

Міністерство освіти і науки України
Національний університет водного господарства та природокористування
Навчально-науковий інститут автоматики, кібернетики та обчислювальної техніки

Кафедра прикладної математики

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Проректор з науково-педагогічної,
методичної та виховної роботи

_____ О. А. Лагоднюк

“ ____ ” _____ 2019 р.



Національний університет
водного господарства
та природокористування

04-01-14

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
Program of the Discipline

«Математична логіка, теорія алгоритмів та програмування»
«Mathematical logic, theory of algorithms and programming»



Національний університет
водного господарства
та природокористування
Спеціальність 113 «Прикладна математика»,
Specialty – 113 «Applied Mathematics»

Рівне – 2019

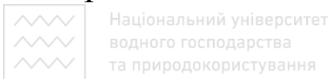
Робоча програма «Математична логіка, теорія алгоритмів та програмування» для студентів спеціальності 113 «Прикладна математика». – Рівне: НУВГП, 2019. – 14 с.

Розробник:

Жуковська Наталія Анатоліївна, к.т.н., доцент кафедри прикладної математики.

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри прикладної математики

Протокол № 10 від “13” лютого 2019 року



Завідувач кафедри прикладної математики _____ (П. М. Мартинюк)
(підпис)

Схвалено науково-методичною комісією за спеціальністю 113 «Прикладна математика»

Протокол №6 від “25” березня 2019 року

Голова науково-методичної комісії _____ (П. М. Мартинюк)
(підпис)

© Жуковська Н.А., 2019 рік
© НУВГП, 2019 рік

Вступ

«Математична логіка, теорія алгоритмів та програмування» відноситься до циклу дисциплін загальної підготовки бакалаврів спеціальності 113 «Прикладна математика». Програма дисципліни «Математична логіка, теорія алгоритмів та програмування» складена відповідно до освітньо-професійної програми спеціальності 113 «Прикладна математика» та стандарту вищої освіти за вказаною спеціальністю для першого (бакалаврського) рівня вищої освіти (затверджений наказом МОН України №1242 від 13.11.2018). Дисципліни, що передують вивченню «Математична логіка, теорія алгоритмів та програмування»: «Програмування», «Алгебра та геометрія», «Логіка». Дисципліни, що вивчаються супутньо із зазначеною дисципліною або ґрунтуються на ній: «Дискретна математика».

Анотація

Суть навчальної дисципліни «Математична логіка, теорія алгоритмів та програмування» – вивчення мислення за допомогою числень при використанні математичних методів та спеціальних символів. Математична логіка вивчає різні математичні теорії, зокрема формальні аксіоматичні теорії логіки висловлень та логіки предикатів та питання їх існування, несуперечності, повноти та розв'язності.

Теорія алгоритмів – розділ математики, що вивчає загальні властивості алгоритмів з точки зору алгоритмічних систем. Зокрема, в курсі дисципліни «Математична логіка, теорія алгоритмів та програмування» вивчаються такі алгоритмічні системи, як рекурсивні функції, машини Тюрінга та Поста, нормальні алгоритми Маркова.

Ключові слова: висловлення, предикат, алгоритм, оператор, марківська підстановка, рекурсивні функції, машина Тюрінга.

Abstract

The essence of the discipline "Mathematical Logic, Theory of Algorithms and Programming" is the study of thinking using numerals using mathematical methods and special characters. Mathematical logic studies various mathematical theories, in particular the formal axiomatic theories of the logic of expressions and the logic of predicates and their existence, consistency, completeness, and solvability.

Theory of algorithms is a section of mathematics that studies the general properties of algorithms in terms of algorithmic systems. In particular, in the course of the discipline "Mathematical Logic, Theory of Algorithms and Programming", algorithmic systems such as recursive functions, Turing and Post machines, and normal Markov algorithms are studied.

Keywords: statement, predicate, algorithm, operator, Markov substitution, recursive functions, Turing machine.

