. Инновационный подход к процессу стратегического управления вузом на основе системы сбалансированных показателей: дис. ... канд. экон. наук / Луговой, Роман Анатольевич. – Владивосток, 2006. – 159 с.

52. Лузин, Н.А. Эволюция теории интеллектуального капитала / Н.А. Лузин // Челябинский гуманитарий. – 2013. – № 2 (23). – С. 21–29.

53. Лурия, А.Р. Язык и сознание / А.Р. Лурия; под ред. Е.Д. Хомской. – Москва: Изд-во Моск. ун-та, 1979. – 320 с.

54. Мазелис, Л.С. Формирование инвестиционной стратегии управления человеческим капиталом кафедры университета на основе нечеткой динамической модели / Л.С. Мазелис, К.И. Лавренюк // Университетское управление: практика и анализ. – 2015. – № 4 (98). – С. 76–86.

55. Мазелис, Л.С. Динамическая модель формирования оптимального портфеля стратегических мероприятий в области развития человеческого капитала университета / Л.С. Мазелис, К.И. Лавренюк, Е.Н. Лихошерст // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. Серия: Экономика и управление. – 2017. – № 1 (28). – С. 31–38. – DOI: 10.18323/2221-5689-2017-1-31-38

56. Мазелис, Л.С. Нечеткая модель анализа рисков развития социально-экономической системы на основе стейкхолдерского подхода / Л.С. Мазелис, К.С. Солодухин, К.И. Лавренюк // Вестник Тюменского государственного университета. Социально-экономические и правовые исследования. – 2017. – Т. 3, № 3. – С. 242–260. – DOI: 10.21684/2411-7897-2017-3-3-242-260

57. Мазелис, Л.С. Нечеткие модели оптимизации портфеля проектов университета с учетом влияния на характеристики отношений со стейкхолдерами / Л.С. Мазелис, К.С. Солодухин, А.Я. Чен // Университетское управление: практика и анализ. – 2017. – Т. 21, № 5 (111). – С. 51–63.

58. Макарова, Д.В. Роль цифровизации экономики в развитии теории интеллектуального капитала организации / Д.В. Макарова, О.В. Недолужко, К.С. Солодухин // Интеллектуальная инженерная экономика и Индустрия 5.0 (ИНПРОМ-2024): сб. тр. X Междунар. науч.-практ. конф. – Санкт-Петербург: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2024. – С. 215–219. – DOI: 10.18720/IEP/2024.2/50

59. Мартынов, О.Ю. Формирование оптимального портфеля технических решений при создании наукоемкой продукции / О.Ю. Мартынов // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: Технические науки. – 2011. – № 4 (32). – С. 233–235.

60. Масюк, Н.Н. Стратегическое партнерство университетов с бизнес-средой: баланс взаимных интересов / Н.Н. Масюк, О.А. Батурина,

М.А. Бушуева // Экономика и предпринимательство. – 2014. – № 12-4 (53). – С. 824–829.

61. Милосердова, Е.В. Имплицитность как лингвопрагматическая категория и ее роль в разных типах дискурса / Е.В. Милосердова // Вестник Тамбовского университета. Серия: Гуманитарные науки. – 2011. – Т. 104, № 12-2. – С. 727–732.

62. Минаев, Ю.Н. Индекс нечеткости нечетких множеств в контексте концепции data mining / Ю.Н. Минаев, О.Ю. Филимонова, Ю.И. Минаева // Проблемы информатизации и управления. – 2012. – Т. 3, № 39. – С. 95–101.

63. Митяков, С.Н. Развитие теории рисков и пороговых значений экономической безопасности / С.Н. Митяков, Е.С. Митяков // Вестник Института экономики Российской академии наук. – 2023. – № 5. – С. 83–113. – DOI: 10.52180/2073-6487_2023_5_83_113

64. Морозов, В.О. Формализация зависимости между уровнем достижения стратегической цели и значениями её показателей на основе знакпеременной функции полезности / В.О. Морозов // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 6. – С. 457.

65. Морозов, В.О. Нечетко-множественные методы стратегического анализа стейкхолдер-компании / В.О. Морозов, К.С. Солодухин, А.Я. Чен // Фундаментальные исследования. – 2016. – № 2-1. – С. 179–183.

66. Назаров, Д.М. Методология нечетко-множественной оценки имплицитных факторов в деятельности организации / Д.М. Назаров. – Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. экон. ун-та, 2016. – 193 с.

67. Назаров, Д.М. Модель оценки имплицитных факторов на основе нечетко-множественных описаний / Д.М. Назаров // Известия ДВФУ. Экономика и управление. – 2016. – № 4 (80). – С. 3–17. – DOI: 10.5281/zenodo.220793

68. Назаров, Д.М. Модель рефлексивного отбора имплицитных показателей управленческой деятельности организации / Д.М. Назаров // Вестник СПбГУ. Экономика. – 2017. – Т. 33, № 3. – С. 498–518. – DOI: 10.21638/11701/spbu05.2017.308

69. Назаров, Д.М. Нечеткая модель исследования влияния имплицитных факторов / Д.М. Назаров // Известия Уральского государственного экономического университета. – 2015. – № 3 (59). – С. 138–144.

70. Назаров, Д.М. Фундаментальные основы имплицитности в системе экономического развития организации / Д.М. Назаров // Известия СПбГЭУ. – 2015. – № 3 (93). – С. 7–14.

71. Насырова, С.И. Эволюционные аспекты экономики, ориентированной на человека, в категориально-системной методологии / С.И. Насырова // Вестник Московского университета. Серия 6. Экономика. – 2021. – № 6. – С. 202–223.

72. Недолужко, О.В. Интеллектуальный капитал в категориях простой модели компенсационного гомеостата / О.В. Недолужко // Вестник Томского государственного университета. Экономика. – 2018. – № 41. – С. 55–67. – DOI: 10.17223/19988648/41/4
73. Недолужко, О.В. Интеллектуальный капитал организации в категориях развернутой модели компенсационного гомеостата / О.В. Недолужко // Азимут научных исследований: экономика и управление. – 2021. – Т. 10, № 2 (35). – С. 252–256. – DOI: 10.26140/anie-2021-1002-0049
74. Недолужко, О.В. Интеллектуальный капитал организации в категориях универсальной схемы взаимодействия его элементов / О.В. Недолужко // Азимут научных исследований: экономика и управление. – 2018. – Т. 7, № 2 (23). – С. 242–246.
75. Недолужко, О.В. Новый подход к формированию понятийного пространства феномена интеллектуального капитала организации / О.В. Недолужко // Вестник Удмуртского университета. Серия: Экономика и право. – 2016. – № 2 (26). – С. 42–49.
76. Недолужко, О.В. Тенденции развития теории и методологии интеллектуального капитала организации в цифровой экономике / О.В. Недолужко // Вестник Академии знаний. – 2024. – № 2 (61). – С. 316–323.
77. Недолужко, О.В. Формирование и развитие интеллектуального капитала в цифровой экономике: теоретико-методологические аспекты / О.В. Недолужко. – Владивосток: Изд-во ВВГУ, 2024. – 198 с. – DOI 10.24866/0715-9
78. Недолужко, О.В. Количественная оценка интеллектуального капитала университета на основе нечеткой модели / О.В. Недолужко, К.С. Солодухин // Университетское управление: практика и анализ. – 2024. – Т. 28, № 1. – С. 34–49. – DOI: 10.15826/umpra.2024.01.003
79. Недолужко, О.В. Теоретико-методологические основы управления интеллектуальным капиталом с позиции категориально-системной методологии: монография / О.В. Недолужко, К.С. Солодухин. – Владивосток: Изд-во ВВГУ, 2022. – 128 с.
80. Недосекин, А.О. Разработка системы сбалансированных показателей для морской нефтегазовой смешанной компании с использованием нечетко-множественных описаний / А.О. Недосекин, М.Ю. Шкатов, З.И. Абдулаева // Аудит и финансовый анализ. – 2013. – № 4. – С. 126–134.
81. Нечетко-множественная оптимизация портфеля проектов с учетом запросов стейкхолдеров в рамках программы импортозамещения Объединенной приборостроительной корпорации ГК «Ростех» / О.А. Волгина, Е.Н. Лихошерст, В.О. Морозов [и др.] // Вектор науки Толь-

