

# ОСНОВИ СИНЕРГЕТИКИ (ПО-28)

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Бакалавр
Галузь знань	12 Інформаційні технології
Спеціальність	122 Комп'ютерні науки
Освітня програма	Комп'ютерні технології в біології та медицині
Статус дисципліни	Нормативна
Форма навчання	Очна(денна)
Рік підготовки, семестр	4 курс, осінній семестр
Обсяг дисципліни	4,5 кредити (135 год).Лекційні заняття-28 год., комп'ютерні практикуми – 26 год. Самостійна робота (СР)– 81 година
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Іспит, модульна контрольна робота, розрахункова робота (РР)
Розклад занять	Згідно розкладу на сайті <a href="http://rozklad.kpi.ua/">http://rozklad.kpi.ua/</a>
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	доктор біологічних наук професор Настенко Євген Арнольдович <a href="mailto:nastenko.e@gmail.com">nastenko.e@gmail.com</a> , <a href="mailto:bk-nastenko-fbmi@lil.kpi.ua">bk-nastenko-fbmi@lil.kpi.ua</a> кандидат фіз-мат наук Рудніков Євгеній Григорович <a href="mailto:rudnikof@yahoo.com">rudnikof@yahoo.com</a> , <a href="mailto:bmk-ryg-fbmi@lil.kpi.ua">bmk-ryg-fbmi@lil.kpi.ua</a>
Профіль викладача	<a href="http://bmc.fbmi.kpi.ua/employees/nastenko-evgeniy-arnoldovich">http://bmc.fbmi.kpi.ua/employees/nastenko-evgeniy-arnoldovich</a>
Розміщення курсу	Кампус КІІІ

### Програма навчальної дисципліни

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

Навчальна дисципліна “Основи синергетики” відіграє суттєву роль в підготовці бакалаврів за спеціальністю 122 “Комп'ютерні науки”. Вивчення дисципліни сприяє розвитку та здатності до аналізу властивостей динаміки складних нелінійних систем та об'єктів зі складною поведінкою. Застосування методології синергетики є ефективним для дослідження складних проблем різної природи, методів побудови нелінійних моделей складних систем та процесів та їх системного аналізу і можливостей прогнозування їх поведінки.

Навчальна дисципліна вивчає основні поняття і підходи до аналізу та моделювання відкритих складних систем, кількісної оцінки складності їх поведінки та оптимізації станів медичних та біологічних об'єктів, дозволяє створювати та удосконалювати нелінійні математичні моделі і будувати програмні системи.

Метою навчальної дисципліни є формування у студентів **компетентностей** у відповідності до освітньо-професійної програми “Комп'ютерні технології в біології та медицині”.

#### Загальні компетентності:

**ЗК 3** Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності

**ЗК 11** Здатність приймати обґрунтовані рішення

#### Спеціальні (фахові) компетентності:

**ФК 1-** Здатність до математичного формулювання та досліджування неперервних та дискретних математичних моделей, обґрунтування вибору методів і підходів для розв'язування теоретичних і прикладних задач у галузі комп'ютерних наук, аналізу та інтерпретування.

**ФК 3.** Здатність до логічного мислення, побудови логічних висновків, використання формальних мов і моделей алгоритмічних обчислень, проектування, розроблення й аналізу алгоритмів, оцінювання їх ефективності та складності, розв'язності та нерозв'язності алгоритмічних проблем для адекватного моделювання предметних областей і створення програмних та інформаційних систем.

**ФК 6 .** Здатність до системного мислення, застосування методології системного аналізу для дослідження складних проблем різної природи, методів формалізації та розв'язування системних задач, що мають суперечливі цілі, невизначеності та ризики.

**ФК 24.** Здатність до вивчення складних та неструктурованих систем за допомогою вивчення процесів самоорганізації і виникнення, підтримки стійкості і розпаду структур (систем) різної природи на основі методів синергетики.

**Програмними результатами навчання** після вивчення дисципліни “Основи синергетики” є:

**ПР 3.** Використовувати знання закономірностей випадкових явищ, їх властивостей та операцій над ними, моделей випадкових процесів та сучасних програмних середовищ для розв'язування задач статистичної обробки даних і побудови прогнозних моделей.

**ПР 19.** Досліджувати нелінійні динамічні системи, що характеризуються саморганізованістю та саморозвитком

**ПР 20.** Розв'язання складних спеціалізованих завдань та практичних проблем у галузі інтелектуальних інформаційних технологій та інтелектуального аналізу даних в процесі професійної діяльності, що передбачає застосування сучасних методів, моделей, алгоритмів машинного навчання, штучного та обчислювального інтелекту.

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

В структурно-логічній схемі програми підготовки фахівця навчальна дисципліна входить до переліку нормативних дисциплін, циклу загальної підготовки.

*Пререквізити .* навчальна дисципліна викладається в 7-му семестрі 4-го курсу.. Основою вивчення навчальної дисципліни є базові знання, які студенти набувають у при вивченні навчальних дисциплін: “Основи молекулярної біології та біоінформатики”, “Методи дослідження операцій у біології та медицині”.

