НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ

«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

Кафедра автоматизованих систем обробки інформації та управління

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

(повна назва кафедри, циклової комісії)

**КУРСОВА РОБОТА**

з                                           «Основи програмування»

(назва дисципліни)

на тему:                «Розвязання СЛАР наближеними методами»

Студента I курсу ІП-51 групи

напряму підготовки 6.050103 «Програмна інженерія»

спеціальності «Програмне забезпечення систем»

Зарічкового О. А.

(прізвище та ініціали)

Керівник Муха І.П

Доцент кафедри АСОІУ

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Національна оцінка \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Кількість балів: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_Оцінка: ECTS \_\_\_\_\_

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Члени комісії |  |  |  |
|  | (підпис) |  | (вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали) |
|  |  |  |  |
|  | (підпис) |  | (вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали) |

Київ ‑ 2016 рік

Національний технічний університет України “КПІ”

(назва вищого навчального закладу)

Кафедра автоматизованих систем обробки інформації і управління

Дисципліна Основи програмування

Напрям "Програмна інженерія"

Курс І Група ІП-51 Семестр 2

**ЗАВДАННЯ**

**на курсову роботу студента**

|  |
| --- |
| Зарічкового Олександра Анатолійовича |

(прізвище, ім’я, по батькові)

|  |  |
| --- | --- |
| 1. Тема роботи | Розв'язання СЛАР наближеними методами |
|  | |
|  | |

|  |  |
| --- | --- |
| 2. Строк здачі студентом закінченої роботи |  |

|  |  |
| --- | --- |
| 3. Вихідні дані до роботи | Технічне завдання (додаток А) |
|  | |
|  | |
|  | |

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які підлягають розробці)

|  |
| --- |
|  |
|  |
|  |
|  |

5. Перелік графічного матеріалу ( з точним зазначенням обов’язкових креслень )

|  |
| --- |
|  |
|  |
|  |
|  |

|  |  |
| --- | --- |
| 6. Дата видачі завдання |  |

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Назва етапів курсової роботи | Термін виконання етапів роботи | Підписи керівника, студента |
| 1. | Отримання теми курсової роботи | 14.03.16-20.03.16 |  |
| 2. | Підготовка ТЗ | 21.03.16-03.04.16 |  |
| 3. | Пошук та вивчення літератури з питань курсової роботи | 04.04.16-17.04.16 |  |
| 4. | Розробка алгоритму вирішення задачі | 18.04.16-24.04.16 |  |
| 6. | Узгодження алгоритму з керівником | 18.04.16-24.04.16 |  |
| 5. | Розробка сценарію роботи програми | 25.04.16-01.05.16 |  |
| 6. | Узгодження сценарію роботи програми з керівником | 25.04.16-01.05.16 |  |
| 7. | Узгодження з керівником інтерфейсу користувача | 25.04.16-01.05.16 |  |
| 8. | Розробка програмного забезпечення | 02.05.16-22.05.16 |  |
| 9. | Налагодження розрахункової частини програми | 02.05.16-22.05.16 |  |
| 10. | Розробка та налагодження інтерфейсної частини програми | 23.05.16-29.05.16 |  |
| 11. | Узгодження з керівником набору тестів для контрольного прикладу | 23.05.16-29.05.16 |  |
| 12. | Тестування програми | 30.05.16-05.06.16 |  |
| 13. | Підготовка пояснювальної записки | 06.06.16-12.06.16 |  |
| 14. | Здача курсової роботи на перевірку | 06.06.16-12.06.16 |  |
| 15. | Захист курсової роботи |  |  |
|  |  |  |  |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Студент |  |  | Зарічковий О. А. |
|  | (підпис) |  | (прізвище, ім’я, по батькові) |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Керівник |  |  | Муха І. П. |
|  | (підпис) |  | (прізвище, ім’я, по батькові) |

"\_\_\_" \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2016 р.

Анотація

Пояснювальна записка до курсової роботи: 80 сторінок, 22 рисунків,   
8 таблиць, 10 посиланнь.

Об’єкт дослідження: задача знаходження розв’язків СЛАР.

Мета роботи: дослідження методів наближеного розв’язання СЛАР ітераційними методами, створення програмного забезпечення для швидкісного розвязання надвеликих систем лінійних алгебраїчних рівнянь.

Вивчено методи швидкісного розвязання СЛАР. Приведені змістовні постановки задач, їх індивідуальні математичні моделі, а також описано детальний процес розв’язання кожної з них.

Виконана програмна реалізація алгоритмів Якобі, Гауса-Зейделння, градієнтного спуску (спряжених градієнтів).

(Больше ключевых слов)

МЕТОД ЯКОБІ, МЕТОД ГАУСА-ЗЕЙДЕЛЯ, МЕТОД ГРАДІЄНТНОГО СПУСКУ, МЕТОД СПРЯЖЕНИХ ГРАДІЄНТІВ, РІШЕННЯ СЛАР ІТЕРАЦІЙНИМИ МЕТОДАМИ

Зміст

[Вступ 6](#_Toc451632576)

[1 Постановка задачі 7](#_Toc451632577)

[2 Теоретичні відомості 8](#_Toc451632578)

[2.1. Метод Якобі 8](#_Toc451632579)

[2.2. Метод Гауса-Зейделя 9](#_Toc451632580)

[2.3. Метод градієнтного спуску (спряжених градієнтів) 10](#_Toc451632581)

[3 Опис алгоритмів 13](#_Toc451632582)

[3.1. Загальний алгоритм 13](#_Toc451632583)

[3.2. Алгоритм методу Якобі 14](#_Toc451632584)

[3.3. Алгоритм методу Гауса-Зейделя 17](#_Toc451632585)

[3.4. Алгоритм методу градієнтного спуску 19](#_Toc451632586)

[4 Опис програмного забезпечення 21](#_Toc451632587)

[4.1. Функціональна структура програмного забезпечення 21](#_Toc451632588)

[4.2. Опис функцій частин програмного забезпечення 21](#_Toc451632589)

[4.2.1. Користувацькі функції 22](#_Toc451632590)

[4.2.2. Стандартні функції 31](#_Toc451632591)

[5 Тестування програмного забезпечення 33](#_Toc451632592)

[5.1. План тестування 33](#_Toc451632593)

[5.2. Приклади тестування 33](#_Toc451632594)

[5.2.1. Виконання програми, коли у матрицю системи невірно введено число 33](#_Toc451632595)

[5.2.2. Виконання програми, коли у стовпець вільних членів невірно введено число 34](#_Toc451632596)

[5.2.3. Виконання програми, коли у матрицю системи введено число з точністю більшою, ніж 3 знаки після коми 35](#_Toc451632597)

[5.2.4. Перевірка вірності роботи програми, коли користувачем вірно введені всі дані та для обраного методу рішення сходиться 36](#_Toc451632598)

[6 Інструкція користувача 38](#_Toc451632599)

[6.1. Робота з програмою 38](#_Toc451632600)

[6.2. Формат вхідних та вихідних даних 43](#_Toc451632601)

[6.3. Системні вимоги 43](#_Toc451632602)

[7 Аналіз і узагальнення результатів 45](#_Toc451632603)

[Висновки 50](#_Toc451632604)

[Перелік посилань 51](#_Toc451632605)

[**Додаток А Технічне завдання** 52](#_Toc451632606)

[Додаток Б Тексти програмного коду 55](#_Toc451632607)

Вступ

Чисельне рішення СЛАР – одна з найпоширеніших задач у науково-технічних дослідженнях. Така задача виникає в математичній фізиці (чисельне рішення диференціальних та інтегральних рівнянь), економіці, статистиці. При цьому прикладні задачі часто потребують вирішення великих і надвеликих СЛАР з числом невідомих більше 1000. До таких СЛАР, наприклад, призводить чисельне рішення двовимірних і особливо тривимірних задач математичної фізики.

Існуючі бібліотеки програм розроблені на основі, так званих, прямих методів розв'язку СЛАР (наприклад метод Гауса та його модифікації). Число арифметичних операцій таких методів для знаходження чисельного розв'язку СЛАР розмірністю   
складає – [1]. Кубічна залежність числа арифметичних операцій від розміру матриці СЛАР призводить до нереально великого часу рішення при навіть на найсучасніших ЕОМ.

Ітераційні методи розв'язку СЛАР набагато економніші, як по машинному часу рішення, так і по використанню оперативної пам'яті. Так, якщо ітераційний метод швидко сходяться з числом ітерацій , то час виконання, пропорційний вже квадрату розміру матриці – [3]. При використанні ітераційних методів, що швидко сходяться, стає можливим рішення СЛАР розмірністю .

В даний час відсутні бібліотеки та програми широкого призначення для чисельного рішення великих і надвеликих СЛАР. Таким чином, розробка ефективних ітераційних алгоритмів для рішення СЛАР великої розмірності є актуальним завданням.

Тому метою даної роботи є вивчення та аналіз роботи найбільш відомих розвязання СЛАР, таких як метод простих ітерацій (або так званий метод Якобі), метод Гауса-Зейделя, метод градієнтного спуску (або спряжених градієнтів).

# Постановка задачі

Розробити програмне забезпечення, що буде знаходити рішення для заданої СЛАР наступними методами:

а) метод Якобі;

б) метод Гауса-Зейделя;

в) метод градієнтного спуску;

Вхідними даними для даної роботи є СЛАР, яка задана в матричному вигляді:

,

де – матриця коефіцієнтів, – вектор шуканих значень (рішення системи),  
 – вектор вільних членів.Програмне забезпечення повинно обробробляти матрицю коефіцієнтів та стовпець вільних членів для СЛАР розмірність яких знаходиться в межах від 2 до 5.

Вихідними даними для даної роботи являється сукупність дійсних чисел, що є розв’язками даної системи, які виводяться на екран. Програмне забезпечення повинно видавати розвязок за умови, що для відниз даних обраний метод сходиться. Якщо це не так, то програма повинна вивести відповідне повідомлення. Якщо розмірність системи не превищує двох невідомих, то програмне забезпечення повинно виводити графік двох рівннянь, що входять до системи. Якщо система не має розвязків або їх нескінченна кількість, то програма повинна видати відповідне повідомлення.

# Теоретичні відомості

Квадратичну систему з *n* лінійних рівнянь можна задати наступним чином:

|  |
| --- |
| (2.1) |

де:

, ,

Тоді якщо , то система (2.1) має розв’язок та він єдиний. Якщо система має єдиний розв’язок, то його можна знайти одним із наступних методів.

## Метод Якобі

Сутність методу Якобі полягає в тому, що матриця розбивається на дві матриці: діагональну матрицю та матрицю . Тобто:

,

Тоді систему (2.1) можна переписати у наступному вигляді:

|  |
| --- |
| (2.2) |

Помноживши систему (2.2) зліва на отримаємо:

|  |
| --- |
| (2.3) |

Якщо відоме певне наближення , тоді від виразу (2.3) можна перейти до наступної ітераційної форми [1]:

Або

Метод Якобі для системи (2.1) є збіжним для довільного початкового наближення тоді і тільки тоді, коли матриця має домінантну головну діагональ [1][2]. Тобто:

Умова завершення ітераційного процесу Якобі при досягнені точності у спрощеній формі має вигляд [1]:

## Метод Гауса-Зейделя

Сутність методу Гауса-Зейделя полягає в тому, що матриця розбивається на три матриці: діагональну матрицю , верхню трикутною та нижню трикутною. Тобто:

, ,

Тоді систему (2.1) можна переписати у наступному вигляді:

|  |
| --- |
| (2.4) |

Якщо відоме певне наближення , тоді від виразу (2.4) можна перейти до наступної ітераційної форми, яка задана системою [3][4]:

,

де , , ,

або

Метод Гауса-Зейделя для системи (2.1) є збіжним для довільного початкового наближення тоді і тільки тоді, коли матриця має домінантну головну діагональ. Також даний метод сходиться, якщо матриця симетрична і додатньо визначена [1][2].

Умова завершення ітераційного процесу Гауса-Зейделя при досягнені точності у спрощеній формі має вигляд [1]:

## Метод градієнтного спуску (спряжених градієнтів)

Якщо матриця симетрична та додатньо визначена, то розв’язок системи (2.1) можна знайти методом приєднаних градієнтів.

Процес пошуку розв’язку полягає в мінімізації наступного функціоналу [1][3][6]:

За позначено скалярний добуток.

Якщо являє собою взаємно приєднаних векторів, то утворює базис для простору і можна виразити рішення системи в даному базисі:

Нескладними математичними перетвореннями з виразу (2.5) отримаємо:

Вираз (2.6) дає нам наступний метод рішення системи (2.1): найти послідовність приєднаних векторів-напрямків, а потім обчислити їх коефіцієнт .

Якщо відоме певне наближення . Тоді для кроку алгоритму маємо [1][3][6]:

де – розв’язок системи (2.1) на -тому кроці, – вектор напрямку на   
-тому кроці, – нев’язка на -тому кроці.

Для довільного початкового наближення вищеописаний алгоритм буде працювати за умови, що матриця симетрична, додатньо визначена [3][6] та:

Умова завершення ітераційного процесу градієнтного спуску при досягнені точності у спрощеній формі має вигляд [3][6]:

# Опис алгоритмів

Перелік всіх основних змінних та їхнє призначення наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Основні змінні та їхні призначення

|  |  |
| --- | --- |
| Змінна | Призначення |
|  | Точність з якою необхідно знайти корені розв’язків  () |
| Matrix | Матриця системи |
| b | Стовпець вільних членів |
| norm | Норма поточного розв’язку системи |
| flag | Ознака сходимості методу (false – метод не сходиться,  true – метод сходиться) |

## Загальний алгоритм

1. ПОЧАТОК
2. Зчитати розмірність системи.
3. Зчитати матрицю системи та стовпець вільних членів:
   1. Зчитати матрицю системи:
      1. Цикл проходу по всіх рядках матриці системи (:
         1. Цикл проходу всіх стовпцях матриці системи   
            (:
            1. ЯКЩО поточний елемент матриці – вірно записане число, ТО записати його в відповідну комірку *matrix*. ІНАКШЕ перейти до пункту 8.
   2. Зитати стопець вільних членів:
      1. Цикл проходу по всіх елементах стовпця вільного членів:
         1. Якщо поточний елемент стовпцю вільних членів – вірно записане число, ТО записати його в відповідну комірку *free*.
4. ЯКЩО обраний метод Якобі, ТО обробити дані зідно алгоритму методу Якобі (пункт 3.2)
5. ЯКЩО обраний метод Гауса-Зейделя, ТО обробити дані згідно алгоритму методу Гауса-Зейделя (пункт 3.3)
6. ЯКЩО обраний метод градієнтного спуску, ТО обробити дані згідно алгоритму методу градієнтного спуску.
7. ЯКЩО обраний метод сходиться для вхідних даних, ТО:
   1. ЯКЩО обрана система на дві невідомих, ТО побудувати та вивести графік систами.
   2. Вивести рішення системи.
8. КІНЕЦЬ

## Алгоритм методу Якобі

1. ПОЧАТОК
2. Обчислити визначник матриці (*Matrix*) (**det**):
   1. ЯКЩО матриця має одиничну розмірність, ТО позначити як визначник даної матриці єдиний елемент цієї матриці. ІНАКШЕ обчислити визначник розкладом за першим стовпцем:
      1. Ініціалізація визначника поточної матриці (*Matrix*) *detRes* = 0.
      2. ЦИКЛ проходу по всіх елементах першого стовпця матриці (*Matrix*) :
         1. Обчислити алгебраїчне доповнення поточного елементу :
            1. Утворити доповнювальний мінор для поточного елементу (**marixCut**):

Ініціалізація нової матриці (*newMatrix*) розмірності ().

ЦИКЛ проходу по всіх елементах матриці (*Matrix*):

ЯКЩО поточний елемент не знаходиться на першому стовпці АБО   
(*i-тому*) рядку, ТО добавити його в нову матрицю (*newMatrix*).

* + - 1. Знайти визначник доповнювального мінору (тобто знайти визначник матриці *newMatrix*) (**det**) (аналогічно пункту 2).
      2. Добавити до *detRes* значення виразу  
          .

1. Присвоїти *flag* = true.
2. ЯКЩО визначник не дорівнює нулю, ТО перевірити умови сходимості методу Якобі (**isSolution**):
   1. Приведення матриці до канонічного (діагонального) вигляду (**stableMatrix**):
      1. Ініціалізація масиву *element* (*element*[*i*] = *false*, *i* =1, 2, …, ).
      2. ЦИКЛ проходу по всіх рядках матриці (*Matrix*):
         1. Знайти номер індексу найбільшого за абсолютним значенням елементу поточного рядка (*index*).
         2. ЯКЩО такий індекс (*index*), вже був знайдений (*element[index]* = true), ТО позначити, що для даної матриці (*Matrix*) метод не сходиться (присвоїти *flag* = false) та перейти до пункту 6, ІНАКШЕ присвоїти *element[index]* = true.
      3. Ініціалізація нової матриці (*newMatrix*) такої ж розмірності, що й поточна матриця (*Matrix*).
      4. ЦИКЛ проходу по всіх рядках матриці (*Matrix*):
         1. Знайти номер індексу найбільшого за абсолютним значенням елементу поточного рядка (*index*) матриці (*Matrix*).
         2. Присвоїти поточний рядок матриці (*Matrix*) *index*-рядку матриці (*newMatrix*) (тобто *newMatrix*[*index*]= *Matrix*[*i*]).
      5. Присвоїти *Matrix* = *newMatrix*.
   2. ЦИКЛ проходу по всіх рядках матриці (*Matrix*):
      1. Знайти суму абсолютних значень всіх елементів поточного рядка (*sum*):
         1. Інціціалізація *sum* = 0.
         2. ЦИКЛ проходу по всіх елементах ( поточного рядка:
            1. Додати до *sum* абсолютне значення поточного ементу .
      2. Знайти найбільший за абсолютним значенням елемент поточного рядка (*max*):
         1. Інціціалізація .
         2. ЦИКЛ проходу по всіх елементах ( поточного рядка:
            1. ЯКЩО ТО .
      3. ЯКЩО *max(sum – max)*, ТО для даної матриці (*Matrix*) метод не сходиться (присвоїти *flag* = false).

