

УДК 004.89
DOI 10.17513/snt.40211

КОНЦЕПЦИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ ИННОВАЦИОННЫХ ИТ-ПРОЕКТОВ

Надеждин Е.Н., Тихонов М.А.

ФГАОУ ВО «Российский государственный гуманитарный университет»,
Москва, e-mail: en-hope@yandex.ru, Tikhonov.99@yandex.ru

Целью исследования является обоснование концепции прототипа интеллектуальной информационной системы, предназначенной для информационно-аналитической поддержки решения задач экспертной оценки и выбора предпочтительного ИТ-проекта на конечном множестве альтернатив. В контексте общей проблемы прогнозирования научно-технологического развития России и анализа показателей технико-экономической эффективности инноваций в области нано-, био-, инфо- и когнитивных технологий показана роль инструментальных средств информационной поддержки экспертизы конкурсных ИТ-проектов. В основу предложенной авторами концепции интеллектуальной информационной системы положена клиент-серверная архитектура, отвечающая современным требованиям к перспективным системам поддержки принятия решений. На основе разработанной функциональной модели предметной области, представленной в нотации IDEF0, обоснован функционал прототипа интеллектуальной информационной системы. Определены структура и компонентный состав ее математического обеспечения с учетом особенностей задачи комплексной оценки конкурирующих ИТ-проектов по совокупности показателей эффективности. В информационной системе предлагается реализовать авторскую методику, использующую метод экспертных оценок, метод парного сравнения вариантов и алгоритмы относительной оценки и ранжирования ИТ-проектов по интегрированному показателю эффективности в виде линейной свертки взвешенных частных показателей. Разработка и практическое использование интеллектуальной информационной системы позволят сократить сроки и повысить объективность результатов экспертизы инновационных ИТ-проектов.

Ключевые слова: ИТ-проект, эффективность проекта, комплексная оценка, ранжирование, интеллектуальная информационная система, интегрированный показатель, свертка частных показателей

Работа выполнена в рамках проекта Российского государственного гуманитарного университета (Москва) «Информационно-аналитическая система для автоматизированного управления роем беспилотных летательных аппаратов специального назначения» (конкурс «Студенческие проектные научные коллективы Российского государственного гуманитарного университета»).

THE CONCEPT OF AN INTELLIGENT INFORMATION SYSTEM COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF INNOVATIVE IT PROJECTS

Nadezhdin E.N., Tikhonov M.A.

Russian State University for the Humanities, Moscow,
e-mail: en-hope@yandex.ru, Tikhonov.99@yandex.ru

The aim of the article is to substantiate the concept of a prototype of an intelligent information system designed for information and analytical support for solving problems of expert assessment and choosing a preferred IT project on a finite set of alternatives. In the context of the general problem of forecasting the scientific and technological development of Russia and the analysis of indicators of technical and economic efficiency of innovations in the field of nano-, bio-, info- and cognitive technologies, the role of instrumental means of information support for the examination of competitive IT projects is shown. The concept of an intelligent information system proposed by the authors is based on a client-server architecture that meets modern requirements for promising decision support systems. Based on the developed functional model of the subject area, presented in the IDEF0 notation, the functionality of the prototype of an intelligent information system is substantiated. The structure is determined and the component composition of its mathematical support is determined taking into account the specifics of the problem of a comprehensive assessment of competing IT projects based on a set of performance indicators. The information system proposes to implement the author's methodology using the method of expert assessments, the method of paired comparison of options and algorithms for relative assessment and ranking of IT projects by an integrated performance indicator in the form of a linear convolution of weighted private indicators. The development and practical use of the intelligent information system will reduce the time and increase the objectivity of the results of the examination of innovative IT projects.

Keywords: IT project, project efficiency, comprehensive assessment, ranking, intelligent information system, integrated indicator, summary of partial indicators

The work was carried out within the framework of the project of the Russian State University for the Humanities (Moscow) “Information and analytical system for automated control of a swarm of special-purpose unmanned aerial vehicles” (competition “Student project research teams of the Russian State University for the Humanities”).

