

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ДОНБАСЬКА ДЕРЖАВНА МАШИНОБУДІВНА АКАДЕМІЯ  
Кафедра комп'ютерних інформаційних технологій



Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union



Затверджено  
Вченою радою факультету автоматизації  
машинобудування й інформаційних тех-  
нологій, протокол № 8 від 22.06.2020 р.  
Голова Вченої ради факультету:  
С.В. Подлесний

**РОБОЧА ПРОГРАМА**  
навчальної дисципліни  
«Математичне моделювання в біотехнічних системах»

**WORKING PROGRAM**  
**of discipline**  
«Mathematical modeling in biotechnical systems»

<b>рівень вищої освіти</b>	другий (магістерський)
<b>спеціальність</b>	122 Комп'ютерні науки
<b>назва освітньої програми</b>	Комп'ютерні науки в техніці, бізнесі та медицині
<b>статус</b>	вільного вибору

*Розроблено за підтримки міжнародного проекту «Erasmus+» BioArt «Інноваційна мульти-дисциплінарна навчальна програма для підготовки бакалаврів та магістрів зі штучних імплантів для біоінженерії» (586114-EPP-1-2017-1-ES-EPPKA2-SBHE-JP), що фінансується Європейською Комісією. Підтримка Європейською комісією цієї програми не означає схвалення змісту, який відображає лише думки авторів, і Комісія не може нести відповідальність за будь-яке використання інформації, що міститься в ній.*

Краматорськ  
ДДМА  
2020

Робоча програма навчальної дисципліни «Математичне моделювання в біотехнічних системах» для підготовки фахівців за другим (магістерським) рівнем вищої освіти, спеціальність 122 Комп'ютерні науки, освітня програма «Комп'ютерні науки в техніці, бізнесі та медицині».

The working program of the academic discipline " Mathematical modeling in biotechnical systems " for training specialists at the second (master's) level of higher education, specialty 122 Computer science, educational program "Computer science in technology, business and medicine».

Розробники:

\_\_\_\_\_ Л.В. Васильєва, канд. техн. наук, доцент

Погоджено з групою забезпечення освітньої програми:

Керівник групи забезпечення:

\_\_\_\_\_ П.І. Сагайда, д-р техн. наук, доцент

Розглянуто і затверджено на засіданні кафедри комп'ютерних інформаційних технологій, протокол № 18 від 09.06.2020 р.

Завідувач кафедри:

\_\_\_\_\_ О.Ф. Тарасов, д-р техн. наук, професор

*Розроблено за підтримки міжнародного проєкту «Erasmus+» BioArt «Інноваційна мультидисциплінарна навчальна програма для підготовки бакалаврів та магістрів зі штучних імплантів для біоінженерії» (586114-EPP-1-2017-1-ES-EPPKA2-SBHE-JP), що фінансується Європейською Комісією. Підтримка Європейською комісією цієї програми не означає схвалення змісту, який відображає лише думки авторів, і Комісія не може нести відповідальність за будь-яке використання інформації, що міститься в ній.*

## I ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

1.1 Актуальність вивчення дисципліни у зв'язку із завданнями професійної діяльності та навчання.

Методи, теоретичні концепції, та моделі, що вивчаються в цій дисципліні, застосовуються для наукового аналізу складних цілеспрямованих процесів із метою удосконалення структури та організації їх діяльності для підвищення ефективності. Вміння побудови математичної моделі і використання для її аналізу певного математичного апарату сприяє пошуку оптимального (найкращого за тим чи іншим критерієм) рішення.

1.2 Мета дисципліни – формування когнітивних, афективних та моторних компетенцій в сфері застосування методів математичного моделювання в біотехнічних системах у професійній діяльності, розробки моделей об'єктів та реалізації алгоритмів із використанням сучасних мов програмування та існуючого програмного забезпечення.

1.3 Завдання дисципліни:

навчання: основам методології моделювання біологічних, технічних та біотехнічних систем; володіти системним підходом до їх моделювання; створювати та досліджувати математичні моделі технічних та біологічних складових біотехнічних систем, враховувати їх взаємний вплив; вміти планувати та реалізувати комп'ютерні експерименти з моделями з залученням засобів сучасних інформаційних технологій; застосовувати набуті навички моделювання в процесі аналізу та синтезу біотехнічних систем та їх складових; уміти представити результати моделювання та в процесі дискусії із іншими студентами обґрунтувати свої висновки.

Програмні результати навчання за даною дисципліною наступні. Студент повинен отримати відповідні компетентності, щоб на майбутньому робочому місці:

– використовувати системний аналіз для отримання інформації про діяльність у різних предметних галузях (технічного, організаційно-технічного та медичного призначення) та 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.

