



# КОГНІТИВНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СКЛАДНИХ СИСТЕМ

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	<i>12 Інформаційні технології</i>
Спеціальність	<i>124 Системний аналіз</i>
Освітня програма	<i>Системний аналіз і управління, Системний аналіз фінансового ринку</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>очна (денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>1 курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>120 годин/ 4 кредити ЕКТС (лекції – 36 годин, семінарські заняття – 18 годин, СРС – 66 годин)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік, МКР</i>
Розклад занять	<i><a href="https://schedule.kpi.ua/">https://schedule.kpi.ua/</a> 2 год лекційних та 1 год практичних (семінарських) занять на тиждень</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лекції та семінари проводить д.т.н., доцент кафедри ММСА Мілявський Юрій Леонідович, <a href="mailto:yuriy.milyavsky@gmail.com">yuriy.milyavsky@gmail.com</a></i>
Розміщення курсу	<i><a href="https://classroom.google.com/c/MjIwNDk0NzZzMjk2?cjc=4ebrken">https://classroom.google.com/c/MjIwNDk0NzZzMjk2?cjc=4ebrken</a></i>

### Програма навчальної дисципліни

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

Одним з підходів до вирішення складноструктурованих слабоформалізованих задач є когнітивне моделювання. Когнітивне моделювання – це розділ когнітивної науки, що займається моделюванням ментальних процесів та вирішення прикладних задач людиною за допомогою спрощених (графових чи інших) моделей, що можуть бути комп'ютеризовані і автоматизовані. Когнітивне моделювання є однією міждисциплінарних галузей науки, що найбільш стрімко розвиваються в останні десятиліття, і знаходиться на стику системного аналізу, комп'ютерних наук, математики, когнітивної психології та інших галузей прикладної когнітології (когнітивістики). Когнітивна карта є основним представленням статички і динаміки складної системи в цій науці. Вона дозволяє описувати і моделювати економічні, соціальні, політичні, психологічні, фінансові, біологічні та інші процеси, які раніше важко піддавались кількісному аналізу.

**Метою** навчальної дисципліни є формування знань і набуття досвіду з побудови когнітивних карт, їх аналізу, прогнозування, керування та застосування до вирішення практичних задач.

**Предметом** навчальної дисципліни є когнітивні моделі, зокрема, когнітивні карти, та їхнє застосування для вирішення широкого кола практичних задач, а саме аналізу складних систем різної природи, які можна описати та дослідити за допомогою моделей, методів і засобів, що відомі як когнітивні.

Дисципліна сприяє формуванню у студентів таких **компетентностей**:

- Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.
- Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел
- Здатність формалізувати предметну область певного проєкту у вигляді когнітивної карти
- Здатність використовувати математичні методи для аналізу та синтезу когнітивних моделей предметної області
- Здатність проектувати системи керування імпульсними процесами в когнітивних картах на основі методів теорії автоматичного керування

Після засвоєння навчальної дисципліни студенти мають продемонструвати такі програмні **результати навчання**:

- Розробляти та застосовувати математичні методи для аналізу складних динамічних систем, що описуються моделями імпульсних процесів когнітивних карт
- Знати принципи і методи синтезу управління імпульсними процесами в когнітивних картах складних систем різної природи
- Здійснювати ідентифікацію та керування складними системами, що описуються когнітивними картами

Зокрема, такі **знання**:

- теоретичних основ когнітивного моделювання,
- властивостей систем, що описуються за допомогою когнітивних карт різного типу,
- принципів і методів управління імпульсними процесами когнітивних карт;

**уміння**:

- реалізувати повний цикл процесу побудови та аналізу когнітивної моделі складної системи,
- аналізувати систему, представлену когнітивною картою, на структурну, імпульсну та абсолютну стійкість,
- моделювати динаміку імпульсного процесу когнітивної карти при дії зовнішніх і внутрішніх збурень,
- управляти імпульсним процесом у когнітивній карті на основі методів теорії автоматичного керування;

**досвід**:

- практичної побудови когнітивної моделі складної системи,

- чисельного комп'ютерного моделювання складних динамічних систем, представлених когнітивними картами,
- дослідження основних властивостей заданої когнітивної карти,
- синтезу алгоритму управління імпульсним процесом когнітивної карти.