Введение

Одним из характерных проявлений достижений научно-технической революции на этапе становления информационного общества является быстрое внедрение информационных и коммуникационных технологий (ИКТ) во все сферы нашей жизни. Высокие темпы социально-экономического развития России стимулируют повышенный общественный спрос на инновационные проекты в области информационных технологий (*далее* – ИТ-проекты), которые отвечают приоритетным задачам Национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации». Сегодня предпочтение отдается ИТ-проектам, которые в наибольшей степени удовлетворяют известным требованиям к перспективным информационным системам (конкурентоспособность, универсальность, масштабируемость, переносимость, адаптивность и др.), обладают высокой функциональностью при относительно низкой себестоимости и способны существенно повысить эффективность управления экономическими, социальными, технологическими и бизнес-процессами.

Современный ИТ-проект представляет собой универсальный наукоемкий продукт с большой добавочной стоимостью и является выгодным объектом для потенциальных инвестиций [1]. Уникальность ИТ-проектов проявляется, прежде всего, в их проблемной ориентации, в использовании гибкой архитектуры, в интеграции доступных информационных ресурсов и реализации математических методов и моделей, основанных на новейших достижениях в области ИКТ, прикладной информатики и искусственного интеллекта.

Создание конкурентоспособных отечественных ИТ-проектов связано с существенными затратами финансовых, интеллектуальных, информационных, вычислительных и других ресурсов и требует привлечения большого коллектива высококвалифицированных разработчиков, обладающих междисциплинарными профессиональными компетенциями [2]. В интересах преодоления актуальных научно-технических, социальных, гуманитарных и иных проблем одновременно разрабатываются несколько ИТ-проектов. Фирмы – разработчики прикладных ИКТ и ИТ-проектов участвуют в кастинге и представляют свои продукты и технические решения потенциальному заказчику (инвестору). Выбор предпочтительного ИТ-проекта на конечном множестве альтернативных вариантов неизбежно связан выполнением большого объема информационно-аналитических и экспертных работ, ориентированных

на сравнительный анализ ИТ-проектов по совокупности разнородных показателей эффективности. Возникает нетривиальная научно-техническая задача многокритериальной сравнительной оценки эффективности конкурирующих ИТ-проектов, которая в настоящее время не имеет стандартного решения [3].

Для количественной оценки и анализа проектов и инноваций в сфере ИКТ наряду с традиционными методами и инструментальными средствами системного анализа и исследования операций применяют методы теории полезности [3, с. 54], методы экономического анализа [4], методы экспертных оценок [5, 6], методы теории игр. В последние годы для прогнозирования системных показателей технико-экономической эффективности ИТ-проектов привлекаются методы и модели искусственного интеллекта [7]. Однако по-прежнему актуальной является задача создания специализированных информационных систем поддержки интеллектуальной деятельности специалистов, связанной с многокритериальным анализом и выбором перспективных проектных решений.

Целью исследования является обоснование концепции прототипа интеллектуальной информационной системы (ИИС), предназначенной для информационно-аналитической поддержки решения задач экспертной оценки и выбора предпочтительного ИТ-проекта на конечном множестве альтернатив.

Материалы и методы исследования

В процессе исследования предполагается, что конкурирующие (альтернативные) ИТ-проекты ориентированы на решение одной априорно известной проблемы и отвечают специфике заданной предметной области. В интересах конкретизации предметной области и структуризации проблемы выбора укажем, что в настоящей работе предметом исследования является задача комплексной оценки и ранжирования (по интегрированному показателю эффективности) конечного набора конкурирующих ИТ-проектов. Для корректности формального представления задачи выбора и создания предпосылок для проведения объективной экспертизы будем также полагать, что все представленные на конкурс ИТ-проекты относятся к гуманитарной сфере и каждый из проектов имеет полный набор унифицированной технической документации, в частности: заявку (на конкурс) установленного формата и полное техническое описание. Дополнительно авторы приняли условие, что конкурирующие проекты

отвечают общим системным требованиям единого технического задания (ТЗ). Указанное допущение определяет возможность для введения фиксированного подмножества частных показателей технико-экономической эффективности и унифицированной шкалы их оценки, что облегчает формализацию базовых процедур регистрации и обработки экспертных оценок и способствует повышению объективности результатов сравнительной оценки альтернатив.

Математическую постановку задачи выбора предпочтительного варианта ИТ-проекта можно представить как модель задачи дискретной оптимизации.

