

БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

УДК 004.7

**АХМАД
Шокр**

**АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ СБОРА, АНАЛИЗА
И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ РЕСУРСОЕМКИХ
ПРОЕКТОВ ПРОМЫШЛЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

Автореферат диссертации
на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 05.13.06 – автоматизация и управление технологическими про-
цессами и производствами (промышленность)

Минск 2018

Работа выполнена в Белорусском национальном техническом университете.

Научный руководитель

РЫБАК Виктор Александрович,

кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой программного обеспечения сетей телекоммуникаций УО «Белорусская государственная академия связи»

Официальные оппоненты:

БЕРЕЗОВСКИЙ Николай Иванович,

доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой горных машин Белорусского национального технического университета;

ВИШНЯКОВ Владимир Анатольевич,

доктор технических наук, профессор, профессор кафедры информационных технологий Минского инновационного университета

Оппонирующая организация

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

Защита состоится «22» июня 2018 года в 14.00 на заседании совета по защите диссертаций К 02.05.01 при Белорусском национальном техническом университете по адресу: 220013, г. Минск, пр-т Независимости, 65, корп. 1, ауд. 202. Телефон ученого секретаря (+375 17) 293-95-64, e-mail: ngursky@bntu.by.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Белорусского национального технического университета.

Автореферат разослан « 17 » мая 2018 года.

Ученый секретарь
совета по защите диссертаций,
кандидат технических наук, доцент



Н. Н. Гурский

© Ахмад Ш., 2018

© Белорусский национальный
технический университет, 2018

КРАТКОЕ ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время уровень развития общества во многом обуславливается степенью использования и разработки информационных технологий. Во всех сферах жизнедеятельности человека с успехом используются персональные компьютеры, сетевые технологии, программное и информационное обеспечение.

Однако область рационального природопользования и охраны окружающей среды обладает рядом особенностей, основные из которых – нелинейность моделей, необходимость учета большого количества показателей, административно-командное управление, что в свою очередь существенно замедляет процесс внедрения стандартных, теоретически обоснованных и практически отработанных методов и средств.

Вместе с тем, необходимость инновационного развития Республики Беларусь требует, чтобы вновь создаваемые и модернизируемые производства были не только прибыльными, но и экологически безопасными, безотходными и энергоэффективными.

В рамках Государственной программы инновационного развития Республики Беларусь в настоящее время реализуется более тысячи проектов в различных отраслях народного хозяйства, однако среди отчетной статистики, собираемой для оценки их эффективности, полностью отсутствуют эколого-ориентированные параметры, хотя их научному обоснованию посвящено достаточное количество публикаций.

Разработкой и обоснованием параметров экологичности инновационных проектов занимались отечественные исследователи И.В. Войтов, М.А. Гатих, Л.С. Лис, В.А. Рыбак, однако вопросы создания автоматизированных средств для сбора, хранения, обработки и отображения предметных распределенных данных нуждаются в дальнейшем изучении и являются достаточно актуальными.

Существующие автоматизированные системы, например, АИС "Кадастры" обладают рядом особенностей, среди которых жесткая привязка к операционной системе, локальность, невозможность предоставления постоянного доступа удаленным пользователям, что затрудняет их эффективное использование.

Поэтому для решения проблемы анализа параметров экологичности инновационных проектов нами разработаны соответствующие научные методы и программные средства для автоматизации системы управления технологическим процессом сбора, хранения, обработки и отображения соответствующей распределенной информации. При этом в данной работе под технологическим процессом будем понимать упорядоченную последовательность взаимосвязанных действий, выполняющихся с момента возникновения исходных данных до получения требуемого результата.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Связь работы с крупными научными программами и темами. Тема диссертации соответствует п. 7.6 ("технологии развития информационного общества"), п. 8.1 ("устойчивое использование природных ресурсов и охрана окружающей среды") Приоритетных направлений научно-технической деятельности в Республике Беларусь на 2016-2020 годы, утвержденных Указом Президента Республики Беларусь от 22.04.2015 № 166 и п. 10 ("Экология и природопользование") Приоритетных направлений научных исследований Республики Беларусь на 2016-2020 годы, утвержденных Постановлением Совета Министров Республики Беларусь 12 марта 2015 г. № 190.

Цель исследования – разработка автоматизированной системы управления технологическим процессом сбора, анализа и прогнозирования параметров ресурсоемких промышленных проектов, и апробация ее элементов.

Для достижения поставленной цели были решены следующие основные задачи:

1. Провести анализ современных методов и средств обработки и отображения распределенной информации в области охраны окружающей среды для выявления актуальных и достоверных данных, используемых для промышленных проектов.

2. Разработать элементы технологии управления и обработки распределенной информации о параметрах ресурсоемких промышленных проектов.

3. Создать алгоритм автоматизации управления кадастрами природных ресурсов, являющимися основным источником данных о ресурсном потенциале.

4. Разработать алгоритм и программные средства для автоматизации расчета и анализа риска воздействия на здоровье населения загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, обусловленных выбросами промышленных объектов.

5. Разработать новый метод оптимизации вложения финансовых средств в природоохранные мероприятия для промышленных проектов на основании генетических алгоритмов.

6. Разработать новый метод прогнозирования параметров ресурсоемких проектов промышленного назначения, позволяющий учитывать экспертные оценки, представленные в нечетком виде.

7. Апробировать и внедрить элементы разработанной системы, состоящей из алгоритмов, методов и технологий на примере проектов Государственной программы инновационного развития Республики Беларусь.

Научная новизна:

1. Предложены элементы технологии управления и обработки параметров ресурсоемких проектов, отличающиеся выбором числовых оценочных коэффициентов, использованием web-технологий и алгоритмом сравнения проектов.

2. Разработан и реализован новый алгоритм автоматизации управления кадастрами природных ресурсов, отличающийся набором функций, включая географическую привязку природных ресурсов.

3. Предложен новый метод оптимизации вложения финансовых средств на основании генетических алгоритмов с оценкой размера популяции и обоснованием уровней вероятности скрещивания и мутации.

4. Разработан новый метод прогнозирования числовых рядов, позволяющий учитывать хронологические тенденции и значимость экспертных оценок, представленных в нечетком виде.

Положения, выносимые на защиту:

1. Элементы технологии управления и обработки распределенной информации о параметрах ресурсоемких проектов промышленного назначения и их программная реализация, основанная на многоуровневой декомпозиции информационных потоков, позволяющая определять различные требования к функциональному обеспечению пользователей, предоставлять им ранжированный доступ к базам данных, и сократить временные затраты при обработке данных для реализуемых проектов на 35-40 %.

