



МАТЕМАТИЧНА ЛОГІКА ТА ТЕОРІЯ АЛГОРИТМІВ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>11 Математика та статистика</i>
Спеціальність	<i>113 Прикладна математика</i>
Освітня програма	<i>Наука про дані та математичне моделювання</i>
Статус дисципліни	<i>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>2 курс, осінній</i>
Обсяг дисципліни	<i>4,5 кредити</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>екзамен/МКР</i>
Розклад занять	<i>лекція – 1 раз на тиждень, практичні – 1 раз на тиждень</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: <i>Темнікова Олена Леонідівна, temnikova_elena@ukr.net</i> Практичні: <i>Темнікова Олена Леонідівна, temnikova_elena@ukr.net</i>
Розміщення курсу	Посилання на дистанційний ресурс https://app.slack.com/client/T019NN3E79A/C019GQ2MC90 .

Програма навчальної дисципліни

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

Дисципліна «Математична логіка та теорія алгоритмів» має широкий спектр додатків в областях, пов'язаних з інформаційними технологіями. Вона є базовим курсом при підготовці фахівців з інформаційних технологій та алгоритмізації і штучного інтелекту.

Метою курсу є викладення основних понять і методів, необхідних для вивчення наступних дисциплін спеціальності «113 Прикладна математика», формування світогляду на математичну логіку, як на фундаментальну науку, яка використовується для формалізації знань, та філософію проблем обчислюваності та алгоритмічних схем.

Предметом вивчення дисципліни є закони пропозиційної логіки, квантерізація та методи і закони логіки 1-го порядку, засоби формалізації знань, метод резолюції, основи логічного програмування; основи теорії багатозначних та модальних логік, поняття нечітких множин та лінгвістичних змінних; примітивно-рекурсивні функції, різні алгоритмічні схеми.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми, студенти після засвоєння дисципліни «Математична логіка та теорія алгоритмів» мають продемонструвати такі результати навчання:

компетентності

- здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу;
- здатність обирати та застосовувати математичні методи для розв'язання прикладних задач, моделювання, аналізу;

- *вміти проводити практичні дослідження та знаходити розв'язок некоректних задач;*

знання:

- *аксіоматичного методу побудови змістових і формальних систем;*
- *теорії предикатів першого порядку;*
- *методів побудови дедуктивного логічного виводу в аксіоматичних теоріях;*
- *основних алгоритмічних схем теорії алгоритмів;*
- *основних понять теорії обчислювання;*
- *особливостей багатозначних і модальних логік;*
- *основних понять та методів теорії нечітких множин;*

уміння:

- *моделювання бази знань для задач з різних проблемних областей;*
- *досліджувати проблеми обчислюваності;*
- *формалізувати знання про прикладну проблемну область мовою логіки предикатів;*
- *доводити логічні наслідки в даній проблемній області за допомогою достовірного (дедуктивного) виводу;*
- *формалізувати знання за допомогою нетрадиційних логік та міркувань.*
- *застосовувати методи багатозначних логік і нечітких множин для опису погано структурованих проблемних областей;*

навички:

- *побудови таблиць істинності;*
- *перевірки загальнозначущості формул логіки висловлювань і формул логіки предикатів;*
- *перевірки логічних наслідків;*
- *будувати основні алгоритмічні схеми;*

досвід:

- *застосування методів редукції та резолюції;*
- *побудови алгоритмічних схем: машини Тюрінга і нормальних алгоритмів Маркова; виконання операцій в багатозначних і нечітких логіках.*

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

Дисципліні «Математична логіка та теорія алгоритмів» передуює вивчення дисциплін «Дискретна математика» та «Архітектура обчислюваних систем» навчального плану підготовки бакалаврів за спеціальністю 113 Прикладна математика.

Дисципліна «Математична логіка та теорія алгоритмів» забезпечує вивчення дисциплін навчального плану підготовки бакалаврів за спеціальністю 113 Прикладна математика:

- *Алгоритми і системи комп'ютерної математики-1. Математичні алгоритми*
- *Бази даних та інформаційні системи*
- *Забезпечення якості ПЗ*
- *Математичне моделювання*
- *Математичні основи комп'ютерної графіки та мультимедіа*
- *Методи оптимізації*
- *Методи штучного інтелекту*
- *Програмне забезпечення та інструментальні засоби мультимедіа*
- *Теорія керування*
- *Функціональне програмування;*

а також наступних дисциплін навчального плану підготовки магістрів за спеціальністю 113 Прикладна математика:

- Нечітка математика
- Прикладні задачі нечіткого моделювання
- Нечітко-множинні моделі в бізнесі та фінансах.

