

На правах рукописи



БАРМИН Максим Анатольевич

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРОГРАММНЫЕ
СРЕДСТВА ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ
ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ**

**Специальность 05.13.18 – математическое моделирование, численные ме-
тоды и комплексы программ**

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Пенза – 2016

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Пензенский государственный технологический университет» на кафедре «Прикладная информатика».

Научный руководитель – кандидат технических наук, профессор
Зубков Александр Федорович.

Официальные оппоненты: **Гарькина Ирина Александровна,**
доктор технических наук, профессор,
ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»,
профессор кафедры «Математика и математическое моделирование»;
Седельников Андрей Валерьевич,
доктор технических наук, доцент, ФГАОУ
ВО «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева», доцент кафедры
«Космическое машиностроение».

Ведущая организация – АО «Научно-производственное предприятия
«Рубин», г. Пенза.

Защита состоится 28 декабря 2016 г. в 14 часов на заседании диссертационного совета Д 212.337.01 на базе ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный технологический университет» по адресу: 440039, г. Пенза, пр. Байдукова / ул. Гагарина, д. 1а/11, корпус 1, конференц-зал.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Пензенский государственный технологический университет» и на сайте www.penzgtu.ru.

Автореферат разослан 16 ноября 2016 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета



Чулков Валерий Александрович

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Современный этап развития страны характеризуется высокой степенью использования профессиональных качеств человека в организации производства. Стабильность предприятия, рост эффективности его деятельности требуют повышения уровня его конкурентоспособности.

Конкурентоспособность производимых товаров и услуг достигается внедрением и использованием высокоэффективных методов организации процессов производства, созданием и применением организационно-управленческих механизмов и информационных систем, способствующих внедрению инноваций и повышению качества изделий. Поскольку решение данной многокритериальной задачи требует учета в комплексе множества разнородных факторов, то для обеспечения конкурентоспособности предприятия, выявления недостатков, разработки организационных и технических мер по их устранению и повышению на этой основе эффективности решений все чаще привлекаются методы математического моделирования.

Существующие методы оценки конкурентоспособности производственного предприятия практически не учитывают интеллектуальный потенциал и профессиональные навыки работников. Таким образом, возникает проблема корректной оценки конкурентоспособности производственного предприятия. Решение указанной проблемы заключается в поиске критериев оценки интеллектуального потенциала и профессиональных навыков работников, создании на базе принципов системного анализа, теории и практики математического моделирования математических методов определения интеллектуального капитала предприятия, разработки компьютерных программ и приложений, обеспечивающих на конкурсной стадии получение производственного заказа. Все вышеизложенное определяет актуальность темы диссертации.

Степень разработанности темы. Применение новых технологий, инновационных подходов к организации производства предполагает наличие кадровых ресурсов с соответствующим уровнем подготовки. Поэтому для достижения целей успешной деятельности менеджменту предприятия наряду с решением производственных и экономических вопросов необходимо уделять внимание развитию уровня человеческих ресурсов. Данному аспекту посвящены исследования ряда современных ведущих ученых. Так, в работах Х.А. Фасхиева предложена двухступенчатая модель управления конкурентоспособностью предприятия. Одной из ступеней в данной модели выступает уровень интеллектуального капитала предприятия, который, по сути, представляет уровень квалификации людских ресурсов. В работах зарубежных ученых (Д.К. Гэлбрейт, Э. Брукинг, К. Бродли, В.Л. Иноземцев, Б.Б. Леонтьев) раскрыта суть и представлены составы групп, характеризующие интеллектуальный капитал предприятия.

Анализ литературных источников показывает наличие различных подходов к определению численных показателей конкурентоспособности производственных предприятий. Однако общепринятой модели определения уровня конкурентоспособности предприятия пока не разработано. Существующие модели построены с допущениями, которые не всегда отражают существо и характеристики реальных процессов. В частности, в научных исследованиях слабо отражены вероятностная природа факторов, образующих интеллектуальный капитал предприятия, а также вопросы адекватного представления и математического моделирования процессов образования, поддержания и развития интеллектуального капитала производственных систем.

Целью диссертационной работы является разработка методов и средств математического моделирования, численных методов и компьютерных приложений, обеспечивающих процессы оценивания уровня интеллектуального капитала, основы конкурентоспособности производственного предприятия с учетом профессиональных качеств работающих.

Для достижения поставленной цели в диссертационной работе решаются следующие **задачи**.

1. Разработать метод математического моделирования интеллектуального капитала предприятия, определяющего его конкурентоспособность, учитывающую уровень человеческих ресурсов и их профессионализм.

2. Разработать численный метод оценки показателей профессионализма работников предприятия на основе теории функционального преобразования систем случайных величин, композиции их распределений.

3. Используя разработанный численный метод, создать алгоритм оценки уровня интеллектуального капитала производственного предприятия.

4. Обосновать интегральный критерий конкурентоспособности предприятия в конкурсе на получение производственного заказа, разработать методику его определения.

5. Разработать комплекс программ математического моделирования процессов оценивания показателей профессионализма работников предприятия и оценки уровня интеллектуального капитала предприятия.

Объект исследования – интеллектуальный капитал производственного предприятия как основа его конкурентоспособности при распределении производственного заказа частных предприятий и государственного заказа.

Предмет исследования – методы математического моделирования интеллектуального капитала производственного предприятия как основы его конкурентоспособности с учетом профессионализма кадровых ресурсов.

Методы исследования – методы системного анализа, теории вероятностей и математической статистики, теории математического моделирования систем, численные методы.

Научная новизна диссертационного исследования заключается в следующем.

1. Обоснован метод математического моделирования интеллектуального капитала предприятия, основанный на оценке кадрового ресурса и уровня профессионализма работников предприятия, что позволяет решить задачу определения конкурентоспособности предприятия на основе математического моделирования интеллектуального капитала предприятия при его участии в конкурсе на получение производственного заказа.

2. Разработан численный метод определения интегрального показателя профессионализма работников предприятия, отличающийся использованием функционального преобразования систем случайных величин, композиции их распределений и позволяющий формировать условия повышения конкурентных характеристик предприятия.

3. Разработаны алгоритмы численной оценки уровня интеллектуального капитала производственного предприятия, позволяющие количественно оценить профессионализм работников производства.

4. Обоснован интегральный критерий конкурентоспособности предприятия при участии его в конкурсе на получение производственного заказа, разработана методика его определения, позволяющая получить объективную оценку конкурентоспособности предприятия.

5. Разработан комплекс программ математического моделирования процессов оценивания показателей профессионализма работников предприятия и оценки уровня интеллектуального капитала предприятия.

Теоретическая ценность проведенного исследования заключается в том, что с использованием математического моделирования, разработки численных методов и алгоритмов, реализованных в виде комплекса программ, разработаны условия определения уровня интеллектуального капитала производственного предприятия, используемые в прогнозировании результатов конкурентных конкурсных мероприятий.

