



МАТЕМАТИЧНА ЛОГІКА І ТЕОРІЯ АЛГОРИТМІВ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>12 Інформаційні технології</i>
Спеціальність	<i>124 Системний аналіз</i>
Освітня програма	<i>Системний аналіз і управління</i>
Статус дисципліни (код)	<i>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>1 курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>4 кредити ЕКТС Лекції – 36 год., практ.зан. – 18 год., СРС – 66 год</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік, МКР, РР</i>
Розклад занять	<i>https://schedule.kpi.ua/</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: к.ф.-м.н., доцент, Спекторський Ігор Якович, i.spectorsky@gmail.com, spectorsky.ho.ua Практичні: к.ф.-м.н., доцент, Спекторський Ігор Якович, к.ф.-м.н., Стусь Олександр Вікторович Stus.Oleksandr@iit.kpi.ua</i>
Розміщення курсу	<i>Moodle у КПІ, код курсу brbbaу</i>

Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Дана дисципліна є однією з фундаментальних в освітній програмі.

Предмет вивчення дисципліни становлять логічні теорії (зокрема, алгебра предикатів), а також об'єкти, які, згідно тези Тьюрінга-Черча, дозволяють формалізувати поняття алгоритму: абстрактні алгоритмічні машини (машина Тьюрінга, нормальний алгоритм Маркова, блок-схема Поста), рекурсивні функції та формальні граматики. Дисципліна також вивчає тісно пов'язані з формальними граmaticами формальні мови та абстрактні автомати згідно класифікації Н. Хомського, а також мережі Петрі.

У процесі навчання студент має оволодіти такими компетентностями: : ЗК 01 Здатність застосовувати знання в практичних ситуаціях; ЗК 02 Здатність планувати і управляти часом; ЗК 03 Здатність абстрактно мислити, застосовувати методи аналізу і синтезу; ЗК 05 Здатність спілкуватися державною мовою усно і письмово; ЗК 09 Здатність до адаптації та дії в новій ситуації; ЗК 14 Здатність забезпечувати та оцінювати якість виконуваних робіт; ЗК 15 Здатність реалізовувати свої права та обов'язки як члена суспільства, усвідомлювати цінності громадянського (вільного демократичного) суспільства та необхідність його сталого розвитку, верховенства права, прав і свобод людини і громадянина в Україні, дотримуватися академічної доброчесності; ФК 02 Здатність математично формалізувати проблеми, описані природною мовою, розпізнавати загальні підходи до математичного моделювання конкретних процесів; ФК 09 Здатність представляти математичні аргументи і висновки з них з якістю і точністю в таких формах, які проходять для занять в аудиторіях як усно, так і в письмовій формі.

По завершенню курсу студент має набути наступні програмні результати навчання ПРН 01 Знати і вміти застосовувати на практиці диференціальне та інтегральне числення, ряди та інтеграл Фур'є, аналітичну геометрію, лінійну алгебру та векторний аналіз, функціональний аналіз та дискретну

математику в обсязі, необхідному для вирішення типових завдань системного аналізу; ПРН 02 Вміти використовувати стандартні схеми для розв'язання комбінаторних та логічних задач, сформульованих природною мовою; застосовувати класичні алгоритми для перевірки властивостей та класифікації об'єктів, множин, відношень, графів, груп, кілець, решіток, булевих функцій тощо; ПРН 09 Вміти створювати ефективні алгоритми для обчислювальних задач системного аналізу та систем підтримки прийняття рішень.

У кінці вивчення курсу студент повинен **знати**:

основи математичної логіки (формальні логічні теорії, алгебра предикатів), основи теорії алгоритмів (визначення алгоритму через алгоритмічні машини та через рекурсивні функції), теорію формальних мов та автоматів (поняття формальної граматики та зв'язок класів граматики за ієрархією Хомського з відповідними класами дискретних розпізнавачів), основи теорії мереж Петрі (визначення мережі Петрі, основні типи мереж Петрі та методи аналізу);

вміти:

формалізувати та розв'язувати задачі, які сформульовані засобами «природної мови», будувати формальні граматики, які породжують задану формальну мову; будувати скінченний автомат, який розпізнає задану регулярну мову; будувати МП-автомат, який розпізнає задану КВ-мову; досліджувати мережі Петрі.

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Дисципліна базується на дисципліні ПО 03 «Дискретна математика», використовує певні результати дисципліни ПО 09 «Алгоритми і структури даних» і прямо чи опосередковано забезпечує переважну більшість навчальних дисциплін у програмі підготовки фахівця.

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Теорія алгоритмів.

Тема 1.1. Абстрактні алгоритмічні машини. Теза Тьюрінга-Черча.

Тема 1.2. Елементи теорії обчислювальних функцій.

Розділ 2. Алгебра предикатів.

