

Б.В. СОКОЛОВ, Д.Н. ВЕРЗИЛИН, Т.Г. МАКСИМОВА, М. ЧЖАН
**ВЗАИМНОЕ ВЛИЯНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО КАПИТАЛА
И ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ УПРАВЛЕНИЯ**

Соколов Б.В., Верзилин Д.Н., Максимова Т.Г., Чжан М. **Взаимное влияние интеллектуального капитала и информационных технологий управления.**

Аннотация. На сегодняшний день существует общее представление об интеллектуальном капитале, разработаны различные подходы к его измерению на микро- и макроуровне. Разработаны методы патентной аналитики для анализа технологических трендов. На концептуальном уровне известно, что существует взаимовлияние интеллектуального капитала и технологических трендов, но отсутствуют методические разработки для количественного оценивания такого влияния с использованием данных из различных источников. Цель исследования заключается в количественном оценивании взаимного влияния национального интеллектуального капитала и современных информационных технологий управления на макроуровне. Рассмотрены математические основания разделения компонентов интеллектуального капитала и технологий. Подтверждена гипотеза о статистической значимости взаимовлияния интеллектуального капитала и информационных технологий управления. Определена регрессионная зависимость, которая достаточно хорошо аппроксимируется линейной регрессией индекса интеллектуального капитала от логарифма индекса патентной активности страны в области IT-методов управления, что может быть интерпретировано как замедление роста индекса интеллектуального капитала при достижении определенного уровня патентной активности. Установлено, что чем более развита экономика, тем выше в ней уровень интеллектуального капитала и выше уровень распространения IT-методов управления. Явными исключениями из этой закономерности являются Китай и Индия. Китай, который относится к странам с доходом выше среднего уровня, демонстрируют более высокие, чем страны его уровня экономического развития, взаимосвязанные значения индекса интеллектуального капитала и распространенности IT-методов управления. Индия, занимающая 3-е место среди стран с уровнем дохода ниже среднего, имеет соизмеримые показатели развития интеллектуального капитала и распространения IT-методов управления со странами с уровнем дохода выше среднего. Дальнейшие исследования могут быть связаны с проверкой гипотез о возможности выявления предложенным методом количественных зависимостей между интеллектуальным капиталом и технологическим развитием. Необходима детализация выявленных зависимостей по кодам Международной патентной классификации и составляющим интеллектуального капитала, выявление зависимостей для других технологических областей.

Ключевые слова: интеллектуальный капитал, информационные технологии управления, патентные ландшафты.

1. Введение. Экономика XXI века – это экономика знаний, новых инфокоммуникационных и цифровых технологий. Концептуальное описание деятельности компаний в экономике знаний основано на понятии интеллектуального капитала. Интеллектуальный капитал есть совокупность знаний, умений, компетенций, которыми обладают сотрудники, а также нематериальных активов, связей и взаимоотношений с поставщиками и клиентами, поддерживающих эти связи

инфраструктуры, имиджа и репутации [1, 2, 3, 4]. Исследования и измерения интеллектуального капитала в значительной степени посвящены либо концептуальным вопросам [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7], либо проблемам измерения интеллектуального капитала на уровне предприятий [3, 8, 9, 10, 11, 12, 13]. Подход к измерению интеллектуального капитала для уровня национальных экономик предложен в работе [14]. Тем не менее, в настоящее время отсутствует как строгое определение интеллектуального капитала, так и единый подход к его измерению.

Новые информационные технологии, методы искусственного интеллекта и обработки больших данных, цифровизация управленческих и производственных процессов повышают конкурентоспособность компании [15, 16, 17]. На сегодняшний день накоплен опыт использования технологий искусственного интеллекта, дополненной реальности, больших данных в управлении сложными организационными и социально-экономическими системами, бизнес-процессами крупных предприятий и организаций. Научные исследования в этой области, как правило, сосредоточены на обсуждении специфики и возможностей использования конкретных технологий для целей управления сложными системами или процессами в одной из сфер деятельности, например, в промышленности, логистике и транспорте, торговле и маркетинге, финансовом секторе, сельском хозяйстве, медицине и здравоохранении, государственном управлении [18, 19, 20].

Широкое развитие в последние годы получил инструментарий построения патентных ландшафтов, предназначенный для анализа с использованием баз патентных данных состояния и трендов развития технологий, в том числе информационных [21, 22, 23].

Несмотря на то, что информационные технологии относят к нематериальным активам организации, и часто включают в состав интеллектуального капитала, взаимосвязь интеллектуального капитала и информационных технологий (фактически с выделением информационных технологий из состава интеллектуального капитала) также изучается многими авторами, о чем свидетельствуют результаты систематического обзора [24], выполненного по материалам 49 научных статей, посвященных этой теме.

Хотя является очевидным предположение о существовании взаимного влияния и синергии интеллектуального капитала и информационных технологий управления, в известных на сегодняшний день работах не рассматриваются математические основания разделения компонентов интеллектуального капитала и технологий, отсутствуют количественные оценки такого влияния, подходы к их построению.

2. Литературный обзор

2.1. Концепция интеллектуального капитала. Концепция интеллектуального капитала используется для оценивания нематериальных активов компании, которые основаны на знаниях. Классическими работами, дающими достаточно полное представление о концепции и измерении интеллектуального капитала являются [3, 14]. Как правило, выделяют две или три взаимосвязанных составляющих интеллектуального капитала, которые оцениваются на уровне компании по статистическим данным и экспертным опросам [3, 4, 8, 9, 10, 11, 12, 13]. При двухкомпонентном подходе выделяют человеческий капитал и структурный капитал. При трехкомпонентном подходе выделяют в составе структурного капитала организационный и клиентский капитал.

Человеческий капитал определяется как совокупность знаний и навыков работников, их лояльность и приверженность компании [3, 4, 7, 8, 14].

Организационный капитал определяется как совокупность патентов, авторских прав, товарных знаков, баз данных, программных систем, а также распределительных сетей, цепочек поставок, организационных процедур, возможностей и культуры организации [3, 4, 8]. Организационный капитал является важнейшим элементом интеллектуального капитала, который помогает улучшать и поддерживать человеческий капитал.

Клиентский капитал (капитал взаимоотношений) характеризует внешние связи организации. Это активы компании, которые возникли в процессе ее функционирования: связи с заинтересованными сторонами, каналы сбыта, взаимоотношения с клиентами, партнерами [3, 4, 8].

2.2. Измерение интеллектуального капитала. В работах [4, 8] представлены систематические обзоры подходов к определению и измерению интеллектуального капитала. При измерении интеллектуального капитала обычно используют указанный многокомпонентный подход. Каждая из компонентов оценивается с использованием статистических показателей, данных управленческой и бухгалтерской отчетности компаний, включающей сведения о нематериальных активах, данных фокусных исследований и экспертных опросов.

Выделяют несколько подходов к измерению интеллектуального капитала на уровне компании [3, 4, 7, 8, 9].

Методы прямого измерения (Direct Intellectual Capital methods – DIC) предполагают, что все компоненты ИК оцениваются в денежном эквиваленте.

Метод рыночной капитализации (Market Capitalization Methods – MCM) предполагает вычисление разности между рыночной капитализацией и акционерным капиталом.

Метод рентабельности активов (Return on Assets methods – ROA) основан на следующих вычислениях. Показатели стоимости основных средств и годовая прибыль сравниваются со средними значениями для отрасли или деятельности. Превышение удельной прибыли над средним значением используется как оценка интеллектуального капитала.

Методы, основанные на разработке системы показателей, отражающих состояние различных компонентов интеллектуального капитала (Scorecard Methods – SC). Наиболее известным является метод, предложенный финансово-страховой группой Skandia – Skandia Navigator [1, 8, 14].

Skandia Navigator [1, 8, 14] позволяет оценить пять элементов влияния интеллектуального капитала на результативность компаний: финансовые результаты компании; взаимоотношения с клиентами; технологические процессы, поддерживающие процесс создания ценности (IT – системы, базы данных, рабочие процедуры); ориентация на инновационное развитие; фокус на человеческий капитал. Индексы перечисленных элементов определяются на основе статистических данных, отчетности компании, экспертных оценок и суммируются для оценки интеллектуального капитала.

В работе [5] оценивалась роль интеллектуального капитала в установлении баланса между инновационной и приносящей доход деятельностью. Для оценивания вклада инновационного капитала в установление такого баланса использовались данные 217 малых и средних предприятий производственного сектора Пакистана. Данные были получены на основе опросников со шкалой Лайкерта. К полученным данным был применён PLS-регрессионный анализ. Подтверждена гипотеза о положительном влиянии всех компонентов интеллектуального капитала на установление баланса между инновационной и приносящей доход деятельностью.

В [6] обсуждается модель интеллектуальной пропускной способности организации, как меры производительности в переработке внешних знаний, превращении их в интеллектуальный капитал и, в итоге, генерации прикладных знаний, непосредственно используемых для создания ценности.

Пожалуй, единственной системной работой, в которой обоснован и апробирован подход к оцениванию интеллектуального капитала на макроуровне является работа Carol Yeh-Yun Lin and Leif Edvinsson [14].

Авторы [14] предложили подход к измерению национального интеллектуального капитала на основе открытых статистических и экспертных данных. Модель интеллектуального капитала основана на вычислении четырех индексов: индексов человеческого, рыночного, процессного капитала и индекса возобновления капитала (human, market, process, renewal capital indices). Эти показатели рассчитаны для 40 стран в динамике с 1995 по 2008 год. Каждый индекс вычисляется на основе 7 индикаторов, которые построены на основе статистических показателей из открытых баз данных, таких как World Bank, OECD, APEC, Commission of European Community, national Department of Commerce, Statistics etc. Дополнительно авторы использовали данные опросов фокусных групп. Финансовый капитал (GDP per capita) также включен в анализ.

Однако несмотря на множество разработок по количественному оцениванию интеллектуального капитала, тема остается открытой для дальнейших научных изысканий. Например, Leif Edvinsson, один из разработчиков Skandia Navigator и методики измерения национального интеллектуального капитала на макроуровне, считает [7], что важно анализировать не только значения интеллектуального капитала для текущего состояния, но и учитывать направление и скорость его изменения. Авторы [10] доказывают, что разработанные ранее методы и модели измерения и оценки интеллектуального капитала оказываются плохо применимыми для оценивания тенденций последнего десятилетия, отмеченного интенсивным развитием новых инфокоммуникационных и цифровых технологий.

2.3. Информационные технологии и интеллектуальный капитал. Ряд исследований последних лет посвящен изучению взаимовлияния информационных технологий и интеллектуального капитала.

