

**Санкт-Петербургский филиал федерального государственного
автономного образовательного учреждения высшего образования
"Национальный исследовательский университет
"Высшая школа экономики"**

Факультет Санкт-Петербургская школа экономики и менеджмента
Национального исследовательского университета
«Высшая школа экономики»

Департамент экономики

**Рабочая программа дисциплины
Исследование операций
(Преподается на английском языке)**

для образовательной программы «Прикладная экономика и математические методы»
направления подготовки 38.04.01. Экономика
уровень магистратура

2 курс
Разработчик программы
Мозговая К.А., к.э.н., доцент, kmozgovaya@hse.ru

Согласована менеджером ОП

« ____ » _____ 201 г.

Е.С. Авдоница _____

Утверждена Академическим советом образовательной программы

« ____ » _____ 201 г., № протокола _____

Академический руководитель образовательной программы

С.А.Слободян _____

Санкт-Петербург, 2016

*Настоящая программа не может быть использована другими подразделениями университета и
другими вузами без разрешения кафедры-разработчика программы.*



1 Область применения и нормативные ссылки

Настоящая рабочая программа дисциплины устанавливает минимальные требования к знаниям и умениям студента, а также определяет содержание и виды учебных занятий и отчетности.

Программа предназначена для преподавателей, ведущих дисциплину «Исследование операций», учебных ассистентов и студентов направления подготовки 38.03.01. Экономика, обучающихся по образовательной программе «Экономика».

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с:

- Образовательным стандартом НИУ ВШЭ
<https://spb.hse.ru/data/2015/10/01/1321446025/38.04.01%20%20%D0%AD%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D0%BE%D0%BC%D0%B8%D0%BA%D0%B0%20.pdf>;
- Образовательной программой 38.04.01. Экономика.
- Объединенным учебным планом университета по образовательной программе «Прикладная экономика и математические методы».

2 Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Исследование операций» являются: развитие навыков применения экономико-математического аппарата при решении прикладных экономических задач; развитие навыков анализа получаемых результатов и принятий решений.

3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Уровни формирования компетенций:

РБ - ресурсная база, в основном теоретические и предметные основы (знания, умения)

СД - способы деятельности, составляющие практическое ядро данной компетенции

МЦ - мотивационно-ценностная составляющая, отражает степень осознания ценности компетенции человеком и готовность ее использовать

В результате освоения дисциплины студент осваивает следующие компетенции:

Компетенция	Код по ОС ВШЭ	Уровень формирования компетенции	Дескрипторы – основные признаки освоения (показатели достижения результата)	Формы и методы обучения, способствующие формированию и развитию компетенции	Форма контроля уровня сформированности компетенции
-------------	---------------	----------------------------------	---	---	--



Способен работать с информацией: находить, оценивать и использовать информацию из различных источников, необходимую для решения научных и профессиональных задач (в том числе на основе системного подхода)	УК-5	РБ, СД, МЦ	Осуществляет поиск необходимой информации для решения экономической задачи. Оценивает соответствие найденных методов решения проблематике задачи, анализирует трудоемкость и эффективность методов	Самостоятельная работа	Аудиторная работа, домашняя работа
Способен вести исследовательскую деятельность, включая анализ проблем, постановку целей и задач, выделение объекта и предмета исследования, выбор способа и методов исследования, а также оценку его качества	УК-6	РБ, СД, МЦ	Анализирует экономическую проблему, формирует цель исследования, выбирает объект и предмет исследования, обосновывает выбор экономикоматематической модели	Лекционные занятия, самостоятельная работа. Моделирование экономикоматематических задач, их программирование, численное исследование решения и анализ получаемых результатов	Аудиторная работа, контрольная работа
Способен выбрать инструментальные средства для обработки экономических данных в соответствии с поставленной задачей, проанализировать результаты расчетов и обосновать полученные выводы	ПК-12	РБ, СД, МЦ	Применяет методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач, включающих экономическую составляющую.	Лекционные занятия, аудиторная работа (работа в различных прикладных программах)	Контрольная работа, экзамен



Способен использовать для решения аналитических и исследовательских задач современные технические средства и информационные технологии	ПК-17	СД, МЦ	Применяет современные технические средства при решении прикладных задач, численно анализирует полученные результаты, формулирует основные выводы и рекомендации	Аудиторная работа, самостоятельная работа	Контрольная работа, домашняя работа
--	-------	--------	---	---	-------------------------------------

4 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Настоящая дисциплина относится к циклу дисциплин программы: Вариативная часть, дисциплины по выбору 2 (5 из 8).