ІНАКШЕ перейти до пункту 6.

1. ЯКЩО метод сходиться (), ТО розв’язати СЛАР методом Якобі (**Jacobi**):
   1. Задати попереднє наближення розв’язку (.
   2. Присвоїти *norm* = .
   3. ПОКИ :
      1. Обчислити наступне наближення (:
         1. ЦИКЛ проходу по всіх елементах поточного наближення  
            ():
            1. Присвоїти .
            2. ЦИКЛ проходу по всіх елементах переднього наближення ():

ЯКЩО , ТО присвоїти  
 .

* + - * 1. Присвоїти .
    1. Обчислити поточне значення норми розв’язку (*norm*) (**normCalc**):
       1. Присвоїти *norm =* .
       2. ЦИКЛ проходу по всіх елементах поточного наближення :

ЯКЩО , ТО *norm =.*

* + 1. Присвоїти .

1. КІНЕЦЬ

## Алгоритм методу Гауса-Зейделя

1. ПОЧАТОК
2. Обчислити визначник матриці (*Matrix*) (**det**) (аналогічно пункту 2 методу Якобі).
3. Присвоїти *flag* = true.
4. ЯКЩО визначник не дорівнює нулю, ТО перевірити умови сходимості методу Гауса-Зейделя (**isSolution**):
   1. Перевірити систему на наявність домінантної головної діагоналі (аналогічно пункту 4 методу Якобі).
   2. ЯКЩО , ТО перейти до пункту 5. ІНАКШЕ присвоїти .
   3. Перевірити матрицю на симетричність (**isSemetric**):
      1. ЦИКЛ проходу по всіх строках матриці (*Matrix*) (:
         1. ЦИКЛ проходу по всіх елементах поточної строки   
            (:
            1. ЯКЩО, ТО для даної матриці (*Matrix*) метод не сходиться (присвоїти *flag* = false).
   4. Перевірити матрицю на додатньовизначеність за критерієм Сильвестра (**isPositive**):
      1. ЦИКЛ перебору всіх кутових мінорів (:
         1. Ініціалізація нової матриці (*newMatrix*) розмірності .
         2. ЦИКЛ проходу по всіх елементах матриці (*Matrix*)   
            ():

ЯКЩО для поточного елементу , ТО додати поточний елемент до нової матриці (*newMatrix*).

* + - 1. Обчислити визначник нової матриці (*newMatrix*) (**det**) (аналогічно пункту 2 методу Якобі).
      2. ЯКЩО визначник нової матриці (*newMatrix*) від’ємний АБО дорівнює нулеві, ТО для даної матриці (*Matrix*) метод не сходиться (присвоїти *flag* = false).

ІНАКШЕ перейти до пункту 6.

1. ЯКЩО метод сходиться (), ТО розв’язати СЛАР методом Гауса-Зейделя (**Seidel**):
   1. Задати попереднє наближення розв’язку (.
   2. Присвоїти *norm* = .
   3. ПОКИ :
      1. Обчислити наступне наближення (:
         1. ЦИКЛ проходу по всіх елементах поточного розв’язку (:
            1. Присвоїти .
            2. ЦИКЛ проходу по елементах поточного наближення   
               (:

Присвоїти .

* + - * 1. ЦИКЛ проходу по елементах попереднього наближення (:

Присвоїти .

* + - * 1. Присвоїти .
    1. Обчислити поточне значення норми розв’язку (*norm*) (**normCalc**) (аналогічно пункту 5.3.2 методу Якобі).
    2. Присвоїти .

1. КІНЕЦЬ

## Алгоритм методу градієнтного спуску

1. ПОЧАТОК
2. Обчислити визначник матриці (*Matrix*) (**det**) (аналогічно пункту 2 методу Якобі).
3. Присвоїти *flag* = true.
4. ЯКЩО визначник не дорівнює нулеві, ТО перевірити умови сходимості методу градієнтного спуску (**isSolution**):
   1. Перевірити матрицю на симетричність (**isSemetric**) (аналогічно пункту 4.2 методу Гауса-Зейделя).
   2. Перевірити матрицю на додатньовизначеність за критерієм Сильвестра (**isPositive**) (аналочіно пункту 4.3 методу   
      Гауса-Зейделя).

ІНАКШЕ перейти до пункту 6.

1. ЯКЩО метод сходиться (), ТО розв’язати СЛАР методом градієнтного спуску (**GradientDecent**):
   1. Задати попереднє наближення розв’язку (.
   2. Задати попередню незв’язку як .
   3. Задати попередній вектор напрямку як .
   4. Присвоїти *norm* = .
   5. ПОКИ :
      1. Обчислити довжину для вектора напрямку:
      2. Обчислити наступне наближення:

.

* + 1. Обчислити наступне значення незв’язки:
    2. Обчислити коефіцієнт вектора напрямку:
    3. Обчислити наступний вектор напрямку:

.

* + 1. Обчислити поточне значення норми розв’язку (*norm*) (**normCalc**) (аналогічно пункту 5.3.2 методу Якобі).
    2. Присвоїти .
    3. Присвоїти
    4. Присвоїти

1. КІНЕЦЬ

# Опис програмного забезпечення

## Функціональна структура програмного забезпечення

Функціональна структру програмного забезпечення представлена на рисунку 4.1:

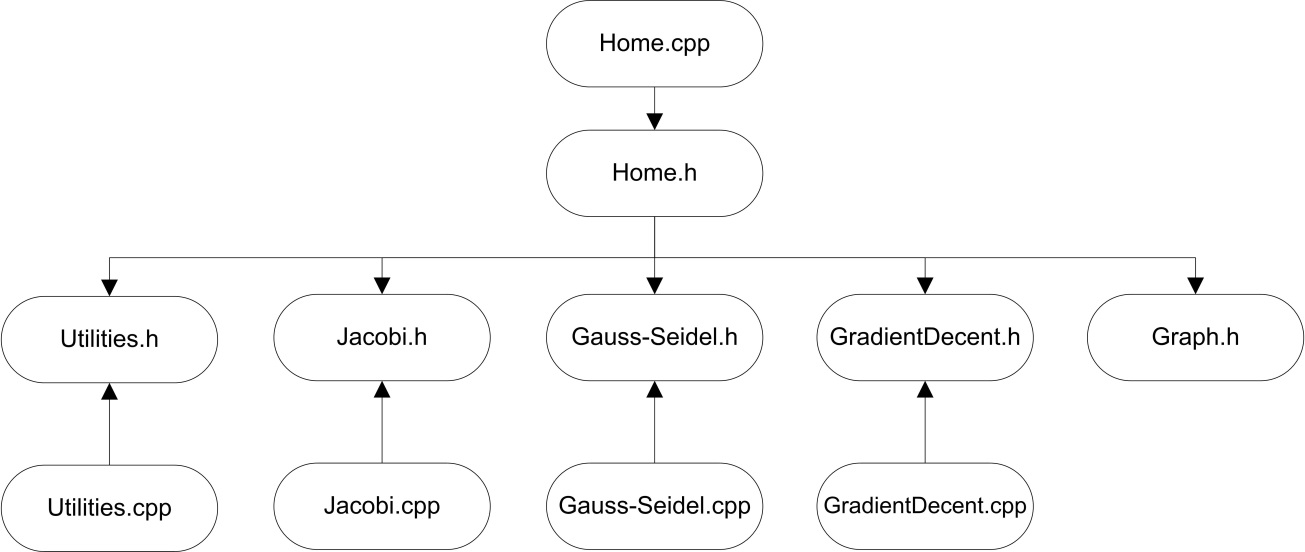


Рисунок 4.1 – Фукнціональна структруа програмного забезпечення

## Опис функцій частин програмного забезпечення

В ході виконання поставленого завдання було створено наступні модулі та бібліотеки:

а) Home.h – реалізує інтерфейс користувача

б) Graph.h – реалізує побудову та виведення графіка

в) Jacobi.h – реалізує знаходження розв’язку СЛАР методом Якобі

г) Gauss-Seidel.h – реалізує знаходження розв’язку СЛАР методом Гауса-Зейделя

д) GradientDecent.h – реалізує знаходження розв’язку СЛАР методом градієнтного спуску.

е) Utilities.h – реалізує допоміжні функції (знаходження визначника матриці системи, перевірки матриці системи на симетричність і т.д.), які необхідні для розв’язання поставленої задачі.

### Користувацькі функції

Користувацькі функції, які використані в даній курсовій роботі, описані в таблиіці 4.1.

Таблиця 4.1 – Опис користувацьких функцій

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Назва функції | Призначення функції | Опис вхідних параметрів | Опис вихідних параметрів | Заголовний файл |
| 1 | det | Обчислення визначника квадратної матриці | Матриця для якої необхідно знайти визначник та її розмірність | Визначник матриці | Utilities.h |
| 2 | matrixCut | Утворення мінору заданого елементу | Матриця, в якій знаходиться елемент, її розмірність та індекс рядка елемента | Матриця, яка є мінором для заданого елементу | Utilities.h |
| 3 | AlgebralAdditionCalc | Обчислення алгебраїчного доповнення заданого елементу | Матриця, в якій знаходиться елемент, її розмірність та індекс рядка елемента | Алгебраїчне доповнення до матриці | Utilities.h |
| 4 | normCalc | Обчислення норми поточного наближення | Поточне наближення, попереднє наближення та кількість елементів в наближеннях | Норма поточного рішення | Utilities.h |

Продовження таблиці 4.1

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Назва функції | Призначення функції | Опис вхідних параметрів | Опис вихідних параметрів | Заголовний файл |
| 5 | isSemetric | Перевірка матриці системи на симетричність | Система лінійних алгебраїчних рівнянь, для якої необхідно перевірити матрицю на симетричність | TRUE – матриця системи симетрична,  FASLE – матриця системи не симетрична | Utilities.h |
| 6 | isPositive | Перевірка матриці системи на додатньо визначеність | Система лінійних алгебраїчних рівнянь, для якої необхідно перевірити матрицю додатньо визначеність | TRUE –матриця системи додтньо визначена,  FASLE – матриця системи не додтньо визначена | Utilities.h |
| 7 | cornerMinor | Утворення кутового мінору | Матриця системи для якої необхідно утворити кутовий мінор та його розмірність | Кутовий мінор заданої розмірності | Utilities.h |

Продовження таблиці 4.1

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Назва функції | Призначення функції | Опис вхідних параметрів | Опис вихідних параметрів | Заголовний файл |
| 8 | matrixMult | Множення матриці на вектор | Матриця системи та вектор, на який необхідно помножити дану систему | Вектор – результат виконання множення | Utilities.h |
| 13 | isDiagDominate | Перевірка матриці на наявність домінтної головної діагоналі | Система лінійних алгебраїчних рівнянь, матрицю якої необхідно перевірити на наявність домінтної головної діагоналі | TRUE – матриця системи має домінтну головну діагональ  FALSE – матриця системи не має домінтну головну діагональ | Utilities.h |
| 14 | CreateMatrix | Створення матриці заданої розмірності | Розмірність матриці | Матриця заданої розмірності | Utilities.h |
| 15 | freeMatrix | Видалення матриці | Адреса матриці та її розмірність | – | Utilities.h |

Продовження таблиці 4.1

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Назва функції | Призначення функції | Опис вхідних параметрів | Опис вихідних параметрів | Заголовний файл |
| 16 | CreateMas | Створення масиву заданого розміру | Розмір масиву | Масив заданого розміру | Utilities.h |
| 17 | freeMas | Видалення масиву | Адреса масиву | - | Utilities.h |
| 18 | masCopy | Копіювання масиву | Масив, який необхідно скопіювати. Масив, в який необхідно скопіювати. Розмір масиву | - | Utilities.h |
| 19 | Jacobi | Знаходження розв’язку СЛАР методом Якобі | Система лінійних алгебраїчних рівнянь, для якої необхідно знайти рішення | Рішення системи | Jacobi.h |

Продовження таблиці 4.1

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Назва функції | Призначення функції | Опис вхідних параметрів | Опис вихідних параметрів | Заголовний файл |
| 21 | nextSolution | Знаходження наступного наближення для методу Якобі | СЛАР для якої знаходиться розв’язок, попереднє наближення, масив в який потрібно записати наступне наближення | - | Jacobi.h |
| 22 | Seidel | Знаходження розв’язки СЛАР методом Гауса-Зейделя | Система лінійних алгебраїчних рівнянь, для якої необхідно знайти рішення | Рішення системи | Gauss–Seidel.h |
| 23 | isSolved | Перевірка на сходимість методу Гауса-Зейделя | Система лінійних алгебраїчних рівнянь, яку не обхідно перевірити на сходимість методу Гауса-Зейделя | TRUE – метод сходиться для даної системи  FALSE – метод не сходиться для даної системи | Gauss–Seidel.h |

Продовження таблиці 4.1

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Назва функції | Призначення функції | Опис вхідних параметрів | Опис вихідних параметрів | Заголовний файл |
| 24 | nextSolution | Знаходження наступного наближення для методу Гауса-Зейделя | СЛАР для якої знаходиться розв’язок, попереднє наближення, масив в який потрібно записати наступне наближення | - | Gauss–Seidel.h |
| 25 | GradientDescent | Знаходження розв’язки СЛАР методом градієнтного спуску | Система лінійних алгебраїчних рівнянь, для якої необхідно знайти рішення | Рішення системи | GradientDescent.h |
| 26 | isSolved | Перевірка на сходимість методу градієнтного спуску | Система лінійних алгебраїчних рівнянь, яку не обхідно перевірити на сходимість методу градієнтного спуску | TRUE – метод сходиться для даної системи  FALSE – метод не сходиться для даної системи | GradientDescent.h |

Продовження таблиці 4.1

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Назва функції | Призначення функції | Опис вхідних параметрів | Опис вихідних параметрів | Заголовний файл |
| 27 | BSolve\_Click | Обробка події натискання кнопки «Знайти рішення» | Посилання на відправника, додаткові аргументи виклику | - | Home.h |
| 28 | dataFree\_CellEndEdit | Обробка події зміни вмісту стовпця вільних членів | Посилання на відправника, додаткові аргументи виклику | - | Home.h |
| 29 | dataMatrix\_CellEndEdit | Обробка події зміни вмісту матриці системи | Посилання на відправника, додаткові аргументи виклику | - | Home.h |
| 30 | BClear\_Click | Обробка події натискання кнопки «Очистити вміст» | Посилання на відправника, додаткові аргументи виклику | - | Home.h |

Продовження таблиці 4.1

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Назва функції | Призначення функції | Опис вхідних параметрів | Опис вихідних параметрів | Заголовний файл |
| 31 | solsSize\_ValueChanged | Обробка події змінення розміру системи | Посилання на відправника, додаткові аргументи виклику | - | Home.h |
| 32 | Home\_Load | Обробка події загрузки вікна програми | Посилання на відправника, додаткові аргументи виклику | - | Home.h |
| 33 | print | Виведення рішення системи на форму | Рішення СЛАР | - | Home.h |
| 34 | DataRead | Перевірка вхідних даних на валідність | - | TRUE – вхідні дані коректні  FALSE – вхідні дані не коректні | Home.h |
| 35 | DataRead | Читання вхідних даних | СЛАР, в яку необхідно прочитати дані | - | Home.h |

Продовження таблиці 4.1

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Назва функції | Призначення функції | Опис вхідних параметрів | Опис вихідних параметрів | Заголовний файл |
| 36 | Resize | Зміна розмірів матриці системи, стовпця вільних членів та вектора відповіді | - | - | Home.h |
| 37 | Clear | Очистка вмісту матриці системи, стовпця вільних членів та вектора відповіді | - | - | Home.h |

### Стандартні функції

Стандартні функції, які використані в даній курсовій роботі, описані в таблиіці 4.2.

Таблиця 4.2 – Опис стандартиних функцій

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Назва функції | Призначення функції | Опис вхідних параметрів | Опис вихідних параметрів | Заголовний файл |
| 1 | round | Округлення числа до найближчого цілого | Число, що необхідно округлити | Округлене число | Cmath |
| 2 | abs | Знаходження абсолютного значення числа | Число для якого необхідно знайти абсолютне його значення | Абсолютне значення числа | cmath |
| 3 | min | Знаходження мінімуму двох чисел | Два числа з яких необхідно обрати мінімум | Мінімум з двох чисел | Algorithm |
| 4 | ToDouble | Приводить до типу double певну змінну | Змінна простого типу | Число з плаваючою крапкою | - |
| 5 | fopen | Відкириває заданий файл | Імя файлу та режим доступу до нього | Покажчик на файл | stdio.h |
| 6 | localtime | Визначення системний час | Змінна, що є шаблоном системного часу | Системний час | time.h |

Продовження таблиці 4.2

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Назва функції | Призначення функції | Опис вхідних параметрів | Опис вихідних параметрів | Заголовний файл |
| 7 | strftime | Запис системного часу в заданому форматі | Значення системного часу та шаблон по якому небхідно записати системний час | Системний час в заданому шаблоні | time.h |

# Тестування програмного забезпечення

## План тестування

Усі можливі випадки виникнення помилок у програмі залежать від вхідних даних, тобто тої інформації, що отримується від користувача. Тому тестування програми полягає у виявленні правильності та коректності обробки програмою різних вхідних даних.

