

**Учебно-исследовательская лаборатория
"Математические и программные технологии для
современных компьютерных систем
(Информационные технологии)"**

**Разработка и апробация
образовательного комплекса
"Модели и методы
конечномерной оптимизации"**

Техническое задание

Лист регистрации изменений

<i>Дата</i>	<i>Автор изменения</i>	<i>Номер версии</i>	<i>Комментарии</i>
10.05.03	Городецкий С.Ю.	1.0	Создание документа
25.05.03	Городецкий С.Ю.	1.0	Внесение изменений и дополнений

Авторский коллектив

Руководитель (координатор проекта): к.ф.-м.н., доц. Городецкий С.Ю.

Зам. руководителя,

ответственный исполнитель: к.ф.-м.н., доц. Золотых Н.Ю.

Главные разработчики разделов 1,2 и 3

образовательного комплекса: д.ф.-м.н., проф. Шевченко В.Н,

к.ф.-м.н., доц. Гришагин В.А., д.ф.-м.н., проф. Коган Д.И.

Содержание

Цели и задачи образовательного комплекса	5
Области применения и возможности использования	5
Планируемые результаты.....	6
Обоснование необходимости разработки образовательного комплекса	6
Характеристика состояния области	6
Имеющийся задел коллектива	8
Новизна предлагаемого комплекса	9
Технические требования	10
Требования к учебнику.....	10
Требования к программным лабораториям.....	10
Требования к презентациям	10
Условия эксплуатации	11
Среда разработки	11
Сроки и этапы работы	11
Краткая программа курса	12
План лабораторного практикума и практических занятий.....	15

Цели и задачи образовательного комплекса

Целью работы является создание инновационного образовательного комплекса для подготовки высококвалифицированных специалистов в области математических методов и современных вычислительных технологий решения сложных задач оптимального выбора, а также апробация комплекса на первом в стране факультете вычислительной математики и кибернетики в рамках специализаций ряда кафедр факультета ВМК ННГУ и в рамках межфакультетской магистерской программы "Математические модели, методы и программное обеспечение современных компьютерных технологий" Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского.

В качестве основных задач, определяющих достижение поставленной цели, рассматриваются следующие:

- развитие нового учебного курса, обеспечивающего поддержку дополнительного фундаментального образования в области математических моделей и вычислительных методов анализа и решения сложных задач оптимального выбора;
- подготовка электронных форм основных методических материалов курса (тексты лекций и их презентации);
- подготовка к изданию лекционных материалов курса;
- организация расширенного вычислительного практикума для глубокого освоения изучаемых моделей, методов и современных программных средств решения экстремальных задач.

Планируемая структура образовательного комплекса характеризуется тем, что с точки зрения учебного содержания и практической направленности в нем выделяются три концептуально взаимосвязанные части (раздела), отличающиеся постановками оптимизационных задач и используемым для их решения математическим аппаратом.

Часть 1. Линейное и целочисленное линейное программирование.

Часть 2. Нелинейное программирование, многокритериальная и многоэкстремальная оптимизация.

Часть 3. Динамическое программирование и дискретная многокритериальная оптимизация.

Области применения и возможности использования

Образовательный комплекс "Модели и методы конечномерной оптимизации" ориентирован на углубленную подготовку специалистов для предприятий и организаций страны, проводящих разработку математических моделей, вычислительных методов и программного обеспечения для решения задач оптимального выбора при исследовании или проектировании процессов, изделий, приборов, конструкций различной прикладной природы.

Планируемая модульная структура образовательного комплекса (расширенные материалы для чтения лекций, лекционные презентации, программные лаборатории, программы лабораторных и практических занятий) позволит гибко использовать его для расширения и развития различных форм и программ подготовки и переподготовки специалистов различных естественнонаучных направлений.

