

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Львівський національний університет імені Івана Франка**  
**Факультет прикладної математики та інформатики**  
**Кафедра інформаційних систем**

**Затверджено**

На засіданні  
кафедри інформаційних систем  
факультету прикладної математики та  
інформатики  
Львівського національного університету  
імені Івана Франка  
(протокол № \_\_\_\_\_ від \_\_\_\_\_ 2021 р.)

Завідувач кафедри Шинкаренко Г. А..

---

**Силабус з навчальної дисципліни**  
**“Паралельні обчислення та засоби їх реалізації”,**  
**що викладається в межах ОПП Інформаційні технології**  
**першого (бакалаврського) рівня вищої освіти для здобувачів з**  
**спеціальності 122 – комп’ютерні науки**

Львів 2021 р.

<b>Назва дисципліни</b>	Паралельні обчислення та засоби їх реалізації
<b>Адреса викладання дисципліни</b>	Головний корпус ЛНУ ім. І. Франка м. Львів, вул. Університетська 1
<b>Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна</b>	Факультет прикладної математики та інформатики Кафедра інформаційних систем
<b>Галузь знань, шифр та назва спеціальності</b>	12 – інформаційні технології 122 – комп'ютерні науки
<b>Викладачі дисципліни</b>	Яджак Михайло Степанович, професор кафедри інформаційних систем
<b>Контактна інформація викладачів</b>	<a href="mailto:mykhailo.yadzhak@lnu.edu.ua">mykhailo.yadzhak@lnu.edu.ua</a> ; <a href="mailto:yadzhak_ms@ukr.net">yadzhak_ms@ukr.net</a> . Головний корпус ЛНУ ім. І. Франка, каб. м. Львів, вул. Університетська, 1
<b>Консультації з питань навчання по дисципліні відбуваються</b>	Консультації в день проведення лекцій/практичних занять (за попередньою домовленістю).
<b>Сторінка курсу</b>	
<b>Інформація про дисципліну</b>	Дисципліна “Паралельні обчислення та засоби їх реалізації” є вибірковою дисципліною з спеціальності 122 – комп'ютерні науки для освітньої програми Інформаційні технології, яка викладається в 7-му семестрі в обсязі 4-ох кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS).
<b>Коротка анотація дисципліни</b>	Навчальну дисципліну розроблено таким чином, щоб ознайомити студентів з основами теорії паралельних обчислень, необхідними для розробки та ефективної реалізації паралельних алгоритмів з використанням сучасних апаратних та програмних засобів. Тому в дисципліні подано як архітектурні особливості сучасних паралельних систем, так і основні підходи до побудови паралельних алгоритмів для реалізації на цих системах. Значна частина курсу присвячена практичному застосуванню методів розпаралелювання обчислень та оцінюванню паралельних алгоритмів.
<b>Мета та цілі дисципліни</b>	Метою вивчення вибіркової дисципліни “Паралельні обчислення та засоби їх реалізації” є одержання студентами знань і навичок, які потрібні для організації та реалізації паралельних обчислень під час розв'язання алгоритмічно складних задач на сучасних обчислювальних засобах – багатоядерних комп'ютерах і кластерних системах.
<b>Література для вивчення дисципліни</b>	1. Вальковский В.А. Распараллеливание алгоритмов и программ. Структурный подход. – М.: Радио и связь, 1989. – 176 с. 2. Воеводин В.В., Воеводин Вл.В. Параллельные вычисления. – СПб: БХВ-Петербург, 2002. – 608 с. 3. Дорошенко А.Ю. Лекції з паралельних обчислювальних систем. Методичний посібник. – Київ: Видавничий дім «КМ Академія», 2003. – 42 с. 4. Жуков І.А., Курочкін О.В. Паралельні та розподілені обчислення. Навч. посіб. – К.: «Корнійчук», 2005. – 226 с.

