

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

ФАКУЛЬТЕТ КОМП'ЮТЕРНИХ НАУК ТА КІБЕРНЕТИКИ

Кафедра теорії та технології програмування

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Заступник декана  
з навчальної роботи

\_\_\_\_\_ Кашпур О.Ф.

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2018 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ  
ПРИКЛАДНІ ТА КОМПОЗИЦІЙНІ ЛОГІКИ

для студентів

галузь знань **12 «Інформаційні технології»**  
(цифра і назва)  
спеціальність **122 «Комп'ютерні науки»**  
(цифра і назва спеціальності)  
освітній рівень **магістр**  
(молодший бакалавр, бакалавр, магістр)  
освітня програма **«Інформатика»**  
(назва освітньої програми)

вид дисципліни **обов'язкова**

Форма навчання	<b>денна</b>
Навчальний рік	<b>2018/2019</b>
Семестр	<b>3</b>
Кількість кредитів ECTS	<b>4</b>
Мова викладання, навчання та оцінювання	<b>українська</b>
Форма заключного контролю	<b>екзамен</b>

Викладачі: **д.ф.-м.н., проф. Шкільняк С.С.** (лекції)

Пролонговано: на 20\_\_/20\_\_ н.р. \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_) «\_\_» \_\_ 20\_\_ р.  
(підпис, ПІБ, дата)

на 20\_\_/20\_\_ н.р. \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_) «\_\_» \_\_ 20\_\_ р.  
(підпис, ПІБ, дата)

**КИЇВ 2018**

Розробник: проф. Шкільняк Степан Степанович, д.ф.-м.н.,  
професор кафедри теорії та технології програмування

ЗАТВЕРДЖЕНО

В.о. завідувача кафедри теорії та  
технології програмування

\_\_\_\_\_ (Т.В. Панченко)  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Протокол № \_\_ від «\_\_» \_\_\_\_\_ 2018 р.

Схвалено науково-методичною комісією факультету комп'ютерних наук та  
кібернетики

Протокол від «\_\_» \_\_\_\_\_ 2018 року №\_\_

Голова науково-методичної комісії \_\_\_\_\_ Д.Я. Хусайнов  
(підпис) (прізвище та ініціали)

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2018 року

Затверджено вченою радою факультету комп'ютерних наук та кібернетики

Протокол від «\_\_» \_\_\_\_\_ 2018 року №\_\_

Голова вченої ради факультету \_\_\_\_\_ А.В. Анісімов  
(підпис) (прізвище та ініціали)

## ВСТУП

**1. Мета дисципліни** – поглиблення знань з математичної логіки, включаючи вивчення систем пошуку доведень, програмно-орієнтованих логічних формалізмів; набуття компетенцій, знань, умінь та навиків стосовно прикладного використання апарату математичної логіки в інформатиці й програмуванні.

**2. Попередні вимоги до опанування навчальної дисципліни:**

1. *Знати:* базові поняття математичної логіки: мови пропозиційної логіки та логіки 1-го порядку, їх можливості для опису предметних областей; мати сучасні уявлення про основні методи пошуку доведень та засоби логічного виведення.

2. *Вміти:* описувати на формальних мовах твердження стосовно тих чи інших предметних областей; проводити виведення в пропозиційних та першопорядкових численнях гільбертівського типу та секвенційного типу.

**3. Анотація навчальної дисципліни (до 700 символів):**

Навчальна дисципліна «Прикладні та композиційні логіки» є складовою освітньо-наукової програми підготовки фахівців за другим (*магістерським*) рівнем вищої освіти *галузі знань* 12 „Інформаційні технології” зі *спеціальності* 122 „Комп’ютерні науки”, *освітньо-наукової програми* „Інформатика”.

Дана дисципліна є обов’язковою навчальною за *програмою “Інформатика”*.

