

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інформаційних технологій
Кафедра комп'ютерної інженерії та інформаційних систем

Декан Факультету Інформаційних Технологій **Степан ГОВОРУЩЕНКО**
2024 р.

СИЛАБУС



Навчальна дисципліна **Формальні методи розроблення критичних систем**

Освітньо-наукова програма **Комп'ютерна інженерія**

Рівень вищої освіти **третій (доктор філософії)**

Загальна інформація

Позиція	Зміст інформації
Викладач(і)	Лисенко Сергій Миколайович
Профайл викладача	http://kiis.khmn.u.edu.ua/personnel/lysenko-sergij-mykolajovych/
E-mail викладача(ів)	sprlysenko@gmail.com
Контактний телефон	заповнюється за домовленістю
Сторінка дисципліни в ІСУ	https://msn.khnu.km.ua/course/view.php?id=6378
Навчальний рік	2024-2025
Консультації	Очні: середа, 6-а пара, 1-115; п'ятниця, 6-а пара, 1-114; онлайн: за необхідністю та попередньою домовленістю

Характеристика дисципліни

Форма здобуття освіти	Курс	Семестр	Загальне навантаження		Кількість годин						Форма семестрового контролю			
			Кредити ЄКТС	Години	Аудиторні заняття				Індивідуальна робота студента	Самостійна робота, в т.ч. ІРС	Курсовий проект	Курсова робота	Залік	Іспит
					Разом	Лекції	Лабораторні роботи	Практичні заняття						
Д	1	1	4.0	120	51	17	34			69	-	-		+
Разом ДФН			4.0	120	51	17	34			69	-	-		1

Анотація дисципліни

Дисципліна викладається для здобувачів третього (доктор філософії) рівня вищої освіти денної форми навчання спеціальностей галузі інформаційних технологій. При викладанні дисципліни використовуються активні і творчі форми проведення занять, зокрема, методи проблемного навчання.

Пререквізити: Методи оптимізації в наукових дослідженнях та експериментах; **кореквізити:** Інтелектуальні інформаційні системи і технології, Педагогічна практика.

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інформаційних технологій
Кафедра комп'ютерної інженерії та інформаційних систем

ЗАТВЕРДЖУЮ
Декан ФІТ _____ Тетяна ГОВОРУЩЕНКО
_____ 2024 р.

СИЛАБУС

Навчальна дисципліна **Формальні методи розроблення критичних систем**

Освітньо-наукова програма **Комп'ютерна інженерія**

Рівень вищої освіти **третій (доктор філософії)**

Загальна інформація

Позиція	Зміст інформації
Викладач(і)	Лисенко Сергій Миколайович
Профайл викладача	http://kiis.khmnua.edu.ua/personnel/lysenko-sergij-mykolajovych/
Е-mail викладача(ів)	sprlysenko@gmail.com
Контактний телефон	заповнюється за домовленістю
Сторінка дисципліни в ІСУ	https://msn.khnu.km.ua/course/view.php?id=6378
Навчальний рік	2024-2025
Консультації	Очні: середа, 6-а пара, 1-115; п'ятниця, 6-а пара, 1-114; онлайн: за необхідністю та попередньою домовленістю

Характеристика дисципліни

Форма здобуття освіти	Курс	Семестр	Загальне навантаження		Кількість годин						Форма семестрового контролю			
			Кредити ЄКТС	Години	Аудиторні заняття				Індивідуальна робота студента	Самостійна робота, в т.ч. ІРС	Курсовий проект	Курсова робота	Залік	Іспит
					Разом	Лекції	Лабораторні роботи	Практичні заняття						
Д	1	1	4.0	120	51	17	34			69	-	-		+
Разом ДФН			4.0	120	51	17	34			69	-	-		1

Анотація дисципліни

Дисципліна викладається для здобувачів третього (доктор філософії) рівня вищої освіти денної форми навчання спеціальностей галузі інформаційних технологій. При викладанні дисципліни використовуються активні і творчі форми проведення занять, зокрема, методи проблемного навчання.

Пререквізити: Методи оптимізації в наукових дослідженнях та експериментах; **кореквізити:** Інтелектуальні інформаційні системи і технології, Педагогічна практика.

