

Федеральное агентство по образованию Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа по дисциплине		

УТВЕРЖДЕНО

Ученый совет факультета математики и
информационных технологий

Протокол № _____ от « ____ » _____ 200__ г.

Председатель _____ А.С. Андреев
(подпись, расшифровка подписи)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

Дисциплина:	Численные методы исследования операций

Кафедра:	Информационные технологии
	_____ (<u>ИТ</u>) аббревиатура

Специальность (направление):

- 230301 – «Моделирование и исследование операций в организационно-технических системах»

Дата введения в учебный процесс УлГУ:


01 сентября 2009 г.

Сведения о разработчиках:

ФИО	Аббревиатура кафедры	Ученая степень, звание
Семущин И.В.	ИТ	Д.т.н., проф.

Заведующий кафедрой

_____ / _____ /
(ФИО) (Подпись)
« ____ » _____ 200__ г.

Федеральное агентство по образованию Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа по дисциплине		

Цели и задачи изучения дисциплины

Данный курс имеет своей целью заложить базовые умения и навыки в области разработки компьютерно ориентированных алгоритмов решения вычислительных оптимизационных задач, возникающих в процессе математического моделирования законов реального мира; обеспечить понимание основных идей численных методов, особенностей и условий их применения, а также к применению этих знаний в дальнейшей учебе и практической деятельности.

В соответствии с этим в курсе изучаются основные методы вычислительной линейной алгебры, линейного программирования, численного решения нелинейных уравнений и безусловной оптимизации функций по экспериментальным данным.

1. Требования к уровню освоения дисциплины:

В процессе и в результате изучения этого курса студенты будут:

- иметь представление о том, как численные методы и компьютеры применяются к проблемам реального мира и как с их помощью решаются основные задачи исследования операций;
- знать структуру задач и прямых методов решения линейных систем уравнений, классические методы решения нелинейных уравнений и безусловной оптимизации, задачу линейного программирования и алгоритмы ее решения симплекс-методом;
- уметь обосновывать положения математической теории численных методов, изучать предмет самостоятельно; использовать литературные источники; использовать персональный компьютер для программирования; эффективно конспектировать материал и распоряжаться рабочим временем;
- развивать навыки аналитического мышления, позволяющие понимать реализацию и поведение численных методов и решений на практике и логически формулировать численные методы для решения задач на компьютере с применением языков программирования (Fortran 77/90, Pascal или C/C++);
- получать реальный опыт разработки компьютерных программ высокого (почти профессионального) уровня и применения компьютеров посредством написания, отладки и многочисленных прогонов своих программ.

2. Объем дисциплины.

3.1. Объем дисциплины и виды учебной работы:

Вид учебной работы	Количество часов (форма обучения – дневная)			
	Всего по плану	В т.ч. по семестрам		
		1	2	3
Аудиторные занятия:	72	72		
Лекции	36	36		
практические и семинарские занятия	18	18		
лабораторные работы (лабораторный практикум)	18	18		


Федеральное агентство по образованию Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа по дисциплине		

Самостоятельная работа	108	108		
Всего часов по дисциплине	180	180		
Текущий контроль (количество и вид)	3 контрольные работы	3 контрольные работы		
Курсовая работа	0	0		
Виды промежуточного контроля (экзамен, зачет)	экзамен	экзамен		

3.2. Распределение часов по темам и видам учебной работы:

Форма обучения – дневная

Название и разделов и тем	Всего	Виды учебных занятий			
		Аудиторные занятия			Самостоятельная работа
		лекции	практические занятия, семинары	лабораторная работа	
Раздел 1. Введение					
1. Задачи и методы исследования операций.	7	1	0	0	6
Раздел 2. Системы линейных алгебраических уравнений					
2. Прямые методы решения систем	49	6	6	10	27
Раздел 3. Задача линейного программирования (ЛП)					
3. Симплекс-метод при известном базисном допустимом решении.	46	8	5	8	25
4. Модифицированный симплекс-метод	17	5	1	0	11
5. Двойственный симплекс-метод	23	7	2	0	14
6. Анализ устойчивости решения и особые случаи	13	3	0	0	10
Раздел 4. Корни нелинейных уравнений и оптимизация					
7. Нелинейные задачи с одной переменной. Многомерные задачи.	25	6	4	0	15
Всего часов по темам и видам учебной работы					
Всего часов	180	36	18	18	108

