Утвърдил: …………………..
/ Декан ФМИ /
Утвърден от Факултетен съвет
с протокол № .... / ....

СОФИЙСКИ УНИВЕРСИТЕТ “СВ. КЛИМЕНТ ОХРИДСКИ”

Факултет по Математика и Информатика

Специалност: Информатика, магистърска програма „Дискретни и Алгебрични Струкрури”

Учебна година: 2014/2015
Семестър: зимен (I или III)

УЧЕБНА ПРОГРАМА

Дисциплина:

Изчислителна сложност

Computational complexity (на англ. език)
Тип: Избираема дисциплината

Преподавател: гл. ас. д-р Георги Георгиев, доц. д-р Минко Марков

Асистенти: гл. ас. д-р Георги Георгиев, доц. д-р Минко Марков

Учебна заетост	Форма	Хорариум
Аудиторна заетост	Лекции	45
	Семинарни упражнения	30
	Практически упражнения (хоспетиране)	-
Обща аудиторна заетост		**75**
Извънаудиторна заетост	Подготовка на домашни работи	
	Контролни работи и подготовка за тях	25
	Учебен проект	
	Самостоятелна работа в библиотека или с интернет ресурси	50
	Доклад/Презентация	
	Подготовка за изпит	30
Обща извънаудиторна заетост		**105**
ОБЩА ЗАЕТОСТ		**180**
Кредити аудиторна заетост		**2.5**
Кредити извънаудиторна заетост		**3.5**
ОБЩО ЕСТК		**6**

№	Формиране на оценката по дисциплината[1]	% от оценката
1.	Контролни работи	30%
2.	Участие в час	
3.	Домашни работи	
4.	Учебен проект	
5.	Тестова проверка	
6.	Текуша самостоятелна работа /контролно	
7.	Workshops {информационно търсене и колективно обсъждане на доклади и реферати)	
8.		
9.		
10.		
11.	Изпит – практика (решаване на задачи)	30%
12.	Изпит – теория	40%

Анотация на учебната дисциплина:

Въвеждат се понятията сложност на изчислителна задача, свеждане на задача до друга (Turing свеждане и полиномиално свеждане), недетерминирано изчисление и практическа нерешимост. Изучават се основните класове на изчислителна сложност (**P**, **NP**, полиномиалната йерархия, **PSPACE, #P, L, NL**). Доказва се съществуването на пълни за даден клас задачи. Доказват се основни резултати за взаимоотношения между класовете. Разглежда се най-важният въпрос без отговор в теоретичната Компютърна наука: дали **P = NP**. Множество практически важни и практически нерешими задачи се класифицират според принадлежността си към основните класове на сложност.

Разискват се схеми от булеви елементи, рандомизирани изчисления и интерактивни доказателства и тяхната връзка с изчислителната сложност. Въвеждат се класове на сложност $\mathbf{P/_{poly}}$, **BPP** и **IP**.

Изследват се възможните подходи за заобикаляне на практическата нерешимост със специално внимание върху апроксимирането и параметризираната сложност. Въвеждат се основните понятия от теорията на апроксимиращите алгоритми и от теорията на параметризираната сложност. Разглеждат се конкретни апроксимиращи алгоритми и параметризирани алгоритми. Разглеждат се схеми за апроксимиране, свеждания, които запазват апроксимируемостта, и условна невъзможност за апроксимиране. Разглеждат се техники за конструиране на ефикасни параметризирани алгоритми.

[1] В зависимост от спецификата на учебната дисциплина и изискванията на преподавателя е възможно да се добавят необходимите форми, или да се премахнат ненужните.

Предварителни изисквания:
Студентите трябва да са добре запознати с материала от курсовете: 1. Езици, автомати и изчислимост 2. Дизайн и анализ на алгоритми

Очаквани резултати:
Студентите ще придобият: 1. опит и умения в изследването на сложността на изчислителни задачи, включително нетривиални полиномиални свеждания. 2. теоретични познания в областта на изчислителната сложност, включително добро разбиране за основните класове на сложност. 3. познания за най-важните нерешени проблеми в областта на компютърните науки. 4. познания за рандомизация и интерактивни доказателства. 5. познания за апроксимиращи алгоритми и параметризирани алгоритми.

Учебно съдържание

№	**Тема:**	**Хорариум**
1	Инструменти за изследване.	3+2
2	Класове, недетерминизъм, сводимости и наредба, пълнота. **P =? NP**.	9+6
3	Отношения на класове. Йерархии. Алтерниране и игри. Броене	12+8
4	Схеми от булеви елементи, рандомизация, интерактивни доказателства.	9+6
5	Апроксимации.	6+4
6	Параметризирана сложност.	6+4

