**Санкт-Петербургский государственный университет**

**Р А Б О Ч А Я П Р О Г Р А М М А**

**УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Стохастическая оптимизация в информатике (на английском языке)

Stochastic Optimisation in Informatics (in English)

**Язык(и) обучения**

английский

русский

Трудоемкость в зачетных единицах: 4

Регистрационный номер рабочей программы: 050504

**Раздел 1. Характеристики учебных занятий**

**1.1. Цели и задачи учебных занятий**

Цель изучения дисциплины: Ознакомление студентов 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.

The course is aimed at introducing modern methods of stochastic optimisation and teaching students to solve complex technical and economic problems using these methods. In particular, in the design and development of electronic devices operating in real time, one of the main issues is the optimisation of their process of their work. Until recently, optimisation was achieved through preliminary modeling of work and the selection of the best system parameters. The use of “feedback” mechanisms that correct parameters during operation was limited by the underdevelopment of the theory of sequential optimisation. In particular, a strong limitation in the application of standard optimisation procedures was the assumption of a random nature of uncertainties in the system and attributing to them the properties of independence and centering. But in real-time systems these restrictions are usually not satisfied. Therefore, when aррlied, some theoretically unreasonable heuristic algorithms are used. The development of the foundations of the theory of sequential optimisation with almost arbitrary interference removes these restrictions to a large extent.

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

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

The course program is intended for 4 year students familiar with the basics of the Probability Theory and Mathematical Statistics course.

**1.3. Перечень результатов обучения (learning outcomes)**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № | 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 стохастической оптимизации в информатике | 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 | Знание о потенциальных возможностях и применимости методов стохастической оптимизации в информатике | ОПК-2.2 Уметь проводить формализацию и алгоритмизацию поставленных задач |
| 3 | Профессиональные компетенции | ПКП-1 – способен проектировать программные системы; | Умение составлять математические модели сложных технических и экономических задач. | ПКП-1.1 Уметь разрабатывать технические спецификации на программные компоненты и их взаимодействие |
| 4 | Профессиональные компетенции | ПКП-2 – способен использовать основные модели информационных технологий и способы их применения для решения задач в предметных областях; | Умение составлять математические модели сложных технических и экономических задач. | ПКП-2.1 Уметь описывать алгоритмы компонентов, включая методы и схемы |
| 5 | Профессиональные компетенции | ПКП-3 – способен разрабатывать моделирующие алгоритмы и реализации их на базе языков и пакетов прикладных программ моделирования; | Навыки самостоятельно решать академические задачи стохастического программирования. | ПКП-3.1 Разработка модели бизнес-процессов заказчика |
| 6 | Профессиональные компетенции | ПКП-7 – способен систематизировать и применять знания о содержании основных этапов и тенденций развития программирования, математического обеспечения и информационных технологий; | Навыки самостоятельно решать академические задачи стохастического программирования. | ПКП-7.1 Умеет проводить технические и управленческие ревизии создаваемого программного средства |
| 7 | Универсальные компетенции | УК-1 – способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач; | Понимание как самостоятельно искать способы решения сложных прикладных задач, сводящиеся к задачам стохастического программирования. | УК 1.2. Определяет информацию, необходимую для решения поставленной задачи; |
| 8 | Универсальные компетенции | УК-4 – способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(ых) языке(ах); | Понимание как самостоятельно искать способы решения сложных прикладных задач, сводящиеся к задачам стохастического программирования. | УК-4.3. Ведет деловую переписку на русском языке с учетом особенностей стилистики официальных и неофициальных писем; |
| 9 | Универсальные компетенции | УКБ-3 – способен понимать сущность и значение информации в развитии общества, использовать основные методы получения и работы с информацией с учетом современных технологий цифровой экономики и информационной безопасности; | Понимание как самостоятельно искать способы решения сложных прикладных задач, сводящиеся к задачам стохастического программирования. | УКБ-3.2. Точно определяет тип и форму необходимой информации. |

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

Самостоятельная работа:

* По методическим материалам (решение конкретных задач оптимизации в условиях неопределенностей) 10 ак. ч.;
* Без участия преподавателя (индивидуальная работа с доступными информационными и образовательными ресурсами, имеющимися в библиотеке, в открытом доступе в сети Интернет и локальной сети Университета с целью преодоления индивидуальных трудностей в освоении отдельных разделов курса).

Student's individual work is based on methodological materials to solve specific optimisation problems in uncertain environment (10 academic hours). Educational resources are available in the library, in the public domain on the Internet and the University’s local network.

**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 8 |  | 30 |  |  |  |  |  |  | 2 |  |  |  | 98 |  | 14 |  | 10 | 4 |
|  |  | 2-45 |  |  |  |  |  |  | 2-45 |  |  |  | 1-1 |  | 1-1 |  |  |  |
| ИТОГО |  | 30 |  |  |  |  |  |  | 2 |  |  |  | 98 |  | 14 |  |  | 4 |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 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 8 |  |  | зачёт, устно, традиционная форма | по графику промежуточной аттестации |  |  |

**2.2. Структура и содержание учебных занятий**

Курс разбит на три модуля.

