

Харківський національний університет ім.В.Н. Каразіна
Факультет комп'ютерних наук
Кафедра теоретичної та прикладної інформатики

УХВАЛЕНО
Вченою радою факультету
комп'ютерних наук, протокол № 4
від «03» грудня 2019 р.
Голова Вченої ради _____



Назва курсу	Теорія обчислень і програмування
Викладач	професор, д.т.н. Жолткевич Григорій Миколайович
Профайл викладача	
Контактний тел.	Кафедральний 707-55-35
Е-mail:	g.zholtkevych@karazin.ua
Сторінка курсу в системі дистанційного навчання	
Консультації	<i>Очні консультації: розклад в університеті (на кафедрі)</i> <i>Он лайн- консультації: через e-mail</i>

ЗМІСТ

1.	Коротка анотація до курсу	3
2.	Мета та цілі курсу	3
3.	Формат курсу	3
4.	Результати навчання	3
5.	Обсяг курсу	5
6.	Ознаки курсу	5
7.	Пререквізити	5
8.	Технічне та програмне забезпечення /обладнання	5
9.	Політики курсу	5
10.	Тематичний план навчальної дисципліни	6
11.	Система оцінювання та вимоги	7
12.	Рекомендована література	9

1. Коротка анотація до курсу

Програма навчальної дисципліни «Теорія обчислень і програмування» складена відповідно до освітньо-наукової програми підготовки третього (освітньо-наукового) рівня (докторів філософії) зі спеціальності 122 - комп'ютерні науки.

Теорія програмування вивчає логічні і математичні засади, що дозволяють точно описувати програми, данні і обчислювальні процеси. Вона має таке ж відношення до програмування, як математична логіка до математики. Основна мета цього курсу - пояснити логічні та математичні основи програмування та продемонструвати, як ці теоретичні результати можуть бути застосовані до техніки програмування.

2. Мета та цілі курсу

2.1. Мета викладання навчальної дисципліни

Метою викладання навчальної дисципліни є формування компетентностей здобувачів у вигляді комплексу знань, умінь і навичок в області теорії обчислень і програмуванні стосовно сучасних ІС.

2.2. Основні завдання вивчення дисципліни:

- розуміти призначення моделей обчислень, розрізняти імперативні і декларативні моделі обчислень;
- розуміти значення термінів обчислюваність, розв'язність, рекурсивна перелічуваність, рекурсивність, напіврозв'язність;
- володіти технікою компонування програм з простих компонентів;
- володіти технікою нумерації;
- вміти застосовувати теореми Райса, Райса-Шапіро, Кліні до задач програмування;
- володіти технікою безтипового λ -числення як різновидом декларативної моделі обчислюваності;
- вміти виражати основні програмні конструкції λ -термами;
- розуміти метод введення типів;
- вміти типізувати λ -термами;
- розуміти взаємозв'язок між логікою і обчисленнями в термінах відповідності Каррі-Говарда;
- володіти базовою технікою застосування Coq Proof Assistant.

3. Формат курсу

Курс складається з 5 розділів, куди входять 6 лекційних та 12 практичних занять. Передбачено 144 години самостійної роботи. Студенти мають оформити звіти з семінарських занять та захистити їх результати. Підсумковий контроль - іспит.

4. Результати навчання

У результаті вивчення даного курсу здобувач повинен придбати компетентності відповідно освітньо-наукової програми:

Загальні компетентності:

- Здатність генерувати нові інноваційні ідеї, критично мислити, адаптуватися до нових умов та ситуацій.
- Здатність моделювати, проектувати, конструювати, удосконалювати, застосовувати та впроваджувати сучасні ІСТ в різних галузях науки, техніки, економіки, освіти, оборонної промисловості, транспорту, медицини, адміністративного управління та ін.
- Здатність застосувати сучасні інформаційні і комунікаційні технології, включаючи методи отримання, обробки та зберігання наукової інформації.
- Здатність розробляти, удосконалювати, використовувати сучасні ІСТ в навчально-методичній, науково-дослідній, проектно-технологічній, організаційноуправлінській та інноваційній діяльності.
- Здатність впроваджувати інформаційні системи з використанням інформаційнокомунікаційні технологій.