Конспект за изпит

№	**Въпрос**
1	Машини на Тюринг. Устойчивост на МТ спрямо другите изчислителни модели при ограничения върху изчислителните ресурси. Задачите за разпознаване като формални езици.
2	Функции, конструируеми по време и памет. Клас на сложност по време **P**: лесните за изчисляване задачи. Класове задачи по време и памет спрямо детерминирано изчисление.
3	Недетерминирани изчисления. Интерпретации в детерминиран модел. Клас на сложност по време **NP**: лесните за проверяване задачи. Класове задачи по време и памет спрямо недетерминирано изчисление.
4	Полиномиална сводимост и Тюринг сводимост. Частична наредба в **NP**. **NP**-трудност и **NP**-пълнота. Нерешеният въпрос дали **P = NP** и неговото значение.
5	Теорема на Cook-Левин.
6	Основни **NP**-пълни задачи: 3SAT, INDEPENDENT SET, VERTEX COVER, DOMINATING SET, HAMILTONIAN CYCLE, HAMILTON PATH, CLIQUE, PARTITION, 3D MATCHING, 3COLORING.
7	Клас на сложност **coNP**. Полиномиалната йерархия **PH**.
8	Пълни задачи за класове в **PH**. Алтерниращa машина на Тюринг. Оракули и дефиниране на полиномиалната йерархия чрез оракули.
9	Клас на сложност **PSPACE**. Алтерниране и игри. Пълни задачи за **PSPACE**: QSAT, GEOGRAPHY, GO.
10	Класове **L** и **NL**. Сводимост в логаритмична памет. Пълна задача в **NL**. Теорема на Савич и следствия (**PSPACE=NPSPACE**). Взаимоотношения на класовете **L, NL, P** и **NP.**
11	Сертификати с еднократно четене в **NL**. Теорема на Имерман-Желепсени. Следствия: **NL=coNL, NSPACE(s(n))=coNSPACE(s(n)), 2SAT** е във **NL.**
12	Сложност на изчислителни задачи за броене. Клас на сложност **#P**. Пълни задачи за **#P**: #SAT, #HAMILTON PATH, PERMANENT.
13	Схеми от булеви елементи (Boolean Circuits). Клас на сложност $\mathbf{P/_{poly}}$.
14	Рандомизирани изчисления. Вероятностна машина на Тюринг. Класове на сложност **BPP, RP, coRP, ZPP**.
15	Интерактивни доказателства. Детерминирани системи за доказване и клас на сложност **dIP**. Вероятностни системи за доказване и клас на сложност **IP**. Доказателства с нулево допълнително знание (zero-knowledge proofs).
16	Ефикасни апроксимиращи алгоритми за практически нерешими оптимизационни задачи. Фактор на апроксимируемост. Примери за ефикасни апроксимиращи алгоритми с константен фактор за **NP**-пълни задачи: VERTEX COVER, METRIC STEINER TREE, METRIC TSP, FEEDBACK VERTEX SET, SHORTEST SUPERSTRING.

17	Апроксимиращи схеми в полиномиално време (PTAS) и апроксимиращи схеми в напълно полиномиално време (FPTAS). FPTAS за задачата KNAPSACK и PTAS за задачата BIN PACKING.
18	L-свеждания и апроксимиране. Клас на сложност **MAXSNP**. Пълни задачи за **MAXSNP**: MAX3SAT.
19	Условна невъзможност за апроксимиране (спрямо допускането, че **P ≠ NP**). Невъзможност за апроксимиране с константен фактор на TSP, INDEPENDENT SET и CLIQUE. Невъзможност за PTAS за MAX3SAT.
20	Теория на параметризираната сложност: ефикасни алгоритми за практически нерешими задачи при малка стойност на *параметър* на задачата. Въведение чрез пример с VERTEX COVER. Клас на сложност **FPT**.
21	Елементарни техники за конструиране на ефикасни параметризирани алгоритми: ограничаване на дървото на търсенето и кернелизация.
22	Сложни техники за конструиране на ефикасни параметризирани алгоритми: теорията на Robertson и Seymour. Дървоподобност (treewidth) на графи и използването и за ефикасни параметризирани алгоритми.

Библиография

1. **Computational Complexity: A Modern Approach**, S. Arora, B. Barak, Cambridge University Press New York, 2009, ISBN 9780521424264.
2. **Computational Complexity**, C. Papadimitriou, Addison-Wesley, 1994, ISBN 0201530821.
3. **Computers and Intractability: A Guide to the Theory of NP-Completeness**, M. Garey, D. Johnson, W. H. Freeman & Co. New York, 1990, ISBN 0716710455.
4. **Introduction to the Theory of Computation**, M. Sipser, International Thomson Publishing, 1996, ISBN 053494728X.
5. **Approximation Algorithms**, V. Vazirani, Springer-Verlag, 2001, ISBN 3-540-65367-8.
6. **Complexity and Approximation: Combinatorial Optimization Problems and Their Approximability Properties,** G. Ausiello, P. Crescenzi, G. Gambosi, V. Kann, A. Marchetti-Spaccamela, M. Protasi, Springer-Verlag, 2003, ISBN 3-540-65431-3.
7. **Parameterized Complexity**, M. Fellows, R. Downey, Springer-Verlag, 1999, ISBN 978-1-4612-0515-9.
8. **Parameterized Complexity Theory,** J. Blum, M. Grohe, Springer-Verlag, 2006, ISBN 978-3-540-29952-3.

Прието на заседание на кат. съвет на катедра ИС на 28.05.2014 г. с протокол № 56.

Дата:	**Съставили:**
02.06.2014 г.	гл. ас. д-р Георги Георгиев, доц. д-р Минко Марков