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

Місце навчальної дисципліни визначається набуттям системи компетентностей та здатностей вирішувати проблеми моделювання, аналізу та управління складними системами на основі когнітивної методології. Серед дисциплін, що передують «когнітивному моделюванню», є основи системного аналізу, теорія керування, дискретна математика (зокрема, теорія графів), математичне моделювання, програмування та алгоритмізація, лінійна алгебра. Знання, отримані при вивченні дисципліни, можуть бути використані студентами при написанні магістерської дисертаційної роботи.

## **3. Зміст навчальної дисципліни**

Тема 1. Когнітивні карти

Тема 2. Управління та ідентифікація в імпульсних процесах когнітивних карт

Тема 3. Інші когнітивні моделі. Вступ до когнітивістики

## **4. Навчальні матеріали та ресурси**

### *Базова література*

1. Мілявський Ю.Л. Ідентифікація та керування складними системами на основі моделей імпульсних процесів когнітивних карт: дис. ... докт. техн. наук : 01.05.04. Київ, 2021. 297 с. (<https://ela.kpi.ua/handle/123456789/43829>)
2. Roberts F. Discrete Mathematical Models with Applications to Social, Biological, and Environmental Problems. — Englewood Cliffs, Prentice-Hall, 1976. — 559 p. (за запитом викладачу)
3. Інноваційний розвиток соціально-економічних систем на основі методологій передбачення і когнітивного моделювання / Під ред. Г.В. Горелової, Н.Д. Панкратової. — К.: Наукова думка, 2015. — 464 с. (НТБ ім. Г. Денисенка)
4. Jerome R. Busemeyer, Adele Diederich. Cognitive Modeling. - SAGE, 2010. — 211 p. (За запитом викладачу)

### *Додаткова література*

5. Kosko B. Fuzzy Cognitive Maps // International Journal of Man-Machine Studies. — 1986. — 24. — P. 65 — 75. URL: [http://katedrawiss.uwm.edu.pl/sites/default/files/download/202006/kosko\\_fcm\\_fuzzy\\_cognitive\\_maps.pdf](http://katedrawiss.uwm.edu.pl/sites/default/files/download/202006/kosko_fcm_fuzzy_cognitive_maps.pdf)

