

Одеський державний екологічний університет

Кафедра автоматизованих систем моніторингу навколишнього середовища

«ЗАТВЕРДЖЕНО»

Проректор з навчально-методичної роботи

“ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2019 р.

## **РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

Методи та моделі побудови експертних систем

(шифр і назва навчальної дисципліни)

спеціальність 122 – комп'ютерні науки

(шифр і назва спеціальності)

спеціалізація \_\_\_\_\_

(назва спеціалізації)

факультет \_\_\_\_\_

відділ аспірантури та докторантури

(назва інституту, факультету, відділення)

Одеса – 2019 рік

Робоча програма з навчальної дисципліни «Методи та моделі побудови експертних систем» для аспірантів за спеціальністю 122 – «Комп’ютерні науки».

«\_\_\_» \_\_\_\_\_, 2019 року – 18 с.

Розробник: Мещеряков Володимир Іванович, д.т.н., професор, зав. кафедри інформатики

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри інформатики

Протокол № 2 від 29.08.2019 р.

«Узгоджено»

Відділ аспірантури та докторантури ОДЕКУ

(факультет)

Зав. відділу \_\_\_\_\_  
(підпис)

(Вітовська О. Т.)  
(прізвище та ініціали)

## 1 Глосарій

- АПДЛД – анотація прочитаної додаткової літератури з дисципліни;
- ВЗ – перевірка виконання індивідуального завдання у вигляді звіту або протоколу;
- ВПТЛМ – вивчення певних тем лекційних модулів;
- ЕС – експертні системи;
- ЗКР – залікова контрольна робота;
- ЗМ – змістовний модуль;
- ЗМ-ІЗ – змістовний модуль у вигляді виконання індивідуальних завдань;
- ЗМ-Л – змістовний модуль з теоретичної (лекційної) частини;
- ЗМ-П – змістовний модуль з практичної частини;
- ІЗ – індивідуальне завдання;
- КР – модульна контрольна робота;
- ПІ – підготовка до іспиту;
- ПЛЗ – підготовка до лекційних занять;
- ПМКР – підготовка до модульної тестової контрольної роботи;
- ПУОПЗ – підготовка до усного опитування під час практичних занять;
- РЗ – розв'язання задач під наглядом викладача в обчислювальному класі або в аудиторії;
- УО – усне опитування під час лекційних та практичних занять

## 2 Опис навчальної дисципліни «Імітаційне моделювання»

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни
		Очна (денна) форма навчання
Кількість кредитів ECTS – 5	Галузь знань <u>12 – інформаційні технології</u> (шифр і назва)	Обов'язкова
	Спеціальність <u>122 – комп'ютерні науки</u> (шифр і назва)	
Змістовних модулів: теоретичних: 3; практичних: 2		<b>Рік підготовки:</b>
		2-й
		<b>Семестр</b>
		4-й
Індивідуальні завдання: Очна (денна) форма: АПДЛД  Загальна кількість годин – 150	Рівень вищої освіти: доктор філософії (PhD)	Лекції
		45 год.
		<b>Практичні</b>
		30 год.
		<b>Лабораторні</b>
		–
		<b>Самостійна робота</b>
		75 год.
<b>Індивідуальні завдання:</b>		
25 год.		
<b>Вид контролю: іспит</b>		

### Примітка.

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить: для очної (денної) форми навчання – 50% до 50%

### **3 Мета та завдання навчальної дисципліни**

Дисципліна «Методи та моделі побудови експертних систем» є фаховою вибірковою дисципліною у циклі підготовки докторів філософії за галуззю знань «Інформаційні технології» та належить до освітньої програми підготовки.

Засвоєння цього курсу можливе, якщо аспіранти отримали базові необхідні знання із дисциплін бакалаврської та магістерської підготовки «Алгоритмізація та програмування», «Вища математика», «Дискретна математика», «Теорія ймовірності, ймовірнісні процеси та математична статистика», «Чисельні методи», «Математичні методи дослідження операцій», «Моделювання систем», «Нейронні мережі», «Групові системи підтримки прийняття рішень» тощо.