Викладається у **3 семестрі 2 курсу магістратури в обов’язку – 120 год. (4 кредити ECTS)**, зокрема: *лекції – 38 год., консультації – 2 год., самостійна робота – 80 год.*

У курсі передбачено *2 контрольні роботи та реферат.*

Завершується дисципліна – **екзаменом в 3 семестрі.**

В результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен:

**знати** основні поняття, методи і засоби математичної логіки та їх застосування в інформатиці й програмуванні за умов невизначеності й нечіткості інформації; мати сучасні уявлення про основні методи пошуку доведень та засоби логічного виведення (метод резолюцій, секвенційні числення); про логіки часткових недетермінованих предикатів, про нетрадиційні логіки (багатозначні, модальні; темпоральні, епістемічні, програмні), та про застосування цих логік у прикладних областях.

**вміти** формалізувати предметні області за допомогою апарату математичної логіки за умов невизначеності й нечіткості інформації; аналізувати істинність та виконуваність формул, наявність логічного наслідку, будувати виведення в логічних численнях (резолютивні виведення, виведення в секвенційних численнях логік часткових та недетермінованих предикатів, логік модального типу)

Дисципліна "Прикладні та композиційні логіки" надає логіко-алгебраїчні методи дослідження систем різного типу, тому вона пов’язана з дисципліною "Формальні методи розробки програмних систем", а також із дисциплінами "Програмні логіки та їх застосування", "Інформаційне моделювання систем".

**4. Завдання (навчальні цілі):**

набуття знань, умінь та компетенцій на рівні новітніх досягнень у математичній логіці та навиків їх прикладного застосування відповідно до кваліфікації магістр з інформатики.

Зокрема, розвивати здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

## 5. Результати навчання за дисципліною

Результат навчання (1. знати; 2. вміти; 3. комунікація; 4. автономність та відповідальність)		Форми (та/або методи і технології) викладання і навчання	Методи оцінювання та пороговий критерій оцінювання (за необхідності)	Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни
Код	Результат навчання			
PH1.1	<i>Знати</i> основні поняття, методи і засоби математичної логіки та їх застосування в прикладних областях за умов невизначеності й нечіткості інформації; зокрема, знати логіки часткових недетермінованих предикатів	<i>Лекція, самостійна робота</i>	<i>Контрольна робота, екзамен</i>	22%
PH1.2	<i>Знати</i> нетрадиційні логіки (багатозначні, модальні; темпоральні, епістемічні, програмні) та їх використання в інформатиці й програмуванні	<i>Лекція, самостійна робота</i>	<i>Контрольна робота, екзамен</i>	16%
PH1.3	<i>Знати</i> сучасні методи пошуку доведень та засоби логічного виведення: метод резолюцій, секвенційні числення.	<i>Лекція, самостійна робота</i>	<i>Контрольна робота, екзамен</i>	12%
PH2.1	<i>Вміти</i> формалізувати предметні області за допомогою апарату математичної логіки в умовах невизначеності й нечіткості інформації, аналізувати істинність формул та наявність логічного наслідку, будувати виведення в секвенційних численнях логік часткових та недетермінованих предикатів, логік модального типу.	<i>Лекція, самостійна робота</i>	<i>Контрольна робота, екзамен</i>	30%
PH3.1	<i>Обґрунтовувати</i> власний погляд на задачу та спосіб її розв'язання, спілкуватися з колегами з питань застосування апарату математичної логіки	<i>Реферат, самостійна робота</i>	<i>Захист реферату, поточне оцінювання</i>	16%
PH4.1	Організувати свою самостійну роботу для досягнення результату	<i>Реферат, самостійна робота</i>	<i>Захист реферату</i>	4%

**6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання**

<b>Результати навчання дисципліни Програмні результати навчання</b>	<b>1.1</b>	<b>1.2</b>	<b>1.3</b>	<b>2.1</b>	<b>3.1</b>	<b>4.1</b>
<i>(з опису освітньої програми)</i>						
<b>ПР2.</b> Використовувати моделі та методи прийняття рішень в умовах невизначеності і ризиків в процесі управлінської діяльності за галузями	+	+		+	+	
<b>ПР13.</b> Використовувати знання з комп'ютерних наук та інформаційних технологій й уміння критичного мислення, аналізу та синтезу в професійних цілях	+	+	+	+		+