6. Aguilar J. A Survey about Fuzzy Cognitive Maps Papers // International Journal of Computational Cognition. – 2005. – 3, N 2. – P. 27 – 33. URL: [https://www.researchgate.net/publication/228703248\\_A\\_survey\\_about\\_Fuzzy\\_Cognitive\\_maps\\_papers](https://www.researchgate.net/publication/228703248_A_survey_about_Fuzzy_Cognitive_maps_papers)
7. Hagiwara M. Extended fuzzy cognitive maps // Proceedings of the 1st IEEE International Conference on Fuzzy Systems. – 1992. – P. 795 – 801. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/258761>
8. Mikhail Z. Zgurowsky, Victor D. Romanenko, Yuriy L. Milyavskiy. Principles and Methods of Impulse Processes Control in Cognitive Maps of Complex Systems. Part 1 // Journal of Automation and Information Sciences. – 2016. – Vol. 48, No. 3. – P. 36-45. URL: <http://www.dl.begellhouse.com/journals/2b6239406278e43e,27ddd3ba46288289,7d6469be01bb0be9.html>
9. Mikhail Z. Zgurowsky, Victor D. Romanenko, Yuriy L. Milyavskiy. Principles and Methods of Impulse Processes Control in Cognitive Maps of Complex Systems. Part II // Journal of Automation and Information Sciences. – 2016. – Vol. 48, No. 7. – P. 4-16. URL: <http://www.dl.begellhouse.com/journals/2b6239406278e43e,592e0f00354f01f3,394b1e4a340dc0f4.htmlb>
10. В.Д. Романенко, Ю.Л. Мілявський. Когнітивне моделювання динаміки прийняття рішень для стабілізації нестійких режимів у соціально-навчальному процесі студента // Наукові вісті НТУУ "КПІ". – 2016. - № 5. – С. 48 – 53. (НТБ ім. Г. Денисенка)
11. В.Д. Романенко, Ю.Л. Мілявський. Методи керування імпульсними процесами когнітивних карт із запізненнями // Наукові вісті НТУУ "КПІ". – 2015. – № 5. – С. 57 – 63. (НТБ ім. Г. Денисенка)
12. Романенко В.Д., Мілявський Ю.Л. Приглушення обмежених збурень імпульсних процесів у когнітивних картах за допомогою теорії  $H_\infty$  при неповних вимірюваннях координат вершин // Системні дослідження та інформаційні технології. – 2017. – № 4. – С. 119–129. URL: <http://journal.iasa.kpi.ua/article/view/119464/114243>
13. V. Gubarev, V. Romanenko, Y. Miliavskiy. Identification in Cognitive Maps in the Impulse Processes Mode with Full Information // Journal of Automation and Information Sciences. – 2018. – Vol. 50, No. 8. – P. 1–15. URL: <http://www.dl.begellhouse.com/journals/2b6239406278e43e,2ec3cf2b062398ac,211a5ad66bc43aed.html>
14. Романенко В.Д., Мілявський Ю.Л. Координуюче керування імпульсним процесом когнітивної карти у стохастичному середовищі // Проблеми керування та інформатики. – 2022. - №4.- С. 49-58. URL: <https://jais.org.ua/storage/editor/files/romanenko1.pdf>
15. В.Ф. Губарев. Моделювання та ідентифікація складних систем. – К.: Наукова думка, 2019. – 248 с. (НТБ ім. Г. Денисенка)

16. Романенко В.Д. Методи автоматизації прогресивних технологій. – К.: Вища школа, 1995. – 519 с. (НТБ ім. Г. Денисенка)

## Навчальний контент

### 5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Навчальна дисципліна охоплює 36 годин лекцій та 18 годин семінарських занять, а також виконання модульної контрольної роботи.

Основна мета семінарських занять полягає у тому, щоб навчити на прикладах, взятих із реального життя, як використовувати отримані знання для розв'язання практичних проблем, для вирішення яких необхідне застосування інструментарію когнітивного моделювання.

#### **Тема 1 Когнітивні карти**

Лекція 1 Вступ у когнітивне моделювання

Лекція 2 Основні типи когнітивних карт та їх узагальнень

Семінарське заняття 1 Приклади когнітивних карт реальних систем

Лекція 3 Основні типи нечітких когнітивних моделей

Лекція 4 Імпульсний процес у когнітивній карті

Семінарське заняття 2 Побудова когнітивних карт

Лекція 5 Стійкість когнітивних карт

Лекція 6 Структурний аналіз когнітивних карт

Семінарське заняття 3 Аналіз імпульсної та абсолютної стійкості когнітивних карт.

Структурний аналіз когнітивних карт

Лекція 7 Методика побудови когнітивних карт

#### **Тема 2 Управління та ідентифікація в імпульсних процесах когнітивних карт**

Лекція 8 Вступ у проблему

Семінарське заняття 4 Моделювання імпульсного процесу когнітивної карти

Лекція 9 Взаємозв'язок між когнітивними картами та системами у просторі станів

Лекція 10 Різноманітні когнітивні карти

Семінарське заняття 5 Управління імпульсним процесом когнітивної карти за допомогою різних методів теорії керування в залежності від поставленої мети та специфіки предметної області

