

DOI: 10.17323/2587-814X.2023.3.53.69

# Формирование каузального поля показателей развития интеллектуального капитала организации: концепция и нечеткая экономико-математическая модель

**Г.С. Завалин** 

E-mail: georgiy.zavalin08@vvsu.ru

**О.В. Недолужко** 

E-mail: olga.nedoluzhko25@gmail.com

**К.С. Солодухин** 

E-mail: k.solodukhin@mail.ru

Владивостокский государственный университет

Адрес: Россия, 690014, г. Владивосток, ул. Гоголя, д. 41

## Аннотация

Развитие теории интеллектуального капитала за счет введения в нее концепции имплицитности предполагает рассмотрение интеллектуального капитала как имплицитного фактора, процесс формирования которого в значительной степени определяется влиянием специфических скрытых факторов, чье воздействие выражено неявно и трудно формализуется. В настоящее время процесс отбора эксплицитных и имплицитных факторов, воздействующих на интеллектуальный капитал, в отечественных и зарубежных исследованиях не формализован, что обуславливает актуальность настоящей работы. Цель данного исследования состояла в разработке схемы отбора эксплицитных и имплицитных факторов развития интеллектуального капитала организации в увязке с ее стратегией на основе модифицированной сбалансированной системы показателей с учетом распределения показателей по типам когнитивной активности. Операционализация данной схемы осуществлена путем разработки нечеткой экономико-математической модели, пригодной к практическому применению. Основной особенностью модели является возможность нечеткого задания «границ отсечения» эксплицитных и имплицитных факторов. Представлены результаты апробации модели на примере крупного регионального университета. Приведены наборы эксплицитных и имплицитных факторов интеллектуального капитала университета для различных «границ отсечения» с использованием различных методов дефаззификации.

**Ключевые слова:** когнитивная активность, нечеткая модель, имплицитный фактор, эксплицитный фактор, интеллектуальный капитал, стратегический менеджмент

**Цитирование:** 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.2023.3.53.69

## Введение

В условиях формирования экономики знаний основными источниками конкурентных преимуществ организации являются невоспроизводимые факторы производства, в том числе, интеллектуальный капитал (далее – ИК) организации. ИК является инструментальным стержнем экономики знаний. Характер развития ИК в значительной степени определяется влиянием специфических скрытых факторов, чье воздействие на процесс развития выражено неявно и трудно формализуется. Данное обстоятельство обуславливает необходимость выявления таких факторов [1–3].

Развитие теории интеллектуального капитала за счет введения в нее концепции имплицитности позволило обеспечить объяснение и интерпретацию бизнес-процессов экономических систем на принципиально новом уровне обобщения. В рамках теории интеллектуальный капитал сам является имплицитным фактором, процесс формирования которого в значительной степени определяется воздействием ряда имплицитных факторов, влияющих на него [4]. Концепция имплицитности изначально была сформулирована в когнитивной психологии [5], получила свое развитие в лингвистике [6, 7], а на современном этапе нашла практическое применение в экономических науках [8, 9].

Под имплицитными факторами в рамках концепции понимаются неявные факторы, оказывающие существенное влияние на бизнес-процессы хозяйствующего субъекта, в основе которых лежит скрытая информация [10]. В условиях экономики знаний, когда наиболее значительным становится влияние информации как наиболее важного ресурса, влияние имплицитных факторов в системе управления деятельностью организации усиливается [11, 12]. Соответственно, представляется целесообразным выделить, кроме явно воздействующих на развитие ИК факторов (эксплицитных), факторы скрытого, опосредованного влияния (имплицитные). В совокупности, выделенные группы

ключевых показателей развития ИК, эксплицитных, или очевидных факторов, оказывающих непосредственное воздействие на развитие ИК, а также имплицитных факторов составляют каузальное поле показателей развития ИК организации [13].

Развитие ИК как источника конкурентных преимуществ организации осуществляется в рамках стратегического управления организацией. Важнейшим инструментом структуризации и операционализации стратегии является сбалансированная система показателей (ССП – Balanced ScoreCard, BSC). Данный системный метод управления, предложенный Р. Капланом и Д. Нортеном, позволяет перевести сформулированные стратегические цели и задачи организации, учитывающие все аспекты ее дальнейшего развития, в конкретные действия [14–16]. За свою тридцатилетнюю историю концепция СПП претерпела значительную эволюцию, не только не растеряв, но упрочив свою популярность. Ее используют практически все известные консалтинговые компании, а все крупные разработчики корпоративных информационных систем предлагают инструментальную поддержку СПП [17–19].

Возможность использования СПП в отношении оценки ИК организаций обусловлена, во-первых, акцентом на нематериальные показатели, во-вторых, прослеживающейся взаимосвязью между традиционно выделяемыми основными структурными компонентами ИК (человеческий капитал, организационный капитал, отношенческий капитал) и перспективами СПП [15, 20–23].

Не смотря на признанные достоинства, СПП не свободен от недостатков, подвергаясь критике на протяжении своей эволюции [13, 24–27]. Выделим два из них, критичные с точки зрения целей настоящей работы.

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

Во-вторых, в классической версии ССП изначально заложено неравноправие стейкхолдеров организации с точки зрения учета их интересов. Между тем, важнейшим структурным компонентом ИК является отношенческий капитал, определяемый характером взаимосвязей организации с субъектами внешней среды [28–32].

Решение первой проблемы предлагает Д.М. Назаров в работе [13], разработав модель рефлексивного отбора имплицитных показателей управленческой деятельности организации и применив ее к разработке модифицированной ССП. В свою очередь, в работах [33, 34] предлагается модификация ССП для так называемой стейкхолдер-компании. В ее рамках предлагается, в том числе, метод построения карты стратегических целей, в котором устранено изначальное неравноправие интересов стейкхолдеров, заложенное в классической ССП. С точки зрения целей настоящей работы представляется перспективным совместить описанные модификации ССП. А именно применить модель рефлексивного отбора имплицитных показателей в рамках «стейкхолдерской» модификации ССП.

Важно отметить, что процесс создания различных видов ИК организации реализуется за счет его фундаментальной характеристики – когнитивной активности. Когнитивная активность обеспечивает необходимое разнообразие способов восприятия и переработки информации и их проявление через совокупность специфических психических процессов и состояний (познавательную деятельность) [35–37]. Определение возможных типов когнитивной активности (обучение, вовлечение, производственная рационализация, самосовершенствование, клиентоориентированная рационализация, инновационная деятельность) дает возможность осуществлять конкретные управленческие воздействия на них на различных уровнях. Типы когнитивной активности могут быть соотнесены со 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.