Мета і завдання дисципліни

Метою дисципліни є: розгляд загальної теорії формальних числень, класичних і темпоральних формальних логік та виводу у них, підходів до формальної специфікації семантики критичних інформаційних систем, основних методів доведення властивостей формальних моделей критичних систем, методів автоматизації формальних доведень та методів автоматизованого синтезу критичних систем. Даються відомості з моделювання перехідних систем, практичних, перевірка моделей засобами DCTL та LTL.

Завдання дисципліни. Опанування формальними методами розробки та супроводу критичних систем; опанування основними базовими формальними методами, що застосовуються для моделювання, розробки та тестування критичних систем, оволодіння основними прийомами формального опису моделей та доведення їх властивостей, вироблення вміння самостійно розширювати знання нових методів формальної специфікації і верифікації критичного програмного забезпечення та використовувати їх у прикладних задачах.

Очікувані результати навчання.

Студент, який успішно завершив вивчення дисципліни, повинен: мати передові концептуальні та методологічні знання з комп'ютерної інженерії і на межі предметних галузей, а також дослідницькі навички, достатні для проведення наукових і прикладних досліджень на рівні останніх світових досягнень з комп'ютерної інженерії, IT-інфраструктур та інформаційних технологій, отримання нових знань та/або здійснення інновацій; планувати і виконувати експериментальні та/або теоретичні дослідження з комп'ютерної інженерії та дотичних міждисциплінарних напрямів з використанням сучасних інструментів та дотриманням норм професійної і академічної етики, критично аналізувати результати власних досліджень і результати інших дослідників у контексті усього комплексу сучасних знань щодо досліджуваної проблем; застосовувати загальні принципи та методи математики, інформатики та інших наук, а також сучасні методи та інструменти, цифрові технології та спеціалізоване програмне забезпечення для провадження досліджень у сфері комп'ютерної інженерії; застосовувати сучасні інструменти і технології пошуку, оброблення та аналізу інформації, зокрема, статистичні методи аналізу даних великого обсягу та/або складної структури, спеціалізовані бази даних та інформаційні системи; вміти розв'язувати задачі синтезу та аналізу об'єктів дослідження комп'ютерної інженерії та їх окремих складових, серед яких: аналогові та цифрові комп'ютери та комп'ютерні системи універсального або спеціального призначення; локальні, глобальні комп'ютерні мережі; кіберфізичні системи, Інтернет речей, системи для оброблення великих даних та штучного інтелекту, IT-інфраструктури; їх програмно-технічні засоби, інтерфейси та протоколи взаємодії їх компонентів; вміти застосовувати системний підхід, інтегруючи знання з різних дисциплін та враховуючи нетехнічні аспекти під час розв'язання теоретичних та прикладних задач в предметній області наукових досліджень, доступно представляти та обговорювати отримані результати наукових досліджень, забезпечуючи ефективний трансфер набутих знань; вміти системно мислити, адаптуватися до нових умов, застосовувати творчі здібності до формування принципово нових ідей, самостійно приймати рішення та ініціювати оригінальні дослідницько-інноваційні проєкти; вміти ефективно працювати як індивідуально, так і у складі команди.

Компетентності. Інтегральна: Здатність продукувати нові ідеї, розв'язувати комплексні проблеми в галузі професійної та/або дослідницько-інноваційної діяльності у сфері комп'ютерної інженерії та комп'ютерних технологій, застосовувати методологію наукової та педагогічної діяльності, а також проводити власне наукове дослідження, результати якого мають наукову новизну, теоретичне та практичне значення.

Загальні компетентності (ЗК): ЗК6. Здатність працювати як індивідуально, так і в команді.

Спеціальна (фахова, предметна) компетентність (ФК): ФК1. Здатність виконувати оригінальні дослідження, досягати наукових результатів, які створюють нові знання у комп'ютерній інженерії та дотичних до неї міждисциплінарних напрямів і можуть бути опубліковані у провідних наукових виданнях з комп'ютерної інженерії та суміжних галузей.

