

**ОПИС**  
навчальної дисципліни «Імітаційне моделювання»

I (бакалаврський) рівень вищої освіти  
Галузь знань 05 «Соціальні та поведінкові науки»  
Спеціальність 051 «Економіка»

**1. Загальна характеристика дисципліни**

Загальний обсяг дисципліни – 5 кредитів ЄКТС.

Статус дисципліни – вибіркова

Факультет (інститут) – навчально-науковий інститут фізики, математики, економіки та інноваційних технологій.

Кафедра – економіки та менеджменту

Курс – 3; семестр – 6; вид підсумкового контролю – залік

Викладачі: канд. екон. наук, доц. Солтисік О.О.

| Форма навчання | Курс | Семестр | Загальний обсяг кредитів ЄКТС дисципліни | Кількість годин   |        |                    |                   |                     | Самостійна робота | Курсова робота | Вид семестрового контролю |         |
|----------------|------|---------|--|-------------------|--------|--------------------|-------------------|---------------------|-------------------|----------------|---------------------------|---------|
|                |      |         |  | Аудиторні заняття |        |                    |                   |                     |                   |                | Залік                     | Екзамен |
|                |      |         |  | Разом             | Лекції | Лабораторні роботи | Практичні заняття | Семінарські заняття |                   |                |                           |         |
| Денна          | 3    | 6       | 5/150                                    | 32                | 16     | -                  | 16                | -                   | 118               | -              | +                         | -       |
| Заочна         | 3    | 6       | 5/150                                    | 12                | 6      | -                  | 6                 | -                   | 126               | -              | +                         | -       |

**ЗМІСТ ЛЕКЦІЙНОГО МАТЕРІАЛУ**

Сутність машинної імітації.

Основні етапи побудови статистичної моделі

Побудова логічної структурної схеми статистичної моделі.

Поняття про метод Монте-Карло.

Рівномірна випадкова послідовність чисел.

Генерування рівномірної випадкової послідовності чисел.

Машинна імітація випадкових подій та дискретних випадкових величин.

Моделювання методом планування експерименту.

Імітаційна перевірка результатів експериментальних досліджень.

Імітаційна модель керування запасами.

Імітаційна модель дискретного виробничого процесу.

**ТЕМАТИКА ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ**

Побудова логічної структурної схеми статистичної моделі.

Поняття про метод Монте-Карло.

Рівномірна випадкова послідовність чисел.

Генерування рівномірної випадкової послідовності чисел.

Машинна імітація випадкових подій та дискретних випадкових величин.

Моделювання методом планування експерименту.

Імітаційна перевірка результатів експериментальних досліджень.

Імітаційна модель керування запасами.

Імітаційна модель дискретного виробничого процесу.

**ІНДИВІДУАЛЬНІ ЗАВДАННЯ**

Самостійна робота студента з дисципліни включає: опрацювання теоретичного матеріалу; виконання індивідуальних завдань; підготовку до самостійних робіт; підготовку до заліку. Індивідуальне навчально-дослідне завдання є одним із елементів самостійної роботи студента і спрямоване на розширення його знань, розвиток навичок пошуку необхідної інформації та її критичне осмислення. Метою індивідуального семестрового завдання є узагальнення та перевірка засвоєння студентами знань з курсу «Імітаційне моделювання». Індивідуальне завдання оцінюється у 10 балів, якщо розкриті повною мірою усі поставлені питання проблеми, самостійно зроблено висновки, робота написана грамотно, без значних граматичних помилок та технічних огріхів.

**Тематика запропонованих індивідуальних завдань:**

1. Інтервал між замовленнями розподілений рівномірно на відрізьку [0,4]; час обслуговування розподілений рівномірно на відрізьку [0,20]. Побудувати імітаційну модель чотириканальної СМО з відмовами. Використавши блоки TRANSFER, що працюють у режимі BOTH, передбачити можливість отримання статистики у стандартному звіті для кожного каналу обслуговування окремо. Побудувати графік залежності середньої кількості зайнятих каналів від часу на проміжку [0,1000].