Федеральное агентство по образованию Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа по дисциплине		

3. Содержание курса (лекции, 36 час)

Раздел 1. Введение. (1 час)

Тема 1. Задачи и методы ИО (исследования операций) и их приложения в различных сферах деятельности. Математическое моделирование и вычислительный эксперимент. Численные методы как раздел современной математики.

Раздел 2. Системы линейных алгебраических уравнений. (6 час)

Тема 2. Прямые методы решения систем (6 час). LU-разложение и методы исключения Гаусса и Жордана. Стратегии выбора главного элемента. Обращение матриц. Компактные схемы (Краут). Решение систем и обращение матриц.

Раздел 3. Задача линейного программирования (ЛП) (8 час).

Тема 3. Симплекс-метод при известном базисном допустимом решении (8 час). Приведение задачи ЛП к канонической форме для базиса. Симплекс-метод при известном базисном допустимом решении. Алгоритм симплекс-метода при известном БДР. Организация вычислений. Симплекс-метод без порождения начального БДР. Симплекс-метод с порождением БДР.

Тема 4. Модифицированный симплекс-метод. (5 час). Симплекс множители. Обращенный базис. Их обновление.

Тема 5. Двойственный симплекс-метод. (7 час). Алгоритм ДСМ с корректным видом базиса. Алгоритм ДСМ без корректного вида базиса. Алгоритм ДСМ без корректного вида базиса с искусственными переменными. Модифицированный двойственный симплекс-метод. Прямая и двойственная задачи линейного программирования.

Тема 6. Анализ устойчивости решения и особые случаи. (3 час). Изменения в правых частях ограничений. Изменения в коэффициентах целевой функции. Включение дополнительных переменных и ограничений.

Раздел 4. Корни нелинейных уравнений и оптимизация (6 час).

Тема 7. Нелинейные задачи с одной переменной. Многомерные задачи. (6 час). Нелинейные задачи с одной переменной. Метод простой итерации. Метод Ньютона. Сходимость метода Ньютона. Методы для случая, когда производные не заданы. Метод Ньютона для систем нелинейных уравнений. Методы первого порядка (градиентные) и нулевого порядка (поисковые).

4. Темы практических или семинарских занятий (18 час)


Тема 1 (6 час). Вычислительные алгоритмы, основанные на методе исключения неизвестных, включая LU-разложение, решение систем, нахождение обратной матрицы, вычисление определителя матрицы и числа ее обусловленности. Контрольная работа №1.

Тема 2 (4 час). Численное решение ЛП-задачи симплекс-методом. Симплекс-метод. Двойственный симплекс-метод. Модифицированный (улучшенный) симплекс-метод. Контрольная работа №2.

Тема 3 (4 час). Вычислительные алгоритмы анализа устойчивости решения ЛП-задачи и особые случаи.

Тема 4 (4 час). Нелинейные задачи с одной переменной. Построение алгоритмов.

Весь фонд заданий и задач (в количестве более 100) сопровождается методическими указаниями по их решению, оформленными в виде двух отдельных приложений к рабочей программе: 1) Учебное пособие «И.В. Семушин. Численные методы алгебры. Ульяновск, 2006» и 2) Учебное пособие «И.В. Семушин. Практикум по методам оптимизации – Компьютерный курс. Ульяновск, 2005» Они сданы в библиотеку УлГУ и выложены на сайте <http://www.ulsu.ru/staff/homepages/semushin/>.