Пусть требуется определить:

$$x^* = \arg \max_{x \in D_x} F(x)$$

при условиях $\sum C \in C_x, H \cdot x \langle B, x \rangle 0$. (1)

Здесь $x^T = (x_1, \dots, x_s)$ – вектор управляемых системных переменных, характеризующих конкретное техническое решение; H – матрица коэффициентов; B – вектор граничных условий; $F^T = (F_1, \dots, F_n)$ – векторный показатель эффективности; C – потребляемые ресурсы; C_x – выделяемые ресурсы; D_x – область допустимых значений управляемых параметров.

В соответствии с математической моделью (1), задача выбора предпочтительного проекта заключается в нахождении такого множества допустимых параметров $x^* = (x_1^*, \dots, x_s^*)$ базового ИТ-проекта, при которых обеспечивается наибольший интегральный эффект $\max F(x)$ от практической реализации при ограничениях, накладываемых на используемые ресурсы $C(x)$. В рассматриваемой задаче необходимо сравнить конкурирующие ИТ-проекты между собой и с заданным опорным вариантом (проектом-прототипом) по интегральному показателю эффективности, представленному в виде свертки взвешенных частных показателей, и затем выполнить их ранжирование.

На практике модель задачи (1) не отвечает традиционной схеме конкурсного отбора и сравнительного анализа конкурирующих проектов. Уникальность реализованных и/или заявленных программно-аппаратных решений и вариативность управляемых параметров ИТ-проектов во многих случаях не позволяют свести исходную задачу выбора к численному решению тривиальной экстремальной задачи [3].

Предлагаемая авторами методика прогностической комплексной оценки и ранжирования конкурирующих ИТ-проектов

представляет собой способ реализации эвристического подхода к проблеме сравнительной оценки альтернатив, разработанного с учетом рекомендаций современной теории принятия решений в условиях многокритериальности [8]. Для преодоления математических трудностей, обусловленных учетом множества частных показателей эффективности, выбором шкалы их оценивания и неопределенностью исходных данных, авторы использовали методический подход, объединяющий метод экспертных оценок, метод парного сравнения вариантов и алгоритм скалярной свертки векторного показателя эффективности [9]. В целях снижения инструментальных ошибок в ходе решения задачи авторами реализована итерационная схема расчета весовых коэффициентов частных показателей [6].

Авторы рассматривают клиент-серверную модель архитектуры ИИС, в которой пользовательский интерфейс находится на рабочей станции, а ядро математического и программного обеспечения ИИС размещается на сервере корпоративной информационной сети. Отметим, что преобразование исходной информации и приобретенных знаний осуществляется через выполнение цепочки логически связанных процедур регистрации, предобработки и аналитического анализа экспертных оценок. В результате этих действий определяются веса частных показателей эффективности, и ИТ-проекты оцениваются на основе интегрированного показателя. Последующее ранжирование и формирование итогового отчета и рекомендаций осуществляются с привлечением сетевых информационных ресурсов в режиме интерактивного диалога с координатором конкурса.

Для обоснования функционала и структуры прототипа ИИС воспользуемся известными рекомендациями технологии функционального моделирования информационных систем с использованием диаграмм IDEF0 [10, с. 25].

На рисунке 1 показана контекстная диаграмма функциональной модели ИИС поддержки процесса комплексной оценки и ранжирования ИТ-проектов в нотации IDEF0.

При автоматизированном решении задачи выбора авторы выделяют категории исходных данных (рис. 1):

- 1) запрос на решение задачи комплексной экспертной оценки ИТ-проектов;
- 2) комплект технической документации по всем ИТ-проектам, представленной в унифицированном формате;
- 3) экспертные оценки, полученные при независимом опросе экспертов по схеме парного сравнения вариантов.