Отримані у процесі вивчення дисципліни знання повинні створити базу, необхідну для формування знань та вмінь доктора філософії за галуззю знань «Інформаційні технології».

Метою дисципліни є ознайомлення аспірантів з основними методами підтримки прийняття рішень та моделями побудови експертних систем (ЕС), навчитися розглядати прикладні та обчислювальні аспекти побудови рішень, розробляти алгоритми і програми практичного застосування ЕС.

За результатами вивчення дисципліни аспіранти повинні ЗНАТИ:

- моделі і методи побудови ЕС;
- теоретичні основи підтримки прийняття рішень;
- методи аналізу інформаційних потоків;
- види й призначення ЕС;
- принципи побудови, організації, архітектури й структури ЕС;
- методи аналізу створення ЕС;
- принципи побудови моделей процесів функціонування ЕС;
- методи формалізації та алгоритмізації моделей за допомогою програмних засобів сучасних ЕС;
- алгоритми прийняття рішень за результатами експертного моделювання.

За результатами вивчення дисципліни аспіранти повинні ВМІТИ:

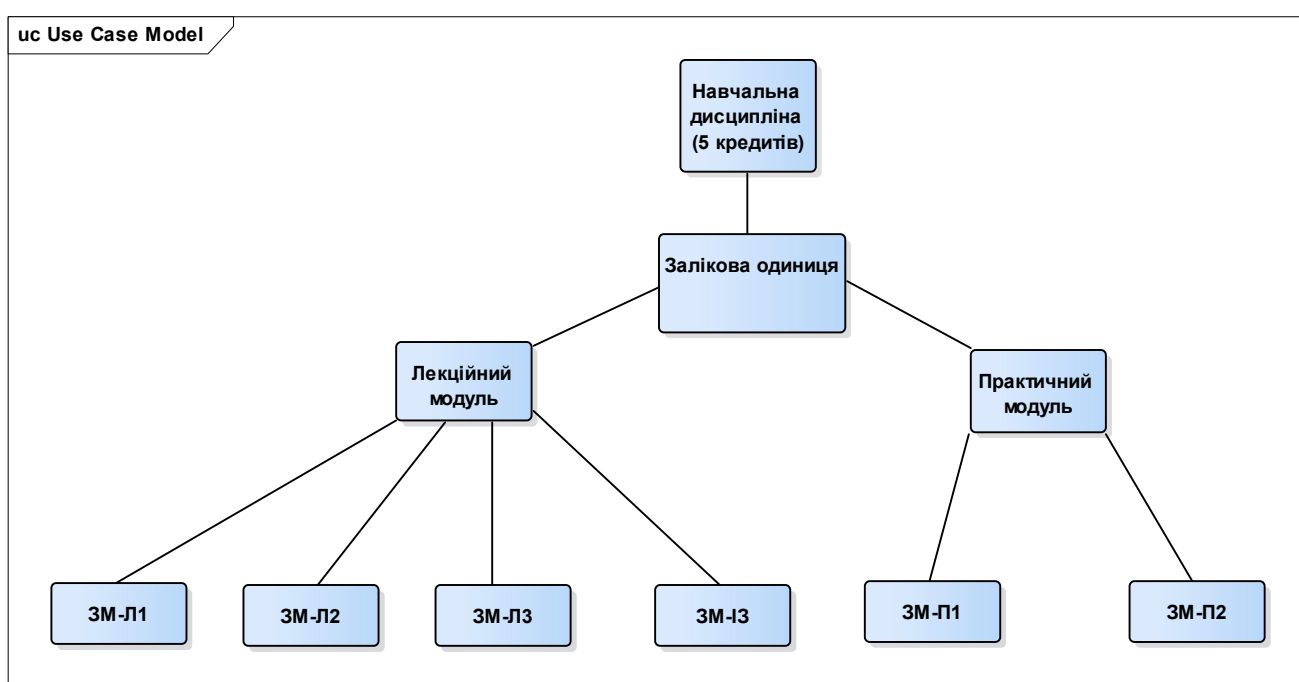
- використовувати ЕС у своїй професійній діяльності;
- проводити обґрунтований вибір ЕС урахуванням її особливостей;
- принципи і засоби адміністрування ЕС;
- володіти засобами проектування інтелектуальних систем;
- обирати та використовувати ЕС конкретної спрямованості.
- реалізовувати моделі за допомогою технічних засобів сучасних ЕС;

- реалізувати основні етапи побудови ЕС;
- використовувати методи прийняття рішень, отриманих за результатами моделювання.