*Постреквізити.* Отримані під час вивчення навчальної дисципліни «Основи синергетики» теоретичні знання та засвоєні практичні навички використовуються в подальшому під час підготовки дипломних робіт за спеціальністю та в подальшій практичній роботі за фахом.

## **3. Зміст навчальної дисципліни**

Перелік розділів і тем всієї дисципліни

### **Розділ 1. Основні ідеї та поняття синергетики**

*Тема 1.1. Вступна лекція з курсу Основи синергетики.*

*Тема 1.2. Парадигми нелінійної науки.*

*Тема 1.3. Атрактори.*

### **Розділ 2. Фрактали.**

*Тема 2.1. Фрактальні властивості хаосу.*

*Тема 2.2. Фрактали (частина - 1, 2).*

### **Розділ 3. Біфуркації, складність та ентропія.**

*Тема 3.1. Теорія біфуркацій.*

*Тема 3.2. Шкала складності*

*Тема 3.3. Шкала детермінізм – стохастичність*

### **Розділ 4. Теорія самоорганізованої критичності та динамічні властивості біомедичних систем**

*Тема 4.1. Теорія самоорганізованої критичності*

*Тема 4.2. Флікер-шум (частина - 1,2)*

*Тема 4.3. Координатна площина складності – варіабельність*

### **Розділ 5. Клітинно-автоматні моделі**

*Тема 5.1. Базові принципи клітинкових автоматів*

#### 4. Навчальні матеріали та ресурси

##### Базова література

1. С.А. Настенко, Є.Г. Рудніков, В.А. Павлов *Моделі нелінійної динаміки та нелінійних систем. Практичні роботи: навч. посіб. для студ. спеціальності 122 “Комп’ютерні науки” КПІ ім. Ігоря Сікорського. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023.*
2. В. Я. Данилов, А. Ю. Зінченко *Синергетичні методи аналізу. Практикум. Навчальний посібник для студ. спеціальності 122 “Комп’ютерні науки” та 124 “Системний аналіз” КПІ ім. Ігоря Сікорського. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023.*
3. В. В. Ванін, О. В. Залевська, В. О. Чередніченко *Візуалізація розвитку динамічної системи за допомогою тривимірних клітинних автоматів Сучасні проблеми моделювання 2019 № 14, 48-53 DOI: <https://doi.org/10.33842/2313-125X/2019/14/48/53>*
4. А. Ю. Зінченко *Комп’ютерне моделювання детермінованого хаосу в складних нелінійних системах: Київ. міжнар. ун-т. - Київ : Вид-во Київ. міжнар. ун-ту, 2021. - 194 с. ISBN 978-617-651-225-7*
5. А. Ю. Зінченко *Комп’ютерне моделювання нелінійної динаміки складних систем на основі синергетичних методів дослідження Київ. міжнар. ун-т. - Київ : Київ. міжнар. ун-т, 2023. - 380 с. ISBN 978-617-651-238-7*

##### Додаткова література:

##### Теорія хаоса

1. Ilya Prigogine, Isabelle Stengers *Order Out of Chaos: Man's New Dialogue with Nature (Radical Thinkers) Verso Books; Reprint edition 2018 ISBN: 1786631008, 978-1786631008*
2. Ilya Prigogine. *From Being to Becoming: Time and Complexity in the Physical Sciences W H Freeman & Co 1981 ISBN: 9780716711087, 978-0716711087; G. Nicolis, Ilya Prigogine Exploring Complexity: An Introduction W H Freeman & Company, 1989 ISBN: 0716718596 9780716718598*
3. Axel Hutt, Hermann Haken *Synergetics (Encyclopedia of Complexity and Systems Science Series) Springer, 2020 ISBN: 1071604201, 978-1071604205*
4. Сугаков В.Й. *Основи синергетики Київ, 2001, ISBN: 966-513-225-3*
5. Elhadj Zeraoulia *Models and Applications of Chaos Theory in Modern Sciences, CRC Press, 2011 ISBN: 9781578087228, 9781439883402*
6. Skiadas, Charilaos; Skiadas, Christos H *Handbook of applications of chaos theory Publisher: CRC Press, 2016 ISBN: 978-1-4665-9044-1, 1466590440*

##### Фрактали

7. Benoit B. Mandelbrot *The Fractal Geometry of Nature Times Books; 2nd prt. edition 1982 ISBN: 0716711869, 978-0716711865*
8. Jens Feder. *Fractals Series: Physics of Solids and Liquids Springer US, 1988 ISBN: 0306428512, 9780306428517*
9. Tassos Bountis; Filippos Vallianatos; Astero Provata; Dimitris Kugiumtzis; Yannis Kominis *Chaos, Fractals and Complexity Springer Nature, 2023 ISBN: 9783031374043, 9783031374036*