Лекція 11 Управління когнітивними картами за допомогою варіювання ваговими коефіцієнтами

Лекція 12 Робастне управління імпульсним процесом в когнітивній карті

Семінарське заняття 6 Застосування методів ідентифікації систем до визначення ваг ребер когнітивних карт

Лекція 13 Ідентифікація вагових коефіцієнтів когнітивних карт при вимірюванні всіх координат вершин

Лекція 14 Ідентифікація вагових коефіцієнтів когнітивних карт за наявності невимірюваних вершин

Семінарське заняття 7 МКР: презентація по результатах самостійного виконання індивідуального завдання

#### **Тема 3 Інші когнітивні моделі. Вступ до когнітивістики**

Лекція 15 Історія та базові ідеї когнітивного підходу, становлення когнітивістики

Лекція 16 Когнітивний інструментарій вирішення системних задач

Семінарське заняття 8 Залік

Лекція 17 Поняття про когнітивну лінгвістику, когнітивну семантику, когнітивну психологію.

Лекція 18 Когнітивістика та штучний інтелект

## 6. Самостійна робота студента

Для більш поглибленого засвоєння матеріалу студент виконує індивідуальне завдання для вибраної студентом складної системи. Студент самостійно досліджує задачу, будує когнітивну карту, аналізує її властивості, моделює динаміку її імпульсного процесу при різних початкових збуреннях, управляє імпульсним процесом за допомогою обраного методу, робить висновки по результатах свого дослідження. Виконання цього завдання розділено на 8 частин, які виконуються студентом самостійно протягом семестру.

Частина 1: вибір складної системи для аналізу (3 години).

Частина 2: побудова когнітивної карти (5 годин).

Частина 3: дослідження стійкості когнітивної карти (3 години).

Частина 4: моделювання динаміки, прогнозування складної системи на основі імпульсного процесу когнітивної карти (5 годин).

Частина 5: перевірка адекватності отриманих результатів, за потреби – зміна вагових коефіцієнтів карти і повторне моделювання (3 години).

Частина 6: здійснення керування імпульсним процесом когнітивної карти на основі одного з методів теорії керування (9 годин).

Частина 7: підготовка висновків проведеного моделювання та керування (3 години).

Частина 8: оформлення звіту з проведеного дослідження (4 години).

Крім виконання цього індивідуального завдання, СРС також включає в себе по 1 годині для підготовки до кожного лекційного та кожного семінарського заняття, 2 години підготовки презентації (слайдів та доповіді) до МКР по результатах цього завдання і 3 години підготовки до заліку.

## Політика та контроль

### 7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

**Академічна доброчесність та норми етичної поведінки.** Політика та принципи академічної доброчесності визначені у розділах 2 і 3 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>.

**Інклюзивне навчання.** Засвоєння знань та умінь в ході вивчення дисципліни може бути доступним для більшості осіб з особливими освітніми потребами, окрім здобувачів з серйозними вадами зору, які не дозволяють виконувати завдання за допомогою персональних комп'ютерів, ноутбуків та/або інших технічних засобів.

**Навчання іноземною мовою.** У ході виконання завдань студентам може бути рекомендовано звернутися до англомовних джерел.

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

Семестровий контроль проводиться у вигляді заліку. Для оцінювання результатів навчання застосовується 100-бальна рейтингова система та університетська шкала.

**Поточний контроль:** участь у роботі семінарів, доповіді.

**Календарний контроль** проводиться з метою підвищення якості навчання студентів та моніторингу виконання студентом вимог силабусу. На перший календарний контроль необхідно виконати частини 1-3 індивідуального завдання, на другий календарний контроль – частини 4-5.

