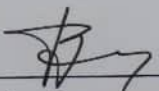


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Львівський національний університет імені Івана Франка
Біологічний факультет
Кафедра генетики та біотехнології

Затверджено
на засіданні кафедри генетики та біотехнології
біологічного факультету
Львівського національного
університету імені Івана Франка
(протокол № 5 від 12 березня 2024 р.)

Завідувач кафедри _____


проф. Федоренко В.О

Силабус з навчальної дисципліни

«Редагування геномів і медицина майбутнього»
що викладається в межах ОПП: Біофізика, Біохімія, Ботаніка, Генетика,
Зоологія, Мікробіологія, Фізіологія людини і тварин, Фізіологія рослин
другого (магістерського) рівня вищої освіти для здобувачів
за _____ спеціальністю 091 Біологія та біохімія

Львів 2024

Назва курсу	Редагування геномів і медицина майбутнього
Адреса викладання курсу	вул. Грушевського 4, 79005 Львів
Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна	біологічний факультет, кафедра генетики і біотехнології
Галузь знань, шифр та назва спеціальності	09 Біологія, 091 Біологія та біохімія
Викладачі курсу	Доцент кафедри генетики і біотехнології, к.б.н Голуб Наталія Ярославівна
Контактна інформація викладачів	natalieholub@gmail.com ; nataliia.holub@lnu.edu.ua
Консультації по курсу відбуваються	Консультації в день проведення лекцій та практичних занять (за попередньою домовленістю). Також можливі он-лайн консультації на платформі ZOOM.
Сторінка курсу	
Інформація про курс	Дисципліна «Редагування геномів і медицина майбутнього» є вибірковою дисципліною для магістрів за спеціальністю 091 Біологія та біохімія, яка викладається в II семестрі в обсязі 4 кредити (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS), з яких 32 год. лекцій, 16 год. практичних занять та 72 години самостійної роботи. Курс включає складання одного модуля у вигляді тестування.
Коротка анотація курсу	Людство вступило в безпрецедентну еру швидких технологічних змін, де розробки в таких сферах як інформатика, штучний інтелект (ШІ), генна інженерія, нейрогенетика, робототехніка керуватимуть майбутнім у медицині. Появилися перші компанії, які об'єднали можливості штучного інтелекту і біотехнології. Ці компанії націлені на розробку ліків з використанням новітніх ідей обох цих галузей, створюючи новітню базу для фармацевтичної промисловості. Об'єднання ШІ та біотехнології у нову науку матиме глибокий вплив на розвиток діагностики, медицини та нефармацевтичного втручання у лікуванні хронічних захворювань і ментального здоров'я. У курсі «Редагування геномів і медицина майбутнього» поєднуються історичні дані з найновішими дослідженнями в галузі біотехнології та штучного інтелекту. Особлива увага приділяється важливим інноваціям, що стосуються медицини. Наводяться приклади підприємств, які займаються новітньою генною та клітинною терапією спільно з компаніями, які займаються розробкою ліків на основі досягнень ШІ.

<p>Мета та цілі курсу</p>	<p>Метою викладання навчальної дисципліни “Редагування геномів та медицина майбутнього” є формування знань у фахівців-біологів про використання штучного інтелекту у біотехнологічних дослідженнях, фармацевтиці, діагностиці захворювань, редагуванні геномів та біоетичні проблеми, які при цьому можуть виникнути.</p>
<p>Література для вивчення дисципліни</p>	<p>Основна література:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Методи машинного навчання при проектуванні автоматизованих систем керування [Електронний ресурс] : навч. посіб. для аспірантів спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / Укладач: Т. Г. Баган; КПІ ім. Ігоря Сікорського. Електронні текстові дані (1 файл: 313 кБайт). Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. 28 с. 2. Кононова К. Ю. Машинне навчання: методи та моделі: підручник для бакалаврів, магістрів та докторів філософії спеціальності 051 «Економіка». Харків: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2020. 301 с. 3. Штовба С.Д., Козачко О.М. Machine learning: стартовий курс : електронний навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2020. 81 с. 4. Adami C. The Evolution of Biological Information. How evolution creates complexity, from viruses to brains. – Princeton University Press, 2024 - 585 p. 5. Aljabali A., Tanani M., Tambuwala M. Principles of CRISPR-Cas9 technology: Advancements in genome editing and emerging trends in drug delivery // Journal of Drug Delivery Science and Technology. -2024. – Vol. 92. https://doi.org/10.1016/j.jddst.2024.105338 6. Coley C.W., Barzilay R., Jaakkola T.S., Green W.H., Jensen K.F. Prediction of Organic Reaction Outcomes Using Machine Learning // ACS Cent. Sci. – 2017. - May 24;3(5). – P. 434–443. 7. Ethical Issues in AI for Bioinformatics and Chemoinformatics / Ed. by Pathak Y., Saikia S., Pathak S., Patel J., Prajapati j. - CRC Press, Taylor & Francis Group, LLC, 2024. – 224 p. 8. Folding@home [Internet]. Available from: https://foldingathome.org/ 9. Frenzel A., Schirrmann T., Hust M. Phage display-derived human antibodies in clinical development and therapy // MAbs. -2016. – Vol.14;8(7). – P.1177–1194. 10. Hilbush B. In Silico Dreams. How Artificial Intelligence and Biotechnology Will Create the Medicines of the Future. - Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2021. – 350 p. 11. Lowe D. AI and Drug Discovery: Attacking the Right Problems. In the Pipeline. 2021. Available from: https://blogs.sciencemag.org/pipeline/archives/2021/03/19/ai-and-drug-discovery-attacking-the-right-problems. 12. Narayanan H., Dingfelder F., Lorenzen N., Sokolov M., Arosio P. Machine Learning for Biologics: Opportunities for Protein Engineering, Developability, and Formulation // Trends Pharmacol. Sci. – 2021. - Mar;42(3). – P. 151–165. 13. Protein Data Bank [Internet]. Available from:

