

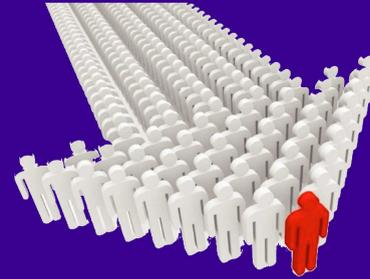
ОПТИМИЗАЦИОННЫЕ МОДЕЛИ ИНВЕСТИРОВАНИЯ В ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ КАПИТАЛ КАФЕДРЫ УНИВЕРСИТЕТА



УПРАВЛЕНИЕ СОВРЕМЕННЫМ УНИВЕРСИТЕТОМ

К.И. Лавренюк
Л.С. Мазелис
В.В. Крюков

ОПТИМИЗАЦИОННЫЕ МОДЕЛИ ИНВЕСТИРОВАНИЯ В ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ КАПИТАЛ КАФЕДРЫ УНИВЕРСИТЕТА



Министерство образования и науки Российской Федерации

Владивостокский государственный университет
экономики и сервиса

К.И. Лавренюк

Л.С. Мазелис

В.В. Крюков

**ОПТИМИЗАЦИОННЫЕ МОДЕЛИ
ИНВЕСТИРОВАНИЯ
В ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ КАПИТАЛ
КАФЕДРЫ УНИВЕРСИТЕТА**

Монография

Владивосток
Издательство ВГУЭС
2016

УДК 378.1:331.108.2
ББК 74.481+65.291.6-21
Л13

Рецензенты: А.А. Цхай, д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры математики и информационных технологий Алтайской академии экономики и права, заслуженный работник высшей школы РФ
И.Г. Лазарев, канд. экон. наук, проректор по стратегическому развитию ВГУЭС

Лавренюк, К.И.

Л13 Оптимизационные модели инвестирования в человеческий капитал кафедры университета [Текст]: монография / К.И. Лавренюк, Л.С. Мазелис, В.В. Крюков; Владивостокский государственный университет экономики и сервиса. – Владивосток: Изд-во ВГУЭС, 2016. – 160 с.

ISBN 978-5-9736-0366-3

Современные модели управления устойчивым развитием университета направлены на достижение поставленных стратегических целей, что возможно только при грамотном и обоснованном инвестировании имеющихся финансовых ресурсов. Одним из приоритетных направлений инвестирования является человеческий капитал университета, оказывающий определяющее влияние на реализацию стратегии развития университета. Данная работа посвящена проблеме выбора оптимальной структуры инвестиций в человеческий капитал бизнес-единицы университета. Представлен инструментарий, позволяющий существенно повысить эффективность процесса принятия решений в области развития человеческого капитала бизнес-единицы за счет инвестиционных вложений в него.

Для руководителей и администраторов всех уровней в системе высшей школы, научных работников, преподавателей и студентов экономических специальностей, занимающихся исследованиями в области экономико-математического моделирования и стратегического управления развитием человеческого капитала.

Табл. 35. Ил. 32. Библиогр.: 129 назв.

УДК 378.1:331.108.2
ББК 74.481+65.291.6-21

ISBN 978-5-9736-0366-3

©Лавренюк К.И., Мазелис Л.С.,
Крюков В.В., текст, 2016

© Владивостокский
государственный университет
экономики и сервиса, издание,
2016

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
Глава 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА ИНВЕСТИРОВАНИЯ В ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ КАПИТАЛ.....	10
1.1. Сущность понятия «человеческий капитал» и модели его оценки.....	10
1.2. Методические основы и инструменты оценки влияния процесса инвестирования на человеческий капитал индивида	23
1.3. Инструментальные средства теории нечетких множеств для моделирования развития человеческого капитала	34
Глава 2. ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ СРЕДСТВА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ИНВЕСТИЦИЙ В ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ КАПИТАЛ БИЗНЕС-ЕДИНИЦЫ УНИВЕРСИТЕТА	47
2.1. Концептуальная модель развития человеческого капитала бизнес-единицы университета за счет инвестирования в него финансовых средств.....	47
2.2. Многопериодная оптимизационная модель распределения инвестиций в человеческий капитал бизнес-единицы университета.....	62
2.3. Определение оптимальной структуры распределения инвестиций в человеческий капитал кафедры университета.....	74

Глава 3. ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ СРЕДСТВА ФОРМИРОВАНИЯ ИНВЕСТИЦИОННОЙ СТРАТЕГИИ В ОБЛАСТИ РАЗВИТИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО КАПИТАЛА БИЗНЕС-ЕДИНИЦЫ УНИВЕРСИТЕТА	96
3.1. Динамическая модель оптимального распределения инвестиций в человеческий капитал бизнес-единицы университета для достижения ее стратегических задач в четкой и нечеткой постановках	96
3.2. Формирование инвестиционной стратегии кафедры в области развития человеческого капитала на основе динамической модели в четкой постановке	103
3.2.1. Формирование инвестиционной стратегии кафедры университета в области управления человеческим капиталом	103
3.2.2. Сравнительный анализ инвестиционных стратегий кафедр университетов России и Китая в области управления человеческим капиталом...	121
3.3. Формирование инвестиционной стратегии кафедры в области развития человеческого капитала на основе динамической модели в нечеткой постановке	132
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	144
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	147

ВВЕДЕНИЕ

В условиях постиндустриального общества и перехода к шестому технологическому укладу одним из важнейших факторов устойчивого развития любой социально-экономической системы, в том числе университета, становится человеческий капитал. Он является одним из главных факторов формирования и развития экономики знаний, а теория о том, что люди являются одним из основных признаков успешного функционирования любой организации, стала одной из основополагающих в современном менеджменте.

Современные модели управления устойчивым развитием университета направлены на достижение поставленных стратегических целей, что возможно только при грамотном и обоснованном инвестировании имеющихся финансовых ресурсов. Одним из приоритетных направлений инвестирования является человеческий капитал университета, оказывающий определяющее влияние на реализацию стратегии развития университета. Декомпозиция стратегических целей на уровень бизнес-единицы университета приводит к необходимости формирования инвестиционной стратегии и оптимального плана мероприятий, позволяющего в максимальной степени достигать целевые значения показателей.

Монография представляет интерес для руководителей университетов и предоставляет им инструменты, позволяющие оптимально распределять инвестиции в человеческий капитал между сотрудниками по направлениям инвестирования и годам в зависимости от начальных параметров бизнес-единицы с учетом имеющейся экономической неопределенности. Для моделирования неопределённости параметров внутренней и внешней среды используется математический аппарат теории нечётких множеств. Таким образом, разработке моделей в четкой и нечеткой постановках, позволяющих в максимальной степени достигать стратегические задачи бизнес-единицы на основе выбора опти-

мальной структуры инвестиций в человеческий капитал, посвящена данная монография.

Значительный вклад в развитие инструментальных средств оценки величины человеческого капитала и влияния инвестиций на развитие человеческого капитала внесли такие западные ученые, как Г. Беккер, Т. Витстейн, Л.И. Дублин, Дж. Кендрик, А.Дж. Лотка, Я. Минсер, А. Сен, Л. Туроу, М. Фридмен. К отечественным ученым, занимавшимся данными вопросами, можно отнести А.И. Добрынина, С.А. Дятлова, А.В. Корицкого, М.М. Критского, Н.А. Скопинцевой, К.Н. Чигорева, В.В. Ульященко. Основные аспекты математического аппарата теории нечетких множеств, используемые при решении оптимизационных задач, рассмотрены в работах А.М. Аниле, Р. Беллмана, В.-Дж. Ванга, Л.А. Заде, А. Кауфмана, В.М. Аньшина, Е.В. Левнера, С.А. Орловского, А.С. Птускина.

В настоящее время существует множество публикаций, посвященных разработке инструментальных средств моделирования процесса инвестирования в человеческий капитал. В исследованиях Лосевой О.В., Козлова А.Н., Колесовой Е.В. и Г.Н. Тугускиной предложены методы количественного оценивания интеллектуального капитала как основы оценки человеческого капитала. Исследования Мироновой А.А., Головановой Е.Н., Соколовой Р.Ф. и Цапенко И.В. посвящены оценке эффективности инвестиций в человеческий капитал организации на основе определения чистой приведенной стоимости, под которой понимается разница между доходами от использования человеческого капитала и затратами на его формирование. Г.И. Колесниковым разработана однопериодная экономико-математическая модель оптимизации инвестиционной программы в области человеческого капитала, в основу которой положен подход к инвестированию финансовых активов и оценке человеческого капитала сотрудников фирмы методом сводных рандомизированных показателей.

Многочисленным публикациям исследователей присущ большой диапазон мнений при освещении отдельных аспектов инвестирования в человеческий капитал и оценке их влияния на человеческий капитал. Однако существующие инструментальные средства не учитывают такие важные стороны процесса инвестирования в человеческий капитал, как: разнородное влияние различных направлений инвестирования на изменение человеческо-

го капитала; многогранность человеческого капитала, проявляющуюся в наборе его характеристик; многопериодность процесса инвестирования в человеческий капитал; начальные параметры рассматриваемого объекта, а именно величину человеческого капитала, возраст, национальную, отраслевую и др. особенности; наличие неопределенности и рисков при принятии решений об инвестировании в человеческий капитал; влияние различных направлений инвестирования на достижение стратегических целей и задач организации; взаимное влияние человеческого капитала бизнес-единицы и дополнительных ресурсных поступлений в нее, возникающих при развитии человеческого капитала.

Учитывая вышеизложенное, можно сделать вывод о том, что существует потребность в разработке моделей в четкой и нечеткой постановках, которые позволили бы не только количественно оценить влияние инвестиционных вложений в человеческий капитал бизнес-единицы на достижение ее стратегических задач в зависимости от начальных параметров бизнес-единицы, но и в условиях ограниченности ресурсов и наличия неопределенности определить оптимальную структуру инвестиций в человеческий капитал по сотрудникам, направлениям инвестирования и годам для максимального продвижения по достижению целевых показателей стратегических задач, а полученные данные легли бы в основу инвестиционной стратегии университета.

Монография состоит из трех глав.

В первой главе **«Теоретические основы моделирования процесса инвестирования в человеческий капитал»** проведен анализ существующих подходов к трактовке понятия «человеческий капитал», в результате которого был выбран подход Г. Беккера, оценивающий человеческий капитал как совокупность врожденных и приобретённых знаний, умений и навыков. Проведен анализ концепций развития человеческого капитала индивида за счет процесса инвестирования в него, в рамках которого выделены основные направления инвестирования и отмечено влияние данных направлений на характеристики человеческого капитала. Проведен анализ инструментальных средств оценки величины человеческого капитала и влияния процесса инвестирования на человеческий капитал индивида, по результатам которого отмечены их недостатки и обоснована необходимость разработки новых моделей, позволяющих оценить развитие челове-

ского капитала бизнес-единицы организации за счет инвестирования в него финансовых средств и определить оптимальную структуру распределения инвестиций в человеческий капитал бизнес-единицы организации в зависимости от набора стратегических задач бизнес-единицы, уровня человеческого капитала и возрастной структуры ее сотрудников, горизонта планирования и других факторов, влияющих на человеческий капитал, с учетом неопределенности, рисков и ограниченности ресурсов. Проведен анализ инструментальных средств теории нечетких множеств, используемых в процессе принятия стратегических решений, в результате которого выделен математический аппарат теории, позволяющий учесть неопределенность при проведении экспертных оценок значений параметров внутренней и внешней среды рассматриваемого процесса.

Во второй главе **«Инструментальные средства распределения инвестиций в человеческий капитал бизнес-единицы университета»** предложена концептуальная модель развития человеческого капитала бизнес-единицы университета за счет инвестирования в него финансовых средств. Данная модель учитывает взаимное влияние человеческого капитала и дополнительных финансовых поступлений в университет при повышении уровня человеческого капитала. Разработана многопериодная оптимизационная модель распределения инвестиций в человеческий капитал бизнес-единицы университета. Данная модель позволяет определить оптимальную структуру распределения инвестиций между сотрудниками по направлениям инвестирования (образование, здравоохранение, воспроизводство и имидж) и годам с целью повышения уровня человеческого капитала бизнес-единицы. Для оптимизационной модели проведен анализ чувствительности по основным входным параметрам модели. Приведен пример применения оптимизационной модели распределения инвестиций в человеческий капитал бизнес-единицы университета. Апробирована оптимизационная модель в зависимости от различных начальных параметров: имеющегося начального уровня человеческого капитала, возрастной структуры и горизонта планирования.

В третьей главе **«Инструментальные средства формирования инвестиционной стратегии в области развития человеческого капитала бизнес-единицы университета»** разработана динамическая модель оптимального распределения инвести-

ций в человеческий капитал бизнес-единицы университета для достижения ее стратегических задач в четкой и нечеткой постановках. Данная модель позволяет формировать инвестиционные стратегии в области развития человеческого капитала бизнес-единицы в зависимости от набора стратегических задач бизнес-единицы, уровня человеческого капитала и возрастной структуры ее сотрудников, горизонта планирования и других факторов, влияющих на человеческий капитал, с учетом неопределенности, рисков и ограниченности ресурсов. Для динамической модели проведен анализ чувствительности по основным входным параметрам модели. Приведены примеры применения динамической модели в четкой и нечеткой постановках. Приведен пример формирования инвестиционных стратегий в области развития человеческого капитала кафедры для российского и китайского университетов, включая сравнительный анализ сформированных инвестиционных стратегий.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-36-00059 (в рамках разработки соответствующих инструментов формирования оптимального портфеля мероприятий инвестиционной стратегии в области управления человеческим капиталом, пп. 2.1, 2.2, 2.3, 3.1, 3.2) и РГНФ в рамках научного проекта № 15-32-01027 (в части разработки соответствующего нечетко-множественного инструментария, пп. 3.1, 3.3).

Глава 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА ИНВЕСТИРОВАНИЯ В ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ КАПИТАЛ

1.1. Сущность понятия «человеческий капитал» и модели его оценки

В новом тысячелетии особое внимание уделяется человеческому капиталу как одному из основополагающих факторов развития любой системы. Теория, согласно которой люди являются одним из основных критериев успешного функционирования организации, стала одной из определяющих в современном менеджменте. В условиях экономики, основанной на знаниях, становится невозможно отрицать, что именно люди являются источником производства блага. Поэтому одним из главных факторов устойчивого развития любой социально-экономической системы, в том числе университета, является аккумуляция и сохранение человеческого капитала. В связи с этим существует необходимость изучения двух важнейших аспектов человеческого капитала: существующие понятия человеческого капитала как экономической единицы и инструменты количественной оценки человеческого капитала.

Начиная с XX века формируется устойчивое понимание того, что именно человек является опорной точкой роста экономики страны. Становление эпохи научно-технического прогресса потребовало принципиального преобразования в структуре производительных сил. В результате качественного изменения условий, характера и содержания труда, конкурентоспособность любой организации стала зависеть от скорости принятия управленческих решений, следовательно, и от качества персонала. Изменения технико-технологических процессов производства привели к существенным изменениям в профессионально-квалификационной структуре рабочей силы. В результате чего потребность

в высококвалифицированных сотрудниках привела к появлению новых взглядов на проблемы образования, мотивации труда, организации и управления производством, что, в свою очередь, привело к осмыслению роли и значимости человека. И уже в середине XX века была предложена расширенная трактовка понятия национального богатства, автором которой является американский экономист и автор теории человеческого капитала Т. Шульц. В своей теории Т. Шульц выделял как одну из главных форм богатства общие и специальные знания человека и его способности к производительному труду [114].

В своей работе «Capital Formation by Education» Т. Шульц отмечал, что «концепция капитала исходит из наличия нечто реально существующего, что обладает экономическим свойством оказывать будущие услуги, имеющие некоторую стоимость... понимание капитала как нечто такого, что оказывает будущие услуги, позволяет приступить к последующему делению целого на две части, а именно: на человеческий капитал и нечеловеческий капитал» [Там же]. Схожая точка зрения была присуща Х. Боуэну и описана им в работе «Investment in Learning»: «В последние десятилетия идея, что капитал состоит из одних физических активов, была подорвана... на ее место постепенно утвердился более всеобъемлющий взгляд, согласно которому капиталом является любой актив – физический или человеческий, обладающий способностью генерировать поток будущих доходов» [80]. В то же время, Дж.В. Кендрик в своей работе «The Formation and Stocks of Total Capital» определил понятие богатства и капитала как «способность на протяжении определенного периода времени создавать продукт и доход, включая нерыночные формы дохода» [101]. Он разделил совокупный капитал на вещественный и невещественный. При этом вещественный капитал обладает собственной материальной формой, в то время как невещественный не обладает, а воплощается в вещественном капитале и способствует повышению его качества и/или продуктивности. Сам совокупный капитал распределяется на капитал, воплощенный в человеке, и человеческий.

Стоит также отметить, что Г.Г. Джонсон в своей работе «Towards a Generalized Capital Accumulation Approach to Economic Development» предложил различать четыре основных разновидности капитала, а именно: частный вещественный капи-

тал, человеческий капитал, воплощенный в самих индивидах, социальный капитал и интеллектуальный капитал, равнодоступный всем членам общества [99].

Во второй половине XX века в экономической науке общепринятым фактом стало понимание того, что национальное богатство формируется как совокупность вещественной и невещественной форм капитала и, тем самым, понятие «человеческий капитал» получило официальный статус. В современной литературе существует множество определений понятия «человеческий капитал», основные из которых приведены в табл. 1.

Таблица 1

Определения понятия «человеческий капитал»

№	Автор определения	Определение
1	2	3
1	Т. Шульц	Человеческий капитал – это совокупность знаний, умений, навыков, использующихся для удовлетворения многообразных потребностей человека и общества в целом [115]
2	Г. Беккер	Человеческий капитал – это совокупность врожденных способностей и приобретенных знаний, навыков и мотиваций, эффективное использование которых способствует увеличению дохода и иных благ [73]
3	Г. Бовен	Человеческий капитал состоит из приобретенных знаний, навыков, мотиваций и энергии, которым наделены человеческие существа и которые могут использоваться в течение определенного периода времени в целях производства товаров и услуг [80]
4	Л. Туроу	Человеческий капитал есть его производительные способности, дарования и знания, реализуемые в производстве товаров и услуг [120]
5	Й. Бен-Порэт	Человеческий капитал – это фонд, функция которого – производство трудовых услуг в общепринятых единицах трудового измерения и который в этом своем качестве аналогичен любой машине как представительнице вещественного капитала [76]

1	2	3
6	М.М. Критский	Человеческий капитал – всеобщая форма экономической жизнедеятельности – итог исторического движения человеческого общества к современному состоянию [25]
7	А.И. Добрынин, С.А. Дятлов, Е.Д. Цыренова	Человеческий капитал – это совокупность всех атрибутивных качеств и свойств, производительных способностей и сил, функциональных ролей и форм, рассматриваемых с позиций системной целостности и адекватных современному состоянию общества эпохи научно-технической и социально-информационной революции, включенных в систему рыночной экономики в качестве ведущего творческого фактора общественного воспроизводства [14]
8	С.А. Дятлов	Человеческий капитал – это целостная, многогранно проявляющая себя человеческая личность... не может быть сведена лишь к своей профессии или образовательному уровню... но, с другой стороны, она без них немислима [15]

Как видно из приведенных в табл. 1 определений, имеется существенный разброс во мнениях авторов. Многие ученые считают, что человеческий капитал неотделим от социальных, психологических, мировоззренческих и культурных свойств и способностей человека. Так, Л.К. Туроу в своей работе «Investment in Human Capital» предполагал, что «человеческий капитал... включает такие свойства человека, как уважение к политической и социальной стабильности, что приобретает в результате соответствующего воспитания и образования... все общества хотят создать индивидуума с определенными будущими предпочтениями... и может рассчитывать на получение известных выгод от различных инвестиционных проектов в человека именно потому, что они изменяют будущие или текущие предпочтения таким образом, что последние становятся совместимыми со стремлениями общества... такие изменения в предпочтениях имеют ценность для общества, но не обязательно – для индивидуума» [120].

По мнению большинства современных ученых, трактовка понятия «человеческий капитал» А.И. Добрынина и С.А. Дятлова

представляется наиболее широкой и соответствующей современным условиям экономики. Предпочтения человека в современных рыночных условиях определяются самими потребителями и стоимостью продукции, а сами потребности меняются в зависимости от уровня образованности и воспитания, которые зависят от культурного, экономического, экологического, политического состояния общества. Отметим, что именно данная трактовка способна ответить на вопрос о том, что общество предоставляет индивиду. Однако для целей нашего исследования недостатками данного подхода является неясность того, что индивид способен дать обществу и неясность того, как можно оценить разнонаправленные «атрибутивные» качества индивидуума.

Значительный вклад в развитие теории человеческого капитала внес в середине 60-х годов Г. Беккер, разработав инструментальный аппарат теории, заключающийся в применении экономического подхода к поведению человека [74]. Данный экономический подход включает в себя принцип рационального оптимизирующего поведения индивидов. В основе подхода лежит гипотеза рациональных ожиданий, согласно которой человек при принятии решений исходит из принципа экономической целесообразности. Анализируя данное Г. Беккером определение человеческого капитала (табл. 1.1), можно сделать вывод о том, что использование имеющихся у индивида врожденных способностей и приобретенных знаний, навыков и мотиваций должно приводить к получению определенного блага для самого индивида.

В своих многочисленных работах Г. Беккер неоднократно отмечал, что «человеческое поведение не стоит разбивать на какие-то отдельные отсеки, в одном из которых оно носит максимизирующий характер, в другом – нет, в одном мотивируется стабильными предпочтениями, в другом – неустойчивыми, в одном приводит к накоплению оптимального объема информации, в другом – не приводит... можно скорее полагать, что все человеческое поведение характеризуется тем, что участник максимизирует полезность при стабильном наборе предпочтений и накапливают оптимальный объем информации и других ресурсов на множестве разнообразных рынков» [Там же]. Г. Беккер предлагал не разрывать понятия «искусный механик» и «навык человека», а рассматривать как совокупность, формирующую человеческий капитал и приводящую к получению определенной полезности,

при этом полезности как для себя самого, так и для общества в целом. Таким образом, для построения экономико-математических моделей распределения инвестиционных средств в человеческий капитал необходимо, во-первых, понимать, как процесс инвестирования влияет на различные стороны человеческого капитала, и, во-вторых, как человеческий капитал влияет на получение итогового результата деятельности организации, а для этого наиболее подходящим подходом к трактовке понятия «человеческий капитал» является подход Г. Беккера.

Как отмечалось выше, понимание того как осуществляется оценка влияния процесса инвестирования на развитие человеческого капитала является важной задачей. Для того, чтобы оценить данное влияние, необходимо, в первую очередь, понимать то, как можно оценить величину человеческого капитала. Попытки измерить стоимость индивида известны еще со времен У. Петти [112]. Так, Ад. Смит и Д. Рикардо полагали, что продается не рабочая сила [113, 118], а труд. К. Маркс предполагал, что рабочий продает не труд, а принадлежащий ему товар – «рабочую силу», которая имеет потребительскую стоимость [109]. С начала XX века появляются работы, в которых авторы пытались рассчитать стоимость отдельного человека, всего населения страны и определить потери общества от болезней и преждевременной смерти.

При определении величины человеческого капитала используются оценочные, предполагающие оценку капитала в относительных единицах, и стоимостные методы измерения. Далее рассмотрим основные модели оценки человеческого капитала.

Л. Туроу предложил оценивать произведенный человеческий капитал как функцию от физического капитала, вложенного человеческого капитала, природных ресурсов и экономических способностей человека:

$$HC = f(K, HC^x, P, EA), \quad (1)$$

где HC – произведенный человеческий капитал; K – затраченный физический капитал; HC^x – вложения человеческого капитала; P – природные ресурсы; EA – экономические способности человека, определяющиеся по следующей формуле:

$$EA = \sum_{t=0}^n \frac{\left(\sum_{\zeta=1}^m (\bar{P}_{\zeta} \cdot \bar{E}_{\zeta}) \right)}{(1+i+u)^t} \Bigg/ \sum_{t=0}^n \frac{\left(\sum_{k=1}^s (P_k \cdot E_k) \right)}{(1+i+u')^t}, \quad (2)$$

где \bar{P}_{ζ} – вероятность заработков; \bar{E}_{ζ} – объем заработков; P_k – вероятность издержек приобретения активов человеческого капитала; E_k – объем издержек приобретения активов человеческого капитала; i – процентная ставка; u – надбавка за неопределенность; u' – надбавка к издержкам за неопределенность; t – время; m – число возможных вариантов заработка; s – число возможных вариантов издержек [120].

На наш взгляд, в рамках данной модели существует несколько недостатков: во-первых, отсутствие верхней границы величины человеческого капитала затрудняет определение того, какой уровень капитала является высоким, а какой – низким; во-вторых, функция (1) является монотонно возрастающей, следовательно, не учитывается износ человеческого капитала, возникающий в результате старения человеческого организма; в-третьих, не прослеживается влияние человеческого капитала на производительность труда и, в следствие чего, на объем заработков.

Другим подходом определения величины человеческого капитала является подход К.Н. Чигорьева, Н.А. Скопинцевой и В.В. Ульященко. Они определяли величину человеческого капитала как совокупность всех затрат, связанных с ним, а именно фонда оплаты труда, затрат на интеллектуальный капитал и затрат на здоровье [66]. Однако, как и в модели Л. Туроу, в данном подходе существуют аналогичные недостатки, а именно отсутствие верхней границы величины человеческого капитала и учета его износа. Также в качестве недостатка можно выделить то, что затраты не приведены к одному моменту времени, т.е. не учитывается ставка дисконтирования, в результате чего рост затрат за счет инфляции приводит к росту человеческого капитала.

Схожая идея была у представителя неоклассической школы М. Фридмена, но он предлагал, во-первых, оценивать величину человеческого капитала как совокупность определенных фондов, обеспечивающих сотруднику непрерывный доход, во-вторых, учитывать при расчетах ставку для перерасчёта будущих потоков доходов в единую величину текущей стоимости [87]. Он

утверждал, что данный доход формируется как суммарный доход от пяти видов имущества: денег, облигаций, акций, предметов потребления длительного пользования и человеческого капитала. Общая величина рассчитывается по следующей формуле:

$$V_0 = \frac{W_1}{(1+r)} + \frac{W_2}{(1+r)^2} + \dots + \frac{W_n}{(1+r)^n}, \quad (3)$$

где W – ожидаемый индивидуумом годовой доход от использования человеческого капитала; n – срок жизни индивидуума в годах; r – ставка дисконтирования.

Кроме первых двух недостатков, выделенных в модели Л. Туроу, модель М. Фридмена не позволяет корректно оценить стоимость человеческого капитала по причине того, что непрерывный доход индивида является скорее результатом использования человеческого капитала нежели оценкой его величины. В результате чего, сотрудники с одинаковой величиной человеческого капитала будут получать разные доходы, ввиду территориальной, отраслевой и прочих особенностей. Например, если индивид работает на севере России, он получает «северную» надбавку, следовательно, и больший доход.

Более сложной моделью оценки величины человеческого капитала, зависящей от возраста, профессии и ренты индивидов, полученной ими при рождении, является модель, предложенная Т. Витстейном и описанная в работе [23]. Он предложил оценивать стоимость человеческого капитала страны с учетом получаемых доходов и производственных затрат. Оценка человеческого капитала осуществляется по следующим формулам:

$$C_n^1 = a \cdot R_0 \cdot \frac{L_0}{L_n} \cdot r^n - a \cdot R_n, \quad (4)$$

$$C_n^2 = X \cdot R_n \cdot \frac{L_N}{L_n} \cdot P^{N-n} - a \cdot R_n, \quad (5)$$

где C_n^1 – стоимость человеческого капитала людей в возрасте n лет, основанная на учете производственных затрат индивидов; C_n^2 – стоимость человеческого капитала людей в возрасте n , основанная на учете доходов индивидов; a – среднегодовые расходы на потребление, включая образование на одного взрослого

определенной профессии; $r = (1 + i)$, где i – рыночная процентная ставка; $P = r^{-1}$; L_n – число людей в возрасте n ; R_n – величина стоимости ренты человека в возрасте n , приобретенной им в момент своего рождения; X – средняя величина будущего дохода на одного человека определенной профессии; N – возраст, в котором человек вступает в трудовую жизнь.

При этом Т. Витстейн предположил, что a и X являются постоянными на протяжении жизни индивидуума. Оба уравнения возможно использовать для оценки величины человеческого капитала в денежном выражении, но, если $N > n$, то проще использовать второе уравнение, основывающееся на доходах.

Проблемой оценки величины человеческого капитала страны занимались Л.И. Дублин и А.Дж. Лотка. В своей работе «On the true rate of natural increase as exemplified by the population of the United States» они предложили модель оценки человеческого капитала США, учитывающую вероятности дожития людей до определенного возраста. Стоимость населения старше возраста a определяется по следующей формуле:

$$V_a = \frac{P_0}{P_a} \cdot \left[\sum_{x=a}^{\infty} V^{x-a} \cdot P_x \cdot (Y_x \cdot E_x - C_x) \right], \quad (6)$$

где V^{x-a} – стоимость одного доллара, полученного через $(x - a)$ лет; P_x – вероятность дожития человека до возраста x ; Y_x – годовой заработок в возрасте от x до $(x + 1)$ лет; E_x – доля занятых в производстве в возрасте от x до $(x + 1)$ лет; C_x – затраты на жизнь индивидов в возрасте x до $(x + 1)$ лет [85].

В моделях Т. Витстейна, Л. Дублина и А. Лотка сохраняются первые два недостатка, выделенные для модели Л. Туроу. Кроме данных недостатков необходимо отметить, что модели определяют величину человеческого капитала на макроуровне, а не отдельно взятого индивида.

Современные методы оценки величины человеческого капитала широко используют относительные оценки его отдельных составляющих. Так, например, по методике ООН происходит оценка развития человеческого потенциала с использованием ин-

декса *HDI*, разработанного А. Сена [116]. Индекс определяется по следующей формуле:

$$HDI = \sqrt[3]{LEI \cdot EI \cdot \Pi} = \sqrt[3]{\frac{LE - 20}{65} \cdot \frac{6MYS + 5EYS}{180} \cdot \frac{\ln(0,01GNIPc)}{\ln(750)}}, \quad (7)$$

где *LEI* – индекс ожидаемой продолжительности жизни при рождении; *EI* – индекс уровня образования; *Π* – индекс реального дохода; *LE* – ожидаемая продолжительность жизни; *MYS* – средняя продолжительность обучения индивида; *EYS* – ожидаемая продолжительность обучения индивида; *GNIPc* – реальные доходы в долларах США.

Анализируя модель А. Сена, можно сделать вывод, что рост величины человеческого капитала происходит за счет трех основных составляющих: повышение качества жизни и здравоохранения, что приводит к росту продолжительности жизни; увеличение продолжительности обучения, что приводит к повышению уровня образования индивида; увеличение реальных доходов. Однако в данной модели не полностью учитываются особенности самого индивида, а именно его профессиональные, личностные и интеллектуальные способности. Отметим, что уровень образования оценивается не качественными показателями, а сроком обучения, следовательно, три года магистратуры дают меньший уровень образования, чем четыре года бакалавриата, что не является верным. Так же, как и в модели М. Фридмена, человеческий капитал тем выше, чем больше реальные доходы, но ввиду территориальной, отраслевой и прочих особенностей профессиональной деятельности, сотрудники с одинаковой величиной человеческого капитала будут получать разные доходы.

Значительных результатов в области разработки инструментальных средств оценки величины человеческого капитала добились следующие современные отечественные авторы: Т.А. Акимочкина [1], Ю.А. Балыбердин [5], Ю.Б. Васенев [9], В.В. Демин [13], Г.В. Карпова [18], С.А. Кацко [19], Г.И. Колесников [22], А.В. Корицкий [23], О.В. Лосева [36], С.И. Макаров [44], Л.С. Обухова [48], В.В. Пересыпкина [50], Н.И. Пирожкова [51] и О.Н. Покусаев [52]. Отметим, что большинство современных моделей оценки величины человеческого капитала построены на относительной оценке отдельных его составляющих, при этом широкое распространение получили экспертные и психоло-

го-личностные методы оценки. Далее рассмотрим некоторые модели вышеприведенных авторов.

В общем виде модель О.Н. Покусаева оценивает величину человеческого капитала как совокупность различных форм (частей) капитала работника с учетом коэффициентов значимости данного капитала для организации [52]. Оценка человеческого капитала работника осуществляется по следующей формуле:

$$\begin{aligned} \text{ЧК}^n = & (\text{ЧК}_{\text{обр}1}^n + \text{ЧК}_{\text{ПК}}^n) \cdot I_{\text{обр}1} + \text{ЧК}_{\text{обр}2}^n \cdot I_{\text{обр}2} + \\ & + \text{ЧК}_{\text{ОР}}^n \cdot I_{\text{ОР}} + \text{ЧК}_{\text{ЛК}}^n \cdot I_{\text{ЛК}} \end{aligned}, \quad (8)$$

где ЧК^n – совокупная величина накопленного человеческого капитала на момент n лет трудового стажа; $\text{ЧК}_{\text{обр}1}^n$, $\text{ЧК}_{\text{ПК}}^n$, $\text{ЧК}_{\text{обр}2}^n$, $\text{ЧК}_{\text{ОР}}^n$, $\text{ЧК}_{\text{ЛК}}^n$ – различные части накопленного человеческого капитала на момент n лет трудового стажа в годах инвестированного времени в форме профессионального образования, повышения квалификации, дополнительного образования, опыта работы и личностных компетенций соответственно, определяются по формулам приведенным в работе [Там же]; $I_{\text{обр}1}$, $I_{\text{обр}2}$, $I_{\text{ОР}}$, $I_{\text{ЛК}}$ – коэффициенты значимости или востребованности соответствующих частей человеческого капитала для работодателя, определяются на основании опроса.

В качестве недостатков данной модели можно выделить следующее: во-первых, функция совокупной величины человеческого капитала является монотонно возрастающей, что не позволяет учесть износ человеческого капитала; во-вторых, профессиональное и дополнительное образования и повышение квалификации скорее являются инструментами увеличения величины капитала, чем его составляющими; в-третьих, оцениваться величина накопленного человеческого капитала начинает после получения высшего образования, при этом не учитываются врожденные способности индивида.

В.В. Пересыпкина предложила использовать систему показателей оценки человеческого капитала выпускника вуза, предусматривающую расчет интегрального индекса, состоящего из трех индексов: развития профессиональных и общекультурных компетенций ($I1$); потенциального заработка выпускника с учетом уровня квалификации и направления подготовки ($I2$); нормы

отдачи инвестиций в высшем образовании ($I3$) [50]. Индекс человеческого капитала выпускников вуза рассчитывается по следующей формуле:

$$ИЧКВВ = \frac{И1 + И2 + И3}{3}, \quad (9)$$

где $И1$, $И2$, $И3$ – нормированные индексы, рассчитываемые по формуле:

$$И = \frac{X - \min(X)}{\max(X) - \min(X)}. \quad (10)$$

При этом для каждого индекса определяются свои показатели оценки X :

- для $И1$ – показатели балльно-рейтинговой системы;
- для $И2$ – величина потенциальной заработной платы лиц данного уровня образования рассматриваемого направления подготовки, определяющаяся по адаптированной формуле Джоргенсона-Фраумени:

$$LIN^{edu} = EMR^{edu} \cdot AIN^{edu}, \quad (11)$$

где EMR^{edu} – вероятность трудоустройства выпускника данной квалификации; AIN^{edu} – величина средней заработной платы человека данного уровня и направления подготовки;

- для $И3$ – норма отдачи инвестиций в высшее образование, определяющаяся по следующей формуле:

$$r = \frac{Y_{\epsilon} - Y_{a\bar{b}}}{C_{\epsilon}}, \quad (12)$$

где Y_{ϵ} и $Y_{a\bar{b}}$ – пожизненные заработки выпускников данного уровня квалификации и лиц, не имеющих такого уровня (уровень квалификации абитуриентов рассматриваемой программы); C_{ϵ} – затраты на получение образования данного уровня.

Отметим, что данная модель не в полной мере учитывает личностные и интеллектуальные способности выпускника вуза, от которых, в том числе, зависят значения показателей $И2$ и $И3$. Также данная модель определяет величину человеческого капи-

тала выпускников вуза, при этом невозможно оценить последующее изменение величины человеческого капитала.

В работе Г.И. Колесникова разработаны методические положения и экономико-математическая модель оценки человеческого капитала сотрудников фирмы методом сводных рандомизированных показателей. Подробный алгоритм оценки человеческого капитала представлен в параграфе 3.2 работы [22]. Основными характеристиками, по которым оценивается уровень человеческого капитала, являются: профессиональные знания и навыки, отношение к работе, организованность, планирование, принятие решений, коммуникация и работа в команде, креативность, исполнительная и трудовая дисциплина. При этом использование данной модели без наличия определенного программного инструмента является достаточно сложной задачей.

