**Санкт-Петербургский государственный университет**

**Р А Б О Ч А Я П Р О Г Р А М М А**

**УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Стохастическое программирование

StochasticProgramming

**Язык(и) обучения**

русский

Трудоемкость в зачетных единицах: 3

Регистрационный номер рабочей программы: 003741

**Раздел 1. Характеристики учебных занятий**

**1.1. Цели и задачи учебных занятий**

Цель изучения дисциплины: Ознакомление обучающихся с современными методами стохастической оптимизации и обучение их решать с помощью этих методов сложные технические и экономические задачи. В частности, при проектировании и разработке электронных устройств, работающих в режиме реального времени одним из основных является вопрос об оптимизации их процесса их работы. До последнего времени оптимизация достигалась за счет предварительного моделирования работы и выбора наилучших параметров системы. Использование механизмов «обратной связи», корректирующих параметры во время работы ограничивалось неразвитостью теории последовательной оптимизации. В частности, сильным ограничением в применении стандартных процедур оптимизации было предположение о случайном характере неопределенностей в системе и приписывание им свойств независимости и центрированности. Но именно в системах реального времени эти ограничения, как правило, не удовлетворяются. Поэтому на практике используются некоторые эвристические алгоритмы, теоретически необоснованные. Развитие основ теории последовательной оптимизации при почти произвольных помехах в значительной степени снимает эти ограничения.

**1.2. Требования подготовленности обучающегося к освоению содержания учебных занятий (пререквизиты)**

Программа курса предназначена для обучающихся 4 курса. Курс рассчитан на слушателей, знакомыми с основами курса Теории вероятностей и математической статистики.

**1.3. Перечень результатов обучения (learningoutcomes)**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № | Наименование категории (группы) компетенций | Код и наименование компетенции | Планируемые результаты обучения, обеспечивающие формирование компетенции | Код индикатора и индикатор достижения универсальной компетенции |
|  | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | Общепрофессиональные компетенции | ОПК-1 Способен применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности | Знание о потенциальных возможностях и применимости методов стохастического программирования | ОПК-1.1 Уметь идентифицировать возможные проблемы и пути их решения |
| 2 | Общепрофессиональные компетенции | ОПК-2 Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и программных средств, в том числе отечественного производства, и использовать их при решении задач профессиональной деятельности | Умение составлять математические модели сложных технических и экономических задач | ОПК-2.1 Уметь писать программный код с использованием языков программирования, определения и манипулирования данными |
| 3 | Общепрофессиональные компетенции | ОПК-8 Способен осуществить поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий | Умение составлять математические модели сложных технических и экономических задач | ОПК-8.1 Оценка и выбор технологии доступа к данным |
| 4 | Профессиональные компетенции | ПКП-1 Способен проектировать программные системы | Навыки самостоятельно решать академические задачи стохастического программирования | ПКП-1.1 Уметь разрабатывать технические спецификации на программные компоненты и их взаимодействие |
| 5 | Профессиональные компетенции | ПКП-2 Способен использовать основные модели информационных технологий и способы их применения для решения задач в предметных областях | Навыки самостоятельно решать академические задачи стохастического программирования | ПКП-2.1 Уметь описывать алгоритмы компонентов, включая методы и схемы |
| 6 | Профессиональные компетенции | ПКП-3 Способен разрабатывать моделирующие алгоритмы и реализации их на базе языков и пакетов прикладных программ моделирования | Понимание как самостоятельно искать способы решения сложных прикладных задач, сводящиеся к задачам стохастического программирования | ПКП-3.1 Разработка модели бизнес-процессов заказчика |
| 7 | Профессиональные компетенции | ПКП-7 Способен систематизировать и применять знания о содержании основных этапов и тенденций развития программирования, математического обеспечения и информационных технологий | Понимание как самостоятельно искать способы решения сложных прикладных задач, сводящиеся к задачам стохастического программирования | ПКП-7.1 Умеет проводить технические и управленческие ревизии создаваемого программного средства |

**1.4. Перечень и объём активных и интерактивных форм учебных занятий**

Лекции – 10 ак.ч.