Практическая значимость работы состоит в том, что автоматизация процедур оценки конкурентных качеств предприятия позволяет выработать обоснованные решения в части повышения эффективности деятельности предприятия, оптимизировать структуру интеллектуального капитала в части формирования определяющих его факторов.

Внедрение результатов работы. Основные результаты, изложенные в диссертации, использованы:

– в ЗАО «ЦеСИС НИКИРЭТ», что позволило определить количественные характеристики конкурентоспособности предприятия, скорректировать планы работ отдельных его подразделений, определить задачи повышения конкурентоспособности и повысить качество подаваемых заявок на коммерческие тендеры по производству товаров и оказанию услуг;

– в ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» в учебном процессе кафедр «Математика» и «Прикладная информатика» при подготовке бакалавров и магистров по направлениям «Менеджмент», «Прикладная информатика» и «Автоматизация технологических процессов и производств».

Достоверность и обоснованность полученных в диссертационной работе результатов и сформулированных на их основе выводов обеспечивается строгостью математических выкладок, корректным использованием методологического аппарата математического моделирования, фундаментальных положений теории вероятности, экспериментальным подтверждением полученных теоретических результатов исследований.

Основные положения, выносимые на защиту.

1. Метод математического моделирования интеллектуального капитала предприятия, основанный на количественной оценке кадрового потенциала и уровня профессионализма работников предприятия.

2. Численный метод определения интегрального показателя профессионализма работников предприятия, основанный на использовании функционального преобразования систем случайных величин, композиции их распределений.

3. Алгоритмы численной оценки уровня интеллектуального капитала производственного предприятия, позволяющие количественно оценить профессионализм работников производства.

4. Интегральный критерий конкурентоспособности предприятия в конкурсе на получение производственного заказа и методика его определения, позволяющая получить объективную оценку конкурентоспособности предприятия.

5. Комплекс программ математического моделирования процессов оценивания показателей профессионализма работников предприятия и оценки уровня интеллектуального капитала предприятия.

Соответствие паспорту научной специальности. Диссертационное исследование соответствует паспорту специальности 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» по следующим пунктам: п. 1 – «Разработка новых математических методов моделирования объектов и явлений»; п. 4 – «Реализация эффективных численных методов и алгоритмов в виде комплексов проблемно-ориентированных программ для проведения вычислительного эксперимента»; п. 5 – «Комплексные исследования научных и технических проблем с применением современной технологии математического моделирования и вычислительного эксперимента».

Апробация работы. Основные положения диссертации и отдельные результаты исследований докладывались на IV Международной научно-практической конференции «Профессиональное образование: исторические традиции и современность» (Пенза, 2015), Международной научно-практической конференции «Информационные ресурсы и системы в экономике, науке, образовании» (Пенза, 2016), II Всероссийском научном форуме «Наука будущего – наука молодых» (Казань, 2016), Всероссийском форуме студентов, аспирантов и молодых ученых «Наука и инновации в технических университетах» (С-Петербург, 2016).

Публикации. По теме диссертационного исследования опубликовано 11 печатных работ автора, 7 из которых – в журналах, рекомендованных ВАК, 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Личный вклад автора. Все основные научные результаты, приведенные в диссертации и сформулированные в положениях, выносимых на защиту, получены автором лично. В работах, опубликованных в соавторстве, научному руководителю принадлежат формулировки постановок решаемых задач и определение цели исследования. Лично автором предложены численные алгоритмы, разработан комплекс программ для проведения вычислительного эксперимента, интерпретированы и обобщены полученные результаты, сформулированы выводы.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, четырех разделов, заключения и списка литературы из 141 наименования и 1 приложения. Работа содержит 136 страниц основного текста, 48 рисунков, 14 таблиц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** обоснована актуальность темы диссертационной работы, определена проблематика исследования, сформулированы цель и задачи работы, показана научная новизна, теоретическая и практическая ценность полученных результатов, отражена структура диссертации, перечислены основные положения, выносимые на защиту.

В **разделе 1** приведен обзор групп факторов и моделей представления конкурентоспособности производственного предприятия, анализ факторов, определяющих конкурентоспособность, рассмотрены этапы моделирования конкурентоспособности, математического описания уровня интеллектуального капитала производственного предприятия.

Отмечено, что производственные предприятия должны эффективно управлять материальными и техническими ресурсами производства, совокупностью факторов внутренней и внешней среды. Для достижения данной цели необходимо учитывать совокупный результат внутренних факторов трех групп:

- конкурентоспособность товаров/услуг;
- конкурентный потенциал предприятия;
- интеллектуальный капитал.

Для оценки уровня конкурентоспособности производственного предприятия вводится интегральный показатель – «коэффициент конкурентоспособности» – K_k . Значение K_k определяется как сумма факторов трех категорий в структуре конкурентоспособности производственного предприятия.

$$K_k = \alpha \cdot K_T + \beta \cdot K_{II} + \gamma \cdot Y_{ИК}, \quad (1)$$

где K_m – интегральный показатель конкурентоспособности товара или услуги; K_n – интегральный показатель конкурентного потенциала; $Y_{ИК}$ – интегральный показатель уровня интеллектуального капитала (УИК); α, β, γ – коэффициенты ценности (предпочтения) факторов (определяются с учетом условия $\alpha + \beta + \gamma = 1$).

Анализ моделей определения конкурентоспособности, показал, что уровень конкурентоспособности можно оценивать на основе сравнения с конкурентами по аналогично оказываемым услугам или видам товаров в том же рыночном сегменте, а можно и без конкурентов, проводя периодическое определение и регулирование уровня своей конкурентоспособности.

В моделях определения конкурентоспособности производственного предприятия заложен принцип: если результат полученных показателей оцениваемого предприятия качественно хуже, чем полученные в результате вычислений значения показателей конкурентов, то на каждом этапе разрабатываются предложения по корректировке значений факторов, происходит анализ ожидаемых результатов от данных корректировок и процесс повторяется.

Отмечено, что одной из основных категорий, максимально влияющих на значение коэффициента конкурентоспособности производственного предприятия, является значение УИК, а именно, уровень развития человеческих ресурсов определяет материальное, экономическое, организационное и технологическое развитие предприятия.

Рассмотренное математическое описание ИК (рисунок 1) показывает, что результатом реализации интеллектуального потенциала выступает добавленная стоимость за оцениваемый период. Определение УИК предприятия позволяет: выявить и поставить на балансовую стоимость все неосязаемые активы; определить группы и факторы ИК, резервы, разработать программы модернизации и развития; повысить уровень образования работников, их инновационную активность и научную деятельность, механизмы мотивации и стимулирования; внести коррективы в маркетинговое управление предприятием, более эффективно информировать инвесторов и потенциальных партнеров; более эффективно накапливать и развивать базу собственных знаний предприятия.

