МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Волинський національний університет імені Лесі Українки
Факультет інформаційних технологій і математики
Кафедра комп'ютерних наук та кібербезпеки

СИЛАБУС

нормативного освітнього компонента

СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ТА МЕТОДИ ОПТИМІЗАЦІЇ

(назва освітнього компонента)

підготовки бакалавра

(назва освітнього рівня)

спеціальності F3 Комп'ютерні науки

(шифр і назва спеціальності)

освітньо-професійної програми

Комп'ютерні науки та інформаційні технології

(назва освітньо-професійної освітньо-наукової/освітньо-творчої програм)

Луцьк – 2025

Силабус освітнього компонента «СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ТА МЕТОДИ ОПТИМІЗАЦІЇ**»** підготовки бакалавра, галузі знань F «Інформаційні технології», спеціальності F3 «Комп'ютерні науки», за освітньо-професійною програмою «Комп'ютерні науки та інформаційні технології».

Розробники:
Собчук В.В., професор кафедри комп'ютерних наук та кібербезпеки, доктор технічних наук, професор;

Погоджено
Гарант освітньо-професійної програми: Гришанович Т. О.

Силабус освітнього компонента затверджено на засіданні кафедри комп'ютерних наук та кібербезпеки
протокол № 2 від 17.09.2025 р.

Завідувач кафедри: Гришанович Т. О.

© Собчук В.В., 2025 р.

І. Опис освітнього компонента

<table>
<tr><th>Найменування показників</th><th>Галузь знань, спеціальність, освітньо-професійна /освітньо-наукова/освітньо-творча програма, освітній рівень</th><th>Характеристика освітнього компонента</th></tr>
<tr><td>Денна (очна) форма навчання</td><td rowspan="7">F Інформаційні технології,
F3 Комп’ютерні науки, Комп’ютерні науки та інформаційні технології, перший (бакалаврський)</td><td>Нормативна/Вибіркова</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Кількість годин/кредитів 120/4</td><td>Рік навчання – 4-ий</td></tr>
<tr><td>Семестр – 5-ий</td></tr>
<tr><td>Лекції – 30 год.</td></tr>
<tr><td>Практичні (семінарські) – 0 год.
Лабораторні – 56 год.
Індивідуальні – 0 год.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">ІНДЗ: немає</td><td>Самостійна робота – 26 год.</td></tr>
<tr><td>Консультації – 8 год.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Мова навчання – українська</td><td>Форма контролю: екзамен</td></tr>
</table>

ІІ. Інформація про викладача (- ів)

ПІП Собчук Валентин Володимирович

Науковий ступінь доктор технічних наук

Вчене звання доцент

Посада професор кафедри комп’ютерних наук та кібербезпеки

Контактна інформація v.v.sobchuk@gmail.com

Дні занять http://194.44.187.20/cgi-bin/ timetable.cgi

ІІІ. Опис освітнього компонента

1. Анотація курсу

Курс є обов’язковою компонентою циклу професійної підготовки першого рівня вищої освіти «Бакалавр» в галузі знань F «Інформаційні технології» спеціальності F3 «Комп’ютерні науки», за освітньо-професійною програмою «Комп’ютерні науки та інформаційні технології». Пропонований навчальний курс забезпечить студентам здобуття поглиблених теоретичних та практичних знань, умінь та розуміння, що відносяться до областей системного аналізу, методів оптимізації та прийняття рішень що дасть їм можливість ефективно виконувати завдання інноваційного характеру відповідного рівня професійної діяльності, яка орієнтована на дослідження й розв’язання складних задач проектування та розроблення інформаційних систем для задоволення потреб науки, бізнесу та підприємств у різних галузях. Використовуючи методологію системного аналізу об’єктів, процесів і систем в задачах аналізу, прогнозування, управління та проектування динамічних процесів в економічних, технічних, технологічних та інших галузях студент задовольнятиме суспільному

запиту на формування сучасних фахівців, які гостро необхідні на сучасних висококонкурентних на ринках праці.