яттинского государственного университета. Серия: Экономика и управление. – 2016. – № 4 (27). – С. 19–25. – DOI: 10.18323/2221-5689-2016-4-19-25

82. Новгородов, П.А. Оценка стоимости интеллектуального капитала вуза: методический аспект / П.А. Новгородов // Известия Уральского государственного экономического университета. – 2019. – Т. 20, № 1. – С. 78–94. – DOI: 10.29141/2073-1019-2019-20-1-6

83. Новоселова, И.Ю. Методы оценки рисков реализации проектов хозяйственного развития арктических регионов / И.Ю. Новоселова, А.Л. Новоселов // Экономика. Налоги. Право. – 2023. – Т. 16, № 3. – С. 109–119. – DOI: 10.26794/1999-849X-2023-16-3-109-119

84. Новоселова, И.Ю. Планирование и реализация федеральных проектов в арктических регионах с учетом факторов риска / И.Ю. Новоселова, А.Л. Новоселов // Экономика. Налоги. Право. – 2023. – Т. 16, № 6. – С. 49–59. – DOI: 10.26794/1999-849X-2023-16-6-49-59

85. Оптимизация параметров интеллектуального капитала на основе искусственной иммунной системы на примере компаний ИТ-сектора / В.В. Соколянский, Ю.Т. Каганов, М.С. Волосникова [и др.] // Естественные и технические науки. – 2015. – № 6 (84). – С. 106–110.

86. Орлова, Л.Н. Управление интеллектуальным капиталом: риск-ориентированный подход / Л.Н. Орлова // Государственное управление. Электронный вестник. – 2020. – № 80. – С. 105–128. – DOI: 10.24411/2070-1381-2020-10066

87. Отбор оптимального портфеля проектов развития и повышения конкурентоспособности производственного комплекса / В.В. Криворотов, А.В. Калина, В.Д. Третьяков [и др.] // Проблемы развития территории. – 2018. – № 2 (94). – С. 27–46. – DOI: 10.15838/ptd/2018.2.94.2

88. Оценка риска недостижения целевых и дополнительных показателей реализации национального проекта «Наука» / В.В. Лапочкина, В.Н. Долгова, Ю.О. Оршанская [и др.] // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. – 2020. – Т. 16, № 12 (393). – С. 2338–2362. – DOI: 10.24891/ni.16.12.2338

89. Паньшин, Ю.Б. Цифровая экономика: понятия и направления развития / Ю.Б. Паньшин // Наука и инновации. – 2019. – № 3 (193). – С. 48–55.

90. Петров, В.В. Университетская автономия и общегосударственная стратегия: сохранение баланса / В.В. Петров // Сибирский философский журнал. – 2017. – Т. 15, № 2. – С. 123–136.

91. Петрова, Г.И. Фундаментальность современного университетского образования: подходы к определению и специфика содержания / Г.И. Петрова, Ю.Н. Овсянникова, Л.В. Плюснин // Университетское

управление: практика и анализ. – 2024. – Т. 28, № 2. – С. 7–16. – DOI: 10.15826/umpra.2024.02.011

92. Петти, У. Экономические и статистические работы / У. Петти. – Москва: Соцекгиз, 1940. – 324 с.

93. Предпринимательское образование в университетах страны: масштабы, виды программ, баланс компетенций / А.К. Ключев, А.П. Багирова, А.А. Яшин [и др.] // Современная конкуренция. – 2017. – Т. 11, № 1 (61). – С. 6–20.

94. Применение теории нечетких множеств к задаче формирования портфеля проектов / В.М. Аньшин, И.В. Демкин, И.Н. Царьков [и др.] // Проблемы анализа рисков. – 2008. – Т. 5, № 3. – С. 8–21.

95. Приходько, А.И. Имплицитность как способ скрытого оценивания / А.И. Приходько // Актуальные проблемы филологии и педагогической лингвистики. – 2012. – № 14. – С. 48–54.

96. Разработка экономико-математических методов и моделей развития регионального человеческого капитала / Л.С. Мазелис, К.И. Лавренюк, Е.Д. Емцева [и др.]. – Владивосток: Изд-во ВГУЭС, 2020. – 152 с.

97. Разумов, В.И. Категориально-системная методология в подготовке учёных: учебное пособие / В.И. Разумов. – Омск: Изд-во ОмГУ, 2004. – 277 с.

98. Разумов, В.И. Информационные основы синтеза систем: в 3 ч. Ч. I. Информационные основы системы знаний: монография / В.И. Разумов, В.П. Сизиков. – Омск: Изд-во ОмГУ, 2007. – 266 с.

99. Разумов, В.И. Основы теории динамических информационных систем / В.И. Разумов, В.П. Сизиков. – Омск: Изд-во ОмГУ, 2005. – 212 с.

100. Райчук, Д.Ю. Аудиторная нагрузка ППС в свете мирового опыта / Д.Ю. Райчук // Высшее образование в России. – 2016. – № 1. – С. 105–112.

101. Райчук, Д.Ю. О важных условиях становления исследовательских университетов в России / Д.Ю. Райчук // Университетское управление: практика и анализ. – 2015. – № 3 (97). – С. 57–65.

102. Рогов, В.Ю. Категориальные схемы, гомеостат в разработке производственной программы / В.Ю. Рогов, Т.Б. Савченко // Экономика: вчера, сегодня, завтра. – 2021. – Т. 11, № 12-1. – С. 304–312. – DOI: 10.34670/AR.2021.32.76.019

103. Савченко, Ю.Ю. Интеллектуальный капитал и Индустрия 4.0: взаимодействие и факторы влияния / Ю.Ю. Савченко // Креативная экономика. – 2023. – Т. 17, № 3. – С. 935–954. – DOI: 10.18334/ce.17.3.117363