## 7. Схема формування оцінки

### 7.1. Форми оцінювання студентів:

- семестрове оцінювання (максимальна кількість балів):

1. Контрольна робота 1: РН 1.1, РН 1.2, РН 2.1 – 24 бали

2. Контрольна робота 2: РН 1.3, РН 2.1 – 16 балів

3. Реферат: РН 1.1 – РН 1.3 – 14 балів

4. Робота студентів на заняттях та виконання індивідуальних завдань: РН 3.1 – 6 балів

- підсумкове оцінювання (у формі екзамену):

- максимальна кількість балів які можуть бути отримані студентом: 40 балів;

- результати навчання які будуть оцінюватись: РН 1.1 – РН 1.3, РН 2.1

- форма проведення і види завдань: письмова форма

Види завдань:

#### Структура екзаменаційної роботи та критерії оцінювання:

1. Теоретичне запитання (РН 1.1 – РН 1.2).
2. Теоретичне запитання (РН 1.2 – РН 1.3).
3. Письмове практичне завдання (РН 2.1).
4. Письмове практичне завдання (РН 2.1).

#### Критерії оцінювання екзаменаційної роботи

Завдання	Вид завдання	Максимальний бал (відсоток)	Всього балів (відсотків)
Завдання 1, 2	Теоретичне запитання	по 10 балів (25 %)	20 балів (25 %)
Завдання 3	Письмове практичне завдання	9 балів (22.5 %)	9 балів (22.5 %)
Завдання 4	Письмове практичне завдання	11 балів (27.5 %)	11 балів (27.5 %)
<b>Всього</b>			<b>40 балів (100%)</b>

Студент допускається до іспиту, якщо він під час семестру набрав не менше 24 балів, у тому числі набрав не менше 20 балів за контрольні роботи

Для отримання загальної позитивної оцінки з дисципліни оцінка за екзамен не може бути меншою 24 балів

## Теми для рефератів

1. Алгоритмічні логіки.
2. Динамічні логіки.
3. Немонотонні логіки.
4. Нечіткі логіки.
5. Можливісні логіки.
6. Дескриптивні логіки.
7. Інтуїціоністські логіки.
8. Алгебраїчна семантика інтуїціоністських логік.
9. Реляційна семантика інтуїціоністських логік.
10. Інтуїціоністські секвенційні числення.
11. Теорема Ербрана.
12. Метод резолюцій. Стратегії методу резолюцій.
13. Мова логічного програмування Пролог.
14. Теорема Генцена про елімінацію перетинів.
15. Системи натурального виведення.
16. Лінійні темпоральні логіки.
17. Розгалужені темпоральні логіки.
18. Застосування темпоральних логік.
19. Застосування епістемічних логік.
20. Метод Model Checking.
21. Метод TLA; верифікація програмних систем в TLA.
22. Програмна логіка Хоара, її застосування.
23. Програмна логіка Z, її застосування.
24. Програмна логіка B, її застосування.
25. Роль логіки у побудові надійних програмних систем.

