

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Нижегородский государственный технический университет им.Р.Е.Алексеева»

Программа кандидатского экзамена

СК-РП-15.1-04-22

Факультет подготовки специалистов высшей квалификации



УТВЕРЖДАЮ
Проректор по научной работе

А.А. Куркин

«18» апреля 2022 г

Кафедра «Компьютерные технологии в проектировании и производстве»

ПРОГРАММА КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА

ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ 2.3.7
«КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И АВТОМАТИЗАЦИЯ
ПРОЕКТИРОВАНИЯ»

Область науки:

2. Технические науки

Группа научных специальностей:

2.3. Информационные технологии и телекоммуникации


Наименование отрасли науки, по которой присуждаются ученые степени:

технические науки

Научная специальность

2.3.7 Компьютерное моделирование и автоматизация проектирования

Нижний Новгород 2022

	Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
	федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им.Р.Е.Алексеева»
	Программа кандидатского экзамена
СК-РП-15.1-04-22	Факультет подготовки специалистов высшей квалификации

Программа предназначена для методического сопровождения процесса подготовки аспирантов (соискателей) к сдаче кандидатского экзамена по специальности 2.3.7 Компьютерное моделирование и автоматизация проектирования.


Программа составлена в соответствии с требованиями следующих нормативных документов:

1. Федеральные государственные требования к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре - приказ Минобрнауки России от 20.10.2021 г. № 951.
2. Паспорт научной специальности 2.3.7 Компьютерное моделирование и автоматизация проектирования, разработанный экспертами ВАК Минобрнауки России в рамках Номенклатуры научных специальностей, утвержденной приказом Минобрнауки России от 24.02.2021 г. № 118.
3. Учебный план НГТУ по программе подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре по научной специальности 2.3.7 Компьютерное моделирование и автоматизация проектирования.

РЕКОМЕНДОВАНА кафедрой «Компьютерные технологии в проектировании и производстве» (КТПП)


протокол № 4 от "15" апреля 2022г.


Заведующий кафедрой «КТПП»

д.т.н., доц.  Моругин С.Л.
подпись расшифровка подписи

СОГЛАСОВАНО:


И.о. декана факультета подготовки специалистов высшей квалификации

 Трубочкина Е.Л. «18» апреля 2022 г.
личная подпись расшифровка подписи дата

	Министерство науки и высшего образования Российской Федерации федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
	<i>«Нижегородский государственный технический университет им.Р.Е.Алексеева»</i>
	Программа кандидатского экзамена
СК-РП-15.1-04-22	Факультет подготовки специалистов высшей квалификации

СОДЕРЖАНИЕ

1	Общие положения	4
2	Программа кандидатского экзамена по специальности 2.3.1 «Систем- ный анализ, управление и обработка информации»	4
3	Дополнительная программа	10
	Приложение. Пример оформления дополнительной программы	11

	Министерство науки и высшего образования Российской Федерации федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
	<i>«Нижегородский государственный технический университет им.Р.Е.Алексеева»</i>
	Программа кандидатского экзамена
СК-РП-15.1-04-22	Факультет подготовки специалистов высшей квалификации

1 Общие положения

Программа кандидатского экзамена по специальной дисциплине состоит из двух частей:

1) основная программа по специальности, разработанной в соответствии с паспортом научной специальности 2.3.7 «Компьютерное проектирование и автоматизация проектирования»;

2) дополнительной программы, разрабатываемой аспирантом (соискателем) и его научным руководителем.

Экзаменационные билеты должны включать 2-3 вопроса из основной программы и 1-2 вопроса из дополнительной программы.

2 Программа кандидатского экзамена по специальности 2.3.1 «Системный анализ, управление и обработка информации»

Программа составлена в соответствии с паспортом специальности 2.3.7 «Компьютерное проектирование и автоматизация проектирования», с опорой на дисциплины, связанные с особенностями системного анализа общих закономерностей преобразования, накопления, передачи и использования и обработки информации, принципами и средствами управления действующих или создаваемых технических компьютерных систем для автоматизации проектирования различного назначения.


2.1 Основные понятия и задачи автоматизированного проектирования

Понятие инженерного проектирования. Принципы системного подхода. Основные понятия системотехники. Иерархическая структура проектных спецификаций и иерархические уровни проектирования. Стадии проектирования. Содержание технических заданий на проектирование. Классификация параметров, используемых при автоматизированном проектировании. Типовые проектные процедуры.