	<ol style="list-style-type: none"> <li>5. Каляев И.А., Левин И.И., Семерников Е.А., Шмойлов В.И. Реконфигурируемые мультиконвейерные вычислительные структуры. - Ростов н/Д: Изд-во ЮНЦ РАН, 2008. – 320 с.</li> <li>6. Ортега Дж. Введение в параллельные и векторные методы решения линейных систем. – М.: Мир, 1991. – 367 с.</li> <li>7. Ремонтов А.П., Писарев А.П. Вычислительные машины и системы. Учебное пособие. – Пенза: Пензенский государственный университет, 2006. – 96 с.</li> <li>8. Штейнберг Б.Я. Математические методы распараллеливания рекуррентных циклов для суперкомпьютеров с параллельной памятью. – Ростов н/Д: Изд-во Рост. ун-та, 2004. – 192 с.</li> <li>9. Рейтинговий список найпотужніших обчислювальних систем світу. – Режим доступу: <a href="http://www.top500.org">www.top500.org</a> .</li> <li>10. Сайт з паралельних обчислень. – Режим доступу: <a href="http://www.parallel.ru">www.parallel.ru</a> .</li> <li>11. <a href="http://eprints.library.odeku.edu.ua/695/1/RolshchikovVB_Distributed_Systems_Technology_And_Parallel_Computing_Module_1_KL_2018.pdf">http://eprints.library.odeku.edu.ua/695/1/RolshchikovVB_Distributed_Systems_Technology_And_Parallel_Computing_Module_1_KL_2018.pdf</a> .</li> </ol>
<b>Обсяг курсу</b>	Загальний обсяг: 120 годин. Аудиторних занять: 64 год., з них 32 год. лекцій та 32 години практичних робіт. Самостійної роботи: 56 год.
<b>Очікувані результати навчання</b>	<p>Після завершення цього курсу студент буде знати:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- підходи до побудови ярусно-паралельної форми алгоритму обчислень;</li> <li>- принципи конвеєризації обчислень;</li> <li>- рівні розпаралелювання обчислень;</li> <li>- проблему розпаралелювання циклів;</li> <li>- методи паралеліпедів, гіперплощин та пірамід для розпаралелювання циклів;</li> <li>- основні типи сучасних паралельних обчислювальних систем;</li> <li>- класифікації паралельних обчислювальних систем (за Флінном, за Хокні, класифікацію суперкомп'ютерів, V-класифікацію);</li> <li>- нетрадиційні підходи до розробки паралельних обчислювальних систем;</li> <li>- підходи до оцінювання асимптотичної продуктивності паралельних систем;</li> <li>- компоненти комунікаційного середовища паралельних обчислювальних систем;</li> <li>- програмні засоби реалізації паралельних алгоритмів обчислень;</li> <li>- паралельні алгоритми обчислення рекурсії, розв'язання різних варіантів задач цифрової фільтрації даних;</li> </ul> <p>вміти:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- будувати ярусно-паралельну форму алгоритму обчислень;</li> <li>- розпаралелювати циклічні фрагменти алгоритмів і програм;</li> <li>- будувати паралельні алгоритми розв'язання деякої задачі;</li> <li>- реалізувати паралельний алгоритм на доступних високопродуктивних обчислювальних системах;</li> <li>- оцінювати прискорення та ефективність паралельного алгоритму обчислень.</li> </ul>
<b>Ключові слова</b>	Паралельний алгоритм, прискорення алгоритму, паралельна обчислювальна система, конвеєризація, продуктивність, комунікаційне середовище, класифікація обчислювальних систем.
<b>Формат курсу</b>	Очний, дистанційний. Проведення лекцій, практичних робіт і консультацій.

<b>Теми</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Вступ до паралельних обчислень. Поняття паралельних обчислень. Шляхи підвищення швидкодії ЕОМ. Области застосування та задачі паралельних обчислень.</li> <li>2. Рівні розпаралелювання.</li> <li>3. Засоби реалізації паралельних обчислень. Конвеєризація та паралелізм. Векторизація обчислень. Основні напрямки розвитку паралельних систем.</li> <li>4. Структура сучасних векторноконвеєрних систем, SMP-систем та систем масового паралелізму (MPP-систем). Кластерні системи.</li> <li>5. Класифікація паралельних обчислювальних систем (за Фліном, за Хокні, класифікація суперкомп'ютерів, V-класифікація).</li> <li>6. Асимптотична продуктивність векторноконвеєрних, векторнопаралельних та багатопроцесорних систем. Довжина напівпродуктивності. Реальна продуктивність паралельних систем.</li> <li>7. Компоненти комунікаційного середовища паралельної обчислювальної системи. Мережеві адаптери. Комунікаційна мережа. Мережеві комунікатори. Топології комунікаційних мереж.</li> <li>8. Моделі послідовних та паралельних обчислень. Прискорення та ефективність паралельного алгоритму. «Парадокс» паралелізму.</li> <li>9. Статичне та динамічне розпаралелювання послідовних програм та алгоритмів.</li> <li>10. Етапи розпаралелювання ациклічних ділянок. Граф алгоритму. Ярусно-паралельна форма алгоритму. Оцінка прискорення обчислень.</li> <li>11. Конвеєризація обчислень. Оцінка прискорення.</li> <li>12. Формулювання проблеми розпаралелювання циклів. Простір ітерацій циклу. Залежності між ітераціями циклу (інформаційна, конкурентна, логічна).</li> <li>13. Методи паралелепіпедів та гіперплощин для розпаралелювання циклів.</li> <li>14. Метод пірамід та його недоліки.</li> <li>15. Паралельні алгоритми обчислення рекурсії та розв'язання варіантів задачі цифрової фільтрації даних.</li> </ol>
<b>Підсумковий контроль, форма</b>	Залік у кінці семестру.
<b>Пререквізити</b>	<p>Для вивчення курсу студенти потребують базових знань з</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- чисельних методів;</li> <li>- програмування;</li> <li>- теорії графів;</li> <li>- дискретної математики,</li> </ul> <p>достатніх для сприйняття категоріального апарату теорії паралельних обчислень.</p>
<b>Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу</b>	Презентації, лекції. Індивідуальні завдання.
<b>Необхідне обладнання</b>	Багатоядерний комп'ютер із програмним забезпеченням Visual Studio 2017/2019.
<b>Критерії оцінювання (окремо для кож-</b>	<p>Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою.</p> <p>Оцінювання знань студентів проводиться протягом семестру за такими видами робіт:</p>

