

КВАЛИМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ФОРМИРОВАНИЯ ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО КОМПОНЕНТА ИНДИВИДУАЛЬНОГО ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО КАПИТАЛА

А. А. Саламатов^{1,2,a}, Ц. Ли³, В. А. Белевитин^{3,b}, Е. А. Гафарова³

¹ Челябинский государственный университет, Челябинск, Россия

² Челябинский филиал Института экономики УрО РАН, Челябинск, Россия

³ Южно-Уральский государственный гуманитарно-педагогический университет, Челябинск, Россия

^asalamatov79@mail.ru, ^bbelevitinva1@cspu.ru

Человеческий капитал как комплекс профессиональных компетенций, обуславливающих удовлетворение многообразия потребностей человека и общества в целом, является ключевым аспектом ускорения экономического развития государства и обеспечения его экономической безопасности, что предопределяется важнейшей сферой, где этот капитал формируется, — сферой образования. Количественные измерения, математическое моделирование и научно-аналитическая статистика квалиметрического подхода позволяют выявлять действенные тенденции трансформации образовательного процесса посредством исследования степени влияния различных организационно-педагогических условий и факторов на процесс обучения; формировать продуктивные предложения в «дорожную карту» по развитию системы образования за счёт выбора её оптимальной стратегии; обновлять платформу обучения и способы генерации образовательных траекторий, отвечающих насущным требованиям своевременной адаптации к непрерывно изменяющимся социально-экономическим условиям. Потенциальный ресурс возможностей использования инновационного педагогического инструментария обуславливает предпочтительность применения среднегеометрического показателя интегрально-обобщённой функции желательности Харрингтона D для квалиметрической оценки сформированности эколого-экономического компонента индивидуального человеческого капитала.

Ключевые слова: квалиметрическое моделирование, индивидуальный человеческий потенциал, эколого-экономическая направленность личности, функция желательности.

Введение

Согласно Указу Президента РФ от 13 мая 2017 г. № 208 целью государственной стратегии экономической безопасности РФ является обеспечение состояния экономики России, при котором создаются благоприятные условия для развития личности, социально-экономической стабильности общества и сохранения целостности государства, успешного противостояния влиянию внутренних и внешних угроз. Человеческий капитал как комплекс профессиональных компетенций, обуславливающих удовлетворение многообразия потребностей человека и общества в целом, является ключевым аспектом ускорения экономического развития государства и обеспечения его экономической безопасности, что предопределяется важнейшей сферой, где

этот капитал формируется, — сферой образования. В настоящее время тезис о том, что образование играет важную роль в обеспечении национальной безопасности страны общепризнан, а следовательно, имеет превалирующее значение в развитии человеческого капитала личности, мощного резерва научно-технического потенциала, способного решать самые насущные проблемы, включая экологические, ставшие наряду с экономическими проблемами, климатической повесткой дня [1; 2] актуальной проблематикой поиска эколого-экономического баланса.

Инновационное создание «зелёной» экономики знаний связано с достижением эффекта синергии, вследствие чего, отвечая на вызовы современности, наука принимает меры для определения методов и форм эффективного совершенствования подготовки специалистов с формированием компетенций, позволяющих осуществлять безопасную эколого-экономическую деятельность [3].

Проблематике научного поиска путей эффективного обеспечения экономической безопасности нашей страны, в том числе с расстановкой тех или иных экологических акцентов, посвящены труды многих российских ученых. Однако, несмотря на предпринятые усилия, получить убедительные результаты по проблеме разработки механизмов эффективного воздействия образования на обеспечение экономической безопасности страны не удалось, что актуализирует необходимость её углублённой проработки с использованием научно обоснованного подхода к формированию эколого-экономического компонента индивидуального человеческого капитала (ИЧК). «Драйвером» развития постиндустриального общества, основной производительной силой становятся образование и наука, идеи, теоретические и прикладные знания [4–8].

В свете такого подхода образование рассматривается как главный, ведущий фактор экономического прогресса. Причина такого внимания заключается в понимании того, что наиважнейшей ценностью и основным капиталом современного общества является человек, способный к поиску и освоению новых знаний и принятию нестандартных решений [9].

1. Материалы и методы

Научно обоснованный подход к формированию эколого-экономического компонента индивидуального человеческого капитала базируется на основном тренде современного мира — цифровизации. Инновационные направления цифровизации в системе образования — это прежде всего средства дополненной и виртуальной реальности, искусственного интеллекта, Educational Data Mining (EDM), нейросетевого моделирования, Low-code платформа анализа данных без программирования при помощи визуального проектирования и др. Они предлагают новые подходы, базирующиеся на постоянной поддержке непрерывно и стремительно развивающихся информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) [10–19]. Залогом действенного ответа сферы образования на актуальные запросы общества, работодателей и самих обучающихся является комплексный подход к интеграционной реализации современной парадигмы обучения. Количественные измерения, математическое моделирование и научно-аналитическая статистика квалиметрического подхода позволяют: а) выявлять действенные тенденции трансформации образовательного процесса посредством исследования степени влияния различных организационно-педагогических условий и факторов на процесс обучения; б) формировать продуктивные предложения в «дорожную карту» по развитию системы образования за счёт выбора оптимальной её стратегии; в) обновлять платформу обучения и способы генерации образовательных траекторий, отвечающих насущным требованиям

своевременной адаптации к непрерывно изменяющимся социально-экономическим условиям. Педагогическая наука и практика убедительно доказывают, что качество и результативность образовательного процесса повышаются, если при его трансформации выявляются и внедряются ресурсы интерактивной цифровизации результатов педагогических исследований с обращением к соблюдению принципов выполняющего роль общенаучной основы системного подхода и актуализации деятельности подхода в качестве практико-ориентированной тактики оптимизации образовательного процесса. С 2000 г. в рамках «Международной программы по оценке образовательных достижений учащихся» (Programme for International Student Assessment, PISA) актуализируется особая значимость квалиметрического подхода [20] как объективно-детерминирующей научной парадигмы [21; 22].