Неявность имплицитных факторов, скрытость и опосредованность их влияния на развитие ИК (в свою очередь, являющегося имплицитным фак-

тором) приводит к необходимости использования нечетких инструментов при их выявлении. Значительным преимуществом использования нечетких моделей и методов является возможность формализации различного рода неопределенностей (прежде всего, лингвистической неопределенности). В научной литературе нам не удалось найти нечеткие модели выявления имплицитных факторов ИК. В то же время, существуют работы, в которых предлагаются нечеткие инструменты применительно к самым различным имплицитным факторам социально-экономических систем [38–41].

В работе [4] предложена нечеткая модель выявления имплицитных факторов в ССП организации. Выявление опосредованных влияний в рамках модели основано на технологии оценки нечетких бинарных отношений на некотором множестве. При этом элементами матриц нечетких бинарных отношений являются одноточечные нечеткие множества, что в определенной степени сужает возможности использования модели. Представляется перспективным развитие данной модели применительно к ИК в рамках новой модификации ССП в привязке к основным структурным компонентам ИК с учетом распределения показателей по типам когнитивной активности с изменением технологии оценки нечетких бинарных отношений.

Таким образом, целью настоящего исследования является разработка метода отбора эксплицитных и имплицитных факторов развития интеллектуального капитала организации в увязке с ее стратегией на основе модифицированной сбалансированной системы показателей с учетом распределения показателей по типам когнитивной активности в нечеткой постановке.

### **1. Метод формирования каузального поля показателей развития ИК**

Формирование каузального поля показателей развития ИК организации предполагает выделение трех групп показателей:

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

Формирование каузального поля предлагается осуществлять в рамках модифицированной ССП. При этом предлагается сгруппировать стратегические цели организации, имеющие существенное отношение к развитию ее ИК, по трем группам, соответствующим основным структурным компонентам ИК. Заметим, что одна и та же цель может попасть в несколько групп. При этом интегральные показатели, соответствующие основным структурным компонентам ИК, могут быть рассмотрены как ключевые показатели ИК.

Поскольку, как было отмечено выше, с каждым структурным компонентом ИК могут быть соотнесены два типа когнитивной активности, то фактически происходит группировка стратегических целей по шести группам.

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

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

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

На втором этапе необходимо оценить влияние всех оставшихся показателей на уже отобранные эксплицитные факторы ИК. Здесь мы, вслед за Д.М. Назаровым [2], принимаем гипотезу о том, что имплицитные факторы влияют на основные показатели деятельности организации опосредованно. Причем, в роли опосредованных показателей выступают эксплицитные факторы. Соответствен-

но, влияние оставшихся показателей на развитие ИК может быть оценено как суперпозиция влияний этих показателей на эксплицитные факторы ИК и эксплицитных факторов ИК на ключевые показатели ИК. Все показатели, степень итогового (опосредованного) влияния которых на ИК превосходит определенную границу, будем относить к имплицитным факторам ИК. Заметим, что в общем случае «границы отсечения» при отборе эксплицитных и имплицитных факторов могут не совпадать. Будем считать, что влиянием на ИК показателей, оставшихся после отбора эксплицитных и имплицитных факторов, можно пренебречь.

В целом, базовая схема формирования каузального поля показателей развития ИК приведена на рисунке 1.

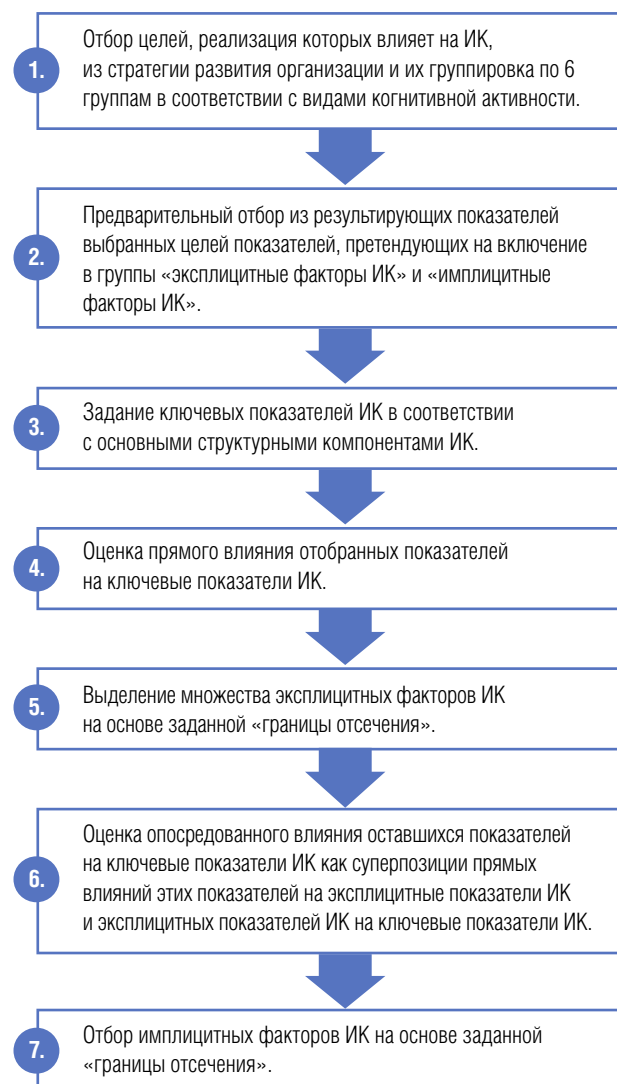


Рис. 1. Базовая схема формирования каузального поля показателей развития ИК организации.

## 2. Нечеткая модель

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

$E = \{e_1, e_2, \dots, e_j\}$  – множество показателей стратегических целей, влияющих на развитие ИК,

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

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

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

Таким образом,  $E = B \cup A \cup D$ , причем  $B \cap A \cap D = \emptyset$ , то есть  $t = m + n + s$ . Степени влияния показателей множества  $E$  на показатели множества  $C$  определяются экспертно в заданной лингвистической шкале. В таблице 1 приведена возможная лингвистическая шкала и соответствующие лингвистическим переменным функции принадлежности нечетких множеств.

Таблица 1.

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

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

Ответы экспертов следует проверить на согласованность и усреднить. При этом каждому эксперту может быть присвоен четкий или нечеткий весовой коэффициент, отражающий его уровень компетенции.