– обґрунтовано обирати та удосконалювати чисельні методи та можливості їх адаптації при виконанні завдань моделювання та дослідження систем різної природи.

– виконувати моделювання та дослідження технічних, організаційно-технічних систем, виробів та систем медичного призначення; використовувати методи дослідження операцій.

1.4 Передумови для вивчення дисципліни: повний курс бакалавра за спеціальністю/галуззю знань.

1.5 Мова викладання: українська.

1.6 Обсяг навчальної дисципліни та його розподіл за видами навчальних занять:

- загальний обсяг становить 165 годин / 5,5 кредитів, в т.ч.:
- денна форма навчання: лекції – 36 годин, практичні – 36 години, самостійна робота студентів – 93 годин;
- дистанційно-заочна форма навчання: лекції – 8 годин, лабораторні – 4 години, самостійна робота студентів – 153 годин.

## II ПРОГРАМНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен продемонструвати достатній рівень сформованості наступних програмних результатів навчання.

В узагальненому вигляді їх можна навести наступним чином:

### ***у когнітивній сфері***

студент здатний продемонструвати:

- знання основ методології моделювання біологічних, технічних та біотехнічних систем; володіння системним підходом до їх моделювання;
- вміння створювати та досліджувати математичні моделі технічних та біологічних складових біотехнічних систем, враховувати їх взаємний вплив;
- здатність до математичного та логічного мислення, формулювання та досліджування математичних моделей, обґрунтування вибору методів і підходів для розв'язування теоретичних і прикладних задач в галузі комп'ютерних наук, інтерпретування отриманих результатів в різних предметних галузях (технічного, медичного призначення, тощо);
- вміння обробляти отримані результати, аналізувати, осмислювати та подавати їх, обґрунтувати запропоновані рішення на сучасному науково-технічному рівні;
- вміння використовувати, розробляти та досліджувати математичні методи та алгоритми обробки даних.

### ***в афективній сфері***

студент здатний:

- критично осмислювати лекційний та позалекційний навчальний матеріал, аргументувати на основі теоретичного матеріалу, застосовувати вивчені методи пошуку оптимального розв'язку до відповідних практичних задач; розв'язувати задачі, використовуючи пакети програм при використанні

комп'ютерів, реалізувати високопродуктивні обчислення на основі сучасних сервісів і технологій;

– – уміти представити результати моделювання та в процесі дискусії із іншими студентами обґрунтувати свої висновки.

– здатність спілкуватися з представниками інших професійних груп різного рівня (з експертами з інших галузей знань і видів діяльності).

### ***у психомоторній сфері***

студент здатний:

– – вміти планувати та реалізувати комп'ютерні експерименти з моделями з залученням засобів сучасних інформаційних технологій;

– – застосовувати набуті навички моделювання в процесі аналізу та синтезу біотехнічних систем та їх складових;

– контролювати результати власних зусиль в навчальному процесі та коригувати (за допомогою викладача) ці зусилля для ліквідації пробілів у засвоєнні навчального матеріалу або формуванні вмінь;

– самостійно здійснювати пошук, систематизацію, узагальнення навчального матеріалу, розробляти варіанти розв'язування завдань й обирати найбільш раціональні з них.

Формулювання спеціальних результатів із їх розподілом за темами представлені нижче:

Тема	Зміст програмного результату навчання
1	<p><i>У когнітивній сфері:</i> студент здатний</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• продемонструвати розуміння загальних принципів моделювання систем;</li><li>• пояснити сутність біотехнічних систем та їх особливостей;</li><li>• продемонструвати знання основних вимог до побудовання математичних моделей;</li></ul> <p><i>в афективній сфері</i> студент здатний:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• критично осмислювати лекційний та позалекційний навчальний матеріал, та застосовувати вивчені методи побудови математичних моделей до відповідних практичних задач; реалізувати високопродуктивні обчислення із застосуванням сучасних мов програмування;</li></ul> <p><i>у психомоторній сфері:</i></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• студент здатний оформити практичну роботу</li></ul>
2	<p><i>У когнітивній сфері:</i> студент здатний</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• продемонструвати знання основ кореляційного та регресійного аналізу;</li><li>• пояснити сутність ідентифікації об'єктів та параметрів математичних моделей;</li></ul> <p><i>в афективній сфері</i> студент здатний:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• критично осмислювати лекційний та позалекційний навчальний матеріал; аргументувати на основі теоретичного матеріалу, застосовувати вивчені ме-</li></ul>