В работе [24] авторы среди публикаций, представленных в ScienceDirect (<http://www.sciencedirect.com/>), Wiley Online Library (<http://onlinelibrary.wiley.com/>) Emerald Insight (<http://www.emeraldinsight.com/>) за период с 2009 по 2014 год, выявили 49 статей, посвященных о взаимном влиянии интеллектуального капитала и информационных технологий и представили их систематический обзор и классификацию. Приведены case-study IT компаний с точки зрения интеллектуального капитала. Информационные технологии рассмотрены как инструмент управления интеллектуальным капиталом, исследовано влияние интеллектуального капитала и информационных технологий на инновационное развитие, интеллектуальный капитал проанализирован

как ресурс разработки технологий. Сделан вывод о том, что большинство авторов исследуют человеческий капитал как наиболее важный элемент интеллектуального капитала, некоторые уделяют внимание структурному капиталу и капиталу взаимоотношений.

В работах [15, 16] сделана попытка оценить взаимосвязь между смарт-технологиями, цифровизацией и интеллектуальным капиталом, выявить потенциал технологий для улучшения интеллектуального капитала. Авторы [15] на основе анализа научных работ предлагают предварительную систематизацию положительных и отрицательных сторон процессов оцифровки информации об интеллектуальном капитале с точки зрения заинтересованных сторон. В работе [16] рассматривается как Индустрия 4.0 и связанные с ней интеллектуальные технологии могут влиять на управление интеллектуальным капиталом в целом, и как цифровизация может повлиять на его отдельные компоненты.

Исследование [17] представляет обзор публикаций, демонстрирующих трансформацию представления об интеллектуальном капитале по мере развития технологий больших данных. Авторы рассматривают концепцию интеллектуального капитала в свете зарождающейся парадигмы больших данных. Авторы анализируют: управленческие причины включения больших данных в интеллектуальный капитал; типологии больших данных, улучшающие практику развития интеллектуального капитала; заинтересованные стороны, участвующие в создании стоимости интеллектуального капитала с использованием больших данных; технологии больших данных, подходящие для управления интеллектуальным капиталом. Авторы [17] обосновывают вывод о том, что в цифровой экономике фокус исследований интеллектуального капитала должен быть смещен с уровня организаций на уровень экосистемы, то есть с микро на мезоуровень.

2.4. Подходы к измерению уровня развития технологий.

Современным подходом к оценке уровня развития технологий является построение патентных ландшафтов с использованием методологии патентной аналитики.

Документ [23] представляет собой изложение подходов для детальной классификации патентных семейств в области искусственного интеллекта. В качестве источника данных использована база данных FAMPAT компании Questel. На момент проведения исследования FAMPAT содержала сведения о более чем 59 миллионов патентных семейств. При проведении исследования не устанавливались какие-либо географические или временные рамки. При отборе

патентных семейств использовались как классификационные коды, так и ключевые слова. В результате было отобрано свыше 339 тысяч патентных семейств. В качестве основных классификационных признаков использовалось 20 областей применения патентных семейств и 6 основных технологий (функциональных направлений) искусственного интеллекта. Основным признаком дополнительно сопоставлялись подчиненные поля для более детальной классификации. Результаты классификации позволяют оценить интенсивность развития технологий и приложений искусственного интеллекта.

В работе [21] изучена динамика представления заявок на патенты в области аппаратного обеспечения искусственного интеллекта. Оценены доли числа одобренных заявок и длительность их рассмотрения для различных рынков. Классам аппаратного обеспечения и высокотехнологичным компаниям сопоставлены показатели среднего возраста патентов и силы патентов. Обоснованы стратегии патентование в области аппаратного обеспечения искусственного интеллекта для крупных и средних компаний.

Построен патентный ландшафт для глубокого обучения (Deep Learning DL) [22], рассмотрены аспекты заявок на патенты, связанные с разработкой алгоритмов DL, их применением в приложениях и промышленности, описана динамика подачи и одобрения заявок.

3. Постановка задачи исследования. На сегодняшний день существует общее представление об интеллектуальном капитале, разработаны различные подходы к его измерению на микро- и макроуровне, однако отсутствует однозначное строгое определение интеллектуального капитала и единый подход к его измерению на макроуровне. Разработаны методы патентной аналитики для анализа технологических трендов. На концептуальном уровне известно, что есть взаимовлияние интеллектуального капитала и технологических трендов, но отсутствуют методические разработки для количественного оценивания такого влияния.

Поясним, для чего нужно отделять информационные технологии от компонентов интеллектуального капитала. В более общей формулировке этот вопрос звучит следующим образом: почему нельзя смешивать технологии, как ресурсы, и другие ресурсы, в том числе используемые для технологического развития.

Существуют два общих свойства ресурсов.

Первое свойство заключается в возможности независимого использовании одного и того же ресурса различными субъектами. Будем называть его разделяемостью ресурса. В отечественной

литературе разделяемые ресурсы обычно называют конкурентными, что, по нашему мнению, плохо отражает смысл этого свойства.

Второе свойство состоит в возможности предотвращения несанкционированного использования ресурса. Его принято называть исключаемостью ресурса.

Разделяемость технологии означает, что использование технологии одним субъектом не препятствует ее использованию другими субъектами. При этом право интеллектуальной собственности обеспечивает свойство исключаемости технологии как ресурса (отметим, что правовые нормы не всегда останавливают несанкционированное копирование технологий). Нельзя говорить, что технологии являются полностью разделяемыми или полностью исключаемыми ресурсами. Копирование технологии требует дополнительных затрат. Нужно учитывать, что стоимость разработки технологии обычно существенно выше, чем копирования. Инфраструктурные и человеческие ресурсы, как элементы интеллектуального капитала, представляют собой неразделяемые ресурсы. Их использование лимитируется имеющимися материальными активами и численностью персонала компании или численностью населения страны (для национального интеллектуального капитала).

Обозначим:

A и X – соответственно стоимость разделяемых и неразделяемых ресурсов, используемых для производства;

$Y=A+X$ – суммарная стоимость ресурсов;

$F(Y)$ – объем производства (производственная функция);

a – параметр масштабирования производства.

При сделанных предположениях $F()$ является однородной функцией первой степени от X , поэтому справедливы соотношения:

$$\begin{aligned} & \text{Если } a > 1, \text{ то} \\ F(aY) &= F(a(A + X)) > F(A + aX) = aF(A + X) = aF(Y). \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} & \text{Если } a < 1, \text{ то} \\ F(aY) &= F(a(A + X)) < F(A + aX) = aF(A + X) = aF(Y). \end{aligned} \quad (2)$$

Учитывая, что $F(0) = 0$, при $0 < \lambda < 1$, получаем:

$$F(0(1 - \lambda) + \lambda Y) < (1 - \lambda)F(0) + \lambda F(Y). \quad (3)$$

Таким образом, мы убедились, что, при сделанных предположениях о свойствах ресурсов и допущении о возможности

мгновенного масштабирования производства, производственная функция не может быть вогнутой на любых интервалах, левая граница которых совпадает с нулем. Выражение (1) показывает, что при тиражировании существующих технологий обеспечивается сверхлинейный рост производства при инвестировании в неразделяемые ресурсы. Инвестирование в развитие технологий окупается только в том случае, если создается новый продукт, на который могут быть установлены цены выше рыночных. Предполагается, что инвестор может выбирать соотношение средств. Потраченных на разделяемые и неразделяемые ресурсы. Однако, при описании процессов технологического развития на уровне стран необходимо учитывать, что соотношение ресурсов может определяться объективно существующими закономерностями технологического развития. Поэтому выявление таких закономерностей представляет собой важную научно-практическую задачу.

Если в (1) и (2) предположить, что X есть функция $G(A)$ и $Y=A+G(A)$, то производственная функция:

$$F(Y) = F(A + G(A)), \quad (4)$$

уже не будет обладать перечисленными свойствами.

Более детальные модели технологического развития, основанные на выделении ресурсов двух рассмотренных типов, представлены в [25].

В настоящее время не существует открытых данных, которые позволили бы выразить стоимость технологий как ресурсов на уровне стран и в явном виде определить функции $G(A)$ и $F(Y)$, но построение количественных оценок взаимосвязи информационных технологий управления и интеллектуального капитала будет шагом в решении такой фундаментальной задачи.

В качестве характеристик развития информационных технологий управления использованы показатели патентования для технологической области «IT-методы управления». Выбор таких показателей обусловлен несколькими причинами:

- традиционным использованием характеристик патентования как результатов результативности исследований и разработок;
- возможностью трактовки показателей как характеристик разделяемых ресурсов;
- открытостью и надежностью патентных данных;
- возможностью тонких настроек запросов к патентным базам данных.

В [26] патентование рассматривалось как деятельность, в результате которой создаются новые инновационные продукты, а не как результат исследований и разработок. Авторами построены линейные регрессии, которые связывают логарифм числа новых инновационных продуктов определенной категории, которые производят компании, с логарифмом числа патентных заявок той же категории, поданных компанией в каком-либо предыдущем году:

$$\log N = \beta \log P_i + \alpha, \quad (5)$$

или:

$$N = \gamma P_i^\beta, \quad (6)$$

где N – количество новых инновационных продуктов,

P_i – количество патентных заявок, поданных в год, который был на i годов раньше, чем год появления продукта.

Для всех регрессий, полученных в [26] значение $\beta < 0,1$. Другими словами, наблюдается ощутимое замедление роста зависимой переменной при увеличении независимой переменной.

Материалы и методы, использованные в [26] позволили авторам выявить временные лаги – интервалы времени между появлением патентов и их использованием в инновационных продуктах. Фактически установлена причинно-следственная связь между результатами исследований и разработок и выходом на рынок инновационных продуктов.

Перед нами также стоит задача определения регрессионных зависимостей, в которых в качестве независимой переменной используются показатели патентования, а в качестве зависимой переменной – индекс и субиндексы интеллектуального капитала. При этом сложно говорить о явных причинно-следственных связях между патентованием и человеческим и интеллектуальным капиталом, поэтому задача анализа временных лагов не имеет простой интерпретации. Тем не менее, такой анализ позволит дополнительно уточнить взаимное влияние развития информационных технологий управления и интеллектуального капитала.

Цель исследования заключается в количественном оценивании взаимного влияния национального интеллектуального капитала и современных информационных технологий управления на макроуровне.

Для достижения этой цели существующие подходы к измерению интеллектуального капитала нами адаптированы для измерения на макроуровне национального интеллектуального капитала стран на основе открытых данных; определены по открытым

патентным данным основные технологические тренды в области информационных технологий управления с использованием инструментария патентной аналитики; разработана методика измерения интеллектуального капитала и проверены гипотезы о статистической значимости взаимовлияния интеллектуального тала и информационных технологий управления.