Тема 2.1. Основні визначення та властивості алгебри предикатів.

Розділ 3. Автоматичне доведення теорем.

Тема 3.1. Скулемівські стандартні форми. Н-інтерпретації.

Тема 3.2. Семантичні дерева. Теорема Ербрана.

Тема 3.3. Метод резолюцій. Математичні основи мови Пролог.

Розділ 4. Формальні мови та формальні граматики.

Тема 4.1. Поняття формальної мови та формальної граматики. Ієрархія Хомського.

Тема 4.2. Теорема про розпізнавання контекстно-вільних та регулярних мов.

Тема 4.3. Операції над формальними мовами. Регулярні вирази.

Розділ 5. Абстрактні автомати.

Тема 5.1. Машини Тьюрінга як розпізнавачі слів.

Тема 5.2. Скінченні автомати.

Тема 5.3. Автомати із стековою пам'яттю.

Розділ 6. Мережі Петрі.

Тема 6.1. Визначення, основні типи і методи аналізу мереж Петрі.

Тема 6.2. Формальні мови, що породжуються мережами Петрі.

Тема 6.3. Розширення мереж Петрі.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література:

1. Стусь О.В. Математична логіка та теорія алгоритмів: лекції: навч. посіб. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. 150 с. URL: <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/21581>.
2. Спекторський І.Я., Статкевич В.М. Формальні мови та автомати: підручник. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, вид-во «Політехніка», 2020. 168 с.
3. Математична логіка. Практикум: навч. посіб. для студ. спеціальності 113 «Прикладна математика», освітньої програми «Наука про дані та математичне моделювання» / О.Л. Темнікова. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. 76 с. URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/42844>
4. Математична логіка і теорія алгоритмів: збірник типових завдань до розрахункової роботи / уклад.: І.Я. Спекторський, О.В. Стусь, В.М. Статкевич, Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. 39 с. Режим доступу: URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/50869>
5. Матвієнко М.П., Шаповалов С.П. Математична логіка та теорія алгоритмів : навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. Київ: Видавництво Ліра-К., 2020. 211 с.
6. Peterson J.L. Petry net theory and the modeling of systems. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, Inc., 1981. 292 p.

Додаткова література:

7. Elliot Mendelson. Introduction to Mathematical Logic, fourth ed. London: Chapman & Hall, 1997. 447 p.
8. Chin-Liang Chang, Richard Char-Tung Lee. Symbolic logic and mechanical theorem proving. New York, San Francisco, London: Academic press, 1973. 331 p.
9. Murata T., Petri Nets: Properties, Analysis and Applications Proceedings Of The IEEE. 1989. Vol. 77, No. 4 (April). P. 541-580.
10. Андрійчук В., Комарницький М., Іщук Ю. Вступ до дискретної математики. - К.: Центр навчальної літератури, 2004. - 254 с.
11. Основи дискретної математики / Капітонова Ю.В. та інші. Київ: Наукова думка, 2002. 582 с.
12. Ющенко К., Суржко Л., Цейтлін Г., Шевченко А. Алгоритмічні алгебри. Київ: ІЗМН, 1997. 480 с.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни(освітнього компонента)

Лекційні заняття (Частина 1)

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань
1.	Загальне поняття та властивості алгоритму. Властивості алгоритму. Машина Тюрінга та нормальний алгоритм Маркова.
2.	Рекурсивні функції. Примітивно-рекурсивні функції. Частково рекурсивні функції. Рекурсивність та обчислюваність за Тюрінгом. Теза Тюрінга – Черча.
3.	Алгебра предикатів. Основні поняття алгебри предикатів, інтерпретації формули.
4.	Автоматичне доведення теорем. Постановка задачі. Скулемівські стандартні форми.
5.	Н-інтерпретації. Поняття Н-інтерпретації. Протирічність множини диз'юнктив, яка протирічна на кожній Н-інтерпретації.
6.	Семантичні дерева. Визначення семантичного дерева для множини диз'юнктив. Теорема Ербрана (два формулювання). Метод резолюцій для алгебри висловлень. Поняття резольвенти для алгебри висловлень. Лема про резольвенту.
7.	Підстановки та уніфікації. Поняття підстановки на множині диз'юнктив. уніфікація виразів.
8.	Метод резолюцій для алгебри предикатів. Частина 1. Поняття бінарної резольвенти та загальної резольвенти для алгебри висловлень.
9.	Метод резолюцій для алгебри предикатів. Частина 2. Повнота методу. стратегія насичення рівня та стратегія викреслювання.
10.	Поняття про мову Prolog. Хорнівські диз'юнкти. Мова логічного програмування Prolog.
11.	Формальні мови та формальні граматики. Поняття формальної мови. Операції над формальними мовами. Поняття формальної граматики. Ієрархія Хомського.