104. Самарская, Н.А. Аппарат категориально-системной методологии в исследовании охраны труда / Н.А. Самарская // Экономика труда. – 2023. – Т. 10, № 7. – С. 1113–1130. – DOI: 10.18334/et.10.7.117908
105. Силкин, В.В. Инвестиции в человеческий капитал: интеллектуальные, организационные и физические ресурсы / В.В. Силкин, Ф.И. Шарков, О.Ф. Киреев // Коммуникология. – 2023. – Т. 11, № 3. – С. 123–134. – DOI: 10.21453/2311-3065-2023-11-3-123-134
106. Слепцова, Ю.А. Управление риском в деятельности производственного предприятия на основе инструментария системной экономической теории и нечеткой логики. дис. ... канд. экон. наук / Слепцова Ю.А. – Москва, 2016.
107. Современные методы поисковой оптимизации в задаче определения параметров интеллектуального капитала / А.С. Андрусенко, А.П. Карпенко, В.В. Соколянский [и др.]. – Москва: ООО «Издательство «Спутник+», 2022. – 106 с.
108. Солодухин, К.С. Модель оценки значимости заинтересованных сторон стейкхолдер-компании / К.С. Солодухин // Интеграл. – 2009. – № 3. – С. 104–107.
109. Солодухин, К.С. Постановка системы сбалансированных показателей в стейкхолдер-компании / К.С. Солодухин // Контроллинг. – 2009. – № 2 (30). – С. 64–69.
110. Солодухин, К.С. Стратегическое управление вузом как стейкхолдер-компанией / К.С. Солодухин. – Санкт-Петербург: Изд-во Санкт-Петербургского политехн. ун-та Петра Великого, 2009. – 289 с.
111. Солодухин, К.С. Применение системы сбалансированных показателей в университете на основе теории заинтересованных сторон / К.С. Солодухин, Г.А. Дзина // Контроллинг. – 2009. – № 1 (29). – С. 12–23.
112. Степанова, О.В. Алгоритм управління інтелектуальним капіталом / О.В. Степанова, О.М. Ступак // БІЗНЕСІНФОРМ. – 2022. – № 3. – С. 108–112. – DOI: 10.32983/2222-4459-2022-3-108-112
113. Степченкова, О.С. Дисбаланс интересов предприятий и университетов как угроза интересам экономической безопасности / О.С. Степченкова // Современный менеджмент: проблемы и перспективы: сб. ст. по итогам XVIII национальной науч.-практ. конф. с международным участием (Санкт-Петербург, 28–29 сентября 2023 г.). – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский гос. экон. ун-т, 2023. – С. 329–334.
114. Стребкова, Л.Н. Оценка риска предприятия, основанная на применении нечеткой нейронной сети / Л.Н. Стребкова // Вестник НГУЭУ. – 2014. – № 3. – С. 147–154.

115. Тарасова, Е.М. Сущность интеллектуального капитала / Е.М. Тарасова // Publishing house Education and Science s.r.o. – URL: http://www.rusnauka.com/13_EISN_2009/Economics/45473.doc.htm (дата обращения: 22.01.2024).
116. Терешкина, Н.Е. Бизнес-модели инноваций в цифровой экономике / Н.Е. Терешкина // Вопросы инновационной экономики. – 2022. – Т. 12, № 1. – С. 179–194. – DOI: 10.18334/vines.12.1.114100
117. Тихонова, А.Д. Роль сетевого потенциала организации в стратегии развития / А.Д. Тихонова // Журнал экономической теории. – 2019. – Т. 16, № 4. – С. 875–880.
118. Толстова, А.А. Среда как объект дизайна: определение понятия методом двухуровневой триадической дешифровки / А.А. Толстова // Архитектон: известия вузов. – 2021. – № 2 (74). – DOI: 10.47055/1990-4126-2021-2(74)-16
119. Третьяков, В.Д. Методический подход к отбору оптимального инвестиционного портфеля развития производственного комплекса / В.Д. Третьяков, В.В. Криворотов, А.В. Калина // Вестник УрФУ. Серия: Экономика и управление. – 2013. – № 5. – С. 140–149.
120. Фундаментальность и практико-ориентированность: как университетам найти «сложный баланс»? // Аккредитация в образовании. – 2024. – № 1 (149). – С. 54–68.
121. Хвещкович, Н. Концепции креативной энергии в теории интеллектуального капитала / Н. Хвещкович // Креативная экономика. – 2019. – Т. 13, № 7. – С. 1293–1312.
122. Целых, А.Н. Методы нечеткой логики в управлении производственными процессами / А.Н. Целых, Л.А. Целых, О.С. Причина // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2014. – № 1 (150). – С. 111–119.
123. Цюцюра, С.В. Теоретичні основи та сутність управлінських рішень. Моделі прийняття управлінських рішень / С.В. Цюцюра, О.В. Криворучко, І.М. Цюцюра // Управління Розвитком Складних Систем. – 2012. – № 9. – Р. 50–58.
124. Черешнев, В.А. Оценка экономической эффективности государственных программ социальной направленности методами имитационного моделирования / В.А. Черешнев, А.В. Васильева, Б.А. Коробицын // Экономический анализ: теория и практика. – 2017. – Т. 16, № 1 (460). – С. 174–187. – DOI: 10.24891/ea.16.1.174
125. Четверикова, Н.А. Сопротивление персонала изменениям как реакция на состояние риска и неопределенности / Н.А. Четверикова // Вестник университета. – 2018. – № 9. – С. 159–163. – DOI: 10.26425/1816-4277-2018-9-159-163
126. Шаталова, О.М. Эффективность инновационных процессов: нечетко-множественное моделирование и оценка в условиях нестохас-

тической неопределенности / О.М. Шаталова. – Ижевск: Изд-во Иж-ГТУ, 2023.

127. Шендерова, С.В. Структура доходов ведущих мировых и российских университетов: сравнительный анализ по открытым источникам / С.В. Шендерова // Университетское управление: практика и анализ. – 2011. – № 1 (71). – С. 12–18.

128. Шумпетер, Й.А. Теория экономического развития. Капитализм, социализм и демократия / Й.А. Шумпетер. – Москва: Эксмо, 2008. – 864 с.

129. A conceptual model of the regional human capital development / L.S. Mazelis, A.A. Krasko, O.N. Zagudaeva [et al.] // International Transaction Journal of Engineering, Management and Applied Sciences and Technologies. – 2018. – Vol. 9, No. 4. – P. 477–494. DOI: 10.14456/ITJEMAST.2018.44

130. A multi-objective portfolio selection model with fuzzy value-at-risk ratio / B. Wang, Y. Li, S. Wang [et al.] // IEEE Transactions on Fuzzy Systems. – 2018. – Vol. 26, No. 6. – P. 3673–3687. – DOI: 10.1109/TFUZZ.2018.2842752

131. A multi-period fuzzy mean-minimax risk portfolio model with investor's risk attitude / X. Yang, W. Liu, S. Chen [et al.] // Soft Computing. – 2021. – Vol. 25, Iss. 4. – P. 2949–2963. – DOI: 10.1007/s00500-020-05351-3

132. Abtahi, S.H. Uncertain random portfolio optimization based on skew chance distribution / S.H. Abtahi // International Journal of Fuzzy Logic and Intelligent Systems. – 2023. – Vol. 23, No. 1. – P. 44–55. – DOI: 10.5391/ijffis.2023.23.1.44

133. Amit, R. Strategic assets and organizational rent / R. Amit, P.J. Schoemaker // Strategic management journal. – 1993. – Vol. 14, No. 1. – P. 33–46.

134. An integrated framework for intellectual capital measurement and knowledge management implementation in small and medium-sized enterprises / V.R. Montequin, F.O. Fernandez, V.A. Cabal // Journal of Information Science. – 2006. – Vol. 32. – P. 525–538. – DOI: 10.1177/0165551506067127

135. Ang, K. Value Constructs in Multi-stakeholder Environments that Influence Project Portfolio Decision Making / K. Ang, K.P. Killen, S. Sankaran // 15th Annual Conference of European Academy of Management (EURAM). – Warsaw, Poland, 2015. – June 17–20.

