

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

ФАКУЛЬТЕТ КОМП'ЮТЕРНИХ НАУК ТА КІБЕРНЕТИКИ

Кафедра математичної інформатики



РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

**Економіко-математичне моделювання
для студентів**

галузь знань 12 "Інформаційні технології"
спеціальність 122 "Комп'ютерні науки"
освітній рівень магістр
освітня програма «Бізнес інформатика»
вид дисципліни обов'язкова

Форма навчання	денна
Навчальний рік	2021/2022
Семестр	2
Кількість кредитів ECTS	6
Мова викладання, навчання та оцінювання	українська
Форма заключного контролю	іспит

Викладачі: **к.ф.-м.н., проф. Вергунова І. М.** (лекції, лабораторні заняття)

Пролонговано: на 20__/20__ н.р. _____ (_____) «__» 20__ р.
(підпис, ПІБ, дата)

на 20__/20__ н.р. _____ (_____) «__» 20__ р.

КИЇВ – 2021

Розробник:

Вергунова Ірина Миколаївна, канд. ф.-м. н., професор, професор кафедри математичної інформатики

«ЗАТВЕРДЖЕНО»

Зав. кафедри математичної інформатики

Василь ТЕРЕЩЕНКО

Протокол № 10 від «27» 04 2021 р.

Схвалено Гарантом освітньо-наукової програми «Бізнес інформатика»

_____ Володимир ЗАСЛАВСЬКИЙ

« 6 » 05 2021 року

Схвалено науково-методичною комісією факультету комп'ютерних наук та кібернетики

Протокол від «6» 05 2021 року № 10

Голова науково-методичної комісії _____ Людмила ОМЕЛЬЧУК

(підпис)

« 6 » 05 2021 року

1. Мета дисципліни – вивчення сучасних методів моделювання економічних об'єктів на методологічній основі теорії систем, засвоєння основних принципів побудови та дослідження математичних моделей макроекономіки, ринків, банківської системи; опанування вміння використовувати основні методи моделювання складних економічних систем, побудови множини класів моделей складних економічних систем.

2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:

Для успішного вивчення дисципліни «Економіко-математичне моделювання» академічний рівень студента повинен відповідати наступним вимогам:

Знати: математичні моделі та методи дослідження операцій, базові моделі в еколого-економічних системах, основи розробки програмних комплексів на базі сучасних інформаційних технологій.

Знання теоретичних основ: чисельних методів для проведення обчислень, методів розв'язання задач оптимального керування, методів розв'язання основних типів диференціальних рівнянь, дослідження функцій, підходів розкладу задач на складові.

3. Анотація навчальної дисципліни: Навчальна дисципліна “Економіко-математичне моделювання” є обов'язковою дисципліною освітньо-наукової програми «Бізнес інформатика» за *освітнім другим (магістерським) рівнем* вищої освіти, *галузі знань* 12 «Інформаційні технології» за *спеціальністю* 122 «Комп'ютерні науки».

Викладається у **2 семестрі 1 курсу в обов'язі – 180 год.**

(6 кредитів ECTS) зокрема: *лекції – 44 год., лабораторні – 12 год., консультації – 4 год., самостійна робота – 120 год.* У курсі передбачено *3 змістових частини.* Завершується дисципліна – **іспитом.**

В результаті вивчення навчальної дисципліни студенти повинні:

знати математичні основи та практичні методи побудови і дослідження статичних та динамічних балансових моделей економічних систем, моделей економічного зростання, розподілу інвестувань, ринків та банківської системи, методологію дослідження організаційних структур, бізнес-процесів.

вміти застосовувати методи побудови моделей економічних систем, будувати та застосовувати на практиці статичні та динамічні моделі економічних об'єктів, досліджувати математичні моделі, ідентифікувати моделі складних систем і бізнес процесів, розробляти нові та застосовувати відомі методи і засоби дослідження економічних систем і бізнес процесів в умовах невизначеності, обґрунтовувати власний погляд на задачу, зрозуміло подати власні результати, спілкуватися з колегами з питань побудови базових моделей економічних систем.

Навчальна дисципліна „Економіко-математичне моделювання” освітньо-професійної програми «Бізнес інформатика» є обов'язковою дисципліною професійної підготовки фахівців другого (магістерського рівня) рівня вищої освіти в рамках освітньо-наукової програми «Бізнес інформатика» та безпосередньо пов'язана із дисциплінами: «Інформаційні системи та технології», «Дослідження та моделювання бізнес процесів на основі соціально-економічних показників», студент повинен опанувати компетентності та результати навчання, які надають обов'язкові дисципліни за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти галузі знань 12 „Інформаційні технології”.

