

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА**

**факультет комп'ютерних наук та кібернетики
кафедра інформаційних систем**

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Заступник декана

з навчальної роботи

_____ Кашпур О.Ф.

« ____ » _____ 20__ року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Алгебро-автоматні методи проектування програмного забезпечення

для студентів

галузі знань **12 – "Інформаційні технології"**

спеціальність **121 – "Інженерія програмного забезпечення"**

освітня програма **"Програмне забезпечення систем"**

КИЇВ – 2016

Робоча програма дисципліни «Алгебро-автоматні методи проектування програмного забезпечення» для студентів спеціальності 121– «Інженерія програмного забезпечення» за освітньою програмою «Програмне забезпечення систем»

« ____ » _____ 20__ року

Розробник: професор Кривий Сергій Лук'янович, д.ф.-м.н., професор

Робоча програма дисципліни «Алгебро-автоматні методи проектування програмного забезпечення» затверджена на засіданні кафедри інформаційних систем

Протокол № ____ від “ _____ ” 20__ року

Завідувач кафедри

(Провотар О.І.)

_____ (підпис)

« ____ » _____ 20__ року

Схвалено науково-методичною комісією факультету

Протокол від « ____ » _____ 20__ року № ____

Голова науково-методичної комісії _____ (Хусаїнов Д.Я.)

_____ (підпис)

« ____ » _____ 20__ року

Затверджено на засіданні Вченої ради факультету комп'ютерних наук та кібернетики

Протокол від « ____ » _____ 20__ року № ____

© _____, 2016 рік

© _____, 2016 рік

© _____, 2016 рік

ВСТУП

Дисципліна «Алгебро-автоматні методи проектування програмного забезпечення» є базовою нормативною дисципліною спеціальності „Інженерія програмного забезпечення”, що викладається в II семестрі для магістрів в обсязі **150** годин (5 кредитів), зокрема - **34** годин - лекційних, **14** годин - лабораторних, **100** - години самостійної роботи, **2** годин - консультації. Викладання дисципліни закінчується екзаменом.

Метою і завданням навчальної дисципліни «Алгебро-автоматні методи проектування програмного забезпечення» є опанування методів розробки інформаційних систем та їх застосування до розробки, аналізу і верифікації алгоритмів і програмних систем і комплексів.

Предмет навчальної дисципліни «Алгебро-автоматні методи проектування програмного забезпечення» включає в себе поглиблений розгляд методів теорії скінченних автоматів над скінченними словами, скінченних автоматів над нескінченними словами, часових автоматів, які широко застосовуються при побудові програмного забезпечення інформаційних систем. Зокрема, розглядаються способи моделювання скінченними автоматами різного роду дискретних систем та методи верифікації цих моделей шляхом використання властивостей мов, які акцептуються скінченними автоматами.

Вимоги до знань та вмінь. Студент повинен знати для вивчення курсу «Алгебро-автоматні методи проектування програмного забезпечення» основи дискретної математики, які вивчаються на молодших курсах, основні поняття алгебри відношень, регулярних мов, лінійної алгебри та математичної логіки.

Студент повинен вміти виконувати аналіз проблеми, що виникає, побудову моделей відповідних систем, створювати специфікації цих систем та виконувати верифікацію моделей, що виникли в результаті аналізу проблеми. Розв'язувати задачі перевірки специфікацій на моделях.

Місце в структурно-логічній схемі спеціальності. *Нормативна навчальна дисципліна* «Алгебро-автоматні методи проектування програмного забезпечення» є складовою циклу професійної підготовки фахівців освітньо-кваліфікаційного рівня „магістр”.

Зв'язок з іншими дисциплінами. *Навчальна дисципліна* «Алгебро-автоматні методи проектування програмного забезпечення» є базовою для вивчення таких спеціальних дисциплін як „Основи категорного аналізу”, „Автоматизація пошуку доведення теорем в теоріях першого порядку”, „Дедуктивні бази даних і знань”, „Сучасні проблеми розробки програмного забезпечення”.

Система контролю знань та умови складання екзамену.

Контроль знань студентів здійснюється за модульно-рейтинговою системою. Результати навчальної діяльності студентів оцінюються за 100-бальною шкалою. Робота в семестрі поділяється на два змістових модуля. При виставленні балів за

змістовий модуль враховується: оцінка за модульну контрольну роботу - 10 балів, робота студентів на лабораторних заняттях – 20 балів, самостійна робота - 10 балів. Підсумковий контроль проводиться у формі заліку – 40 балів. Підсумкова оцінка $100=2*(20+10)+40$.

Якщо впродовж семестру студент не з'являвся на заняття (не залежно від причин), не має модульних оцінок, у відповідних графах „Відомості обліку успішності КМСОНП” виставляються „0”, а у графі іспиту – відмітка про недопуск.

Студент допускається до складання іспиту, якщо кількість набраних ним балів за семестр становить не менше 30 балів.

Іспит вважається не зданим, якщо сумарна кількість балів з дисципліни складає менше 60 балів.

Оцінювання за формами контролю

	ЗМ1		ЗМ2	
	Min. – 18 балів	Max. – 30 балів	Min. – 18 балів	Max. – 30 балів
Лабораторні роботи	12	20	12	20
Модульна контрольна робота 1	6	10		
Модульна контрольна робота 2			6	10

„3” – мінімальна/максимальна оцінку, яку може отримати студент.
¹ – мінімальна/максимальна залікова кількість робіт чи завдань.

Для студентів, які набрали сумарно меншу кількість балів ніж *критично-розрахунковий мінімум* – 20 балів для одержання іспиту/заліку обов'язково виконання додаткового завдання.

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

Максимальна кількість балів за іспит – 40 балів, по 20 балів за кожне теоретичне питання.