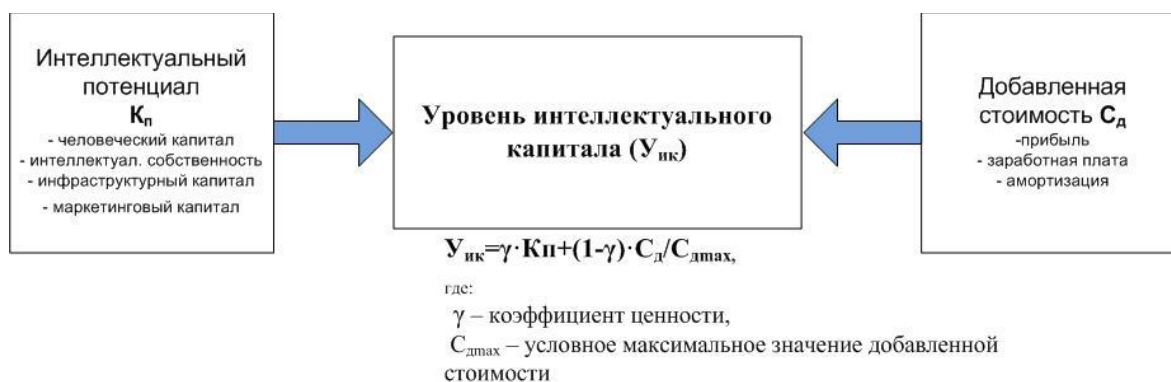


Рисунок 1 – Математическое описание интеллектуального капитала

Проведенный в работе анализ определения конкурентоспособности предприятий показал, что в настоящее время возрастает роль математического моделирования регулирования уровня конкурентоспособности предприятия, ориентированные на использование программных комплексов на ЭВМ.

В разделе 2 рассмотрены вопросы связи конкурентоспособности предприятия с параметрами интеллектуального капитала, обоснования определяющих ИК факторов, моделирования определения УИК производственного предприятия с учетом профессионализма его работников, определения конкурентоспособности предприятия как критерия его выбора для получения заказа.

Рассмотрена связь конкурентоспособности предприятия с параметрами ИК. Количественная величина УИК имеет значение в интервале $[0,1]$ и является случайной величиной непрерывного типа. Для установившегося периода развития предприятия показатели: K_m – интегральный показатель конкурентоспособности товара (услуги); K_n – конкурентный потенциал предприятия – можно считать постоянными.

Условие конкурентоспособности (1) в новых обозначениях принимает вид:

$$\begin{cases} K = A \cdot X + B, \\ B = \alpha \cdot K_T + \beta \cdot K_{\Pi} = const, \\ X = Y_{ИК}, \\ A = \gamma, \\ \alpha + \beta + \gamma = 1. \end{cases} \quad (2)$$

Примем, что случайная величина K является непрерывной функцией:

$$K = A \cdot X + B = f(X). \quad (3)$$

Известны функции $F_1(X)$, $f_1(X)$.

Необходимо определить характеристики случайной величины K

$$\begin{cases} F_2(K), \\ f_2(K). \end{cases} \quad (4)$$

Введем обратную функцию $X = \theta(K)$.

При появлении события $X < x$ обязательно появляется событие:

$$K < k = f(x). \quad (5)$$

Вероятности этих событий подчиняются условию:

$$\begin{cases} P(K < k) = P(X < x), \\ F_2(K) = F_1(\theta(k)). \end{cases} \quad (6)$$

При математическом моделировании исчерпывающих характеристик конкурентоспособности предприятия предполагается, что случайная величина X имеет нормальное распределение с функцией плотности:

$$f_1(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_x} \cdot e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{x-a_x}{\sigma_x} \right)^2}. \quad (7)$$

Функция плотности $f_2(k)$:

$$f_2(k) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}|A|\sigma_x} \cdot e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{K-B}{A} - a_x \right)^2} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}|A|\sigma_x} \cdot e^{-\frac{1}{2} \frac{(K-(A \cdot a_x + B))^2}{(A \cdot \sigma_x)^2}}. \quad (8)$$

Математическое ожидание:

$$a_k = A \cdot a_x + B. \quad (9)$$

Среднее квадратическое отклонение:

$$\sigma_k = |A| \cdot \sigma_x. \quad (10)$$

При определении конкурентоспособности производственной системы предполагается, что случайная величина K формируется определенным набором случайных величин-факторов X_i , $i = 1, \dots, n$:

$$K = f(X_1, X_2, \dots, X_n), \quad (11)$$

где X_i – случайные факторы, характеризующие систему.

От величины n зависит полнота описания поведения системы.

Для оценки УИК предприятия были определены 47 факторов, представленных в четырех группах: человеческие активы, инфраструктурные активы, интеллектуальная собственность, рыночные активы. Для более качественной оценки УИК предприятия в группу ИК «Человеческие активы» включен один из основных факторов, комплексно характеризующий составляющие компетенции (профессионализм) работника – фактор «вероятность выполнения производственной задачи с профессиональным уровнем не менее 80%».

Таблица 1 – Факторы интеллектуального капитала

Гр. ИК	Факторы ИК	Ед. изм.
Человеческие активы	1. Относительное количество работников с ВО	%
	2. Количество работников с учеными степенями	чел.
	3. Средний стаж работников предприятия	%
	4. Вероятность выполнения производственной задачи с профессиональным уровнем не менее 80%	%

	19. <i>Количество несчастных случаев на производстве</i>	чел.
Инфраструктур. активы	1. Наличие дорожной карты развития	1-да, 0-нет
	2. Наличие сертифицированной системы менеджмента качества	1-да, 0-нет

	11. <i>Относительное количество не автоматизированных рабочих мест</i>	%
Интел. активы	1. Количество патентов на изобретения	ед.
	2. Количество патентов на промышленные образцы	ед.

	8. <i>Количество потерянных секретов</i>	ед.
Рыночн. активы	1. Количество торговых марок	ед.
	2. Количество договоров на поставку	ед.

	9. <i>Количество судебных разбирательств</i>	ед.

Внутри группы определены факторы, с увеличением значений которых ИК предприятия повышается («прямые») и наоборот («обратные»). В таблице «обратные» факторы выделены курсивом.

Представим методику оценки УИК.

Определение индивидуальных значений факторов в группе:

- для прямых показателей:

$$z_{\Phi_i} = \frac{\Phi_i}{\Phi_{imax}}; \quad (12)$$

- для обратных показателей:

$$z_{\Phi_i} = \frac{\Phi_{imax} - \Phi_i}{\Phi_{imax}}. \quad (13)$$

Здесь Φ_{imax} – максимальное значение -ого фактора среди сравниваемых объектов, Φ_i – значение i -ого фактора для сравниваемых объектов.

