**Санкт-Петербургский государственный университет**

**Р А Б О Ч А Я П Р О Г Р А М М А**

**УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Сложность булевых функций (семинар), тр 6, 8 сем

Complexity of Boolean Functions (seminar)

**Язык(и) обучения**

русский

Трудоемкость в зачетных единицах: 2

Регистрационный номер рабочей программы: 053564

**Раздел 1. Характеристики учебных занятий**

1. **Цели и задачи учебных занятий**

Сообщение сведений о сложности булевых функций. Усвоение основных идей, понятий и фактов.

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

Студент, обучающийся по данной дисциплине, должен иметь знания, умения и навыки, соответствующие полному среднему образованию; также он должен владеть курсом «Теоретическая информатика», который создаёт теоретико-методологические и инструментально-прикладные основы формирования компетенций, формируемых в рамках учебной дисциплины «Сложность булевых функций».

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

Обучающийся должен овладеть теоретическим материалом в объеме, предусмотренном программой, уметь применять полученные знания при решении теоретических и прикладных задач, на основе анализа освоенных разделов: эффективное вычисление булевых функций, доказательства невозможности существования эффективных вычислений;

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

Знать: методы доказательства верхних и нижних оценок на сложность булевых функций в различных моделях вычислений.

Уметь: оценивать сложность функций в различных моделях вычислений.

Владеть: инструментами оценки сложности булевых функций.

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

практические занятия 30 часов, промежуточная аттестация (зачет) 2 часа

**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 | лабораторные работы | контрольные работы | 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 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| очная форма обучения | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Семестр  6, 8 |  | 30 |  |  |  |  |  |  | 2 |  |  |  | 34 |  | 6 |  | 32 | 2 |
|  |  | 2-25 |  |  |  |  |  |  | 2-50 |  |  |  | 1-1 |  | 1-1 |  |  |  |
| ИТОГО |  | 30 |  |  |  |  |  |  | 2 |  |  |  | 34 |  | 6 |  | 32 | 2 |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 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 | | | | | | |
| очная форма обучения | | | | | | |
| Семестр 6, 8 |  |  | зачёт (устно, традиционная форма) | по графику промежуточной аттестации |  |  |

**2.2. Структура и содержание учебных занятий**

Период обучения (модуль): **Семестр 6, 8**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Наименование темы (раздела, части) | Вид учебных занятий | Количество часов |
| 1 | Булевы схемы | Семинары | 10 |
| по методическим материалам | 10 |
| 2 | Булевы формулы | Лекции  практические занятия  в присутствии преподавателя | 10 |
| по методическим материалам | 10 |
| 3 | Схемы ограниченной глубины | Лекции  практические занятия  в присутствии преподавателя | 10 |
| по методическим материалам | 14 |

1. Булевы функции, симметрические булевы функции. Схемы и формулы.
2. Доказательство оценки Θ(2^n/n) на схемную сложность почти всех булевых функций от n переменных.
3. Основная идея метода элиминации гейтов.
4. Примеры свойств функций, использующихся в доказательстве верхних оценок: 2n для функций, имеющих хотя бы три различные подфункции относительно любых двух переменных; 2n для функции индексации; 7n/3 для функций высокой степени.
5. Нижняя оценка 2.5n для симметрических функций, 3n для обобщённой функции индексации, 3n для аффинных дисперсеров.
6. Связь между графами и схемами, различные способы представить граф схемой: показательная и характеристическая схемы.
7. P≠NP как следствие нижней оценки (12+ε)n на графовую сложность.
8. Связь глубины и размера формулы: D(f)=Θ(logL(f))⁡.
9. Нижняя оценка n^2 на формульную сложность универсальной функции. Метод случайных подстановок Субботовской, нижняя оценка n^1.5 для формул де Моргана для функции четности.
10. Функция Андреева, нижняя оценка n^2.5 для формул де Моргана.
11. Коммуникационная сложность, игры Карчмера-Вигдерсона, покрытие прямоугольниками, связь с глубиной схем: cc(f)=D(f), монотонная глубина, примеры.
12. Нижняя оценка через ранг матриц, нижняя оценка для квадратичных функций, суперполиномиальная нижняя оценка для функции Пэли.
13. Проверка наличия клики в графе.
14. Отрицания в схемах.
15. Схемы глубины 3.
16. Схемы ограниченной глубины.

