

## КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО КАПИТАЛА УНИВЕРСИТЕТА НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКОЙ МОДЕЛИ

*О. В. Недолужко, К. С. Солодухин*

*Владивостокский государственный университет  
Россия, 690014, Владивосток, ул. Гоголя, 41;  
solodukhin@mail.ru*

*Аннотация.* Целью данной исследовательской статьи является разработка и апробация нечеткой модели количественной оценки интеллектуального капитала университета. Нечеткая модель позволяет оценить интеллектуальный капитал университета в целом, основные компоненты интеллектуального капитала, способности университета к различным видам когнитивной активности, обеспечивающим развитие интеллектуального капитала, эксплицитные и имплицитные факторы интеллектуального капитала. Важнейшими отличительными особенностями модели являются: способ формализации эксплицитных и имплицитных факторов как лингвистических переменных и перевода их значений в нечеткие множества; использование процедур нечеткой логики в иерархической структуре с возможными циклами; возможность получения числовых оценок разброса рассчитанных значений; повышение достоверности результатов за счет учета уровней компетентности экспертов в определенных сферах деятельности университета с использованием различных функций сглаживания. Представлены результаты апробации модели на примере крупного регионального университета. Определены проблемные зоны в деятельности университета в отношении развития интеллектуального капитала.

Материалы статьи представляют интерес для руководителей университетов, получающих инструмент комплексной оценки интеллектуального капитала и его компонентов на всех уровнях в привязке к стратегии развития вуза.

*Ключевые слова:* интеллектуальный капитал, когнитивная активность, нечеткая модель, нечеткий логический вывод, имплицитный фактор, эксплицитный фактор

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

*Для цитирования:* Недолужко О. В., Солодухин К. С. Количественная оценка интеллектуального капитала университета на основе нечеткой модели // Университетское управление: практика и анализ. 2023. Т. 28, № 1. С. 34–49. DOI: 10.15826/umpra.2024.01.003

## QUANTITATIVE EVALUATION OF UNIVERSITY INTELLECTUAL CAPITAL BASED ON FUZZY MODEL

*O. V. Nedoluzhko, K. S. Solodukhin*

*Vladivostok State University,  
41 Gogolya str., Vladivostok, 690014, Russian Federation;  
k.solodukhin@mail.ru*

*Abstract.* The aim of this research article is to develop and test a fuzzy model for the quantitative evaluation of university intellectual capital. The fuzzy model allows for the assessment of university intellectual capital as a whole, the main components of intellectual capital, the university's abilities in various types of cognitive activities that contribute to the development of intellectual capital, and explicit and implicit factors of intellectual capital. The key distinguishing features of the model include: the formalization of explicit and implicit factors as linguistic variables and their translation into fuzzy sets; the use of fuzzy logic procedures in a hierarchical structure with possible cycles; the ability to obtain numerical evaluations of the dispersion of calculated values; and increased reliability of results by taking into account the levels of expertise of experts in specific areas of university activity using various smoothing functions. The results of testing the model on a large regional university are presented. Problematic areas in university activities regarding the development of intellectual capital are identified. The materials of the article are of interest to university leaders

who receive a tool for a comprehensive assessment of intellectual capital and its components at all levels linked to the university's development strategy.

*Keywords:* intellectual capital, cognitive activity, fuzzy model, fuzzy logical inference, implicit factor, explicit factor

*Acknowledgments.* The study was sponsored by the Russian Science Foundation (RSF) as part of research project No. 23-28-01091 (<https://rscf.ru/project/23-28-01091/>) at the at Vladivostok State University, Primorye Territory.

*For citation:* Nedoluzhko O. V., Solodukhin K. S. Quantitative Assessment of University's Intellectual Capital Based on Fuzzy Model. *University Management: Practice and Analysis*, 2023, vol. 28, nr 1, pp. 34–49. doi. 10.15826/umpa.2024.01.003 (In Russ.).

## Введение

Преобладающая роль интеллектуального капитала (далее ИК) лежит в основе эволюции общественных и экономических отношений, результатом которой является возникновение цифровой экономики. Реализация стратегических целей социально-экономического развития Российской Федерации предполагает системную интеграцию и адаптацию научно-образовательной среды к актуальным условиям. Ключевым фактором, обеспечивающим такое развитие, становится интеллектуальный потенциал, что подтверждается рядом программных документов на различных уровнях управления. В частности, в Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации, утвержденной Указом Президента РФ от 1 декабря 2016 г. № 642<sup>1</sup>, в качестве одного из существенных аспектов управления выделено формирование системы развития и использования интеллектуального потенциала нации. Аналогичная директива прослеживается и в Стратегии национальной безопасности РФ, утвержденной указом Президента РФ от 02 июля 2021 г. № 400<sup>2</sup>, одним из приоритетов которой также является развитие интеллектуального потенциала как залога не только устойчивого развития экономики, но и защиты национальных интересов. Формирование интеллектуального потенциала с учетом влияния современных тенденций цифровизации на уровне страны и региона может быть обеспечено за счет активизации процесса развития и формирования региональных научно-образовательных экосистем, основанного на взаимодействии региональных предпринимательских субъектов, государства и университетов. Именно университет, аккумулируя значительные интеллектуальные ресурсы, становится ключевым актором такой экосистемы, обеспечивая ее стабильный рост и развитие за счет своего интеллектуального капитала, что также отражено в условиях

поддержки программы «Приоритет-2030». Таким образом, формирование и развитие интеллектуального капитала университета в современных условиях является актуальной задачей.

Существует значительное количество моделей и методов оценки величины интеллектуального капитала и ее изменения в результате тех или иных управленческих воздействий, однако специфика университета как носителя интеллектуального капитала в них, как правило, не учитывается. Можно выделить ряд существенных особенностей университета, которые обуславливают сложность или невозможность использования традиционных подходов, предполагающих стоимостную оценку интеллектуального капитала или его компонентов. Наиболее существенными из них являются: нематериальный характер многих результатов деятельности вуза; преобладающая роль нематериальных активов (значимость бренда, деловой репутации вуза, видения, которое он транслирует во внешнюю среду); невозможность интерпретировать и оценивать эффективность деятельности вуза в терминах традиционной коммерческой организации [1]. Возникает необходимость использования специфического инструментария оценки, позволяющего учитывать эти особенности. Существенные преимущества в этом отношении дает использование нечетко-множественных моделей и методов. Одним из важнейших преимуществ их применения является возможность учета природы интеллектуального капитала, который, с одной стороны, сам является имплицитным фактором управленческой деятельности. При этом, с другой стороны, среди факторов, оказывающих воздействие на формирование интеллектуального капитала, преобладающими являются имплицитные факторы, количественная оценка которых затруднена. Значительным преимуществом использования нечетких инструментов является также возможность формализации различного рода неопределенностей и количественной оценки рисков.

В основе большинства существующих моделей оценки интеллектуального капитала лежит устоявшееся представление об иерархической структуре интеллектуального капитала, на верхнем уровне которой находятся его основные структурные

<sup>1</sup> О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации. Указ Президента Российской Федерации от 01.12.2016 г. № 642. URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/41449> (дата обращения: 09.02.2023).

<sup>2</sup> О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации. Указ Президента Российской Федерации от 02.07.2021 г. № 400. URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/47046> (дата обращения: 09.02.2023).

элементы (как правило, человеческий, организационный и отношенческий капиталы), а на самом нижнем – факторы интеллектуального капитала. При этом за рамками остаются возможные типы когнитивной активности, развитие которых и обеспечивает, в конечном итоге, рост интеллектуального капитала [2], а также декомпозирующие их факторы.

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

## Обзор литературы

Традиционные количественные методы и модели оценки интеллектуального капитала достаточно развиты и могут быть сгруппированы по различным признакам. Значимой работой в этом отношении является классификация, предложенная К.-Е. Sveibi в 2001 г. [3] и обновленная в 2010 г. [4]. В рамках данной классификации были выделены четыре группы методов:

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

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

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

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

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

Вместе с тем в классификацию К.-Е. Sveibi не вошла группа методов оценки, предполагающих использование субъективных мнений респондентов, полученных индивидуально или в группах (экспертные мнения, социологические опросы) [1]. Данная группа активно развивается за счет ряда современных работ и, в свою очередь, может

быть классифицирована по подгруппам с учетом видов используемых методов анализа и обработки данных.

В первой подгруппе для этой цели используются статистические методы [5–8].