При простому розрахунку отримаємо:

	Змістовий модуль 1	Змістовий модуль 2	іспит	Підсумкова оцінка
Мінімум	18	18	24	60
Максимум	30	30	40	100

При цьому, кількість балів:

- 1-34 відповідає оцінці «незадовільно» з обов'язковим повторним вивченням дисципліни;
- 35-59 відповідає оцінці «незадовільно» з можливістю повторного складання;
- 60-64 відповідає оцінці «задовільно» («достатньо»);
- 65-74 відповідає оцінці «задовільно»;
- 75 - 84 відповідає оцінці «добре»;
- 85 - 89 відповідає оцінці «добре» («дуже добре»);
- 90 - 100 відповідає оцінці «відмінно».

Шкала відповідності

За 100 – бальною шкалою	За національною шкалою	
90 – 100	5	відмінно
85 – 89	4	добре
75 – 84		
65 – 74	3	задовільно
60 – 64		
35 – 59	2	не задовільно
1 – 34		

ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН ЛЕКЦІЙ ТА ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ

№ Лекції	Назва лекції	Кількість годин		
		Лекції	Лаборат. заняття	Самост. робота
Змістовий модуль 1. Задачі і проблематика теорії скінченних автоматів над словами скінченної довжини. Алгебра регулярних мов та її зв'язок з автоматами. Розв'язання основних задач теорії скінченних автоматів та застосування цієї теорії до моделювання систем.				
1	Предмет теорії автоматів та основні різно-видди скінченних автоматів над словами скінченної довжини. Приклади. Способи подання: автоматів: таблиці і графи перехо-дів і виходів.	2		6
2	Еквівалентність скінченних автоматів, критерій еквівалентності. Гомоморфізми та ізоморфізми скінченних автоматів Мілі. автоматів без виходів (акцепторів), теорема про існування мінімального автомата в класі автоматів еквівалентних даному.	2	2	6
3	Основна теорема теорії скінченних автоматів: теореми синтезу та аналізу, алгоритми аналізу та синтезу скінченних автоматів.	2		6
4	Практичні алгоритми аналізу та синтезу скінченних автоматів. Приклади використання алгоритмів синтезу та аналізу.	2	2	6
5	Задачі пошуку та обробки текстової інфор-мації на основі автоматів без виходів. Ідентифікація слів. Алгоритми Кнута-Моріса-Прата та Ахо-Ульмана.	2		4
6	Розв'язання задач теорії скінченно породжуваних напівгруп: розпізнавання слів вільної напівгрупи, розв'язання задачі про перетин скінченно породжуваних напівгруп.	2	2	6
7	Розв'язання задач теорії скінченно породжуваних груп. Алгоритмічні проблеми теорії скінченно породжуваних груп. Алгоритм побудови нільсенівського базиса. Розв'язання задачі про перетин скінченно породжуваних підгруп вільної групи.	2		4
8	Застосування в криптографії та іграх зі скінченним числом станів. Застосування при моделюванні протоколів та їх верифікації.	2	2	6
Модульна контрольна робота 1				

Змістовий модуль 2. Задачі і проблематика теорії скінченних автоматів над словами нескінченної довжини. Алгебра w-регулярних мов та її зв'язок з автоматами Бюхі та Мюллера. Розв'язання основних задач теорії скінченних автоматів над словами нескінченної довжини та задач теорії часових автоматів.				
9	Скінченні автомати над нескінченними сло-вами. Автомати Б'юхі та автомати М'юллера. Мови, які сприймаються автоматами Б'юхі та М'юллера.	2		6
10	Детерміновані та не детерміновані автомати Б'юхі та Мюллера. Основні властивості скінченних автоматів над словами нескін-ченної довжини: розв'язання задач про об'єднання, перетин та доповнення мов, які сприймаються автоматами Б'юхі та М'юллера. Приклади.	2	2	6
11	Зв'язок автоматів з логікою. Лінійна темпоральна логіка, аксіоматика та правила виведення.	2		6
12	Основні властивості мови цієї логіки, метод семантичного табло. Приклади застосування.	2		6
13	Алгоритми трансляції моделей Кріпке та ЛТЛ-формул в автомати w -автомати.	2		8
14	Розв'язання основних задач верифікації реактивних систем, які задаються специфікаціями в лінійній темпоральній логіці. Приклади верифікації властивостей.	2	2	6
15	Часові автомати. Означення часового автомата і мови, яка акцептується цими автоматами.	2		6
16	Часові автомати Б'юхі і М'юллера. Розв'язання основних задач для часових регулярних мов: об'єднання та перевірка пустоти мови, що акцептується даним автоматом.	2		6
17	Застосування до моделювання реальних дискретних інформаційних систем (електронні пристрої, робототехніка).	2	2	6
Модульна контрольна робота 2				
ВСЬОГО		34	14	100

Загальний обсяг *150 годин*, в тому числі:

Лекцій – *34 год.*,

Лабораторних робіт – *14 год.*,

Самостійна робота – *100 год.*,

Консультації – *2 год.*

Змістовий модуль 1. Задачі і проблематика теорії скінченних автоматів над словами скінченної довжини. Алгебра регулярних мов та її зв'язок з автоматами. Розв'язання основних задач теорії скінченних автоматів та застосування цієї теорії до моделювання систем.

Лекція 1. Предмет теорії автоматів та основні різно-види скінченних автоматів над словами скінченної довжини. Приклади. Способи подання: автоматів: таблиці і графи переходів і виходів. – **2 год.**

Предмет теорії автоматів. Онтологічні зв'язки теорії автоматів з іншими розділами науки про обчислення. Означення скінченного автомата над словами скінченної довжини. Основні різновиди автоматів. Способи подання скінченних автоматів таблицями переходів та виходів та графами переходів та виходів.. [1,2]

Завдання для самостійної роботи. (6 год.)

1. Побудова графа переходів і виходів автомата за таблицею переходів і виходів.
2. Побудова змістовних автоматів, які виконують додавання двійкових чисел, за модулем 3, остачі від ділення на 3 тощо. [1], [3], [4], [5].