Изучение данной дисциплины базируется на следующих дисциплинах:

Методы оптимизации: Инструментальные методы экономического анализа; Математическая экономика и статистика; Динамическое программирование и приложения; Вычислительная статистика; Операционные исследования.

Для освоения учебной дисциплины, студенты должны владеть следующими знаниями и компетенциями:

- ✓ Способен работать с информацией: находить, оценивать и использовать информацию из различных источников, необходимую для решения научных и профессиональных задач (в том числе на основе системного подхода) (УК-5);
- ✓ Способен вести исследовательскую деятельность, включая анализ проблем, постановку целей и задач, выделение объекта и предмета исследования, выбор способа и методов исследования, а также оценку его качества (УК-6);
- ✓ Способен выбрать инструментальные средства для обработки экономических данных в соответствии с поставленной задачей, проанализировать результаты расчетов и обосновать полученные выводы (ПК-12);
- ✓ Способен использовать для решения аналитических и исследовательских задач современные технические средства и информационные технологии (ПК-17).

Основные положения дисциплины должны быть использованы в дальнейшем при изучении следующих дисциплин:

- ✓ Научно-исследовательский семинар "Математические методы анализа экономики", Научно-исследовательская практика.

5 Тематический план учебной дисциплины

ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ – 3 зачетные единицы

№	Название раздела	Всего часов	Аудиторные часы		Самостоятельная работа
			Лекции	Семинары	
	Раздел 1. Введение				



1	Тема 1. Обзор математических методов исследования операций	1	1	-	-
2	Тема 2. Обзор приложений методов ИО в различных областях. «Исторические справки»	10	1	2	7
	Раздел 2. Планирование расписаний				
3	Тема 3. Использование методов оптимизации в планировании перевозок	12	2	2	8
4	Тема 4. Задача маршрутизации транспорта	12	2	2	8
5	Тема 5. Обзор эволюционных алгоритмов (метаэвристика) для решения целочисленных оптимизационных задач	22	2	4	16
6	Тема 6. Построение недельного расписания киносеансов в мультикомплексе	7	1	2	4
	Раздел 3. Задачи управления доходами (Revenue Management, RM)				
7	Тема 7. Что такое Управление доходами? Происхождение RM, области применения, структура задач и т.п.	3	1	-	2
8	Тема 8. Обзор задач прогнозирования спроса	11	1	2	8
9	Тема 9. Сверхлимитное бронирование	10	2	2	6
10	Тема 10. Контроль продаж	18	2	2	14
11	Тема 11. Комбинированные задачи планирования расписаний и управления доходами на примере DDD	8	1	2	5
ИТОГО		114	16	20	78

6 Формы контроля знаний студентов

Тип контроля	Форма контроля	1 модуль		2 модуль		Параметры
		Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	



Текущий	Аудиторная работа		*	*		Суммарные баллы за каждое верно выполненное задание. Программирование заданий, их исследование и интерпретация результатов
	Контрольная работы			*		Накопительные баллы. Письменная работа или устный ответ
	Домашняя работа			*		Письменная работа, выполнение задания в одном из программных продуктов
Итоговый	Экзамен				*	Письменный экзамен, интегрированный в форме практических заданий – 80 мин.

7 Критерии оценки знаний, навыков

Критерии оценки аудиторной работы:

Правильное решение модельных заданий по теме семинара, уровень владения математическим аппаратом для составления математических моделей и понимания алгоритма решения задач, свободное обсуждение основных проблем темы, предложения о принятии решений при обсуждении применения указанных методов на задачах с реальными данными, умение анализировать и интерпретировать полученные результаты.

Оценка знаний студентов в отдельной учебной группе за работу на семинарах ($O_{\text{ауд_сем}}$) проводится в балльной форме и включает оценку:

- результата решения модельных примеров (в том числе выданных для домашней работы) – до 10 баллов;
- результата анализа применения методов при решении прикладных задач – до 10 баллов.