Федеральное агентство по образованию Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа по дисциплине		

5. Лабораторные работы (лабораторный практикум, 18 час)

Раздел 1. Системы линейных алгебраических уравнений (9 час)

Тема 1. Стандартные алгоритмы LU-разложения. Цели и содержание работы: Написать и отладить программу, реализующую заданный вариант метода исключения с выбором главного элемента, для численного решения систем линейных алгебраических уравнений $Ax=f$, вычисления определителя $\det A$ и A^{-1} . Предусмотреть сообщения, предупреждающие о невозможности решения указанных задач с заданной матрицей A . Результаты лабораторной работы: программа и результаты экспериментов, выведенные на экран в форме таблиц и графиков.

Раздел 2. Задача линейного программирования (9 час)

Тема 2. Численное решение ЛП-задачи симплекс-методом. Цели и содержание работы: Написать и отладить программу, реализующую заданный вариант симплекс-метода: стандартный, двойственный или модифицированный. Предусмотреть сообщения, предупреждающие о невозможности решения указанных задач с заданной матрицей A . Результаты лабораторной работы: программа и результаты экспериментов, выведенные на экран в форме таблиц и графиков.

Комплекс лабораторных работ, заданий к ним и каждая лабораторная работа в отдельности сопровождаются методическими указаниями по их выполнению, оформленными в виде отдельного приложения к рабочей программе – 1) Учебное пособие «И.В. Семушин. Численные методы алгебры. Ульяновск, 2006» и 2) Учебное пособие «И.В. Семушин. Практикум по методам оптимизации – Компьютерный курс. Ульяновск, 2005» Они сданы в библиотеку и выложены на сайте <http://www.ulsu.ru/staff/homepages/semushin/>.

6. Тематика контрольных работ


Контрольная работа №1: Вычислительные алгоритмы, основанные на методе исключения неизвестных. Цель – отработка алгоритмов решения задач для последующей реализации в компьютерной программе лабораторной работы и приобретение практических навыков решения задач для подготовки к экзамену. Работа выполняется в течение 2-х академических часов в аудитории и сдается на проверку. Содержание задания: LU-разложение, решение систем, нахождение обратной матрицы, вычисление определителя матрицы и числа ее обусловленности.

Контрольная работа №2: Численное решение ЛП-задачи симплекс-методом. Цель – отработка алгоритмов решения задач для последующей реализации в компьютерной программе лабораторной работы и приобретение практических навыков решения задач для подготовки к экзамену. Работа выполняется в течение 2-х академических часов в аудитории и сдается на проверку. Содержание задания: привести задачу к стандартному виду, дать решение задачи вручную – графическое и аналитическое, сравнить это решение с решением от стандартной программы типа SimplexWin.

Контрольная работа №3: Численное решение прямой и двойственной ЛП-задач. Цель – отработка алгоритмов и понимание решения прямой и двойственной для подготовки к экзамену. Работа выполняется в течение в домашних условиях и сдается на проверку. Содержание задания: привести задачи к стандартному виду, дать решение задач вручную и численно по стандартной программе типа SimplexWin и сделать выводы.

7. Вопросы экзамена

1. Теорема о существовании и единственности $\{LU\}$ -разложения. Связь разложения и метода Гаусса исключения неизвестных.

Федеральное агентство по образованию Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа по дисциплине		

