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

Затверджено
на засіданні
кафедри обчислювальної математики
факультету прикладної математики та інформатики
Львівського національного університету імені Івана Франка
(протокол № _1_ від _29 серпня_ 2023 р.)

Завідувач кафедри

Роман ХАПКО

Силабус з навчальної дисципліни «Чисельні методи лінійної алгебри», що викладається в межах ОПП Прикладна математика першого (бакалаврського) рівня вищої освіти для здобувачів зі спеціальності 113 Прикладна математика

Львів 2023 р.

Назва дисципліни	Чисельні методи лінійної алгебри
Адреса викладання дисципліни	Головний корпус ЛНУ ім. І. Франка м. Львів, вул. Університетська 1
Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна	Факультет прикладної математики та інформатики Кафедра обчислювальної математики
Галузь знань, шифр та назва спеціальності	11 Математика та статистика 113 Прикладна математика
Викладачі дисципліни	Ярмола Галина Петрівна, доцент кафедри обчислювальної математики, Бешлей Андрій Володимирович, асистент кафедри обчислювальної математики, Власюк Марія Володимирівна, асистент кафедри обчислювальної математики
Контактна інформація викладачів	halyna.yarmola@lnu.edu.ua; https://ami.lnu.edu.ua/employee/yarmola; andriy.beshley@lnu.edu.ua; http://ami.lnu.edu.ua/employee/beshley; mariia.vlasiuk@lnu.edu.ua; https://ami.lnu.edu.ua/employee/vlasiuk-m-v Головний корпус ЛНУ ім. І. Франка, каб. 262. м. Львів, вул. Університетська, 1
Консультації з питань навчання по дисципліні відбуваються	Консультації в день проведення лекцій/лабораторних занять (за попередньою домовленістю).
Сторінка курсу	http://ami.lnu.edu.ua/course/computational-methods-of-linear-algebra-applied-mathematics-system-analysis
Інформація про дисципліну	Дисципліна «Чисельні методи лінійної алгебри» є нормативною дисципліною з спеціальності 113 – прикладна математика для освітньої програми Прикладна математика, яка викладається в 4-му семестрі (5 кредитів ECTS).
Коротка анотація дисципліни	Курс розроблено таким чином, щоб ознайомити студентів з підходами до побудови чисельних методів для розв'язування задач лінійної алгебри, аналізом їх збіжності та похибки та роз'яснити нюанси реалізації алгоритмів розглянутих методів.
Мета та цілі дисципліни	Метою вивчення нормативної дисципліни «Чисельні методи лінійної алгебри» є освоєння студентами основ побудови, аналізу і застосування чисельних методів для розв'язування задач лінійної алгебри та принципів їх програмної реалізації.
Література для вивчення дисципліни	1. Kress R. Numerical analysis. – New York: Springer, 1998. 2. Quarteroni A., Sacco R., Saleri F. Numerical Mathematics. – New York, Springer-Verlag, 2000. 3. Sauer T. Numerical Analysis. Pearson, 2012. – 622p.

	4. Костюшко І.А., Любашенк, Н.Д., Третиник В. В. Методи обчислень: підручник. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2021. – 243 с. 5. Шахно С.М. Чисельні методи лінійної алгебри. Львів, 2007. – 248 с. 6. Шахно С.М., Дудикевич А.Т., Левицька С.М. Практикум з чисельних методів. Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2013. – 434 с.
Обсяг курсу	Загальний обсяг: 150 годин (аудиторних занять: 64 год., з них 32 год. лекцій та 32 год. лабораторних робіт; самостійної роботи: 86 год).
Очікувані результати навчання	Після завершення цього курсу студент буде : Знати: – основи теорії похибок; – прямі та ітераційні методи розв'язування систем лінійних алгебричних рівнянь; – методи розв'язування задач на власні значення; – методи розв'язування систем лінійних алгебричних рівнянь великої розмірності. Вміти: – застосувати вивчені методи для розв'язування конкретних задач; – реалізовувати (програмно) алгоритми вивчених методів. Курс забезпечує набуття таких компетентностей та програмних результатів навчання: **Загальні компетентності:** ЗК08. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності. **Спеціальні компетентності:** ФК01. Здатність використовувати й адаптувати математичні теорії, методи та прийоми для доведення математичних тверджень і теорем. ФК02. Здатність виконувати завдання, сформульовані у математичній формі. ФК03. Здатність обирати та застосовувати математичні методи для розв'язання прикладних задач, моделювання, аналізу, проектування, керування, прогнозування, прийняття рішень. **Програмні результатів навчання:** РН01. Демонструвати знання й розуміння основних концепцій, принципів, теорій прикладної математики і використовувати їх на практиці. РН02. Володіти основними положеннями та методами математичного, комплексного та функціонального аналізу, лінійної алгебри та теорії чисел, аналітичної геометрії, теорії диференціальних рівнянь, зокрема рівнянь у частинних похідних, теорії ймовірностей, математичної статистики та випадкових процесів, чисельними методами. РН03. Формалізувати задачі, сформульовані мовою певної предметної галузі; формулювати їх математичну постановку та обирати раціональний метод вирішення; розв'язувати отримані задачі аналітичними та чисельними методами, оцінювати точність та достовірність отриманих результатів. РН05. Уміти розробляти та використовувати на практиці алгоритми, пов'язані з апроксимацією функціональних залежностей, чисельним диференціюванням та інтегруванням, розв'язанням систем алгебраїчних, диференціальних та інтегральних рівнянь, розв'язанням крайових задач,