Спеціалізовано-професійні компетенції: здатність здійснювати аналіз та вибір методів створення і використання експертних систем конкретної спрямованості.

Професійні компетенції: обирати відповідні моделі даних та методи формалізації знань для створення спеціалізованих експертних систем.

#### 4 Схема навчальної дисципліни



Позначення:

ЗМ-Л1 – 3 – змістовні модулі з теоретичної (лекційної) частини;

ЗМ-П1 – 2 – змістовні модулі з практичної частини;

ЗМ-ІЗ – змістовний модуль у вигляді виконання індивідуальних завдань.

### 5 Програма лекційних модулів

Змістовні модулі	Назва змістовного модуля	Назва теми	Очна (денна) форма			
			Кількість аудиторних годин	Кіль-кість годин СРС	Завдання на СРС	Форми поточного контролю СРС
ЗМ-Л1	Методи та технології прийняття рішень	1.1 Нові технології підтримки прийняття рішень	3	1	ПЛЗ	УО
		1.2 Подання знань в інтелектуальних системах	3	1	ПЛЗ	УО
		1.3 Типи знань і семантичні мережі	3	1	ПЛЗ	УО
		1.4 Нечіткі множини	3	1	ПЛЗ	УО
		1.5 Методи обробки знань	3	1	ПЛЗ	УО
		Модульна тестова контрольна робота 1		5	ПМКР	КР
ЗМ-Л2	Моделі підтримки прийняття рішень	2.1 Чинники, які враховуються в основному змісті моделі	3	1	ПЛЗ	УО
		2.2 Представлення знань на основі моделей фреймів	3	1	ПЛЗ	УО
		2.3 Продукційні та логічні моделі подання знань	3	1	ПЛЗ	УО
		2.4 Моделі лінгвістичних змінних	3	1	ПЛЗ	УО
		2.5 Моделі пошуку релевантних знань	3	1	ПЛЗ	УО
		Модульна тестова контрольна робота 2		5	ПМКР	КР
ЗМ-Л3	Побудова експертних систем	2.1 Характеристики експертних систем і складові компоненти	3	1	ПЛЗ	УО

Змістовні модулі	Назва змістовного модуля	Назва теми	Очна (денна) форма			
			Кількість аудиторних годин	Кількість годин СРС	Завдання на СРС	Форми поточного контролю СРС
		2.2 Типізація експертних систем за класами вирішуваних завдань	3	1	ПЛЗ	УО
		2.3 Етапи створення експертних систем	3	1	ПЛЗ	УО
		2.4 Інструментальні засоби проектування інтелектуальних систем	6	2	ПЛЗ	УО
		Модульна тестова контрольна робота 3		5	ПМКР	КР
ЗМ-ІЗ	Індивідуальне завдання	Читання додаткової літератури з дисципліни (вивчення 3-х джерел)		10	АПДЛД	ВЗ
		Підготовка до іспиту		20	ПІ	іспит
Разом:			45	60		



ЗНАННЯ, якими має оволодіти аспірант після вивчення змістовних модулів.

ЗМ-Л1. В результаті засвоєння матеріалу першого змістовного модуля аспірант повинен ЗНАТИ:

- методи аналізу інформаційних потоків;
- методи аналізу створення знань;
- методи побудови рішень;
- методи формалізації знань.

ЗМ-Л2. В результаті засвоєння матеріалу другого змістовного модуля аспірант повинен ЗНАТИ:

- моделі побудови представлення знань;
- принципи побудови моделей процесів підтримки рішень;
- алгоритмізація моделей рішень допомогою програмних засобів;
- застосування моделей лінгвістичних змінних.