Лекція 2. Еквівалентність скінченних автоматів, критерій еквівалентності. Гомоморфізми та ізоморфізми скінченних автоматів Мілі. автоматів без виходів (акцепторів), теорема про існування мінімального автомата в класі автоматів еквівалентних даному. - **2 год.**

Означення еквівалентних станів та автоматів. Критерій еквівалентності автоматів. Детерміновані та не детерміновані СА. Мови, що акцептуються цими автоматами. Теорема про детермінізації СА. Гомоморфізми та ізоморфізми скінченних автоматів Мілі. автоматів без виходів (акцепторів), теорема про існування мінімального автомата в класі автоматів еквівалентних даному. [1], [2], [4],[5].

Лабораторне заняття 1. 1) Способи подання скінченних автоматів. Приклади та їх аналіз.

2) Еквівалентність скінченних автоматів, критерій еквівалентності. Детермінізація СА. Гомоморфізми та ізоморфізми скінченних автоматів Мілі. автоматів без виходів (акцепторів), теорема про існування мінімального автомата в класі автоматів еквівалентних даному – **2 год.**

1. Означення скінченного автомата над словами скінченної довжини. Різновиди скінченних автоматів. Приклади побудови автоматів та способи їх використання. [8]: гл.І, розд. 1.1.
2. Таблиці переходів і виходів та графи переходів і виходів СА. [1], [3], [4], [5].
3. Означення еквівалентності станів і автоматів. Критерій еквівалентності. Детерміновані та не детерміновані СА та мови, що акцептуються цими автоматами. [1], [2], [4],[5].
4. Алгоритм детермінізації СА. Приклади застосування. [1], [3], [4], [5].

Завдання для самостійної роботи. (6 год.)

1. Побудова класів еквівалентності станів автомата алгоритмом розбиття. Алгоритм детермінізації. Приклади детермінізації.
2. Побудова гомоморфізмів та ізоморфізмів СА. Вивчення основних властивостей гомоморфізмів та ізоморфізмів СА. [2],[6],[7].

Лекція 3. Основна теорема теорії скінченних автоматів: теореми синтезу та аналізу, алгоритми аналізу та синтезу скінченних автоматів. - **2год.**

Основна теорема теорії скінченних автоматів над словами скінченної довжини. Алгоритм аналізу на основі рекурентної залежності Кліні. Системи лінійних рівнянь в алгебрі регулярних мов та алгоритм аналізу. Алгоритм аналізу СА шляхом елімінації станів. Теорема синтезу та правила синтезу. [1], [4], [5].

Завдання для самостійної роботи. (6 год.)

1. Алгебра регулярних мов. Основні тотожності алгебри регулярних мов. Алгоритми аналізу СА на основі рекурентної формули Кліні.
2. Алгоритм аналізу шляхом розв'язання системи лінійних рівнянь в алгебрі регулярних мов. Обґрунтувати роль тотожних перетворень алгебри регулярних при аналізі автоматів. Приклади. Порівняння алгоритмів аналізу між собою. [1], [3], [4].

Лекція 4. Практичні алгоритми аналізу та синтезу скінченних автоматів. Приклади використання алгоритмів синтезу та аналізу. - **2год.**

Розгляд практичних алгоритмів аналізу скінченних автоматів на основі елімінації станів скінченого автомата. Порівняння алгоритмів аналізу між собою. Оцінки ефективності алгоритмів. [1], [2], [3].

Лабораторне заняття 2. 1) Основна теорема теорії скінченних автоматів над словами скінченної довжини. Алгоритм аналізу на основі рекурентної залежності Кліні. Системи лінійних рівнянь в алгебрі регулярних мов та алгоритм аналізу. Алгоритм аналізу СА шляхом елімінації станів. Теорема синтезу та правила синтезу. - **2год.**

1. Означення алгебри регулярних мов. Операції цієї алгебри та їх властивості. Алгоритми аналізу та приклади їх застосування. [1], [2], [4],[5].
 2. Алгоритм синтезу та правила синтезу СА. Приклади застосування. [1], [3], [4], [5].
- 2) Практичні алгоритми синтезу та аналізу скінченних автоматів та приклади їх застосування. Алгоритм синтезу та правила синтезу.
1. Алгоритм синтезу скінченних автоматів та його графічна інтерпретація. Приклади синтезу СА. [1], [2], [4],[5].
 2. Алгоритм синтезу та правила синтезу СА. Приклади застосування в теорії вільних напівгруп та груп. [1], [3], [4], [5].

Завдання для самостійної роботи. (6 год.)

1. Виконати синтез скінченого автомата шляхом побудови графічного представлення. Основні правила побудови. Побудова автомата, який акцептує декілька мов, заданих регулярними виразами. [1], [2], [3].
2. Оцінити складність алгоритму синтезу. Порівняти складність виконання завдання різними алгоритмами. [1], [2], [3].

Лекція 5. Задачі пошуку та обробки текстової інформації на основі автоматів без виходів. Ідентифікація слів. Алгоритми Кнута-Моріса-Прата та Ахо-Ульмана. Представлення словників за допомогою автомата. Приклади. - **2 год.**

Розгляд практичних алгоритмів, розроблених на основі скінченних автоматів для ідентифікації слів в тексті. Представлення словників за допомогою скінченних автоматів та переваги такого представлення в порівнянні з текстовим представленням. [1], [2], [3].

Завдання для самостійної роботи. (4 год.)

1. Алгоритми синтезу автомата методом Ахо-Ульмана. Функція відмов та її застосування в алгоритмі синтезу. Алгоритм обчислення значень функції відмов.
2. Алгоритм синтезу Кнута Моріса-Пратта та його обґрунтування. Приклади використання. Порівняння алгоритмів ідентифікації між собою. [1], [3], [4].

Лекція 6. Розв'язання задач теорії скінченно породжуваних напівгруп: розпізнавання слів вільної напівгрупи, розв'язання задачі про перетин скінченно породжуваних напівгруп. – **2 год.**

Означення скінченно породженої напівгрупи. Задача про перетин скінченно породжуваних напівгруп. Алгоритм розв'язання задачі про перетин. Алгоритм побудови множини твірних перетину напівгруп. Властивості отриманих алгоритмів. [1], [3], [7].