<https://www.rcsb.org/3d-view/6VSB/1>

14. Schwessinger R, Gosden M, Downes D, Brown RC, Oudelaar AM, Telenius J, et al. DeepC: predicting 3D genome folding using megabase-scale transfer learning // *Nature Methods*. – 2020. – Nov;17(11). – P. 1118–1124.

15. Senior AW, Evans R, Jumper J, Kirkpatrick J, Sifre L, Green T, et al. Improved protein structure prediction using potentials from deep learning // *Nature*. – 2020 --/ Jan;577(7792). – P. 706–710.

Додаткова література:

1. Дудна Дж. Зламати ДНК. Редагування генома та контроль над еволюцією / пер. з англ. Литвиненко Г. / Дж. Дудна, С. Стернберг / - Київ: Наш формат, 2019. – 291 с.

2. Behan F.M, Iorio F., Picco G., Gonzalves E., Beaver C.M., Migliardi G. et al. Prioritization of cancer therapeutic targets using CRISPR–Cas9 screens // *Nature*. – 2019 - Apr;568(7753). – P. 511–516.

3. Bush J.T., Pogany P., Pickett S.D., Barker M., Baxter A., Campos S. et al. A Turing Test for Molecular Generators // *J Med Chem*. – 2020;8.

4. Drews J. Drug Discovery: A Historical Perspective // *Science*. – 2000. – Mar.17;287(5460). – P. 1960–1964.

5. Doudna J.A., Charpentier E. Genome editing. The new frontier of genome engineering with CRISPR-Cas9 // *Science*. – 2014. – Nov.28;346(6213):1258096.

6. Frangoul H., Altshuler D., Cappellini M.D., Chen Y-S., Domm J., Eustace B. et al. CRISPR-Cas9 Gene Editing for Sickle Cell Disease and β -Thalassemia // *N. Engl J Med*. – 2020. – Dec 5.

7. Fudenberg G., Kelley D.R., Pollard K.S. Predicting 3D genome folding from DNA sequence with Akita // *Nature Methods*. – 2020. – Nov;17(11). – P. :1111–1117.

8. Lan J., Ge J., Yu J., Shan S., Zhou H., Fan S. et al. Structure of the SARS-CoV-2 spike receptor-binding domain bound to the ACE2 receptor // *Nature*. – 2020;581(7807). – P. 215–220.

9. Li W., Wong W.H., Jiang R. DeepTACT: predicting 3D chromatin contacts via bootstrapping deep learning // *Nucleic Acids Res*. – 2019. – Jun 4;47(10). – P.:e60.

10. Longoni C., Bonezzi A., Morewedge C.K. Resistance to Medical Artificial Intelligence // *J Consum Res*. – 2019. – Dec 1;46(4). – P. 629–650.

11. Merk D., Friedrich L., Grisoni F., Schneider G. De Novo Design of Bioactive Small Molecules by Artificial Intelligence // *Mol Inform*. – 2018. – 37(1–2). – P.1700153.

12. Pierson E., Cutler D.M., Leskovec J., Mullainathan S., Obermeyer Z. An algorithmic approach to reducing unexplained pain disparities in underserved populations // *Nat Med*. – 2021. – Jan;27(1). – P. 136–140.

