МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный экономический университет»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной и
методической работе
_____/Шубаева В.Г./

«17» 06 2019 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

МОДЕЛИ КОМБИНАТОРНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ

Направление подготовки	01.03.02 Прикладная математика и информатика
Направленность (профиль) программы	Прикладная математика и информатика в экономике и управлении
Уровень высшего образования	Бакалавриат
Форма обучения	Очная

Составители:

_____ / д.т.н., профессор Фридман Г.М.
_____ / ст. преподаватель Васильев Ю.М.

Санкт-Петербург
2019

СОДЕРЖАНИЕ

1. ЦЕЛЬ ДИСЦИПЛИНЫ 3
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ 3
3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ 3
4. ОБЪЕМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ 4
5. СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ И ТЕМ ДИСЦИПЛИНЫ 4
6. ЗАНЯТИЯ СЕМИНАРСКОГО ТИПА 6
7. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ 6
7.1. Методические указания для обучающегося по освоению дисциплины .. 6
7.2. Организация самостоятельной работы 7
8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ 8
9. РЕСУРСНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ 8
9.1. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины 8
9.2. Материально-техническое обеспечение учебного процесса 10
10. ОСОБЕННОСТИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ 11
11. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ 12

1. ЦЕЛЬ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель дисциплины: изучение теоретических и практических вопросов, возникающих в процессе решения оптимизационных комбинаторных задач; освоение основных приемов решения задач.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина Б1.В.15 «Модели комбинаторной оптимизации» относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений, Блока 1учебного плана образовательной программы и является обязательной для освоения обучающимся.

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций, представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций

Код и наименование компетенции выпускника	**Код и наименование индикаторов достижения компетенций**	**Планируемые результаты обучения по дисциплине**
1	**2**	**3**
ПК-3. Способен строить модели для решения задач в области экономики и управления с использованием современных оптимизационных подходов и инструментальных средств.	*ПК-3.2. Владеет современными методами построения математических моделей с использованием оптимизационных подходов*	***Знать:*** основные подходы и методы решения оптимизационных задач в условиях ограниченных ресурсов *(ПК-3.2)* ***Уметь:*** применять основные методы решения задач комбинаторной оптимизации *(ПК-3.2)* ***Владеть:*** основными методами и алгоритмами решения усложненных комбинаторных оптимизационных задач с их применением в нетипичных ситуациях *(ПК-3.2)*
	ПК-3.3. Применяет современные инструментальные средства для решения задач в области экономики и управления	***Знать:*** современные подходы к постановке, моделированию и решению задач в предметной области методами прикладной математики и информатики *(ПК-3.3)* ***Уметь:*** применять современный математический аппарат к решению задач комбинаторной оптимизации *(ПК-3.3)* ***Владеть:*** навыками решения задач комбинаторной оптимизации с применением современного аналитического аппарата и

		информационных технологий *(ПК-3.3)*
ПК-4. Способен выполнить анализ вариантов управленческих и проектных решений, их оптимизацию с учетом критериев эффективности, рисков и возможных последствий.	*ПК-4.2. Выполняет оптимизацию управленческих и проектных решений с учетом критериев эффективности, рисков и возможных последствий.*	***Знать:*** основные подходы к оптимизации управленческих и проектных решений *(ПК-4.2)* ***Уметь:*** применять основные методы решения задач по повышению эффективности бизнес-процессов *(ПК-4.2)* ***Владеть:*** основными методами и алгоритмами оптимизации управленческих и проектных решений *(ПК-4.2)*

4. ОБЪЕМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц, 108 часов.

Форма промежуточной аттестации: зачет – 7 семестр.

Распределение фонда времени по темам дисциплины представлено в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Распределение фонда времени по темам дисциплины

Номер и наименование тем *и/или разделов/тем*	Объем дисциплины (ак. часы)			
	Контактная работа			СРО
	ЗЛТ	ПЗ	ЛР	
1	*2*	*3*	*4*	*5*
Тема 1. Метод укладки иерархических графов	4	6		9
Тема 2. Задача равномерного разбиения рейсов летного расписания авиакомпании	5	10		7
Тема 3. Задача коммивояжера и ее расширения	3	6		7
Тема 4. Задача маршрутизации транспорта	3	8		7
Тема 5. Метаэвристические алгоритмы для решения оптимизационных задач	3	8		5
Тема 6. Оптимизационная задача производства	4	8		5
Всего по дисциплине:	**22**	**46**		**40**

*ЗЛТ – занятия лекционного типа, ПЗ – все виды занятий семинарского типа, кроме лабораторных работ, ЛР – лабораторные работы, СРО – самостоятельная работа обучающегося

5. СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ И ТЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Тема 1. Метод укладки иерархических графов

Метод Сугиямы. Математические постановки задачи удаления циклов в ориентированном графе. Эвристические алгоритмы для решения задачи удаления циклов в ориентированном графе. Математическая постановка задачи назначения вершин ориентированного ациклического графа на слои. Эвристические алгоритмы для решения задачи назначения вершин ориентированного ациклического графа на слои. Математическая постановка задачи определения порядка вершин на слоях многослойного иерархического

графа. Метод барицентров для решения задачи определения порядка вершин на слоях многослойного иерархического графа. Определение координат вершин иерархического графа. Применение метода Сугиямы для прорисовки схемы кооперации контрагентов.

Тема 2. Задача равномерного разбиения рейсов летного расписания авиакомпании

Задача разбиения множества чисел. Жадный алгоритм и алгоритм Кармакара-Карпа. Задача разбиения множества векторов. Задача равномерного разбиения рейсов летного расписания авиакомпании.

Тема 3. Задача коммивояжера и ее расширения

Симметричная задача коммивояжера. Асимметричная задача коммивояжера. Задача многих коммивояжеров. Задача многих коммивояжеров с временными окнами. Конструктивные и улучшающие алгоритмы для решения задачи коммивояжера.

Тема 4. Задача маршрутизации транспорта (ЗМТ)

Задача маршрутизации транспорта с ограничениями на грузоподъемность. Задача маршрутизации транспорта с временными окнами. Периодическая задача маршрутизации транспорта (для вендинговых компаний). Алгоритм оценки нижней границы значения целевой функции для задач маршрутизации транспорта.

Тема 5. Метаэвристические алгоритмы для решения оптимизационных задач

Обзор эволюционных алгоритмов (метаэвристика) для решения целочисленных оптимизационных задач в применении к ЗМТ: генетические алгоритмы; муравьиные алгоритмы; иммунные алгоритмы.

Тема 6. Оптимизационная задача производства

Математическая постановка задачи построения расписания работы цеха. Решение задачи эвристическими алгоритмами.

6. ЗАНЯТИЯ СЕМИНАРСКОГО ТИПА

Таблица 6.1 – Практические занятия/ Семинарские занятия / Лабораторные работы

№ темы	Тема занятия	Вид занятия / Оценочное средство
1	*2*	*3*
1.	Методы решения задач смешанного программирования. Программная реализация точных и эвристических методов решения задач различных этапов метода Сугиямы. Проведение тестовых расчетов для модельных исходных данных. Анализ полученных числовых результатов расчетов. .	ПЗ: Расчетно-графическая работа 1
2.	Программная реализация точных и эвристических методов решения задач разбиения множества объектов. Проведение тестовых расчетов для модельных исходных данных. Анализ полученных числовых результатов расчетов.	ПЗ: Расчетно-графическая работа 2
3.	Программная реализация точного метода решения задачи с несколькими коммивояжерами. Программная реализация эвристических методов решения задачи асимметричного коммивояжера. Проведение тестовых расчетов для модельных исходных данных. Анализ полученных числовых результатов расчетов.	ПЗ: Расчетно-графическая работа 3
4.	Программная реализация точного метода решения ЗМТ с временными окнами. Программная реализация базовых эвристических методов решения ЗМТ с временными окнами. Проведение тестовых расчетов для модельных исходных данных. Анализ полученных числовых результатов расчетов.	ПЗ: Расчетно-графическая работа 4
5.	Программная реализация операторов простого генетического алгоритма и муравьиного алгоритма. Проведение тестовых расчетов для модельных исходных данных. Анализ полученных числовых результатов расчетов.	ПЗ: Расчетно-графическая работа 5
6.	Программная реализация точных методов решения задачи построения расписания работы цеха. Проведение расчетов для модельных исходных данных. Сравнительный анализ полученных числовых результатов расчетов.	ПЗ: Расчетно-графическая работа 6

* ПЗ – практические занятия, СЗ – семинарские занятия, ЛР – лабораторные работы

7. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

7.1. Методические указания для обучающегося по освоению дисциплины

Для формирования четкого представления об объеме и характере знаний и умений, которыми надо будет овладеть по дисциплине в самом начале учебного курса, обучающийся должен ознакомиться с учебно-методической документацией:

– рабочей программой дисциплины: с целями и задачами дисциплины, ее связями с другими дисциплинами образовательной

программы, перечнем знаний и умений, которыми в процессе освоения дисциплины должен владеть обучающийся;

– порядком проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации;

– графиком консультаций преподавателей кафедры.