Лабораторне заняття 3. 1) Задача ідентифікації слів. Спрощений спосіб синтезу алгоритмів ідентифікації. Алгоритми ідентифікації та їх порівняльний аналіз. Приклади застосування. Алгоритм синтезу та правила синтезу. – **2 год.**

1. Алгоритм синтезу скінченних автоматів з орієнтацією на ідентифікацію. Приклади синтезу СА. Алгоритм Ахо-Ульмана. [1], [2], [4],[5].
2. Алгоритм синтезу Кнута-Моріса-Пратта та його переваги в порівнянні з алгоритмом Ахо-Ульмана. [1], [3], [4], [5].

2) Задача перетину скінченно породжених вільних напівгруп. Спрощений спосіб синтезу автомата, який акцептує слова перетину напівгруп. Властивості цього автомата. Приклади застосування. Алгоритм синтезу та правила синтезу.

1. Алгоритм синтезу скінченних автоматів, які акцептують слова з перетину двох скінченно породжених напівгруп.. Приклади синтезу СА. [1], [2], [4],[5].
2. Алгоритм побудови множини твірних за автоматом, який акцептує слова з перетину скінченно породжених напівгруп. [1], [3], [4], [5].

Завдання для самостійної роботи. (6 год.)

1. Задача про перетин і існування алгоритму розв'язання цієї задачі. Побудова алгоритму побудови автомата, який акцептує слова, що належать до перетину напівгруп.
2. Побудова алгоритму знаходження множини твірних за автоматом, який акцептує слова з перетину. Обґрунтувати властивості обох алгоритмів. [1], [3], [7].

Лекція 7. Розв'язання задач теорії скінченно породжуваних груп. Алгоритмічні проблеми теорії скінченно породжуваних груп. Алгоритм побудови нільсенівського базису. Розв'язання задачі про перетин скінченно породжуваних вільних груп. – 2 год.

Означення скінченно породженої вільної групи. Нільсеновські базиси скінченної породженої вільної групи. Алгоритм побудови цього базису. Задача про перетин скінченно породжуваних в груп. Алгоритм розв'язання задачі про перетин. Алгоритм побудови множини твірних перетину в груп. Властивості отриманих алгоритмів. [1], [3], [7].

Завдання для самостійної роботи. (4 год.)

1. Задача побудови нільсеновського базису: означення та алгоритм. Задача про перетин і існування алгоритму розв'язання цієї задачі. Побудова алгоритму побудови автомата, який акцептує слова, що належать до перетину груп.
2. Побудова алгоритму знаходження множини твірних за автоматом, який акцептує слова з перетину. Обґрунтувати властивості обох алгоритмів. [1], [3], [7].

Лекція 8. Застосування СА в криптографії та іграх зі скінченним числом станів. Застосування при моделюванні протоколів та їх верифікації. – 2 год.

Основні поняття з криптографії: поняття шифру та алгоритму шифрування. Приклади алгоритмів шифрування: шифр Цезаря, шифр Віженера тощо. Ігрові задачі: задача про математичний сейф. Протоколи та проблема їх верифікації. [1], [2], [4],[5], [10].

Лабораторне заняття 4. 1) Задача перетину скінченно породжених вільних груп. Спрощений спосіб синтезу автомата, який акцептує слова з перетину груп. Властивості цього автомата. Приклади застосування. Алгоритм синтезу та правила синтезу. – 2 год.

1. Алгоритм синтезу скінченних автоматів, які акцептують слова з перетину двох скінченно породжених груп.. Приклади синтезу СА. [1], [2], [4],[5].
2. Алгоритм побудови множини твірних за автоматом, який акцептує слова з перетину скінченно породжених груп. [1], [3], [4], [5].

2) Основні поняття криптографії: поняття шифру та односторонньої функції. Шифри Цезаря, Віженера, Плайфейр тощо. Моделювання автоматами алгоритму Віженера. Задача про математичний сейф та спосіб її розв'язання. . Протоколи та проблема їх верифікації. Побудова прикладів.

1. Побудова автоматів для шифрів Віженера та подібних до нього. Алгоритм синтезу скінченних автоматів, які акцептують розв'язання задачі про математичний сейф. Приклади синтезу СА. [1], [2], [4],[5].
2. Алгоритм верифікації властивостей протоколів. Приклад системи «електронні гроші» та дослідження властивостей моделі цієї системи. [1], [3], [4], [5].

Завдання для самостійної роботи. (6 год.)

1. Задачі криптографії: поняття шифру та криптографічного алгоритму. Шифр Віженера та його автоматна інтерпретація. Ігри зі скінченним числом станів та їх автоматна інтерпретація..

2. Означення протоколу та проблема верифікації таких протоколів. Моделювання за допомогою СА роботи ліфта, автомата продажу мінеральної води, кави тощо. [1],[3], [7].

ТИПОВЕ ЗАВДАННЯ МОДУЛЬНОЇ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ

1. Синтезувати автомат, який акцептує слова мови, заданої регулярним виразом. Застосувати тотожні перетворення регулярного виразу для спрощення такої побудови.
2. Побудувати регулярний вираз мови, яка акцептується автоматом, отриманим в результаті синтезу з п. 1.
3. Детермінізувати заданий автомат. Довести теорему про детермінізації СА.
4. Побудувати за даним автоматом автомат з мінімальним числом станів.

Контрольні запитання до змістового модуля І.