Задля виявлення усіх помилок у роботі програми потрібно запустити її на виконання в таких умовах:

а) у матрицю системи або стовпець вільних членів невірно введено число (або введена інформація не являється числом);

б) у матрицю системи або стовпець вільних членів введено число з точністю більшою, ніж 3 знаки після коми;

Для вирішення відповідних помилкових ситуацій слід вдосконалити алгоритми роботи програми та обробити всі виключні ситуації.

Далі слід упевнитись, що усі методи програми коректно працюють на усіх наборах вхідних значень.

## Приклади тестування

### Виконання програми, коли у матрицю системи невірно введено число

Якщо під час введення інформації в матрицю системи користувач введе недозволений символ, то програма виведе у спеціально відведене місце на графічному інтерфейсі (далі: поле системної інформації) відповідне повідомлення, зафарбує в червоний колір комірку таблиці в якій було зроблено помилку та заблокує можливість натискання кнопки «Знайти рішення» (рисунок 5.1) до тих пір, поки користувач не виправить вхідні дані.

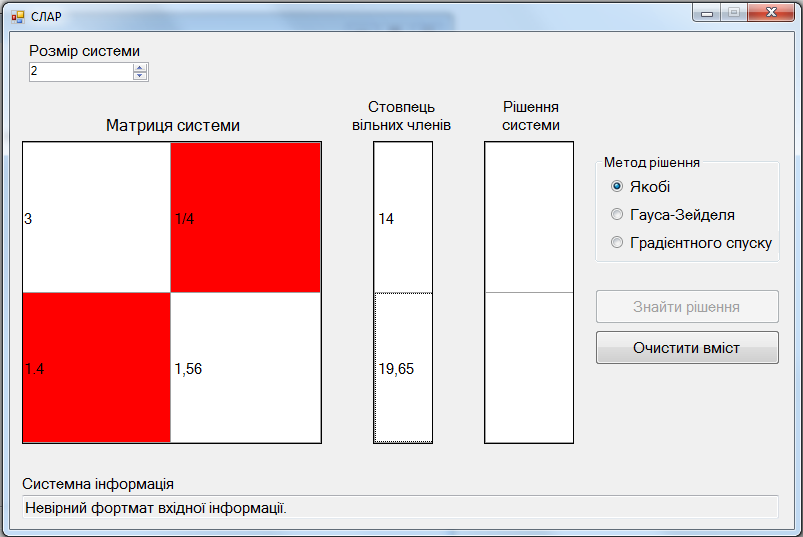


Рисунок 5.1 – Вікно програми, після введення некоректної інформації в матрицю системи

### Виконання програми, коли у стовпець вільних членів невірно введено число

Якщо під час введення інформації в стовпець вільних членів користувач введе недозволений символ, то програма виведе у поле системної інформації відповідне повідомлення, зафарбує в червоний колір комірку таблиці в якій було зроблено помилку та заблокує можливість натискання кнопки «Знайти рішення»   
(рисунок 5.2) до тих пір, поки користувач не виправить вхідні дані.

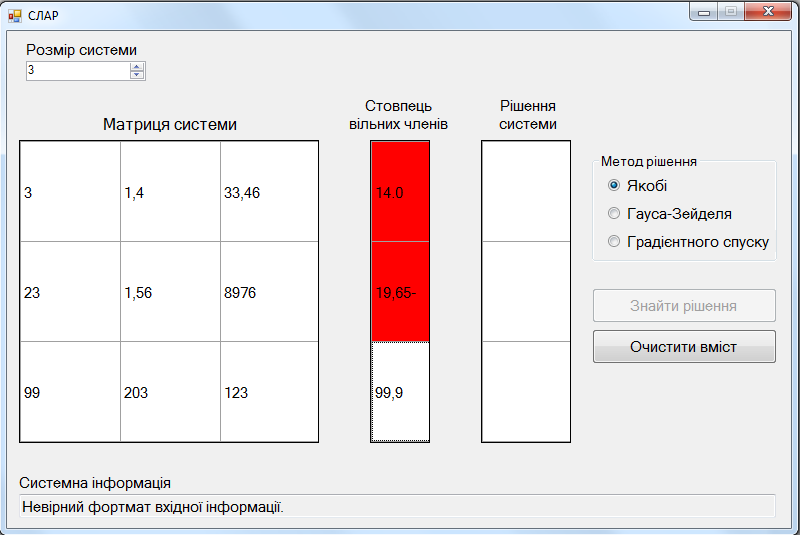


Рисунок 5.2 – Вікно програми, після введення некоректної інформації в стовпець вільних членів

### Виконання програми, коли у матрицю системи введено число з точністю більшою, ніж 3 знаки після коми

Якщо під час введення інформації в матрицю системи користувач введе число з точністю більшою, ніж 3 знаки після коми (рисунок 5.3), то програма автоматично округлить його до 3-х знаків за математичними правилами (рисунок 5.4).

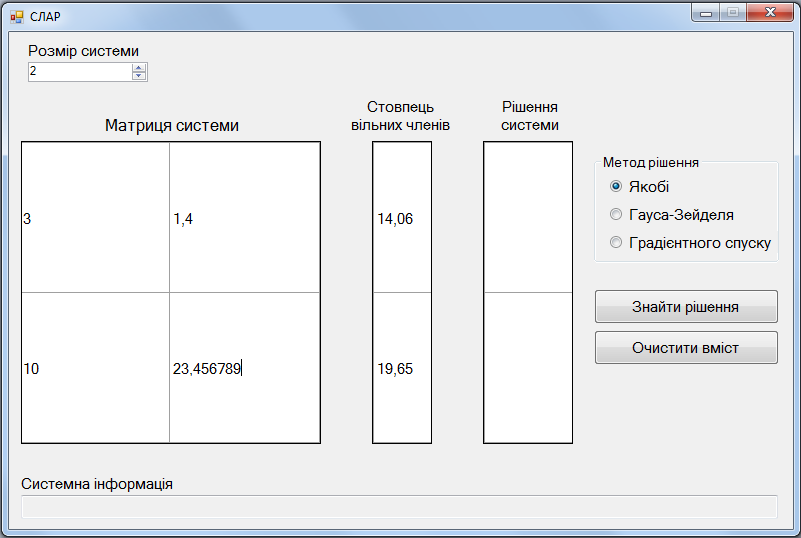


Рисунок 5.3 – Вікно програми під час введення числа з точністю більшою,   
ніж 3 знаки після коми

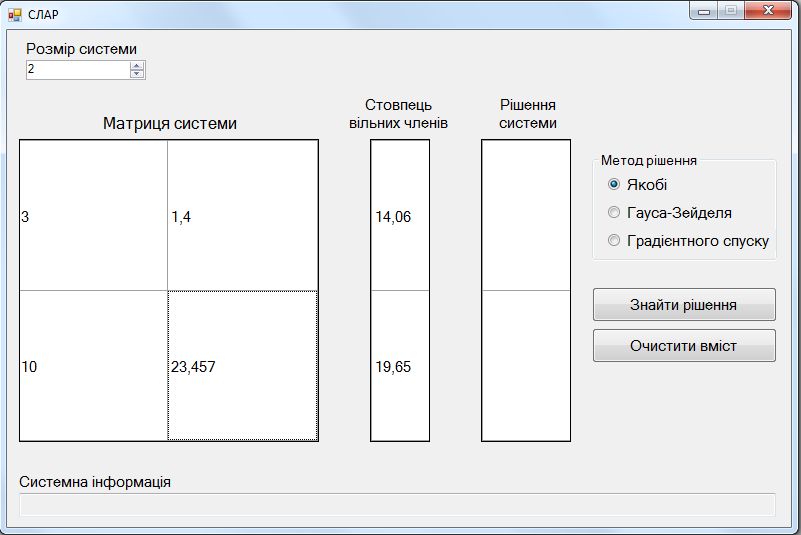


Рисунок 5.4 – Вікно програми після завершення введення числа з точністю більшою, ніж 3 знаки після коми

### Перевірка вірності роботи програми, коли користувачем вірно введені всі дані та для обраного методу рішення сходиться

Результати тестування програми на коретних даних наведена у   
таблицях 5.1 - 5.3:

Табилиця 5.1 – Тестування методу Якобі

|  |  |
| --- | --- |
| Мета тесту | Перевірити коректну роботу програми при використані методу Якобі на коректних даних |
| Початковий стан програми | Відкрите вікно програми |
| Вхідні дані | Розмір: 2; Метод Якобі |
| Схема проведення тесту | Введення даних та натискання кнопки «Знайти рішення» |
| Очікуваний результат | Виведення рішення системи та побудова графіку системи |
| Стан програми після проведення випробувань | Виведено рішення системи та відкрити вікно з графіком системи |

Табилиця 5.2 – Тестування методу Гауса-Зейделя

|  |  |
| --- | --- |
| Мета тесту | Перевірити коректну роботу програми при використані методу Гауса-Зейделя на коректних даних |
| Початковий стан програми | Відкрите вікно програми |
| Вхідні дані | Розмір: 3; Метод Гауса-Зейделя |
| Схема проведення тесту | Введення даних та натискання кнопки «Знайти рішення» |
| Очікуваний результат | Виведення рішення системи |
| Стан програми після проведення випробувань | Виведено рішення системи |

Табилиця 5.3 – Тестування методу градієнтного спуску

|  |  |
| --- | --- |
| Мета тесту | Перевірити коректну роботу програми при використані методу градієнтного спуску на коректних даних |
| Початковий стан програми | Відкрите вікно програми |
| Вхідні дані | Розмір: 5; Метод Якобі |
| Схема проведення тесту | Введення даних та натискання кнопки «Знайти рішення» |
| Очікуваний результат | Виведення рішення системи |
| Стан програми після проведення випробувань | Виведено рішення системи |

# Інструкція користувача

## Робота з програмою

Після запуску виконавчого файлу з розширенням \*.exe, відкривається головне вікно програми (Рисунок 6.1).

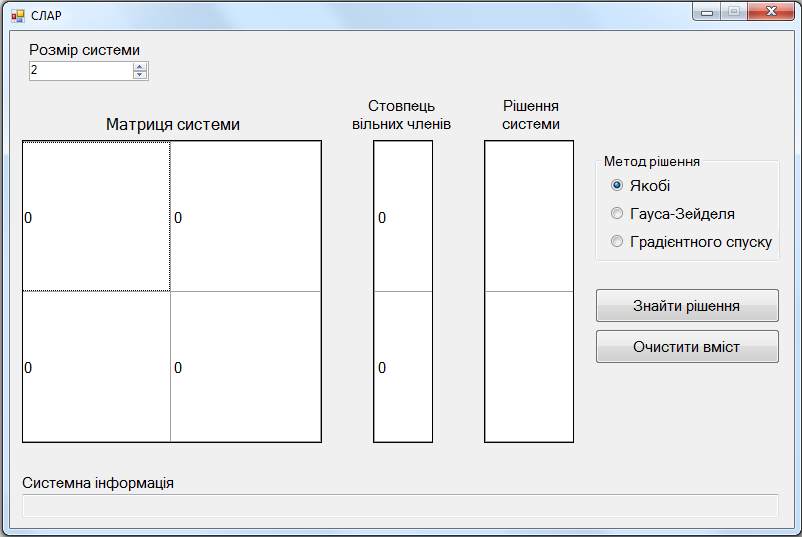


Рисунок 6.1 – Головне вікно програми

Далі за допомогою лічильника з назвою «Розмір системи» шляхом натиску на стрілки або введенням числа з клавіатури необхідно виставити розмір системи, що буде оброблятися програмою (рисунок 6.2):

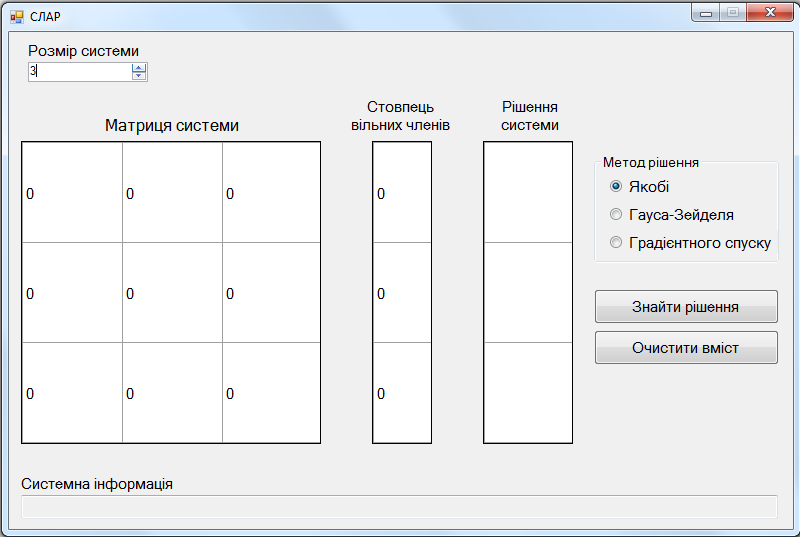


Рисунок 6.2 – Вибір необхідного розміру системи

Далі необхідно записати матрицю системи та стовпець вільних членів в масиви з відповідними назвами (Рисунок 6.3):

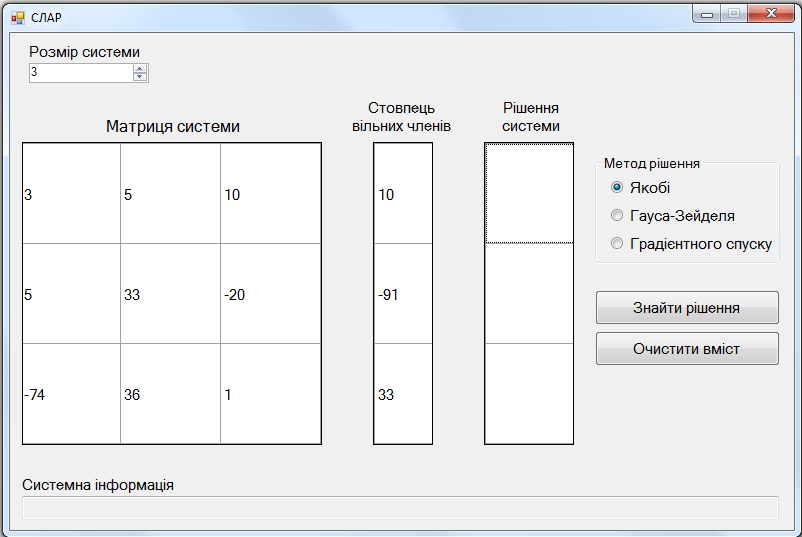


Рисунок 6.3 – Введення вхідних даних

Якщо якісь вхідні дані не є числами, то програма видасть відповідне повідомлення у полі «Системна інформація» та зафарбує комірки з некоректними даними в червоний колір (Рисунок 6.4). Для того щоб можна було продовжити роботу з програмою користувач повинен виправити вхідні дані.