Этапы жизненного цикла промышленных изделий. Структуры САПР. Разновидности САПР. Понятие о CALS-технологии. Основные стандарты. Этапы проектирования автоматизированных систем (АС).

2.2 Техническое обеспечение (ТО) САПР

Требования к ТО САПР. Типы вычислительных систем (ВС), используемых в САПР. Основные параметры и классификация ЭВМ. Режимы функционирования ВС. Классификация параллельных ЭВМ. Конвейерные вычислительные системы. Векторные (матричные) вычислительные системы. Многопроцессорные вычисли-

	Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
	федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им.Р.Е.Алексеева»
	Программа кандидатского экзамена
СК-ПП-15.1-04-22	Факультет подготовки специалистов высшей квалификации

тельные системы. Системы с неоднородным доступом к памяти (*NUMA*). Кластерные системы. Производительность параллельных вычислительных систем.

Система команд ЭВМ. Структурная схема процессора. Процессоры с сокращенным набором команд (*RISC*). Специализированные процессоры, их роль в САПР. Назначение, параметры и классификация арифметико-логических устройств. Микропрограммное управление. Принципы действия управляющих автоматов с хранимой в памяти и "жесткой" логикой. Варианты реализации системы прерываний.

Общие сведения и классификация устройств памяти. Иерархическая структура памяти ЭВМ. Уровни кэш-памяти. Оперативные ЗУ, разновидности, особенности, режимы работы. Накопители на магнитных и оптических носителях, параметры, классификация, режимы работы.


Каналы ввода-вывода данных: функции, параметры, классификация, структура, примеры реализации. Организация интерфейса ввода-вывода. Аппаратура рабочих мест в САПР.

Типы вычислительных сетей. Методы доступа в локальных вычислительных сетях. Множественный доступ с контролем несущей и обнаружением конфликтов. Маркерные методы доступа. Разновидности сетей *Ethernet*. Сеть *Token Ring*. Высокоскоростные локальные сети. Характеристики и типы каналов передачи данных. Радиоканалы. Аналоговые каналы. Виды модуляции. Цифровые каналы. Помехоустойчивое кодирование данных. Методы уплотнения каналов. Организация дуплексной связи. Каналы *T1/T4 (E1/E4)*, синхронной цифровой иерархии. Абонентские линии связи. Функции сетевого и транспортного протоколов. Протокол *TCP*. Протокол *IP*. Протоколы управления в сетях *TCP/IP*. Адресация в *Internet*. Сети *ATM*. Функции сетевых операционных систем. Системы распределенных вычислений. Проблемы информационной безопасности. Схемы шифрования. Электронная подпись. Одноключевые (симметричные), двухключевые (с открытым или публичным ключом). Алгоритмы хеширования данных. Алгоритмы аутентификации пользователей.

2.3 Математическое обеспечение анализа проектных решений

Требования к математическим моделям и численным методам анализа в САПР. Классификация математических моделей, используемых в САПР.

Примеры математических моделей с распределенными параметрами. Стационарные и нестационарные задачи. Краевые условия. Метод конечных разностей, способы аппроксимации производных и типы сеток. Явные и неявные разностные схемы. Метод конечных элементов. Метод взвешенных невязок. Метод Бубнова-Галеркина. Разновидности конечных элементов и координатных функций. Получение матрицы жесткости и вектора нагрузок.

	Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
	федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им.Р.Е.Алексеева»
	Программа кандидатского экзамена
СК-ПП-15.1-04-22	Факультет подготовки специалистов высшей квалификации

Математические модели элементов и систем с сосредоточенными параметрами (на макроуровне). Представление структуры объектов в виде графов и эквивалентных схем. Аналогии уравнений и фазовых переменных в математических моделях систем разной физической природы. Примеры компонентных и топологических уравнений в механических, электрических, гидравлических, тепловых системах. Характеристика методов формирования математических моделей систем на макроуровне. Узловой метод.