1. **Введение в методы стохастической оптимизации в информатике**

семинарские занятия в объеме 6 часов, самостоятельная работа по методическим материалам - в объеме 30 часов.

1. **Оптимизация и оценивание.**

семинарские занятия в объеме 12 часов, самостоятельная работа в объеме 34 часов.

1. **Фильтрация, отслеживание изменений.**

семинарские занятия в объеме 12 часов, самостоятельная работа в объеме 34 часов.

На семинарских занятиях преподаватель обсуждает со студентами материал курса согласно следующему содержанию в разбивке по разделам:

1. **Введение в стохастическую оптимизацию в информатике.**
   1. Задачи стохастической оптимизации в информатике.
2. **Оптимизация и оценивание.**
   1. Оптимизация работы сервера.
   2. Оптимизация работы роутера.
   3. Оценивание неизвестных параметров динамических систем
3. **Фильтрация, отслеживание изменений.**
   1. Фильтр Калмана-Бьюси.
   2. Оценивание дрейфа точки минимума нестационарного функционала среднего риска.

The course is divided into three modules.

1. **Introduction to Stochastic Optimisation Methods in Computer Science**

Seminars - 6 academic hours;

Individual work - 30 academic hours.

1. **Introduction to Stochastic Optimisation Methods in Computer Science**

Seminars - 12 academic hours;

Individual work - 34 academic hours.

**3. Filtering, Tracking Changes.**

Seminars - 12 academic hours;

Individual work - 34 academic hours.

**At the seminars, the following is discussed:**

1. Introduction to Stochastic Optimisation in Computer Science.

1. Tasks of Stochastic Optimisation in Computer Science.

2. Optimisation and Evaluation.

1. Optimisation of the Server.

2. Optimisation of the Router.

3. Estimation of Unknown Рarameters of Dynamical Systems.

3. Filtering, Tracking Changes.

1. Kalman-Bucy filter.

2. Estimation of the Drift of the Minimum Рoint of the Unsteady Average Risk Functional.

**Раздел 3. Обеспечение учебных занятий**

**3.1. Методическое обеспечение**

**3.1.1 Методические указания по освоению дисциплины**

Для освоения дисциплины студенты должны посещать занятия и выполнять задания преподавателя.

To master the course students must attend all the classes and complete the tasks of a lecturer.

**3.1.2 Методическое обеспечение самостоятельной работы**

Самостоятельная работа студента, 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 студентами для наиболее полного освоения учебной дисциплины. Следовательно, организация эффективной внеаудиторной самостоятельной работы в процессе обучения требует создание условий, призванных обеспечить рациональное и планомерное управление учебной деятельностью, протекающей в отсутствие преподавателя.

Роль преподавателя в организации самостоятельной работы. 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 студентом осуществляется в форме консультаций. Преподаватели также оказывают помощь студентам по планированию и организации самостоятельной работы.

Student's individual work, stimulates activity, independence, cognitive interest in order to find the necessary information, acquire knowledge, use this knowledge to solve educational, scientific and professional tasks. This is an important component of the educational process. Time allocated for individual work should be used by students for mastering the academic course. Consequently, the organisation of effective extracurricular individual work in the learning process requires the creation of conditions designed to ensure rational and systematic management of educational activities that occur in the absence of a lecturer. The role of the lecturer in the individual work organisation is in coordinating the actions of students in mastering the discipline, in the methodological and organisational support of the educational process. The interaction between the lecturer and the student is carried out in the form of tutorials. Lecturers also assist students in planning and organizing individual work.

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

Преподаватели имеют набор контрольных заданий и тестов для контроля успеваемости студентов.

Каждый студент должен самостоятельно подготовить доклад и успешно выступить на семинаре с научным или техническим докладом по тематике «Стохастическая оптимизации в информатике».

Оценка за зачёт ставится по следующим правилам: за доклад выставляется от 0 до 50 баллов, за выполнение контрольных заданий и тестов на каждом занятии студент получает от 0 до 4-х баллов, которые потом суммируются между собой и с баллами, полученными за выступление с докладом. 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 |

Lecturers have a set of tests to monitor student performance. Each student is to prepare a report and successfully рresent a scientific or technical report on the topic “Stochastic Optimization in Computer Science” at a seminar.

The assessment for the test is set according to the following rules: from 0 to 50 points are given for the report, the student receives from 0 to 4 points for the performance of control tasks and tests in each lesson. All pounts are then summed up among themselves and with the points received for the presentation of the report. The result is converted to a range from 0 to 100.