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

1) методы нечеткой логики [9–11];

2) нечеткие нейронные сети и нечеткие когнитивные карты [12–15];

3) нечеткий метод анализа иерархий и близкие к нему методы [16–18].

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

Особо можно выделить нечеткие инструменты для исследования отдельных компонентов ИК, например, человеческого капитала [19, 20] или отношенческого капитала [21, 22]. Организационный капитал в силу своей меньшей специфичности в отдельном виде практически не исследуется, а изучается в составе ИК в целом.

Анализ отечественных исследований в области ИК вузов показывает, что предлагаемые методы оценки относятся преимущественно к четвертой группе классификации Свейби (подсчета очков) и группе экспертных методов [23–28]. Зарубежные исследователи также используют данные группы методов и в первую очередь ориентируются на нормативный документ, разработанный Federal National Council of the Republic of Austria, Ministry of Education, Science, and Culture<sup>3</sup>, в соответствии с которым публикация отчета об интеллектуальном капитале стала обязательным требованием для австрийских университетов, а также на методологическое руководство PRIME Project Report (the Observatory of European Universities (OEU), 2006).

<sup>3</sup>University Organisation and Studies Act (Universities Act 2002), University Organisation Amendment Act and Universities of the Arts Organisation Amendment Act Austria. No. 120/2002 / 9th August, 2002. National Council of the Republic of Austria, Federal Ministry of Education, Science and Culture. URL: [https://planipolis.iiep.unesco.org/sites/default/files/ressources/austria\\_universities\\_act\\_2002.pdf](https://planipolis.iiep.unesco.org/sites/default/files/ressources/austria_universities_act_2002.pdf) (дата обращения: 12.02.2023).

Значительное количество работ посвящено анализу использования данных документов в отношении оценки ИК университетов [29–33]. Необходимо отметить, что в рассматриваемых работах целью является внешняя оценка, не обеспечивающая возможности для эффективного принятия внутренних управленческих решений, направленных на повышение ИК вуза.

ИК университета характеризуется рядом специфических особенностей [34]:

- ведущая роль ИК в структуре активов университетов;

- наличие отдельных элементов (духовная, ценностная, культурно-нравственная составляющие), которые представляется крайне сложным формализовать и оценить в количественном выражении;

- сложный и неоднозначный характер взаимодействия вуза со стейкхолдерами (государством, студентами, работодателями), которые могут одновременно выполнять несколько различных ролей;

- сложность интерпретации и количественной оценки результатов деятельности университета.

Таким образом, учитывая специфические особенности и слабо формализуемый характер основных составных элементов, интеллектуальный капитал университета требует использования модифицированных методов и подходов, сочетающих преимущества экспертных методов и инструментария теории нечетких множеств.

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

Вышеозначенные обстоятельства обуславливают необходимость развития нечеткого инструментария оценки ИК университета.

## Модель

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

Напомним, что схема формирования каузального поля базируется на «стейкхолдерской» модификации ССП и предполагает выделение из карты целей верхнего уровня стратегических целей,

имеющих существенное отношение к развитию ИК организации, с последующим их распределением по шести группам, соответствующим типам когнитивной активности. В свою очередь, типы когнитивной активности соотносятся со структурными компонентами ИК следующим образом: обучение и самосовершенствование способствуют развитию человеческого капитала, вовлечение и производственная рационализация развивают организационный капитал, инновационная деятельность и клиентоориентированная рационализация обеспечивают прирост отношенческого капитала. Показатели развития ИК, попавшие в группы эксплицитных и имплицитных факторов, являются результирующими показателями выделенных стратегических целей [35, 36].

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

Корневой вершиной (нулевой уровень иерархии) является интегральный показатель ИК организации ( $I$ ).

На следующем (первом) уровне находятся ключевые показатели ИК – интегральные показатели, соответствующие основным структурным компонентам ИК: человеческому капиталу ( $I_H$ ), организационному капиталу ( $I_O$ ), отношенческому капиталу ( $I_R$ ).

На втором уровне находятся интегральные показатели, соответствующие типам когнитивной активности: обучению ( $I_{H1}$ ), самосовершенствованию ( $I_{H2}$ ), вовлечению ( $I_{O1}$ ), производственной рационализации ( $I_{O2}$ ), клиентоориентированной рационализации ( $I_{R1}$ ), инновационной деятельности ( $I_{R2}$ ).

Эксплицитные и имплицитные факторы ИК, сгруппированные в соответствии с типами когнитивной активности, образуют самый нижний уровень иерархии. При этом могут быть выделены подгруппы факторов ИК, соответствующие определенным аспектам в рамках отдельных типов когнитивной активности: научно-исследовательскому ( $I_{H21}$ ), социально-психологическому ( $I_{H22}$ ), цифровому ( $I_{O21}$  и  $I_{R12}$ ), инфраструктурному ( $I_{H22}$ ), квалификационному ( $I_{R22}$ ), репутационному ( $I_{R13}$ ), предпринимательскому ( $I_{R11}$ ), а также аспекту взаимодействия с партнерами ( $I_{O23}$  и  $I_{R21}$ ).

В иерархии могут возникать циклы в связи с тем, что некоторые показатели ИК нижнего уровня являются факторами развития различных когнитивных активностей. Если указать такие показатели в иерархии несколько раз с присвоением им различных номеров (индексов), то можно считать, что построенная иерархическая структура

является деревом. В этом случае существенно облегчается процесс оценки показателей различных уровней иерархии. Заметим, что при этом количественные значения «повторяющихся» показателей должны совпадать.

Пример иерархической структуры показателей развития ИК для конкретной организации (университета) приведен в следующем разделе (рис. 1).

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

Часть показателей ИК нижнего уровня оценивается в количественных шкалах (будем называть такие показатели «количественными»). Другая часть – в качественных (будем называть такие показатели «качественными»). Соответственно, возникают существенные сложности в процессе движения по иерархии снизу вверх при оценке интегральных показателей когнитивных активностей (и их отдельных аспектов), ключевых показателей ИК, а также интегрального показателя ИК организации в целом.

В этой связи предлагается следующая нечеткая модель оценки ИК.

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

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

«Качественные» показатели ИК ( $q_i$ ) оцениваются экспертно в заданной лингвистической шкале. В таблице 1 приведена возможная лингвистическая шкала и соответствующие лингвистическим переменным функции принадлежности нечетких множеств с носителем  $[0, 10]$ .

Таблица 1

**Терм-множество лингвистической переменной «значение показателя»**

Table 1

**Term-set of the linguistic variable “value of the indicator”**

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

Ответы экспертов следует проверить на согласованность [37] и усреднить. При этом каждому эксперту может быть присвоен четкий или нечеткий весовой коэффициент, отражающий его уровень компетенции. В этом случае находятся средневзвешенные экспертные оценки.

Может быть применена более сложная схема, при которой используются четкие или нечеткие самооценки экспертов своего уровня компетентности по тому или иному вопросу. Кроме того, может быть применена процедура «сглаживания» экспертных оценок, позволяющая, например, в большей степени учесть мнения более компетентных специалистов, либо учесть все мнения, кроме самых некомпетентных. Для этого используются различные функции сглаживания [38].

При использовании простейших формул сложения и произведения трапецевидных нечетких чисел [39] средневзвешенные экспертные оценки будут также являться трапецевидными нечеткими числами. Однако применение различных функций сглаживания может потребовать более сложных способов реализации нечеткой арифметики с использованием вычислительных методов. Существуют упрощения процедуры арифметических операций над нечеткими числами определенных типов, в том числе трапецевидными [40]. В свою очередь, в работе [41] предложена унифицированная система правил выполнения арифметических операций над нечеткими числами (L-R)-типа. Напомним, что трапецевидные числа являются толерантными нечеткими числами (L-R)-типа. При использовании данной системы правил средневзвешенные экспертные оценки «качественных» показателей ИК могут иметь экспоненциальные (гауссовы) функции принадлежности (точнее, функции принадлежности получаемых нечетких множеств очень хорошо аппроксимируются гауссианами).

С «количественными» показателями ИК ( $r_j$ ) ситуация иная. С одной стороны, они не требуют экспертных оценок (а значит, и процедур проверки на согласованность и усреднения), поскольку известны их количественные значения. С другой стороны, фазификация этих показателей требует индивидуального задания функций принадлежности нечетких множеств для значений лингвистических шкал для каждого отдельного «количественного» показателя. При этом будут отличаться носители нечетких множеств для разных показателей. Заметим, что для простоты и удобства для всех «количественных» показателей может быть выбрана общая лингвистическая шкала (например, та же, что и для «качественных» показателей). Однако носители и функции принадлежности

соответствующих нечетких множеств для разных «количественных» показателей будут различаться.