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

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

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

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

Тогда эксплицитными факторами ИК будем считать показатели  $e_i$ , для которых  $(M_{EC}^*)_i$  превосходят экзогенно заданную «границу отсечения». «Граница отсечения» эксплицитных факторов в общем случае может быть задана нечетко. В этом случае необходимо воспользоваться одним из существующих методов сравнения нечетких множеств [42]. Если «граница отсечения» задана четко, то нечеткие элементы вектор-столбца  $M_{EC}^*$  могут быть дефазифицированы, после чего полученные четкие числа можно будет сравнивать с четкой «границей отсечения».

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

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

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

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

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

$$(M'_{FC})_{ij} = \sum_k (M_{FB})_{ik} \cdot (M_{BC})_{kj}. \quad (2)$$

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

Существуют два основных подхода к реализации нечетких арифметических операций: подход на основе  $\alpha$ -уровней с использованием интервальной арифметики, подход по принципу расширения с использованием различных  $t$ -норм. Для трапециевидных нечетких чисел в рамках первого подхода можно воспользоваться известными формулами сложения и произведения [43].

Существуют более сложные способы реализации нечеткой арифметики с использованием вычислительных методов, устраняющие недостатки двух основных подходов (завышение неопределенности в результирующих нечетких числах в рамках первого подхода и высокая чувствительность к изменениям входных нечетких чисел в рамках второго подхода). Однако в некоторых случаях сложность выполнения вычислительных операций в рамках данных методов может быть недопустимо высокой. В этой связи существуют упрощения процедуры арифметических операций над нечеткими числами определенных типов, в том числе, трапециевидными [44]. В работе [45] предложена унифицированная система правил выполнения арифметических операций над нечеткими числами ( $L$ - $R$ )-типа.

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

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

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

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

$$(M_{FC}^*)_i = \sum_{j=1}^k w_j (M_{FC})_{ij}. \quad (3)$$

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

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

### 3. Апробация модели

Предложенная модель была апробирована на примере крупного регионального университета (Владивостокского государственного университета, ВВГУ). В ВВГУ разработана стратегия развития университета, формализованная в виде стратегических карт в соответствии со «стейкхолдерской» модификацией ССП. Стратегические цели, имеющие существенное отношение к развитию ИК университета, были сгруппированы по шести группам в соответствии с типами когнитивной активности (табл. 2).

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

1. Использование электронного обучения ( $E_1$ ).
2. Эффективность использования дистанционных образовательных технологий ( $E_2$ ).
3. Стажировочная активность ( $E_3$ ).
4. Эффективность стажировочной активности ( $E_4$ ).
5. Степень соответствия квалификации персонала решаемым задачам ( $E_5$ ).
6. Закрепление кадров ( $E_6$ ).
7. Инфраструктурная обеспеченность ( $E_7$ ).
8. Социально-психологическая удовлетворенность ( $E_8$ ).
9. Уровень научной и научно-производственной кооперации с партнерами ( $E_9$ ).
10. Степень соответствия системы мотивирования персонала решаемым задачам ( $E_{10}$ ).
11. Цифровизация образовательного процесса ( $E_{11}$ ).
12. Эффективность использования инфраструктуры ( $E_{12}$ ).
13. Степень индивидуализации образовательных траекторий ( $E_{13}$ ).
14. Эффективность сетевого взаимодействия с партнерами ( $E_{14}$ ).

Таблица 2.

## Стратегические цели университета в сфере развития ИК (фрагмент)

Группа стейкхолдеров	Перспектива ССП	Цель	Показатель	Когнитивная активность	Структурный компонент ИК
Сотрудники	Ресурсная	Внедрение процедур и критериев оценки качества и эффективности используемых электронных учебных курсов	Использование электронного обучения ( $E_1$ )	Обучение	Человеческий капитал
Сотрудники	Ресурсная	Внедрение процедур и критериев оценки качества и эффективности используемых электронных учебных курсов	Эффективность использования дистанционных образовательных технологий ( $E_2$ )	Обучение	Человеческий капитал
Сотрудники	Ресурсная	Создание центра взаимодействия университета с бизнесом	Стажировочная активность ( $E_3$ )	Обучение	Человеческий капитал
...					
Сотрудники	Ресурсная	Модернизация материально-технической базы университета	Инфраструктурная обеспеченность ( $E_7$ )	Вовлечение	Организационный капитал
Сотрудники	Стейк-холдерская	Формирование уникальной корпоративной среды, способствующей развитию и поддержанию корпоративной культуры	Социально-психологическая удовлетворенность ( $E_8$ )	Вовлечение	Организационный капитал
Бизнес-сообщество	Процессная	Формирование востребованного бизнесом «портфеля» проектов и научно-исследовательских тематик	Уровень научной и научно-производственной кооперации с партнерами ( $E_9$ )	Производственная рационализация	Организационный капитал
...					
Клиенты	Процессная	Создание системы оценки эффективности применения электронных учебных курсов в учебном процессе	Цифровизация образовательного процесса ( $E_{11}$ )	Производственная рационализация	Организационный капитал
...					
Клиенты	Процессная	Включение российских и зарубежных стажировок в образовательные программы ВО и СПО	Эффективность сетевого взаимодействия с партнерами ( $E_{14}$ )	Производственная рационализация	Организационный капитал
...					
Государство; Общество	Стейк-холдерская	Формирование научных школ	Публикационная активность ( $E_{21}$ )	Самосовершенствование	Человеческий капитал
...					
Сотрудники	Стейк-холдерская	Создание системы мотивации персонала к достижению высоких показателей и карьерному росту	Личностный рост ППС ( $E_{27}$ )	Самосовершенствование	Человеческий капитал
...					
Клиенты	Стейк-холдерская	Развитие бренда университета	Удовлетворенность студентов качеством обучения ( $E_{30}$ )	Клиенто-ориентированная рационализация	Отношенческий капитал
Клиенты; Бизнес-сообщество; Общество	Стейк-холдерская	Развитие бренда университета	Эффективность управления брендом ( $E_{31}$ )	Клиенто-ориентированная рационализация	Отношенческий капитал
Бизнес-сообщество; Общество; Государство	Стейк-холдерская	Создание комфортной среды и современной развитой инфраструктуры, необходимой для проведения крупных значимых мероприятий	Эффективность общественных и предпринимательских инициатив ( $E_{32}$ )	Клиентоориентированная рационализация	Отношенческий капитал
...					
Сотрудники; Клиенты; Бизнес-сообщество; Государство	Стейк-холдерская	Развитие междисциплинарных научных исследований	Междисциплинарные научные проекты ( $E_{40}$ )	Инновационная деятельность	Отношенческий капитал
Бизнес-сообщество; Государство	Стейк-холдерская	Создание системы R&D, потенциально востребованной реальным сектором экономики	Объем доходов от R&D ( $E_{41}$ )	Инновационная деятельность	Отношенческий капитал
...					
Бизнес-сообщество; Государство; Общество	Стейк-холдерская	Способность выполнять научные проекты и, в частности, руководить работой студенческих команд по выполнению научных проектов, формированию компетенций STEMskills	Патентная активность ( $E_{44}$ )	Инновационная деятельность	Отношенческий капитал