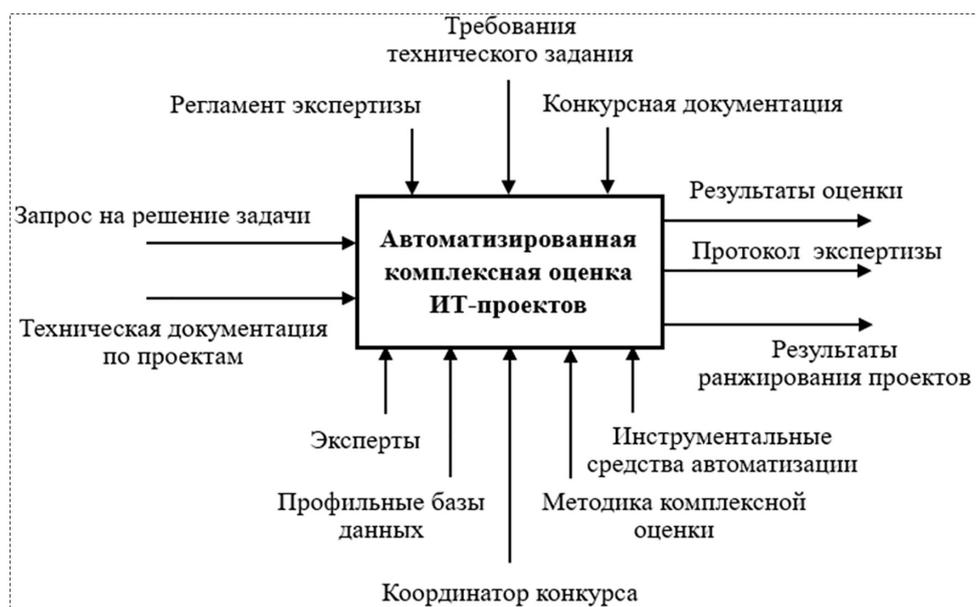


Рис. 1. Контекстная диаграмма функциональной модели ИИС

Выходными данными работы ИИС являются (рис. 1):

- 1) результаты (комплексной) оценки ИТ-проектов (по интегральному показателю);
- 2) результаты ранжирования (ИТ-проектов);
- 3) итоговый протокол экспертизы;
- 4) рекомендации.

Методологическую основу разработки ИИС как сложной человеко-машинной системы составляют базовые положения системного подхода. В соответствии с известными принципами системного подхода, авторская методика комплексной оценки и ранжирования ИТ-проектов включает следующие действия [8]:

- 1) анализ и декомпозицию предметной области в виде множества информационно связанных вычислительных и аналитических задач;
- 2) определение целевого назначения ИИС, обоснование обобщенного (интегрального) показателя и совокупности частных показателей ее эффективности;
- 3) совместное применение вычислительных и эвристических подходов, алгоритмов и процедур при определении оценки обобщенного (интегрального) показателя эффективности проекта;
- 4) привлечение экспертов для считывания в режиме диалога индивидуальных оценок и заполнения (обновления) базы знаний предметной области;
- 5) контроль со стороны координатора (администратора) конкурса проектов;
- 6) доступ к внешним информационным ресурсам и библиотекам, включая базу стан-

дартов, ГОСТов и других нормативных документов, базу патентных материалов и т.п.;

- 7) реализацию апробированной методики комплексной оценки ИТ-проектов и инструментальных средств автоматизации (процедур преобразования информации, расчетов и моделирования).

На рисунке 2 представлена IDEF0-диаграмма 1-го уровня, отражающая композицию контекстной диаграммы функциональной модели прототипа ИИС.

Ядро функционала прототипа ИИС составляют следующие задачи:

- подбор прототипа и отбор (множества) частных показателей (ЧП) эффективности;
- сравнение частных показателей и расчет их весовых коэффициентов;
- формирование рабочей выборки (подмножества) из состава элементов исходного множества ИТ-проектов;
- итерационная оценка частных показателей (эффективности);
- оценка интегрированного показателя (в виде скалярной свертки ЧП);
- ранжирование проектов (рабочей) выборки;
- документирование результатов (комплексной) экспертизы.

В интересах увеличения универсальности и расширения функциональных возможностей ИИС в ее структуре реализованы следующие инновационные идеи:

- использование в качестве опорного варианта (прототипа) ИТ-проекта реально существующей информационной системы аналогичного назначения с высокими технико-экономическими характеристиками;

- независимый опрос экспертов (по принципу парного сравнения вариантов) с последующим представлением качественных оценок в цифровом формате;

- итерационный подход к расчету весовых коэффициентов частных показателей эффективности ИТ-проектов;

- гибкая схема сравнительной оценки и ранжирования исходного множества ИТ-проектов на основе реализации процедуры формирования и обновления (в процессе перебора) подмножества (рабочей выборки) доминирующих проектных решений [6].