Определение комплексных показателей ИК группы:

$$K_{гр.} = \frac{\left(\frac{z_{\Phi_1}}{2} + z_{\Phi_2} + z_{\Phi_3} + \dots + z_{\Phi_{(n-1)}} + \frac{z_{\Phi_n}}{2}\right)}{(n-1)}. \quad (14)$$

Определение интегральных показателей ИК с учетом весовых коэффициентов каждой из групп:

$$K_{ив} = \sum_{j=1}^m K_{гр.} \cdot \alpha_j, \quad (15)$$

где m – количество групп; α_j – вес группы, определяемый как отношение количества факторов группы, к общему количеству анализируемых факторов УИК.

Определение УИК предприятия:

$$Y_{\text{ИК}} = \varepsilon \cdot K_{\text{ИВ}} + (1 - \varepsilon) \cdot \frac{C_{\text{д}}}{C_{\text{дmax}}}, \quad (16)$$

где ε – коэффициент предпочтений лица принимающего решение (ЛПР); $C_{\text{д}}$ – добавленная стоимость (сумма фонда заработной платы, прибыли за определенный период); $C_{\text{дmax}}$ – условное максимальное значение для сравниваемых объектов. $C_{\text{дmax}}$ рассчитывается как среднегодовой уровень инфляции (при рассмотрении режима самодиагностики предприятия), I_i – уровень инфляции i -ого месяца:

$$C_{\text{дmax}} = C_{\text{д}} \cdot \frac{\sum_{i=1}^{12} I_i}{12}. \quad (17)$$

Определяем интегральный критерий конкурентоспособности предприятия, участвующего в конкурсе на получение заказа, с учетом коэффициента ε (предпочтения ЛПР).

Производственная система включает следующие уровни производств (см. таблицу 2), характеризующиеся временными параметрами:

- 1) t_p – время, отведенное на принятие решения об участии в конкурсе;
- 2) $t_{\text{д}}$ – время подготовки технической документации для участия в конкурсе;
- 3) t_c – время выполнения производственных операций в системе;
- 4) t_3 – время, требуемое на выполнение заказа;
- 5) t_0 – время, определенное в системе на выполнение заказа, вычисляемое выражением $t_0 = t_c - (t_p + t_{\text{д}})$.

Таблица 2 – Матрица временных условий

состояние	1	2	3	4	5
1	-	$P_{12}(t_p < t_c)$	-	-	$P_{15}(t_p \geq t_c)$
2	-	-	$P_{23}(t_p + t_{\text{д}} < t_c)$	-	$P_{25}(t_p + t_{\text{д}} \geq t_c)$
3	-	-	-	$P_{34}(t_0 \geq t_3)$	$P_{35}(t_0 < t_3)$
4	-	-	-	-	$P_{45}(t \geq t_0)$
5	$P_{51}(t \geq t_3)$	-	-	-	-

Определим интегральный критерий предпочтительности $K_{\text{пр}}$ получения заказа предприятием на выполнение работ. На основе гипотезы о показательном законе распределения времени вероятность P_4 , отвечающая непосредственно состоянию производства продукции, определяется по зависимости:

$$P_4 = \frac{t_c^2}{(t_{\text{д}} + t_c)(t_p + t_c)} \cdot \frac{t_0}{t_0 + t_3}. \quad (18)$$

где $(t_c, t_p, t_{\text{д}}, t_3, t_0)$ – факторы производства системы.

Введем обозначения:

$K_3 = \frac{t_3}{t_c}$ – коэффициент выполнения заказа;

$K_{\text{д}} = \frac{t_{\text{д}}}{t_c}$ – коэффициент подготовки документации; (19)

$K_p = \frac{t_p}{t_c}$ – коэффициент принятия решения об участии в конкурсе.

Время подготовки документации и оценки производственных факторов соизмеримы между собой, так как работы по данным операциям производятся одновременно, поэтому можно предложить гипотезу, что:

$$K_d = K_p. \quad (20)$$

Данная гипотеза позволяет определить интегральный критерий предпочтительности $K_{пр}$ получения заказа предприятием на выполнение работ:

$$K_{пр} = \frac{1-2K_p}{(K_p+1)^2(1-2K_p+K_3)},$$

$$\varepsilon = K_{пр},$$

$$Y_{ик} = \varepsilon \cdot K_{ип} + (1 - \varepsilon) \cdot \frac{C_d}{C_{dmax}}. \quad (21)$$

Показатель ε дает возможность лицу, принимающему решение, выбрать наиболее конкурентоспособное предприятие для получения заказа на выполнение работ.

Определение значений факторов групп производится на основе показателей деятельности предприятий.

Результаты вычисления индивидуальных значений факторов, комплексных показателей ИК, весового группового коэффициента представлено в таблицах 3–6. Результаты оценивания УИК представлены в таблице 7.

Таблица 3 – Группа «Человеческие активы»

ИК	Факторы ИК	А	Б	А1	Б1
Человеческие активы	1. Относительное количество работников с ВО	28,0	31,0	0,9032	1,0000
	2. Количество работников с учеными степенями	1	1	1,0000	1,0000
	3. Средний стаж работников предприятия	11,0	13,0	0,8462	1,0000
	4. Вероятность выполнения производственной задачи с профессиональным уровнем не менее 80%	50,0	70,0	0,7143	1,0000
	5. Относительное количество нарушений трудовой дисциплины	2,8	2,6	0,0000	0,0714

	19. Количество несчастных случаев на производстве	2	2	0,0000	0,0000
Групповой комплексный показатель $K_k[1,t], K_k[1,t_1]$				0,5672	0,6605
Весомость группы 0,404 . $K_{kg}[1, t], K_{kg}[1, t_1]$				0,2292	0,2668

Таблица 4 – Группа «Инфраструктурные активы»

ИК	Факторы ИК	А	Б	А1	Б1
Инфраструктурные активы	1. Наличие дорожной карты развития	1	1	1,0000	1,0000
	2. Библиотечный фонд предприятия	480	510	0,9412	1,0000
	3. Наличие единой системы электронного документооборота	0	1	0,0000	1,0000

	11. Относительное количество не автоматизированных рабочих мест	52	38	0,0000	0,2692
Групповой комплексный показатель $K_k[2,t], K_k[2,t_1]$				0,6038	0,9635
Весомость группы 0,234 . $K_{kg}[2, t], K_{kg}[2, t_1]$				0,1413	0,2255

Таблица 5 – Группа «Интеллектуальная собственность»

ИК	Факторы ИК	А	Б	А1	Б1
Интел. собств.	1. Количество патентов на изобретения	3	3	1,0000	1,0000
	2. Количество патентов на промышленные образцы	25	27	0,9259	1,0000