15. Уровень адаптации передовых технологий ( $E_{15}$ ).
16. Уровень автоматизации управленческих процессов ( $E_{16}$ ).
17. Уровень доступности цифровых образовательных ресурсов ( $E_{17}$ ).
18. Уровень использования открытых образовательных платформ ( $E_{18}$ ).
19. Уровень экспертной обеспеченности по стандартам WorldSkills ( $E_{19}$ ).
20. Уровень освоения стандартов WorldSkills ( $E_{20}$ ).
21. Публикационная активность ( $E_{21}$ ).
22. Грантовая активность ( $E_{22}$ ).
23. Защиты диссертаций ( $E_{23}$ ).
24. Сформированность организационной культуры ( $E_{24}$ ).
25. Международная научная острепененность ( $E_{25}$ ).
26. Международная академическая мобильность ( $E_{26}$ ).
27. Личностный рост ППС ( $E_{27}$ ).
28. Инновационно-предпринимательская активность ППС ( $E_{28}$ ).
29. Трудоустройство студентов ( $E_{29}$ ).
30. Удовлетворенность студентов качеством обучения ( $E_{30}$ ).
31. Эффективность управления брендом ( $E_{31}$ ).
32. Эффективность общественных и предпринимательских инициатив ( $E_{32}$ ).
33. Уровень поддержки предпринимательской активности студентов ( $E_{33}$ ).
34. Уникальность портфеля образовательных программ университета ( $E_{34}$ ).
35. Уровень использования цифрового маркетинга в процессе взаимодействия с абитуриентами ( $E_{35}$ ).
36. Внутренняя востребованность ДОП университета ( $E_{36}$ ).
37. Внешняя востребованность ДОП университета ( $E_{37}$ ).
38. Международная образовательная активность ( $E_{38}$ ).
39. Реализованные научные проекты ( $E_{39}$ ).
40. Междисциплинарные научные проекты ( $E_{40}$ ).
41. Объем доходов от R&D ( $E_{41}$ ).
42. Квалификация персонала в сфере научных исследований и разработок ( $E_{42}$ ).
43. Эффективность деятельности инновационного бизнес-инкубатора ( $E_{43}$ ).
44. Патентная активность ( $E_{44}$ ).

На следующем этапе был произведен опрос экспертов, в число которых вошли представители ППС и АУП университета, а также специально приглашенные внешние эксперты. Эксперты в рамках заданной лингвистической шкалы оценили степень влияния выбранных показателей на ключевые показатели развития ИК, соответствующие основным структурным компонентам ИК. Ответы экспертов были проверены на согласованность и усреднены с учетом экзогенно заданных уровней компетентности экспертов. Заметим, что каждый отдельный эксперт оценивал влияние на ключевые показатели ИК не всех 44 показателей, а лишь тех, в отношении которых обладал соответствующими экспертными знаниями (компетенциями). Результатами данного этапа экспертного опроса являются средневзвешенные экспертные оценки в виде нечетких чисел Гауссова типа. В *таблице 3* приведены параметры соответствующих аппроксимирующих гауссианов.

Поскольку «границы отсечения» эксплицитных и имплицитных показателей заранее не были известны, экспертам требовалось также оценить взаимное влияние всех 44 показателей друг на друга. В этом случае каждый эксперт также отвечал лишь на вопросы, относящиеся к сфере его экспертных знаний. Таким образом, каждому эксперту было необходимо ответить на разумное количество вопросов за приемлемое время. Такой подход оставляет лицу, принимающему решения, широкие возможности по варьированию «границ отсечения», не вызывая необходимости дополнительных экспертных вопросов. Результаты второго этапа экспертного опроса (в виде параметров соответствующих средневзвешенным нечетким экспертным оценкам аппроксимирующих гауссианов) частично приведены в *таблице 4*.

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

В *таблице 5* приведены множества эксплицитных и имплицитных факторов ИК университета при различных «границах отсечения», полученные с использованием трех методов дефаззификации (Center Of Gravity / Maximum Of Maximums / Median).



Таблица 3.

**Нечеткие оценки влияния показателей множества  $E$   
на ключевые показатели развития ИК (фрагмент)**

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

Таблица 4.

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

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

Таблица 5.

**Наборы эксплицитных и имплицитных факторов ИК**

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

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

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

#### 4. Обсуждение

Анализ полученных результатов показывает следующее.

1. Изменение первой («эксплицитной») «границы отсечения» приводит к изменению наборов фак-

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

2. Изменение второй («имплицитной») «границы отсечения» также приводит к изменению наборов факторов ИК, принимаемых за имплицитные. При

этом, также, чем больше «граница отсечения», тем меньше количество имплицитных факторов, и наоборот. При выборе имплицитных факторов начинает играть роль выбор метода дефаззификации, но только при малых значениях обеих «границ отсечения».

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

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

5. Предложенный метод формирования каузального поля показателей ИК является универсальным в том смысле, что он применим к различным типам организаций разной отраслевой принадлежности. Стандартными будут ключевые показатели ИК, соответствующие основным структурным компонентам ИК (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. Универсальными будут все этапы базовой схемы метода.

6. Вместе с тем наборы эксплицитных и имплицитных факторов ИК для различных организаций могут отличаться радикально по следующим причинам. Прежде всего, могут значительно различаться набор и состав групп заинтересованных сторон (стейкхолдеров) организаций и их запросов к организациям. Соответственно, будут существенно отличаться стратегические карты целей организаций, а, значит, и цели, относящиеся к развитию ИК, и их результирующие показатели (т.е. исходное множество показателей развития ИК, из которых выбираются эксплицитные и имплицитные факторы). Даже если исходные множества показателей оказались достаточно близки по составу, то могут существенно

отличаться степени влияния показателей на ключевые показатели ИК и друг на друга. Наконец, лица, принимающие решения, могут выбирать различные «границы отсечения» и методы дефаззификации.