На рисунке 3 показана укрупненная структура прототипа ИИС, которая включает: базу данных, базу знаний, интерпретатор знаний, блок предобработки, блок комплексной оценки (эффективности ИТ-проекта), блок ранжирования проектов и интеллектуальный пользовательский интерфейс.

База данных обеспечивает хранение и обновление структурированных данных,

необходимых для поддержки функционирования интеллектуальной информационной системы.

База знаний выступает в качестве хранилища актуальных знаний предметной области, включая специальные знания, полученные при опросе экспертов.

Интерпретатор знаний поддерживает процедуры форматирования, нормирования и цифровизации качественных оценок, полученных от экспертов.

Блок предобработки обеспечивает реализацию итерационной процедуры расчета весовых коэффициентов частных показателей эффективности (ПЭ) на основе статистической обработки полученных экспертных оценок.

В блоке комплексной оценки осуществляется алгоритм вычисления интегрированного показателя эффективности ИТ-проекта как скалярной свертки взвешенных частных показателей эффективности.

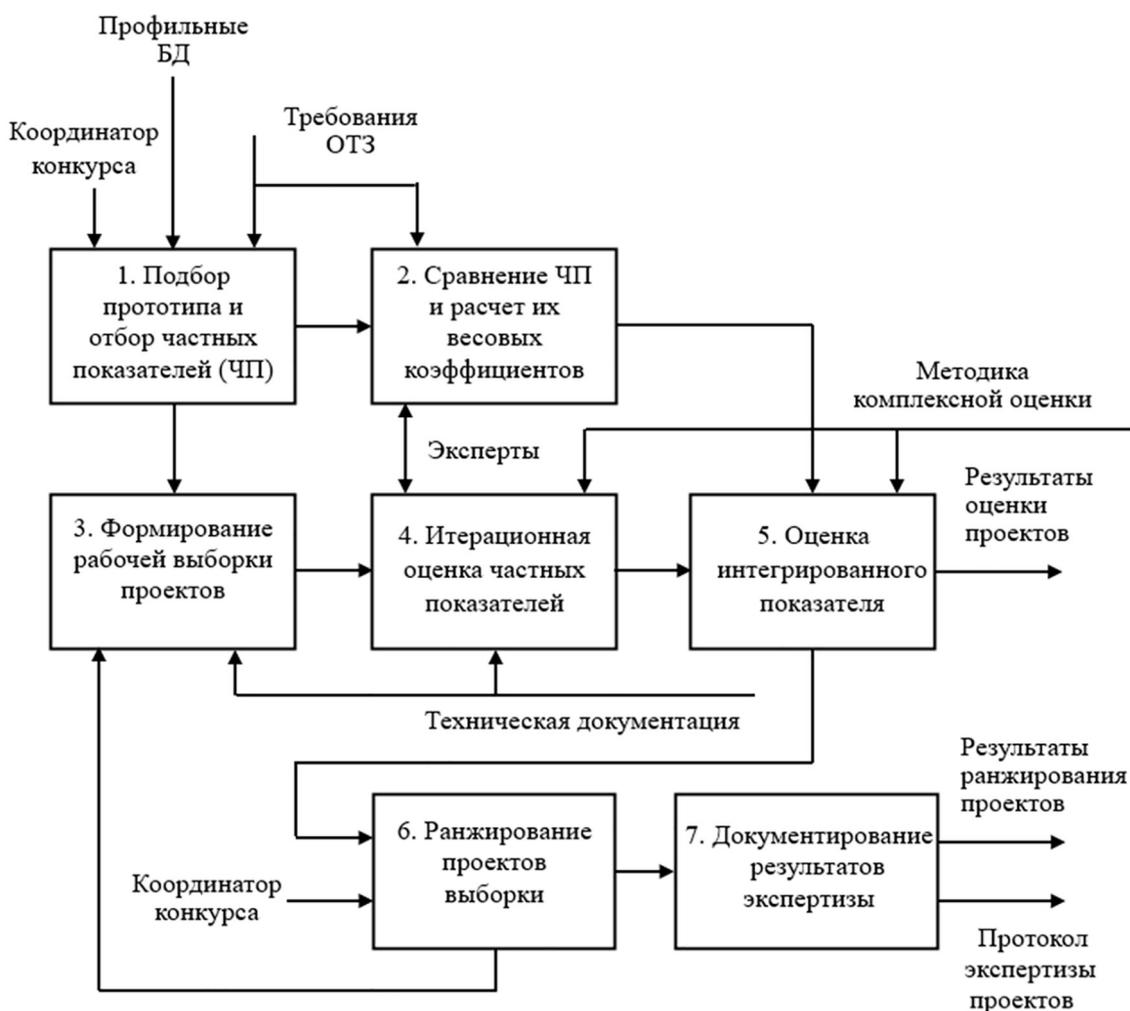