В своей работе Ю.А. Балыбердин предлагает значение человеческого капитала рассчитывать по следующей формуле:

$$ЧК(t) = 1 - \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^6 (1 - ЧК_j(t))^2 \cdot V_j^2}{\sum_{j=1}^6 V_j^2}}, \quad (13)$$

где $ЧК(t)$ – величина человеческого капитала в момент времени t , $ЧК(t) \in (0, 1]$; V_j – весовой коэффициент j -й составляющей человеческого капитала; $ЧК_j(t)$ – величина j -й составляющей человеческого капитала в момент времени t (составляющие человеческого капитала: физическое здоровье ($\PhiЗ$), психическое здоровье ($ПЗ$), социальное здоровье ($СЗ$), рассудочный интеллект ($РИ$), творческий интеллект ($ТИ$), компетентностное знание ($КЗ$)), $ЧК_j(t) \in (0, 1]$ [5]. Отметим, что величины составляющих капитала определяются на основании опроса.

Данная модель является наиболее универсальной и учитывающей все вышеприведенные недостатки, но, по-нашему мнению, чтобы учесть все аспекты капитала, необходимо увеличить количество составляющих.

Структура человеческого капитала включает в себя составные части человеческого капитала, именуемые активами или характеристиками капитала. В результате анализа работ экономи-

стов В. Лави [103], М. Льераса и Н. Барра [106] и психологов А.Г. Асмолова [3], А.А. Леонтьева [35], А.Г. Маклакова [45], А.Г. Шмелева [68], Г. Гарнера [89], С. Мадди [107] и Дж. Верча [124] можно выделить три укрупненные группы характеристик человеческого капитала: личностные, интеллектуальные и профессиональные. При этом наполняемость групп у разных авторов отличается, но в среднем в каждую группу входит порядка семи характеристик. Например, Г. Гарнер на основе исследования потенциала личности предложил теорию множественности интеллектуальных способностей и выделил следующие характеристики: лингвистические, пространственные, интраперсональные, интерперсональные, натуралистические, логико-математические и телесно-кинестетические [89].

Таким образом, несмотря на значительное количество исследований в области разработки инструментальных средств оценки величины человеческого капитала, существует необходимость разработки многопериодной модели, позволяющей оценить прирост величины человеческого капитала в результате инвестирования в нее финансовых ресурсов и учитывающей многогранность человеческого капитала, проявляющуюся в наборе его характеристик.

В рамках данного параграфа монографии был проведен анализ существующих подходов к трактовке понятия «человеческий капитал», в том числе выявлена достаточность существующих пониманий термина, позволяющих отразить процессы инвестиционного развития человеческого капитала на уровне отдельно взятого экономического субъекта. Также проведен анализ существующих инструментальных средств, позволяющих определить величину человеческого капитала, в том числе выявлены основные недостатки данных средств.

1.2. Методические основы и инструменты оценки влияния процесса инвестирования на человеческий капитал индивида

До 50-х годов XX века большинство ученых рассматривали рабочую силу как нечто данное и не поддающееся улучшению. Анализ процесса инвестирования в образование и другие виды подготовки, начатый А. Смитом [118], А. Маршаллом [108]

и М. Фридманом [87], не находил отражения в исследованиях по проблемам производительности. Только в 1960-е годы Т. Шульц и другие авторы приступили к выявлению тех последствий, которые инвестиции в человеческий капитал имеют для экономического роста и связанных с этим проблем. Прошло более пятидесяти лет, а количественное оценивание того, как процесс инвестирования влияет на человеческий капитал, по сей день остается актуальной проблемой.

Проведенный в параграфе 1.1 обзор показывает, что в подавляющем большинстве исследований второй половины XX века, посвященных различным аспектам человеческого капитала, выделяется ряд свойств человеческого капитала: во-первых, человеческий капитал формируется в результате реальных затрат; во-вторых, результат использования человеческого капитала может иметь различный эффект; в-третьих, человеческий капитал имеет способность к аккумуляции; в-четвертых, увеличение человеческого капитала должно способствовать росту производительности и качественному изменению труда; в-пятых, человеческий капитал подвержен износу в результате старения человеческого организма. Учитывая эти свойства, можно сделать вывод, что неотъемлемой частью процесса изменения человеческого капитала является процесс инвестирования в него.

В литературе существует множество определений понятия «инвестиции в человеческий капитал». Наиболее всеобъемлющим определением является определение К. Макконелли и С. Брю, данное ими в своей работе «Economics» [110]. «Инвестиции в человеческий капитал – это любое действие, которое повышает квалификацию и способности и, тем самым, производительность труда рабочих... затраты, которые способствуют повышению чьей-либо производительности, можно рассматривать как инвестиции, ибо текущие расходы или издержки осуществляются с тем расчетом, что эти затраты будут многократно компенсированы возросшим потоком доходов в будущем» [110]. Аналогичный подход к определению инвестиций в человеческий капитал предлагается в трудах Т. Шульца [115], Г. Беккера [74], И. Бен-Порэта [76] и Я. Минсера [111]. К основным видам инвестиционных затрат Т. Шульц относил: «школьное образование, обучение на рабочем месте, укрепление здоровья и растущий запас информации относительно экономики» [115]. Ни один из

подходов не противоречит другому в связи с тем, что на практике действия по повышению способностей или квалификации человека требуют определенных вложений.

Большинство исследователей делят инвестиции в человеческий капитал на три группы: расходы на образование, включающие затраты на общее и специальное, формальное и неформальное, явное и скрытое обучения по месту работы; расходы на здравоохранение, включающие затраты на питание, профилактику заболеваний, медицинское обслуживание и улучшение жилищных условий; расходы на мобильность, включающие затраты на перемещение из мест с низкой продуктивностью труда в места с относительно высокой.

Кроме представленных направлений инвестирования в человеческий капитал, многими учеными дополнительно выделяются следующие направления: расходы на поддержание духовной стабильности и интеллектуальной мобильности человека; расходы на поиск значимой информации; расходы на рождение и воспитание детей; расходы на повышение заработной платы за счет выполнения определенных показателей [65, 77, 96].

Многие ученые предполагали, что инвестиции в человеческий капитал напрямую определяют структуру человеческого капитала, а следовательно, влияют на его характеристики, упомянутые в параграфе 1.1. Отметим, что в монографии будет использоваться классификация характеристик, близкая к классификации Г. Гарнера [89], дополненная некоторыми важными характеристиками, выделенными в работах [3, 35, 45, 68, 103, 106, 107, 124]. По нашему мнению, полученный перечень можно дополнить еще двумя характеристиками, а именно опытом профессиональной деятельности сотрудника и его известностью на определенной территории. При этом опыт работы позволяет учесть фактор затраченного времени на получение определенных профессиональных способностей, а известность открывает новые возможности и позволяет увеличить количество получаемого индивидом блага.

Результатом инвестирования в человеческий капитал является приобретение новых знаний и навыков или развитие старых, что способствует развитию определенных характеристик человеческого капитала, а это, в свою очередь, приводит к росту человеческого капитала, производительности труда и доходу. Л. Туроу отмечал: «одни и те же ресурсы, направленные на производство человеческого капитала, могут дать у разных индиви-

дуумов весьма различные размеры человеческого капитала... процессы производства человеческого капитала различаются не только по результатам на единицу вложений, но и по воздействию тех или иных вложений... для одного лица преподаватели могут обеспечить самый эффективный метод обучения; для другого – самым эффективным могут оказаться обучающие машины» [120]. Несмотря на то, что данное высказывание относится к специальному образованию, его можно обобщить и для общего. В результате чего каждый индивид в меру своих способностей и качеств перерабатывает те или иные вложения в знания, тем самым способствуя росту человеческого капитала.

По мнению А.С. Дятлова, функциональный оборот человеческого капитала включает семь последовательных стадий: инвестирование – накопление человеческого капитала – использование человеческого капитала – рост производительности труда – рост денежных доходов – рост уровня потребления, качества жизни – повышение материальной и моральной заинтересованности в новых инвестициях – новое инвестирование [15].

Если учитывать российские реалии, то три последние стадии не являются очевидными, так как линейная зависимость между ростом человеческого капитала, производительностью труда, доходом и мотивациями является не вполне обоснованной. Так, в большинстве работ конца XX – начала XXI вв. экономисты пытались выявить нелинейную зависимость между ростом человеческого капитала и инвестициями в него на макроуровне [7, 12, 46, 57, 58, 70, 77, 91, 117]. Отметим, что для отдельного индивида использовать данные зависимости невозможно.

В результате анализа работ, посвященных процессу инвестирования в человеческий капитал, в дальнейшем будут использоваться следующие общепринятые направления инвестирования, а именно: образование, здравоохранение и воспроизводство (как аналог самоинвестирования). Учитывая определенные характеристики капитала, включим в перечень направлений инвестирования инвестиции, приводящие к повышению известности индивида.

В рамках параграфа 1.1 были рассмотрены инструментальные средства, позволяющие оценить величину человеческого капитала. Вторым важным блоком монографии являются модели оценки влияния различных направлений инвестирования на величину человеческого капитала индивида. Рассмотрим модель

накопления человеческого капитала Г. Беккера, в основе которой лежит рациональное экономическое поведение индивида [74]. Модель учитывает выгоду от дополнительного года обучения, стоимость которого складывается, в том числе, из прямых затрат на приобретение учебных пособий, смену места жительства и упущенных заработков. Величина капитала в результате инвестирования равна:

$$V_a = \sum_{t=a}^n \frac{B_t - C_t}{(1+i)^t}, \quad (14)$$

где V_a – оценка величины человеческого капитала работника в результате инвестирования в возрасте a ; B_t – общая заработная плата; C_t – часть заработной платы, приходящаяся на физический труд; n – возраст, в котором заканчивается активная трудовая деятельность человека; i – процентная ставка.

Отметим, что, по нашему мнению, модель Г. Беккера обладает некоторыми недостатками: во-первых, определять стоимость человеческого капитала сотрудника по его заработной плате возможно только в том случае, если человеку предоставляют возможность реализовать все способности, знания и навыки; во-вторых, под вопросом находится корректность отделения труда и человеческого капитала, в связи с тем, что даже простейший труд невозможен без применения способностей, навыков и мотиваций; в-третьих, чем выше общая заработная плата при условии равной ее части, приходящейся на физический труд, тем выше будет оценка величины человеческого капитала в результате инвестирования, а, следовательно, предположение, что менеджер предприятия будет обладать большей величиной человеческого капитала по причине более высокой заработной платы, нежели ученый или преподаватель университета, не всегда является верным.

Более ценной с практической точки зрения является модель Я. Минсера, показывающая зависимость величины человеческого капитала от доли, направленной на воспроизводство, и накопленного запаса человеческого капитала:

$$Q = \beta(S_t K_t)^b, \quad (15)$$

где β – параметр, характеризующий способности, высота функции; S_t – доля запаса человеческого капитала, направляемая на

его воспроизводство в момент времени t ; K_t – накопленный в момент времени t запас человеческого капитала; b – параметр, характеризующий кривизну функции [111].

В дальнейшем он продолжил свои исследования в развитии инструментария, позволяющего оценить влияние инвестиций на человеческий капитал. В своих работах он впервые применил концепцию производственных способностей индивида к анализу проблемы распределения доходов и использовал функцию заработной платы для определения норм отдачи от инвестиций в образование, расширив модель Г. Беккера [74]. Я. Минсер предположил, что необходимые знания и навыки могут быть получены в процессе обучения, в том числе во время работы или на организуемых работодателем дополнительных курсах, следовательно, заработная плата работников может возрастать по мере увеличения общего трудового стажа. Я. Минсером была предложена следующая зависимость:

$$\ln W = \beta_0 + \beta_1 \cdot SCH + \beta_2 \cdot EXP + \beta_3 \cdot EXP^2 + \beta_4 \cdot X + \varepsilon, \quad (16)$$

где W – заработная плата индивида за фиксированный промежуток времени; SCH – длительность обучения индивида; EXP – опыт работы индивида и трудовой стаж; X – контрольные переменные, влияющие на уровень заработной платы; β_0 – средняя заработная плата работников, не получивших никакого образования, не имеющих опыта работы и занятых на рабочих местах не требующих квалификации; β_1 – норма отдачи от инвестиций в образование на один дополнительный год обучения; β_2, β_3 – нормы отдачи от накопленного опыта работы [111].

В результате анализа модели Я. Минсера можно выделить следующие недостатки: во-первых, данная модель не в полной мере учитывает влияние на конечный результат таких направлений инвестирования, как здравоохранение и известность; во-вторых, не в полной мере учитывает территориальную, отраслевую и прочие особенности профессиональной деятельности (как уже отмечалось в параграфе 1.1, сотрудники с одинаковой величиной человеческого капитала будут получать разные доходы); в-третьих, в рамках данной модели показано влияние инвестиций на заработную плату индивида, а, по-нашему мнению, доход индивида является скорее результатом использования человеческого капитала, нежели его величиной.

Особого внимания заслуживает практическая работа Дж. Кендрика. Он оценивал человеческий капитал на основании статистических данных накопления инвестиций в человека. При этом к инвестициям в человеческий капитал относил затраты на воспитание детей до достижения ими трудоспособного возраста, переподготовку, повышение квалификации, здравоохранение и прочие затраты. Основным недостатком данного метода является отсутствие возможности расчета «чистой стоимости» человеческого капитала и затрат на воспроизводство человеческого капитала [101].

Значительных результатов в области разработки инструментальных средств оценки влияния различных направлений инвестирования на человеческий капитал добились следующие отечественные авторы: Е.Н. Голованова [10], Г.С. Горгуль [11], А.А. Жук [16], Э.Н. Замалетдинова [17], Е.А. Кожушко [21], Г.И. Колесников [22], Т.А. Коркина [24], В.В. Лукашевич [37], С.И. Макаров [44], А.А. Миронов [47], Р.Ф. Соколова [60], Е.В. Филатова [62], С.А. Холонкин [63], И.В. Цапенко [64], А.А. Чирков [67] и Н.В. Шобдоева [69]. Отметим, что большинство современных моделей оценивают влияние инвестиций на человеческий капитал посредством оценки потенциального прироста блага, производимого сотрудником (например, увеличения объема оказанных услуг или произведенной продукции). Далее рассмотрим модели некоторых вышеприведенных авторов.

Г.И. Колесников разработал однопериодную экономико-математическую модель оптимизации инвестиционной программы фирмы в области человеческого капитала, позволяющую определять, в каких сотрудников фирмы целесообразней всего осуществлять вложение инвестиционных ресурсов в рамках инвестиционной программы в области человеческого капитала [22]. При этом модель имеет следующий вид:

$$\begin{aligned}
 U(\omega) &= \sum_{i=1}^n U(\bar{Q}_i) \cdot \omega_i, \\
 \left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^n b_{ir} \cdot \omega_i \leq B_r, \quad r = \overline{1, R}, \\ \omega_i = 0 \text{ или } 1, \quad i = \overline{1, n}, \end{array} \right. & \quad (17)
 \end{aligned}$$

где $U(\bar{Q}_i)$ – полезность i -го сотрудника с точки зрения фирмы; \bar{Q}_i – сводная оценка инвестиционной привлекательности i -го со-

трудника фирмы, которая рассчитывается по формуле:

$$\bar{Q}_i = \sum_{l=1}^k q_l^{(i)} \cdot w_l; \quad q_l^{(i)} - \text{нормировочная оценка инвестиционной привлекательности } i\text{-го сотрудника фирмы с точки зрения } l\text{-го критерия оценки человеческого капитала, которая определяется по формуле: } q_l^{(i)} = \frac{x_l^{(i)} - \text{MIN}_l^{(i)}}{\text{MAX}_l^{(i)} - \text{MIN}_l^{(i)}}; \quad x_l^{(i)} - \text{средняя экспертная оценка человеческого капитала } i\text{-го сотрудника фирмы с точки зрения } l\text{-го критерия оценки, } x_l^{(i)} \in [\text{MIN}_l^{(i)}; \text{MAX}_l^{(i)}]; \quad w_l - \text{важность } l\text{-го критерия оценки человеческого капитала сотрудников фирмы; } \omega_i - \text{биномиальный множитель, принимающий значение } 0, \text{ если } i\text{-й сотрудник не инвестируется фирмой, и значение } 1, \text{ если } i\text{-й сотрудник инвестируется фирмой (} \omega_i \text{ является переменной, по которой осуществляется оптимизация); } b_{ir} - \text{фактический размер инвестиций формы по } r\text{-му направлению инвестирования активов человеческого капитала } i\text{-го сотрудника; } B_r - \text{общий размер инвестиций по } r\text{-му направлению инвестирования активов человеческого капитала сотрудников фирмы; } i = \overline{1, n} - \text{номера сотрудников фирмы; } r = \overline{1, R} - \text{направления инвестирования активов человеческого капитала сотрудников фирмы; } l = \overline{1, k} - \text{количество критериев оценки человеческого капитала сотрудников фирмы (указаны в параграфе 1.1).}$$

Модель Г.И. Колесникова позволяет определить, в каких сотрудников целесообразней всего осуществлять вложение инвестиционных ресурсов, при этом данная модель, во-первых, не определяет оптимальную структуру распределения инвестиций в человеческий капитал между сотрудниками фирмы по направлениям инвестирования активов человеческого капитала сотрудников фирмы; во-вторых, является однопериодной; в-третьих, целевая функция является показательной функцией, зависящей от человеческого капитала и не учитывающей продвижение по достижению стратегических целей организации.

И.В. Цапенко предложила определять эффективность использования инвестиций в человеческий капитал посредством дисконтирования затрат во все его компоненты и выгод от его

использования [64]. В качестве показателя эффективности рассматривается следующий показатель:

$$r_{чк} = \frac{ЧПС}{\sum_{t=0}^n ИЧ(1+i)^{-t}} \cdot 100\%, \quad (18)$$

где $ИЧ$ – общие инвестиции в человеческий капитал, представленный общим фондом заработной платы (дохода) за период времени t ; n – количество лет использования капитала; i – ставка дисконтирования; $ЧПС$ – чистая приведенная стоимость использования человеческого капитала, определяющаяся по следующей формуле:

$$ЧПС = \sum_{t=0}^n \frac{ДЧ}{(1+i)^t} - \sum_{t=0}^n \frac{ИЧ}{(1+i)^t}, \quad (19)$$

где $ДЧ$ – доход на человеческий капитал, представленный общим фондом заработной платы (доходов) за период времени t .

Модель И.В. Цапенко не позволяет корректно оценить эффективность инвестиций по причине того, что сотрудники с одинаковой величиной человеческого капитала могут получать разные доходы, ввиду территориальной, отраслевой и прочих особенностей и, следовательно, одинаковый объем инвестиций, например, для сотрудников, работающих на юге и на севере России, приведет к разной чистой приведенной стоимости использования человеческого капитала и в результате – к разной эффективности инвестиций в человеческий капитал. Также отметим, что эффективность инвестиций в рамках данной модели измеряется только полученным доходом (заработной платой), в свою очередь, другие стратегические цели и задачи организации остаются в стороне, в том числе и сгенерированные денежные доходы.

Е.Н. Голованова предлагает оценивать эффективность инвестиций как зависимость изменения человеческого капитала от инвестиций по четырем направлениям: инвестиции в блок общих знаний; инвестиции в блок специальных знаний; инвестиции в блок технологических навыков; инвестиции в блок здоровья [10]. Функция изменения человеческого капитала имеет следующий вид:

$$\frac{dHC(t)}{dt} = I_{OK}(t - \tau_1) + I_{SK}(t - \tau_2) + I_{TK}(t - \tau_3) + I_{HE}(t - \tau_4), \quad (20)$$

где $\frac{dHC(t)}{dt}$ – изменение человеческого капитала во времени;
 $I_{OK}(t - \tau_1)$ – зависимость инвестиций в общие знания и навыки

сотрудника от времени с учетом лага τ_1 для данного вида инвестиций, условные денежные единицы; $I_{SK}(t - \tau_2)$ – зависимость инвестиций в специальные знания и навыки сотрудника от времени с учетом лага τ_2 для данного вида инвестиций, условные денежные единицы; $I_{TK}(t - \tau_3)$ – зависимость инвестиций в технические знания и навыки сотрудника от времени с учетом лага τ_3 для данного вида инвестиций, условные денежные единицы; $I_{HE}(t - \tau_4)$ – зависимость инвестиций в здоровье сотрудника от времени с учетом лага τ_2 для данного вида инвестиций, условные денежные единицы.

Как отмечает сам автор, модель носит теоретический характер, так как оценить на практике все входящие слагаемые достаточно сложно [10].

Модель А.А. Миронова позволяет оценить эффективность инвестиций в человеческий капитал на основе системы многофакторных мультипликативных моделей, в которых показатели эффективности инвестиций в человеческий капитал являются факторами-сомножителями, а результативными выражают финансовые показатели работы компании [47]. Мультипликативные модели имеют следующий вид:

$$P = \frac{P}{T'} \times \frac{T'}{T} \times \frac{T}{Q} \times Q, \quad \frac{NP}{Q} = \frac{NP}{Z'} \times \frac{Z'}{Z} \times \frac{Z}{Q}, \quad (21)$$

где P – прибыль от продаж; $\frac{P}{T'}$ – прибыль от продаж на одного

среднесписочного работника прошедшего обучение; $\frac{T'}{T}$ – доля

работников, прошедших обучение, в общей численности персонала компании; $\frac{T}{Q}$ – трудоемкость продаж; Q – объем продаж;

$\frac{NP}{Q}$ – рентабельность продаж по чистой прибыли; $\frac{NP}{Z'}$ – чистая

прибыль на рубль затрат на обучение и профессиональное разви-

тие; $\frac{Z'}{Z}$ – доля затрат на обучение и профессиональное развитие в общих затратах на персонал; $\frac{Z}{Q}$ – затраты на рубль продаж.

В модели А.А. Миронова определена эффективность инвестиций от двух направлений инвестирования – образование и профессиональное развитие, при этом не рассматриваются такие важные направления, как воспроизводство (или самоинвестирование) и здравоохранение. В модели не в полной мере учитывается фактор времени и сохраняются недостатки, описанные для модели И.В. Цапенко.

Учитывая вышеизложенное, можно сделать вывод, что многочисленным публикациям исследователей присущ большой диапазон мнений при освещении отдельных аспектов оценки влияния инвестиций на человеческий капитал. Однако существующие инструментальные средства не учитывают такие важные стороны процесса инвестирования человеческого капитала, как: разнородное влияние различных направлений инвестирования на изменение человеческого капитала; многопериодность процесса инвестирования в человеческий капитал; начальные параметры рассматриваемого объекта, а именно величину человеческого капитала, возраст, национальную, отраслевую и др. особенности; наличие неопределенности и рисков при принятии решений об инвестировании в человеческий капитал, возникающих в результате субъективного суждения экспертов и формирования части параметров инструментальных средств посредством их вербальной оценки; влияние различных направлений инвестирования на достижение стратегических целей и задач организации.

В рамках данного параграфа монографии проведен анализ существующих инструментальных средств, позволяющих оценить влияние процесса инвестирования на человеческий капитал. В рамках анализа, несмотря на широкий спектр существующих моделей, были выявлены основные недостатки данных инструментов, в том числе на устранение которых будет направлена данная монография.

1.3. Инструментальные средства теории нечетких множеств для моделирования развития человеческого капитала

В последнее время в теории нечетких множеств динамично растет количество прикладных исследований, основанных на методологии теории [128]. Теория нечетких множеств используется повсеместно: в базах данных и знаний, управляющих системах, системах поддержки принятия решений и др. областях [121]. Существует множество работ, посвященных применению нечетко-множественного аппарата в экономической сфере, например, при принятии стратегических решений, определении оптимального портфеля инвестиционных мероприятий, анализе экономических рисков и др. областях [2, 55, 97, 122 и др.].

В традиционном смысле множество определяется своими элементами, принадлежность любого элемента x из универсального множества X множеству A может быть представлена двумя состояниями, а именно 0 (не принадлежит) или 1 (принадлежит). Утверждение о том, что элемент x является или не является элементом множества A , можно выразить с помощью функции принадлежности $\mu_A(x)$. Однако на практике во многих ситуациях данная двузначность «принадлежит – не принадлежит» является весьма проблематичной и не соответствующей действительности. Учитывая, что граница между элементами, входящими и не входящими в множество, может быть размытой, зачастую сложно дать четкий ответ на вопрос о значениях функции принадлежности в рамках формальной логики. Выход из данной ситуации, предложенный Л.А. Заде [128], заключался в том, чтобы расширить булеву логику и говорить о том, что элемент может принадлежать множеству с различной степенью принадлежности (т.е. $\mu_A(x) \in [0; 1]$). Функция принадлежности отражает степень точности знания или представления о сложном понятии. Нечеткость понятия вызвана неопределенностью/ размытостью его содержательного смысла. Введение понятия нечеткости обусловлено вопросами, связанными с системами управления, где стандартный подход к управлению не позволяет использовать опыт и знания, накопленные на практике [55].

Определение нечеткого множества выглядит следующим образом. Пусть X – универсальное множество и x – элемент из X . Нечетким множеством A на множестве X называется совокупность пар вида $(x, \mu_A(x))$, где $x \in X$ и $\mu_A(x)$ – функция от x , принимающая значения от 0 до 1 и называемая функцией принадлежности нечеткому множеству. Значение функции $\mu_A(x)$ для конкретного элемента x называется степенью принадлежности данного элемента нечеткому множеству A [75].

Функция принадлежности может быть задана двумя способами: в виде непрерывной функции; в виде набора упорядоченных пар вида $(x, \mu_A(x))$. При этом все операции в теории нечетких множеств основываются на использовании функции принадлежности, а вопрос выбора данной функции является одним из основных вопросов теории [56]. Построение функции принадлежности зачастую носит субъективный характер и является некой гипотезой восприятия эксперта [49], однако с помощью данной функции исследователь получает возможность использовать аппарат анализа и оценки существующих альтернатив.

При традиционном подходе зачастую реальный мир представляется точными моделями, при этом во многих случаях не обращается внимания на качественные факторы. Отметим, что данные факторы обладают большой значимостью для объективного моделирования. Теория нечетких множеств позволяет формализовать качественные знания и защищает первоначальную информацию от искажения, вносимого при обычном жестком представлении параметров и целевых функций моделей [72]. На практике возможно сохранение принципов многих традиционных моделей с наличием размытия их параметров. В теории нечетких множеств нечеткие числа вводятся как инструмент для численного представления размытых величин. При этом арифметические операции расширяются для того, чтобы их можно было использовать для операций с нечеткими числами.

Неопределенность задач управления может быть связана не только с неформализуемостью определенных данных, но и с неточным представлением отдельных числовых параметров [54]. Для описания подобной категории неопределенности используется понятие нечеткого числа, которое является нечетким множеством специального вида. Нечеткие числа предоставляют удобное

средство моделирования для процессов с неоднозначными представлениями параметров [84]. Нечетким числом называется выпуклое нечеткое множество A , определение на множестве действительных чисел R с унимодальной функцией принадлежности [34].

Определение операций с нечеткими числами, их свойства можно найти в работах [72, 86, 88, 90, 98, 100, 123].

Нечеткое число A называется положительным, если все $x \in \text{Supp}A$ положительны, и отрицательным, если все $x \in \text{Supp}A$ отрицательны.

Пусть A и B – нечеткие числа с функциями принадлежности $\mu_A(x)$ и $\mu_B(x)$; c – обычное число. Определим для них следующие арифметические операции.

Сумма $A + B$ – нечеткое число с функцией принадлежности $\mu_{A+B}(x) = \max_{x_1+x_2=x} \min(\mu_A(x_1), \mu_B(x_2))$, $x_1 \in \text{Supp}A, x_2 \in \text{Supp}B$. $A + c$ – нечеткое число с функцией принадлежности $\mu_{A+c}(x) = \mu_A(x - c)$.

Множеством α -уровня нечеткого множества $(x, \mu_A(x))$ называется обычное множество, состоящее из всех тех элементов универсального множества X , для которых выполняется неравенство $\mu_A(x) \geq \alpha$.

Отметим главные свойства нечетких чисел, выделенные в работе [102]:

- каждое нечеткое число может полностью и однозначно быть представлено его α -уровнями;
- α -уровни каждого нечеткого числа являются закрытыми интервалами действительных чисел для всех $\alpha \in [0; 1]$.

Трапециевидным нечетким числом называется такое нормальное нечеткое число, функция принадлежности которого может быть задана трапезоидной функцией f_m [49].

Обозначим $A = [a_1, a_2, a_3, a_4]$, $B = [b_1, b_2, b_3, b_4]$, $\alpha \in [0; 1]$. Основные операции с трапециевидными положительными нечеткими числами определяются в терминах интервальной арифметики следующим образом:

$$a) A \pm B = [a_1 \pm b_1, a_2 \pm b_2, a_3 \pm b_3, a_4 \pm b_4],$$

$$\text{б) } A_\alpha \cdot B_\alpha = [a_1 \cdot b_1, a_2 \cdot b_2, a_3 \cdot b_3, a_4 \cdot b_4],$$

$$\text{в) } A/B = \left[\frac{a_1}{b_4}, \frac{a_2}{b_3}, \frac{a_3}{b_2}, \frac{a_4}{b_1} \right] [83].$$

Для практических задач необходимо определить операцию «больше или равно» для нечетких чисел. Используя определение, данное в работе [34], будем считать, что нечеткое число A больше или равно на уровне α нечеткого числа B , если найдется $t \in \text{Supp}A$ такое, что $\mu_A(t) \geq \alpha$ и $t \geq s$ для всех $s \in \text{Supp}B$, таких что $\mu_B(s) \geq \alpha$. Отметим, что в данном определении используется понятие α -уровня. Это бывает полезно, когда при решении задачи приходится задаваться минимальным уровнем принадлежности нечетких чисел, т.е. допустимым уровнем нечеткости.

Особое место в теории нечетких множеств занимает понятие лингвистических переменных, играющих основную роль при решении задач, в которых доминирующими факторами являются неточность и неполная достоверность. Данное понятие подробно описано в работе [75]. Лингвистической переменной называется переменная, значениями которой являются не числа, а слова или предложения естественного или формального языка. Так как слова являются менее точными, чем числа, концепция лингвистической переменной обеспечивает приближенное описание явлений, которые являются слишком сложными или неточными, чтобы быть описанными в обычных количественных терминах [93].

Лингвистическими переменными можно описать сложные и плохо формализуемые явления, которые нельзя описать количественно. При решении практических задач лицо, принимающее решение, может выражать свои оценки в терминах лингвистических переменных. Переменные часто характеризуются мерами, имеющими непрерывные значения. Искусственное разделение данных значений на два или три класса в зависимости от изменений слишком грубо и игнорирует тот факт, что переход из одного класса в другой может быть постепенным, а границы между классами размыты [54].

Формально лингвистическая переменная описывается набором $(X, T(X), U, G, M)$, где X – название лингвистической переменной; $T(X)$ – терм-множество X , т.е. множество значений лингвистической переменной X ; U – универсальное множество; G –

синтаксическое правило, порождающее термины множества $T(X)$; M – семантическое правило, которое каждому лингвистическому значению X ставит в соответствие его смысл $M(X)$, причем $M(X)$ – нечеткое множество, определенное на универсальном множестве U с базовой переменной u .

Синтаксические правила описывают операции по порождению производных значений лингвистической переменной, т.е. расширению числа ее значений. Конкретное название X , порожденное синтаксическим правилом G , называется термом. Первичным термом называется терм, состоящий из одного слова. Составным термом называется терм, состоящий из нескольких слов.

С помощью семантических правил происходит отображение переменной в нечеткие множества и обратные преобразования. Смысл лингвистического значения X характеризуется функцией совместности, которая каждому элементу $u \in U$ ставит в соответствие значение совместности первичных термов с совместностью составных термов. Данные правила обеспечивают формализацию качественных знаний.

Обычно универсальное множество U , отражающее значения подобных лингвистических переменных, представляется интервалом $[0, 1]$. Лингвистические оценки субъективны, в связи с этим для их описания вполне подходят треугольные или трапециевидные функции принадлежности, с которыми затем удобно выполнять все необходимые операции. В качестве примера рассмотрим лингвистическую переменную «оценка важности той или иной стратегической задачи». Функции принадлежности значений имеют вид «минимальная важность», «низкая важность», «средняя важность», «высокая важность» приведены на рис. 1.



Рис. 1. Функции принадлежности значений

Структура лингвистической переменной приведена в табл. 2.

Таблица 2

Структура лингвистической переменной

Значения лингвистической переменной	Значение базовой переменной										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Функции принадлежности										
Минимальная важность	0,0	0,5	1,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Низкая важность	0,0	0,0	0,0	0,5	1,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Средняя важность	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	1,0	0,5	0,0	0,0	0,0
Высокая важность	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	1,0	0,5	0,0

Существует множество задач принятия решений, для которых точная информация в количественной форме недоступна, а может быть представлена только в качественной форме, и в этих случаях необходимо использовать лингвистический подход. Например, невозможно точно оценить величину человеческого капитала и влияние различных направлений инвестирования на развитие человеческого капитала, а наиболее простым для эксперта является использование слов естественного языка вместо числовых величин. Это может быть вызвано различными причинами, описанными в работе [95]. Иногда информация не может быть количественной из-за ее происхождения. В других случаях точная количественная информация не может быть установлена, потому что она либо недоступна, либо ее получение требует слишком больших затрат, тогда как приблизительные значения вполне подходят [55].

Лингвистический подход – это методика, которая позволяет представлять некоторые нечеткие аспекты задачи лингвистическими переменными, то есть не числами, а словами и выражениями естественного или искусственного языка [92]. В литературе можно найти множество описаний применения техники анализа принятия

решений с использованием лингвистических переменных для практической деятельности, например, при восстановлении информации [79], выборе технологий трансфертных стратегий [82], в маркетинговой деятельности [126], при разработке программного обеспечения [105], в образовании [104] и так далее.

Разработка математических и компьютерных моделей для решения стратегических задач в условиях неопределенности представляет собой важную проблему [20]. В последние годы число работ по исследованию операций и менеджменту в данном направлении постоянно растет. Однако многие методы и модели не в полной мере отвечают реальным требованиям к принятию решений, например, данные методы и модели в основном нацелены для нахождения оптимального решения для одной цели [119]. Многие предприятия готовы решать стратегические задачи с использованием новых средств, разработанных в области искусственного интеллекта, но при создании данных систем необходимо ответить на ряд вопросов, представленных в работе [71].

Использование традиционных оптимизационных моделей затрудняется их большой трудоемкостью и сложностью и тем, что их результаты часто не устраивают лиц, принимающих решение [39]. Карлссон в своей работе [81] отмечает следующие основные тезисы критики традиционного подхода к моделированию реальных задач управления и планирования: математические постановки задач слишком упрощены и абстрактны; математические модели не дают адекватного отражения реальных проблем; полученные решения являются неудобными для использования и не соответствуют реальным запросам.

Данная критика утрирована, но не лишена смысла и должна приниматься во внимание, т.е. необходимы новые подходы к моделированию реальных задач менеджмента. Такой подход возможен в рамках теории нечетких множеств, предлагающей адекватные модели и предоставляющей гибкость и свободу выбора лицу, принимающему решение. Применение аппарата теории нечетких множеств для решения стратегических задач в области распределения инвестиционных средств между сотрудниками бизнес-единицы предлагается в данной работе.

Теория нечетких множеств позволяет моделировать задачу стратегического управления с неточными данными и понятиями, а нечеткие алгоритмы позволяют решать слабо структурированные

задачи. При этом не существует необходимости в упрощении предположений при построении алгоритмов. При нечетком подходе сложные явления могут быть представлены адекватно. В данной ситуации можно использовать частичные знания, даже если они неполные и представлены только в виде вербальных оценок [81].

Если цель принятия решения состоит в нахождении экстремума какой-либо функции, формально представляющей одно из основных свойств альтернатив на допустимом множестве альтернатив, определяемом заданными в виде равенств и неравенств ограничениями, то используются модели математического программирования.

Если предпочтения заданы в форме экспертных знаний, пришедших из практики, то для обработки входной информации выбирается методология экспертных систем. Правила выбора могут быть неформальными, если выбор решения зависит от условий внешней среды, предыдущих решений, субъективных оценок лиц, принимающих решения [4].

Если интерпретация модели предполагает совмещение признаков двух типов, т.е. решения задач, сложных с вычислительной точки зрения и использующих неформализуемые процедуры и правила, то возникает необходимость построения интеллектуальных систем, использующих традиционные методы математического моделирования и экспертных систем.

В рассматриваемой нами задаче определения оптимальной структуры распределения инвестиций в человеческий капитал между сотрудниками бизнес-единицы по направлениям инвестирования и годам для максимального продвижения по достижению стратегических задач бизнес-единицы часть входных параметров определяется на основании экспертного опроса, следовательно, возникает потребность в использовании нечетких чисел и применении методов теории нечетких множеств.

Экономико-математические модели являются базисом для исследования экономических процессов, в том числе процесса инвестирования в человеческий капитал, разработки эффективных инструментов управления и планирования, а точность и обоснованность анализа и управления зависят от объективности и точности отражения в инструментальных средствах реальных экономических процессов, связей между параметрами модели, ограничений модели, достоверности используемой информации [Там же].