ФК6. Здатність інтегрувати знання з різних галузей, застосовувати системний підхід та враховувати нетехнічні аспекти при розв'язанні інженерних задач та проведенні досліджень. **ФК7.** Здатність генерувати нові ідеї щодо розвитку теорії та практики комп'ютерної інженерії, виявляти, ставити та вирішувати проблеми дослідницького характеру, оцінювати та забезпечувати якість виконуваних досліджень..

Програмні результати навчання (ПРН): ПРН1. Мати передові концептуальні та методологічні знання з комп'ютерної інженерії і на межі предметних галузей, а також дослідницькі навички, достатні для проведення наукових і прикладних досліджень на рівні останніх світових досягнень з комп'ютерної інженерії, IT-інфраструктур та інформаційних технологій, отримання нових знань та/або здійснення інновацій.

ПРН2. Планувати і виконувати експериментальні та/або теоретичні дослідження з комп'ютерної інженерії та дотичних міждисциплінарних напрямів з використанням сучасних інструментів та дотриманням норм професійної і академічної етики, критично аналізувати результати власних досліджень і результати інших дослідників у контексті усього комплексу сучасних знань щодо досліджуваної проблем.

ПРН7. Застосовувати загальні принципи та методи математики, інформатики та інших наук, а також сучасні методи та інструменти, цифрові технології та спеціалізоване програмне забезпечення для провадження досліджень у сфері комп'ютерної інженерії.

ПРН9. Застосовувати сучасні інструменти і технології пошуку, оброблення та аналізу інформації, зокрема, статистичні методи аналізу даних великого обсягу та/або складної структури, спеціалізовані бази даних та інформаційні системи.

Програмні результати навчання, визначені за освітньо-науковою програмою:

ПРН11. Вміти розв'язувати задачі синтезу та аналізу об'єктів дослідження комп'ютерної інженерії та їх окремих складових, серед яких: аналогові та цифрові комп'ютери та комп'ютерні системи універсального або спеціального призначення; локальні, глобальні комп'ютерні мережі; кіберфізичні системи, Інтернет речей, системи для оброблення великих даних та штучного інтелекту, ІТ-інфраструктури; їх програмно-технічні засоби, інтерфейси та протоколи взаємодії їх компонентів.

ПРН12. Вміти застосовувати системний підхід, інтегруючи знання з різних дисциплін та враховуючи нетехнічні аспекти під час розв'язання теоретичних та прикладних задач в предметній області наукових досліджень, доступно представляти та обговорювати отримані результати наукових досліджень, забезпечуючи ефективний трансфер набутих знань.

ПРН13. Вміти системно мислити, адаптуватися до нових умов, застосовувати творчі здібності до формування принципово нових ідей, самостійно приймати рішення та ініціювати оригінальні дослідницько-інноваційні проекти.

ПРН14. Вміти ефективно працювати як індивідуально, так і у складі команди.

Тематичний і календарний план вивчення дисципліни

№ тижня	Тема лекції*	Тема практичного заняття*	Тема лабораторної роботи*	Самостійна робота студентів		
				Зміст	Год.	Література
1-2	Поняття формальних методів [3-10]		Типи даних мови Z [1-2]	Опрацювання лекційного матеріалу. Підготовка до лабораторного роботи №1	7	[1-12]
3-4	Моделювання перехідних систем [2, 3, 7]		Властивості системи [10]	Опрацювання лекційного матеріалу. Підготовка до захисту лабораторного роботи №1. Підготовка до лабораторного роботи №2	7	[1-12]
5-6	Основи темпоральних логік, [2, 6-10]		Схеми [1-2]	Опрацювання лекційного матеріалу. Підготовка до захисту лабораторного роботи №2. Підготовка до лабораторного роботи №3	7	[1-12]
7-8	Перевірка моделей засобами CTL [1, 3-10]		Огляд синтаксису мови Z [1-2]	Опрацювання лекційного матеріалу. Підготовка до захисту лабораторного роботи №3. Підготовка до лабораторного роботи №4	8	[1-12]
9-10	Засоби символічної перевірки моделей. Справедлива перевірка моделей засобами CTL [1, 3-10]		Зсилки схеми [1-2]	Опрацювання лекційного матеріалу. Підготовка до захисту лабораторного роботи №4. Підготовка до лабораторного роботи №5	8	[1-12]
11-12	Перевірка моделей засобами автоматично-теоретичної LTL [4, 7, 10]		Математичні засоби [1-2]	Опрацювання лекційного матеріалу. Підготовка до захисту лабораторного роботи №5. Підготовка до лабораторного роботи №6	8	[1-12]
13-14	Обмежена SAT-перевірка моделей [11]		Побудова критичних систем на прикладі телефонної мережі [11, 12]	Опрацювання лекційного матеріалу. Підготовка до лабораторного роботи №7. Підготовка до захисту лабораторного роботи №6.	8	[11-12]
15-16	SAT-абстракція та SAT-удосконалення в перевірці моделей [5, 6,9]		Побудова критичних систем на прикладі контролю повітряного руху	Опрацювання лекційного матеріалу. Підготовка до лабораторного роботи №7.	8	[11-12]