##### Атрактор Лоренца

10. Viana, Marcelo *What's new on Lorenz strange attractors?. The Mathematical Intelligencer. 22 (3): 6–19. 2002 doi: 10.1007/BF03025276.*
11. Saltzman B. *Finite amplitude free convection as an initial value problem, Journal of the atmospheric science, № 7, 1962 — p. 329—341.*
12. Lorenz, E.N. (2004). *Deterministic Nonperiodic Flow. In: Hunt, B.R., Li, TY., Kennedy, J.A., Nusse, H.E. (eds) The Theory of Chaotic Attractors. Springer, New York, NY. [https://doi.org/10.1007/978-0-387-21830-4\\_2](https://doi.org/10.1007/978-0-387-21830-4_2) ISBN: 978-1-4419-2330-1, 978-0-387-21830-4*

##### Біфуркації

- 13 Vasso Anagnostopoulou, Christian Pötzsche, Martin Rasmussen *Nonautonomous Bifurcation Theory: Concepts and Tools Series: Frontiers in Applied Dynamical Systems: Reviews and Tutorials*, 10 Springer, 2023 ISBN: 3031298411, 9783031298417
14. Pierre Berge, Yves Pomeau, Christian Vidal *Order within Chaos Wiley-VCH* 1987, ISBN: 0471849677, 978-0471849674

#### Логістичне відображення

15. Steven Strogatz *Nonlinear dynamics and chaos : with applications to physics, biology, chemistry, and engineering CRC Press, Boca Raton, 2019 ISBN: 0738204536, 978-0738204536*

#### Самоорганізована критичність

16. Hesse J, Gross T *Self-organized criticality as a fundamental property of neural systems. Frontiers in Systems Neuroscience* 2014 8, 166, doi:10.3389/fnsys.2014.00166. PMC 4171833. PMID 25294989.

#### Ентропійний аналіз

17. Karsten Keller (editor) *Entropy Measures for Data Analysis: Theory, Algorithms and Applications Publisher: MDPI AG, Year: 2019 ISBN: 3039280325,9783039280322*

#### Синергетика обертального руху

18. Анісімов І. О. *Синергетика. — К. : Київський ун-т, 2014. ISBN 966-439-759-6.*

#### Синергетика у біології, теорії еволюції та медицині

19. Hermann Haken *Principles of Brain Functioning: A Synergetic Approach to Brain Activity, Behavior and Cognition Springer Series in Synergetics 67 Berlin, Heidelberg 1996*

ISBN: 978-3-642-79572-5, 978-3-642-79570-1

20. Juárez, Fernando *Applying the theory of chaos and a complex model of health to establish relations among financial indicators. Procedia Computer Science, 2011, 3, 982–986.*

doi:10.1016/j.procs.2010.12.161.

21. Hermann Haken, Maria Haken-Krell *Erfolgsgeheimnisse der Wahrnehmung Dva 1992 ISBN: 3421027277, 978-3421027276*

22. Glass, L *Dynamical disease: The impact of nonlinear dynamics and chaos on cardiology and medicine. In Grebogi, C; Yorke, J. A. (eds.). The impact of chaos on science and society. United Nations University Press. 1997. ISBN: 92-808-0882-6*

#### Клітинкові автомати

23. Tommaso Toffoli and Norman Margolus *Cellular Automata Machines A New Environment for Modeling The MIT Press 1987 ISBN: 9780262526319*

24. John von Neumann, *Theory Of Self Reproducing Automata — University of Illinois Press, 1966*

25. S.Wolfram, *A New Kind of Science — Wolfram Media, 2002* (<http://www.wolframscience.com/nksonline/toc.html>)

## Навчальний контент

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

**Методи навчання:** пояснювально-демонстраційний, частково пошуковий, дослідницький, метод проблемного викладання, комунікативний з елементами рольової та ділової гри, метод навчальних проєктів. Інноваційні способи і методи, що використовуються в освітньому процесі, засновані на застосуванні сучасних досягнень науки та інформаційних технологій, спрямовані на підвищення якості підготовки шляхом розвитку “soft-skills” (творчих здібностей, креативності, комунікації, роботи в групі і самостійно); націлені на активізацію творчого потенціалу та самостійності.