4. Завдання (навчальні цілі):

набуття знань, умінь та навичок (компетенцій) на рівні сучасних досягнень прикладних системних досліджень соціально-економічних систем і процесів, відповідно до освітньої кваліфікації «Магістр з комп'ютерних наук». Зокрема, розвивати:

ЗК1. Здатність до абстрактного системного мислення, розуміння принципів аналізу та синтезу.

ЗК2. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях, які пов'язані із інформаційними технологіями, складними системами та бізнес-процесами.

ЗК3. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

ЗК7. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ЗК11. Здатність розробляти проекти та управляти ними.

ЗК12. Здатність приймати обґрунтовані рішення.

ФК1. Здатність до ідентифікації та аналізу проблем, формування варіантів рішень та їх оцінки, оцінки ризиків та їх наслідків при прийнятті управлінських рішень в різних галузях, опанування теоретичних і прикладних аспектів систем прийняття рішень та інформаційно-аналітичних систем.

ФК2. Здатність з позицій системного аналізу ідентифікувати моделі складних систем і бізнес процесів, розробляти нові та застосовувати відомі методи і засоби моделювання та дослідження та науково-технічного супроводження технічних, економічних та соціальних систем і бізнес процесів в умовах невизначеності.

ФК4. Здатність застосовувати математичні моделі та методи, засоби організації масивів даних для розробки та аналізу складних систем та критичних інфраструктур, консолідації ресурсів, зберігання, дослідження та захисту інформації, розв'язання завдань моделювання та прогнозування стратегічних напрямків розвитку бізнесу, бізнес-процесів та інновацій.

ФК5. Здатність передбачати довгострокові бізнес-вимоги, впливати на покращення ефективності організаційного процесу, ефективно керувати фінансовими, людськими, технічними та іншими проектними ресурсами задля забезпечення успішності бізнес процесів, проектів, розробки інформаційно-аналітичних систем.

ФК7. Здатність накопичувати, обробляти та систематизувати професійні знання в інформаційно-аналітичних системах, використовувати їх як базу для формування інноваційних проектів, визнавати важливість навчання протягом всього життя.

ФК9. Здатність враховувати соціальні і етичні аспекти професійної діяльності та спілкуватися з представниками інших професійних груп різного рівня (з експертами з інших галузей знань/видів економічної діяльності).

5. Результати навчання за дисципліною:

Результат навчання (1. знати; 2. вміти; 3. комунікація; 4. автономність та відповідальність)		Форми (та/або методи і технології) викладання і навчання	Методи оцінювання та пороговий критерій оцінювання (за необхідності)	Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни
Код	Результат навчання			
РН1.1	<i>Знати методологію системного аналізу, математичні основи побудови статичних та динамічних балансових моделей</i>	<i>Лекція, лабораторне заняття, самостійна робота</i>	<i>Поточне оцінювання, іспит, захист лабораторної роботи</i>	16%
РН1.2	<i>Знати методи побудови і дослідження базових моделей економічного зростання, бізнес процесів, розподілу інвестувань в умовах невизначеності, ринків та банківської системи</i>	<i>Лекція, лабораторне заняття, самостійна робота</i>	<i>Поточне оцінювання, іспит, захист лабораторної роботи</i>	15%
РН1.3	<i>Знати методи побудови моделей господарської діяльності економічних систем</i>	<i>Лекція, лабораторне заняття, самостійна робота</i>	<i>Поточне оцінювання, іспит, захист лабораторної роботи</i>	20%
РН2.1	<i>Вміти ідентифікувати моделі складних систем і бізнес- процесів, розробляти нові статичні й динамічні моделі економічних об'єктів та</i>	<i>Лекція, лабораторне заняття, самостійна робота</i>	<i>Поточне оцінювання, захист лабораторної роботи, іспит</i>	23%