2. Алгоритм автоматизации управления кадастрами природных ресурсов и его программная реализация, включающий возможность географической привязки ресурсов, позволяющий осуществлять сбор, хранение и обработку информации и предоставлять пользователям доступ к базам данных с повышенной производительностью (на примере БД "Водные ресурсы") и снижением трудовых затрат в 4-7 раз.

3. Алгоритм и программные средства автоматизации расчета и анализа риска воздействия на здоровье населения загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, обусловленных выбросами промышленных предприятий, позволяющие повысить эффективность работы профильных специалистов за счет снижения трудовых затрат в 3-7 раз.

4. Метод решения задач оптимизации вложения финансовых средств с использованием генетических алгоритмов, отличающийся способом кодирования исходных данных, оценкой размера популяции, обоснованием вероятностей скрещивания и мутации, позволяющий находить решение в 84,1 раза быстрее при погрешности 0,6 %.

5. Метод прогнозирования параметров ресурсоемких проектов промышленного назначения, основывающийся на выборе аппроксимирующей кривой с наибольшим значением величины достоверности и экспертной оценке, представляемых в виде нечетких множеств, позволяющий повысить адекватность экстраполяции и учесть неопределенность, обусловленную недостаточностью статистической информации для обоснованного применения вероятностных методов.

Личный вклад соискателя. При работе над диссертацией соискатель сотрудничал со своими коллегами по профилю исследований, что отражено в совместных публикациях, в которых автор претендует только на часть результатов.

Автор выражает признательность И.В. Войтову, М.А. Гатиху и В.А. Рыбаку за участие в выполненных исследованиях по разработке и обоснованию перечня экологических параметров инновационных проектов, позволившего автору разработать и внедрить актуальные автоматизированные средства распределенной обработки информации.

Апробация результатов диссертации. Основные результаты исследований и положения диссертации доложены и обсуждены на: XIV Белорусско-российской научно технической конференции «Технические средства защиты информации», Минск, 2016 г.; International Scientific Conference «Scientific achievements of the third

millennium», San Francisco (USA), 2016 г.; XXI Международной научно-технической конференции "Современные средства связи", Минск, 2016 г.

Опубликованность результатов диссертации. По результатам выполненных исследований опубликовано 12 работ, в том числе 1 монография, 7 статей в рецензируемых научных изданиях. 8 публикаций соответствуют пункту 18 Положения о присуждении ученых степеней и присвоению ученых званий в Республике Беларусь. Общее количество страниц опубликованного материала – 323 (25,1 авторских листа).

Структура и объем диссертации. Диссертация содержит перечень условных обозначений, введение, общую характеристику работы, пять глав, заключение, список использованных источников и два приложения. Полный объем диссертации составляет 158 страниц, в том числе 70 иллюстраций занимают 30 страниц, 13 таблиц – 15 страниц, 2 приложения – 18 страниц, список использованных источников (120 наименований) – 11 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе рассмотрены и проанализированы существующие методы и средства автоматизации обработки информации в области охраны окружающей среды и инновационного развития промышленных предприятий. Отмечено, что современный процесс управления природопользованием и охраной окружающей среды не относится к классу стандартных, теоретически обоснованных и практически отработанных автоматизированных процессов с использованием известных теоретических основ, принципов построения и технических средств, практикуемых в управлении технологическими процессами в любых областях промышленности, сельского хозяйства и т. д.

Показано, что существующие автоматизированные системы обработки данных не могут в полной мере быть использованы для решения поставленных задач. Вместе с тем, проведенный анализ позволил выделить необходимые методы и средства обработки и отображения распределенной информации, которые позволили осуществить разработку иерархической сетевой модели мониторинга параметров ресурсоемких проектов промышленного назначения, что дает возможность собирать, хранить, обрабатывать и представлять данные в требуемом пользователями виде.

Выполненные исследования позволили ограничить решаемую в диссертации задачу разработкой автоматизированной системы управления технологическим процессом сбора, анализа и прогнозирования параметров ресурсоемких проектов, которая будет использовать исходные данные, получаемые из кадастров природных ресурсов, с применением элементов искусственного интеллекта для оптимизации вложения финансовых средств в природоохранные мероприятия и прогнозирования рассматриваемых параметров.

Во второй главе описан процесс разработки и обоснования сетевой модели для обработки и отображения параметров ресурсоемких проектов с учетом системы мониторинга проектов в рамках Государственной программы инновационного развития Республики Беларусь (ГПИР РБ) и выделены основные потоки информации.

Проведенные исследования позволяют сделать вывод о том, что модель хранения и обработки данных о параметрах ресурсоемких проектов детерминирована следующими основными функциями объектов автоматизации: планированием и

контролем выполнения инновационных проектов по стадиям (этапам) их прохождения, объемам и источникам финансирования, объемам производства инновационной продукции по каждому инновационному проекту, в разрезе организаций, отраслей регионов, малых и средних городов; формированием сводных аналитических данных по выполнению запланированных мероприятий и показателей по кварталам и годам; формированием и систематизацией причины невыполнения мероприятий, показателей реализации инновационных проектов.

Практическая значимость разработки и внедрения автоматизированных средств мониторинга проектов заключается в том, что они позволят обеспечивать постоянный контроль за ходом реализации проектов на всех уровнях и принимать адекватные меры для повышения эффективности инновационной деятельности на уровне республики, отдельных отраслей и регионов.

Разработанная сетевая модель движения потоков информации позволяет осуществить автоматизацию основных функций мониторинга с использованием современных сетевых технологий с целью управления эффективностью реализуемых промышленных проектов.

В третьей главе описывается разработка программных средств автоматизации сбора и обработки распределенной информации кадастров природных ресурсов для представления актуальных данных о ресурсном потенциале для создания и реализации промышленных проектов. Одним из важнейших компонентов создаваемого приложения является многоцелевая база данных (БД). В рамках проектируемой системы она отличается достаточной сложностью, определяемой совокупностью большого набора баз данных кадастровой информации, большим количеством параметров и характеристик по различным аспектам состояния каждого из природных ресурсов, которые в совокупности определяют качественные, количественные и природопользовательские показатели состояния природно-ресурсного потенциала в административных регионах Республики Беларусь.

