

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
ПАРАЛЕЛЬНІ ТА РОЗПОДІЛЕНІ ОБЧИСЛЕННЯ
Підготовки першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
Спеціальності 122 Комп'ютерні науки
Освітньо-професійної програми Комп'ютерні науки та інформаційні технології

Луцьк – 2024

Силабус нормативного освітнього компонента “Паралельні та розподілені обчислення”
підготовки бакалаврів, галузі знань 12 Інформаційні технології, спеціальності 122
Комп’ютерні науки, за освітньою програмою Комп’ютерні науки та інформаційні технології

Розробники:

Чернящук Наталія Леонідівна, доктор педагогічних наук, професор, професор кафедри
комп’ютерних наук та кібербезпеки

Погоджено

Гарант освітньо-професійної програми:



Гришанович Т.О.

**Силабус освітнього компонента затверджено на засіданні кафедри комп’ютерних наук
та кібербезпеки**

протокол № 2 від 25.09.2024 р.

Завідувач

кафедри:



Гришанович Т. О.

I. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, освітньо- професійна програма, освітній рівень	Характеристика навчальної дисципліни
		Нормативна
Денна форма навчання	Галузь знань 12 Інформаційні технології, спеціальність 122 Комп'ютерні науки, освітньо-професійна програма Комп'ютерні науки та інформаційні технології освітній рівень бакалавр.	Рік підготовки 4
Кількість Годин/кредитів 120/4		Семестр 7
		Лекції 34 год.
		Лабораторні 46 год.
		Самостійна робота 32 год.
		Консультації 8 год.
ІНДЗ: <u>немає</u>		Форма контролю: екзамен
Мова навчання – Українська		

II Інформація про викладача

ППП: Чернящук Наталія Леонідівна;

Науковий ступінь: доктор педагогічних наук;

Вчене звання: професор;

Посада: професор кафедри комп'ютерних наук та кібербезпеки;

Контактна інформація: Cherniashchuk.Nataliia@vnu.edu.ua

Дні занять: <http://94.130.69.82/cgi-bin/timetable.cgi>

III. Опис дисципліни

Анотація курсу. Силабус освітнього компонента «Паралельні та розподілені обчислення» складено відповідно до освітньо-професійної програми «Комп'ютерні науки та інформаційні технології» першого рівня вищої освіти галузі знань 12 Інформаційні технології, за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки. Освітній компонент «Паралельні та розподілені обчислення» належить до переліку нормативних навчальних дисциплін, забезпечує професійний розвиток бакалавра та спрямована на формування у майбутніх фахівців базових знань, вмінь щодо вивченням теоретичних основ та практичних аспектів використання паралельних обчислювальних систем для вирішення складних прикладних задач

Мета навчальної дисципліни «Паралельні та розподілені обчислення» є вивчення теоретичних основ та практичних аспектів використання паралельних обчислювальних систем для вирішення складних прикладних задач, оволодіння концепціями сучасного програмування в рамках парадигм паралельного та розподіленого програмування. Основними завданнями вивчення дисципліни є набуті:

- здатність використовувати сучасні методи і мови програмування для оволодіння концепціями паралельних та розподілених обчислень;
- здатність створювати програмне забезпечення для паралельних та розподілених обчислень.

Результати навчання:

ЗК 1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

ЗК 2. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК 3. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

ЗК 5. Здатність спілкуватися іноземною мовою.

ЗК 6. Здатність вчитися й оволодівати сучасними знаннями.

ЗК 7. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ЗК 8. Здатність генерувати нові ідеї (креативність).

ЗК 9. Здатність працювати в команді.

ЗК 11. Здатність приймати обґрунтовані рішення.

СК 3. Здатність до логічного мислення, побудови логічних висновків, використання формальних мов і моделей алгоритмічних обчислень, проектування, розроблення й аналізу алгоритмів, оцінювання їх ефективності та складності, розв'язності та нерозв'язності алгоритмічних проблем для адекватного моделювання предметних областей і створення програмних та інформаційних систем.

СК 9. Здатність реалізувати багаторівневу обчислювальну модель на основі архітектури клієнт-сервер, включаючи бази даних, знань і сховища даних, виконувати розподілену обробку великих наборів даних на кластерах стандартних серверів для забезпечення обчислювальних потреб користувачів, у тому числі на хмарних сервісах.