В качестве первичных источников концептуальной разработки одного из инновационных вариантов алгоритма квалиметрической оценки сформированности эколого-экономического компонента ИЧК студентов и новых форм освоения его вычислительных процедур являлись опыт подготовки студентов, интегративный процесс приобщения к разработкам медиаконтента работодателей, а также практический опыт формирования практико-ориентированных компетенций бакалавров профессиональной образовательной организации. Направление бакалавриата «Профессиональное обучение» (профиль «Транспорт») выбрано по причине актуальной проблемы воздействия на экологическое состояние крупных городов его негативных последствий от превышения допустимых концентраций основных загрязнителей – диоксида серы и пыли, а также максимально фиксируемых концентраций оксидов азота [23].

В качестве первичной основы исследования использованы принципы феноменологического подхода для теоретического анализа опубликованных в научной литературе материалов по проблеме оценки качества подготовки обучающихся [24]. В Федеральных государственных образовательных стандартах (ФГОС) и сопутствующих методических документах федеральных органов исполнительной власти регламентация методики оценки качества подготовки и идентификации уровня сформированности ключевых компетенций выпускников отсутствуют. Принципиальным отличием ФГОС ВО 3++ в части государственной итоговой аттестации (ГИА) является результирующий показатель уровня подготовки выпускника, а не просто оценка за междисциплинарный экзамен и защиту выпускной квалификационной работы (ВКР) [25]. С позиций теории надёжности без научно обоснованного подхода с применением экспертных и/или аналитических методов (включающих теорию ошибок), теории вероятности и математической статистики (в том числе непараметрической) надеяться на получение достоверных результатов практически невозможно [26].

В современных условиях всё более актуальны вопросы обеспечения качества образования, одним из основных инструментариев которого становится достаточное и валидное оценивание текущих, промежуточных и итоговых результатов обучения с заданной точностью. Проблема контроля результатов обучения, представленных в компетентностном формате, является достаточно новой, малоизученной и поэтому актуальной. Работы в данном направлении активно ведутся зарубежными и отечественными учёными, но результаты их исследований пока не доведены до уровня нормативно-методической документации, которую можно использовать образовательными организациями в практической реализации основной профессиональной образовательной программы (ОПОП). Но, несмотря на это, задачи в такой постановке решать необходимо, поскольку от этого зависит активность уча-

ствия работодателей в реализации ОПОП, эффективность процедуры управления качеством образовательного процесса и применения современных образовательных и цифровых технологий, возможность определения и реализации индивидуальных образовательных траекторий обучающихся и т. п.

Методологической и научной основой проведённого исследования являются труды М. Б. Гитман, А. Н. Данилова, Е. Л. Кон, Е. Н. Малышева, Д. Г. Мирошина, Б. А. Сазонова, В. Ю. Столбова, А. А. Овчинникова, В. И. Фрейман, О. Ф. Шиховой, Ю. А. Шихова, А. А. Южакова и ряда других учёных. Концептуальная разработка инновационного алгоритма квалиметрической оценки сформированности эколого-экономического компонента индивидуального человеческого капитала выполнялась с опорой на положения современных подходов и моделей квалиметрического мониторинга (В. Г. Горб, Л. Н. Давыдова, Н. Ф. Ефремова, Н. А. Кулемина, А. Н. Майорова, Д. Ш. Матрос, М. М. Поташник, Е. И. Сахарчук и др.) [22; 27–32] и др.

Среди множества эмпирических и иных подходов пристального внимания заслуживает инновационный инструментарий процедур цифровой оценки результативности образования (Д. Г. Мирошин [30], А. Н. Данилова [33]). Ему присущ комплексный учёт структуры ОПОП с раскрытием спектра знаний, умений, навыков и компетенций, влияния степени и стабильности всех единиц совокупности учебных достижений (обученности, результативности) по дисциплине, их отклонении, дисперсии, величины коэффициента вариации и остаточных знаний, взвешенной оценки результативности образования обучающихся, а также агрегатированием дисциплинарных компетенций обучающихся в итоговый уровень сформированности у них профессиональных компетенций.

На первом этапе концептуальной разработки инновационного алгоритма цифровой оценки сформированности эколого-экономического компонента ИЧК принят целесообразным выбор в качестве прототипа спектра наработок интегродифференциального оценивания уровня учебных достижений обучающихся с логичным и удобным применением нормализованной шкалы (0–1). Использование итоговых ведомостей (чек-листов) учебных достижений обучающихся [34] по отдельным дисциплинам с промежуточным контролем и аттестацией их учебных достижений (обученности, успеваемости) в рамках соблюдения детерминированной взаимосвязи между устанавливаемыми методом экспертной оценки весовыми коэффициентами по их значимости (важности) и самими критериями (оценками) [35], учёт моделирующих подпроцессов формирования знаний, умений и владений обучающихся [33], обращение к соблюдению принципов системного подхода в педагогическом исследовании способствует выполнению роли общенаучной основы. Тем самым обеспечивается постановка проблемы исследования на множестве уровней её рассмотрения — изучения сущностных особенностей, природы и внутреннего строения процесса цифровой оценки уровня сформированности эколого-экономического компонента индивидуального человеческого капитала. В свою очередь деятельностный подход, как практико-ориентированная тактика, актуализирует адекватность у обучающихся итоговой величины уровня сформированности эколого-экономического компонента ИЧК современным и прогнозируемым запросам общества и работодателей.

2. Результаты

Параметры характеристик профессионального образования обладают довольно сложной внутренней семантикой. Они включают несколько значимых уровней

иерархии и связи между разными типами данных, с одной стороны, а, с другой стороны, представляют собой очень разобъединённую и нередко недостаточную информацию для принятия эффективных решений [35; 36]. На сегодняшний день внешняя среда является сложной и динамичной, а значит, необходимо постоянно совершенствовать свои системы управления. В свою очередь, процесс принятия обоснованно-оптимальных решений на уровне приведения в соответствие профессионального образования к современным потребностям рынка труда даже в условиях частичной неоднозначности и неопределённости возникающих проблем является по своей сущности полифункциональным, многогранным [37], требующим особого подхода в обеспечении прогнозирования своевременной реакции образовательной системы, т. е. решения задач принятия и реализации необходимых мероприятий.