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни
		денна форма навчання
Кількість кредитів – 5	Галузь знань 11 Математика та статистика	Нормативна
Модулів – 2	Спеціальність 113 Прикладна математика	Рік підготовки:
Змістових модулів – 6		2-й
Індивідуальне науково-дослідне завдання: –		Семестри
Загальна кількість годин – 150		4-й
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 4 Самостійної роботи студента – 6		Рівень вищої освіти: бакалавр
		Практичні, семінарські 30 год.
		Лабораторні -
		Самостійна робота 90 год.
		Індивідуальні завдання: –
		Вид контролю: іспит

Примітка.

Співвідношення кількості аудиторних занять, самостійної та індивідуальної роботи студентів в процентах до загальної кількості годин складає відповідно:
для денної форми навчання – 40% до 60%.

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета: Оволодіння студентами основних понять і методів теорії алгоритмів та математичної логіки; розвиток логічного мислення; опанування наукових основ побудови формалізації доведень та побудови алгоритмів, розвиток наукового світогляду та здатності до засвоєння та постійного оновлення професійних знань.

Завдання: Сформувати в студентів знання основних понять і методів теорії алгоритмів та математичної логіки; засвоїти основні принципи побудови формальних доведень, розробки та аналізу алгоритмів; підготувати студентів до використання отриманих знань і навиків при вивченні спеціальних предметів та розв'язуванні практичних задач.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

знати:

1. Основні поняття математичної логіки та теорії алгоритмів: сутність логіки та її роль у діяльності людини; поняття формальної теорії, аксіоматичного методу, аксіом, правил доведення; поняття алгоритму та його властивості; поняття детермінованого та недетермінованого скінченного автомата.
2. Основні властивості формальних теорій: несуперечливість, повноту, розв'язність, незалежність.
3. Методи формального доведення теорем в формальних теоріях: теорему дедукції, похідні правила доведення тощо.
4. Методи вивчення формальних теорій, засновані на побудові моделей теорії.
5. Використання методів математичної логіки в прикладних задачах та теоріях.
6. Способи розробки основних алгоритмічних систем та методи їх застосування в програмуванні.

вміти:

1. Користуватися конструктивними методами математичної логіки при побудові та реалізації формальних математичних моделей.
2. Користуватися ефективними алгоритмами доведення теорем.
3. Перевіряти коректність побудованих алгоритмів та вміти самостійно будувати алгоритми.
4. Виконувати аналіз складності алгоритмів та їх оптимізацію.
5. Застосовувати вивчені методи до розв'язання практичних завдань.

3. Програма навчальної дисципліни

МОДУЛЬ 1 ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1

Основні поняття логіки. Пропозиційна логіка

Вступ. Історія виникнення дисципліни теорії алгоритмів та математичної логіки. Предмет, мета та завдання курсу, його місце в навчальному процесі. Роль дисципліни в математичній та програмістській підготовці студентів, формуванні їхнього наукового світогляду.

Тема 1. Числення висловлень як формальна аксіоматична теорія.

Поняття аксіоматичної теорії. Змістова та формальна аксіоматичні теорії. Властивості формальних аксіоматичних теорій. Побудова числення висловлень як формальної аксіоматичної теорії. Алфавіт числення висловлень. Поняття формули числення висловлень. Аксіоми числення висловлень. Формальні доведення (правило підстановки та висновку). Приклади формальних доведень.

Тема 2. Формальна вивідність на базі посилок числення висловлень. Метатеорема дедукції в численні висловлень та її застосування.

Поняття формальної вивідності. Посилка. Висновок. Метатеорема дедукції та її застосування.

Тема 3. Вивідні правила числення висловлень. Теорема монотонності.

Поняття вивідного правила. Правила силогізму, перестановки посилок, композиції, контрапозиції та інші. Доведення істинності формул на базі вивідних правил. Монотонність.

Тема 4. Основні проблеми аксіоматичного числення висловлень.

Проблема розв'язності числення висловлень. Проблема несуперечливості числення висловлень. Проблема повноти числення висловлень. Проблема незалежності аксіом числення висловлень. Інші формалізації логіки та числення висловлень. Інші методи перевірки тотожності істинності формул логіки висловлень. Метод Квайна. Метод редукції.