2. **Пререквізити (*попередні курси, на яких базується вивчення освітнього компонента*)**

ОК 10. Лінійна алгебра та аналітична геометрія.
ОК 11. Математичний аланіз.
ОК 13. Диференціальні рівняння.
ОК 16. Чисельні методи.
ОК 17. Теорія ймовірностей та комп'ютерна статистика.
Постреквізити:
ОК 24 Інтелектуальний аналіз даних

3. **Мета і завдання освітнього компонента**

Метою освітнього вивчення компонента є формування теоретичних знань і практичних навичок, необхідних для використання системного підходу, його принципів і методів у дослідження та проектуванні складних організаційно-технічних систем, формування навичок використання інструментарію підтримки прийняття рішень, обчислювальних засобів для вирішення практичних системних задач; ознайомлення студентів з основними моделями задач оптимального планування та особливостями їх застосування, загальними принципами побудови та можливостями розробленого інструментарію, який застосовують в сучасних системах підтримки прийняття рішень.

Ключовим завданням освітнього компоненту — надання здобувачам вищої освіти знань щодо принципів і методології системного аналізу; прийняття управлінських рішень на основі загальносистемного підходу та моделювання в процесі і систем для задач аналізу, прогнозування, управління та проектування динамічних процесів в економічних, технічних, технологічних та інших об'єктах; моделювання інформаційних систем і технологій в умовах неповної або часткової інформації; систематизація знань студентів з основних математичних методів розв'язування оптимізаційних задач.

4. **Результати навчання (Компетентності)**

Результати навчання:

ПРН1. Застосовувати знання основних форм і законів абстрактно-логічного мислення, основ методології наукового пізнання, форм і методів вилучення, аналізу, обробки та синтезу інформації в предметній області комп'ютерних наук.

ПРН7. Розуміти принципи моделювання організаційно-технічних систем і операцій; використовувати методи дослідження операцій, розв'язання одно – та багатокритеріальних оптимізаційних задач лінійного, цілочисельного, нелінійного, стохастичного програмування.

ПРН8. Використовувати методологію системного аналізу об'єктів, процесів і систем для задач аналізу, прогнозування, управління та проектування динамічних процесів в макроекономічних, технічних, технологічних і фінансових об'єктах.

Компетентності:

1) Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу. (ЗК1)
2) Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях. (ЗК2)
3) Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності. (ЗК3)
4) Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово (ЗК4).
5) Здатність спілкуватися іноземною мовою (ЗК5).
6) Здатність вчитися й оволодівати сучасними знаннями. (ЗК6)
7) Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел. (ЗК7)
8) Здатність генерувати нові ідеї (креативність). (ЗК8)
9) Здатність бути критичним і самокритичним. (ЗК10)
10) Здатність приймати обґрунтовані рішення. (ЗК11)
11) Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт. (ЗК12)
12) Здатність діяти на основі етичних міркувань. (ЗК13)
13) Здатність до математичного формулювання та досліджування неперервних та дискретних математичних моделей, обґрунтовування вибору методів і підходів для розв'язування теоретичних і прикладних задач у галузі комп'ютерних наук, аналізу та інтерпретування. (СК1)
14) Здатність здійснювати формалізований опис задач дослідження операцій в організаційно-технічних і соціально-економічних системах різного призначення, визначати їх оптимальні розв'язки, будувати моделі оптимального управління з урахуванням змін економічної ситуації, оптимізувати процеси управління в системах різного призначення та рівня ієрархії. (СК5)
15) Здатність до системного мислення, застосування методології системного аналізу для дослідження складних проблем різної природи, методів формалізації та розв'язування системних задач, що мають суперечливі цілі, невизначеності та ризики. (СК6)
16) Здатність застосовувати теоретичні та практичні основи методології та технології моделювання для дослідження характеристик і поведінки складних об'єктів і систем, проводити обчислювальні експерименти з обробкою й аналізом результатів. (СК7)
17) Здатність до аналізу та функціонального моделювання бізнес-процесів, побудови та практичного застосування функціональних моделей організаційно-економічних і виробничо-технічних систем, методів оцінювання ризиків їх проектування. (СК15)

5. Структура освітнього компонента

Назви змістових модулів і тем	Усього	Лек.	Лабор.	Сам. роб.	Конс.	Форма контролю/ Бали
Змістовий модуль 1. Системний аналіз і моделювання систем						
Тема 1. Історія, предмет, цілі	5	2	2	1	0	ДС, РЗ/К /