### Заключение

Предложена концептуальная схема формирования каузального поля показателей развития ИК в увязке со стратегией организации и типами когнитивной активности. Операционализация данной схемы осуществлена путем разработки нечеткой экономико-математической модели, позволяющей выявлять эксплицитные и имплицитные факторы ИК. Предложенная схема и модель имеют следующие отличительные особенности. Совокупность показателей ИК формируется на основе результирующих показателей стратегических целей, отобранных из карты целей модифицированной ССП с группировкой по шести типам когнитивной активности. Ключевыми показателями ИК являются интегральные показатели, соответствующие основным структурным компонентам ИК (человеческий капитал, организационный капитал, отношенческий капитал). Эксплицитные факторы ИК отбираются по результатам оценки прямого влияния на ключевые показатели ИК с помощью задания «границы отсечения». Имплицитные факторы ИК отбираются по результатам оценки опосредованного влияния на ключевые показатели ИК через эксплицитные факторы с помощью задания еще одной «границы отсечения». Оценки прямых влияний осуществляются экспертно в заданной лингвистической шкале с соответствующими функциями принадлежности нечетких множеств. Оценки опосредованных влияний вычисляются на основе операций с матрицами, элементами которых являются нечеткие числа. Представлены результаты апробации модели на примере крупного регионального университета. Показано, что наборы эксплицитных и имплицитных факторов ИК университета меняются в зависимости от заданных «границ отсечения» и выбранного метода дефаззификации. ■

### 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.

## Литература

1. Kucharska W. Tacit knowledge impact on intellectual capital and innovativeness in the healthcare sector: A cross-country study of Poland and the US // *Journal of Business Research*. 2022. Vol. 149. P. 869–883. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2022.05.059>
2. Назаров Д.М. Методология нечетко-множественной оценки имплицитных факторов в деятельности организации. Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. экон. ун-та, 2016.
3. Ding Y., Li G. Study on the management of intellectual capital // *International Journal of Business and Management*. 2010. Vol. 5. No. 2. P. 213–216. <https://doi.org/10.5539/ijbm.v5n2p213>
4. Назаров Д.М. Модель оценки имплицитных факторов на основе нечетко-множественных описаний // *Известия ДВФУ. Экономика и управление*. 2016. № 4(80). С. 3–17. <https://doi.org/10.5281/zenodo.220793>
5. Лурия А.Р. Язык и сознание. М.: Издательство Московского университета, 1979.
6. Приходько А.И. Имплицитность как способ скрытого оценивания // *Актуальные проблемы филологии и педагогической лингвистики*. 2012. № 14. С. 48–54.
7. Милосердова Е.В. Имплицитность как лингвопрагматическая категория и ее роль в разных типах дискурса // *Вестник Тамбовского университета. Серия: Гуманитарные науки*. 2011. Т. 104. № 12–2. С. 727–732.
8. del-Río-Ortega A., Resinas Arias de Reyna M., Durán Toro A., Ruiz-Cortés A. Defining process performance indicators by using templates and patterns // *Business Process Management*. 2012. Vol. 7481. P. 223–228. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-32885-5\\_18](https://doi.org/10.1007/978-3-642-32885-5_18)
9. Цюцюра С.В., Криворучко О.В., Цюцюра М.І. Теоретичні основи та сутність управлінських рішень. Моделі прийняття управлінських рішень // *Управління Розвитком Складних Систем*. 2012. No. 9. P. 50–58.
10. Назаров Д.М. Фундаментальные основы имплицитности в системе экономического развития организации // *Известия СПбГЭУ*. 2015. № 3(93). С. 7–14.
11. Markić M., Požega Ž., Crnković B. The impact of knowledge management on the economic indicators of the companies // *South East European Journal of Economics and Business*. 2022. Vol. 17. No. 2. P. 34–48. <https://doi.org/10.2478/jeb-2022-0013>
12. Van Looy A., Shafagatova A. Business process performance measurement: A structured literature review of indicators, measures and metrics // *SpringerPlus*. 2016. Vol. 5. P. 1–24. <https://doi.org/10.1186/s40064-016-3498-1>
13. Назаров Д.М. Модель рефлексивного отбора имплицитных показателей управленческой деятельности организации // *Вестник СПбГУ. Экономика*. 2017. Т. 33. № 3. С. 498–518. <https://doi.org/10.21638/11701/spbu05.2017.308>
14. Lawrie G.J.G., Cobbold I. Third-generation balanced scorecard: Evolution of an effective strategic control tool // *International Journal of Productivity and Performance Management*. 2004. Vol. 53. No. 7. P. 611–623. <https://doi.org/10.1108/17410400410561231>
15. Olve N.-G., Roy J., Wetter M. *Performance drivers: A practical guide to using the balanced scorecard*. Chichester: Wiley, 1999.
16. Kaplan R.S., Norton D.P. The balanced scorecard – measures that drive performance // *Harvard Business Review*. 1992. Vol. 70. No. 1. P. 71–79.
17. Tawse A., Tabesh P. Thirty years with the balanced scorecard: What we have learned // *Business Horizons*, 2022. Vol. 66. No. 1. P. 123–132. <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2022.03.005>
18. Pierce E. A balanced scorecard for maximizing data performance // *Frontiers in Big Data*. 2022. Vol. 5. P. 821103. <https://doi.org/10.3389/fdata.2022.821103>
19. Kopecka N. The balanced scorecard implementation, integrated approach and the quality of its measurement // *Procedia Economics and Finance*. 2015. Vol. 25. P. 59–69. [https://doi.org/10.1016/S2212-5671\(15\)00713-3](https://doi.org/10.1016/S2212-5671(15)00713-3)
20. Mouritsen J., Larsen H., Bukh P. Dealing with the knowledge economy: intellectual capital versus balanced scorecard // *Journal of Intellectual Capital*. 2005. Vol. 6. No. 1. P. 8–27. <https://doi.org/10.1108/14691930510574636>
21. Johanson U., Martensson M., Skoog M. Mobilising change through the management control of intangibles // *Accounting, Organizations and Society*. 2001. Vol. 26. No. 7/8. P. 715–733. [https://doi.org/10.1016/S0361-3682\(01\)00024-1](https://doi.org/10.1016/S0361-3682(01)00024-1)
22. Petty R., Guthrie J. Intellectual capital literature review: measurement, reporting and management // *Journal of Intellectual Capital*. 2000. Vol. 1. No. 2/3. P. 155–176. <https://doi.org/10.1108/14691930010348731>
23. Bontis N., Dragonetti N.C., Jacobsen K., Roos G. The knowledge toolbox: A review of the tools available to measure and manage intangible resources // *European Management Journal*. 1999. Vol. 17. No. 4. P. 391–402.
24. Недосекин А.О., Шкатов М.Ю., Абдулаева З.И. Разработка системы сбалансированных показателей для морской нефтегазовой смешанной компании с использованием нечетко-множественных описаний // *Аудит и финансовый анализ*. 2013. № 4. С. 126–134.
25. Horváth & Partners (eds.). *Balanced Scorecard umsetzen (Balanced Scorecard implementation)*. (4th ed.). Stuttgart, Schäffer-Poeschel, 2007.