Математическое программирование предлагает методы решения задач нахождения экстремума функций при ограничениях в форме уравнений или неравенств и именно такие задачи с большим числом переменных возникают при планировании большинства экономических процессов [55]. При моделировании прикладных задач математического программирования целевая функция и ограничения должны отражать многочисленные реальные факторы. При этом целевые функции и ограничения включают существенную часть параметров, значения которых определяются экспертно, т.е. субъективно исходя из природы параметров, опыта, формулировки проблемы [56]. Причем для большинства задач данные значения экспертам заранее известны неоднозначно, неточно, что и предопределяет представление параметров нечеткими числами [81]. Теория нечетких множеств предоставляет математический аппарат для представления смысловой нечеткости слов человека, для возможности математически обрабатывать субъективные данные. Теория нечетких множеств позволяет описывать нечеткие понятия и знания, оперировать данными знаниями и делать нечеткие выводы.

Отметим, что ранее для задач моделирования процесса инвестирования в человеческий капитал элементы теории нечетких множеств не использовались. В связи с этим рассмотрим пример использования нечетко-множественного подхода для решения задачи формирования портфеля проектов, описанный в работе [2]. Оптимизационная задача имеет следующий вид:

$$\sum_{i=1}^n V_i \cdot x_i \rightarrow \max, \quad \left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^n C_{it} \cdot x_i \leq B_t, \forall t, \\ \sum_{i=1}^n R_{ikt} \cdot x_i \leq R_{kt}, \forall k, t, \\ \sum_{i=1}^n \sum_{t=1}^T SI_{ij} \cdot C_{it} \cdot x_i \leq S_j^U, \forall j, \\ \sum_{i=1}^n \sum_{t=1}^T SI_{ij} \cdot C_{it} \cdot x_i \geq S_j^L, \forall j, \\ PR_{pq} \cdot (x_q - x_p) \leq 0, \forall p, q, \\ x_i \in \{0, 1\}, \forall i, \end{array} \right. \quad (24)$$

где V_i – ценность i -го проекта; C_{it} – затраты на i -й проект на стадии t ; R_{ikt} – количество специалистов направления k , необходимый i -му проекту на стадии t ; $SI_{ij} = 1$, если i -й проект соответствует j -ой стратегической цели, и 0, если i -й проект не соответствует j -ой стратегической цели; $PR_{pq} = 1$, если q -й проект связан с проектом p отношением импликации, т.е. проект q включаем в портфель, то и проект p необходимо включить в портфель, и 0, в противном случае; B_t – бюджет портфеля на стадии t ; R_{kt} – количество специалистов направления k , доступных на стадии t ; S_j^U – максимальный совокупный бюджет, который можно потратить на достижение стратегической цели j ; S_j^L – минимальный совокупный бюджет, который необходимо потратить на достижение стратегической цели j . Отметим, что показатели C_{it} , R_{ikt} , V_i являются нечёткими числами. Предполагается, что проекты, включённые в портфель, синхронно проходят все стадии.

Отметим, что модель содержит нечёткие ограничения трёх видов: бюджетные ограничения, ограничения на человеческие ресурсы и стратегические ограничения.

Далее фиксируются уровни достоверности λ_B , λ_R , λ_S , γ для ограничений и целевой функции. В результате получается следующая система соотношений:

$$\left\{ \begin{array}{l} \max v \\ N \sum_{V_i \cdot x_i} (v, v, \infty, \infty) \geq \gamma, \\ N \sum_{C_{it} \cdot x_i} (B_t) \geq \lambda_B, \forall t, \\ N \sum_{R_{ikt} \cdot x_i} (R_{kt}) \geq \lambda_R, \forall k, t, \\ N \sum_{SI_{ij} \cdot C_{it} \cdot x_i} (S_j^U) \geq \lambda_S, \forall j, \\ N \sum_{SI_{ij} \cdot C_{it} \cdot x_i} (S_j^L) \geq \lambda_S, \forall j, \\ PR_{qp} (x_q - x_p) \leq 0, \forall p, q, \\ x_i \in \{0, 1\}, \forall i. \end{array} \right. \quad (25)$$

В том случае, если все нечеткие числа, входящие в модель, являются трапециевидными, то осуществляется переход к задаче чёткого целочисленного линейного программирования при помощи элементов теории возможностей, для решения которой используются стандартные методы.

В рамках данного параграфа монографии были проанализированы основные элементы теории нечетких множеств, включая существующий математический аппарат теории, и существующие инструментальные средства теории, использующиеся для поддержки принятия стратегических решений. В результате анализа были отмечены основные плюсы использования элементов теории нечетких множеств при решении задач поддержки принятия стратегических решений и обоснована потребность в использовании данных элементов при решении задачи оптимального распределения инвестиций в человеческий капитал.

Выводы по главе 1

1. Начиная со второй половины XX века особое внимание уделяется человеческому капиталу, как одному из основополагающих факторов развития любой социально-экономической системы. Теория, предложенная Т. Шульцем, предполагала расширенную трактовку понятия «человеческий капитал», возлагающую на индивида роль основного фактора функционирования любой организации. Анализ показал, что в большинстве исследований конца XX века человеческий капитал рассматривался как совокупность способностей, знаний, навыков и мотиваций индивида, используемых им для удовлетворения потребностей общества. Отметим особую роль Г. Беккера в развитии теории человеческого капитала, предложившего рассматривать человеческий капитал как совокупность врожденных и приобретенных характеристик, формирующих человеческий капитал и приводящих к получению полезности для индивида и общества в целом, при этом сам индивид исходит из принципа рационального оптимизирующего поведения. В монографии выбран подход Г. Беккера к определению «человеческого капитала», который, по нашему мнению, наиболее широко охватывает различные стороны понятия «человеческий капитал».

Анализ инструментальных средств оценки величины человеческого капитала показал, что существует два основных метода оценки: стоимостной и оценочный. Превалирующим мето-

дом в большинстве работ конца XX – начала XXI вв. является оценочный метод, позволяющий определить величину человеческого капитала в относительных единицах. Несмотря на значительное количество работ, посвящённых данному вопросу, по нашему мнению, существующие инструменты не учитывают многогранность человеческого капитала, проявляющуюся в наборе его характеристик и некоторых начальных параметрах рассматриваемого объекта, а именно национальная, отраслевая и др. особенности. Отметим, что стоимостные методы оценки величины человеческого капитала также не подходят для решения задач оптимального распределения инвестиций в человеческий капитал по причине того, что они ориентированы на получение дохода, а университет не является коммерческой организацией, следовательно, он не ориентирован на получение доходов.

2. Анализ научных исследований, посвященных различным аспектам теории человеческого капитала, показал, что в подавляющем большинстве работ второй половины XX века выделяется ряд свойств человеческого капитала: человеческий капитал формируется в результате затрат; результат использования человеческого капитала имеет различные эффекты; человеческий капитал имеет способность к аккумулярованию; увеличение человеческого капитала способствует росту производительности труда; человеческий капитал подвержен износу в результате старения индивида. В связи с этим, преобладающее количество работ второй половины XX в. в области человеческого капитала посвящено изучению влияния реальных затрат (в дальнейшем получивших название «инвестиции в человеческий капитал») на человеческий капитал индивида. Отметим, что большинство ученых под инвестициями в человеческий капитал понимали любые затраты, приводящие к повышению производительности труда индивида. Данный подход является актуальным и для монографии. Анализ работ, посвященных процессу инвестирования в человеческий капитал, показал, что основными и общепринятыми направлениями инвестирования являются образование, здравоохранение и воспроизводство. При этом инвестиции влияют на человеческий капитал посредством влияния на его характеристики. Отмечено, что к основным группам характеристик человеческого капитала относятся личностные, интеллектуальные и профессиональные характеристики. Для того чтобы учесть имею-

щийся формальный опыт работы и известность индивида на определенной территории, по-нашему мнению, необходимо добавить две характеристики человеческого капитала: опыт профессиональной деятельности и имидж на определенной территории. Чтобы возможно было развивать характеристику «имидж на определенной территории» необходимо дополнить направления инвестирования в человеческий капитал направлением «имидж».

Анализ инструментальных средств оценки влияния процесса инвестирования на величину человеческого капитала показал, что большая часть существующих инструментов оценивает влияние через стоимостные величины, т.е. определяет прирост финансово-экономических показателей в результате инвестирования в индивида финансовых средств. При этом, по нашему мнению, существующие инструменты не учитывают некоторые важные стороны процесса инвестирования: разнородное влияние различных направлений инвестирования на изменение человеческого капитала; многопериодность процесса инвестирования в человеческий капитал; наличие неопределенности и рисков при принятии решений об инвестировании в человеческий капитал; влияние различных направлений инвестирования на достижение стратегических целей и задач организации. Следовательно, существует потребность в разработке инструментальных средств, позволяющих оценить влияние различных направлений инвестирования на человеческий капитал индивида и влияние человеческого капитала на достижение стратегических целей организации, в частности бизнес-единицы университета.

3. Анализ инструментальных средств поддержки принятия стратегических решений показал, что во многих случаях значения параметров инструментов определяются экспертно, т.е. субъективно исходя из природы параметров, опыта и формулировки проблемы. В связи с этим возникает неопределенность при принятии решений, учесть которую позволяет аппарат теории нечетких множеств. В результате проведенного анализа было отмечено, что существует множество примеров использования аппарата теории нечетких множеств для решения оптимизационных задач принятия решений, но при моделировании процесса инвестирования в человеческий капитал аппарат теории нечетких множеств ранее не использовался.

Глава 2. ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ СРЕДСТВА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ИНВЕСТИЦИЙ В ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ КАПИТАЛ БИЗНЕС- ЕДИНИЦЫ УНИВЕРСИТЕТА

2.1. Концептуальная модель развития человеческого капитала бизнес-единицы университета за счет инвестирования в него финансовых средств

Чтобы оценить влияние инвестиций, вложенных по разным направлениям инвестирования на человеческий капитал бизнес-единицы университета, необходимо иметь понимание процесса развития человеческого капитала данной единицы в результате инвестирования в него финансовых средств, включающих реинвестированные средства, привлеченные сотрудниками самой единицы в прошлом периоде, и необходимый инструментарий, позволяющий количественно оценить данное развитие. В связи с этим существует потребность в разработке концептуальной модели, позволяющей оценивать развитие человеческого капитала бизнес-единицы университета за счет инвестирования в него финансовых средств и учитывать взаимное влияние капитала бизнес-единицы и дополнительных ресурсных поступлений в нее, возникающих при развитии человеческого капитала [31].

В основе предлагаемой концептуальной модели лежат:

– понятие «человеческий капитал сотрудника бизнес-единицы», уточненный и систематизированный перечень его характеристик, учитывающий специфику деятельности данной единицы;

– понятие «уровень человеческого капитала сотрудника бизнес-единицы» и инструмент его оценки, включая шкалу его измерения;

– понятие «инвестиции в человеческий капитал», уточненный перечень направлений инвестирования в человеческий

капитал и выделенные каналы влияния различных направлений инвестирования на характеристики капитала;

– понятие «привлеченные за интервал времени сотрудником бизнес-единицы финансовые средства» и выделенные источники привлечения финансовых средств сотрудниками университета;

– динамическое описание взаимного влияния человеческого капитала бизнес-единицы и дополнительных ресурсных поступлений в нее, возникающих при развитии человеческого капитала.

В результате анализа существующих подходов к определению человеческого капитала, проведенного в п. 1.1, под человеческим капиталом сотрудника бизнес-единицы будем понимать совокупность врожденных способностей и приобретенных знаний, умений и навыков сотрудника бизнес-единицы, обеспечивающих его эффективное и рациональное функционирование как производственного фактора развития [74].

Человеческий капитал сотрудника описывается определенным набором характеристик, зависящих от специфики рассматриваемой деятельности. В п. 1.1 выделены три укрупненные группы характеристик человеческого капитала, а именно личностные, интеллектуальные и профессиональные. Для каждой группы уточнен и систематизирован перечень характеристик. Для учета всех аспектов человеческого капитала дополним предложенные группы еще двумя, а именно опытом работы в профессиональной сфере и имиджем на определенной территории. Таким образом, в монографии предложена система описания характеристик человеческого капитала, состоящая из пяти укрупненных групп.

1. Личностные характеристики – это вид социально-значимых качеств, способствующих адаптации и успешности человека в обществе [89]. К данным характеристикам относятся: мыслительные, речевые, рефлексивные, творческие, эмоционально-чувствительные и поведенческие.

2. Интеллектуальные характеристики – это общий умственный потенциал человека и степень реализации способностей, которые он целесообразно использует для приспособления к жизни [Там же]. Г. Гарнер на основе исследования потенциала личности предложил теорию множественности интеллектуальных способностей и выделил следующие характеристики: интраперсональные, интерперсональные, логико-математические, лингвистические, пространственные, телесно-кинестетические и натуралистические.

3. Профессиональные характеристики – это профессиональные навыки и знания, сформированные человеком во время

его трудовой деятельности [89]. К данным характеристикам относятся: коммуникация, обучаемость, принятие решений, многозадачность, организация и проактивность.

4. Опыт работы в профессиональной деятельности – это характеристики, зависящие от сферы деятельности бизнес-единицы, в которой работает сотрудник. Например, к данным характеристикам относится наличие опыта работы в организационно-управленческой / экономической / научно-технической / плановой / проектно-экономической / других сферах деятельности.

5. Имидж на определенной территории – это характеристики, учитывающие известность сотрудника на определенной территории. Например, к данным характеристикам относится наличие имиджа на территории муниципального образования / региона / макрорегиона / страны / мира.

В монографии человеческий капитал сотрудника бизнес-единицы университета описывается следующим набором характеристик, выделенным в работе [30]:

1) мыслительная – способность исследовать и делать логические выводы по полученной информации, развивать внимание и память;

2) речевая – способность правильно, ясно и логично использовать речь;

3) рефлексивная – способность к осмыслению и осознанию собственных форм и предпосылок деятельности, анализу содержания и методов познания;

4) эмоционально-чувствительная – способность человека к восприятию этических и эстетических норм и пониманий;

5) поведенческая – способность достигать поставленные задачи;

6) творческая – способность человека, позволяющая ему с определенной степенью успешности овладевать и совершенствовать определенную деятельность с использованием творческой составляющей;

7) лингвистическая – способность к овладению языком и исследованию слов;

8) логико-математическая – способность исследовать предметы и понятия в их взаимоотношениях и взаимосвязях;

9) пространственная – способность создавать недействительную модель пространственного расположения предмета и использовать модель;

10) телесно-кинетическая – способность придавать форму предмету;

11) интраперсональная – способность вырабатывать модель самого себя и использовать данную модель для успешного функционирования в жизни;

12) интерперсональная – способность воспринимать мотивы других людей и понимание того, как с ними работать;

13) натуралистическая – способность распознавать и классифицировать природные объекты;

14) коммуникация – способность взаимодействовать с людьми;

15) многозадачность – способность одновременно участвовать в нескольких проектах и инициативах и решать одновременно несколько задач;

16) принятие решений – способность самостоятельно решать поставленные задачи как в повседневных, так и критических ситуациях;

17) организация – склонность сотрудника к организационным навыкам;

18) проактивность – способность функционировать адекватно определенным жизненным принципам, независимо от обстоятельств окружающей среды;

19) обучаемость – это способность к овладению новыми знаниями;

20) опыт педагогической деятельности;

21) опыт научной деятельности;

22) имидж на территории региона;

23) имидж на территории страны;

24) имидж на территории мира.

Для каждой характеристики человеческого капитала вводится понятие уровня, показывающее количественную оценку степени владения сотрудником бизнес-единицы данной характеристикой. Каждому сотруднику бизнес-единицы поставим в соответствие вектор-функцию:

$$X_i(t) = (x_{i1}(t), x_{i2}(t), \dots, x_{ij}(t)), \quad i = 1, \dots, N, \quad j = 1, \dots, M, \quad (26)$$

где $x_{ij}(t)$ – значение j -й характеристики человеческого капитала i -го сотрудника бизнес-единицы в момент времени t ,

$x_{ij}(t) \in [0; 100]$; N – количество сотрудников бизнес-единицы университета; M – количество характеристик, описывающих человеческий капитал сотрудника бизнес-единицы университета.

Значение $x_{ij}(t)$ определяется в результате экспертного оценивания i -го сотрудника руководством бизнес-единицы. Для минимизации субъективности при определении значений характеристик человеческого капитала можно использовать различные инструменты, например:

– исследовать личностные характеристики позволяют такие инструменты, как: тесты Роршаха, Люшера, Майнера, Лири, Стреляу, Леонгарда, тематический апперцептивный тест, миннесотский многопрофильный личностный опросник, стандартизированный метод исследования личности, 16-факторный опросник Кеттелла и др.;

– исследовать интеллектуальные характеристики позволяют такие инструменты, как: краткий ориентировочный тест, тест Айзенка, шкала измерения интеллекта Векслера, культурно-свободный тест на интеллект Кеттеллома, диагностика структуры интеллекта Амхауэра и др.;

– исследовать профессиональные характеристики позволяют такие инструменты, как: тесты на выполнение отдельных видов работ, тесты, моделирующие условия деятельности, деловые игры, ролевые игры и др.;

– исследовать характеристики имиджа позволяют такие инструменты, как: анализ публикационной активности сотрудника на Web-сайте www.elibrary.ru, анализ количества запросов о сотруднике в различных поисковых системах в сети Интернет, анализ информации в открытом доступе и предоставленном портфолио и др.

Учитывая вышеизложенное, введем понятие уровня человеческого капитала бизнес-единицы университета. Под уровнем человеческого капитала бизнес-единицы университета понимается средняя количественная оценка врожденных способностей и приобретенных знаний, умений и навыков всех сотрудников бизнес-единицы университета, определяющаяся по следующей формуле:

$$S(t) = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M \alpha_j \cdot x_{ij}(t)}{N}, \quad \sum_{j=1}^M \alpha_j = 1, \quad (27)$$

где $S(t)$ – уровень человеческого капитала бизнес-единицы университета в момент времени t , $S(t) \in [0; 100]$; α_j – весовой коэффициент, характеризующий важность j -й характеристики человеческого капитала, $\alpha_j \in [0; 1]$.

Весовые коэффициенты определяются на основании предположений о важности той или иной способности таких российских и зарубежных психологов, как А.Г. Маклаков [45], А.Г. Шмелев [68], А.Г. Асмолов [3], Г. Гарнер [89] и С. Мадди [107] и результатов экспертной оценки компетентных топ-менеджеров университетов. Отметим, что весовые коэффициенты определяются на основании вербальных оценок экспертов, при этом каждый эксперт обладает определенным уровнем компетенций по данному вопросу, определяющимся также вербально. Для того чтобы учесть неопределенность при оценке весовых коэффициентов важности, переведем полученные вербальные оценки в нечеткие трапециевидные числа (табл. 3).

Таблица 3

Перевод лингвистической переменной в нечеткие числа

Значения лингвистической переменной	Значение базовой переменной									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Функции принадлежности									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1. Важность характеристики человеческого капитала										
Не важна	1	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0
Минимальная важность	1	1	0,5	0	0	0	0	0	0	0
Низкая важность	0	0,5	1	1	0,5	0	0	0	0	0
Средняя важность	0	0	0	0,5	1	1	0,5	0	0	0
Высокая важность	0	0	0	0	0	0,5	1	1	0,5	0
Максимальная важность	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2. Оценка уровня компетенций респондента										
Уровень компетенций респондента не позволяет ответить на вопрос	1	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0
Респондент имеет интуитивное представление	1	1	0,5	0	0	0	0	0	0	0
Респондент может логически обосновать ответ	0	0,5	1	1	0,5	0	0	0	0	0
Респондент имеет практические или теоретические знания	0	0	0	0,5	1	1	0,5	0	0	0
Респондент имеет практические и теоретические знания	0	0	0	0	0	0,5	1	1	0,5	0
Респондент является экспертом	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	1

Учитывая нечеткие числа, формула консолидации мнений различных экспертов имеет следующий вид:

$$a_p = \sum_{q=1}^Q a_p^q \cdot f(c_p^q), \quad (28)$$

где a_p – консолидированная оценка респондентов по p -му вопросу; a_p^q – оценка q -го респондента при ответе на p -й вопрос, нечеткое число; c_p^q – оценка уровня компетенций q -го респондента при ответе на p -й вопрос, нечеткое число; $f(c_p^q)$ – функция важности респондента, например, при линейной зависимости $f(c_p^q) = c_p^q / \sum_{q=1}^Q c_p^q$ оценки респондентов «сглаживаются» про-

порционально поставленной оценки компетентности; Q – количество опрашиваемых респондентов.

Для того чтобы определить весовые коэффициенты важности характеристик человеческого капитала, необходимо произвести нормировку консолидированных оценок следующим образом: консолидированную оценку важности i -й характеристики разделить на сумму всех консолидированных оценок важности характеристик. В том случае, когда решаемая задача имеет четкую постановку, в качестве консолидированных оценок берутся значения медиан трапецевидных нечетких чисел.

В результате проведенных расчётов определены следующие значения весовых коэффициентов важности характеристик в четких числах: мыслительная – 0,062, речевая – 0,103, рефлексивная – 0,041, эмоционально-чувствительная – 0,083, поведенческая – 0,124, творческая – 0,021, лингвистическая – 0,025, логико-математическая – 0,033, пространственная – 0,058, телесно-кинестическая – 0,041, интраперсональная – 0,017, интерперсональная – 0,008, натуралистическая – 0,050, коммуникация – 0,037, многозадачность – 0,025, принятие решений – 0,012, организация – 0,050, проактивность – 0,074, обучаемость – 0,062, опыт педагогической деятельности – 0,033, опыт научной деятельности – 0,017, имидж на территории региона – 0,004, имидж на территории страны – 0,008 и имидж на территории мира – 0,012.

Стоит отметить, что данные весовые коэффициенты учитывают требования российского рынка образовательных услуг. Значения коэффициентов меняются в зависимости от национальной и профессиональной специфик объекта.

Учитывая формулы (26) и (27), уровень человеческого капитала бизнес-единицы принимает значения от 0 до 100. Введем шкалу измерения уровня человеческого капитала от 0 до 100, заранее исключив сотрудников с нулевым уровнем [0; 10), так как человек с данным уровнем человеческого капитала имеет все характеристики близкие к нулю, что невозможно для квалифицированного сотрудника любой организации (рис. 2).

Грамотное управление университетом означает наличие программы его стратегического развития. Программа стратегического развития университета обладает комплексным характером, направленным, в первую очередь, на удовлетворение запросов всех заинтересованных сторон. Одним из приоритетных направлений

развития университета в рамках программы является накопление и сохранение человеческого капитала. При этом одна из идей программы заключается в том, что инвестиции в человеческий капитал должны приводить к достижению стратегических целей университета, в том числе, способствовать выполнению ключевых показателей оценки эффективности деятельности вузов.

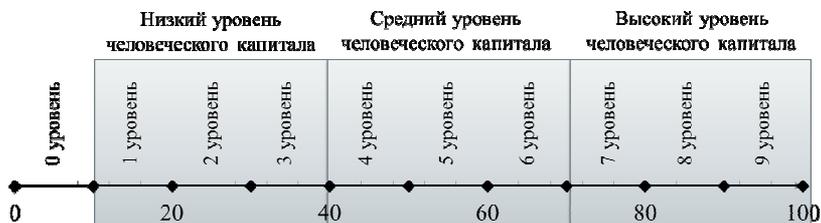


Рис. 2. Шкала измерения уровня человеческого капитала

Многостадийность стратегического планирования выражается в разработке планов на различные временные периоды, в соответствии с которыми для достижения стратегических целей университета выделяют четыре стадии: прогнозирование (на горизонт планирования от 5 до 10 лет); перспективное планирование (от 2 до 5 лет); текущее планирование (от 1 до 2 лет); оперативное планирование (до 1 года).

Таким образом, оценку изменения человеческого капитала бизнес-единицы университета в результате инвестирования в развитие ее человеческого капитала финансовых средств для достижения стратегических задач бизнес-единицы целесообразно осуществлять на стадии перспективного планирования.

Учитывая вышеизложенное, рассмотрим задачу с заданным горизонтом планирования T . В каждый момент времени t , где $t = 0, 1, \dots, T-1$, университет инвестирует финансовые ресурсы в человеческий капитал своей бизнес-единицы в рамках реализации программы стратегического развития.

В результате анализа существующих подходов к определению инвестиций человеческого капитала, проведенного в п. 1.2, под инвестициями в человеческий капитал понимаются все затраты, направленные на повышение производительности труда [110]. В работах [74, 115, 120] рассматриваются три основных направления инвестирования в человеческий капитал сотрудника

фирмы, а именно образование, здравоохранение и самоинвестирование. В рамках данных направлений многими зарубежными и российскими учеными выделяются виды инвестирования. Для того чтобы учесть современные экономические и социально-психологические тенденции, в монографии предлагается уточненный перечень направлений инвестирования в человеческий капитал сотрудника, а именно рассматриваются четыре направления: образование, здравоохранение, воспроизводство и имидж.

В рамках каждого направления с учетом общемировой практики были выявлены и систематизированы наиболее результативные виды инвестирования в человеческий капитал.

1. Образование является процессом получения и усвоения знаний, умений и навыков сотрудника. Инвестиции в образование включают расходы на специальное и общее, формальное и неформальное образование, подготовку на рабочем месте. К основным методам обучения сотрудников относятся самообразование, долгосрочное образование, краткосрочное образование и наставничество.

Самообразование – это процесс, постоянно действующий в жизни каждого сотрудника. Характеризуется данный метод тем, что сотрудник приобретает знания путем самостоятельных занятий. Он может включать в себя изучение тематической литературы, посещение тематических выставок, семинаров, изучение работы других специалистов и многое другое. Данный метод может поощряться руководством компании. В большинстве случаев данный метод один из самых менее затратных.

Долгосрочное образование – это процесс, непосредственно связанный со стратегическими целями университета. Это инвестиции в будущее, которые окупятся лишь через несколько лет. Долгосрочное образование – один из самых дорогостоящих методов обучения персонала. Долгосрочное образование включает в себя такие формы, как *master of business administration*, второе высшее образование и подготовка кадров высшей квалификации.

Краткосрочное образование – это процесс, связанный с оперативными целями университета. Краткосрочное образование окупается гораздо быстрее и позволяет в максимально короткие сроки решать те или иные задачи управления. Данный вид обучения включает в себя самый широкий набор различных форм повышения квалификации персонала, а именно тренинг, семинар,

курс по повышению квалификации, workshops, коучинг, стажировка, ротация и электронное обучение.

Наставничество – этот вид развития персонала может быть, как краткосрочным (на испытательный период или для повышения эффективности сотруднику подбирается наставник), так и долгосрочным, близким к ученичеству.

2. Здравоохранение является процессом сохранения и поддержания физического и психического уровня здоровья человека. Отсутствие политики управления здоровьем ведет к тому, что у сотрудников могут возникнуть хроническое чувство усталости и стрессы, а отсутствие сотрудников по причине болезни ведет к перераспределению функционала между другими сотрудниками и снижению эффективности функционирования университета в целом. К основным методам улучшения качества здравоохранения для сотрудников относятся профилактика заболеваний, медицинское обслуживание и улучшение жилищных условий.

Профилактика заболеваний является самым обширным комплексом мер, включающим в себя отсеивание на уровне собеседования, правильное оформление рабочего места, согласование гибкого графика работы и питания. Однако самыми широко распространенным и эффективным методом на сегодняшний день являются инвестиции в здоровый образ жизни.

Медицинское обслуживание включает в себя плановые осмотры, вакцинацию, в том числе, добровольное медицинское страхование сотрудников. Данный метод помогает предотвратить заболевание либо способствовать восстановлению сотрудника в минимальные сроки, так как своевременное обращение к специалисту сокращает сроки лечения.

Одной из важнейших сторон качества жизни является уровень жилищных условий. Улучшение жилищных условий является одним из самых эффективных методов привлечения и удержания квалифицированных специалистов. Существует множество вариантов по внедрению данного метода. Наиболее популярными являются, например, организация взаимодействия сотрудника с различными участниками процесса или предоставление сотруднику субсидий.

3. Воспроизводство является процессом восполнения жизненных благ и средств сотрудника. Увеличение заработной платы повышает мотивацию сотрудника и эффективность его ра-

боты. Однако данный вопрос очень сложен и приносит пользу только в комплексной проработке. Простое увеличение заработной платы в современных экономических условиях является неэффективным. Проблема заключается в том, что зачастую сотрудники, получающие высокую заработную плату, работают не так эффективно, как ожидалось. В результате чего возникает необходимость разработки эффективной системы финансовой мотивации, предполагающей использование индивидуального подхода. На текущий момент можно выделить несколько методов инвестирования в воспроизводство, а именно: выплата процента от реализованных товаров и услуг, вознаграждения за выполнение поставленных стратегических задач и индивидуального вознаграждения.

Самым простым методом является выплата процента от реализованных товаров и услуг. База, с которой устанавливается процент, может быть любой в зависимости от того, какие ресурсы управления у сотрудника и какую цель преследует университет. Данная модель заставляет сотрудников работать на результат. Каждый понимает, что эффективность его работы влияет на то, какой размер заработной платы у него будет.

Денежные выплаты за выполнение поставленных целей включают в себя бонусы, надбавки, периодические и единовременные премии. На сегодняшний момент он наиболее популярен. Денежные выплаты осуществляются при достижении установленных университетом показателей.

Индивидуальные вознаграждения одному или нескольким сотрудникам за владение определенными навыками, стаж работы, достижение определенного уровня. Считается, что помимо финансовой составляющей для сотрудников важно ощущение признания, понимания своей ценности.

4. Имидж является результатом процесса формирования в общественном и/или индивидуальном сознании мнений рационального и эмоционального характера о сотруднике. Имидж сотрудников – важный ресурс университета, поэтому в современном мире все более важными становятся инвестиции в имидж, благодаря которым сотрудники университета становятся известными на территории региона, страны и мира. Известный сотрудник привлекает новых студентов, а значит, новые средства и инвестиции. Кроме того, стоит учитывать, что от имиджа сотрудни-

ка напрямую зависит репутация университета. Методы увеличения известности сотрудника практически не отличаются от методов формирования имиджа организации. Основными методами повышения известности сотрудника университета являются оплата издательских расходов публикаций сотрудника и публикаций о сотруднике в печатных периодических изданиях и участия сотрудников в городских, региональных, всероссийских и международных мероприятиях (например, телевизионные мероприятия, форумы, конференции).

Каждый вид инвестиционных вложений в сотрудника бизнес-единицы в той или иной мере приводит к росту его человеческого капитала за счет изменения описывающих данный капитал характеристик. На основании анализа работ российских и зарубежных психологов о влиянии различных направлений инвестирования на разнонаправленное развитие личностных, интеллектуальных и профессиональных качеств человека [3, 68, 89, 124] систематизированы и расширены следующие каналы влияния инвестиций в человеческий капитал на его характеристики (рис. 3):

– инвестиции в образование влияют на личностные, интеллектуальные и профессиональные характеристики, при этом в большей степени на мыслительные, речевые, лингвистические, логико-математические, пространственные, телесно-кинетические, интраперсональные, интерперсональные, натуралистические, коммуникация, многозадачность, принятие решений и организация;

– инвестиции в здравоохранение влияют на личностные и интеллектуальные характеристики, при этом в большей степени на рефлексивные, эмоционально-чувствительные, поведенческие, творческие, лингвистические, логико-математические, пространственные, телесно-кинетические, интраперсональные, интерперсональные и натуралистические;

– инвестиции в воспроизводство влияют на личностные и профессиональные характеристики, при этом в большей степени на рефлексивные, эмоционально-чувствительные, поведенческие, многозадачность, принятие решений, проактивность, организация и обучаемость;

– инвестиции в имидж влияют на личностные характеристики и характеристики известности на территории, при этом в

большей степени на характеристики известности на определенной территории.

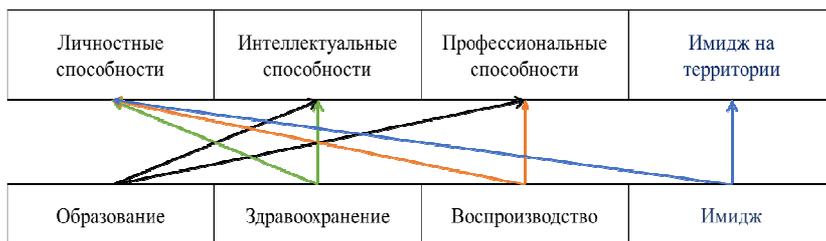


Рис. 3. Каналы влияния инвестиций на характеристики человеческого капитала

Учитывая выделенные каналы влияния, в дальнейшем рассматриваются каналы, обладающие наибольшей степенью влияния для каждого направления инвестирования, остальными каналами мы пренебрежем.

Каждый сотрудник, в зависимости от своего уровня человеческого капитала, способен привлекать определенный объем финансовых ресурсов. Для бизнес-единицы университета возможно выделить следующие основные источники привлечения финансовых ресурсов сотрудниками: основные и дополнительные образовательные программы; научные гранты и фонды; хозяйственные научно-исследовательские работы; консультации и сопровождение деятельности иных организаций (например, предоставление услуг переводчика).

Часть привлеченных сотрудником университета финансовых средств в следующем году вновь может направляться на повышение уровня человеческого капитала бизнес-единицы, в которой работает сотрудник. Таким образом, в рамках рассматриваемой задачи, инвестиции в человеческий капитал бизнес-единицы складываются из двух составляющих: $\hat{B}(t)$ – финансовые средства для инвестирования в человеческий капитал, запланированные для бизнес-единицы по программе стратегического развития университета в момент времени t ; $\beta(t) \cdot \sum_{i=1}^N B_i(t)$ – часть

привлеченных бизнес-единицей средств за интервал времени $[t-1, t]$, направленная на повышение человеческого капитала, где

$\beta(t)$ – коэффициент изъятия в момент времени t , $\beta(t) \in [0; 1]$;
 $B_i(t)$ – функция привлеченных i -м сотрудником финансовых средств за интервал времени $[t-1, t]$.

В результате вышеизложенного появляется взаимосвязь человеческого капитала бизнес-единицы и дополнительных ресурсных поступлений в нее, возникающих при развитии человеческого капитала. Графическое представление динамического описания данного влияния приведено на рис. 4.



Рис. 4. Влияние человеческого капитала бизнес-единицы и дополнительных финансовых поступлений

Предлагаемая концептуальная модель описывает процесс развития человеческого капитала бизнес-единицы университета в результате инвестирования в человеческий капитал финансовых средств. В рамках концептуальной модели систематизированы и дополнены характеристики, описывающие человеческий капитал сотрудника; описано понятие уровня человеческого капитала, включая метод его оценки; определены основные направления

инвестирования в человеческий капитал, в том числе, в рамках каждого направления выделены и систематизированы основные виды инвестирования; систематизированы и расширены каналы влияния инвестиций в человеческий капитал на его характеристики; выявлены основные источники привлечения финансовых средств сотрудниками бизнес-единицы; описано взаимное влияние человеческого капитала бизнес-единицы и дополнительных ресурсных поступлений в нее, возникающих при развитии человеческого капитала.

2.2. Многопериодная оптимизационная модель распределения инвестиций в человеческий капитал бизнес-единицы университета

В рамках реализации программы стратегического развития университет направляет часть финансовых средств на развитие имеющегося потенциала человеческого капитала сотрудников бизнес-единиц. В результате чего перед руководством бизнес-единицы возникает необходимость оптимального распределения данных средств между сотрудниками по направлениям инвестирования. Поэтому рассмотрим задачу выбора оптимальной структуры распределения инвестиций в человеческий капитал между сотрудниками по направлениям инвестирования и годам с горизонтом планирования T для достижения максимально возможного уровня человеческого капитала бизнес-единицы университета. Для ее решения в работе разработана оптимизационная математическая модель [27, 29, 41, 42].

Для построения модели необходимо иметь функциональное описание изменения значений характеристик человеческого капитала сотрудника в зависимости от объема и структуры вложенных в него финансовых ресурсов. Для построения такой зависимости следует учитывать следующее:

1) ежегодный объем инвестиций в человеческий капитал бизнес-единицы университета ограничен объемом финансовых средств $V_{\text{бюджет}}$, выделенных бизнес-единице по программе стратегического развития университета;

2) инвестиции по r -му направлению влияют на характеристики согласно каналам влияния (см. п. 2.1) с учётом степени

влияния, которое можно трактовать как усвоение инвестиций для данной характеристики;

3) увеличение возраста сотрудника приводит к устареванию способностей, знаний, умений и навыков, что, в свою очередь, является причиной понижения усвоения инвестиционных средств в человеческий капитал и увеличивает трудность повышения его уровня;

4) для повышения человеческого капитала сотрудника с более низким уровнем необходимо меньше инвестиций, чем для повышения человеческого капитала сотрудника с более высоким уровнем;

5) целесообразно использовать нормировочные функции, показывающие, какой объем инвестиций необходимо вложить в определенное направление инвестирования для того, чтобы значения характеристик человеческого капитала сотрудника с уровнем 10 выросли на 10 пунктов, при условии полного усвоения и без учёта возраста.