СК 12. Здатність забезпечити організацію обчислювальних процесів в інформаційних системах різного призначення з урахуванням архітектури, конфігурування, показників результативності функціонування операційних систем і системного програмного забезпечення.

СК 16. Здатність реалізовувати високопродуктивні обчислення на основі хмарних сервісів і технологій, паралельних і розподілених обчислень при розробці й експлуатації розподілених систем паралельної обробки інформації.

СК 17. Здатність розуміти іноземну мову на рівні, достатньому для обробки фахових інформаційно-літературних джерел, професійного усного і письмового спілкування, написання текстів за фаховою тематикою.

ПР13. Володіти мовами системного програмування та методами розробки програм, що взаємодіють з компонентами комп'ютерних систем, знати мережні технології, архітектури комп'ютерних мереж, мати практичні навички технології адміністрування комп'ютерних мереж та їх програмного забезпечення.

ПР14. Володіти мовами системного програмування та методами розробки програм, що взаємодіють з компонентами комп'ютерних систем, знати мережні технології, архітектури комп'ютерних мереж, мати практичні навички технології адміністрування комп'ютерних мереж та їх програмного забезпечення.

ПР 17. Виконувати паралельні та розподілені обчислення, застосовувати чисельні методи та алгоритми для паралельних структур, мови паралельного програмування при розробці та експлуатації паралельного та розподіленого програмного забезпечення.

Структура навчальної дисципліни:

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					Форма контролю / бали
	Усього	у тому числі				
		Лек.	Лаб.	Сам. роб.	Конс	
Змістовий модуль 1. <u>Технології побудови розподілених об'єктних систем</u>						Тестовий контроль знань / 15
Тема 1 Технології побудови розподілених об'єктних систем 1.1 Розподілені об'єктні технології в інформаційних системах Технології RMI, CORBA, DCOM 1.2 Технологія CORBA 1.3 Технологія DCOM	11	4	4	3		Звіт по лаб. роботі /7

Тема 2 Переваги та недоліки використання технологій RMI, CORBA, DCOM 2.1 Порівняння архітектур. 2.2 Можливі області застосування. 2.3 Вибір критеріїв.	12	4	4	3	1	Звіт по лаб. роботі /7
Тема 3 Паралельні обчислювальні системи та паралельні обчислення. Побудова паралельних обчислювальних систем, аналіз і моделювання паралельних обчислень. Класифікація обчислювальних систем	12	4	4	3	1	Звіт по лаб. роботі /7
Тема 4. Моделювання і аналіз паралельних обчислень. Моделі обчислень. Показники ефективності паралельного алгоритму.	12	2	6	3	1	Звіт по лаб. роботі /7
Тема 5 Оцінка максимально досяжного паралелізму. Аналіз масштабованості паралельних обчислень. Оцінка комунікаційної трудомісткості паралельних алгоритмів	13	2	6	4	1	Звіт по лаб. роботі /7
Разом за змістовим модулем 1	60	16	24	16	4	50
Змістовий модуль 2. Принципи розробки паралельних методів						Тестовий контроль знань / 15
Тема 1. Принципи розробки паралельних методів. Моделювання паралельних програм. Етапи розробки паралельних алгоритмів. Виділення інформаційних залежностей	12	4	4	3	1	Звіт по лаб. роботі /7
Тема 2. Паралельне програмування на основі MPI 7.1. MPI: основні поняття та означення. Поняття паралельної програми. Операції передачі даних. Поняття комунікаторів	11	4	4	3		Звіт по лаб. роботі /7
Тема 3. Вступ до розробки паралельних програм з використанням MPI. Перша паралельна програма з використанням MPI. Визначення тривалості виконання MPI - програми.	12	4	4	3	1	Звіт по лаб. роботі /7
Тема 4. Початкове знайомство колективними операціями передачі даних. Передача даних від одного процесу всім процесам системи. Передача даних від всіх процесів одному процесу. Операція редукції. Аварійне завершення паралельної програми	12	4	4	3	1	Звіт по лаб. роботі /7
Тема 5. Управління групами процесів і комунікаторами. Управління групами. Управління комунікаторами. Топології. Додаткові можливості стандарту MPI - 2.	13	2	6	4	1	Звіт по лаб. роботі /7
Разом за змістовим модулем 2	60	18	22	16	4	50
Всього годин/Балів	120	34	46	32	8	120 год. / 100 балів