	8. Количество потерянных секретов	1	0	0,0000	1,0000
Групповой комплексный показатель $K_k[3,t], K_k[3,t_1]$				0,7492	0,8571
Весомость группы 0,170 . $K_{kg}[3, t], K_{kg}[3, t_1]$				0,1274	0,1457

Таблица 6 – Группа «Рыночные активы»

ИК	Факторы ИК	А	Б	А1	Б1
Рыноч. активы	1. Количество торговых марок	3	3	1,0000	1,0000
	2. Количество договоров на поставку	7	9	0,7788	1,0000

	9. Количество судебных разбирательств	1	1	0,0000	0,0000
Групповой комплексный показатель $K_k[4,t], K_k[4,t_1]$				0,6906	0,8375
Весомость группы 0,192. $K_{kg}[3, t], K_{kg}[3,t_1]$				0,1326	0,1608

Таблица 7 – Результаты оценивания УИК

Интегральный показатель ИК		
	Предприятие А	Предприятие Б
Интеллектуальный капитал с учетом весов	0,6304	0,7988
Добавленная стоимость, млн. руб.	430,4	465,7
УИК при значении $\varepsilon=0,50$	0,7773	0,8615

В таблицах 3–7 приведен пример расчета уровня ИК для различных факторов предприятий А и Б. В результате вычислений установлено, что УИК на предприятии Б (уровень профессионализма работников 70%) составляет 0,799, что на 26,71% выше показателя УИК предприятия А (уровень профессионализма работников 50%), который равен 0,630.

В разделе 3 даются описание функциональных преобразований случайных параметров при определении УИК, численный метод оценки сформированности профессиональных компетенций работников и методы определения показателей выполнения производственной задачи.

Математическое моделирование процесса обучения и сформированности компетенций (профессионализма) основано на определении исчерпывающих характеристик функционального преобразования системы двух случайных величин $Z = Z(X, Y)$: X – случайная величина количественной оценки знаний работника; Y – случайная величина уровня сформированности компетенций, профессиональных качеств работника.

Исчерпывающие характеристики:

$$\begin{aligned} F_1(x, y) & \text{ – функция распределения;} \\ f_1(x, y) & \text{ – функция плотности.} \end{aligned} \quad (22)$$

Рассмотрим случайные величины Z_1, Z_2 , которые являются функциями случайных величин X и Y :

$$\begin{cases} Z_1 = Y_1(X, Y), \\ Z_2 = Y_2(X, Y). \end{cases} \quad (23)$$

Это означает, что система (Z_1, Z_2) является функциональным преобразованием системы случайных величин (X, Y) .

Функциональное преобразование является однозначным, что соответствует условию:

$$\begin{cases} X = \theta_1(Z_1, Z_2), \\ Y = \theta_2(Z_1, Z_2). \end{cases} \quad (24)$$

$$f_2(z_1, z_2) = f_1(x, y) \cdot \frac{ds_{xy}}{ds_{z_1z_2}}. \quad (25)$$

Выражение $\frac{ds_{xy}}{ds_{z_1z_2}}$ является якобианом J преобразования координат.

Задача оценки сформированности профессиональных компетенций работников сводится к определению совместного влияния случайных величин: X – количественная оценка знаний работников; Y – уровень сформированности профессиональных компетенций – на вероятность появления случайной величины

$$Z = X + Y. \quad (26)$$

Случайная величина Z представляет собой систему двух случайных величин, которые могут иметь различные законы. Для распределения оценки взаимосвязи случайных величин (X, Y) необходимо определить исчерпывающие характеристики системы случайной величины Z .

Функции плотности случайных величин X, Y, Z .

$$f_1(x) = \frac{\rho}{\sqrt{\pi \cdot E_x}} \cdot e^{-\rho^2 \cdot \left(\frac{x-a_x}{E_x}\right)^2}, \quad (27)$$

$$f_2(y) = \frac{\rho}{\sqrt{\pi \cdot E_y}} * e^{-\rho^2 \cdot \left(\frac{y-a_y}{E_y}\right)^2}. \quad (28)$$

$$f(z) = \int_{-\infty}^{\infty} f_1(x) \cdot f_2(z-x) dx. \quad (29)$$

Для общего случая решения задач композиции случайных величин X, Y получим плотность распределения случайной величины Z :

$$F(x, y) = \int_{x_0}^x f_1(x) dx \int_{y_0}^y f_2(y) dy. \quad (30)$$

$$\Theta_k = P(x_0 \leq X \leq x_1, y_0 \leq Y \leq y_1). \quad (31)$$

Θ_k – вероятность уровня сформированности компетенции, обеспечивающей определенное значение профессионализма Y , при полученных значениях X .

Рассмотрим задачу определения Θ_k . Исходная информация для решения задачи:

$$\begin{cases} a_x = M(X) = X_0, \\ a_y = M(Y) = Y_0, \\ X_0 = 50, Y_0 = 50. \end{cases} \quad (32)$$

$$\begin{cases} \sigma_x = \frac{1}{3} X_0 = \frac{50}{3} \\ \sigma_y = \frac{1}{3} Y_0 = \frac{50}{3}. \end{cases} \quad (33)$$

$$\Theta_k = P(20 \leq X \leq 100, 50 \leq Y \leq 80). \quad (34)$$

Для решения можно использовать функцию Лапласа.

$$\begin{aligned} \theta(z) &= \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^z e^{-z^2} dz, \\ P(z_1 \leq X < z_2) &= \int_0^{z_2} \frac{1}{\sqrt{\pi}} e^{-z^2} dz - \int_0^{z_1} \frac{1}{\sqrt{\pi}} e^{-z^2} dz = \\ &= \frac{1}{2} (\theta(z_2) - \theta(z_1)), \\ \theta(-z) &= -\theta(z), \\ z_{xi} &= \frac{x_i - a_x}{\sqrt{2} \sigma_x}, \\ z_{yi} &= \frac{y_i - a_y}{\sqrt{2} \sigma_y}. \end{aligned} \quad (35)$$

Таблица 8 – Матрица расчетов Θ_k

Зн. Парам.	x_1	x_2	y_1	y_2	σ_x	σ_y	Z_{x1}	Z_{x2}	Z_{y1}	Z_{y2}	$\theta(Z_{x1})$	$\theta(Z_{x2})$	$\theta(Z_{y1})$	$\theta(Z_{y2})$
Случайн. величины X	20	100	0	0	50/3	0	-1,27	2,12	0	0	0,92751	0,99728	0	0
Случайн. величины Y	0	0	50	80	0	50/3	0	0	0	1,27	0	0	0	0,92751

$$\mathcal{E}_{k1} = P(20 \leq X \leq 100, 50 \leq Y \leq 80) = 0,45 (45\%). \quad (36)$$

$$\mathcal{E}_{k2} = P(20 \leq x < 100, 50 \leq y \leq 80) = 0,41(41\%). \quad (37)$$

\mathcal{E}_{k1} – случайные величины X, Y имеют нормальное распределение;

\mathcal{E}_{k2} – случайные величины имеют: X – нормальное распределение, Y – равномерное распределение.