Систематическое выполнение учебной работы на занятиях лекционных и семинарских типов, а также выполнение самостоятельной работы позволит успешно освоить дисциплину.

В процессе освоения дисциплины обучающимся следует:

– слушать, конспектировать излагаемый преподавателем материал;

– ставить, обсуждать актуальные проблемы курса, быть активным на занятиях;

– задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений;

– выполнять задания практических занятий полностью и в установленные сроки.

При затруднениях в восприятии материала следует обратиться к основным литературным источникам. Если разобраться в материале не удалось, то обратится к лектору (по графику его консультаций) или к преподавателю на занятиях семинарского типа.

Обучающимся, пропустившим занятия (независимо от причин), не имеющим письменного решения задач или не подготовившимся к данному занятию, рекомендуется не позже чем в 2 - недельный срок явиться на консультацию к преподавателю и отчитаться по теме.

7.2. Организация самостоятельной работы

Под самостоятельной работой обучающихся понимается планируемая работа обучающихся, направленная на формирование указанных компетенций, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, без его непосредственного участия.

Методическое обеспечение самостоятельной работы при наличии обучающихся лиц с ограниченными возможностями представляется в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья.

Виды самостоятельной работы по дисциплине представлены в таблице 7.2.1.

Таблица 7.2.1 – Организация самостоятельной работы обучающегося

№ темы	Вид самостоятельной работы
1	*2*
1-6	Выполнение домашних заданий
1-6	Подготовка к опросам по теории
1-6	Подготовка к контрольным работам

Каждый вид СРО, указанный в таблице 7.2.1 обеспечен методическими материалами.

Для обучающихся заочной формы обучения разработаны методические рекомендации по выполнению контрольных работ. Методические рекомендации включают в себя все виды самостоятельной работы, предусмотренные для успешного освоения дисциплины.

8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В рамках реализации дисциплины «*Модели комбинаторной оптимизации*» используются разнообразные образовательные технологии как традиционные, так и с применением активных и интерактивных методов обучения.

Активные и интерактивные методы обучения:

Из возможных активных методов обучения в процессе изучения данной дисциплины используется такой метод, как анализ конкретных ситуаций, для активации познавательной деятельности студентов, когда вместо готового результата студентам предлагается самостоятельно с помощью преподавателя обсуждать возникающие вопросы и находить соответствующие ответы на них. Это касается как подходов к решению тех или иных типовых задач, так и доказательств некоторых утверждений, а иногда и формулировок ряда утверждений и определений.

9. РЕСУРСНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Таблица 9.1.1 – Учебно-методическое обеспечение дисциплины

Библиографическое описание издания (автор, заглавие, вид, место и год издания, кол. стр.)	Основная/ дополнительная литература	Книгообеспеченность	
		Кол-во. экз. в библ. СПбГЭУ	Электронные ресурсы
Балдин К.В. Математическое программирование: учебник / К.В.Балдин, Н.А.Брызгалов, А.В.Рукосуев; под общ. ред. К.В.Балдина. — 2-е изд. — Москва : Дашков и К, 2018	основная	20	ЭБС ZNANIUM

.— 216 с. – Имеются другие года издания. – Сведения доступны также по Интернету: ЭБС ZNANIUM.			
Клековкин Г.А. Теория графов. Среда maxima : учебное пособие . — 2-е изд. — Электрон. дан. — М. : Издательство Юрайт, 2019.— 133 с.	основная	–	ЭБС Юрайт
Фридман Г.М. Математика & Mathematica : избр. задачи для избр. студентов / Г.М.Фридман, С.Н.Леора .— Санкт-Петербург : Невский диалект , 2010 .— 298 с.	основная	51	ЭБ OPAC.UNECON.RU
Акулич И.Л. Математическое программирование в примерах и задачах : учебное пособие . — 3-е изд., стер. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2011. — 352 с. – ЭБС Лань.	дополнительная	–	ЭБС Лань
Кузнецов В.А. Системный анализ, оптимизация и принятие решений : учебник . — Электрон. дан. — Москва : ООО "Научно-издательский центр ИНФРА-М", 2018 .— 256 с.	дополнительная	–	ЭБС ZNANIUM.
Методы оптимизации : учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры / Ф. П. Васильев, М. М. Потапов, Б. А. Будак, Л. А. Артемьева ; под редакцией Ф. П. Васильева. — Электрон.— Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 375 с.	дополнительная	–	ЭБС Юрайт
Таха Х. Введение в исследование операций: пер. с англ. / Хэмди А.Таха .— 6-е изд. — Москва [и др.] : Вильямс, 2001 .— 911 с.	дополнительная	6	–