За работу на одном семинаре может быть выставлена одна оценка, полученная либо за устные ответы на семинаре, либо за выполненную письменную работу. Максимальное значение – 10 баллов за один семинар. Самостоятельно верно выполненная работа оценивается в 10 баллов, работы, выполненные с минимальными недочетами (техническими

или арифметическими), но с пониманием применяемого метода, могут быть оценены в 9-8 баллов. Выполнение задания с дополнительным пояснением материала или неполностью решенные задачи могут быть оценены в 7-6 баллов. Задания, выполненные с ошибками в понимании алгоритмов задач, оцениваются ниже 5 баллов.

Итоговая оценка аудиторную работу определяется следующим образом:

- вычисляется арифметическая сумма оценок $O_{\text{сем}}$, полученных студентом на всех семинарах;
- вычисляется итоговая оценка студента за работу на семинарах, как среднее арифметическое значение;
- значение округляется до ближайшего целого значения;
- если полученное значение превысило 10 баллов, то оно ограничивается максимальным значением 10 баллов, то есть.

Максимальное значение, учитываемое за аудиторную работу при расчете накопленной оценки по 10-балльной системе – **10 баллов**.

Критерии оценки контрольной работы:

Правильное решение (индивидуальное выполнение) набора заданий по темам семинарских занятий, которое включает: составление математической модели экономической задачи, ее программирование, численный анализ, графическую визуализацию результатов и их интерпретацию.

Максимальное оценка за одно верно выполненное задание – 10 баллов. Абсолютно верно выполненное задание оценивается в 10 баллов, задание, выполненное с минимальными недочетами (техническими или арифметическими), но с пониманием применяемого метода, оценивается в 9-8 баллов. Неполностью решенное задание может быть оценено в 7-6 баллов. Задания, выполненные с ошибками в понимании алгоритмов задач, оцениваются в 0 баллов.

Оценка за контрольную работу ($O_{\text{кр}}$) выставляется в балльной форме и определяется следующим образом:

- преподаватель фиксирует число $n_{\text{пр_заданий}}$ практических заданий, предназначенных в качестве контрольной работы, с указанием веса для каждого задания;
- вычисляется средневзвешенная оценка $O_{\text{кр}}$, полученная студентом за правильно выполненные задания;
- значение округляется до ближайшего целого значения.

Максимальное значение оценки за контрольную работу по 10-балльной системе – **10 баллов**.

Критерии оценки домашней работы:

Правильное решение (индивидуальное выполнение) набора заданий по темам семинарских занятий, которое включает: составление математической модели экономической задачи, ее программирование, численный анализ, графическую визуализацию результатов и их интерпретацию.

Максимальное оценка за одно верно выполненное задание – 10 баллов. Абсолютно верно выполненное задание оценивается в 10 баллов, задание, выполненное с минимальными недочетами (техническими или арифметическими), но с пониманием применяемого метода, оценивается в 9-8 баллов. Неполностью решенное задание может быть оценено в 7-6 баллов. Задания, выполненные с ошибками в понимании алгоритмов задач, оцениваются ниже 5 баллов.

Оценка за домашнюю работу ($O_{дз}$) выставляется в балльной форме и определяется следующим образом:

- преподаватель фиксирует число $n_{дз_заданий}$ практических заданий, предназначенных в качестве домашней работы;
- вычисляется среднеарифметическая оценка $O_{дз}$, полученная студентом за правильно выполненные задания;
- значение округляется до ближайшего целого значения. Максимальное значение оценки за домашнюю работу по 10-балльной системе – **10 баллов**.

Критерии оценки за экзамен:

Материал экзамена состоит из ряда теоретических вопросов, задач и заданий, требующих численного и/или графического поиска решения с использованием компьютера и охватывающих все темы курса. За каждое правильно выполненное задание присваивается накопительные баллы, которые суммируются и переводятся в 10-балльную систему.

Экзамен ($O_{экз}$) проводится в письменной форме. Экзамен состоит из не более 5 заданий, задач и проблемных вопросов, охватывающих все темы курса. Максимальная оценка за экзамен – **10 баллов**.

8 Содержание дисциплины

Раздел 1. ВВЕДЕНИЕ

Тема 1. Обзор математических методов Исследования операций (ИО).