Многоцелевая база данных состоит из 11 кадастровых баз данных по отдельным природным ресурсам: БД 01 – водные ресурсы, БД 02 – земельные ресурсы, БД 03 – состояние атмосферного воздуха, БД 04 – климатические ресурсы, БД 05 – лесные ресурсы, БД 06 – растительные ресурсы, БД 07 – ресурсы животного мира, БД 08 – минерально-сырьевые ресурсы, БД 09 – торфяные ресурсы, БД 10 – сапропелевые ресурсы, БД 11 – отходы (вторичные ресурсы).

После того, как были определены компоненты многоцелевой базы данных, нами были определены основные задачи веб-сайта, разработка которого призвана автоматизировать процесс сбора, хранения, обработки и отображения соответствующих данных:

Первая задача: предоставить общую информацию о кадастрах природных ресурсов и организациях ведущих учет кадастров. Эта информация важна для посетителя, поэтому ее следует расположить на главной странице веб-сайта.

Вторая задача: публикация конкретной информации по каждому кадастру природных ресурсов. Решается созданием раздела Кадастры и 11 подразделов в соответствии с каждым из кадастров.

Третья задача: предоставить информацию о законодательстве в области учета кадастров природных ресурсов.

Четвертая задача: отображение оперативной информации, циркулирующей в структурах Минприроды Республики Беларусь.

Пятая задача: контактные данные. Для обратной связи пользователей с администратором разместим здесь форму обратной связи.

Проанализировав и обобщив эти данные, была разработана структура веб-сайта учета кадастров природных ресурсов.

Структура веб-сайта: «Главная страница» – общая информация о кадастрах; «Кадастры» – предметная информация о каждом из кадастров; «Законодательство» – сведения о законодательстве в области учета кадастров природных ресурсов; «Важная информация» – оперативная информация, циркулирующая в структурах Минприроды Республики Беларусь; «Контакты» – контактная информация, форма обратной связи.

В целом, разработка научных принципов сбора, хранения, обработки и отображения распределенной информации в области природных ресурсов и использование новейших инструментальных программных средств позволило создать надежный и доступный инструмент для автоматизации указанных процессов.

Разработанные новые методы и средства автоматизации ведения кадастров природных ресурсов, обладают повышенной производительностью, информационной надежностью и высокими эксплуатационными характеристиками распределенной обработки информации, обусловленные использованием новейших web-технологий, удаленным доступом и хранением предметных баз данных на специализированном сервере-хосте, что в совокупности повышает надежность системы и позволяет предоставить конечному пользователю постоянный дифференцируемый доступ без установления на рабочем месте специализированных инструментальных средств (СУБД).

В четвертой главе представлены результаты разработки и апробации информационного Интернет-портала для обработки и отображения параметров ресурсоемких проектов промышленного назначения. Целью разработки информационного Интернет-портала является необходимость повышения эффективности управления параметрами в рамках автоматизированной системы мониторинга распределенной информации Государственной программы инновационного развития Республики Беларусь.

Схема информационной структуры Портала изображена на рисунке 1.

Администрирование прав доступа осуществляется на странице Панели управления. Вход на данную страницу разрешен только с правами администратора.

Для управления основной аналитической страницей разработан раздел "Управление модулем статистика".

В данном разделе администратору предоставляется возможность просмотра и редактирования введенных статистических данных, названия столбцов, установления прав для просмотра определенных столбцов пользователям и гостям.

Введенную строку можно перевести в неактивное состояние, после чего она не будет отображаться на странице статистики, либо полностью удалить ее.

Поля в базе данных могут быть переименованы, скрыты, либо переведены в состояние не активных.

При значительном объеме информации предусмотрена возможность сортировать данные и отображать по 10 (20, 30, и т.д.) строк на странице.

Таким образом, разработанные и реализованные требования к Интернет-порталу позволяют обеспечить надежность и эффективность функционирования системы сбора, хранения, обработки и отображения распределенной информации о параметрах инновационных проектов.



Рисунок 1. – Схема информационной структуры Портала

Информационная и логическая структура Портала разработана с учетом поставленных задач и позволяет пользователям осуществлять обратную связь с Администратором, добавлять и редактировать новости, просматривать регламент и осуществлять статистическую обработку параметров инновационных проектов.

К новым научно-методическим принципам осуществления мониторинга эффективности ресурсоемких проектов относится, прежде всего, предложенный нами алгоритм сравнения параметров на уровне отраслей (с учетом существующих трех подуровней) с нормированием по среднему показателю, что позволяет осуществлять ранжирование данных от различных министерств и иных органов государственного управления.

Экономический эффект от использования разработанного инструмента достигается за счет сокращения временных и трудовых затрат на пересылку и обработку параметров ресурсоемких проектов. Практическая значимость, в том числе, выражается в возможности для организации сопоставления результатов как в динамике, так и по сравнению с другими пользователями Интернет-портала.

Таким образом, основными элементами предложенной технологии являются: схема (структура) информационных потоков, параметры ресурсоемких производств, аппарат-

но-программное обеспечение (включая сайт) для сбора, хранения, обработки и отображения данных, принципы сравнения промышленных производств.

В пятой главе изложены результаты анализа и прогнозирования параметров ресурсоемких проектов. Для решения задачи оптимизации вложения финансовых средств в природоохранные мероприятия разработан следующий метод на основе генетических алгоритмов.

Исходными данными являются оценки качества природных компонентов, подверженных антропогенному воздействию в подрайонах города, отражающие, например, загрязнение атмосферного воздуха, водных объектов, зеленых (лесных) насаждений, уровня шума, вибрации, радиационного загрязнения, объем отходов, и т.п. При этом очевидно, что стоимость приращения оценки (улучшения качества) для различных показателей существенно отличается.

Постановка задачи: Разработать оптимальный план вложения выделенных финансовых средств (S) на осуществление природоохранных мероприятий таким образом, чтобы эффект оказался максимальным (а сумма вложений – минимальной).

Для получения сопоставимых оценок для каждого из семи параметров (количество может изменяться) предлагается следующий алгоритм. Если известен диапазон, в рамках которого изменяется значение рассматриваемой характеристики, и имеется ее численное значение – приводим последнее к пятибалльной шкале, разделив весь отрезок на пять равных частей.