Завдання для самостійного опрацювання

№ з/п	Тема	Кількість годин
1	Підготовка до лабораторних робіт	6
2	Опрацювання лекційного матеріалу	6
3	Оформлення результатів лабораторних робіт	6
4	Систематизація здобутих знань перед екзаменом	7

5	Робота з літературою в бібліотеці	7
	Разом	32

Теми лабораторних занять

№ з/п	Тема	Кількість годин
Теми лабораторних занять		
1	Тема 1 Освоєння середовища розробки графічних додатків NetBeans IDE 1.1 Створити простий проект JavaFx в NetBeans IDE. 1.2 Ввести текст демонстраційної програми. 1.3 Відкомпілювати програму, усунути ймовірні помилки. 1.4 Створити файл *.jar, що виконується, запустити програму на виконання	6
2	Тема 2 Створення додатка для паралельних обчислень 2.1 Створити проект. 2.2 Вибрати колір, довжину і ширину прямокутника відповідно до варіанта. 2.3 Створити задачі і паралельні потоки обчислень. 2.4 У кожному потоці обчислити площу прямокутника в пікселях. 2.5 В окремому потоці обчислити сумарну площу прямокутників у пікселях. 2.6 Виконати програму	8
3	Тема 3 Керування процесом паралельних обчислень 3.1 Створити проект. 3.2 Вибрати колір, довжину і ширину прямокутника відповідно до варіанта. 3.3 Створити задачу і паралельні потоки обчислень. 3.4 У кожному потоці обчислити площу прямокутника в пікселях. 3.5 В окремому потоці обчислити сумарну площу прямокутників у пікселях. 3.6 Виконати програму	8
4	Тема 4 Паралельні обчислення в багатопроцесорних системах. Технологія Fork-Join 4.1 Створити додаток, що реалізує паралельні обчислення в багатопроцесорних системах. 4.2 Реалізувати паралелізм на рівні окремих процесорів. 4.3 Зробити аналіз результатів виконання Лабораторна робота / Face to face Методичні рекомендації 11, 12 Створення паралельних обчислень у багатопроцесорних системах 3 год 5 балів Самостійна робота до 8 тижня паралельних обчислень для одного і декількох процесорів. 4.4 Зробити аналіз ефективності використання великої кількості паралельних потоків обчислень. 4.5 Зробити висновок про оптимальну кількість процесорів в обчислювальній системі з погляду співвідношення ефективності/вартості. 4.6 Зробити висновок про оптимальну кількість потоків в обчислювальній системі для оптимальної кількості процесорів.	8
5	Тема 5 Розподілені обчислення на базі технології Клієнт-Сервер 5.1 Створити проект для Клієнтської і Серверної програми. 5.2 Реалізувати програмне забезпечення Сервера. 5.3 Реалізувати програмне забезпечення Клієнта. 5.4 Здійснити мережну взаємодію Клієнта і Сервера (установити з'єднання). 5.5 На стороні Сервера забезпечити виконання обчислень за даними, отриманими від Клієнта. 5.6 Результати обчислень повернути Клієнту. 5.7 На стороні клієнта забезпечити виведення результатів обчислень.	8
6	Тема 6 Розподілені обчислення. Взаємодія паралельних потоків 6.1 Використовуючи результати лабораторних робіт № 3 і № 4, 5 здійснити взаємодію між потоками Клієнтської і Серверної програми. 6.2 Реалізувати програмне забезпечення Сервера. 6.3 Реалізувати програмне забезпечення Клієнта. 6.4 Здійснити мережне керування потоками розподілених обчислень сторони Сервера з боку Клієнта . 6.5. Забезпечити безперервне обчислення площ прямокутників у паралельних потоках на стороні Сервера. 6.6 Забезпечити безперервну передачу результатів обчислень Клієнту На стороні Клієнта забезпечити виведення результатів обчислень.	8
	Разом	46