№ з/п	Тема	Лекційні заняття	Основні завдання		Оцінювання
			Контрольний захід	Термін виконання	
1.	Тема 1.1. Вступна лекція з курсу Основи синергетики.	Лекція №1	Комп'ютерний практикум (КП) №1	4-й тиждень	Захист звіту з КП №1
2.	Тема 1.2. Парадигми нелінійної науки.				
3.	Тема 1.3. Атрактори.				
4.	Тема 2.1. Фрактальні властивості хаосу.	Лекція №3	Комп'ютерний практикум №2	7-й тиждень	Захист звіту з КП №2
5.	Тема 2.2. Фрактали (частина - 1)				
6.	Тема 2.2. Фрактали (частина - 2)				
7.	Тема 3.1. Теорія біфуркацій.	Лекція №6	Комп'ютерний практикум №3	9-й тиждень	Захист звіту з КП №3
8.	Тема 3.2. Шкала складності				
9.	Тема 3.3. Шкала детермінізм – стохастичність	Лекція №8	Комп'ютерний практикум №4	10-й тиждень	Захист звіту з КП №4
10.	Тема 4.1. Теорія самозорганізованої критичності	Лекція №9	Комп'ютерний практикум №5	11-й тиждень	Захист звіту з КП №5
11.	Тема 4.2. Флікер-шум (частина - 1)	Лекція №10	Комп'ютерний практикум №6	12-й тиждень	Захист звіту з КП №6
12.	Тема 4.2. Флікер-шум (частина - 2)				
13.	Тема 4.3. Координатна площина складність – варіабельність	Лекція №12	Комп'ютерний практикум №7	14-й тиждень	Захист звіту з КП №7
14.	Тема 5.1. Базові принципи клітинкових автоматів	Лекція №13	Комп'ютерний практикум №8	16-й тиждень	Захист звіту з КП №8
15.	Тема 5.2. Перспективи застосування у біомедицині	Лекція №14			
16.	Модульна контрольна робота (МКР)			17-й тиждень	МКР
17.	Індивідуальне завдання (розрахункова робота)		Виконання, оформлення та захист РР	16-й тиждень 18-й тиждень	Захист РР
18.			Іспит	За графіком іспитів	

**Рекомендації щодо засвоєння навчальних занять** (у формі опису кожного лекційного заняття та комп'ютерного практикуму):

### 5.1. Лекційні заняття

№ з/п	Теми лекційних занять
1	<p><b>Вступна лекція з курсу Основи синергетики.</b>  <b>Парадигми нелінійної науки.</b>  <u>Основні питання:</u></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Відмінні особливості трьох парадигм пізнання. Детермінізм. Стохастичність. Самоорганізація.</li> <li>Теорія хаосу. Теорія відкритих термодинамічних систем. Теорія самоорганізованої</li> </ol>

№ з/п	Теми лекційних занять
	критичності. Синтез нових теорій. Теорія Джокерів, Теорія русел.
2	<b>Атрактори</b> <u>Основні питання:</u> Типи атракторів. Граничний цикл. Регулярні та дивні атрактори. Атрактор Лоренца.
3	<b>Фрактальні властивості хаосу</b> <u>Основні питання:</u> Фрактальна розмірність. Масштабна та трансляційна інваріантність. Самоподібність
4	<b>Фрактали (частина - 1)</b> <u>Основні питання:</u> Фрактали математичні та матеріальні. Фрактальні форми. Фрактальні кластери. Сніжинка Коха. Серветка Серпінського. Берегова лінія материків. Броунівський рух.
5	<b>Фрактали (частина - 2)</b> <u>Основні питання:</u> Структурна та функціональна самоподібність біологічних об'єктів. Фрактальний аналіз..
6	<b>Теорія біфуркацій</b> <u>Основні питання:</u> Популяційна динаміка. Рівняння Пуанкаре, режими логістичного відображення. Реакція Білоусова – Жаботинського. Турбулентність. Застосування у біології та медицині..
7	<b>Шкала складності</b> <u>Основні питання:</u> Складні системи. Фізико-хімічна та алгоритмічна складність. Алгоритм лінійної архівації.
8	<b>Шкала детермінізм – стохастичність</b> <u>Основні питання:</u> Чутливість системи. Апроксимаційна ентропія. Ентропійний аналіз. Форми ентропії. RS – аналіз..
9	<b>Теорія самоорганізованої критичності</b> <u>Основні питання:</u> Три рівня критичності. Пісочна парадігма. Біфуркаційна точка. Робота головного мозку, капілярна сітка, мікроциркуляція крові..
10	<b>Флікер-шум (частина - 1)</b> <u>Основні питання:</u> Показник флікер-шуму. Флуктуації. Кольори шуму. Рожевий, білий, чорний шум..
11	<b>Флікер-шум (частина - 2)</b> <u>Основні питання:</u> Варіанти проявів флікер-шуму у біологічних системах. Стохастичний гомеостаз.
12	<b>Координатна площина складності – варіабельність</b> <u>Основні питання:</u> Статистичний коефіцієнт варіації. 5 зон на площині складності – варіабельності. Динамічні властивості біомедичних систем. Числа Фібоначі, золотий перетин
13	<b>Базові принципи клітинкових автоматів</b> <u>Основні питання:</u> 1. Прості правила – складна поведінка. 4 типи за класифікацією Вольфрама. Локальні околиці фон Неймана, Мура, Марголуса. 2. Динаміка популяцій. Хижак-жертва. Грагчатий газ. Колективний рух зграї. Колективний рух натовпу. Вихорові рухи конденсованої системи. 3. Збудження міокарда. Капілярний кровоток. Течія нен'ютонівської рідини – кровоток по криволінійних трубках. 4. Ігри “життя”, “вовки та вівці”, “мінер”. Правильні багатогранники у просторах різної розмірності. Класифікація елементарних клітинкових автоматів. Універсальність елементарного клітинкового автомату № 110.
14	<b>Заклучна лекція з курсу Основи синергетики.</b> <u>Основні питання:</u> Перспективи застосування у біомедицині