По ряду объективных и частично субъективных причин в образовательной системе имеет место ситуация с недостаточно объективной квалиметрией результатов отслеживания уровня сформированности компетенций и учебных достижений обучающихся, что негативно сказывается на обеспечении прогнозирования своевременной реакции насущной трансформации системы образования, поскольку во многих, если не в большинстве случаев используются недостаточно научно обоснованные алгоритмы вероятностно-статистической обработки исходной информации и математического моделирования в частности. Так, при подведении итогов ГИА группы A и B , у которых результаты d_N экзаменационных отметок и защиты ВКР (табл. 1) не разнятся в исковом значении (сравнении) ни по величине среднеарифметического показателя S_A , ни по медиане M , по величинам среднегеометрического показателя интегрально-обобщённой функции желательности Харрингтона D [38; 39], где

$$D = (d_1 * d_2 * d_3... * d_N)^{(1/N)}, \quad (1)$$

разница наблюдается, причём существенно значимая по величинам оценок именно качественной успеваемости — среднеарифметического показателя S_{YSA} и среднегеометрического D_{YSD} показателя Харрингтона, последний из которых представляется более предпочтительным в части стабильности по отношению к числу выпускников в студенческой группе, что подтверждается также стабильностью величин обобщённого $D_{SD} = (D * D_{YSD})^{0.5}$ и интегрального $D_E = (D_{SDA} * D_{SDB})^{0.5} = (4.47 * 4.18)^{0.5} = 4.18$ (для студенческой группы A) показателей функции желательности Харрингтона.

Таблица 1

Итоги сопоставительного сравнения результатов ГИА

Группа	Результат ГИА: экзамен, защита ВКР	S_A	M	D	S_{YSA}	D_{YSD}	D_{SD}	D_E
A	3; 3; 3; 4; 4; 4; 5; 5; 5	4.0	4.0	3.91	4.5	4.47	4.18	4.21
	3; 3; 3; 3; 4; 5; 5; 5; 5	4.0	4.0	3.89	4.8	4.78	4.31	
B	3; 3; 3; 3; 4; 4; 4; 4; 5; 5; 5; 5	4.0	4.0	3.91	4.5	4.47	4.18	4.27
	3; 3; 4; 4; 4; 4; 4; 4; 4; 4; 5; 5	4.0	4.0	3.96	4.2	4.81	4.36	

Особенно важна значимая разница итогов сопоставительного сравнения результатов защит ВКР (табл. 1), отвечающих, в первую очередь, регламентируемым требованиям ФГОС 3++ относительно качественного уровня сформированности профессиональных компетенций. Совсем не безразлично при наличии новых реалий инновационное применение квалиметрического подхода с привлечением принципов расчётного инструментария low-code подхода при подведении итогов сформированности эколого-экономического компонента ИЧК.

В свете таких обстоятельств на первом этапе запланированного исследования экспертной фокус-группой, предварительно сформированной с применением процедур отбора в её состав экспертов, обладающих профессиональным багажом, и

расчёта коэффициента конкордации Кендалла (множественной ранговой корреляции W) [40–43], определены наиболее значимые для формирования эколого-экономического компонента ИЧК у студентов очной формы обучения дисциплины (табл. 2) с назначением их уровня по таблице рангов и соответствующим им объединением в кластеры K_i , $i = 1, 2, \dots, n$.

Таблица 2

Наиболее значимые дисциплины для формирования и развития эколого-экономического компонента индивидуального человеческого капитала

№ кластера	Учебные дисциплины (D_i), учебная (УПр) и производственные практики (Пр $_i$)	Ранг значимости	Значение ЭЭК
K_1	«Технология и оборудование ремонта автотранспорта» (D_1)	1	0.872
	«Учебная практика (технологическая)» (УПр)		0.794
	«Производственная практика (технологическая)» (Пр1)		0.859
	«Производственная практика (проектная)» (Пр2)		0.821
	«Производственная практика (преддипломная)» (Прд)		0.886
K_2	«WorldSkills-профессиональные компетенции» (D_2)	2	0.805
K_3	«Информационные технологии в образовании» (D_3)	3	0.792
K_4	«Основы научного исследования» (D_4)	4	0.726
	«Общая теория измерений» (D_5)		0.758
	«Прикладная экономика» (D_6)		0.789
K_5	«Электротехника, электроника и электрооборудование автомобилей» (D_7)	5	0.701
	«Микропроцессорная техника автомобилей» (D_8)		0.756
K_6	«Введение в профессионально-педагогическую деятельность» (D_9)	6	0.693
	«Безопасность жизнедеятельности» (D_{10})		0.612
	«Автомобильные эксплуатационные материалы» (D_{11})		0.629
	«Экология автомобилей и автомобильного хозяйства» (D_{12})		0.647

Ключевым моментом приоритетного значения у кластера K_1 величины ранга выделенных учебно-образовательных составляющих ОПОП являлись прежде всего многосторонние аргументы их тернарности, непосредственно проявляющейся во взаимосвязи с модальностью информационного подхода, в трёхуровневом представлении семантики коммуникационных сообщений, трёхкратном повторении изучаемого материала, реализации принципов экосинергизма и эмерджентной педагогики, действующих сообща и дополняющих друг друга [44–46].

Триггером объединения (агрегирования) отдельных дисциплин в кластеры K_2 и K_3 стали равнозначные ранги приоритета их междисциплинарных взаимосвязей. Выделение некоторых дисциплин в состав персонифицированных кластеров K_4 – K_6 обусловлено взаимосогласованным мнением экспертов фокус-группы.

Первоначальный этап количественной оценки уровня сформированности эколого-экономического компонента ИЧК заключается в подсчёте значений общего Y_0 и стимулирующего Y_C соответственно по каждой дисциплине и практике в процентах с использованием итоговых ведомостей их учебных достижений по отдельным дисциплинам (табл. 1) с промежуточным и аттестационным контролем.

Итоговый уровень сформированности компетенций Y_0 студентов по учебным дисциплинам (D_i), учебной (УПр) и производственным практикам (Пр $_i$) вычисляется как сумма Y_0 и Y_C , преобразуется к размерности шкалы (0–1) и заносится в таблицу (табл. 3).