136. Arvan, M. Intellectual Capital Evaluation Using Fuzzy Cognitive Maps: A Scenario-Based Development Planning / M. Arvan, A. Omidvar, R. Ghodsi // Expert Systems with Applications. – 2016. – Vol. 55. – P. 21–36. – DOI: 10.1016/j.eswa.2015.12.044

137. Assessing the intellectual capital and related performance in the teaching process using FES models: first evidence in Italian universities / M. Lucchese, N. Aversano, F. Di Carlo [et al.] // WSEAS transactions on business and economics. – 2020. – Vol. 17. – P. 325–344. – DOI: 10.37394/23207.2020.17.34
138. Barney, J. Firm resources and sustained competitive advantage / J. Barney // Journal of management. – 1991. – Vol. 17, No. 1. – P. 99–120. – DOI: 10.1177/014920639101700108
139. Barry, D. The Relationship of Strategic Goals and Planning Processes to Organizational Performance. Unpublished Ph. D. Dissertation / Barry D. – University of Maryland, 1987.
140. Becker, G. Human capital: A theoretical and empirical analysis, with special reference to education / G. Becker. – New York: Columbia University Press, 1994. – 412 p.
141. Bell, D. The cultural contradictions of capitalism / D. Bell // The Journal of Aesthetic Education. – 1972. – Vol. 6, No. 1/2, Special Double Issue: Capitalism, Culture, and Education. – P. 11–38.
142. Benaija, K. Hybrid Approach for Project Portfolio Selection Taking Account of Resources Management and Interactions between Projects / K. Benaija, L. Kjiri // Journal of Digital Information Management. – 2015. – Vol. 13, No. 6. – P. 451–461.
143. Bilich, F. Valuation and optimization of the impact of intellectual capital on organizational performance / F. Bilich F., R. da Silva // Portuguese Journal of Management Studies. – 2008. – Vol. XIII, Iss. 3. – P. 341–359.
144. Blackler, F. Knowledge, knowledge work and organizations: an overview and interpretation / F. Blackler // Organization Studies. – 1995. – Vol. 16, Iss. 6. – P. 1021–1046. – DOI: 10.1177/017084069501600605
145. Bontis, N. Intellectual capital and business performance in Malaysian industry / N. Bontis, W.C.C. Keow, S. Richardson // Journal of Intellectual Capital. – 2000. – Vol. 1, No. 1. – P. 85–100.
146. Brzezinski, Zb. Between two ages. America's role in the technetronic era / Zb. Brzezinski. – New York: the Viking press, 1970. – 123 p.
147. Business process measurement model based on the fuzzy multi-agent systems / M. Pakseresht, M.A. Seyyedi, M.M. Zade [et al.] // AIKED Proceedings of WSEAS. – 2009. – P. 501–506.
148. Bustamante, A. Approach to measuring organizational performance from the perspective of intellectual capital / A. Bustamante, D. Liberona, R. Ferro // Communications in computer and information science. – 2024. – Vol. 2152. – P. 73–85. – DOI: 10.1007/978-3-031-63269-3_6
149. Calabrese, A. Using Fuzzy AHP to Manage Intellectual Capital Assets: An Application to the ICT Service Industry / A. Calabrese, R. Costa,

T. Menichini // Expert Systems with Applications. – 2013. – Vol. 40, Iss. 9. – P. 3747–3755. – DOI: 10.1016/j.eswa.2012.12.081

150. Çevik, G. Analytic evaluation of intellectual capital for ship management companies under a fuzzy environment / G. Çevik, Ö. Arslan // Journal of ETA Maritime Science. – 2022. – Vol. 10, No. 3. – P. 185–194. – DOI: 10.4274/jems.2022.41033

151. Chen, H. Measuring Intellectual Capital using Fuzzy Analytic Hierarchy Process / H. Chen // International Journal of Innovation and Learning. – 2008. – Vol. 6, No. 1. – P. 51–61. – DOI: 10.1504/IJIL.2009.021682

152. Chen, S. Fuzzy multiple attribute decision making: Methods and applications / S. Chen, C. Hwang. – New York: Springer-Verlag, 1992.

153. Cognitive activity: Philosophical analysis, psychological and pedagogical characteristics / E. Korobova, I. Kardovich, M. Konysheva [et al.] // SHS Web of Conferences. – 2018. – Vol. 50. – P. 01083. – DOI: 10.1051/shsconf/20185001083

154. Cohen, W.M. Absorptive capacity: a new perspective on learning and innovation / W.M. Cohen, D.A. Levinthal // Administrative science quarterly. – 1990. – Vol. 35, No. 1. – P. 128–152.

155. Comparative Analysis of Mamdani, Larsen and Tsukamoto Methods of Fuzzy Inference System for Students' Academic Performance Evaluation / T.U. Chaudhari, V.B. Patel, R.G. Thakkar [et al.] // International Journal of Science and Research Archive. – 2023. – Vol. 9, Iss. 01. – P. 517–523. – DOI: 10.30574/ijrsra.2023.9.1.0443

156. Cosa, M. How to assess the intellectual capital of firms in uncertain times: a systematic literature review and a proposed model for practical adoption / M. Cosa, E. Pedro, B. Urban // Journal of Intellectual Capital. – 2024. – Vol. 25, No. 7. – P. 1–22. – DOI: 10.1108/JIC-05-2023-0096

157. Da Silva, R. Valuation and optimization of intellectual capital: a multicriteria analysis / R. Da Silva, L. Gomes, F. Bilich // REAd. – 2006. – Vol. 12, No. 2. – P. 1–16.

158. Daniels, H. Project selection directed by intellectual capital scorecards. – Erim Report Series Research in Management / H. Daniels, B. de Jonge. – Rotterdam, Erasmus Universiteit Rotterdam, 2003.

159. Daniels, H. Management of Intellectual Capital by Optimal Portfolio Selection / H. Daniels, H. Noordhuis // Karagiannis, D., Reimer, U. (eds) Practical Aspects of Knowledge Management // PAKM 2002. Lecture Notes in Computer Science, 2569. – Berlin, Heidelberg, Springer, 2002. – DOI: 10.1007/3-540-36277-0_53

160. Daniels, H. Portfolio Optimization as a Tool for Knowledge Management / H. Daniels, M. Smits // Operations Research Proceedings 2005. Selected Papers of the Annual International Conference of the German Opera-

- tions Research Society (GOR) (Bremen, September 7–9, 2005). – Bremen, 2005. – P. 633–638. – DOI: 10.1007/3-540-32539-5_99
161. De Luca, A. A Definition of a Nonprobabilistic Entropy in the Setting of Fuzzy Sets Theory / A. De Luca, S. Termini // *Information and Control*. – 1972. – Vol. 20, No. 4. – P. 301–312. – DOI: 10.1016/S0019-9958(72)90199-4
162. Defining process performance indicators by using templates and patterns / A. del-Río-Ortega, M. Resinas Arias de Reyna, A. Durán Toro [et al.] // *Business Process Management*. – 2012. – Vol. 7481. – P. 223–228. – DOI: 10.1007/978-3-642-32885-5_18
163. Dehghani, F. Simulation of annealing for portfolio selection in mean-pseudo-variance fuzzy model / F. Dehghani // *SSRN Electronic Journal*. – 2023. – P. 1–12. – DOI: 10.2139/ssrn.4660934
164. Deng, X. A novel fuzzy dominant goal programming for portfolio selection with systematic risk and non-systematic risk / X. Deng, Y. Yuan // *Soft Computing*. – 2021. – Vol. 25. – P. 14809–14828. – DOI: 10.1007/s00500-021-06226-x
165. Devising a Method to Optimize the Investment Structure Aimed to Achieve Strategic Targets in the Socio-Economic Development of Regions / L.S. Mazelis, K.I. Lavrenyuk, A.A. Krasko [et al.] // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. – 2020. – Vol. 1, No. 3. – P. 13–14. – DOI: 10.15587/1729-4061.2020.194155
166. Ding, Y. Study on the management of intellectual capital / Y. Ding, G. Li // *International Journal of Business and Management*. – 2010. – Vol. 5, No. 2. – P. 213–216. – DOI: 10.5539/ijbm.v5n2p213
167. Drucker Peter, F. The age of discontinuity: guidelines to our changing society (1st Edition) / F. Drucker Peter. – Oxford: Butterworth-Heinemann, 1969. – 380 p.
168. Dubois, D. Possibility Theory / D. Dubois, H. Prade. – New York: PlenumPress, 1988. – 273 p.
169. Edvinsson, L. Developing a model for managing intellectual capital / L. Edvinsson, P. Sullivan // *European Management Journal*. – 1996. – No. 14. – P. 356–364.
170. Fandiño, A.M. Social Capital Scale and Logic Fuzzy: An Experiment to Verify the Pertinence of Logic Fuzzy in Producing Accurate Results from Data of a Complex Organizational Reality / A.M. Fandiño, M.A.S. Machado // *International Journal of Management*. – 2014. – Vol. 5, Iss. 10. – P. 91–104.
171. Feizollahzade, O. An Overview of Fuzzy Inference Algorithms / O. Feizollahzade // *International Journal of Smart Electrical Engineering*. – 2020. – Vol. 9, No. 4. – P. 165–167.