Имея нечеткие оценки всех показателей ИК нижнего уровня, мы можем двигаться вверх по иерархии, используя алгоритмы нечеткого логического вывода [42; 43]. В данной работе применялся самый распространенный из таких алгоритмов – алгоритм Мамдани [44].

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

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

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

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

Существует также более простой способ расчета нечетких значений всех узлов иерархии. В его рамках при движении вверх от предпоследнего уровня иерархии (если считать сверху вниз), используется упрощенный алгоритм, при котором не требуются построение баз правил и дефазификация нечетких значений узлов. При этом нечеткие значения вышележащих узлов получаются из нечетких значений узлов потомков с помощью заданной нечетко-множественной операции (чаще всего дизъюнкции).

Имея нечеткие значения всех показателей ИК, мы можем вычислить индекс нечеткости каждого показателя. Индекс нечеткости отражает степень нечеткости (размытости) нечеткого множества. Индекс нечеткости позволяет установить

границы приближенных оценок (чем больше индекс нечеткости, тем менее точной будет оценка) [45]. Существуют различные неметрические и метрические индексы нечеткости, удовлетворяющие определенной системе аксиом [46]. В данной работе мы использовали индекс нечеткости Ягера с линейной метрикой Хэмминга [47].

Индекс нечеткости позволяет рассчитать верхнюю и нижнюю границы показателя ИК (как, соответственно, сумму и разность четкого (дефазифицированного) значения показателя и индекса нечеткости).

Если выразить четкое значение показателя и его верхнюю и нижнюю границы в процентах от максимально возможного значения показателя (в рамках заданного носителя нечеткого множества), то можно интерпретировать уровень показателя в некоторой заданной лингвистической шкале [48]. Для этого необходимо предварительно задать соответствующую интервальную шкалу, в рамках которой интервалам относительных значений показателя ставятся в соответствие вербальные оценки уровня показателя. Например, 0–20 % – низкий уровень, 21–40 % – пониженный уровень, 41–60 % – средний уровень и т. д.

Мы предлагаем для оценки уровней показателей ИК использовать другой подход. В его рамках носитель разбивается на некоторое количество интервалов, для которых рассчитываются коэффициенты соответствия каждого показателя (как нечеткого множества) этим интервалам. В свою очередь, коэффициенты соответствия рассчитываются как относительные площади фигур, ограниченных кривой функции принадлежности сверху и заданным альфа-уровнем снизу [49]. В простейшем случае можно считать, что альфа-уровень равен нулю [50]. В этом случае интерпретация уровня показателя (в некоторой лингвистической шкале) происходит не по максимальному коэффициенту соответствия, а ориентируясь на все распределение коэффициентов соответствия.

### Апробация моделей на примере Владивостокского государственного университета

Предложенная модель апробирована на примере крупного регионального университета (Владивостокского государственного университета, ВВГУ).

Прежде всего было сформировано каузальное поле показателей развития ИК вуза, представленное в виде иерархической структуры (рис. 1). Зеленым цветом отмечены «количественные» показатели,

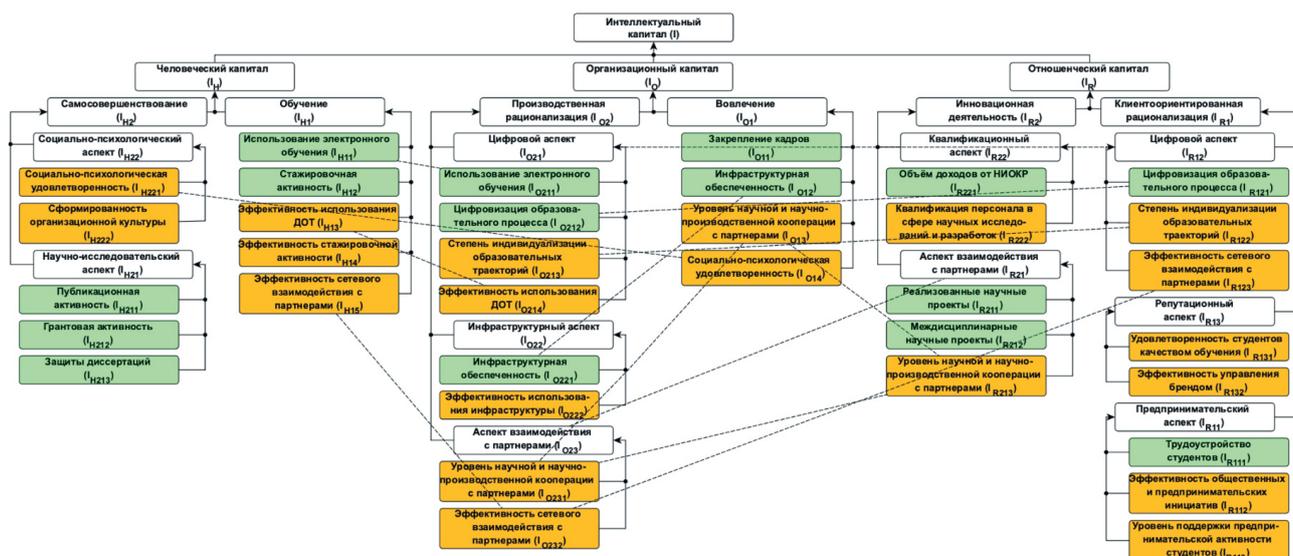


Рис. 1. Каузальное поле показателей развития интеллектуального капитала ВВГУ  
 Fig. 1. The causal field of IC development indicators in VVSU

желтым – «качественные» показатели ИК нижнего уровня. Пунктирные линии на рисунке соединяют «повторяющиеся» показатели ИК нижнего уровня иерархии.

На следующем этапе был произведен опрос экспертов, в число которых вошли представители ППС и АУП университета, а также специально приглашенные внешние эксперты. Эксперты в рамках заданной лингвистической шкалы оценили «качественные» показатели ИК вуза. Ответы экспертов были проверены на согласованность и усреднены с учетом экзогенно заданных уровней их

компетентности. Заметим, что каждый отдельный эксперт оценивал лишь те показатели, в отношении которых обладал соответствующими экспертными знаниями (компетенциями). Для проведения экспертного опроса, обработки экспертных ответов и проведения необходимых расчетов на основе описанной выше нечеткой модели был разработан программный комплекс.

В таблице 2 приведены значения «качественных» показателей ИК университета, отражающие средневзвешенные экспертные оценки, в виде нечетких чисел Гауссова типа.

Таблица 2

«Качественные» показатели ИК ВВГУ  
 «Qualitative» indicators of IC in VVSU

Table 2

Показатель	Структурный компонент ИК	Тип когнитивной активности	Параметры аппроксимирующей гауссианы	
			$\mu$	$\sigma$
Эффективность использования ДОТ ( $I_{H13}$ , $I_{O214}$ )	Человеческий капитал	Обучение	3,1492	0,4778
Эффективность стажировочной активности ( $I_{H14}$ )	Человеческий капитал	Обучение	1,3452	0,2555
Социально-психологическая удовлетворенность ( $I_{H221}$ , $I_{O14}$ )	Человеческий капитал, организационный капитал	Самосовершенствование, вовлечение	7,4240	0,8361
Сформированность организационной культуры ( $I_{H222}$ )	Человеческий капитал	Самосовершенствование	5,3308	0,5708
Уровень научной и научно-производственной кооперации с партнерами ( $I_{O13}$ , $I_{O231}$ , $I_{R213}$ )	Организационный капитал, отношенческий капитал	Вовлечение, клиентоориентированная рационализация, инновационная деятельность	3,1332	0,4081