Тема	Зміст програмного результату навчання
	<p>тоди кореляційного та регресійного аналізу до відповідних практичних задач; реалізовувати високопродуктивні обчислення із застосуванням сучасних мов програмування;</p> <p><i>у психомоторній сфері:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• студент здатний оформити роботу по використанню розглянутих методів</li> </ul>
3	<p><i>У когнітивній сфері:</i> студент здатний</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• продемонструвати знання методики та алгоритмів побудування лінійних регресійних моделей;</li> <li>• продемонструвати розуміння використання відповідних алгоритмів;</li> <li>• пояснити сутність перевірки за допомогою статистичних критеріїв;</li> </ul> <p><i>в афективній сфері</i> студент здатний:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• критично осмислювати лекційний та позалекційний навчальний матеріал; аргументувати на основі теоретичного матеріалу, застосовувати вивчені методи та алгоритми отримання регресійних моделей до відповідних практичних задач; реалізовувати високопродуктивні обчислення із застосуванням сучасних мов програмування; <p><i>у психомоторній сфері:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• студент здатний оформити роботу з отримання та валідації регресійної моделі</li> </ul> </li></ul>
4	<p><i>У когнітивній сфері:</i> студент здатний</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• продемонструвати розуміння базових понять первісної обробки даних;</li> <li>• продемонструвати знання видів багатofакторних моделей;</li> <li>• продемонструвати знання видів прогнозу;</li> </ul> <p><i>в афективній сфері</i> студент здатний:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• критично осмислювати лекційний та позалекційний навчальний матеріал; аргументувати на основі теоретичного матеріалу, застосовувати вивчені методи та алгоритми отримання багатofакторних регресійних моделей до відповідних практичних задач; реалізовувати високопродуктивні обчислення із застосуванням сучасних мов програмування; <p><i>у психомоторній сфері:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• студент здатний оформити роботу з отримання та валідації багатofакторної регресійної моделі</li> </ul> </li></ul>
5	<p><i>У когнітивній сфері:</i> студент здатний</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• сформулювати завдання дослідження динамічних даних;</li> <li>• пояснити сутність часових рядів;</li> <li>• продемонструвати розуміння процесу та етапів обробки часових рядів;</li> </ul> <p><i>в афективній сфері</i> студент здатний:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• критично осмислювати лекційний та позалекційний навчальний матеріал; аргументувати на основі теоретичного матеріалу, застосовувати вивчені методи та алгоритми обробки часових рядів до відповідних практичних задач; реалізовувати високопродуктивні обчислення із застосуванням сучасних мов програмування; <p><i>у психомоторній сфері:</i></p> </li></ul>

Тема	Зміст програмного результату навчання
	<ul style="list-style-type: none"> <li>студент здатний оформити роботу з обробки часових рядів та отримання прогнозу за моделлю</li> </ul>

### III ПРОГРАМА ДИСЦИПЛІНИ

#### 3.1. Розподіл обсягу дисципліни за видами навчальних занять та темами

№ з/п	Назви змістових модулів і тем	Кількість годин (денна / заочна форма)				
		Усього	в т.ч.			
			Л	П (С)	Лаб	СРС
1	Поняття та характеристики систем. Біотехнічні системи та їх особливості. Сутність та загальні принципи моделювання систем. Математичне моделювання. Основні вимоги до математичних моделей та їх характеристики.	32	8/2	6	-/-	18/30
2	Основи побудови та ідентифікація об'єктів та параметрів математичних моделей на основі експериментальних залежностей, основи кореляційного та регресійного аналізу. Статистичне моделювання біотехнічних систем.	31	6/2	6	-/1	19/28
3	Лінійні моделі. Статистичні критерії. Перевірка моделі на адекватність. Статистична значимість параметрів.	32	6/1	8	-/1	18/30
4	Нелінійні моделі. Колінеарність та мультиколінеарність. Види прогнозу.	34	8/1	8	-/1	18/32
5	Динамічні дані. Аналіз часових рядів. Методи згладжування рядів.	36	8/2	8	-/1	20/33
<b>Усього годин</b>		<b>165</b>	<b>36/8</b>	<b>36/-</b>	<b>-/4</b>	<b>93/153</b>

Л – лекції, П (С) – практичні (семінарські) заняття, Лаб – лабораторні заняття, СРС – самостійна робота студентів.