4. Материалы и методы исследования

4.1. Методика измерения интеллектуального капитала. При разработке системы показателей для оценивания интеллектуального капитала и инновационной активности использована двухкомпонентная концепция интеллектуального капитала. Интеллектуальный капитал включает: человеческий капитал и структурный капитал, объединяющий организационный капитал и капитал взаимоотношений с клиентами (клиентский капитал). Выбор двухкомпонентной структуры обусловлен тем, что организационный и клиентский капитал объединяют взаимосвязанные и взаимодополняющие элементы, различающиеся в основном, по критерию отнесения к внутренней (структурный) и внешней (клиентский) для организации среде, при переходе к измерению организационного и клиентского капитала они могут быть объединены в структурный капитал на уровне характеризующих их статистических показателей.

Ключевая задача состоит в том, чтобы найти статистические показатели, отражающие интеллектуальный капитал. Прямых официальных показателей, позволяющих количественно оценить интеллектуальный капитал крайне мало. Поэтому мы следовали логике выбора статистических показателей, используемой для построения субиндексов национального интеллектуального капитала [14] и глобального инновационный индекса (ГИИ) [27], а также разработанным нами подходам к оцениванию социально-экономических явлений по гетерогенным данным [28, 29]. Следует отметить, что четких критериев включения того или иного статистического показателя в состав определенного субиндекса нет. Более того, при построении глобального индекса инноваций, состав показателей незначительно меняется из года в год [27] для того, чтобы итоговые субиндексы лучше отражали результаты и условия инновационной деятельности. При индексном подходе к оцениванию интеллектуального капитала различные авторы используют разные исходные наборы статистических показателей, достаточно полная сводка используемых систем статистических показателей приводится в работе [14].

Для обеспечения воспроизводимости оценок национального интеллектуального капитала нами предлагается использовать

нормализованные значения первичных статистических показателей и индикаторов, составляющие основу для вычисления глобального инновационного индекса. Значения этих показателей доступны для загрузки с официального сайта Всемирной организации интеллектуальной собственности по ссылке <https://www.wipo.int/publications/en/details.jsp?id=4622>, ГИ 2022 Database. Выбор этих показателей обусловлен тем, что исходные данные о значениях этих показателей уже верифицированы разработчиками отчетов о глобальном инновационном индексе [27]. Предлагаемый содержательный состав показателей, определяющих интеллектуальный капитал, приведен на рисунке 1.

ИС – индекс интеллектуального капитала	Доля обучающихся по программам высшего образования от численности возрастной группы, которая соответствует типичному возрасту студента, %
	Доля выпускников по программам высшего образования в области науки и техники от всех выпускников программ высшего образования, %
	Доля иностранных студентов от обучающихся по программам высшего образования, %
	Количество исследователей в пересчете по занятости на полную ставку, чел. на млн. населения
	Валовые расходы на НИОКР, % ВВП
	Глобальные корпоративные инвестиции в НИОКР топ-3 мировых компаний, млн. долл. США
	Средний рейтинг топ-3 университетов по рейтингу QS, баллы
	Научоёмкая занятость (доля занятых на должностях 1–3 категории по Международной классификации занятий (ISCO) от общего числа занятых), %
	Доля фирм, предлагающих официальные программы обучения для своих постоянных сотрудников, работающих полный рабочий день, в выборке обследованных фирм, %
	Доля трудоустроенных женщин с учеными степенями от общего числа трудоустроенных женщин, %
	Доля исследователей в бизнес-секторе от всех исследователей, %
	Цитируемость документов, H-индекс по https://www.scimagojr.com
	Индекс доступа к ИКТ, %
	Индекс использования ИКТ, %
	Индекс развития электронного правительства, доли ед.
Индекс электронного участия, доли ед.	
Индекс эффективности логистики, ед.	
Венчурные инвесторы, сделок / ВВП по ППС млрд. долл. США	
Получатели венчурного капитала, сделок / ВВП по ППС млрд. долл. США	
Полученный венчурный капитал, стоимость, % ВВП	
Валовые расходы на НИОКР, выполненные коммерческими предприятиями, % ВВП	
Валовые расходы на НИОКР, финансируемые коммерческими предприятиями, % ВВП	
Сотрудничество между университетами и промышленностью в области НИОКР, баллы	
Состояние кластеров, баллы	
Валовые расходы на НИОКР, финансируемые из-за рубежа, % ВВП	
Количество совместных предприятий/стратегических альянсов / ВВП по ППС млрд. долл. США	
Платежи за использование интеллектуальной собственности (импорт), % от общего объема торговли	
Высокотехнологичный импорт, % от общего объема торговли	
Импорт услуг ИКТ, % от общего объема торговли	
Прямые иностранные инвестиции, % ВВП	
Расходы на ПО, % ВВП	

Рис. 1. Индекс, субиндексы и показатели для оценки интеллектуального капитала

Из 81 показателя для 132 стран, по которым рассчитывается ГИИ [27] были отобраны те, которые являются наиболее информативными, с нашей точки зрения, для отражения всех аспектов интеллектуального капитала. Таким образом, интеллектуальный капитал на макроуровне (уровне страны) определяется нами через совокупность статистических показателей, использованных для определения его индекса, вычисленного с использованием нормализованных значений 31 статистического показателя.

Значения статистических показателей нормализованы в диапазоне [0, 100], более высокие баллы соответствуют «лучшим» результатам. Субиндексы человеческого (HC) и структурного (SC) капитала определяются как линейная свертка (среднее) нормализованных значений исходных статистических показателей. Иными словами, человеческий и структурный капитал определяется нами, как и интеллектуальный, через совокупность статистических показателей, используемых для вычисления соответствующих индексов. Такой подход широко распространен в мировой практике определения интегральных показателей, например, в методологии расчета глобального инновационного индекса [27]. Подробное описание исходных статистических показателей и источников данных представлены в [27].

В соответствии с методологией построения глобального инновационного индекса (ГИИ) [27] нормализация значений первичных показателей выполняется по следующей схеме. Все показатели нормализованы в диапазоне [0, 100], где более высокие баллы соответствуют лучшим результатам. Нормирование проводилось по методу «минимум-максимум», где значения «минимум» и «максимум» были минимальным и максимальным значениями показателей в выборке. Были применены следующие формулы [27]:

$$w_i = (v_i - v_{\min(i)}) / (v_{\max(i)} - v_{\min(i)}) \cdot 100, \text{ если показатель «хороший»}, \quad (7)$$

$$w_i = (v_{\max(i)} - v_i) / (v_{\max(i)} - v_{\min(i)}) \cdot 100, \text{ если показатель «плохой»}, \quad (8)$$

где w_i – нормализованное значение i -ого показателя;

v_i – исходное значение i -ого показателя;

$v_{\min(i)}$ – минимальное значение i -ого показателя;

$v_{\max(i)}$ – максимальное значение i -ого показателя.

Показатель считается «хорошим», если увеличение его значений вносит положительный вклад в значение субиндекса, в состав которого он входит. В ином случае показатель считается «плохим».

Нормализованные показатели сгруппированы по субиндексам интеллектуального капитала (рисунок 1). Значение каждого субиндекса вычислялось как среднее входящих в его состав нормализованных показателей:

$$HC = \sum_{i=1}^{12} w_i^{HC} / 12, \quad (9)$$

$$SC = \sum_{i=1}^{19} w_i^{SC} / 19, \quad (10)$$

HC (Human Capital) – субиндекс человеческого капитала;

w_i^{HC} – нормализованные значения показателей, составляющих субиндекс человеческого капитала;

SC (Structure Capital) – субиндекс структурного капитала;

w_i^{SC} – нормализованные значения показателей, составляющих субиндекс структурного капитала;

Индекс интеллектуального капитала (*IC – Intellectual Capital*) определяется по формуле:

$$IC = (HC + SC) / 2. \quad (11)$$

Предлагаемый формальный подход к определению понятий интеллектуального, человеческого и структурного капитала через совокупность статистических показателей, используемых для построения соответствующих индекса и субиндексов (выражения (9)-(11)), апробирован нами при оценивании взаимосвязи уровня развития компонентов интеллектуального капитала и инновационной активности на макроуровне [30].

4.2. Анализ уровня развития информационных технологий управления. Для оценки уровня развития информационных технологий управления использовано одно из ведущих платформенных решений Orbit Intelligence [31], в частности, база патентов FAMPAT и программное обеспечение для патентных исследований и анализа.

Временная глубина поиска – с 2003 года по настоящее время (на 31.03.2023). В качестве единицы наблюдения рассматривается патентное семейство, то есть все патенты, описывающие одно изобретение. Проанализированы данные только о действующих патентах и заявках в стадии рассмотрения. Географические рамки патентования не устанавливались.

Для построения диаграмм использованы средства визуализации QUESTEL – ORBIT. Часть диаграмм построена авторами с

использованием аналитических данных, полученных из системы QUESTEL – ORBIT.

Мы проанализировали данные о поданных заявках и зарегистрированных патентах для технологической области «IT-методы управления» (Technology domain «IT Methods for Management») и технологической области «Компьютерные технологии» (Computer Technology). Использовано доступное в Orbit Intelligence [31, 32] выделение технологических областей, которое основано на группировке классов и подклассов Международной патентной классификации (МПК). Всего выделяют 35 технологических областей, которые объединены в группы: Химия, Электротехника, Приборы, Машиностроение и Другие. Исследованные в работе технологические области входят в группу Электротехника, в которую включены: аудиовизуальные технологии; основные коммуникационные процессы; компьютерные технологии; цифровая связь; электрические машины, аппараты, энергетика; IT-методы управления; полупроводники; телекоммуникации.

Перспективные направления исследования в анализируемых технологических областях определялись:

- по соотношению действующих патентов и заявок на стадии рассмотрения (Technology domain «IT Methods for Management», Status Alive, Granted / Pending);
- по приросту по годам количества заявок в стадии рассмотрения (pending).

Динамика патентной активности, также свидетельствующая об интересе к технологической области и ее перспективности, оценивалась по количеству патентных семейств на 1-й год подачи заявки.

Кроме того, проведен анализ распределения патентных семейств технологической области по основным концепциям и по смежным технологическим областям, наиболее часто встречающимся в патентах.