2. Інтервал між замовленнями розподілений рівномірно на відрізьку [0,4]; час обслуговування розподілений рівномірно на відрізьку [0,20]. Побудувати імітаційну модель чотириканальної СМО з відмовами. Використавши блоки GATE, передбачити можливість отримання статистики у стандартному звіті для кожного каналу обслуговування окремо. Побудувати графік залежності ймовірності обслуговування від часу на проміжку [0,1000].

3. Потоки замовлень і обслуговувань найпростіші з інтенсивностями  $\lambda=1/2$ ,  $\mu=1/10$  відповідно. Побудувати модель триканальної СМО з трьома місцями у черзі, передбачивши можливість числового інтегрування системи диференціальних рівнянь для ймовірностей станів і порівняння результатів, отриманих за допомогою аналітичної та статистичної моделей. За результатами моделювання побудувати графіки для залежностей: • ймовірностей станів від часу, отриманих числовим інтегруванням рівнянь аналітичної моделі, на проміжку часу [0,50]; • модельного (Pmod) і аналітичного (Pan) значень ймовірності обслуговування від часу на проміжку [0,1000]; • модельного (SA) і аналітичного (SKZK) значень середньої кількості зайнятих каналів від часу на проміжку [0,1000]; • модельного (QA) і аналітичного (SKZCH) значень середньої кількості замовлень у черзі на проміжку [0,1000].

4. Потоки замовлень і обслуговувань найпростіші з інтенсивностями  $\lambda=1/3$ ,  $\mu=1/10$  відповідно. У чотириканальній СМО з очікуванням організувати дисципліну обслуговування, за якої замовлення не обслуговуються, якщо вони перебувають у черзі більше, ніж 1 од. модельного часу. За допомогою блоку TRANSFER, що працює в режимі ALL, забезпечити отримання статистики у стандартному звіті для кожного каналу обслуговування окремо (замовлення, що не обслуговуються, проходять через вільний канал, не затримуючись). Перевірити роботу моделі за допомогою таблиці розподілу часу перебування в черзі для значення модельного часу 10000.

5. Інтервал між замовленнями розподілений рівномірно на відрізьку [0,5]; час обслуговування розподілений рівномірно на відрізьку [0,25]. Побудувати імітаційну модель триканальної СМО з відмовами і двома повторними спробами. Кожне замовлення, яке не потрапило на обслуговування з першої спроби, з ймовірністю 0,7 здійснює другу спробу потрапити на обслуговування через випадковий час, рівномірно розподілений на відрізьку [0,30]. Кожне замовлення, яке не потрапило на обслуговування з другої спроби, з ймовірністю 0,3 здійснює третю спробу потрапити на обслуговування через випадковий час, рівномірно розподілений на відрізьку [0,20]. Четвертої спроби не здійснює жодне замовлення. Для організації повторних спроб використати блоки TRANSFER, що працюють у режимі BOTH, і блоки TRANSFER, що працюють у статистичному режимі. Побудувати графік залежності ймовірності обслуговування від часу на проміжку [0,1000].

6. Найпростіший потік замовлень інтенсивності  $\lambda=1/2$  розподіляється між каналами п'ятиканального пристрою з однаковою ймовірністю  $P=1/5=0,2$ . Час обслуговування замовлення

в кожному каналі рівномірно розподілений на відріжку [5,25]. Кожне замовлення чекає на звільнення того каналу, до якого воно було розподілене. Побудувати імітаційну модель даної СМО, використавши блок TRANSFER, що працює в режимі PICK. Побудувати графік залежності коефіцієнтів використання кожного каналу від часу на проміжку [0,1000].

7. Найпростіший потік замовлень інтенсивності  $\lambda=1/2$  розподіляється між каналами п'ятиканального пристрою з однаковою ймовірністю  $P=1/5=0,2$ . Час обслуговування замовлення в кожному каналі розподілений за показниковим законом з параметром  $\mu=1/15$ . Заставши канал зайнятим, замовлення негайно покидає систему (втрачається). Побудувати імітаційну модель даної СМО, використавши блок TRANSFER, що працює в режимі PICK. Обчислити ймовірність обслуговування для значення модельного часу 10000. Побудувати графік залежності ймовірності обслуговування від часу на проміжку [0,1000].