Фахові компетентності:

- Здатність створювати проектні групи для управління проектами з використанням спеціалізованих онлайн платформ для роботи великими масивами даних.
- Здатність створювати дослідницькі групи для проведення аналізу та обробки великих масивів даних.
- Здатність розробки та використання нового програмного забезпечення для аналізу та обробки великих масивів даних.
- Здатність моделювання стохастичних процесів для забезпечення комп'ютеризованого керування з використанням сучасних методів.
- Здатність організації управління стохастичними процесами з використанням сучасних моделей.
- Здатність до теоретичної оцінки витрат обчислювальних ресурсів.
- Здатність будувати системи математичних моделей, необхідних для всебічного вивчення технічних систем, зокрема, ПС.
- Здатність перетворювати формальні моделі в напрямку отримання практично необхідної комп'ютерної моделі та ставити задачі збереження і обробки даних.
- Здатність до планування і виконання комп'ютерного експерименту та управління ним.
- Здатність до аналізу результатів комп'ютерного експерименту з урахуванням витрат обчислювальних ресурсів.
- Здатність до проектування, розробки та супроводження розподілених баз даних.
- Здатність до проектування і побудови баз знань, теоретичного обґрунтування цих знань та необхідних навичок використання.

Програмні результати навчання.

- Застосовувати знання та уміння із наукової та професійної підготовки при вирішенні спеціалізованих завдань в галузі інформаційних технологій.
- Порівнювати, кількісно та якісно оцінювати, корегувати очікувані/отримані результати.
- Використовувати мотивацію та стимулювання як внутрішніх, так і зовнішніх чинників в набутті знань з метою удосконалення власних професійних умінь.
- Створювати концепцію власних оригінальних наукових досліджень, організувати наукові дослідження та експерименти в області ІСТ.
- Відтворювати навички виконання окремих методів наукового дослідження в області ІСТ.
- Вдосконалювати концепції, підходи, моделі, методи, методики, технології, створення ІСТ та уміння проведення наукових досліджень в даній галузі, передавати особистий науковий досвід.
- Поєднувати розуміння предметної області, здатність до осмислювання та фахової майстерності для створення власних винаходів, проектів, можливість навчати інших дослідників.

- Досліджувати ІСТ та приймати науково-обґрунтовані рішення в галузі інформаційних технологій з використанням методів інтелектуального аналізу даних; моделей та методів прийняття рішень; методів та засобів управління ІСТ, аналізу захищеності комп'ютерних мережеских інфраструктур; моделей та методів геометричного проектування; методів захисту інформації в системах інтернету речей, методів та засобів автоматизації процесів керування в інформаційних системах; методів та засобів ефективного управління розподіленими та паралельними обчисленнями в інформаційних системах.
- Проектувати інформаційні системи та технології в різних галузях людської діяльності та життя.

5. Обсяг курсу

Вид заняття	лекції	Практичні й семінарські заняття	лабораторні роботи	самостійна робота
К-сть годин	12	24	--	144

6. Ознаки курсу:

Рік викладання	семестр	спеціальність	Курс (рік навчання)	Нормативний \ вибірковий
2020	3	122 «Комп'ютерні науки»	2	Обов'язковий

7. Пререквізити

Перед вивченням курсу здобувачі повинні вивчити дисципліни ОПП магістрів за спеціальністю 122 (або іншою з галузі знань 12 – інформаційні технології), мати базові знання з дисциплін: дискретна математика, математична логіка, об'єктно-орієнтоване програмування, моделі представлення знань.

8. Технічне та програмне забезпечення /обладнання

Здобувачі отримують практичні навички розв'язання прикладних задач спеціальності з використання сучасних інструментальних засобів .

Семінарські заняття повинні проводитися у спеціалізованому комп'ютерному класі, який оснащений сучасними комп'ютерами з ліцензованим ПЗ і з підключенням до Інтернету.

9. Політики курсу

Дотримання академічної доброчесності, формування культури чесного навчання є важливим для розвитку як всієї освіти взагалі, так і для кожного учасника академічного процесу: здобувача чи викладача, адже безпосередньо впливають на рівень і якість знань, які вони отримують, і на те, якими науковцями вони стануть у майбутньому.

На семінарських заняттях здобувачі виконують завдання кожен за своїм варіантом. Відповідні звіти виконуються кожним здобувачем і захищаються індивідуально. За кожне заняття здобувачі отримують відповідну оцінку (кількість балів), які в кінці курсу формують підсумкове залікову оцінку.