2. Теорема о существовании и единственности $\{UL\}$ -разложения. Связь разложения и метода Гаусса исключения неизвестных.
3. Метод Гаусса: расчетные формулы и подсчет числа действий умножения/деления в процедуре факторизации матрицы.
4. Метод Гаусса: расчетные формулы и подсчет числа действий умножения/деления в процедурах прямой и обратной подстановки.
5. Элементарные треугольные матрицы. Теорема об алгоритме $\{LU\}$ -разложения с замещением исходной матрицы матрицами LS и SU .
6. Метод Гаусса с выбором главного элемента (ГЭ): стратегии и программная реализация. Выбор ГЭ по строке и решение систем.
7. Вычисление определителя и обращение матрицы с учетом выбора главного элемента.
8. Метод Гаусса-Жордана: теорема об алгоритме $\{LU\}$ -разложения с получением SU^{-1} . Подсчет числа действий умножения/деления.
9. Метод Гаусса-Жордана: теорема об алгоритме $\{UL\}$ -разложения с получением SL^{-1} . Подсчет числа действий умножения/деления.
10. Нормы вектора и матрицы. Норма с индексом бесконечность. Оценка для собственных значений через норму матрицы. Число обусловленности.
11. Полная оценка относительной погрешности решения линейных систем.
12. Численное решение ЛП-задачи симплекс-методом.
13. Организация вычислений в стандартном симплекс-методе.
14. Метод искусственной целевой функции.
15. Двойственный симплекс-метод. Организация вычислений в этом симплекс-методе.
16. Модифицированный (улучшенный) симплекс-метод.
17. Организация вычислений в модифицированном симплекс-методе.
18. Прямая и двойственная задачи линейного программирования.
19. Анализ устойчивости решения ЛП-задачи и особые случаи.
20. Нелинейные задачи решения уравнений и безусловной оптимизации с одной переменной.
21. Поисковые методы решения одного уравнения и безусловной оптимизации с одной переменной.
22. Метод Ньютона решения одного уравнения и оптимизации с одной переменной.
23. Методы первого порядка (градиентные) безусловной оптимизации.
24. Метод Ньютона решения систем нелинейных уравнений и безусловной оптимизации.


8. Критерии оценки учебной работы студента

Общее правило:

- Оценка работы студента есть взвешенное среднее посещаемости (А), домашней работы (Н) и экзаменов (Е), где под "экзаменами" (см. подробнее ниже) понимается учет не только финального экзамена (во время сессии), но и контрольных работ в течение семестра:

5 % - посещаемость

*Этот вес действует только в случае, если студент посещает занятия.
Если студент пропускает занятия, этот вес прогрессивно возрастает*

Федеральное агентство по образованию Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа по дисциплине		

(см. разд. **Посещаемость**). Студент может получить "неудовлетворительно" исключительно в результате низкой посещаемости !

30 % - домашняя работа

65 % - экзамены

Таким образом, финальная оценка (FG) вычисляется по правилу:

$$FG = 0.05 A + 0.30 H + 0.65 E,$$

где каждая составляющая:

A = посещаемость,

H = домашняя работа,

E = экзамены

выражается целым числом от 0 до 100 баллов.

- Эта итоговая оценка затем отображается на стандартную шкалу оценок:

83 – 100 = "отлично"

70 – 82 = "хорошо"

56 – 69 = "удовлетворительно"

0 – 55 = "неудовлетворительно"

Пример 1:

Иван С. Студент имеет следующие баллы:

$$A = 90, H = 87, E = 83.$$


Тогда $0.05 \times 90 + 0.30 \times 87 + 0.65 \times 83 = 84.6$.

Следовательно, Иван заработал "отлично"

Посещаемость

- Каждое учебное занятие, в том числе лекция, начинается с росписи студента в явочном листе. Поставить свою роспись – личная ответственность **студента**. Отсутствие росписи означает отсутствие студента на занятии. Чтобы отсутствие студента было расценено как уважительное, студент должен известить об этом преподавателя своевременно (т.е. в течение одной недели до или после занятия). Приемлемая форма предупреждения – телефонное сообщение на рабочий телефон (секретарю кафедры) или записка преподавателю (через секретаря кафедры).
- Оценка студента за посещаемость будет определяться по следующей таблице:

Число неуважительных пропусков *	Балл	Вклад в итоговую оценку
0	100	+5
1	90	+4.5
2	50	+2.5
3	0	+0
4	-50	-2.5
5	-100	-5

Федеральное агентство по образованию Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа по дисциплине		