			[11,12]			
17	Мова специфікацій Z [1-12]		Підсумкове заняття [1-12]	Опрацювання лекційного матеріалу. Підготовка до захисту лабораторного роботи №7. Індивідуальне оцінювання проекту колеги. Колективне оцінювання проекту одного з колег.	8	[1-12]

Примітка: * Лекції, лабораторні заняття проводяться по дві години; послідовність проведення занять визначається розкладом (може не відповідати нумерованим тижням)

Політика дисципліни.

Організація освітнього процесу з дисципліни відповідає вимогам положень про організаційне і навчально-методичне забезпечення освітнього процесу, освітній програмі та навчальному плану. Студент зобов'язаний відвідувати лекції, практичні заняття згідно з розкладом, не запізнюватися на заняття, завдання виконувати відповідно до графіка. Пропущене лабораторне заняття студент зобов'язаний опрацювати самостійно у повному обсязі і відзвітувати перед викладачем не пізніше, ніж за тиждень до чергової атестації. До лабораторних занять студент має підготуватися за відповідною темою і проявляти активність. Набуті особою знання з дисципліни або її окремих розділів у неформальній освіті зараховуються відповідно до Положення про порядок перезарахування результатів навчання у ХНУ (<http://khnu.km.ua/root/files/01/06/03/006.pdf>).

Критерії оцінювання результатів навчання.

Кожний вид роботи з дисципліни оцінюється за **чотирибальною** шкалою. Семестрова підсумкова оцінка визначається як середньозважена з усіх видів навчальної роботи, виконаних і зданих позитивно з врахуванням коефіцієнта вагомості. Вагові коефіцієнти змінюються залежно від структури дисципліни і важливості окремих її видів робіт. При оцінюванні знань студентів використовуються різні засоби контролю, зокрема: набуття теоретичних знань і практичних навичок перевіряється шляхом захисту кожної лабораторної роботи згідно з робочою програмою дисципліни і робочим навчальним планом; набуття навичок застосування формальних методи для побудови та верифікації критичних програмних систем перевіряється шляхом захисту лабораторних робіт; набуття навичок критичного мислення та командної роботи перевіряється виконанням та публічним захистом проекту, розробленого під час лабораторних занять.

Структурування дисципліни за видами робіт і оцінювання результатів навчання студентів денної форми навчання у семестрі за ваговими коефіцієнтами

Аудиторна робота								Самостійна, індивідуальна робота	Семестровий контроль (іспит)	
I семестр										
Лабораторні роботи:								Оцінювання проектів		
1	2	3	4	5	6	7	8	Захист проекту	Підсумкова контрольна робота	
ВК:								0,4	0,2	0,4

Примітка: ВК – ваговий коефіцієнт.

Співвідношення інституційної шкали оцінювання і шкали оцінювання ЄКТС

Оцінка ЄКТС	Інституційна шкала балів	Інституційна оцінка	Критерії оцінювання	
A	4,75-5,00	5	Зараховано	
B	4,25-4,74	4		Відмінно – глибоке і повне опанування навчального матеріалу і виявлення відповідних умінь та навичок.
C	3,75-4,24	4		Добре – повне знання навчального матеріалу з кількома незначними помилками.
D	3,25-3,74	3		Добре – в загальному правильна відповідь з двома-трьома суттєвими помилками.
E	3.00-3,24	3		Задовільно – неповне опанування програмного матеріалу, але достатнє для лабораторного діяльності за професією.
			Задовільно – неповне опанування програмного матеріалу, що задовольняє мінімальні критерії оцінювання	

FX	2,00-2,99	2	Незараховано	Незадовільно – безсистемність одержаних знань і неможливість продовжити навчання без додаткових знань з дисципліни
F	0,00-1,99	2		Незадовільно – необхідна серйозна подальша робота і повторне вивчення дисципліни.