172. Forecasting of Intellectual Capital by Measuring Innovation Using Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System / F. Ahamd, Sh. Naseem, T. Alyas et al. // *International Review of Applied Sciences*. – 2015. – Vol. 2, No. 1. – P. 1–13.
173. Furnham, A. Tolerance of Ambiguity: A Review of the Recent Literature / A. Furnham, J. Marks // *Psychology*. – 2013. – Vol. 4, No. 9. – P. 717–728. – DOI: 10.4236/psych.2013.49102
174. Fuzzy Multi-Period Models for Optimizing an Institution's Project Portfolio Inclusive of Risks and Corporate Social Responsibility / L.S. Mazelis, K.S. Solodukhin, A.Ya. Chen [et al.] // *Global Journal of Pure and Applied Mathematics*. – 2016. – Vol. 12, No. 5. – P. 4089–4105.
175. Fuzzy Multi-Period Models for Optimizing an Institution's Project Portfolio Inclusive of Risks and Corporate Social Responsibility / L.S. Mazelis, K.S. Solodukhin, A.D. Tarantaev [et al.] // *Global Journal of Pure and Applied Mathematics*. – 2016. – Vol. 12, No. 5. – P. 4089–4105.
176. Fuzzy Optimization Models for Intellectual Capital Enhancing Project Portfolio Selection under Risk / D.V. Makarova, O.V. Nedoluzhko, K.S. Solodukhin [et al.] // *Journal of System and Management Sciences*. – 2024. – Vol. 14, No. 7. – P. 1–19. – DOI: 10.33168/JSMS.2024.0701
177. Fuzzy Set Model of Project Portfolio Optimization Inclusive for Requirements of Stakeholders / E.N. Likhosherst, L.S. Mazelis, A.A. Gresko [et al.] // *Journal of Applied Economic Sciences*. – 2017. – Vol. 12, No. 5 (51). – P. 1263–1273.
178. Fuzzy simulation of organizational adjustment processes management based on heat supply balanced scorecard / G.D. Bazil, S.K. Adilova, L.K. Abzhanova [et al.] // *Innovative Infrastructure Solutions*. – 2021. – Vol. 6, No. 2. – P. 77. – DOI: 10.1007/s41062-020-00435-3
179. Galbraith, J.K. The new industrial state / J.K. Galbraith. Princeton University Press: Princeton. – NJ, USA, 1967. – 576 p.
180. Gross-Golacka, E. Can elements of intellectual capital improve business sustainability? – The perspective of managers of SMEs in Poland / E. Gross-Golacka, M. Kusterka-Jefmańska, B. Jefmański // *Sustainability*. – 2020. – Vol. 12, No. 4. – P. 1545. – DOI: 10.3390/su12041545
181. Gulin, K.A. The trends of the fourth industrial revolution / K.A. Gulin, V.S. Uskov // *Economic and social changes: facts, trends, forecast*. – 2017. – Vol. 10, No. 5. – P. 216–221. – DOI: 10.15838/esc/2017.5.53.15
182. Hofman, M. Shedding new light on project portfolio risk management / M. Hofman, S. Spalek, G. Grela // *Sustainability*. – 2017. – Vol. 9, No. 10. – P. 1798–1816. – DOI: 10.3390/su9101798
183. Horváth & Partners (eds.). *Balanced Scorecard umsetzen (Balanced Scorecard implementation)*. (4th ed.) / Horváth & Partners (eds.). – Stuttgart, Schäffer-Poeschel, 2007.

184. Hurtado, S.M. Aproximación a la Medición del Capital Intelectual Organizacional Aplicando Sstemas de Lógica Difusa / S.M. Hurtado, E.Z. Lasserma, D.L. Pedroza // Cuadernos de Administración. – 2010. – Vol. 23, No. 40. – P. 35–68. – DOI: 10.11144/Javeriana.cao23-40.amci
185. Intellectual Capital Indicators Ranking in The Universities of Iran using Delphi Fuzzy Technique / Y. Khalili, H. Fakhari, E. Malekian [et al.] // Risk Governance & Control Financial Markets & Institutions. – 2017. – Vol. 7, Iss. 2. – P. 147–157. – DOI: 0.22495/rgcv7i2c1p3
186. Intellectual capital management of the business community based on the neuro-fuzzy hybrid system / S. Kozlovskiy, P. Syniehub, A. Kozlovskiy // Neuro-Fuzzy Modeling Techniques in Economics. – 2022. – Vol. 11, No. 11. – P. 25–47. – DOI: 10.33111/nfmte.2022.025
187. Itami, H. Mobilizing Invisible Assets / H. Itami, T.W. Roehl. – Cambridge, MA: Harvard Business Press, 1987. – 200 p.
188. Jannatifar, H. Assessing Intellectual Capital Management by Fuzzy TOPSIS / H. Jannatifar, M.K. Shahi, J.M. Morad // Management Science Letters. – 2012. – Vol. 2, Iss. 6. – P. 1991–2000. – DOI: 10.5267/j.msl.2012.06.022
189. Johanson, U. Mobilising change through the management control of intangibles / U. Johanson, M. Martensson, M. Skoog // Accounting, Organizations and Society. – 2001. – Vol. 26, No. 7/8. – P. 715–733. – DOI: 10.1016/S0361-3682(01)00024-1
190. Kale, S. Fuzzy Intellectual Capital Index for Construction Firms / S. Kale // Journal of Construction Engineering and Management. – 2009. – Vol. 135, Iss. 6. – P. 508–517. – DOI: 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000014
191. Kaplan, R.S. The balanced scorecard – measures that drive performance / R.S. Kaplan, D.P. Norton // Harvard Business Review. – 1992. – Vol. 70, No. 1. – P. 71–79.
192. Kettunen, J. Estimation of Downside Risks in Project Portfolio Selection / J. Kettunen, A. Salo // Production and Operations Management. – 2017. – Vol. 26, No. 10. – P. 1839–1853. – DOI: 10.1111/poms.12727
193. Khanjani Shiraz, R. A random-fuzzy portfolio selection DEA model using value-at-risk and conditional value-at-risk / R. Khanjani Shiraz, M. Tavana, H. Fukuyama // Soft Computing. – 2020. – Vol. 24. – P. 17167–17186. – DOI: 10.1007/s00500-020-05010-7
194. Klein, D.A. Characterizing intellectual capital: Multiclient program working / D.A. Klein, L. Prusak. – Boston: Ernst & Young Center for Business Innovation, 1999.
195. Kononenko, I. Method for Solving the Multi-criteria Non-Markov Problem of Project Portfolio Optimization / I. Kononenko, A. Korchakova //

Radioelectronic and Computer Systems. – 2022. – No. 1 (101). – P. 67–82. – DOI: 10.32620/reks.2022.1.05

196. Kopecka, N. The balanced scorecard implementation, integrated approach and the quality of its measurement / N. Kopecka // *Procedia Economics and Finance*. – 2015. – Vol. 25. – P. 59–69. – DOI: 10.1016/S2212-5671(15)00713-3

197. Krstić, B. Upravljanje intelektualnim kapitalom preduzeća [Management of the company's intellectual capital] / B. Krstić. – Niš: Ekonomski fakultet Univerziteta u Nišu, 2014. – 240 str. [In Bosnian].