Выбор методов анализа статических состояний и переходных процессов на базе аналоговых моделей. Основные методы решения систем алгебраических уравнений, используемые в САПР. Методы разреженных матриц. Основные методы решения систем обыкновенных дифференциальных уравнений, используемые в САПР. Проблема собственных значений и анализ устойчивости по Ляпунову. Численно-аналитические методы исследования динамических систем. Организация вычислительного процесса в универсальных программах анализа на макроуровне. Методы анализа в частотной области. Методы гармонического баланса и рядов Вольтерра для анализа нелинейных моделей в частотной области. Методы многовариантного анализа.

Множества и отношения. Операции над множествами. Функции. Отношения эквивалентности. Отношения порядка. Нечеткие множества. Алгебраические структуры. Морфизмы. Алгебры с одной и двумя операциями. Векторные пространства. Решетки. Матроиды. Булевы функции. Алгебра булевых функций. Нормальные формы. Декомпозиция булевых функций. Полнота. Минимизация булевых функций. Дифференцирование булевых функций. Конечнзначные логики. Логические исчисления. Графы и модельные графы. Устойчивость, покрытия, паросочетания. Вложение графов.

Математические модели дискретных устройств. Синхронные и асинхронные модели. Методы обнаружения рисков сбоя в логических схемах. Методы логического моделирования. Организация вычислительного процесса при смешанном (аналого-цифровом) моделировании. Средства представления моделей дискретных устройств на поведенческом и регистровом уровнях. Примеры поведенческих и структурных описаний устройств на языке *VHDL*.

Аналитические модели систем массового обслуживания (СМО). Уравнения Колмогорова. Имитационное моделирование СМО. Моделирование случайных величин. Обработка результатов имитационного эксперимента. Событийный метод моделирования. Разновидности сетей Петри. Анализ сетей Петри.

Классификация геометрических моделей. Представление кривых с помощью сплайновой аппроксимации, метода Безье, В-сплайнов. Аналитические модели поверхностей. Параметрические модели поверхностей. Составные модели поверхно-

	Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
	федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им.Р.Е.Алексеева»
	Программа кандидатского экзамена
СК-РП-15.1-04-22	Факультет подготовки специалистов высшей квалификации


стей. Сплайновые модели кривых и поверхностей. Модели Безье для кривых линий и поверхностей. Составные модели поверхностей. Модели объемных тел и плоских фигур. Кусочно-аналитические и алгебрологические модели геометрических объектов. Модели объемных тел: каркасные, поверхностные, твердотельные. Теоретико-множественные операции над базовыми элементами формы. Алгоритмы и программное обеспечение, необходимые для решения метрических и позиционных задач геометрического моделирования.

Основные этапы и методы визуализации изображений. Операция отсечения. Геометрические преобразования: перенос, масштабирование, поворот. Однородные координаты. Понятие общей матрицы преобразования. Канонический видимый объем, видовые координаты, операция проецирования. Развертка изображений в растровой технике. Отсечение многоугольников. операции удаления невидимых линий и поверхностей. Алгоритмы построчного сканирования, разделения области, сортировки по глубине, применение Z-буфера. Векторный и растровый способы хранения графической информации. Проблемы сжатия и кодирования видеoinформации. Стандарты *JPEG*, *MPEG*. Функции ядра графической системы. Понятие ассоциативной параметризации объектов проектирования.

2.4 Математическое обеспечение синтеза проектных решений

Классификация и подходы к постановке задач синтеза проектных решений. Структурный и параметрический синтез. Критерии оптимальности. Множество Парето. Задачи оптимизации с учетом допусков. Классификация методов математического программирования. Методы одномерной оптимизации. Градиентные методы. Методы прямого поиска (конфигураций, Розенброка, сопряженных направлений, деформируемого многогранника). Методы случайного поиска. Необходимые условия экстремума. Методы поиска условных экстремумов. Методы штрафных функций. Метод проекции градиента.

Представление множества альтернатив в задачах структурного синтеза. Морфологические таблицы и альтернативные графы. Постановка комбинаторных задач в терминах булевого программирования. Задача линейного назначения. Методы отсечения Гомори. Венгерский алгоритм. Задача коммивояжера. Цикл Гамильтона. Задача о покрытии. Задачи маршрутизации транспортных средств. Задачи синтеза расписаний. Метод ветвей и границ. Методы распространения ограничений. Методы локальной оптимизации и поиска с запретами. Динамическое программирование многошаговых процессов принятия решений. Принцип оптимальности Беллмана. Уравнение Беллмана. Основное функциональное уравнение. Вычислительная схема метода динамического программирования.

	Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
	федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им.Р.Е.Алексеева»
	Программа кандидатского экзамена
СК-ПП-15.1-04-22	Факультет подготовки специалистов высшей квалификации

Генетические алгоритмы. Примеры решения логистических задач с помощью генетических алгоритмов. Постановка задач компоновки и размещения оборудования, трассировки соединений. Методы топологического синтеза. Примеры алгоритмов решения задач компоновки, размещения, трассировки.

Параллельные алгоритмы. Меры параллелизма. Синхронизация параллельно выполняющихся процессов. Параллельные алгоритмы решения систем алгебраических уравнений. Параллельные алгоритмы решения задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений. Параллельные алгоритмы нелинейного программирования. Языки программирования искусственного интеллекта и языки представления знаний.

2.5 Программное, лингвистическое и информационное обеспечение САПР

Разработка программного обеспечения САПР. Выбор инструментальных средств: основные понятия о базовых языках программирования и СУБД.

Визуальные среды программирования. Проектирование приложений. Технология *ActiveX*. Концепция открытых систем: *DCOM*, *CORBA*.


Инструментальные средства концептуального проектирования автоматизированных систем. Среда быстрой разработки приложений. Типы *CASE*-систем. Методики *IDEF0*, *IDEF3*, *IDEF1X*. Унифицированный язык моделирования *UML*, методики проектирования объектно-ориентированных систем на базе *UML*. Компонентно-ориентированные технологии.

Основные функции и типовой состав программно-методических комплексов САПР в машиностроении и радиоэлектронике. Назначение, функции и примеры систем управления проектными данными (*PDM*).

Разновидности и характеристики современных операционных систем (ОС). Характеристики стандартных графических средств: *AUTOCAD* и аналогичные графические пакеты.

Использование методов искусственного интеллекта в САПР. Архитектура экспертных систем.

Организация баз данных и знаний в автоматизированных системах. Информационные модели объектов проектирования и словарь предметной области – библиотека базовых элементов. Представление знаний: фреймы, семантические сети, правила продукций. Основные понятия нечеткой и непрерывной логики. Нечеткий вывод. Способы построения функций принадлежности. Байесовский подход. Подход на основе коэффициентов уверенности. Интеллектуальный анализ данных: технологии *DM* и *OLAP*. Эволюционное программирование, генетические алгоритмы, алгоритмы ограниченного перебора. Системы управления базами данных (СУБД): области применения, структура, характеристики.

	Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
	федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им.Р.Е.Алексеева»
	Программа кандидатского экзамена
СК-ПП-15.1-04-22	Факультет подготовки специалистов высшей квалификации

Банки данных. Требования к банкам данных. Модели данных. Иерархическая, сетевая, реляционная, многомерная, объектно-ориентированная и объектно-реляционная модель. Этапы проектирования БД: концептуальное, логическое и физическое проектирование. Организация доступа к данным: линейный поиск, произвольная организация, индексно-последовательный метод доступа, В – деревья, вторичные методы доступа. Нормализация отношений в РБД. *CASE* –технология. *TR* и *EER* – диаграммы. Языки запросов: реляционная алгебра, реляционное исчисление, *SQL*, *QBE*. Особенности банков данных в САПР.

Распределение информационных системы. Методы фрагментации и распределения данных. Технология “клиент-сервер”.

Информационные хранилища. Проектирование информационных хранилищ: схемы “звезда”, ”снежинка”, “звезда-снежинка”.


Основные понятия теории формальных грамматик. Классы формальных грамматик. Контекстно-зависимые и контекстно-независимые грамматики. Методы трансляции, схемы построения трансляторов. Металингвистические формулы Бэкуса-Наура. Синтаксические диаграммы.

Особенности управления распределенными базами данных и системы управления распределенными базами данных. Стандарты на обмен данными между подсистемами САПР.

Организация программного обеспечения САПР. Технологии структурного и объектно-ориентированного программирования. Конструирование абстрактных типов данных. Иерархия классов. Базовые и производные классы. Простое и множественное наследование. Перегрузка методов и операций обработки данных в классах объектов. Абстрактные классы. Полиморфная обработка данных. Виртуальные интерфейсы. Параметризация типов данных в классах и функциях. Типовые структуры описания абстрактных данных (массив, стек, очередь, двоичное дерево). Программирование математических структур (матрицы и конечные графы). Методы программной обработки данных. Итерация и рекурсия. Сортировка и поиск. Криптообработка и архивация данных. Перечисление и упорядочивание комбинаторных объектов. Ввод-вывод данных.