	<i>застосовувати відомі методи і засоби моделювання та дослідження й науково-технічного супроводження технічних, економічних, соціальних систем і бізнес процесів в умовах невизначеності</i>			
РН3.1	<i>Обґрунтовувати власний погляд на задачу, зрозуміло подавати власні результати, спілкуватися з колегами з питань побудови моделей економічних систем</i>	<i>Лабораторне заняття, самостійна робота</i>	<i>Поточне оцінювання, захист лабораторної роботи</i>	10%
РН4.1	<i>Організувати свою самостійну роботу для досягнення результату, бути наполегливим щодо поставлених завдань і взятих обов'язків</i>	<i>Лабораторне заняття, самостійна робота</i>	<i>Поточне оцінювання, захист лабораторної роботи</i>	8%
РН4.2	<i>Відповідально ставитися до виконуваних робіт, забезпечувати якість виконуваних робіт</i>	<i>Лабораторне заняття, самостійна робота</i>	<i>Поточне оцінювання, захист лабораторної роботи</i>	8%

6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання (необов'язково для вибіркових дисциплін, які не входять до блоків спеціалізації)

Результати навчання дисципліни (код) Програмні результати навчання (з опису освітньої програми)	РН1.1	РН1.2	РН1.3	РН2.1	РН3.1	РН4.1	РН4.2
ПРН-1. Ідентифікувати проблемні ситуації, виконувати їх дослідження на основі системного підходу та його принципів, здійснювати обґрунтований вибір методів та моделей для формування ефективних управлінських рішень, застосовувати моделі і методи прийняття рішень при дослідженні бізнес процесів в організаціях, при прогнозуванні розвитку підприємств та в предметній області комп'ютерних наук	+	+		+	+	+	+
ПРН-2. Використовувати моделі та методи прийняття рішень на основі теорії нечітких множин та в умовах невизначеності і ризиків в процесі управлінської діяльності, формулюванні нових інноваційних задач та підходів при реалізації бізнес			+	+	+	+	+

процесів в різних прикладних галузях							
ПРН3. Опанувати нові інструменти роботи з даними, здійснюючи пошук та обробку інформації в мережах для прогнозування бізнес-процесів та ситуаційного управління, SWOP-аналізу, відгуків, розробки інформаційно-аналітичних систем для реалізації бізнес процесів в техніці, економічних та соціальних системах, сфері електронної комерції, медіа, соціальних мережах, банкінгу, рекламній діяльності, охороні здоров'я, тощо.	+		+	+			
ПРН4. Вміти формулювати задачі моніторингу при дослідженні систем та аналізувати і ефективно використовувати великі об'єми даних різної природи, проектувати сховища даних, для видобутку нових даних і знань, здійснювати їх візуалізацію, використовувати їх при дослідженні бізнес-процесів та прийнятті відповідальних рішень, будувати і оцінювати регресивні моделі, що генеруються на основі цих даних.	+	=		+	+		+
ПРН-5. Вміти аналізувати, оцінювати та обчислювати ризики з урахуванням корпоративних цінностей та системних інтересів, розробляти план управління ризиками для визначення необхідних профілактичних заходів, застосовувати дії для пом'якшення наслідків ризиків та непередбачених подій з метою мінімізації втрат		+	+			+	
ПРН8. Здатність отримувати та аналізувати дані та інформацію, оцінювати їх актуальність та обґрунтованість, проводити критичну оцінку кількості і змісту інформації, а також синтезувати низку інформації в контексті нових ситуацій, виявляючи дискусійні та мало досліджені питання.	+				+		
ПРН-11. Демонструвати результати виконаної роботи, створювати презентації, писати звіти та публікації за результатами виконаної роботи.						+	+

7. Схема формування оцінки.

7.1. Форми оцінювання студентів

Семестрове оцінювання:

Максимальна кількість балів які можуть бути отримані студентом: **60 балів**:

1. Контрольна робота 1: РН 1.3., РН 2.1 — **15 балів/9 балів**.
2. Контрольна робота 2: РН1.1, РН1.2, РН 2.1 — **15 балів/9 балів**.
3. Лабораторна робота 1: РН1.3, РН 2.1, РН3.1 – **7 балів/4 балів**.
4. Лабораторна робота 2: РН1.3, РН 2.1, РН3.1 – **10 балів/6 балів**.
5. Лабораторна робота 3: РН1.2, РН 2.1, РН3.1 – **6 балів/4 балів**.
6. Лабораторна робота 4: РН1.1, РН 2.1, РН3.1 – **7 балів/4 балів**.