198. Kucharska, W. Tacit knowledge impact on intellectual capital and innovativeness in the healthcare sector: A cross-country study of Poland and the US / W. Kucharska // *Journal of Business Research*. – 2022. – Vol. 149. – P. 869–883. – DOI: 10.1016/j.jbusres.2022.05.059

199. Lam, A. Tacit Knowledge, Organizational Learning and Societal Institutions: An Integrated Framework / A. Lam // *Organization Studies*. – 2000. – Vol. 21, No. 3. – P. 487–513. – DOI: 10.1177/0170840600213001

200. Lawrie, G.J.G. Third-generation balanced scorecard: Evolution of an effective strategic control tool / G.J.G. Lawrie, I. Cobbold // *International Journal of Productivity and Performance Management*. – 2004. – Vol. 53. – No. 7. – P. 611–623. – DOI: 10.1108/17410400410561231

201. Lee, Sh.-H. Using Fuzzy AHP to Develop Intellectual Capital Evaluation Model for Assessing their Performance Contribution in a University / Sh.-H. Lee // *Expert Systems with Applications*. – 2010. – Vol. 37, Iss. 7. – P. 4941–4947. – DOI: 10.1016/j.eswa.2009.12.020

202. Lervik, E. Relational capital: A study on its importance, quantification and its impact on business sectors and markets / E. Lervik. – The European Inter-University Association on Society, Science and Technology (ESST), 2006.

203. Likhosherst, E.N. Devising a Fuzzy Stakeholder Model for Optimizing the Portfolio of Projects at a Fishing Industrial Enterprise Taking Risks into Account / E.N. Likhosherst, L.S. Mazelis, K.S. Solodukhin // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. – 2019. – Vol. 4, No. 3 (100). – P. 36–45. – DOI: 10.15587/1729-4061.2019.176319

204. Machlup, F. The Production and Distribution of Knowledge in the United States / F. Machlup. – Princeton: Princeton University Press, 1962. – 416 p.

205. Mamdani, E.H. Application of Fuzzy Algorithm for Control of Simple Dynamic Plant / E.H. Mamdani // *Proceedings of the Institution of Electrical Engineers*. – 1974. – Vol. 121, No.12. – P. 1585–1588.

206. Markić, M. The impact of knowledge management on the economic indicators of the companies / M. Markić, Ž. Požega, B. Crnković // *South East*

European Journal of Economics and Business. – 2022. – Vol. 17, No. 2. – P. 34–48. – DOI: 10.2478/jeb-2022-0013

207. Martín-de Castro, G. Intellectual capital and the firm: evolution and research trends / G. Martín-de Castro, I. Díez-Vial, M. Delgado-Verde // Journal of Intellectual Capital. – 2019. – Vol. 20, No. 4. – P. 555–580. – DOI: 10.1108/JIC-12-2018-0221

208. Mastroleo, G. A Fuzzy Logic Expert System for the Measurement of Intellectual Capital in Strategic Alliances. Proceedings of IFKAD, Knowledge and Management Models for Sustainable Growth, Matera / G. Mastroleo, A. Venturelli, S. Veltri. – Italy, 2014. – 11–13 of June. – P. 1435–1456.

209. Masuda, Y. The Information Society as Postindustrial Society / Y. Masuda. – NJ: Transaction Publishers, 1980. – 178 p.

210. Matos, F. Reporting of Intellectual Capital Management Using a Scoring Model / F. Matos, V. Vairinhos, R. Godina // Sustainability. – 2020. – Vol. 12, No. 19. – P. 8086. – DOI: 10.3390/su12198086

211. Mazelis, L.S. Distribution of Financial Resources by Areas of Investments in the Human Capital of the Region / L.S. Mazelis, A.A. Krasko, E.V. Krasova // Economic Consultant. – 2021. – No. 4 (36). – P. 4–16. – DOI: 10.46224/ecoc.2021.4.1

212. Mazelis, L.S. Fuzzy Approach for the Formation of an Optimal Portfolio of Strategic Projects to Achieve Regional Development Targets in the Digital Economy / L.S. Mazelis, A.A. Krasko, K.I. Lavrenyuk // International Journal of Technology. – 2020. – Vol. 11, No. 6. – P. 1136–1147. – DOI: 10.14716/ijtech.v11i6.4433

213. Mazelis, L.S. Devising a Fuzzy Model for Compiling a Plan of Activities Aimed at Developing Human Capital in University / L.S. Mazelis, K.I. Lavrenyuk // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2017. – Vol. 4, No. 3 (88). – P. 35–44. – DOI: 10.15587/1729-4061.2017.103979

214. Mazelis, L.S. Fuzzy Optimization Models for Project Portfolio Rolling Planning Taking into Account Risk and Stakeholder Interests / L.S. Mazelis, K.S. Solodukhin, A.D. Tarantaev // The Journal of Social Sciences Research. – 2018. – Special Iss. 3. – P. 201–210. – DOI: 10.32861/jssr.spi3.201.210

215. Mehlawat, M.K. An integrated fuzzy-grey relational analysis approach to portfolio optimization / M.K. Mehlawat, P. Gupta, A.Z. Khan // Applied Intelligence. – 2023. – Vol. 53. – P. 3804–3835. – DOI: 10.1007/s10489-022-03499-z

216. Meta-choices in Ranking Knowledge-based Organizations / C. Dairao, G. Iazzolino, D. Laise [et al.] // Management Decision. – 2021. – Vol. 60, Iss. 4. – P. 955–1016. – DOI: 10.1108/MD-01-2021-0069

217. Micán, C. Project portfolio risk management: a structured literature review with future directions for research / C. Micán, G. Fernandes, M. Araújo // *International Journal of Information Systems and Project Management*. – 2021. – Vol. 8, No. 3. – P. 67–84. – DOI: 10.12821/ijispm080304
218. Mill, J. Principles of political economy: with some of their applications to social philosophy / J. Mill. – Cambridge: Hackett Publishing Company, Inc.; Abridged edition, 2004. – 352 p.
219. Mincer, J. Investment in human capital and personal income distribution / J. Mincer // *Journal of Political Economy*. – 1958. – Vol. 66, No. 4. – P. 281–302.
220. Modelling of management activity of the organization considering the impact of implicit factors in business processes / S. Hushko, O. Temchenko, I. Kryshchtopa [et al.] // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. – 2018. – Vol. 3, No. 91. – P. 13–21. – DOI: 10.15587/1729-4061.2018.121647
221. Mohagheghi, V. A new multi-objective optimization approach for sustainable project portfolio selection: A real-world application under interval-valued fuzzy environment / V. Mohagheghi, S.M. Mousavi, B. Vahdani // *Iranian Journal of Fuzzy Systems*. – 2016. – Vol. 13, No. 6. – P. 41–68. – DOI: 10.22111/ijfs.2016.2821
222. Morimatsu, K. How Can We Make the Best Use of Intellectual Capital? Building an Analysis System Through Agent-Based Models / K. Morimatsu, H. Takahashi // *Proceedings of 16th KES International Conference, KES-AMSTA 2022, June 2022. Smart Innovation, Systems and Technologies 2022*. Vol. 306. – Singapore: Springer, 2022. – DOI: 10.1007/978-981-19-3359-2_13
223. Moschella, D. A Seeing digital: A visual guide to the industries, organizations, and careers of the 2020s / D. Moschella, M. Lawrie. – Ashburn, Virginia: DXC Technology, 2020. – 224 p.
224. Mouritsen, J. Dealing with the knowledge economy: intellectual capital versus balanced scorecard / J. Mouritsen, H. Larsen, P. Bukh // *Journal of Intellectual Capital*. – 2005. – Vol. 6, No. 1. – P. 8–27. – DOI: 10.1108/14691930510574636
225. Multicriteria portfolio selection with intuitionistic fuzzy goals as a pseudoconvex vector optimization / V.D. Nguyen, N.K. Duyen, N. Hai [et al.] // *Lecture notes on data engineering and communications technologies*. – 2023. – Vol. 187. – P. 68–79. – DOI: 10.1007/978-3-031-46573-4_7
226. Nedoluzhko, O. V. Management of Intellectual Capital Development of an Organization Based on the System Contradictions between its Elements / O.V. Nedoluzhko // *Journal of Social Sciences Research*. – 2018. – Special Iss. 3. – P. 228–234.