системного аналізу						3
Тема 2. Описи, базові структури і етапи аналізу систем. Функціонування і розвиток системи.	5	2	2	1	0	ДС, РЗ/К / 4
Тема 3. Класифікація систем. Система, інформація, знання.	5	2	2	1	0	ДС, РЗ/К / 5
Тема 4. Система і управління. Міри інформації.	5	2	2	1	0	ДС, РЗ/К / 5
Тема 5. Інформація і самоорганізації систем. Інформаційні системи.	8	2	4	1	1	ДС, РЗ/К / 5
Тема 6. Основи моделювання систем. Математичне і комп'ютерне моделювання. Еволюційне моделювання і генетичні алгоритми.	9	2	4	2	1	ДС, РЗ/К / 5
Тема 7. Розкриття невизначеностей у задачах системного аналізу.	9	2	4	2	1	ДС, РЗ/К / 5
Тема 8. Розкриття невизначеностей у задачах взаємодії і протидії коаліцій.	9	2	4	2	1	ДС, РЗ/К / 5
Тема 9. Інформаційний аналіз системних задач.	5	2	2	1	0	ДС, РЗ/К / 5
Підсумок за модулем 1.	**60**	**18**	**26**	**12**	**4**	**42**
Змістовий модуль 2. Методи оптимізації						
Тема 10. Історія розвитку теорії оптимізації. Основні етапи розв'язування екстремальних задач.	7	2	4	1	0	ДС, РЗ/К / 4
Тема 11. Форми задачі лінійного програмування. Лінійні простори. Опуклі множини.	8	2	4	2	0	ДС, РЗ/К / 4
Тема 12. Симплекс-метод розв'язування ЗЛП .	12	2	6	3	1	ДС, РЗ/К / 5
Тема 13. Двоїстість у лінійному програмуванні.	12	2	6	3	1	ДС, РЗ/К / 4
Тема 14. Транспортна задача.	13	2	6	4	1	ДС, РЗ/К / 6
Тема 15. Задача цілочисельного програмування. Математична модель та методи розв'язку задачі цілочисельного програмування	8	2	4	1	1	ДС, РЗ/К / 5
Підсумок за модулем 2	**60**	**12**	**30**	**14**	**4**	**28**

Види підсумкових робіт –						Бал
Модульна контрольна робота						30
Екзамен						30
Всього годин/Балів	**120**	**36**	**54**	**22**	**8**	**100**

Методи контролю*: ДС – дискусія, ДБ – дебати, Т – тести, ТР – тренінг, РЗ/К – розв’язування задач/кейсів, ІНДЗ/ІРС – індивідуальне завдання/індивідуальна робота здобувача освіти, РМГ – робота в малих групах, МКР/КР – модульна контрольна робота/ контрольна робота, Р – реферат, а також аналітична записка, аналітичне есе, аналіз твору тощо.

6. Завдання для самостійного опрацювання.

1. Системний аналіз — як методологічна дисципліна.
2. Системологія — як теоретична дисципліна, теорія систем.
3. Функціонування систем, розвиток і саморозвиток систем: порівняльний аналіз.
4. Гнучкість, зв'язність, еквівалентність і інваріантність систем: порівняльний аналіз.
5. Алгебра відносин як універсальний апарат теорії систем.
6. Ентропія і міра безладу в системі. Інформація і міра порядку в системі.
7. Квантово-механічний і термодинамічний підходи до вимірювання інформації.
8. Семантичні і несемантичні заходи інформації — нові підходи і аспекти.
9. Менеджмент інформаційних систем.
10. Класифікація інформаційних систем і методів їх проектування.
11. Життєвий цикл проектування інформаційної системи і зміст його етапів.
12. Самоорганізація соціально-економічних систем і їх значення.
13. Аксіоматика самоорганізації систем.
14. Моделі в мікросвіті і макросвіті.
15. Лінійність моделей (наших знань) і нелінійність явищ природи і суспільства.
16. Комп'ютерне моделювання і його особливості.
17. Роль математичного моделювання на сучасному світі.
18. Еволюційне моделювання — особливості, значення, додатки.
19. Генетичні алгоритми — особливості, значення, застосування.
20. Імітаційне еволюційне моделювання систем, що погано структуруються, погано формалізуються, за допомогою генетичних алгоритмів.
21. Задачі вибору. Властивості відношень
22. Багатокритеріальні задачі оптимізації.
23. Методи розв’язування багатокритеріальних задач оптимізації.
24. Нечіткі множини й нечіткі відношення.
25. Спеціальні операції над нечіткими множинами.