ЗМ-Л3. В результаті засвоєння матеріалу третього змістовного модуля аспірант повинен ЗНАТИ:

- теоретичні основи побудови ЕС;
- види й призначення ЕС;
- принципи побудови, організації, архітектури й структури ЕС;
- алгоритми прийняття рішень за результатами застосування інтелектуальних систем.

#### НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗМІСТОВНИХ МОДУЛІВ:

1. Джарратано Дж., Райли Г. Экспертные системы: принципы разработки и программирование, 4-е изд.: пер. с англ. Москва: ООО “И. Д. Вильямс”, 2007. 1152 с.
2. Парлюк Е. П., Малыха Е. Ф. Управление разработкой технико-технологическими инновациями с учетом автоматизированной экспертной системы. Москва: ООО «УМЦ «Триада», 2019. 151 с.
3. Бодров В. И., Лазарев Т. Я., Мартыновский Ю. Ф. Математические методы принятия решений. Уч. пособие. Тамбов: ТГУ, 2013. 124 с.
4. Василенко В. А. Теорія і практика розробки управлінських рішень: Навч. посіб. Київ: ЦНЛ, 2012. 420 с.
5. Блюмин С. Л., Шуйкова И. А. Модели и методы принятия решений в условиях неопределенности. Липецк: ЛЗГИ, 2014. 138 с.
6. Глибовець М. М., Опецький О. В. Штучний інтелект: підручник. Київ: КМА, 2012. 366 с.

7. Пушкар О. І., Гіковатий В. М., Євсєєв О. С., Потрашкова Л. В. Системи підтримки прийняття рішень: навч. посібник. Харків: ІнжЕк, 2016. 304 с.
8. Черноруцкий И. Г. Методы принятия решений. Санкт-Петербург: БХБ-Петербург, 2015. 416 с.
9. Арсеньев Ю. Н., Шелобаев С. И., Давыдова Т. Ю. Принятие решений. Интегрированные интеллектуальные системы. Москва: ЮНИТИ-ДАНА, 2013. 624 с.

### 6 Програма практичних модулів

Змістовні модулі	Форма занять	Назва теми	Очна (денна) форма			
			Кількість аудиторних годин	Кількість годин СРС	Завдання на СРС	Форми поточного контролю СРС
ЗМ-П1	Практичні заняття	Форми запису функції цілі	3	1,5	ПУОПЗ	УО, РЗ
		Геометрична інтерпретація множини рішень	3	1,5	ПУОПЗ	УО, РЗ
		Находження області оптимального рішення	3	1,5	ПУОПЗ	УО, РЗ
		Постановка й вирішення прямого та зворотнього завдання	3	1,5	ПУОПЗ	УО, РЗ
		Логічні комірки, кадри моделювання	3	1,5	ПУОПЗ	УО, РЗ
ЗМ-П2		Функції оптимізації	3	1,5	ПУОПЗ	УО, РЗ
		Використання функцій вирішення завдання у формах максимізації	3	1,5	ПУОПЗ	УО, РЗ
		Прийняття рішень в умовах невизначеності	3	1,5	ПУОПЗ	УО, РЗ
		Робота з лінгвістичними змінними	3	1,5	ПУОПЗ	УО, РЗ
		Використання функцій оптимізації у умовах невизначеності	3	1,5	ПУОПЗ	УО, РЗ
Разом:			30	15		

ВМІННЯ, якими має володіти аспірант після вивчення змістовних модулів.

ЗМ-П1. В результаті засвоєння матеріалу змістовного модуля аспірант повинен ВМІТИ:

- використовувати ЕС у своїй професійній діяльності;
- проводити обґрунтований вибір ЕС урахуванням її особливостей;
- принципи и засоби адміністрування ЕС;
- володіти засобами проектування інтелектуальних систем;

ЗМ-П2. В результаті засвоєння матеріалу змістовного модуля аспірант повинен ВМІТИ:

- обирати та використовувати ЕС конкретної спрямованості.
- реалізовувати моделі за допомогою технічних засобів сучасних ЕС;
- реалізовувати основні етапи побудови ЕС;
- використовувати методи прийняття рішень, отриманих за результатами моделювання.

НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗМІСТОВНИХ МОДУЛІВ  
ЗМ-П1 – ЗМ-П2:

1. Барский А. Б. Нейронные сети: распознавание, управление, принятие решений. Москва: Финансы и статистика, 2014. 176 с.

2. Медведев В. С. Потёмкин В. Г. Нейронные сети. MATLAB 6. Москва: МИФИ, 2008. 496 с.

3. Гультияев А. К. MATLAB 5.3 Имитационное моделирование в среде Windows: Практ. пособие. Санкт-Петербург: КОРОНА-принт, 2011. 400 с.

4. Васильев В. В., Симак Л. А., Рыбникова А. М. Математическое и компьютерное моделирование процессов и систем в среде MATLAB/SIMULINK. Учебное пособие для аспирантов и аспирантов. Киев: НАН Украины, 2008. 91 с.

5. Дьяконов В. П. MATLAB 6.5 SP1/7+ Simulink 5/6. Основы применения. Москва: СОЛОН-Пресс, 2013. 804 с.

ПЕРЕЛІК РОБОЧОГО ОБЛАДНАННЯ ТА ЛАБОРАТОРІЙ:

У якості робочого обладнання застосовуються персональні комп'ютери із встановленими пакетами прикладних програм MATLAB із додатками Simulink та середовище моделювання GPSS World.

## 7 Організація самостійної роботи аспіранта

Змістовні модулі	Очна (денна) форма			
	Завдання на СРС	Кількість годин СРС	Форма поточного контролю СРС	Строк проведення (тиждень)
ЗМ-Л1	ПЛЗ	5	УО	1 – 5
	ПМКР	5	КР	5
ЗМ-Л2	ПЛЗ	5	УО	6 – 10
	ПМКР	5	КР	10
ЗМ-Л3	ПЛЗ	5	УО	11 – 15
	ПМКР	5	КР	15
ЗМ-І3	АПДЛД	10	ВЗ	11 – 13
ЗМ-П1	ПУОПЗ	7,5	УО, РЗ	1 – 8
ЗМ-П2	ПУОПЗ	7,5	УО, РЗ	9 – 15
	ІІ	20	іспит	16
	Разом за рік:	75		



## 8 Індивідуальні завдання

Для аспірантів очної (денної) форми навчання передбачено ІЗ, а саме: одне ІЗ у рамках теоретичної (лекційної) частини.

У рамках теоретичної (лекційної) частини, передбачається таке ІЗ (ЗМ-ІЗ):

– складання анотація прочитаної додаткової літератури з дисципліни (вивчення 3-х джерел).

Перевірка виконання ІЗ здійснюється у вигляді представлення звіту.

Завдання для ІЗ аспіранти можуть отримати на кафедрі або на гугл-диску за посиланням, що надано викладачем.

## 9 Організація поточного, семестрового та підсумкового контролю знань

Для очної (денної) форми навчання поточна та підсумкова оцінка рівня знань аспірантів з дисципліни здійснюється за модульною системою. Навчальним планом передбачено проведення занять у вигляді лекцій та практичних занять, а підсумкова атестація – у вигляді семестрового іспиту.

Для організації поточного контролю рівня набутих аспірантами знань, весь теоретичний курс поділено на три ЗМ-Л1 – 3, які відповідають програмі лекційних модулів та на ЗМ-ІЗ.

Теоретичні знання аспірантів по кожному ЗМ оцінюються у балах за результатами написаних наприкінці модулів КР та виконаного ІЗ.

Номер ЗМ	Форма контролю	Максимальна сума балів, яку можна отримати за даним ЗМ
Л1	КР	20
Л2	КР	20
Л3	КР	20
ІЗ	ВЗ	10

За несвоєчасне виконання ЗМ-ІЗ1 максимальний бал за цей ЗМ буде зменшено на 20%.

Максимальна сума за теоретичну частину в семестрі – 70 балів.

Практичний курс поділено на два ЗМ-П1 – 2, відповідно до програми практичних модулів. Практичні модулі містить у собі декілька практичних тем.