1. Дати означення автомата Мілі, Мура, приведеного автомата та еквівалентності автоматів. Умови автоматності.
2. Дати означення регулярного виразу, який представляє мову. Назвати основні тотожності алгебри регулярних мов.
3. Таблиця переходів і виходів. Граф переходів та виходів. Дати означення ациклічного автомата. Означення відношення еквівалентності станів СА.
4. Теореми про детермінізації та мінімізацію. Критерій еквівалентності автоматів. Алгоритм мінімізації автоматів Мілі.
5. Функція подрібнення класів станів СА та її властивості. Алгоритм мінімізації Хопкрофта та його характеристика. Мінімізація ациклічних автоматів.
6. Теорема аналізу СА. Алгоритм Кліні аналізу СА. Рівняння в алгебрі регулярних мов. Алгоритм синтезу на основі системи лінійних рівнянь в алгебрі регулярних мов.
7. Алгоритм аналізу на основі елімінації станів. Теорема синтезу СА. Продемонструвати на прикладі.
8. Теорема про гомоморфізми СА. Канонічний гомоморфізм СА. Ядро гомоморфізму. Властивості гомоморфізмів СА. Алгоритм синтезу СА на основі графічної інтерпретації.

Змістовий модуль II. Задачі і проблематика теорії скінченних автоматів над словами нескінченної довжини. Алгебра w -регулярних мов та її зв'язок з автоматами Б'юхі та Мюллера. Розв'язання основних задач теорії скінченних автоматів над словами нескінченної довжини та задач теорії часових автоматів.

Лекція 9. Скінченні автомати над нескінченними словами. Автомати Б'юхі та автомати М'юллера. Мови, які сприймаються автоматами Б'юхі та М'юллера. – 2 год.

Означення автоматів Б'юх та мов, які акцептуються цими автоматами. Приклади автоматів і регулярних w -мов. Детерміновані та не детерміновані автомати Б'юхі. Властивості автоматів Бюхі. [7], [8], [9].

Завдання для самостійної роботи. (6 год.)

1. Проблеми синтезу автоматів Бюхі та перетворення, які при цьому виконуються. Перетворення w -автоматів, які спрощують автомати: елімінація станів-близнюків та недосяжних станів.

2. Застосування алгоритмів синтезу СА до синтезу w -автоматів. Перетворення, які при цьому необхідно виконати. [4], [7],[8],[9].

Лекція 10. Детерміновані та не детерміновані автомати Б'юхі та Мюллера. Основні властивості скінченних автоматів над словами нескінченної довжини: розв'язання задач про об'єднання, перетин та доповнення мов, які сприймаються автоматами Б'юхі та М'юллера. Приклади. – 2 год.

Означення та основні властивості автоматів М'юллера. Розв'язання задач про об'єднання, перетин та доповнення автоматів М'юллера. Теорема про зв'язок між автоматами Б'юхі та М'юллера. [4], [7],[8],[9].

Лабораторне заняття 5. 1) Основні поняття скінченних автоматів над нескінченними словами: поняття акцептації мови та еквівалентності автоматів. Детерміновані автомати та не детерміновані автомати Б'юхі. Узагальнення автоматів Б'юхі – автомати М'юллера. – 2 год.

1. Побудова автоматів Б'юхі за мова, поданими у вигляді w -регулярних виразів. Приклади синтезу w -автоматів. [7], [8], [9],[10].

2. Алгоритм верифікації властивостей протоколів. Приклад системи «електронні гроші» та дослідження властивостей моделі цієї системи. [7], [8], [9], [10].

2) Основні поняття автоматів Мюллера. Зв'язок між автоматами Бюхі та Мюллера. Приклади автоматів та еквівалентні перетворення автоматів, що спрощують їх структуру.

1. Побудова автоматів Мюллера за w -регулярним виразом мови. Перетворення: елімінація тупикових станів та склеювання станів-близнюків. [6], [7], [8],[9].

2. Операції над мовами та автоматами, що їх акцептують. Замкнутість автоматів відносно операцій перетину, об'єднання та доповнення. [7], [8], [9], [10].

Завдання для самостійної роботи. (6 год.)

1. Побудувати автомат Б'юхі, який не акцептує w -мову, але ця мова акцептується автоматом М'юллера. Побудувати за автоматом М'юллера еквівалентний йому автомат Б'юхі.
2. Побудувати автомат М'юллера, який акцептує доповнення w -мови. Виконати оцінку складності побудови такого автомата та складність самого автомата. [4], [7],[8],[9].

Лекція 11. Зв'язок автоматів з логікою. Лінійна темпоральна логіка, аксіоматика та правила виведення. – 2 год.

Означення синтаксису та семантики лінійної темпоральної логіки. тіла та поля. Аксиоматична система для ЛПТЛ та правила виведення. Найпростіші властивості. [1].

Завдання для самостійної роботи. (6 год.)

1. Означення синтаксису та семантики ЛПТЛ. Вияснення семантики модальних операторів існування та загальності. Модель Кріпке та її структура.
2. Побудова доведення теорем в аксіоматичній системі ЛПТЛ. Теорема про повноту і несуперечність ЛПТЛ. Побудова моделі Кріпке для формул ЛПТЛ.

Лекція 12. Основні властивості мови цієї логіки, метод семантичного табло. Приклади застосування - 2 год.

Означення семантичного табло для ЛПТЛ та процедура його побудови. Правила розгортки формул при побудові СТ. Тотожні перетворення формул при побудові СТ. [1].

Завдання для самостійної роботи. (6 год.)

1. Доведення основних теорем ЛПТЛ, які використовуються в правилах розгортки при побудові СТ. Правила розгортки та тотожності.
2. Приклади побудови СТ для заданих формул. Основні формули, які використовуються при специфікації властивостей дискретних систем та їх семантичні табло. [1],[9].

Лекція 13. Алгоритми трансляції моделей Кріпке та ЛТЛ-формул в автомати w -автомати - 2 год.

Завдання для самостійної роботи. (8 год.)

1. Вивчення основних етапів і кроків алгоритму трансляції. Доведення основних теорем ЛПТЛ, які використовуються в правилах розгортки при побудові w -автомата.
2. Приклади побудови СТ для заданих формул. Основні формули, які використовуються при специфікації властивостей дискретних систем та їх трансляції в автомати. [1],[9].

Лекція 14. Розв'язання основних задач верифікації реактивних систем, які задаються специфікаціями в лінійній темпоральній логіці. Приклади верифікації властивостей.– 2год.