Таблица 9.1.2 – Перечень современных профессиональных баз данных (СПБД)

№	Наименование СПБД
1	Электронная библиотека Grebennikon.ru – www.grebennikon.ru
2	Научная электронная библиотека eLIBRARRY – www.elibrary.ru
3	Научная электронная библиотека КиберЛеника – www.cyberleninka.ru
4	База данных ПОЛПРЕД Справочники – www.polpred.com
5	База данных OECD Books, Papers & Statistics на платформе OECD iLibrary – www.oecd-ilibrary.org

Таблица 9.1.3 – Перечень информационных справочных систем (ИСС)

№	Наименование ИСС
1	Справочная правовая система КонсультантПлюс (инсталлированный ресурс СПбГЭУ или www.consultant.ru)

2	Справочная правовая система «ГАРАНТ» (инсталлированный ресурс СПбГЭУ или www.garant.ru)
3	Информационно-справочная система «Кодекс» (инсталлированный ресурс СПбГЭУ или www.kodeks.ru)
4	Электронная библиотечная система BOOK.ru - www.book.ru
5	Электронная библиотечная система ЭБС ЮРАЙТ – www.urait.ru
6	Электронно-библиотечная система ЗНАНИУМ (ZNANIUM) – www.znanium.com
7	Электронная библиотека СПбГЭУ– opac.unecon.ru

9.2. Материально-техническое обеспечение учебного процесса

Для реализации данной дисциплины имеются специальные помещения для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы.

Помещения оснащены оборудованием и техническими средствами обучения.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Таблица 9.2.1 – Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства (ПО)

№	Наименование ПО
1	Microsoft Windows Professional (КОНТРАКТ № 244/20 «26» июня 2020 г.)
2	Microsoft Office Professional (КОНТРАКТ № 244/20 «26» июня 2020 г.)
3	7-Zip (freeware)
4	Wolfram Mathematica 12 (Сублицензионный договор № 328/20 от 20.08.2020г.)
5	Python 3.7.4 (freeware)

Таблица 9.2.2 – Перечень учебных аудиторий для проведения учебных занятий, оснащенных оборудованием и техническими средствами обучения

Наименование учебных аудиторий, перечень оборудования и технических средств обучения	**Адрес (местоположение) учебных аудиторий**
Ауд. 2063 Учебная аудитория (для проведения занятий лекционного типа и занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации) оборудована мультимедийным комплексом. Специализированная мебель и оборудование: Учебная мебель на 50 посадочных мест (столов 25шт., стульев 50шт.), рабочее место преподавателя, доска маркерная 1шт., кафедра 1шт., стол 1шт., стул 2шт.Компьютер Intel i3-	191023, г. Санкт-Петербург, ул. Канал Грибоедова, 30/32, литер «А», «Б», «Р»

2100 2.4 Ghz/500/4/Acer V193 19" - 1 шт., Проектор Epson EB 410W - 1 шт., Интерактивная доска Interwrite DualBoard 1285 - 1 шт., Точка беспроводного доступа Wi-Fi Тип 2 UBIQUITI UAP-AC-HD - 1 шт. Наборы демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий: мультимедийные приложения к лекционным курсам и практическим занятиям, интерактивные учебно-наглядные пособия.	

10. ОСОБЕННОСТИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение обучающихся с ограниченными возможностями здоровья при необходимости осуществляется на основе адаптированной рабочей программы с использованием специальных методов обучения и дидактических материалов, составленных с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся (обучающегося).

В целях освоения учебной программы дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья Университет обеспечивает:

– для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по зрению: размещение в доступных для обучающихся, являющихся слепыми или слабовидящими, местах и в адаптированной форме справочной информации о расписании учебных занятий; присутствие ассистента, оказывающего обучающемуся необходимую помощь; выпуск альтернативных форматов методических материалов (крупный шрифт или аудиофайлы);

– для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по слуху: надлежащими звуковыми средствами воспроизведение информации;

– для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата: возможность беспрепятственного доступа обучающихся в учебные помещения, туалетные комнаты и другие помещения кафедры, а также пребывание в указанных помещениях.

Обучающиеся из числа инвалидов и лиц с ОВЗ обеспечены печатными и (или) электронными образовательными ресурсами в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья.

Образование обучающихся с ограниченными возможностями здоровья может быть организовано как совместно с другими обучающимися, так и в отдельных группах или в отдельных организациях.

11. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Фонд оценочных средств для проведения аттестации уровня сформированности компетенций обучающихся по дисциплине оформляется отдельным документом и является приложением к рабочей программе дисциплины (модуля).