227. Negroponte, N. Being digital / N. Negroponte. – New York: Alfred A. Knopf, Inc.; Vintage Books, 1995. – 243 p.
228. Neuro-Technologies and Fuzzy Logic for Intellectual Capital Evaluation in Education and Business / N. Pokrovskaya, Y. Margulyan, Y. Lvin [et al.] // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, International Scientific Conference “Digital Transformation on Manufacturing, Infrastructure and Service” (St. Petersburg, 21–22th of November 2019). – St. Petersburg: IOP Publishing, 2020. – Vol. 940. – P. 012090. – DOI: 10.1088/1757-899X/940/1/012090
229. Nguyen Quoc, A. The Impact of the Third Mission on Teaching and Research Performance: Evidence from Academic Scholars in an Emerging Country / A. Nguyen Quoc, M.T. Le, H.H. Pham // SAGE Open. – 2021. – Vol. 11, No. 4. – P. 1–12. – DOI: 10.1177/21582440211054493
230. Nørreklit, H. The balanced scorecard: What is the score? A rhetorical analysis of the balanced scorecard / H. Nørreklit // Accounting, Organizations and Society. – 2003. – Vol. 28, No. 6. – P. 591–619. – DOI: 10.1016/S0361-3682(02)00097-1
231. Novak, V. Insight into Fuzzy Modeling / V. Novak, I. Perfilieva, A. Dvorak. – Wiley, 2016. – 269 p.
232. Olve, N.-G. Performance drivers: A practical guide to using the balanced scorecard / N.-G. Olve, J. Roy, M. Wetter. – Chichester: Wiley, 1999.
233. Penrose, E.T. The Theory of the Growth of the Firm / E.T. Penrose. – Oxford: Oxford University Press, 4th edition (November 23, 2009). – 304 p.
234. Petty, R. Intellectual capital literature review: measurement, reporting and management / R. Petty, J. Guthrie // Journal of Intellectual Capital. – 2000. – Vol. 1, No. 2/3. – P. 155–176. – DOI: 10.1108/14691930010348731
235. Pierce, E. A balanced scorecard for maximizing data performance / E. Pierce // Frontiers in Big Data. – 2022. – Vol. 5. – P. 821103. – DOI: 10.3389/fdata.2022.821103
236. Pishchalkina, I. Application of self-organizing maps for risk assessment of mining and metallurgical enterprises / I. Pishchalkina, E. Tereshko, S. Suloeva // Sustainable Development and Engineering Economics. – 2023. – No. 1 (7). – P. 28–44. – DOI: 10.48554/SDEE.2023.1.2
237. Portfolio selection under different attitudes in fuzzy environment / X. Zhou, J. Wang, X. Yang [et al.] // Information Sciences. – 2018. – Vol. 462. – P. 278–289. – DOI: 10.1016/j.ins.2018.06.013
238. Prahalad, C.K. The Core Competence of the Corporation. In: Hahn D., Taylor, B. (eds) / C.K. Prahalad, G. Hamel // Strategische Unternehmensplanung – Strategische Unternehmensführung. – Springer, Berlin, Heidelberg, 2009. – P. 275–292. – DOI: 10.1007/3-540-30763-X_14

239. Project portfolio risk identification and analysis, considering project risk interactions and using Bayesian networks / F. Ghasemi, M. Sari, V. Yousefi [et al.] // Sustainability. – 2018. – Vol. 10, No. 5. – P. 1609–1631. – DOI: 10.3390/su10051609
240. Purohit, H. Intellectual Capital Disclosures Practices of Indian Firms / H. Purohit, K. Tandon // Business Analyst. – 2017. – Vol. 37, No. 2. – P. 227–238.
241. Radjenovic, T. Intellectual Capital in the Theory of the Firm / T. Radjenovic, B. Krstic // Ekonomika. – 2017. – Vol. 63, No. 4. – P. 13–27.
242. Rahiminezhad Galankashi, M. Portfolio selection: a fuzzy-ANP approach / M. Rahiminezhad Galankashi, F. Mokhtab Rafiei, M. Ghezelbash // Financial Innovation. – 2020. – Vol. 6, No. 1. – P. 1–34. – DOI: 10.1186/s40854-020-00175-4
243. Raskin, L. Performing arithmetic operations over the (L-R)-type fuzzy numbers / L. Raskin, O. Sira // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2020. – Vol. 3, No. 4. – P. 6–11. – DOI: 10.15587/1729-4061.2020.203590
244. Risk reduction in a project portfolio / D. Guan, P. Guo, K. Hipel [et al.] // Journal of Systems Science and Systems Engineering. – 2017. – Vol. 26, No. 1. – P. 3–22. – DOI: 10.1007/s11518-016-5296-2
245. Robust, extended goal programming with uncertainty sets: an application to a multi-objective portfolio selection problem leveraging DEA / N. Mohseny-Tonekabony, S.J. Sadjadi, E. Mohammadi [et al.] // Annals of Operations Research. – 2024. – DOI: 10.1007/s10479-023-05811-7
246. Rohani, A. Prioritising (Ranking) of Indexes for Measuring Intellectual Capital using FAHP and Fuzzy TOPSIS Techniques / A. Rohani, E. Keshavarz, A. Keshavarz // International Journal of Industrial and Systems Engineering. – 2014. – Vol. 21, No. 3. – P. 356–378. – DOI: 10.1504/IJISE.2015.072271
247. Rojas, M.I. La Inversión en Investigación Científica como Medida del Capital Intelectual en las Instituciones de Educación Superior / M.I. Rojas, R.L. Espejo // Información Tecnológica. – 2020. – Vol. 31, No. 1. – P. 79–90. – DOI: 10.4067/S0718-07642020000100079
248. Roos, G. Intellectual capital: Practice of management / G. Roos, S. Pike, L. Fernstrom. – Abingdon, Routledge, 2006.
249. Roos, G. Measuring your Company's Intellectual Performance / G. Roos, J. Roos // Published in Long Range Planning, Special Issue on Intellectual Capital. – 1997. – Vol. 30, No. 3. – P. 413–426.
250. Saddam, S.Z. Modified Value-Added Intellectual Capital (MVAIC): Contemporary Improved Measurement Model for Intangible Assets / S.Z. Saddam, M.N. Jaafar // International Journal of Academic

Research in Accounting Finance and Management Sciences. – 2021. – Vol. 11, No. 1. – P. 201–210.

251. Saint-Onge, H. Tacit knowledge: the key to the strategic alignment of intellectual capital? / H. Saint-Onge // *Strategy and Leadership*. – 1996. – Planning Review. – Vol. 24, No. 2. – P. 10–16.

252. Scherer, F.M. Industrial Market Structure and Economic Performance / F.M. Scherer. – Boston: Houghton Mifflin, 1980. – 632 p.