6	-150	-7.5
7	-200	-10
8	-400	-20
9	-600	-30
10	-800	-40

- При числе **неуважительных** пропусков выше девяти у студента нет практического шанса получить положительную итоговую оценку за весь курс.
* Неуважительный пропуск есть пропуск занятия, который не связан с болезнью, с семейной утратой или с факультетским мероприятием.
- Студент может иметь максимум 8 уважительных пропусков. После этого **все пропуски считаются неуважительными !**

Если спортсмену необходимо пропустить занятие по уважительной причине, его тренеру следует известить об этом преподавателя заранее в письменной форме. Если студент болен, он должен позвонить на кафедру, чтобы преподавателя об этом известили. Пропуск будет неуважительным, если преподавателя не известят в течение одной недели отсутствия студента. Предпочтительно, чтобы студент оставлял телефонное сообщение или передавали записку секретарю кафедры, нежели сообщал преподавателю лично о своих пропусках. Сообщение должно содержать номер группы, день и время пропускаемого занятия, название предмета и, конечно, имя и фамилию студента.

Пример 2:

Студент Петр П. имеет следующие баллы:

$$A = -100, H = 100, E = 100$$

(он допустил 5 неуважительных пропусков).

Тогда $FG = 0.05 \times (-100) + 0.30 \times 100 + 0.65 \times 100 = 90$.

Следовательно, Петр П. заработал "отлично". Если же он при этом допустил 10 неуважительных пропусков, то тогда его $A = -800$ и, соответственно

$$FG = 0.05 \times (-800) + 0.30 \times 100 + 0.65 \times 100 = 55.$$

Петр П. получает $FG = 55$ и, соответственно, оценку "неудовлетворительно".

Студентам надо иметь в виду, что оценки зарабатываются !

Домашняя работа

- Студенту будет предложен ряд домашних заданий, которые – по нашему предположению – он выполнит и сдаст. Баллы за отдельные задания складываются и тем самым образуют H , т.е. оценку за этот вид учебной работы студента. Любая сдача домашнего задания позже установленного срока повлечет уменьшение оценки H на 10 баллов. За каждое невыполненное задание в H поступает 0.
- По данному курсу домашние задания представляют собой задания на лабораторные работы (по характеру работы они трактуются как проекты). Студенту предлагается выполнить 2 такие работы за семестр, т.е. ему выдаются 2 задания. Максимальное количество баллов H , которое можно заработать за всю домашнюю работу, состав-

Федеральное агентство по образованию Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа по дисциплине		

ляет 100. Эти 100 баллов мы разделяем определенным образом между общим числом выданных домашних заданий.

- Например, если мы выдаем на семестр 2 задания на лабораторные работы, то за выполненную безупречно и в полном объеме лабораторную работу №1 студент заработает 50 баллов, причем по срокам эта работа должна предшествовать всем последующим. Далее, за выполненную безупречно и в полном объеме лабораторную работу №2 студент заработает 50 баллов. Это максимально возможное число баллов за каждую лабораторную работу будет уменьшено, если защита данной работы студентом не отвечает всем требованиям, изложенным в учебном (методическом) пособии к лабораторным работам.

Преподаватель, ведущий лабораторные занятия в дисплейном классе, назначит сроки сдачи лабораторных работ и на каждом занятии всегда с готовностью поможет студенту, если тот ясно сформулировал те конкретные вопросы, которые у него возникли дома. Преподаватель, ведущий семинарские (практические) занятия, поможет студенту и всей аудитории, когда студент будет рассказывать, как он понимает и как дома программирует тот или иной алгоритм.

Экзамены

- Оценка за экзамены, т.е. величина E в составе финальной оценки, определяемой по формуле

$$FG = 0.05 A + 0.30 H + 0.65 E,$$

будет определена как равномерно взвешенное среднее результатов письменных контрольных работ в течение семестра и устного ответа на экзамене во время экзаменационной сессии. При том, что контрольные работы письменно проверяют умение студента решать задачи, устный экзамен есть всеобъемлющая проверка знания основных положений теории, умения доказывать эти положения и делать из них логические выводы. В совокупности, эти (письменная и устная) части экзамена покрывают весь учебный курс. Для этого мы проводим две контрольные работы за семестр.