Таблица 3

Структура ведомости учебных достижений студентов по отдельным дисциплинам¹

№	Ф.И.О. студента	Промежуточный контроль					Контроль, аттестация		Ус% ^{100%}	У _{Е0}
		КЗ ₁	КЗ ₂	...	КЗ _к	У ₀ , %	КЗА ₁	КЗА ₂		
		Максимальный балл					Максимальный балл			
		5	7	...	9	90	7	7		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Ф.И.О.1	4	6		7	62.9	5	6	7.86	0.708
2	Ф.И.О.2	5	5		8	55.7	5	5	7.14	0.628
3	Ф.И.О.3	5	6		6	61.0	5	4	6.43	0.674
4	Ф.И.О.4	4	5		7	57.1	5	6	7.86	0.650
5	Ф.И.О.5	4	7		8	58.5	5	7	8.57	0.671
6	Ф.И.О.6	5	5		7	61.1	4	7	7.86	0.690
7	Ф.И.О.7	5	4		6	65.4	5	5	7.14	0.725
8	Ф.И.О.8	4	4		6	59.3	5	7	8.57	0.679
9	Ф.И.О.9	5	5		7	65.2	4	5	6.43	0.716

По итогам расчёта значений Y_{E0} студентов для каждой составляющей ОПОП рассчитывается с использованием формулы (1) величина показателя интегрально-обобщённой функции желательности Харрингтона D . Так, для значений Y_{E0} студентов очной формы обучения (табл. 1) величина показателя D по дисциплине Д12 «Экология автомобилей и автомобильного хозяйства» составляет

$$D = (0.708 * 0.628 * 0.674 * 0.650 * 0.671 * 0.690 * 0.725 * 0.679 * 0.716)^{1/9} = 0.647.$$

Аналогично рассчитанные значения показателя D по остальным дисциплинам Д1–Д11, учебной УПр, производственным практикам Пр1–Пр2 и преддипломной практике Прд студентов очной и заочной форм обучения D_{Eof} и D_{Ezf} соответственно (табл. 4) использованы для вычисления с использованием формулы (1) величины итогового-результативного показателя интегральной обобщённой функции желательности Харрингтона D_E .

Таблица 4

Значения величины итогового-результативного показателя интегрально-обобщённой функции желательности Харрингтона D_E студентов

Кластер $K_i, i = 1, 2, 3, 4, 5, 6$	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5	K_6
Значение D_{Eof}	0.839	0.850	0.792	0.757	0.728	0.645
Значение D_{Ezf}	0.863	0.861	0.752	0.627	0.688	0.631

Для значений D_E по дисциплинам Д1–Д12, учебной УПр, производственным практикам Пр1–Пр2 и преддипломной практике Прд студентов очной и заочной форм обучения (табл. 4) величина показателя D_{Eof} и D_{Ezf} соответственно составляет $D_{Eof} = (0, 839 * 0, 850 * 0, 792 * 0, 757 * 0, 728 * 0, 645)^{1/6} = 0, 765$;

$$D_{Ezf} = (0, 863 * 0, 855 * 0, 752 * 0, 627 * 0, 688 * 0, 631)^{(1/6)} = 0, 729.$$

¹Примечание: KZ_1, KZ_2, \dots, KZ_k и KZA_1, KZA_2 — данные соответственно промежуточного контроля и контрольной аттестации в баллах как итог учебных достижений студентов по результатам выполнения заданий, представленных в контрольно-измерительных материалах (КИМ — тестов различного типа, рефератов и других видов КИМ); Y_0 и Y_C — общий и стимулирующий уровень сформированности компетенций студентов в процентах соответственно, а также Y_0 — объединительный (итоговый) их уровень сформированности компетенций, приведённый к размерности шкалы (0–1).

Визуализация результатов расчёта показателей D_{Eof} и D_{Ezf} по дисциплинам Д1–Д12, учебной УПр, производственным практикам Пр1–Пр2 и преддипломной практике Прд студентов очной и заочной форм обучения (рисунок) наглядно свидетельствует о меньшей степени сформированности эколого-экономического компонента ИЧК у студентов заочной формы обучения в сопоставлении с аналогичной составляющей профессиональной компетенции студентов очной формы обучения.



Диаграмма цифровой оценки эколого-экономических составляющих профессиональных компетенций у студентов с использованием функции желательности Харрингтона

3. Обсуждение

Потенциальный ресурс возможностей использования инновационного педагогического инструментария обуславливает предпочтительность применения среднегеометрического показателя интегрально-обобщённой функции желательности Харрингтона D для квалиметрической оценки сформированности эколого-экономического компонента ИЧК, поскольку в итоговом сравнении успеваемости обучающихся значения среднеарифметического показателя S_A и медианы M уступают вышеупомянутому показателю в части стабильности по отношению к числу выпускников в студенческой группе. Полезность показателя D дополняется кластеризацией предобработки исходной базы данных научно обоснованным формированием коллективных экспертных оценок с выработкой единого мнения экспертов расчётом процедуры Борда методом «комиссии», а также агрегатированием отдельных образовательных дисциплин в кластеры на основе равнозначности рангов приоритета их междисциплинарных взаимосвязей. Получаемые с помощью инновационных методов исследования новые, целостные междисциплинарные научные знания — знания об эколого-экономических знаниях — обуславливают актуальность их практического использования.

Заключение

В результате использования инновационного педагогического инструментария с применением среднегеометрического показателя интегрально-обобщённой функции желательности Харрингтона D для квалиметрической оценки сформированности эколого-экономического компонента ИЧК у студентов очной и заочной формы обучения определены наиболее значимые эколого-экономические составляющие по дисциплинам, учебной и производственным практикам.

Разработаны концептуальные основы одного из инновационных вариантов алгоритма квалиметрической оценки сформированности эколого-экономического компонента ИЧК у обучающихся.