## Перелік питань для підготовки до іспиту

1. Основні поняття логіки. Становлення та розвиток логіки. Основні закони традиційної логіки. Поняття висловлення, предиката. Числення, формальні системи.
2. Основні принципи побудови класичної логіки, її обмеження. Семантика Тарського.
3. Проблема програмно-орієнтованої перебудови класичної логіки. Основні аспекти логік, орієнтованих на дослідження програм.
4. Принципи композиційно-номінативного підходу.
5. Іntenсiональні аспекти понять математичної логіки. Класова та індивідна надабстрактні логіки, абстрактна логіка моделей світів. Композиційно-номінативні логіки (КНЛ).
6. Розвиток понять даного та функції. Рівні розгляду даних. Рівні розгляду функції. Композиції, їх роль у логіці й програмуванні.
7. Побудова логік на основі композиційно-номінативного підходу. Спектр КНЛ.
8. Іменні множини. Операції над ІМ. Квазіарні функції, предикати.
9. Різновиди квазіарних предикатів. Дуальні предикати. Монотонні, еквітонні, антитонні предикати.
10. Предикатні композиційні системи. Пропозиційні композиції.
11. Композиції КНЛ реномінативних рівнів. Реномінації. Спеціальні предикати слабкої та строгої рівності.
12. Композиції КНЛ безкванторно-функціональних рівнів. Суперпозиції. Композиції слабкої та строгої рівності.
13. Композиції першопорядкових КНЛ. Квантори, їх властивості.
14. Чисті першопорядкові композиційні алгебри, їх різновиди.
15. Особливості квазіарних предикатів.
16. Реномінативні логіки, їх мови. Нормальні форми; субтавтології. Реномінативні числення.
17. Реномінативні логіки з предикатами рівності, їх мови.
18. Логіки безкванторно-функціональних рівнів, їх мови.

19. Чисті першопорядкові неокласичні КНЛ еквітонних предикатів (ЧНКЛ).
20. Відношення неспростовнісного логічного наслідку для множин формул ЧНКЛ.
21. Першопорядкові НКЛ функціонально-екваційного рівня.
22. Гільбертівські числення першопорядкових НКЛ повнототальних ЕП. Теореми коректності та повноти.
23. Секвенційні числення першопорядкових НКЛ ЕП. Теорема про контрмоделі. Теореми коректності та повноти.
24. Сколемівська нормальна форма. Ербранівський універс. Теорема Ербрана.
25. Пошук доведень. Метод резолюцій логік 1-го порядку. Найзагальніший уніфікатор. Правило резолюцій.
26. Чисті першопорядкові КНЛ (ЧКНЛ), класи їх інтерпретацій (семантики).  $R$ -,  $P$ -,  $T$ -,  $TR$ -семантики. Дуальні інтерпретації, дуальні семантики.
27. Відношення логічного наслідку  $P|=_{IR}$ ,  $P|=_{T}$ ,  $P|=_{F}$ ,  $P|=_{TF}$ ,  $R|=_{TF}$ . Відповідні відношення логічної еквівалентності.
28. Особливості відношень  $P|=_{IR}$ ,  $P|=_{T}$ ,  $P|=_{F}$ ,  $P|=_{TF}$ ,  $R|=_{TF}$ , співвідношення між ними.
29. Семантичні властивості ЧКНЛ. Нормальні форми.
30. Відношення логічного наслідку в логіках монотонних та логіках антитонних предикатів.
31. Відношення логічного наслідку для множин формул ЧКНЛ.
32. Предикати-індикатори наявності значення для предметних імен. Елімінація кванторів.
33. Секвенційні числення ЧКНЛ для відношень  $P|=_{IR}$ ,  $P|=_{T}$ ,  $P|=_{F}$ ,  $P|=_{TF}$ ,  $R|=_{TF}$ . Базові секвенційні форми, умови замкненості секвенції.
34. Теореми про побудову контрмоделей для секвенційних числень ЧКНЛ. Теореми коректності та повноти.
35. Ієрархічні номінативні дані, форми їх подання. Операції над ІНД. Операція реномінації, її стандартна форма.
36. Предикати над ІНД ( $H$ -квазіарні предикати), їх композиції. Особливості композиції квантифікації  $H$ -квазіарних предикатів.
37. Мови логік  $H$ -квазіарних предикатів.
38. Секвенційні числення логік  $H$ -квазіарних ЕП.
39. Багатозначні логіки. 3-значна логіка Лукасевича, сильна та слабка 3-значні логіки Кліні.
40. Багатозначні логіки Поста. 4-значна логіка Белнапа.
41. Зв'язок логік 2-значних  $T$ -предикатів, 2-значних  $P$ -предикатів та 3-значних логік. Ізоморфізм предикатних алгебр. Особлива роль сильної логіки Кліні серед 3-значних логік.
42. Зв'язок логік 2-значних  $R$ -предикатів, 3-значних  $T$ -предикатів, 3-значних  $P$ -предикатів та 4-значних логік. Особлива роль логіки Белнапа серед 4-значних логік.
43. Алетичні модальні логіки. Синтаксис мови, реляційна семантика. Системи  $T$ ,  $B$ ,  $S4$ ,  $S5$ .
44. Темпоральні логіки. Синтаксис мови, реляційна семантика. Аксиоматичні системи.
45. Різновиди темпоральних логік. Застосування темпоральних логік.
46. Епістемічні логіки. Синтаксис мови, реляційна семантика, аксіоматичні системи. Застосування епістемічних логік.
47. Композиційно-номінативні модальні логіки. КНМС. Транзиційні модальні системи.
48. Різновиди ТМС. Загальні, темпоральні, мультимодальні ТМС. ММС епістемічного типу.
49. Взаємодія модальних композицій ТМС із реномінаціями та кванторами для ТМЛ та для ТМЛ ЕП.
50. Відношення логічного наслідку для множин специфікованих станами формул ТМЛ.
51. Властивості елімінації модальностей для різних типів відношень досяжності.
52. Секвенційні числення ТМЛ. Умови замкненості секвенцій, базові секвенційні форми.
53. Секвенційні форми елімінації модальностей для різних типів відношень досяжності.
54. Теорема про контрмоделі для секвенційних числень ТМЛ. Теореми коректності й повноти.