<p><b>ного виду навчальної діяльності)</b></p>	<p>індивідуальні завдання (20 % семестрової оцінки, максимальна кількість балів 20);          контрольні роботи (50 % семестрової оцінки, максимальна кількість балів 50);          опитування на практичних заняттях (30 % семестрової оцінки, максимальна кількість балів 30).          Загалом протягом семестру 100 балів.  <b>Письмові роботи:</b> Очікується, що студенти виконають три письмові роботи (одне індивідуальне завдання та дві контрольні роботи).  <b>Академічна доброчесність:</b> Очікується, що роботи студентів будуть їх оригінальними дослідженнями чи міркуваннями. Відсутність посилань на використані джерела, фабрикування джерел, списування, втручання в роботу інших студентів становлять, але не обмежують, приклади можливої академічної недоброчесності. Виявлення ознак академічної недоброчесності в письмовій роботі студента є підставою для її незарахування викладачем, незалежно від масштабів плагіату чи обману.  <b>Відвідання занять</b> є важливою складовою навчання. Очікується, що всі студенти відвідають усі лекції та практичні заняття курсу. Студенти повинні інформувати викладача про неможливість відвідати заняття. У будь-якому випадку студенти зобов'язані дотримуватися термінів, визначених для виконання всіх видів письмових робіт та індивідуальних завдань, передбачених курсом.  <b>Література.</b> Уся література, яку студенти не зможуть знайти самостійно, буде надана викладачем виключно в освітніх цілях без права її передачі третім особам. Студенти заохочуються до використання також й іншої літератури та джерел, яких немає серед рекомендованих.  <b>Політика виставлення балів.</b> Враховуються бали набрані при поточному тестуванні, самостійній роботі та бали підсумкового тестування. При цьому обов'язково враховуються присутність на заняттях та активність студента під час практичного заняття; недопустимість пропусків та запізнь на заняття, користування мобільним телефоном, планшетом чи іншими мобільними пристроями під час заняття в цілях, не пов'язаних з навчанням; списування та плагіат; несвоєчасне виконання поставленого завдання і т. ін. Жодні форми порушення академічної доброчесності не толеруються.</p>
<p><b>Питання до заліку чи екзамену.</b></p>	<p>Поняття паралельних обчислень.          Області застосування та задачі паралельних обчислень.          Рівні розпаралелювання.          Засоби реалізації паралельних обчислень.          Конвеєризація обчислень. Зачеплення конвеєрів операцій.          Векторизація обчислень.          Класифікації паралельних обчислювальних систем (за Фліном, за Хокні, класифікація суперкомп'ютерів, V-класифікація).          Продуктивність паралельних обчислювальних систем.          Довжина напівпродуктивності.          Гіпотеза Мінського.          Реальна продуктивність паралельних систем. Тест Linpack.          Паралельні обчислювальні системи нетрадиційної архітектури.          Характерні особливості векторноконвеєрних систем.          Характерні особливості векторнопаралельних систем.          Компоненти комунікаційного середовища обчислювальної системи.          Топології комунікаційних мереж.          Моделі послідовних та паралельних обчислень.          Прискорення та ефективність паралельного алгоритму.          «Парадокс» паралелізму.</p>

	<p>Поняття графа алгоритму та ярусно-паралельної форми алгоритму.</p> <p>Основні методи розпаралелювання циклів (методи гіперплощин, паралелепіпедів, пірамід).</p> <p>Паралельні алгоритми розв'язання задачі цифрової фільтрації.</p> <p>Паралельні алгоритми обчислення рекурсії.</p>
<b>Опитування</b>	<p>Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.</p>