Рис. 2. Декомпозиция функциональной модели ИИС в виде IDEF0-диаграммы 1-го уровня

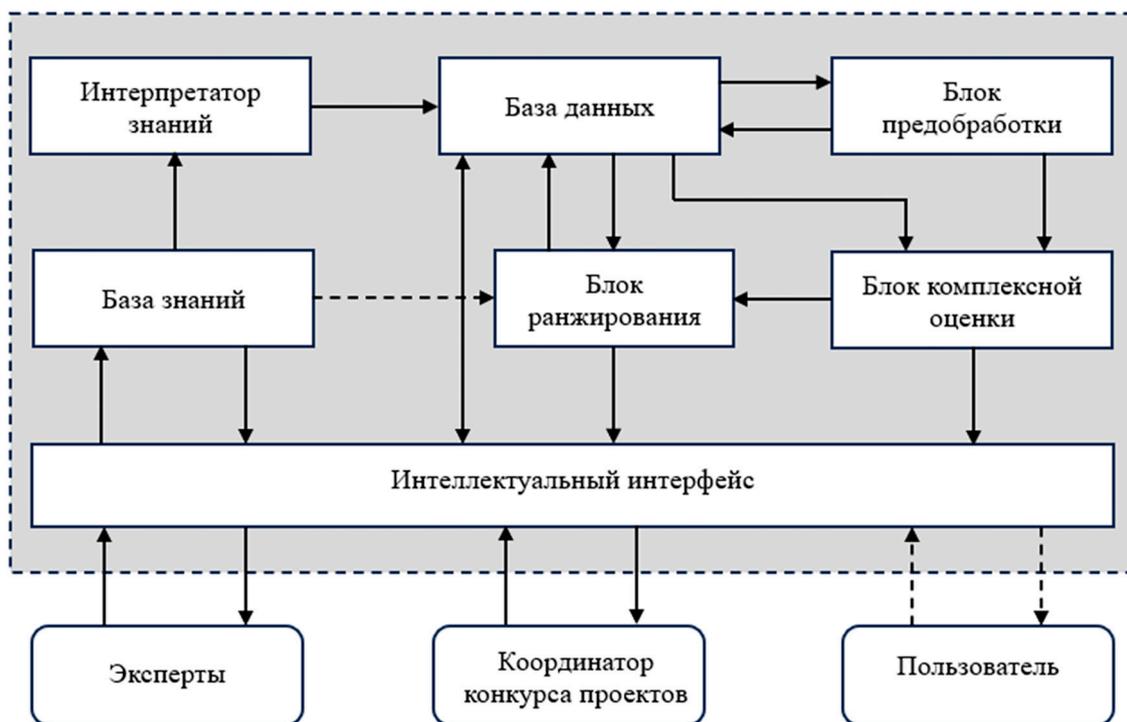


Рис. 3. Укрупненная структура интеллектуальной информационной системы

Блок ранжирования реализует алгоритм ранжирования по интегрированному показателю эффективности ИТ-проектов, представленных в рабочей выборке, и возвращает результаты их оценки в базу данных. Отметим, что в логике процедуры ранжирования предусмотрена возможность учета предпочтений координатора конкурса проектов (указанная связь блока ранжирования с базой знаний показана пунктирной линией).

Интеллектуальный пользовательский интерфейс обеспечивает сетевое взаимодействие пользователей и связь ИИС с внешними базами данных, функционально поддерживает в рамках априорно заданных прав ролевую модель работы трех групп пользователей: экспертов, координатора (администратора) конкурса проектов и собственно потенциальных пользователей (например, разработчиков ИТ-проектов). Дополнительными функциями интеллектуального интерфейса являются защита информационных ресурсов ИИС от несанкционированного доступа, визуализация и документирование результатов на всех стадиях комплексной оценки ИТ-проектов.