26. Ковалев Д.В. Система сбалансированных показателей (BSC) – большая правильная ошибка? // *Контроллинг*. 2006. № 2(18). С. 26–29.
27. Nørreklit H. The balanced scorecard: What is the score? A rhetorical analysis of the balanced scorecard // *Accounting, Organizations and Society*. 2003. Vol. 28. No. 6. P. 591–619. [https://doi.org/10.1016/S0361-3682\(02\)00097-1](https://doi.org/10.1016/S0361-3682(02)00097-1)
28. Sharabati A.A.A., Naji Jawad S., Bontis N. Intellectual capital and business performance in the pharmaceutical sector of Jordan // *Management Decision*. 2010. Vol. 48. No. 1. P. 105–131. <https://doi.org/10.1108/00251741011014481>
29. Lervik E. Relational capital: A study on its importance, quantification and its impact on business sectors and markets. The European Inter-University Association on Society, Science and Technology (ESST), 2006.
30. Montequin V.R., Fernandez F.O., Cabal V.A., Gutierrez N.R. An integrated framework for intellectual capital measurement and knowledge management implementation in small and medium-sized enterprises // *Journal of Information Science*. 2006. Vol. 32. P. 525–538. <https://doi.org/10.1177/0165551506067127>
31. Roos G., Pike S., Fernstrom L. Intellectual capital: Practice of management. Abingdon, Routledge, 2006.
32. Bontis N., Keow W.C.C., Richardson S. Intellectual capital and business performance in Malaysian industry // *Journal of Intellectual Capital*. 2000. Vol. 1. No. 1. P. 85–100.
33. Солодухин К.С., Дзина Г.А. Применение системы сбалансированных показателей в университете на основе теории заинтересованных сторон. *Контроллинг*. 2009. № 1(29). С. 12–23.
34. Солодухин К.С. Постановка системы сбалансированных показателей в стейкхолдер-компаниях. *Контроллинг*. 2009. № 2(30). С. 64–69.
35. Korobova E., Kardovich I., Konyshva M., Mironova D. Cognitive activity: Philosophical analysis, psychological and pedagogical characteristics. SHS Web of Conferences. 2018. Vol. 50. 01083. <https://doi.org/10.1051/shsconf/20185001083>
36. Коротаева Е.В., Нефедова А.Н. Развитие когнитивной активности у старших дошкольников // *Педагогическое образование в России*. 2012. № 3. С. 176–180.
37. Недолужко О.В. Новый подход к формированию понятийного пространства феномена интеллектуального капитала организации // *Вестник Удмуртского университета. Серия «Экономика и право»*. 2016. № 2(26). С. 42–49.
38. Bazil G.D., Adilova S.K., Abzhanova L.K., Sugurova L.A., Yerzhanova M.E. Fuzzy simulation of organizational adjustment processes management based on heat supply balanced scorecard // *Innovative Infrastructure Solutions*. 2021. Vol. 6. P. 77. <https://doi.org/10.1007/s41062-020-00435-3>
39. Биктимеров В.А. Методика анализа цифрового содержимого для выявления закономерностей. VI-технологии и корпоративные информационные системы в оптимизации бизнес-процессов цифровой экономики: материалы VI Международной научно-практической очно-заочной конференции. Екатеринбург: Издательство Уральского государственного экономического университета, 2019. С. 30–31.
40. Hushko S., Temchenko O., Kryshchyna I., Temchenko H., Maksymova I., Huk O. Modelling of management activity of the organization considering the impact of implicit factors in business processes // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2018. Vol. 3. No. 91. P. 13–21. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.121647>
41. Pakseresht M., Seyyedi M.A., Zade M.M., Gardesh H. Business process measurement model based on the fuzzy multi-agent systems // *AIKED Proceedings of WSEAS*. 2009. P. 501–506.
42. Chen S., Hwang C. Fuzzy multiple attribute decision making: Methods and applications. New York: Springer-Verlag, 1992.
43. 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.
44. Vahidi J., Rezvani S. Arithmetic operations on trapezoidal fuzzy numbers // *Journal of Nonlinear Analysis and Application*. 2013. Vol. 2013. P. 1–8. <https://doi.org/10.5899/2013/jnaa-00111>
45. Raskin L., Sira O. Performing arithmetic operations over the (L-R)-type fuzzy numbers // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2020. Vol. 3. No. 4(105). P. 6–11. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.203590>

## Об авторах

### Завалин Георгий Сергеевич

начальник отдела интеллектуального анализа данных, стажер-исследователь, лаборатория стратегического планирования, Владивостокский государственный университет, 690014, г. Владивосток, ул. Гоголя, д. 41;

E-mail: georgiy.zavalin08@vvsu.ru

ORCID: 0000-0003-4519-0242

**Недолужко Ольга Вячеславовна**

кандидат экономических наук, доцент;

доцент, кафедра экономики и управления, доцент, кафедра математики и моделирования, научный сотрудник лаборатории стратегического планирования, Владивостокский государственный университет, 690014, г. Владивосток, ул. Гоголя, д. 41;

E-mail: olga.nedoluzhko25@gmail.com

ORCID: 0000-0002-3622-7501

**Солодухин Константин Сергеевич**

доктор экономических наук, профессор;

профессор, кафедра математики и моделирования, заведующий лабораторией стратегического планирования, Владивостокский государственный университет, 690014, г. Владивосток, ул. Гоголя, д. 41;

E-mail: k.solodukhin@mail.ru

ORCID: 0000-0003-3619-1219

# Formation of the causal field of indicators for an organization's intellectual capital development: A concept and a fuzzy economic and mathematical model