IV. Політика оцінювання

Політика щодо академічної доброчесності. Академічна доброчесність базується на засудженні практик списування (виконання письмових робіт із залученням зовнішніх джерел інформації, крім дозволених для використання), плагіату (відтворення опублікованих текстів інших авторів без зазначення авторства), фабрикації (вигадування даних чи фактів, що використовуються в освітньому процесі). У разі порушення здобувачем вищої освіти академічної доброчесності (списування, плагіат, фабрикація), робота оцінюється незадовільно та має бути виконана повторно, а результати раніше зданих робіт анулюються і виконуються повторно у порядку визначеному викладачем. При цьому викладач залишає за собою право змінити завдання.

Комунікаційна політика. Здобувачі вищої освіти повинні мати активовану університетську пошту. Усі письмові запитання до викладачів стосовно курсу мають надсилатися на університетську електронну пошту, можливе інше (додаткове) джерело комунікації, визначене викладачем для більш оперативного зв'язку зі студентами.

Політика щодо перескладання. Роботи, які здаються із порушенням термінів без поважних причин оцінюються на нижчу оцінку. Перескладання модулів відбувається із дозволу лектора за наявності поважних причин (наприклад, лікарняний).

Політика щодо оскарження оцінювання. Політика щодо оскарження оцінки. Якщо здобувач вищої освіти не згоден з оцінюванням його знань він може опротестувати виставлену викладачем оцінку у встановленому порядку згідно «Положення про порядок і процедури вирішення конфліктних ситуацій у Волинському національному університеті імені Лесі Українки»

Політика щодо відвідування занять. Для здобувачів вищої освіти денної форми відвідування занять є обов'язковим. Поважними причинами для неявки на заняття є хвороба, академічна мобільність, які необхідно підтверджувати відповідними документами. Про відсутність на занятті та причини відсутності здобувач вищої освіти має повідомити викладача або особисто, або через старосту. За об'єктивних причин навчання може відбуватись в он-лайн формі за погодженням з керівником курсу та деканом факультету.

Визнання результатів навчання, отриманих у формальній, неформальній освіті. Під час вивчення освітнього компонента можливе визнання результатів навчання отриманих у формальній, неформальній та/або інформальній освіті. Порядок визнання результатів навчання для здобувачів вищої освіти, набутих у: формальній освіті (академічна мобільність студентів на території України чи поза її межами, для студентів, які переводяться, поновлюються з інших ЗВО (вітчизняних чи іноземних); неформальній та/або інформальній освіті здійснюється згідно «ПОЛОЖЕННЯ про визнання результатів навчання, отриманих у формальній, неформальній та/або інформальній освіті у Волинському національному університеті імені Лесі Українки».

V. Підсумковий контроль

Оцінювання здійснюється за 100-бальною шкалою. Оцінка включає в себе поточний контроль (нараховується за якісне виконання лабораторних робіт) та підсумковий модульний контроль (нараховується за виконання модульних контрольних робіт та модульних тестових робіт, до лекційних матеріалів курсу). Максимальна кількість балів, яку може отримати студент під час поточного оцінювання за семестр – 40 балів. Підсумковий модульний контроль за семестр включає в себе оцінки за всі модульні контрольні роботи, тестові завдання і складає 60 балів.

Якщо за результатами семестру накопичено не менше 75 балів і студент погоджується із цим результатом, то оцінка за семестр може виставлятися без складання іспиту. В іншому випадку студент складає іспит; максимальна кількість балів, яку можна отримати на іспиті – 60 балів при цьому бали за підсумковий модульний контроль анулюються.

Екзамен проходить в усній формі. Оцінка за семестр у випадку складання іспиту є сумою балів поточного контролю та балів, отриманих під час іспиту.

В межах вивчення даної дисципліни є можливість пройти та отримати сертифікат курсу Cisco.

Питання, які виносяться на іспит.