На основании приведенных соображений предлагается следующая функция, позволяющая найти прирост значения характеристики человеческого капитала сотрудника в результате инвестирования в него финансовых средств:

$$\Delta x_{ij}^r(t+1) = \lambda_j^r \cdot Z(\tau_i) \cdot \frac{\hat{B}(t) \cdot \gamma_i^r(t)}{B^{r \text{ норм}}} \cdot 10 \cdot \left[1 - \left(\frac{x_{ij}(t) - 10}{90} \right)^s \right], \quad (29)$$

где λ_j^r – коэффициент усвоения инвестиций по r -му направлению инвестирования для j -й характеристики человеческого капитала, $\lambda_j^r \in [0; 1]$; $Z(\tau_i)$ – функция усвоения инвестиций в зависимости от возраста сотрудника, $Z(\tau_i) \in [0; 1]$; τ_i – возраст i -го сотрудника; $\gamma_i^r(t)$ – доля инвестиционных средств, направляемая в i -го сотрудника по r -му направлению в момент времени t , $\gamma_i^r(t) \in [0; 1]$, $\sum_{r=1}^4 \sum_{i=1}^N \gamma_i^r(t) = 1$; $\hat{B}(t)$ – финансовые средства для

инвестирования в человеческий капитал, запланированные для бизнес-единицы по программе стратегического развития универ-

ситета в момент времени t ; $B^{r \text{ норм}}$ – нормировочная функция r -го направления инвестирования; $r = 1$ – инвестиции в образование; $r = 2$ – инвестиции в здравоохранение; $r = 3$ – инвестиции в воспроизводство; $r = 4$ – инвестиции в имидж.

Множитель в квадратных скобках реализует принцип насыщения, а именно чем выше значение характеристики человеческого капитала, тем сложнее увеличить ее на единицу, то есть одинаковый объем инвестирования для сотрудников бизнес-единицы с разными уровнями характеристик приводит к разным изменениям. Находим показатель s , руководствуясь следующим экспертным соображением: перемещение со значения 20 на 40 требует вдвое меньше инвестиций, чем перемещение со значения 70 на 90. Тогда значение s составляет 1,64.

При этом изменение человеческого капитала сотрудника бизнес-единицы $\Delta K_i(t+1)$ складывается из увеличения значений характеристик за счет каждого из направлений инвестирования:

$$\Delta K_i(t+1) = \sum_{j=1}^M \left(\sum_{r=1}^4 \Delta x_{ij}^r(t+1) \right) \cdot \alpha_j. \quad (30)$$

Учитывая формулы (29) и (30), оценка накопленного человеческого капитала бизнес-единицы после инвестирования $S(t+1)$ складывается из величины человеческого капитала до инвестирования и увеличения человеческого капитала в результате инвестирования:

$$S(t+1) = S(t) + \frac{\sum_{i=1}^N \Delta K_i(t+1)}{N}. \quad (31)$$

Коэффициент усвоения инвестиций является оценкой каналов влияния, оценивающей степень влияния r -го направления инвестирования на j -ю характеристику человеческого капитала. Коэффициенты усвоения инвестиций определяются экспертно руководителями кафедры университета посредством вербальных оценок: если направление инвестирования не влияет на характеристику, то $\lambda_j^r = 0$; слабо влияет – 0,25; средне влияет – 0,5; сильно влияет – 0,75; очень сильно влияет – 1.

Для построения нормировочных функций на основе экспертного опроса топ-менеджеров университетов сделан ряд предположений и оценок, основные из которых приведены ниже:

– для увеличения значения характеристик человеческого капитала за счет инвестирования в образование с 20 до 40 необходимый средний объем инвестиций составляет около 100 тысяч рублей, а с 70 до 90 – 2 000 тысяч рублей;

– для увеличения значения характеристик человеческого капитала за счет инвестирования в здравоохранение с 20 до 40 необходимый средний объем инвестиций составляет около 300 тысяч рублей, а с 70 до 90 – 3000 тысяч рублей;

– сотрудники с более высоким уровнем человеческого капитала представляют для университета большую ценность, чем сотрудники с низким уровнем, следовательно, по инвестированию в здравоохранение руководство университета старается наиболее полно удовлетворить потребности более ценных сотрудников;

– для увеличения значения характеристик человеческого капитала за счет инвестирования в воспроизводство с 20 до 40 необходимый средний объем инвестиций составляет около 300 тысяч рублей, а с 70 до 90 – 2 000 тысяч рублей;

– для увеличения известности в мире необходимо больше ресурсов, чем увеличение известности в стране, и для увеличения известности в стране больше ресурсов, чем в регионе;

– для увеличения значения характеристик имиджа на территории региона, страны и мира за счет инвестирования по направлению имидж на уровне региона с 20 до 40 необходимый средний объем инвестиций составляет около 100 тысяч рублей, а с 70 до 90 – 500 тысяч рублей; на уровне страны с 20 до 40 – 250 тысяч рублей, а с 70 до 90 – 1500 тысяч рублей; на уровне мира с 20 до 40 – 350 тысяч рублей, а с 70 до 90 – 3500 тысяч рублей.

Экспертные оценки топ-менеджеров бизнес-единиц университетов объема инвестиций (в разрезе направлений инвестирования) необходимого для изменения значений характеристик человеческого капитала, на которые влияет то или иное направление, на 10 пунктов, были получены в результате обработки анкетных данных. В рамках данной работы было опрошено 10 экспертов, в результате чего было получено 10 точек для каждого уровня человеческого капитала и направления инвестирования. В таблице 4 приведены интервалы, границами которого являются минимальная и макси-

мальная оценки множества эксперта в зависимости от уровня человеческого капитала и направления инвестирования.

Таблица 4

Оценка инвестиций в человеческий капитал, тыс. руб.

X _{ij} / K _i	Направление инвестирования					
	r = 1	r = 2	r = 3	r = 4 (регион)	r = 4 (страна)	r = 4 (мир)
10	[5; 15]	[50; 60]	[50; 70]	[5; 20]	[10; 40]	[40; 70]
20	[20; 35]	[80; 130]	[100; 140]	[25; 40]	[50; 90]	[60; 140]
30	[40; 60]	[130; 240]	[160; 230]	[55; 80]	[110; 180]	[190; 270]
40	[80; 110]	[190; 300]	[200; 320]	[80; 110]	[160; 250]	[430; 560]
50	[180; 240]	[360; 600]	[350; 550]	[100; 160]	[340; 540]	[650; 800]
60	[400; 550]	[740; 1100]	[550; 750]	[140; 200]	[440; 600]	[700; 1100]
70	[610; 800]	[900; 1700]	[750; 1050]	[200; 250]	[600; 800]	[1150; 1500]
80	[1050; 1400]	[1600; 2500]	[1000; 1500]	[250; 350]	[750; 950]	[1950; 2500]
90	[1400; 2500]	[2000; 3000]	[1600; 2100]	[350; 500]	[900; 1200]	[2400; 3100]

На основании выборки экспертных данных находятся уравнения регрессии для каждой нормировочной функции, при этом основными критериями выбора уравнения являются:

1) коэффициент детерминации, отражающий меру качества построенной регрессионной модели (коэффициент детерминации более 0,9, что говорит о тесноте связи);

2) средняя ошибка аппроксимации, показывающая среднее отклонение данных регрессионной модели от экспертных данных (средняя ошибка аппроксимации менее 10%, что говорит о высокой точности построенной модели);

3) уровень значимости критерия Фишера, отражающий соответствие построенной регрессионной модели экспертным данным и оценивающий остаточность независимой переменной (уровень значимости критерия Фишера менее 0,05, что говорит об адекватности построенной модели).

В результате построения регрессии нормировочная функция $B^{1\text{ норм}}$ имеет вид:

$$B^{1\text{ норм}} = 7740,9 \cdot e^{0,062 \cdot x_{ij}} . \quad (32)$$

При этом коэффициент детерминации построенной функции равен 0,96, средняя ошибка аппроксимации составляет 9,8%, уровень значимости критерия Фишера равен 0,000004. Соответствие экспертных данных и значений нормировочной функции представлено на рис. 5.

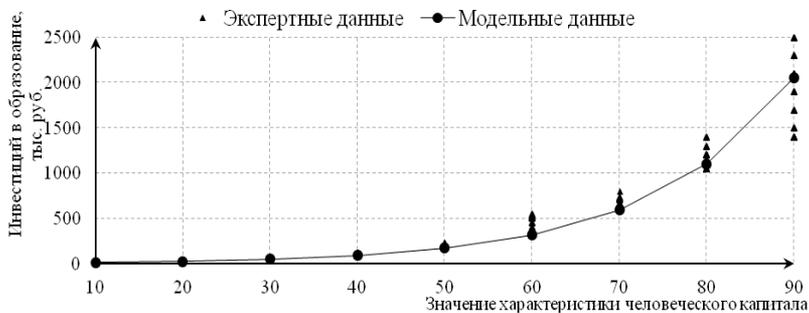


Рис. 5. Инвестиции в образование

В результате построения регрессии нормировочная функция $B^{2\text{ норм}}$ имеет вид:

$$B^{2\text{ норм}} = 40162,6 \cdot e^{0,048 \cdot K_i} . \quad (33)$$

При этом коэффициент детерминации построенной функции равен 0,99, средняя ошибка аппроксимации составляет 8,6%, уровень значимости критерия Фишера равен 0,00000001. Соответствие экспертных данных и значений нормировочной функции представлено на рис. 6.

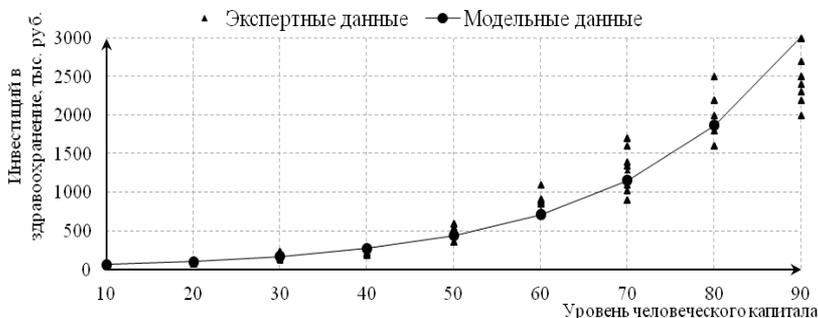


Рис. 6. Инвестиции в здравоохранение

В результате построения регрессии нормировочная функция $B^3_{норм}$ имеет вид:

$$B^3_{норм} = 50624,1 \cdot e^{0,04 \cdot K_i} . \quad (34)$$

При этом коэффициент детерминации построенной функции равен 0,98, средняя ошибка аппроксимации составляет 9,1%, уровень значимости критерия Фишера равен 0,00000004. Соответствие экспертных данных и значений нормировочной функции представлено на рис. 7.

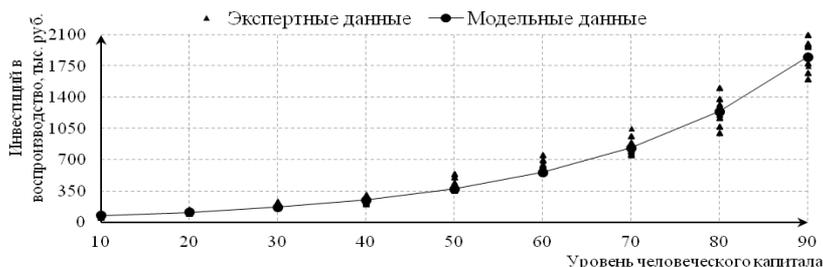


Рис. 7. Инвестиции в производство

В результате построения регрессии нормировочная функция $B^4_{регион}$ имеет вид:

$$B^4_{регион} = 217 \cdot x_{ij}^{1,66} . \quad (35)$$

При этом коэффициент детерминации построенной функции равен 0,98, средняя ошибка аппроксимации составляет 9,7%, уровень значимости критерия Фишера равен 0,0000001. Соответствие экспертных данных и значений нормировочной функции представлено на рис. 8.

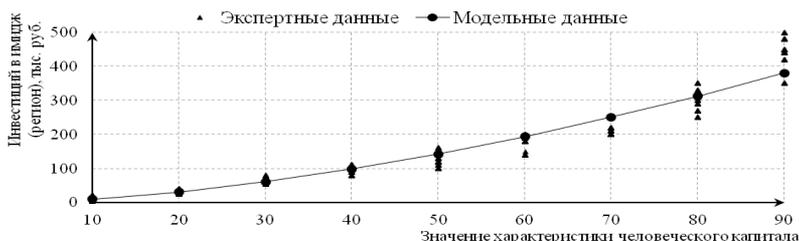


Рис. 8. Инвестиции в имидж на территории региона

В результате построения регрессии нормировочная функция $B_{\text{страна}}^{4 \text{ норм}}$ имеет вид:

$$B_{\text{страна}}^{4 \text{ норм}} = 629,4 \cdot x_{ij}^{1,63} . \quad (36)$$

При этом коэффициент детерминации построенной функции равен 0,99, средняя ошибка аппроксимации составляет 8%, уровень значимости критерия Фишера равен 0,00000002. Соответствие экспертных данных и значений нормировочной функции представлено на рис. 9.

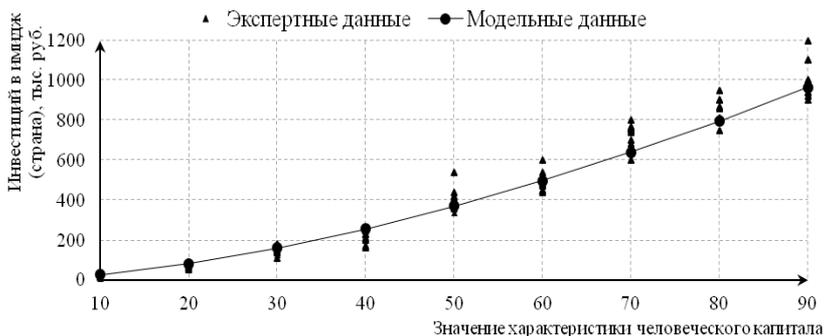


Рис. 9. Инвестиции в имидж на территории страны

В результате построения регрессии нормировочная функция $B_{\text{мир}}^{4 \text{ норм}}$ имеет вид:

$$B_{\text{мир}}^{4 \text{ норм}} = 434,5 \cdot x_{ij}^{1,92} . \quad (37)$$

При этом коэффициент детерминации построенной функции равен 0,98, средняя ошибка аппроксимации составляет 9,7%, уровень значимости критерия Фишера равен 0,00000004. Соответствие экспертных данных и значений нормировочной функции представлено на рис. 10.

Еще одним фактором, влияющим на изменение уровня человеческого капитала, является старение сотрудника или жизненный цикл человека. Жизненный цикл сотрудника – это биологический процесс изменения частей и систем тела человека (включая последствия данного процесса) [6]. В многочисленных публикациях [3, 6, 26, 38 и др.] выдвигаются предположения о развитии ког-

нитивных способностей человека. В данных работах отмечено, что пик развития интеллектуальных функций человека приходится на возраст от 18 до 20 лет. Например, в работе А.Г. Асмолова способность к логическим операциям 20-летнего человека принимается за «эталон», в 30 лет она составит 95% от «эталонного» значения, в 40 – 85%, в 50 – 80%, в 60 – 75% [3]. Учитывая предположения, выдвинутые в вышеперечисленных работах, методом регрессионного анализа построена функция усвоения инвестиций в зависимости от возраста сотрудника бизнес-единицы $Z(\tau_i)$:

$$Z(\tau_i) = 0,00003 \cdot \tau_i^2 - 0,009 \cdot \tau_i + 1,18 . \quad (38)$$

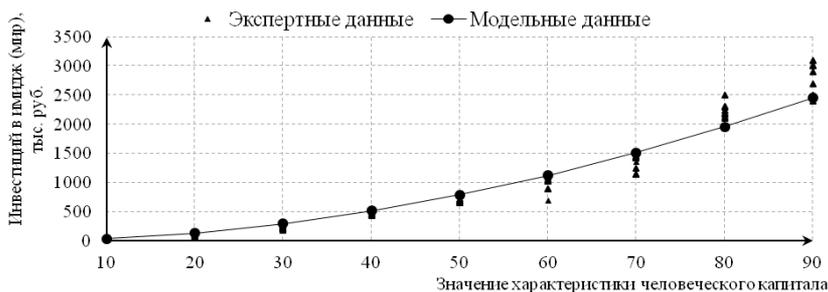


Рис. 10. Инвестиции в имидж на территории мира

При этом коэффициент детерминации построенной функции равен 0,99, средняя ошибка аппроксимации составляет 0,9%, уровень значимости критерия Фишера равен 0,013. Соответствие экспертных данных и значений функции представлено на рис. 11.

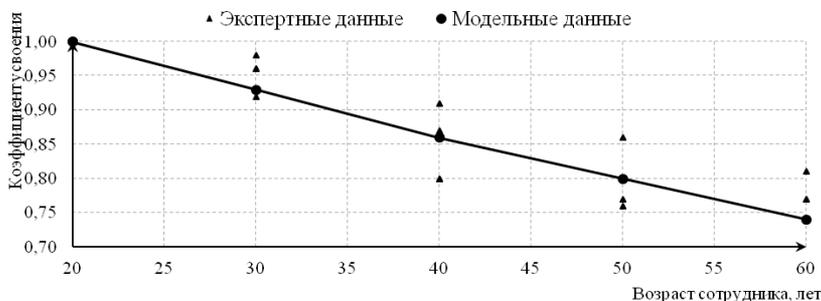


Рис. 11. Коэффициент усвоения инвестиций, зависящий от возраста сотрудника

Для построения модели сделаем еще несколько важных предположений:

– если один период времени в модели равен 1-му году, то изменение значения j -й характеристики человеческого капитала i -го сотрудника Δx_{ij} не превышает 10;

– в результате отсутствия инвестиций в одно из направлений инвестирования на интервале длиной более 2-х лет произойдет сокращение характеристик человеческого капитала, на которые влияет направление, на 5 пунктов;

– для характеристик человеческого капитала группы «опыт работы в определенной сфере профессиональной деятельности» ежегодный прирост значения не зависит от объема и направлений составляет 10 пунктов.

Используя выше сформулированные предположения, построенные соотношения и введённые обозначения, предлагается формирование оптимальной структуры инвестиций в человеческий капитал бизнес-единицы осуществлять, используя следующую модель:

$$S(T) = \frac{\sum_{i=1}^N K_i(T)}{N} \rightarrow \max,$$

$$\left\{ \begin{array}{l} K_i(0) = \sum_{j=1}^M \alpha_j \cdot x_{ij}(0), \sum_{j=1}^M \alpha_j = 1, \\ K_i(t+1) = K_i(t) + \sum_{j=1}^M \left(\sum_{r=1}^4 \Delta x_{ij}^r(t+1) \right) \cdot \alpha_j, t = 0, 1, \dots, T-1, \\ \Delta x_{ij}^r(t+1) = \lambda_{ij}^r \cdot Z(\tau_i) \cdot \frac{\hat{B}(t) \cdot \gamma_i^r(t)}{B^{r \text{ норм}}(x_{ij}(t))} \cdot 10 \cdot \left[1 - \left(\frac{x_{ij}(t) - 10}{90} \right)^{1,64} \right], r = 1, 4, \\ \Delta x_{ij}^r(t+1) = \lambda_{ij}^r \cdot Z(\tau_i) \cdot \frac{\hat{B}(t) \cdot \gamma_i^r(t)}{B^{r \text{ норм}}(K_i(t))} \cdot 10 \cdot \left[1 - \left(\frac{x_{ij}(t) - 10}{90} \right)^{1,64} \right], r = 2, 3, \\ x_{ij}(t+1) = x_{ij}(t) + \sum_{r=1}^4 \Delta x_{ij}^r(t+1), \\ \sum_{r=1}^4 \sum_{i=1}^N \gamma_i^r(t) = 1, t = 0, 1, \dots, T-1, \\ \Delta K_i(t) \leq 10, \\ \hat{B}(t) \leq B_{\text{бюджет}}(t), t = 0, 1, \dots, T-1. \end{array} \right.$$

Решение модели находится численными методами с использованием пакета MatLab. Переменными, по которым проводится оптимизация, являются ежегодные доли вложений в сотрудников бизнес-единицы по отдельным направлениям инвестирования $\gamma_i^1(t), \dots, \gamma_i^4(t)$.

Далее для построенной модели определим степень влияния изменения ее параметров на результат (уровень человеческого капитала). Для оценки степени влияния исследуем чувствительность модели к изменению коэффициентов нормировочных функций инвестиций по направлениям инвестирования. Анализ чувствительности модели проводится следующим образом: задается отклонение одного из входных параметров модели от его среднего значения при фиксированных значениях других параметров и находится изменение уровня человеческого капитала бизнес-единицы [28]. В качестве меры чувствительности будем использовать коэффициенты эластичности.

Определим коэффициенты эластичности изменения коэффициентов нормировочных функций при существенно разных начальных распределениях уровня человеческого капитала (низкий, средний и высокий). В результате проведенных расчетов были получены различные коэффициенты эластичности в зависимости от начального распределения. Коэффициенты эластичности при изменении входных параметров модели приведены в табл. 5.

Таблица 5

Коэффициенты эластичности изменения параметров модели

Входной параметр	Коэффициент	Эластичность
Нормировочная функция инвестиций в образование	a_1	(2,5; 2,9)
	a_2	(3,2; 3,6)
Нормировочная функция инвестиций в здравоохранение	b_1	(2,8; 3,2)
	b_2	(2,7; 3,1)
Нормировочная функция инвестиций в производство	c_1	(2,2; 2,5)
	c_2	(1,8; 2,2)
Нормировочная функция инвестиций в имидж на территории региона	d_1	(1,0; 1,4)
	d_2	(0,6; 1,0)
Нормировочная функция инвестиций в имидж на территории страны	e_1	(0,7; 1,1)
	e_2	(0,9; 1,3)
Нормировочная функция инвестиций в имидж на территории мира	f_1	(0,4; 0,8)
	f_2	(0,5; 0,9)

На основании данных таблицы 5, можно сделать следующие выводы:

– наибольшей степенью влияния изменения входных параметров модели на уровень человеческого капитала бизнес-единицы университета (коэффициент эластичности от 2,5 до 4) обладают коэффициенты нормировочных функций инвестиций в образование и здравоохранение;

– средней степенью влияния изменения входных параметров модели на уровень человеческого капитала бизнес-единицы университета (коэффициент эластичности от 1,5 до 2,5) обладают коэффициенты нормировочной функции инвестиций в воспроизводство;

– наименьшей степенью влияния изменения входных параметров модели на уровень человеческого капитала бизнес-единицы университета за T периодов (коэффициент эластичности менее 1,5) обладают коэффициенты нормировочных функций инвестиций в имидж на территории региона, страны и мира.

Предложенная оптимизационная модель позволяет определять оптимальную структуру распределения инвестиций в человеческий капитал между сотрудниками по направлениям инвестирования и годам с целью повышения уровня человеческого капитала бизнес-единицы в зависимости от начального распределения уровня человеческого капитала и возрастной структуры сотрудников бизнес-единицы, заданного горизонта планирования и объема финансовых средств, запланированных для бизнес-единицы по программе стратегического планирования университета. В рамках оптимизационной модели предложен метод оценки накопленного человеческого капитала бизнес-единицы в результате инвестирования, включающий оценку прироста значения характеристики человеческого капитала сотрудника в зависимости от направления инвестирования; описаны коэффициенты усвоения инвестиций; построены нормировочные функции, задающие величину вложений по отдельному направлению, при которых изменение характеристики составляет 10 пунктов; построена функция усвоения инвестиций в зависимости от возраста сотрудника; проведен анализ чувствительности модели к изменению ее входных параметров.

2.3. Определение оптимальной структуры распределения инвестиций в человеческий капитал кафедры университета

В качестве примера использования оптимизационной модели распределения инвестиций в человеческий капитал кафедры университета, предложенной в п. 2.2, рассмотрим следующую управленческую задачу, стоящую перед заведующим кафедрой университета: в рамках реализации программы стратегического развития университета кафедра получает финансовые средства, часть из которых направляется на повышение ее человеческого капитала, при этом заведующему кафедре необходимо оптимально распределить данные средства между сотрудниками по направлениям инвестирования для достижения за T периодов максимального возможного уровня человеческого капитала кафедры.

Таким образом, в рамках данной задачи, рассмотрим три ситуации определения оптимальных долей распределения инвестиций в человеческий капитал в зависимости от объема финансовых средств, запланированных для кафедры по программе стратегического развития университета, начального распределения уровня человеческого капитала и возрастной структуры сотрудников кафедры.

Первая ситуация.

Рассмотрим кафедру университета со штатным профессорско-преподавательским составом 10 человек, уровень человеческого капитала и возрастная структура которой в начальный момент времени $t = 0$ приведены в табл. 6. Стоит отметить, что начальное распределение характеристик человеческого капитала имеет вид: $x_{i1} = x_{i2} = \dots = x_{i24}$.

Таблица 6

Входные параметры модели для первой ситуации

Входной параметр	№ сотрудника									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
x_{ij}	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75
K_i	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75
τ_i , лет	23	26	29	32	35	38	41	44	47	50

Учитывая данные табл. 6, уровень человеческого капитала кафедры в начальный момент времени $t = 0$ составляет 52,5. Отметим, что в данной единице преобладают сотрудники со средним уровнем человеческого капитала, а именно [40; 70). Средний возраст сотрудников составляет 36,5 лет.

Далее рассмотрим два случая: инвестиции, запланированные по программе развития, составляют: а) 1 млн. рублей в год и б) 2 млн. рублей в год. Горизонт планирования равен 5 годам. Переменными, по которым проводится оптимизация, являются доли вложений в сотрудников по направлениям инвестирования и годам $\gamma_i^1(t), \dots, \gamma_i^4(t)$, где $i = 1, \dots, 10, t = 1, \dots, 5$.

В результате решения поставленной задачи были определены фрагменты временных структур распределения инвестиционных средств, которые приведены в табл. 7 для первого случая и в табл. 8 для второго.

Таблица 7

Фрагмент структуры распределения инвестиционных средств для первого случая, %

№ года	Направление инвестирования	№ сотрудника									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Образование	7,7	12,9	6,2	5,0	3,1	2,2	1,5	0,9	0,7	0,8
	Здорово-охранение	5,4	4,8	4,0	3,5	2,2	1,8	1,2	0,8	0,7	1,4
	Воспроиз-водство	7,2	5,0	4,8	3,8	2,9	2,1	1,5	1,0	1,6	0,3
	Имидж	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,5	0,3	0,3	0,3	0,5
5	Образова-ние	40,3	6,3	5,0	4,0	2,7	1,7	0,9	0,3	0,3	0,3
	Здорово-охранение	2,9	3,9	3,1	2,4	1,7	1,0	0,5	0,3	0,3	0,3
	Воспроиз-водство	3,6	4,3	3,5	2,7	2,0	1,3	0,8	0,4	0,3	0,3
	Имидж	0,3	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,3	0,3

На основании данных табл. 7, построим структурные графики распределения финансовых средств для сотрудников кафедры по времени и направлениям инвестирования (рис. 12).

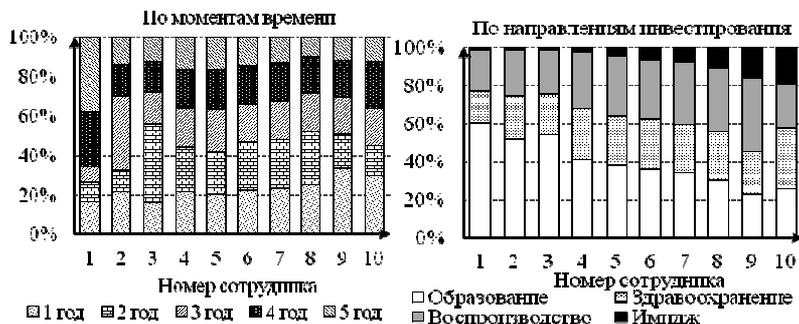


Рис. 12. Структуры распределения финансовых средств

Анализируя полученные данные, сформулируем следующие выводы:

- в сотрудников с низким начальным уровнем человеческого капитала [10; 40) направляется 20–25% от общего объема инвестиционных средств, при этом большая часть финансовых средств (50–60%) направляется в образование, 20–25% – в воспроизводство, 15–25% – в здравоохранение и 1–2% – в имидж;

- в сотрудников со средним начальным уровнем человеческого капитала [40; 70) направляется 5–20% от общего объема инвестиционных средств, при этом большая часть финансовых средств (30–55%) направляется в образование, 20–35% – в воспроизводство, 20–30% – в здравоохранение и 1–10% – в имидж;

- в сотрудников с высоким начальным уровнем человеческого капитала [70; 100] направляется менее 5% от общего объема инвестиционных средств, при этом большая часть финансовых средств (30–40%) направляется в воспроизводство, 20–30% – в здравоохранение, 20–25% – в образование и 15–20% – в имидж.

Учитывая найденную структуру, уровень человеческого капитала кафедры через 5 лет при заданных условиях составит 60,6 (прирост уровня – 8,1 пунктов). Прирост уровня человеческого капитала свыше 8,1 пунктов происходит у сотрудников под номерами 1 (23 пункта), 2 (18 пунктов) и 3 (14 пунктов).

Стоит отметить, что с ростом уровня человеческого капитала при заданных входных параметрах объем инвестиционных средств в

образование сокращается, следовательно, объем инвестиций в другие направления увеличивается. Так, например, если основным направлением инвестирования для сотрудников с низким уровнем человеческого капитала является образованием, то для сотрудников с высоким уровнем – воспроизводство и здравоохранение.

Таблица 8

Фрагмент структуры распределения инвестиционных средств для второго случая, %

№ года	Направление инвестирования	№ сотрудника									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Образование	0,8	0,3	11,1	5,9	4,1	3,0	2,1	1,2	0,7	0,5
	Здравоохранение	4,3	5,8	4,3	5,0	3,3	2,5	1,8	1,1	0,7	0,5
	Воспроизводство	7,1	7,1	5,8	5,3	4,2	3,1	2,3	1,5	1,0	0,6
	Имидж	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,4
5	Образование	30,4	5,7	4,3	4,2	3,6	2,5	1,6	0,8	0,2	0,2
	Здравоохранение	3,3	3,9	3,3	2,9	2,4	1,7	1,0	0,5	0,3	0,3
	Воспроизводство	4,2	4,5	4,0	3,4	2,9	2,2	1,5	0,9	0,4	0,3
	Имидж	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,3	0,2

На основании данных таблицы 8, построим структурные графики распределения финансовых средств для сотрудников кафедры по времени и направлениям инвестирования (рис. 13).

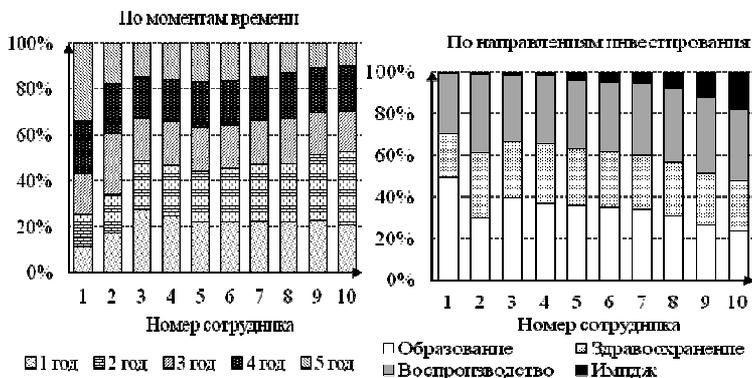


Рис.13. Структуры распределения финансовых средств

Анализируя полученные данные, сформулируем следующие выводы:

– в сотрудников с низким начальным уровнем человеческого капитала [10; 40) направляется 15–25% от общего объема инвестиционных средств, при этом большая часть финансовых средств (35–45%) направляется в образование, 20–40% – в воспроизводство, 20–30% – в здравоохранение и 1–2% – в имидж;

– в сотрудников со средним начальным уровнем человеческого капитала [40; 70) направляется 5–15% от общего объема инвестиционных средств, при этом большая часть финансовых средств (30–40%) направляется в образование, 30–35% – в воспроизводство, 25–30% – в здравоохранение и 1–10% – в имидж;

– в сотрудников с высоким начальным уровнем человеческого капитала [70; 100] направляется около 2% от общего объема инвестиционных средств, при этом большая часть финансовых средств (около 35%) направляется в воспроизводство, около 25% – в здравоохранение, 20–25% – в образование и 15–20% – в имидж.

Учитывая найденную структуру, значение уровня человеческого капитала кафедры через 5 лет при заданных начальных условиях составит 53,7, при этом прирост уровня равен 11,2 пунктов. Прирост уровня человеческого капитала свыше 11,2 пунктов происходит у сотрудников под номерами 1 (31 пункта), 2 (22 пунктов), 3 (18 пунктов) и 4 (14 пунктов). В сравнении с первым случаем при разнице в суммарном объеме инвестирования на 5 млн рублей (1 млн рублей в год) разница в уровне человеческого капитала через 5 лет составит 3,1 пункта.

Стоит отметить, чем выше суммарный объем финансовых средств, направляемых на повышение уровня человеческого капитала, тем равномернее распределяются данные средства между тремя направлениями: образование, воспроизводство и здравоохранение. При этом структура распределения между сотрудниками сохраняется, т.е. чем выше уровень человеческого капитала сотрудника кафедры, тем меньше финансовых средств в него направляется.

Основываясь на полученных выше результатах, проведем сравнительный анализ структур распределения инвестиционных средств в зависимости от их объема, запланированного для ка-

федры по программе стратегического развития университета. В результате анализа можно сделать следующие выводы:

– структура распределения инвестиционных средств в первом случае имеет явное смещение в сторону инвестирования в сотрудников с низким уровнем человеческого капитала, а во втором случае структура инвестиций является более равномерной, т.е. произошло сокращение доли средств, направленных в сотрудников с низким уровнем человеческого капитала, и увеличение доли средств в сотрудников с высоким уровнем человеческого капитала (рис. 14).

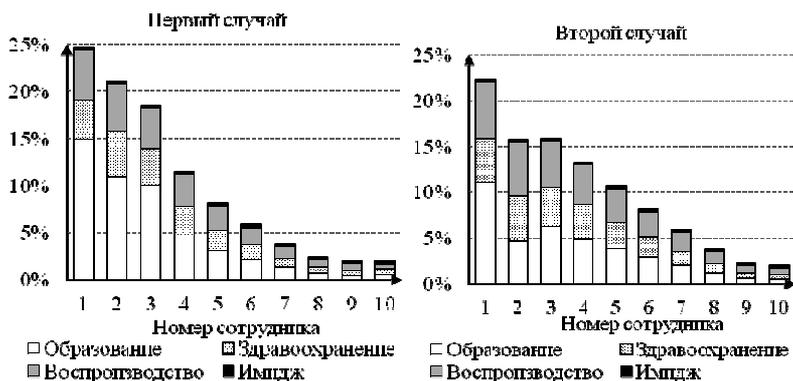


Рис. 14. Структуры распределения инвестиций между сотрудниками по направлениям инвестирования

При увеличении объема инвестиционных средств происходит сглаживание структуры распределения инвестиций между сотрудниками. Это связано с тем, что при инвестировании в сотрудников с ростом человеческого капитала происходит насыщение, т.е. дальнейшее инвестирование в данных сотрудников для повышения их уровня является достаточно затратным. При этом хотелось бы отметить, что, в зависимости от бюджетного ограничения, максимально возможный уровень человеческого капитала кафедры достигается за счет подтягивания сотрудников с низким уровнем к среднему уровню кафедры (рис. 15);

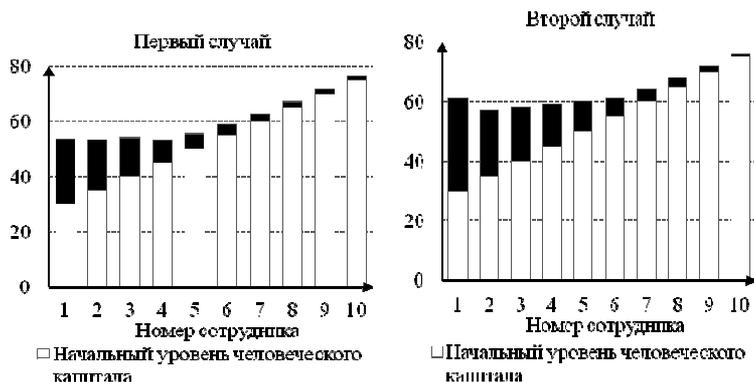


Рис. 15. Распределение уровня человеческого капитала сотрудников кафедры

– для обоих случаев основная доля инвестиционных средств приходится на образование, но с увеличением объема финансовых средств, направленных в человеческий капитал происходит сокращение доли данных инвестиций и увеличение по направлениям здравоохранение и воспроизводство. Это связано с тем, что образование влияет на изменение большей части характеристик человеческого капитала, но при высоких значениях данных характеристик для дальнейшего их увеличения необходим значительный объем инвестиций, что, при условии низких значениях характеристик, на которые образование не влияет, является нецелесообразным. Структуры распределения инвестиционных средств по направлениям инвестирования для обоих случаев представлены на рис. 16.

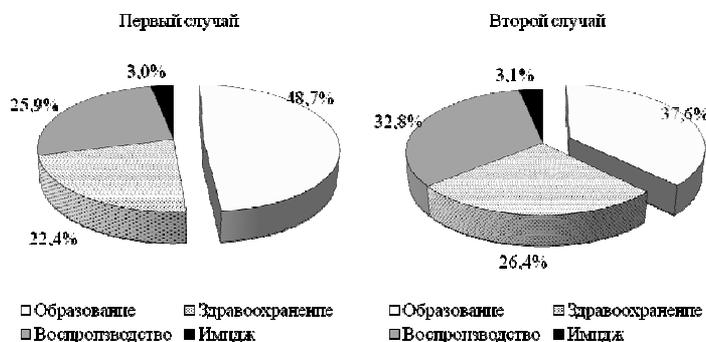


Рис. 16. Структуры распределения инвестиций по направлениям инвестирования

Вторая ситуация.