Если значение не известно – применяем экспертные оценки. При этом можно с использованием теории нечетких множеств оперировать лингвистическими переменными, переводя последние в четкий вид методом дефазификации. Полученные таким образом числовые значения также переводим в пятибалльные оценки. При этом приращение величины оценки на Δa считается одинаково полезным для улучшения качества для всех исследуемых характеристик, но, очевидно, имеет различную финансовую стоимость, обусловленную проведением соответствующих мероприятий. Стоимость изменения величин рассчитывается исходя из конкретных мероприятий и выражается, например, в условных единицах.

Для решения поставленной задачи воспользуемся модификацией классического ГА – генетическим микроалгоритмом. Разберем предложенный подход на конкретном примере.

Исходными данными для решения задачи оптимизации будут являться наборы чисел $(A_{j1}, B_{j1}; A_{j2}, B_{j2}; \dots A_{j7}, B_{j7})$, где j – номер зоны (подрайона); $A_{j1} - A_{j7}$ – показатели оценки различных характеристик природных компонентов; $B_{j1} - B_{j7}$ – стоимость приращения балльной оценки (улучшения качества на 1 балл) для перечисленных показателей.

Формулировка модели:

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M A_{ji} \cdot B_{ji} \rightarrow \min,$$

при ограничениях: $A_{ji} \in [1..5]$; $B_{ji} > 0$; $B_{ji} \leq S$,

где M – количество подрайонов;

N – количество учитываемых показателей.

Для решения задачи нахождения наиболее оптимального плана вложения средств в мероприятия в качестве функции приспособленности будем использовать стоимость затрат.

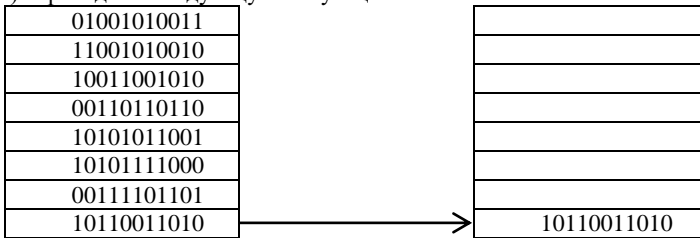
Далее выполним алгоритм, изложенный выше, при этом предположим, что количество подрайонов равно, например, 256:

1. Сформировать популяцию с числом особей, равным восемь.

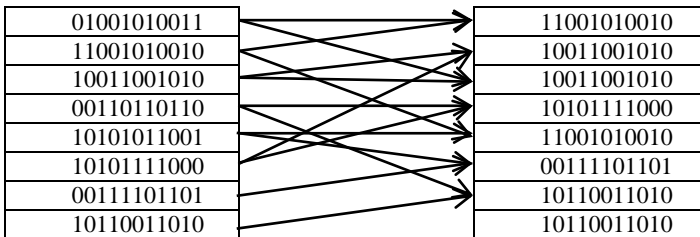
01001010011
11001010010
10011001010
00110110110
10101011001
10101111000
00111101101
10110011010

При этом каждая из восьми хромосом состоит из 11 генов, первые 8 из которых используются для кодирования номера подрайона, а оставшиеся 3 – для номера показателя в подрайоне.

2. Осуществляем элитную стратегию селекции, в результате которой одна хромосома с наименьшим значением функции приспособленности (минимизация затрат) переходит в следующую популяцию.



3. Остальные семь хромосом выбираем на основе детерминированного метода турнирной селекции, в результате чего получаем новую популяцию.



4. Скрещивание с вероятностью 100 % (далее будет изменена) выполняем для каждой выбранной пары хромосом, определяя случайным образом точку скрещивания k (из диапазона 1-10). В результате скрещивания пары родительских хромосом получается следующая пара потомков: 1) потомок, хромосома которого на позициях от 1 по k состоит из генов первого родителя, а на позициях от $k+1$ до 11 – из генов второго родителя; 2) потомок, хромосома которого на позициях от 1 до k состоит из генов второго родителя, а на позициях от $k+1$ до 11 – из генов первого родителя.

1	110_01010010	1 и 2	110_11001010
2	100_11001010	1 и 2	100_01010010
3	1001100_1010	3 и 7	1001100_1101
4	1_0101111000	3 и 7	0011110_1010
5	110010100_10	4 и 6	1_0111101101
6	0_0111101101	4 и 6	0_0101111000
7	0011110_1101	5 и 8	110010100_10
8	101100110_10	5 и 8	101100110_10

5. Проверяем результат – если хромосомы выродились и равны – переходим к шагу 1. Если выделенная сумма на мероприятия больше или равна сумме затрат, на которые указывают хромосомы – получено решение – остановка алгоритма.

6. Перейти к шагу 2.

При таком подходе общее количество ген в хромосоме зависит от числа подрайонов. С учетом количества учитываемых показателей (семь) в работе алгоритма необходимо осуществлять контроль трех последних генов на не равенство нулю (при формировании популяции и скрещивании).

Таким образом, в результате работы генетического алгоритма будет найден перечень подрайонов и показателей, по которым стоимость осуществления мероприятий будет минимальна – то есть решена оптимизационная задача минимизации.

Моделирование данного метода показало, что в среднем за 4-6 итераций ГА по описанному методу приходит к оптимальному решению. Для получения достоверных результатов алгоритм запускался на серию повторений на случайно сгенерированной в каждом новом случае матрице исходных данных. В таблице 1 представлены полученные данные.

Таблица 1. – Результаты моделирования работы генетического алгоритма

Число повторений ГА	10	20	50	100	200	300	400	500	1000	2000	3000	5000	10000
Суммарное количество итераций	42	118	271	555	1157	1696	2383	2949	5746	11329	16960	28598	56857
Среднее количество итераций для нахождения решения	4,20	5,90	5,42	5,55	5,79	5,65	5,96	5,90	5,75	5,66	5,65	5,72	5,69

Как видно из таблицы 1 при увеличении количества повторных запусков ГА среднее количество итераций, за которое алгоритм находит оптимальное решение, колеблется в районе 5,7. При этом для единичных запусков результат может даже быть меньше 5. Для исследования влияния размера популяции на точность получаемого результата были выполнены расчеты, отражающие процент отклонения найденного ГА оптимума от действительного минимума (рисунок 2).