<table>
<tr><td></td><td>пошуком оптимальних рішень.
РН09. Будувати ефективні щодо точності обчислень, стійкості, швидкодії та витрат системних ресурсів алгоритми для чисельного дослідження математичних моделей та розв’язання практичних задач.</td></tr>
<tr><td>Ключові слова</td><td>Абсолютна та відносна похибка, система лінійних алгебричних рівнянь, прямі та ітераційні методи, метод Гауса, прогонки, розклад матриці, метод простих ітерацій, Якобі, Зейделя, стрічковий метод, профільний метод, розріджена матриця, РМ-алгоритм, SP-алгоритм, метод поворотів Якобі, матриця Хессенберга.</td></tr>
<tr><td>Формат курсу</td><td>Очний.</td></tr>
<tr><td>Теми</td><td>Подано нижче у таблиці Схема курсу «Чисельні методи лінійної алгебри»</td></tr>
<tr><td>Підсумковий контроль, форма</td><td>Екзамен.</td></tr>
<tr><td>Пререквізити</td><td>Для вивчення курсу студенти потребують базових знань з
- Математичного аналізу;
- Алгебри;
- Функціонального аналізу;
- Програмування.</td></tr>
<tr><td>Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу</td><td>Презентації, лекції (лекція-розповідь, лекція-бесіда).
Індивідуальні завдання.</td></tr>
<tr><td>Необхідне обладнання</td><td>Комп’ютер із програмним забезпеченням Visual Studio, доступ до Internet мережі.</td></tr>
<tr><td>Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)</td><td>Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою.
<table>
<tr><th colspan="2" rowspan="2">Оцінка за шкалою ECTS</th><th rowspan="2">Оцінка в балах</th><th colspan="3">Оцінка за національною шкалою</th></tr>
<tr><th colspan="2">Екзамен, диференційований залік</th><th>залік</th></tr>
<tr><td>A</td><td>Відмінно</td><td>100 - 90</td><td>Відмінно</td><td>5</td><td rowspan="5">зараховано</td></tr>
<tr><td>B</td><td>Дуже добре</td><td>81- 89</td><td rowspan="2">Добре</td><td rowspan="2">4</td></tr>
<tr><td>C</td><td>Добре</td><td>71 -80</td></tr>
<tr><td>D</td><td>Задовільно</td><td>61 - 70</td><td rowspan="2">Задовільно</td><td rowspan="2">3</td></tr>
<tr><td>E</td><td>Достатньо</td><td>51- 60</td></tr>
<tr><td>FX (F)</td><td>Незадовільно</td><td>0 - 50</td><td>Незадовільно</td><td>2</td><td>не зараховано</td></tr>
</table>
Впродовж семестру студент може отримати 100 балів. З них:
- за виконання завдань: максимальна кількість – 30 балів (1 к.р. – 5б., 5 програм (індивідуальні завдання) по 5 балів); 30% семестрової оцінки
- колоквіум: максимальна кількість – 20 балів (4 теоретичних/практичних</td></tr>
</table>

завдань по 5б); 20% семестрової оцінки.
Підсумкове оцінювання проводиться у вигляді письмового екзамену (50 балів: 20 тестових завдань по 1б. та 3 теоретичні/практичні завдання по 10б.); 50% семестрової оцінки.

Критерії оцінювання контрольної роботи №1 (завдання містить 3 задачі: 2 – по 1 б та 1 – на 3б.)**:**

задачі по 1б.