Планируемые результаты

В результате выполнения работы будет завершено формирование инновационного образовательного комплекса "Модели и методы конечномерной оптимизации", включая следующие его элементы:

- презентацию образовательного комплекса,
- учебный план и программу курса,
- программу практических и лабораторных практикумов,
- электронные учебные материалы по курсу лекций,
- презентации для чтения лекций,
- программные лаборатории для выполнения запланированных лабораторных практикумов:
 - программная лаборатория (планируется ее разработка), иллюстрирующая работу основных алгоритмов части 1 курса (симплекс-метод, алгоритмы отсечений Гомори, алгоритмы Фурье-Моцкина-Бургера), помогающая студенту овладеть алгоритмами за счет проведения небольших экспериментов;
 - программные лаборатории для исследования методов локальной и многоэкстремальной оптимизации с ограничениями (планируется доработка существующих программных сред LocOpt и MulTex);
- руководства пользователя по использованию программных комплексов для выполнения лабораторного практикума,
- оригинал–макеты курса лекций, подготовленные для печатного издания по части 1, 2 и 3.

Планируется также апробация основных разделов образовательного комплекса при обучении групп студентов в рамках специализаций ряда кафедр факультета ВМК ННГУ.

Обоснование необходимости разработки образовательного комплекса

Характеристика состояния области

Сложность принятия обоснованных решений в различных областях науки и техники определяет актуальность исследований в области моделей и методов оптимального выбора. Несмотря на огромное количество работ по этой тематике здесь остается много нерешенных проблем и задач. Область методов оптимизации характеризуется также обилием относительно новых, интересных и важных результатов, многие из которых еще не нашли должного отражения в учебных программах подготовки специалистов естественнонаучного профиля, а также в учебной литературе.

Современная проблематика методов оптимизации является настолько широкой, что ее трудно охватить рамками одного учебного курса. Отражением этого является разделение материала предлагаемого учебного комплекса на три взаимосвязанные, но в тоже время относительно самостоятельные части. Ниже приводится анализ состояния области разработки по каждой части образовательного комплекса.

Первая часть посвящена задачам линейного и целочисленного программирования. Линейное программирование можно отнести к классическим разделам математики, и по этому разделу существует ряд хороших учебников. Несмотря на это, мало литературы, посвященной теории целочисленного линейного программирования. Некоторые из работ,

например, книги на эту тему авторов: Схрейвер А., Ху Т., Шевченко В.Н, Гасс С., являются библиографической редкостью, а некоторые не являются общедоступным руководством и предназначены только для специалистов.

Во второй части курса рассматриваются модели и методы решения задач оптимизации достаточно общего вида по непрерывно изменяющимся параметрам. Основой для введения в эту область являются модели рационального выбора, порождающие семейства взаимосвязанных задач оптимизации, формируемые для заданного объекта, процесса или явления, по отношению к которому решается задача рационального выбора. Концептуально этот материал близок к проблематике системного анализа. Возникающие задачи оптимизации являются, как правило, многокритериальными. В современной научной литературе преобладают подходы к трактовке понятия оптимальности для таких задач на основе использования эффективных и слабо эффективных решений (оптимальность по Парето и Слейтеру). Именно эта концепция последовательно проводится в разрабатываемом учебном курсе. Представленные в учебной литературе методы определения таких решений основываются на параметрических свертках различных типов, в то время, как в современной научной литературе получены результаты по непараметрическим скаляризаторам, позволяющим строить оценки сразу всего множества слабо эффективных решений. Этот материал в учебную литературу еще не попал, таким образом, тема многокритериальной непрерывной оптимизации представлена в доступной учебной литературе далеко не полно. Во второй части курса планируется осветить многие концептуально важные результаты из этой области.

В последние двадцать лет получены основные результаты по обобщению аналитических условий оптимальности и теории двойственности на многокритериальные задачи. Этот материал полезен в теоретическом плане и необходим, например, для численно-аналитического решения многокритериальных задач с помощью универсальных математических пакетов. В настоящее время он отражен, преимущественно, только в научных статьях и монографиях, но практически не представлен в учебниках. Этот пробел также восполняется в данном учебном курсе.

В настоящее время достаточно завершенной областью являются общие методы учета функциональных ограничений (метод штрафов, метод модифицированных функций Лагранжа, методы параметризации и внутренней точки и др.). Классический материал по этому кругу вопросов включен в курс. Однако представление методов учета ограничений этим не ограничивается. Планируется добавить материал, отражающий уникальные разработки нижегородской школы в области условной оптимизации.