12.	Скінченні автомати. <i>Поняття скінченного автомата як розпізнавача слів. Детерміновані скінченні автомати. Характеризація регулярних мов у термінах скінченних автоматів.</i>
13.	Основні властивості регулярних мов. <i>Замкненість класу регулярних мов відносно об'єднання, перетину, доповнення, конкатенації та замикання Кліні.</i>
14.	Контекстно-вільні граматики. <i>Дерево розбору. Однозначні контекстно-вільні граматики. приклади суттєво неоднозначних контекстно-вільних мов.</i>
15.	Автомати з магазинною пам'яттю. <i>Поняття автомата з магазинною пам'яттю. Характеризація контекстно-вільних мов у термінах автоматів з магазинною пам'яттю. Основні властивості контекстно-вільних мов. Замкненість класу контекстно-вільних мов відносно об'єднання, перетину, доповнення, конкатенації та замикання Кліні.</i>
16.	Мережі Петрі. Частина 1. <i>Визначення та основні типи. Граф досяжності.</i>
17.	Мережі Петрі. Частина 2. <i>Основні властивості мереж Петрі.</i>
18.	Мережі Петрі. Частина 3. <i>Геометричні методи аналізу: дерево покриття. Алгебричні методи аналізу: рівняння стану, необхідна умова досяжності маркування.</i>

Практичні заняття (Частина 1)

№ з/п	Назва теми заняття
1.	Машина Тюрінга.
2.	Машина Тюрінга.
3.	Нормальний алгоритм Маркова.
4.	Примітивно-рекурсивні функції.
5.	Частково-рекурсивні функції.
6.	Алгебра предикатів: інтерпретації, доведення тотожностей.
7.	Алгебра предикатів: розв'язання текстових задач.
8.	Скінченні автомати та автомати з магазинною пам'яттю.
9.	Мережі Петрі

Проводяться регулярні практичні заняття, студентам видаються завдання з детальними інструкціями та необхідним матеріалом, які необхідно вчасно виконувати.

6. Самостійна робота здобувача вищої освіти

Розподіл 66 годин СРС:

Підготовка до аудиторних занять – 48 годин

підготовка до МКР – 2 годин

Виконання РР – 10 годин

підготовка до заліку - 6 годин

У другому семестрі передбачено виконання індивідуального завдання (розрахункової роботи «Машина Тюрінга», яка відповідає розділу 1); передбачено виконання розрахункової роботи, яка складається з трьох частин (частина 1 – Автоматичне доведення теорем, що відповідає розділу 3, частина 2 – Теорія автоматів та формальних мов, що відповідає розділам 4 та 5, частина 3 – Мережі Петрі, що відповідає розділу 6). Розрахункова робота сприяє поглибленому засвоєнню методів розв'язання задач з курсу математичної логіки та теорії алгоритмів. Методичні рекомендації до виконання індивідуального завдання, варіанти завдань, термін виконання надає лектор всім групам потоку та зазначає у гугл-класі або в Moodle на платформі Сікорський. Викладачі, які ведуть практичні заняття, у двотижневий термін з призначеної дати здачі студентами робіт, перевіряють роботи та виставляють рейтингові бали.

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

- Відвідування лекцій та практичних занять є обов'язковим. У разі відсутності студент зобов'язаний самостійно засвоїти матеріал, що викладався на пропущених заняттях. У разі пропуску великої

кількості занять (20%) студент отримує додаткові питання під час поточного та семестрового контролю.

- Активність студентів за заняттях заохочується, зокрема, додатковими балами під час семестрового контролю. Вкрай пасивні студенти отримують під час контролю додаткові завдання.
- Під час захисту РР та індивідуального завдання студент отримує комплект запитань (більшою частиною – типові задачі) в середньому на 15-20 хвилин. Відповідь на питання студент демонструє викладачу, під час співбесіди викладач перевіряє, чи знає студент основні визначення та факти (формулювання теорем) у межах теми РГР чи індивідуального завдання.
- Заохочувальні бали можуть бути призначені за активність на практичних заняттях та за виконання (із захистом) індивідуального завдання.
- Усі роботи студенти мають прикріплювати в особистому кабінеті Moodle чи Googleclassroom . Дедлайни кожного завдання позначені в щотижневих завданнях у Moodle. Роботи мають бути виконані з дотриманням академічної доброчесності. Політика та принципи академічної доброчесності, етична поведінка студентів визначені у Кодексі честі <https://kpi.ua/code>. Лектор може запропонувати студентам пройти запропоновані ним онлайн-курси на платформі Coursera. Також сертифікати цих курсів можуть бути частково зараховані згідно до [Положення](#).

8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Поточний контроль: виконання РР (чотири частини), виконання МКР (дві частини), робота на практичних заняттях, експрес-контроль.