The following scoring rule then applies:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Total percentage  performance,% | Assessment of SPbSU at Carrying out a test | Score  ECTS |
| 90-100 | credit | A |
| 80-89 | credit | B |
| 70-79 | credit | C |
| 61-69 | credit | D |
| 50-60 | credit | E |
| less than 50 | not credited | F |

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

Пример списка вопросов, выносимых назачет:

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

**Samрle Credit Questions:**

1. What algorithm is called randomized?
2. Server Optimisation Model.
3. Router Optimisation Model.
4. Observation Model in the Kalman-Bucy Optimal Filtration Рroblem.
5. Bayes Formula.
6. Robbins-Monroe Algorithm.
7. Kiefer-Wolfowitz Рrocedure.
8. Randomized Stochastic Approximation Algorithm with One Dimension.
9. A Randomized Two-Dimensional Stochastic Approximation Algorithm.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № | 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 | ответ на вопрос теоретического зачёта и практическое задание из п.3.1.1 независимо оцениваются по шкале от 0 (не сделано/нет ответа) до 10 (очень хорошо), после чего усредняются. Результат переводится в диапазон от 0 до 100 |
| 2 | ОПК-2.2 Уметь проводить формализацию и алгоритмизацию поставленных задач | задание из п.3.1.1 оценивается по шкале от 0 (не сделано) до 100 (очень хорошо) |
| 3 | ПКП-1.1 Уметь разрабатывать технические спецификации на программные компоненты и их взаимодействие | ответ на вопрос теоретического зачёта оценивается по шкале от 0 (нет ответа) до 100 (очень хорошо). |
| 4 | ПКП-2.1 Уметь описывать алгоритмы компонентов, включая методы и схемы | задание из п.3.1.1 оценивается по шкале от 0 (не сделано) до 100 (очень хорошо) |
| 5 | ПКП-3.1 Разработка модели бизнес-процессов заказчика | ответ на вопрос теоретического зачёта оценивается по шкале от 0 (нет ответа) до 100 (очень хорошо). |
| 6 | ПКП-7.1 Умеет проводить технические и управленческие ревизии создаваемого программного средства | ответ на вопрос теоретического зачёта оценивается по шкале от 0 (нет ответа) до 100 (очень хорошо). |
| 7 | УК 1.2. Определяет информацию, необходимую для решения поставленной задачи; | задание из п.3.1.1 оценивается по шкале от 0 (не сделано) до 100 (очень хорошо) |
| 8 | УК-4.3. Ведет деловую переписку на русском языке с учетом особенностей стилистики официальных и неофициальных писем; | задание из п.3.1.1 оценивается по шкале от 0 (не сделано) до 100 (очень хорошо) |
| 9 | УКБ-3.2. Точно определяет тип и форму необходимой информации. | ответ на вопрос теоретического зачёта и практическое задание из п.3.1.1 независимо оцениваются по шкале от 0 (не сделано/нет ответа) до 10 (очень хорошо), после чего усредняются. 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.

**3.1.5 Methodological materials for students to assess the content and quality of the educational process**

The assessment of the content and quality of the educational process by the students in the discipline is implemented in the manner established at St. Petersburg State University.

**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.

Lecturer academic background in the educational рrogram sрecialisation is demanded.

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

Специальных требований нет.

  not required.

**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.

No special requirements.

**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

No special requirements.

**3.3.3 Характеристики специализированного оборудования**

Ведущий должен быть обеспечен личным компьютером и внешним запоминающим устройством для подготовки лекций и переноса содержания лекций на экран.

The lecturer should be provided with a personal computer and an external storage device for preparing lectures and transferring the contents of lectures to the screen.

**3.3.4 Характеристики специализированного программного обеспечения**

стандартное программное обеспечение лекционного и личного компьютера.

Standard lecture and personal computer software.

**3.3.5 Перечень и объёмы требуемых расходных материалов**

Фломастеры цветные, губки, бумага формата А3 (для блокнота-доски), канцелярские товары, мел.

Whiteboard markers, sponges, A3-size paper (for a notepad-board), stationery and chalk.

**3.4. Информационное обеспечение**

**3.4.1 Список литературы**

1. Granichin O., Volkovich V., Toledano-Kitai D. Randomized Algorithms in Automatic Control and Data Mining. - Intelligence Systems Reference Library, vol. 67, Springer-Verlag: Heidelberg New York Dordrecht London. 2015.251p. ISBN 978-3-642-54785-0 ISBN 978-3-642-54786-7 (eBook) - **ЭР по подписке СПбГУ:** <https://find.library.spbu.ru/vufind/Record/978-3-642-54786-7>

2. Webb A. Statistical pattern recognition. Wiley. 2002. . – **ЭР по подписке СПбГУ:** <https://find.library.spbu.ru/vufind/Record/EBC819173>

**3.4.2 Перечень иных информационных источников**

• 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

Professor of faculty of Math of St. Petersburg State University  
Granichin Oleg Nikolaevich o.granichin@spbu.ru, tel. 428-49-10.