8. Тематичний план навчальної дисципліни

Структура навчальної дисципліни

Розділи	Усього годин	Лекції	Практичні	Самост. робота
Розділ 1	3	1	-	2
Розділ 2	52	4	8	40
Розділ 3	52	4	8	40
Розділ 4	38	2	4	32
Розділ 5	35	1	4	30
Усього годин	180	12	24	144

Розділ 1.

Вступ. Тема 1. Вступна лекція У цій лекції ставиться проблема визначення меж машинних обчислювальних можливостей, вводиться основне поняття обчислювальної моделі та пояснюється два підходи до моделювання обчислювального процесу. Крім того, пояснюються форми звітності і принципи оцінювання.

Розділ 2.

Обчислюваність Розділ присвячений загальній теорії обчислюваності у частині вивчення питання: за яких умов задача може розв'язуватися з використанням комп'ютером?

Тема 1. Машина з необмеженими регістрами. Моделювання обчислювальних процесів, що базується на машині з необмеженими регістрами (МНР).

Тема 2. Обчислювані функції. Визначення класу обчислюваних функцій і операцій з ними. Композиційна теорія обчислюваних функцій.

Тема 3. Алгоритмічні та рекурсивні предикати та проблеми. Визначення розв'язних і рекурсивно перелічуваних множин, розв'язних і рекурсивних предикатів, розв'язних і напіврозв'язних проблем. Встановлення їх властивостей.

Тема 4. Нумерація Геделя та універсальні алгоритми. Визначення Гьоделевої нумерації, її властивостей. Теорема про універсальний алгоритм і smp-теорема.

Тема 5. Алгоритмічно нерозв'язні задачі, семантичні властивості програм та теорема Райса. Нерозв'язність проблеми самозастосування. Теорема Райса.

Тема 6. Рекурсивні семантичні властивості програм та теорема Райса-Шапіро. Поняття тесту. Алгоритми генерації тестів. Напіврозв'язуюча процедура на основі генератора тестів. Теорема Райса-Шапіро.

Тема 7. Теорема Кліні про нерухому точку. Нерухома точка і формальне визначення семантики рекурсії. Теорема Кліні про нерухому точку.

Тема 8. Семантичні моделі формальних мов. Застосування результатів теорії обчислюваності для формального визначення семантики мов програмування.

Розділ 3.

Безтипове λ -числення. Цей розділ демонструє декларативний підхід до моделювання обчислювального процесу, що базується на безтиповому λ -численні і доводиться, що ця модель еквівалентна МНР-моделі.

Тема 1. Синтаксис безтипового λ -числення. Визначення синтаксичних конструкцій безтипового λ -числення, встановлення синтаксичних властивостей λ -термів.

Тема 2. Конверсія та редукція. Основні правила перетворень λ -термів – α -конверсія, β -редукція і η -конверсія.

Тема 3. Теорема Черча-Россера та її наслідки. Формулювання і пояснення теореми Черча-Россера. Наслідки теореми Черча-Россера.

Тема 4. Обчислення за допомогою безтипового λ -обчислення. Стратегії редукції. Безтипове λ -числення як система програмування. Еквівалентність безтипового λ -числення і моделі МНР.

Розділ 4. Типізоване λ -обчислення та відповідність Каррі-Говарда. Розділ містить техніку типізованих термів для забезпечення вирішуваності деяких класів задач. Встановлюється зв'язок між конструктивною логікою і просто типізованим λ -численням, що демонструє найпростіший випадок відповідності Каррі-Говарда.

Тема 1. Синтаксис просто типізованого λ -обчислення. Прості типи. Мова типів. Синтаксис просто типізованого λ -числення.

Тема 2. Правила типізації. Правила типізації. Типізуємі терми. Існування нетипізуємих термів. Теорема Черча-Россера для просто типізованого λ -числення. Строга нормалізуємість.

Тема 3. Логіка PROP1. Імплікативне числення висловлювань PROP1. Конструктивна семантика імплікативного числення. Закон Пірса як приклад класично вірного але конструктивно невірному висловлювання.

Тема 4. Відповідність Каррі-Говарда для просто типізованого λ -обчислення. Відповідність Каррі-Говарда між логікою PROP1 і просто типізованим λ -численням.

Розділ 5.