## 7.2. Організація оцінювання

### Терміни проведення форм оцінювання:

1. *Контрольна робота 1: до 8 тижня семестру.*
2. *Контрольна робота 2: до 14 тижня семестру.*
3. *Захист реферата: до 14 тижня семестру.*

Студент має право на одне перескладання контрольної роботи із можливістю отримання максимально таких балів:

- за контрольну роботу 1 – 21 бал,
- за контрольну роботу 2 – 14 балів.

Термін перескладання визначається викладачем.

У випадку відсутності студента з поважних причин відпрацювання та перездачі контрольних робіт та колоквіуму здійснюються у відповідності до „Положення про порядок оцінювання знань студентів при кредитно-модульній системі організації навчального процесу” від 1 жовтня 2010 року.

За активну роботу на заняттях та виконання індивідуальних завдань студент може отримати до 6 балів.

## 7.3. Шкала відповідності оцінок

<b>Відмінно / Excellent</b>	90-100
<b>Добре / Good</b>	75-89
<b>Задовільно / Satisfactory</b>	60-74
<b>Незадовільно / Fail</b>	0-59
<b>Зараховано / Passed</b>	60-100

## 8. СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

### ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН ЛЕКЦІЙ

№ лекції	Назва лекції	Кількість годин		
		Лекції	Консульт	Сам. р-та
<b>Частина 1. Програмно-орієнтована перебудова логіки. Композиційно-номінативні логіки квазіарних предикатів</b>				
1	<b>Тема 1.</b> Проблема програмно-орієнтованої перебудови класичної логіки. Принципи композиційно-номінативного підходу	2		4
2	<b>Тема 2.</b> Розвиток основних понять логіки. Побудова логік на основі КНП. Спектр композиційно-номінативних логік	2		4
3	<b>Тема 3.</b> Квазіарні предикати, їх різновиди. Композиції квазіарних предикатів. Предикатні композиційні системи	2		4
4	<b>Тема 4.</b> Реномінативні логіки. РНЛ з предикатами слабкої рівності та строгої рівності. Логіки безкванторно-функціональних рівнів	2		4
5	<b>Тема 5.</b> Першопорядкові неокласичні КНЛ еквітонних предикатів.	2		4
6	<b>Тема 6.</b> Чисті першопорядкові КНЛ (ЧКНЛ); класи їх інтерпретацій (семантики). Відношення логічного наслідку $P _{=IR}, P _{=T}, P _{=F}, P _{=TF}, R _{=TF}$	2		4
7	<b>Тема 7.</b> Семантичні властивості ЧКНЛ. Відношення логічного наслідку в логіках монотонних та логіках антитонних предикатів	2		4
8	<b>Тема 8.</b> Відношення логічного наслідку для множин формул ЧКНЛ. Властивості елімінації кванторів	2		4
Всього за частиною 1		16		32
<b>Частина 2. Пошук доведень. Метод резолюцій. Секвенційні числення логік квазіарних предикатів</b>				
9	<b>Тема 9.</b> Пошук доведень. Теорема Ербрана; метод спростування Ербрана. Метод резолюцій в логіках 1-го порядку	2		4
10	<b>Тема 10.</b> Числення першопорядкових логік еквітонних предикатів. Гільбертівські числення ЧКНЛ повнототальних ЕП. Секвенційні числення ЧКНЛ ЕП, теореми коректності та повноти	2		4