### Семестровий контроль: залік.

Семестровий рейтинг з дисципліни «Когнітивне моделювання складних систем» складається з рейтингових балів за семестр (див. таблицю). Здобувачі, які мають рейтингову оцінку 60 і більше балів, отримують відповідну до набраного рейтингу оцінку без додаткових випробувань. Здобувачі, що мають допуск до заліку, які мають рейтингову оцінку менше 60 балів, а також ті, хто бажає підвищити свою рейтингову оцінку, здають залік. Умовою допуску до заліку є наявність щонайменше 40 балів за семестр. Якщо здобувач здає залік, поточний рейтинг скасовується, після виконання залікової контрольної роботи здобувач отримує оцінку за результатами цієї роботи. Залік здається у формі усних відповідей на питання за тематикою всього освітнього компоненту і оцінюється у 100 балів.

Контрольний захід оцінювання	Максимальна кількість балів	Критерії оцінювання
Ч. 1 Інд. завд.	5	5 – тему вибрано, 0 – тему не вибрано
Ч. 2 Інд. завд.	15	13-15 – відмінно (карта має достатню кількість осмислених вершин, всі вершини мають шкали вимірювання, взаємозв'язки між вершинами відповідають логіці, жодні важливі зв'язки не пропущено), 11-12 – добре (є окремі недоліки, які легко виправляються), 8-10 – задовільно (багато недоліків, але з картою можна працювати)
Ч. 3 Інд. завд.	10	9-10 – відмінно (проведено дослідження структурної стійкості, якщо можливо, а також імпульсної стійкості та за значенням, власні числа знайдено і проінтерпретовано вірно), 7-8 – добре (є окремі недоліки, які легко виправляються), 5-6 – задовільно (багато недоліків, але висновок щодо стійкості вірний)
Ч. 4 Інд. завд.	15	13-15 – відмінно (здійснено моделювання всіх основних сценаріїв розвитку системи у відповідності зі специфікою когнітивної карти, моделювання виконано вірно, графіки чіткі і зрозумілі), 11-12 – добре (є окремі недоліки, які легко виправляються), 8-10 – задовільно (багато недоліків, але моделювання вірне і основні сценарії присутні)
Ч. 5 Інд. завд.	10	9-10 – відмінно (переконливо показано, що результати моделювання відповідають логіці предметної області, якщо знайдено розбіжності,



		надано пояснення і зроблено виправлення), 7-8 – добре (є окремі недоліки, які легко виправляються), 5-6 – задовільно (багато недоліків, але в цілому ясно, що карта адекватна)
Ч. 6 Інд. завд.	10	9-10 – відмінно (успішно застосовано підходящий метод теорії керування для досягнення коректно поставленої мети керування, чіткі графіки демонструють коректність результатів), 7-8 – добре (є окремі недоліки, які легко виправляються), 5-6 – задовільно (багато недоліків, але мета керування досягнута)
Ч. 7 Інд. завд.	5	5 – відмінно (сформульовано розлогі і коректні висновки, які мають практичний сенс і точно відповідають отриманим результатам, надано рекомендації щодо функціонування складної системи), 4 – добре (є окремі недоліки, які легко виправляються), 3 – задовільно (багато недоліків, але висновок в цілому вірний)
Ч. 8 Інд. завд.	10	9-10 – відмінно (звіт виконано у відповідності до всіх вимог, містить докладний опис усіх етапів МКР, без помилок), 7-8 – добре (є окремі недоліки, які легко виправляються), 5-6 – задовільно (багато недоліків, але звіт відображає проведену роботу)
МКР (презентація по виконаному інд. завд.)	20	18-20 – відмінно (презентація чітка і зрозуміла, розкриває всі аспекти індивідуального завдання), 14-17 – добре (є окремі недоліки, які легко виправляються), 10-13 – задовільно (багато недоліків, але основний результат завдання продемонстровано)

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

<i>Кількість балів</i>	<i>Оцінка</i>
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно

**Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):**

**Складено:** доцент кафедри ММСА, д.т.н. Мілявський Ю.Л.

**Ухвалено** кафедрою ММСА (протокол №13 від 05.06.2024)

**Погоджено** Методичною комісією НН ІПСА (протокол №10 від 24.06.2024)