13. Sneader W. The discovery of aspirin: a reappraisal // *BMJ*. – 2000. –

	<p>Dec. 23;321(7276). -P. 1591–1594.</p> <p>14. The AlphaFold Team. AlphaFold: a solution to a 50-year-old grand challenge in biology. 2020. Available from: https://deepmind.com/blog/article/alphafold-a-solution-to-a-50-year-old-grand-challenge-in-biology</p> <p>15. Topol E.J. High-performance medicine: the convergence of human and artificial intelligence // Nat Med. – 2019. - Jan;25(1). – P. 44–56.</p> <p>Інформаційні ресурси</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. https://genomebiology.biomedcentral.com/ 2. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov 3. https://www.frontiersin.org/journals/genome-editing 4. https://www.journals.elsevier.com/gene-and-genome-editing/ 5. https://home.liebertpub.com/publications/genetic-engineering-and-biotechnology-news 6. https://home.liebertpub.com/publications/the-crispr-journal 7. http://specials.kunsht.com.ua/machinelearning1 8. http://specials.kunsht.com.ua/machinelearning2 9. https://evergreens.com.ua/ru/articles/machine-learning-overview.html 10. https://uk.education-wiki.com/4127994-machine-learning-methods#menu-1 11. https://www.it.ua/knowledge-base/technology-innovation/machine-learning
Тривалість курсу	один семестр
Обсяг курсу	120 годин, з яких 48 години аудиторних занять, з них 32 години лекцій, 16 годин практичних занять та 72 години самостійної роботи
Очікувані результати навчання	<p>Після завершення цього курсу студент буде :</p> <p>знати:</p> <ul style="list-style-type: none"> ♦ різницю між штучним інтелектом (ШІ) і нейромережами, навчання нейромереж; ♦ як використовувати нейромережі у біології та медицині; ♦ сучасні інструменти та технології редагування геномів; ♦ принципи розробки РНК та ДНК вакцин; ♦ роль ШІ у діагностиці захворювань ; ♦ значення віртуального скринінгу у створенні нових ліків; ♦ етапи тестування потенційних лікарських препаратів; ♦ значення ШІ у моделюванні процесів у мозку; ♦ етичні проблеми застосування ШІ в охороні здоров'я; ♦ напрямки і застосування медичної робототехніки. <p>вміти:</p> <ul style="list-style-type: none"> ♦ використовувати набуті знання на практиці.
Ключові слова	Редагування геномів, штучний інтелект, нейромережа, CRISPR-cas система.

Формат курсу	Очний, дистанційний
	Проведення лекцій, семінарських занять та консультації для кращого розуміння тем
Теми	Наведено у табл.1
Підсумковий контроль, форма	залік
Пререквізити	Для вивчення курсу студенти потребують базових знань з генетики, вірусології, біотехнології, молекулярної біології, біоінформатики, достатніх для сприйняття категоріального апарату.
Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу	Презентації, лекції, пояснення, дискусія. семінари на задані теми.
Необхідне обладнання	Комп'ютер із необхідним програмним забезпеченням, доступ до Internet мережі, проектор.
Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)	Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою. Бали нараховуються за наступним співвідношенням: <ul style="list-style-type: none"> • практичні/самостійні тощо: 50% семестрової оцінки: підготовка презентації та виступ з доповіддю на задану тему - 26 балів; участь у роботі семінарів – 24 бали. • контрольні заміри (модуль): 50% семестрової оцінки: вирішення тестів – 25 тестів по 2 бали, максимальна кількість балів 50. • Жодні форми порушення академічної доброчесності не толеруються.
Питання для замірів знань	Модульні завдання містять питання наступних тем: Модульні завдання містять питання наступних тем: <ul style="list-style-type: none"> ♦ вплив інформаційної революції на біологію. ♦ ера штучного інтелекту. Нейромережі. ♦ шлях до створення нових ліків. ♦ редагування геномів і нові інструменти у біотехнології. ♦ алгоритми штучного інтелекту в біології і медицині. ♦ роль ШІ у розробці і впровадження нових ліків. ♦ біотехнологія, ШІ і медицина майбутнього. ♦ ШІ і етика: виклики і можливості.
Опитування	

Таблиця 1

Схема курсу «Редагування геномів і медицина майбутнього»

Тиж-день	Тема занять (перелік питань)	Форма діяльності та обсяг годин	Додаткова література / ресурс для виконання завдань (за потреби)	Термін виконання