2. Зміст навчальної дисципліни

РОЗДІЛ 1. МАТЕМАТИЧНА ЛОГІКА.

Тема 1.1. Основні поняття логіки. Пропозиційна логіка

Тема 1.2. Логіки 1-го порядку. Аксиоматичні системи логік 1-го порядку

РОЗДІЛ 2. ТЕОРІЯ АЛГОРИТМІВ.

Тема 2.1. Формальні моделі алгоритмів та алгоритмічно обчислюваних функцій.

Тема 2.2. Розв'язність та нерозв'язність. Ефективні операції на функціях та множинах.

Тема 2.3. λ -числення. Функціональне програмування.

РОЗДІЛ 3. НЕТРАДИЦІЙНІ ЛОГІКИ.

Тема 3.1. Нечіткі множини.

Тема 3.2. Багатозначні та модальні логіки.

3. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література

1. Темнікова О.Л. Математична логіка та теорія алгоритмів: Конспект лекцій [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 113 «Прикладна математика», освітньої програми «Наука про дані та математичне моделювання» / О.Л.Темнікова ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 3,60 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 177 с.
2. Темнікова О.Л. Математична логіка. Практикум [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 113 «Прикладна математика», освітньої програми «Наука про дані та математичне моделювання» / О.Л.Темнікова ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 1,37 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 76 с.
3. Темнікова О.Л. Теорія алгоритмів. Алгоритмічні схеми. Практикум [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 113 «Прикладна математика», освітньої програми «Наука про дані та математичне моделювання» / О.Л.Темнікова ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 1,54 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 43 с.
4. Нікольський Ю.В., Пасічник В.В., Щербина Ю.М. Системи штучного інтелекту : Навчальний посібник. За ред. В.В.Пасічника. – 2-ге вид., випр. та доп. - Львів : Магнолія -2006, 2013

Допоміжна література

1. Church, Alonzo. An Undecidable Problem of Elementary Number Theory (англ.) // American Journal of Mathematics : journal. — 1936. — Vol. 58, no. 58. — P. 345—363.
2. Lewis Carroll's "The Game of Logic". The British Library. Retrieved 2021-07-10.
3. Kleene, Stephen Cole Mathematical Logic. John Wiley & Sons. Dover reprint. –1967.
4. Kaufmann Arnold. Introduction to the theory of fuzzy subsets. Vol. 2. Academic Pr, 1975.
5. Turing A. Computing machinery and intelligence (англ.) // Mind : — Oxford: Oxford University Press, 1950. — No. 59. — P. 433—460.
6. Бардачов Ю.М., Соколова Н.А., Ходаков В.Є. Дискретна математика. – К.: Вища школа. 2002. 287с.
7. Функційне програмування : Навч. посіб. для студ. вищих навч. закл., що навч. за спец. "Програм. забезп. автоматиз. систем" / В. М. Заяць; Нац. ун-т "Львів. політехніка". - Л. : Бескид Біт, 2003. - 159 с.

Матеріали курсу представлені в

<http://login.kpi.ua>, <https://app.slack.com/client/T019NN3E79A/C019GQ2MC90>.

4. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні заняття

ЛЕКЦІЯ 1.

РОЗДІЛ 1. МАТЕМАТИЧНА ЛОГІКА.

ТЕМА 1.1. ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ЛОГІКИ. ПРОПОЗИЦІЙНА ЛОГІКА.

Основні визначення алгебри висловлювань. Логічний висновок. Основні визначення. Формули. Тавтології. Відповідні перетворення. Метатеореми про тавтології.

ЛЕКЦІЯ 2.

Похідні правила виводу. Повнота відносної алгебри висловлювань.

ЛЕКЦІЯ 3.

ТЕМА 1.2. ЛОГІКИ 1-ГО ПОРЯДКУ. АКсіОМАТИЧНІ СИСТЕМИ ЛОГІК 1-ГО ПОРЯДКУ.

Поняття предикату. Квантори всезагальності та існування. Формули логіки предикатів. Інтерпретація та виконуваність формул логіки предикатів.

Поняття предикату, введення кванторів всезагальності та існування. Вільні та зв'язані змінні. Формули. Інтерпретація та виконуваність формул логіки предикатів.

ЛЕКЦІЯ 4.