8. Найпростіший потік замовлень інтенсивності  $\lambda=1/2$  розподіляється між каналами п'ятиканального пристрою з однаковою ймовірністю  $P=1/5=0,2$ . Час обслуговування замовлення в кожному каналі розподілений за показниковим законом з параметром  $\mu=1/15$ . Заставши канал зайнятим, замовлення негайно покидає систему (втрачається). Побудувати модель GPSS World для числового інтегрування системи диференціальних рівнянь для ймовірностей станів даної СМО. За результатами числового інтегрування побудувати графіки для залежностей: • ймовірностей станів системи від часу на проміжку часу [0,50]; • ймовірності обслуговування від часу на проміжку [0,1000]. Ймовірність обслуговування обчислювати за формулою:  $\rho = \lambda \cdot \mu^{-1} \cdot P$  де  $\lambda$  – середня кількість зайнятих каналів, підрахована за результатами числового інтегрування.

9. Найпростіший потік замовлень інтенсивності  $\lambda=1/2$  розподіляється між каналами чотириканального пристрою з ймовірностями 0,1(1,4), і рії = Час обслуговування замовлення в кожному каналі рівномірно розподілений на відріжку [5,25]. Заставши канал зайнятим, замовлення негайно покидає систему (втрачається). Побудувати імітаційну модель даної СМО, використавши функцію типу D для розіграшу ймовірностей і р, блок ASSIGN для запису номера каналу в перший параметр транзакта і блоки TEST для скерування транзакта до відповідного каналу згідно з номером, записаним у його першому параметрі. Обчислити ймовірність обслуговування для значення модельного часу 10000. Побудувати графік залежності ймовірності обслуговування від часу на проміжку [0,1000].

10. Найпростіший потік замовлень інтенсивності  $\lambda=1/6$  розподіляється між трьома двоканальними пристроями, які працюють як СМО з відмовами, залежно від значень їхніх коефіцієнтів використання (КВ). Якщо для першого БКП КВ перевищує значення 0,5, для другого – 0,6, то замовлення скеровується до третього БКП. У свою чергу, якщо для третього БКП КВ перевищує значення 0,8, то замовлення не обслуговується і втрачається. Час обслуговування для всіх БКП розподілений рівномірно на проміжку [25,125]. Побудувати імітаційну модель, яка б забезпечувала описану дисципліну обслуговування. Визначити коефіцієнти використання трьох двоканальних пристроїв і ймовірність обслуговування для значення модельного часу 10000. Побудувати графік залежності ймовірності обслуговування від часу на проміжку [0,1000].

11. У гаражі 20 автомобілів і 2 місяця для проведення ремонту. В середньому кожен автомобіль протягом місяця тричі потребує ремонту. В середньому ремонт одного автомобіля триває 1 добу. Вважаючи, що потоки відмов і потік обслуговувань – найпростіші, побудувати модель GPSS World для числового інтегрування системи диференціальних рівнянь для ймовірностей станів цієї замкненої СМО. За результатами числового інтегрування на проміжку часу [0,50] (одиниця модельного часу – 1 доба) визначити середню кількість автомобілів, які перебувають на ремонті; середню кількість автомобілів, які чекають на ремонт; середню кількість автомобілів, які простоюють, і ймовірність простою окремого автомобіля.

12. У гаражі 20 автомобілів і 3 місяця для проведення ремонту. В середньому кожен автомобіль через кожні 10 діб потребує ремонту, можливе відхилення від середнього значення  $\pm 3$ . Ремонт одного автомобіля триває в середньому одну добу, відхилення від середнього часу  $\pm 0,5$  доби. Розподіли інтервалу відмов і часу обслуговування рівномірно.

Побудувати імітаційну модель цієї замкненої СМО, передбачивши за допомогою блоку TRANSFER, що працює в режимі ALL, отримання статистики у стандартному звіті для кожного місяця ремонту окремо. За результатами моделювання на проміжку часу [0,10000] визначити середню кількість автомобілів, які перебувають на ремонті; середню кількість автомобілів, які чекають на ремонт; середню кількість автомобілів, які простоюють, і ймовірність простою окремого автомобіля. Одиниця модельного часу – 1 доба.