Рассмотрим две кафедры университета со штатным профессорско-преподавательским составом 10 человек, уровень человеческого капитала и возрастная структура которых в начальный момент времени $t = 0$ приведены в таблице 9. Отметим, что начальные распределения характеристик человеческого капитала сотрудников для каждой кафедры имеют вид: $x_{i1} = x_{i2} = \dots = x_{i24}$. Инвестиции, запланированные по программе развития, составляют 1 млн рублей в год. Горизонт планирования равен 5 годам. Переменными, по которым проводится оптимизация, являются доли вложений в сотрудников по направлениям инвестирования и годам $\gamma_i^1(t), \dots, \gamma_i^4(t)$, где $i = 1, \dots, 10, t = 1, \dots, 5$.

Таблица 9

Входные параметры модели для второй ситуации

Параметр		№ сотрудника									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
x_{ij}	1-я кафедры	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
	2-я кафедра	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
K_i	1-я кафедры	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
	2-я кафедра	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
τ_i , лет		25	28	31	34	37	40	43	46	49	52

Учитывая данные табл. 9, уровень человеческого капитала первой кафедры в начальный момент времени $t = 0$ составляет 37,5, второй – 72,5. Отметим, что в первой кафедре преобладают сотрудники с низким уровнем человеческого капитала [10; 40] а во второй – с высоким уровнем человеческого капитала [70; 100]. Средний возраст сотрудников составляет 38,5 лет.

В результате решения поставленной задачи были определены временные структуры распределения инвестиционных средств, фрагменты которых приведены в табл. 10 для первой кафедры и 11 – для второй.

**Фрагмент структуры распределения инвестиционных средств
для первой кафедры, %**

№ года	Направление инвестирования	№ сотрудника									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Образование	4,0	5,7	6,1	5,2	4,2	3,1	2,6	1,8	1,3	0,9
	Здравоохранение	4,3	5,3	4,9	4,4	3,7	2,5	1,9	1,5	1,0	0,8
	Воспроизводство	4,3	7,0	5,2	4,3	3,2	2,7	1,9	1,7	1,2	0,9
	Имидж	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,4
5	Образование	35,3	3,8	5,0	4,2	3,7	2,8	2,0	1,4	0,8	0,4
	Здравоохранение	2,9	3,1	3,1	2,6	2,2	1,7	1,2	0,8	0,5	0,3
	Воспроизводство	3,2	3,2	3,2	2,7	2,3	1,8	1,4	1,0	0,6	0,4
	Имидж	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2

На основании данных табл. 10, построим структурные графики распределения финансовых средств для сотрудников кафедры по времени и направлениям инвестирования (рис. 17).

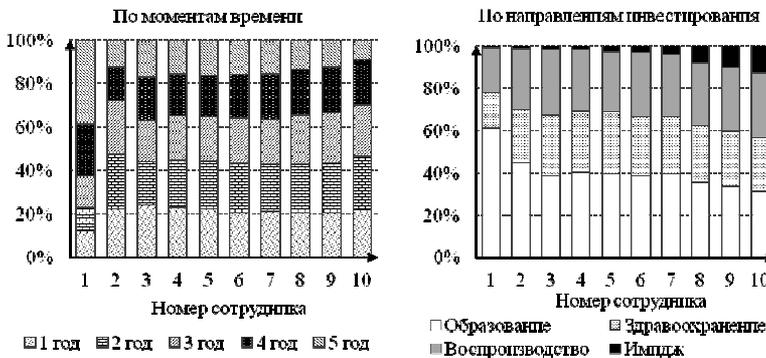


Рис. 17. Структуры распределения финансовых средств

Анализируя полученные данные, сформулируем следующие выводы:

– в сотрудников с низким начальным уровнем человеческого капитала [10; 40) направляется 10–20% от общего объема инвестиционных средств, при этом большая часть финансовых средств (50–60%) направляется в образование, 20–30% – в воспроизводство, 15–30% – в здравоохранение и 1–5% – в имидж;

– в сотрудников со средним начальным уровнем человеческого капитала [40; 70) направляется 5–10% от общего объема инвестиционных средств, при этом большая часть финансовых средств (30–40%) направляется в образование, около 30% – в воспроизводство, 25–30% – в здравоохранение и 5–15% – в имидж.

Учитывая найденную структуру, значение уровня человеческого капитала кафедры через 5 лет при заданных начальных условиях составит 50,1. Прирост уровня равен 12,6 пунктов. Прирост уровня человеческого капитала свыше 12,6 пунктов происходит у сотрудников под номерами 1 (33 пункта), 2 (25 пунктов), 3 (19 пунктов) и 4 (15 пунктов).

Таблица 11

Фрагмент структуры распределения инвестиционных средств для второй кафедры, %

№ года	Направление инвестирования	№ сотрудника									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Образование	0,3	37,0	1,4	0,3	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2
	Здравоохранение	0,2	2,3	1,0	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
	Воспроизводство	44,1	4,8	1,4	0,8	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
	Имидж	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
5	Образование	2,2	3,1	6,3	1,7	0,6	0,4	0,3	0,5	0,7	0,7
	Здравоохранение	1,5	3,4	2,3	1,0	0,3	0,4	0,4	0,6	0,7	3,7
	Воспроизводство	0,2	34,2	5,1	1,9	4,4	4,8	4,8	4,5	0,7	0,8
	Имидж	1,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,3	0,4	3,7	0,8

На основании данных табл. 11, построим структурные графики распределения финансовых средств для сотрудников кафедры по времени и направлениям инвестирования (рис. 18).

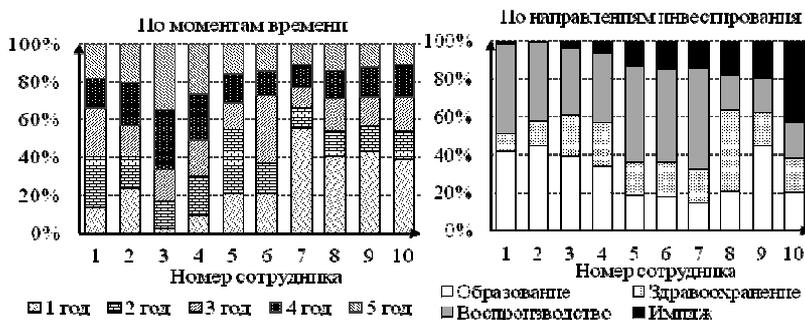


Рис. 18. Структуры распределения финансовых средств

Анализируя полученные данные, сформулируем следующие выводы:

- в сотрудников со средним начальным уровнем человеческого капитала [40; 70) направляется 10–50% от общего объема инвестиционных средств, при этом большая часть финансовых средств (35–50%) направляется в производство, около 40% – в образование, 10–20% – в здравоохранение и около 5% – в имидж;

- в сотрудников с высоким начальным уровнем человеческого капитала [40; 100] направляется 5–10% от общего объема инвестиционных средств, при этом большая часть финансовых средств (40–55%) направляется в производство, 15–20% – в другие направления.

Учитывая найденную структуру, значение уровня человеческого капитала кафедры через 5 лет при заданных начальных условиях составит 76,1. Прирост уровня равен 4,1 пунктов. Прирост уровня человеческого капитала свыше 4,1 пунктов происходит у сотрудников под номерами 1 (19 пунктов) и 2 (9 пунктов).

Основываясь на полученных выше результатах, проведем сравнительный анализ структур распределения инвестиционных средств в зависимости от начального распределения уровня чело-

веческого капитала сотрудников кафедры. В результате анализа можно сделать следующие выводы:

– структура распределения инвестиционных средств в случае с кафедрой, где преобладают сотрудники с высоким уровнем человеческого капитала, обладает достаточной спецификой по причине того, что для дальнейшего повышения уровня человеческого капитала сотрудников, обладающих данным уровнем, необходим значительный объем инвестиционных средств, что в условиях бюджетной ограниченности ресурсов, является невозможным, следовательно, максимальная часть инвестиций направляется в сотрудников с минимальным (по сравнению с другими сотрудниками бизнес-единицы) уровнем человеческого капитала. Так, если сравнивать со структурой распределения инвестиций для кафедры, где преобладают сотрудники с низким уровнем человеческого капитала, то для данной кафедры преобладает «классическая» схема распределения, т.е. чем выше начальный уровень человеческого капитала сотрудника кафедры, тем меньше финансовых средств в него направляется (рис. 19).



Рис. 19. Структуры распределения инвестиций между сотрудниками по направлениям инвестирования

Если анализировать прирост уровня человеческого капитала, то для первой кафедры можно отметить существенное приращение уровня для большинства сотрудников, а для второй – только для первых двух сотрудников (рис. 20). С увеличением уровня человеческого капитала возрастает сложность дальнейшего его повышения, это обусловлено понятием насыщения для со-

трудника, ростом затрат необходимых для повышения уровня и увеличением возраста сотрудника;

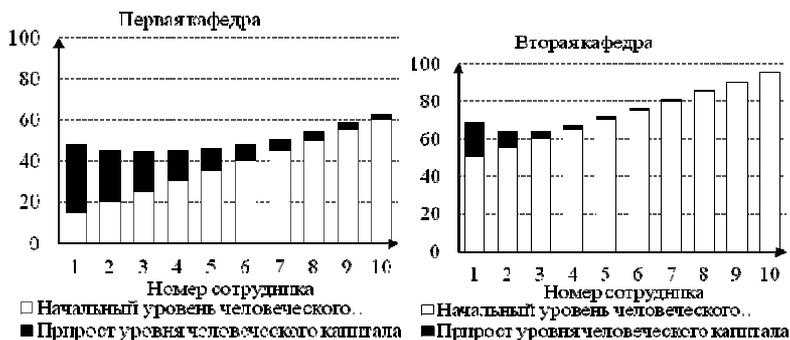


Рис. 20. Распределение уровня человеческого капитала сотрудников кафедры

– при увеличении уровня человеческого капитала кафедры происходит существенное изменение структуры распределения инвестиционных средств между направлениями инвестирования, так, если для кафедры, где преобладают сотрудники с низким уровнем человеческого капитала, приоритетным направлением является образование, то для кафедры, где преобладают сотрудники с высоким уровнем человеческого капитала, приоритетным уже является воспроизводство (рис. 21). Данные изменения связаны со значениями нормировочных функций в зависимости от уровня человеческого капитала. Так, при низком уровне наиболее результативным направлением является образование, так как данное направление охватывает наибольшее количество характеристик, а для сотрудников с высоким уровнем дальнейшее увеличение за счет данного направления является затратным и в результате чего осуществляется перераспределение инвестиционных средств в менее затратные, а именно воспроизводство и здравоохранение.



Рис. 21. Структуры распределения инвестиций по направлениям инвестирования

Третья ситуация.

Рассмотрим две кафедры университета со штатным профессорско-преподавательским составом 10 человек, уровень человеческого капитала и возрастная структура которых в начальный момент времени $t = 0$ приведены в табл. 12. Отметим, что начальные распределения характеристик человеческого капитала сотрудников для каждой кафедры имеют вид: $x_{i1} = x_{i2} = \dots = x_{i24}$. Инвестиции составляют 1 млн рублей в год. Горизонт планирования равен 5 годам. Переменными, по которым проводится оптимизация, являются доли вложений в сотрудников по направлениям инвестирования и годам $\gamma_i^1(t), \dots, \gamma_i^4(t)$, где $i = 1, \dots, 10, t = 1, \dots, 5$.

Таблица 12

Входные параметры модели для третьей ситуации

Параметр	№ сотрудника										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
x_{ij}	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	
K_i	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	
τ_i , лет	1-я кафедра	39	41	43	45	47	49	51	53	55	57
	2-я кафедра	21	23	25	27	29	31	33	35	37	39

Учитывая данные табл. 12, уровень человеческого капитала обеих кафедр в начальный момент времени $t = 0$ составляет 52,5, т.е. в данных кафедрах преобладают сотрудники со средним уровнем человеческого капитала. Средний возраст сотрудников первой кафедры составляет 48 лет, а второй – 30. Отметим, что в первой кафедре преобладают сотрудники с возрастом выше среднего, а во второй преобладают сотрудники с возрастом ниже среднего.

В результате решения поставленной задачи были определены временные структуры распределения инвестиционных средств, фрагменты которых приведены в табл. 13 для первой кафедры и 14 – для второй.

Таблица 13

Фрагмент структуры распределения инвестиционных средств для первой кафедры, %

№ года	Направление инвестирования	№ сотрудника									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Образование	0,3	15,0	11,1	5,2	2,5	1,5	1,1	0,8	0,7	0,4
	Здравоохранение	2,7	3,5	4,1	2,3	1,6	1,2	0,9	0,7	0,7	0,4
	Воспроизводство	18,6	7,2	5,1	2,9	1,9	1,3	1,1	1,0	0,3	0,5
	Имидж	0,2	0,2	0,3	0,2	0,3	0,5	0,4	0,3	0,4	0,7
5	Образование	27,7	7,7	8,9	5,7	3,2	1,8	0,9	0,4	0,3	0,4
	Здравоохранение	2,9	4,4	3,7	2,6	1,7	1,0	0,6	0,2	0,3	0,4
	Воспроизводство	4,0	5,4	4,5	3,1	2,1	1,4	0,8	0,4	0,3	0,5
	Имидж	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,2	0,3	0,4

На основании данных табл. 13, построим структурные графики распределения финансовых средств для сотрудников кафедры по времени и направлениям инвестирования (рис. 22).

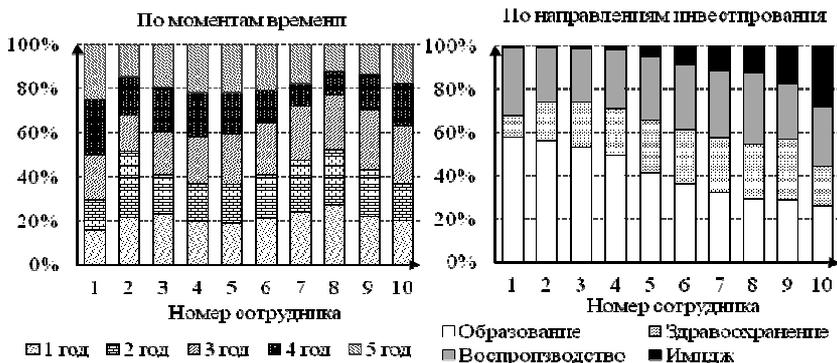


Рис. 22. Структуры распределения финансовых средств

Анализируя полученные данные, сформулируем следующие выводы:

– в сотрудников с низким начальным уровнем человеческого капитала [10; 40) направляется 20–30% от общего объема инвестиционных средств, при этом большая часть финансовых средств (50–60%) направляется в образование, 20–30% – в воспроизводство, 10–20% – в здравоохранение и менее 1% – в имидж;

– в сотрудников со средним начальным уровнем человеческого капитала [40; 70) направляется 5–20% от общего объема инвестиционных средств, при этом большая часть финансовых средств (35–55%) направляется в образование, 25–30% – в воспроизводство, 20–25% – в здравоохранение и 1–10% – в имидж;

– в сотрудников с высоким начальным уровнем человеческого капитала [70; 100] направляется менее 3% от общего объема инвестиционных средств, при этом большая часть финансовых средств (25–35%) направляется в образование, 25–35% – в воспроизводство, 20–30% – в здравоохранение и 10–25% – в имидж.

Учитывая найденную структуру, значение уровня человеческого капитала кафедры через 5 лет при заданных начальных условиях составит 60,2, при этом прирост уровня равен 7,7 пунктов. Прирост уровня человеческого капитала свыше 7,7 пунктов происходит у сотрудников под номерами 1 (24 пункта), 2 (18 пунктов) и 3 (12 пунктов).

**Фрагмент структуры распределения инвестиционных средств
для второй кафедры, %**

№ го-да	Направ-ление инвести-рования	№ сотрудника									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Образование	0,3	12,5	4,7	5,0	3,3	2,5	1,5	0,8	0,3	0,6
	Здрaво-охране-ние	7,8	6,5	4,6	3,4	2,4	2,0	1,2	0,7	0,8	0,6
	Воспро-изводство	8,1	6,2	5,8	4,6	3,1	2,4	1,6	1,0	0,4	2,2
	Имидж	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
5	Образование	50,7	4,7	4,7	3,6	2,5	1,2	0,3	0,2	0,3	0,3
	Здрaво-охране-ние	2,6	3,1	2,7	2,0	1,2	0,5	0,2	0,2	0,3	0,3
	Воспро-изводство	3,5	3,6	3,1	2,4	1,6	0,8	0,3	0,3	0,3	0,3
	Имидж	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,2	0,3	0,2	0,3	0,3

На основании данных табл. 14, построим структурные графики распределения финансовых средств для сотрудников кафедры по времени и направлениям инвестирования (рис. 23).

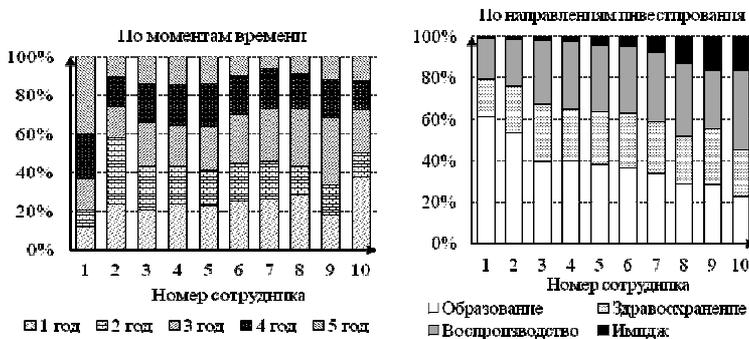


Рис. 23. Структуры распределения финансовых средств

Анализируя полученные данные, сформулируем следующие выводы:

– в сотрудников с низким начальным уровнем человеческого капитала [10; 40) направляется 20–30% от общего объема инвестиционных средств, при этом большая часть средств (50–60%) направляется в образование, 20–25% – в производство, около 20% – в здравоохранение и около 1% – в имидж;

– в сотрудников со средним начальным уровнем человеческого капитала [40; 70) направляется 5–15% от общего объема инвестиционных средств, при этом большая часть средств (около 40%) направляется в образование, около 30% – в производство, 25–30% – в здравоохранение и 1–5% – в имидж;

– в сотрудников с высоким начальным уровнем человеческого капитала [70; 100] направляется (около 2%) от общего объема инвестиционных средств, при этом большая часть средств 30–40% направляется в производство, 25–35% – в образование, 25–30% – в здравоохранение и 10–20% – в имидж.

Учитывая найденную структуру, значение уровня человеческого капитала кафедры через 5 лет при заданных начальных условиях составит 60,7, при этом прирост уровня равен 8,2 пунктов. Прирост уровня человеческого капитала свыше 8,2 пунктов происходит у сотрудников под номерами 1 (26 пунктов), 2 (19 пунктов) и 3 (12 пунктов). Стоит отметить, что при разнице в среднем возрасте кафедры разница в приросте уровня человеческого капитала составит 0,5.

Основываясь на полученных выше результатах, проведем сравнительный анализ структур распределения инвестиционных средств в зависимости от начальной возрастной структуры сотрудников кафедр. В результате анализа можно сделать следующие выводы:

– распределение инвестиционных средств между сотрудниками кафедры зависит от возрастной структуры сотрудников, например, для молодой кафедры по сравнению с возрастной отмечается сокращение доли инвестиционных средств, направленных в сотрудников с низким уровнем человеческого капитала, и увеличение инвестиций в сотрудников с высоким уровнем (рис. 24). Это обусловлено тем, что для увеличения уровня человеческого капитала возрастной структуры большая часть инвестиций направляется в сотрудников, у которых коэффициент влияющий,

зависящий от возраста, является наибольшим, а для молодой кафедры существует запас времени до того, как значение данного коэффициента начнет сокращаться.

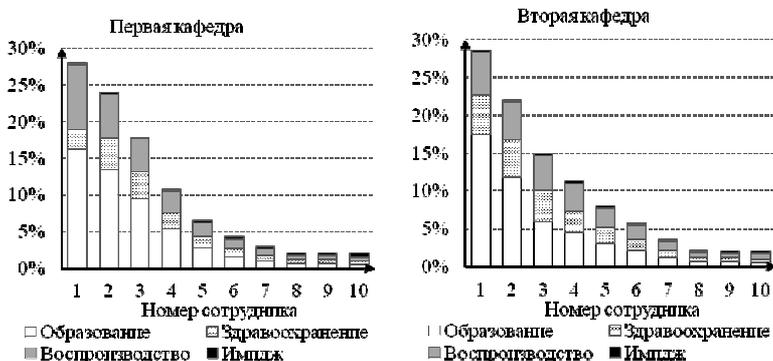


Рис. 24. Структуры распределения инвестиций между сотрудниками по направлениям инвестирования

Стоит отметить, что возрастная структура в большей степени влияет на результат (рис. 25). С увеличением возраста ухудшаются физические и психологические данные сотрудника, что в результате ведет к ухудшению усвоения инвестиций;

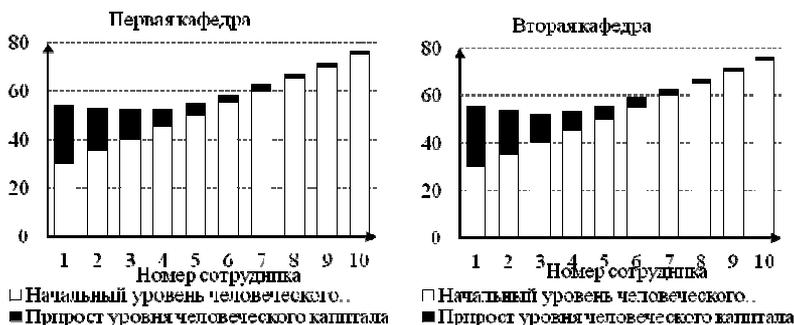


Рис. 25. Распределение уровня человеческого капитала сотрудников кафедры

– распределение инвестиционных средств между направлениями инвестирования также зависит от возрастной структуры со-

трудников, а именно, чем выше возраст кафедры, тем больше доля инвестиций, направляемых в воспроизводство и имидж (рис. 26).

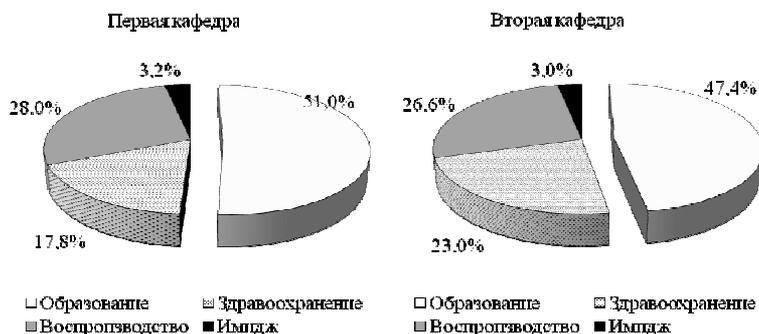


Рис. 26. Структуры распределения инвестиций по направлениям инвестирования

В рамках данного параграфа рассмотрены различные примеры определения оптимальной временной структуры инвестирования в человеческий капитал по сотрудникам и направлениям инвестирования. Проведены сравнительные анализы результатов, полученных посредством модели, в зависимости от начальных параметров, а именно начального уровня человеческого капитала и возрастной структуры сотрудников кафедры, начального объема финансовых средств, направленных в развитие человеческого капитала.

Выводы по главе 2

1. Разработана концептуальная модель развития человеческого капитала бизнес-единицы университета за счет инвестирования в него финансовых средств, лежащая в основе инструментов оценки влияния финансовых ресурсов, вложенных по разным направлениям инвестирования, на уровень человеческого капитала бизнес-единицы университета. Данная модель учитывает взаимное влияние человеческого капитала бизнес-единицы и дополнительных ресурсных поступлений в нее, возникающих при развитии человеческого капитала. Основные отличия данной модели от существующих инструментов следующие: уточнен и систематизирован перечень характеристик капитала, учитывающий специфику деятельности бизнес-единицы; уточнен перечень направлений инвестирования в человеческий капитал и выделены кана-

лы влияния различных направлений инвестирования на характеристики капитала; выделены источники привлечения финансовых средств сотрудниками университета; динамически описано взаимное влияние человеческого капитала бизнес-единицы и дополнительных ресурсных поступлений в нее, возникающих при развитии человеческого капитала.

2. Для определения оптимальной структуры распределения инвестиций в человеческий капитал бизнес-единицы с целью повышения уровня человеческого капитала бизнес-единицы разработана многопериодная оптимизационная модель, целевой функцией которой является уровень человеческого капитала бизнес-единицы через определённый промежуток времени, а переменными оптимизации – доли распределения инвестиционных средств между сотрудниками бизнес-единицы по направлениям инвестирования и годам. Входными параметрами модели являются начальное распределение характеристик человеческого капитала и возрастной структуры сотрудников бизнес-единицы и ежегодный объем финансовых средств, направляемых в человеческий капитал бизнес-единицы по программе стратегического развития университета. Отличительной особенностью данной модели является оценка влияния финансовых ресурсов, вложенных по разным направлениям, на человеческий капитал бизнес-единицы в зависимости от начального уровня человеческого капитала и возрастной структуры сотрудников.

Проведен анализ чувствительности влияния изменения параметров многопериодной оптимизационной модели на уровень человеческого капитала через определённый промежуток времени. Проведенный анализ показал, что наибольшей степенью влияния обладают коэффициенты нормировочных функций инвестиций в образования и здравоохранение, средней – коэффициенты нормировочной функции инвестиций в воспроизводство, а наименьшей – коэффициенты нормировочных функций инвестиций в имидж на определенной территории.

3. Приведен ряд примеров применения многопериодной оптимизационной модели распределения инвестиций в человеческий капитал бизнес-единицы университета. Продемонстрировано нахождение оптимальных структур распределения инвестиций в человеческий капитал между сотрудниками бизнес-единицы университета по направлениям инвестирования и годам в зави-

симости от различных начальных распределений величин характеристик человеческого капитала и возрастных структур сотрудников бизнес-единицы и различных объемов финансовых средств, направляемых в человеческий капитал бизнес-единицы по программе стратегического развития университета. Показано, что с ростом: среднего уровня человеческого капитала сотрудников увеличивается доля инвестиций, направляемая в сотрудников с низким уровнем человеческого капитала и в воспроизводство; возраста сотрудников сокращается доля инвестиций, направляемая в сотрудников с высоким уровнем человеческого капитала и в образование, но увеличивается доля инвестиций в здравоохранение; объема финансовых средств, направляемых в человеческий капитал, увеличивается доля инвестиций, направляемая в сотрудников со средним и высоким уровнем человеческого капитала и в воспроизводство и здравоохранение, но существенно сокращается доля инвестиций в образование.

Глава 3. ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ СРЕДСТВА ФОРМИРОВАНИЯ ИНВЕСТИЦИОННОЙ СТРАТЕГИИ В ОБЛАСТИ РАЗВИТИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО КАПИТАЛА БИЗНЕС- ЕДИНИЦЫ УНИВЕРСИТЕТА

3.1. Динамическая модель оптимального распределения инвестиций в человеческий капитал бизнес-единицы университета для достижения ее стратегических задач в четкой и нечеткой постановках

Ежегодно с целью достижения стратегических целей университет направляет инвестиционные ресурсы в сотрудников своих бизнес-единиц. С другой стороны, имеющийся человеческий капитал сотрудников бизнес-единицы генерирует привлечение определенного количества финансовых средств из различных источников, например, хоздоговорные научно-исследовательские работы, научные гранты и др. источники. Предположим, что для более ускоренного достижения стратегических задач бизнес-единицы часть привлеченных средств вместе с инвестициями, запланированными по программе стратегического развития, направляется на дальнейшее повышение человеческого капитала бизнес-единицы в следующем году.

Рассмотрим следующую многопериодную динамическую задачу с горизонтом планирования T . В каждый момент времени t ($t = 0, 1, \dots, T-1$) университет инвестирует финансовые средства в человеческий капитал бизнес-единицы с целью достижения максимального значения целевой функции, зависящей от поставленных перед университетами стратегических целей. Финансовые ресурсы складываются из финансовых средств для инвестирования в человеческий капитал, запланированных для бизнес-единицы по программе стратегического развития университета и части привлеченных бизнес-единицей финансовых средств, направленных

на повышение уровня человеческого капитала в следующем году. Чтобы найти решение задачи, разработана динамическая модель [32, 41, 43], учитывающая взаимное влияние человеческого капитала бизнес-единицы и дополнительных ресурсных поступлений в нее, возникающих при развитии капитала.

Исходя из концептуальной модели (см. п. 2.1) построим функциональную зависимость привлеченных i -м сотрудником финансовых средств за интервал времени $[t-1, t]$ от его уровня человеческого капитала. Для построения зависимости были использованы следующие статистические данные по ФГБОУ ВО «Владивостокский государственный университет экономики и сервиса»: объем привлеченных финансовых средств кафедрой по основным образовательным программам; объем привлеченных финансовых средств каждым сотрудником кафедры по дополнительным образовательным программам, научным грантам и фондам, хоздоговорным научно-исследовательским работам, за счет консультаций и сопровождения деятельности сторонних организаций. Полученные данные были сведены в интервалы, границами которых являются минимальные и максимальные значения привлеченных финансовых средств в зависимости от источника привлечения и уровня человеческого капитала. В табл. 15 приведены интервалы, полученные в результате обработки статистических данных по 16 кафедрам, что составляет около 300 сотрудников.

Таблица 15

Привлекаемые сотрудником университета ресурсы, тыс. рублей

Ур-нь	Основные и дополнительные образовательные программы	Научные гранты и фонды	Хоздоговорные научно-исследовательские работы	Консультации и сопровождения деятельности организаций
30	0	0	[40; 60]	[0; 20]
40	[0; 50]	0	[60; 100]	[20; 50]
50	[50; 200]	0	[50; 100]	[50; 100]
60	[200; 500]	[0; 500]	[50; 300]	[50; 200]
70	[600; 1000]	[500; 1000]	[300; 500]	[200; 350]
80	[1000; 2000]	[1000; 2000]	[500; 1000]	[400; 500]

Полученные суммарные значения привлеченных каждым сотрудником финансовых средств использовались для построения регрессии. Основными критериями выбора уравнения регрессии являются: коэффициент детерминации, средняя ошибка аппроксимации и уровень значимости критерия Фишера. В результате построения регрессии функция привлеченных средств имеет следующий вид:

$$B_i(t) = 4762 \cdot e^{0,083 \cdot K_i(t)}. \quad (39)$$

При этом коэффициент детерминации построенной функции равен 0,99, средняя ошибка аппроксимации составляет 10,2%, уровень значимости критерия Фишера равен 0,0000007.

Часть финансовых средств, привлеченных сотрудниками бизнес-единицы университета, реинвестируется на дальнейшее повышение человеческого капитала данной единицы. Для задания того, какая доля будет перенаправлена на повышение капитала, в модели вводится коэффициент изъятия $\beta(t)$.

Определять значение данного коэффициента возможно двумя способами: во-первых, в начальный момент времени $t = 0$ для всего периода планирования; при этом временная структура коэффициента определяется руководством, во-вторых, для каждого момента времени, как одну из переменных оптимизации при решении задачи.

Стоит учитывать тот факт, что коэффициент изъятия должен регулироваться определенными нормативными рамками, например, коэффициент должен быть одинаковым для всех сотрудников бизнес-единицы и коэффициент не может составлять больше 50% от общей суммы привлеченных финансовых средств сотрудниками бизнес-единицы.

Учитывая вышеизложенное и введенные в п. 2.2 соотношения, обозначения и предположения, прирост уровня j -й характеристики i -го сотрудника по r -му направлению в момент времени $(t+1)$ определяется по следующей формуле:

$$\Delta x_{ij}^r(t+1) = \lambda_j^r \cdot Z(\tau_i) \cdot \frac{\left(\beta(t) \cdot \sum_{i=1}^N B_i(t) + \hat{B}(t) \right) \cdot \gamma_i^r(t)}{B^r \text{ норм}} \cdot 10 \cdot \left[1 - \left(\frac{x_{ij}(t) - 10}{90} \right)^s \right]. \quad (40)$$

Далее перейдем к построению целевой функции, учитывающей набор стратегических задач, стоящих перед бизнес-

единицей и вытекающих из стратегических целей университета. Каждой задаче ставится в соответствие показатель. Для показателя имеется целевое значение на рассматриваемом горизонте планирования. В зависимости от уровня человеческого капитала бизнес-единицы в момент времени t достигаются определённые результаты по рассматриваемым показателям. Введём интегральный показатель, учитывающий степень достижения набора стратегических задач бизнес-единицы:

$$I(t) = \sum_{l=1}^L \frac{P_l(t)}{\bar{P}_l} \cdot \zeta_l, \quad (41)$$

где $P_l(t)$ – значение показателя l -й стратегической задачи бизнес-единицы в момент времени t ; \bar{P}_l – целевое значение показателя l -й стратегической задачи; ζ_l – коэффициент важности l -й стратегической задачи бизнес-единицы университета, определяющийся руководством университета экспертно, $\zeta_l \in [0; 1]$, $\sum_{l=1}^L \zeta_l = 1$; L – количество стратегических задач.

Коэффициенты ζ_l определяются экспертно с использованием вербальных оценок. При этом каждый эксперт обладает определённым уровнем компетенций по данному вопросу, который оценивается руководителем экспертной группы также в вербальном виде. В связи с этим, для того чтобы учесть неопределенность при оценке ζ_l , переведем полученные вербальные оценки в нечеткие трапециевидные числа и воспользуемся алгоритмом нахождения консолидированного значения (учитывающего мнения всех экспертов и их уровень компетенций), описанного в 2.2, для ζ_l .

Для нахождения значения интегрального показателя строятся функциональные зависимости, позволяющие находить значения показателей стратегических задач по структуре и уровню человеческого капитала бизнес-единицы университета. Данные функциональные зависимости строятся методом регрессионного анализа на основании некоторых предположений и данных, полу-

ченных в результате проведения экспертной оценки. При этом функция значения показателя имеет следующий вид:

$$P_l(t) = f_l(K_1(t), K_2(t), \dots, K_N(t)), l=1, 2, \dots, L^1. \quad (42)$$

Часть параметров модели зависит от сферы деятельности и специфики (территориальной, национальной и других) университета. Их можно классифицировать следующим образом:

1) по национальному признаку. К основным параметрам модели, значения которых отличаются в зависимости от национальной специфики, относятся: весовые коэффициенты, характеризующие важность характеристики человеческого капитала; коэффициенты функции усвоения инвестиций в зависимости от возраста сотрудника; коэффициенты нормирующих функции направлений инвестирования; коэффициенты функции привлечения финансовых ресурсов сотрудниками бизнес-единицы;

2) по целевому признаку. К основным показателям модели, значения которых отличаются в зависимости от набора стратегических целей университета, относятся: целевые значения стратегических задач бизнес-единицы на рассматриваемом горизонте планирования; коэффициенты важности стратегических задач бизнес-единицы;

3) по организационному признаку. К основным показателям модели, значения которых отличаются в зависимости от организационной или функциональной специфики организации, относятся коэффициенты функции привлечения финансовых ресурсов сотрудниками бизнес-единицы.

Используя введенные выше предположения, соотношения и обозначения, предлагается формирование оптимальной структуры инвестиций в человеческий капитал бизнес-единицы осуществлять, используя следующую модель:

$$I(T) = \sum_{i=1}^L \frac{P_i(T)}{P_i} \cdot \zeta_i \rightarrow \max,$$

¹ Актуализация зависимостей для некоторого набора стратегических задач проводится в п.3.2.

$$\left\{ \begin{array}{l}
 P_l(t) = f_l(K_1(t), K_2(t), \dots, K_N(t)), l=1, 2, \dots, L, \\
 K_i(0) = \sum_{j=1}^M \alpha_j \cdot x_{ij}(0), \sum_{j=1}^M \alpha_j = 1, \\
 K_i(t+1) = K_i(t) + \sum_{j=1}^M \left(\sum_{r=1}^4 \Delta x_{ij}^r(t+1) \right) \cdot \alpha_j, t = 0, 1, \dots, T-1, \\
 \Delta x_{ij}^r(t+1) = \lambda_{ij}^r \cdot Z(\tau_i) \cdot \frac{\left(\beta(t) \cdot \sum_{i=1}^N B_i(t) + \hat{B}(t) \right) \cdot \gamma_i^r(t)}{B^{r \text{ норм}}(x_{ij}(t))} \cdot 10 \cdot \left[1 - \left(\frac{x_{ij}(t) - 10}{90} \right)^{1.64} \right], r = 1, 4, \\
 \Delta x_{ij}^r(t+1) = \lambda_{ij}^r \cdot Z(\tau_i) \cdot \frac{\left(\beta(t) \cdot \sum_{i=1}^N B_i(t) + \hat{B}(t) \right) \cdot \gamma_i^r(t)}{B^{r \text{ норм}}(K_i(t))} \cdot 10 \cdot \left[1 - \left(\frac{x_{ij}(t) - 10}{90} \right)^{1.64} \right], r = 2, 3, \\
 x_{ij}(t+1) = x_{ij}(t) + \sum_{r=1}^4 \Delta x_{ij}^r(t+1), \\
 \sum_{r=1}^4 \sum_{i=1}^N \gamma_i^r(t) = 1, t = 1, \dots, T-1, \\
 \Delta K_i(t) \leq 10, \hat{B}(t) \leq B_{\text{бюджет}}(t), t = 1, \dots, T.
 \end{array} \right.$$

Отметим, что начальные значения характеристик человеческого капитала определяются на основании экспертной оценки руководителя бизнес-единицы университета. При этом достаточно сложным является задание данных значений в виде чёткого числа, а эксперту гораздо проще формулировать значения уровня характеристик в виде вербальной оценки, учитывая субъективные представления и ощущения. Одним из способов такого упрощения задачи для руководителя является применение нечетко-множественного подхода. Поэтому в качестве оценок начальных значений характеристик человеческого капитала воспользуемся вербальными оценками, преобразованными в нечеткие трапециевидные числа (рис. 27).