**Раздел 2. Организация, структура и содержание учебных занятий**

**2.1. Организация учебных занятий**

**2.1.1 Основной курс**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Трудоёмкость, объёмы учебной работы и наполняемость групп обучающихся | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Код модуля в составе дисциплины,  практики и т.п. | Контактная работа обучающихся с преподавателем | | | | | | | | | | | | Самостоятельная работа | | | | Объём активных и интерактивных  форм учебных занятий | Трудоёмкость |
| лекции | семинары | консультации | практические  занятия | лабораторныеработы | контрольныеработы | коллоквиумы | текущий контроль | промежуточная  аттестация | итоговая аттестация | под руководством преподавателя | в присутствии  преподавателя | сам. раб. с использованием  методических материалов | текущий контроль (сам.раб.) | промежуточная аттестация (сам.раб.) | итоговая аттестация  (сам.раб.) |
| ОСНОВНАЯ ТРАЕКТОРИЯ | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Форма обучения: очная | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Семестр 7 | 60 |  | 2 |  |  |  |  |  | 2 |  |  |  | 8 |  | 36 |  | 10 | 3 |
|  | 2-16 |  | 2-16 |  |  |  |  |  | 2-16 |  |  |  | 1-1 |  | 1-1 |  |  |  |
| ИТОГО | 60 |  | 2 |  |  |  |  |  | 2 |  |  |  | 8 |  | 36 |  |  | 3 |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Виды, формы и сроки текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации | | | | | | |
| Код модуля в составе дисциплины, практики и т.п. | Формы текущего контроля успеваемости | | Виды промежуточной аттестации | | Виды итоговой аттестации  (только для программ итоговой аттестации и дополнительных образовательных программ) | |
| Формы | Сроки | Виды | Сроки | Виды | Сроки |
| ОСНОВНАЯ ТРАЕКТОРИЯ | | | | | | |
| Форма обучения: очная | | | | | | |
| Семестр 7 |  |  | экзамен, письменно, ответы на вопросы | по графику промежуточной аттестации |  |  |

**2.2. Структура и содержание учебных занятий**

Курс разбит на пять модулей.

1. Введение в стохастическое программирование. Лекции - 8 ак. ч.
2. Оптимизация и оценивание. Лекции - 12ак. ч., самостоятельная работа по методическим материалам - 2 ак. ч.
3. Фильтрация, отслеживание изменений. Ллекции - 12ак. ч., самостоятельная работа по методическим материалам -2 ак. ч.
4. Распознавание образов. Лекции -16ак. ч., самостоятельная работа по методическим материалам -2ак. ч.
5. Кластеризация. Лекции -12ак. ч., самостоятельная работа по методическим материалам -2 ак. ч..

На лекционных занятиях преподаватель рассказывает материал курса согласно следующему содержанию в разбивке по разделам:

1. Введение в стохастическое программирование.
   1. Задачистохастическогопрограммирования.
   2. Минимизация функционалов типа среднего риска
   3. Рандомизированные алгоритмы.
2. Оптимизация и оценивание.
   1. Приближение одной случайной величины набором других.
   2. Оценивание по конечному числу наблюдений. Теорема Гаусса-Маркова.
   3. Метод эмпирического функционала, байесовское оценивание, достижимая точность оценивания.
3. Фильтрация, отслеживание изменений.
   1. Фильтр Винера-Колвогорова
   2. Фильтр Калмана-Бьюси.
   3. Оценивание дрейфа точки минимума нестационарного функционала среднего риска.
4. Распознавание образов.
   1. Задачи классификации и машинное обучение.
   2. Алгоритм k-средних.
   3. EM-алгоритм.
5. Кластеризация.
   1. Извлечение знаний.
   2. Алгоритмы кластеризации.
   3. Устойчивость кластеризации.

**Раздел 3. Обеспечение учебных занятий**

**3.1. Методическое обеспечение**

**3.1.1 Методические указания по освоению дисциплины**

Для освоения дисциплины обучающиеся должны посещать лекции и выполнять задания преподавателей по решению трех задач из области распознавания образов (линейная регрессия, кластеризация, устойчивая кластеризация).