**Georgij S. Zavalin**

E-mail: georgiy.zavalin08@vvsu.ru

**Olga V. Nedoluzhko**

E-mail: olga.nedoluzhko25@gmail.com

**Konstantin S. Solodukhin**

E-mail: k.solodukhin@mail.ru

Vladivostok State University

Address: 41, Gogolya Str., Vladivostok 690014, Russia

**Abstract**

The development of intellectual capital theory through the introduction of the concept of implicitness involves considering intellectual capital as an implicit factor, so that the process of its formation is largely determined by the impact of specific hidden factors whose impact is expressed implicitly and is difficult to formalize. Currently, the process of selecting explicit and implicit factors affecting intellectual capital is not formalized in domestic and foreign studies, and therein is the relevance of this work. The purpose of this study was to develop a scheme for selecting explicit and implicit factors in the development of the organization's intellectual capital in conjunction with its strategy based on a modified Balanced Scorecard,

taking into account the distribution of indicators by types of cognitive activity. The implementation of this scheme was carried out by developing a fuzzy economic and mathematical model suitable for practical use. The main feature of the model is the possibility of fuzzy setting of “cut-off boundaries” for explicit and implicit factors. We present the results of testing the model on the example of a large regional university. Sets of explicit and implicit factors of the university’s intellectual capital are given for various “cut-off boundaries” using various defuzzification methods.

**Keywords:** cognitive activity, fuzzy model, implicit factor, intellectual capital, strategic management

**Citation:** Zavalin G.S., Nedoluzhko O.V., Solodukhin K.S. (2023) 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*, vol. 17, no. 3, pp. 53–69. DOI: 10.17323/2587-814X.2023.3.53.69

### References

1. Kucharska W. (2022) Tacit knowledge impact on intellectual capital and innovativeness in the healthcare sector: A cross-country study of Poland and the US. *Journal of Business Research*, vol. 149, pp. 869–883. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2022.05.059>
2. Nazarov D.M. (2016) *Methodology of fuzzy set evaluation of implicit factors in organizational activities*. Ekaterinburg: Ural State Economic University Press (in Russian).
3. Ding Y., Li G. (2010) Study on the management of intellectual capital. *International Journal of Business and Management*, vol. 5, no. 2, pp. 213–216. <https://doi.org/10.5539/ijbm.v5n2p213>
4. Nazarov D.M. (2016) The evaluation model of implicit factors on the basis of fuzzy-set descriptions. *Far Eastern Federal University News*, no. 4 (80), pp. 3–17 (in Russian). <https://doi.org/10.5281/zenodo.220793>
5. Luria A.R. (1979) *Language and consciousness*. Moscow: Moscow University Press (in Russian).
6. Prikhodko A.I. (2012) Implicitness as a means of latent evaluation. *Current Issues in Philology and Pedagogical Linguistics*, no. 14, pp. 48–54 (in Russian).
7. Miloserdova E.V. (2011) Implicitness as a linguo-pragmatic category and its role in different types of discourse. *Bulletin of Tomsk State University*, vol. 104, no. 12–2, pp. 727–732 (in Russian).
8. del-Río-Ortega A., Resinas Arias de Reyna M., Durán Toro A., Ruiz-Cortés A. (2012) Defining process performance indicators by using templates and patterns. *Business Process Management*, vol. 7481, pp. 223–228. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-32885-5\\_18](https://doi.org/10.1007/978-3-642-32885-5_18)
9. Tsiutsiura S.V., Kryvoruchko O.V., Tsiutsiura M.I. (2012) Theoretical basis and essence of managerial decisions. Models for accepting managerial decisions. *Development Management of Folding Systems*, no. 9, pp. 50–58 (in Ukrainian).
10. Nazarov D.M. (2015) The fundamental basis of implied in the system of economic development organizations. *Bulletin of Saint Petersburg State University of Economics*, no. 3(93), pp. 7–14 (in Russian).
11. Markić M., Požega Ž., Crnković B. (2022) The impact of knowledge management on the economic indicators of the companies. *South East European Journal of Economics and Business*, vol. 17, no. 2, pp. 34–48. <https://doi.org/10.2478/jeb-2022-0013>
12. Van Looy A., Shafagatova A. (2016) Business process performance measurement: A structured literature review of indicators, measures and metrics. *SpringerPlus*, vol. 5, pp. 1–24. <https://doi.org/10.1186/s40064-016-3498-1>
13. Nazarov D.M. (2017) Model of reflexive selection of implicit indicators of management activities of an organization. *Bulletin of Saint-Petersburg State University*, vol. 33, no. 3, pp. 498–518 (in Russian). <https://doi.org/10.21638/11701/spbu05.2017.308>
14. Lawrie G.J.G., Cobbold I. (2004) Third-generation balanced scorecard: Evolution of an effective strategic control tool. *International Journal of Productivity and Performance Management*, vol. 53, no. 7, pp. 611–623. <https://doi.org/10.1108/17410400410561231>
15. Olive N.-G., Roy J., Wetter M. (1999) *Performance drivers: A practical guide to using the balanced scorecard*. Chichester: Wiley.
16. Kaplan R.S., Norton D.P. (1992) The balanced scorecard – measures that drive performance. *Harvard Business Review*, vol. 70, no. 1, pp. 71–79.
17. Tawse A., Tabesh P. (2022) Thirty years with the balanced scorecard: What we have learned. *Business Horizons*, vol. 66, no. 1, pp. 123–132. <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2022.03.005>
18. Pierce E. (2022) A balanced scorecard for maximizing data performance. *Frontiers in Big Data*, vol. 5, 821103. <https://doi.org/10.3389/fdata.2022.821103>
19. Kopecka N. (2015) The balanced scorecard implementation, integrated approach and the quality of its measurement. *Procedia Economics and Finance*, vol. 25, pp. 59–69. [https://doi.org/10.1016/S2212-5671\(15\)00713-3](https://doi.org/10.1016/S2212-5671(15)00713-3)