Побудова таблиць істинності в частинних областях визначення. Логічна загальнозначущість формул логіки предикатів. Логічний наслідок. Основні правила виводу логіки предикатів.

ЛЕКЦІЯ 5.

Формалізація висловлювань та перевірка логічних наслідків в логіці предикатів. Логічний квадрат.

ЛЕКЦІЯ 6.

Числення предикатів 1-го порядку. Теорія К. Логічні та власні аксіоми. Метатеорема про дедукцію. Доведення та вивід.

ЛЕКЦІЯ 7.

Випереджені нормальні форми. Скулемівські нормальні форми. Ербранівський універсум множини диз'юнктив. Теорема Ербрана. Правило резолюцій.

ЛЕКЦІЯ 8.

Метод резолюцій для логіки предикатів. Основні поняття логічного програмування. Уніфікація та підстановка. Приклади. Хорнівська логіка. Хорнівський диз'юнктив. Основні поняття логічного програмування: Predicates, Clauses, Goal. Побудова дерева логічного доведення.

ЛЕКЦІЯ 9.

РОЗДІЛ 2. ТЕОРІЯ АЛГОРИТМІВ.

ТЕМА 2.1 ФОРМАЛЬНІ МОДЕЛІ АЛГОРИТМІВ ТА АЛГОРИТМІЧНО ОБЧИСЛЮВАНИХ ФУНКЦІЙ.

Поняття алгоритму. Поняття ефективної обчислюваності. Алфавіти і слова. Машина Тюрінга. Неформальне поняття алгоритму. Властивості алгоритму. Поняття ефективної обчислюваності. Алфавіти і слова. Асоціативні зчислення.

Поняття про машину Тюрінга, побудова, приклади. Основні різновиди машин Тюрінга.

ЛЕКЦІЯ 10.

Композиція машин Тюрінга. Нормальні алгоритми Маркова. Відповідність машин Тюрінга і нормальних алгоритмів.

ЛЕКЦІЯ 11.

ТЕМА 2.2 РОЗВ'ЯЗНІСТЬ ТА НЕРОЗВ'ЯЗНІСТЬ. ЕФЕКТИВНІ ОПЕРАЦІЇ НА ФУНКЦІЯХ ТА МНОЖИНАХ.

Арифметичні функції і арифметичні відношення. Примітивно рекурсивні функції і відношення. Рекурсивні функції.

Ідея арифметизації математики. Геделева нумерація. Теорема Геделя про повноту. Методологічне значення теореми Геделя для формалізації знань.

ЛЕКЦІЯ 12.

Алгоритмічно нерозв'язні проблеми. Універсальна машина Тюрінга. Нерозв'язність проблеми зупинки для машини Тюрінга. Тезис Черча. Необчислюваність функцій.

ЛЕКЦІЯ 13.

ТЕМА 2.3. λ -ЧИСЛЕННЯ. ФУНКЦІОНАЛЬНЕ ПРОГРАМУВАННЯ.

Основні поняття λ -числення, λ -абстрактор. Література: 24, стор. 105-113.

ЛЕКЦІЯ 14.

Функціональне програмування. Основні поняття та принципи функціонального програмування, рекурсії.

ЛЕКЦІЯ 15.

РОЗДІЛ 3. НЕТРАДИЦІЙНІ ЛОГІКИ.

ТЕМА 3.1. НЕЧІТКІ МНОЖИНИ.

Визначення нечіткої множини в змісті Заде. Нечітка множина, операції. Нечіткі відношення. Композиції нечітких відношень. Поняття лінгвістичної змінної.

ЛЕКЦІЯ 16.

Узагальнення нечітких множин. Нечітка логіка. Застосування нечітких методів для рішення логічних задач в слабо структурованих областях. Література: 13, стор. 24-31.

ЛЕКЦІЯ 17.

ТЕМА 3.2. БАГАТОЗНАЧНІ ТА МОДАЛЬНІ ЛОГІКИ.

Багатозначні логіки. Багатозначні логіки Лукасевича і Поста.

ЛЕКЦІЯ 18.

Основні поняття модальних логік. Часові, епістемічні та автоепістемічні логіки.

Практичні заняття

На початку кожного практичного заняття проводиться коротке опитування з метою перевірки освоєння лекційного матеріалу з відповідної теми, перевіряється і аналізується домашнє завдання.

Основна мета практичних занять — закріпити отримані на лекції основні положення по кожному з розділів, розширити ці знання за рахунок вирішення реальних задач та набуті досвід з практичного використання положень математичної логіки та математичного моделювання.