1б. – задача розв'язана правильно;

0.5б. – задача розв'язана частково або з незначними помилками;

0б. – задача розв'язана неправильно;

задачі по 3б.

3б. – задача розв'язана правильно;

2б. – задача розв'язана з незначними помилками на кінцевому етапі;

1б. – задача розв'язана частково або з помилками;

0б. – задача розв'язана неправильно;

Критерії оцінювання завдань №2-6:

№ 2-6 (5балів)	**Критерії оцінювання**
5балів	студент повністю виконав умови завдання, алгоритм реалізовано правильно, відповідає на всі запитання, пов'язані з тематикою завдання, проводить чіткий аналіз та порівняння отриманих результатів;
4 бали	студент повністю виконав умови завдання, на деякі запитання, алгоритм реалізовано правильно, пов'язані з тематикою завдання, відповідає з незначними неточностями, проводить аналіз отриманих результатів з незначними неточностями;
3 бали	студент виконав завдання з незначними помилками, але самостійно їх виправляє, якщо на них вкаже викладач, на деякі запитання, пов'язані з тематикою завдання, відповідає з неточностями, проводить аналіз отриманих результатів з неточностями;
2 бали	студент виконав завдання частково, алгоритм реалізовано з помилками, які частково може виправити, якщо на них вкаже викладач, на запитання відповідає з помилками, проводить аналіз отриманих результатів з помилками;
1 бал	студент виконав завдання частково або з грубими помилками, які самостійно не може виправити, переважно не відповідає на запитання;
0 балів	студент не виконав завдання.

Критерії оцінювання тестових завдань:

1 бал: відповідь на завдання правильна;

0 балів: відповідь на завдання неправильна.

Колоквіум (5балів)	**Екзамен (10балів)**	**Критерії оцінювання**
5 балів	**10 балів**	студент правильно виконав практичне

		завдання; вільно володіє навчальним матеріалом, чітко розкриває зміст теоретичних питань;
4 бали	**7-9 балів**	студент виконав завдання з незначними помилками (на кінцевому етапі), але алгоритм розв'язування знає і вміє його застосовувати; добре володіє навчальним матеріалом, розкриває повністю зміст теоретичних питань з незначними неточностями;
3 бали	**4-6 балів**	студент виконав завдання з помилками, алгоритм виконання, в основному, знає; володіє навчальним матеріалом на достатньому рівні, розкриває зміст теоретичних питань невичерпно та з неточностями, виникають труднощі під час аналізу матеріалу;
1-2 бали	**1-3 бали**	студент виконав лише частину завдання або повністю, але зі значними помилками; частково знає теоретичний матеріал (основні поняття, твердження, нескладні алгоритми), розкриває зміст питань зі значними помилками;
0 балів		студент не володіє навчальним матеріалом і не виконав завдання.

Підсумкова максимальна кількість балів 100.
Додаткові бали (5б.) можна отримати за активну роботу на лабораторних заняттях (розв'язування вправ біля дошки).

Академічна доброчесність: 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.
Відвідання занять є важливою складовою навчання. Очікується, що всі студенти відвідають усі лекції та лабораторні зайняття 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.
Література. 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. **Політика виставлення балів.** Враховуються бали набрані за контрольну роботу, програми, колоквіум та бали підсумкового тестування (екзамен). При цьому обов'язково враховуються присутність на заняттях та активність студента під час лабораторного заняття; недопустимість пропусків та запізнень 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.
Питання до екзамену.	**Теоретичні питання** 1. Врахування похибок наближених обчислень. Класифікація похибок. 2. Абсолютна та відносна похибки. Точні десяткові знаки. 3. Похибка функції. Похибки математичних операцій. 4. Методи розв'язування систем лінійних алгебраїчних рівнянь. Класифікація методів . 5. Метод Гауса з постовпцевим вибором головного елемента. Алгоритм методу. 6. Особливості реалізації алгоритму методу Гауса. Застосування методу Гауса до обчислення визначників і до обертання матриць. 7. LU-розклад матриць. Теорема про LU-розклад матриць. 8. Виведення формул LU-розкладу. 9. Розв'язування лінійних систем з допомогою LU-розкладу. 10. Розклад симетричних матриць. Метод квадратних коренів. 11. Метод лівої, правої, зустрічної, матричної прогонки розв'язування СЛАР з тридіагональною матрицею. Стійкість методу прогонки. 12. Норми та обумовленість матриць систем лінійних алгебраїчних рівнянь Оцінка похибки (випадки $\tilde{A}\tilde{x} = b,\ A\tilde{x} = \tilde{b}$). 13. Повна оцінка відносної похибки при розв'язуванні систем лінійних алгебраїчних рівнянь.. 14. Метод ортогоналізації. Метод поворотів розв'язування лінійних систем. Метод відбиттів. 15. Ітераційні методи розв'язування лінійних алгебраїчних систем і обертання матриць. Метод простих ітерацій. Збіжність методу. 16. Метод Якобі та його збіжність. 17. Метод Зейделя та його збіжність. 18. Метод релаксації і його збіжність. 19. Ітераційні методи варіаційного типу для розв'язування СЛАР, оцінки похибок: метод мінімальних відхилів, метод мінімальних поправок, метод спряжених градієнтів. 20. Вплив похибок заокруглення в ітераційних методах 21. Методи розв'язування алгебраїчних проблем власних значень. Власні пари матриці і їх найпростіші властивості. Локалізація власних значень. 22. Метод степенів. РМ-алгоритм. Метод скалярних добутків. SP-алгоритм. 23. Знаходження найменшого за модулем власного числа та відповідного йому власного вектора. 24. Уточнення власного значення за відомого початкового наближення. 25. Метод поворотів Якобі та LU-розклад для розв'язування повної задачі