Проблема решения задач на основе общих моделей выбора (многоэкстремальность функционалов, невыпуклость области допустимых вариантов и т.д.), кроме указанных выше вопросов, неразрывно связана с задачей разработки вычислительных процедур, осуществляющих эффективное планирование процесса поиска решения. Оно основано на построении оценок рациональных вариантов при реалистических вычислительных затратах на основе адаптивных моделей поведения критериев. Этот подход предполагает применение целенаправленных алгоритмов оптимизации, максимально использующих получаемые в процессе вычислений сведения о решаемых задачах. Нижегородская школа многоэкстремальной оптимизации имеет существенные оригинальные результаты в этой области, многие из которых включаются в разрабатываемый учебный курс. В имеющейся учебной литературе многие из этих результатов не представлены. А именно, в существующих учебных курсах практически не отражены вопросы конструирования эффективных методов поиска глобально-оптимальных решений, включая современные методы редукции размерности, а также проблематика, связанная с построением общей

теории для методов указанного типа, включая специальные методы учета ограничений сложной структуры.

В курс предполагается включить также классический материал по методам локальной оптимизации, рассмотрев кроме методов траекторного типа эффективные методы решения выпуклых задач, основанные на отсечениях частей области поиска. До настоящего времени эти методы были представлены только в специальной литературе.

Анализируя материал учебного курса, планируемый в третьей его части, следует отметить, что в имеющихся учебниках и учебных пособиях отсутствует единообразный подход к построению общих рекуррентных соотношений динамического программирования для решения дискретных оптимизационных задач, как с аддитивным, так и с минимаксным критерием. Полностью отсутствует изложение технологии синтеза полных совокупностей эффективных оценок для задач дискретной многокритериальной оптимизации и соответствующих этим оценкам Парето – оптимальных решений. Недостаточно отражена возможность применения комбинированных методов, сочетающих идеологию динамического программирования и схемы ветвей и границ. Не приведены методы точного и приближенного решения ряда важных в теоретическом и прикладном аспектах задач, в том числе задач синтеза расписаний обслуживания. Этот материал включается в разрабатываемый курс.

Таким образом, предлагаемый учебный комплекс существенно отличается от всех существующих в рассматриваемой предметной области. Кроме классического материала по методам оптимизации он включает многие современные подходы и методы, недостаточно представленные в литературе учебного характера, а также существенно опирается на оригинальные результаты нижегородской школы оптимизации. Включение в состав комплекса специально разработанных компьютерных лабораторных практикумов предоставляет широкие возможности для практического освоения теории и вычислительных методов оптимизации, что почти полностью отсутствует в существующих учебных курсах.

Имеющийся задел коллектива

Коллектив исполнителей в течение многих лет ведет научные исследования и педагогическую деятельность в области разработки теоретических основ и создания программных систем поддержки выбора оптимальных решений для различных типов задач.

Оригинальные результаты получены ими в области целочисленных задач линейного программирования, многокритериальных дискретных задач специальной структуры, а также в области непрерывной многокритериальной и многоэкстремальной оптимизации.

В частности, авторами найдены неулучшаемые по порядку оценки числа крайних точек в многогранниках задач целочисленного линейного программирования, найдены нижние оценки сложности решения одного класса ЗЦЛП.

Кроме того, в рамках единого подхода авторами обоснована методика решения экстремальных задач широкого класса – задач многоэкстремальной оптимизации при наличии сложных (немонотонных) ограничений на варьируемые параметры, а также построены новые методы решения многокритериальных задач, развита теория сходимости для представительных классов алгоритмов многоэкстремальной оптимизации.

В области дискретной многокритериальной оптимизации и динамического программирования у коллектива исполнителей имеются разработки по эффективному построению представительных совокупностей множеств Парето–оптимальных решений, а также по методам поиска решений и анализу вычислительной сложности для важных конкретных задач и классов задач.