Для определения вероятности уровня сформированности компетенций использовался пакет *MathCad*.

Задачу определения коэффициента предпочтительности получения заказа предприятием решим при условии, что каждая производственная система имеет три периода развития: ускоренный рост производства; стационарный режим работы; замедление производства.

Случайная величина T выполнения производственной задачи описывается законами распределения:

$$T = \begin{cases} 0 < t < \tau_{\text{п}} - \text{нормальный закон,} \\ \tau_{\text{п}} \leq t < \tau_{\text{в}} - \text{равномерный закон,} \\ \tau_{\text{в}} \leq t < \tau_{\text{к}} - \text{показательный закон.} \end{cases} \quad (38)$$

Вероятность по периодам определяется:

$$\begin{cases} P_1 = P_1(\tau_{\text{п}}, a_t, \sigma_t), \\ P_2 = P_2(\tau_{\text{п}}, \tau_{\text{в}}, a_t, \sigma_t), \\ P_3 = P_3(\tau_{\text{к}}, \tau_{\text{в}}, a_t, \tau_{\text{п}}, \sigma_t, \lambda). \end{cases} \quad (39)$$

где $\tau_{\text{п}}$ – время подготовки производственной задачи, $\tau_{\text{в}}$ – время окончания производства, $\tau_{\text{к}}$ – общее время работы системы, σ_t – среднее квадратическое отклонение времени, λ – математическое ожидание перехода к новому производству.

Случайная величина $T = T(\tau_{\text{п}}, \tau_{\text{в}}, \tau_{\text{к}})$ является композицией случайных величин $\tau_{\text{п}}, \tau_{\text{в}}, \tau_{\text{к}}$.

Задача выбора предприятия по выполнению конкретного заказа для времени $\tau_{\text{к}}$ решается на основе оптимизации:

$$\begin{cases} \tau_{\text{к}} = \tau_{\text{к за д.}}, \\ P(T < \tau_{\text{к}}) \rightarrow P(T < \tau_{\text{к}}) \max. \end{cases} \quad (40)$$

Таблица 9 – Расчетные значения коэффициента предпочтительности получения заказа $K_{\text{при}}$ различными предприятиями

N_i предприятие	1	2	3	4	5
K_{pi}	0,08	0,17	0,25	0,33	0,42
$K_{\text{при}} = \varepsilon_i$	0,66	0,46	0,31	0,18	0,08

Результаты таблицы показывают, что с увеличением K_{pi} количественные значения интегрального критерия предпочтительности заявки на выполнение работ $K_{\text{при}} = \varepsilon_i$ уменьшаются. При увеличении времени выполнения заказа t_3 интегральный критерий предпочтительности заявки на выполнение работ $K_{\text{пр}} = \varepsilon$ понижается. Предпочтительным для получения заказа лицом принимающим решения рассматриваются предприятия с $(K_{\text{пр}} = \varepsilon) \geq 50\%$.

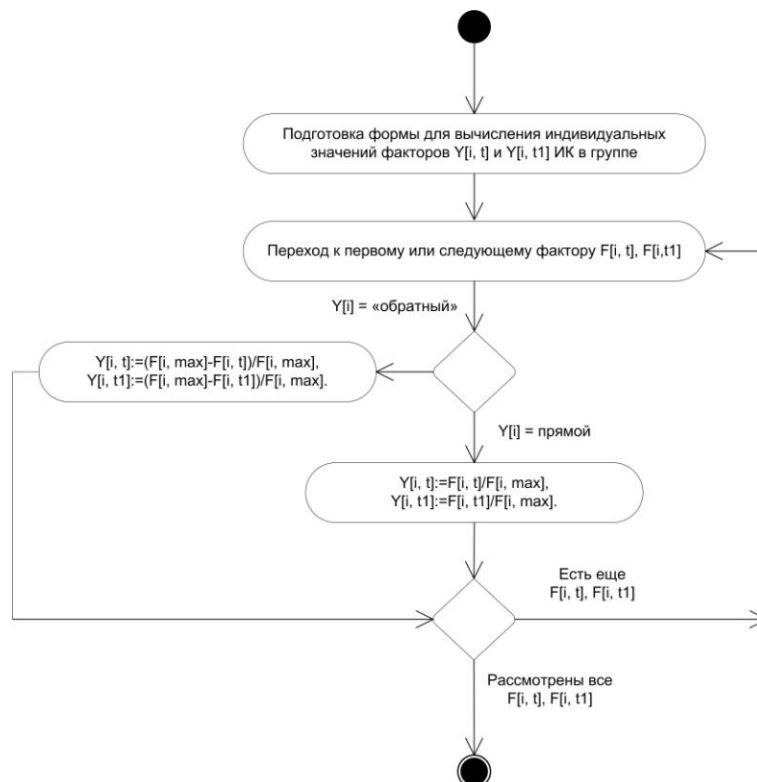
Коэффициент предпочтения принятия решения для получения заказа есть коэффициент ε – коэффициент предпочтения ЛПР, соответствующий интеллектуальному потенциалу, используемому при формировании УИК.

$$Y_{\text{ик}} = \varepsilon \cdot K_{\text{ип}} + (1 - \varepsilon) \cdot \frac{C_{\text{д}}}{C_{\text{дmax}}},$$

$$\varepsilon = K_{\text{пр}}. \quad (41)$$

В разделе 4 разработаны численные алгоритмы оценивания УИК (рисунок 2), на их основе разработан комплекс программ математического моделирования определения УИК предприятия, экранные формы которого приведены на рисунках 3, 4.