Означення проблеми верифікації дискретних реактивних систем. Модель системи та її специфікація. Приклади верифікації властивостей системи взаємного виключення. [1], [9],[11].

Лабораторне заняття 6. 1) Лінійна темпоральна логіка. Основні властивості цієї логіки: синтаксис, семантика та аксіоматика. Приклади доведення теорем в ЛТЛ. – **2 год.**

1. Аксіоматика та правила виведення в ЛТЛ. Семантика формул ЛТЛ, модель Кріпке та її властивості. [1], [9], [10].

2. Доведення основних властивостей операторів ЛТЛ. Правила розгортки ЛТЛ-формул та основні тотожності ЛТЛ. Приклади. [1], [9], [10].

2) Означення семантичного табло. Правила побудови СТ та їх обґрунтування. Побудова моделі за СТ та перевірка виконуваності ЛТЛ-формул на СТ. Властивості дискретних моделей та їх подання у вигляді ЛТЛ-формул. Приклади.

1. Правила побудови СТ та побудова моделі за СТ. Приклади. [1], [9], [10].

2. Алгоритм перевірки виконуваності ЛТЛ-формул на моделі, яка побудована за СТ. Структура Хінтіки та виконуюча структура Хінтіки. [1], [9], [10].

3) Означення проблеми верифікації властивостей дискретних систем. Приклади властивостей: взаємне виключення, справедливість, живучість тощо. Перевірка виконуваності ЛТЛ-формул на моделі та трансляція ЛТЛ-формул в w -автомати. Моделювання автоматами алгоритму Петерсона.

1. Проблема трансляції ЛТЛ-формул в w -автомати. Приклади трансляції. [10],[11].

2. Алгоритм трансляції ЛТЛ-формул в w -автомати та його основні властивості. Оцінка часової складності алгоритма трансляції. Проблема комбінаторного вибуху та способи боротьби з цим явищем. УБДР та їх властивості.. [10], [11], [13].

Завдання для самостійної роботи. (6 год.)

1. Побудувати приклади реактивних систем. Виконати специфікацію їх властивостей та побудувати модель системи. [1], [8], [9], [10].

2. Трансляція моделі системи в w -автомати. Перетворення, які при цьому необхідно виконати. Приклади. [1], [8], [9], [10].

Лекція 15. Часові автомати. Означення часового автомата і мови, яка акцептується цими автоматами.– **2 год.**

Означення часового автомата. Часові обмеження та їх семантика. Траєкторії виконання та їх властивості: часові траєкторії та нечасові траєкторії. Теореми про властивості ЧА. Приклади. [9], [10].

Завдання для самостійної роботи. (6 год.)

1. Побудувати часовий автомат, який контролює кількість гудків в телефонній трубці. Обґрунтувати прийняті розв'язання. [10]

2. Знайти мову траєкторій (часову і нечасову), яка відповідає часовому автомату з попереднього пункту. Дослідити властивості цієї мови. [9], [10].

Лекція 16. Часові автомати Б'юхі і М'юллера. Розв'язання основних задач для часових регулярних мов: об'єднання та перевірка пустоти мови, що акцептується даним автоматом. – **2 год.**

Означення часового автомата Б'юхі та М'юллера. Алгоритм перевірки пустоти мови, яка акцептується цими автоматами. Застосування цього алгоритму до верифікації властивостей реактивних систем з часовими обмеженнями. [9].

Завдання для самостійної роботи. (6 год.)

1. Побудувати алгоритми синтезу автоматів, які акцептують об'єднання мов, перетин мов та доповнення мови. Виконати оцінки часової складності отриманих алгоритмів.
2. Верифікація властивостей дискретних реактивних систем на основі часових автоматів. Приклади та обґрунтування. [9].

Лекція 17. Застосування до моделювання реальних дискретних інформаційних систем (електронні пристрої, робототехніка). – **2 год.**

Моделювання конкретних дискретних систем: системи електронні гроші, промислові роботи, ігрові задачі дискретного типу з часовими обмеженнями. [9].

Лабораторне заняття 7. 1) Алгоритми перевірки пустоти часової мови. Часові регіони та регіональні автомати. Проблема пустоти мови та проблема верифікації властивостей дискретних систем. Приклади верифікації властивостей. – **2 год.**

1. Алгоритм перевірки пустоти часової мови. Проблема верифікації та пустоти мови.. [10],[11].
 2. Алгоритм верифікації паралельних процесів. Приклади застосування алгоритму. трансляції. [10], [11].
- 2) Застосування алгоритмів верифікації до верифікації властивостей дискретних динамічних систем. Означення проблеми верифікації Приклади.
1. Приклади дискретних динамічних систем та їх властивостей. [10],[11].
 2. Застосування алгоритму верифікації до моделі системи CROSS ROAD STATION (систем автоматичного регулювання перетину залізничної колії). [10], [11].

Завдання для самостійної роботи. (6 год.)

1. Моделювання телефонної мережі з часовими обмеженнями. Дослідження властивостей побудованої моделі.
2. Моделювання роботи робота, який виконує роль таймерної системи мікрохвильової печі. Дослідити властивості безпеки та живучості побудованої моделі. [9].

ТИПОВЕ ЗАВДАННЯ МОДУЛЬНОЇ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ

1. Сформулювати та довести теорему синтезу автоматів Б'юхі.
2. Побудувати семантичне табло для формул живучості та взаємного виключення. За цим табло побудувати автомат.
3. Проілюструвати прикладами конкретну систему, яка моделюється часовим автоматом. Дослідити властивості цієї системи.

Контрольні запитання до змістового модуля II.