Застосування відповідності Каррі-Говарда. Розділ демонструє застосування відповідності Каррі-Говарда до автоматизації доведень і верифікації програм за допомогою Coq Proof Assistant.

Тема 1. Конструктивна логіка висловлювань в Coq Proof Assistant. Моделювання конструктивної логіки висловлювань в Coq Proof Assistant.

Тема 2. Теорія натуральних чисел в Coq Proof Assistant. Моделювання арифметики Пеано в Coq Proof Assistant.

9. Система оцінювання та вимоги

Загальна схема оцінювання курсу.

Поточний контроль, самостійна робота, індивідуальні завдання						Контрольні роботи, передбачені навчальним планом	Курсова робота	Разом	Іспит	Сума
Теми										
T1	T2	T3	T4	T5	T6	-	-	60	40	100
3	20	5	15	10	7					

T1, T2 ...T6 – теми завдань.

Завдання

T.1. Емуляція МНР мовою Python – 3 бали

- Т.2. Реалізація бібліотеки оперування з МНР-програмами мовою Python - 20 балів
 Т.3. Реалізація рекурсії на МНР - 5 балів;
 Т.4. Реалізація безтипового -числення мовою Python – 15 балів
 Т.5. Реалізація просто типізованого -числення мовою Python – 10 балів
 Т.6. Доведення теорем за допомогою Coq Proof Assistant – 7 балів

Загальна система оцінювання курсу	<i>участь в роботі впродовж семестру/іспит - 60/40</i> Розподіл балів, що присвоюються здобувачам з навчальної дисципліни, є сумою балів за виконання всіх видів завдань та самостійну роботу плюс бали, отримані під час іспиту. Впродовж семестру здобувач за виконання всіх завдань може отримати до 60 балів і до 40 балів під час складання іспиту.
Семінарські заняття	Завдання на семінарах повинні бути виконані в повному обсязі. При оцінюванні роботи враховується повнота виконання, здатність здобувача формулювати закони та закономірності, структурувати судження, обґрунтовувати виконані операції, алгоритми, правила визначення понять, робити висновки, описи, тощо. Без виконаних семінарських завдань здобувач не отримує залікової оцінки.
Умови допуску до підсумкового контролю	Умовою допуску здобувача до підсумкового семестрового контролю (іспиту) є наявність прийнятих і зарахованих звітів завдань та наявність мінімальної кількості балів - 30 з поточного контролю.

Критерії оцінювання екзаменаційних робіт здобувачів

Вимоги	Кількість балів
Показані всебічні систематичні знання та розуміння навчального матеріалу; безпомилково виконані завдання.	35-40
Показані повні знання навчального матеріалу; помилки, якщо вони є, не носять принципового характеру.	30-35
Показано повне знання необхідного навчального матеріалу, але допущені помилки.	20-30
Показано повне знання необхідного навчального матеріалу, але допущені суттєві помилки	10-20
Показано недосконале знання навчального матеріалу, допущені суттєві помилки.	5-10
Показано недосконале знання навчального матеріалу, допущені суттєві помилки, які носять принциповий характер; обсяг знань не дозволяє засвоїти предмет.	1-5

Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка для чотирирівневої шкали оцінювання
90 - 100	Відмінно
70- 89	Добре

50 - 69	Задовільно
1 - 49	Незадовільно

9. Рекомендована література

Основна література

1. N. Cutland: "Computability: An Introduction to Recursive Function Theory", Cambridge University Press, 1980.
2. H. Rogers, Jr. "Theory of Recursive Functions and Effective Computability", MIT Press, 1987.
3. J. R. Hindley and J. P. Seldin: Lambda-Calculus and Combinators: An Introduction, 2nd edition. Cambridge University Press, 2008.
4. Yv. Bertot, P. Castéran: Interactive Theorem Proving and Program Development. SpringerVerlag, 2004.

Допоміжна література

1. J. Hopcroft, R. Motwani, J. Ullman. "Introduction to Automata Theory, Languages, and Computation" (3rd Edition) 3rd Edition. Pearson, 2006.
2. H. Rogers, Jr. "The Lambda Calculus, Its Syntax and Semantics", North Holland, 1985.

10. Посилання на інформаційні ресурси в Інтернеті, відео-лекції, інше методичне забезпечення

Сайт Coq Proof Assistant <http://coq.inria.fr>