#### 3.2. Тематика практичних занять

№ з/п	Тема заняття
1	Методи побудування лінійної регресійної моделі; перевірка адекватності моделі; прогнозування
2	Методи побудування нелінійної однофакторної моделі; перевірка адекватності моделі; прогнозування
3	Методи побудування багатофакторних моделей; перевірка адекватності моделі; прогнозування
4	Методи планування експерименту; побудування моделей 1-го та 2-го порядку
5	Математичні моделі динамічних даних; аналіз часових рядів; метод ковзного середнього та експоненційного згладжування

#### IV КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ

##### 4.1 Перелік обов'язкових контрольних точок для оцінювання знань студентів денної форми навчання

№	Назва і короткий зміст контрольного заходу	Мах балів	Характеристика критеріїв досягнення результатів навчання для отримання максимальної кількості балів
1	Захист практичних робіт	65	Студент здатний продемонструвати критичне осмислення лекційного та позалекційного матеріалу, брати кваліфіковану участь у дискусії з наведенням аргументації. Студент виконав практичну роботу та навів аргументовані відповіді на запитання.
2	Модульна контрольна робота	35	Студент виконав тестові та розрахункові завдання, що відповідають програмним результатам навчання за темами змістового модуля
Поточний контроль		100	-
Підсумковий контроль		100	Студент виконав тестові та розрахункові завдання та навів аргументовані відповіді на ситуаційні завдання, що відповідають програмним результатам навчання з дисципліни
Всього		100	-

##### 4.2 Перелік обов'язкових контрольних точок для оцінювання знань студентів заочної форми навчання

№	Назва і короткий зміст контрольного заходу	Мах балів	Характеристика критеріїв досягнення результатів навчання для отримання максимальної кількості балів
1	Тестова контрольна робота, яка виконується студентом індивідуально в системі Moodle	40	Студент виконав тестові завдання, що відповідають програмним результатам навчання з дисципліни
2	Письмовий екзамен (залік)	60	Студент виконав аналітично-розрахункові завдання та навів аргументовані відповіді на ситуаційні завдання, що відповідають програмним результатам навчання з дисципліни
Всього		100	-

##### 4.3 Критерії оцінювання сформованості програмних результатів навчання під час підсумкового контролю



Синтезований опис компетентностей	Типові недоліки, які зменшують рівень досягнення програмного результату навчання
<p>Когнітивні:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• студент здатний продемонструвати знання і розуміння основних методів та алгоритмів задач математичного моделювання;</li> <li>• студент здатний продемонструвати знання і розуміння основних методів та алгоритмів задач вибору оптимальної моделі;</li> <li>• студент здатний продемонструвати знання і розуміння основних засобів та алгоритмів застосування статистичних критеріїв для перевірки моделей;</li> </ul>	75-89% - студент припускається помилок у описі алгоритмів та методів розв'язання оптимізаційних задач, недостатньо повно визначає зміст математичної моделі, припускається несуттєвих фактичних помилок при визначенні точності методу
	60-74% - студент некоректно формулює алгоритми та методи розв'язання оптимізаційних задач та робить суттєві помилки у змісті математичної моделі, припускається помилок при проектуванні власного алгоритму, припускається помилок у розрахунках та оформленні роботи
	менше 60% - студент не може обґрунтувати свою позицію посиленням на конкретний алгоритм математичного моделювання, не володіє методикою розрахунків, не може самостійно підібрати необхідні методи; не має уяви про типи задач
<p>Афективні:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• студент здатний критично осмислювати матеріал; аргументувати власну позицію оцінити аргументованість вимог та дискутувати у професійному середовищі;</li> <li>• студент здатний співпрацювати із іншими студентами та викладачем; ініціювати і брати участь у дискусії, розділяти цінності колективної та наукової етики</li> </ul>	75-89% - студент припускається певних логічних помилок в аргументації власної позиції в дискусіях на заняттях та під час захисту практичних та індивідуальних завдань, відчуває певні складності у поясненні фахівцю окремих аспектів професійної проблематики
	60-74% - студент припускається істотних логічних помилок в аргументації власної позиції, слабо виявляє ініціативу до участі у дискусіях та індивідуальних консультаціях за наявності складності у виконанні практичних та індивідуальних завдань; відчуває істотні складності при поясненні фахівцю або нефахівцю окремих аспектів професійної проблематики
	менше 60% - студент не здатний продемонструвати володіння логікою та аргументацією у виступах, не виявляє ініціативи до участі у дискусії, до консультування з проблемних питань виконання практичних та індивідуальних завдань, не здатний пояснити нефахівцю суть відповідних проблем професійної діяльності; виявляє зневагу до етики навчального процесу
<p>Психомоторні:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• студент здатний самостійно працювати, розробляти варіанти рішень, звітувати про них;</li> <li>• студент здатний слідувати методичним підходам до розрахунків;</li> <li>• студент здатний контролювати результати власних зусиль та коригувати ці зусилля</li> </ul>	75-89% - студент припускається певних помилок у стандартних методичних підходах та відчуває ускладнення при їх модифікації за зміни вихідних умов навчальної або прикладної ситуації
	60-74% - студент відчуває ускладнення при модифікації стандартних методичних підходів за зміни вихідних умов навчальної або прикладної ситуації
	менше 60% - студент нездатний самостійно здійснювати пошук та опрацювання методів та алгоритмів розв'язання оптимізаційних задач, виконувати індивідуальні завдання, проявляє ознаки академічної недоброчесності при підготовці індивідуальних завдань та виконанні контрольних робіт, не сформовані навички самоо-