Происхождение и назначение Исследования операций. Проблемы постановки задачи и сбора данных. Обзор математических методов исследования операций (оптимизация, теория игр, теория графов, анализ данных и т.п.). Количество часов лекций – 1 ч.

Рекомендуемая литература к теме:

1. Hillier F., Lieberman G. Introduction to Operation Research, 9th Edition. McGraw Hill, 2010, Ch. 1, 2.
2. Taha H. Operation Research: An Introduction, 9th Edition. Pearson, 2010, Ch. 1, 2.
3. Bertsekas D. Dynamic Programming and Optimal Control, 3rd Edition, 2005
4. Cormen Th., Leiserson C. Introduction to Algorithms, 3rd Edition. The MIT Press, 2009, Ch.1
5. Neapolitan R., Foundations of Algorithms, 5th Edition. Jones&Bartlett Learning, 2014, Ch.1

Тема 2. Обзор приложений методов ИО в различных областях.

«Исторические справки». Обзор приложений методов ИО в различных областях: планирование расписаний и управление доходами (авиа- и железнодорожный транспорт, транспортные и вендинговые компании, аренда автомобилей, сети мультиплексов и т.п.). Количество часов лекций – 1 ч.

Семинарское занятие № 1. Обзор приложений методов ИО в различных областях Примерный перечень рассматриваемых вопросов:

1. Применение методов ИО в транспортной отрасли. Постановка задачи, построение математической модели, обзор методов решения поставленной задачи. Анализ апробации модели на реальных данных.



2. Применение методов ИО в управлении доходами.

Рекомендуемая литература к теме:

1. Winston W.L. Operation Research: Application and Algorithms, 4th Edition. Cengage Learning India Pvt Ltd, 2003
2. Talluri K. T. The Theory and Practice of Revenue Management. Springer Science and Buisness Media, 2005, Ch.1,10
3. Belobaba P., Barnhart C. Application of Operation Research in the Air Transport Idustry. Transportation Science, Vol. 37, 2003

Раздел 2. ПЛАНИРОВАНИЕ РАСПИСАНИЙ

Тема 3. Использование методов оптимизации в планировании перевозок - задача расстановки парка судов по рейсам (Fleet Assignment Model) ○ классический подход;

○ подход с использованием цепочек рейсов (string-based approach);

- расширение базовой задачи расстановки парка судов (временные окна, необязательные рейсы, маршрутно-ориентированный подход и т.п.) Количество часов лекций – 2 ч.

Семинарское занятие № 2. Задача расстановки парка воздушных судов по рейсам
Примерный перечень рассматриваемых вопросов:

Математическая формулировка задачи для фиксированной расстановки типов воздушных судов и с возможными заменами.

Рекомендуемая литература к теме:

1. Talluri K. T. The Theory and Practice of Revenue Management. Springer Science and Buisness Media, 2005
2. Smith B. Robust Airline Assignment. Ph.D. thesis. Georgia Institute of Technology, USA, 2004
3. Barnhart C., Belobaba P. and Odoni R. Application operation research in the air transport industry. Transportation Science, 2003. Vol. 37. № 4. P. 368-391.
4. Липский В. Комбинаторика для программистов. - М.: Мир, 1988.

Тема 4. Задача маршрутизации транспорта

Базовая задача коммивояжера. ЗМТ с временными окнами. ЗМТ с различными продуктами. Периодическая ЗМТ (для вендинговых компаний) Количество часов лекций – 2 ч.

Семинарское занятие № 3. Задача маршрутизации транспорта

Примерный перечень рассматриваемых вопросов: постановка оптимизационной задачи и ее решение

Рекомендуемая литература к теме:

1. Chang Y., Chen L. Solve the vehicle routing problem with time windows via a genetic algorithm. Discrete and continuous dynamical systems supplement, 2007.



2. Montemanni R. Gambardella L. An exact algorithm for the robust shortest path problem with interval data. *Computers and Operations Research*, 2004, (31), P. 1667-1680
3. Gendreau M. New insertion and postoptimization procedures for travelling salesman problem. *Operation Research*, 1992, 40. P. 1086-1094

Тема 5. Обзор эволюционных алгоритмов (метаэвристика) для решения целочисленных оптимизационных задач в применении к ЗМТ:

- генетические алгоритмы;
- муравьиные алгоритмы;
- иммунные алгоритмы Количество часов лекций – 2 ч.