а)



б)

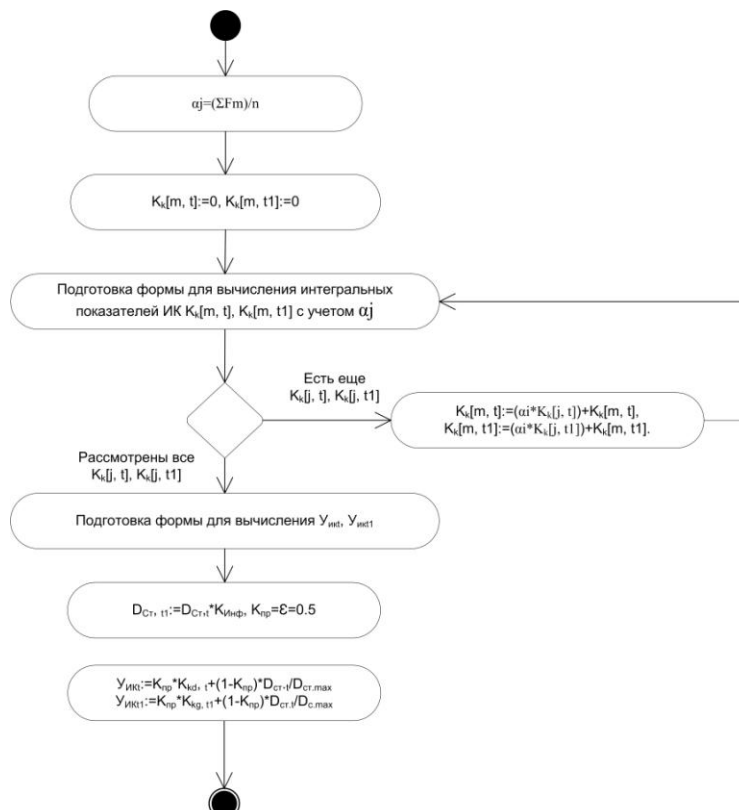


Рисунок 2 – Алгоритмы численного оценивания УИК:

- а) алгоритм вычисления индивидуальных значений факторов в группе (прямых, обратных);
- б) алгоритм вычисления комплексных показателей и групповых комплексных показателей с учетом весовых коэффициентов, вычисление уровня интеллектуального капитала

Алгоритм оценивания УИК в режиме самодиагностики предприятия заключается в периодическом сравнении своих показателей УИК во времени и включает следующие этапы:

- алгоритм определения входных параметров: ввод данных о предполагаемом количестве периодов оценивания, количестве и наименовании групп, наименование факторов каждой группы (с отнесением их к прямым и обратным), ввод значений факторов ИК каждой из групп;
- алгоритм вычисления индивидуальных значений факторов ИК в группе;
- алгоритм вычисления комплексных показателей ИК группы;
- алгоритм вычисления интегральных показателей ИК с учетом весовых коэффициентов. Определение УИК.

Разработанные методика оценивания УИК и численные алгоритмы послужили основой создания комплекса программных средств (программного обеспечения (ПО)) для определения характеристик конкурентоспособности производственного предприятия, который включает:

- модуль для определения входных параметров оценки УИК производственного предприятия;
- модуль для расчета количественных характеристик, формирующих конкурентоспособность производственного предприятия.

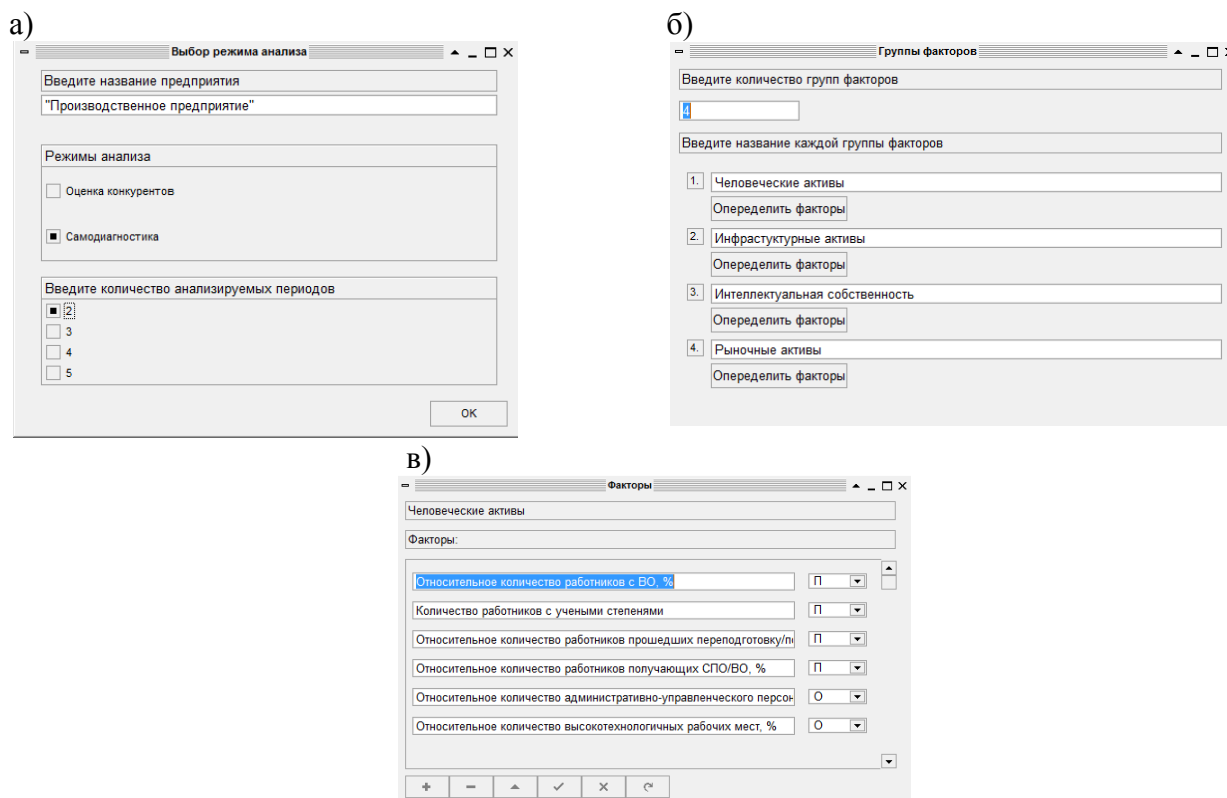


Рисунок 3 – Экранные формы входных данных комплекса программ:

- а) окно выбора режима и количества периодов оценивания; б) окно ввода количества групп, наименования каждой группы; в) окно формирования факторов группы (прямые и обратные)

а)

б)

Количество работников имеющих ноу-хау	3	3	1	1
Вероятность выполнения производственной задачи с профессиональным уровнем не менее 80%, %	45	70	0,6429	1
Относительное количество административно-управленческого персонала, %	39	38	0	0,0256
Относительное количество высокотехнологичных рабочих мест, %	23	20	0	0,1304
Количество больничных дней	841	720	0	0,1439
Относительное количество нарушений трудовой дисциплины	3,1	2,9	0	0,0645
Количество несчастных случаев на производстве	1	1	0	0
Относительная текучесть кадров	6,2	5,5	0	0,1129
Средний возраст работников	53	51	0	0,0377
Групповой комплексный показатель $Kk[1, t], Kk[1, t_1]$			0,5858	0,6665
Весомость группы 0,404. $Kkg[1, t], Kkg[1, t_1]$			0,2367	0,2692

в)

	Текущее значение	Плановое значение
Интеллектуальный потенциал с учетом весов, $Kk[m]$	0,6472	0,7983
Добавленная стоимость, млн. руб., Дст	480	532,8
УИК при значении $\varepsilon=0,50$, УИК	0,775	0,85

Рисунок 4 – Экранные формы результатов работы комплекса программ: а) окно данных для вычисления УИК; б) окно результатов вычислений индивидуальных значений факторов, комплексных показателей в группе, комплексного группового показателя с учетом весомости группы; в) окно результатов определения уровня интеллектуального капитала

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ

На основе проведенных исследований в диссертационной работе получены следующие результаты.