Мировые лидеры в анализируемой технологической области определены по количеству действующих патентных семейств, опубликованных в патентном офисе страны. Экспансия на рынки, свидетельствующая о востребованности технологии, оценивалась по количеству действующих патентных семейств у правообладателей в различных патентных офисах стран. Распространённость технологии, то есть экспансия мировых лидеров в предметные области, оценивалась по количеству действующих патентных семейств у правообладателей по областям применения.

4.3. Выявление взаимовлияния уровня развития IT-методов управления и национального интеллектуального капитала. Для выявления взаимовлияния уровня развития IT-методов управления и

национального интеллектуального капитала проанализировано распределение действующих патентных семейств для технологической области «IT-методы управления» по странам защиты (странам, в которых изобретения в области «IT-методы управления» защищены патентом). Выборка стран для определения зависимости была построена следующим образом. Определен топ-30 патентных офисов стран, из него исключены Европейский патентный офис (EP), патентный офис Всемирной организации интеллектуальной собственности (WO), а также патентные офисы вошедших в топ-30 европейских стран, так как многие патентообладатели, зарегистрированные в этих странах, не регистрируют заявки, поданные в Европейский патентный офис (EP) и в патентный офис Всемирной организации интеллектуальной собственности (WO), в национальных патентных офисах. Для оставшихся 15 стран определен индекс патентной активности в области «IT-методы управления» как отношение количества действующих патентных семейств в этой области к объему ВВП, выраженному в долларах США по паритету покупательной способности. Аналогичное нормирование общего количества патентных семейств используется в методологии построения составляющих глобального инновационного индекса [27].

Далее были построены и проанализированы парные регрессии между значениями индекса интеллектуального капитала и индекса патентной активности в технологической области «IT-методы управления».

Оценка временных лагов в зависимости индекса интеллектуального капитала от уровня развития информационных технологий управления проведена по данным за 2017–2021 годы о количестве действующих патентов и заявок, для которых наблюдаемый год является первым годом подачи заявки (1st application year). Подход к построению выборки стран был аналогичен описанному выше. Использован корреляционно-регрессионный анализ.

При проведении статистического анализа оценивалась статистическая значимость параметров регрессии и коэффициентов корреляции с использованием встроенных средств открытой статистической платформы Jamovi, версия 2.3.18.0 [34].

5. Результаты

5.1. Перспективность развития технологий в области IT-методов управления. Соотношение патентных заявок, находящихся в стадии рассмотрения, и одобренных заявок характеризует интенсивность патентования. Интенсивность патентования в технологической области косвенно характеризует перспективы

развития новых технологий в этой области (таблица 1). Для понимания представленных в таблице данных нужно учитывать следующие особенности подсчета заявок. Учитываются не отдельные патентные заявки, а патентные семейства. Каждое действующее патентное семейство (Alive) может быть представлено как заявками, находящимися в стадии рассмотрения, так и уже одобренными заявками. Семейства со статусом «одобренные» обязательно включает одобренные заявки. В семействах со статусом «в стадии рассмотрения» одобренные заявки отсутствуют. Мы сравнили технологическую область «IT-методы управления» с более широкой технологической областью «компьютерные технологии», при этом существуют патентные семейства, принадлежащие обеим областям одновременно. Анализ таблицы свидетельствует о том, что развитие IT методов управления более востребовано или/и эта область настоящее время обладает большим потенциалом для развития.

Таблица 1. Соотношение поданных и одобренных патентных заявок (только действующие патенты по двум технологическим областям «IT methods for management» и «Computer technology», построено по данным [31]), количество патентных семейств

Статус	IT-методы управления	Компьютерные технологии
Всего действующих (alive) патентных семейств	619 253	2 257 838
из них		
одобренные	294 971 (48%)	1 413 155 (63%)
в стадии рассмотрения	324 282 (52%)	844 683 (37%)
Семейства, в которых есть заявки в стадии рассмотрения	369 091	1 044 484
из них семейства, в которых есть одобренные заявки	44 809 (12%)	199 801 (19%)

При анализе динамики патентной активности в технологической области «IT-методы управления» использованные данные сгруппированы по году подачи первой заявки в патентном семействе (рисунок 2). В этом отличие от данных таблицы 1, в которой учитываются все действующие патентные семейства. Анализ соотношения патентных семейств, находящихся в стадии рассмотрения и патентных семейств с одобренными заявками в динамике за 20 лет с 2003 по 2023 год показал, что в 2019 году количество патентных семейств на рассмотрении впервые превысило количество одобренных патентных семейств. Это произошло в

результате сочетания двух факторов – возрастания патентной активности и продолжительного времени рассмотрения заявок. Сокращение количества одобренных патентных семейств в 2019 году вызвано тем, что для многих заявок время их рассмотрения превышает четыре года. Сокращение патентных семейств на рассмотрении в 2022 году объясняется тем, что ещё не все заявки включены в базу.

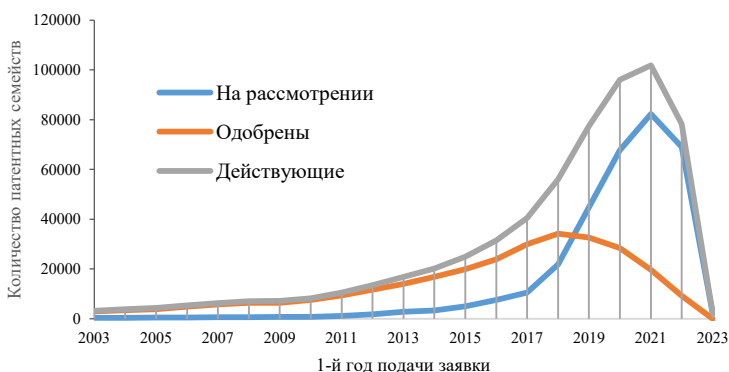


Рис. 2. Динамика патентной активности для технологической области «IT methods for management»: распределение количества патентных семейств по первому году подачи заявки, построено по данным [31]

5.2. Концепции и смежные области для технологической области IT-методы управления. Для определения основных концепций, используемых в патентных семействах технологической области «IT-методы управления», применен сервис Questel-Orbit, позволяющий построить кластеры совместно о употребляемых, взаимосвязанных по смысловой нагрузке, ключевых слов (рисунок 3). Концепция представляет тематику, характеризующую кластер. Некоторые концепции наиболее распространены, например – сбор данных (Data Acquisition), большие данные (Big Data), блокчейн (Block Chain). Еще один сервис Questel-Orbit позволил определить численность патентных семейств, одновременно принадлежащих технологической области «IT-методы управления» (619 253 патентных семейства) и остальным 34 патентным областям (рисунок 4).

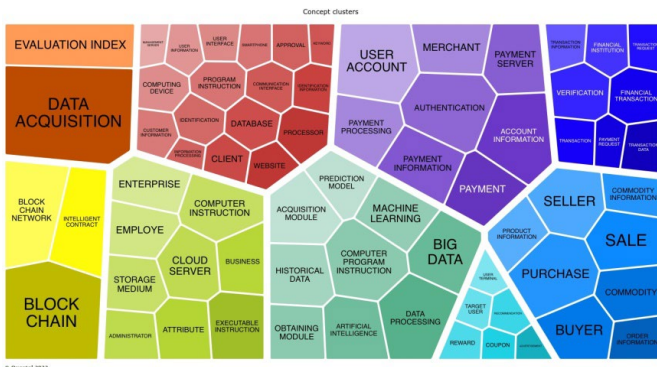


Рис. 3. Основные концепции для технологической области «IT methods for management»: распределение патентных семейств по тематическим областям, наиболее часто встречающимся в патентах, построено по данным [31]

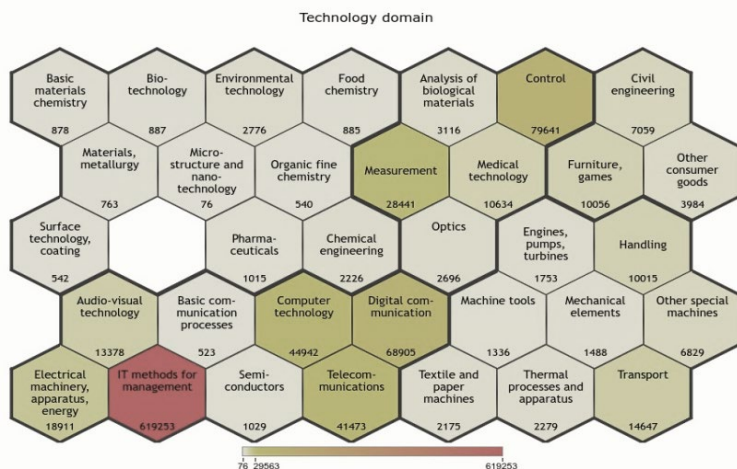


Рис. 4. Смежные технологические области для патентных семейств из технологической области «IT methods for management», построено по данным [31], количество действующих патентных семейств

С технологической областью «высокомолекулярная химия, полимеры» пересечений нет (белое поле). Рисунок позволяет оценить степень взаимосвязи IT-методов управления с технологиями и приложениями других технологических областей. Наиболее распространенным является сочетание технологической области «IT-методы управления» с областями: автоматическое управление

(control), цифровые коммуникации (digital communication), компьютерные технологии (computer technology), телекоммуникации (telecommunication) и метрология (measurement).

5.3. Страны и компании – лидеры в технологической области ИТ-методы управления. При определении стран-лидеров по действующим патентным семействам технологической области «ИТ-методы управления», мы исключили из списка европейские страны, находящиеся в юрисдикции европейского патентного офиса (EP) (рисунок 5). Также представлены данные о количестве патентных семейств, зарегистрированных в патентном офисе Всемирной организации интеллектуальной собственности (WO). Всего на дату исследования выявлено 619 253 действующих патентов в этой области. Китай является лидером как страна публикации патентов. Китайский офис аккумулирует 54% патентов, США – 24%, Япония и Корея – по 15%. В офисах WO и EP 14% и 8% соответственно. В России зарегистрировано менее 1% всех действующих патентов этой технологической области. Следует отметить, что суммарное количество патентов по всем патентным офисам больше общего числа патентов в полтора раза, так как часть патентов зарегистрированы одновременно в нескольких патентных офисах.



Рис. 5. Мировые лидеры (топ-15) по количеству действующих опубликованных в патентном офисе страны патентных семейств для технологической области «ИТ methods for management», построено по данным [31]

Широко известен тот факт, что и по всей совокупности патентов Китай является мировым лидером. В то же время надо учитывать, что Китай публикуют меньше патентов в других странах, чем другие страны в патентном офисе Китая (рисунок 6). Это свидетельствует о важности рынка Китая для мировой экономики знаний.