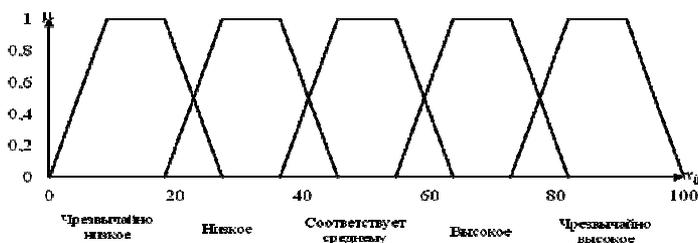


Рис. 27. Преобразование вербальных оценок характеристик человеческого капитала в нечеткие числа

Далее рассмотрим аналогичную задачу: определить степень достижения стратегических задач бизнес-единицы в момент времени T , если начальные значения характеристик человеческого капитала заданы нечеткими числами и инвестирование в человеческий капитал осуществляется как за счет средств, запланированных по программе стратегического развития университета, так и части привлеченных сотрудниками средств, направленных на повышение уровня человеческого капитала в следующем году.

Для решения поставленной задачи воспользуемся следующим алгоритмом:

1) определим оптимальную структуру распределения инвестиций в человеческий капитал между сотрудниками бизнес-единицы университета по направлениям инвестирования для достижения максимального значения интегрального показателя бизнес-единицы за T периодов в четких числах используя модель, описанную выше; при этом начальными значениями характеристик являются значения медиан трапецевидных нечетких чисел (для равнобокой трапеции это середина основания);

2) используя найденную в пункте 1 структуру распределения инвестиционных средств между сотрудниками бизнес-единицы по направлениям инвестирования и задавая начальные значения характеристик человеческого капитала в виде нечетких чисел по рекуррентным зависимостям динамической модели, прямым счетом находим значение интегрального показателя бизнес-единицы в виде нечеткого числа в момент времени T .

Динамическая модель позволяет после ее численного решения сформировать инвестиционную стратегию в области управления человеческим капиталом бизнес-единицы университета на уровне руководителя данной единицы. Целевая функция выбирается соответственно стратегическим задачам, стоящим перед бизнес-единицей.

Инвестиционные стратегии в области управления человеческим капиталом классифицируются по двум признакам:

1) по времени реализации: краткосрочная (до 3 лет), среднесрочные (от 3 до 6 лет) и долгосрочная (более 6 лет);

2) по набору стратегических задач бизнес-единицы.

Инвестиционные стратегии в области управления человеческим капиталом должны отвечать на два основных вопроса:

– какова временная структура распределения инвестиций в человеческий капитал по сотрудникам и направлениям инвестиро-

вания для достижения максимально возможного значения целевой функции в зависимости от распределения начального уровня человеческого капитала, начальной возрастной структуры сотрудников бизнес-единицы (то есть в момент времени $t = 0$), горизонта планирования и набора стратегических задач бизнес-единицы;

– какой объем инвестиций необходим для достижения максимально возможного значения целевой функции в зависимости от распределения начального уровня человеческого капитала, начальной возрастной структуры сотрудников бизнес-единицы (то есть в момент времени $t = 0$), горизонта планирования и набора стратегических задач бизнес-единицы.

В рамках данного параграфа описана динамическая модель оптимального распределения инвестиций в человеческий капитал бизнес-единицы университета для достижения ее стратегических задач с нечеткими входными параметрами, целевой функцией которой является интегральный показатель, учитывающий степень достижения стратегических задач. Описан алгоритм нахождения значения интегрального показателя для модели с четкими и нечеткими входными параметрами. Данная модель позволяет формировать инвестиционные стратегии в зависимости от начального распределения уровня человеческого капитала и возрастной структуры сотрудников бизнес-единицы, заданного горизонта планирования, объема финансовых средств, запланированных для бизнес-единицы по программе стратегического планирования университета, значения коэффициента изъятия, набора стратегических задач бизнес-единицы и их целевых значений показателей.

3.2. Формирование инвестиционной стратегии кафедры в области развития человеческого капитала на основе динамической модели в четкой постановке

3.2.1. Формирование инвестиционной стратегии кафедры университета в области управления человеческим капиталом

В качестве примера использования динамической модели оптимального распределения инвестиций в человеческий капитал бизнес-единицы университета для достижения ее стратегических задач в четкой постановке (см. п.3.1) рассмотрим следующую

управленческую задачу, стоящую перед руководством кафедры университета. В момент разработки плана развития кафедры на некотором горизонте планирования стоит вопрос оптимального распределения финансовых средств между сотрудниками по направлениям инвестирования и годам. Финансовые ресурсы образуются из средств, запланированных для кафедры в рамках программы стратегического развития университета, и части средств, привлеченных самими преподавателями и реинвестированных в дальнейшее повышение человеческого капитала кафедры. Оптимизировать распределение инвестиционных ресурсов необходимо таким образом, чтобы за T периодов достичь поставленных перед кафедрой стратегических задач.

В рамках данного примера рассмотрим набор некоторых стратегических целей университета и вытекающие из них стратегические задачи кафедры, в том числе для каждой задачи определяется показатель, оценивающий степень ее достижения, целевое значение данного показателя и коэффициент важности:

1. *Цель №1*: повышение качества образовательной деятельности:

1.1. *Задача № 1.1*: повышение качественного состава студентов, принятых на 1 курс: показатель – средний балл ЕГЭ студентов, принятых по результатам ЕГЭ на обучение по очной форме (бюджетной и внебюджетной); целевое значение – 70 баллов; коэффициент важности – 0,2;

1.2. *Задача № 1.2*: увеличение выигранных студентами кафедры международных, всероссийских и региональных олимпиад и конкурсов: показатель – количество выигранных (1, 2 и 3 места) олимпиад и конкурсов за 1 год; целевое значение – 4; коэффициент важности – 0,04;

1.3. *Задача № 1.3*: повышение качественного состава магистрантов, принятых на 1 курс: показатель – средний балл бакалаврского диплома поступивших в магистратуру по программам магистратуры кафедры; целевое значение – 85 баллов; коэффициент важности – 0,12;

1.4. *Задача № 1.4*: повышение результативности обучения аспирантов: показатель – доля защитившихся в срок аспирантов кафедры; целевое значение – 0,5; коэффициент важности – 0,12;

2. *Цель № 2:* реализация кадрового потенциала:

2.1. *Задача № 2.1:* повышение острепенности штатного профессорско-преподавательского состава (далее – ППС) кафедры: показатель – доля штатного ППС кафедры, имеющего степень кандидата или доктора наук, в общей численности штатного ППС кафедры; целевое значение – 0,8; коэффициент важности – 0,16;

3. *Цель №3:* развитие научной деятельности:

3.1. *Задача № 3.1:* повышение публикационной активности ППС кафедры: показатель – количество публикаций, индексированных в системах цитирования, на одну ставку ППС за 1 год; целевое значение – 3 статьи; коэффициент важности – 0,16;

4. *Цель № 4:* повышение финансовых результатов:

4.1. *Задача № 4.1:* повышение объема средств, привлеченных ППС кафедры за выполнения хозяйственных научно-исследовательских работ (далее – НИР): показатель – объем средств, привлеченных за выполнение проектов в форме грантов и хозяйственных НИР на одну ставку ППС за 1 год; целевое значение – 500 тыс. рублей; коэффициент важности – 0,2.

В рамках данной работы актуализируем модель, описанную в п. 3.1, функциональными зависимостями значений показателей стратегических задач в момент времени t от уровня человеческого капитала. Для этого для каждой рассматриваемой стратегической задачи кафедры, используя некоторые предположения и статистические данные по ФГБОУ ВО «Владивостокский государственный университет экономики и сервиса», методами регрессионного анализа строятся необходимые функциональные зависимости. Отметим, что статистические данные были собраны по 16 кафедрам университета, в связи с этим регрессии для каждой стратегической задачи строятся по 16 точкам (не менее 2-х точек по каждому уровню человеческого капитала кафедры).

1. Для построения зависимости величины среднего балла ЕГЭ студентов, принятых по результатам ЕГЭ на обучение по очной форме (бюджетной и внебюджетной), используются статистические данные среднего балла ЕГЭ в зависимости от уровня человеческого капитала кафедры. Сгруппированные данные представлены в табл. 16.

**Оценка среднего балла ЕГЭ студентов, принятых на 1 курс,
баллов**

Уровень человеческого капитала кафедры	40	50	60	70	80
Средний балл ЕГЭ студентов	[45; 58]	[52; 68]	[62; 73]	[70; 80]	[77; 83]

На основании данных таблицы 16 осуществляется построение уравнения регрессии. В результате построения регрессии функция P_1 имеет следующий вид:

$$P_1(t) = 0,7538 \cdot S(t) + 19,385. \quad (43)$$

Коэффициент детерминации равен 0,98, средняя ошибка аппроксимации – 4,5%, уровень значимости критерия Фишера – 0,00007.

2. Для построения зависимости количества выигранных (1, 2 и 3 места) олимпиад и конкурсов за 1 год используются статистические данные количества выигранных олимпиад и конкурсов за 1 год в зависимости от уровня человеческого капитала кафедры. Сгруппированные данные представлены в табл. 17. В рамках данного показателя было сделано предположение, что студенты той кафедры, чей средний уровень человеческого капитала меньше 40, не занимают призовых мест на олимпиадах и конкурсах.

Таблица 17

Оценка количества выигранных олимпиад и конкурсов за 1 год

Уровень человеческого капитала кафедры	40	50	60	70	80
Количество выигранных олимпиад и конкурсов за 1 год	[0; 1]	[0; 3]	[1; 4]	[1; 5]	[2; 6]

На основании данных табл. 17 осуществляется построение уравнения регрессии. В результате построения регрессии функция P_2 имеет следующий вид:

$$P_2(t) = \begin{cases} 0; & S(t) < 40, \\ 0,15 \cdot S(t) - 6; & S(t) \geq 40. \end{cases} \quad (44)$$

Коэффициент детерминации равен 0,96, средняя ошибка аппроксимации – 16%, уровень значимости критерия Фишера – 0,0003.

3. Для построения зависимости среднего балла бакалаврского диплома поступивших в магистратуру по программам магистратуры кафедры используются статистические данные среднего балла диплома поступивших в магистратуру в зависимости от уровня человеческого капитала кафедры. Сгруппированные данные представлены в табл. 18. В рамках данного показателя было сделано предположение, что кафедры, чей средний уровень человеческого капитала меньше 50, не имеют программ магистратуры.

Таблица 18

**Оценка среднего балла диплома поступивших
в магистратуру, баллов**

Уровень человеческого капитала кафедры	50	60	70	80
Средний балл бакалаврского диплома	[62; 72]	[70; 79]	[76; 85]	[86; 95]

На основании данных табл. 18 осуществляется построение уравнения регрессии. В результате построения регрессии функция P_3 имеет следующий вид:

$$P_3(t) = \begin{cases} 0; & S(t) < 50, \\ 0,666 \cdot S(t) + 35; & S(t) \geq 50. \end{cases} \quad (45)$$

Коэффициент детерминации равен 0,96, средняя ошибка аппроксимации – 3,2%, уровень значимости критерия Фишера – 0,0000009.

4. Для построения зависимости доли защитившихся в срок аспирантов кафедры используются статистические данные доли защитившихся в срок аспирантов в зависимости от уровня человеческого капитала кафедры. Сгруппированные данные представлены в табл. 19. В рамках данного показателя было сделано предположение, что кафедры, чей средний уровень человеческого капитала меньше 40, не имеют программ подготовки научно-педагогических кадров.

Оценка доли защитившихся в срок аспирантов

Уровень человеческого капитала кафедры	40	50	60	70	80
Доля защитившихся в срок аспирантов	0,0	[0,0; 0,2]	[0,0; 0,4]	[0,1; 0,4]	[0,3; 0,7]

На основании данных табл. 19 осуществляется построение уравнения регрессии. В результате построения регрессии функция P_4 имеет следующий вид:

$$P_4(t) = \begin{cases} 0; & S(t) < 40, \\ 0,0149 \cdot S(t) - 0,5; & S(t) \geq 40. \end{cases} \quad (46)$$

Коэффициент детерминации равен 0,98, средняя ошибка аппроксимации – 7,2%, уровень значимости критерия Фишера – 0,0000025.

5. Для построения зависимости количества публикаций, индексированных в системах цитирования, на одну ставку ППС за 1 год используются статистические данные количества статей, публикуемых сотрудником в зависимости от уровня человеческого капитала. Сгруппированные данные представлены в табл. 20.

Таблица 20

Оценка количества публикаций сотрудника за 1 год, шт.

Уровень человеческого капитала кафедры	20	30	40	50	60	70	80
Количество публикаций	[0,0; 0,25]	[0; 1]	[0,5; 2]	[1; 2]	[1; 4]	[2; 4]	[2; 7]

На основании данных табл. 20 осуществляется построение уравнения регрессии. В результате построения регрессии функция P_5^{pez} имеет следующий вид:

$$P_5^{pez} = 0,0004 \cdot K_i^2 + 0,016 \cdot K_i - 0,23 .$$

Коэффициент детерминации равен 0,99, средняя ошибка аппроксимации – 5,0%, уровень значимости критерия Фишера – 0,00000006.

Таким образом, функция количества публикаций на одну ставку ППС за 1 год имеет следующий вид:

$$P_5(t) = \frac{\sum_{i=1}^N (0,0004 \cdot K_i^2(t) + 0,016 \cdot K_i(t) - 0,23)}{N}. \quad (47)$$

6. Для построения зависимости доли штатного ППС кафедры, имеющего степень кандидата или доктора наук, в общей численности штатного ППС кафедры руководителями кафедры сделан ряд предположений и оценок: сотрудники, уровень человеческого капитала которых ниже 50, не имеют степени кандидата или доктора наук; от 50 до 60 – в 7 из 10 случаев имеют степени кандидата или доктора наук; от 60 до 70 – в 9 из 10 случаев имеют степени кандидата или доктора наук; выше 70 – имеют степени кандидата или доктора наук.

В результате чего функция имеет следующий вид:

$$P_6(t) = \frac{\sum_{i=1}^N V_i(t)}{N}, \quad V_i(t) = \begin{cases} 0; & K_i(t) < 50, \\ 0,7; & 50 \leq K_i(t) < 60, \\ 0,9; & 60 \leq K_i(t) < 70, \\ 1; & 70 \leq K_i(t). \end{cases} \quad (48)$$

7. Для построения зависимости объема средств, привлеченных за выполнение проектов в форме грантов и хозяйственных НИР на одну ставку ППС за 1 год используются статистические данные объема средств, привлеченных одним сотрудником. Сгруппированные данные представлены в табл.21.

Таблица 21

Оценка привлеченных средств, тыс. рублей

Уровень человеческого капитала кафедры	20	30	40	50	60	70
Привлеченные средства	[0; 30]	[0; 60]	[30; 100]	[70; 200]	[250; 450]	[500; 1000]

На основании данных табл. 21 осуществляется построение уравнения регрессии. В результате построения регрессии функция P_7^{pez} имеет следующий вид:

$$P_7^{pez} = 6464,8 \cdot e^{0,068 \cdot K_i}.$$

Коэффициент детерминации равен 0,99, средняя ошибка аппроксимации – 7,7%, уровень значимости критерия Фишера – 0,000000000003.

Таким образом, функция привлеченного объема финансовых средств на одну ставку профессорско-преподавательского состава за 1 год имеет следующий вид:

$$P_3(t) = \frac{6464,8 \cdot \sum_{i=1}^N e^{0,068 \cdot K_i(t)}}{N}. \quad (49)$$

Рассмотрим начальную структуру кафедры университета со штатным ППС 10 человек, приведенную в табл. 22. Значения характеристик человеческого капитала для каждого сотрудника кафедры задаются случайным образом с использованием инструмента «Генерация случайных чисел» (равномерное распределение для первых 3-х сотрудников интервал [10; 40], для сотрудников под номерами 4–7 – [40; 70], для последних 3-х сотрудников – [70; 100]). Для определения уровня человеческого капитала воспользуемся значениями весовых коэффициентов, характеризующих важность характеристик человеческого капитала (см. п. 2.1). Начально запланированные инвестиции по программе развития составляют 1 млн рублей ежегодно и коэффициент изъятия для привлечённых средств равен 0,1 на всем горизонте планирования.

Таблица 22

Начальные параметры кафедры

Параметр сотрудника	№ сотрудника									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
x_{i1}	39	23	28	46	46	56	67	88	73	81
x_{i2}	31	17	23	61	55	44	49	72	74	79
x_{i3}	13	28	29	55	56	59	46	81	89	85

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
x_{i4}	37	10	40	50	62	66	46	72	79	77
x_{i5}	20	26	23	66	56	48	69	77	73	74
x_{i6}	32	23	18	51	51	47	41	80	80	78
x_{i7}	13	23	26	69	63	49	44	89	87	80
x_{i8}	14	21	38	47	58	62	41	79	76	81
x_{i9}	29	32	24	69	56	50	46	78	89	78
x_{i10}	27	35	25	57	48	63	53	90	83	72
x_{i11}	30	38	35	60	48	57	63	72	81	89
x_{i12}	33	36	34	44	70	41	62	74	72	79
x_{i13}	28	35	34	56	66	61	64	73	71	87
x_{i14}	10	33	39	49	41	64	61	84	80	72
x_{i15}	32	20	24	57	55	65	44	82	89	88
x_{i16}	15	35	17	55	64	60	42	83	84	77
x_{i17}	23	24	32	54	69	48	63	83	81	89
x_{i18}	37	21	27	55	46	56	67	87	74	84
x_{i19}	33	28	17	69	53	47	55	77	86	71
x_{i20}	35	24	24	51	61	70	42	72	84	77
x_{i21}	16	17	18	61	52	62	46	90	85	71
x_{i22}	30	18	31	64	69	67	60	85	78	88
x_{i23}	14	12	24	57	69	53	58	80	72	80
x_{i24}	16	11	11	49	66	50	52	72	70	75
Человеческий капитал	27,2	24,1	27,2	57,5	55,7	54,8	55,3	79,2	78,8	78,9
Возраст	23	25	27	32	34	36	39	44	46	48

Учитывая данные табл. 22, уровень человеческого капитала кафедры составляет 53,9. Стоит отметить, что на данной кафедре преобладают сотрудники с уровнем капитала из интервала [50; 60]. Средний возраст составляет 35,4 года.

В результате решения рассматриваемой задачи получены доли распределения инвестиционных средств $\gamma_i^1(t), \dots, \gamma_i^4(t)$ ($i = 1, 2, \dots, 10, t = 1, \dots, 5$), часть из которых приведена

в табл. 23. Отметим, что для моделирования ситуации был использован метод Монте-Карло.

Таблица 23

Фрагмент структуры распределения инвестиций, %

№ года	Направление инвестирования	№ сотрудника									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Образование	1,3	2,0	0,8	13,9	5,2	5,2	3,8	0,8	0,8	0,7
	Здравоохранение	2,7	1,9	2,7	2,3	3,1	3,0	2,1	0,8	0,7	0,8
	Воспроизводство	6,6	5,5	6,2	3,7	4,2	4,9	3,5	1,7	1,8	1,9
	Имидж	0,3	0,2	0,3	0,9	0,6	0,7	0,8	0,6	0,6	0,5
5	Образование	18,1	15,5	7,0	1,6	2,3	2,8	2,7	0,2	0,3	0,2
	Здравоохранение	2,9	5,6	3,2	1,1	1,3	1,4	1,3	0,2	0,2	0,2
	Воспроизводство	4,9	11,3	5,3	1,5	1,9	2,0	1,7	0,2	0,2	0,2
	Имидж	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,5	0,3	0,2	0,2	0,2

Анализируя полученные результаты, сделаем следующие выводы:

– в сотрудников с низким начальным уровнем человеческого капитала [10; 40) направляется 15–20% от общего объема инвестиционных средств, при этом большая часть финансовых средств 40–50% направляется в производство, 30–40% – в образование, 15–20% – в здравоохранение и 1–2% – в имидж;

– в сотрудников со средним начальным уровнем человеческого капитала [40; 70) направляется 5–10% от общего объема инвестиционных средств, при этом большая часть финансовых средств 40–50% направляется в образование, 25–35% – в производство, 15–25% – в здравоохранение и 5–10% – в имидж;

– в сотрудников с высоким начальным уровнем человеческого капитала [70; 100] направляется менее 2% от общего объема инвестиционных средств, при этом большая часть финансовых

средств 35–40% направляется в образование, 20–25% – в воспроизводство, 20–25% – в здравоохранение и 15–20% – в имидж.

Стоит отметить, что с ростом уровня человеческого капитала происходит уменьшение суммарного объема инвестиций, при этом приоритетным направлениями являются воспроизводство и образование.

Далее проанализируем структуру распределения инвестиционных средств между сотрудниками кафедры по направлениям инвестирования. Структурные графики представлены на рис. 28.

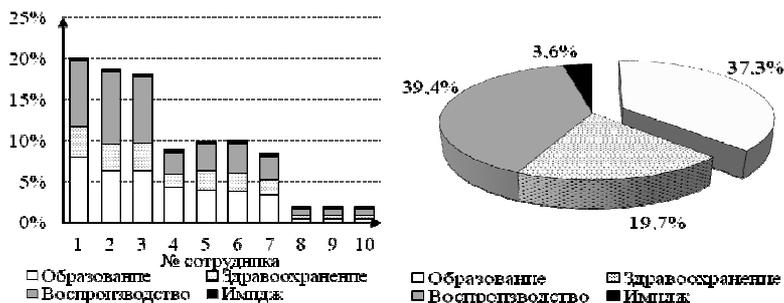


Рис. 28. Структура распределения инвестиций между сотрудниками кафедры по направлениям инвестирования

Видим, что большая часть финансовых средств (около 40%) для рассматриваемой кафедры приходится на воспроизводство, далее около 37% – на образование, около 20% – на здоровье и оставшаяся часть направляется в имидж. Это обусловлено в первую очередь тем, что воспроизводство и образование являются направлениями, которые максимально охватывают характеристики человеческого капитала и обеспечивают рост значений данных характеристик при минимальных издержках, следовательно, для имеющихся начальных условий данные направления являются приоритетными и позволяющими обеспечить максимальное продвижение по достижению стратегических задач кафедры.

С точки зрения развития кафедры и достижения поставленных задач получены следующие результаты:

а) при запланированном объеме инвестиций в человеческий капитал равном 14,7 млн рублей прирост уровня человеческого капитала кафедры за 5 лет составляет 15. Отметим, что совокупные инвестиционные средства складываются из 5 млн руб-

лей, запланированных для кафедры по программе стратегического развития университета, и 9,5 млн рублей, привлеченных сотрудниками кафедры и реинвестированных на дальнейшее повышение ее уровня человеческого капитала.

б) значения показателей стратегических задач и интегрального показателя во временном разрезе представлены в табл. 24.

Таблица 24

Значение показателей задач и интегрального показателя¹

t	1	2	3	4	5
P_1	63	66	68	70	71
$СД P_1$	0,9	0,94	0,97	1	1,02
P_2	3	3	4	4	4
$СД P_2$	0,66	0,8	0,91	1,01	1,08
P_3	73	76	78	80	81
$СД P_3$	0,86	0,89	0,92	0,94	0,95
P_4	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4
$СД P_4$	0,52	0,62	0,72	0,79	0,85
P_5	2	2,1	2,3	2,5	2,7
$СД P_5$	0,65	0,71	0,78	0,84	0,89
P_6	0,6	0,6	0,6	0,8	0,9
$СД P_6$	0,73	0,75	0,8	1	1,09
P_7	253	276	301	325	349
$СД P_7$	0,51	0,55	0,6	0,65	0,7

Учитывая данные табл. 24, можно сделать следующие выводы: при имеющихся начальных условиях значение интегрального показателя через 5 лет составит 0,92, при этом прирост его значения равен 0,23. Это говорит о недостижении целевых значений большинства стратегических задач кафедры. Несмотря на то, что часть стратегических задач перевыполнена, значительная

¹ СД – степень достижения.

часть из них является недостижимой при данном объеме финансирования или начальном уровне человеческого капитала.

Стоит отметить:

– к выполненным стратегическим задачам кафедры относятся: повышение качественного состава студентов, принятых на 1 курс (степень достижения составляет 1,02); увеличение выигранных студентами кафедры международных, всероссийских и региональных олимпиад и конкурсов (степень достижения – 1,08); повышение публикационной активности ППС кафедры (степень достижения – 1,09);

– к невыполненным стратегическим задачам кафедры относятся: повышение качественного состава магистрантов, принятых на 1 курс (степень достижения составляет 0,95); повышение результативности обучения аспирантов (степень достижения – 0,85); повышение острепенности штатного ППС кафедры (степень достижения – 0,89); повышение объема средств, привлеченных ППС кафедры за выполнения хоздоговорных НИР (степень достижения – 0,70).

На основании проведенных численных экспериментов найден минимальный объем инвестиций для выполнения всех стратегических задач кафедры: необходимый совокупный объем инвестиций равен около 70 млн рублей, что на 55 млн рублей больше, чем инвестированные в выше приведенном примере. Ликвидировать данный дефицит в инвестиционных средствах возможно только за счет изменения коэффициента изъятия и увеличения финансовых средств, запланированных по программе стратегического развития университета. Стоит учитывать тот факт, что коэффициент изъятия не может составлять более 0,5 (см. п. 3.1), следовательно, недостающая часть должна быть выделена самой организацией. Стоит отметить, что основной вопрос, возникающий при увеличении инвестиционных средств в человеческий капитал кафедры, это целесообразность данного увеличения, при этом можно рекомендовать два наиболее оптимальных варианта решения данной проблемы: произвести корректировку целевых значений показателей стратегических задач или привлечь внешних сотрудников с высоким уровнем человеческого капитала.

Найденные выше численные решения позволяют сформулировать, например, следующую стратегию для исследуемой кафедры: если университет максимизирует интегральный показа-

тель, учитывающий степень достижения набора стратегических задач бизнес-единицы, в долгосрочной стратегии ($T = 5$) при объеме финансовых средств по программе стратегического планирования университета 1 млн рублей ежегодно и коэффициенте изъятия 0,1, то максимальная часть инвестиций (50–60%) направляется в сотрудников с уровнем человеческого капитала [10; 40), основными направлениями инвестирования являются воспроизводство (35–40%) и образование (35–40%). Достижение целевых значений показателей стратегических задач возможно при условии привлечения сотрудников с высоким уровнем человеческого капитала.

Для разработки инвестиционных стратегий в области управления человеческим капиталом в зависимости от начального уровня человеческого капитала бизнес-единицы проведем численные эксперименты, при этом начальная структура уровня человеческого капитала сотрудников будет задаваться с использованием инструмента «Генерация случайных чисел». Для этого рассмотрим еще две ситуации, когда на кафедре преобладают сотрудники с низким уровнем человеческого капитала и с высоким уровнем.

1. Уровень человеческого капитала кафедры составляет менее 40, тогда значение интегрального показателя через 5 лет составит (0,8; 0,9). Прирост значения интегрального показателя составляет около 0,25, а прирост уровня человеческого капитала составляет около 15. Достижение всех целевых значений показателей стратегических задач является возможным только при условии привлечения сотрудников с высоким уровнем человеческого капитала. При заданных начальных условиях степени достижения стратегических задач составляют: от 0,9 до 1 для задачи «повышение качественного состава студентов, принятых на 1 курс»; от 0,9 до 1 – «увеличение выигранных студентами кафедры международных, всероссийских и региональных олимпиад и конкурсов»; от 0,85 до 0,95 – «повышение качественного состава магистрантов, принятых на 1 курс»; от 0,7 до 0,8 – «повышение результативности обучения аспирантов»; от 0,75 до 0,85 – «повышение острепенности штатного ППС кафедры»; от 0,9 до 1 – «повышение публикационной активности ППС кафедры»; от 0,8 до 0,9 – «повышение объема средств, привлеченных ППС кафедры за выполнения хоздоговорных НИР».

Учитывая вышеизложенное, сформулируем следующую инвестиционную стратегию: если на кафедре преобладают сотрудники с низким начальным уровнем человеческого капитала

(10–40) и университет максимизирует интегральный показатель в долгосрочной стратегии ($T = 5$) при объеме финансовых средств по программе стратегического планирования университета 1 млн рублей ежегодно и коэффициенте изъятия 0,1, то максимальная часть инвестиций (40–50%) направляется в сотрудников с низким уровнем человеческого капитала, основными направлениями инвестирования являются воспроизводство (около 40%) и образование (30–40%). Достижение целевых значений показателей стратегических задач возможно при условии привлечения сотрудников с высоким уровнем человеческого капитала.

2. Уровень человеческого капитала бизнес-единицы составляет более 70 тогда значение интегрального показателя через 5 лет составит (0,95; 1), при этом прирост значения интегрального показателя составляет около 0,2, а прирост уровня человеческого капитала составляет около 10. Достижение всех целевых значений показателей стратегических задач возможно при совокупном объеме инвестирования равном около 30 млн рублей, что является целесообразным, например, для данного объема инвестирования достаточно увеличить значение коэффициента изъятия до 0,2. При заданных начальных условиях степени достижения стратегических задач составляют: от 1 до 1,05 – «повышение качественного состава студентов, принятых на 1 курс»; от 1,1 до 1,2 – «увеличение выигранных студентами кафедры международных, всероссийских и региональных олимпиад и конкурсов»; от 0,95 до 1 – «повышение качественного состава магистрантов, принятых на 1 курс»; от 0,95 до 1 – «повышение результативности обучения аспирантов»; от 0,95 до 1 – «повышение острепенности штатного ППС кафедры»; от 1 до 1,1 – «повышение публикационной активности ППС кафедры»; от 0,85 до 0,95 – «повышение объема средств, привлеченных ППС кафедры за выполнения хоздоговорных НИР».

Учитывая вышеизложенное, сформулируем следующую инвестиционную стратегию: если на кафедре преобладают сотрудники с высоким начальным уровнем человеческого капитала (70–100) и университет максимизирует интегральный показатель в долгосрочной стратегии ($T = 5$) при объеме финансовых средств по программе стратегического планирования университета 1 млн рублей ежегодно и коэффициенте изъятия 0,1, то максимальная часть инвестиций (35–40%) направляется в сотрудников с низким уровнем человеческого капитала, основными направлениями инве-

стирования являются воспроизводство (около 40%) и образование (30–35%). Достижение целевых значений показателей стратегических задач возможно при увеличении коэффициента изъятия до 0,2.

В рамках данного параграфа определим степень влияния изменения параметров построенной модели на интегральный показатель, учитывающий степень достижения набора стратегических задач. Для оценки степени влияния исследуем чувствительность модели к изменению коэффициентов нормировочных функций инвестиций по направлениям инвестирования, коэффициентов функций значений показателей стратегических задач и функции финансовых средств, привлеченных сотрудниками кафедры. Анализ чувствительности модели проводится следующим образом: задается отклонение одного из входных параметров модели от его среднего значения при фиксированных значениях других параметров и находится изменение уровня человеческого капитала бизнес-единицы [28]. В качестве меры чувствительности будем использовать коэффициенты эластичности.

Определим коэффициенты эластичности изменения вышеперечисленных параметров модели при существенно разных начальных распределениях уровня человеческого капитала. В результате проведенных расчетов были получены различные коэффициенты эластичности в зависимости от начального распределения. Коэффициенты эластичности при изменении входных параметров модели приведены в табл. 25.

Таблица 25

Коэффициенты эластичности изменения параметров модели

Входной параметр	Коэффициент	Эластичность
1	2	3
Функция привлеченных сотрудников финансовых средств	a_1	(3,2; 3,6)
	a_2	(3,6; 4,0)
Нормировочная функция инвестиций в образование	b_1	(2,7; 3,1)
	b_2	(3,1; 3,5)
Нормировочная функция инвестиций в здравоохранение	c_1	(2,8; 3,2)
	c_2	(2,7; 3,1)

1	2	3
Нормировочная функция инвестиций в воспроизводство	d_1	(2,1; 2,5)
	d_2	(2,1; 2,5)
Нормировочная функция инвестиций в имидж на территории региона	e_1	(0,5; 0,9)
	e_2	(1,0; 1,4)
Нормировочная функция инвестиций в имидж на территории страны	f_1	(0,5; 0,9)
	f_2	(0,7; 1,1)
Нормировочная функция инвестиций в имидж на территории мира	g_1	(0,2; 0,6)
	g_2	(0,3; 0,7)
Функция величины среднего балла ЕГЭ студентов, принятых по результатам ЕГЭ	h_1	(2,1; 2,5)
	h_2	(1,9; 2,2)
Функция количества выигранных (1, 2 и 3 места) олимпиад и конкурсов за 1 год	j_1	(0,5; 0,8)
	j_2	(0,6; 0,9)
Функция среднего балла бакалаврского диплома поступивших в магистратуру	k_1	(0,6; 1,0)
	k_2	(0,8; 1,2)
Функция доли защитившихся в срок аспирантов кафедры	l_1	(0,9; 1,2)
	l_2	(0,7; 1,0)
Функция количества публикаций на одну ставку профессорско-преподавательского состава за 1 год	m_1	(1,6; 2,0)
	m_2	(2,0; 2,4)
	n_1	(1,9; 2,3)
Функция доли штатного состава кафедры, имеющего степень кандидата или доктора наук, в общей численности штатного состава кафедры	n_2	(1,1; 1,5)
	n_3	(0,9; 1,3)
	o_1	(0,8; 1,2)
Функция объема средств, привлеченных за выполнение проектов на одну ставку за 1 год	o_2	(2,9; 3,3)
	o_3	(3,5; 3,9)

На основании данных табл. 25 можно сделать следующие выводы:

– наибольшей степенью влияния изменения входных параметров модели на значение интегрального показателя кафедры университета (коэффициент эластичности от 2,5 до 4) обладают: коэффициенты нормировочных функций инвестиций в образование и здравоохранение, функции привлеченных сотрудником финансовых средств и функции объема средств, привлеченных за выполнение проектов на одну ставку за 1 год;

– средней степенью влияния изменения входных параметров модели на значение интегрального показателя кафедры университета (коэффициент эластичности от 1,5 до 2,5) обладают: коэффициенты нормировочной функции инвестиций в воспроизводство, функции количества публикаций на одну ставку профессорско-преподавательского состава за 1 год и функции среднего балла ЕГЭ студентов, принятых по результатам ЕГЭ на обучение;

– наименьшей степенью влияния изменения входных параметров модели на значение интегрального показателя кафедры университета (коэффициент эластичности менее 1,5) обладают: коэффициенты нормировочных функций инвестиций в имидж на территории региона, страны и мира, функции доли штатного состава кафедры, имеющего степень кандидата или доктора наук, в общей численности штатного состава кафедры, функции количества выигранных (1, 2 и 3 места) олимпиад и конкурсов за 1 год, функции среднего балла бакалаврского диплома поступивших в магистратуру и функции доли защитившихся в срок аспирантов кафедры.

В рамках данного раздела рассмотрены примеры формирования инвестиционных стратегий в области управления человеческим капиталом на основе динамической модели, когда ее начальные входные параметры заданы четко. Для каждой стратегической задачи построена функциональная зависимость значения показателя стратегической задачи от уровня человеческого капитала. В зависимости от начального уровня человеческого капитала кафедры определены инвестиционные стратегии по максимизации интегрального показателя, учитывающего степени достижения семи стратегических задач кафедры. Проведен анализ чувствительности модели к изменению ее различных входных параметров.

3.2.2. Сравнительный анализ инвестиционных стратегий кафедр университетов России и Китая в области управления человеческим капиталом

Выше рассмотрен пример использования динамической модели оптимального распределения инвестиций в человеческий капитал бизнес-единицы университета для достижения ее стратегических задач с четкими входными параметрами. Апробация данной модели проводилась на российских университетах. Входными параметрами в модели являются, в том числе, и факторы, зависящие от ментальности социально-культурной общности. В связи с этим существует потребность проведения сравнительного анализа результатов, полученных в процессе использования модели, на примере не только российских университетов, но и университетов другой страны, например, Китайской Народной Республики [32,33].

Выбор Китая в качестве территории для сравнительного анализа обусловлен существенными различиями в мировоззрении европейской, к которой относится, в том числе, и российская, и азиатской культур. Данные различия имеют в своем основании несколько основных причин, главными из которых являются китайская философия и китайский язык. В основании китайской философии ключевым звеном является «гармония», и, соответственно, при восприятии окружающей действительности носитель китайской культуры стремится к однородному целостному восприятию предметов и явлений, что проявляется в его способностях к синтезу, и наоборот, препятствует развитию аналитических способностей [33].