**3.1.2 Методическое обеспечение самостоятельной работы**

Самостоятельная работа обучающегося, как вид деятельности, стимулирующий активность, самостоятельность, познавательный интерес с целью поиска необходимой информации, приобретения знаний, использования этих знаний для решения учебных, научных и профессиональных задач, представляет собой важную составляющую учебного процесса, которой отводится не менее половины учебного времени при очной форме обучения. Время, отводимое на самостоятельную работу, должно использоваться обучающимися для наиболее полного освоения учебной дисциплины. Следовательно, организация эффективной внеаудиторной самостоятельной работы в процессе обучения требует, с одной стороны, создание условий, призванных обеспечить рациональное и планомерное управление учебной деятельностью, протекающей в отсутствие преподавателя, и тщательной подготовки целого ряда учебных пособий, снабженных методическими указаниями, с другой стороны.

К числу методических пособий относятся общие методические рекомендации и указания по самостоятельной работе.

Роль преподавателя в организации самостоятельной работы состоит в координации действий обучающихся в освоении дисциплины, в методическом и организационном обеспечении учебного процесса. Взаимодействие между преподавателем и обучающимся осуществляется в форме консультаций. Преподаватели также оказывают помощь обучающимся по планированию и организации самостоятельной работы.

**3.1.3 Методика проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации и критерии оценивания**

На зачёте каждому обучающемуся выдается лист с 10 вопросами, ответы на которые он должен вписать в оставленные для этого места. После проверки письменного теста по тем темам, в которых были допущены ошибки, задаются уточняющие устные вопросы.

Оценка за зачёт ставится по следующим правилам: ответ на каждый вопрос с учётом результатов беседы оценивается по шкале от 0 (нет ответа) до 10 (очень хороший ответ), далее оценки суммируются. Результат переводится в диапазон от 0 до 100.

Далее применяется следующее правило выставления оценки:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Итоговый процент  выполнения, % | Оценка СПбГУ при  проведении зачёта | Оценка  ECTS |
| 90-100 | зачтено | A |
| 80-89 | зачтено | B |
| 70-79 | зачтено | C |
| 61-69 | зачтено | D |
| 50-60 | зачтено | E |
| менее 50 | не зачтено | F |

**3.1.4 Методические материалы для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации (контрольно-измерительные материалы, оценочные средства)**

Пример списка вопросов, выносимых на экзамен:

1. Какой алгоритм называется рандомизированным?
2. Формула МНК
3. Теорема Гаусса-Маркова
4. Модель наблюдений в задаче оптимальной фильтрации Винера-Колмогорова
5. Модель наблюдений в задаче оптимальной фильтрации Калмана-Бьюси
6. Формула Байеса
7. Алгоритм Роббинса-Монро
8. Процедура Кифера-Вольфовица
9. Рандомизированный алгоритм стохастической аппроксимации с одним измерением
10. Рандомизированный алгоритм стохастической аппроксимации с двумя измерениями

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № | Код индикатора и индикатор достижения универсальной компетенции | Контрольно-измерительные материалы (КИМ) (тестовые вопросы, контрольные задания, кейсы и пр.) |
|  | 1 | 2 |
| 1 | ОПК-1.1 Уметь идентифицировать возможные проблемы и пути их решения | Ответы на основные и дополнительные вопросы экзаменационного билета независимо оцениваются по шкале от 0 (нет ответа) до 10 (очень хороший ответ), далее оценка усредняется. Результат переводится в диапазон от 0 до 100. |
| 2 | ОПК-2.1 Уметь писать программный код с использованием языков программирования, определения и манипулирования данными | обучающемуся предлагается запрограммировать на известном ему языке программирования или спроектировать на псевдокоде решение задачи из предыдущего критерия и его модификации. Результат оценивается по шкале от 0 (нет ответа) до 100 (очень хороший ответ). |
| 3 | ОПК-8.1 Оценка и выбор технологии доступа к данным | на экзамене помимо основных и дополнительных вопросов обучающемуся предлагается решить задачу, решаемую одним из алгоритмов, рассмотренным в рамках курса, а затем наложить на неё дополнительные условия и предложить решить, исходя из имеющегося решения. Решение задачи и его модификации оцениваются по шкале от 0 (нет ответа) до 100 (очень хороший ответ). |
| 4 | ПКП-1.1 Уметь разрабатывать технические спецификации на программные компоненты и их взаимодействие | на экзамене помимо основных и дополнительных вопросов обучающемуся предлагается решить задачу, решаемую одним из алгоритмов, рассмотренным в рамках курса, а затем наложить на неё дополнительные условия и предложить решить, исходя из имеющегося решения. Решение задачи и его модификации оцениваются по шкале от 0 (нет ответа) до 100 (очень хороший ответ). |
| 5 | ПКП-2.1 Уметь описывать алгоритмы компонентов, включая методы и схемы | обучающемуся предлагается запрограммировать на известном ему языке программирования или спроектировать на псевдокоде решение задачи из предыдущего критерия и его модификации. Результат оценивается по шкале от 0 (нет ответа) до 100 (очень хороший ответ). |
| 6 | ПКП-3.1 Разработка модели бизнес-процессов заказчика | Ответы на основные и дополнительные вопросы экзаменационного билета независимо оцениваются по шкале от 0 (нет ответа) до 10 (очень хороший ответ), далее оценка усредняется. Результат переводится в диапазон от 0 до 100. |
| 7 | ПКП-7.1 Умеет проводить технические и управленческие ревизии создаваемого программного средства | Ответы на основные и дополнительные вопросы экзаменационного билета независимо оцениваются по шкале от 0 (нет ответа) до 10 (очень хороший ответ), далее оценка усредняется. Результат переводится в диапазон от 0 до 100. |