Питання для підсумкового контролю з дисципліни

1. Які принципи є основними методологічними принципами теорії програмування?
2. Як формулюються принципи розвитку та гносеологічності?
3. Як визначається пентада основних понять програмування?
4. Як визначаються поняття користувача, проблеми, програми, обчислюваності, програмування?
5. Які властивості основних понять програмування?
6. Властивості основної пентади програмування.
7. Властивості програмної пентади.
8. Що таке часткова коректність програм? Яким чином доводиться часткова коректність програм?
9. Що таке повна коректність програм? Яким чином доводиться повна коректність програм?
10. Розкрийте зміст формалізації поняття програми.
11. Визначте різні класи функцій.
12. Визначте програмні системи різного рівня абстракції.
13. Дайте визначення класу номінативних даних.
14. Повний клас обчислюваних функцій над номінативними даними.
15. Як аспекти програм є головними?
16. На підставі яких принципів відбувається формалізація програмних понять?
17. Класи функцій, що використовуються для формалізації програм.
18. Як визначаються інтенціональні та екстенціональні аспекти програмних понять?
19. Поняття композиційно-номінативної системи.
20. Як визначаються системи різних рівнів абстракції?
21. Як визначаються мови специфікацій та програмування?
22. Якими методами описують предметні області?
23. Як методи використовують для специфікації вимог до програмних систем?
24. Які засади RAISE-методу розробки програм?
25. Які засади В-методу розробки програм?
26. Які засади Z-методу розробки програм?
27. Які засади TLA-методу розробки програм?
28. Які логічні формалізми використовують для специфікацій програм?
29. Як використовується класична та некласична логіка для специфікацій програм?
30. Як визначаються темпоральні та модальні логіки?
31. Як визначаються аксіоматичні методи специфікацій програм?
32. Як визначається логіка Флойда-Хоара та які властивості вона має?
33. Повнота логіки Флойда-Хоара.
34. Які особливості має семантико-синтаксична технологія розробки програм?
35. Які особливості має метод послідовних уточнень?
36. Які особливості у розробку програм вносять об'єктно-орієнтовані методи?
37. Яка мета стандартів програмування?
38. Як використовують технологічні та інструментальні засоби специфікації та розробки програм?

9. МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Навчальний процес з дисципліни забезпечений необхідними навчально-методичними розробками в модульному середовищі.

10. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Нестеренко Б.Б., Новотарський М.А. Формальні засоби моделювання паралельних процесів та систем : праці Інституту математики НАН України. Т.90. Київ: Ін-т математики НАН України, 2012. 334 с.
2. Goos, Gerhard, Juris Hartmanis, and Jan van Leeuwen. "Formal Methods." 2023.
3. ASHRAF, Kanwal, et al. Design of Cyber Bio-analytical Physical Systems: Formal methods, architectures, and