1. У чому полягають основні способи досягнення паралелізму?
2. Як визначається модель «операція - операнди»?
3. Як формулюється закон Амдаля? Який аспект паралельних обчислень дозволяє врахувати цей закон?
4. Які основні етапи проектування та розробки методів паралельних обчислень?
5. Які класи систем відомі для мультикомп'ютерів?
6. Як визначаються поняття прискорення і ефективності?
7. Як визначається функція ізоефективності?
8. У чому полягають основні дії на етапі масштабування наявного набору підзадач?
9. Наведіть приклади lock-free структур даних.
10. Для чого використовують метод detach() для потоків?
11. У чому можуть полягати відмінності паралельних обчислювальних систем?
12. Як визначається розклад для розподілу обчислень між процесорами?
13. Які припущення використовуються для обґрунтування закону Густавсона-Барсіса?
14. Як визначається модель «підзадачі-повідомлення»?
15. У чому полягають позитивні і негативні сторони кластерних систем?
16. Чи можливе досягнення надлінійного прискорення?
17. Який алгоритм є масштабованим? Наведіть приклади методів з різним рівнем масштабованості.
18. Які основні характеристики мереж передачі даних?
19. Робота потоків у фоновому режимі. Що це?
20. Управління завданнями в пулі потоків.
21. Що покладено в основу класифікації Флінна?
22. Як визначається час виконання паралельного алгоритму?
23. Як визначається функція ізоефективності?
24. Як визначається модель «процеси-канали»?
25. Які топології мереж передачі даних найбільш широко використовуються при побудові багатопроесорних систем?
26. У чому полягає суперечливість показників прискорення і ефективності?
27. Як формулюється закон Амдаля? Який аспект паралельних обчислень дозволяє врахувати цей закон?
28. Які основні етапи проектування та розробки методів паралельних обчислень?
29. Опрацювання залежностей завдань в пулі потоків.
30. Lock-based паралельні структури даних.
31. У чому полягає принцип поділу багатопроесорних систем на мультипроцесори і мультикомп'ютери?
32. Як визначити мінімально можливий час вирішення завдання?
33. Який алгоритм є масштабованим? Наведіть приклади методів з різним рівнем масштабованості.
34. Які основні вимоги повинні бути забезпечені при розробці паралельних алгоритмів?
35. У чому полягають особливості мереж передачі даних для кластерів?
36. Як визначається поняття вартості обчислень?
37. Як визначається модель «підзадачі-повідомлення»?
38. Атомарні операції.
39. Операції синхронізації, типи і характеристики.
40. Які класи систем відомі для мультипроцесорів?

41. Що розуміється під паракомп'ютером і для чого може виявитися корисним дане поняття?
42. У чому полягають основні дії на етапі виділення підзадач?
43. Які основні характеристики мереж передачі даних?
44. У чому полягає поняття вартісно-оптимального алгоритму?
45. Як визначається функція ізоефективності?
46. Як визначається модель «процеси-канали»?
47. Атомарні типи.
48. Передача аргументів до функції потоку.
49. У чому полягають позитивні і негативні сторони симетричних мультипроцесорів?
50. Які залежності можуть бути отримані для часу паралельного рішення задачі при збільшенні або зменшенні кількості використовуваних процесорів?
51. Які основні дії на етапі визначення інформаційних залежностей?
52. Які системні платформи можуть бути використані для побудови кластерів?
53. У чому полягає проблема розпаралелювання послідовного алгоритму підсумовування числових значень?
54. Який алгоритм є масштабованим? Наведіть приклади методів з різним рівнем масштабованості.
55. Які основні вимоги повинні бути забезпечені при розробці паралельних алгоритмів?

VI. Шкала оцінювання

Шкала оцінювання (національна та ECTS)

Оцінка в балах за всі види навчальної діяльності	Оцінка
90 – 100	Відмінно
82 – 89	Дуже добре
75 - 81	Добре
67 -74	Задовільно
60 - 66	Достатньо
1 – 59	Незадовільно

VI. Рекомендована література та інтернет-ресурси

1. Паралельні та розподілені обчислення: навчальний посібник для вищих закладів освіти / К.Т. Кузьма, О.В. Мельник. – Миколаїв: ФОП Швець В.М., 2020. – 172 с.

2. Минайленко Р.М Паралельні та розподілені обчислення М-во освіти і науки України, Центральноукраїн. нац. техн. ун-т. - Кропивницький : ЦНТУ, 2021. - 153 с.