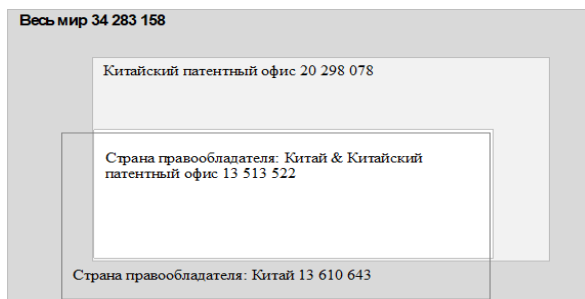


Рис. 6. Соотношение числа опубликованных патентов в мире, Китайском патентном офисе, патентов Китайских правообладателей, по данным [31]

Наблюдается экспансия топ-20 компаний-правообладателей патентных семейств в технологической области «IT-методы управления» в различные предметные области (области применения), прежде всего, средства для хранения, базы данных, транзакции (рисунок 7).

	СРЕДСТВА ДЛЯ ХРАНЕНИЯ	БАЗА ДАННЫХ	ТРАНЗАКЦИИ	СМАРТФОН	ОПЛАТА	ТЕРМИНАЛ	БЛОКЧЕЙН	ПРОДАЖИ	ИНФОРМАЦИЯ О ТРАНЗАКЦИИ	ПЛАТЕННАЯ ИНФОРМАЦИЯ
SGCC - STATE GRID CORPORATION OF CHINA	1696	639	259	3	53	54	147	12	56	19
BANK OF CHINA	2803	354	954	5	282	131	570	87	370	74
IBM	941	689	418	281	126	20	257	69	132	21
TENCENT TECHNOLOGY SHENZHEN	2639	319	341	95	290	256	712	204	183	105
MICROSOFT TECHNOLOGY LICENSING	835	600	207	580	132	26	21	84	47	33
ALIBABA	774	312	269	62	194	133	112	296	94	74
HITACHI	333	610	192	151	114	230	39	22	54	25
INDUSTRY & COMMERCIAL BANK CHINA	1768	245	563	9	169	56	234	71	269	63
NEC	1154	427	111	366	217	302	38	19	32	89
CHINA CONSTRUCTION BANK	1583	345	398	0	140	48	54	67	191	40
GOOGLE	743	511	227	706	153	23	1	197	42	116
ADVANCED NEW TECHNOLOGIES	1076	241	703	247	375	100	563	226	219	104
STATE GRID CORPORATION OF CHINA	337	143	78	0	12	9	55	2	14	2
YAHOO JAPAN	463	308	163	841	150	715	3	45	24	81
SAMSUNG ELECTRONICS	388	422	121	689	278	238	26	82	63	219
TOYOTA MOTOR	737	431	40	626	140	543	18	19	16	71
FUJITSU	965	530	141	241	103	215	64	13	61	33
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE	377	107	97	1	2	2	21	4	18	0
AMAZON TECHNOLOGIES	460	278	242	222	134	3	2	313	45	126
GUANGDONG POWER GRID	893	171	30	1	3	22	20	2	9	4

Рис. 7. Экспансия правообладателей в родственные предметные области, по данным [31], количество действующих патентных семейств

Данные для топ-20 компаний-правообладателей патентных семейств в технологической области «IT-методы управления» характеризует ориентацию этих компаний на рынки Китая, Соединённых Штатов, Японии, Кореи, европейских стран, Индии и ряда других стран (рисунок 8).

	КНР	США	Япония	Корея	ВО	ЕП	Индия	Тайвань	Канада	Австралия	Бразилия	Сингапур	Мексика	Россия
SGCC - STATE GRID CORPORATION OF CHINA	9668	43	3	4	100	4	1	0	1	8	1	0	0	0
BANK OF CHINA	4146	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IBM	638	4085	381	127	461	120	55	157	102	70	18	11	9	2
TENCENT TECHNOLOGY SHENZHEN	3674	602	150	115	605	102	69	62	18	6	20	39	12	21
MICROSOFT TECHNOLOGY LICENSING	1770	3595	786	799	2249	1796	1055	357	407	364	440	134	318	430
ALIBABA HOLDING	2426	471	263	49	976	179	37	810	2	4	3	46	1	6
HITACHI	387	803	2662	52	774	298	124	44	13	36	14	52	3	0
INDUSTRY & COMMERCIAL BANK CHINA	2704	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NEC	204	1144	2275	27	1611	237	57	40	5	12	10	34	4	5
CHINA CONSTRUCTION BANK	2602	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0
GOOGLE	1039	2423	557	590	1526	1062	504	19	361	399	144	7	10	13
ADVANCED NEW TECHNOLOGIES	2467	921	396	377	940	633	442	730	153	170	80	716	78	80
STATE GRID CORPORATION OF CHINA	2484	11	1	1	23	0	0	0	0	4	0	0	0	0
YAHOO JAPAN	2	194	2412	2	8	2	2	10	0	0	0	0	0	0
SAMSUNG ELECTRONICS	839	1783	195	1860	1223	997	552	30	44	121	53	25	23	69
TOYOTA MOTOR	1592	1783	2170	121	51	224	90	9	17	6	77	17	4	52
FUJITSU	224	869	2228	57	251	326	3	11	5	2	0	18	2	2
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE	2238	15	0	0	42	1	1	0	0	2	0	0	0	0
AMAZON TECHNOLOGIES	179	1926	185	35	346	217	121	0	117	35	9	30	4	6
GUANGDONG POWER GRID	1957	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Рис. 8. Экспансия на рынки: распределение правообладателей по офисам стран подачи заявок и регистрации патентов для технологической области «IT methods for management», по данным [31], количество действующих семейств

5.4. Взаимосвязь между национальным интеллектуальным капиталом и распространением в стране IT-методов управления. Рисунок 9 иллюстрирует справедливость высказанной нами гипотезы о возможности количественного подтверждения взаимосвязи между национальным интеллектуальным капиталом, и распространением в

стране IT-методов управления. Статистически значимая регрессионная зависимость выявлена нами для группы из 15 стран, входящих в топ стран по количеству действующих опубликованных в патентном офисе страны патентных семейств в технологической области «IT-методы управления» («IT methods for management»).

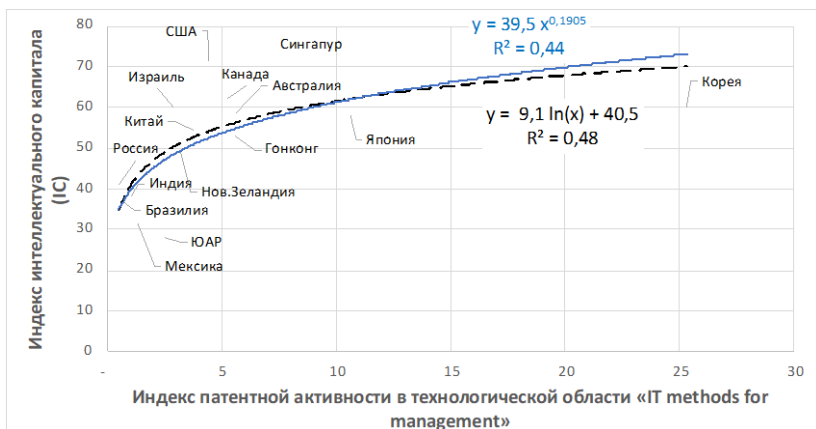


Рис. 9. Положительная взаимосвязь между интеллектуальным капиталом и патентной активностью. Размер пузырька пропорционален ВВП на душу населения в долларах США по паритету покупательной способности. Синим цветом выделены страны с высоким уровнем дохода по классификации Всемирного банка, зеленым – выше среднего, коричневым – ниже среднего

Взаимосвязи интеллектуального капитала и его элемента – человеческого капитала – от индекса патентной активности могут быть аппроксимированы зависимостями (при оценивании статистической значимости параметров регрессии и коэффициента корреляции получены $p\text{-value} < 0,01$):

$$IC = 9,1 \ln(x) + 40,5; R^2 = 0,475, \quad (12)$$

$$IC = 39,5 x^{0,1905}; R^2 = 0,442, \quad (13)$$

где IC – индекс интеллектуального капитала, x – индекс патентной активности, R^2 – коэффициент детерминации;

$$HC = 11,5 \ln(x) + 36,8; R^2 = 0,523, \quad (14)$$

$$HC = 35,479x^{0,244}; R^2 = 0,518, \quad (15)$$

где HC – индекс человеческого капитала, x – индекс патентной активности, R^2 – коэффициент детерминации.

Логарифмические регрессии (12) и (14) дают корректную интерпретацию для коэффициента детерминации как долю объясненной дисперсии зависимой переменной. Выражения (13) и (15) аналогичны полученным в [26]. Для выражений (13) и (15) значение степени при x может быть интерпретировано как эластичность индекса человеческого капитала по индексу патентной активности. Эластичность рассчитывается как относительное изменение зависимой переменной на единицу относительного изменения независимой переменной. Иными словами, при увеличении индекса патентной активности в 10 раз индекс человеческого капитала изменится в $10 \cdot 0,244 = 2,44$ раза.

Для рассмотренной группы стран максимальное значение x – индекса патентной активности в 48 раз больше минимального, а для индексов интеллектуально и человеческого капитала всего в 2,5 и 3,8 раза соответственно. Коэффициенты детерминации моделей (1) и (2) R^2 свидетельствуют, что около 50% дисперсии значений зависимых переменных объясняются зависимостью от x .

Более того, чем более развита экономика (ВВП на душу населения в долларах США по паритету покупательной способности), тем выше в ней уровень человеческого и интеллектуального капитала и выше уровень распространения IT-методов управления, и наоборот. Линия регрессии на рисунке 9 иллюстрирует эту довольно предсказуемую взаимосвязь между интеллектуальным капиталом и развитием.

Тем не менее, некоторые экономики не вписываются в эту модель. Они функционируют выше или ниже прогнозируемых моделью значений. На рисунке синим цветом выделены страны, с высоким уровнем дохода по классификации Всемирного банка. Именно эти страны, а также Китай, который относится к странам с доходом выше среднего уровня, демонстрируют более высокие взаимосвязанные значения индекса интеллектуального капитала и распространенности IT-методов управления. Страны с доходом выше среднего уровня, в которых достаточно широко распространены IT-методы управления демонстрируют более низкие значения индекса интеллектуального капитала, чем страны с высокими доходами. Интересен феномен экономики Индии, которая занимает 3-е место среди стран с уровнем дохода ниже среднего и имеет соизмеримые показатели развития интеллектуального капитала и распространения IT-методов управления со странами с уровнем дохода выше среднего.