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2

Алгебра предикатів. Числення предикатів

Тема 5. Алгебра предикатів.

Поняття предиката. Методи задавання предикатів. Область істинності предиката. Логічні операції над предикатами. Предикатні формули. Квантори. Область дії квантора. Вільні та зв'язані змінні. Поняття формули логіки предикатів. Інтерпретація та оцінка. Логічно загальнозначущі формули логіки предикатів. Рівносильні формули логіки предикатів та вивідні правила. Приклади застосування логіки предикатів для перевірки правильності логічних міркувань та запису математичних означень і тверджень.

Тема 6. Числення предикатів як формальна аксіоматична теорія.

Алфавіт числення предикатів. Поняття формули числення предикатів. Аксіоми. Правила виведення. Метатеорема дедукції для числення предикатів. Проблеми аксіоматичного числення предикатів.

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 3

Логіки 1-го порядку. Аксіоматичні системи логік 1-го порядку.

Нетрадиційні логіки

Тема 7. Логіки 1-го порядку. Аксіоматичні системи логік 1-го порядку.

Теорії 1-го порядку. Моделі теорій 1-го порядку. Характеристики теорій 1-го порядку.

Тема 8. Логіки вищих порядків. Нетрадиційні логіки. Багатозначні логіки.

Інтуїціоністська логіка. Модальні логіки. Темпоральні логіки. Епістемічні, деонтичні логіки.

МОДУЛЬ 2

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 4

Формальні моделі алгоритмів та алгоритмічно обчислюваних функцій.

Класичні алгоритмічні системи

Тема 9. Базові поняття теорії алгоритмів.

Поняття алгоритму та його властивості. Необхідність уточнення поняття алгоритму. Алфавіти та алфавітні оператори. Різновиди алгоритмів. Композиція алгоритмів. Поняття про алгоритмічно обчислювану функцію. Оцінки складності алгоритмів. Класифікація алгоритмів за складністю.

Тема 10. Система нормальних алгоритмів Маркова.

Поняття про алгоритмічні системи. Марківські підстановки. Нормальні алгоритми та їх застосування до слів. Нормально-обчислювані функції та принципи побудови НАМ. Принцип нормалізації. Поняття про універсальний нормальний алгоритм. Асоціативне числення слів.

Тема 11. Алгоритмічна система Поста.

Поняття про машину Поста. Алгоритм Поста. Приклад машини Поста.

Тема 12. Алгоритмічна система Тюрінга.

Поняття про машину Тюрінга. Застосування машин Тюрінга. Побудова машин Тюрінга. Обчислювані за Тюрінгом функції. Різновиди машин Тюрінга. Композиція машин Тюрінга. Універсальна машина Тюрінга.

Тема 13. Алгоритмічна система рекурсивних функцій.

Виникнення рекурсивних функцій. Основні поняття теорії рекурсивних функцій. Примітивно-рекурсивні функції. Частково-рекурсивні функції. Загально-рекурсивні

функції. Теза Черча. Теза Тюрінга. Універсальні рекурсивні функції. Примітивна рекурсивність предикатів.

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 5

Важкорозв'язні проблеми. Алгоритмічно нерозв'язні проблеми

Тема 14. Важкорозв'язні проблеми

Поліноміальні алгоритми та важкорозв'язні задачі. Приклади важкорозв'язних задач.

Тема 15. Алгоритмічно нерозв'язні проблеми

Поняття про алгоритмічно нерозв'язну проблему. Приклади алгоритмічного нерозв'язних масових проблем.



Національний університет
водного господарства
та природокористування

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 6

Вступ у теорію формальних мов і автоматів

Тема 16. Мови та граматики.

Поняття мови та граматики. Академічний спосіб запису та специфікація Бекуса-Наура. Класифікація Хомського. Контекстно-вільні граматики. Зв'язок між побудовою граматик та проблемою побудови компіляторів.

Тема 17. Поняття про теорію автоматів.

Означення автомата та його різновиди. Таблиці переходів та виходів. Граф переходів та виходів. Автоматні відображення. Автоматні системи подій. Автомати Мура. Недетерміновані автомати. Алгоритми синтезу скінченних автоматів. Загальний алгоритм мінімізації скінченних автоматів без виходів.