Окончание табл. 1  
Table 1 finishes

Показатель	Структурный компонент ИК	Тип когнитивной активности	Параметры аппроксимирующей гауссианы	
			$\mu$	$\sigma$
Эффективность использования инфраструктуры ( $I_{O222}$ )	Организационный капитал	Вовлечение, производственная рационализация	9,0226	0,7395
Степень индивидуализации образовательных траекторий ( $I_{O213}$ , $I_{R122}$ )	Организационный капитал, отношенческий капитал	Производственная рационализация, клиентоориентированная рационализация	1,3452	0,2555
Эффективность сетевого взаимодействия с партнерами ( $I_{H15}$ , $I_{O232}$ , $I_{R123}$ )	Организационный капитал, отношенческий капитал	Производственная рационализация, клиентоориентированная рационализация	3,1492	0,4778
Удовлетворенность студентов качеством обучения ( $I_{R131}$ )	Отношенческий капитал	Клиентоориентированная рационализация	5,3308	0,5708
Эффективность управления брендом ( $I_{R132}$ )	Отношенческий капитал	Клиентоориентированная рационализация	7,3888	0,6720
Эффективность общественных и предпринимательских инициатив ( $I_{R112}$ )	Отношенческий капитал	Клиентоориентированная рационализация	3,1492	0,4778
Уровень поддержки предпринимательской активности студентов ( $I_{R113}$ )	Отношенческий капитал	Клиентоориентированная рационализация	3,1654	0,5360
Квалификация персонала в сфере научных исследований и разработок ( $I_{R222}$ )	Отношенческий капитал	Инновационная деятельность	5,3308	0,5708

«Количественные» показатели были фазифицированы путем индивидуального задания функций принадлежности нечетких множеств для значений лингвистических шкал. Для примера в таблице 3 приведены трапециевидные функции принадлежности для показателей «Публикационная активность ( $I_{H211}$ )» и «Объем доходов от НИОКР ( $I_{R211}$ )».

Далее для нижнего уровня иерархии были сформированы базы нечетких продукционных

правил. В таблице 4 приведен фрагмент одной из баз правил.

Затем с помощью разработанного программного комплекса на основе предложенной нечеткой модели с использованием известных четких значений «количественных» показателей были получены нечеткие и четкие оценки показателей ИК всех уровней иерархии (таблица 5).

Таблица 3

**Терм-множество лингвистических переменных «значение показателя “Публикационная активность ( $I_{H211}$ )”» и «значение показателя “Объем доходов от НИОКР ( $I_{R211}$ )”»**

Table 3

**Term-set of the linguistic variable «value of the indicator “Publication activity ( $I_{H211}$ )”» and «value of the indicator “R&D income ( $I_{R211}$ )”»**

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

Таблица 4

Фрагмент базы продукционных правил для показателя «Вовлечение (IO1)»

Table 4

Fragment of the fuzzy rule base for the indicator “Involvement (IO1)”

Номер нечеткого правила	IF				THEN
	I <sub>O11</sub>	I <sub>O12</sub>	I <sub>O13</sub>	I <sub>O14</sub>	I <sub>O1</sub>
1	VL	VL	VL	VL	VL
2	VL	VL	VL	L	VL
3	VL	VL	VL	M	L
4	VL	VL	VL	H	L
5	VL	VL	VL	VH	L
...	...	...	...	...	...
101	VL	VH	VL	VL	L
102	VL	VH	VL	L	L
103	VL	VH	VL	M	L
104	VL	VH	VL	H	M
105	VL	VH	VL	VH	M
...	...	...	...	...	...
351	M	VH	VL	VL	L
352	M	VH	VL	L	M
353	M	VH	VL	M	M
354	M	VH	VL	H	M
355	M	VH	VL	VH	H
...	...	...	...	...	...
621	VH	VH	VH	VL	M
622	VH	VH	VH	L	H
623	VH	VH	VH	M	H
624	VH	VH	VH	H	VH
625	VH	VH	VH	VH	VH

Полученные результаты позволяют сделать следующие выводы.

1. Развитие ИК и всех его основных структурных компонентов (человеческий капитал, организационный капитал, отношенческий капитал) в университете находится на среднем уровне. При этом анализ параметров функций принадлежности соответствующих нечетких переменных показывает необходимость более пристального внимания к формированию отношенческого капитала вуза (характер асимметрии функции принадлежности, меньшее значение центра тяжести при большем индексе нечеткости). Что касается остальных структурных компонентов (человеческий капитал

и организационный капитал), а также ИК университета в целом, можно говорить о высокой надежности полученных оценок уровня их развития. Уровень развития большинства показателей ИК более низких уровней иерархии также является средним.

2. Требуют особого внимания показатели ИК университета с низким уровнем развития. В том числе, I<sub>O23</sub> «Аспект взаимодействия с партнерами» (в когнитивной активности – «Производственная рационализация») и I<sub>R12</sub> «Цифровой аспект» (в когнитивной активности – «Клиентоориентированная рационализация»). Заметим, что эти же аспекты в рамках других видов

Таблица 5

## Результаты оценки показателей ИК ВВГУ по уровням иерархии

Table 5

## IC evaluation results in VVGU by hierarchy levels

Нечеткая переменная	Центр тяжести	Индекс нечеткости	Нижняя граница	Верхняя граница	Коэффициенты соответствия (при нулевом альфа-уровне)					Интерпретация уровня
					0–2	2–4	4–6	6–8	8–10	
I	5,131	0,364	4,767	5,495	0,373	0,904	1,0	0,944	0,456	Средний
I <sub>H</sub>	5,223	0,582	4,641	5,805	0,363	0,789	0,553	0,900	0,456	Средний
I <sub>O</sub>	5,010	0,342	4,668	5,352	0,373	0,904	1,0	0,918	0,374	Средний
I <sub>R</sub>	4,707	0,516	4,191	5,223	0,363	0,840	1,0	0,630	0,240	Средний
I <sub>H1</sub>	2,829	0,331	2,498	3,160	0,443	0,963	0,275	0,0	0,0	Низкий
I <sub>H2</sub>	6,238	0,603	5,635	6,841	0,0	0,399	0,552	0,900	0,456	Высокий
I <sub>O1</sub>	5,0	0,258	4,742	5,258	0,0	0,75	1,0	0,75	0,0	Средний
I <sub>O2</sub>	5,010	0,342	4,668	5,352	0,373	0,904	1,0	0,918	0,374	Средний
I <sub>R1</sub>	4,707	0,516	4,191	5,223	0,363	0,840	1,0	0,630	0,240	Средний
I <sub>R2</sub>	4,852	0,614	4,238	5,466	0,281	0,625	1,0	0,560	0,214	Средний
I <sub>H21</sub>	4,852	0,614	4,238	5,466	0,281	0,625	1,0	0,560	0,214	Средний
I <sub>H22</sub>	6,660	0,470	6,190	7,130	0,0	0,227	0,333	0,900	0,456	Высокий
I <sub>O21</sub>	5,0	0,365	4,635	5,365	0,0	0,5	1,0	0,5	0,0	Средний
I <sub>O22</sub>	7,189	0,356	6,833	7,545	0,0	0,0	0,237	0,919	0,394	Высокий
I <sub>O23</sub>	3,939	0,519	3,420	4,458	0,403	0,928	0,623	0,443	0,0	Низкий
I <sub>R11</sub>	5,0	0,349	4,651	5,349	0,0	0,543	1,0	0,543	0,0	Средний
I <sub>R12</sub>	3,988	0,443	3,545	4,431	0,443	0,963	0,702	0,500	0,0	Низкий
I <sub>R13</sub>	5,341	0,461	4,880	5,802	0,040	0,502	1,0	0,560	0,214	Средний
I <sub>R21</sub>	3,625	0,480	3,145	4,105	0,563	1,0	0,588	0,360	0,0	Средний
I <sub>R22</sub>	5,415	0,309	5,106	5,724	0,0	0,5	1,0	0,560	0,214	Средний

когнитивной активности (показатели I<sub>O21</sub> и I<sub>R21</sub>) развиты лучше (находятся на среднем уровне).

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

На решение выявленных проблем в первую очередь могут быть направлены следующие комплексные мероприятия: организация стажировок ППС на предприятиях-партнерах, обучение преподавателей цифровым образовательным

технологиям, в том числе технологиям создания МООК.

3. На высоком уровне развития находятся следующие показатели ИК университета: I<sub>O22</sub> «Инфраструктурный аспект» (в когнитивной активности – «Производственная рационализация») и I<sub>H22</sub> «Социально-психологический аспект» (в когнитивной активности – «Самосовершенствование»). А также I<sub>H2</sub> «Самосовершенствование», высокий уровень которого обеспечивается развитостью «Социально-психологического аспекта».