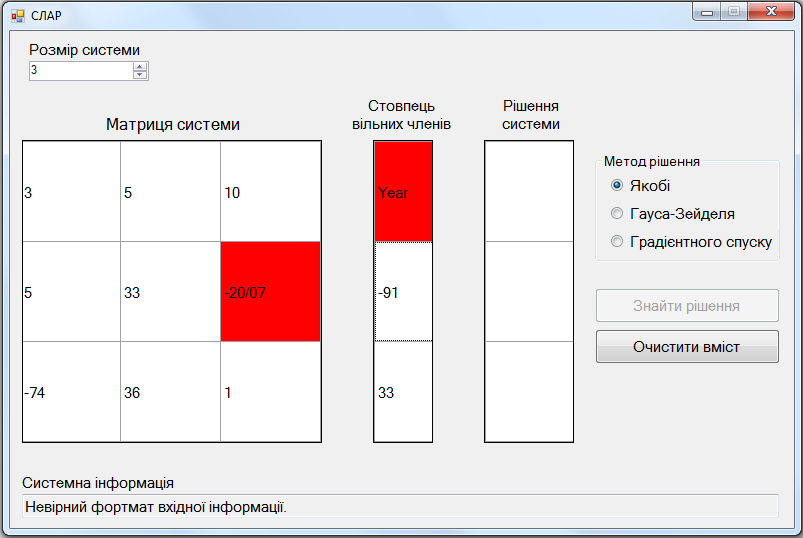


Рисунок 6.4 – Приклад некоректного введення даних користувачем

Після того як дані введені коректно в полі «Метод рішення» необхідно обрати метод, яким користувач бажає знайти розв’язки введеної системи та натиснути кнопку «Знайти рішення». Якщо для даної системи існує розв’язок та обраний метод сходить, то для неї буде виведено у вікні та записано у текстовий файл рішення системи (Рисунок 6.5):

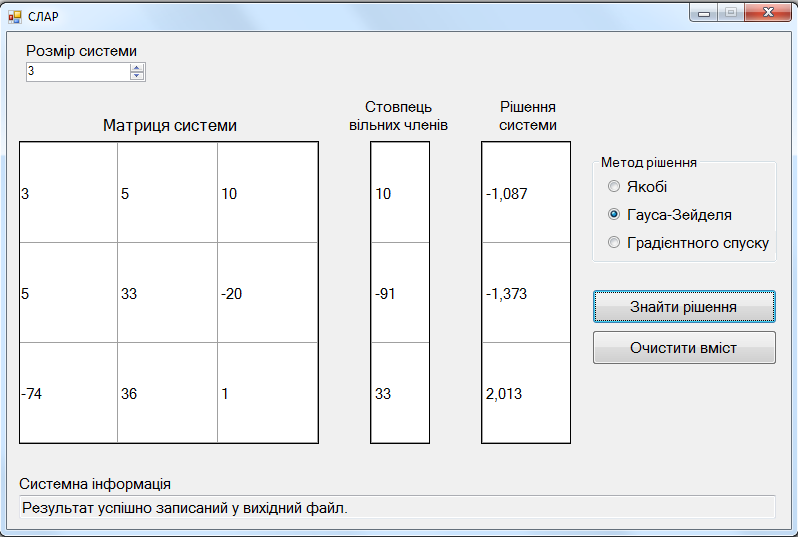


Рисунок 6.5 – Приклад результату роботи програми

Якщо для даної системи не існує розв’язку або їх безліч, то програмою в поле системної інформації буде виведене відповідне повідомлення (Рисунок 6.6):

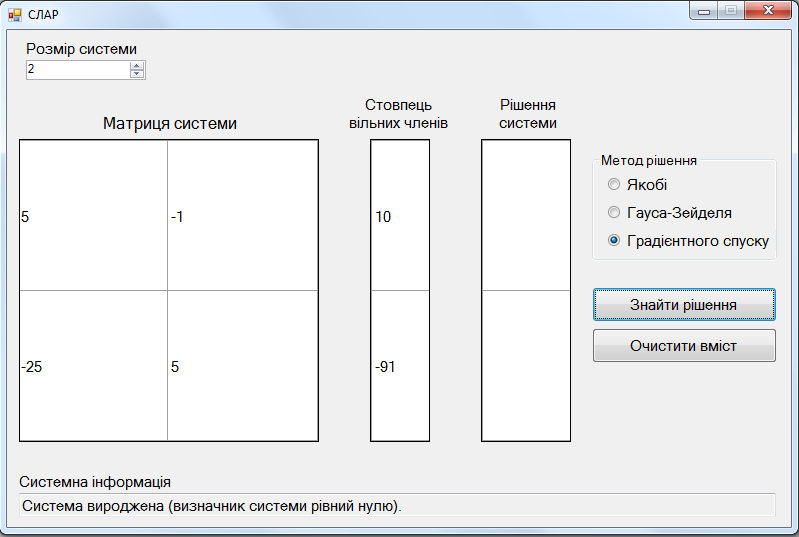


Рисунок 6.6 – Приклад введення системи для якої не існує розв’язку

Якщо для даної системи обраний метод не сходиться, то програмою в поле системної інформації буде виведене відповідне повідомлення (Рисунок 6.7):

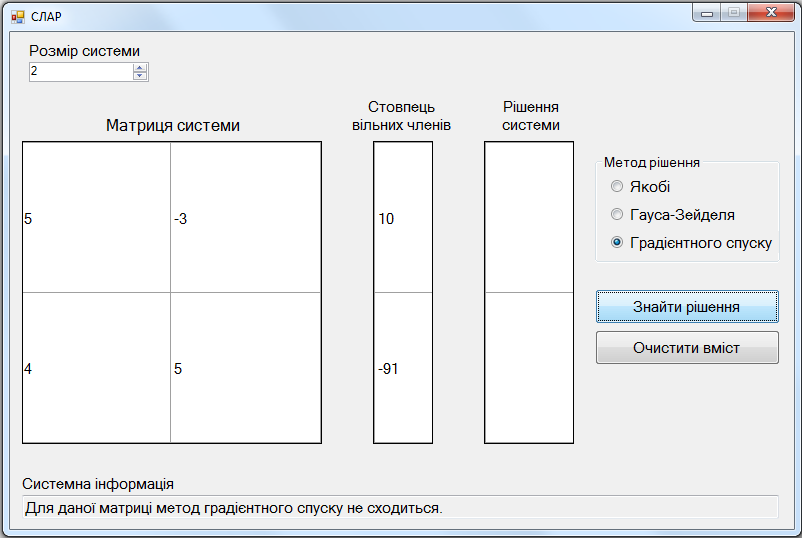


Рисунок 6.7 – Приклад введення системи для якої обраний метод   
не сходиться

Якщо під час виконання програми було обрано розмірність матриці «2» та записано систему для якої обраний метод сходиться, то програмою задля візуалізації рішення буде виведено графік (Рисунок 6.8):

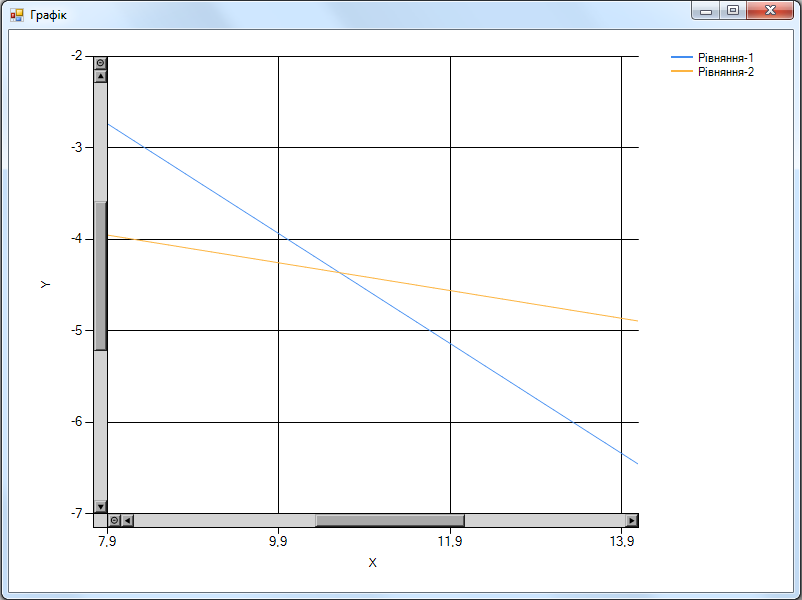


Рисунок 6.8 – Приклад введення графіку системи

Даний графік можна масштабувати виділивши необхідну область в прямокутник шляхом клацання лівою кнопкою та протягування миші   
(Рисунок 6.9 та Рисунок 6.10):

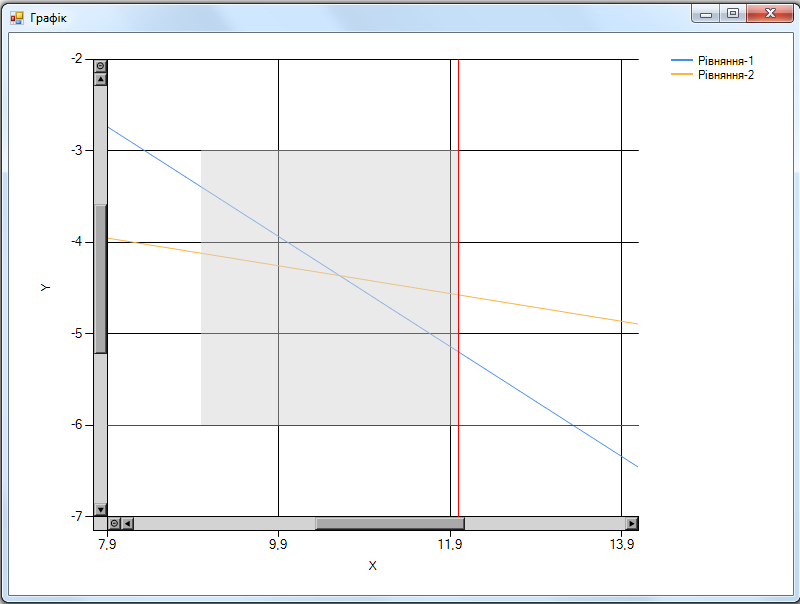


Рисунок 6.9 – Приклад виділення області графіку для масштабування

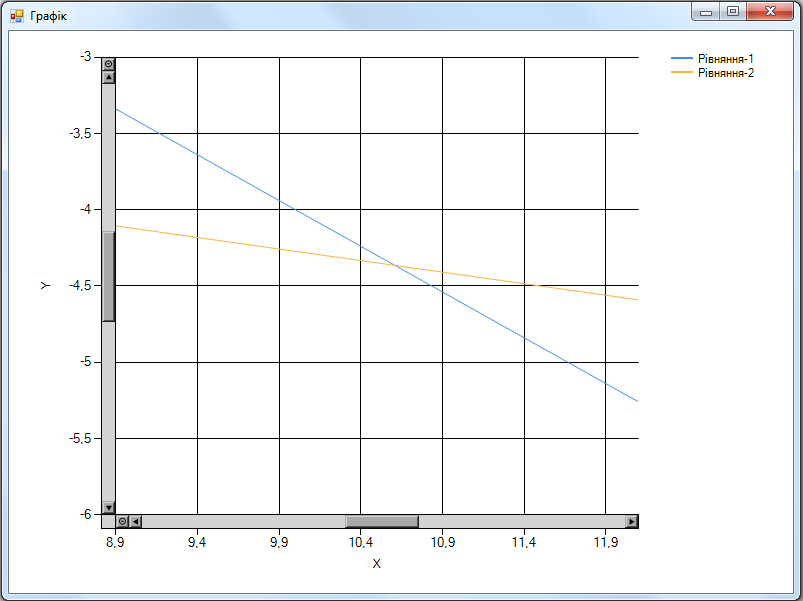


Рисунок 6.10 – Рисунок 6.9 після масштабування

Також можливо рухати графік системи за допомогою полос прокручування, що знаходяться знизу та зліва графіка. Якщо користувачеві необхідно зменшити масштаб по якійсь осі то, необхідно натиснути на кнопку на відповідні полосі прокручування.

Якщо користувачеві необхідно очисти всі введені вхідні дані, то це можна зробити за допомогою кнопки «Очистити вміст». Після її натискання матриця системи та стовпець вільних члені заповняться нулями, а вся інформація в таблиці «Рішення системи» буде стерта.

## Формат вхідних та вихідних даних

Користувачем на вхід програми подається СЛАР у матричному вигляді, тобто задається за допомогою матриці системи та стовпця вільних членів, числа яких дійсні з точністю не більше, ніж 3 знака після коми (якщо точність більша, то програма автоматично округлить їх за математичними правилами до 3-х знаків після коми).

Результатом виконання програми є розв’язок зданої СЛАР, який видається у вигляді таблиці кожне число якої записане з точністю до 3-х знаків після коми.

## Системні вимоги

Системні вимоги до програмного забезпечення наведені в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Системні вимоги прогрманого забезпечення

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Мінімальні | Рекомендовані |
| Операційна система | Windows® XP/Windows Vista/Windows 7/ Windows 8/Windows 10 (з останніми обновленнями) | Windows 7/ Windows 8/Windows 10  (з останніми обновленнями) |
| Процесор | Intel® Pentium® ІІІ  1.0 GHz або  AMD Athlon™ 1.0 GHz | Intel® Pentium® D або AMD Athlon™ 64 X2 |
| Оперативна пам'ять | 256 MB RAM (для Windows® XP) / 1 GB RAM (для Windows Vista/Windows 7/  Windows 8/Windows 10) | 2 GB RAM |
| Відеоадаптер | Intel GMA 950 з відеопам'яттю об'ємом не менше 64 МБ (або сумісний аналог) | |
| Дисплей | 800х600 | 1024х768 або краще |

Продовження таблиці 6.1

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Мінімальні | Рекомендовані |
| Прилади введення | Клавіатура, комп’ютерна миша | |
| Додаткове програмне забезпечення | Microsoft .Net Framework 4.5.2 або вище | |

# Аналіз і узагальнення результатів

Головною задачею курсової роботи була реалізація програми для розв’язання СЛАР наступними методами: Якобі, Гауса-Зейделя, градієнтного спуску.

Критичні ситуації у роботі програми виявлені не були. Під час тестування було виявлено, що більшість помилок виникало тоді, коли користувачем вводилися не числові вхідні дані. Тому всі дані, які вводить користувач, ретельно провіряються на валідність і лише потім подаються на обробку програмі.

Для перевірки та доведення достовірності результатів виконяння програмного забезпечення скористаюся MS Excel:

а) Метод Якобі:

Результат виконання методу Якобі наведно на рисунку 7.1:

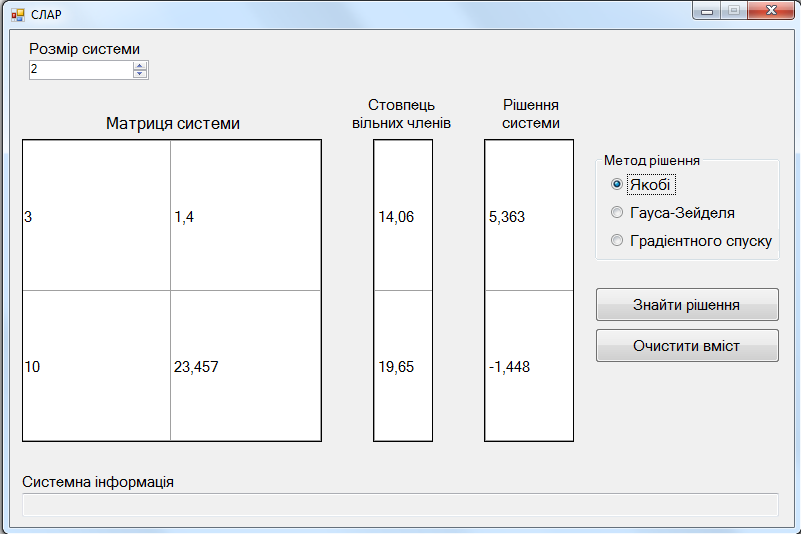


Рисунок 7.1 – Результат виконання методу Якобі

Оскільки результат виконання збігається з результатом в MS Excel (рисунок 7.2), то даний метод працює вірно.

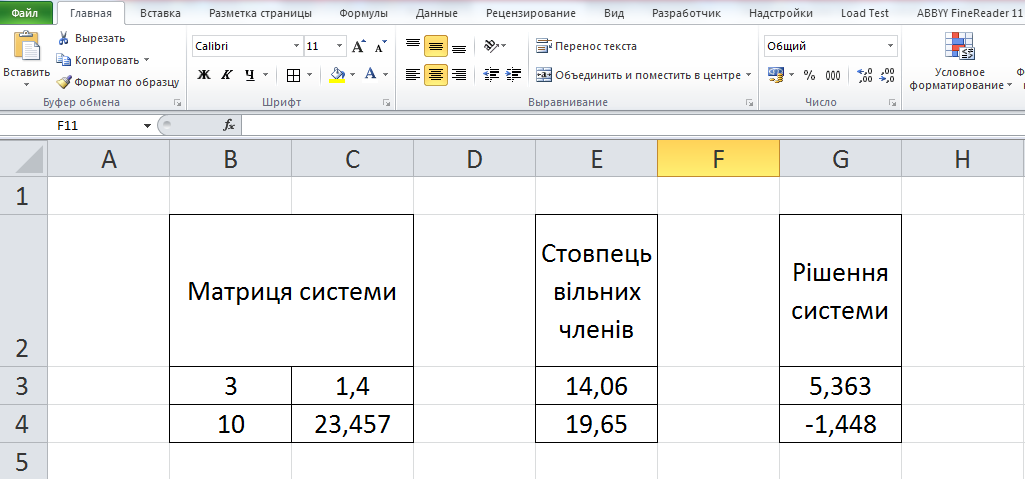


Рисунок 7.2 – Перевірка методу Якобі в MS Excel 2010

б) Метод Гауса-Зейделя:

Результат виконання методу Гауса-Зейделя наведно на рисунку 7.3:

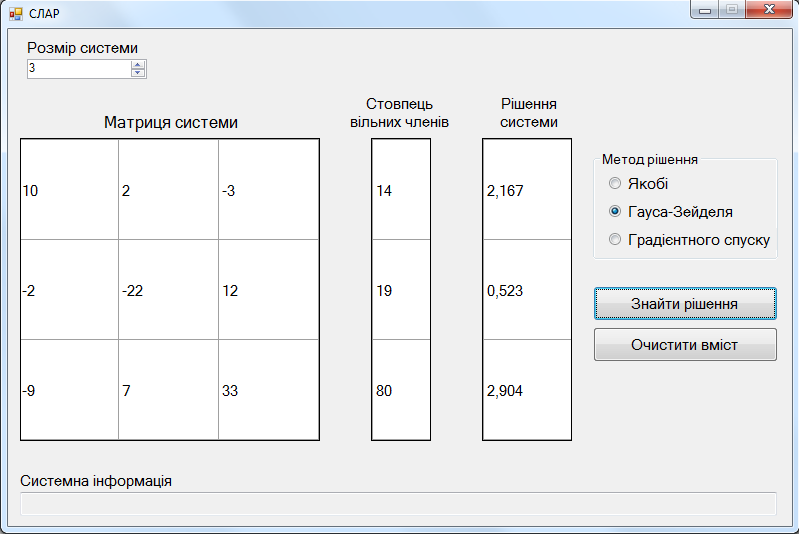


Рисунок 7.3 – Результат виконання методу Гауса-Зейделя

Оскільки результат виконання збігається з результатом в MS Excel (рисунок 7.4), то даний метод працює вірно.