Семинарское занятие № 4. Обзор эволюционных алгоритмов для решения целочисленных оптимизационных задач

Возможный из рассматриваемых вопросов: «Simple Genetic Algorithm».

Рекомендуемая литература к теме:

1. Kosinski W. *Advances in Evolutionary Algorithms*. InTech, 2008
2. Mitchell M. *An Introduction to Genetic Algorithms*. MIT Press, 1998
3. Greene W. *Genetic algorithm for partitioning sets*, Computer Science Department University of New Orleans, 2000

Тема 6. Построение недельного расписания киносеансов в мультикомплексе

- операционные требования расписания
- прогнозирование спроса на кинофильм
- постановка оптимизационной задачи и ее численное решение

Количество часов лекций – 1 ч.

Семинарское занятие № 5. Построение недельного расписания киносеансов в мультикомплексе.

Примерный перечень рассматриваемых вопросов: постановка оптимизационной задачи и ее решение.

Рекомендуемая литература к теме:

1. Mohammadi A., G. Akl S.G. *Scheduling Algorithms for Real-Time Systems*. Technical Report N 2005–499. School of Computing, Queen's University, 2005.
2. Eliashberg J, Hui S K and Zhang Z *From Storyline to Box Office: A New Approach for Green-Lighting Movie Scripts*. *Management Science* 53(6), 2007, P. 881–893.
3. Sharda R, Delen D *Predicting box-office success of motion pictures with neural networks*. *Expert Systems with Applications* 30, 2006. P. 243-254.

Раздел 3. Задачи управления доходами (Revenue Management, RM)

Тема 7. Что такое Управление доходами?

Происхождение RM, области применения, структура задач и т.п. Предмет исследования. Структура задач RM. Схема системы управления доходами. Обзор существующих автоматизированных систем управления доходами. Обсуждение их преимуществ и недостатков.

Количество часов лекций – 1 ч.

Рекомендуемая литература к теме:

1. Talluri, K. T. The Theory and Practice of Revenue Management. Springer Science and Buisness Media, 2005, Ch.1-4
2. Phillips Robert L. Pricing and Revenue Optimization. Stanford University Press, 2005

Тема 8. Обзор задач прогнозирования спроса

Цель прогнозирования в системах управления доходами. Обзор методов прогнозирования. Системное прогнозирование. Экспоненциальное сглаживание. Экспоненциальное сглаживание с учетом тренда и сезонности. Статистические методы восстановления общего (неограниченного спроса). Эвристические методы. Метод Expectation-Maximization (EM). Количество часов лекций – 1 ч.

Семинарское занятие № 6. Обзор методов восстановления цензурированного спроса

Возможное задание семинарского занятия: реализация в программной среде «наивных» методов прогнозирования или одного из эвристических методов восстановления общего спроса.

Рекомендуемая литература к теме:

1. Talluri, K. T. The Theory and Practice of Revenue Management. Springer Science and Buisness Media, 2005, Ch.9
2. Larry R. Weatherford, Stefan Polt. Better unconstraining og airline demand data in revenue management systems for improved forecast accuracy and greater revenues. Journal of revenue and pricing management, vol 1, No 3, 2002, pp. 234-254

Тема 9. Сверхлимитное бронирование

Назначение сверхлимитных продаж. Математическое моделирование сверхлимитных продаж. Постановка задачи линейного программирования для определения оптимальных пределов продаж с учетом сверхлимитной вместимости. Моделирование компенсационной функции. Анализ ошибки прогноза спроса при моделировании сверхлимитных продаж. Количество часов лекций – 2 ч.

Семинарское занятие № 7. Применение стратегии сверхлимитных продаж

Возможное задание семинарского занятия: Оценка экономической целесообразности внедрения сверхлимитных продаж. Тестирование предлагаемой модели на реальных данных.

Рекомендуемая литература к теме:

1. Talluri, K. T. The Theory and Practice of Revenue Management. Springer Science and Buisness Media, 2005, Ch.4
2. Siddappa, S. Statistical modeling approach to airline revenue management with overbooking: // Ph.D. thesis, The University of Texas at Arlington, USA, 2006. P. 25-44.
3. Cross, R. Milestones in the Application of analytical pricing and revenue management. Journal of Revenue and Pricing Management, 2010.