11	<b>Тема 11.</b> Секвенційні числення ЧКНЛ для відношень логічного наслідку $P _{=IR}, P _{=T}, P _{=F}, P _{=TF}, R _{=TF}$ . Базові секвенційні форми, умови замкненості секвенції	2		4
12	<b>Тема 12.</b> Коректність та повнота секвенційних числень ЧКНЛ квазіарних предикатів. Теореми про побудову контрмоделей	2		4
Всього за частиною 2		8		16
Контрольна робота № 1 (за матеріалом частин 1 та 2)				
<b>Частина 3. Логіки над ієрархічними даними. Багатозначні логіки. Модальні та темпоральні логіки. Модальні логіки квазіарних предикатів</b>				
13	<b>Тема 13.</b> Логіки над ієрархічними номінативними даними. Операції над ІНД. $H$ -квазіарні предикати, їх композиції. Мови логік $H$ -квазіарних предикатів	2		4
14	<b>Тема 14.</b> 3-значні логіки Лукасевича та Кліні, 4-значна логіка Белнапа. Багатозначні логіки та 2-значні композиційно-номінативні логіки	2		4

15	<b>Тема 15.</b> Традиційні модальні логіки. Темпоральні логіки, їх застосування. Лінійні ТЛ, розгалужені ТЛ. Епістемічні логіки, їх застосування	2		4
16	<b>Тема 16.</b> Композиційно-номінативні модальні логіки квазіарних предикатів. Транзиційні модальні системи, їх різновиди	2		4
17	<b>Тема 17.</b> Взаємодія модальних композицій із реномінаціями та кванторами Відношення логічного наслідку для множин специфікованих станами формул. Елімінація модальностей для різних типів відношень досяжності	2		4
18	<b>Тема 18.</b> Секвенційні числення модальних логік квазіарних предикатів Умови замкненості секвенції, базові секвенційні форми. Теореми про контрмоделі. Теореми коректності та повноти.	2		4
19	<b>Тема 19.</b> Логіка та побудова програмних систем. Програмна логіка Хоара, програмні логіки $Z$ та $B$ , їх застосування. Метод Model Checking	2		4
Контрольна робота № 2 (за матеріалом частини 3)				
Всього за частиною 3		14		28
Захист реферата.				4
Консультація			2	
<b>ВСЬОГО</b>		38	2	80

Загальний обсяг – **120 год.**, у тому числі:

Лекцій – **38 год.**,

Консультацій – **2 год.**,

Самостійна робота – **80 год.**

### **Теми, винесені на самостійне вивчення**

Уточнення основних аспектів логік, орієнтованих на дослідження програм, на базі розгляду основних конструкцій мов програмування та їх формалізації

Логіки локально-еквітонних, еквісумісних, локально-еквісумісних предикатів

Властивості предикатів слабкої та строгої рівності, композицій слабкої та строгої рівності

Реномінативні числення Гільбертівського типу та секвенційного типу

Логіки безкванторно-функціональних рівнів з рівністю

Неокласичні КНЛ еквітонних предикатів функціональних рівнів

Обмежене моделювання неокласичної логіки в класичній

Властивості відношень логічного наслідку в логіках монотонних предикатів.