1. Разработан метод математического моделирования интеллектуального капитала предприятия, основанный на количественной оценке кадрового потенциала и уровня профессионализма работников предприятия, что позволяет реально оценивать конкурентоспособность предприятия при его участии в конкурсе на получение производственного заказа.

2. Разработан численный метод определения интегрального показателя профессионализма работников производственного предприятия и декомпозиционно-агрегатная методика оценки уровня интеллектуального капитала предприятия по группам:

- человеческие активы, с учетом нового фактора «вероятность выполнения производственной задачи с профессиональным уровнем не менее 80%» (19 факторов);
- инфраструктурные активы (11 факторов);
- интеллектуальная собственность (8 факторов);
- рыночные активы (9 факторов).

3. Разработаны алгоритмы численной оценки уровня интеллектуального капитала производственного предприятия, основанные на функциональных преобразованиях систем случайных величин и композиций их распределений, позволяющие количественно оценить профессионализм работников предприятия, с учетом сформированности компетенций на основе приобретенных знаний.

4. На основе математического моделирования построена матрица временных условий и этапов производства, определен интегральный критерий предпоч-

тельности $K_{\text{пр}} = \varepsilon$ получения заказа предприятием на выполнение работ. Коэффициент предпочтения принятия решения для получения заказа является коэффициентом ε предпочтения ЛПР, используемым при определении УИК производственного предприятия.

5. Обоснован интегральный критерий конкурентоспособности предприятия в конкурсе на получение производственного заказа и разработана методика его определения, позволяющая получить объективную оценку конкурентоспособности, учитывающую интеллектуальный уровень работников и их профессиональные навыки.

6. Разработан комплекс программ для вычисления характеристик конкурентоспособности производственного предприятия, который включает два модуля:

- модуль для определения входных параметров ИК производственного предприятия;
- модуль для расчета количественных характеристик, формирующих конкурентоспособность производственного предприятия.

7. Полученные с помощью комплекса программ значения уровня интеллектуального капитала предприятия после модернизации системы использования кадрового потенциала увеличились на 23,4%, с 0,647 (текущее значение) до 0,799 (плановое значение). Это стало возможным благодаря эффективному менеджменту и развитию интеллектуального капитала по четырем направлениям:

- человеческие активы (рост профессионального уровня работников, выполняющих производственные задачи с вероятностью не менее 80%, увеличение числа работников с высшим образованием, повышение уровня средней заработной платы);
- инфраструктурные активы (создание системы электронного документооборота, совместные с вузами базовые кафедры, сокращение количества неавтоматизированных рабочих мест);
- интеллектуальная собственность (увеличение количества патентов на интеллектуальную промышленную собственность);
- рыночные активы (увеличение числа постоянных клиентов и договоров на поставку продукции и услуг, увеличение числа дилеров, снижение числа потерянных клиентов).

Полученные результаты могут быть использованы в решении задач повышения конкурентоспособности предприятий, качества подаваемых заявок на конкурс, тендеры по производству товаров и оказанию услуг, выполняемых производственными предприятиями, в учебном процессе при подготовке бакалавров и магистров по направлениям «Менеджмент», «Прикладная информатика в экономике» и «Автоматизация технологических процессов и производств».

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК

1. Бармин, М.А. Вероятностная модель связи конкурентоспособности предприятия с параметрами интеллектуального капитала / М.А. Бармин // Вестник НГИЭИ. – 2016. – № 9 (64). – С. 155–161.
2. Бармин, М.А. Интеллектуальный капитал в оценке конкурентоспособности предприятия / М.А. Бармин // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс: Периодическое научное издание. – Пенза: Изд-во Пенз. гос. технол. ун-та, 2016. – № 03 (31). – С. 202–211.
3. Бармин, М.А. Информационная модель данных представления человеческого капитала промышленного предприятия // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс: Периодическое научное издание. – Пенза: Изд-во Пенз. гос. технол. ун-та, 2016. – № 03 (31). – С. 124–129.
4. Бармин, М.А. Кластерный и дискриминантный анализ региональных рынков страхования / М.А. Бармин, А.Ф. Зубков, В.Н. Деркаченко // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. – 2012. – № 1 (140). – С. 113–118.
5. Бармин, М.А. Математические модели в обучении специальным дисциплинам / М.А. Бармин, А.Ф. Зубков, В.Н. Деркаченко // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс: Периодическое научное издание. – 2014. – № 02 (18). – Т. 1. – С. 40–45.
6. Бармин, М.А. Математическое моделирование стабильности равновесия рынка / М.А. Бармин, А.Ф. Зубков, Н.В. Пономарева, Т.В. Захарова // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс: Периодическое научное издание. – 2013. – № 11 (15). – Т. 2. – С. 236–243.
7. Бармин, М.А. Моделирование получения заказа предприятием на конкурсной основе / М.А. Бармин, А.Ф. Зубков, Ю.С. Гусынина // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс: Периодическое научное издание. – 2015. – № 01 (23). – Т. 1. – С. 228–230.

Публикации в других изданиях

8. Бармин, М.А. Математическая модель кредитования малого предприятия / М.А. Бармин, А.Ф. Зубков, Н.В. Назарова // Образование в современной России. Проблемы и решения / Под науч. ред. В.И. Левина, 2014. – С. 60–77.
9. Бармин, М.А. Формирование интеллектуального капитала технического вуза / М.А. Бармин, Л.И. Найденова // Профессиональное образование: Исторические традиции и современность: сборник статей IV Международной научно-практической конференции. – Пенза: Приволжский Дом знаний, 2015. – С. 3–6.
10. Бармин, М.А. Анализ средств реализации на примере Microsoft SQL Server и Office Access / М.А. Бармин, Д.А. Завьялова // Разработка и внедрение автоматизированных систем: Сборник научных трудов секции Международной научно-практической конференции «Информационные ресурсы и системы в экономике, науке, образовании». – Пенза, 2016. – С. 82–86.

Зарегистрированные программы для ЭВМ

11. Свидетельство № 20056114996 РФ. Автоматизация учета и управления кадрами постоянного состава УНИВ, инженерных частей, учреждений и ВУЗов непосредственного подчинения / М.А. Бармин, Д.И. Карев, Д.Н. Коваленченко, Б.Г. Майоров, Г.Е. Кошарский. – № 2005610881; заявл. 25.04.2005; опубл. 20.06.2005.