1. Автомати над нескінченними словами. Автомати Б'юхі та їх узагальнення автомати Мюллера..
2. Властивості детерміновані та недетермінованих автоматів Б'юхі. Замкнутість мов, що акцептуються автоматами Б'юхі, відносно об'єднання та перетину. Не замкнутість відносно доповнення.
3. Лінійна темпоральна логіка. Синтаксис семантика. Модель Кріпке та перевірка виконуваності формул на цій моделі. Аксиоматика ЛПТЛ.
4. Розширення ЛПТЛ до лінійної темпоральної логіки (можливість працювати з інтервалами). Основні оператори та їх семантика, правила розгортки та тотожності..
5. Метод семантичного табло для ЛТЛ. Зв'язок з автоматами. Алгоритм трансляції ЛТЛ формул в автомати.
6. Часові автомати, означення та найпростіші властивості. Замкнутість мов, що акцептуються часовими автоматами Б'юхі, відносно об'єднання та перетину. Не замкнутість відносно доповнення.
7. Проблема верифікації властивостей на основі застосування часових автоматів. Приклади властивостей та приклади систем.

Рекомендована література

1. Кривий С.Л. Дискретна математика: вибрані питання. – Вид. дім «Києво-Могилянська академія». – 2007. – 570 с.
2. Лекции по дискретной математике. / Капитонова Ю.В., Кривой С.Л., Летичевский А.А., Луцкий Г.М., Санкт-Петербург. – БХВ. – 2005. – 634 стр.
3. Глушков В.М. Синтез цифровых автоматов. М: Наука. – 1962. –509 стр.
4. Глушков В.М., Цейтлин Г.Е, Ющенко Е. Л. Алгебра, языки, программирование. К.: Наукова думка, 1989. – 376 с.
5. Hopcroft J.E., Motwani R., Ullman J.D. Introduction to Automata Theory, Languages and Computations (second edition). – Addison-Wesley. –2001.– 521 с.
6. Perrin D. Finite Automata. Handbook of Theoretical and Computer Science. Ed by van Leeuwen. - Elsevier Science Publishers B.V. -1990. – 1-57 p.
7. Perrin D., Pin J-E. Infinite words: Automata, Semigroup, Logic and Games. Elsevier Academic Press.

- 2004. – 538 p.
8. Трахтенброт Б.А., Барздинь Я.М. Конечные автоматы (поведение и синтез).- М.: Наука. – 1970.
– 400 с.
9. Thomas W. Automata on Infinite Objects. – Handbook of Theoretical and Computer Science. Ed by
van Leeuwen. - Elsevier Science Publishers B.V. -1990. – 135- 194 p.
10. Журнальні статті і огляди.
11. Кривий С.Л. Конспект лекцій 2011-2012 рр..
12. Clarke E., Grumberg O., Peled D. Верификация моделей программ: Model checking.
– The MIT
Press. – Cambridge, Massachusetts, London, England. -2001.- 376 p.
13. Карпов Ю.Г. Model Checking. Верификация параллельных и распределенных систем. С-
Пб.:БХВ-Петербург. – 2010. – 560 с.

Додаткова література

14. Глушков В.М., Летичевский А.А., Годлевский А.Б. Методы синтеза дискретных моделей биологических систем. – К.: Вища школа. - 1983. - 262 с.
15. Лупанов О. Б. О сравнении двух типов конечных источников. – В кн.. «Проблемы кибернетики». – М.:Физматгиз. – 1963. – вып. 2. – С. 321-326.
16. Bryant R. E. Symbolic Boolean Manipulation with Ordered Binary Decision Diagrams. -
School of Computer Science, Carnegie Mellon University. – Pittsburg. - 1992 (June). - 34 p.
17. Анисимов А.В. О групповых языках.. ж. Кибернетика. -1971. – N 4. – с. 18-24.
18. Гилл А. Введение в теорию конечных автоматов. – М.: Наука. – 1966ю – 272 с.
19. Мозговой М. В. Алгоритмы, языки, автоматы, компиляторы (практический подход). – Санкт-
Наука и техника. – 2006. – 320 с.

**Завдання для самостійної роботи з елементами дистанційного навчання
з дисципліни «Алгебро-автоматні методи проектування програмного забезпечення»
на період з 24 січня до 28 лютого 2018 р.**

для студентів

1 курсу

першого (магістерського) рівня

освітньої програми «Програмне забезпечення систем»

викладач-лектор: д.ф.-м.н., проф. Кривий С.Л. (електронна пошта - sl.kryvyi@gmail.com)

***Види та форми контрольних заходів з перевірки самостійної роботи студентів,
критерії оцінювання***

Контроль за виконанням самостійної роботи студентами здійснюється у двох формах: у січні-лютому за допомогою електронних засобів (електронною поштою), у березні – шляхом проведення письмової контрольної роботи.

Контроль у січні-лютому 2018 р. відбувається у два етапи. Під час **першого етапу** (24 січня – 6 лютого 2018 р.) студенти мають вивчити запропоновані питання визначених тем на базовому рівні. Для підтвердження виконання завдання студенти мають надіслати відповіді на 10 тестових завдань та розгорнуту повну відповідь на одне теоретичне питання лектору Кривому С.Л. на електронну пошту sl.kryvyi@gmail.com не пізніше **6 лютого 2018 р.** Викладач оцінює виконані завдання в категоріях «зараховано» або «не зараховано». Щоб отримати оцінку «зараховано» потрібно правильно відповісти на 7 і більше тестових питань та дати вичерпну відповідь на теоретичне питання. Якщо студент отримає оцінку «не зараховано», у нього є час до **10 лютого** переробити завдання та надіслати їх викладачу повторно. Також на першому етапі студенти мають обрати собі тему для написання реферату для виконання завдання другого етапу самостійної роботи. Завдання першого етапу, які мають бути виконані та надіслані на електронну пошту викладача, подано у **додатку 1.**

На **другому етапі** самостійної роботи (7 лютого – 20 лютого 2018 р.) кожен студент має опанувати одне з питань винесених на самостійну роботу тем на поглибленому рівні. Підтвердженням його роботи в межах цього етапу є написання **реферату** по одному з питань. Тема реферату погоджується з викладачем.