Календарний контроль: проводиться двічі за семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Семестровий контроль: залік.

№	Контрольний захід	Бал
1.	Розрахункова робота №1	20
2.	Розрахункова робота №2	10
3.	Розрахункова робота №3	20
4.	Експрес-контроль №1	2
5.	Експрес-контроль №2	2
6.	Експрес-контроль №3	2
7.	Модульна контрольна робота №1	13
8.	Модульна контрольна робота №2	18
9.	Модульна контрольна робота №3	13

*Студенти, які виконали умови допуску до заліку та мають рейтингову оцінку 60 і більше балів, отримують відповідну до набраного рейтингу оцінку **без додаткових випробувань** («автоматом»).*

Зі студентами, які виконали умови допуску до заліку та мають рейтингову оцінку менше 60 балів, а також з тими студентами, хто бажає підвищити свою рейтингову оцінку, викладач проводить семестровий контроль у вигляді залікової контрольної роботи.

*Залікова контрольна робота оцінюється у **100 балів** і містить два теоретичних питання та дві задачі. Кожне питання оцінюється в 25 балів.*

Критерії оцінювання теоретичного питання:

- повна відповідь на теоретичне запитання (не менше 90% потрібної інформації) – 24-25 балів.
- достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації, або незначні неточності) – 19-23 балів;
- неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки) – 15-18 балів;
- незадовільна відповідь на теоретичне запитання – 0 балів;

Критерії оцінювання задачі:

- відмінно виконане завдання –22-25 балів.
- завдання виконане з незначними помилками – -17-21 балів;
- завдання виконане з серйозними помилками – 13-16 балів;
- незадовільно виконане завдання – 0 балів.

Після виконання залікової контрольної роботи, якщо оцінка за залікову контрольну роботу більша ніж за рейтингом, студент отримує оцінку за результатами залікової контрольної роботи.

Якщо оцінка за залікову контрольну роботу менша ніж за рейтингом, студент отримує оцінку відповідну до набраного рейтингу впродовж семестру (м'яка PCO).

До відомості семестрового контролю викладач заносить рейтингові бали, отримані студентом у семестрі або за результатами виконання залікової контрольної роботи, та оцінку відповідно до цих балів.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Перелік питань, які виносяться на семестровий контроль.

- Основні властивості алгоритму.
- Машина Тьюрінга. Композиція машин Тьюрінга.
- Алгоритм Маркова.
- Примітивно-рекурсивні функції.
- Частково-рекурсивні функції.
- Ефективна обчислюваність. Теза Тьюрінга-Черча.
- Проблема зупинки машини Тьюрінга.
- Алгебра предикатів: основні поняття.
- Інтерпретації формул в алгебрі предикатів.
- Попередні нормальні форми.
- Скулемівські стандартні форми.
- N-інтерпретації.
- Семантичні дерева. Теорема Ербрана у двох формулюваннях.
- Метод резолюцій для алгебри висловлень. Теорема про повноту.
- Підстановки та уніфікація.
- Метод резолюцій для алгебри предикатів.
- Стратегії насичення рівня та викреслювання.
- Доведення логічного наслідка: зведення до доведення суперечливості множини диз'юнктив.
- Хорнівські диз'юнкти. Математичні основи мови логічного програмування Пролог.
- Поняття формальної мови. Операції над формальними мовами.
- Поняття формальної граматики.
- Ієрархія Хомського.
- Скінченні автомати.

- *Детерміновані скінченні автомати.*
- *Скінченні автомати з епсілон-переходами.*
- *Характеризація регулярних мов у термінах скінченних автоматів.*
- *Клас регулярних мов: властивості замкненості.*
- *А Автомати із стековою пам'яттю.*
- *Характеризація контекстно-вільних мов у термінах скінченних автоматів.*
- *Клас контекстно-вільних мов: властивості замкненості.*
- *Визначення мережі Петрі. Правило запуску переходу. Граф досяжності.*
- *Автоматні мережі та марковані графи.*
- *Властивості мереж Петрі. Активність переходів.*
- *Графічні методи аналізу мереж Петрі: дерево покриття.*
- *Алгебричні методи аналізу мереж Петрі: рівняння стану.*
- *Алгебричні методи аналізу мереж Петрі: необхідна умова досяжності маркування.*
- *Поняття про еквівалентні перетворення мереж Петрі.*
- *Поняття про формальні мови, що породжуються мережами Петрі.*
- *Мережі Петрі для протоколів обміну. Розширення мереж Петрі.*

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено *к.ф.-м.н., доц., Спекторський Ігор Якович, к.ф.-м.н. Стусь Олександр Вікторович*

Ухвалено кафедрою ММСА (протокол №13 від 05.06.2024)

Погоджено Методичною комісією ННІПСА (протокол № 10 від 24.06.2024)