- Все контрольные работы будут объявлены студентам заранее – не позднее, чем за неделю. Если студент собирается пропустить контрольную работу (это должен быть уважительный пропуск), преподаватель предпочтет, чтобы студент написал эту работу раньше назначенного срока. Если студент не сможет написать контрольную работу до назначенного срока, то он должен принять все меры к тому, чтобы написать ее в течение недели после контрольного срока. По истечении недели после этого студент получит ноль. Студент также получит ноль за неуважительный пропуск контрольной работы.

Мы переписываем и заменяем некоторые задания или делаем небольшие вариации в постановке экзаменационных вопросов по сравнению с теми, которые опубликованы в этой рабочей программе (или на web сайте). Об этом будет объявлено за две недели до контрольных работ и финального экзамена.

Федеральное агентство по образованию Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа по дисциплине		

9. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература:

1. Банди, Б. Основы линейного программирования / Б. Банди – Пер. с англ. под ред. В. А. Волынского. М., Радио и связь, 1989.
2. Банди, Б. Методы оптимизации – вводный курс / Б. Банди – Пер. с англ. под ред. В. А. Волынского. М., Радио и связь, 1988.
3. Семушин, И.В. Численные методы алгебры / И. В. Семушин. – Ульяновск: УлГТУ, 2006.
4. Семушин, И.В. Практикум по методам оптимизации – Компьютерный курс / И. В. Семушин. – Ульяновск: УлГТУ, 2005.
5. Акулич, И. Л. Математическое программирование в примерах и задачах / И. Л. Акулич: Учеб. пособие для студ. вузов. – М.: Высш. шк., 1986. – 319 с. (2-е изд., испр. и доп. – М.: Высш. шк., 1993. – 336 с.)

Дополнительная литература:

1. Арис А. Дискретное динамическое программирование / Пер. с англ. под ред. Б. Т. Поляка. – М.: Мир, 1969. – 172 с.
2. Беллман Р., Дрейфус С. Прикладные задачи динамического программирования / Пер. с англ. под ред. А. А. Первозванского. – М.: Наука, 1965. – 460 с.
3. Васильев~Ф. П. Численные методы решения экстремальных задач: Учеб. пособие для студ. вузов спец. Прикладная математика. – М.: Наука, 1980 – 520 с.
4. Дэннис~Дж., Шнабель Р. Численные методы безусловной оптимизации и решения нелинейных уравнений / Пер. с англ. под ред. Ю. Г. Евтушенко. – М.:Мир, 1988 – 440 с.
5. Зайченко Ю. П. Исследование операций – Киев: Вища школа, 1975. – 320 с.
6. Кротов В. Ф. и др. Основы теории оптимального управления. – М.: Высш. шк., 1990 – 432 с.
7. Моисеев Н. Н., Иванилов Ю. П., Столярова Е. Ж. Методы оптимизации: Учеб. пособие для студ. вузов спец. Прикладная математика. – М.: Наука, 1978. – 352 с.
8. Растрингин Л. А. Статистические методы поиска. – М.: Наука, 1968. – 376 с.
9. Сеа Ж. Оптимизация. Теория и алгоритмы / Пер. с фр. Л. Г. Гурина. – М. Мир, 1973. – 244 с.
10. Уайлд Д. Дж. Методы поиска экстремума / Пер. с англ. под ред. А. А. Фельдбаума. – М.: Наука, 1967. – 268 с.
11. Фурунжиев Р. И., Бабушкин Ф. М., Варавко В. В. Применение математических методов и ЭВМ. Практикум: Учеб. пособие для студ. вузов спец. Прикладная математика. – Минск: Вышэйш. шк., 1988. – 191 с.

Материально-техническое или информационное обеспечение дисциплины – дисплейные классы университета.

Примечание: Разделы, не предусмотренные учебным планом специальности (направления), исключены.