- multi-system interaction strategies. *Microprocessors and Microsystems*, 2023, 97: 104780.
4. BASIN, David. Formal Methods for Payment Protocols. In: *Proceedings of the 2023 ACM Asia Conference on Computer and Communications Security*. 2023. p. 326-326..
 5. Jim Woodcock, Jim Davies. Using Z Specification, Refinement, and Proof. University of Oxford. <http://www.cs.cmu.edu/~15819/zedbook.pdf>.
 6. MOGHADASI, Negin, et al. Formal methods in unmanned aerial vehicle swarm control for wildfire detection and monitoring. In: *2023 IEEE International Systems Conference (SysCon)*. IEEE, 2023. p. 1-8.
 7. RAY, Kaustabha. Adaptive service placement for multi-access edge computing: A formal methods approach. In: *2023 IEEE International Conference on Web Services (ICWS)*. IEEE, 2023. p. 14-20..
 8. TER BEEK, Maurice H., et al. Formal methods in industry. *Formal Aspects of Computing*, 2024.
 9. Pereverzeva Inna. Formal Development of Resilient Distributed Systems / Inna Pereverzeva // PhD diss., Turku Centre for Computer Science, Abo Akademi University, Faculty of Science and Engineering, Joukahaisenkatu, Turku, Finland. – 2015.
 10. SMITH, Bob. Formal Methods in Software Engineering: Ensuring Precision in High-Stakes Systems. *International Journal of Advanced Engineering Technologies and Innovations*, 2024, 10.2: 471-487.
 11. Лисенко С. М. Метод забезпечення резильєнтності комп'ютерних систем в умовах кібер-загроз на основі самоадаптивності. *Радіоелектронні і комп'ютерні системи*. 2019. №4. С. 4–16.
 12. Lysenko S., Bobrovnikova K., Savenko O., Kryshchuk A. BotGRABBER: SVM-Based Self-Adaptive System for the Network Resilience Against the Botnets' Cyberattacks. *Communications in Computer and Information Science*, ISSN: 1865-0929. 2019. Pp. 127-143.
 13. Електронна бібліотека університету. Доступ до ресурсу: http://lib.khnu.km.ua/asp/php_f/plage_lib.php.

Розробник: д.т.н., проф. Сергій ЛИСЕНКО

Погоджено:

Зав. каф. КПС: к.т.н., доц. Ірина ЗАСОРНОВА

Гарант ОНП «КІ»: к.т.н., доц. Дмитро МЕДЗАТИЙ

- multi-system interaction strategies. *Microprocessors and Microsystems*, 2023, 97: 104780.
4. BASIN, David. Formal Methods for Payment Protocols. In: *Proceedings of the 2023 ACM Asia Conference on Computer and Communications Security*. 2023. p. 326-326..
 5. Jim Woodcock, Jim Davies. Using Z Specification, Refinement, and Proof. University of Oxford. <http://www.cs.cmu.edu/~15819/zedbook.pdf>.
 6. MOGHADASI, Negin, et al. Formal methods in unmanned aerial vehicle swarm control for wildfire detection and monitoring. In: *2023 IEEE International Systems Conference (SysCon)*. IEEE, 2023. p. 1-8.
 7. RAY, Kaustabha. Adaptive service placement for multi-access edge computing: A formal methods approach. In: *2023 IEEE International Conference on Web Services (ICWS)*. IEEE, 2023. p. 14-20..
 8. TER BEEK, Maurice H., et al. Formal methods in industry. *Formal Aspects of Computing*, 2024.
 9. Pereverzeva Inna. Formal Development of Resilient Distributed Systems / Inna Pereverzeva // PhD diss., Turku Centre for Computer Science, Abo Akademi University, Faculty of Science and Engineering, Joukahaisenkatu, Turku, Finland. – 2015.
 10. SMITH, Bob. Formal Methods in Software Engineering: Ensuring Precision in High-Stakes Systems. *International Journal of Advanced Engineering Technologies and Innovations*, 2024, 10.2: 471-487.
 11. Лисенко С. М. Метод забезпечення резильєнтності комп'ютерних систем в умовах кібер-загроз на основі самоадаптивності. *Радіоелектронні і комп'ютерні системи*. 2019. №4. С. 4–16.
 12. Lysenko S., Bobrovnikova K., Savenko O., Kryshchuk A. BotGRABBER: SVM-Based Self-Adaptive System for the Network Resilience Against the Botnets' Cyberattacks. *Communications in Computer and Information Science*, ISSN: 1865-0929. 2019. Pp. 127-143.
 13. Електронна бібліотека університету. Доступ до ресурсу: http://lib.khnu.km.ua/asp/php_f/page_lib.php.

Розробник:



д.т.н., проф. Сергій ЛИСЕНКО

Погоджено:

Зав. каф. КІС:



к.т.н., доц. Ірина ЗАСОРНОВА

Гарант ОНП «КІ»:



к.т.н., доц. Дмитро МЕДЗАТИЙ