5.5. Исследование лагов в зависимости национального интеллектуального капитала и распространения в стране IT-методов

управления. Для выявления лагов в зависимости национального интеллектуального капитала от патентной активности в области IT-методов управления проанализированы зависимости индекса интеллектуального капитала, определенного по данным за 2021 год для стран, от логарифма количества защищённых в стране действующих патентных семейств, для которых первая заявка была подана в каждый из годов 2017–2021. Выявлены значимые корреляции между логарифмами количества действующих патентных семейств для всех анализируемых годов первой подачи. Это является количественным подтверждением того факта, что страны – лидеры патентной активности сохраняют эту активность в течение достаточно долгого периода (рисунок 10). Для 2017 и 2018 годов выявлены статистически значимые корреляции между индексом интеллектуального капитала и логарифмом количества патентных семейств, а для 2019, 2020 и 2021 годов корреляции не значимы (строка 1 рисунка 10). Этот факт нельзя интерпретировать как свидетельство существования временных лагов, поскольку он может быть следствием меньшего объема выборки в 2019–2021 годах.

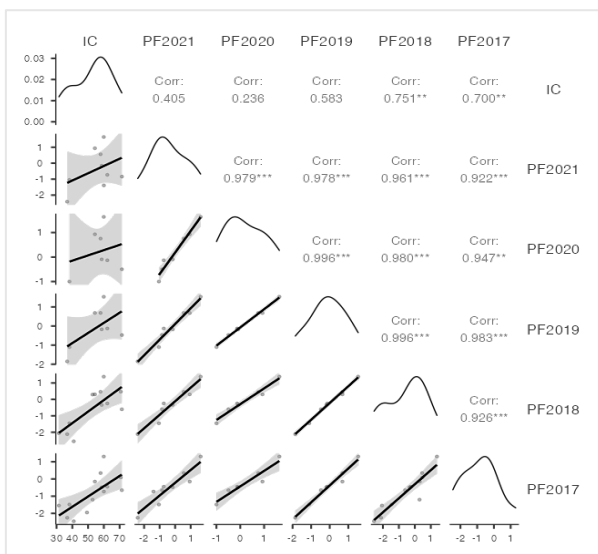


Рис. 10. Взаимосвязи между индексом интеллектуального капитала и патентной активностью: IC – индекс интеллектуального капитала за 2021 год, PF2017-PF2021 – логарифмы количества действующих патентных семейств, защищённых в стране, для которых первая заявка была подана в соответствующем году. Статистическая значимость: * p-value<0,05; ** p-value<0,01; *** p-value<0,001. Выполнено с использованием [33]

Таким образом, подтвердить или опровергнуть гипотезу о существовании временных лагов во влиянии патентной активности на интеллектуальный капитал не представляется возможным. Как было показано выше, наиболее информативным для анализа взаимовлияния является кумулятивный показатель патентной активности страны. Установлены статистически значимые регрессионные зависимости индекса интеллектуального капитала от логарифма количества действующих патентных семейств, для которых подача заявки была в 2017 и 2018 годах. Результаты регрессионного анализа представлены на рисунке 11. Соответствующие уравнения регрессии имеют вид:

$$IC = 8,2 \ln(x_{(2017)}) + 60; R^2 = 0,49, \quad (16)$$

$$IC = 8,0 \ln(x_{(2018)}) + 57; R^2 = 0,56. \quad (17)$$

Model Fit Measures							
Model	R	R ²	Overall Model Test				
			F	df1	df2	p	
1	0.69970	0.48957	11.510	1	12	0.00534	

Model Coefficients - IC							
Predictor	Estimate	SE	95% Confidence Interval		t	p	Stand. Estimate
			Lower	Upper			
Intercept	59.9911	3.1762	53.0706	66.912	18.8874	<.00001	
PF2017	8.2010	2.4173	2.9341	13.468	3.3926	0.00534	0.69970

а)

Model Fit Measures							
Model	R	R ²	Overall Model Test				
			F	df1	df2	p	
1	0.75060	0.56340	12.904	1	10	0.00491	

Model Coefficients - IC							
Predictor	Estimate	SE	95% Confidence Interval		t	p	Stand. Estimate
			Lower	Upper			
Intercept	57.2590	2.9123	50.7699	63.748	19.6609	<.00001	
PF2018	8.0200	2.2326	3.0455	12.994	3.5922	0.00491	0.75060

б)

Рис. 11. Параметры регрессионных зависимостей между индексом интеллектуального капитала и логарифмом количества действующих патентных семейств, защищённых в стране, для которых первая заявка была подана в: а) 2017; б) 2018 годах. Выполнено с использованием [33]

6. Заключение. Рассмотрены математические основания разделения компонентов интеллектуального капитала и технологий. На концептуальном уровне известно, что существует взаимовлияние интеллектуального капитала и технологических трендов. На сегодняшний день существует множество разработок по количественному оцениванию интеллектуального капитала с использованием двух-, трех-, пятикомпонентной модели его составляющих на микро- и макроуровне. Разработаны методы патентной аналитики для анализа технологических трендов. Тем не менее тема количественного оценивания взаимовлияния интеллектуального капитала и технологических трендов остается открытой для дальнейших научных изысканий, так как разработанные ранее методы и модели измерения и оценки интеллектуального капитала оказываются плохо применимыми для оценивания тенденций последнего десятилетия, отмеченного интенсивным развитием новых инфокоммуникационных и цифровых технологий.

В процессе исследования возможностей количественного оценивания взаимного влияния на макроуровне национального интеллектуального капитала и современных информационных технологий управления нами адаптированы существующие подходы к измерению интеллектуального капитала для измерения его на макроуровне с использованием открытых данных; определены по открытым патентным данным основные технологические тренды в области информационных технологий управления с использованием инструментария патентной аналитики; предложены статистические показатели, методика оценивания и проверены гипотезы о статистической значимости взаимовлияния интеллектуального капитала и информационных технологий управления.

На момент исследования в базе данных FAMPAT компании Questel, предоставляющей одно из ведущих платформенных решений Orbit Intelligence для патентной аналитики, содержалось 619 253 записей о действующих патентах и заявках в стадии рассмотрения для технологического сегмента «IT-методы управления» и 2 257 838 – для технологического сегмента «Компьютерные технологии». Сравнение этих областей по соотношению числа действующих патентов и заявок на рассмотрении позволило сделать вывод, что развитие IT-методов управления более востребовано, или/и эта область в настоящее время обладает большим потенциалом для развития.

В 2019 году количество патентных семейств на рассмотрении впервые с 2003 года превысило количество одобренных патентных семейств. Это произошло в результате сочетания двух факторов –

возрастания патентной активности и увеличения времени рассмотрения заявок.

Китай является лидером как страна публикации патентов. Из 619 253 действующих патентов в области «IT-методы управления» Китайский офис аккумулирует 54% патентов, США – 24%, Япония и Корея – по 15%. В офисах ВО и ЕР 14% и 8% соответственно. В России зарегистрировано менее 1% всех действующих патентов этой технологической области. Суммарное количество патентов по всем патентным офисам больше общего числа патентов в полтора раза, так как часть патентов зарегистрированы одновременно в нескольких патентных офисах.

В то же время, широко известный факт, что по совокупности патентов Китай является мировым лидером, подтвержден нами и дополнен выводом о том, что Китай публикуют меньше патентов в других странах, чем другие страны в патентном офисе Китая. Это свидетельствует о важности рынка Китая для мировой экономики знаний. Установлена нацеленность топ-20 компаний-правообладателей патентных семейств в технологической области «IT-методы управления» на рынки Китая, Соединённых Штатов, Японии, Кореи, европейских стран, Индии и ряда других стран.

Для технологической области «IT-методы управления» характерна следующая содержательная структура. Наиболее распространенными концепциями, являются концепции: обработка данных (data processing), бизнес (business), идентификация (identification), товары (commodity), перспективным направлением развития технологий является построение прогнозных моделей (prediction model).

Наиболее распространенные сочетания технологической области «IT-методы управления» с другими технологическими областями: автоматическое управление (control), цифровые коммуникации (digital communication), компьютерные технологии (computer technology), телекоммуникации (telecommunication) и метрология (measurement).

В процессе исследования подтверждена справедливость высказанной нами гипотезы о возможности установления количественной взаимосвязи между национальным интеллектуальным капиталом, и распространением в стране IT-методов управления. Статистически значимая регрессионная зависимость выявлена для группы из 15 стран, входящих в топ стран по количеству действующих опубликованных в патентном офисе страны патентных семейств в технологической области «IT-методы управления» («IT methods for

management»)). Регрессионная зависимость достаточно хорошо аппроксимируется линейной регрессией индекса интеллектуального капитала от логарифма индекса патентной активности страны в области IT-методов управления, что может быть интерпретировано как замедление роста индекса интеллектуального капитала при достижении определенного уровня патентной активности.

Установлено, что чем более развита экономика, тем выше в ней уровень интеллектуального капитала и выше уровень распространения IT-методов управления. Явными исключениями из этой закономерности являются Китай и Индия. Китай, который относится к странам с доходом выше среднего уровня, демонстрируют более высокие, чем страны его уровня экономического развития, взаимосвязанные значения индекса интеллектуального капитала и распространенности IT-методов управления. Индия, занимающая 3-е место среди стран с уровнем дохода ниже среднего, имеет соизмеримые показатели развития интеллектуального капитала и распространения IT-методов управления со странами с уровнем дохода выше среднего.

Дальнейшие направления исследования могут быть связаны с проверкой гипотез о возможности выявления предложенным методом количественных зависимостей между интеллектуальным капиталом и технологическим развитием. С этой целью, во-первых, необходима детализация выявленных зависимостей по кодам МПК и составляющим интеллектуального капитала, во-вторых, выявление зависимостей для других технологических областей.

Литература

1. Edvinsson L., Malone M.S. Intellectual capital: Realizing your company's true value by finding its hidden brainpower // New York: Harper Collins. 1997. 240 p.
2. Roos G., Roos J., Edvinsson L., Dragonetti N.C. Intellectual capital – Navigating in the new business landscape // New York University Press. 1997. 208 p.
3. Bontis N. Intellectual capital: An exploratory study that develops measures and models // Management Decision. 1998. vol. 36(2). pp. 63–76.
4. Petty R., Guthrie J. Intellectual capital literature review: Measurement, reporting and management // Journal of Intellectual Capital. 2000. vol. 1(2). pp. 155–176.
5. Mahmood T., Mubarik M. Balancing innovation and exploitation in the fourth industrial revolution: Role of intellectual capital and technology absorptive capacity // Technological Forecasting and Social Change. 2020. vol. 160. no. 120248.
6. Nunamaker J.F., Romano N.C., Briggs R.O. Increasing Intellectual Bandwidth: Generating Value from Intellectual Capital with Information Technology // Group Decision and Negotiation. 2002. vol. 11. pp. 69–86.
7. Edvinsson L. IC 21: reflections from 21 years of IC practice and theory // Journal of Intellectual Capital. 2013. vol. 14. no. 1. pp. 163–172.