Національний університет
водного господарства
та природокористування

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	усього	денна форма				
		у тому числі				
		л	п	лаб	інд	с.р.
1	2	3	4	5	6	7
Модуль 1						
Змістовий модуль 1. Основні поняття логіки. Пропозиційна логіка						
<i>Вступ. Тема 1. Числення висловлень як формальна аксіоматична теорія</i>	9	2	2			5
<i>Тема 2. Формальна вивідність на базі посилок числення висловлень. Метатеорема дедуції в численні висловлень та її застосування</i>	8	2	1			5
<i>Тема 3. Вивідні правила числення висловлень. Теорема монотонності</i>	8	2	1			5
<i>Тема 4. Основні проблеми аксіоматичного числення висловлень</i>	8	2	1			5
Разом за змістовим модулем 1	33	8	5			20
Змістовий модуль 2. Алгебра предикатів. Числення предикатів						
<i>Тема 5. Алгебра предикатів</i>	9	2	2			5
<i>Тема 6. Числення предикатів як формальна аксіоматична теорія</i>	9	2	2			5
Разом за змістовим модулем 2	18	4	4			10
Змістовий модуль 3. Логіки 1-го порядку. Аксіоматичні системи логік 1-го порядку. Нетрадиційні логіки						
<i>Тема 7. Логіки 1-го порядку. Аксіоматичні системи логік 1-го порядку</i>	6	1	-			5
<i>Тема 8. Логіки вищих порядків. Нетрадиційні логіки. Багатозначні логіки</i>	6	1	-			5
Разом за змістовим модулем 3	12	2	-			10
Модуль 2						
Змістовий модуль 4. Формальні моделі алгоритмів та алгоритмічно обчислюваних функцій. Класичні алгоритмічні системи						
<i>Тема 9. Базові поняття теорії алгоритмів</i>	6	1	1			4
<i>Тема 10. Система нормальних алгоритмів Маркова</i>	16	4	6			6
<i>Тема 11. Алгоритмічна система Поста</i>	11	1	2			8

<i>Тема 12. Алгоритмічна система Тюрінга</i>	18	4	8			6
<i>Тема 13. Алгоритмічна система рекурсивних функцій</i>	10	2	2			6
Разом за змістовим модулем 4	61	12	19			30
Змістовий модуль 5. Важкорозв'язні проблеми. Алгоритмічно нерозв'язні проблеми						
<i>Тема 14. Важкорозв'язні проблеми</i>	6	1	-			5
<i>Тема 15. Алгоритмічно нерозв'язні проблеми</i>	6	1	-			5
Разом за змістовим модулем 5	12	2	-			10
Змістовий модуль 6. Вступ у теорію формальних мов і автоматів						
<i>Тема 16. Мови та граматики</i>	7	1	1			5
<i>Тема 17. Поняття про теорію автоматів</i>	7	1	1			5
Разом за змістовим модулем 6	14	2	2			10
Усього годин	150	30	30			90

5. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	2	3
1.	Формальні доведення на базі стандартних підстановок.	2
2.	Формальні доведення на базі нестандартних підстановок.	1
3.	Формальна вивідність на базі посилок. Метатеорема дедукції та її застосування.	1
4.	Формальні доведення на базі вивідних правил.	1
5.	Предикати.	2
6.	Застосування логіки та числення предикатів.	2
7.	Поняття про алфавітні оператори та алгоритми. Композиція алгоритмів	1
8.	Марківські підстановки та їх застосування до слів	2
9.	Побудова нормальних алгоритмів Маркова. Граф-схеми нормальних алгоритмів	2
10.	Нормально-обчислювані функції	2
11.	Принципи роботи та побудови машини Поста	2
12.	Поняття про машину Тюрінга та її застосування	2
13.	Побудова машин Тюрінга	2
14.	Обчислювані за Тюрінгом функції	2
15.	Різновиди машин Тюрінга	2
16.	Примітивно-рекурсивні функції	1

17.	Примітивно-рекурсивні предикати	1
18.	Поняття про мови та граматики	1
19.	Поняття про детерміновані та недетерміновані скінченні автомати	1
Всього за курс		30

6. Самостійна робота

Розподіл годин самостійної роботи студентів включає наступні пункти (150 год.):

- 1) Підготовка до аудиторних занять (0,5 год. на 1 год. аудиторних занять) –30 год.
- 2) Підготовка до контрольних заходів (6 год. на 1 кредит) –30 год.