	на власні значення. 26. Узагальнена задача на власні значення. 27. СЛАР з розрідженими матрицями. **Практичні завдання.** Абсолютна та відносна похибки числа. Точні десяткові знаки. Похибка функції. Норми векторів та матриць, число обумовленості матриці. Знаходження LU-розкладу та U^TU-розкладу матриці та їх застосування для розв'язування СЛАР та обчислення визначників. Метод Гауса. Ітераційні методи простих ітерацій, Якобі та Зейделя, умови їх збіжності. Власні пари матриць. Степеневий метод та метод скалярних добутків знаходження власних пар. LU-розклад для несиметричних матриць. Обчислення кількості операцій при обчисленнях. СЛАР з розрідженими матрицями.
Опитування	Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.

Схема курсу «Чисельні методи лінійної алгебри»

Тиж-день	Тема, план, короткі тези	Форма діяльності (заняття)	Література. Ресурси в інтернеті	Завдання, год.	Термін виконання
1	**Тема 1.** Вступ до навчальної дисципліни «Чисельні методи лінійної алгебри». Системи лінійних алгебричних рівнянь (СЛАР) та суміжні задачі. Класифікація методів для розв'язування СЛАР та їх характеристика. Метод Гауса для розв'язування СЛАР. Алгоритм методу.	лекція (2 год.)	[1, 2, 5]	Опрацювання лекційного матеріалу (3 год.)	1 тиждень
	Врахування похибок наближених обчислень. Абсоютна та відносна похибка числа. Точні десяткові знаки. Похибка функції багатьох змінних. Похибка математичних операцій.	лабораторне заняття (2 год.)	[4,6]	Розв'язування задач (3 год.)	1 тиждень
2	**Тема 2.** Метод Гауса та його модифікації. Метод Гауса з постовпцевим вибором головного елемента. Застосування методу Гауса до обчислення визначників і до обертання матриць. Алгоритм методу.	лекція (2 год.)	[1, 2, 5]	Опрацювання лекційного матеріалу (3год.)	1 тиждень
	Метод Гауса та його модифікації (розв'язування СЛАР, обчислення визначника та оберненої матриці). *(Індивідуальне завдання №1. Реалізувати метод Гауса з постовпцевим вибором головного елемента для розв'язування СЛАР, обчислення визначника матриці та оберненої матриці).*	лабораторне заняття (2 год.)	[3, 4, 6]	Виконання завдання № 1 (4год.)	2 тижні
3	**Тема 3.** Розклади матриць (LU, U^TU) та їх застосування для розв'язування СЛАР та обчислення визначників. Алгоритми методів.	лекція (2 год.)	[1, 2, 5]	Опрацювання лекційного матеріалу (3год.)	1 тиждень
	К.р. 1. Похибки. Особливості реалізації методу	лабораторне заняття	[3, 4, 6]		під час заняття