## 5.2 Комп'ютерні практикуми

№ з/п	Тематика комп'ютерних практикумів	Кількість год
1	Підготовка даних у вигляді числових послідовностей. Випадкова послідовність, пульсограма, у наступному – серія, згенерована на клітинно-автоматній моделі. Нормування, трансформація у категоріальну (порядкову) шкалу за допомогою формули Стерджеса, або Діаконіса..	2
2	Обчислення та аналіз фрактальної розмірності пульсограми людини та випадкової числової послідовності методом зворотної карти (Box Counting).	4
3	Аналіз властивостей пульсограми людини та випадкової числової послідовності із застосуванням логістичного перетворення	4
4	Оцінка регулярної та стохастичної складових пульсограми людини та випадкової числової послідовності за допомогою побудови матриць суміжності	2
5	Ознайомлення із роботою клітинного автомату. Генерація, нормування та представлення у порядковій шкалі числових послідовностей, згенерованих за допомогою клітинного автомату	2
6	Обчислення та аналіз фрактальної розмірності числової послідовності кількості активних капілярів, згенерованих за допомогою клітинного автомату, методом зворотної карти (Box Counting).	2
7	Аналіз властивостей числової послідовності кількості активних капілярів, згенерованих за допомогою клітинного автомату, із застосуванням логістичного перетворення.	2
8	Оцінка регулярної та стохастичної складових числової послідовності кількості активних капілярів, згенерованих за допомогою клітинного автомату, за допомогою побудови матриць суміжності	6
9	МКР	2
<b>Разом</b>		<b>26 годин</b>

### 6. Самостійна робота студента

Самостійна робота передбачає: підготовку до лекцій та комп'ютерних практикумів; самоконтроль набутих знань; опрацювання рекомендованих джерел та літератури; створення презентацій (за вимогою) для візуального супроводу доповіді з захисту звітів; виконання та оформлення індивідуального завдання; підготовку до виконання модульної контрольної роботи; підготовку до іспиту тощо.

6.1. Теми для самостійного опрацювання – не заплановано.

6.2. Підготовка до лекційних та комп'ютерних практикумів. Для підготовки до лекційних та комп'ютерних практикумів здобувачу необхідно опрацювати заплановану базову та допоміжну літературу та підготувати матеріал для його обговорення на лекційних заняттях та при виконанні комп'ютерних практикумів. На це студенту виділяється 44 години.

6.3. Модульна контрольна робота. На підготовку до МКР відводиться 3 години СР здобувача. Перелік питань для підготовки до МКР надано у **додатку Б**.

6.4. Розрахункова робота (РР). На виконання РР відводиться 10 годин СР здобувача. Завдання РР міститься у **додатку В**. Методичні рекомендації щодо виконання РР надано в **додатку Г**. Терміни виконання РР не пізніше 16 тижня. Захист РР на 17-18 тижні.

6.5. Екзамен. Екзамен проводиться в період екзаменаційної сесії, по завершенню навчального семестру згідно ухваленого графіку. На підготовку до екзамену відводиться 24 годин СР здобувача. Перелік питань для підготовки до екзамену надано у **додатку А**. В період дистанційного навчання екзамен може бути проведений згідно графіку за допомогою сервісу Google Classroom та платформи для проведення відео-конференцій Google Meet, або за інтегрованим РСО.

## 7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

### Відвідування занять

Відвідування лекційних і комп'ютерних практикумів не є обов'язковим. Однак, студентам рекомендується відвідувати заняття, оскільки на них викладається теоретичний матеріал, оцінюється рівень його засвоєння в ході усного опитування, розвиваються уміння і навички, необхідні для виконання завдань в рамках самостійної роботи.

Система оцінювання орієнтована на отримання балів за активність студента, а також виконання завдань, що здатні розвинути практичні уміння та навички.

### Правила виконання Модульної контрольна робота (МКР)

МКР проводиться письмово або через Google Classroom на платформі "Сікорський". Студенту надається одноразова можливість написати МКР. Повторне написання МКР не передбачено. Під час виконання МКР студентам не дозволяється користуватись сторонніми джерелами інформації. Результати МКР оголошуються студентам на наступному занятті або через Google classroom.

### Правила виконання Розрахункової контрольної роботи (РР)

Метою РР є застосування набутих знань з навчальної дисципліни на практиці. У разі невиконання РР здобувач не допускається до екзамену.

Завдання РР та рекомендації щодо оформлення подаються у вигляді додатків В та Г до силабусу.

Під час виконання РР студент має створити окремий файл, в якому послідовно описуються всі етапи виконання РР.

РР виконується відповідно до методичних рекомендацій (додаток Г). Після завершення виконання РР здобувач завантажує файл із завданням в Google Classroom на платформі "Сікорський" курсу не пізніше встановленого терміну, відведеного на її виконання. РР перевіряється викладачем. Отриманий за РР бал виставляється як у Google Classroom на платформі "Сікорський", так і в електронному кампусі КПІ.