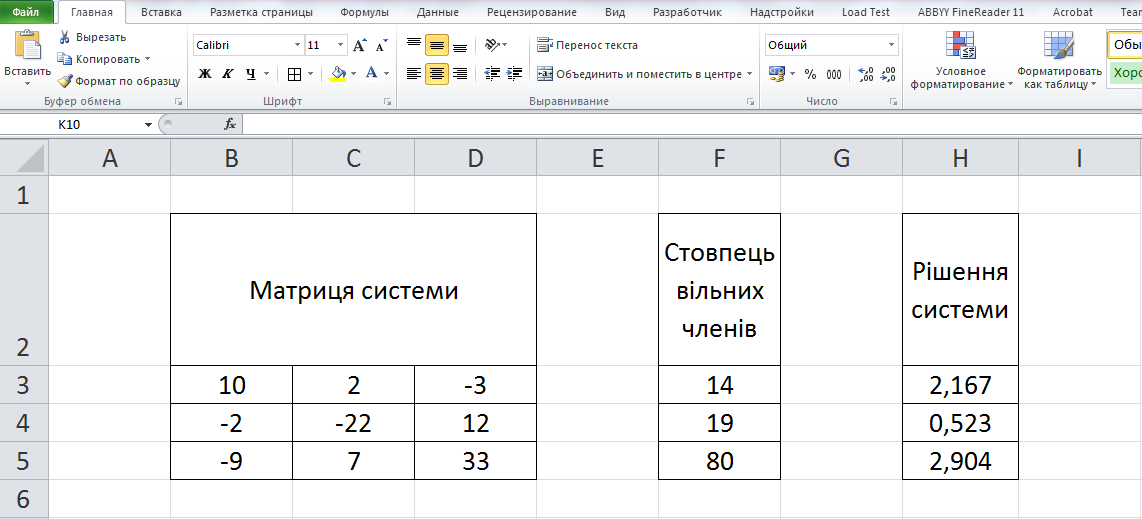


Рисунок 7.5 – Перевірка методу Гауса-Зейделя в MS Excel 2010

в) Метод градієнтного спуску:

Результат виконання методу градієнтного спуску наведно на рисунку 7.5:

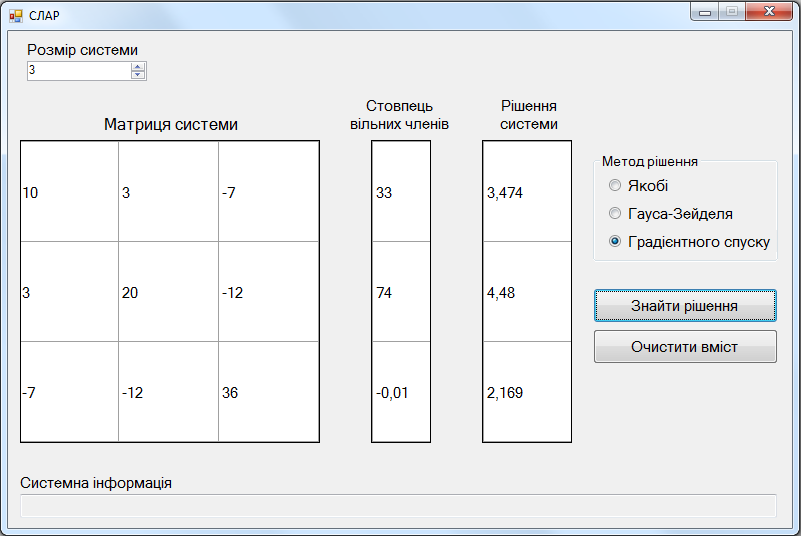


Рисунок 7.5 – Результат виконання методу градієнтного спуску

Оскільки результат виконання збігається з результатом в MS Excel (рисунок 7.6), то даний метод працює вірно.

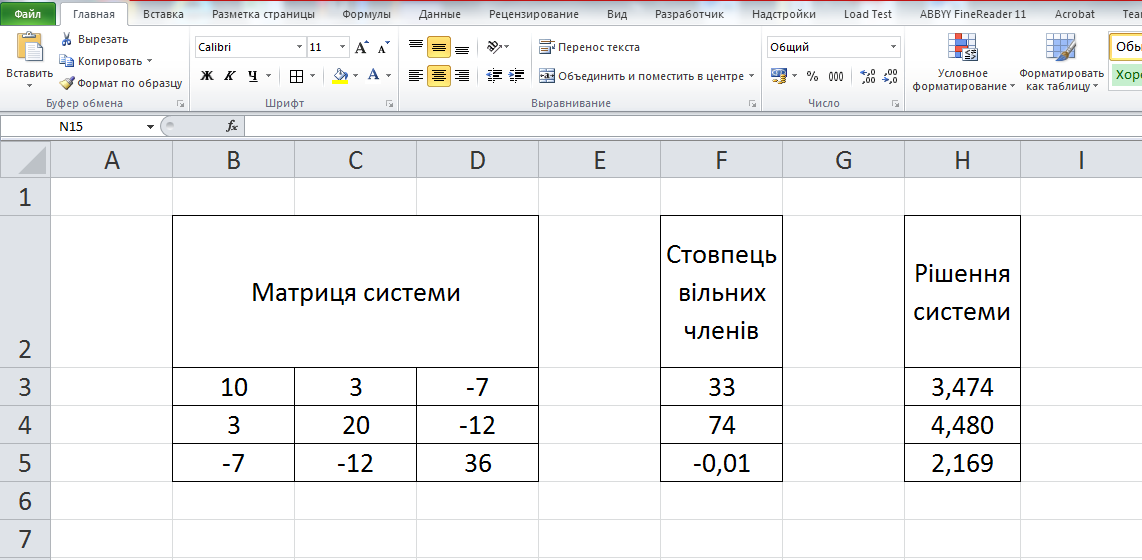


Рисунок 7.6 – Перевірка методу градієнтного спуску в MS Excel 2010

Для проведення тестування ефективності програми було створенно матриці наступного вигляду:

(7.1),

де – розмірність системи.

Матриця (7.1) для довльнього є симетричною, додатньо визначеною та має домінантну головну діагональ.

Результати тестування ефективності алгоритмів розвязання СЛАР наведено в таблиці 7.1:

Таблиця 7.1 – Тестування ефективності методів

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Кількість невідомих | Параметри тестуванн | Метод | | |
| Якобі | Гауса-Зейделя | Градієнтного спуску |
| 1000 | Кількість ітерацій | 7 | 5 | 3 |
| Кількість елементарних операцій (млн.) | 7,68 | 4,8 | 7,2 |
| Час виконання методу (мс) | 16 | 10 | 15 |
| 2500 | Кількість ітерацій | 7 | 5 | 3 |
| Кількість елементарних операцій (млн.) | 37,44 | 14,88 | 29,76 |
| Час виконання методу (мс) | 78 | 31 | 62 |
| 5000 | Кількість ітерацій | 8 | 6 | 3 |
| Кількість елементарних операцій (млн.) | 134,88 | 89,76 | 89,76 |
| Час виконання методу (мс) | 281 | 187 | 187 |
| 10000 | Кількість ітерацій | 7 | 6 | 3 |
| Кількість елементарних операцій (млн.) | 449,28 | 367,2 | 366,72 |
| Час виконання методу (мс) | 936 | 765 | 764 |
| 15000 | Кількість ітерацій | 7 | 5 | 3 |
| Кількість елементарних операцій (млн.) | 995,52 | 681,6 | 831,36 |
| Час виконання методу (мс) | 2074 | 1420 | 1732 |

Візуалізація результатів табиліці 7.1 наведено на рисунку 7.1:

Рисунок 7.1 – Графік залежності часу виконання методу від розміру   
вхідної системи

За результатами тестування можна зробити такі висновки:

а) Всі розглянуті методи дозволяю знаходити розвязки великих та надвеликих СЛАР.

б) Складність всіх розглянутих методів є квадратичною, тобто –  
 , де – кількість ітерацій виконаних методом, – розмір СЛАР.

в) З розглянутиих методів найоптимальнішим для практичного використання є метод Гауса-Зейделя, оскільки він виконується найшвидше та має такі умови сходимості, що охоплють найширший спектр СЛАР.

Висновки

На етапі ознайомлення з теоретичними аспектами завдання даної курсової роботи було досліджено алгоритми ітераційних методів розв’язання СЛАР, що використовуються для знаходження розв’язків великих та надвеликих СЛАР, проаналізовано їх особливості та доцільність використання в межах реальних проектів, що було доведено реалізацією програмного забезпечення, яке розглядається в данні курсовій роботі.

На етапі проектування програмного забезпечення реалізовано наступні ітераційні методи: Якобі, Гауса-Зейделя, градієнтного спуску. Результатом розробки програми є набуття досвіду роботи з великими та надвеликими СЛАР, закріплення, узагальнення та поглиблення знань і навичок програмування на мовах С\С++, набуття практичних навичок алгоритмізації прикладних задач з лінійної алгебри.

Для спрощення процесу взаємодії з користувачем та розширення кола можливих користувачі програмного забезпечення був розроблений інтерфейс користувача. Також був розроблена інструкція користувача, що дозволяє ознайомитися зі всіма можливостями та ключовим моментами використання програмного забезпечення.

На етапі тестування було визначено, що програма вірно обробляє всі вхідні дані та видає очікуваний результат.

Результатом курсової роботи є створена програма, яку можна використовувати у навчальних та/або інженерних цілях з метою розв’язання задач, які зводяться до знаходження рішення СЛАР або містять процес знаходження рішення СЛАР як підзадачу.

Перелік посилань

1. Иванов А.П. Практикум по численным методам решение систем линейных алгебраических уравнений (Методические указания). – С.-Пб., 2013 – 19 с.
2. В. М. Вержбицкий. Численные методы. Линейная алгебра и нелинейные уравнения. – М.: Изд. Высшая школа, 2000. – 274 с.
3. Баркалов К.А. Методы параллельных вычислений. – Н. Новгород: Изд-во Нижегородского госуниверситета им. Н.И. Лобачевского, 2011. – 124 с.
4. Н. Бахвалов, Н. Жидков, Г. Кобельков. Численные методы. – М.: Изд. Физматлит, 2006. – 432 с.
5. Фельдман Л.П., Петренко А.І., Дмитрієва О.А. Чисельні методи в інформатиці, BHV, 2006 – 480 с.
6. Калиткин Н.Н. Численные методы. – М.: Наука, 1978. – 512 с.
7. Страуструп. Б. Программирование: принципы и практика использования С++.: Пер. с англ. – М.: ООО «И.Д. Вильямс», 2011. – 1248 с.
8. Введение в вычислительную математику: для студентов задачи с решениями [Електронний ресурс] // Exponenta.ru – Режим доступу:

<http://www.exponenta.ru/educat/class/courses/student/vvm/examples.asp>

1. Особенности и преимущества итерационных методов решения систем линейных алгебраических уравнений [Електронний ресурс] //   
   studopedia.ru – Режим доступу:

<http://studopedia.ru/3_53319_osobennosti-i-preimushchestva-iteratsionnih-metodov-resheniya-sistem-lineynih-algebraicheskih-uravneniy.html>

1. Классификация итерационных методов. Иследование сходимости стационарных итерационных методов. Метод Якоби [Електронний ресурс] // old.math.tsu.ru – Режим доступу:

<http://old.math.tsu.ru/EEResources/cm/text/5_2.htm>

**Додаток А Технічне завдання**

МІНІСТЕРСТВО НАУКИ І ОСВІТИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ «КПІ»

Кафедра

автоматизованих систем обробки інформації та управління

Затвердив

Керівник Муха І. П.

«\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2016р.

Виконавець:

Студент Зарічковий О. А.

«\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2016 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на виконання курсової роботи

на тему: «Розв'язання СЛАР

наближеними методами»

з дисципліни:

«Основи програмування»

Київ 2016

1.1 Мета: Метою курсової роботи є розробка комплексу програм для розв’язання систем лінійних алгебраїчних рівнянь.

1.2 Найменування та галузь застосування об'єкта розробки:Дана робота присвячена розробці програмного забезпечення для розв’язання систем лінійних алгебраїчних рівнянь методами простої ітерації, Гаусса-Зейделя та методом найшвидшого спуску.

1.3 Підстава для проведення робіт:Підставою для розробки програмного забезпечення є навчальний план спеціальності 6.050301 «Програмна інженерія», робоча програма дисципліни „Основи програмування”, індивідуальне завдання.

1.4 Дата початку роботи: «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2016 р.

1.5 Дата закінчення роботи: «\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2016 р.

1.6 Призначення розробки: Функціональним призначенням програми є автоматизація розв’язання СЛАР, для підвищення точності та швидкості обчислень. Програма може експлуатуватися користувачем, який стикається з науковими та інженерними розрахунками для обчислення коренів розв’язання СЛАР, які могли б з високою точністю збігатися з реальними значеннями.

1.7 Вимоги до програми та програмної документації: Все програмне забезпечення та супроводжуюча технічна документація повинні задовольняти наступним ДЕСТам:

ИСО 5807 - 85 ГОСТ на розробку програмних документів, схем алгоритмів програм, даних та систем.

ГОСТ 19.781 - 74 - Вимоги до розробки програмного забезпечення.

ГОСТ 19.101-77 (СТ СЭВ 1626 - 79) - Держстандарт на розробку програмної документації, видів програм та програмних документів.

ГОСТ 29.401 - 78 - Текст програми. Вимоги до змісту та оформлення.

ГОСТ 19.106 - 78 - Вимоги до програмної документації.

ГОСТ 7.1 - 84 та ДСТУ 3008 - 95 - Розробка технічної документації.

1.8 Стадії та етапи розробки:

1. Аналіз методів вирішення поставленої задачі (до 17.04.2016 р.)

2. Розробка алгоритмічного забезпечення (до 24.04.2016 р.)

3. Розробка сценарію роботи програми (до 01.05.2016 р.)

4. Розробка програмного забезпечення (до 22.05.2016 р.)

5. Розробка інтерфейсу, планування, тестування розробленої програми (до 05.06.2016 р.)

6. Розробка пояснювальної записки (до 12.06.2016 р.).

7. Захист курсової роботи (до \_\_.\_\_.2016 р.).

1.9 Порядок контролю та приймання. Поточні результати роботи над КР регулярно демонструються викладачу. Своєчасність виконання основних етапів графіку підготовки роботи впливає на оцінку за КР відповідно до критеріїв її оцінювання.

Додаток Б Тексти програмного коду

(Найменування програми (документа))

*Тексти програмного коду програмного забезпечення*

Розв’язання СЛАР наближеними методами

(Вид носія даних)

*CD-RW*

(Обсяг програми (документа), арк., Кб)

*арк, Кб*

*студента групи ІП-51 І курсу*

Зарічкового Олександра Анатолійовича

Файл «Utilities.h»

#pragma once

namespace utilities {

const double eps = 1e-5; // Точність обчислення розвяку

// Структура, що представляє систему

struct system {

int size; // Розмір системи

double\*\* matrix; // Матриця системи

double\* free; // Стовпець вільних членів

};

double det(double\*\*, const int&); // Прототип функції обчислення визначника

double\*\* matrixCut(double\*\*, const int&, const int&); // Прототип функції уворення матриці(N - 1) - го порядку

double AlgebralAdditionCalc(double\*\*, const int&, const int&); // Прототип функції обчислення алгебраїного доповнення заданого елементу

double normCalc(double\*, double\*, const int&); // Прототип функції обчислення норми поточного рішення

bool isSemetric(const system&); // Прототип функції превірки матриці системи на симетричність

bool isPositive(const system&); // Прототип функції превірки матриці системи на додатньовизначеність

double\*\* cornerMinor(const system&, int); // Прототип функції утворення кутового мінору

double\* matrixMult(const system&, double\*); // Прототип функції множення матриці системи на вектор

double scalarMult(double\*, double\*, int&); // Прототип функції скалярного добутку векторів

void stableSystem(system&); // Прототип функції приведння матриці системи до канонічного вигляду

int indexOfMaxElement(double\*, const int&); // Прототип функції знаходження індекса максимального елементу в рядку

double lineSumElement(double\*, const int&); // Прототип функції знаходження суми елементів в рядку

bool isDiagDominate(const system&); // Прототип функції перевірки матриці системи на діагональний перевіс

double\*\* CreateMatrix(int); // Прототип функції виділення памяті під матрицю

void freeMatrix(double\*\* &, int); // Прототип функції видалення матриці з памяті

double\* CreateMas(int); // Прототип функції виділення памяті під масив

void freeMas(double\* &); // Прототип функції видалення масиву з памяті

void masCopy(double\*, double\*, int&); // Прототип функції копіювання масиву

};

Файл «Utilities.сpp»

#include "Utilities.h"

#include <cmath>

using namespace utilities;