**Раздел 3. Обеспечение учебных занятий**

**3.1. Методическое обеспечение**

**3.1.1 Методические указания по освоению дисциплины**

В методическое обеспечение аудиторной работы включены учебные пособия, в том числе электронные, по дисциплине «Сложность булевых функций».

*Методические рекомендации преподавателю*

Изложение материалов на занятиях следует выстраивать от простого к сложному. Новые термины должны появляться по мере усвоения предыдущих. Следует побуждать учащихся к активной деятельности на семинарах с помощью проверочных вопросов, заданий с последующим обсуждением ответов и т.п.

На семинарах активное взаимодействие со студентами должно быть основной формой проведения занятий. На каждом занятии можно сначала обсудить правильные и неправильные способы решения предыдущего домашнего задания, а затем рассматривать новую тему и предложить студентам решить примеры заданий с помощью преподавателя.

Для проведения зачета преподаватель должен знать критерии оценивания.

*Методические указания студентам*

Самостоятельная работа студентов включает в себя решение задач, изучение лекционного материала, учебников, учебных пособий и иных материалов. Время и место самостоятельной работы выбираются студентами по своему усмотрению с учетом рекомендаций преподавателя.

**3.1.2 Методическое обеспечение самостоятельной работы**

Основная и дополнительная литература

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

Зачет проводится в устной форме. Билет состоит из двух вопросов. Время подготовки ответа на вопросы билета составляет 60 минут.

Использование конспектов и учебников, а также электронных устройств хранения, обработки или передачи информации при подготовке и ответе на вопросы зачета категорически запрещено. В случае обнаружения факта использования недозволенных материалов (устройств) составляется акт и студент удаляется с экзамена. После ответа на вопросы билета преподаватель задает несколько дополнительных вопросов, на основании оценки ответов на которые итоговая оценка по предмету может быть повышена или понижена.

Оценка «зачтено» выставляется обучающемуся, который верно и аргументированно ответил на оба вопроса, продемонстрировал знание пройденного материала.

Оценка «не зачтено» выставляется, если не выполняется условие для получения оценки «зачтено».

Соответствие оценки СПбГУ и оценки ECTS (Европейской системы переноса и накопления зачётных единиц):

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Итоговый процент выполнения, % | Оценка СПбГУ при  проведении зачёта | Оценка ECTS | Оценка СПбГУ при  проведении экзамена |
| 90-100 | зачтено | A | отлично |
| 80-89 | зачтено | B | хорошо |
| 70-79 | зачтено | C | хорошо |
| 60-69 | зачтено | D | удовлетворительно |
| 50-59 | зачтено | E | удовлетворительно |
| менее 50 | не зачтено | F | неудовлетворительно |

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

Период обучения (модуль): **Семестр 6, 8**

**Список вопросов к зачету**:

1. Булевы функции, симметрические булевы функции. Схемы и формулы.
2. Доказательство оценки Θ(2^n/n) на схемную сложность почти всех булевых функций от n переменных.
3. Основная идея метода элиминации гейтов.
4. Примеры свойств функций, использующихся в доказательстве верхних оценок: 2n для функций, имеющих хотя бы три различные подфункции относительно любых двух переменных; 2n для функции индексации; 7n/3 для функций высокой степени.
5. Нижняя оценка 2.5n для симметрических функций, 3n для обобщённой функции индексации, 3n для аффинных дисперсеров.
6. Связь между графами и схемами, различные способы представить граф схемой: показательная и характеристическая схемы.
7. P≠NP как следствие нижней оценки (12+ε)n на графовую сложность.
8. Связь глубины и размера формулы: D(f)=Θ(logL(f))⁡.
9. Нижняя оценка n^2 на формульную сложность универсальной функции. Метод случайных подстановок Субботовской, нижняя оценка n^1.5 для формул де Моргана для функции четности.
10. Функция Андреева, нижняя оценка n^2.5 для формул де Моргана.
11. Коммуникационная сложность, игры Карчмера-Вигдерсона, покрытие прямоугольниками, связь с глубиной схем: cc(f)=D(f), монотонная глубина, примеры.
12. Нижняя оценка через ранг матриц, нижняя оценка для квадратичных функций, суперполиномиальная нижняя оценка для функции Пэли.
13. Проверка наличия клики в графе.
14. Отрицания в схемах.
15. Схемы глубины 3.
16. Схемы ограниченной глубины.

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

Анкета для студентов для оценки качества преподавания курса.