IV. Політика оцінювання

Політика викладача щодо здобувача освіти

Усі учасники освітнього процесу повинні дотримуватись вимог чинного законодавства України, Статуту і Правил внутрішнього розпорядку ВНУ імені Лесі Українки, загальноприйнятих моральних принципів, правил поведінки та корпоративної культури; підтримувати атмосферу доброзичливості, відповідальності, порядності й толерантності. Атмосфера на заняттях повинна бути творчою, відкритою до конструктивної критики. Недопустимі запізнення на заняття; користування мобільним телефоном, планшетом чи іншими мобільними пристроями під час заняття; списування. Очікується, що всі студенти відвідають усі лекції і практичні заняття курсу. Завдання для практичного виконання (лабораторні роботи, ІНДЗ, самостійні роботи), завдання підсумкового контролю (тести, контрольні роботи, що передбачають розробку програм) здаються із використанням засобів відповідних ІКТ.

Політика щодо академічної доброчесності

Під час навчання учасники освітнього процесу зобов'язані дотримуватися академічної доброчесності: етичних принципів та визначених законом правил, якими мають керуватися учасники освітнього процесу під час навчання, викладання та провадження наукової діяльності.

Дотримання академічної доброчесності здобувачами передбачає: самостійне виконання навчальних завдань, завдань поточного та підсумкового контролю (для осіб з особливим освітніми потребами ця вимога застосовується з урахуванням їх індивідуальних потреб і можливостей); посилання на джерела інформації у разі використання ідей, тверджень, відомостей; дотримання норм законодавства про авторське право; надання достовірної інформації про результати власної навчальної (наукової, творчої) діяльності.

Під час оцінювання результатів навчання студенти не користуються забороненими засобами (мобільний телефон, планшет, конспект, навчальна література, інші джерела інформації, в тому числі Інтернет-ресурси), самостійно виконують запропоновані завдання. При виконанні лабораторних робіт з курсу здобувачі мають право використовувати власні ноутбуки, якщо вони підтримують необхідне програмне забезпечення.

Політика щодо дедлайнів та перескладання

Якщо здобувач вищої освіти був відсутній на заняттях з будь-якої причини, він/вона вивчають теоретичний матеріал самостійно використовуючи навчальні посібники, конспекти лекцій, матеріали курсу " СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ТА МЕТОДИ ОПТИМІЗАЦІЇ ", виконують всі домашні завдання. Прозвітуватися про виконання завдань можна під час консультацій, одночасно при цьому з'ясувати незрозумілі моменти, задати запитання викладачу. Перескладання контрольних робіт та тестувань заборонено. Роботи, які здаються із порушенням термінів без поважних причин, оцінюються на нижчу оцінку.

Можливість визнання результатів навчання, отриманих у формальній, неформальній та інформальній освіті.

Відповідно до пункту 3.3 Положення про визнання результатів навчання, отриманих у формальній, неформальній та/або інформальній освіті у Волинському національному університеті імені Лесі Українки з дисципліни " СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ТА МЕТОДИ ОПТИМІЗАЦІЇ " визнання таких результатів навчання не проводиться.

Можливість отримати додаткові (бонусні) бали.

Здобувачі освіти мають можливість отримати додаткові бали з ОК " СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ТА МЕТОДИ ОПТИМІЗАЦІЇ " за умови участі у Всеукраїнській студентській олімпіаді з програмування.

V. Підсумковий контроль

Підсумковою формою контролю освітнього компонента є іспит. Оцінювання навчальних досягнень здійснюється за 100 бальною шкалою. Оцінка включає в себе поточний контроль (оцінюється робота на парах, вчасне і якісне виконання домашніх завдань) та підсумковий контроль (самостійне виконання індивідуальних завдань, контрольні роботи, перевірка теоретичної підготовки у формі тестування, ІНДЗ). Максимальна кількість балів, яку може отримати здобувач під час поточного оцінювання за семестр – 70 балів. Максимальна кількість балів, яку може отримати здобувач за підсумковий контроль за семестр складає 30 балів.

Передбачається виконання індивідуальних завдань. Варіант ІНДЗ включає себе набір задач, що охоплюють одну або кілька близьких тем. Або одне завдання, розв'язання якого вимагає самостійного опрацювання невеликих тем

На іспит виносяться основні питання, типові та комплексні задачі, ситуації, завдання, що потребують творчої відповіді та уміння синтезувати отриманні знання і застосовувати їх під час розв'язання практичних задач.

Іспит проводиться в усній формі. На іспит виносяться подані нижче питання.

Питання та форма проведення іспиту визначені у цьому силабусі.