### Пропущені контрольні заходи

#### Штрафні бали:

- За звіти з комп'ютерних практикумів (КП), що подаються на перевірку з порушенням терміну виконання, але до терміну виставлення поточної атестації або іспиту,
- За несвоєчасно виконану МКР (без поважних причин)

Оцінюються зі штрафними балами, проте, згідно положення <https://osvita.kpi.ua/node/37> п.2.7, сума штрафних балів не може перевищувати 10% рейтингової шкали.

#### Заохочувальні бали:

- Покращення комп'ютерних практикумів.

Оцінюються зі штрафними балами однак, згідно з положенням <https://osvita.kpi.ua/node/37> п.2.7, сума заохочувальних балів не може перевищувати 10% рейтингової шкали.

### Порушення термінів виконання завдань та заохочувальні бали

Заохочувальні бали		Штрафні бали	
Критерій	Ваговий бал	Критерій	Ваговий бал
Активна участь в ході усних опитувань і	+1 бал	Порушення термінів виконання КП (за кожну таку роботу)	-1 бал
Участь у міжнародних, всеукраїнських та/або інших заходах або конкурсах за тематикою навчальної дисципліни	+5 балів	Несвоєчасне написання модульної контрольної роботи	Від -1 до -3 балів (залежить від терміну здачі)

### Академічна доброчесність

Політика та принципи академічної доброчесності визначені у розділі 3 Кодексу честі



Національного технічного університету України “Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”. Детальніше: <https://kpi.ua/code>.

### **Норми етичної поведінки**

Норми етичної поведінки студентів і працівників визначені у розділі 2 Кодексу честі Національного технічного університету України “Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”. Детальніше: <https://kpi.ua/code>.

### **Процедура оскарження результатів контрольних заходів**

Студенти мають можливість підняти будь-яке питання, яке стосується процедури контрольних заходів та очікувати, що воно буде розглянуто згідно із наперед визначеними процедурами.

Студент має право оскаржити результати контрольного заходу згідно затвердженого положення Про апеляції в КПІ імені Ігоря Сікорського (затверджено наказом №НОН/128/2021 від 20.05.2021 р.) - <https://osvita.kpi.ua/index.php/node/182>

### **Інклюзивне навчання**

Навчальна дисципліна “Основи синергетики” може викладатися для більшості студентів з особливими освітніми потребами, окрім студентів з серйозними вадами зору, які не дозволяють виконувати завдання за допомогою персональних комп’ютерів, ноутбуків та/або інших технічних засобів.

### **Дистанційне навчання**

Дистанційне навчання відбувається через Платформу дистанційного навчання “Сікорський” “Google клас”.

Дистанційне навчання через проходження додаткових он-лайн курсів за певною тематикою не допускається.

Список курсів пропонується викладачем після виявлення бажання студентами (оскільки банк доступних курсів поновлюється майже щомісяця).

Виконання контрольних заходів може здійснюється під час самостійної роботи студентів у дистанційному режимі (з можливістю консультування з викладачем через електронну пошту, соціальні мережі).

### **Навчання іноземною мовою**

Навчання англійською мовою здійснюється лише для студентів-іноземців.

За бажанням студентів, допускається вивчення матеріалу за допомогою англійських онлайн-курсів за тематикою, яка відповідає тематиці конкретних занять.

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

**Поточний контроль:** здійснюється під час навчальних занять і має на меті перевірити рівень підготовки студентів до навчальних занять. Під час комп’ютерних практикумів проводиться виконання та захист 8 комп’ютерних звітів. Модульна контрольна робота проводиться в кінці семестру, після закінчення викладання теоретичного матеріалу. Виконання та захист індивідуального завдання (РР).

**Календарний контроль:** проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу. Є два можливих результати календарного контролю: атестований (а) та неатестований (н/а). Результат залежить від кількості набраних балів на момент проведення календарного контролю відповідно до вимог КПІ ім. Ігоря Сікорського.

Умови отримання позитивного результату з календарного контролю	Критерій		Перший КК	Другий КК
	Термін календарних контролів		8-ий тиждень	14-ий тиждень
	Поточний рейтинг		≥ 5 балів	≥ 12,5 балів
	Виконання звітів з КП	№№ 1-2	+-	-
		№№ 3-6	-	+
РР	Виконано не менше 50%	-	+	

Результати оголошуються кожному студенту окремо у присутності на іспиті або в дистанційній формі (e-поштою, в системі "Сікорський"). Також фіксуються в системі "Електронний кампус".

**Семестровий контроль:** екзамен.

### Система оцінювання (поточний контроль):

№ з/п	Контрольний захід	%	Ваговий бал	Кількість	Всього
1.	Звіти з комп'ютерних практикумів	40	5	8	40
2	Модульна контрольна робота	10	10	1	10
3	Індивідуальне завдання (РР)	20	20	1	20
4	Іспит	30	30	1	30
	Всього				100

### Модульна контрольна робота

Ваговий бал - 10.