Список литературы

1. Указ Президента РФ «О Стратегии экономической безопасности Российской Федерации на период до 2030 года» от 13.05.2017 г. № 208. URL.: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/41921> (дата обращения 02.08.2022).
2. **Salamatov A. A., Gordeeva D. S.** Determination of the quality of life of society by the ecological and economic orientation of the individual's personality // Перспективы науки и образования. 2021. № 5 (53). P. 48–65.
3. A new bioeconomy strategy for a sustainable Europe, Brussels, 11 October 2018. URL: <https://ec.europa.eu/commission/news/new-bioeconomy-strategy-sustainable-europe-2018-oct-11-0> (дата обращения 02.08.2022).
4. Экологические перспективы постиндустриального мира. 2-е изд., перераб. и доп. М.: АБФ, 2006.
5. **Мартиросова А. С.** Современные драйверы развития образования. URL.: <https://driverlib.ru/kakaya-tekhnologiya-yavlyayetsya-drayverom-tsifrovoy-transformatsii-obrazovaniya/> (дата обращения 02.08.2022).
6. **Дегтярев А. Н., Дегтярева Л. Р.** Современные драйверы развития Российского образования в условиях разноплановых вызовов // Экономика региона. 2013. № 4. С. 82–95.
7. **Кондаков А. М., Вавилова А. А., Григорьев С. Г.** Концепция совершенствования (модернизации) единой информационной образовательной среды, обеспечивающей реализацию национальных стратегий развития Российской Федерации // Педагогика. 2018. № 4. С. 98–125.
8. **Саламатов А. А., Гордеева Д. С.** Модель онтологической рефлексии формирования эколого-экономических ценностных ориентаций в процессе профессионального образования // Образование и наука. 2020. Т. 22, № 2. С. 53–76.
9. **Клочкова Г. М.** Инновационные процессы в образовании : электр. учеб.-метод. пособие. Тольятти : ТГУ, 2015.
10. **Сумина Г. А., Новикова Е. Ю.** Цифровая трансформация образования. Саратов : СОИРО, 2021.
11. **Salamatov A. A., Belevitin V. A., Gafarova E. A., Gordeeva D. S.** Qualimetric assessment of pedagogical factors in the formation of professional environmental and economic competence of university graduates // International Conference on Economics, Management and Technologies 2021 (ICEMT 2021), SHS Web of Conferences. 2021. Vol. 110.
12. **Уваров А. Ю.** Цифровая трансформация и сценарии развития общего образования. М. : НИУ ВШЭ, 2020.
13. **Федоров И. М.** Переход от образовательной среды к образовательной экосистеме // Молодой учёный. 2019. № 28 (266). С. 246–250.

14. **Агранович М. Л., Ермачкова Ю. В., Ливенец М. А., Селиверстова И. В.** Российское образование в контексте международных индикаторов. М. : ФИРО РАНХиГС, 2019. С. 96–125.
15. Data Mining — интеллектуальный анализ данных. URL.: <https://blog.iteam.ru/data-mining-intellektualnyj-analiz-dannyh/> (дата обращения 02.08.2022).
16. **Замятин Н. В., Медянцеv Д. В.** Методика нейросетевого моделирования сложных систем // Изв. ТПУ. 2006. Т. 309, № 8. С. 100–106.
17. **Белоножко П. П., Карпенко А. П., Храмов Д. А.** Анализ образовательных данных: направления и перспективы применения // Науковедение. 2017. Т. 9. № 4.
18. Low-code платформа Loginom. URL.: <https://loginom.ru/platform> (дата обращения 02.08.2022).
19. **Мусаев А. А.** Интеллектуальный анализ данных : учеб. пособие. СПб. : СПбГТИ (ТУ), 2018.
20. The Programme for International Student Assessment. URL.: <https://gtmarket.ru/research/pisa> (дата обращения 02.08.2022).
21. **Лашко А. Г.** Сущность квалиметрического подхода как научной парадигмы // Современная педагогика. 2016. № 11. С. 110–115.
22. **Belevitin V. A., Salamatov A. A., Gafarova E. A., Gordeeva D. S.** Qualimetric approach to assessment educational achievements of graduates // Advances in Economics, Business and Management Research. 2020. Vol. 138. P. 702–708.
23. Негативное влияние транспорта на окружающую среду. URL: <https://vyvoz.org/blog/vliyanie-transporta-na-okruzhayushchuyu-sredu> (дата обращения 02.08.2022).
24. Порядок проведения феноменологического анализа. URL: <https://disshelp.ru/blog/porядok-provedeniya-fenomenologicheskogo-analiza> (дата обращения 02.08.2022).
25. **Коломенская А. Л.** ФГОС ВО 3++: новые требования к образовательным программам. URL: https://dstu.ru/fileadmin/library/Kolomenskaya_A.L._FGOS_3_pdf (дата обращения 02.08.2022).
26. **Ицкович А. А., Файнбург И. А.** Основы теории надежности. М. : МГТУ ГА, 2015.
27. **Кон Е. Л., Фрейман В. И., Южаков А. А.** Обработка и дешифрация результатов контроля составляющих компонентной структуры компетенций // Образование и наука. 2015. № 4. С. 52–68.
28. **Малышев Е. Н.** Оценка уровня компетенции обучающихся на основе оценки уровня освоения учебных дисциплин // Педагогические науки. 2015. № 10-2 (12).
29. **Потапова М. В.** Современный инструментарий отслеживания компетенций и универсальных учебных действий обучающихся // Вестн. Челяб. гос. пед. ун-та. 2014. № 2. С. 181–193.
30. **Мирошин Д. Г.** Оценка уровня сформированности профессиональных компетенций студентов по техническим дисциплинам. URL: <http://pedagogika.snauka.ru/2015/02/3313> (дата обращения 02.08.2022).
31. **Шихова О. Ф., Шихов Ю. А.** Квалиметрический подход к диагностике компетенций выпускников высшей школы // Образование и наука. 2013. № 4 (103). С. 40–57.
32. **Анисимова М. А., Бляхеров И. С., Масленников А. В., Моржов А. В.** К вопросу о проектировании оценочных средств сформированности компетенции // Высшее образование в России. 2013. № 4. С. 106–112.
33. **Данилов А. Н., Овчинников А. А., Гитман М. Б., Столбов В. Ю.** Об одном подходе к оцениванию уровня сформированности профессиональных компетенций у выпускника вуза // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 6.
34. **Salamatov A. A., Gafarova E. A., Belevitin V. A., Gafarov M. F., Gordeeva D. S.** Machine learning methods and qualimetric approach to determine the conditions for train students in the field of environmental and economic activities // International Journal of Emerging Technologies in Learning. 2021. № 16 (03). P. 72–85.