Реферат має включати наступні структурні елементи: титульний аркуш, зміст, основна частина, список використаних джерел та літератури. Оформлення реферату наступне: *інтервал* між рядками 1,5; *шрифт* Times New Roman; *кегель* 14; *вирівнювання тексту* – по ширині. Рекомендований обсяг реферату: 8-12 сторінок. Реферат має бути надісланий лектору на електронну пошту sl.kryvyi@gmail.com не пізніше **20 лютого 2018 р.** Викладач оцінює реферат в категоріях «зараховано» або «не зараховано». Викладач повідомляє студенту електронною поштою, чи зарахований його реферат. Якщо реферат не зарахований, викладач вказує недоліки та вимоги щодо доопрацювання реферату. **Не допускається написання реферату на одну й ту ж тему більш ніж двома студентами академічної групи.** Ідентичні за змістом реферати отримують оцінку «не зараховано», студенти мають повторно підготувати реферати. У разі не зарахування реферату у студента є час до **27 лютого** для його доопрацювання з урахуванням висловлених викладачем зауважень.

Виконання першого етапу самостійної роботи (тестові завдання та одне теоретичне питання) є допуском до другого етапу. **Виконання другого етапу самостійної роботи (написання реферату) є допуском до написання контрольної роботи у березні 2018 р. Якщо відповіді на питання та реферат здані невчасно без поважних причин, або не зараховані, студент втрачає можливість написання контрольної роботи та отримання відповідних модульних балів, без можливості перескладання.**

На контрольну роботу за підсумками самостійної роботи виносяться всі зазначені нижче теоретичні питання. Робота оцінюється максимум в **10 балів**. Вона включає в себе 5 тестових питань з проблематики, винесеної на самостійну роботу, та одне теоретичне питання. Правильна відповідь на кожне тестове завдання оцінюється в 1 бал. За розгорнуту відповідь на теоретичне питання студент може отримати від 1 до 5 балів. Теоретичне питання на контрольному заході може не співпасти з тим, яке досліджував студент у рефераті.

Критерії оцінювання відповіді студента на теоретичне питання:

- повнота розкриття питання 1-2 бали;
- логіка викладення 1 бал;
- використання основної і додаткової літератури 1 бал;
- аналітичні міркування, вміння робити висновки 1 бал.

Контрольна робота проводиться на першому семінарському занятті з курсу у березні 2018 р. Її тривалість – 1 академічна година. Друга академічна година буде присвячена розгляду перших двох питань семінарської теми з курсу «Автомати над деревами та магазинні автомати» (див. *Додаток 2*).

Теми та питання для самостійного опрацювання

Для самостійного опанування студентами у період з **24.01** до **28.02.18 р.** виносяться наступні теми, передбачені робочою програмою навчальної дисципліни:

Тема 1. Застосування скінченних автоматів до ідентифікації слів та представлення скінченно породжених напівгруп.

Тема 2. Застосування скінченних автоматів до представлення скінченно породжених груп.

Тема 3. Застосування скінченних автоматів до перевірки виконуваності формул арифметики Пресбургера та до трансляції програм і генетики.

Тема 4. Застосування скінченних автоматів до верифікації паралельних програм та мереж автоматів.

Опанування тем відбувається шляхом вивчення студентами наступних **питань**, винесених на самостійну роботу:

- з теми 1:

1) Алгоритми Ахо-Корасіка та Кнута Морріса-Прата ідентифікації слів, переваги та недоліки цих алгоритмів.

2) Зображення скінченно породженої напівгрупи скінченним автоматом.

3) Застосування автоматного підходу до побудови твірних перетину (двох) скінченно породжених напівгруп з відповідним обґрунтуванням.

- з теми 2:

4) Зображення скінченно породженої групи скінченним автоматом.

5) Застосування автоматного підходу до побудови твірних перетину (двох) скінченно породжених груп з відповідним обґрунтуванням.

- з теми 3:

6) Застосування скінченних автоматів в генетиці. Мови зрощування та правила зрощування. Характеристичні моноїди мов зрощування та їх властивості.

7) Застосування автоматного підходу до верифікації програм. Мережі автоматів та автоматні методи дослідження властивостей дискретних систем.

- з теми 4:

8) Застосування скінченних автоматів при трансляції мов програмування. Скінченно автоматні граматики та їх зв'язок з автоматами. Побудова автомата за регулярною граматиною і регулярної граматики за скінченним автоматом.

9) Застосування автоматного підходу до перевірки виконуваності формул арифметики Пресбургера. Алгоритми перевірки виконуваності та їх часові характеристики.

Список основної рекомендованої літератури для виконання самостійної роботи

1. *Анисимов А.В.* О групповых языках // Кибернетика. – 1972. – □ 4. – С. 18–24.
2. *Ахо А., Хопкрофт Дж., Ульман Дж.* Анализ и построение вычислительных алгоритмов. – М.: Мир, 1975. – 457 с.
3. *Вирт Н.* Систематическое программирование. — М: Мир, 1978. – 183 с.
4. *Гизбург С.* Математическая теория контекстно-свободных языков. – М.: Мир, 1970. – 326 с.
5. *Гладкий А.В.* Формальные грамматики и языки. – М.: Наука, 1973.
6. *Глушков В.М.* Синтез цифровых автоматов. – М.: Физматгиз, 1962. – 562 с.
7. *Глушков В.М., Летичевский А.А., Годлевский А.Б.* Методы математической биологии. Кн.6. Методы синтеза математических моделей биологических систем: Уч. пособие для вузов. – Киев: Вища шк., 1983. – 264 с.
8. *Лупанов О.Б.* О сравнении двух типов источников // Пробл. кибернетики. – М.: Физматгиз. – 1963. – Вып. 2. – С. 321–326.
9. *Магнус В., Каррас А., Солитэр Д.* Комбинаторная теория групп. – М.: Мир, 1974. – 456 с.

Повний список рекомендованої літератури для написання реферату та підготовки до контрольної роботи можна знайти у робочій програмі з курсу «Алгебро-автоматні методи проектування програмного забезпечення». Цей список студенти отримали у друкованому вигляді.