Критерій оцінювання МКР:

«Відмінно», відповідь правильна (не менше 90% потрібної інформації)	10- 9 балів
«Добре», є несуттєві помилки у відповіді (не менше 75% потрібної інформації)	8-7 балів
«Достатньо», є недоліки у відповіді та певні помилки (не менше 60% потрібної інформації).	6 балів
«Незадовільно», відповідь відсутня або не відповідає вимогам до «Достатньо»	0 балів

### Розрахункова робота

Ваговий бал - 10. Оцінювання РР проводиться за 2 компонентами: розрахунок та захист РР. Максимальна кількість балів за РР = 10 балів \* 2 компоненти = 20 балів

Критерій оцінювання компоненту РР:

«Відмінно» -не менше 90% потрібної інформації при розрахунках та захисті РР, а також дотримання вимог до оформлення звіту з РР.	10- 9 балів
«Добре» -не менше 75% потрібної інформації при розрахунках та захисті РР, а також є несуттєві недоліки при оформленні звіту з РР.	8-7 балів
«Достатньо»- не менше 60% потрібної інформації при розрахунках та захисті РР, а також є суттєві недоліки при оформленні звіту з РР.	6 балів
«Незадовільно», відповідь відсутня або не відповідає вимогам до «Достатньо»	0 балів

### Звіт з комп'ютерного практикуму

Ваговий бал - 5. Максимальна кількість балів за звіти = 5 балів \* 8 звітів = 40 балів

Критерій оцінювання звіту з КП:

«Відмінно» -не менше 90% потрібної інформації при розрахунках та захисті КП.	5 балів
«Добре» -не менше 75% потрібної інформації при розрахунках та захисті КП.	4 бали
«Достатньо»- не менше 60% потрібної інформації при розрахунках та захисті КП	3 бали
«Незадовільно», відповідь відсутня або не відповідає вимогам до «Достатньо»	0 балів

Здобувач допускається до іспиту за результатами роботи в семестрі, якщо має підсумковий рейтинг за семестр не менше 35 балів та виконав умови допуску до семестрового контролю, які

визначені РСО: виконання модульної контрольної роботи, виконання та захист всіх звітів та РР.

### Екзаменаційна робота

Кількість запитань у кожному екзаменаційному білеті – 3.

Ваговий бал запитання – 10.

Максимальна кількість балів за всі питання екзаменаційного білета = 3 запитань \* 10 балів = 30 балів

«Відмінно», відповідь правильна (не менше 90% потрібної інформації)	10- 9 балів
«Добре», є несуттєві помилки у відповіді (не менше 75% потрібної інформації)	8-7 балів
«Достатньо», є недоліки у відповіді та певні помилки (не менше 60% потрібної інформації).	6 балів
«Незадовільно», відповідь відсутня або не відповідає вимогам до «Достатньо»	0 балів

### Необов'язкові умови допуску до іспиту:

1. Активність на комп'ютерних практикумах.
2. Позитивний результат першої атестації та другої атестації.
3. Відвідування лекційних занять.

Таблиця переведення рейтингових балів до оцінок за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка за університетською шкалою
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

### 9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Перелік питань для підготовки до екзамену наведено у Додатку А.

Перелік питань до МКР наведено в Додатку Б.

Тематика РР надано у Додатку В.

Вимоги до оформлення РР надано у Додатку Г.

Дистанційне навчання через проходження додаткових онлайн-курсів за певною тематикою допускається, за умови погодження зі студентами.

У разі, якщо невелика кількість студентів має бажання пройти онлайн-курс за певною тематикою, вивчення матеріалу за допомогою таких курсів допускається, але студенти повинні виконати всі завдання, що передбачені програмою навчальної дисципліни.

Список курсів пропонується викладачем після виявлення бажання студентами, оскільки банк доступних курсів поновлюється майже щомісяця.

Студент надає документ, що підтверджує проходження дистанційного курсу (у разі проходження повного курсу), або надає виконані практичні завдання з дистанційного курсу та, за умови проходження усної співбесіди з викладачем за пройденими темами, може отримати оцінки за контрольні заходи, що передбачені за вивченими темами.

### Робочу програму навчальної дисципліни (Силабус):

#### Складено:

Професором кафедри біомедичної кібернетики доктором біологічних наук Настенко Євгеном Арнольдовичем

*старшим викладачем кафедри біомедичної кібернетики канд. фіз-мат наук Рудніковим Євгенієм Григоровичем*

**Ухвалено** кафедрою біомедичної кібернетики(протокол № 1 від 28.08.2023 р.)

**Погоджено** Методичною комісією факультету біомедичної інженерії (протокол № 1 від 01.09.2023р)

*Додаток А до силабусу дисципліни  
“Основи синергетики”  
Перелік питань для підготовки до екзамену*