4. Преимущества предложенной модели связаны прежде всего с ее универсальностью и гибкостью. Универсальность модели определяется ее применимостью к самым различным образовательным организациям. Стандартными будут ключевые показатели ИК, соответствующие основным

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

5. В практическом использовании модели могут возникнуть следующие сложности. Отсутствие формализованной стратегии развития образовательной организации не позволит корректно сформировать каузальное поле показателей ИК. С другой стороны, сама постановка задачи развития ИК вне связи со стратегией развития организации в целом вряд ли допустима. Расчеты значений нечетких переменных модели достаточно сложны, требуется соответствующее программное средство. Вместе с тем нет необходимости разрабатывать его каждой образовательной организацией. Может быть разработано программное средство, допускающее настройку под конкретную организацию (например, на базе уже созданного в ВВГУ программного продукта). Это значительно облегчит адаптацию модели под деятельность различных организаций (тиражирование модели). Проблема трудоемкости сбора значений экзогенных переменных модели решается следующим образом. Стратегии развития и системы управленческого учета образовательных организаций в значительной степени ориентированы на требования регуляторов. Соответственно, большая часть значений «количественных» показателей ИК нижнего уровня уже содержится в системе управленческого учета. Получение экспертных оценок «качественных» показателей облегчается разделением вопросов (показателей) между различными экспертами, а также программной реализацией

процедур проведения экспертного опроса и обработки экспертных ответов.

## Заключение

В работе предложена нечеткая модель, позволяющая количественно оценить интеллектуальный капитал организации, в том числе основные компоненты интеллектуального капитала; способности к различным видам когнитивных активностей, обеспечивающих развитие интеллектуального капитала; эксплицитные и имплицитные факторы интеллектуального капитала. Модель апробирована на примере крупного регионального университета.

В рамках модели предложены:

– способ формализации эксплицитных и имплицитных факторов интеллектуального капитала как лингвистических переменных и перевода их значений в нечеткие множества;

– система нечеткого вывода для расчета значений показателей в иерархической структуре с возможными циклами;

– метод получения числовых оценок разброса рассчитанных значений;

– метод учета уровней компетентности экспертов в определенных сферах деятельности организации с использованием различных функций сглаживания.

Дальнейшие исследования в данной области могут быть направлены на разработку нечетких однопериодных и многопериодных оптимизационных моделей планирования портфеля проектов по развитию интеллектуального капитала с учетом рисков. В рамках таких моделей под полезностью проекта может пониматься вызванное его реализацией изменение интегрального показателя ИК университета. В свою очередь, для расчета нечеткого изменения интегрального показателя ИК может быть использован метод, предложенный в настоящей статье. При этом в качестве меры риска может выступать индекс нечеткости интегрального показателя ИК (либо другие показатели размытости нечетких переменных). Особое место среди многопериодных моделей могут занимать модели скользящего планирования, в рамках которых количественную оценку ИК необходимо будет осуществлять многократно (после каждого периода).

## Список литературы

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

2. Недолужко О. В., Солодухин К. С. Теоретико-методологические основы управления интеллектуальным капиталом с позиции категориально-системной методологии: монография. Владивосток: Изд-во ВВГУ, 2022. 128 с.
3. Sweiby K.-E. Methods for Measuring Intangible Assets [Электронный ресурс]. URL: <https://www.sveiby.com/files/pdf/intangiblemethods.pdf> (дата обращения: 26.11.2022).
4. Sweiby K.-E. Methods for Measuring Intangible Assets [Электронный ресурс]. URL: [https://www.sveiby.com/files/pdf/1537275071\\_methods-intangibleassets.pdf](https://www.sveiby.com/files/pdf/1537275071_methods-intangibleassets.pdf) (дата обращения: 26.11.2022).
5. Matos F., Vairinhos V., Godina R. Reporting of Intellectual Capital Management Using a Scoring Model // Sustainability. 2020. Vol. 12, nr 19. P. 8086. DOI: 10.3390/su12198086.
6. Rojas M. I., Espejo R. L. La Inversión en Investigación Científica como Medida del Capital Intelectual en las Instituciones de Educación Superior // Información Tecnológica. 2020. Vol. 31, nr 1. P. 79–90. DOI: 10.4067/S0718-07642020000100079.
7. Daraio C., Iazzolino G., Laise D., Coniglio I., Di Leo S. Meta-Choices in Ranking Knowledge-based Organizations // Management Decision. 2021. Vol. 60. Iss. 4. P. 955–1016. DOI: 10.1108/MD-01-2021-0069.
8. Каушкинбаев А. Б., Джаксыбекова Г. Н. Оценка интеллектуального капитала: измерительная модель и эмпирическое исследование структуры и взаимосвязи элементов капитала // Экономика: стратегия и практика. 2020. Т. 15, № 3. С. 207–221.
9. Hurtado S. M., Laserna E. Z., Pedroza D. L. Aproximación a la Medición del Capital Intelectual Organizacional Aplicando Sstemas de Lógica Difusa // Cuadernos de Administración. 2010. Vol. 23, nr 40. P. 35–68. DOI: 10.11144/Javeriana.cao23-40.amci.
10. Veltri S., Mastroleo G., Schaffhauser-Linzatti M. Measuring Intellectual Capital in the University Sector Using a Fuzzy Logic Expert System // Knowledge Management Research & Practice. 2012. Vol. 12. Iss. 2. P. 1–18. DOI: 0.1057/kmp.2012.53.
11. Kale S. Fuzzy Intellectual Capital Index for Construction Firms // Journal of Construction Engineering and Management. 2009. Vol. 135. Iss. 6. P. 508–517. DOI: 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000014.
12. Pokrovskaja N., Margulyan Y., Lvin Y., Bulatetskaia A. Neuro-Technologies and Fuzzy Logic for Intellectual Capital Evaluation in Education and Business // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, International Scientific Conference “Digital Transformation on Manufacturing, Infrastructure and Service”, St. Petersburg, 21–22th of November 2019. St. Petersburg: IOP Publishing, 2020. Vol. 940. P. 012090. DOI: 10.1088/1757-899X/940/1/012090.
13. Arvan M., Omidvar A., Ghodsi R. Intellectual Capital Evaluation Using Fuzzy Cognitive Maps: A Scenario-Based Development Planning // Expert Systems with Applications. 2016. Vol. 55. P. 21–36. DOI: 10.1016/j.eswa.2015.12.044.
14. Tkachenko E., Rogova E., Bodrunov S., Klimov V., Ganieva M. Tools for Assessment of Intellectual Assets of Enterprise Based on Fuzzy Information. Advances in Economics, Business and Management Research // International Conference on Trends of Technologies and Innovations in Economic and Social Studies, Tomsk, 28–30th of June 2017. Tomsk: Atlantis Press, 2017. Vol. 38. P. 671–677. DOI: 10.2991/ttiess-17.2017.110.
15. Ahmad F., Naseem Sh., Alyas T. et al. Forecasting of Intellectual Capital by Measuring Innovation Using Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System // International Review of Applied Sciences. 2015. Vol. 2, nr 1. P. 1–13.
16. Calabrese A., Costa R., Menichini T. Using Fuzzy AHP to Manage Intellectual Capital Assets: An Application to the ICT Service Industry // Expert Systems with Applications. 2013. Vol. 40. Iss. 9. P. 3747–3755. DOI: 10.1016/j.eswa.2012.12.081.
17. Lee Sh.-H. Using Fuzzy AHP to Develop Intellectual Capital Evaluation Model for Assessing their Performance Contribution in a University // Expert Systems with Applications. 2010. Vol. 37. Iss. 7. P. 4941–4947. DOI: 10.1016/j.eswa.2009.12.020.
18. Jannatifar H., Shahi M. K., Morad J. M. Assessing Intellectual Capital Management by Fuzzy TOPSIS // Management Science Letters. 2012. Vol. 2. Iss. 6. P. 1991–2000. DOI: 10.5267/j.msl.2012.06.022.
19. Мазелис Л. С. Лавренюк К. И. Формирование инвестиционной стратегии управления человеческим капиталом кафедры университета на основе нечеткой динамической модели // Университетское управление: практика и анализ. 2015. № 4 (98). С. 76–86.
20. Mazelis L. S., Krasko A. A., Zagudaeva O. N., Lavrenyuk K. I. A Conceptual Model of the Regional Human Capital Development // International Transaction Journal of Engineering, Management and Applied Sciences and Technologies. 2018. Vol. 9, nr 4. P. 477–494. DOI: 10.14456/ITJEMAST.2018.44.
21. Fandiño A. M., Machado M. A. S. Social Capital Scale and Logic Fuzzy: An Experiment to Verify the Pertinence of Logic Fuzzy in Producing Accurate Results from Data of a Complex Organizational Reality // International Journal of Management. 2014. Vol. 5. Iss. 10. P. 91–104.
22. Mastroleo G., Venturelli A., Veltri S. A Fuzzy Logic Expert System for the Measurement of Intellectual Capital in Strategic Alliances // Proceedings of IFKAD, Knowledge and Management Models for Sustainable Growth. Matera, Italy, 11–13 of June 2014. P. 1435–1456.
23. Иванов В. В. Оценка интеллектуального капитала высших учебных заведений // Проблемы современной экономики. 2010. № 4 (36). С. 334–337.
24. Кочеткова Н. В., Крамин Т. В. Интеллектуальный капитал в сфере образовательных услуг // Актуальные проблемы экономики и права. 2011. № 1 (17). С. 75–80. DOI: 10.21202/1993-047X.05.2011.1.75-80.
25. Слепов В. А., Герзелиева Ж. Г. Интеллектуальный капитал вуза и индикаторы его оценки // Креативная экономика. 2015. Т. 9, № 8. С. 995–1008. DOI: 10.18334/ce.9.8.579.
26. Сундукова Г. М. Инновационный подход к управлению интеллектуальным капиталом вуза // Управление. 2017. Т. 5, № 1. С. 80–87. DOI: 10.12737/24705.
27. Зунтова И. С. Методика оценки уровня интеллектуального капитала образовательных учреждений высшей школы // Вопросы региональной экономики. 2016. № 3 (28). С. 156–160.
28. Цуриков С. В. Интеллектуальный капитал вузов – один из факторов инновационного развития // Сибирская финансовая школа. 2008. № 1 (66). С. 112–116.