Кожне виконане практичне завдання повинне бути зараховане у формі УО та РЗ. Практичні роботи оцінюються у балах згідно із наведеними таблицями.

Номер ЗМ	Форма контролю	Максимальна сума балів, яку можна отримати за даним ЗМ	
П1	УО, РЗ	УО: 2; РЗ: 1	15
	УО, РЗ	УО: 2; РЗ: 1	
	УО, РЗ	УО: 2; РЗ: 1	
	УО, РЗ	УО: 2; РЗ: 1	
	УО, РЗ	УО: 2; РЗ: 1	
П2	УО, РЗ	УО: 2; РЗ: 1	15
	УО, РЗ	УО: 2; РЗ: 1	
	УО, РЗ	УО: 2; РЗ: 1	
	УО, РЗ	УО: 2; РЗ: 1	
	УО, РЗ	УО: 2; РЗ: 1	

Максимальна сума за практичну частину в семестрі – 30 балів.

Суми балів, які отримав аспірант за всіма ЗМ навчальної дисципліни, формують інтегральну оцінку поточного контролю аспіранта з навчальної дисципліни. Вона є підставою для допуску аспіранта до семестрового іспиту.

Аспірант, який не має на початок заліково-екзаменаційної сесії заборгованості по дисципліні, складає письмовий іспит за затвердженим розкладом та процедурою.

Аспірант вважається допущеним до підсумкового семестрового контролю з дисципліни, якщо він виконав всі види робіт, передбачені робочою навчальною програмою дисципліни і набрав за модульною системою суму балів не менше 50% від максимально можливої за практичну частину дисципліни для іспиту, передбаченого робочим навчальним планом та робочою програмою дисципліни, тобто не менше 15 балів.

Аспірант складає письмовий іспит за затвердженим розкладом та процедурою, згідно з положенням про проведення підсумкового контролю знань,



причому загальний бал успішності з дисципліни є усередненим між кількісною оцінкою поточних контролюючих заходів та кількісною оцінкою, одержаною аспірантом на іспиті; якщо ж кількісна оцінка, одержана аспірантом на іспиті, менше 50% від максимально можливої, то загальний бал успішності дорівнює балу успішності на іспиті.

Для усіх форм навчання підсумковий семестровий контроль передбачає дві форми оцінювання успішності засвоєння аспірантом навчального матеріалу дисципліни: кількісна оцінка (бал успішності) та якісна оцінка.

Кількісна оцінка (бал успішності) – це відсоток, який становить інтегральна сума балів, отриманих аспірантом на контролюючих заходах, по відношенню до максимально можливої суми балів, яка встановлена робочою програмою дисципліни.

Якісна оцінка – це оцінка, яка виставляється на підставі кількісної оцінки (балу успішності) за будь-якою якісною шкалою.

На цей час в університеті використовуються такі шкали якісних оцінок:

- чотирьохбальна (відмінно, добре, задовільно, незадовільно) – для форми семестрового контролю у вигляді семестрового іспиту;
- семибальна шкала оцінювання ECTS – використовується при кредитно-модульній системі організації навчального процесу для семестрового екзамену.

Шкала переходу від оцінок за національною системою до системи ECTS:

За шкалою ECTS	За національною системою	За системою університету (в процентах)
A	5 (відмінно)	90 – 100
B	4 (добре)	82 – 89,9
C	4 (добре)	74 – 81,9
D	3 (задовільно)	64 – 73,9
E	3 (задовільно)	60 – 63,9
FX	2 (незадовільно)	35 – 59,9
F	2 (незадовільно)	0 – 34,9

Екзаменаційні білети формуються у вигляді 25 тестових завдань закритого типу, які потребують від аспіранта обрання вірної відповіді із декількох запропонованих у запитанні.

Питання охоплюють увесь перелік тем лекційних модулів (таблиця розд. 5 робочої програми навчальної дисципліни, колонка 3) та формуються із базової компоненти знань навчальної дисципліни (розд. 5 робочої програми).