Тема 10. Контроль продаж

Однорейсовые и сетевые модели в управлении доходами. Разработка оптимальной стратегии продаж на основе прогноза спроса (bid price models). Учет стохастической природы спроса при определении стратегии продаж (EMSRa, EMSRb). Вложенные и невложенные уровни бронирования. Сетевые модели определения оптимальных пределов бронирования. Детерминированная модель определения оптимальной стратегии продаж (DLP). Стохастическая линейная модель определения оптимальной стратегии продаж (RLP). Стохастическая нелинейная модель определения оптимальной стратегии продаж (PNLP). Количество часов лекций – 2 ч.

Семинарское занятие № 8. Контроль продаж

Возможное задание семинарского занятия: Программная реализация одной из стратегий продаж (авиабилетов), анализ полученных результатов. Разработка рекомендаций по управлению ресурсами (на примере авиакомпаний)

Рекомендуемая литература к теме:

1. Talluri, K. T. The Theory and Practice of Revenue Management. Springer Science and Buisness Media, 2005, Ch.2
2. Belobaba, P. The evolution of airline yield management: fare class to origin-destination seat inventory control. Handbook airline marketing. McCraw-Hill, 1998. P. 258-302.
3. Farias V., Van Roy B. An Approximate Dynamic Programming Approach to Network RM. MIT, 2007
4. Kahraman A. Gossavi A., Ozkaya E. Simulation optimization for revenue management of airlines with cancellations and overbooking. OR Spectrum 29, 2007

Тема 11. Комбинированные задачи планирования расписаний и управления доходами на примере DDD

Общая математическая модель определения оптимальной стратегии продаж и сверхлимитной вместимости. Необходимость DDD (Demand Driven Dispatch). Оперативная расстановка парка воздушных судов по рейсам, связанная с изменением пассажирского спроса на авиабилеты. Количество часов лекций – 1 ч.

Семинарское занятие № 9. Приложение методов исследования операций в авиационной отрасли

Возможное задание семинарского занятия: Приложение методов исследования операций в авиационной отрасли.

Рекомендуемая литература к теме:

1. Лазарев А.А., Гафаров Е.Р. Теория расписаний. Задачи и алгоритмы. М.: МГУ им М.В. Ломоносова, 2011
2. Talluri, K. T. The Theory and Practice of Revenue Management. Springer Science and Buisness Media, 2005
3. Fry D. Demand Driven Dispatch and Revenue Management, Massachusetts Institute of Technology, 2015.

9 Образовательные технологии

1. Дискуссии
2. Разбор практических задач и кейсов
3. Составление и программирование математических моделей
4. Численный анализ получаемых результатов при помощи компьютерной симуляции.

9.1 Методические указания студентам по освоению дисциплины

Разработчиком курса подготовлены учебные слайды по темам основных лекций, которые демонстрируются на занятии для помощи в прослушивании курса. Самостоятельная работа студента может включать:

- изучение библиографии по тематике данного курса;
- поиск и анализ дополнительной информации по тематике курса;
- знакомство со специальной научной литературой по тематике курса;
- решение задач, включая программирование и визуализацию на компьютере, и подготовку дополнительных заданий, рекомендуемых преподавателем;
- подготовку к семинарским и практическим занятиям.

10. Оценочные средства для текущего контроля и аттестации студента

10.1. Оценочные средства для оценки качества освоения дисциплины в ходе текущего контроля

Примерные варианты заданий (из Раздела 2 и Раздела 3) для аудиторной работы:

Задание 1.

(Computer Exercise 1, p.24 - Mitchell M. An Introduction to Genetic Algorithms. MIT Press, 1998)

Implement a simple GA with fitness-proportionate selection, roulettewheel sampling, population size 100, single-point crossover rate $pc = 0.7$, and bitwise mutation rate $pm = 0.001$. Try it on the following fitness function: $f(x) = \text{number of ones in } x$, where x is a chromosome of length 20. Perform 20 runs, and measure the average generation at which the string of all ones is discovered. Perform the same experiment with crossover turned off (i.e., $pc = 0$). Do similar experiments, varying the mutation and crossover rates, to see how the variations affect the average time required for the GA to find the optimal string. If it turns out that mutation with crossover is better than mutation alone, why is that the case?