/\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*

\* Функція обчислення визначника \*

\* матриці \*

\* Параметри: \*

\* matrix - матриця для якої потірбно \*

\* порахувати визначник \*

\* size - розмірність матриці \*

\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*/

double utilities::det(double\*\* matrix, const int& size) {

//ЯКЩО розмірність матриці одинична, ТО повернути визначник матриці 1х1

if (size == 1) return \*\*matrix;

else {

// Обчислення визначника матриці розкладом за першим стовпцем

double detRes = 0; // Визначник поточної матриці

for (int i = 0; i < size; i++) detRes += AlgebralAdditionCalc(matrix, size, i) \* matrix[i][0];

return detRes;

}

}

/\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*

\* Функція уворення матриці \*

\* (N-1)-го порядку \*

\* Параметри: \*

\* matrix - матриця для якої потірбно \*

\* знайт мінор \*

\* size - розмірність матриці \*

\* y - номер рядка елемента, для \*

\* якого потрібно порахувати \*

\* мінор \*

\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*/

double\*\* utilities::matrixCut(double\*\* matrix, const int& size, const int& y) {

int elementCount = 0; // Кількість елементів в утвореній матриці

// Cтворюємо нову матрицю

double\*\* newMatrix = CreateMatrix(size - 1);

// Заповнюємо матрицю

for (int i = 0; i < size; i++)

for (int z = 1; z < size; z++)

if (i != y) {

newMatrix[elementCount / (size - 1)][elementCount % (size - 1)] = matrix[i][z];

elementCount++;

}

return newMatrix;

}

/\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*

\* Функція обчислення алгебраїчного \*

\* доповнення заданого елементу \*

\* Параметри: \*

\* matrix - матриця для якої потірбно \*

\* знайти алгебраїчне доповнення \*

\* size - розмірність матриці \*

\* y - номер рядка елемента, для \*

\* якого потрібно порахувати \*

\* алгебраїний мінор \*

\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*/

double utilities::AlgebralAdditionCalc(double\*\* matrix, const int& size, const int& y) {

double\*\* newMatrix = matrixCut(matrix, size, y);

double result = det(newMatrix, size-1) \* (y & 1 ? -1 : 1); // Алгебраїчне доповнення

freeMatrix(newMatrix, size - 1);

return result;

}

/\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*

\* Функція обчислення норми \*

\* поточного наближення \*

\* Параметри: \*

\* х - поперднє наближення \*

\* хk - поточне наближення \*

\* size - розмірність масивів \*

\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*/

double utilities::normCalc(double\* x, double\* xk, const int& size) {

double norm = abs(\*x - \*xk);

for (int i = 1; i < size; i++)

if (abs(x[i] - xk[i]) > norm) norm = abs(x[i] - xk[i]);

return norm;

}

/\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*

\* Функція перевірки матриці \*

\* системи на симетричність \*

\* Параметри: \*

\* sols - система лінійних алгебраїчних \*

\* рівнянь \*

\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*/

bool utilities::isSemetric(const system& sols) {

for (int i = 0; i < sols.size; i++)

for (int z = i; z < sols.size; z++)

if (sols.matrix[i][z] != sols.matrix[z][i]) return false;

return true;

}

/\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*

\* Функція перевірки матриці \*

\* системи на додатньовизначеність \*

\* Параметри: \*

\* sols - система лінійних алгебраїчних \*

\* рівнянь \*

\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*/

bool utilities::isPositive(const system& sols) {

// Користуємося критерієм Сильвестра

for (int i = 1; i <= sols.size; i++) {

double\*\* newMatrix = cornerMinor(sols, i);

// Якщо визначник кутового мінору не є додатньою, то матриця не є додатньовизначеною

if (det(newMatrix, i) <= 0) return false;

freeMatrix(newMatrix, i);

}

return true;

}

/\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*

\* Функція утворення кутового \*

\* мінору матриці \*

\* Параметри: \*

\* sols - система лінійних алгебраїчних \*

\* рівнянь \*

\* size - розмірність кутового мінору \*

\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*/

double\*\* utilities::cornerMinor(const system& sols, int size) {

double\*\* newMatrix = CreateMatrix(size);

for (int i = 0; i < size; i++)

for (int z = 0; z < size; z++)

newMatrix[i][z] = sols.matrix[i][z];

return newMatrix;

}

/\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*

\* Функція множення матриці на \*

\* вектор \*

\* Параметри: \*

\* sols - система лінійних алгебраїчних \*

\* рівнянь \*

\* mas - вектор, на який множиться СЛАР \*

\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*/

double\* utilities::matrixMult(const system& sols, double\* mas) {

double\* newVector = CreateMas(sols.size);

for (int i = 0; i < sols.size; i++) {

newVector[i] = 0;

for (int z = 0; z < sols.size; z++) newVector[i] += mas[z] \* sols.matrix[i][z];

}

return newVector;

}

/\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*

\* Функція знаходження скалярного \*

\* добутку векторів \*

\* Параметри: \*

\* vector1 - перший векртор \*

\* vector2 - другий вектор \*

\* size - розмірність векторі \*

\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*/

double utilities::scalarMult(double\* vector1, double\* vector2, int& size) {

double scalar = 0;

for (int i = 0; i < size; i++) scalar += vector1[i] \* vector2[i];

return scalar;

}

/\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*

\* Функція стабілізації матриці \*

\* відносно головної діагоналі \*

\* Параметри: \*

\* sols - система лінійних алгебраїчних \*

\* рівнянь \*

\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*/

void utilities::stableSystem(system& sols) {

// Масив який вказує на якому рядку було замічено діагональний перевіс

int\* mas = new int[sols.size];

for (int i = 0; i < sols.size; i++) mas[i] = -1;

for (int i = 0; i < sols.size; i++) {

int index = indexOfMaxElement(sols.matrix[i], sols.size);

double sum = lineSumElement(sols.matrix[i], sols.size);

if (sum >= abs(2 \* sols.matrix[i][index])) {

delete[] mas;

return;

}

if(mas[index] != -1){

delete[] mas;

return;

}

mas[index] = i;

}

system newSols;

newSols.size = sols.size;

newSols.matrix = CreateMatrix(sols.size);

newSols.free = CreateMas(sols.size);

for (int i = 0; i < sols.size; i++) {

newSols.free[i] = sols.free[mas[i]];

for (int z = 0; z < sols.size; z++) newSols.matrix[i][z] = sols.matrix[mas[i]][z];

}

freeMatrix(sols.matrix, sols.size);

freeMas(sols.free);

sols = newSols;

delete[] mas;

}

/\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*

\* Функція знаходження \*

\* максимального за абсолютним \*

\* значення елемента в поточному \*

\* рядку \*

\* Параметри: \*

\* mas - поточний рядок \*

\* size - кількість елементів в рядку \*

\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*/

int utilities::indexOfMaxElement(double\* mas, const int& size) {

int index = 0; // Індекс максимального елементу

for (int i = 1; i < size; i++) if (abs(mas[i]) > abs(mas[index])) index = i;

return index;

}

/\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*

\* Функція знаходження \*

\* суми абсолютних значеннь \*

\* елементів в поточному \*

\* рядку \*

\* Параметри: \*

\* mas - поточний рядок \*

\* size - кількість елементів в рядку \*

\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*/

double utilities::lineSumElement(double\* mas, const int& size) {

double sum = 0; // Сума елементів

for (int i = 0; i < size; i++) sum += abs(mas[i]);

return sum;

}

/\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*

\* Функція перевірки матриці системи \*

\* на діагональний перевіс \*

\* Параметри: \*

\* sols - система лінійних алгебраїчних \*

\* рівнянь \*

\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*/

bool utilities::isDiagDominate(const system& sols) {

for (int i = 0; i < sols.size; i++) {

double sum = lineSumElement(sols.matrix[i], sols.size);

if (sum >= abs(2 \* sols.matrix[i][i])) return false;

}

return true;

}

/\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*

\* Функція виділення динамічної \*

\* памяті під матрицю \*

\* Параметри: \*

\* size - розмірність матриці \*

\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*/

double\*\* utilities::CreateMatrix(int size) {

double\*\* matrix = new double\*[size];

for (int i = 0; i < size; i++)

matrix[i] = new double[size];

return matrix;

}

/\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*

\* Функція видалення матриці \*

\* Параметри: \*

\* matrix - матриця, яку необхідно \*

\* видалити \*

\* size - розмірність матриці \*

\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*/

void utilities::freeMatrix(double\*\* & matrix, int size) {

for (int i = 0; i < size; i++) delete[] matrix[i];

delete[] matrix;

matrix = nullptr;

}

/\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*

\* Функція виділення динамічної \*

\* памяті під масив \*

\* Параметри: \*

\* size - розмірність масиву \*

\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*/

double\* utilities::CreateMas(int size) {

double\* mas = new double [size];

return mas;

}

/\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*

\* Функція видалення масиву \*

\* Параметри: \*

\* mas - масив, який необхідно \*

\* видалити \*

\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*/

void utilities::freeMas(double\* & mas) {

delete[] mas;

mas = nullptr;

}

/\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*

\* Функція копіювання масиву \*

\* Параметри: \*

\* scr - масив, який потрібно копіювати \*

\* dist - масив, в який потірбно \*

\* копіювати \*

\* size - розмірність масиву \*

\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*/

void utilities::masCopy(double\* src, double\* dist, int& size) {

for (int i = 0; i < size; i++) dist[i] = src[i];

}

Файл «Jacobi.h»

#pragma once

#include "Utilities.h"

using utilities::system;

namespace Jacobi {

double\* Jacobi(utilities::system&); // Прототип функції рішення системи методом Якобі

bool isSolved(utilities::system&); // Прототип функції перевірки на сходимість метода Якобі

void nextSolution(utilities::system&, double\*, double \*); // Прототип функції знаходження наступного наближення

};

Файл «Jacobi.cpp»

#include "Jacobi.h"

using namespace Jacobi;

/\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*

\* Функція рішення СЛАР методом \*

\* Якобі \*

\* Параметри: \*

\* sols - система лінійних алгебраїчних \*

\* рівнянь \*

\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*/

double\* Jacobi::Jacobi(system& sols) {

double\* x = utilities::CreateMas(sols.size);

double\* xk = utilities::CreateMas(sols.size);

for (int i = 0; i < sols.size; i++) xk[i] = 0;

double norm = 2 \* utilities::eps;

while (norm >= utilities::eps) {

utilities::masCopy(xk, x, sols.size);

nextSolution(sols, x, xk);

norm = utilities::normCalc(x, xk, sols.size);

}

utilities::freeMas(x);

return xk;

}

/\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*

\* Функція перевірки на сходимість \*

\* методу Якобі \*

\* Параметри: \*

\* sols - система лінійних алгебраїчних \*

\* рівнянь \*

\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*/

bool Jacobi::isSolved(system& sols) {

utilities::stableSystem(sols);

if (utilities::isDiagDominate(sols)) return true;

else return false;

}

/\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*

\* Функція знаходження наступного \*

\* наближення для методу Якобі \*

\* Параметри: \*

\* sols - система лінійних алгебраїчних \*

\* рівнянь \*

\* x - поперднє наближення \*

\* xk - поточне наближення \*

\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*/

void Jacobi::nextSolution(system& sols, double \*x, double\* xk) {

for (int i = 0; i < sols.size; i++) {

xk[i] = sols.free[i];

for (int z = 0; z < sols.size; z++)

if (i != z) xk[i] -= sols.matrix[i][z] \* x[z];

xk[i] /= sols.matrix[i][i];

}

}

Файл «Gauss-Seidel.h»

#pragma once

#include "Utilities.h"

namespace Seidel {

double\* Seidel(utilities::system&); // Прототип функції рішення системи методом Гауса-Зейделя

bool isSolved(utilities::system&); // Прототип функції перевірки на сходимість метода Гауса-Зейделя

void nextSolution(utilities::system&, double\*, double \*); // Прототип функції знаходження наступного наближення

};

Файл «Gauss-Seidel.cpp»

#include "Gauss–Seidel.h"

using namespace Seidel;

/\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*

\* Функція рішення СЛАР методом \*

\* Гауса-Зейделя \*

\* Параметри: \*

\* sols - система лінійних алгебраїчних \*

\* рівнянь \*

\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*/

double\* Seidel::Seidel(utilities::system& sols) {

double\* x = utilities::CreateMas(sols.size);

double\* xk = utilities::CreateMas(sols.size);

for (int i = 0; i < sols.size; i++) xk[i] = 0;

double norm = 2 \* utilities::eps;

while (norm >= utilities::eps) {

utilities::masCopy(xk, x, sols.size);

nextSolution(sols, x, xk);

norm = utilities::normCalc(x, xk, sols.size);

}

delete[] x;

return xk;

}

/\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*

\* Функція перевірки на сходимість \*

\* методу Гауса-Зейделя \*

\* Параметри: \*

\* sols - система лінійних алгебраїчних \*

\* рівнянь \*

\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*/

bool Seidel::isSolved(utilities::system& sols) {

utilities::stableSystem(sols);

if (utilities::isDiagDominate(sols) || (utilities::isPositive(sols) && utilities::isSemetric(sols))) return true;

else return false;

}

/\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*

\* Функція знаходження наступного \*

\* наближення для методу \*

\* Гауса-Зейделя \*

\* Параметри: \*

\* sols - система лінійних алгебраїчних \*

\* рівнянь \*

\* x - поперднє наближення \*

\* xk - поточне наближення \*

\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*/

void Seidel::nextSolution(utilities::system& sols, double\* x, double \* xk) {

for (int i = 0; i < sols.size; i++) {

xk[i] = sols.free[i];

for (int z = 0; z < i; z++) xk[i] -= sols.matrix[i][z] \* xk[z];

for (int z = i + 1; z < sols.size; z++) xk[i] -= sols.matrix[i][z] \* xk[z];

xk[i] /= sols.matrix[i][i];

}

}

Файл «GradientDescent.h»

#pragma once

#include "Utilities.h"

namespace GradientDescent {

bool isSolved(utilities::system&); // Прототип функції перевірки на сходимість метода градієнтоного спуску

double\* GradientDescent(utilities::system&); // Прототип функції рішення системи методом градієнтоного спуску

};

Файл «GradientDescent.cpp»

#include "GradientDescent.h"

using utilities::scalarMult;

using utilities::matrixMult;

/\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*

\* Функція рішення СЛАР методом \*

\* градієнтного спуску \*

\* Параметри: \*

\* sols - система лінійних алгебраїчних \*

\* рівнянь \*

\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*/

double\* GradientDescent::GradientDescent(utilities::system& sols) {

double\* x = utilities::CreateMas(sols.size); // Поточне рішення системи

double\* xk = utilities::CreateMas(sols.size); // Наступне наближення рішення

double\* r = utilities::CreateMas(sols.size); // Поточне значення незвязка

double\* rk = utilities::CreateMas(sols.size); // Наступне значення незвязки

double\* z = utilities::CreateMas(sols.size); // Поточне значення вектору напряку

double\* zk = utilities::CreateMas(sols.size);// Наступне значення вектору напрямку

// Задання початкових уточнень

for (int i = 0; i < sols.size; i++) {

xk[i] = 0;

rk[i] = sols.free[i];

zk[i] = sols.free[i];

}

double norm = 2 \* utilities::eps;

while (norm >= utilities::eps) {

utilities::masCopy(xk, x, sols.size);

utilities::masCopy(rk, r, sols.size);

utilities::masCopy(zk, z, sols.size);

double\* Az = matrixMult(sols, z);

int j;

for (j = 0; j < sols.size; j++) if (Az[j]) break;

if (j == sols.size) break;

double alpha = scalarMult(r, r, sols.size) / scalarMult(Az, z, sols.size) ; // Скалярний крок градієнту

for (int i = 0; i < sols.size; i++) xk[i] += alpha \* z[i];

for (int i = 0; i < sols.size; i++) rk[i] -= alpha \* Az[i];

double beta = scalarMult(rk, rk, sols.size) / scalarMult(r, r, sols.size); // Скалярна корекція напрямку

utilities::masCopy(rk, zk, sols.size);

for (int i = 0; i < sols.size; i++) zk[i] += beta \* z[i];

utilities::freeMas(Az);

norm = utilities::normCalc(x, xk, sols.size);

}

utilities::freeMas(x);

utilities::freeMas(r);

utilities::freeMas(rk);

utilities::freeMas(z);

utilities::freeMas(zk);

return xk;

}

/\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*

\* Функція перевірки на сходимість \*

\* методу градієнтного спуску \*

\* Параметри: \*

\* sols - система лінійних алгебраїчних \*

\* рівнянь \*

\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*/

bool GradientDescent::isSolved(utilities::system& sols) {

return utilities::isPositive(sols) && utilities::isSemetric(sols);

}

Файл «Graph.h»

#pragma once

#include "Utilities.h"

#include <algorithm>

namespace CourseWork {

using namespace System;

using namespace System::ComponentModel;

using namespace System::Collections;

using namespace System::Windows::Forms;

using namespace System::Data;

using namespace System::Drawing;

/// <summary>

/// Summary for Graph

/// </summary>

public ref class Graph : public System::Windows::Forms::Form

{

public:

Graph(utilities::system& sols, double\* x)

{

InitializeComponent(sols, x);

}

protected:

/// <summary>

/// Clean up any resources being used.

/// </summary>

~Graph()

{

if (components)

{

delete components;

}

}

private: System::Windows::Forms::DataVisualization::Charting::Chart^ CGraph;

protected:

private:

/// <summary>

/// Required designer variable.

/// </summary>

System::ComponentModel::Container ^components;

#pragma region Windows Form Designer generated code

/// <summary>

/// Required method for Designer support - do not modify

/// the contents of this method with the code editor.