29. *Leitner K.-H.* Intellectual Capital Reporting for Universities: Conceptual Background and Application for Austrian Universities // *Research Evaluation*. 2004. Vol. 13. Iss. 2. P. 129–140. DOI: 10.3152/147154404781776464.
30. *Altenburger O. A., Schaffhauser-Linzatti M.* The Order on the Intellectual Capital Statements of Austrian Universities // *Proceedings of the IFSAM – International Federation of Scholarly Associations of Management 8th World Congress, Berlin, 28–30th of September 2006*. P. 28–30.
31. *Cañibano L., Sánchez M. P.* Intangibles in Universities: Current Challenges for Measuring and Reporting // *Journal of Human Resources Costing and Accounting*. 2009. Vol. 13. Iss. 2. P. 93–104. DOI: 10.1108/14013380910968610.
32. *Bratianu C.* Intellectual Capital of the European Universities // *Dima A. M. Trends in European Higher Education Convergence*. Hershey: IGI Global, 2014. P. 24–43.
33. *Ramirez Y., Tejada A., Gordillo S.* Recognition of Intellectual Capital Importance in the University Sector // *International Journal of Business and Social Research*. 2013. Vol. 3, nr 4. P. 27–41. DOI: 10.18533/ijbsr.v3i4.27.
34. *Новгородов П. А.* Понятие, структура и оценка интеллектуального капитала вуза // *Сибирская финансовая школа*. 2018. № 1 (126). С. 27–33.
35. *Завалин Г. С., Недолужко О. В., Солодухин К. С.* Формирование каузального поля показателей развития интеллектуального капитала организации: концепция и нечеткая экономико-математическая модель // *Бизнес-информатика*. 2023. Т. 17, № 3. С. 53–69. DOI 10.17323/2587–814X.2023.3.52.69.
36. *Завалин Г. С., Солодухин К. С.* Нечеткая модель выявления имплицитных факторов интеллектуального капитала организации // *Стратегическое планирование и развитие предприятий: Материалы XXIV Всероссийского симпозиума, Москва, 11–12 апреля 2023 г. М.: ЦЭМИ РАН, 2023. С. 375–378. DOI: 10.34706/978-5-8211-0814-2-s2-23.*
37. *Назаров Д. М.* Методология нечетко-множественной оценки имплицитных факторов в деятельности организации. Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. экон. ун-та, 2016. 193 с.
38. *Луговой П. А.* Инновационный подход к процессу стратегического управления вузом на основе системы сбалансированных показателей: дис. ... канд. экон. наук. Владивосток, 2006. 159 с.
39. *Аньшин В. М., Демкин И. В., Царьков И. Н., Никонов И. М.* Применение теории нечетких множеств к задаче формирования портфеля проектов // *Проблемы анализа рисков*. 2008. Т. 5, № 3. С. 8–21.
40. *Vahidi J., Rezvani S.* Arithmetic Operations on Trapezoidal Fuzzy Numbers // *Journal of Nonlinear Analysis and Application*. 2013. Vol. 2013. P. 1–8. DOI: 10.5899/2013/jnaa-00111.
41. *Raskin L., Sira O.* Performing Arithmetic Operations over the (L–R)-type Fuzzy Numbers // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2020. Vol. 3, nr 4 (105). P. 6–11. DOI: 10.15587/1729–4061.2020.203590.
42. *Feizollahzade O.* An Overview of Fuzzy Inference Algorithms // *International Journal of Smart Electrical Engineering*. 2020. Vol. 9, nr 4. P. 165–167.
43. *Chaudhari T. U., Patel V. B., Thakkar R. G., Singh Ch.* Comparative Analysis of Mamdani, Larsen and Tsukamoto Methods of Fuzzy Inference System for Students' Academic Performance Evaluation // *International Journal of Science and Research Archive*. 2023. Vol. 9. Iss. 1. P. 517–523. DOI: 10.30574/ijrsra.2023.9.1.0443.
44. *Mamdani E. H.* Application of Fuzzy Algorithm for Control of Simple Dynamic Plant // *Proceedings of the Institution of Electrical Engineers*. 1974. Vol. 121, nr 12. P. 1585–1588.
45. *Минаев Ю. Н., Филимонова О. Ю., Минаева Ю. И.* Индекс нечеткости нечетких множеств в контексте концепции data mining // *Проблемы информатизации и управления*. 2012. Т. 3, № 39. С. 95–101.
46. *De Luca A., Termini S.* A Definition of a Nonprobabilistic Entropy in the Setting of Fuzzy Sets Theory // *Information and Control*. 1972. Vol. 20, nr 4. P. 301–312. DOI: 10.1016/S0019–9958(72)90199-4.
47. *Yager R. R.* On the Measure of Fuzziness and Negation Part I: Membership in the Unit Interval // *International Journal of General Systems*. 1979. Vol. 5, nr 4. P. 221–229. DOI: 10.1080/03081077908547452.
48. *Назаров Д. М.* Модель оценки имплицитных факторов на основе нечетко-множественных описаний // *Известия ДВФУ. Экономика и управление*. 2016. № 4 (80). С. 3–17. DOI: 10.5281/zenodo.220793.
49. *Мазелис Л. С., Солодухин К. С.* Нечеткая модель анализа рисков развития социально-экономической системы на основе стейкхолдерского подхода // *Вестник Тюменского государственного университета. Социально-экономические и правовые исследования*. 2017. Т. 3, № 3. С. 242–260. DOI: 10.21684/2411-7897-2017-3-3-242-260.
50. *Морозов В. О., Солодухин К. С., Чен А. Я.* Нечетко-множественные методы стратегического анализа стейкхолдер-компаний // *Фундаментальные исследования*. 2016. № 2–1. С. 179–183.

## References

- Novgorodov P. A. Otsenka stoimosti intellektual'nogo kapitala vuza: metodicheskii aspekt [Valuation of Higher Education Institution's Intellectual Capital: The Issue of Methodology]. *Izvestiya Ural'skogo gosudarstvennogo ekonomicheskogo universiteta*, 2019, vol. 20, nr 1, pp. 78–94. doi 10.29141/2073-1019-201920-1-6. (In Russ.).
- Nedoluzhko O. V., Soloduhin K. S. Teoretiko-metodologicheskie osnovy upravlenija intellektual'nyim kapitalom s pozicii kategorial'no-sistemnoj metodologii [Theoretical and Methodological Foundations of Intellectual Capital Management from the Perspective of Categorical-System Methodology]. Vladivostok, VVSU Publishing, 2022, 128 p. (In Russ.).
- Sweiby K.-E. Methods for Measuring Intangible Assets, available at: <https://www.sveiby.com/files/pdf/intangiblemethods.pdf> (accessed 26.11.2022). (In Eng.).
- Sweiby K.-E. Methods for Measuring Intangible Assets, available at: [https://www.sveiby.com/files/pdf/1537275071\\_methods-intangibleassets.pdf](https://www.sveiby.com/files/pdf/1537275071_methods-intangibleassets.pdf) (accessed 26.11.2022). (In Eng.).
- Matos F., Vairinhos V., Godina R. Reporting of Intellectual Capital Management Using a Scoring Model. *Sustainability*, 2020, vol. 12, nr 19, pp. 80–86. doi 10.3390/su12198086. (In Eng.).