20. Mouritsen J., Larsen H., Bukh P. (2005) Dealing with the knowledge economy: intellectual capital versus balanced scorecard. *Journal of Intellectual Capital*, vol. 6, no. 1, pp. 8–27. <https://doi.org/10.1108/14691930510574636>
21. Johanson U., Martensson M., Skoog M. (2001) Mobilising change through the management control of intangibles. *Accounting, Organizations and Society*, vol. 26, no. 7/8, pp. 715–733. [https://doi.org/10.1016/S0361-3682\(01\)00024-1](https://doi.org/10.1016/S0361-3682(01)00024-1)
22. Petty R., Guthrie J. (2000) Intellectual capital literature review: measurement, reporting and management. *Journal of Intellectual Capital*, vol. 1, no. 2/3, pp. 155–176. <https://doi.org/10.1108/14691930010348731>
23. Bontis N., Dragonetti N.C., Jacobsen K., Roos G. (1999) The knowledge toolbox: A review of the tools available to measure and manage intangible resources. *European Management Journal*, vol. 17, no. 4, pp. 391–402.
24. Nedosekin A.O., Shkatov M.Yu., Abdulayeva Z.I. (2013) Developing a balanced scorecard system for a mixed marine oil and gas company using fuzzy sets. *Audit and Financial Analysis*, no. 4, pp. 126–134 (in Russian).
25. Horváth & Partners (eds.) (2007) *Balanced Scorecard umsetzen (Balanced Scorecard implementation)*, 4th ed. Stuttgart, Schäffer-Poeschel.
26. Kovalev D.V. (2006) The balanced scorecard (BSC) – a big right mistake? *Controlling*, vol. 2, no. 18, pp. 26–29 (in Russian).
27. Nørreklit H. (2003) The balanced scorecard: What is the score? A rhetorical analysis of the balanced scorecard. *Accounting, Organizations and Society*, vol. 28, no. 6, pp. 591–619. [https://doi.org/10.1016/S0361-3682\(02\)00097-1](https://doi.org/10.1016/S0361-3682(02)00097-1)
28. Sharabati A.A.A., Naji Jawad S., Bontis N. (2010) Intellectual capital and business performance in the pharmaceutical sector of Jordan. *Management Decision*, vol. 48, no. 1, pp. 105–131. <https://doi.org/10.1108/00251741011014481>
29. Lervik E. (2006). *Relational capital: A study on its importance, quantification and its impact on business sectors and markets*. The European Inter-University Association on Society, Science and Technology (ESST).
30. Montequin V.R., Fernandez F.O., Cabal V.A., Gutierrez N.R. (2006) An integrated framework for intellectual capital measurement and knowledge management implementation in small and medium-sized enterprises. *Journal of Information Science*, vol. 32, pp. 525–538. <https://doi.org/10.1177/0165551506067127>
31. Roos G., Pike S., Fernstrom L. (2006) *Intellectual capital: Practice of management*. Abingdon, Routledge.
32. Bontis N., Keow W.C.C., Richardson S. (2000) Intellectual capital and business performance in Malaysian industry. *Journal of Intellectual Capital*, vol. 1, no. 1, pp. 85–100.
33. Solodukhin K.S., Dzina G.A. (2009) Applying a balanced scorecard system at a university based on the stakeholder theory. *Controlling*, no. 1(29), pp. 12–23 (in Russian).
34. Solodukhin K.S. (2009) The implementation of a balanced scorecard system in a stakeholder company. *Controlling*, no. 2(30), pp. 64–69 (in Russian).
35. Korobova E., Kardovich I., Konysheva M., Mironova D. (2018) Cognitive activity: Philosophical analysis, psychological and pedagogical characteristics. *SHS Web of Conferences*, vol. 50, 01083. <https://doi.org/10.1051/shsconf/20185001083>
36. Korotaeva E.V., Nefedova A.N. (2012) Development of cognitive activity in senior preschoolers. *Pedagogical Education in Russia*, no. 3, pp. 176–180 (in Russian).
37. Nedoluzhko O.V. (2016) A new approach to forming the conceptual space of the intellectual capital phenomenon of an organization. *Bulletin of Udmurt University*, no. 2(26), pp. 42–49 (in Russian).
38. Bazil G.D., Adilova S.K., Abzhanova L.K., Sugurova L.A., Yerzhanova M.E. (2021) Fuzzy simulation of organizational adjustment processes management based on heat supply balanced scorecard. *Innovative Infrastructure Solutions*, vol. 6, pp. 77. <https://doi.org/10.1007/s41062-020-00435-3>
39. Biktimerov V.A. (2019) Methodology for analyzing digital content to identify patterns. *Proceedings of the BI-technologies and corporate information systems in optimizing business processes of the digital economy: VI International scientific-practical full-time and correspondence conference*. Yekaterinburg, pp. 30–31 (in Russian).
40. Hushko S., Temchenko O., Kryshchtopa I., Temchenko H., Maksymova I., Huk O. (2018) Modelling of management activity of the organization considering the impact of implicit factors in business processes. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, vol. 3, no. 91, pp. 13–21. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.121647>
41. Pakseresht M., Seyyedi M.A., Zade M.M., Gardesh H. (2009) Business process measurement model based on the fuzzy multi-agent systems. *AIKED Proceedings of WSEAS*, pp. 501–506.
42. Chen S., Hwang C. (1992) *Fuzzy multiple attribute decision making: Methods and applications*. New York: Springer-Verlag.
43. Anshin V.M., Dyomkin I.V., Tsarkov I.V., Nikonov I.M. (2008) On application of fuzzy set theory to the problem of project portfolio selection. *Issues of Risk Analysis*, vol. 5, no. 3, pp. 8–21 (in Russian).
44. Vahidi J., Rezvani S. (2013) Arithmetic operations on trapezoidal fuzzy numbers. *Journal of Nonlinear Analysis and Application*, vol. 2013, pp. 1–8. <https://doi.org/10.5899/2013/jnaa-00111>
45. Raskin L., Sira O. (2020) Performing arithmetic operations over the (L-R)-type fuzzy numbers. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, vol. 3, no. 4 (105), pp. 6–11. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.203590>



### About the authors

#### **Georgij S. Zavalin**

Head of Data Mining Department, Intern Researcher at Strategic Planning Laboratory, Vladivostok State University, 41, Gogolya Str., Vladivostok, 690014, Russia;

E-mail: georgiy.zavalin08@vvsu.ru

ORCID: 0000-0003-4519-0242

#### **Olga V. Nedoluzhko**

Cand. Sci. (Econ.), Associate Professor;

Associate Professor, Economics and Management Department, Associate Professor, Mathematics and Modeling Department, Researcher, Strategic Planning Laboratory, Vladivostok State University, 41, Gogolya Str., Vladivostok, 690014, Russia;

E-mail: olga.nedoluzhko25@gmail.com

ORCID: 0000-0002-3622-7501

#### **Konstantin S. Solodukhin**

Dr. Sci. (Econ.), Professor;

Professor, Mathematics and Modeling Department, Head of Strategic Planning Laboratory, Vladivostok State University, 41, Gogolya Str., Vladivostok, 690014, Russia;

E-mail: k.solodukhin@mail.ru

ORCID: 0000-0003-3619-1219