Научные результаты авторов, составившие инновационную основу курса, признаются учеными СНГ и за рубежом. На базе ННГУ неоднократно проводились Всесоюзные и международные совещания по указанной тематике (в т.ч. Всесоюзное координационное совещание по проблеме глобального поиска, Межгосударственная научная конференция по экстремальным задачам и их приложениям). Результаты работы авторов неоднократно докладывались на научных конференциях в стране и за рубежом. Ряд работ коллектива выполнялся в рамках важнейшей тематики Минобразования и Миннауки РФ, поддержан грантами РФФИ, а также целевыми грантами корпорации Интел технолоджиз, Инк. Авторами поддерживаются постоянные контакты в области научных исследований и образовательной деятельности по тематике оптимального выбора с ВЦ РАН, МГУ, ИПУ, ИММ УЦ РАН, СПбГУ, НГУ, Калабрийским университетом (Италия), Университетом г.Трир (Германия), Институтом автоматизации и вычислительной техники г.Будапешт(Венгрия), Техническим университетом и университетом Роскильде (Дания) и др.

Авторский коллектив имеет конкретный задел, созданный в результате выполнения работ по разработке образовательного комплекса «Современные методы принятия оптимальных решений», выполненной в 2001 году при поддержке фонда содействия развитию малых форм предпринимательства в научно–технической сфере, а также работ 2002 года, выполненных по образовательному гранту в рамках программы ЕЕР корпорации Интел. Имеющийся задел включает:

- варианты ученых материалов по части 1,2 и 3 к лекционным и практическим занятиям в стадии, требующей доработки, некоторого расширения, авторской и окончательной корректуры;
- первые версии двух программных лабораторий для проведения практикумов по части 2 курса;
- опыт апробации фрагментов планируемого образовательного комплекса для групп студентов ВМК ННГУ в рамках специализации кафедр ИАНИ, МЛиВА, ТуиДМ, МО ЭВМ.

Новизна предлагаемого комплекса

Инновационность результатов создания учебно–методического комплекса обеспечивается следующими его базовыми характеристиками:

- широтой рассматриваемого класса задач оптимального выбора, охватывающего все основные постановки задач непрерывной и дискретной оптимизации (непрерывные и дискретные, одномерные и многомерные задачи, однокритериальные и многокритериальные, глобальные и локальные решения, задачи со сложными ограничениями);
- фундаментальностью и оригинальностью излагаемых подходов;
- комплексным охватом теоретических вопросов и результатов (методы отсечений и теория сходимости, условия оптимальности решений и алгоритмов, теория двойственности, методы редукции размерности, анализ вычислительной сложности, и т.д);
- новизной учебного материала, за счет включения результатов последних научных разработок в области методов оптимизации, в том числе — оригинальных научных разработок нижегородской школы в области экстремальных задач;
- разработкой программных средств поддержки лабораторного практикума как органической части единого учебного комплекса;

- "практичностью" освоения материала в ходе расширенного лабораторного практикума.

Технические требования

Требования к учебнику

Текст учебника представляет собой электронную форму курса лекций и содержит полный учебный материал разрабатываемого образовательного комплекса. В тексте учебника или в виде дополнительного приложения должны быть предусмотрены примеры, упражнения или практические задания, которые можно выполнить с помощью одной из программных лабораторий.

Учебник готовится с использованием форматов Microsoft Word, PDF, HTML или Acrobat Reader. Учебник должен содержать иллюстрации и может содержать гиперссылки, позволяющие легко перемещаться по тексту, а в случае необходимости — вызывать программные лаборатории.

Требования к программным лабораториям

Программные лаборатории реализуют базовые алгоритмы, описанные в текстах лекций электронного учебника, и нацелены на практическое освоение теоретического материала по анализу моделей и методов конечномерной оптимизации.

Программные лаборатории являются средством программной поддержки комплекса лабораторных работ, соответствующих основным разделам курса. Программные модули лабораторий, реализуются стандарте Windows. Модули обеспечивают удобный пользовательский интерфейс, позволяющий в диалоговом режиме осуществлять постановку задач оптимизации, выбирать и настраивать методы решения, выполнять анализ поставленных задач с использованием различных форм визуализации, наблюдать и исследовать работу алгоритмов в процессе поиска оптимального решения. Предусматривается наличие развитых сервисных функций, включая встроенную справочную систему, описывающую функциональные возможности модуля и пользовательский интерфейс.