35. **Фрейман В. И.** Интегрированная система управления качеством продукции на основе методологии оценки результативности подготовки специалистов: дис... д-ра техн. наук. Пермь, 2016.
36. **Romero C., Ventura S.** Educational data mining: A review of the state-of-the-art // IEEE Transaction on Systems, Man, and Cybernetics. Part C: Applications and Reviews. 2010. № 40 (6). P. 601–618.
37. **Соловьев В. И.** Методы оптимальных решений: учеб. пособие. М. : Финансовый университет, 2012.
38. **Любушин Н. П., Брикач Г. Е.** Использование обобщённой функции желательности Харрингтона в многопараметрических экономических задачах // Экономический анализ: теория и практика. 2014. № 18 (369). С. 2–10.
39. **Барбашова Е. В., Чекулина Т. А., Шуметов В. Г.** Статистический подход к формированию функции желательности в задачах экономико-математического моделирования // Вестн. ОрелГИЭТ. 2015. № 2 (32). С. 94–99.
40. **Литвак Б. Г.** Экспертная информация: методы получения и анализа. М. : Радио и связь, 1982.
41. Отбор экспертов и организация их работы. URL: <https://it.rfei.ru/course/kcye/neos/misk> (дата обращения 02.08.2022).
42. **Беляков А. Г., Мандель Г. С., Борзенко Н. И.** Экспертно-статистические системы прогнозирования временных рядов и имитационное-оценочное моделирование // Проблемы управления. 2003. № 3. С. 38.
43. **Mosin V. G.** The semantics of visual communications // Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. 2010. № 3.
44. **Белевитин В. А., Гафарова Е. А., Корчемкина Ю. В., Шварцкоп О. Н.** Влияние тернарности представления учебной информации на повышение креативности обучающихся // European Social Science Journal. 2017. № 6. С. 194–200.
45. **Якушев С. Д.** Синергетический подход в развитии профессионального мастерства современного педагога. URL: <https://spkurdyumov.ru/education/sinergeticheskij-podход-v-razvitii-professionalnogo-masterstva-sovremennogo-pedagoga> (дата обращения 02.08.2022).
46. **Ярыгин О. Н., Гайманова Т. Г.** Формирование и развитие компетентности как эмерджентного свойства профессионального образования. URL.: <https://cyberleninka.ru/article/n/formirovanie-i-razvitie-kompetentnosti-kak-emerdzhenitnogo-svoystva-professionalnogo-obrazovaniya/viewer> (дата обращения 02.08.2022).

Поступила в редакцию 03.08.2022.

После переработки 21.09.2022.

Сведения об авторах

Саламатов Артем Аркадьевич, доктор педагогических наук, профессор, заведующий кафедрой экономической теории и регионального развития, Челябинский государственный университет, Челябинск, Россия; ведущий научный сотрудник, Челябинский филиал Института экономики УрО РАН, Челябинск, Россия; e-mail: salamatov79@mail.ru.

Цай Ли, аспирант, Южно-Уральский государственный гуманитарно-педагогический университет, Челябинск, Россия.

Белевитин Владимир Анатольевич, доктор технических наук, профессор кафедры автомобильного транспорта, информационных технологий и методики обучения техническим дисциплинам, Южно-Уральский государственный гуманитарно-педагогический университет, Челябинск, Россия; e-mail: belevitinval@csru.ru.

Гафарова Елена Аркадьевна, кандидат педагогических наук, доцент кафедры автомобильного транспорта, информационных технологий и методики обучения техническим дисциплинам, Южно-Уральский государственный гуманитарно-педагогический университет, Челябинск, Россия.

QUALIMETRIC MODELING OF FORMATION RESULTS FOR THE ECOLOGICAL AND ECONOMIC COMPONENT OF INDIVIDUAL HUMAN CAPITAL

A.A. Salamatov^{1,2,a}, Ts. Li^{3,b}, V.A. Belevitin^{3,b}, E.A. Gafarova^{3,b}

¹*Chelyabinsk State University, Chelyabinsk, Russia*

²*Chelyabinsk Branch of the Institute of Economics,*

Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Chelyabinsk, Russia

³*South Ural State Humanitarian Pedagogical University, Chelyabinsk, Russia*

^a*salamatov79@mail.ru*, ^b*belevitinva1@cspu.ru*

Human capital as a set of professional competencies that determine the satisfaction of the diversity of human needs and society is a key aspect of accelerating the economic development of the state and ensuring its economic security, which is predetermined by the most important area where this capital is formed, the field of education. Quantitative measurements, mathematical modeling and scientific and analytical statistics of the qualimetric approach make it possible to identify effective trends in the transformation of the educational process by studying the degree of influence of various organizational and pedagogical conditions and factors on the learning process; to form productive proposals in the "road map" for the development of the education system by choosing its optimal strategy; update the learning platform and ways to generate educational trajectories that meet the urgent requirements of timely adaptation to continuously changing socio-economic conditions. The potential resource for the use of innovative pedagogical tools determines the preference for using the geometric mean indicator of the integral-generalized Harrington desirability function D for the qualimetric assessment of the formation of the environmental and economic component of individual human capital.

Keywords: *qualimetric modeling, individual human capital, ecological and economic orientation of the personality, desirability function.*

References

1. Decree of the President of the Russian Federation "On the Strategy of Economic Security of the Russian Federation for the period up to 2030" dated 13.05.2017, no. 208. Available at <http://www.kremlin.ru/acts/bank/41921>, accessed 02.08.2022. (In Russ.).
2. **Salamatov A.A., Gordeeva D.S.** Determination of the quality of life of society by the ecological and economic orientation of the individual's personality. *Perspektivy Nauki i Obrazovaniya* [Prospects of science and education], 2021, no. 5 (53), pp. 48–65.
3. A new bioeconomy strategy for a sustainable Europe, Brussels, 11 October 2018. Available at <https://ec.europa.eu/commission/news/new-bioeconomy-strategy-sustainable-europe-2018-oct-11-0>, accessed 02.08.2022.
4. *Ekologicheskiye perspektivy postindustrial'nogo mira* [Ecological perspectives of the post-industrial world]. Moscow, ABF, 2006. (In Russ.).
5. **Martirosova A.S.** Sovremennye drayvery razvitiya obrazovaniya [Modern drivers of education development]. Available at <https://driverlib.ru/kakaya-tehnologiya-yavlyayetsya-drayverom-tsifrovoy-transformatsii-obrazovaniya>, accessed 02.08.2022. (In Russ.).