## 10 Література

Основна:

1. Джарратано Дж., Райли Г. Экспертные системы: принципы разработки и программирование, 4-е изд.: пер. с англ. Москва: ООО “И. Д. Вильямс”, 2007. 1152 с.
2. Парлюк Е. П., Малыха Е. Ф. Управление разработкой технико-технологическими инновациями с учетом автоматизированной экспертной системы. Москва: ООО «УМЦ «Триада», 2019. 151 с.
3. Бодров В. И., Лазарев Т. Я., Мартыновский Ю. Ф. Математические методы принятия решений. Уч. пособие. Тамбов: ТГУ, 2013. 124 с.
4. Василенко В. А. Теорія і практика розробки управлінських рішень: Навч. посіб. Київ: ЦНЛ, 2012. 420 с.
5. Блюмин С. Л., Шуйкова И. А. Модели и методы принятия решений в условиях неопределенности. Липецк: ЛЗГИ, 2014. 138 с.
6. Глибовець М. М., Опецький О. В. Штучний інтелект: підручник. Київ: КМА, 2012. 366 с.
7. Пушкар О. І., Гіковатий В. М., Євсєєв О. С., Потрашкова Л. В. Системи підтримки прийняття рішень: навч. посібник. Харків: ІнжЕк, 2016. 304 с.
8. Черноруцкий И. Г. Методы принятия решений. Санкт-Петербург: БХБ-Петербург, 2015. 416 с.
9. Арсеньев Ю. Н., Шелобаев С. И., Давыдова Т. Ю. Принятие решений. Интегрированные интеллектуальные системы. Москва: ЮНИТИ-ДАНА, 2013. 624 с.
10. Барский А. Б. Нейронные сети: распознавание, управление, принятие решений. Москва: Финансы и статистика, 2014. 176 с.
11. Медведев В. С. Потёмкин В. Г. Нейронные сети. MATLAB 6. Москва: МИФИ, 2008. 496 с.
12. Гультияев А. К. MATLAB 5.3 Имитационное моделирование в среде Windows: Практ. пособие. Санкт-Петербург: КОРОНА-принт, 2011. 400 с.
13. Васильев В. В., Симак Л. А., Рыбникова А. М. Математическое и компьютерное моделирование процессов и систем в среде MATLAB/SIMULINK. Учебное пособие для аспирантов и аспирантов. Киев: НАН Украины, 2008. 91 с.
14. Дьяконов В. П. MATLAB 6.5 SP1/7+ Simulink 5/6. Основы применения. Москва: СОЛОН-Пресс, 2013. 804 с.

## Додаткова:

1. Петухов О. А. Моделирование: системное, имитационное, аналитическое: учебное пособие. Санкт-Петербург: СЗТУ, 2008. 288 с.
2. Гультияев А. К. Визуальное моделирование в среде MATLAB. Санкт-Петербург: Питер. 2000. 432 с.
3. Катренко А. В. Системний аналіз: Підручник / За наук. ред. В. В. Пасічника. Львів: Новий Світ-2000, 2009. 396 с.
4. Васильев В. В., Симак Л. А., Рыбникова А. М. Математическое и компьютерное моделирование процессов и систем в среде MATLAB/SIMULINK. Учебное пособие для аспирантов и аспирантов. Киев: НАН Украины, 2008. 91 с.
5. Великодний С. С. Моделювання систем: конспект лекцій. Одеський державний екологічний університет, 2018. 186 с.
6. Томашевський В. М. Моделювання систем. Київ: Видавнича група ВНУ. 2015. 352 с.
7. Шеннон Р. Имитационное моделирование систем: искусство и наука. Москва: Мир, 2014. 420 с.
8. Кельтон В., Лоу А. Имитационное моделирование. Санкт-Петербург: Питер; Киев: Издательская группа ВНУ. 2004. 847 с.
9. Советов Б. Я., Яковлев С. А. Моделирование систем. Москва: Высшая школа, 2011. 343 с.

## Інформаційні ресурси:

1. Електронна бібліотека ОДЕКУ [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://library.odeku.edu.ua>
2. Електронний репозитарій бібліотеки ОДЕКУ [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://eprints.library.odeku.edu.ua/>
3. Computer Simulation [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://minutemansoftware.com>.