Підсумкове оцінювання (іспит):

- максимальна кількість балів які можуть бути отримані студентом: **40 балів**;
- результати навчання які будуть оцінюватись: РН1.1, РН1.2, РН1.3, РН2.1;
- форма проведення і види завдань: письмова робота;
- види завдань: 3 письмових завдання (2 теоретичних питання та 1 практичне завдання);
- для отримання загальної позитивної оцінки з дисципліни оцінка за іспит повинна бути не меншою ніж 24 бали;
- студент не допускається до іспиту, якщо протягом семестру він набрав менше ніж 36 балів;
- студент не допускається до іспиту, якщо протягом семестру він не виконав та не здав 70% лабораторних робіт передбачених планом.

Критерії оцінювання на іспиті

Завдання	Тема завдання	Максимальний відсоток від 40 балів	Всього відсотків
Завдання 1	Питання за теоретичним матеріалом	30%	30%
Завдання 2		30%	30%
Завдання 3	Практичне завдання на основі теоретичного матеріалу	40%	40%

Запитання для підготовки до екзамену

1. Теорія динамічної рівноваги.
2. Системний підхід у побудові моделей економічних систем.
3. Макромодель ринкової рівноваги.
4. Макромодель економічного зростання.
5. Аналіз економічної стабільності установи за Недосекіним О.О. за впевненої класифікації.
6. Аналіз економічної стабільності установи за Недосекіним О.О. за невпевненої класифікації.
7. Стійкість оптимальної траєкторії двохсекторної економіки.
8. Застосування нечітких підмножин для аналізу господарської діяльності економічних об'єктів.
9. Стійкість ринкових механізмів.
10. Неокласична модель оптимального зростання відкритої економіки.
11. OGY-метод.
12. Стабілізація траєкторії в моделях оптимального економічного зростання.
13. Використання когнітивного моделювання для керування слабо структурованими системами.

14. Ситуаційний аналіз складних економічних систем за допомогою когнітивного моделювання.
15. Модель Рамсея.
16. Взаємовплив факторів та основні показники у нечітких когнітивних картах.
17. Системно-динамічна модель відтворення економік двох країн з національними валютами, що мають ринкову взаємодію.
18. Системно-динамічна модель автономного розвитку країни.
19. Моделювання виробництва (витрати-випуск).
20. Моделі виробничих можливостей відкритої економіки.
21. Дослідження когнітивного процесу.
22. Динамічна рівновага відкритої економіки.
23. Прогноз розвитку ситуації в когнітивних картах.
24. Загальна характеристика основних показників нечітких когнітивних карт: консонансу, дисонансу, додатних та від'ємних впливів концептів.
25. Моделі оцінки та аналізу економічної діяльності установ на основі використання лінгвістичних змінних та лінгвістичних правил.
26. Причинно-наслідкові діаграми як інструмент якісного аналізу складних економічних систем.
27. Побудова поточкових діаграм для отримання моделей системної динаміки. Поточкова діаграма моделі накопичення державного боргу.
28. Побудова поточної діаграми для моделі Ф. Басса – моделі поширення інноваційних технологій, продуктів.
29. Побудова поточної діаграми для моделі Ф. Басса з повторною купівлею.
30. Загальна структура системно-динамічної моделі. Граф та структурна схема функціональних залежностей між змінними моделі.
31. Загальна структура системно-динамічної моделі. Мережа потоків. Гідравлічна інтерпретація поточкових мереж.
32. Структура диференціальної системно-динамічної моделі та орієнтований граф причинно-наслідкової діаграми. Структурна схема моделі.
33. Побудова рівнянь темпів. Приклади.
34. Магістральний аналіз динамічного міжгалузевого балансу для відкритої економіки.
35. Виробничі функції. Застосування ВФ галузі в міжгалузевому аналізі відкритої економіки.
36. Виробнича функція галузі із заданим розподілом потужності по технологіях.
37. Виробнича функція галузі із заданими лінійними технологіями.
38. Виробничі функції максимального випуску.
39. Узагальнена схема «витрати-випуск».
40. Рівноважна теорія агрегування. Агрегування міжгалузевого балансу відкритої економіки.
41. Модель матеріальних та фінансових балансів відкритої економіки.
42. Модель впливу міжнародної торгівлі та валютних обмінів на економічне зростання.
43. Моделі виробничої системи та банківської системи. Їх незалежність.
44. Модель динамічного міжгалузевого балансу. Оптимальна траєкторія.

Лабораторні роботи

Лабораторна робота 1. Виконати аналіз (у чіткій та нечіткій постановці) ризику банкрутства підприємства (або ефективності інвестицій, ефективність менеджменту підприємства) для визначеного об'єкту економічної діяльності за вказані періоди.