Требования к презентациям

Данные документы представляет собой электронные презентации, реализованные средствами приложения Microsoft Power Point.

Презентация образовательного комплекса описывает его цели и задачи, содержит общее описание функциональных возможностей образовательного модуля и его отличительных особенностей. Презентация предназначена для представления и рекламы образовательного комплекса.

Лекционные презентации предназначены для использования при чтении лекций по учебному курсу в рамках образовательного модуля.

Условия эксплуатации

Разрабатываемый образовательный комплекс функционирует под управлением операционных систем Windows 95 или Windows NT и выше на персональной ЭВМ типа IBM PC с процессором класса не ниже Pentium III.

Среда разработки

Учебник, описание алгоритмов, пользовательская документация	Microsoft Word 2000, LaTeX 2.09/2e, Acrobat Reader 5.0
Программные лаборатории	Microsoft Visual C++ 6.0, библиотека MFC 4.21, Borland C++Builder v.5
Презентации	Microsoft PowerPoint

Сроки и этапы работы

№	Этап	Результаты	Срок
1.	Анализ требований	Пояснительная записка Техническое задание, включая краткую программу курса, а также план лабораторного практикума и практических занятий Презентация проекта	31.05.2003
2.	Разработка эскизного проекта	Эскизные варианты: <ul style="list-style-type: none"> • электронного учебника (курса лекций) • лекционных презентаций, • программных лабораторий, • материалов для печатного издания, • презентации курса 	15.09.2003
3.	Подготовка рабочего проекта	Рабочие варианты: <ul style="list-style-type: none"> • электронного учебника, (курса лекций) • лекционных презентаций, • программных лабораторий, • справочных руководств к ним, • руководств пользователя • материалов для печатного издания 	15.12.2003
4.	Апробация	Предложения по развитию и	31.12.2003

	комплекса	совершенствованию комплекса	образовательного	
--	-----------	--------------------------------	------------------	--

Краткая программа курса

Часть 1. Линейное и целочисленное линейное программирование

1 Линейное программирование

- 1.1. Примеры реальных задач линейного и выпуклого программирования (о смесях, диете, о разрезании, транспортного типа, задачи с разрывами)
- 1.2. Приведение ЗЛП к каноническому виду. Симметричная форма. Геометрическая интерпретация. Длина записи входной информации.
- 1.3. Симплекс-метод. Прямые алгоритмы, строчечная и столбцовая формы записи, примеры зацикливания, способы защиты от зацикливания, оценка числа итераций, метод искусственного базиса.
- 1.4. Теорема двойственности. Дополняющая нежесткость. Разрыв двойственности в ЦЛП.
- 1.5. Двойственные алгоритмы. Геометрическая интерпретация–II.

2 Системы линейных неравенств

- 2.1. Выпуклые множества и конусы. Конечно порожденные и конечно определенные конусы, политопы и полиэдры. Крайние точки и экстремальные лучи. Сопряженность полиэдральных конусов и полярность политопов.
- 2.2. Алгоритмы построения остова сопряженного конуса и их применение. Переборный алгоритм. Алгоритм Фурье–Моцкина–Бургера.
- 2.3. Метод эллипсоидов. Полиномиальный алгоритм нахождения рационального решения системы линейных неравенств.

3 Методы решения задач ЦЛП

- 3.1. Идея методов отсечений, геометрическая интерпретация. Выбор вычислительной схемы.
- 3.2. Методы отсечений Гомори.

Часть 2. Нелинейное программирование и многоэкстремальная оптимизация

1. Математические модели оптимального выбора

Объект и его описание, постановки оптимизационных задач, многокритериальные задачи и схемы компромисса, модели функций, используемые в задачах оптимального выбора

1 Теоретические основы аналитического решения задач оптимизации

- 1.1. Обобщенные условия экстремума на задачи векторной оптимизации
- 1.2. Условия оптимальности в дифференциальной форме для многокритериальных задач оптимизации специального и общего вида