Питання, що виносяться на екзамен:

1. Історія, предмет, цілі системного аналізу.
2. Описи, базові структури і етапи аналізу систем.
3. Функціонування і розвиток системи.
4. Класифікація систем.
5. Система, інформація, знання.
6. Система і управління.
7. Міри інформації.
8. Інформація і самоорганізації систем.
9. Інформаційні системи.
10. Основи моделювання систем.
11. Математичне і комп'ютерне моделювання.
12. Еволюційне моделювання і генетичні алгоритми.
13. Розкриття невизначеностей у задачах системного аналізу.
14. Розкриття невизначеностей у задачах взаємодії і протидії коаліцій.
15. Організаційні системи і їх роль в суспільстві.
16. основні проблеми функціонування складних систем.
17. Внутрішнє середовище організації та його компоненти.
18. Зовнішнє середовище та його основні фактори.
19. Як складна система взаємодіють із ринковим середовищем?
20. Поняття стійкості складних систем.
21. Зміст процесу розвитку систем та його характеристика.
22. Роль хаосу в розвитку систем.
23. Характеристики суті аналітичної діяльності в процесі управління.
24. Соціальні системи в екстремальних умовах.

25. Адаптація системи в перехідних станах.
26. Типологія структур системи.
27. Функціонування та розвиток систем.
28. Системи в перехідних і критичних станах.
29. Розкриття невизначеностей у задачах конфлікту стратегій.
30. Загальна стратегія розв’язання задач системної взаємодії коаліцій.
31. Загальна стратегія розв’язання задач системної протидії коаліцій.
32. Аналіз кількісних та якісних характеристик інформації.
33. Класифікація і розпізнавання ситуацій за за інтегральними та частковими показниками інформованості.
34. Історія розвитку теорії оптимізації.
35. Основні етапи розв’язування екстремальних задач.
36. Форми задачі лінійного програмування.
37. Лінійні простори. Опуклі множини.
38. Симплекс-метод розв’язування ЗЛП .
39. Двоїстість у лінійному програмуванні.
40. Транспортна задача.
41. Задача цілочисельного програмування.
42. Математична модель та методи розв’язку задачі цілочисельного програмування

VI. Шкала оцінювання

Шкала оцінювання знань здобувачів освіти з освітніх компонентів, де формою контролю є іспит

Оцінка в балах	**Лінгвістична оцінка**	**Оцінка за шкалою ECTS**	
		оцінка	**пояснення**
90–100	Відмінно	A	відмінне виконання
82–89	Дуже добре	B	вище середнього рівня
75–81	Добре	C	загалом хороша робота
67–74	Задовільно	D	непогано
60–66	Достатньо	E	виконання відповідає мінімальним критеріям
1–59	Незадовільно	Fx	Необхідне перескладання

Шкала оцінювання знань здобувачів освіти з освітніх компонентів, де формою контролю є залік

Оцінка в балах	**Лінгвістична оцінка**
90–100	Зараховано
82–89	

75–81	
67–74	
60–66	
1–59	Незараховано (необхідне перескладання)

VI. Рекомендована література та інтернет-ресурси (*літературні джерела, рекомендована література (основна, додаткова, Інтернет-ресурси) та інші джерела*).

Основна література

1. Вовк В. М., Дрогомирецька З. Б. Основи системного аналізу: Навчальний посібник / Львівський нац. ун-т ім. І. Франка Львів, 2002. – 248 с.
2. Горбань О. М. Основи теорії систем і системного аналізу / О. М. Горбань, В. Є. Бахрушин. – Запоріжжя : ГУ «ЗІДМУ», 2011. – 204 с.
3. Дивак М.П. Методичний посібник з дисципліни “Системний аналіз”. Інститут комп'ютерних інформаційних технологій. - Тернопіль, 2004. -136с.
4. Жалдак М.І., Триус Ю.В. Основи теорії і методів оптимізації: Навчальний посібник. - Черкаси: Брама-Україна, 2005. – 608 с. https://shron1.chtyvo.org.ua/Zhaldak_Myroslav/Osnovy_teorii_i_metodiv_optymizatsii.pdf?PHPSESSID=tf2l68mtuilk27jvblf47v47o2
5. Згуровський М. З., Панкратова Н. Д. Основи системного аналізу. – К.: Вид. група ВНУ, 2007. – 544 с. http://eprints.cdu.edu.ua/4183/1/zgurovskii_mz_panu.pdf
6. Катренко А. В. Системний аналіз об’єктів та процесів комп’ютеризації. Навчальний посібник. – Львів, “Новий світ-2000”, 2003. – 424 с.
7. Ладанюк А.П. Основи системного аналізу. Навчальний посібник. – Вінниця, "Нова книга", 2004. – 176 с.
8. Ладієва Л.Р. Оптимальне керування системами.: Електронне мережне навчальне видання. Навчальний посібник. - 2019- 162 с.
9. Ладієва Л.Р. Оптимізація систем керування. : Електронне мережне навчальне видання. Навчальний посібник. – 2020. – 192 с.
10. Панкратова Н.Д., Недашківська Н.І. Моделі і методи аналізу ієрархій. Теорія. Застосування, Навч. посібник. – К.: НТУУ «КПІ», 2010. – 372с.
11. Шарапов О. Д., Дербенцев В. Д., Семьонов Д. Є. Системний аналіз: Навч.-метод. посібник для самост. вивч. дисциплін. – К.: КНЕУ, 2003. – 154 с.
12. Шиян А. А. Управління формуванням ефективних економічних інститутів для України / А. А. Шиян, Л. О. Нікіфорова. – Вінниця : ВНТУ, 2011. – 300 с.