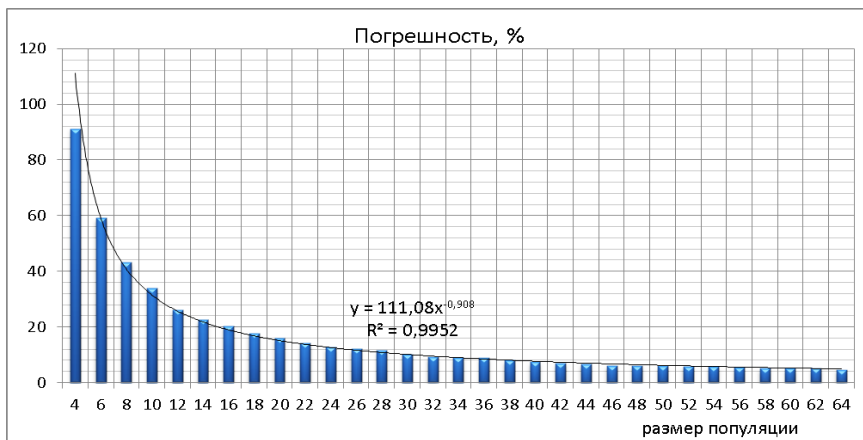


Рисунок 2. – Зависимость точности результата от размера популяции

Как видно из рисунка 2 при размере начальной популяции 8 хромосом получаемый ГА результат отличается от реального минимума на 43,3 %. При увеличении размера популяции точность возрастает, и при количестве хромосом 64 и более погрешность снижается до 4,7 % и продолжает уменьшаться.

Также при увеличении размера популяции возрастает количество итераций, за которое ГА находит решение, и для 20 хромосом требуется в среднем 10,5 шагов; для 40 – 16,2; для 60 – 20,3; для 80 – 23,5; для 100 – 28,3 при величине погрешности 3,8 %; для 150 – 34,2; 2,4 %; для 200 – 39,7; 2,2 %; для 300 – 56,6; 1,5 %; для 500 – 94,2; 1,0 % соответственно.

Для повышения точности получаемого результата были проведены исследования влияния величины вероятности применения генетических операторов – скрещивания и мутации, на уровень погрешности (таблица 2). Данные получены для случая с количеством районов 500, и количеством хромосом 100.

Как видно из таблицы 2 оптимальным уровнем вероятности скрещивания хромосом является диапазон 40-50 %. При этом достигается как минимальная погрешность, так и минимальное количество шагов, за который генетический алгоритм находит решение.

Таблица 2. – Результаты моделирования работы генетического алгоритма с различной вероятностью скрещивания

Вероятность скрещивания*100, %	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0
Среднее количество итераций для нахождения решения	25,3	23,5	23,1	22,6	23,8	20,5	21,3	23,1	24,1	27,9	56,2
Величина погрешности, %	2,8	3,0	1,6	1,15	0,7	0,7	0,6	0,8	1,1	1,5	2,6

Применение оператора мутации (инвертирование одного случайного гена) позволило выяснить, что *при вероятности более 1 % сходимость генетического алгоритма нарушается*. При меньших значениях решение достигается за 296 шагов с погрешностью 6 % (при вероятности 0,5 %), что является существенно худшим результатом. Дальнейшие исследования показали, что мутация с вероятностью мене 0,1 % может позволить несколько уменьшить количество шагов генетического алгоритма, требуемых для нахождения решения, без существенного влияния на уровень погрешности. В проведенных исследованиях приемлемым уровнем вероятности мутации явились значения [0,01-0,001 %]. Вместе с тем, очевидно, что для применения малых значений вероятности мутации необходимо увеличивать количество используемых хромосом.

При обработке статистических данных, касающихся наличия природных ресурсов и числовых параметров ресурсоемких проектов, часто встает задача прогнозирования рассматриваемых числовых рядов на ближайшую перспективу. Сложность в получении адекватных прогнозов состоит в наличии неустраняемой неопределенности, которая связана с рядом факторов.

Для прогнозирования уровня обеспеченности природными ресурсами реализуемых инновационных проектов и их эколого-экономических параметров нами предлагается следующий метод:

1. Ретроспективный числовой ряд, содержащий фактические количественные показатели за истекшие периоды, обрабатывается с целью построения наиболее адекватной аппроксимирующей кривой. При этом из возможных моделей (линейной, логарифмической, полиномиальной, степенной и экспоненциальной), выбирается та, у которой величина достоверности аппроксимации наибольшая.

2. На основании полученного на предыдущем шаге уравнения рассчитываем прогноз для предстоящих временных интервалов. При $x=13$ прогнозное значение $W=71,68$.

3. Рассчитанное прогнозное значение представляем в виде нечеткого множества: при достоверности аппроксимации $R^2 < 1$ форма функции принадлежности будет иметь треугольный вид, при $R^2 = 1$ – вертикальная линия. При этом основание треугольника будет равно произведению рассчитанного значения на удвоенную разность единицы и величины R^2 . ($AB=2W(1-R^2)=5,83$)

4. Для учета экспертных мнений формируем нечеткое множество (рисунок 3), являющееся суммой всех оценок, отражающее наиболее вероятное ожидаемое значение прогнозируемого параметра с использованием формулы:

$$\begin{aligned} \mu_{\sum B}(x) &= \mu_{B_1}(x) \vee \mu_{B_2}(x) \vee \dots \vee \mu_{B_N}(x) = \\ &= \max(\lambda_1 \mu_{B_1}(x), \lambda_2 \mu_{B_2}(x), \dots, \lambda_N \mu_{B_N}(x)) \end{aligned} \quad (1)$$

где λ_i – нормированный весовой коэффициент, отражающий значимость оценки i -го эксперта в общем прогнозе.

5. Результирующее значение прогноза в виде нечеткого множества C находим как сумму двух нечетких множеств A и B : $C = A \cup B$. При этом функция принадлежности множества C имеет вид:

$$\mu_{A \cup B}(x) = \mu_A(x) \vee \mu_B(x) = \max(\mu_A(x), \mu_B(x)) \quad (2)$$

для каждого $x \in X$.

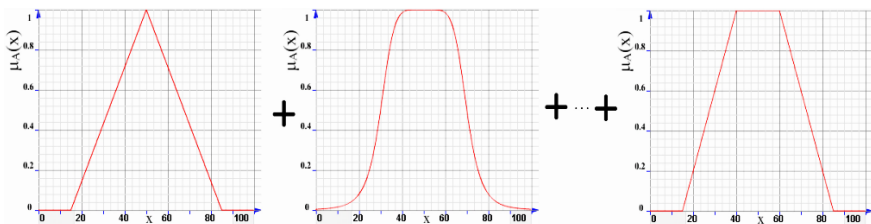


Рисунок 3. – Представление экспертных оценок в нечетком виде

Для получения четкого числа используем методы дефазификации – преобразования нечеткого множества к четкой форме – методы центра тяжести и среднего центра. В случае если пересечением множеств A и B является не пустое множество $D = A \cap B \neq \emptyset$, предпочтительнее использовать метод центра тяжести. Искомое значение \bar{y} при этом рассчитывается как центр тяжести функции принадлежности $\mu_{B^k}(y)$, т.е.

$$\bar{y} = \frac{\int_Y y \mu_{B^k}(y) dy}{\int_Y \mu_{B^k}(y) dy} = \frac{\int_Y y \max \mu_{B^k}(y)}{\int_Y \max \mu_{B^k}(y)} \quad (3)$$

при условии, что оба интеграла в приведенном выражении существуют.