253. Schultz, T. Investment in human capital / T. Schultz // *American Economic Review*. – 1961. – Vol. 51, No. 1. – P. 1–17.

254. Schwab, K. The Fourth Industrial Revolution. A monograph / K. Schwab. – Moscow: Publishing House “E”, 2017. – 208 p.

255. Sharabati, A.A.A. Intellectual capital and business performance in the pharmaceutical sector of Jordan / A.A.A. Sharabati, S. Naji Jawad, N. Bontis // *Management Decision*. – 2010. – Vol. 48, No. 1. – P. 105–131. – DOI: 10.1108/00251741011014481

256. Smith, A. An inquiry into the nature and causes of the wealth of nations / A. Smith. – Chicago: University of Chicago Press, 1977. – 528 p.

257. Sobel-Read, K.B. Global value chains: A framework for analysis / K.B. Sobel-Read // *Transnational Legal Theory*. – 2014. – Vol. 5, No. 3. – P. 364. – DOI: 10.5235/20414005.5.3.364

258. Solodukhin, K.S. Fuzzy strategic decision-making models based on formalized strategy maps / K.S. Solodukhin // *AEBMR-Advances in Economics, Business and Management Research*. – 2019. – Vol. 47. Proceedings of the International Scientific Conference "Far East Con" (ISCFEC 2018). – P. 543–547. – DOI: 10.2991/iscfec-18.2019.136

259. Solodukhin, K.S. Using expected utility criterion for choosing strategies of interaction of university with stakeholders / K.S. Solodukhin, A.A. Gresko // *World Applied Sciences Journal*. – 2013. – Vol. 27, No. 7. – P. 840–844. – DOI: 10.5829/idosi.wasj.2013.27.07.13690

260. Stewart, T. Intellectual Capital: The new wealth of organization / T. Stewart. – New York: Crown Business Group, 1999. – 320 p.

261. Stonier, T. The Wealth of Information / T. Stonier. – London: Thames Methuen, 1983. – 224 p.

262. Sveiby, K.-E. Methods for Measuring Intangible Assets / K.-E. Sveiby. – URL: https://www.sveiby.com/files/pdf/1537275071_methods-intangibleassets.pdf (accessed date: 26.11.2022).

263. Sveiby, K.-E. What is Knowledge Management? / K.-E. Sveiby // Sveiby: [official website]. – URL: <https://www.sveiby.com/-files/pdf/whatisknowledgemanagement.pdf> (accessed date: 25.11.2022).

264. Tawse, A. Thirty years with the balanced scorecard: What we have learned / A. Tawse, P. Tabesh // *Business Horizons*. – 2022. – Vol. 66, No. 1. – P. 123–132. – DOI: 10.1016/j.bushor.2022.03.005

265. The impact of intellectual capital on innovation via the mediating role of knowledge management: a structural equation modelling approach / B.Y. Obeidat, A. Tarhini, R. Masa'deh [et al.] // *International Journal of Knowledge Management Studies*. – 2017. – Vol. 8, Iss. 3-4. – P. 273–298.
266. The invincible company: How to constantly reinvent your organization with inspiration from the world's best business models / A. Osterwalder, I. Pigneur, F. Etienne [et al.]. – Hoboken, New Jersey: Wiley, 2021. – 400 p.
267. The knowledge toolbox: A review of the tools available to measure and manage intangible resources / N. Bontis, N.C. Dragonetti, K. Jacobsen [et al.] // *European Management Journal*. – 1999. – Vol. 17, No. 4. – P. 391–402.
268. Toffler, A. Knowledge, Wealth, and Violence in the 21st Century / A. Toffler. – Barcelona: Plaza & Janés, 1990. – 585 p.
269. Tools for Assessment of Intellectual Assets of Enterprise Based on Fuzzy Information. Advances in Economics, Business and Management Research / E. Tkachenko, E. Rogova, S. Bodrunov [et al.] // *International Conference on Trends of Technologies and Innovations in Economic and Social Studies (Tomsk, 28–30th of June 2017)*. – Tomsk: Atlantis Press, 2017. – Vol. 38. – P. 671–677. – DOI: 10.2991/ttiess-17.2017.110
270. Vahidi, J. Arithmetic operations on trapezoidal fuzzy numbers / J. Vahidi, S. Rezvani // *Journal of Nonlinear Analysis and Application*. – 2013. – Vol. 2013. – P. 1–8. – DOI: 10.5899/2013/jnaa-00111
271. Van Looy, A. Business process performance measurement: A structured literature review of indicators, measures and metrics / A. Van Looy, A. Shafagatova // *SpringerPlus*. – 2016. – Vol. 5. – P. 1–24. – DOI: 10.1186/s40064-016-3498-1
272. Veltri, S. Measuring Intellectual Capital in the University Sector Using a Fuzzy Logic Expert System / S. Veltri, G. Mastroleo, M. Schaffhauser-Linzatti // *Knowledge Management Research & Practice*. – 2012. – Vol. 12, Iss. 2. – P. 1–18. – DOI: 0.1057/kmrp.2012.53
273. Walsh, J.P. Organizational Memory / J.P. Walsh, G.R. Ungson // *Academy of Management Review*. – 1991. – Vol. 16, No. 1. – P. 57–91.
274. Wang, J. A Fuzzy Set Approach for R&D Portfolio Selection Using a Real Option Valuation Model / J. Wang, W.-L. Hwang // *Omega*. – 2007. – Vol. 35, Iss. 3. – P. 247–257.
275. Wernerfelt, B. The Resource-Based View of the Firm: Ten Years After / B. Wernerfelt // *Strategic Management Journal*. – 1995. – Vol. 16, No. 3. – P. 171–174.
276. Yager, R.R. On the measure of fuzziness and negation Part I: Membership in the unit interval / R.R. Yager // *International Journal of General Systems*. – 1979. – Vol. 5, No. 4. – P. 221–229. – DOI: 10.1080/03081077908547452

277. Zaidouni, A. A Sugeno ANFIS model based on fuzzy factor analysis for IS/IT project portfolio risk prediction / A. Zaidouni, M.A.J. Idrissi, A. Bel-labdaoui // *Journal of Information and Communication Technology*. – 2023. – Vol. 23, No. 2. – P. 139–176. – DOI: 10.32890/jict2024.23.2.1
278. Zander, U. Knowledge and the Speed of the Transfer and Imitation of Organizational Capabilities: An Empirical Test / U. Zander, B. Kogut // *Organization Science*. – 1995. – Vol. 16, No. 1. – P. 76–92.
279. Zhang, X. Project portfolio selection and scheduling under a fuzzy environment / X. Zhang, K.W. Hypel, Y. Tan // *Memetic Computing*. – 2019. – Vol. 11, Iss. 4. – P. 391–406. – DOI: 10.1007/s12293-019-00282-5

Научное издание

Солодухин Константин Сергеевич
Недолужко Ольга Вячеславовна
Завалин Георгий Сергеевич
Макарова Дарья Васильевна

**НЕЧЕТКИЕ МОДЕЛИ И МЕТОДЫ ОЦЕНКИ, ФОРМИРОВАНИЯ
И РАЗВИТИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО КАПИТАЛА ОРГАНИЗАЦИИ
В ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКЕ**

Монография
Редактор И.Г. Шабунина
Компьютерная верстка М.А. Портновой

Подписано в печать: 16.06.2025. Формат: 70 x 100/16

Усл.-печ. л. 10,00. Уч.-изд. л. 8,50.

Тираж 500 экз. (1-й завод 1-50) Заказ 297

Отпечатано в ресурсном информационно-методическом центре
ФГБОУ ВО «Владивостокский государственный университет»
690014, г. Владивосток, ул. Гоголя, 41

ISBN 978-5-9736-0742-5