Додаткова література:

1. Черняшук Н., Матвійчук А., Остапук Д., Шелепіна О., Бондарчук В. (2023). МЕТОДИ ПОБУДОВИ МЕРЕЖЕВИХ КОМУТАТОРІВ З ПІДТРИМКОЮ ТЕХНОЛОГІЙ GERON ТА LTE. КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНІ ТЕХНОЛОГІЇ: ОСВІТА, НАУКА, ВИРОБНИЦТВО, (53), 125-131.

2. Cherniashchuk, N., Kostiuchko, S. Detection of attacks based on compromise marks Proceedings of the 2022 IEEE 12th International Conference on Dependable Systems, Services and Technologies, DESSERT 2022, 2022.

3. Костючко С., Черняшук Н., Поліщук М., Кирилюк Л., Сахнюк А. Застосування систем виявлення вторгнень. Технічні вісті. 1(51), 2 (52). Львів, 2020. С. 81-82.

4. Черняшук Н., Луцюк А., Семененко А., Міщенко Т., Ніколаєва В. (2023). ТОПОЛОГІЧНА ОПТИМІЗАЦІЯ КОМП'ЮТЕРНИХ МЕРЕЖ РОБОТИЗОВАНИХ СИСТЕМ. КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНІ ТЕХНОЛОГІЇ: ОСВІТА, НАУКА, ВИРОБНИЦТВО, (53), 147-156.

5. Костючко С., Кирилюк Л., Черняшук Н., Бортник К., Гринюк С.. Бездротова точка доступу з багаторівневим алгоритмом захисту даних (Англійською мовою). КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНІ ТЕХНОЛОГІЇ: ОСВІТА, НАУКА, ВИРОБНИЦТВО, (42), Луцьк, 2021. С. 128-139. <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2021-42>.
6. Бортник К.Я., Делявський М.В., Кузьмич О.І., Багнюк Н.В., Черняшук Н.Л. Основні загрози безпеці інформаційних систем. // Науковий журнал «Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво». Луцьк: Видавництво ЛНТУ. Вип. 40. 2020. С. 137-142.
7. Черняшук Н., Бортник К., Тищук М., Гнітецький В. (2023). МЕТОДИ КЛАСИФІКАЦІЇ АТРИБУТІВ ЯКОСТІ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ ТА МЕРЕЖ. КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНІ ТЕХНОЛОГІЇ: ОСВІТА, НАУКА, ВИРОБНИЦТВО, (53), 127-136.
8. Глинчук Л.Я., Яцюк С.М., Кузьмич О.І., Багнюк Н.В., Черняшук Н.Л. Аналіз вимог та методологія підбору тем для вивчення основ криптографічного захисту інформації. // Науковий журнал «Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво». Луцьк: Видавництво ЛНТУ. Вип. 40. 2020. С. 16-22.
9. Черняшук Н., Семенюк В., Схабовський М., Токар О., Оверчук Н. (2023). РОЗПАРАЛЕЛЕННЯ ЗГОРТКОВИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ. КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНІ ТЕХНОЛОГІЇ: ОСВІТА, НАУКА, ВИРОБНИЦТВО, (53), 167-176.
10. Мельник, В., Каганюк О., Козленко, М., Черняшук, Н., & Щерблюк, А. (2020). Залежність інтенсивності обробки даних в кластері від продуктивності сокетів без врахування гетерогенності. КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНІ ТЕХНОЛОГІЇ: ОСВІТА, НАУКА, ВИРОБНИЦТВО, (40), 128-139. <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2020-40-20>
11. N. Cherniashchuk, Koval Ihor, Haiduchyk Maksym, Kushko Ivan. (2023). INTELLECTUAL ANALYSIS OF LARGE DATA STORES. КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНІ ТЕХНОЛОГІЇ: ОСВІТА, НАУКА, ВИРОБНИЦТВО, (53), 120-129.
12. Черняшук Н., Бортник К., Франчук Д., Осовська І., Метелюк С. (2023). МЕТОДИ ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ЛЮДИННО-МАШИННОЇ ВЗАЄМОДІЇ. КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНІ ТЕХНОЛОГІЇ: ОСВІТА, НАУКА, ВИРОБНИЦТВО, (53), 127-136.