13. У гаражі 20 автомобілів і 3 місяця для проведення ремонту. В середньому кожен автомобіль через кожні 10 діб потребує ремонту, можливе відхилення від середнього значення  $\pm 3$ . Ремонт одного автомобіля триває в середньому одну добу, відхилення від середнього часу  $\pm 0,5$  доби. Розподіли інтервалу відмов і часу обслуговування рівномірно. Потік відмов автомобілів розподіляється між трьома місяцями ремонту залежно від значень їхніх коефіцієнтів використання (КВ). Якщо для першого місяця ремонту КВ перевищує значення 0,5, для другого – 0,6, то автомобілі скеровуються до третього місяця ремонту. У свою чергу, якщо для третього місяця ремонту КВ перевищує значення 0,8, то автомобілі змушені чекати на обслуговування у цьому місяці ремонту. Побудувати імітаційну модель цієї замкненої СМО, передбачивши описану дисципліну обслуговування. За результатами моделювання на проміжку часу [0,10000]

визначити коефіцієнти використання трьох місяць ремонту та середню кількість автомобілів, які перебувають на ремонті; Одиниця модельного часу – 1 доба.

14. Інтервал між замовленнями розподілений рівномірно на відріжку [0,4]; час обслуговування розподілений рівномірно на відріжку [0,20]. Побудувати імітаційну модель чотириканальної СМО з відмовами. Використавши блоки TEST, передбачити можливість отримання статистики у стандартному звіті для кожного каналу обслуговування окремо. Побудувати на одному рисунку графіки залежностей коефіцієнтів використання кожного каналу від часу на проміжку [0,1000].

15. Потоки замовлень і обслуговувань найпростіші з інтенсивностями  $\lambda=1/4$ ,  $\mu=1/15$  відповідно. Побудувати імітаційну модель п'ятиканальної СМО з відмовами. Використавши блоки TRANSFER, що працюють у режимі BOTH, передбачити можливість отримання статистики у стандартному звіті для кожного каналу обслуговування окремо. Побудувати графік залежності ймовірності обслуговування від часу на проміжку [0,1000].

16. Інтервал між замовленнями розподілений за показниковим законом з параметром  $\lambda=1/4$ , час обслуговування – за показниковим законом з параметром  $\mu=1/10$ . Побудувати імітаційну модель п'ятиканальної СМО з відмовами. Використавши блоки GATE, передбачити можливість отримання статистики у стандартному звіті для кожного каналу обслуговування окремо. Побудувати графік залежності середньої кількості зайнятих каналів від часу на проміжку [0,1000].

17. Інтервал між замовленнями розподілений рівномірно на відріжку [0,5]; час обслуговування – за показниковим законом з параметром  $\mu=1/15$ . Побудувати імітаційну модель п'ятиканальної СМО з відмовами. Використавши блоки TEST, передбачити можливість отримання статистики у стандартному звіті для кожного каналу обслуговування окремо.

Побудувати графік залежності ймовірності обслуговування від часу на проміжку [0,1000].

18. Інтенсивність найпростішого потоку замовлень 0,5;  $\lambda$  = час обслуговування розподілений рівномірно на відріжку [0,20]. Побудувати модель семиканальної СМО з відмовами, передбачивши можливість числового інтегрування системи диференціальних рівнянь для ймовірностей станів і порівняння результатів, отриманих за допомогою аналітичної та статистичної моделей. За результатами моделювання побудувати графіки для залежностей: • ймовірностей станів 0167 (),(,),(,)( р tptpt від часу, отриманих числовим інтегруванням рівнянь аналітичної моделі, на проміжку [0,50]; • модельного (Pmod) і аналітичного (Pap) значень ймовірності обслуговування від часу на проміжку [0,1000]; • модельного (SA) і аналітичного (SKZK) значень середньої кількості зайнятих каналів від часу на проміжку [0,1000].