8. Bontis N. Assessing knowledge assets: A review of the models used to measure intellectual capital // *International Journal of Management Reviews*. 2001. vol. 3(1). pp. 41–60.
9. Miller M., DuPont B.D., Fera V., Jeffrey R., Mahon B., Payer B.M., Starr A. Measuring and reporting intellectual capital from a diverse Canadian industry perspective: Experience, issues and prospects // *International Symposium Measuring and Reporting Intellectual Capital: Experience, Issues, and Prospects*, Amsterdam. 1999. pp. 9–11.
10. Bronzetti G., Sicoli G., Chiucchi M.S., Giuliani M. Intellectual Capital Measurement, Management, and Valuation (Eds.: Chiucchi M.S., Lombardi R., Mancini D.) // *Intellectual Capital, Smart Technologies and Digitalization Emerging Issues and Opportunities*. 2021. pp. 21–32.
11. Xu J., Shang Y., Yu W., Liu F. Intellectual Capital, Technological Innovation and Firm Performance: Evidence from China's Manufacturing Sector // *Sustainability*. 2019. vol. 11(19). no. 5328.
12. Xu J., Wang B. Intellectual capital, financial performance and companies' sustainable growth: Evidence from the Korean manufacturing industry // *Sustainability*. 2018. vol. 10(12). no. 4651.
13. Oner M., Aybars A., Cinko M., Avcı E. Intellectual Capital, Technological Intensity and Firm Performance: The Case of Emerging Countries // *Scientific Annals of Economics and Business*. 2021. vol. 68(4). pp. 459–479.
14. Li C.Y.-Y., Edvinsson L. National Intellectual Capital: A Comparison of 40 Countries // *Springer Science+Business Media*. 2011. 392 p.
15. Bartolini M., Lamboglia R., Lardo A. Intellectual Capital Disclosure and Information Systems, Smart Technologies and Digitalization (Eds.: Chiucchi M.S., Lombardi R., Mancini D.) // *Intellectual Capital, Smart Technologies and Digitalization: Emerging Issues and Opportunities*. 2021. pp. 47–58.
16. De Santis F., Esposito P. The Impact of Smart Technologies and Digitalization on Intellectual Capital (Eds.: Chiucchi M.S., Lombardi R., Mancini D.) // *Intellectual Capital, Smart Technologies and Digitalization. SIDREA Series in Accounting and Business Administration*. 2021. pp. 59–71.
17. Secundo G., Del Vecchio P., Dumay J., Passiante G. Intellectual capital in the age of Big Data: establishing a research agenda // *Journal of Intellectual Capital*. 2017. vol. 18. pp. 242–261.
18. Sokolov B.V., Yusupov R.M. Scientific basis of management and cybernetics methodologies integration // *Lecture Notes in Networks and Systems*. 2022. vol. 442. pp. 52–59.
19. Gorodetsky V., Yusupov R. Artificial intelligence at present and tomorrow // *Journal of Physics: Conference Series*. 2021. vol. 1864. no. 012002. pp. 1–11. DOI:10.1088/1742-6596/1864/1/012002.
20. Sokolov B.V., Okhtilev M.Y., Murashov D.A., Krylov A.V., Kofnov O.V., Stepanov P.V., Styskin M.M. Methodology and Technology for Use and Development of Information-Analytic Platform for Complex Object Life Cycle Proactive Control // *International Conference Cyber-Physical Systems and Control*. 2023. pp. 467–474.
21. Artificial Intelligence. *Technology Trends 2019* // WIPO. 2019. 158 p. Available at: https://www.wipo.int/tech_trends/en/artificial_intelligence/. (accessed 30.03.2023).
22. Deep Learning 2021. Patent Landscape // Questel. 2021. 51 p. Available at: <https://www.questel.com/wp-content/uploads/2021/11/2021-Deep-Learning-Patent-Landscape-short-report-.pdf>. (accessed 30.03.2023).
23. *Technology Trends 2019 Artificial Intelligence*. Data collection method and clustering scheme. Background paper. WIPO. 2019. 25 p. Available at:

- https://www.wipo.int/export/sites/www/tech_trends/en/docs/techrends_ai_methodology.pdf. (accessed 30.03.2023).
24. Cunha L., Cunha J.A., Matos F., Thomaz J.F. The Relationship Between Intellectual Capital and Information Technology: Findings Based on a Systematic Review // 7th European Conference on Intellectual Capital (ECIC). 2015. pp. 53–62.
 25. Romer P.M. Endogenous Technological Change // Journal of Political Economy. 1990. vol. 98. no. 5. pp. 71–102.
 26. Argente D., Baslandze S., Hanley D., Moreira S. Patents to Products: Product Innovation and Firm Dynamics. Working Paper 2020-4 // Federal Reserve Bank of Atlanta. 2020.
 27. Global Innovation Index 2022. What is the future of innovation-driven growth? 15th Edition. Editors: Soumitra Dutta, Bruno Lanvin, Lorena Rivera León and Sacha Wunsch-Vincent // WIPO. 2022. 266 p.
 28. Verzhilin D., Maximova T., Antokhin Y., Sokolova I. Integration of heterogeneous data in monitoring environmental assets // Cybernetics and Algorithms in Intelligent Systems: Proceedings of 7th Computer Science On-line Conference. 2018. vol. 3. pp. 176–185. DOI: 10.1007/978-3-319-91192-2_19.
 29. Verzhilin D., Maximova T., Skoryk, S., Sokolova I. Linking Remote Sensing Data, Municipal Statistics and Online Population Activity for Environmental Assessments in Urban Agglomerations // Digital Transformation and Global Society: 4th International Conference (DTGS). 2019. pp. 17–28.
 30. Maximova T.G., Zhang M. Regression Models of the Relationship Between Innovation Activity and Intellectual Capital. Economics. Law. Innovation. 2023. no. 1. pp. 15–26.
 31. Official site QUESTEL – ORBIT. Available at: www.orbit.com. (accessed 30.03.2023).
 32. Official site QUESTEL – ORBIT: Technologies. Available at: <https://static.orbit.com/orbit/help/1.9.8/en/index.html#!Documents/technologies.htm>. (accessed 30.03.2023).
 33. The jamovi project (2022). jamovi (Version 2.3) [Computer Software]. Available at: <https://www.jamovi.org>. (accessed 19.06.2023).

Соколов Борис Владимирович — д-р техн. наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, главный научный сотрудник, руководитель лаборатории, лаборатория информационных технологий в системном анализе и моделировании, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки "Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук" (СПб ФИЦ РАН). Область научных интересов: фундаментальные и прикладные исследования проблем комплексного моделирования и проактивного управления динамическими системами с перестраиваемой структурой, разработка математических моделей и методов поддержки принятия решений в сложных организационно-технических системах в условиях неопределенности и многокритериальности. Число научных публикаций — 560. sokolov.boris@inbox.ru; 14 линия В.О., 39, 199178, Санкт-Петербург, Россия; р.т.: +7(812)328-0103.

Верзилин Дмитрий Николаевич — д-р экон. наук, профессор, ведущий научный сотрудник, лаборатория информационных технологий в системном анализе и моделировании, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки "Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук" (СПб ФИЦ РАН); заведующий кафедрой, кафедра менеджмента и экономики спорта. Область научных интересов: моделирование процессов управления в сложных организационно-технических системах, моделирование, прогнозирование

и планирование развития социально-экономических систем (с использованием математико-статистического инструментария, методов многокритериального принятия решений), технологии имитационного моделирования. Число научных публикаций — 100. verzilindn@mail.ru; 14 линия В.О., 39, 199178, Санкт-Петербург, Россия; р.т.: +7(812)328-0103.

Максимова Татьяна Геннадьевна — д-р экон. наук, профессор, факультет инфокоммуникационных технологий, Университет ИТМО. Область научных интересов: моделирование и прогнозирование социально-экономических процессов и систем, системный анализ, информационные технологии в экономике и социальной сфере, статистический анализ данных, статистика, управление организационными системами, экономика инноваций. Число научных публикаций — 135. maximovatg@gmail.com; Кронверкский пр., 49А, 1971018, Санкт-Петербург, Россия; р.т.: +7(921)346-7239.

Чжан Минь — аспирант, факультет технологического менеджмента и инноваций, Университет ИТМО. Область научных интересов: системный анализ, измерение и исследование человеческого капитала, оценивание инновационной активности высокотехнологичных предприятий. Число научных публикаций — 9. zhangmin.zhm@gmail.com; Кронверкский пр., 49А, 1971018, Санкт-Петербург, Россия; р.т.: +7(964)366-8068.

Поддержка исследований. Исследование выполнено при финансовой поддержке Университета ИТМО, тема НИР № 622150 «Разработка подходов к системному проектированию интеграции вузовской науки и бизнеса (пилотное исследование)». Исследования, выполненные по данной тематике, проводились в рамках бюджетной темы FFZF-2022-0004 «Методология и технологии многокритериального проактивного управления жизненным циклом существующих и перспективных интегрированных государственных и коммерческих информационно-управляющих и телекоммуникационных систем и сетей».

B. SOKOLOV, D. VERZILIN, T. MAXIMOVA, M. ZHANG
**MUTUAL INFLUENCE OF INTELLECTUAL CAPITAL AND
INFORMATION TECHNOLOGIES OF MANAGEMENT**

Sokolov B., Verzilin D., Maksimova T., Zhang M. **Mutual Influence of Intellectual Capital and Information Technologies of Management.**

Abstract. To date, there is a generally accepted idea of intellectual capital, and approaches have been developed to measure it at the micro and macro levels. Methods of patent analytics for the analysis of technological trends have been developed. At the conceptual level, it is known that there is a mutual influence of intellectual capital and technological trends, but there are no methodological developments for quantifying such influence using data from various sources. The purpose of the study was to quantify the mutual influence of national intellectual capital and modern management information technologies at the macro level. The mathematical foundations for the distinction of the components of intellectual capital and technologies were considered. The hypothesis about the statistical significance of the mutual influence of intellectual capital and management information technologies was confirmed. The dependence was approximated by linear regression of the intellectual capital index on the logarithm of the country's patent activity index in the field of IT management methods, which can be interpreted as a slowdown in the growth of the intellectual capital index when a certain level of patent activity is reached. It has been established that the more developed the economy, the higher the level of intellectual capital and the higher level of dissemination of IT management methods. China and India are clear exceptions to this pattern. China, which is an upper-middle-income country, demonstrates higher than the countries of its level of economic development, interconnected values of the index of intellectual capital, and the prevalence of IT-management methods. India, ranked 3rd among lower-middle-income countries, has commensurate rates of development of intellectual capital and the spread of IT-management methods with upper-middle-income countries. Further research may be related to testing hypotheses about quantitative relationships between intellectual capital and technological development via the proposed method. It is necessary to detail the identified dependencies by IPC codes and components of intellectual capital and identify dependencies for other technological areas.