Линейный тип мышления западной цивилизации, в основе которой лежит алфавитное письмо, противопоставляется образному восприятию китайского общества с ее иероглифической системой письма. Можно выдвинуть предположение о том, что при чтении и написании китайского текста активно задействуется правополушарное мышление с его холистической стратегией обработки информации: ведь иероглиф репрезентирует смысл только как целая картинка, его смысловое значение не всегда можно вывести из аналитически расчлененной совокупности черт или графем, из которых он состоит [8, 59, 61, 127].

Китайская мысль всегда коррелирует с объектами видимого мира, осмысление действительности строится на непосредственном восприятии и личном опыте. Доминирование конкретного над абст-

рактным проявляется во всех сферах жизни жителя Китая, что не позволило им развивать точные науки. Свои умозаключения житель Китая строит на интуитивном уровне, основываясь на здравом смысле и житейском опыте. Система логического построения теорий с их доказательствами всегда была чужда китайской ментальности, еще Чжуан-цзы отметил невозможность объективного оценивания знаний у китайцев [78, 129].

Рассмотрим влияющие на результат входные параметры динамической модели в четкой постановке, значения которых отличаются для университетов России и Китая: весовые коэффициенты, характеризующие важность характеристики человеческого капитала; коэффициенты усвоения вложенных средств, зависящие от возраста сотрудника; коэффициенты нормирующих функций направлений инвестирования (кроме известности на территории мира); коэффициенты функции привлечения сотрудниками финансовых ресурсов. Выбор параметров, в том числе, обусловлен результатами экспертного опроса специалистов-китаеведов ФГБОУ ВО «Владивостокский государственный университет экономики и сервиса» и сотрудников университета Цинхуа (г. Пекин). Некоторые предположения и оценки в сравнении с предположениями и оценками для российского университета (см. п. 2.2) представлены в табл. 26.

Учитывая предположения, приведенные в графе 1 таблицы 25, определены следующие значения весовых коэффициентов для китайского университета: мыслительная – 0,034, речевая – 0,056, рефлексивная – 0,022, эмоционально-чувствительная – 0,045, поведенческая – 0,067, творческая – 0,011, лингвистическая – 0,017, логико-математическая – 0,022, пространственная – 0,039, телесно-кинетическая – 0,028, интраперсональная – 0,011, интерперсональная – 0,006, натуралистическая – 0,050, коммуникация – 0,034, многозадачность – 0,034, принятие решений – 0,017, организация – 0,067, проактивность – 0,101, обучаемость – 0,084, опыт педагогической деятельности – 0,067, опыт научной деятельности – 0,022, имидж на территории провинции – 0,028, имидж на территории страны – 0,084 и имидж на территории мира – 0,056.

Сравнение показателей российского и китайского университета¹

№ п/п	Показатель	Россия	Китай
1	2	3	4
1	Весовой коэффициент, характеризующий важность j -й характеристики человеческого капитала (α_j)	Наибольшей важностью обладают профессиональные характеристики (обучаемость, коммуникация, принятие решений и др.), далее по убыванию важности следуют: опыт работы в профессиональной деятельности; личные способности (эмоционально-чувствительные, мыслительные и др.); интеллектуальные способности (лингвистические, логико-математические и др.); имидж на территории	Наибольшей важностью обладает имидж на территории, далее по убыванию важности следуют: опыт работы в профессиональной деятельности; профессиональные способности (многозадачность, принятие решений, коммуникация и др.); личные способности (творческие, эмоционально-чувствительные и др.); интеллектуальные способности (пространственные, натуралистические и др.)
2	Коэффициент усвоения характеристик человеческого капитала зависящий от возраста сотрудника организации (Z)	Развитие психических функций у сотрудников характеризуется следующими данными: способность к логическим операциям 20-летнего человека есть «эталон», в 25 лет – 97,5%, в 30 – 96%, в 35 – 93%, в 40 – 89%, в 50 – 80%, в 60 – 67%, в 65 – 59%	Развитие психических функций у сотрудников характеризуется следующими данными: способность к логическим операциям 35–40-летнего человека есть «эталон», в 20 лет – 75%, в 25 – 85%, в 30 – 95%, в 45 – 96%, в 50 – 90%, в 60 – 80%, в 65 – 70% [125]

¹ Стоимость 1 юаня составляет 10 рублей.

1	2	3	4
3	<p>Нормирующая функция r-го направления инвестирования ($B^r_{норм}$)</p>	<p>1. Инвестирование в образование: для увеличения характеристик с уровня 20 на уровень 40 необходимо 100 тыс. руб., с уровня 70 на уровень 90 – 2 млн руб. 2. Инвестиции в здравоохранение: для увеличения характеристик с уровня 20 на уровень 40 необходимо 300 тыс. руб., с уровня 70 на уровень 90 – 3 млн. руб. 3. Инвестиции в воспроизводство: для увеличения характеристик с уровня 20 на уровень 40 необходимо 300 тыс. руб., с уровня 70 на уровень 90 – 2 млн руб.</p>	<p>1. Инвестирование в образование: для увеличения характеристик с уровня 20 на уровень 40 необходимо 200 тыс. руб., с уровня 70 на уровень 90 – 4,5 млн руб. 2. Инвестиции в здравоохранение: для увеличения характеристик с уровня 20 на уровень 40 необходимо 100 тыс. руб., с уровня 70 на уровень 90 – 800 тыс. руб. 3. Инвестиции в воспроизводство: для увеличения характеристик с уровня 20 на уровень 40 необходимо 250 тыс. руб., с уровня 70 на уровень 90 – 1,5 млн руб.</p>
4	<p>Нормирующая функция r-го направления инвестирования ($B^r_{норм}$)</p>	<p>4. Инвестиции в имидж: для увеличения характеристик с уровня 20 на уровень 40: регион необходимо 100 тыс. руб., страна – 250 тыс. руб., мир – 350 тыс. руб.; с уровня 70 на уровень 90: регион необходимо 500 тыс. руб., страна – 1,5 млн руб., мир – 3,5 млн руб.</p>	<p>4. Инвестиции в имидж: для увеличения характеристик с уровня 20 на уровень 40: провинция необходимо 200 тыс. руб., страна – 200 тыс. руб., мир – 350 тыс. руб.; с уровня 70 на уровень 90: регион необходимо 650 тыс. руб., страна – 900 тыс. руб., мир – 3,5 млн руб.</p>

1	2	3	4
5	Функция привлечения финансовых ресурсов сотрудниками организации (B)	Источники привлечения финансовых ресурсов: – хоздоговорные научно-исследовательские работы; – научные гранты; – консультации и сопровождения иных организаций; – основные и дополнительные образовательные программы.	Источники привлечения финансовых ресурсов: – хоздоговорные научно-исследовательские работы; – научные гранты; – основные и дополнительные образовательные программы.

Учитывая распределение, приведенное в графе 2 таблицы 25, методом регрессионного анализа построена функция усвоения инвестиций в зависимости от возраста i -го сотрудника кафедры китайского университета:

$$Z(\tau_i) = -0,0005 \cdot \tau_i^2 + 0,0401 \cdot \tau_i + 0,163. \quad (50)$$

Учитывая предположения, приведенные в графе 3 таблицы 25, методом регрессионного анализа построены нормировочные функции направлений инвестирования для Китая:

$$B^{1 \text{ норм}} = 16382,8 \cdot e^{0,065 \cdot x_{ij}}, \quad (51)$$

$$B^{2 \text{ норм}} = 5658,6 \cdot e^{0,057 \cdot K_i}, \quad (52)$$

$$B^{3 \text{ норм}} = 40067,8 \cdot e^{0,04 \cdot K_i}, \quad (53)$$

$$B^{4 \text{ норм провинция}} = 4192,5 \cdot x_{ij}^{1,01}, \quad B^{4 \text{ норм страна}} = 1144,6 \cdot x_{ij}^{1,38},$$

$$B^{4 \text{ норм мир}} = 434,5 \cdot x_{ij}^{1,92}. \quad (54)$$

Для построения функции были собраны статистические данные по университету Цинхуа о среднем объеме привлеченных средств сотрудниками структурных подразделений в зависимости от их уровня человеческого капитала. Полученные данные представлены в табл. 27.

Оценка привлекаемые сотрудником средства, тыс. рублей

Уровень человеческого капитала	Основные и дополнительные образовательные программы	Научные гранты и фонды	Хоздоговорные научно-исследовательские работы	Итого
10	0	0	[0; 60]	[0; 60]
20	0	0	[60; 100]	[60; 100]
30	0	[0; 100]	[100; 200]	[100; 300]
40	0	[100; 200]	[200; 300]	[300; 500]
50	[0; 500]	[200; 400]	[300; 400]	[500; 1300]
60	[500; 1500]	[400; 600]	[400; 500]	[1300; 2600]
70	[1500; 3000]	[600; 1000]	[500; 600]	[2600; 4600]
80	[3000; 5000]	[1000; 1500]	[600; 1000]	[4600; 7500]
90	[5000; 6000]	[1500; 3000]	[1000; 1500]	[7500; 10500]

В качестве данных для построения регрессии будут использоваться значения середины интервала итогового объема привлекаемых ресурсов. По полученным значениям осуществляется построение уравнения регрессии для функции привлеченных финансовых средств. В результате построения регрессии функция имеет следующий вид:

$$B_i(t) = 20274,9 \cdot e^{0,072 \cdot K_i(t)}. \quad (55)$$

Учитывая введенные выше коэффициенты важности характеристик человеческого капитала и функциональные зависимости, актуализируем динамическую модель в четкой постановке (см. п 3.1) для университета Китая.

Для проведения сравнительного анализа рассмотрим две кафедры со штатным профессорско-преподавательским составом

10 человек, уровень человеческого капитала и возрастная структура которых в начальный момент времени $t = 0$ одинаковые и приведены в табл. 28. Отметим, что начальные распределения характеристик человеческого капитала сотрудников для каждой кафедры имеют вид: $x_{i1} = x_{i2} = \dots = x_{i24}$.

Таблица 28

Входные параметры модели

Входной параметр	№ сотрудника									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
x_{ij}	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75
K_i	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75
τ_i , лет	23	26	29	32	35	38	41	44	47	50

Учитывая данные табл. 28, уровень человеческого капитала кафедр в начальный момент времени $t = 0$ составляет 52,5. Отметим, что в кафедрах преобладают сотрудники со средним уровнем человеческого капитала, а именно [40; 70). Средний возраст сотрудников составляет 36,5 лет.

В качестве примера рассмотрим задачу максимизации интегрального показателя, учитывающего степень достижения трех стратегических задач кафедры (повышение острепенности штатного ППС кафедры $l = 1$; повышение публикационной активности ППС кафедры $l = 2$; повышение объема средств, привлеченных ППС кафедры за выполнение хоздоговорных НИР $l = 3$). Функциональные зависимости для стратегических задач представлены в п. 3.2.1.

Пусть инвестиции, запланированные по программе развития, составляют 1 млн рублей в год. Горизонт планирования равен 5 годам. Переменными, по которым проводится оптимизация, являются доли вложений в сотрудников по направлениям инвестирования и годам $\gamma_i^1(t)$, ..., $\gamma_i^4(t)$, где $i = 1, \dots, 10$, $t = 1, \dots, 5$. Доля изъятия составляет 0,1.

Решение поставленной задачи по распределению инвестиционных средств между сотрудниками кафедр российского и китайского университетов по направлениям инвестирования проведено в табл. 29.

Таблица 29

Доли распределения инвестиций в человеческий капитал, %

№ с-ка	Инвестиции в сотрудника		Инвестиции в образование		Инвестиции в здравоохранение		Инвестиции в производство		Инвестиции в имидж		Прирост ЧК	
	РФ	КНР	РФ	КНР	РФ	КНР	РФ	КНР	РФ	КНР	РФ	КНР
1	19,3	13,9	51,3	23,6	19,1	23,8	28,1	44,9	1,5	7,7	35	34
2	17,0	12,7	46,3	21,0	22,2	31,9	29,9	39,3	1,6	7,9	28	30
3	14,3	11,5	33,0	17,1	28,4	37,4	36,6	37,0	2,0	8,5	22	26
4	12,6	10,7	34,9	13,9	28,4	39,5	34,2	34,0	2,5	12,6	17	24
5	10,6	10,7	33,9	11,3	27,5	39,0	33,8	29,4	4,7	20,2	12	22
6	8,5	10,2	33,8	8,5	26,4	37,3	33,4	28,2	6,4	26,0	8	19
7	6,3	9,3	32,5	9,9	26,5	34,9	33,9	27,6	7,0	27,5	5	14
8	4,6	8,1	30,2	10,9	26,1	32,6	34,8	25,7	8,9	30,8	4	11
9	3,1	7,1	27,3	11,4	25,2	29,9	35,8	25,0	11,8	33,7	2	8
10	3,8	5,9	30,5	11,7	35,4	26,9	16,9	23,7	17,2	37,7	2	6

Анализируя полученные данные, можно сделать следующие выводы для кафедры китайского университета:

– в сотрудников с низким начальным уровнем человеческого капитала [10; 40) направляется 10–15% от общего объема инвестиционных средств, при этом большая часть финансовых средств (30–40%) направляется в производство, 20–30% – в здравоохранение, 20–25% – в образование и 5–10% – в имидж;

– в сотрудников со средним начальным уровнем человеческого капитала [40; 70) направляется около 10% от общего объема инвестиционных средств, при этом большая часть финансовых средств (35–40%) направляется в здравоохранение, 30–40% – в производство, 10–30% – в имидж и 10–20% – в образование;

– в сотрудников с высоким начальным уровнем человеческого капитала [70; 100] направляется 5–10% от общего объема инвестиционных средств, при этом большая часть финан-

совых средств (30–40%) направляется в имидж, 25–30% – в здравоохранение, 20–25% – в воспроизводство, около 10% – в образование.

Значение уровня человеческого капитала кафедры китайского университета через 5 лет при заданных условиях составит 71,7 (прирост уровня – 19,2 пунктов). Отметим, что в сравнении с российской кафедрой значение уровня человеческого капитала для кафедры китайского университета через 5 лет будет больше на 5,5 пунктов. Значения показателей стратегических задач и интегральных показателей российского и китайского университета по годам представлены в табл. 30.

Таблица 30

Значения показателей задач и интегрального показателя

t	Степень достижения $P_1(t)$		Степень достижения $P_2(t)$		Степень достижения $P_3(t)$		I(t)	
	РФ	КНР	РФ	КНР	РФ	КНР	РФ	КНР
1	0,60	0,60	0,65	0,65	0,66	0,66	0,64	0,64
2	0,66	0,68	0,65	0,65	0,74	0,83	0,68	0,73
3	0,72	0,77	0,91	0,86	0,84	1,02	0,83	0,90
4	0,78	0,85	1,03	1,08	0,94	1,23	0,93	1,07
5	0,82	0,93	1,08	1,16	1,04	1,45	0,99	1,21

Учитывая данные табл. 30, можно сделать следующие выводы: при имеющихся начальных условиях интегральный показатель для кафедры китайского университета через 5 лет составит 1,21, что на 0,22 больше, чем для российского университета, а прирост его значения составит 0,57. С одной стороны, это говорит о достижении целевых значений набора показателей стратегических задач для данной кафедры, с другой стороны, целевое значение интегрального показателя было достигнуто за счет перевыполнения части задач. Задача повышение публикационной активности сотрудников кафедры выполнена на 0,93.

Основывая на полученных результатах, сделаем следующие выводы:

– отличительной чертой распределения инвестиций, направляемых в человеческий капитал кафедры китайского университета, между направлениями являются иерархия направлений, т.е. приоритетными являются здравоохранение и воспроизводство, далее имидж и образование, в то время как для кафедры российского университета имеется следующая иерархия: образование, воспроизводство, здравоохранение и имидж (рис. 29). Для кафедры российского университета явно выпадающим (менее 5%) направлением является имидж, а для кафедры китайского университета такого нет. Стоит отметить, что данная структура обусловлена двумя причинами: во-первых, большим объемом инвестиционных средств за счет реинвестирования части привлеченных сотрудниками средств, во-вторых, при выполнении стратегических задач важную роль играет сам индивид, способный за счет своего высокого уровня человеческого капитала значительно продвинуться по достижению целевых значений показателей стратегических задач кафедры;

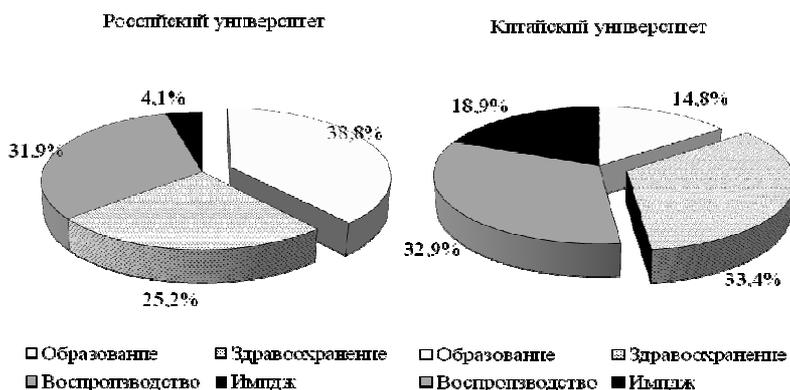


Рис. 29. Распределение инвестиционных средств по направлениям

– отличительной чертой распределения инвестиций, направленных в человеческий капитал кафедры китайского университета, между сотрудниками по направлениям является более пологий наклон графика, т.е. разница между максимальной долей инвестиций и минимальной составляет 8%, в то время как для

российской кафедры – 15,5% (рис. 30). Стратегия кафедры российского университета заключается в подтягивании слабых звеньев (сотрудников с низким уровнем человеческого капитала) до среднего уровня кафедры, в то время как инвестиции в кафедру китайского университета более равномерно распределяются между сотрудниками, что говорит об удовлетворении интересов всех ее сотрудников.

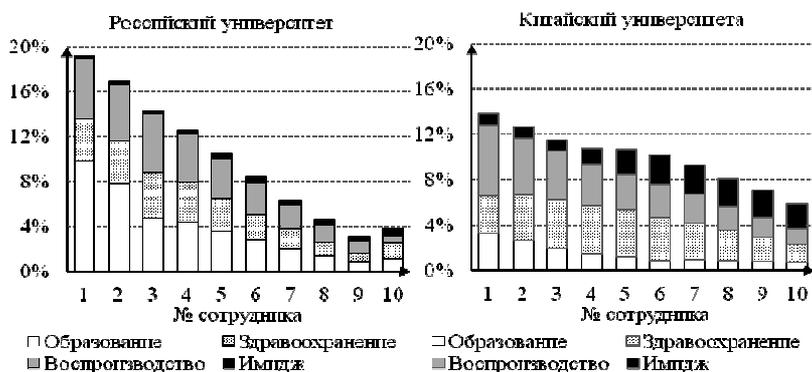


Рис. 30. Распределение инвестиционных средств между сотрудниками кафедры по направлениям инвестирования

Найденные выше численные решения позволяют сформулировать, например, следующую стратегию для исследуемой кафедры китайского университета: если на кафедре преобладают сотрудники со средним начальным уровнем человеческого капитала и университет максимизирует интегральный показатель в долгосрочной стратегии ($T = 5$) при объеме финансовых средств по программе стратегического планирования университета 1 млн. рублей ежегодно и коэффициенте изъятия 0,1, то максимальная часть инвестиций (40–50%) направляется в сотрудников с уровнем человеческого капитала [40; 60], основными направлениями инвестирования являются здравоохранение (35–40%) и производство (25–30%).

В данном разделе проведен сравнительный анализ структур распределения инвестиционных средств между сотрудниками по направлениям инвестирования и годам на примере кафедр российского и китайского университетов на основе динамической модели в четкой постановке (в качестве целевой функции рас-

смаатривается интегральный показатель, учитывающий степень достижения трех стратегических задач). Рассмотрены показатели модели, значения которых отличаются для российского и китайского университетов: весовые коэффициенты, характеризующие важность характеристики человеческого капитала; коэффициенты усвоения вложенных средств, зависящие от возраста сотрудника; коэффициенты нормирующих функции направлений инвестирования; коэффициенты функции привлечения финансовых ресурсов сотрудниками организации. По результатам сравнительного анализа были сделаны выводы о существенном различии оптимального распределения инвестиционных средств, направляемых в человеческий капитал, между сотрудниками по направлениям инвестирования. Так, основным отличием является то, что большая часть инвестиционных средств в китайском университете направляется в здравоохранение и имидж, в то время как в российском – в образование и воспроизводство. Для кафедры китайского университета особое значение имеет уровень человеческого капитала самого индивида, так, если он больше 50, то производятся значительные вложения в имидж сотрудника, в то время как для российской кафедры такого разделения не существует.

3.3. Формирование инвестиционной стратегии кафедры в области развития человеческого капитала на основе динамической модели в нечеткой постановке

В качестве примера использования динамической модели оптимального распределения инвестиций в человеческий капитал бизнес-единицы университета для достижения ее стратегических задач в нечеткой постановке (см. п. 3.1) рассмотрим управленческую задачу, сформулированную в п. 3.2.1, но для моделирования неопределенности и минимизации рисков предлагается использовать нечетко-множественный подход при оценивании начального уровня человеческого капитала кафедры университета, весовых коэффициентов важности характеристик человеческого капитала и стратегических задач и коэффициентов усвоения инвестиций по направлениям инвестирования [43].

В качестве примера рассмотрим задачу максимизации интегрального показателя, учитывающего степень достижения семи стратегических задач кафедры (повышение публикационной активности ППС кафедры $l = 1$; повышение оспепенности штатного ППС кафедры $l = 2$; повышение объема средств, привлеченных ППС кафедры за выполнения хоздоговорных НИР $l = 3$; увеличение выигранных студентами кафедры международных, всероссийских и региональных олимпиад и конкурсов $l = 4$; повышение результативности обучения аспирантов $l = 5$; повышение качественного состава студентов, принятых на 1 курс $l = 6$; повышение качественного состава магистрантов, принятых на 1 курс $l = 7$). Функциональные зависимости для стратегических задач, показатели и важности стратегических задач, целевые значения показателей представлены в п. 3.2.1. Отметим, что коэффициенты важности стратегических задач задаются лингвистическими переменными как это описано в п. 3.1. Коэффициенты важности имеют следующие значения при переводе в трапециевидные нечеткие числа: $\xi_1 = \{0,143; 0,146; 0,146; 0,155\}$; $\xi_2 = \{0,143; 0,146; 0,146; 0,155\}$; $\xi_3 = \{0,250; 0,220; 0,208; 0,172\}$; $\xi_4 = \{0; 0,024; 0,042; 0,069\}$; $\xi_5 = \{107; 0,122; 0,125; 0,138\}$; $\xi_6 = \{0,250; 0,220; 0,208; 0,172\}$; $\xi_7 = \{0,107; 0,122; 0,125; 0,138\}$.

Рассмотрим кафедру университета со штатным ППС 10 человек, значения характеристик человеческого капитала которых в начальный момент времени $t = 0$ приведен в табл. 31 и заданы лингвистическими переменными. Начально запланированные инвестиции по программе развития составляют 1 млн рублей ежегодно и коэффициент изъятия для привлечённых средств равен 0,3 на всем горизонте планирования. Горизонт планирования составляет 5 лет. Переменными, по которым проводится оптимизация, являются доли вложений в сотрудников по направлениям инвестирования и годам $\gamma_i^1(t)$, ..., $\gamma_i^4(t)$, где $i = 1, \dots, 10$, $t = 1, \dots, 5$.

Начальные значения характеристик сотрудников кафедры¹

Характеристика человеческого капитала	№ сотрудника									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
x_{i1}	3	2	2	4	4	5	7	9	7	8
x_{i2}	3	2	2	6	6	4	5	7	7	8
x_{i3}	1	3	3	5	6	6	5	8	9	8
x_{i4}	4	1	4	5	6	7	5	7	8	8
x_{i5}	2	3	2	7	6	5	7	8	7	7
x_{i6}	3	2	2	5	5	5	4	8	8	8
x_{i7}	1	2	3	7	6	5	4	9	9	8
x_{i8}	1	2	4	5	6	6	4	8	8	8
x_{i9}	3	3	2	7	6	5	5	8	9	8
x_{i10}	3	4	3	6	5	6	5	9	8	7
x_{i11}	3	4	4	6	5	6	6	7	8	9
x_{i12}	3	4	3	4	7	4	6	7	7	8
x_{i13}	3	4	3	6	7	6	6	7	7	9
x_{i14}	1	3	4	5	4	6	6	8	8	7
x_{i15}	3	2	2	6	6	7	4	8	9	9
x_{i16}	2	4	2	5	6	6	4	8	8	8
x_{i17}	2	2	3	5	7	5	6	8	8	9
x_{i18}	4	2	3	6	5	6	7	9	7	8
x_{i19}	3	3	2	7	5	5	6	8	9	7
x_{i20}	4	2	2	5	6	7	4	7	8	8
x_{i21}	2	2	2	6	5	6	5	9	9	7
x_{i22}	3	2	3	6	7	7	6	9	8	9
x_{i23}	1	1	2	6	7	5	6	8	7	8
x_{i24}	2	1	1	5	7	5	5	7	7	8

¹ Расшифровка лингвистических переменных:

0 – отсутствие характеристики; 1 – чрезвычайно низкое значение характеристики (практически отсутствует); 2 – крайне низкое значение характеристики; 3 – низкое значение характеристики; 4 – значение характеристики ниже среднего; 5 – среднее значение характеристики; 6 – значение характеристики выше среднего; 7 – высокое значение характеристики; 8 – крайне высокое значение характеристики; 9 – чрезвычайно высокое значение характеристики; 10 – максимально возможное значение характеристики.

Далее учитывая данные табл. 31, осуществляется перевод лингвистических переменных в трапециевидные нечеткие числа и находятся уровни человеческого капитала каждого сотрудника уже в виде нечетких чисел, причём значения весовых коэффициентов важности характеристик также являются трапециевидными нечеткими числами, алгоритм расчета которых представлен в п. 2.1. Полученные данные представлены в табл. 32.

Таблица 32

Начальный уровень человеческого капитала кафедры университета

№ сотрудника	Уровень человеческого капитала				Медиана трапеции	Возраст сотрудника
	a_1	a_2	a_3	a_4		
1	13	28	37	56	33,5	25
2	10	24	35	55	31,0	26
3	12	26	36	56	32,5	27
4	41	59	68	87	63,8	31
5	38	57	67	88	62,5	36
6	33	54	65	86	59,5	37
7	40	57	66	85	62,0	38
8	58	79	89	100	81,5	44
9	55	77	88	100	80,0	51
10	58	78	89	100	81,3	55
Кафедра	35,8	53,9	64,0	81,3	58,8	37

В рамках первого этапа алгоритма (см. п. 3.1) определяется оптимальное распределение инвестиционных средств между сотрудниками кафедры по направлениям инвестирования и годам для достижения максимального значения интегрального показателя за 5 лет для описанного примера в четкой постановке. Для определения оптимальной структуры инвестиций в четкой постановке за начальный уровень человеческого капитала принимается медиана трапециевидного нечеткого числа. Решение задачи на-

ходится численными методами с использованием пакета MatLab. Фрагмент структуры распределения представлен в табл. 33.

Таблица 33

Фрагмент структуры распределения инвестиций, %

№ года	Направление инвестирования	№ сотрудника									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Образование	4,5	2,3	0,3	3,9	5,2	1,1	0,8	1,8	0,8	0,0
	Здравоохранение	13,9	3,4	2,8	0,3	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Воспроизводство	3,1	7,5	9,0	8,9	2,3	20,4	0,9	0,8	0,5	0,0
	Имидж	1,9	0,4	1,9	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,2
5	Образование	24,3	5,7	0,0	1,4	2,9	5,1	1,7	1,6	1,0	0,8
	Здравоохранение	0,6	1,2	1,2	1,1	1,3	0,2	1,0	1,1	1,1	1,1
	Воспроизводство	2,0	0,0	18,9	1,3	7,4	6,5	1,8	1,3	1,0	0,4
	Имидж	0,6	1,2	0,6	0,4	0,7	0,6	0,3	0,4	0,5	0,7

На рисунке 31 представлена структура инвестирования по направлениям инвестирования и сотрудникам.

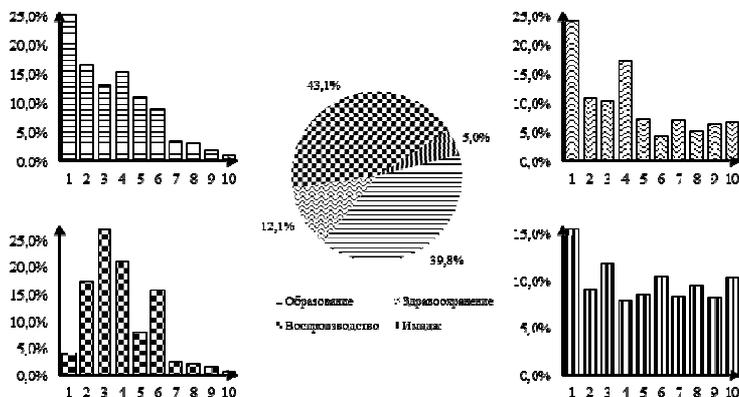


Рис. 31. Структура инвестиций в человеческий капитал

Прирост уровня человеческого капитала кафедры за 5 лет составит 13,8 при общих инвестиционных затратах 9,3 млн рублей (при этом 68% инвестиций приходится в сотрудников под номерами 1–4). Отметим, что из них 5 млн рублей составляют запланированные инвестиции по программе развития университета и 4,3 млн рублей – это реинвестирование дополнительных финансовых ресурсов, привлеченных сотрудниками кафедры. Значения показателей стратегических задач и интегрального показателя в динамике представлены в табл. 34.

Таблица 34

Значения показателей стратегических задач университета по годам

Год	№ показателя стратегической задачи							Интегральный показатель
	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6	P_7	
1	1,9	0,52	225	2	0,22	61	72	0,64
2	2,1	0,52	254	3	0,28	64	74	0,70
3	2,3	0,84	285	3	0,33	67	77	0,81
4	2,5	0,88	315	4	0,37	69	78	0,87
5	2,6	0,90	348	4	0,40	70	80	0,91

Анализируя данные табл. 34, можно сделать следующий вывод: при имеющихся начальных условиях интегральный показатель через 5 лет будет равен 0,91, что говорит о недостижении целевых значений показателей стратегических задач, а именно:

а) к выполненным стратегическим задачам относятся: повышение острепенности штатного ППС кафедры (степень достижения 1,125), увеличение выигранных студентами кафедры международных, всероссийских и региональных олимпиад и конкурсов (степень достижения 1), повышение качественного состава студентов, принятых на 1 курс (степень достижения 1);

б) к невыполненным стратегическим задачам относятся: повышение публикационной активности ППС кафедры (степень достижения 0,65), повышение объема средств, привлеченных ППС кафедры за выполнения хоздоговорных НИР (степень достижения 0,87), повышение результативности обучения аспиран-

тов (степень достижения 0,8), повышение качественного состава магистрантов, принятых на 1 курс (степень достижения 0,94).

Дополнительные численные эксперименты показывают, что:

1) для достижения целевого значения интегрального показателя необходимый совокупный объем инвестиций равен 16,1 млн рублей, что на 6,8 млн рублей больше, чем инвестированные в выше приведенном примере. Ликвидировать данный дефицит в инвестиционных средствах возможно за счет изменения коэффициента изъятия или увеличения финансовых средств, запланированных для кафедры по программе стратегического развития университета. При этом достижение целевого значения интегрального показателя не означает достижение целевых значений всех показателей стратегических задач, так, например, если коэффициент изъятия увеличить до 0,8, то значение интегрального показателя будет равно 1, но степень достижения некоторых стратегических задач окажется тем не менее меньше единицы: повышение публикационной активности преподавателей кафедры, повышение результативности обучения аспирантов и повышение качественного состава магистрантов, принятых на 1 курс, соответственно равны 0,725, 0,98 и 0,96;

2) часть целевых показателей стратегических задач кафедры при имеющемся штатном составе являются достижимыми только при условии существенного увеличения инвестирования за счет финансовых средств, запланированных для кафедры по программе стратегического развития университета, что является не целесообразным и рекомендуется произвести корректировку целевых значений или привлечь внешних сотрудников с высоким уровнем человеческого капитала.

Используя найденные доли распределения инвестиционных средств между сотрудниками бизнес-единицы по направлениям инвестирования и годам (табл. 33 и рис. 31) и задавая начальные значения характеристик человеческого капитала, весовых коэффициентов важности характеристик человеческого капитала и стратегических задач и коэффициентов усвоения инвестиций по направлениям инвестирования в виде нечётких чисел для учета неопределенности по рекуррентным зависимостям динамической модели прямым счётом, находим значения показате-

лей стратегических задач и интегрального показателя по годам (табл. 35).

Таблица 35

Значения показателей стратегических задач в нечетком виде

Стратегическая задача	1 год	5 год
P_1	{1,3; 1,8; 2,0; 2,6}	{2,1; 2,6; 2,8; 3,4}
P_2	{0,34; 0,52; 0,52; 0,72}	{0,79; 0,90; 0,92; 0,99}
P_3	{99; 191; 265; 513}	{183; 314; 417; 759}
P_4	{1; 2; 3; 4}	{3; 4; 4; 5}
P_5	{0,07; 0,19; 0,25; 0,37}	{0,29; 0,38; 0,43; 0,54}
P_6	{53; 59; 62; 69}	{64; 69; 72; 77}
P_7	{0; 70; 73; 79}	{75; 79; 81; 86}
I	{0,35; 0,60; 0,69; 0,94}	{0,72; 0,88; 0,97; 1,23}

На основании результатов табл. 35 можно оценить степень риска недостижения целевого значения, например, интегрального показателя. При этом общая степень риска будет оцениваться по следующей формуле:

$$R = \sum_{l=1}^L \frac{S_{\text{риска}}^l}{S_{\text{общая}}^l} \cdot \zeta_l, \quad (56)$$

где $S_{\text{риска}}^l$ – площадь фигуры, расположенной слева от целевого значения, для l -й стратегической задачи; $S_{\text{общая}}^l$ – общая площадь фигуры для l -й стратегической задачи.

Отметим, что риск невыполнения задачи «Повышение публикационной активности ППС кафедры» равен 1. Для остальных задач необходимо произвести расчеты площадей. Далее рассмотрим пример определения степени риска для задачи «Повышение объема средств, привлеченных ППС кафедры за выполнения хоздоговорных НИР» (рис. 32).

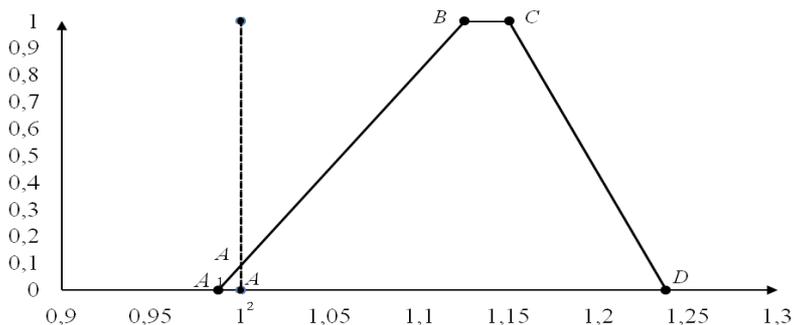


Рис. 32. Степень достижения задачи «Повышение объема средств, привлеченных ППС кафедры за выполнения хоздоговорных НИР» через 5 лет

Для определения степени риска необходимо найти площади двух фигур – AA_1A_2 и $ABCD$. Таким образом, $S_{AA_1A_2} = 0,0006$ и $S_{ABCD} = 0,1375$, следовательно, значение степени риска для данной стратегической задачи составляет 0,004, что является нулевой степенью риска недостижения целевого значения. Для всех остальных стратегических задач аналогичным образом были найдены степени риска. В результате расчетов были получены следующие значения: для задачи «Повышение объема средств, привлеченных ППС кафедры за выполнения хоздоговорных НИР» – 0,45; «Увеличение выигранных студентами кафедры международных, всероссийских и региональных олимпиад и конкурсов» – 0,5; «Повышение результативности обучения аспирантов» – 0,77; «Повышение качественного состава студентов, принятых на 1 курс» – 0,43; «Повышение качественного состава магистрантов, принятых на 1 курс» – 0,94. Отметим, что наибольшей степенью риска обладают три задачи: «повышение публикационной активности ППС кафедры»; «повышение качественного состава магистрантов, принятых на 1 курс»; «повышение результативности обучения аспирантов». Учитывая формулу (56), общая степень риска равна $R = \{0,55; 0,56; 0,56; 0,58\}$. Медиана трапеции равна 0,56, следовательно, риск невыполнения стратегических задач выше среднего.