Знаходження найзагальнішого уніфікатора

Стратегії підвищення ефективності методу резолюцій

Гільбертівські числення першопорядкових логік повнототальних ЕП функціональних рівнів

Секвенційні числення першопорядкових логік ЕП функціональних рівнів

Секвенційні числення для відношень  $P_1 \models_{IR}, P_1 \models_T, P_1 \models_F, P_1 \models_{TF}, R_1 \models_{TF}$  в ЧКНЛ монотонних предикатів

Доведення теорем про контрмоделі в секвенційних численнях методом модельних множин

Логіки над скінченними номінативними даними.

Нечіткі логіки.

Застосування темпоральних логік для специфікації та верифікації програм

Застосування епістемічних логік в інформаційних та експертних системах

Особливості ТМЛ немонотонних предикатів

Теореми про контрмоделі секвенційних числень ТМЛ, доведення методом систем модельних множин

Метод Model Checking.

Метод TLA; верифікація програмних систем в TLA.

Програмна логіка Хоара, її застосування для верифікації програм.

Програмні логіка  $Z$ , її застосування.

Програмна логіка  $B$ , її застосування.

## 9. Рекомендовані джерела

### *Основні*

1. Клини С. Математическая логика. – М.: Наука, 1973.
2. Лавров С. Программирование. Математические основы, средства, теория.– СПб, 2001.
3. Непейвода Н.Н. Прикладная логика. – Новосибирск, 2000.
4. Нікітченко М.С., Шкільняк С.С. Математична логіка та теорія алгоритмів. – К., 2008.
5. Нікітченко М.С., Шкільняк С.С. Прикладна логіка. – К., 2013.
6. Нікітченко М.С., Шкільняк О.С., Шкільняк С.С. Чисті першопорядкові логіки квазіарних предикатів // Проблеми програмування. – 2016. – № 2–3.
7. Шкільняк О.С. Модальні логіки немонотонних часткових предикатів // Вісник Київського ун-ту. Серія: фіз.-мат. науки. – 2015. – Вип. 3.
8. Шкільняк О.С. Відношення логічного наслідку в логіках монотонних предикатів та логіках антитонних предикатів // Проблеми програмування. – 2017. – № 1.
9. Шкільняк С.С., Волковицький Д.Б. Композиційно-номінативні логіки безкванторних рівнів // Проблеми програмування. – 2016. – № 2–3.

### *Додаткові*

10. Андон Ф.И., Яшунин А.Е., Резниченко В.А. Логические модели интеллектуальных информационных систем. – К., 1999.
11. Чень Ч., Ли Р. Математическая логика и автоматическое доказательство теорем. – М., 1983.
12. Шкільняк О.С. Відношення логічного наслідку в логіках монотонних предикатів та логіках антитонних предикатів // Проблеми програмування. – 2017. – № 1.
13. Шкільняк О.С. Семантичні моделі та секвенційні числення транзиційних модальних логік // Комп'ютерна математика. – 2013. – Вип. 1.
14. Шкільняк О.С. Транзиційні модальні логіки немонотонних квазіарних предикатів // Комп'ютерна математика. – 2014. – Вип. 2.
15. Шкільняк С.С. Спектр секвенційних числень першопорядкових композиційно-номінативних логік // Проблеми програмування. – 2013. – № 3.
16. Belnap N., Steel T. The logic of questions and answers. – New Haven and London: Yale Univ. Press, 1976.
17. Handbook of Logic in Computer Science. Edited by S. Abramsky, Dov M. Gabbay and T. S. E. Maibaum. – Oxford Univ. Press. – Vol. 1–5, 1993–2000.
18. Hoare C.A.R., Jifeng He. Unifying Theories of Programming. – London: Prentice Hall Europe, 1998.
19. Schneider K.: Verification of Reactive Systems. Formal Methods and Algorithms. – Berlin-Heidelberg: Springer-Verlag, 2004.
20. Clarke E.M., Grumberg O., Peled D.: Model Checking. MIT Press (1999).
21. Kröger F., Merz S. Temporal logic and state systems. – Berlin-Heidelberg: Springer-Verlag, 2008.