В случае непересечения множеств A и B для дефазификации используем метод по среднему центру. Значение \bar{y} рассчитывается по формуле:

$$\bar{y} = \frac{\sum_{k=1}^N \mu_{B^k}(\bar{y}^k) \bar{y}^k}{\sum_{k=1}^N \mu_{B^k}(\bar{y}^k)}, \quad (4)$$

где \bar{y}^k – это точка, в которой функция $\mu_{B^k}(y)$ принимает максимальное значение, т.е. $\mu_{B^k}(\bar{y}^k) = \max_y \mu_{B^k}(y)$. Точка \bar{y}^k называется центром нечеткого множества B^k . Обратим внимание, что значение \bar{y} не зависит от формы и носителя функции принадлежности $\mu_{B^k}(y)$.

6. Для учета значимости оценки, полученной на втором шаге, будем использовать коэффициент $\beta \in [0..1]$. С учетом этого формула (2) примет вид:

$$\mu_{A \cup B}(x) = \mu_A(x) \vee \mu_B(x) = \max([\beta] \mu_A(x), \mu_B(x)) \quad (5)$$

Полученный таким образом прогноз лишен ряда недостатков (недостаточность статистической информации для обоснованного применения вероятностных методов, высокая доля субъективизма при экспертном назначении оценок вероятностей, отсутствие полноты системы классификации неопределенности) и более адекватно отражает динамику изменения исследуемых параметров.

В общем виде структура разработанной системы представлена на рисунке 4. Как видно из рисунка 4 при прохождении всех этапов, если полученное решение не удовлетворяет требованиям, предусмотрена обратная связь – возврат на этап постановки задач. При этом важно не только заново переформулировать задачу, но и при необходимости получить дополнительные данные.

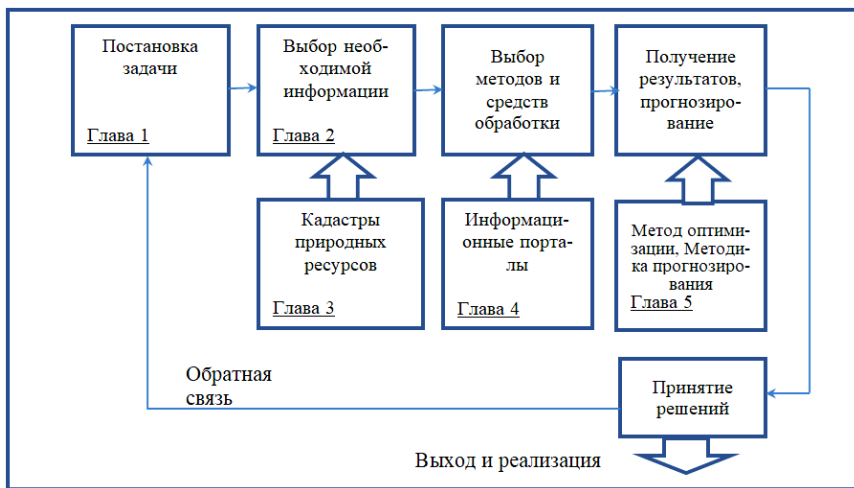


Рисунок 4. – Структура предложенной автоматизированной системы управления технологическим процессом

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные научные результаты диссертации:

1. Выполнен анализ существующих научных принципов, методов и средств автоматизации технологического процесса сбора и обработки данных в области охраны окружающей среды, используемых для промышленных проектов. Выявлены основные особенности существующих автоматизированных систем (жесткая привязка к операционной системе, локальность, невозможность предоставления постоянного доступа удаленным пользователям), которые не позволяют эффективно их использовать для осуществления оперативного контроля и принятия управленческих решений. Разработаны и обоснованы основные требования к создаваемым компонентам автоматизированной системы управления технологическим процессом с использованием современных сетевых технологий [1-12].

2. Разработаны и программно реализованы элементы технологии управления и обработки распределенной информации о параметрах ресурсоемких промышленных проектов (на примере Государственной программы инновационного развития Республики Беларусь), позволяющие сократить временные затраты при обработке данных на 35-40 %. Выделены приоритетные с точки зрения автоматизации функции мониторинга проектов (сбор, хранение и обработка статистических показателей по заданному отчетному периоду), систематизированы наиболее значимые показатели выполнения проектов (стоимость, проектная мощность, динамический срок окупаемости инвестиций, индекс рентабельности). Сформулированы и обоснованы компоненты автоматизированной системы мониторинга (анкета мониторинга ИП, аналитическая информация Организаций-исполнителей и Государственных заказчиков, аналитические отчеты, Интернет-портал, аппаратное обеспечение, мероприятия по сопровождению), требования к надежности и отказоустойчивости системы.

Информационная и логическая структура созданного Интернет-портала как элемента системы разработана с учетом поставленных задач и позволяет пользователям осуществлять обратную связь с Администратором, добавлять и редактировать новости, просматривать регламент системы и осуществлять статистическую обработку параметров инновационных проектов. Для управления Порталом разработаны и интегрированы специальные средства администрирования прав доступа к информации отдельных пользователей и групп, инструменты резервного копирования и восстановления как отдельных таблиц, так и всей базы данных [1-5, 10, 11].

3. Предложен алгоритм хранения и обработки информации о кадастрах природных ресурсов, являющимся основным источником данных о ресурсном потенциале для планирования и реализации промышленных проектов. Разработаны и апробированы программные средства автоматизации процесса сбора и обработки соответствующих данных, позволяющие снизить трудовых затрат в 4-7 раз по сравнению с предыдущей версией АИС "Кадастры". Выбраны и обоснованы инструментальные средства разработки, включая языки программирования и системы управления базами данных. Реализованы новые функции построения графиков на основании числовых данных и отображение привязанных географически ресурсов на карте [3-5, 10, 11].