Для цього треба відпрацювати такі теми:

1. Тема 1.1. Основні поняття логіки. Пропозиційна логіка.
Дослідження тавтологій логіки висловлювань.
Література: 2, розділ 1
2. Формалізація змістових задач. Доведення логічних наслідків.
Література: 2, розділ 1
3. Побудова доведень і виводів в формальній теорії L.
Література: 2, розділ 2
4. Доведення і застосування похідних правил виводу.
Література: 2, розділ 2
5. Тема 1.2. Логіки 1-го порядку. Аксиоматичні системи логік 1-го порядку.
Формалізація змістових висловлювань засобами логіки предикатів.
Література: 2, розділ 3
6. Перевірка здійсненності формул логіки предикатів (Побудова таблиць істинності на частковій області).
Література: 2, розділ 3
7. Перевірка загальнозначущих формул логіки предикатів і доведення логічних наслідків неформальними методами
Література: 2, розділ 3
8. Формалізація і розв'язання змістових задач.
Література: 2, розділ 3

9. Доведення в теорії К.
Література: 2, розділ 3
10. Знаходження множин диз'юнктив, ербранівського універсума, ербранівського базису, основних прикладів; побудова семантичних дерев, знаходження спростовуючих прикладів.
Література: 2, розділ 4.1
11. Розв'язання логічних задач методом резолюції та представлення мовою клауз.
Контрольна робота №1.
Література: 2, розділ 4.1
12. Тема 2.1 Формальні моделі алгоритмів та алгоритмічно обчислюваних функцій.
Побудова алгоритмів за допомогою композиції машин Тюрінга.
Література: 3, розділ 2
13. Побудова нормальних алгоритмів Маркова.
Література: 3, розділ 3
14. Тема 2.2 Розв'язність та нерозв'язність. Ефективні операції на функціях та множинах.
Доведення рекурсивності арифметичних функцій і відношень. Побудова рекурсії.
Література: 3, розділ 1
15. Тема 2.3. λ -числення. Функціональне програмування.
Складення рекурсивних алгоритмів.
Література: 3, розділ 4
16. Основні принципи і методи функціонального програмування. Контрольна робота №2.
Література: 3, розділ 4
17. Тема 3.1. Нечіткі множини.
Основні операції на нечітких множинах і відношеннях. Використання нечітких множин для формалізації змістових задач.
Література: 2, розділ 5.1
18. Тема 3.2. Багатозначні та модальні логіки.
Побудова таблиць істинності в багатозначних логіках. Контрольна робота №3.
Література: 2, розділ 5.2

5. Самостійна робота студента

До самостійної роботи студента виносяться:

- підготовка до аудиторних занять – систематично до 2 годин на заняття з урахуванням повторення лекційного матеріалу;
- розв'язок змістовних задач в теорії предикатів – до 5 годин СРС;
- самостійне опанування методів побудови функції приналежності для нечітких множин лінгвістичних змінних – до 5 годин СРС;
- підготовка до контрольної роботи – до 5 годин самостійної роботи;
- підготовка до екзамену – до 10 годин самостійної роботи.

Політика та контроль

6. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Вимоги, які ставляться перед студентом під час опанування навчальної дисципліни:

- систематичне відвідування занять (як лекцій, і особливе практичних);
- на практичних заняттях активність і дострокове самостійне виконання завдань відмічається заохочувальними балами;

- за активну та плідну роботу на практичному занятті студент може отримати від 0,1 до 0,25 балів. Не більше ніж 5 бали за семестр. Заохочувальні бали також надаються за участь у відповідних олімпіадах, конкурсах тощо – до 5 балів.;
- штрафні бали передбачено за списування на контрольних заходах, систематичне невиконання домашнього завдання, неготовність до практичного заняття (результат тестового опитування), пропуск МКР без поважної причини – 1-2 бали за раз, не більше 5 за семестр;
- пропущені контрольні роботи обов'язково повинні бути виконані до екзамену; перескладання (переписування) МКР не передбачено; у випадку недостатньої кількості балів, що набрані за семестр, для допуску до екзамену, дається декілька завдань, для досягнення допуску;
- за списування або розмови під час МКР знімаються штрафні бали, за списування на екзамені або дається інший білет без додавання додаткового часу і з штрафними -5 балами або студент усувається із аудиторії.

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

Поточний контроль: експрес-опитування, опитування за темою заняття, МКР.