	Гауса.	(2 год.)			
4	**Тема 4.** Розклади матриць (QR) та їх застосування для розв'язування СЛАР. Метод ортогоналізації. Алгоритми методів.	лекція (2 год.)	[1, 2, 5]	Опрацювання лекційного матеріалу (3год.)	1 тиждень
	Розклади матриць (LU) та їх застосування для розв'язування СЛАР та обчислення визначників. *(Індивідуальне завдання №2. Реалізувати* LU, U^TU- *розклад матриці для розв'язування СЛАР та обчислення визначника матриці)* *Здача індивідуального завдання №1.*	лабораторне заняття (2 год.)	[3, 4, 6]	Виконання завдання № 2 (4год.)	1 тиждень 2 тижні під час заняття
5	**Тема 5.** Метод прогонки (ліва, права, зустрічна, матрична) для розв'язування СЛАР з тридіагональними матрицями. Стійкість методу прогонки.	лекція (2 год.)	[2, 5]	Опрацювання лекційного матеріалу (3год.)	1 тиждень
	Розклади матриць (LU U^TU) та їх застосування для розв'язування СЛАР та обчислення визначників.	лабораторне заняття (2 год.)	[3, 4, 6]	Розв'язування задач (3 год.)	1 тиждень
6	**Тема 67.** Зумовленість матриць та оцінка відносної похибки наближеного розв'язку	лекція (2 год.)	[2, 5]	Опрацювання лекційного матеріалу (3год.)	1 тиждень
	Алгоритми для обчислення розкладів матриць *Здача індивідуального завдання №2.*	лабораторне заняття (2 год.)			під час заняття
7	**Тема 7.** Ітераційні методи. Метод простих ітерацій, збіжність методу	лекція (2 год.)	[2, 5]	Опрацювання лекційного матеріалу (3год.)	1 тиждень
	Метод прогонки для розв'язування СЛАР з тридіагональними матрицями. Алгоритм методу. *(Індивідуальне завдання №3. Реалізувати метод прогонки для розв'язування СЛАР)*	лабораторне заняття (2 год.)	[3, 4, 6]	Виконання завдання № 3 (4год.)	2 тижні
8	**Тема 8.** Ітераційні методи	лекція	[1, 2, 5]	Опрацювання	1 тиждень

	Якобі, Зейделя і релаксації. Збіжність методів.	(2 год.)		лекційного матеріалу (3год.)	
	Норми векторів та матриць, число обумовленості матриці. Метод простої ітерації.	лабораторне заняття (2 год.)	[3, 4, 6]	Розв'язування задач (3 год.)	1 тиждень
9	**Тема 9.** Ітераційні методи варіаційного типу: мінімальних нев'язок, мінімальних поправок, спряжених градієнтів.	лекція (2 год.)	[1, 2, 5]	Опрацювання лекційного матеріалу (3год.)	1 тиждень
	Методи Якобі, Зейделя та релаксації. Дослідження збіжності.Особливості реалізації ітераційних методів. *(Індивідуальне завдання №4. Реалізувати ітераційні методи для розв'язування СЛАР)*	лабораторне заняття (2 год.)	[1, 2, 5]	Виконання завдання № 4 (4год.)	2 тижні
10	**Тема 10.** Методи обертання матриць. Вплив похибок заокруглення в ітераційних методах	лекція (2 год.)	[5]	Опрацювання лекційного матеріалу (3год.)	1 тиждень
	Колоквіум	лабораторне заняття (2 год.)			під час заняття
11	**Тема 11.** Власні пари матриці і їх найпростіші властивості. Методи розв'язування часткових задач на власні значення.	лекція (2 год.)	[2, 5]	Опрацювання лекційного матеріалу (3год.)	1 тиждень
	Здача індивідуального завдання № 3	лабораторне заняття (2 год.)			під час заняття
12	**Тема 12.** Методи розв'язування часткових задач на власні значення.	лекція (2 год.)	[2, 5]	Опрацювання лекційного матеріалу (3год.)	1 тиждень
	Власні значення та власні вектори: класичний спосіб. *Здача індивідуального завдання № 4.*	лабораторне заняття (2 год.)	[3, 6]	Розв'язування задач (3 год.)	1 тиждень під час занять
13	**Тема 13.** Методи розв'язування повної проблеми власних значень.	лекція (2 год.)	[2, 5]	Опрацювання лекційного матеріалу (3год.)	1 тиждень
	Метод степенів та скалярних добутків для обчислення власних пар матриці. PM-алгоритм. SP– алгоритм	лабораторне заняття (2 год.)	[3, 6]	Виконання завдання № 5 (4год.)	2 тижні