6. **Degtyarev A.N., Degtyareva L.R.** Sovremennye drayvery razvitiya Rossiyskogo obrazovaniya v usloviyakh raznoplanovykh vyzovov [Modern drivers of the development of Russian education in conditions of diverse challenges]. *Ekonomika regiona* [The economy of the region], 2013, no. 4, pp. 82–95. (In Russ.).
7. **Kondakov A.M., Vavilova A.A., Grigoriev S.G.** Kontseptsiya sovershenstvovaniya (modernizatsii) yedinoy informatsionnoy obrazovatel'noy sredy, obespechivayushchey realizatsiyu natsional'nykh strategiy razvitiya Rossiyskoy Federatsii [The concept of improvement (modernization) of the unified information educational environment that ensures the implementation of national development strategies of the Russian Federation]. *Pedagogika* [Pedagogy], 2018, no. 4, pp. 98–125. (In Russ.).
8. **Salamatov A.A., Gordeeva D.S.** Model' ontologicheskoy refleksii formirovaniya ekologo-ekonomicheskikh tsennostnykh orientatsiy v protsesse professional'nogo obrazovaniya [Model of ontological reflection of the formation of ecological and economic value orientations in the process of vocational education]. *Obrazovaniye i nauka* [Education and science], 2020, vol. 22, no. 2, pp. 53–76. (In Russ.).
9. **Klochko G.M.** *Innovatsionnye protsessy v obrazovanii* [Innovative processes in education]. Togliatti, Togliatti State University, 2015. (In Russ.).
10. **Sumina G.A., Novikova E.Yu.** *Tsifrovaya transformatsiya obrazovaniya* [Digital transformation of education]. Saratov, Saratov Region Institute of Education Development, 2021. (In Russ.).
11. **Salamatov A.A., Belevitin V.A., Gafarova E.A., Gordeeva D.S.** Qualimetric assessment of pedagogical factors in the formation of professional environmental and economic competence of university graduates. *International Conference on Economics, Management and Technologies 2021 (ICEMT 2021)*. SHS Web of Conferences. 2021, vol. 110.
12. **Uvarov A. Yu.** *Tsifrovaya transformatsiya i stsenarii razvitiya obshchego obrazovaniya* [Digital transformation and scenarios for the development of general education]. Moscow, High School of Economics, 2020. (In Russ.).
13. **Fedorov I.M.** Perekhod ot obrazovatel'noy sredy k obrazovatel'noy ekosisteme [Transition from the educational environment to the educational ecosystem]. *Molodoy uchyonyy* [Young scientist], 2019, no. 28 (266), pp. 246–250. (In Russ.).
14. **Agranovich M.L., Ermachkova Yu.V., Livenets, M.A., Seliverstova I.V.** *Rossiyskoye obrazovaniye v kontekste mezhdunarodnykh indikatorov* [Russian education in the context of international indicators]. Moscow, FIRO RANEPa, 2019. Pp. 96–125. (In Russ.).
15. Data Mining — intellektual'nyy analiz dannykh [Data Mining — data mining]. Available at <https://blog.iteam.ru/data-mining-intellektualnyj-analiz-dannykh>, accessed 02.08.2022. (In Russ.).
16. **Zamyatin N.V., Medyantsev D.V.** Metodologiya neyrosetevogo modelirovaniya slozhnykh sistem [Methodology of neural network modeling of complex systems]. *Izvestiya TPU* [Bulletin of Tomsk Politechnic University], 2006, vol. 309, no. 8, pp. 100–106. (In Russ.).
17. **Belonozhko P.P., Karpenko A.P., Khramov D.A.** Analiz obrazovatel'nykh dannykh: napravleniya i perspektivy primeneniya [Analysis of educational data: directions and prospects of application]. *Naukovedeniye* [Science Studies], 2017, vol. 9, no. 4. (In Russ.).
18. Low-code platforma Loginom [Low-code platform Loginom]. Available at <https://loginom.ru/platform>, accessed 02.08.2022. (In Russ.).
19. **Musaev A.A.** *Intellektual'nyy analiz dannykh* [Data mining]. Saint-Petersburg, Saint-Petersburg State Institute of Technology, 2018. (In Russ.).
20. The Program for International Student Assessment. Available at <https://gtmarket.ru/research/pisa>, accessed 02.08.2022.