Календарний контроль: проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу; студент отримує «зараховано», якщо його поточний рейтинг не менше 60 % від максимальної кількості балів, яку може отримати студент до даного календарного контролю

Семестровий контроль: екзамен

Умови допуску до семестрового контролю: виконання всіх частин МКР/ семестровий рейтинг не менше ніж 25 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

8. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

- додаток до силабусу – перелік питань та типи практичних задач, які виносяться на семестровий контроль;
- екзамен проходить у письмовій формі по індивідуальних білетах; завдання в білетах різні, не повторюються, розраховані на час проведення екзамену й загалом однакові по складності;
- кожний білет містить два теоретичних питання і дві практичні задачі; задачі закріплені за номерами білетів;
- кожне теоретичне питання оцінюється у 15 балів, а практичне – 10 балів;
- за умови дистанційного семестрового контролю екзаменаційний білет буде складатися з одного теоретичного запитання на 20 балів та трьох практичних завдань, що оцінюються по 10 балів кожне (у режимі письмової контрольної); теоретичне опитування буде проходити в режимі конференції.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено старший викладач Темнікова Олена Леонідівна

Ухвалено кафедрою __ПМА__ (протокол № _13_ від _____16.06.2022_____)

Погоджено Методичною комісією факультету прикладної математики (протокол № 9 від _24.06.2022_____)

МАТЕМАТИЧНА ЛОГІКА ТА ТЕОРІЯ АЛГОРИТМІВ

ДОДАТОК ДО СИЛАБУСУ

– перелік питань та види практичних задач, які виносяться на екзамен

Теоретичні питання:

1. Висловлювання. Поняття одномісного предиката. Приклади. Визначення предметної області, терма, формули.
2. Визначення багатомісного предиката. Приклади. Визначення предметної області, терма, формули.
3. Операції над предикатами. Навішування кванторів. Область дії квантора. Вільні і зв'язані змінні. У заданій формулі визначити, які змінні є зв'язаними, а які – вільними.
4. Інтерпретація і здійсненність формул алгебри предикатів. Таблиці істинності формул логіки предикатів. Здійснені формули, протиріччя, логічно-загальнозначущі формули. Часткова інтерпретація формул на множині $D = \{1,2\}$.
5. Визначення логічно-загальнозначущих формул логіки предикатів. Записати правила Де Моргана для формул логіки предикатів. Записати ЛОЗ формули для пронесення зв'язок $\&$, \vee . Рівносильність формул логіки предикатів.
6. Логічне слідування в логіці предикатів. Правила універсальної і екзистенціальної конкретизації. Доведення. Правило узагальнення Gen. Доведення.
7. Узагальнене правило відділення (GMP). Навести приклади.
8. Визначення формальної теорії К. Метатеореми про дедукції в зчисленні предикатів.
9. Формалізація речень природної мови. Навести приклади. Основні схеми суджень. Логічний квадрат. Сумісність по істинності і хибності схем суджень, що складають логічний квадрат.
10. Основна ідея методу резолюції. Правило резолюцій Робінсона. Отримання резольвент, побудова резольтивного виведення. Приклад застосування методу резолюцій для перевірки логічного слідування в логіці висловлювань. Особливості застосування методу резолюцій для логіки 1-го порядку.
11. Метод резолюцій для логіки 1-го порядку: підстановка, уніфікація. Найбільш загальний уніфікатор.
12. Визначення диз'юнкту. Визначення порожнього диз'юнкту. Визначення множини диз'юнктивів. Визначення здійсненності і нездійсненності множини диз'юнктивів.
13. Попереджені нормальні форми (ПНФ). Доказ теореми про приведення формули до ПНФ.
14. Скулемовські стандартні форми (ССФ). Приведення до ССФ. Теорема про суперечливість формули при суперечливості її стандартної форми.
15. Ербрановській універсум множини диз'юнктивів, основний приклад. Теорема Ербрана (без доведення).
16. Логічне програмування. Основні поняття. З яких блоків складається логічна програма? Хорновський диз'юнкт. Факт. Визначення клауз. Дерево резольтивного виведення.
17. Особливості логічного програмування (запис фактів, правил; що означає питання $-?$; у якому випадку отримують відповідь «так»? «Ні»?).