Решение:

Фрагмент программы Wolfram *Mathematica*



```
Clear[populationSize, mutProbability, crossProbability, k, it]
```

[очистить]

```
populationSize = 20;  
mutProbability = 0.001;  
crossProbability = 0.7;  
k = 20; (*numberOfGenes*)  
it = 20;
```

```
Clear[getRandomIndividual]
```

[очистить]

```
getRandomIndividual[numberOfGenes_] := RandomInteger[{0, 1}, numberOfGenes]
```

[случайное целое число]

```
Clear[getPopulation]
```

[очистить]

```
getPopulation[numberOfGenes_, populationSize_] := Table[getRandomIndividual[numberOfGenes], populationSize]
```

[таблица значений]

```
Clear[getFitnessFunction]
```

[очистить]

```
Options[getFitnessFunction] = {"countNumber" → 1};
```

[опции]

```
getFitnessFunction[individual_, OptionsPattern[{getFitnessFunction}]] :=
```

[шаблон опций]

```
Count[individual, OptionValue["countNumber"]]
```

[встречаемость]

[значение опции]



Задание 2.

Определить остаточную вместимость в каждом классе бронирования и количество удовлетворенных запросов после процесса продаж, учитывая разную структуру вложения ценовых классов.

b _{jn}	запросы									
	25					1				
12	1									1
12									1	
8				1						
6										
6							1	1		
6			1			1				
3		1								

Решение:

Вложение с заимствованием

Вложение с заимствованием более эффективно, если в начальный период продаж приходит больше людей в верхние ценовые классы, чем прогнозировали. Тогда на ранней стадии продаж, когда обычно реализуется спрос на нижние классы, при появлении покупателя из любого верхнего класса выбирается место из самого нижнего (пока там есть места), потом, когда нижний класс исчерпается, из предпоследнего и т.д. Так как в течение всего периода продаж ожидается приход пассажира в верхний ценовой класс, появление покупателя в любой другой класс не ожидается, и если место, предназначенное для покупателя верхнего класса будет отдано другому пассажиру, может возникнуть ситуация, когда не окажется мест для покупателя верхнего ценового класса, появление которого мы прогнозировали. Неэффективность этого способа проявляется в том, что может возникнуть ситуация, что последний запрос окажется неудовлетворенным, так как мы все еще ожидаем покупателя в верхний ценовой класс.

25	1	24	23	22	1	20	19	19	19	18	1	17
12	1	11	10	9	1	7	6	6	6	5	1	4
12	1	11	10	9	1	8	6	6	6	5	1	4
8	1	7	6	5	1	4	2	2	2	2	1	0
6	1	5	4	3	1	2	0	0	0	0	1	0
6	1	5	4	3	1	1	0	0	0	0	1	0
6	1	5	4	3	1	1	0	0	0	0	1	0
3	1	2	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0

Вопросы для оценки качества освоения дисциплины

1. Как ошибки прогноза спроса влияют на итоговую прибыль от продаж билетов с учетом сверхлимитной вместимости? Подробно обоснуйте ответ, если спрос переоценен или недооценен.
2. Создает ли управление доходами ценовые войны? Отдается ли предпочтение установить минимальные цены на продукты при управлении доходами? Подробно обоснуйте ответы.

3. В чем состоит основное различие в оценке спроса на продукты при выборе оптимальной стратегии продаж DLP или PNLP? Требуется программная реализация каждого из методов

10.2. Примеры заданий текущего контроля (Контрольная работа)

Теоретические вопросы для оценки качества освоения дисциплины в ходе итогового контроля соответствуют содержанию лекционных занятий по каждому разделу курса. Практические задания, при выполнении которых требуется программная реализация, соответствуют содержанию семинарских занятий по каждому разделу курса.

Задание 1.

Реализовать один из «наивных» методов прогнозирования (модельные данные) в любой программной среде.

Задание 2.

Решить оптимизационную задачу (на модельных данных), используя стохастическую линейную модель определения оптимальной стратегии продаж (RLP), в любой программной среде.

10.3. Примеры заданий текущего контроля (Домашняя работа)

Задание 1.