19. Найпростіший потік замовлень інтенсивності  $\lambda=1/2$  розподіляється між каналами двоканального пристрою з однаковою ймовірністю  $P=1/2=0,5$ . Час обслуговування

## ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ ЗА СЕМЕСТР

Розподіл 100 балів:

| Поточне тестування та самостійна робота |    |    |    |          |    |    |    | Сума |
|---|----|----|----|----------|----|----|----|------|
| Розділ 1                                |    |    |    | Розділ 2 |    |    |    |      |
| T1                                      | T2 | T3 | T4 | T5       | T6 | T7 | T8 | 100  |
| 12                                      | 12 | 13 | 13 | 13       | 12 | 12 | 13 |      |

### РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

#### Базова

- Бакаев А.А., Костина Н.И., Яровицкий Н.В. Статистические модели в экономике. – К.: Наукова думка, 2008. – 304с.
- Веклич О., Шлапак М. «Екологічна ціна» економічного зростання України. // Економіка України, №1, 2012. – С.51-60.
- Ермаков С.М., Михайлов Г.А. Статистическое моделирование. – М.: Наука, 2002. – 296с.
- Смельянов А.А. Статистическое моделирование экономических процессов. – М.: Дума, 2002. – 368с.
- Киндлер Е. Языки моделирования. – М.: Мир, 2005. – 288с.
- Ляшенко М.В., Коробова М. В., Горішина І. А. Моделирование экономических, экологических и социальных процессов: навчальний посібник. – ВПЦ "Київський університет", 2010.
- Нейлор И. и др. Машинные имитационные эксперименты с моделями экономических систем. – М.: Мир, 2005. – 500с.
- Пигу А. Экономическая теория благосостояния. The Economics of Welfare. Москва: Прогресс, 2005. – Т.1. – С.251–511.
- Рыжиков Ю.И. Имитационное моделирование. Теория и практика. – СПб. – 2004.
- Ситник В.Ф., Орленко Н.С. Имитационное моделирование: Навч. посібник. – К.: КНЕУ, 2008. – 232 с.
- Скирта Б.К. Имитационное моделирование в управлении сельскохозяйственным производством: Учеб. пособие. – К.: Выща шк., 2000. – 206с.
- Сытник В.Ф. Основы машинной имитации производственных и орг.
- Шеннон Р. Имитационное моделирование систем – искусство и наука. – М.: Мир, 2008. – 418с.

#### Допоміжна

- Жадлун З.О. Моделирование инвестиционной деятельности. – К.: , 2009. – 80с.
- Івашук О. Т. Математичні методи та моделі в управлінні виробництвом: Навч. посібник. – К.: ІСДО, 2003. – 180с.
- Економіко-математичне моделювання: Навчальний посібник / За ред. О. Т. Івашука. – Тернопіль: ТНЕУ «Економічна думка», 2008. – 704с.
- Савчук В.П., Прилипка С.И., Величко Е.Е. Анализ и разработка инвестиционных проектов. Уч. пос. – К.:2009.
- Федоренко В.Г. Инвестознавство. – К.: 2002. – 408с.
- Музиченко А.С. Державне регулювання інвестиційної діяльності. - К.: 2001. – 345с.
- Вітлінський В.В. Моделирование экономики: Навч. посібник. – К.: КНЕУ, 2005. – 408с.

#### Інформаційні ресурси

- [http://pchnuchniki.ws/15890315/ekonomika/metod\\_monte-carlo\\_imitatsiyne\\_modelyuvannya](http://pchnuchniki.ws/15890315/ekonomika/metod_monte-carlo_imitatsiyne_modelyuvannya)

замовлення в кожному каналі розподілений за показниковим законом з параметром  $\mu=1/5$ . Заставши канал зайнятим, замовлення негайно покидає систему (втрачається). Побудувати імітаційну модель даної СМО, використавши блок TRANSFER, що працює в режимі PICK. У тій самій програмі побудувати модель GPSS World для числового інтегрування системи диференціальних рівнянь для ймовірностей станів даної СМО. За результатами імітаційного моделювання та числового інтегрування обчислити ймовірність обслуговування для значення модельного часу 10000 і побудувати в одному вікні (на одному рисунку) графіки залежностей ймовірності обслуговування від часу на проміжку [0,1000]. Ймовірність обслуговування за результатами числового інтегрування обчислювати за формулою:  $\lambda = k \cdot P_{\mu} \cdot \lambda = k \cdot \lambda$  де  $k$  – середня кількість зайнятих каналів, підрахована також за результатами числового інтегрування.