Просим Вас заполнить анкету-отзыв по прочитанной дисциплине. Обобщенные данные анкет будут использованы для ее совершенствования. По каждому вопросу проставьте соответствующие оценки по шкале от 1 до 10 баллов (обведите выбранный Вами балл). В  
случае необходимости впишите свои комментарии.

1. Насколько Вы удовлетворены содержанием дисциплины в  
целом?  
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10  
Комментарий\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  
2. Насколько Вы удовлетворены общим стилем преподавания?  
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10  
Комментарий\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

3. Как Вы оцениваете качество подготовки предложенных  
методических материалов?  
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10  
Комментарий\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

4. Насколько Вы удовлетворены использованием  
преподавателями активных методов обучения?  
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10  
Комментарий\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

5. Какой из модулей (разделов) дисциплины Вы считаете  
наиболее полезным, ценным с точки зрения дальнейшего обучения и/или  
применения в последующей практической деятельности?  
Комментарий\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

6. Что бы Вы предложили изменить в методическом и  
содержательном плане для совершенствования преподавания данной  
дисциплины?  
Комментарий\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

СПАСИБО!

**3.2. Кадровое обеспечение**

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

К проведению занятий должны привлекаться преподаватели, имеющие ученую степень и/или ученое звание, имеющие опыт планирования и организации учебного процесса, а также главные и ведущие специалисты в этой области.

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

Учебно-вспомогательный и инженерно-технический персонал должен иметь соответствующее высшее образование, и обладать навыками организации работы с пользовательскими программными продуктами в локальной сети компьютерного класса и в Интернете.

**3.3. Материально-техническое обеспечение**

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

Стандартно оборудованные лекционные аудитории, должны вмещать поток в соответствии со списком студентов

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

Лекционная аудитория должна иметь доску для записей, проектор.   
Для реализации программы необходим доступ преподавателей к офисной технике (компьютер, копировальный аппарат, принтер, сканер), а также достаточное количество расходных материалов к ней, выделенных для использования в учебном процессе.

**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**

Мел, фломастеры цветные, губки, бумага формата А4, канцелярские товары, картриджи принтеров, флеш-накопители и др. в объёме, необходимом для организации и проведения занятий.

**3.4. Информационное обеспечение**

**3.4.1 Список обязательной литературы**

* Jukna, Stasys, Boolean Function Complexity Advances and Frontiers, Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2012.

**3.4.2 Список дополнительной литературы**

* [Ingo Wegener. The Complexity of Boolean Functions. John Wiley and Sons Ltd, 1987](http://eccc.hpi-web.de/static/books/The_Complexity_of_Boolean_Functions/)

<http://eccc.hpi-web.de/static/books/The_Complexity_of_Boolean_Functions/>

* [Topics in Circuit Complexity, Ryan Williams, Stanford, 2011](http://www.stanford.edu/~rrwill/cs354.html)  
  http://web.stanford.edu/~rrwill/cs354.html
* [Combinatorial Methods in Complexity Theory, Eric Allender, Rutgers, 1998](http://www.cs.rutgers.edu/~allender/lecture.notes/)

http://www.cs.rutgers.edu/~allender/lecture.notes/

* [Boolean Circuit Complexity, Uri Zwick, Berkeley, 1997](http://www.cs.tau.ac.il/~zwick/CS277.html)

<http://www.cs.tau.ac.il/~zwick/CS277.html>

* [Sanjeev Arora and Boaz Barak. Computational Complexity: A Modern Approach. Cambridge University Press, 2009](http://www.cs.princeton.edu/theory/complexity/)

<http://theory.cs.princeton.edu/complexity>

* [John E. Savage, Models of Computation: Exploring the Power of Computing, Addison-Wesley, 1998](http://www.cs.brown.edu/~jes/book/home.html)

<http://cs.brown.edu/~jes/book/home.html>

* [Circuit Complexity and Communication Complexity, Ran Raz, Institute for Advanced Study, 2004](http://www.wisdom.weizmann.ac.il/~ranraz/publications/indexLN.html)

http://www.wisdom.weizmann.ac.il/~ranraz/lecturenotes/index.html

**3.4.3 Перечень иных информационных источников**

**Раздел 4. Разработчики программы**

Куликов Александр Сергеевич, кандидат физ.-мат. наук, доцент, старший научный сотрудник ПОМИ РАН, alexanderskulikov@gmail.com