Лабораторна робота 2. Побудова динаміки поширення інноваційних технологій, продуктів на основі моделі Ф. Басса за допомогою агентного моделювання.

Лабораторна робота 3. Дослідити ефективність портфелю інвестицій за моделлю Марковиця-Тобіна.

Лабораторна робота 4. Дослідити ефективність портфелю інвестицій у нечіткій постановці за моделлю Марковиця.

7.2. Організація оцінювання:

Терміни проведення форм оцінювання:

1. Контрольна робота 1: до 7 тижня семестру.
2. Контрольна робота 2: до 16 тижня семестру.
3. Лабораторна робота 1: до 3 тижня семестру.
4. Лабораторна робота 2: до 7 тижня семестру.
5. Лабораторна робота 3: до 10 тижня семестру.
6. Лабораторна робота 4: до 14 тижня семестру.

Студент має право на одне перескладання кожної контрольної роботи із можливістю отримання максимально 80% початково визначених за цю контрольну роботу балів. Термін перескладання визначається викладачем.

У випадку відсутності студента з поважних причин відпрацювання та перездачі контрольних робіт здійснюються у відповідності до „Положення про порядок оцінювання знань студентів при кредитно-модульній системі організації навчального процесу” від 1 жовтня 2010 року.

У разі неякісного виконання лабораторної роботи, викладач має право не зарахувати лабораторну роботу, або знизити за неї бали.

Студент має право здавати лабораторні роботи після закінчення визначеного для них терміну, але з втратою одного балу за кожен тиждень, який пройшов з моменту закінчення терміну її здачі.

7.3 Шкала відповідності оцінок

Відмінно / Excellent	90-100
Добре / Good	75-89
Задовільно / Satisfactory	60-74
Незадовільно / Fail	0-59

**8. Структура навчальної дисципліни.
Тематичний план лекцій і лабораторних занять**

№ лекції	Назва лекції	Кількість годин		
		Лекції	Лабор. зан.	Самост. робота.
Частина 1. Моделювання об'єктів господарської діяльності				
1.	Тема 1. Поняття системи та системного підходу у моделюванні економічних об'єктів та явищ. Теорія динамічної рівноваги.	2		3
2.	Тема 2. Моделювання господарської діяльності економічних систем за умов невизначеності. Побудова нечіткої моделі об'єкта економічного аналізу.	2	2	6
3	Тема 3. Моделі аналізу ризику банкрутства підприємства, ефективності інвестицій.	2	2	6
4.	Тема 4. Ситуаційний аналіз складних економічних систем за допомогою когнітивного моделювання. Основні показники нечітких когнітивних карт.	2		6
5.	Тема 5. Дослідження когнітивного процесу. Прогнозування розвитку ситуації в нечітких когнітивних картах.	2		6
	<i>Контрольна робота 1</i>			
Контроль за підсумками лабораторних робіт 1				
Всього по частині 1		10	4	27
Частина 2. Моделі системної динаміки				
6.	Тема 6. Особливості форм запису моделей системної динаміки. Мережа потоків та мережа інформації. Темпи.	2	2	5
7.	Тема 7. Схеми та поточкові діаграми моделей. Приклади моделей системної динаміки.	2		6
8.	Тема 8. Побудова моделей системної динаміки (концептуалізація проблемної ситуації, побудова поточкових діаграм, співставлення рівнянь темпів).	2	2	6
9.	Тема 9. Концепція стратифікованих моделей. Системні графи лінійних складених систем керування. Рівняння комплексу. Динамічні мережі потоків та моделі системної динаміки.	2		6
10.	Тема 10. Побудова поточкових діаграм в моделях системної динаміки. Поточкова діаграма моделі накопичення державного боргу. Побудова поточної діаграми для моделі Ф. Басса – моделі поширення інноваційних технологій, продуктів.	2	2	6
11.	Тема 11. Системно-динамічний підхід в моделі оптимального керування (на прикладі моделі інвестиційної діяльності компанії). Матеріальні баланси для імітаційної моделі, задача оптимізації портфелю проектів.	2	2	6
Контроль за підсумками лабораторної роботи 2, 3, 4				
Всього по частині 2		12	8	35
Частина 3. Агреговані динамічні моделі економіки				
12.	Тема 12. Макромодель ринкової рівноваги.	2		5
13.	Тема 13. Макромодель економічного зростання	2		5
14.	Тема 14. Стійкість оптимальної траєкторії економічного зростання.	2		6
15.	Тема 15. Стабілізація траєкторії в моделях	2		5