Розподіл навчального часу на вивчення дисципліни „Математична логіка, теорія алгоритмів та програмування”

6.1. Розподіл самостійної роботи студента

Число кредитів ЕСТС	Загальний обсяг дисципліни	Розподіл часу		Частка самостійної роботи, в %
		Аудиторні заняття	Самостійна робота	
5	150	60	90	60

Опрацювання лекційного матеріалу	$0,5 \cdot 30 =$	15 годин
Підготовка до практичних робіт	$0,5 \cdot 30 =$	15 годин
Підготовка до екзамену	$6 \cdot 5 =$	30 години
Всього		60 годин
Резерв		30 годин

6.2. Завдання для самостійної роботи

№з/п	Назва теми	К-ть год. сам. роботи
1	<i>Логіки 1-го порядку. Аксиоматичні системи логік 1-го порядку</i>	6
2	<i>Логіки вищих порядків. Нетрадиційні логіки. Багатозначні логіки</i>	6
3	<i>Ефективна обчислюваність</i>	6
4	<i>Приклади важкорозв'язних проблем</i>	6
5	<i>Приклади алгоритмічно нерозв'язних проблем</i>	6
Загальна кількість годин		30

6.3 Оформлення звіту про самостійну роботу

Підсумком самостійної роботи над вивченням дисципліни „Математична логіка, теорія алгоритмів та програмування” є складання конспекту за темами, вказаними у п.6.2. Загальний обсяг конспекту визначається з умови повноти та якості викладеного матеріалу.

Конспект оформлюється на стандартному папері формату А4, або в зошиті, або оформляється як нова стаття Вікіпедії. Конспект може бути рукописним або друкованим і виконується українською мовою.

Перевірка конспекту з самостійної роботи відбувається у терміни, спільно обумовлені студентом і викладачем.

7. Методи навчання

1) Лекції проводяться з використанням технічних засобів навчання і супроводжуються демонстрацією за допомогою відеопроєктора лекційного матеріалу та прикладів.

2) Практичні роботи проводяться в класі з виконанням завдань біля дошки та завдань для самостійної роботи.

3) Проведення контрольних тестувань.

8. Методи контролю

Оцінювання навчальних досягнень студентів за усіма видами навчальних робіт проводиться за *поточним* та *підсумковим* контролюми. Поточний контроль знань студентів з навчальної дисципліни проводиться у вигляді модульного комп'ютерного незалежного тестування. Контрольні завдання за змістовим модулем включають тестові питання трьох рівнів складності.

Контроль самостійної роботи проводиться:

з лекційного матеріалу – шляхом перевірки конспектів;

з практичних занять – з допомогою перевірки виконаних домашніх завдань, шляхом проведення письмових тестів та контрольної роботи.

Усі контрольні заходи включено до 100-бальної шкали оцінювання.

Підсумковий семестровий контроль знань відбувається на екзамені у вигляді незалежного комп'ютерного тестування.

Основними критеріями, що характеризують рівень компетентності студента при оцінюванні результатів поточного та підсумкового контролів з навчальної дисципліни «Математична логіка, теорія алгоритмів та програмування», є:

- виконання всіх видів навчальної роботи, що передбачені робочою програмою навчальної дисципліни;

- глибина і характер знань навчального матеріалу за змістом навчальної дисципліни;

- характер відповідей на поставлені питання (чіткість, лаконічність, логічність, послідовність тощо);

- обґрунтування вибору методу для розв'язання тих чи інших задач;

- рівень вміння аналізувати та захищати одержані результати.