6. Rojas M. I., Espejo R. L. La inversión en investigación científica como medida del capital intelectual en las instituciones de educación superior. *Información Tecnológica*, 2020, vol. 31, nr 1, pp. 79–90. doi 10.4067/S0718-07642020000100079. (In Span.).
7. Daraio C., Iazzolino G., Laise D., Coniglio I., Di Leo S. Meta-Choices in Ranking Knowledge-based Organizations. *Management Decision*, 2021, vol. 60, iss. 4, pp. 955-1016. doi 10.1108/MD-01-2021-0069. (In Eng.).
8. Kashkinbayev A. B., Jaxybekova G. N. Ocenka intellektual'nogo kapitala: izmeritel'naja model' i jem-piricheskoe issledovanie struktury i vzaimosvjazi jelementov kapitala [The Assessment of the Intellectual Capital: Measurement Model and Empirical Study of the Structure and Relationship of Capital Elements]. *Ekonomika: strategiya i praktika*, 2020, vol. 15, no 3, pp. 207–221. (In Russ.).
9. Hurtado S. M., Laserna E. Z., Pedroza D. L. Aproximación a la medición del capital intelectual organizacional aplicando sistemas de lógica difusa. *Cuadernos de Administración*, 2010, vol. 23, nr 40, pp. 35–68. doi 10.11144/Javeriana.cao23-40.amci. (In Span.).
10. Veltri S., Mastroleo G., Schaffhauser-Linzatti M. Measuring intellectual capital in the university sector using a fuzzy logic expert system. *Knowledge Management Research & Practice*, 2012, vol. 12, iss. 2, pp. 1–18. doi 10.1057/kmrp.2012.53. (In Eng.).
11. Kale S. Fuzzy Intellectual Capital Index for Construction Firms. *Journal of Construction Engineering and Management*, 2009, vol. 135, iss. 6, pp. 508–517. doi 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000014. (In Eng.).
12. Pokrovskaja N., Margulyan Ya., Lvin Yu., Bulatetskaia A. Neuro-technologies and Fuzzy Logic for Intellectual Capital Evaluation in Education and Business, *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, International Scientific Conference "Digital Transformation on Manufacturing, Infrastructure and Service"*, St. Petersburg, 21–22th of November 2019, St. Petersburg, IOP Publishing, 2020, vol. 940, pp. 012090. doi 10.1088/1757-899X/940/1/012090. (In Eng.).
13. Arvan M., Omidvar A., Ghodsi R. Intellectual Capital Evaluation Using Fuzzy Cognitive Maps: A Scenario-based Development Planning. *Expert Systems with Application*, 2016, vol. 55, pp. 21–36. doi 10.1016/j.eswa.2015.12.044. (In Eng.).
14. Tkachenko E., Rogova E., Bodrunov S., Klimov V., Ganieva M. Tools for Assessment of Intellectual Assets of Enterprise Based on Fuzzy Information. *Advances in Economics, Business and Management Research, International Conference on Trends of Technologies and Innovations in Economic and Social Studies*, Tomsk, 28–30th of June 2017, Tomsk, Atlantis Press, 2017, vol. 38, pp. 671–677. doi 10.2991/ttiess-17.2017.110. (In Eng.).
15. Ahmad F., Naseem Sh., Alyas T. et al. Forecasting of Intellectual Capital by Measuring Innovation Using Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System. *International Review of Applied Sciences*, 2015, vol. 2, no. 1, pp. 1–13. (In Eng.).
16. Calabrese A., Costa R., Menichini T. Using Fuzzy AHP to Manage Intellectual Capital Assets: An Application to the ICT Service Industry. *Expert Systems with Applications*, 2013, vol. 40, iss. 9, pp. 3747–3755. doi 10.1016/j.eswa.2012.12.081. (In Eng.).
17. Lee Sh.-H. Using Fuzzy AHP to Develop Intellectual Capital Evaluation Model for Assessing their Performance Contribution in a University. *Expert Systems with Applications*, 2010, vol. 37, iss. 7, pp. 4941–4947. doi 10.1016/j.eswa.2009.12.020. (In Eng.).
18. Jannatifar H., Shahi M. K., Morad J. M. Assessing Intellectual Capital Management by Fuzzy TOPSIS. *Management Science Letters*, 2012, vol. 2, iss. 6, pp. 1991–2000. doi 10.5267/j.msl.2012.06.022. (In Eng.).
19. Mazelis L. S., Lavrenyuk K. I. Formirovanie investicionnoj strategii upravlenija chelovecheskim kapitalom kafedry universiteta na osnove nechetkoj dinamicheskoj modeli [Formation of an Investment Strategy of Human Capital Management Departments of the University on Basis of Fuzzy Dynamic Model]. *Universitetskoe upravlenie: praktika i analiz*, 2015, nr 4 (98), pp. 76–86. (In Russ.).
20. Mazelis L. S., Krasko A. A., Zagudaeva O. N., Lavrenyuk K. I. A Conceptual Model of the Regional Human Capital Development. *International Transaction Journal of Engineering, Management and Applied Sciences and Technologies*, 2018, vol. 9, nr 4, pp. 477–494. doi 10.14456/ITJEMAST.2018.44. (In Eng.).
21. Fandiño A. M., M. A. S. Machado. Social Capital Scale and Logic Fuzzy: An Experiment to Verify the Pertinence of Logic Fuzzy in Producing Accurate Results from Data of a Complex Organizational Reality. *International Journal of Management*, 2014, vol. 5, iss. 10, pp. 91–104. (In Eng.).
22. Mastroleo G., Venturelli A, Veltri S. A Fuzzy Logic Expert System for the Measurement of Intellectual Capital in Strategic Alliances. *Proceedings of IFKAD, Knowledge and Management Models for Sustainable Growth*, Matera, Italy, 11–13 June 2014, pp. 1435–1456. (In Eng.).
23. Ivanov V. V. Ocenka intellektual'nogo kapitala vysshih uchebnyh zavedenij [Evaluation of the Intellectual Capital of Higher Educational Institutions]. *Problemy sovremennoi ekonomiki*, 2010, nr 4 (36), pp. 334–337. (In Russ.).
24. Kochetkova N. V., Kramin T. V. Intellektual'nyj kapital v sfere obrazovatel'nyh uslug [Intellectual Capital in Educational Services Sphere]. *Aktual'nye problemy ekonomiki i prava*, 2011, vol. 1 (17), pp. 75–80. doi 10.21202/1993-047X.05.2011.1.75-80. (In Russ.).
25. Slepov V. A., Gerzelieva Zh. G. Intellektual'nyj kapital vuza i indikatory ego ocenki [The Intellectual Capital of a Higher Education Institutions and the Indicators for its Assessment]. *Kreativnaya ekonomika*, 2015, vol. 9, nr 8, pp. 995-1008. doi 10.18334/ce.9.8.579. (In Russ.).
26. Sundukova G. M. Innovacionnyj podhod k upravleniju intellektual'nym kapitalom vuza [Innovative Approach to the University Intellectual Capital Management]. *Upravlenie*, 2017, vol. 5, nr 1, pp. 80–87. doi 10.12737/24705. (In Russ.).
27. Zuntova I. S. Metodika ocenki urovnja intellektual'nogo kapitala obrazovatel'nyh uchrezhdenij vysshej shkoly [Methods of Assessing the Level of Intellectual Capital Educational Institutions of Higher Education Institutions]. *Voprosy regional'noi ekonomiki*, 2016, nr 3 (28), pp. 156–160. (In Russ.).