Результаты исследования и их обсуждение

Практическая значимость предлагаемой ИИС определяется сокращением сроков

и повышением уровня объективности прогностической комплексной оценки эффективности конкурсных ИТ-проектов, а также возможностью достижения гарантированной точности определения их рангов относительно заданного опорного варианта информационной системы.

Количество сравниваемых ИТ-проектов на основе применения ИИС не регламентируется. Однако на практике рекомендуется сопоставлять число ИТ-проектов от 3 до 15, что обусловлено особенностями реализованной итерационной схемы формирования рабочего множества вариантов и удобством интерпретации полученных результатов. Количество привлекаемых экспертов желательно выбирать нечетным в диапазоне 3...9. Число частных показателей эффективности, формирующих интегрированный показатель эффективности проекта (в виде взвешенной суммы частных показателей), рекомендуется выбирать в диапазоне 3...8.

Используемые модели, алгоритмы и процедуры, составляющие основу математического и алгоритмического обеспечения прототипа ИИС, многократно проверены на основе численного решения прикладных задач выбора вариантов в различных предметных областях: в образовании, в здравоохранении, в радиоэлектронике. Промежуточные результаты выполненного исследования и варианты реализации прототипа

ИИС апробированы в научных дискуссиях на профильных научно-технических конференциях и опубликованы в рецензируемых научных изданиях [6, 8].

Выводы

Предлагаемый проект прототипа ИИС информационно-аналитической поддержки решения задач комплексной экспертной оценки и ранжирования альтернативных ИТ-проектов обладает необходимым функционалом и имеет существенный инновационный потенциал для последующей модификации. Базовые компоненты математического и программного обеспечения прототипа ИИС выполнены на алгоритмических языках высокого уровня, успешно прошли тестирование и отвечают типовым требованиям, предъявляемым к современным информационным системам и их подсистемам (модульная организация, переносимость, масштабируемость, адаптивность и др.). Реализация предложенной авторами концепции с учетом полученного в ходе настоящего исследования научно-технического задела позволит создать рабочую версию ИИС, практическое использование которой даст возможность сократить сроки и повысить качество проведения комплексной экспертизы представленных на конкурс инновационных ИТ-проектов.

Список литературы

1. Николаенко В.С. Превентивный риск-менеджмент в ИТ-проектах // Государственное управление. 2016. № 55. С. 27-42.
2. Надеждин Е.Н., Шаранов Д.А., Шабалин О.В., Игнатенко И.А. К проблеме обеспечения конкурентоспособности программных продуктов отечественного производства // Известия Института инженерной физики. 2019. № 2. С. 43-47.
3. Брахман Т.Р. Многокритериальность и выбор альтернативы в технике. М.: Радио и связь, 1984. 288 с.
4. Краузе Р.П. Исследование методических подходов к оценке эффективности ИТ-проектов на предприятиях // Бизнес-образование в экономике знаний. 2020. № 3. С. 87-92.
5. Данелян Т.Я. Формальные методы экспертных оценок // Экономика, статистика и информатика. Вестник УМО. 2015. № 1. С. 183-187.
6. Надеждин Е.Н., Забелин Д.А. Экспертная оценка и ранжирование конкурирующих проектов информационно-коммуникационных систем // Известия Тульского государственного университета. Серия: Технические науки. 2016. № 4. С. 29-37.
7. Шиянов А.Д. Оценка эффективности ИТ-проектов с использованием технологий машинного обучения // Вестник науки. 2019. № 6 (15). С. 56-62.
8. Надеждин Е.Н., Забелин Д.А. Методика многокритериальной экспертной оценки и ранжирования конкурирующих проектов // Eurasian Union of Scientis. 2014. № 8. (Технические науки). Часть 8. С. 85-89.
9. Джабраилова З.Г., Нобари С.Р. Метод многокритериального ранжирования для решения задач управления персоналом // Искусственный интеллект. 2009. № 4. С. 130-137.
10. Черемных С.В., Семенов И.О., Ручкин В.С. Моделирование и анализ систем. IDEF-технологии: практикум. М.: Финансы и статистика, 2006. 192 с.