Keywords: intellectual capital, information technologies of management, patent landscapes.

References

1. Edvinsson L., Malone M.S. Intellectual capital: Realizing your company's true value by finding its hidden brainpower. New York: Harper Collins. 1997. 240 p.
2. Roos G., Roos J., Edvinsson L., Dragonetti N.C. Intellectual capital – Navigating in the new business landscape. New York University Press. 1997. 208 p.
3. Bontis N. Intellectual capital: An exploratory study that develops measures and models. *Management Decision*. 1998. vol. 36(2). pp. 63–76.
4. Petty R., Guthrie J. Intellectual capital literature review: Measurement, reporting and management. *Journal of Intellectual Capital*. 2000. vol. 1(2). pp. 155–176.
5. Mahmood T., Mubarik M. Balancing innovation and exploitation in the fourth industrial revolution: Role of intellectual capital and technology absorptive capacity. *Technological Forecasting and Social Change*. 2020. vol. 160. no. 120248.

6. Nunamaker J.F., Romano N.C., Briggs R.O. Increasing Intellectual Bandwidth: Generating Value from Intellectual Capital with Information Technology. *Group Decision and Negotiation*. 2002. vol. 11. pp. 69–86.
7. Edvinsson L. IC 21: reflections from 21 years of IC practice and theory. *Journal of Intellectual Capital*. 2013. vol. 14. no. 1. pp. 163–172.
8. Bontis N. Assessing knowledge assets: A review of the models used to measure intellectual capital. *International Journal of Management Reviews*. 2001. vol. 3(1). pp. 41–60.
9. Miller M., DuPont B.D., Fera V., Jeffrey R., Mahon B., Payer B.M., Starr A. Measuring and reporting intellectual capital from a diverse Canadian industry perspective: Experience, issues and prospects. *International Symposium Measuring and Reporting Intellectual Capital: Experience, Issues, and Prospects*, Amsterdam. 1999. pp. 9–11.
10. Bronzetti G., Sicoli G., Chiucchi M.S., Giuliani M. Intellectual Capital Measurement, Management, and Valuation (Eds.: Chiucchi M.S., Lombardi R., Mancini D.). *Intellectual Capital, Smart Technologies and Digitalization Emerging Issues and Opportunities*. 2021. pp. 21–32.
11. Xu J., Shang Y., Yu W., Liu F. Intellectual Capital, Technological Innovation and Firm Performance: Evidence from China's Manufacturing Sector. *Sustainability*. 2019. vol. 11(19). no. 5328.
12. Xu J., Wang B. Intellectual capital, financial performance and companies' sustainable growth: Evidence from the Korean manufacturing industry. *Sustainability*. 2018. vol. 10(12). no. 4651.
13. Oner M., Aybars A., Cinko M., Avci E. Intellectual Capital, Technological Intensity and Firm Performance: The Case of Emerging Countries. *Scientific Annals of Economics and Business*. 2021. vol. 68(4). pp. 459–479.
14. Li C.Y.-Y., Edvinsson L. *National Intellectual Capital: A Comparison of 40 Countries*. Springer Science+Business Media. 2011. 392 p.
15. Bartolini M., Lamboglia R., Lardo A. Intellectual Capital Disclosure and Information Systems, Smart Technologies and Digitalization (Eds.: Chiucchi M.S., Lombardi R., Mancini D.). *Intellectual Capital, Smart Technologies and Digitalization: Emerging Issues and Opportunities*. 2021. pp. 47–58.
16. De Santis F., Esposito P. The Impact of Smart Technologies and Digitalization on Intellectual Capital (Eds.: Chiucchi M.S., Lombardi R., Mancini D.). *Intellectual Capital, Smart Technologies and Digitalization*. SIDREA Series in Accounting and Business Administration. 2021. pp. 59–71.
17. Secundo G., Del Vecchio P., Dumay J., Passiante G. Intellectual capital in the age of Big Data: establishing a research agenda. *Journal of Intellectual Capital*. 2017. vol. 18. pp. 242–261.
18. Sokolov B.V., Yusupov R.M. Scientific basis of management and cybernetics methodologies integration. *Lecture Notes in Networks and Systems*. 2022. vol. 442. pp. 52–59.
19. Gorodetsky V., Yusupov R. Artificial intelligence at present and tomorrow. *Journal of Physics: Conference Series*. 2021. vol. 1864. no. 012002. pp. 1–11. DOI:10.1088/1742-6596/1864/1/012002.
20. Sokolov B.V., Okhtilev M.Y., Murashov D.A., Krylov A.V., Kofnov O.V., Stepanov P.V., Styskin M.M. Methodology and Technology for Use and Development of Information-Analytic Platform for Complex Object Life Cycle Proactive Control. *International Conference Cyber-Physical Systems and Control*. 2023. pp. 467–474.
21. Artificial Intelligence. *Technology Trends 2019*. WIPO. 2019. 158 p. Available at: https://www.wipo.int/tech_trends/en/artificial_intelligence/. (accessed 30.03.2023).

22. Deep Learning 2021. Patent Landscape. Questel. 2021. 51 p. Available at: <https://www.questel.com/wp-content/uploads/2021/11/2021-Deep-Learning-Patent-Landscape-short-report-.pdf>. (accessed 30.03.2023).
23. Technology Trends 2019 Artificial Intelligence. Data collection method and clustering scheme. Background paper. WIPO. 2019. 25 p. Available at: https://www.wipo.int/export/sites/www/tech_trends/en/docs/techtrends_ai_methodology.pdf. (accessed 30.03.2023).
24. Cunha L., Cunha J.A., Matos F., Thomaz J.F. The Relationship Between Intellectual Capital and Information Technology: Findings Based on a Systematic Review. 7th European Conference on Intellectual Capital (ECIC). 2015. pp. 53–62.
25. Romer P.M. Endogenous Technological Change. *Journal of Political Economy*. 1990. vol. 98. no. 5. pp. 71–102.
26. Argente D., Baslandze S., Hanley D., Moreira S. Patents to Products: Product Innovation and Firm Dynamics. Working Paper 2020-4. Federal Reserve Bank of Atlanta. 2020.
27. Global Innovation Index 2022. What is the future of innovation-driven growth? 15th Edition. Editors: Soumitra Dutta, Bruno Lanvin, Lorena Rivera León and Sacha Wunsch-Vincent. WIPO. 2022. 266 p.
28. Verzin D., Maximova T., Antokhin Y., Sokolova I. Integration of heterogeneous data in monitoring environmental assets. Cybernetics and Algorithms in Intelligent Systems: Proceedings of 7th Computer Science On-line Conference. 2018. vol. 3. pp. 176–185. DOI: 10.1007/978-3-319-91192-2_19.
29. Verzin D., Maximova T., Skoryk, S., Sokolova I. Linking Remote Sensing Data, Municipal Statistics and Online Population Activity for Environmental Assessments in Urban Agglomerations. Digital Transformation and Global Society: 4th International Conference (DTGS). 2019. pp. 17–28.
30. Maximova T.G., Zhang M. Regression Models of the Relationship Between Innovation Activity and Intellectual Capital. *Economics. Law. Innovation*. 2023. no. 1. pp. 15–26.
31. Official site QUESTEL – ORBIT. Available at: www.orbit.com. (accessed 30.03.2023).
32. Official site QUESTEL – ORBIT: Technologies. Available at: <https://static.orbit.com/orbit/help/1.9.8/en/index.html#!/Documents/technologies.htm>. (accessed 30.03.2023).
33. The jamovi project (2022). jamovi (Version 2.3) [Computer Software]. Available at: <https://www.jamovi.org>. (accessed 19.06.2023).

Sokolov Boris — Ph.D., Dr.Sci., Professor, Honored scientist of the Russian Federation, Chief researcher, head of the laboratory, Laboratory of information technologies in system analysis and modeling, St Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences (SPC RAS). Research interests: fundamental and applied research on complex modeling and proactive control of dynamic systems with a reconfigurable structure, development of mathematical models and decision support methods in complex organizational and technical systems under uncertainty and multicriteria. The number of publications — 560. sokolov_boris@inbox.ru; 39, 14 line V.O., 199178, St. Petersburg, Russia; office phone: +7(812)328-0103.

Verzin Dmitry — Ph.D., Dr.Sci., Professor, Leading researcher, Laboratory of information technologies in system analysis and modeling, St Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences (SPC RAS); Head of the department, Department of Management and Sports Economics Lesgaft University. Research interests: modeling of management processes in complex organizational and technical systems, modeling, forecasting

and planning the development of socio-economic systems (using mathematical and statistical tools, methods of multi-criteria decision making), simulation modeling technologies. The number of publications — 100. verzilindn@mail.ru; 39, 14 line V.O., 199178, St. Petersburg, Russia; office phone: +7(812)328-0103.

Maximova Tatyana — Ph.D., Dr.Sci., Professor, Faculty of infocommunication technologies, ITMO University. Research interests: modeling and forecasting of socio-economic processes and systems, system analysis, information technologies in economics and social sphere, statistical data analysis, statistics, management of organizational systems, economics of innovation. The number of publications — 135. maximovatg@gmail.com; 49A, Kronverksky Av., 1971018, St. Petersburg, Russia; office phone: +7(921)346-7239.

Zhang Min — Postgraduate student, Faculty of technology management and innovation, ITMO University. Research interests: system analysis, measurement and study of human capital, evaluation of innovative activity of high-tech enterprises. The number of publications — 9. zhangmin.zhm@gmail.com; 49A, Kronverksky Av., 1971018, St. Petersburg, Russia; office phone: +7(964)366-8068.

Acknowledgements. This research is supported by ITMO University, No. 622150 «Development of approaches to system design for the integration of university science and business (pilot study)». The research described in this paper is partially supported by state research FFZF-2022-0004 "Methodology and technologies for multi-criteria proactive life cycle management of existing and prospective integrated state and commercial information management and telecommunication systems and networks".