4. Разработаны алгоритм и программные средства для автоматизации расчета и анализа риска воздействия на здоровье населения загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, обусловленных выбросами промышленных объектов, позволяющие повысить эффективность работы профильных специалистов за счет снижения трудовых затрат при оценке риска в 3-7 раз [1, 11].

5. Разработан новый метод оптимизации вложения финансовых средств в природоохранные мероприятия для промышленных проектов на основании генетических алгоритмов. При этом под оптимизацией подразумевается достижение желаемого компромисса между объемом средств, выделяемых на природоохранные мероприятия, и уровнем качества окружающей среды.

Оптимальным уровнем вероятности применения оператора скрещивания является диапазон 40-50 %, мутации – 0,01-0,001 %. Указанные значения позволили достичь решения в 84,1 раза быстрее при погрешности 0,6 % [6, 7, 10, 11].

6. Разработан новый метод прогнозирования параметров ресурсоемких проек-

тов промышленного назначения, который позволяет за счет использования теории нечетких множеств учесть фактор неопределенности и использовать экспертные оценки для получения адекватных экстраполяционных моделей и прогнозов.

Наличие различных форм функций принадлежности позволяет более адекватно представить ожидаемое значение, а благодаря введенному коэффициенту значимости есть возможность отдавать предпочтение определенному эксперту, либо ретроспективному тренду [7, 10, 11].

Рекомендации по практическому использованию результатов.

Полученные результаты могут и уже применяются в области государственного регулирования природоохранной деятельности и инновационного развития. На основании выполненных исследований разработаны и переданы для практического использования Белорусской государственной академии связи: информационные, методические материалы и презентации для лекционных и практических занятий (Акт внедрения);

Республиканскому унитарному предприятию «Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов»: алгоритм автоматизации управления кадастрами природных ресурсов и его программная реализация, отличающиеся расширенным набором функций (Акт внедрения);

Республиканскому научно-практическому центру гигиены: программные средства для автоматизации расчета и анализа риска воздействия на здоровье населения загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, обусловленных выбросами промышленных объектов (Акт внедрения).

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Монографии

1. Рыбак, В.А. Научно-методические основы и программные средства автоматизации оценки и анализа параметров перспективных эколого-безопасных технологий / В. А. Рыбак, **Ахмад Шокар**, А. Д. Гриб. – Минск : РИВШ, 2017. – 264 с.

Статьи в научных журналах

2. Рыбак, В.А. Разработка и обоснование сетевой модели для обработки и отображения параметров экологичности инновационных проектов / В.А. Рыбак, **А. Шокар** // Проблемы инфокоммуникаций. – 2015. – №2(2). – С. 59-66.

3. Рыбак, В.А. Анализ сущности «зеленой экономики» и инструментов управления качеством окружающей среды на примере Республики Беларусь / В.А. Рыбак, А. Гриб, **А. Шокар** // Интерактивная наука. – 2016.- № 4. – С. 97-107.

4. Рыбак, В.А. Использование инфокоммуникационных технологий для автоматизации учета наличия и использования природных ресурсов / В.А. Рыбак, **А. Шокар** // Проблемы инфокоммуникаций. – 2016. – №1(3). – С. 11-15.

5. Рыбак, В.А. Основные характеристики автоматизированной системы учета наличия и использования природных ресурсов / В.А. Рыбак, **А. Шокар** // Евразийский союз ученых. – 2016. – №4(25). – С. 140-145.

6. Рыбак, В.А. Аналитический обзор технологий поддержки принятия решений / В.А. Рыбак, **А. Шокар** // Системный анализ и прикладная информатика. – 2016. – №3. – С. 65-70.

7. Рыбак В.А. Применение технологий искусственного интеллекта для решений задач в области рационального природопользования / В.А. Рыбак, **А. Шокар** // Вестник НТУУ «КПИ». Информатика, управление и вычислительная техника: Сб. научн. тр. – 2016. – №64. – С. 68-75.

8. Рыбак, В.А. Генетические алгоритмы для решения оптимизационных задач в области телекоммуникаций / В.А.Рыбак, **Ахмад Шокар** // Вестник связи.- 2017.- №4.- С. 28-32.

9. Рыбак, В.А. Аналитический обзор и сравнение существующих методов поддержки принятия решений / В.А.Рыбак, Сулайман Халед, **Ахмад Шокар** // Сборник публикаций научного журнала «Chronos» по материалам XI международной научно-практической конференции 1 часть: «Вопросы современной науки: проблемы, тенденции и перспективы», г. Москва: сборник со статьями (уровень стандарта, академический уровень). – М.: Научный журнал «Chronos», 2017. – С.68-75.

Статьи в материалах научных конференций

10. Рыбак, В.А. Защита пользовательских данных при работе в компьютерных сетях / В.А. Рыбак, А. Мелешко, **А. Шокар** // Технические средства защиты информации: Тезисы докладов XIV Белорусско-российской научно-технической конференции, 25-26 мая 2016 г. / БГУИР; под ред. Л.М.Лынькова [и др.].– Минск, 2016. – С. 40.

11. Рыбак, В.А. Система поддержки принятия решений в области управления параметрами экологичности промышленных проектов / В.А. Рыбак,

А. Шокр // Scientific achievements of the third millennium: Collection of scientific papers on materials International Scientific Conference, San Francisco (USA), July 21st, 2016 / LJournal – San Francisco – USA, 2016. – P. 38-42.

12. Рыбак В.А. Система поддержки принятия решений в области управления параметрами экологичности промышленных проектов / В.А. Рыбак, **А. Шокр** // Современные средства связи: материалы XXI Междунар. науч.-техн. конф., 20-21 окт., 2016 г., Минск; редкол.: А.О. Зеневич [и др.]. – Минск, 2016. – С. 204-206.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'A. Shokor', written in a cursive style.

РЭЗІЮМЭ

Шокр Ахмад

Аўтаматызаваная сістэма кіравання тэхналагічным працэсам збору, аналізу і прагназавання параметраў рэсурсаемістых праектаў прамысловага прызначэння

Ключавыя словы: аўтаматызаваная сістэма, тэхналагічны працэс, інавацыйныя праекты, экалага-эканамічныя паказчыкі, рэсурсаемістыя вытворчасці, прагназаванне, аптымізацыя, генетычныя алгарытмы.