/// </summary>

void InitializeComponent(utilities::system& sols, double\* x)

{

System::Windows::Forms::DataVisualization::Charting::ChartArea^ chartArea1 = (gcnew System::Windows::Forms::DataVisualization::Charting::ChartArea());

System::Windows::Forms::DataVisualization::Charting::Legend^ legend1 = (gcnew System::Windows::Forms::DataVisualization::Charting::Legend());

System::Windows::Forms::DataVisualization::Charting::Series^ series1 = (gcnew System::Windows::Forms::DataVisualization::Charting::Series());

System::Windows::Forms::DataVisualization::Charting::Series^ series2 = (gcnew System::Windows::Forms::DataVisualization::Charting::Series());

this->CGraph = (gcnew System::Windows::Forms::DataVisualization::Charting::Chart());

(cli::safe\_cast<System::ComponentModel::ISupportInitialize^>(this->CGraph))->BeginInit();

this->SuspendLayout();

//

// CGraph

//

chartArea1->Name = L"ChartArea1";

this->CGraph->ChartAreas->Add(chartArea1);

legend1->Name = L"Legend1";

this->CGraph->Legends->Add(legend1);

this->CGraph->Location = System::Drawing::Point(0, 0);

this->CGraph->Name = L"CGraph";

series1->ChartArea = L"ChartArea1";

series1->ChartType = System::Windows::Forms::DataVisualization::Charting::SeriesChartType::Spline;

series1->Legend = L"Legend1";

series1->LegendText = L"Система-1";

series1->Name = L"Series1";

series2->ChartArea = L"ChartArea1";

series2->ChartType = System::Windows::Forms::DataVisualization::Charting::SeriesChartType::Spline;

series2->Legend = L"Legend1";

series2->LegendText = L"Система-2";

series2->Name = L"Series2";

this->CGraph->Series->Add(series1);

this->CGraph->Series->Add(series2);

this->CGraph->Size = System::Drawing::Size(784, 562);

this->CGraph->TabIndex = 0;

this->CGraph->Text = L"chart1";

//

// Graph

//

this->AutoScaleDimensions = System::Drawing::SizeF(6, 13);

this->AutoScaleMode = System::Windows::Forms::AutoScaleMode::Font;

this->ClientSize = System::Drawing::Size(784, 562);

this->Controls->Add(this->CGraph);

this->Name = L"Graph";

this->Text = L"Графік";

(cli::safe\_cast<System::ComponentModel::ISupportInitialize^>(this->CGraph))->EndInit();

this->ResumeLayout(false);

double xl = x[0] - 10;

double xr = x[0] + 10;

double yl = x[1] - 10;

double yr = x[1] + 10;

if (sols.matrix[0][1] != 0) {

yl = std::min(yl, (sols.free[0] - sols.matrix[0][0] \* xl) / sols.matrix[0][1]);

yr = std::max(yr, (sols.free[0] - sols.matrix[0][0] \* xr) / sols.matrix[0][1]);

}

if (sols.matrix[1][1] != 0) {

yl = std::min(yl, (sols.free[1] - sols.matrix[1][0] \* xl) / sols.matrix[1][1]);

yr = std::max(yr, (sols.free[1] - sols.matrix[1][0] \* xr) / sols.matrix[1][1]);

}

chartArea1->AxisX->ScaleView->Zoom(xl, xr);

chartArea1->CursorX->IsUserEnabled = true;

chartArea1->CursorX->IsUserSelectionEnabled = true;

chartArea1->AxisX->ScaleView->Zoomable = true;

chartArea1->AxisX->Title = "X";

chartArea1->AxisY->ScaleView->Zoom(yl, yr);

chartArea1->CursorY->IsUserEnabled = true;

chartArea1->CursorY->IsUserSelectionEnabled = true;

chartArea1->AxisY->ScaleView->Zoomable = true;

chartArea1->AxisY->Title = "Y";

if(sols.matrix[0][1] != 0)

for (double i = xl; i <= xr; i += 0.1) series1->Points->AddXY(i, (sols.free[0] - sols.matrix[0][0] \* i) / sols.matrix[0][1]);

else for (double i = yl; i <= yr; i += 0.1) series1->Points->AddXY(sols.free[0] / sols.matrix[0][0], i);

if (sols.matrix[1][1] != 0)

for (double i = xl; i <= xr; i += 0.1) series2->Points->AddXY(i, (sols.free[1] - sols.matrix[1][0] \* i) / sols.matrix[1][1]);

else for (double i = yl; i <= yr; i += 0.1) series2->Points->AddXY(sols.free[1] / sols.matrix[1][0], i);

}

#pragma endregion

};

}

Файл «Home.h»

#pragma once

#include <cmath>

#include "Jacobi.h"

#include "Gauss–Seidel.h"

#include "GradientDescent.h"

#include "Utilities.h"

#include "Graph.h"

#include <time.h>

#define SIZE 300

#define MSIZE 5

#define presision 1000

namespace CourseWork {

using namespace System;

using namespace System::ComponentModel;

using namespace System::Collections;

using namespace System::Windows::Forms;

using namespace System::Data;

using namespace System::Drawing;

/// <summary>

/// Summary for Home

/// </summary>

public ref class Home : public System::Windows::Forms::Form

{

public:

Home(void)

{

InitializeComponent();

//

//TODO: Add the constructor code here

//

}

protected:

/// <summary>

/// Clean up any resources being used.

/// </summary>

~Home()

{

if (components)

{

delete components;

}

}

private: System::Windows::Forms::NumericUpDown^ solsSize;

private: System::Windows::Forms::Label^ label1;

private: System::Windows::Forms::DataGridView^ dataFree;

private: System::Windows::Forms::DataGridView^ dataRes;

private: System::Windows::Forms::Label^ label2;

private: System::Windows::Forms::Label^ label3;

private: System::Windows::Forms::Label^ label4;

private: System::Windows::Forms::GroupBox^ groupBox1;

private: System::Windows::Forms::RadioButton^ rDesent;

private: System::Windows::Forms::RadioButton^ RSeidel;

private: System::Windows::Forms::RadioButton^ RJacobi;

private: System::Windows::Forms::TextBox^ Info;

private: System::Windows::Forms::Label^ label5;

private: System::Windows::Forms::Button^ BSolve;

private: System::Windows::Forms::Button^ BClear;

private: System::Windows::Forms::DataGridView^ dataMatrix;

protected:

private:

/// <summary>

/// Required designer variable.

/// </summary>

System::ComponentModel::Container ^components;

#pragma region Windows Form Designer generated code

/// <summary>

/// Required method for Designer support - do not modify

/// the contents of this method with the code editor.

/// </summary>

void InitializeComponent(void)

{

System::Windows::Forms::DataGridViewCellStyle^ dataGridViewCellStyle1 = (gcnew System::Windows::Forms::DataGridViewCellStyle());

System::Windows::Forms::DataGridViewCellStyle^ dataGridViewCellStyle2 = (gcnew System::Windows::Forms::DataGridViewCellStyle());

System::Windows::Forms::DataGridViewCellStyle^ dataGridViewCellStyle3 = (gcnew System::Windows::Forms::DataGridViewCellStyle());

System::Windows::Forms::DataGridViewCellStyle^ dataGridViewCellStyle4 = (gcnew System::Windows::Forms::DataGridViewCellStyle());

this->solsSize = (gcnew System::Windows::Forms::NumericUpDown());

this->label1 = (gcnew System::Windows::Forms::Label());

this->dataMatrix = (gcnew System::Windows::Forms::DataGridView());

this->dataFree = (gcnew System::Windows::Forms::DataGridView());

this->dataRes = (gcnew System::Windows::Forms::DataGridView());

this->label2 = (gcnew System::Windows::Forms::Label());

this->label3 = (gcnew System::Windows::Forms::Label());

this->label4 = (gcnew System::Windows::Forms::Label());

this->groupBox1 = (gcnew System::Windows::Forms::GroupBox());

this->rDesent = (gcnew System::Windows::Forms::RadioButton());

this->RSeidel = (gcnew System::Windows::Forms::RadioButton());

this->RJacobi = (gcnew System::Windows::Forms::RadioButton());

this->Info = (gcnew System::Windows::Forms::TextBox());

this->label5 = (gcnew System::Windows::Forms::Label());

this->BSolve = (gcnew System::Windows::Forms::Button());

this->BClear = (gcnew System::Windows::Forms::Button());

(cli::safe\_cast<System::ComponentModel::ISupportInitialize^>(this->solsSize))->BeginInit();

(cli::safe\_cast<System::ComponentModel::ISupportInitialize^>(this->dataMatrix))->BeginInit();

(cli::safe\_cast<System::ComponentModel::ISupportInitialize^>(this->dataFree))->BeginInit();

(cli::safe\_cast<System::ComponentModel::ISupportInitialize^>(this->dataRes))->BeginInit();

this->groupBox1->SuspendLayout();

this->SuspendLayout();

//

// solsSize

//

this->solsSize->InterceptArrowKeys = false;

this->solsSize->Location = System::Drawing::Point(19, 30);

this->solsSize->Maximum = System::Decimal(gcnew cli::array< System::Int32 >(4) { 5, 0, 0, 0 });

this->solsSize->Minimum = System::Decimal(gcnew cli::array< System::Int32 >(4) { 2, 0, 0, 0 });

this->solsSize->Name = L"solsSize";

this->solsSize->Size = System::Drawing::Size(120, 20);

this->solsSize->TabIndex = 0;

this->solsSize->Value = System::Decimal(gcnew cli::array< System::Int32 >(4) { 2, 0, 0, 0 });

this->solsSize->ValueChanged += gcnew System::EventHandler(this, &Home::solsSize\_ValueChanged);

//

// label1

//

this->label1->AutoSize = true;

this->label1->Font = (gcnew System::Drawing::Font(L"Microsoft Sans Serif", 11.25F, System::Drawing::FontStyle::Regular, System::Drawing::GraphicsUnit::Point,

static\_cast<System::Byte>(204)));

this->label1->Location = System::Drawing::Point(16, 9);

this->label1->Name = L"label1";

this->label1->Size = System::Drawing::Size(119, 18);

this->label1->TabIndex = 1;

this->label1->Text = L"Розмір системи";

//

// dataMatrix

//

this->dataMatrix->AllowUserToAddRows = false;

this->dataMatrix->AllowUserToDeleteRows = false;

this->dataMatrix->AllowUserToResizeColumns = false;

this->dataMatrix->AllowUserToResizeRows = false;

this->dataMatrix->BackgroundColor = System::Drawing::Color::WhiteSmoke;

this->dataMatrix->ColumnHeadersHeightSizeMode = System::Windows::Forms::DataGridViewColumnHeadersHeightSizeMode::AutoSize;

this->dataMatrix->ColumnHeadersVisible = false;

dataGridViewCellStyle1->Alignment = System::Windows::Forms::DataGridViewContentAlignment::MiddleLeft;

dataGridViewCellStyle1->BackColor = System::Drawing::SystemColors::Window;

dataGridViewCellStyle1->Font = (gcnew System::Drawing::Font(L"Microsoft Sans Serif", 8.25F, System::Drawing::FontStyle::Regular,

System::Drawing::GraphicsUnit::Point, static\_cast<System::Byte>(204)));

dataGridViewCellStyle1->ForeColor = System::Drawing::SystemColors::ControlText;

dataGridViewCellStyle1->SelectionBackColor = System::Drawing::SystemColors::Highlight;

dataGridViewCellStyle1->SelectionForeColor = System::Drawing::Color::Black;

dataGridViewCellStyle1->WrapMode = System::Windows::Forms::DataGridViewTriState::False;

this->dataMatrix->DefaultCellStyle = dataGridViewCellStyle1;

this->dataMatrix->Location = System::Drawing::Point(12, 109);

this->dataMatrix->MultiSelect = false;

this->dataMatrix->Name = L"dataMatrix";

this->dataMatrix->RowHeadersVisible = false;

dataGridViewCellStyle2->Font = (gcnew System::Drawing::Font(L"Microsoft Sans Serif", 11.25F, System::Drawing::FontStyle::Regular,

System::Drawing::GraphicsUnit::Point, static\_cast<System::Byte>(204)));

dataGridViewCellStyle2->ForeColor = System::Drawing::Color::Black;

dataGridViewCellStyle2->SelectionBackColor = System::Drawing::Color::White;

dataGridViewCellStyle2->SelectionForeColor = System::Drawing::Color::Black;

this->dataMatrix->RowsDefaultCellStyle = dataGridViewCellStyle2;

this->dataMatrix->ScrollBars = System::Windows::Forms::ScrollBars::None;

this->dataMatrix->Size = System::Drawing::Size(300, 303);

this->dataMatrix->TabIndex = 2;

this->dataMatrix->CellEndEdit += gcnew System::Windows::Forms::DataGridViewCellEventHandler(this, &Home::dataMatrix\_CellEndEdit);

//

// dataFree

//

this->dataFree->AllowUserToAddRows = false;

this->dataFree->AllowUserToDeleteRows = false;

this->dataFree->AllowUserToResizeColumns = false;

this->dataFree->AllowUserToResizeRows = false;

this->dataFree->Anchor = static\_cast<System::Windows::Forms::AnchorStyles>((((System::Windows::Forms::AnchorStyles::Top | System::Windows::Forms::AnchorStyles::Bottom)

| System::Windows::Forms::AnchorStyles::Left)

| System::Windows::Forms::AnchorStyles::Right));

this->dataFree->BackgroundColor = System::Drawing::Color::WhiteSmoke;

this->dataFree->ColumnHeadersHeightSizeMode = System::Windows::Forms::DataGridViewColumnHeadersHeightSizeMode::AutoSize;

this->dataFree->ColumnHeadersVisible = false;

this->dataFree->Location = System::Drawing::Point(363, 109);

this->dataFree->MultiSelect = false;

this->dataFree->Name = L"dataFree";

this->dataFree->RowHeadersVisible = false;

dataGridViewCellStyle3->Font = (gcnew System::Drawing::Font(L"Microsoft Sans Serif", 11.25F, System::Drawing::FontStyle::Regular,

System::Drawing::GraphicsUnit::Point, static\_cast<System::Byte>(204)));

dataGridViewCellStyle3->ForeColor = System::Drawing::Color::Black;

dataGridViewCellStyle3->SelectionBackColor = System::Drawing::Color::White;

dataGridViewCellStyle3->SelectionForeColor = System::Drawing::Color::Black;

this->dataFree->RowsDefaultCellStyle = dataGridViewCellStyle3;

this->dataFree->ScrollBars = System::Windows::Forms::ScrollBars::None;

this->dataFree->Size = System::Drawing::Size(60, 303);

this->dataFree->TabIndex = 3;

this->dataFree->CellEndEdit += gcnew System::Windows::Forms::DataGridViewCellEventHandler(this, &Home::dataFree\_CellEndEdit);

//

// dataRes

//

this->dataRes->AllowUserToAddRows = false;

this->dataRes->AllowUserToDeleteRows = false;

this->dataRes->AllowUserToResizeColumns = false;

this->dataRes->AllowUserToResizeRows = false;

this->dataRes->Anchor = static\_cast<System::Windows::Forms::AnchorStyles>((((System::Windows::Forms::AnchorStyles::Top | System::Windows::Forms::AnchorStyles::Bottom)

| System::Windows::Forms::AnchorStyles::Left)

| System::Windows::Forms::AnchorStyles::Right));

this->dataRes->BackgroundColor = System::Drawing::Color::WhiteSmoke;

this->dataRes->ColumnHeadersHeightSizeMode = System::Windows::Forms::DataGridViewColumnHeadersHeightSizeMode::AutoSize;

this->dataRes->ColumnHeadersVisible = false;

this->dataRes->Location = System::Drawing::Point(474, 109);

this->dataRes->Name = L"dataRes";

this->dataRes->ReadOnly = true;

this->dataRes->RowHeadersVisible = false;

dataGridViewCellStyle4->Font = (gcnew System::Drawing::Font(L"Microsoft Sans Serif", 11.25F, System::Drawing::FontStyle::Regular,

System::Drawing::GraphicsUnit::Point, static\_cast<System::Byte>(204)));

dataGridViewCellStyle4->ForeColor = System::Drawing::Color::Black;

dataGridViewCellStyle4->SelectionBackColor = System::Drawing::Color::White;

dataGridViewCellStyle4->SelectionForeColor = System::Drawing::Color::Black;

this->dataRes->RowsDefaultCellStyle = dataGridViewCellStyle4;

this->dataRes->ScrollBars = System::Windows::Forms::ScrollBars::None;

this->dataRes->Size = System::Drawing::Size(90, 303);

this->dataRes->TabIndex = 4;

//

// label2

//

this->label2->Font = (gcnew System::Drawing::Font(L"Microsoft Sans Serif", 12, System::Drawing::FontStyle::Regular, System::Drawing::GraphicsUnit::Point,

static\_cast<System::Byte>(204)));

this->label2->Location = System::Drawing::Point(15, 81);

this->label2->Name = L"label2";

this->label2->Size = System::Drawing::Size(297, 25);

this->label2->TabIndex = 5;

this->label2->Text = L"Матриця системи";

this->label2->TextAlign = System::Drawing::ContentAlignment::MiddleCenter;