	(Індивідуальне завдання №5. Реалізувати ітераційні методи для обчислення власних пар матриці)				2 тижні
14	**Тема 14.** Методи обчислення власних значень тридіагональних матриць. Узагальнена задача на власні значення.	лекція (2 год.)	[2, 5]	Опрацювання лекційного матеріалу (3год.)	1 тиждень
	Чисельні методи розв'язування повної задачі на власні значення.	лабораторне заняття (2 год.)	[6]	Розв'язування задач (3 год.)	1 тиждень
15	**Тема 15.** Методи розв'язування СЛАР з розрідженими матрицями: способи зберігання матриць, стрічковий та профільний метод, алгоритм, Калхілла-Маккі.	лекція (2 год.)	[5]	Опрацювання лекційного матеріалу (3год.)	1 тиждень
	Здача індивідуального завдання №5.	лабораторне заняття (2 год.)			під час заняття
16	**Тема 16.** СЛАР з погано-обумовленими матрицями	лекція (2 год.)	[1, 5]	Опрацювання лекційного матеріалу (3год.)	1 тиждень
	Способи зберігання розріджених матриць. СЛАР з розрідженими матрицями.	лабораторне заняття (2 год.)	[5]	Розв'язування задач (3 год.)	під час заняття

Перелік програм (*індивідуальні завдання*)

Програма №1. Метод Гауса з постовпцевим вибором головного елемента – 5б.

1) Реалізувати метод Гауса з постовпцевим вибором головного елемента для розв'язування СЛАР та обчислення визначника.

2) Реалізувати метод Гаусса з постовпцевим вибором головного елемента для обчислення оберненої матриці (розв'язати матричне рівняння AX=E).

Вхідні дані вводити з клавіатури або читати з файлу. Виводити розв'язок СЛАР, визначник матриці або обернену матрицю, а також східчасту матрицю. Передбачити коректну зупинку роботи програми у випадку введення виродженої (або близької до виродженої) матриці. Програмно реалізувати перевірку правильності отриманого результату.

Програма №2. Розклади матриць - 5б.

1) Реалізувати LU-розклад матриці і з його допомогою розв'язати СЛАР та обчислити визначник.

2) Реалізувати UTU-розклад матриці і з його допомогою розв'язати СЛАР та обчислити визначник.

Вхідні дані вводити з клавіатури або читати з файлу. Виводити розв'язок СЛАР, визначник, а також матриці розкладів. Перебачити коректну зупинку роботи програми у випадку введення матриці, яка не задовольняє необхідних умов. Програмно реалізувати перевірку правильності отриманого результату.

Програма №3. Метод прогонки розв’язування СЛАР з тридіагональною матрицею - 5б.

1) Реалізувати метод лівої прогонки.

2) Реалізувати метод правої прогонки.

Вхідні дані (коефіцієнти матриці (три масиви) та вектора вільних членів) вводити з клавіатури або читати з файлу або обчислити за формулами. Виводити розв’язки СЛАР. Перебачити коректну зупинку роботи програми у випадку введення матриці, яка не задовольняє необхідних умов. Протестувати програму на довільній (але допустимій) СЛАР та СЛАР, яка отримується в результаті застосування методу сіток для чисельного розв’язування крайової задачі з відомим точним розв’язком (обчислити похибку результату). Програмно реалізувати перевірку правильності отриманого результату.

Програма №4. Ітераційні методи розв’язування СЛАР - 5б.

1) Реалізувати метод Якобі.

2) Реалізувати метод Зейделя.

3) Реалізувати метод релаксації.

Вхідні дані вводити з клавіатури або читати з файлу. Виводити наближений розв’язок СЛАР, відхил (або норму відхилу) та кількість ітерацій. Передбачити коректну зупинку роботи програми у випадку введення виродженої (або близької до виродженої) матриці. Програмно реалізувати перевірку достатньої умови збіжності методу.

Програма №5. Методи розв’язування алгебричної задачі на власні значення - 5б.

1) Реалізувати PM-алгоритм для знаходження найбільшого за модулем власного числа та відповідного йому власного вектора.

2) Реалізувати SP-алгоритм для знаходження найбільшого за модулем власного числа та відповідного йому власного вектора.

3) Реалізувати PM-алгоритм для знаходження найменшого за модулем власного числа та відповідного йому власного вектора.

4) Реалізувати SP-алгоритм для знаходження найменшого за модулем власного числа та відповідного йому власного вектора.

Вхідні дані вводити з клавіатури або читати з файлу. Виводити власне значення та відповідний йому власний вектор, кількість ітерацій. Реалізувати перевірку правильності роботи програми.