28. Tsurikov S. V. Intellektual'nyj kapital vuzov – odin iz faktorov innovacionnogo razvitija [Intellectual Capital of Universities as one of the Factors of Innovative Development]. *Sibirskaya finansovaya shkola*, 2008, nr 1 (66), pp. 112–116. (In Russ.).
29. Leitner K.-H. Intellectual Capital Reporting for Universities: Conceptual Background and Application for Austrian Universities. *Research Evaluation*, 2004, vol. 13, iss. 2, pp. 129–140. doi 10.3152/147154404781776464. (In Eng.).
30. Altenburger O. A., Schaffhauser-Linzatti M. The order on the intellectual capital statements of Austrian universities. Proceedings of the IFSAM – *International Federation of Scholarly Associations of Management 8th World Congress*, 28–30 September 2006, Berlin, pp. 28–30. (In Eng.).
31. Cañibano L., Sánchez M. P. Intangibles in Universities: Current Challenges for Measuring and Reporting. *Journal of Human Resources Costing and Accounting*, 2009, vol. 13, iss. 2, pp. 93–104. doi 10.1108/14013380910968610. (In Eng.).
32. Bratianu C. Intellectual Capital of the European Universities. In: Dima A. M. (ed.) *Trends in European Higher Education Convergence*. Hershey, IGI Global, 2014, pp. 24–43. (In Eng.).
33. Ramirez Y., Tejada A., Gordillo S. Recognition of Intellectual Capital Importance in the University Sector. *International Journal of Business and Social Research*, 2013, vol. 3, nr 4, pp. 27–41. doi 10.18533/ijbr.v3i4.27. (In Eng.).
34. Novgorodov P. A. Ponjatje, struktura i ocenka intellektual'nogo kapitala vuzov [Concept, Structure and Assessment of the Intellectual Capital of Higher Education Institutions]. *Sibirskaya finansovaya shkola*, 2018, nr 1 (126), pp. 27–33. (In Russ.).
35. Zavalin G. S., Nedoluzhko O. V., Solodukhin K. S. Formation of the Causal Field of Indicators for an Organization's Intellectual Capital Development: A Concept and a Fuzzy Economic and Mathematical Model. *Business Informatics*, 2023, vol. 17, nr 3, pp. 53–69. doi 10.17323/2587–814X.2023.3.53.69. (In Eng.).
36. Zavalin G. S., Solodukhin K. S. Nechetkaja model' vyjavlenija implicitnyh faktorov intellektual'nogo kapitala organizacii [A Fuzzy Model for Identifying Implicit Factors of an Organization's Intellectual Capital]. *Strategic Planning and Development of Enterprises: Proceedings of the XXIV All-Russian Symposium*, Moscow, 11–12th of April 2023. Moscow, CEMI RAS, 2023, pp. 375–378. doi 10.34706/978-5-8211-0814-2-s2–23. (In Russ.).
37. Nazarov D. M. Metodologija nechetko-mnozhestvennoj ocenki implicitnyh faktorov v dejatel'nosti organizacii [Methodology of Fuzzy Set Evaluation of Implicit Factors in Organizational Activities]. Ekaterinburg, Ural State Economic University Press, 2016, 193 p. (In Russ.).
38. Lugovoi R. A. Innovacionnyj podhod k processu strategicheskogo upravlenija vuzom na osnove sistemy sbalansirovannyh pokazatelej [An Innovative Approach to the Process of Strategic Management of a University Based on a Balanced Scorecard]. Doctor's thesis, Vladivostok, 2006, 159 p. (In Russ.).
39. An'shin V. M., Demkin I. V., Tsar'kov I. N., Nikonov I. M. Primenenie teorii nechetkikh mnozhestv k zadache formirovaniya portfelya proektov [On Application of Fuzzy Set Theory to the Problem of Project Portfolio Selection]. *Problemy analiza riskov*, 2008, vol. 5, nr 3, pp. 8–21. (In Russ.).
40. Vahidi J., Rezvani S. Arithmetic Operations on Trapezoidal Fuzzy Numbers. *Journal of Nonlinear Analysis and Application*, 2013, vol. 2013, pp. 1–8. doi 10.5899/2013/jnaa-00111. (In Eng.).
41. Raskin L., Sira O. Performing Arithmetic Operations over the (L–R)-type Fuzzy Numbers. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2020, vol. 3, nr 4 (105), pp. 6–11. doi 10.15587/1729–4061.2020.203590. (In Eng.).
42. Feizollahzade O. An Overview of Fuzzy Inference Algorithms. *International Journal of Smart Electrical Engineering*, 2020, vol. 9, nr 4, pp. 165–167. (In Eng.).
43. Chaudhari T. U., Patel V. B., Thakkar R. G., Singh Ch. Comparative Analysis of Mamdani, Larsen and Tsukamoto Methods of Fuzzy Inference System for Students' Academic Performance Evaluation. *International Journal of Science and Research Archive*, 2023, vol. 9, iss. 01, pp. 517–523. doi 10.30574/ijrsra.2023.9.1.0443. (In Eng.).
44. Mamdani E. H. Application of Fuzzy Algorithm for Control of Simple Dynamic Plant. *Proceedings of the Institution of Electrical Engineers*, 1974, vol. 121, nr 12, pp. 1585–1588. (In Eng.).
45. Minaev Yu. N., Filimonova O. Yu., Minaeva J. I. Indeks nechetkosti nechetkih mnozhestv v kontekste koncepcii data mining [Index of Fuzziness of Fuzzy Sets in Context of Concepts “Data Mining”]. *Problemy informatizatsii i upravleniya*, 2012, vol. 3, nr 39, pp. 95–101. (In Russ.).
46. De Luca A., Termini S. A Definition of a Nonprobabilistic Entropy in the Setting of Fuzzy Sets Theory. *Information and Control*, 1972, vol. 20, nr 4, pp. 301–312. doi 10.1016/S0019–9958(72)90199-4. (In Eng.).
47. Yager R. R. On the Measure of Fuzziness and Negation Part I: Membership in the Unit Interval. *International Journal of General Systems*, 1979, vol. 5, nr 4, pp. 221–229. doi 10.1080/03081077908547452. (In Eng.).
48. Nazarov D. M. Model' ocenki implicitnyh faktorov na osnove nechetko-mnozhestvennyh opisaniy [The Evaluation Model of Implicit Factors on the Basis of Fuzzy-set Descriptions]. *Izvestiya DVFU. Ekonomika i upravlenie*, 2016, nr 4 (80), pp. 3–17. doi 10.5281/zenodo.220793. (In Russ.).
49. Mazelis L. S., Solodukhin K. S. Nechetkaja model' analiza riskov razvitija social'no-jekonomicheskoy sistemy na osnove stekholderskogo podhoda [Fuzzy Model of Socio-Economic System Development Risks Analysis on the Stakeholder Approach Basis]. *Vestnik Tyumenskogo gosudarstvennogo universiteta. Sotsial'no-ekonomicheskie i pravovye issledovaniya*, 2017, vol. 3, nr 3, pp. 242–260. doi 10.21684/2411-7897-2017-3-3-242-260. (In Russ.).
50. Morozov V. O., Solodukhin K. S., Chen A. Y. Nechetko-mnozhestvennye metody strategicheskogo analiza stekholder-kompanii [Fuzzy Set Methods for Strategic Stakeholder Analysis of Company]. *Fundamental'nye issledovaniya*, 2016, nr 2–1, pp. 179–183. (In Russ.).

**Информация об авторах / Information about the authors:**

**Недолужко Ольга Вячеславовна** – кандидат экономических наук, доцент, научный сотрудник лаборатории стратегического планирования, доцент кафедры экономики и управления Владивостокского государственного университета, доцент кафедры математики и моделирования Владивостокского государственного университета; 8-914-343-35-27; olga.nedoluzhko25@gmail.com.

**Солодухин Константин Сергеевич** – доктор экономических наук, профессор, заведующий лабораторией стратегического планирования, профессор кафедры математики и моделирования Владивостокского государственного университета; 8-914-791-04-05; k.solodukhin@mail.ru.

**Olga V. Nedoluzhko** – PhD (Economics), Associate Professor, Researcher at the Strategic Planning Laboratory, Associate Professor of Economics and Management Department, Associate Professor of Mathematics and Modeling Department, Vladivostok State University; 8-914-343-35-27; olga.nedoluzhko25@gmail.com.

**Konstantin S. Solodukhin** – Dr. hab. (Economics), Professor, Head of the Strategic Planning Laboratory, Professor of Mathematics and Modeling Department, Vladivostok State University; 8-914-791-04-05; k.solodukhin@mail.ru.