2.6 Список литературы


1. Норенков И.П. Основы автоматизированного проектирования. Изд. 3. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009.
2. Вермишев Ю.Х. Основы автоматизации проектирования. –М.:Радио и связь, 1988..
3. Острейковский В.А. Теория систем. М.: Высш.шк., 1997.

	Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
	федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им.Р.Е.Алексеева»
	Программа кандидатского экзамена
СК-ПП-15.1-04-22	Факультет подготовки специалистов высшей квалификации

4. Норенков И.П., Кузьмик П.К. Информационная поддержка наукоемких изделий (CALS-технологии). М.: МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2002.
5. Самарский А.А. Введение в численные методы. М.: Наука, 1982.
6. Зенкевич О., Морган К. Конечные элементы и аппроксимации. М.: Мир, 1986.
7. Корячко В.П., Курейчик В.М., Норенков И.П. Теоретические основы САПР: Учебник для вузов М.: Энергоатомиздат, 1987.
8. Горбатов В.А. Фундаментальные основы дискретной математики. М., Наука, Физматлит, 1999.
9. Системный анализ и принятие решений: Словарь-справочник: учебное пособие для вузов / Под ред. В. Н. Волковой, В. Н. Козлова. – М.: Высшая школа, 2004.
10. Буч Г., Рамбо Дж., Джекобсон А. Язык *UML* - руководство пользователя. М.: ДМК Пресс, 2000.
11. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Сетевые операционные системы. СПб.: Питер, 2001.
12. Уотреманс Д.. Введение в экспертные системы. М.: Мир, 1989.
13. Новиков Ф.А. Дискретная математика для программистов. СПб: Питер, 2000.
14. Гаврилова Т.А., Хорошевский В.Г. Базы знаний интеллектуальных систем – СПб: Питер, 2000.

3 Дополнительная программа

Дополнительная программа, самостоятельно составляемая аспирантом (соискателем), включает в себя титульный лист, не менее 15 вопросов по теме диссертации и не менее 15 источников литературы. Дополнительная программа должна быть подписана научным руководителем и согласована с деканом факультета подготовки специалистов высшей квалификации. Пример оформления дополнительной программы приведен в Приложении.

	Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
	федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им.Р.Е.Алексеева»
	Программа кандидатского экзамена
СК-РП-15.1-04-22	Факультет подготовки специалистов высшей квалификации

ПРИЛОЖЕНИЕ

Пример оформления дополнительной программы

Минобрнауки России

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

**НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМ. Р.Е. АЛЕКСЕЕВА**

УТВЕРЖДАЮ

Декан ФСВК

_____ Р.Ш. Бедретдинов


«__» _____

Дополнительная программа

к кандидатскому экзамену


по специальности 2.3.7 «Компьютерное моделирование и автоматизация
проектирования»

Нижний Новгород 2022

	Министерство науки и высшего образования Российской Федерации федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им.Р.Е.Алексеева»
	Программа кандидатского экзамена
	СК-РП-15.1-04-22
Факультет подготовки специалистов высшей квалификации	


Дополнительная программа экзамена по специальности

1. Классификация задач коммивояжёра.
2. Применение метода ветвей и границ к задаче коммивояжёра.
3. Процедура ветвления в алгоритме метода ветвей и границ для решения задачи коммивояжёра.
4. Процедура нахождения оценок в алгоритме метода ветвей и границ для решения задачи коммивояжёра.
5. Выбор дуги ветвления в алгоритме метода ветвей и границ для решения задачи коммивояжёра.
6. Критерий остановки метода ветвей и границ для решения задачи коммивояжёра.
7. Недостатки метода ветвей и границ для решения задачи коммивояжёра.
8. Классификация метаэвристические алгоритмов.
9. Семейство «жадных алгоритмов».
10. Семейство «роевых алгоритмов».
11. Семейство «алгоритмов, направленных на улучшения решения».
12. Критерий рациональности выбора алгоритма для нахождения начального решения.
13. Способы организация доступа к листьям поискового дерева решений.
14. Использование дополнительной памяти для хранения усеченных матриц стоимостей в поисковом дереве решений.
15. Влияние точности начального решения на время работы реализации алгоритма метода ветвей и границ.
16. Машинно-независимая характеристика «сложность индивидуальной задачи коммивояжёра».
17. Машинно-независимая характеристика «изменения направления обхода поискового дерева решений».

	Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
	федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования <i>«Нижегородский государственный технический университет им.Р.Е.Алексеева»</i>
	Программа кандидатского экзамена
СК-ПП-15.1-04-22	Факультет подготовки специалистов высшей квалификации

Список литературы

1. Applegate, D.L. The Traveling Salesman Problem [Text] / D.L. Applegate, R.E. Bixby, V. Chvátal, W. Cook. // Princeton University Press, 2011. – P. 608.
2. Dorigo, M. Distributed Optimization by Ant Colonies [Text] / A. Colomi, M. Dorigo, V. Maniezzo // Proceedings of the First European Conference on Artificial Life. Paris. – 1991. – P. 134-142.
3. Cormen, T.H. Introduction to Algorithm. [Text] / T.H. Cormen, C.E. Leiserson, R.L. Rivest, C. Stein // Cambridge: MIT Press. – 2009. – P.1328.
4. Helsgaun, K. An effective implementation of the Lin–Kernighan traveling salesman heuristic [Text] / K. Helsgaun // European Journal of Operational Research, vol. 126, no. 1. – 2000. – P. 106-130.
5. Knuth, D.E. Estimating the efficiency of backtracking programs [Text] / D.E. Knuth // Mathematics of Computing, no. 29. – 1975. – P. 121-136.
6. Korte, B. Combinatorial optimization. Theory and Algorithms [Text] / B. Korte, J. Vygen. – Berlin: Springer-Verlag, 2018. – P. 698.
7. Land, A.H. An automatic method of solving discrete programming problems [Text] / A.H. Land, A.G. Doig // Econometrica, vol. 28, no. 3. – 1960. – P. 497-520.
8. Lin, S. Computer solutions of the traveling salesman problem [Text] / S. Lin // Bell System Technical Journal, no. 44. – 1965. – P. 2245-2269.
9. Little, J.D.C. An algorithm for the traveling salesman problem [Text] / J.D.C. Little, K.G. Murty, D.W. Sweeney, C. Karel // Operations Research, no. 11. – 1963. – P. 972-989.
10. Stützle, T. MAX–MIN ant system [Text] / T. Stützle, H.H. Hoos // Future generation computer systems, vol. 16. – 2000. – P. 889-914.
11. Вирт, Н. Алгоритмы и структуры данных. Новая версия для Оберона [Текст] / Н. Вирт // Москва: ДМК Пресс. – 2010. – С. 272.
12. Пантелев, А.В. Метаэвристические алгоритмы поиска глобального экстремума [Текст] / А.В. Пантелев // Москва: МАИ-ПРИНТ. – 2009. – С.160.
13. Ульянов, М.В. Вероятностный прогноз сложности индивидуальных задач коммивояжера на основе идентификации распределения сложности по экспериментальным данным [Текст] / М.В. Ульянов, Г.Н. Жукова, М.И. Фомичёв, В.А. Головешкин // Автоматика и телемеханика: № 7. – Москва, 2018. – С. 149-166.
14. Ульянов, М.В. Исследования особенностей применения комбинированного алгоритма для решения асимметричной задачи коммивояжера [Текст] / М.В. Ульянов, М.И. Фомичёв // Информационные технологии: т. 27, № 1. – Москва, 2021. – С. 3-8

	Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
	федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования <i>«Нижегородский государственный технический университет им.Р.Е.Алексеева»</i>
	Программа кандидатского экзамена
СК-РП-15.1-04-22	Факультет подготовки специалистов высшей квалификации

15.Фомичёв, М.И. Об одной оценке индивидуальной задачи коммивояжёра [Текст]. / М.И. Фомичёв // Сборник трудов Международной научно-технической конференции «Информационные системы и технологии» ИСТ-2019. – 19 апреля 2019 г. – Н. Новгород: НГТУ. – С. 694-698.

Научный руководитель

д.т.н., профессор

В.П. Хранилов