Критерії оцінювання результатів поточної роботи (завдань, що виконуються на практичних заняттях, результати самостійної роботи студентів) проводиться у % від кількості балів, виділених на завдання, із заокругленням до цілого числа:

0% – завдання не виконано;

40% – завдання виконано частково та містить суттєві помилки методичного або розрахункового характеру;

60% – завдання виконано повністю, але містить суттєві помилки у розрахунках або в методиці;

80% – завдання виконано повністю і вчасно, проте містить окремі несуттєві недоліки (розмірності, висновки, оформлення тощо);

100% – завдання виконано правильно, вчасно і без зауважень.

9. Розподіл балів, які отримують студенти

Модуль 1. Поточне тестування та СРС									Модуль 2. Поточне тестування та СРС							Підсумков. контроль	Загальна кількість балів	
Змістовий модуль 1				Змістовий модуль 2		Змістовий модуль 3			Змістовий модуль 4				Змістовий модуль 5		Змістовий модуль 6			
15				10		5			20				5		5	40	100	
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16			T17
9	2	2	2	5	5	3	2	2	7	2	7	2	3	2	3			2

T1, T2 ... T17 – теми змістових модулів.

9.2. Шкала оцінювання

У екзаменаційній відомості результати навчання проставляються за двома шкалами – 100-бальною та національною. Позитивні оцінки виставляються тільки тим студентам, які виконали всі види навчальної роботи, передбачені робочою програмою навчальної дисципліни, і набрали за результатами поточного та підсумкового контролів не менше 60 балів.

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка за національною шкалою
	для екзамену
90–100	відмінно
82–89	добре
74–81	
64–73	задовільно
60–63	
35–59	незадовільно з можливістю повторного складання
0–34	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

10. Методичне забезпечення

1. Опорний конспект лекцій (в електронному та паперовому вигляді) по всіх темах курсу, у тому числі – для самостійного вивчення.
2. Пакети тестових завдань по кожній темі і в цілому по всьому курсу дисципліни (навчальна платформа Moodle).

11. Рекомендована література

Базова література

1. Гуц А.К. Математическая логика и теория алгоритмов: Учебное пособие. Омск: Издательство Наследие. Диалог-Сибирь, 2003. 108с.
2. Игошин В.И. Математическая логика и теория алгоритмов: учебное пособие для студ. высш. учеб. заведений. М.: Издательский центр «Академия», 2008. 448с.
3. Клакович Л., Левицька С., Костів О. Теорія алгоритмів: Навчальний посібник. Львів: Видавничий центр ЛНУ ім. І.Франка, 2008. 140 с.
4. Кормен Т., Лейзерсон Ч., Ривест Р. Алгоритмы: построение и анализ / Пер. с англ. под. ред. А. Шеня. М.: МЦНМО, 2002. 960 с.
5. Прийма С.М. Математична логіка і теорія алгоритмів: Навчальний посібник. Мелітополь: ТОВ «Видавничий будинок ММД», 2008. 134 с.

Допоміжна література

1. Ахо А.В., Ульман Дж. Д. Структуры данных и алгоритмы. М. Вильямс, 2003. 384 с.
2. Хопкрофт Дж., Мотвани Р., Ульман Дж. Д. Введение в теорию автоматов, языков и вычислений. М., Вильямс, 2002. 528с.
3. Мальцев А.И. Алгоритмы и рекурсивные функции. М., Наука, 1986, 368 с.
4. Лавров И.А., Максимова Л.Л. Задачи по теории множеств, математической логике и теории алгоритмов. М., Наука, 1975. 240 с.
5. Хромой Я.В. Математична логіка. К., Вища школа, 1983. 208 с.
6. Крайчук О.В., Мароч В.С., Соколовська О.П. Вибрані лекції з курсу „Математична логіка і теорія алгоритмів”. Рівне, Мп., „Освіта”, 1992. 18 с.

12. Інформаційні ресурси

1. Бібліотека НУВГП. URL: <http://www.rstu.rv.ua/book.html/>
2. Державний комітет статистики України. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua/>
3. Системи онлайн-освіти. URL: <https://www.coursera.org/>, <http://www.udacity.com>