Мэта працы: распрацоўка і апрацацыя аўтаматызаванай сістэмы кіравання тэхналагічным працэсам збору, аналізу і прагназавання параметраў рэсурсаемістых прамысловых праектаў.

Атрыманя вынікі і іх навізна: Прапанавана аўтаматызаваная сістэма кіравання тэхналагічным працэсам апрацоўкі параметраў інавацыйных праектаў, якая адрозніваецца абгрунтаваным выбарам каэфіцыентаў экалагічнасці, выкарыстаннем web-тэхналогій і алгарытмам параўнання. Распрацаваны і рэалізаваны новы алгарытм аўтаматызацыі кіравання кадастрамі прыродных рэсурсаў, які адрозніваецца наборам функцый, уключаючы геаграфічную прывязку прыродных рэсурсаў. Прапанаваны новы метады аптымізацыі ўкладання фінансавых сродкаў на падставе генетычных алгарытмаў і абгрунтаваннем узроўняў верагоднасці скрыжавання і мутацыі. Распрацаваны новы метады прагназавання лікавых дадзеных, які дазваляе ўлічваць значнасць экспертных ацэнак, і прадстаўляць іх у невыразным выглядзе.

Рэкамендацыі па выкарыстанню: Атрыманя вынікі могуць і ўжо прымяняюцца ў галіне дзяржаўнага рэгулявання прыродаахоўнай дзейнасці і інавацыйнага развіцця. На падставе выкананых даследаванняў распрацаваны і перададзены для практычнага выкарыстання Беларускай дзяржаўнай акадэміі сувязі: інфармацыйныя, метадычныя матэрыялы і прэзентацыі для лекцыйных і практычных заняткаў; Рэспубліканскаму унітарнаму прадпрыемству «Цэнтральны навукова-даследчы інстытут комплекснага выкарыстання водных рэсурсаў»: алгарытм аўтаматызацыі кіравання кадастрамі прыродных рэсурсаў і яго праграмная рэалізацыя; Рэспубліканскаму навукова-практычнаму цэнтру гігіены: праграмныя сродкі для аўтаматызацыі разліку і аналізу рызыкі ўздзеяння на здароўе насельніцтва забруджвальных рэчываў у атмасферным паветры, абумоўленых выкідамі прамысловых аб'ектаў.

Галіна выкарыстання: Прамысловая рэсурсаемістая вытворчасць, прыродаахоўная дзейнасць, адукацыйны працэс.

РЕЗЮМЕ

Шокр Ахмад

Автоматизированная система управления технологическим процессом сбора, анализа и прогнозирования параметров ресурсоемких проектов промышленного назначения

Ключевые слова: автоматизированная система, технологический процесс, инновационные проекты, эколого-экономические показатели, ресурсоемкие производства, прогнозирование, оптимизация, генетические алгоритмы.

Цель работы: разработка и апробация автоматизированной системы управления технологическим процессом сбора, анализа и прогнозирования параметров ресурсоемких промышленных проектов.

Полученные результаты и их новизна: Предложена автоматизированная система управления технологическим процессом обработки параметров инновационных проектов, отличающаяся обоснованным выбором коэффициентов экологичности, использованием web-технологий и алгоритмом сравнения. Разработан и реализован новый алгоритм автоматизации управления кадастрами природных ресурсов, отличающийся набором функций, включая географическую привязку природных ресурсов. Предложен новый метод оптимизации вложения финансовых средств на основании генетических алгоритмов и обоснованием уровней вероятности скрещивания и мутации. Разработан новый метод прогнозирования числовых данных, позволяющий учитывать значимость экспертных оценок, и представлять их в нечетком виде.

Рекомендации по использованию: Полученные результаты могут и уже применяются в области государственного регулирования природоохранной деятельности и инновационного развития. На основании выполненных исследований разработаны и переданы для практического использования Белорусской государственной академии связи: информационные, методические материалы и презентации для лекционных и практических занятий; Республиканскому унитарному предприятию «Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов»: алгоритм автоматизации управления кадастрами природных ресурсов и его программная реализация; Республиканскому научно-практическому центру гигиены: программные средства для автоматизации расчета и анализа риска воздействия на здоровье населения загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, обусловленных выбросами промышленных объектов.

Область применения: Промышленное ресурсоемкое производство, природоохранная деятельность, образовательный процесс.

SUMMARY

Chokr Ahmad

Automated system for managing the technological process of collecting, analyzing and predicting the parameters of resource-intensive industrial projects

Keywords: automated system, technological process, innovative projects, ecological and economic indicators, resource-intensive production, forecasting, optimization, genetic algorithms.

The aim is development and approbation of an automated control system for the technological process of collecting, analyzing and predicting the parameters of resource-intensive industrial projects.

The results obtained and their novelty: The automated control system of technological process of processing of parameters of innovative projects is offered, differing by the justified choice of factors of ecological compatibility, use of web-technologies and comparison algorithm. A new algorithm for automating the management of natural resource cadasters has been developed and implemented, which is distinguished by a set of functions, including the geo-referencing of natural resources. A new method for optimizing the investment of financial resources based on genetic algorithms and justifying the levels of probability of crossing and mutation is proposed. A new method for predicting numerical data has been developed, which makes it possible to take into account the importance of expert assessments, and to present them in a fuzzy form.

Recommendations for use: The obtained results can and are already applied in the field of state regulation of nature protection activity and innovative development. Based on the studies carried out, the Belarusian State Telecommunications Academy was developed and handed over for practical use: information, methodological materials and presentations for lecture and practical classes; Republican Unitary Enterprise "Central Research Institute for the Complex Use of Water Resources": an algorithm for automating the management of natural resource cadasters and its software implementation; Republican Scientific and Practical Center for Hygiene: software for automating the calculation and analysis of the risk of exposure to public health of pollutants in ambient air caused by emissions from industrial facilities.

Field of application: Industrial resource-intensive production, environmental protection, educational process.

Научное издание

**АХМАД
Шокр**

**АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ СБОРА, АНАЛИЗА
И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ РЕСУРСОЕМКИХ
ПРОЕКТОВ ПРОМЫШЛЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

Автореферат диссертации
на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими
процессами и производствами (промышленность)

Подписано в печать 10.05.2018. Формат 60×84¹/₁₆. Бумага офсетная. Ризография.
Усл. печ. л. 1,28. Уч.-изд. л. 1,00. Тираж 90. Заказ 411.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет.
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя
печатных изданий № 1/173 от 12.02.2014. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.