1, 2	<p>Вплив інформаційної революції на біологію. Роль геномної епідеміології у простеженні поширення епідемії SAR-CoV-2. Поява структурної біологія і геноміки. Секвенування геному людини і його використання. OMIC технології. Роль соцмереж у поширенні пандемії</p>	Лекції – 4 год, практичні заняття – 2 год, самостійна робота – 9 год		2 тижні
3,4	<p>Ера штучного інтелекту. Нейромережі. Поняття «штучного інтелекту». Від нейронів до нейромереж. Архітектура нейромереж. Поняття «машинного навчання». Глибинне навчання у ШІ. Обмеження ШІ. Приклади використання нейромереж..</p>	Лекції – 4 год, практичні заняття – 2 год, самостійна робота – 9 год		2 тижні
5,6	<p>Шлях до створення нових ліків. Ліки і війна – нові медичні препарати у 21 столітті. Від синтетичних антибіотиків до пошуку нових ліків у мікроорганізмів. Розробка ліків проти раку: антифолати і інгібітори синтезу ДНК. Антибіотики і якості хіміотерапії раку. Модель фармацевтичного</p>	Лекції – 4 год, практ. заняття – 2 год, самостійна робота – 10 год		2 тижні

	бізнесу у 21 ст. Джерела фармацевтичних інновацій. Фази клінічних випробувань.			
7,8	<p>Редагування геномів і нові інструменти у біотехнології.</p> <p>Маніпулювання генетичною інформацією за допомогою рекомбінантних ДНК-технологій. Рідкісні генетичні захворювання.</p> <p>Біотехнологічні інструменти другого покоління: CRISPR-Cas9. Класифікація CRISPR-Cas систем. Загальний принцип дії CRISPR/Cas9 системи. Проблеми та обмеження технологій CRISPR-Cas9.</p> <p>Клінічні випробування редагування геному людини.</p> <p>Розробки вакцин на база мРНК.</p>	Лекції – 4 год, практич. заняття – 2 год, самостійна робота – 9 год		2 тижні
9,10	<p>Алгоритми штучного інтелекту в біології і медицині.</p> <p>Класифікація онкологічних захворювань з використанням ШІ. Штучний інтелект для лікування захворювань нервової системи. Впровадження алгоритмів ШІ у медицині. Роль ШІ у визначенні діагнозу.</p>	Лекції – 4 год, практич. заняття – 2 год, самостійна робота – 9 год		2 тижні

11,12	<p>Роль ШІ у розробці і впровадження нових ліків.</p> <p><i>In silico</i> методи у віртуальному скринінгу за допомогою хемоінформатики. QSAR, <i>QSPR</i> і <i>SAR</i> аналізи. Роль ШІ у комп'ютерному дизайні ліків. Віртуальні бібліотеки сполук. Інструменти віртуального скринінгу на основі ШІ. Моделі для <i>de novo</i> дизайну ліків.</p>	<p>Лекції – 4 год, практ. заняття – 2 год, самостійна робота – 9 год</p>	2 тижні
13,14	<p>Біотехнологія, ШІ і медицина майбутнього.</p> <p>Інструменти для розшифрування молекулярних структур і біологічних систем.</p> <p>AlphaFold: Прогнозування структури білків. Прогнозування 3D організації геному і регуляторних елементів. Підходи у ШІ для пов'язування генетичних змін і захворювань.</p> <p>Нейронаука і ШІ: моделювання мозку і процесів у мозку. Технологічні гіганти в секторі охорони здоров'я; Alphabet, Apple Inc, Amazon.</p>	<p>Лекції – 4 год, практ. заняття – 2 год, самостійна робота – 9 год</p>	2 тижні
15,16	<p>ШІ і етика: виклики і можливості.</p> <p>Діагностика захворювань</p>	<p>Лекції – 4 год, практ. заняття – 2 год, самостійна робота – 8 год</p>	2 тижні

моніторинг допомогою ШІ.	за			
-----------------------------	----	--	--	--

Автор

Наталія ГОЛУБ

"Погоджено"

Голова методичної ради
біологічного факультету

Віталій ГОНЧАРЕНКО

" 18 " січня 2024 р.

Гарант ОПП «Біохімія»
Наталія СИБІРНА

" 18 " 01 2024 р.

Гарант ОПП «Біофізика»
Марта БУРА

" 18 " 01 2024 р.

Гарант ОПП «Ботаніка»
Анастасія ОДІНЦОВА

" 18 " січня 2024 р.

Гарант ОПП «Генетика»
Наталія ГОЛУБ

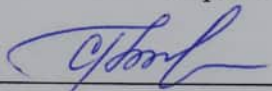
" 18 " січня 2024 р.

Гарант ОПП «Зоологія»


_____ Андрій БОКОТЕЙ

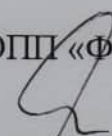
" 17 " 01 _____ 2024 р.

Гарант ОПП «Мікробіологія»


_____ Світлана ГНАТУШ

" 18 " 01 _____ 2024 р.

Гарант ОПП «Фізіологія людини і тварин»


_____ Оксана ІККЕРТ

" 16 " 01 _____ 2024 р.

Гарант ОПП «Фізіологія рослин»


_____ Наталія РОМАНЮК

" 17 " 01 _____ 2024 р.