- 1.3 Элементы теории двойственности в задачах математического программирования
- 2 Общие методы учета функциональных ограничений в задачах математического программирования
 - 2.1 Общие методы учета ограничений, обзор
 - 2.2 Методы внешнего штрафа, сходимость и оценки скорости сходимости
 - 2.3 Методы модифицированных функций Лагранжа
 - 2.4 Методы параметризации, внутренней точки, индексный метод
- 3 Математические основы построения и анализа алгоритмов оптимизации
 - 3.1 Модели численных методов оптимизации, виды сходимости, влияние априорной информации на оценки решения
 - 3.2 Принципы построения методов оптимизации. Минимаксный и байесовский подходы к оптимальности алгоритмов. Различные типы и парадоксы понятия оптимальности
 - 3.3 Методы Пиявского, Кушнера, информационно–статистический метод, метод с адаптивными стохастическими моделями, как одношагово–оптимальные вычислительные методы.
 - 3.4 Характеристическая модель описания алгоритмов одномерной оптимизации. Теория характеристически представимых алгоритмов
 - 3.5 Другие модели методов многоэкстремальной оптимизации. T-представимые алгоритмы и их свойства. Оценки относительной плотности испытаний
- 4 Фундаментальные способы редукции размерности в многоэкстремальных задачах
 - 4.1 Связь с задачей построения покрытий области поиска, неадаптивные покрытия, ЛП_τ–поиск, адаптивные покрытия
 - 4.2 Принципы редукции сложности в многомерных задачах. Многошаговая схема, использование разверток, деление на компоненты
 - 4.3 Многошаговая схема редукции размерности, минимаксные задачи
 - 4.4 Изучение многошаговой схемы для задач с вычислимой границей, задач без ограничений, с выпуклыми ограничениями
 - 4.5 Редукция размерности, основанная на использовании кривых Пеано, простые, неинъективные и множественные развертки, применение информационно–статистических алгоритмов
 - 4.6 Построение методов многомерной оптимизации на принципах деления области на компоненты
- 5 Методы построения оценок множества Парето в многокритериальных задачах, не использующие параметрических сверток
- 6 Модели и методы поиска локально-оптимальных решений
 - 6.1 Применение принципов оптимальности при построении методов локальной оптимизации для класса выпуклых гладких задач (метод центров тяжести, метод эллипсоидов)
 - 6.2 Принципы построения методов локальной оптимизации в задачах общего вида

- 6.3 Аппроксимационные принципы построения алгоритмов Анализ свойств классического градиентного метода и метода Ньютона
- 6.4 Эффективные методы второго порядка для гладких задач, использующие преобразования матриц Гессе и регулировку шага
- 6.5 Методы первого порядка, явно изменяющие метрику пространства
- 6.6 Методы сопряженных направлений, их свойства. Метод Флетчера–Ривса
- 6.7 Некоторые методы прямого поиска для негладких задач
- 6.8 Специальные методы учета линейных ограничений в гладких задачах локальной оптимизации, особенности учета двусторонних ограничений на переменные

Часть 3. Динамическое программирование и дискретная многокритериальная оптимизация

- 1 Метод динамического программирования в задачах дискретной оптимизации.
 - 1.1 Задачи оптимального управления дискретными объектами. Принцип и общие рекуррентные соотношения динамического программирования.
 - 1.2 Построение рекуррентных соотношений динамического программирования для задачи оптимального распределения капиталовложений, задачи коммивояжера и ее модификаций, задач "ранцевого" типа, задач о назначениях с учетом предпочтений участников и т.д.
 - 1.3 Классические задачи теории расписаний и методы их решения (задачи однопроцессорного обслуживания множеств заявок и теорема Кладова - Лившица, задачи с директивными сроками, задачи Джонсона и т.д.).
 - 1.4 Каноническая задача синтеза оптимального расписания обслуживания конечного детерминированного потока заявок и процедура ее решения с использованием метода динамического программирования.
 - 1.5 Задачи построения оптимальных расписаний обслуживания конечного детерминированного потока заявок системой параллельных (последовательных) процессоров и алгоритмы их решения методом динамического программирования.
- 2 Анализ вычислительной сложности задач дискретной оптимизации, подходы к проблеме синтеза качественных решений за реально приемлемое время.
 - 2.1 Полиномиально разрешимые и NP- трудные задачи дискретной оптимизации.
 - 2.2 Выделение полиномиально разрешимых подклассов задач как подход к преодолению труднорешаемости (иллюстрации на задачах теории расписаний и моделях ранцевого типа).
 - 2.3 Принципы построения приближенных и эвристических алгоритмов для задач дискретной оптимизации (жадные алгоритмы, использование вариантов схемы ветвей и границ, декомпозиция и агрегирование, управляемый случайный поиск, локальная оптимизация, ϵ - подход и т.д.).
- 3 Дискретные многокритериальные задачи, многокритериальное динамическое программирование.
 - 3.1 Синтез Парето - оптимальных решений методами последовательных уступок и линейной свертки (на примерах задач о назначениях и задач "ранцевого" типа).