	оптимального економічного зростання. Модель Рамсея.			
16.	Тема 16. Моделювання виробництва. Схема «витрати-випуск».	2		5
17.	Тема 17. Динамічна рівновага відкритої економіки. Магістральний аналіз динамічного міжгалузевого балансу для відкритої економіки.	2		6
18.	Тема 18. Виробничі функції. Виробничі функції галузі. Виробнича функція на множині лінійних технологій.	2		5
19.	Тема 19. Узагальнена схема «витрати-випуск».	2		5
20.	Тема 20. Рівноважна теорія агрегування для відкритої економіки.	2		5
21.	Тема 21. Модель еволюції відкритої економіки. Рівняння матеріальних та фінансових балансів.	2		6
22.	Тема 22. Моделювання впливу міжнародної торгівлі та валюти на економічне зростання	2		5
	<i>Контрольна робота 2</i>			
	Всього по частині 3	22		58
	Консультація		4	
	ВСЬОГО	44	12	120

Загальний обсяг **180 год.**, в тому числі:

Лекцій – **44 год.**

Лабораторних – **12 год.**

Консультацій – **4 год.**

Самостійна робота – **120 год.**

9. Рекомендовані джерела:

Основні:

1. Вергунова І.М. Системне моделювання в економіці. – К., 2016. – 136 с.
2. Петров А.А., Поспелов И.Г., Шананин А.А. Опыт математического моделирования экономики. – М.: Энергоатомиздат, 1996. – 544 с.
3. Ляшенко О.І. Математичне моделювання динаміки відкритої економіки. – Рівне: Волинські обереги, 2005. – 360 с.
4. Приймак В.І. Математичні методи економічного аналізу: навч. посіб. – К.: Центр учбової літератури, 2009. – 296 с.
5. Недосекин А.О. Нечетко-множественный анализ риска фондовых инвестиций. – СПб., 2002. – 180 с.
6. Росс С.И. Математическое моделирование и управление национальной экономикой: Уч. пособ. – СПб.: Изд-во СПб ГУ ИТМО, 2004. – 74 с.
7. Зак Ю.А. Принятие решений в условиях нечетких и размытых данных: Fuzzy-технологии. – М.: Кн. дом «ЛИБРОКОМ», 2013. – 352 с.

Додаткові:

8. Sterman John D. Business dynamics: systems thinking and modeling for a complex world. – McGraw-Hill Higher Education. – 1008 p.
9. Вергунова І.М. Системне моделювання в економіці. – К.: ФОП Корзун, 2013. – 106 с.
10. Лимановская, О. В. Имитационное моделирование в AnyLogic, ч. 2: лабораторный практикум. – Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2017. – 104 с.
11. Згуровский М.З., Панкратова Н.Д. Системный анализ. Проблемы, методология, приложения. – К.: Наук. Думка, 2005. – 745 с.
12. Сявавка М.С., Рибицька О.М. Математичне моделювання за умов невизначеності. – Львів: НВФ «Українські технології», 2000 – 320 с.

13. Тельнов Ю.Ф., Трембач В.М. Интеллектуальные информационные системы. – М., 2008. – 70 с.
14. Полякова О.Ю., Милов А.В. Моделирование системных характеристик экономики. – Х.: Изд. д. «ИНЖЭК», 2006. – 296 с.
15. Акопов, А.С. Имитационное моделирование. – М. : Издательство Юрайт, 2016. – 389 с.

10. Додаткові ресурси:

1. Вергунова І.М. Системне моделювання в економіці. – 2016. Ел. ресурс. Режим доступу: <http://cyb.univ.kiev.ua/library.school-guides.html>.
2. Вергунова І.М. Системне моделювання в економіці. – 2013. Ел. ресурс. Режим доступу: http://mi.unicyb.kiev.ua/?page_id=56&lang=ua.
3. Куприяшкин А.Г. Основы моделирования систем. – Норильск: НИИ, 2015. – 135 с.
4. С.Д.Штовба "Введение в теорию нечетких множеств и нечеткую логику". Ел. ресурс. Режим доступу: <http://matlab.exponenta.ru/fuzzylogic/book1/index.php>.
5. Планирование решений в экономике. Глава 4. Элементы теории нечетких множеств. Ел. ресурс. Режим доступу: <http://www.option.forekc.ru/4/index.htm>