**3.1.5 Методические материалы для оценки обучающимися содержания и качества учебного процесса**

Для оценки обучающимися содержания и качества учебного процесса применяется анкетирование в соответствии с методикой и графиком, утвержденными в установленном порядке.

**3.2. Кадровое обеспечение**

**3.2.1 Образование и (или) квалификация штатных преподавателей и иных лиц, допущенных к проведению учебных занятий**

К преподаванию дисциплины могут быть допущены преподаватели, имеющие диплом о высшем образовании по соответствующему направлению.

**3.2.2 Обеспечение учебно-вспомогательным и (или) иным персоналом**

Специальных требований нет.

**3.3. Материально-техническое обеспечение**

**3.3.1 Характеристики аудиторий (помещений, мест) для проведения занятий**

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, оснащенные стандартным оборудованием, используемым для обучения в СПбГУ в соответствии с требованиями материально-технического обеспечения.

**3.3.2 Характеристики аудиторного оборудования, в том числе неспециализированного компьютерного оборудования и программного обеспечения общего пользования**

Стандартное оборудование, используемое для обучения в СПбГУ. MS Windows, MS Office, Mozilla FireFox, Google Chrome, Acrobat Reader DC, WinZip, Антивирус Касперского.

**3.3.3 Характеристики специализированного оборудования**

Не требуется.

**3.3.4 Характеристики специализированного программного обеспечения**

Не требуется.

**3.3.5 Перечень и объёмы требуемых расходных материалов**

Не требуется.

**3.4. Информационное обеспечение**

1.Кибзун А.И., Кан Ю.С. Задачи стохастического программирования с вероятностными критериями.-М: Физматлит, 2009.-372 с.

ЭБС «Лань» по подписке СПбГУ:<https://proxy.library.spbu.ru:2279/book/2199>

2.Лю, Баодин . Теория и практика неопределенного программирования: Пер. с англ. / Б. Лю ; пер., ред. пер. Ю. В. Тюменцев, пер. Ю. Т. Каганов. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2005-2014. - 416 с. Мм – 4 экз.

Сайт Научной библиотеки им. М. Горького СПбГУ: <http://www.library.spbu.ru/>

Электронный каталог Научной библиотеки им. М. Горького СПбГУ: <http://www.library.spbu.ru/cgi-bin/irbis64r/cgiirbis_64.exe?C21COM=F&I21DBN=IBIS&P21DBN=IBIS>

Перечень электронных ресурсов, находящихся в доступе СПбГУ: <http://cufts.library.spbu.ru/CRDB/SPBGU/>

Перечень ЭБС, на платформах которых представлены российские учебники, находящиеся в доступе СПбГУ: <http://cufts.library.spbu.ru/CRDB/SPBGU/browse?name=rures&resource%20type=8>

**Раздел 4. Разработчики программы**

Граничин Олег Николаевич Д.ф.-м.н. Профессор Профессор кафедры системного программирования Oleg\_granichin@mail.ru  
+7(921)740-03-37