- 3.2 Построение полных и представительных совокупностей эффективных оценок с использованием рекуррентных соотношений многокритериального динамического программирования. Иллюстрация на примерах многокритериальной задачи о ранце, многокритериальной задачи коммивояжера и их модификаций.
- 3.3 Решение методом динамического программирования многокритериальных задач синтеза расписаний обслуживания.
- 3.4 Общая схема метода ветвей и границ, модификация схемы ветвей и границ для решения задач дискретной многокритериальной оптимизации.

План лабораторного практикума и практических занятий

Часть 1. Линейное и целочисленное линейное программирование

- 1 Постановка задачи линейного и целочисленного линейного программирования. Геометрический способ решения задач (практическое занятие)
- 2 Симплекс-метод. Метод искусственного базиса. Лексикографический способ борьбы с зацикливанием. Правило Бленда (практическое занятие)
- 3 Использование теоремы двойственности и теоремы о дополняющей нежесткости. Комбинаторные следствия теоремы двойственности (практическое занятие)
- 4 Алгоритм Фурье–Моцкина–Бургера. Его использование для построения пересечения и суммы политопов и полиэдральных конусов. Циклический политоп (лабораторная работа)
- 5 Использование методов отсечений Гомори для решения задач целочисленного линейного программирования (лабораторная работа)

Часть 2. Нелинейное программирование и многоэкстремальная оптимизация

- 1 Использование аналитических методов решения задач однокритериальной и многокритериальной оптимизации (лабораторная работа на основе Mathcad)
- 2 Конструирование задач с функциональными ограничениями, обладающих особенностями для методов внешнего штрафа. Исследование свойств метода (лабораторная работа на основе системы LocOpt)
- 3 Применение принципов одношаговой оптимальности к построению алгоритмов оптимизации (практическое занятие)
- 4 Анализ и исследование свойств поисковых последовательностей в характеристически представимых методах одномерной многоэкстремальной оптимизации (лабораторная работа на основе системы Absolut)
- 5 Конструирование многомерных многоэкстремальных задач и их решение по многошаговой схеме редукции размерности (лабораторная работа на основе системы Multex)
- 6 Конструирование задач, обладающих особенностями для методов локальной оптимизации. Исследование и сопоставление методов локальной оптимизации (лабораторная работа на основе системы LocOpt)

- 7 Исследование специальных методов учета двусторонних ограничений на переменные (лабораторная работа на основе системы LocOpt)
- 8 Разработка DLL–модели учебного объекта, выполнение оптимизации по параметрам объекта (лабораторная работа на основе системы LocOpt v.2)

Часть 3. Динамическое программирование и дискретная многокритериальная оптимизация

- 1 Технология решения задач дискретной оптимизации методом динамического программирования (на примерах задач синтеза расписаний обслуживания).
- 2 Построение полных и представительных совокупностей эффективных оценок с использованием рекуррентных соотношений многокритериального динамического программирования (иллюстрации на примерах многокритериальной задачи о ранце, многокритериальной задачи коммивояжера и их модификаций).
- 3 Синтез эффективных оценок и порождающих их расписаний для многокритериальных задач обслуживания конечных детерминированных потоков заявок
- 4 Использование модифицированной схемы ветвей и границ в процессах синтеза решений задач дискретной многокритериальной оптимизации