21. **Lashko A.G.** Sushchnost' kvalimetricheskogo podkhoda kak nauchnoy paradigmy [The essence of the qualimetric approach as a scientific paradigm]. *Sovremennaya pedagogika* [Modern pedagogy], 2016, no. 11, pp. 110–115. (In Russ.).
22. **Belevitin V.A., Salamatov A.A., Gafarova E.A., Gordeeva D.S.** Qualimetric approach to assessment of educational achievements of graduates. *Advances in Economics, Business and Management Research*, 2020, vol. 138, pp. 702–708.
23. Negativnoye vliyaniye transporta na okruzhayushchuyu sredu [Negative impact of transport on the environment]. Available at <https://vyvoz.org/blog/vliyanie-transporta-na-okruzhayushchuyu-sredu>, accessed 02.08.2022. (In Russ.).
24. Poryadok provedeniya fenomenologicheskogo analiza [The procedure for conducting phenomenological analysis]. Available at <https://disshelp.ru/blog/poryadok-provedeniya-fenomenologicheskogo-analiza>, accessed 02.08.2022. (In Russ.).
25. **Kolomenskaya A.L.** FGOS VO 3++: novye trebovaniya k obrazovatel'nyim programmam [FGOS VO 3++: new requirements for educational programs]. Available at https://dstu.ru/fileadmin/library/Kolomenskaya_A.L._FGOS_3_pdf, accessed 02.08.2022. (In Russ.).
26. **Itskovich A.A., Feinburg I.A.** *Osnovy teorii nadyozhnosti* [Fundamentals of reliability theory]. Moscow, Moscow State Technical University of Civil Aviation, 2015. (In Russ.).
27. **Kon E.L., Freiman V.I., Yuzhakov A.A.** Obrabotka i deshifratsiya rezul'tatov kontrolya sostavlyayushchikh komponentnoy struktury kompetentsiy [Processing and decoding of the results of the control of components of the component structure of competencies]. *Obrazovaniye i nauka* [Education and Science], 2015, no. 4, pp. 52–68. (In Russ.).
28. **Malyshev E.N.** Otsenka urovnya kompetentsii obuchayushchikhsya na osnove otsenki urovnya osvoyeniya uchebnykh distsiplin [Assessment of the level of competencies of students based on the assessment of the level of development of academic disciplines]. *Pedagogicheskiye nauki* [Pedagogical sciences], 2015, no. 10–2 (12). (In Russ.).
29. **Potapova M.V.** Sovremennyy instrumentariy otslezhivaniya kompetentsiy i universal'nykh uchebnykh deystviy obuchayushchikhsya [Modern tools for tracking competencies and universal educational actions of students]. *Vestnik Chelyabinskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta* [Bulletin of Chelyabinsk State Pedagogical University], 2014, no. 2, pp. 181–193. (In Russ.).
30. **Miroshin D.G.** Otsenka urovnya sformirovannosti professional'nykh kompetentsiy studentov po tekhnicheskim distsiplinam [Assessment of the level of formation of professional competencies of students in technical disciplines]. Available at <http://pedagogika.snauka.ru/2015/02/3313>, accessed 02.08.2022. (In Russ.).
31. **Shikhova O.F., Shikhov Yu.A.** Kvalimetricheskiy podkhod k diagnostike kompetentsiy vypusknikov vysshey shkoly [Qualimetric approach to diagnostics of competencies of graduates of higher school]. *Obrazovaniye i nauka* [Education and Science], 2013, no. 4 (103), pp. 40–57. (In Russ.).
32. **Anisimova M.A., Blyakherov I.S., Maslennikov A.V., Morzhov A.V.** K voprosu o proektirovanii otsenochnykh sredstv sformirovannosti kompetentsii [On the issue of designing evaluation tools for the formation of competencies]. *Vyssheye obrazovaniye v Rossii* [Higher education in Russia], 2013, no. 4, pp. 106–112. (In Russ.).
33. **Danilov A.N., Ovchinnikov A.A., Gitman M.B., Stolbov V.Y.** Ob odnom podkhode k otsenivaniyu urovnya sformirovannosti professional'nykh kompetentsiy u vypusknika vuza [On one approach to assessing the level of formation of professional competencies in a university graduate]. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern problems of science and education], 2014, no. 6. (In Russ.).
34. **Salamatov A.A., Gafarova E.A., Belevitin V.A., Gafarov M.F., Gordeeva D.S.** Machine learning methods and Qualimetric approach to determine the conditions for train students in the field of environmental and economic activities. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 2021, no. 16 (03), pp. 72–85.

35. **Freiman V.I.** Integrirovannaya sistema upravleniya kachestvom produktsii na osnove metodologii otsenki rezul'tativnosti podgotovki spetsialistov [Integrated product quality management system based on the methodology for evaluating the effectiveness of training specialists]. Thesis of Doctor in Technical Sciences, Perm, 2016. (In Russ.).
36. **Romero C., Ventura S.** Educational data mining: A review of the state-of-the-art. *IEEE Transaction on Systems, Man, and Cybernetics. Part C: Applications and Reviews*, 2010, no. 40 (6), pp. 601–618.
37. **Soloviev V.I.** *Metody optimal'nykh resheniy* [Methods of optimal solutions]. Moscow, Financial University, 2012. (In Russ.).
38. **Lyubushin N.P., Brikach G.E.** Ispol'zovaniye obobshchyonnoy funktsii zhelatel'nosti Harringtona v mnogoparametricheskikh ekonomicheskikh zaddachakh [The use of the generalized Harrington desirability function in multiparametric economic problems]. *Ekonomicheskii analiz: teoriya i praktika* [Economic analysis: theory and practice], 2014, no. 18 (369), pp. 2–10. (In Russ.).
39. **Barbashova E.V., Chekulina T.A., Shumetov V.G.** Statisticheskii podkhod k formirovaniyu funktsii zhelatel'nosti v zadachakh ekonomiko-matematicheskogo modelirovaniya [Statistical approach to the formation of the desirability function in problems of economic and mathematical modeling]. *Vestnik OryolGIET* [Bulletin of Oryol State Institute of Economics and Trade], 2015, no. 2 (32), pp. 94–99. (In Russ.).
40. **Litvak B.G.** *Ekspertnaya informatsiya: metody polucheniya i analiza* [Expert information: methods of obtaining and analyzing]. Moscow, Radio and Communications Publ., 1982. (In Russ.).
41. Otbor ekspertov i organizatsiya ikh raboty [Selection of experts and organization of their work]. Available at <https://it.rfei.ru/course/kcye/neos/misk>, accessed 02.08.2022. (In Russ.).
42. **Belyakov A.G., Mandel A.S., Borzenko N.I.** Ekspertno-statisticheskiye sistemy prognozirovaniya vremennykh ryadov i imitatsionno-otsenochnoye modelirovaniye [Expert statistical systems of time series forecasting and simulation-evaluation modeling]. *Problemy upravleniya* [Problems of management], 2003, no. 3, pp. 38–42. (In Russ.).
43. **Mosin V.G.** The semantics of visual communications. *Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*, 2010, no. 3–3.
44. **Belevitin V.A., Gafarova E.A., Korchemkina Yu.V., Shvartskop O.N.** Vliyaniye ternarnosti predstavleniya uchebnoy informatsii na povysheniye kreativnosti obuchayushchikhsya [The influence of the ternarity of the presentation of educational information on increasing the creativity of students]. *European Social Science Journal*, 2017, no. 6, pp. 194–200. (In Russ.).
45. **Yakusheva S.D.** Sinergeticheskii podkhod v razvitii professional'nogo masterstva sovremennogo pedagoga [Synergetic approach in the development of professional skills of a modern teacher]. Available at <https://spkurdyumov.ru/education/sinergeticheskij-podxod-v-razvitii-professionalnogo-masterstva-sovremennogo-pedagoga>, accessed 02.08.2022. (In Russ.).
46. **Yarygin O.N., Gaimanova T.G.** Formirovaniye i razvitiye kompetentnosti kak emerdzherentnogo svoystva professional'nogo obrazovaniya [Formation and development of competence as an emergent property of vocational education]. Available at <https://cyberleninka.ru/article/n/formirovanie-i-razvitie-kompetentnosti-kak-emerdzherentnogo-svoystva-professionalnogo-obrazovaniya/viewer>, accessed 02.08.2022. (In Russ.).

Article received 03.08.2022.

Corrections received 21.09.2022.