//

// label3

//

this->label3->Font = (gcnew System::Drawing::Font(L"Microsoft Sans Serif", 11.25F, System::Drawing::FontStyle::Regular, System::Drawing::GraphicsUnit::Point,

static\_cast<System::Byte>(204)));

this->label3->Location = System::Drawing::Point(329, 60);

this->label3->Name = L"label3";

this->label3->Size = System::Drawing::Size(128, 46);

this->label3->TabIndex = 6;

this->label3->Text = L"Стовпець вільних членів";

this->label3->TextAlign = System::Drawing::ContentAlignment::MiddleCenter;

//

// label4

//

this->label4->Font = (gcnew System::Drawing::Font(L"Microsoft Sans Serif", 11.25F, System::Drawing::FontStyle::Regular, System::Drawing::GraphicsUnit::Point,

static\_cast<System::Byte>(204)));

this->label4->Location = System::Drawing::Point(471, 64);

this->label4->Name = L"label4";

this->label4->Size = System::Drawing::Size(103, 38);

this->label4->TabIndex = 7;

this->label4->Text = L"Рішення системи";

this->label4->TextAlign = System::Drawing::ContentAlignment::MiddleCenter;

//

// groupBox1

//

this->groupBox1->Controls->Add(this->rDesent);

this->groupBox1->Controls->Add(this->RSeidel);

this->groupBox1->Controls->Add(this->RJacobi);

this->groupBox1->Font = (gcnew System::Drawing::Font(L"Microsoft Sans Serif", 9.75F, System::Drawing::FontStyle::Regular, System::Drawing::GraphicsUnit::Point,

static\_cast<System::Byte>(204)));

this->groupBox1->Location = System::Drawing::Point(585, 122);

this->groupBox1->Name = L"groupBox1";

this->groupBox1->Size = System::Drawing::Size(185, 109);

this->groupBox1->TabIndex = 8;

this->groupBox1->TabStop = false;

this->groupBox1->Text = L"Метод рішення";

//

// rDesent

//

this->rDesent->AutoSize = true;

this->rDesent->Font = (gcnew System::Drawing::Font(L"Microsoft Sans Serif", 11.25F, System::Drawing::FontStyle::Regular, System::Drawing::GraphicsUnit::Point,

static\_cast<System::Byte>(204)));

this->rDesent->Location = System::Drawing::Point(16, 77);

this->rDesent->Name = L"rDesent";

this->rDesent->Size = System::Drawing::Size(168, 22);

this->rDesent->TabIndex = 2;

this->rDesent->TabStop = true;

this->rDesent->Text = L"Градієнтного спуску";

this->rDesent->UseVisualStyleBackColor = true;

//

// RSeidel

//

this->RSeidel->AutoSize = true;

this->RSeidel->Font = (gcnew System::Drawing::Font(L"Microsoft Sans Serif", 11.25F, System::Drawing::FontStyle::Regular, System::Drawing::GraphicsUnit::Point,

static\_cast<System::Byte>(204)));

this->RSeidel->Location = System::Drawing::Point(16, 49);

this->RSeidel->Name = L"RSeidel";

this->RSeidel->Size = System::Drawing::Size(131, 22);

this->RSeidel->TabIndex = 1;

this->RSeidel->TabStop = true;

this->RSeidel->Text = L"Гауса-Зейделя";

this->RSeidel->UseVisualStyleBackColor = true;

//

// RJacobi

//

this->RJacobi->AutoSize = true;

this->RJacobi->Checked = true;

this->RJacobi->Font = (gcnew System::Drawing::Font(L"Microsoft Sans Serif", 11.25F, System::Drawing::FontStyle::Regular, System::Drawing::GraphicsUnit::Point,

static\_cast<System::Byte>(204)));

this->RJacobi->Location = System::Drawing::Point(16, 21);

this->RJacobi->Name = L"RJacobi";

this->RJacobi->Size = System::Drawing::Size(66, 22);

this->RJacobi->TabIndex = 0;

this->RJacobi->TabStop = true;

this->RJacobi->Text = L"Якобі";

this->RJacobi->UseVisualStyleBackColor = true;

//

// Info

//

this->Info->Font = (gcnew System::Drawing::Font(L"Microsoft Sans Serif", 11.25F, System::Drawing::FontStyle::Regular, System::Drawing::GraphicsUnit::Point,

static\_cast<System::Byte>(204)));

this->Info->Location = System::Drawing::Point(12, 463);

this->Info->Name = L"Info";

this->Info->ReadOnly = true;

this->Info->Size = System::Drawing::Size(757, 24);

this->Info->TabIndex = 9;

//

// label5

//

this->label5->AutoSize = true;

this->label5->Font = (gcnew System::Drawing::Font(L"Microsoft Sans Serif", 11.25F, System::Drawing::FontStyle::Regular, System::Drawing::GraphicsUnit::Point,

static\_cast<System::Byte>(204)));

this->label5->Location = System::Drawing::Point(9, 442);

this->label5->Name = L"label5";

this->label5->Size = System::Drawing::Size(160, 18);

this->label5->TabIndex = 10;

this->label5->Text = L"Системна інформація";

//

// BSolve

//

this->BSolve->Font = (gcnew System::Drawing::Font(L"Microsoft Sans Serif", 11.25F, System::Drawing::FontStyle::Regular, System::Drawing::GraphicsUnit::Point,

static\_cast<System::Byte>(204)));

this->BSolve->Location = System::Drawing::Point(585, 257);

this->BSolve->Name = L"BSolve";

this->BSolve->Size = System::Drawing::Size(185, 35);

this->BSolve->TabIndex = 11;

this->BSolve->Text = L"Знайти рішення";

this->BSolve->UseVisualStyleBackColor = true;

this->BSolve->Click += gcnew System::EventHandler(this, &Home::BSolve\_Click);

//

// BClear

//

this->BClear->Font = (gcnew System::Drawing::Font(L"Microsoft Sans Serif", 11.25F, System::Drawing::FontStyle::Regular, System::Drawing::GraphicsUnit::Point,

static\_cast<System::Byte>(204)));

this->BClear->Location = System::Drawing::Point(585, 298);

this->BClear->Name = L"BClear";

this->BClear->Size = System::Drawing::Size(185, 35);

this->BClear->TabIndex = 12;

this->BClear->Text = L"Очистити вміст";

this->BClear->UseVisualStyleBackColor = true;

this->BClear->Click += gcnew System::EventHandler(this, &Home::BClear\_Click);

//

// Home

//

this->AutoScaleDimensions = System::Drawing::SizeF(6, 13);

this->AutoScaleMode = System::Windows::Forms::AutoScaleMode::Font;

this->ClientSize = System::Drawing::Size(784, 497);

this->Controls->Add(this->BClear);

this->Controls->Add(this->BSolve);

this->Controls->Add(this->label5);

this->Controls->Add(this->Info);

this->Controls->Add(this->groupBox1);

this->Controls->Add(this->label4);

this->Controls->Add(this->label3);

this->Controls->Add(this->label2);

this->Controls->Add(this->dataRes);

this->Controls->Add(this->dataFree);

this->Controls->Add(this->dataMatrix);

this->Controls->Add(this->label1);

this->Controls->Add(this->solsSize);

this->FormBorderStyle = System::Windows::Forms::FormBorderStyle::FixedSingle;

this->MaximizeBox = false;

this->Name = L"Home";

this->Text = L"СЛАР";

this->Load += gcnew System::EventHandler(this, &Home::Home\_Load);

(cli::safe\_cast<System::ComponentModel::ISupportInitialize^>(this->solsSize))->EndInit();

(cli::safe\_cast<System::ComponentModel::ISupportInitialize^>(this->dataMatrix))->EndInit();

(cli::safe\_cast<System::ComponentModel::ISupportInitialize^>(this->dataFree))->EndInit();

(cli::safe\_cast<System::ComponentModel::ISupportInitialize^>(this->dataRes))->EndInit();

this->groupBox1->ResumeLayout(false);

this->groupBox1->PerformLayout();

this->ResumeLayout(false);

this->PerformLayout();

}

#pragma endregion

/\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*

\* Функція виведення результату \*

\* роботи програми у поле результату \*

\* Параметри: \*

\* х - результат виконання програми \*

\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*/

private: void print(double\* x) {

int size = Convert::ToInt32(solsSize->Value);

for (int i = 0; i < size; i++) dataRes->Rows[i]->Cells[0]->Value = Convert::ToString(round(x[i]\*presision)/ presision);

}

/\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*

\* Функція читання СЛАР \*

\* Параметри: \*

\* sols - система лінійних алгебраїчних \*

\* рівнянь \*

\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*/

private: void DataRead(utilities::system& sols) {

bool flag = false;

for (int i = 0; i < sols.size; i++)

for (int z = 0; z < sols.size; z++) sols.matrix[i][z] = Convert::ToDouble(dataMatrix->Rows[i]->Cells[z]->Value);

for (int i = 0; i < sols.size; i++) sols.free[i] = Convert::ToDouble(dataFree->Rows[i]->Cells[0]->Value);

}

/\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*

\* Функція перевірки вхідних \*

\* даних на валідність \*

\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*/

private: bool DataRead() {

int size = Convert::ToInt32(solsSize->Value);

bool flag = false;

for (int i = 0; i < size; i++)

for (int z = 0; z < size; z++) {

try {

double x = Convert::ToDouble(dataMatrix->Rows[i]->Cells[z]->Value);

x = round(x \* presision) / presision;

dataMatrix->Rows[i]->Cells[z]->Value = Convert::ToString(x);

dataMatrix->Rows[i]->Cells[z]->Style->BackColor = System::Drawing::Color::White;

}

catch (System::FormatException^ ex) {

flag = true;

dataMatrix->Rows[i]->Cells[z]->Style->BackColor = System::Drawing::Color::Red;

}

}

for (int i = 0; i < size; i++) {

try {

double x = Convert::ToDouble(dataFree->Rows[i]->Cells[0]->Value);

x = round(x \* presision) / presision;

dataFree->Rows[i]->Cells[0]->Value = Convert::ToString(x);

dataFree->Rows[i]->Cells[0]->Style->BackColor = System::Drawing::Color::White;

}

catch (System::FormatException^ ex) {

flag = true;

dataFree->Rows[i]->Cells[0]->Style->BackColor = System::Drawing::Color::Red;

}

}

return flag;

}

/\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*

\* Функція зміни розмірів матриці \*

\* системи,стовпця вільних членів \*

\* та вектора відповіді \*

\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*/

private: System::Void Resize() {

int size = Convert::ToInt32(solsSize->Value);

dataMatrix->ColumnCount = size;

dataMatrix->RowCount = size;

dataFree->ColumnCount = 1;

dataFree->RowCount = size;

dataRes->ColumnCount = 1;

dataRes->RowCount = size;

int t = SIZE / size;

for (int i = 0; i < size; i++) {

dataFree->Rows[i]->Height = t;

dataRes->Rows[i]->Height = t;

dataMatrix->Columns[i]->Width = t;

dataMatrix->Rows[i]->Height = t;

}

dataFree->Columns[0]->Width = SIZE / MSIZE;

dataRes->Columns[0]->Width = 90;

}

/\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*

\* Функція очищастки вмісту матриці \*

\* системи, стовпця вільних членів \*

\* та вектора відповіді \*

\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*/

private: System::Void Clear() {

int size = Convert::ToInt32(solsSize->Value);

for (int i = 0; i < size; i++)

for (int z = 0; z < size; z++) dataMatrix->Rows[i]->Cells[z]->Value = "0";

for (int i = 0; i < size; i++) {

dataFree->Rows[i]->Cells[0]->Value = "0";

dataRes->Rows[i]->Cells[0]->Value = "";

}

Info->Text = "";

utilities::system sols;

sols.size = size;

sols.matrix = utilities::CreateMatrix(size);

sols.free = utilities::CreateMas(size);

DataRead(sols);

utilities::freeMatrix(sols.matrix, size);

utilities::freeMas(sols.free);

}

/\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*

\* Функція обробкт події загрузки \*

\* вікна програми \*

\* Параметри: \*

\* Посилання на відправника, додаткові \*

\* аргументи виклику \*

\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*/

private: System::Void Home\_Load(System::Object^ sender, System::EventArgs^ e) {

Resize();

Clear();

}

/\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*

\* Функція обробки події змінення \*

\* розміру системи \*

\* Параметри: \*

\* Посилання на відправника, додаткові \*

\* аргументи виклику \*

\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*/

private: System::Void solsSize\_ValueChanged(System::Object^ sender, System::EventArgs^ e) {

int size = Convert::ToInt32(solsSize->Value);

int old\_size = dataFree->RowCount;

bool flag = size > dataMatrix->ColumnCount;

Resize();

if (flag) {

for (int i = 0; i < size; i++)

for (int z = old\_size; z < size; z++) dataMatrix->Rows[i]->Cells[z]->Value = "0";

for (int i = 0; i < size; i++)

for (int z = old\_size; z < size; z++) dataMatrix->Rows[z]->Cells[i]->Value = "0";

for (int z = old\_size; z < size; z++) dataFree->Rows[z]->Cells[0]->Value = "0";

}

}

/\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*

\* Функція обробка події натискання \*

\* кнопки «Очистити вміст» \*

\* Параметри: \*

\* Посилання на відправника, додаткові \*

\* аргументи виклику \*

\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*/

private: System::Void BClear\_Click(System::Object^ sender, System::EventArgs^ e) {

Clear();

}

/\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*

\* Функція обробка події зміни вмісту \*

\* матриці системи \*

\* Параметри: \*

\* Посилання на відправника, додаткові \*

\* аргументи виклику \*

\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*/

private: System::Void dataMatrix\_CellEndEdit(System::Object^ sender, System::Windows::Forms::DataGridViewCellEventArgs^ e) {

int size = Convert::ToInt32(solsSize->Value);

Info->Text = "";

if (DataRead()) {

Info->Text = "Невірний фортмат вхідної інформації.";

BSolve->Enabled = false;

}

else BSolve->Enabled = true;

}

/\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*

\* Функція обробка події зміни вмісту \*

\* стовпця вільних членів \*

\* Параметри: \*

\* Посилання на відправника, додаткові \*

\* аргументи виклику \*

\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*/

private: System::Void dataFree\_CellEndEdit(System::Object^ sender, System::Windows::Forms::DataGridViewCellEventArgs^ e) {

int size = Convert::ToInt32(solsSize->Value);

Info->Text = "";

if (DataRead()) {

Info->Text = "Невірний фортмат вхідної інформації.";

BSolve->Enabled = false;

}

else BSolve->Enabled = true;

}

/\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*

\* Функція обробки події натискання \*

\* кнопки «Знайти рішення» \*

\* Параметри: \*

\* Посилання на відправника, додаткові \*

\* аргументи виклику \*

\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*/

private: System::Void BSolve\_Click(System::Object^ sender, System::EventArgs^ e) {

Info->Text = "";

int size = Convert::ToInt32(solsSize->Value);

for (int i = 0; i < size; i++) dataRes->Rows[i]->Cells[0]->Value = "";

utilities::system sols;

sols.size = size;

sols.matrix = utilities::CreateMatrix(size);

sols.free = utilities::CreateMas(size);

DataRead(sols);

if (utilities::det(sols.matrix, sols.size) == 0) {

Info->Text = "Система вироджена (визначник системи рівний нулю).";

utilities::freeMatrix(sols.matrix, size);

utilities::freeMas(sols.free);

return;

}

double\* x;

if (RJacobi->Checked) {

if (!Jacobi::isSolved(sols)) {

Info->Text = "Для даної матриці метод Якобі не сходиться.";

utilities::freeMatrix(sols.matrix, size);

utilities::freeMas(sols.free);

return;

}

x = Jacobi::Jacobi(sols);

}

else if (RSeidel->Checked) {

if (!Seidel::isSolved(sols)) {

Info->Text = "Для даної матриці метод Гауса-Зейделя не сходиться.";

utilities::freeMatrix(sols.matrix, size);

utilities::freeMas(sols.free);

return;

}

x = Seidel::Seidel(sols);

}

else {

if (!GradientDescent::isSolved(sols)) {

Info->Text = "Для даної матриці метод градієнтного спуску не сходиться.";

utilities::freeMatrix(sols.matrix, size);

utilities::freeMas(sols.free);

return;

}

x = GradientDescent::GradientDescent(sols);

}

print(x);

if (sols.size == 2) {

Graph^ form = gcnew Graph(sols, x);

form->Show();

}

time\_t rawtime;

struct tm \* timeinfo;

char buffer[200];

time(&rawtime);

timeinfo = localtime(&rawtime);

strftime(buffer, 200, "%d\_%m\_%Y\_%H\_%M\_%S", timeinfo);

if (RJacobi->Checked) strcat(buffer, "\_Jacobi.txt");

else if (RSeidel->Checked) strcat(buffer, "\_Seidel.txt");

else strcat(buffer, "\_GradientDescent.txt");

FILE\* file = fopen(buffer, "wt");

if (file == nullptr) Info->Text = "Неможливо створити вихідний файл.";

else {

Info->Text = "Результат успішно записаний у вихідний файл.";

for (int i = 0; i < size; i++) fprintf(file, "%Lf\n", x[i]);

}

fclose(file);

utilities::freeMatrix(sols.matrix, size);

utilities::freeMas(sols.free);

utilities::freeMas(x);

}

};

}

Файл «Home.сpp»

#include "Home.h"

using namespace System;

using namespace System::Windows::Forms;

[STAThread]

void main(array<String^>^ arg) {

Application::EnableVisualStyles();

Application::SetCompatibleTextRenderingDefault(false);

CourseWork::Home form;

Application::Run(%form);

}