Найденные численные решения позволяют сформулировать, например, следующую стратегию для исследуемого объекта: если на кафедре преобладают сотрудники с начальным уров-

нем человеческого капитала соответствующем среднему уровню и мы максимизируем интегральный показатель, учитывающий степень достижения набора стратегических задач бизнес-единицы в долгосрочной стратегии ($T=5$), то максимальная часть инвестиций (60–70%) направляется в сотрудников с уровнем человеческого капитала [45; 55], и основными направлениями инвестирования являются воспроизводство (40–45%) и образование (35–40%). При этом степень риска невыполнения поставленных стратегических задач при данном объеме финансирования составляет 0,56.

В рамках данного раздела рассмотрен пример формирования инвестиционных стратегий в области управления человеческим капиталом на основе динамической модели в нечеткой постановке. Предложена формула оценки степени риска, позволяющая оценить риск недостижения целевых значений поставленных перед кафедрой стратегических задач.

Выводы по главе 3

1. Разработана динамическая модель оптимального распределения инвестиций в человеческий капитал бизнес-единицы университета для достижения ее стратегических задач в четкой и нечеткой постановках. Целевой функцией данной модели является интегральный показатель, учитывающий степени достижения стратегических задач бизнес-единицы через определённый промежуток времени. Переменными оптимизации являются доли распределения инвестиционных средств между сотрудниками бизнес-единицы по направлениям инвестирования и годам. Для моделирования неопределенности и оценки рисков использовался нечетко-множественный подход при задании начального уровня человеческого капитала бизнес-единицы университета, весовых коэффициентов важности характеристик человеческого капитала и стратегических задач и коэффициентов усвоения инвестиций по направлениям инвестирования. Отличительными особенностями данной модели являются:

- оценка взаимного влияния человеческого капитала бизнес-единицы и дополнительных ресурсных поступлений в нее, возникающих при развитии человеческого капитала;

- учёт в целеполагании стоящих перед бизнес-единицей стратегических задач, вытекающих из стратегических целей университета;

- многопериодность;
- учет существующих неопределенности и рисков при принятии решений.

2. Приведен ряд примеров применения динамической модели в четкой постановке. В рамках данных примеров в качестве целевой функции рассмотрен интегральный показатель, учитывающий степень достижения семи стратегических задач кафедры. Для каждой задачи определены показатели, их целевые значения и коэффициенты важности. Продемонстрированы инвестиционные стратегии управления человеческим капиталом кафедры для достижения максимально возможного значения интегрального показателя в зависимости от различных начальных распределений характеристик человеческого капитала сотрудников кафедры. Показано, что с ростом среднего уровня человеческого капитала кафедры сохраняется доля инвестиционных средств, направляемая в сотрудников с низким уровнем человеческого капитала и в воспроизводство и образование.

Анализ динамической модели на чувствительность показал:

- наибольшей степенью влияния на результат обладают коэффициенты нормировочных функций инвестиций в образование и здравоохранение, коэффициенты функции привлеченных сотрудником финансовых средств и функции объема средств, привлеченных за выполнение проектов на одну ставку за 1 год;

- средней степенью влияния – коэффициенты нормировочной функции инвестиций в воспроизводство, функции количества публикаций на одну ставку ППС за 1 год и функции среднего балла ЕГЭ студентов, принятых по результатам ЕГЭ на обучение;

- наименьшей степенью влияния – коэффициенты нормировочных функций инвестиций в имидж на определенной территории, функции доли штатного состава кафедры, имеющего степень кандидата или доктора наук, в общей численности штатного состава кафедры, функции количества выигранных олимпиад и конкурсов за 1 год, функции среднего балла бакалаврского диплома поступивших в магистратуру и функции доли защитившихся в срок аспирантов кафедры.

Проведен сравнительный анализ структур распределения инвестиционных средств, направляемых в человеческий капитал кафедры, между сотрудниками по направлениям инвестирования

и годам для российского и китайского университетов для двух целевых функций – уровень человеческого капитала и значение интегрального показателя, учитывающего степень достижения стратегических задач. Результаты численных экспериментов показали, что основным отличием является, во-первых, то, что большая часть инвестиционных средств в китайском университете направляется в здравоохранение и имидж, в то время как в российском – в образование и воспроизводство. Во-вторых, для кафедры китайского университета структура вложений в разрезе направлений инвестирования сильнее зависит от уровня капитала самого индивида.

3. Приведен пример применения динамической модели в нечеткой постановке. Часть входных параметров, в частности уровень человеческого капитала сотрудников в начальный момент времени, заданы в виде лингвистических переменных, что позволяет упростить задачу определения начальных значений характеристик человеческого капитала и весовых коэффициентов важности характеристик человеческого капитала и стратегических целей с учетом размытости информации и субъективных представлений и ощущений экспертов и получить оценку неопределенности при расчетах прогнозируемого значения интегрального показателя. Результаты расчетов по модели позволяют сформировать инвестиционную стратегию управления человеческим капиталом кафедры с учетом имеющегося на данный момент человеческого капитала, заданного вербальными оценками экспертов. Также оценена степень риска недостижения каждой стратегической задачи и рассчитана общая степень риска.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Монография посвящена разработке экономико-математических моделей оптимального распределения инвестиций в человеческий капитал бизнес-единицы университета, позволяющих существенно повысить результативность инвестиционных стратегий бизнес-единицы университета в области развития человеческого капитала.

В работе проведен анализ существующих подходов к определению понятия «человеческий капитал», анализ показал, что в подавляющем большинстве исследований человеческий капитал трактуется как совокупность врожденных способностей и приобретенных знаний, навыков и мотиваций индивида, используемых им для удовлетворения потребностей общества.

Начиная с 60-х годов проблемой, связанной с человеческим капиталом, которой занималось большинство ученых, являлась оценка влияния инвестиций в человеческий капитал индивида на его человеческий капитал. Анализ работ по инвестированию в человеческий капитал показал, что основными и общепринятыми направлениями инвестирования являются инвестиции в образование, здравоохранение и воспроизводство. Отмечено, что инвестиции влияют на человеческий капитал посредством воздействия на его характеристики через определенные «каналы влияния».

Анализ инструментальных средств показал, что существуют две укрупненные группы инструментов, а именно для оценки величины человеческого капитала и для оценки влияния инвестиций на человеческий капитал. Существующие инструменты не в полной мере учитывают разнородное влияние различных направлений инвестирования на изменение человеческого капитала; многогранность человеческого капитала, проявляющуюся в наборе его характеристик; многопериодность процесса инвестирования в человеческий капитал; начальные параметры рассматриваемого объекта, а именно национальную, отраслевую и др. особенности; наличие неопределенности и рисков при принятии решений об инвестировании в человеческий капитал; влияние различных направлений инвести-

рования на достижение стратегических целей и задач организации; взаимное влияние человеческого капитала бизнес-единицы и дополнительных ресурсных поступлений в нее, возникающих при развитии человеческого капитала.

Обоснована необходимость разработки моделей в четкой и нечеткой постановках, которые позволили бы не только количественно оценить влияние инвестиционных вложений в человеческий капитал бизнес-единицы на достижение ее стратегических задач в зависимости от начальных параметров бизнес-единицы, но и при условии ограниченности ресурсов и наличии неопределенности определить оптимальную структуру инвестиций в человеческий капитал по сотрудникам, направлениям инвестирования и годам для максимального продвижения по достижению целевых показателей стратегических задач, а полученные данные легли бы в основу инвестиционной стратегии университета.

В монографии предложены авторские экономико-математические модели:

1. Концептуальная модель развития человеческого капитала бизнес-единицы университета за счет инвестирования в него финансовых средств, позволяющая учитывать взаимное влияние человеческого капитала и дополнительных финансовых поступлений в университет при повышении уровня человеческого капитала. Отличительной особенностью модели являются: уточненный и систематизированный перечень характеристик капитала, учитывающий специфику деятельности бизнес-единицы; уточненный перечень направлений инвестирования в человеческий капитал и выделенные каналы влияния различных направлений инвестирования на характеристики капитала; выделенные источники привлечения финансовых средств сотрудниками университета; динамически описанное взаимное влияние человеческого капитала бизнес-единицы и дополнительных ресурсных поступлений в нее, возникающих при развитии человеческого капитала.

2. Многопериодная оптимизационная модель распределения инвестиций в человеческий капитал бизнес-единицы университета, позволяющая определить оптимальную структуру распределения инвестиционных средств, направленных в человеческий капитал, между сотрудниками бизнес-единицы по направлениям инвестирования и годам. Целевой функцией модели является уровень человеческого капитала бизнес-единицы через определённый промежуток времени. Переменными оптимизации являются доли распределения

инвестиционных средств между сотрудниками бизнес-единицы по направлениям и годам. Входными параметрами модели являются начальное распределение характеристик человеческого капитала, возрастная структура сотрудников бизнес-единицы и ежегодный объем финансовых средств, направляемых в человеческий капитал бизнес-единицы по программе стратегического развития университета. Отличительной особенностью данной модели является оценка влияния финансовых ресурсов, вложенных по разным направлениям, на человеческий капитал бизнес-единицы в зависимости от начального уровня человеческого капитала и возрастной структуры сотрудников.

3. Динамическая модель распределения инвестиционных средств в человеческий капитал бизнес-единицы университета для достижения ее стратегических задач в четкой и нечеткой постановках, позволяющая формировать инвестиционные стратегии в области развития человеческого капитала бизнес-единицы. Целевой функцией модели является интегральный показатель, учитывающий степени достижения стратегических задач бизнес-единицы через определённый промежуток времени. Переменными оптимизации являются доли распределения инвестиционных средств между сотрудниками бизнес-единицы по направлениям инвестирования и годам. Отличительными особенностями данной модели являются: учет взаимного влияния человеческого капитала бизнес-единицы и дополнительных ресурсных поступлений в нее, возникающих при развитии человеческого капитала, учет стратегических задач бизнес-единицы при построении целевой функции и неопределенности, посредством использования лингвистических переменных при проведении экспертной оценки.

Практическая ценность работы заключается в предоставлении руководителям вуза инструментов, позволяющих формировать оптимальную структуру распределения инвестиционных средств, направляемых в человеческий капитал, между сотрудниками по направлениям инвестирования (образование, здравоохранение, производство и имидж) и годам в зависимости от имеющегося на данный момент человеческого капитала и возрастной структуры, национальной специфики, поставленных перед бизнес-единицей стратегических задач, горизонта планирования и других факторов, влияющих на изменение человеческого капитала, с учетом имеющихся неопределенностей и рисков.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Акимочкина, Т.А. Диагностика состояния человеческого капитала организации: дис.... канд. экон. наук: 08.00.05 / Т.А. Акимочкина, 2007. – 197 с.
2. Аньшин, В.М. Применение теории нечетких множеств к задаче формирования портфеля проектов / В.М. Аньшин, И.В. Демкин, И.Н. Царьков, И.М. Николаев // Проблемы анализа рисков. – 2008. – Т. 5, № 3. – С. 8-21.
3. Асмолов, А.Г. Психология личности: принципы общепсихологического анализа / А.Г. Асмолов. – М.: Смысл, 2001. – 416 с.
4. Багриновский, К.А. Экономико-математические методы и модели (микроэкономика): учеб. пособие / К.А. Багриновский, В.М. Матюшок. – М.: Изд-во РУДН, 1999. – 183 с.
5. Балыбердин, Ю.А. Многопараметрическая модель адаптивного управления развитием человеческого капитала сотрудников предприятия: дис.... канд. технических наук: 05.13.06 / Ю.А. Балыбердин. – М., 2010. – 210 с.
6. Башаева, Т.В. Особенности генезиса когнитивных способностей в процессе профессионального обучения педагогов]: дис.... канд. псих. наук: 19.00.07, 19.00.03 / Т.В. Башаева. – Ярославль, 2004. – 233 с.
7. Богданова, Э.Н. Инвестиции в человеческий капитал: сущность, тенденции, стратегия управления: дис.... канд. экон. наук: 08.00.01 / Э.Н. Богданова. – Кисловодск, 1997. – 145 с.
8. Буров, В.Г. Китай и китайцы глазами российского ученого / В.Г. Буров. – М.: Издательство: РАН «Институт философии», 2000. – 206 с.
9. Васенев, Ю.Б. Применение метода сводных показателей для оценки качества профессиональной подготовки специалистов: дис.... канд. экон. наук: 08.00.13 / Ю.Б. Васенев. – СПб., 2009. – 159 с.
10. Голованова, Е.Н. Формирование модели эффективного использования инвестиций в человеческий капитал организации:

дис.... канд. экон. наук: 08.00.05 / Е.Н. Голованова. – Нижний Новгород, 2008. – 131 с.

11. Горгуль, Г.С. Управление социальными инвестициями в человеческий капитал: дис.... канд. экон. наук: 08.00.05 / Г.С. Горгуль. – Волгоград, 2006. – 232 с.

12. Давыдова, О.А. Инвестиции в человеческий капитал: Динамика, оценка, эффективность: дис.... канд. экон. наук: 08.00.01 / О.А. Давыдова. – СПб., 1998. – 142 с.

13. Демин, В.В. Оценка параметров человеческого капитала при осуществлении инновационной деятельности: дис.... канд. экон. наук: 08.00.05 / В.В. Демин. – М., 2013. – 138 с.

14. Добрынин, А.И. Человеческий капитал в транзитивной экономике / А.И. Добрынин, С.А. Дятлов, Е.Д. Цыренова. – СПб.: Изд-во «Наука», 1999. – 312 с.

15. Дятлов, С.А. Основы теории человеческого капитала / С.А. Дятлов. – СПб: Изд-во Санкт-Петербургского гос. ун-та экономики и финансов, 1994. – 156 с.

16. Жук, А.А. Взаимосвязь инвестиций в человеческий капитал с уровнем оплаты труда в системе управления персоналом: дис.... канд. экон. наук: 08.00.05 / А.А. Жук. – М., 2007. – 170 с.

17. Замалетдинова Э.Н. Развитие инструментов накопления человеческого капитала в современной российской экономике: автореф. дис.... канд. экон. наук: 08.00.01 / Э.Н. Замалетдинова. – Казань, 2010. – 23 с.

18. Карпова, Г.В. Теория и методология моделирования оценки нематериальной составляющей национального богатства: дис.... д-ра экон. наук: 08.00.13 / Г.В. Карпова. – СПб., 2010. – 262 с.

19. Кацко, С.А. Разработка инструментальных методов формализации процесса формирования человеческого капитала в системе образования: дис.... канд. экон. наук: 08.00.13 / С.А. Кацко. – Ростов-на-Дону, 2010. – 221 с.

20. Клейнер, Г.Б. Предприятие в нестабильной экономической среде: риски, стратегия, безопасность / Г.Б. Клейнер, В.Л. Тамбовцев, Р.М. Качалов. – М.: Экономика, 1997. – 288 с.

21. Кожушко, Е.А. Инвестиции в человеческий капитал в ходе реформирования экономики региона: дис.... канд. экон. наук: 08.00.05 / Е.А. Кожушко. – М., 2007. – 142 с.

22. Колесников, Г.И. Экономико-математические методы оценки проектов инвестиций в человеческий капитал фирмы: дис.... канд. экон. наук: 08.00.13 / Г.И. Колесников. – СПб., 2000. – 140 с.

23. Корицкий, А.В. Оценка влияния человеческого капитала на экономический рост: теория, методология, эмпирическая проверка: дис.... д-ра экон. наук: 08.00.01 / А.В. Корицкий. – Новосибирск, 2012. – 436 с.

24. Коркина, Т.А. Управление инвестициями в человеческий капитал угледобывающих предприятий: дис.... д-ра экон. наук: 08.00.05 / Т.А. Коркина. – Челябинск, 2010. – 364 с.

25. Критский, М.М. Человеческий капитал / М.М. Критский. – Ленинград: Изд-во Ленингр. ун-та, 1991. – 120 с.

26. Кулешова, Л.Н. История отечественной психологии воспитания, 60-е годы XIX – 60-е годы XX вв.: дис.... д-ра психол. наук: 19.00.01 / Л.Н. Кулешова. – Ставрополь, 1999. – 379 с.

27. Лавренюк, К.И. Оптимизационная модель распределения инвестиций в человеческий капитал сотрудника фирмы / К.И. Лавренюк, Л.С. Мазелис // Контроллинг на малых и средних предприятиях: сб. трудов IV международного конгресса по контроллингу, Прага, 25 апреля 2014. – М.: Объединение контроллеров, 2014. – С. 202–209.

28. Лавренюк, К.И. Анализ чувствительности динамической модели оптимизации инвестиций в человеческий капитал организации / К.И. Лавренюк // Фундаментальная наука и технологии – перспективные разработки: материалы V международной научно-практической конференции – North Charleston, USA, 2015. – 241 с.

29. Лавренюк, К.И. Динамическая модель оптимизации инвестиций в человеческий капитал преподавателей университета / К.И. Лавренюк, Л.С. Мазелис // Университетское управление: практика и анализ. – 2014. – №4-5 (92-93). – С. 121–128.

30. Лавренюк, К.И. Модель роста человеческого капитала сотрудника университета за счет инвестиционных средств [Электронный ресурс] / К.И. Лавренюк // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – №6. – 455 с. – Режим доступа: <http://www.science-education.ru/113-11175>.

31. Лавренюк, К.И. Оптимизация инвестиций в человеческий капитал сотрудников с учетом особенностей жизненного

цикла / К.И. Лавренюк // *Фундаментальные исследования*. – 2014. – № 12-5. – С. 1041-1046.

32. Лавренюк, К.И. Сравнительный анализ инвестиционных стратегий в области человеческого капитала предпринимательских университетов России и Китая направленных на выполнение стратегических задач / К.И. Лавренюк // *Экономика и предпринимательство*. – 2015. – №9 (1). – С.106-110.

33. Лавренюк, К.И. Сравнительный анализ стратегий инвестирования в человеческий капитал университетов Китая и России / К.И. Лавренюк, Л.С. Мазелис, Е.В. Свиридова, В.В. Сонин // *Фундаментальные исследования*. – 2015. – №2-12. – С. 2683–2689.

34. Левнер, Е.В. Размытые множества и их применение / Е.В. Левнер, А.С. Птускин, А.А. Фридман. – М.: ЦЭМИ РАН, 1998. – 108 с.

35. Леонтьев, А.А. Деятельностный ум / А.А. Леонтьев. – М.: Смысл, 2001. – 246 с.

36. Лосева, О.В. Формирование методологии оценки человеческого капитала в инновационной деятельности: дис.... д-ра экон. наук: 08.00.05 / О.В. Лосева. – М., 2013. – 456 с.

37. Лукашевич, В.В. Эффективность инвестиции в человеческий капитал / В.В. Лукашевич // *Полиграфист и издатель*. – 2002. – № 6 – С. 18-22.

38. Лукичева, М.А. Развитие социального интеллекта у студентов-педагогов: дис.... канд. психол. наук: 19.00.07 / М.А. Лукичева. – Череповец, 2004. – 150 с.

39. Львов, Д.С. Методологические проблемы оценивания эффективности инвестиционных проектов / Д.С. Львов, В.Г. Медницкий, В.В. Овсиенко, Ю.В. Овсиенко // *Экономика и математические модели*. – 1995. – Т. 31, № 2. – С. 5–19.

40. Мазелис, Л.С. Максимизация ренты университета на основе оптимизации распределения инвестиций в человеческий капитал / Л.С. Мазелис, К.И. Лавренюк // *Современные вызовы контроллингу и требования к контроллерам: сб. научных трудов VI международного конгресса по контроллингу*, Москва, 2015. – М.: Объединение контроллеров, 2015. – С. 154–162.

41. Мазелис, Л.С. Максимизация степени достижения организацией стратегических целей за счет оптимизации распределения инвестиций в человеческий капитал / Л.С. Мазелис,

К.И. Лавренюк, В.О. Морозов // Инновации в менеджменте. – №2 (4). – С. 48-54.

42. Мазелис, Л.С. Стратегии инвестирования в человеческий капитал сотрудников кафедры / Л.С. Мазелис, К.И. Лавренюк // Труды международной научно-практической конференции «Инновационная экономика и промышленная политика региона (ЭКОПРОМ-2014)», Санкт-Петербург, 15–23 сентября 2014 года. – СПб.: Издательство Политехнического университета, 2014. – С. 585–588.

43. 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.76-87.

44. Макаров, С.И. Разработка модели и инструментальных средств оптимального распределения инвестиций в непрерывное образование на основе компетентностного подхода: дис.... канд. экон. наук: 08.00.13 / С.И. Макаров. – М., 2008. – 175 с.

45. Маклаков, А.Г. Профессиональный психологический отбор персонала: теория и практика / А.Г. Маклаков. – СПб.: Издательский дом «Питер», 2013. – 479 с.

46. Матушкина, Н.А. Инвестиции в человеческий капитал промышленных предприятий России: дис.... канд. экон. наук: 08.00.05 / Н.А. Матушкина. – М., 2009. – 173 с.

47. Миронов, А.А. Эффективность инвестиций в человеческий капитал коммерческой фирмы: дис.... канд. экон. наук: 08.00.05 / А.В. Миронов. – М., 2006. – 143 с.

48. Обухова, Л.С. Модели влияния степени использования человеческого капитала на экономический рост России: дис.... канд. экон. наук: 08.00.13 / Л.М. Обухова. – СПб., 2010. – 149 с.

49. Орловский, С.А. Проблемы принятия решений при нечеткой исходной информации / С.А. Орловский. – М.: Наука, 1981. – 206 с.

50. Пересыпкина, В.В. Формирование и оценка человеческого капитала на основе инновационного развития вуза: дис.... канд. экон. наук: 08.00.05 / В.В. Пересыпкина. – Белгород, 2013. – 151 с.

51. Пирожкова, Н.И. Оценка стоимости человеческого капитала: дис.... канд. экон. наук: 08.00.10 / Н.И. Пирожкова. – М., 2012. – 197 с.
52. Покусаев, О.Н. Экономическая оценка человеческого капитала транспортной компании: дис.... канд. экон. наук: 08.00.05 / О.Н. Покусаев. – М., 2013. – 184 с.
53. Покусаев, О.Н. Экономическая оценка человеческого капитала транспортной компании: автореферат дис.... канд. экон. наук: 08.00.05 / О.Н. Покусаев. – М., 2013. – 25 с.
54. Птускин, А.С. Моделирование неопределенности в задачах управления и планирования средствами теории нечетких множеств / А.С. Птускин // Труды Всероссийской научно-технической конференции: Прогрессивные технологии, конструкции и системы в приборо- и машиностроении, Москва, 2003. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2003. – С. 4–11.
55. Птускин, А.С. Нечеткие модели задач принятия стратегических решений на предприятиях: дис.... д-ра экон. наук: 08.00.13 / А.С. Птускин. – М., 2004. – 323 с.
56. Птускин, А.С. Решение стратегических задач в условиях размытой информации / А.С. Птускин. – М.: Дашков и К., 2003. – 240 с.
57. Рябов, К.В. Инвестиции в человеческий капитал как фактор инновационного развития промышленного предприятия: дис.... канд. экон. наук: 08.00.05 / К.В. Рябов. – М., 2009. – 181 с.
58. Самородова, Е.М. Инвестиции в человеческий капитал (Методический аспект): дис.... канд. экон. наук: 08.00.01 / Е.М. Самородова. – Орел, 2000. – 228 с.
59. Собольников, В.В. Этнопсихологические особенности китайцев / В.В. Собольников. – Новосибирск: СибАГС, 2001. – 130 с.
60. Соколова Р.Ф. Экономическая эффективность инвестиций в человеческий капитал межрегиональной компании: дис.... канд. экон. наук: 08.00.05 / Р.Ф. Соколова. – Казань, 2005. – 165 с.
61. Спешнев, Н.А. Китайцы. Особенности национальной психологии / Н.А. Спешнев. – СПб.: Издательство: КАРО, 2011. – 336 с.

62. Филатова Е.В. Инвестиции в человеческий капитал на предприятиях малого бизнеса: дис.... канд. экон. наук: 08.00.05 / Е.В. Филатова. – М., 2010. – 177 с.

63. Холомкин С.А. Методы обоснования инвестиций в человеческий капитал при разработке стратегических решений: дис.... канд. экон. наук: 08.00.05 / С.А. Холомкин. – М., 2008. – 146 с.

64. Цапенко И.В. Инвестиции в человеческий капитал и методы оценки их эффективности: дис.... канд. экон. наук: 08.00.01 / И.В. Цапенко. – Ростов-н/Д, 2005. – 201 с.

65. Царев, В.В. Оценка экономической эффективности инвестиций / В.В. Царев. – СПб.: Издательский дом «Питер», 2004. – 460 с.

66. Чигоряев, К.Н. Оценка стоимости человеческого капитала на основе произведенных затрат / К.Н. Чигоряев, Н.А. Скопинцева, В.В. Ульященко // Известия Томского политехнического университета. – 2008. – №6. – С. 54–56.

67. Чирков А.А. Повышение эффективности инвестиций в человеческий капитал предприятия: дис.... канд. экон. наук: 08.00.05 / А.А. Чирков. – Воронеж, 2008. – 153 с.

68. Шмелев, А.Г. Психодиагностика личностных черт / А.Г. Шмелев. – СПб.: Речь, 2002. – 350 с.

69. Шобдоева Н.В. Государственная политика стимулирования инвестиций в качество человеческого капитала: дис.... канд. экон. наук: 08.00.01 / Н.В. Шобдоева. – Иркутск, 2009. – 191 с.

70. Щербатых, М.А. Инвестиции в человеческий капитал как фактор экономического роста: их оценка и динамика: дис.... канд. экон. наук: 08.00.01 / М.А. Щербатых. – Воронеж, 2003. – 258 с.

71. Agrell, P.J. Interactive multi-criteria decision making in production economics / P.J. Agrell. – Linköping: Production-Economic Research in Linköping, 1995. – 253 p.

72. Anile, A.M. Implementing fuzzy arithmetic / A.M. Anile, S. Deodato, G. Privitera // Fuzzy Sets and Systems – Special issue on fuzzy relations. – 1995. – Vol. 72, Issue 2. – P. 239–250.

73. Becker, G.S. Human Capital: A Theoretical and Empirical Analysis, with Special Reference to Education / G.S. Becker. – New York: National Bureau of Economic Research, 1975. – 268 p.

74. Becker, G.S. Investment in Human Capital: A Theoretical Analysis / G.S. Becker // *The Journal of Political Economy*. – 1962. – Vol. 70, Issue 5, Part2. – P. 9-49.
75. Bellman, R. Decision-Making in Fuzzy Environment / R. Bellman, L.A. Zadeh // *Management Science*. – 1970. – №17 (4). – P. 141–164.
76. Ben-Porath, Y. The Production of Human Capital and the Life Cycle of Earnings / Y. Ben-Porath // *The Journal of Political Economy*. – 1967. – Vol. 75, №. 4, Part 1. – P. 352–365.
77. Blundell, R. Human Capital Investment: The Returns from Education and Training to the Individual, the Firm and the Economy / R. Blundell, L. Dearden, C. Meghir, B. Sianesi // *Fiscal Studies*. – 1999. – vol. 20, № 1. – P. 1–23.
78. Bond, H.M. Beyond the Chinese Face: Insights from Psychology / H.M. Bond. – New-York: Oxford University Press, 1990. – 140 p.
79. Bordogna, G. A fuzzy approach generalizing boolean information retrieval: a model and its evaluation / G. Bordogna, G. Passi // *J. Amer. Soc. Inform. Sci.* – 1993. – Vol. 44. – P. 70-82.
80. Bowen, H.R. Investment in Learning / H.R. Bowen. – San Francisco: Jossey-Bass, 1977. – 507 p.
81. Carlsson, C. Editorial / C. Carlsson // *European Journal of Operational Research*. – 1986. – №25. – P. 317–319.
82. Chang, P. A fuzzy multicriteria decision making method for technology transfer strategy selection in biotechnology / P. Chang, Y. Chen // *Fuzzy Sets and Systems*. – 1993. – Vol. 63. – P. 131–139.
83. Cheng, C.-H. Evaluating weapon systems using ranking fuzzy numbers / C.-H. Cheng // *Fuzzy Sets and Systems*. – 1999. – Vol. 107, Issue 1. – P. 25–35.
84. Delgado, M. On a canonical representation of fuzzy number / M. Delgado, V.A. Vila, W. Voxman // *Fuzzy Sets and Systems*. – 1998. – Vol. 93, Issue 1. – P. 125–135.
85. Dublin, L.I. On the True Rate of Natural Increase: As Exemplified by the Population of the United States / L.I. Dublin, A.J. Lotka // *Journal of the American Statistical Association*. – 1925. – Vol. 20, Issue 151. – P. 305–339.
86. Dubois, D. Operation on fuzzy numbers / D. Dubois, H. Prade // *Int. J. Systems Sci.* – 1978. – Vol. 9. – P. 613–626.

87. Friedman, M. *Essays in Positive Economics* / M. Friedman. – Chicago: University of Chicago Press, 1953. – 328 p.
88. Gao, L.S. The fuzzy arithmetic mean / L.S. Gao // *Fuzzy Sets and Systems*. – 1999. – Vol. 107, Issue 3. – P. 335–348.
89. Garner, H. *Frames of mind: the theory of multiple intelligences* / H. Garner. – New-York: Basic Book, 2011. – P. 77–315.
90. Giachetti, R.E. Analysis of the error in the standard approximation used for multiplication of triangular and trapezoidal fuzzy numbers and the development of a new approximation / R.E. Giachetti, R.E. Young // *Fuzzy Sets and Systems*. – 1997. – Vol. 91, Issue 1. – P. 1-13.
91. Heckman, J.J. *China's Investment in Human Capital* / J.J. Heckman. – Chicago: The University of Chicago, 2003. – 10 p.
92. Herrera, F. A fusion approach for managing multi-granularity linguistic term sets in decision making / F. Herrera, E. Herrera-Viedma, L. Martinez // *Fuzzy Sets and Systems*. – 2000. – Vol. 114, Issue 1. – P. 43–58.
93. Herrera, F. A linguistic decision model for personnel management solved with a linguistic biobjective genetic algorithm / F. Herrera, E. Lopez, C. Mendana, M.A. Rodriguez // *Fuzzy Sets and Systems*. – 2001. – Vol. 118, Issue 1. – P. 47–64.
94. Herrera, F. A Sequential Selection Process in Group Decision Making with a Linguistic Assessment Approach / F. Herrera, E. Herrera-Viedma, J.L. Verdegay // *Information Sciences*. – 1995. – Vol. 85, Issue 4. – P. 223-239.
95. Herrera, F. Aggregating linguistic preferences: properties of the LOWA operator / F. Herrera, E. Herrera-Viedma, J.L. Verdegay // *Proc. 6th IFSA World Congress, San Paulo*. – 1995. – Vol. II. – P. 153–157.
96. Hickman, D.C. *Globalization and Investment in Human Capital* / D.C. Hickman, W.W. Onley // *Industrial and Labor Relations Review*. – 2011. – № 64 (4) – P. 654–672.
97. Huang, X. Optimal project selection with random fuzzy parameters / X. Huang // *Int. J. Production Economics*. – 2007. – №106. – P. 513–522.
98. Ishibuchi, H. A learning algorithm of fuzzy neural networks with triangular fuzzy weights / H. Ishibuchi, K. Kwona, H. Tanaka // *Fuzzy Sets and Systems*. – 1995. – Vol. 71, Issue 3. – P. 277–293.

99. Johnson, H.G. Towards a Generalized Capital Accumulation Approach to Economic Development / H.G. Johnson. – Paris: OECD, 1964. – 219 p.
100. Kaufmann, A. Introduction to Fuzzy Arithmetic Theory and Applications / A. Kaufmann, M.M. Gupta. – New-York: Van Nostrand Reinhold Company, 1991. – 351 p.
101. Kendrick, J.W. The Formation and Stocks of Total Capital / J.W. Kendrick, Yv. Lethem, J. Rowley. – New York: National Bureau of Economic Research, 1976. – 241 p.
102. Klir, G.J. Fuzzy Sets and Fuzzy Logic Theory and Applications / G.J. Klir, B. Yan. – London: Prentice-Hall International, 1995. – 574 p.
103. Lavy, V. Investment in Human Capital / V. Lavy. – Washington: World Bank Publications, 1992. – 36 p.
104. Law, C.K. Using fuzzy numbers in educational grading system / C.K. law // Fuzzy Sets and Systems. – 1996. – Vol. 83. – P. 311–323.
105. Lee, H.-M. Group decision making using fuzzy sets theory for evaluating the rate of aggregative risk in software development / H.-M. Lee // Fuzzy Sets and Systems. – 1996. – Vol. 80, Issue 3. – P. 261–271.
106. Lleras, M. Investing in Human Capital: A Capital Markets Approach to Student Funding / M. Lleras, N. Barr. – Cambridge: Cambridge University Press, 2007. – 252 p.
107. Maddi, S. The practical dangers of middle level theorizing in personality research / S. Maddi // Journal of Mind and Behavior. – 2006. – №27. – P. 243–268.
108. Marshall, A. Principles of Economics / A. Marshall. – London: Palgrave Macmillan UK, 2013. – 731 p.
109. Marx, K. Capital, Volume One: A Critique of Political Economy / K. Marx, S. Moore, Ed. Aveling, F. Engels. – North Chelmsford: Courier Corporation, 2012. – 880 p.
110. McConnell, C. Economics / C. McConnell, S. Brue, S. Flynn. – New-York: McGraw-Hill/Irwin, 2008. – 916 p.
111. Mincer, J. A Pioneer of Modern Labor Economics / J. Mincer. – Heidelberg: Springer Science & Business Media, 2008. – 198 p.
112. Petty, W. An Essay Concerning the Multiplication of Mankind / W. Petty. – Charleston: BiblioBazaar, 2011. – 104 p.

113. Ricardo, D. The principles of political economy and taxation / D. Ricardo. – London: Dent, 1973. – 300 p.
114. Schultz, Th.W. Capital Formation by Education / Th.W. Schultz // Journal of Political Economy. – 1960. – Vol. 68, №. 6. – P. 571–583.
115. Schultz, Th.W. Investment in Human Capital / Th.W. Schultz // The American Economic Review. – 1961. – Vol. 51, №. 1. – P. 1–17.
116. Sen, A.K. Choice, Welfare and Measurement / A.K. Sen. – Cambridge: Harvard University Press, 1997. – 460 p.
117. Simon, C.J. Human Capital and the Rise of American Cities, 1900–1990 / C.J. Simon, C. Nardinelli // Regional Science and Urban Economics. – 2002. – Vol. 32. – P. 59–96.
118. Smith, A. The Wealth of Nations / A. Smith. – Indianapolis: Hackett Publishing Company, 1993. – 352 p.
119. Spronk, J. Interactive multiple goal programming for capital budgeting and financial planning / J. Spronk. – Rotterdam: Rotterdam Erasmus Univ., 1980. – 263 p.
120. Thurow, L.C. Investment in Human Capital / L.C. Thurow. – California: Wadsworth Publishing Company, 1970. – 145 p.
121. Torra, V. Interpreting membership function: A constructive approach / V. Torra // International Journal of Approximate Reasoning. – 1999. – №20 (3). – P. 191–207.
122. Wang, J. A fuzzy set approach for R&D portfolio selection using a real option valuation model / J. Wang, W.-L. Hwang // Omega. – 2007. – №33. – P. 247–257.
123. Wang, W.-J. The entropy change of fuzzy numbers with arithmetic operations / W.-J. Wang, C.-H. Chiu // Fuzzy Sets and Systems. – 2000. – Vol. 111, Issue 3. – P. 357–366.
124. Wertsch, J. Mind as Action / J. Wertsch. – New-York: Oxford University Press, 1998. – 203 p.
125. Wu, K.-M. On Chinese Body Thinking: A Cultural Hermeneutic (Philosophy of History and Culture) / K.-M. Wu. – Leiden: Brill Academic Pub, 1996. – 300 p.
126. Yager, R.R. Aggregation operators and fuzzy systems modeling / R.R. Yager // Fuzzy Sets and Systems. – 1994. – Vol. 67. – P. 129–145.

127. Yeh, H. Knowing and Showing Respect: Chinese and U.S. Children's Understanding of Respect and Its Association to Their Friendships / H. Yeh, Z. Zhou, R. Cohen, R.J. Hundley, D.P. Dep-tula // *Journal of Psychology in Chinese Societies*. – 2005. – Vol. 6, Issue 2. – 229 p.

128. Zadeh, L.A. Some reflections on the anniversary of fuzzy sets and systems / L.A. Zadeh // *Fuzzy Sets and Systems*. – 1999. – Vol. 10. – P. 1–3.

129. Zhang, L. The Myth of the Other: China in the Eyes of the West / L. Zhang // *Critical Inquiry*. – 1988. – Vol. 15, Issue 1. – P. 108–131.

Научное издание

Лавренюк Кирилл Игоревич
Мазелис Лев Соломонович
Крюков Владимир Васильевич

**ОПТИМИЗАЦИОННЫЕ МОДЕЛИ
ИНВЕСТИРОВАНИЯ В ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ
КАПИТАЛ КАФЕДРЫ УНИВЕРСИТЕТА**

Монография

Отпечатано с оригинал-макета, подготовленного авторами

Подписано в печать 23.03.2016. Формат 60×84/16. Усл.-печ.л. 9,3.
Уч.-изд. л. 9,36. Тираж 1000 экз. Заказ _____.

Издательство Владивостокского государственного университета
экономики и сервиса
690014, Владивосток, ул. Гоголя, 41
Отпечатано во множительном участке ВГУЭС
690014, г. Владивосток, ул. Гоголя, 41