1. Три парадигми пізнання – детермінізм, стохастичність, самоорганізація.
2. Основні положення теорії Хаоса
3. Атрактори, граничний цикл
4. Поняття фракталу, фрактальна розмірність
5. Математичні фрактали
6. Матеріальні (фізичні) фрактали
7. Самоподібність біологічних об’єктів
8. Фрактальний аналіз.
9. Біфуркації. Популяційна динаміка
10. Рівняння Пуанкаре, режими логістичного відображення. Реакція Білоусова – Жаботинського.
11. Шкала складності, фізико-хімічна та алгоритмічна складність
12. Матриця суміжності та алгоритм лінійної архівації
13. Поняття ентропії, апроксимаційна ентропія.
14. Ентропійний аналіз, форми ентропії, RS – аналіз
15. Основні положення теорії самоорганізованої критичності
16. Пісочна парадигма. Біфуркаційна точка. Робота головного мозку, капілярна сітка, мікроциркуляція крові.
17. Фліккер-шум, показник фліккер-шума. Флуктуації, кольори шуму
18. Прояви фліккер-шуму у біологічних системах. Стохастичний гомеостаз
19. Координатна площина складності – варіабельність
20. Динамічні властивості біомедичних систем. Числа Фібоначі, золотий перетин
21. Поняття клітинкових автоматів
22. 4 типи клітинкових автоматів за класифікацією Вольфрама
23. Клітинкові автомати. Локальні околиці фон Неймана, Мура, Марголуса
24. Динаміка популяцій. Хижак-жертва
25. Динаміка популяцій. Гратчатий газ. Колективний рух зграї. Колективний рух натовпу. Вихорові рухи конденсованої системи
26. Клітинкові автомати. Збудження міокарда. Капілярний кровоток. Течія нен’ютонівської рідини – кровоток по криволінійних трубках
27. Клітинкові автомати. Ігри “життя”, “вовки та вівці”, “мінер”. Правильні багатогранники у просторах різної розмірності
28. Класифікація елементарних клітинкових автоматів. Універсальність елементарного клітинкового автомату № 110.

*Додаток Б до силябусу дисципліни  
“Основи синергетики”  
Перелік питань для підготовки до МКР*

1. *Розкрийте суть теорії біфуркацій.*
2. *Наведіть приклади моделей біомедичних систем у вигляді клітинних автоматів.*
3. *Як змінюється ієрархічна складність процесів регуляції в складних системах при їх поступовому виході з ладу, поступовому руйнуванні? Як можна підтвердити настання подібних ситуацій?*
4. *Алгоритми обчислення фрактальної розмірності. Обчислення фрактальної розмірності методом зворотньої карти – поясніть на прикладі.*
5. *Розкрийте суть теорії фракталів.*
6. *Застосування координатної площини „варіабельність-складність” для оцінки динамічних властивостей біомедичних систем*
7. *Поняття “золотих рядів”. Філотаксис, золоті кути та ряди Фібоначчі.*
8. *Обчислення характеристик алгоритмічної складності – поясніть на прикладі.*
9. *Розкрийте суть теорії самоорганізованої критичності.*
10. *Наведіть приклади проявів самоподібності біологічних об’єктів. Які переваги дає живим організмам квазіфрактальна побудова перед будь-якою іншою?*
11. *Відмінності хаотичної динаміки від стохастичної.*
12. *Апроксимаційна ентропія як метод оцінки складності поведінки. Метод розрахунку – поясніть на прикладі.*
13. *Розкрийте базові принципи теорії клітинних автоматів.*
14. *Поняття симетрії та її порушення.*
15. *Як Ви розумієте явище флуктуацій в системах біологічної природи? В чому різниця між флуктуаціями і флікер-шумом?*
16. *Логістичне відображення, його застосування у задачах біомедицини.*

*Додаток В до силябусу дисципліни  
“Основи синергетики”  
Завдання до РР*

*На підставі розрахунків фрактальної розмірності, параметру логістичного відображення та матриці суміжності проаналізувати та охарактеризувати відмінні особливості поведінки складних хаотичних систем.*

*Додаток Г до силябусу дисципліни  
“Основи синергетики”  
Методичні рекомендації щодо виконання РР*

*У РР необхідно здійснити порівняння складних хаотичних систем, а саме порівнюються між собою розрахункові характеристики наступних систем: стохастичних, біологічних у вигляді пульсограми людини та згенерованою клітинковим-автоматом динаміки кількості відкритих капілярів.*

*Під час проведення порівняльного аналізу використовуються різні параметри досліджених систем: псевдофазова площина та фрактальна розмірність; гістограма та середнє значення параметру логістичного відображення; матриця суміжності та частоти внесків від лічильників матриці суміжності із першими п'ятьма найбільшими значеннями.*

*Спочатку, за результатами проведених розрахунків робиться порівняння трьох вказаних складних хаотичних систем окремо для кожної характеристики. При цьому студентом послідовно описується хід виконання РР.*

*Далі здійснюється та обгрунтовується узагальнення щодо найбільш проявлених відмінних особливостей досліджених числових послідовностей різної складності. На підставі цього аналізу формулюються узагальнюючі висновки.*

*За результатами розрахунків, послідовним описом ходу РР та ясно сформульованими висновками викладачами ставиться оцінка РР студента.*