18. Геделева нумерація. Теорема Геделя про повноту.
19. Арифметичні функції. Схема примітивної рекурсії. Примітивно-рекурсивні функції.
20. Оператор мінімізації, рекурсивні функції. Рекурсивні відношення.
21. Інтуїтивне поняття алгоритму, властивості алгоритму. Алфавіти і слова. Асоціативні обчислення. Проблема еквівалентності слів.
22. Визначення машини Тьюринга. Композиція машин Тьюринга.
23. Нормальні алгоритми Маркова. Еквівалентність нормальних алгоритмів і машини Тьюринга.
24. Клас функцій, обчислюваних за Тьюрингом. Теза Черча. Необчислювальні функції.
25. Універсальна машина Тьюринга. Алгоритмічно нерозв'язні проблеми. Рекурсивні та рекурсивно перелічувані множини.
26. Лямбда-числення. Функціональне програмування. Основні особливості функціонального програмування – перелічити Визначення функцій за допомогою λ -абстрактора. Навести приклад.
27. Польський запис виразу: прямий і зворотний. Обхід дерева виразу: для реалізації прямого і зворотного польського запису.
28. Особливість функціонального програмування: відсутність оператора присвоювання. Навести приклад.
29. Особливість функціонального програмування: використання умовного виразу. Навести приклад.
30. Особливість функціонального програмування: відсутність складових операторів. Навести приклад.
31. Особливість функціонального програмування: відсутність операторів циклу. Навести приклад.
32. Операція аплікації функцій. Навести приклад.
33. Висхідна рекурсія. Низхідна рекурсія. Навести приклади.
34. Атом, Список. Перелічити елементарні функції для обробки списків.
35. Функція Car (X). Функція Cdr (X). Функція Cons (X, Y).
36. Достовірні міркування. Які міркування називаються недостовірними? Що таке фальсифікатор міркування? Яке міркування називається тривіально недостовірним?
37. Класифікація недостовірних висновків на основі існування множини фальсифікаторів.
38. Класифікація правдоподібних висновків на підставі спільності посилок і висновку. Індукція і абдукція. Нетривіальна абдукція.
39. Особливості правдоподібних висновків. Методи індуктивних міркувань Д.С. Мілля.
40. Тривіальна система Гейтинга і Лукасевича - загальне і відмінності.
41. K-значна логіка Поста. Симетричне і циклічне заперечення.
42. Модальні логіки. Логіка можливого. Оператори необхідності і можливості.

43. Нечіткі множини. Основні поняття (завдання, функція приналежності, α -рівень, носії множини).
44. Функція приналежності для нечітких підмножин - відміна від ймовірності. Нечіткі множини як узагальнення канторовської теорії множин.
45. Операції над нечіткими множинами (перетин, об'єднання, доповнення, включення, порожня множина і універсум, розтягнення, концентрація).
46. Які тотожності алгебри множин виконуються для нечітких підмножин, а які ні?
47. Відстань Хеммінга і Евкліда. Відносна відстань.
48. Нечіткі відношення. Навести приклад. Властивості нечітких відношень (рефлексивність, симетричність, транзитивність). Мах-тіп композиція нечітких відношень.
49. Відношення схожості і відмінності - якими властивостями володіють, як співвідносяться між собою?
50. Лінгвістична змінна. Терм-множина. Який об'єкт в лінгвістичній змінній моделюється нечіткими множинами?
51. Способи завдання функції приналежності лінгвістичної змінної. Правила узгодженості.
52. Побудова функції приналежності методом статистичного опитування експертів. Побудова функції приналежності методом узгодженого попарного порівняння Сааті.
53. Нечітке правило виведення.

Види практичних завдань:

1. Побудова таблиць істинності в теорії предикатів 1 порядку на обмеженій інтерпретації.
2. Перевірка формули на ЛЗЗ.
3. Формалізація речень природної мови у логіці предикатів 1 порядку.
4. Доведення логічного слідування змістовної задачі побудовою формального висновка в теорії К.
5. Доведення логічного слідування змістовної задачі методом резолюції.
6. Побудова логічної програми для перевірки логічного слідування змістовної задачі.
7. Задачі на геделеву нумерацію: прямі та зворотні.
8. Довести або побудувати примітивну рекурсію для функцій або відношень.
9. Записати функцію у термінах функціонального програмування (λ - числення).
10. Для арифметичного виразу записати прямий та зворотний польський запис, побудувати дерево обходу.
11. Побудова таблиць істинності в багатозначних логіках: Гейтинга, Лукасевича, Поста.
12. Виконання операцій над нечіткими множинами, відношеннями; пошук відстаней.
13. Доведення або спростування тверджень в теорії нечітких множин.
14. Формування лінгвістичної змінної. Побудова функції приналежності заданим методом.