(Computer Exercise 2, p.24 - Mitchell M. An Introduction to Genetic Algorithms. MIT Press, 1998)

Implement a simple GA with fitness-proportionate selection, roulettewheel sampling, population size 100, single-point crossover rate $p_c = 0.7$, and bitwise mutation rate $p_m = 0.001$. Try it on the fitness function $f(x) =$ the integer represented by the binary number x , where x is a chromosome of length 20. Run the GA for 100 generations and plot the fitness of the best individual found at each generation as well as the average fitness of the population at each generation. How do these plots change as you vary the population size, the crossover rate, and the mutation rate? What if you use only mutation (i.e., $p_c = 0$)?

Задание 2.

Реализовать на модельных данных метод EMSRa в любой программной среде.

11 Порядок формирования оценок по дисциплине

Накопленная оценка по дисциплине рассчитывается с помощью взвешенной суммы оценок за отдельные формы текущего контроля знаний следующим образом:

$$O_{\text{накопленная}} = 0,45O_{\text{ауд_сем}} + 0,55(0,6O_{\text{кр}} + 0,4O_{\text{дз}}), \text{ где } O_{\text{ауд_сем}}$$

- оценка знаний студента за **аудиторную работу**;

$O_{\text{кр}}$ – оценка знаний студента за **контрольную работу**, выполненную индивидуально; $O_{\text{дз}}$

– оценка знаний студента за **домашнюю работу**, выполненную индивидуально;



Результирующая оценка по дисциплине (которая идет в диплом) рассчитывается следующим образом:

$$O_{\text{результ}} = 0,5O_{\text{накопленная}} + 0,5O_{\text{экза}}, \text{ где}$$

$O_{\text{накопленная}}$ - накопленная оценка по дисциплине; $O_{\text{экза}}$
- оценка за экзамен.

В формулу для $O_{\text{результ}}$ подставляются значения $O_{\text{накопленная}}$ и $O_{\text{экза}}$, округленные до ближайшего целого значения. $O_{\text{результ}}$ округляется до ближайшего целого значения.

Студент не получает возможность пересдать низкие результаты за работу на семинарских занятиях или контрольную работу, а также при пропуске соответствующих им учебных часов. При получении неудовлетворительной оценки $O_{\text{результ}}$ (значение после округления менее 4 баллов) выставляется оценка «НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО».

12 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

12.1. Основная литература

1. Neapolitan R., Foundations of Algorithms, 5th Edition. Jones & Bartlett Learning, 2014
2. Talluri K. T. The Theory and Practice of Revenue Management. Springer Science and Business Media, 2005
3. Taha H. Operation Research: An Introduction, 9th Edition. Pearson, 2010

12.2. Дополнительная литература

1. Belobaba P., Barnhart C. Application of Operation Research in the Air Transport Industry. Transportation Science, Vol. 37, 2003
2. Bertsekas D. Dynamic Programming and Optimal Control, 3rd Edition, 2005
3. Cormen Th., Leiserson C. Introduction to Algorithms, 3rd Edition. The MIT Press, 2009
4. Cross, R. Milestones in the Application of analytical pricing and revenue management. Journal of Revenue and Pricing Management, 2010
5. Hillier F., Lieberman G. Introduction to Operation Research, 9th Edition. McGraw Hill, 2010
6. Greene W. Genetic algorithm for partitioning sets, Computer Science Department University of New Orleans, 2000
7. Kosinski W. Advances in Evolutionary Algorithms. InTech, 2008
8. Mitchell M. An Introduction to Genetic Algorithms. MIT Press, 1998
9. Phillips Robert L. Pricing and Revenue Optimization. Stanford University Press, 2005
10. Winston W.L. Operation Research: Application and Algorithms, 4th Edition. Cengage Learning India Pvt Ltd, 2003

12.3. Программные средства

Для проведения практических занятий требуется компьютерный класс с программным пакетом Excel и Wolfram *Mathematica*.

12.4. Дистанционная поддержка дисциплины



При необходимости возможна дистанционная поддержка.

13. Материально-техническое обеспечение дисциплины

При проведении лекционных и семинарских занятий преподавателем может использоваться компьютер и мультимедийный проектор. Практические занятия выполняются в компьютерном классе.