	цінки результатів навчання і навичок міжособистісної комунікації з прийняття допомоги з виправлення ситуації
--	--

## V ЗАСОБИ ОЦІНЮВАННЯ

№	Назва і короткий зміст контрольного заходу	Характеристика змісту засобів оцінювання
1.	Захист практичних робіт	<ul style="list-style-type: none"> <li>опитування за термінологічним матеріалом, що відповідає темі роботи;</li> <li>оцінювання аргументованості звіту про розбір ситуаційних завдань;</li> <li>оцінювання активності участі у дискусіях</li> </ul>
2.	Модульні контрольні роботи	<ul style="list-style-type: none"> <li>стандартизовані тести;</li> <li>аналітично-розрахункові завдання;</li> </ul>
Підсумковий контроль		<ul style="list-style-type: none"> <li>стандартизовані тести;</li> <li>аналітично-розрахункові завдання;</li> </ul>

## VI РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

### 6.1 Основна література

1. Устюжанин В.А. Моделирование биотехнических систем: учеб. пособие / В.А.Устюжанин, И.В.Яковлева. - Старый Оскол: ТНТ, 2014. - 215 с.
2. Гліненко Л.К., Сухонос О.Г. Основи моделювання технічних систем. - Навчальний посібник для студентів вузів технічних спеціальностей. - Львів: "Ніка-ПЛЮС". - 1999. - 204 с.
3. Филатова Н.Н. Моделирование биотехнических систем: учебное пособие / Н.Н. Филатова. Тверь: ТГТУ, 2008. 144 с.
4. Математическое моделирование живых систем : [учеб. пособие] / [О. Э. Соловьева, В. С. Мархасин, Л. Б. Кацнельсон, Т. Б. Сульман, А. Д. Васильева, А. Г. Курсанов]; под общ. ред. О. Э. Соловьевой. — Екатеринбург : Изд-во Урал, ун-та, 2013. — 328 с.
5. Дьяконов В.П. MATLAB и Simulink для радиоинженеров./ В.П.Дьяконов. - М.: ДМК Пресс, 2011. – 976 с.
6. Павлиш В.А. Основи інформаційних технологій і систем: навч. посібник / В.А.Павлиш, Л.К. Гліненко. - Львів: Видавництво львівської політехніки, 2013. - 500 с.
7. Яне Б. Цифровая обработка изображений. – М: Техносфера, 2007. – 584 с.
8. Gonzalez, Rafael (2018). Digital image processing. New York, NY: Pearson. ISBN 978-0-13-335672-4.
9. Bovik A. C. Handbook of image and video processing. – Academic press, 2010.
10. Jahne B. Practical handbook on image processing for scientific and technical applications. – CRC press, 2004.

## 6.2 Допоміжна література

11. Khoo M.C.K. Mathematical Modeling. In: Khoo M.C.K. Physiological Control Systems. AnaLysis, Simulation and Estimation. – John Wiley & Son, Inc., 2015. – 467 p. - P. 23-37.
12. Khoo M.C.K. Identification of Physiological Control Systems. In: Khoo M.C.K. Physiological Control Systems. AnaLysis, Simulation and Estimation. – John Wiley & Son, Inc., 2015. – 467 p. - P. 159-202.
13. Enderle J. Compartmental Modeling / J.Enderle, J.Bronzino. In Enderle J. Introduction to Biomedical Engineering / J.Enderle, J.Bronzino. – Elsevier Inc., 2012. - P. 360 - 445.
14. Enderle J. Physiological Modeling / J.Enderle. In Enderle J. Introduction to Biomedical Engineering / J.Enderle, J.Bronzino. – Elsevier Inc., 2012. - P. 693 - 798.

## 6.3 Web-ресурси

Moodle. - Режим доступа: <http://www.moodle.dgma.donetsk.ua>