Додаткова література

13. Глушик М.М., Копич І.М., Сороковський В.М. Математичне програмування: підручник. ISBN 978-966-418- 103-4 - Львів: Новий Світ, 2014. – 280 с.

14. Литвин В. В. Проектування інформаційних систем / В. В. Литвин, Н. Б. Шаховська // навчальний посібник з грифом МОНУ. – Львів : «Магнолія-2006», 2011. – 380 с.
15. Моделювання та оптимізація систем: підручник /[Дубовой В. М., Квєтний Р. Н., Михальов О. І., А.В.Усов А. В.] –Вінниця : ПП «ТД«Еднльвейс», 2017. – 804 с.
16. Навчальний посібник з дисципліни «Системний аналіз» для здобувачів спеціальності 122 – Комп'ютерні науки / Укл.: В.М. Тонконогий, В.О. Вайсман, Л.В. Бовнегра, К.Г. Кіркопуло. Одеса: Нац. ун-т «Одеська політехніка», 2022. – 84 с. http://dspace.opu.ua/jspui/bitstream/123456789/12878/1/%D0%9F%D0%BE%D1%81%D1%96%D0%B1%D0%BD%D0%B8%D0%BA%20%D0%A1%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%BD%D0%B8%D0%B9%20%D0%B0%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D1%96%D0%B7.pdf
17. Стеценко І.В. Моделювання систем / І.В. Стеценко; М-во освіти і науки України, Черкас. держ. технол. ун-т. – Черкаси : ЧДТУ, 2010. – 399 с.
18. Тимченко А.А. Основи системного проектування та системного аналізу об'єктів. – К.:Либідь, 2004. – 288с.
19. Sage EP, White C.S. Optimal systems control. 2d View all formats and editions – Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J, 2006. - 392p. . Tenth Edition –Pearson Education Limited publishers London, 2017.-843 P.
20. N.D. Pankratova, Y. A. Ptukha Estimation computational models of the cyber-physical systems functioning //System research&Information technology, №1, 2020. - P. 28-33. DOI: https://doi.org/10.20535/SRIT.2308-8893.2020.1.03
21. Pankratova N., Malishevsky A., Pankratov V. Cyber-physical systems operation with guaranteed survivability and safety under conditions of uncertainty and multifactor risks. Book Chapter 2 // In Springer book M. Zgurovsky and N. Pankratova (eds.), System Analysis & Intelligent Computing, Studies in Computational Intelligence 1022, 2022. P. 21–35. doi:10.1007/978-3-030-94910-5_2, ISSN 1860-949X
22. Pankratova, N., Golinko, I. Approach to Development of Digital Twin Model for CyberPhysical System in Conditions of Conceptual Uncertainty. In: Zgurovsky, M., Pankratova, N. (eds) System Analysis and Artificial Intelligence . Studies in Computational Intelligence, vol 1107. Springer, Cham. Chapter 1. pp 3–25. 2023. https://doi.org/10.1007/978-3-031-37450- 0_1
23. Ravindran A. Engineering Optimization Methods and Application. /A. Ravindran A., Ragsdell K.M., Reklaitis G.V. / - Publication John Willy and sons, Inc, NJ, 2006, 2nd ed.- 688p.