20. Інтервал між замовленнями розподілений за законом Ерланга другого порядку з параметром 0,5; час обслуговування розподілений за законом Ерланга третього порядку з параметром 0,1. Побудувати імітаційну модель чотириканальної СМО з відмовами. Використавши блоки GATE, передбачити можливість отримання статистики у стандартному звіті для кожного каналу обслуговування окремо. Побудувати графік залежності ймовірності обслуговування від часу на проміжку [0,1500]. Вказівка: кажуть, що випадкова величина розподілена за законом Ерланга порядку  $k$  з параметром  $\lambda$ , якщо вона є сумою  $k$  випадкових величин, розподілених за показниковим законом з параметром  $\lambda$ .

21. Інтервал між замовленнями розподілений за законом Ерланга третього порядку з параметром 1,5; час обслуговування розподілений за законом Ерланга другого порядку з параметром 0,5. Побудувати імітаційну модель чотириканальної СМО з відмовами. Використавши блоки TEST, передбачити можливість отримання статистики у стандартному звіті для кожного каналу обслуговування окремо. Побудувати на одному рисунку графіки залежностей коефіцієнтів використання кожного каналу від часу на проміжку [0,2000]. Обчислити ймовірність обслуговування для значення модельного часу 2000. Вказівка: кажуть, що випадкова величина розподілена за законом Ерланга порядку  $k$  з параметром  $\lambda$ , якщо вона є сумою  $k$  випадкових величин, розподілених за показниковим законом з параметром  $\lambda$ .

22. Інтервал між замовленнями розподілений за законом Ерланга другого порядку з параметром 0,5; час обслуговування розподілений за законом Ерланга третього порядку з параметром 0,2. Побудувати імітаційну модель п'ятиканальної СМО з відмовами. Використавши блоки TRANSFER, що працюють у режимі BOTH, передбачити можливість отримання статистики у стандартному звіті для кожного каналу обслуговування окремо. Побудувати графік залежності ймовірності обслуговування від часу на проміжку [0,2500]. Вказівка: кажуть, що випадкова величина розподілена за законом Ерланга порядку  $k$  з параметром  $\lambda$ , якщо вона є сумою  $k$  випадкових величин, розподілених за показниковим законом з параметром  $\lambda$ .

#### МЕТОДИ НАВЧАННЯ

Методи взаємодії між викладачем і студентами, під час яких відбувається передача та засвоєння знань, умінь і навичок: проблемні лекції, розв'язування задач та ситуаційних завдань, семінари-дискусії, мозкові атаки, кейси, презентації, рольові ігри, тощо.

#### МЕТОДИ КОНТРОЛЮ

Засвоєння студентом навчального матеріалу з дисципліни перевіряється усним опитуванням, самостійними роботами.

Підсумкова оцінка визначається як сума балів з усіх видів навчальної роботи. Оцінка виставляється за шкалами оцінювання: стобальною, національною і СКТС.

Залік за талоном №2 і перед комісією проводиться в письмовій формі і оцінюється за стобальною шкалою.

- [http://www.wimconsult.com/book\\_573\\_chapter\\_3\\_1\\_IMITACIJA\\_PRAKONNOE\\_MODELIROVANIJE.html](http://www.wimconsult.com/book_573_chapter_3_1_IMITACIJA_PRAKONNOE_MODELIROVANIJE.html)
- <http://simulation.su/static/ru-manuals.html>

Завідувач кафедри

Викладач

*Сашко*

*[Signature]*

*Кишаровиц Б.Ю.*

підпис

прізвище, ініціали

підпис

*Сашко К.О.О.*

прізвище, ініціали