

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ,  
МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ

МІЖНАРОДНИЙ ЕКОНОМІКО - ГУМАНІТАРНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ АКАДЕМІКА СТЕПАНА ДЕМ'ЯНЧУКА

**С.О. Карпик, Р.М.Літнарівич**

**Бібліотека прикладних  
програм для побудови і  
дослідження математичних  
моделей у середовищі  
C++ BUILDER 6.0**

**Книга 1**



**Рівне-2013**

Факультет кібернетики. Кафедра математичного моделювання  
УДК 004.422.8

Карпик С.О., Літнарівич Р.М. Бібліотека прикладних програм для побудови і дослідження математичних моделей у середовищі C++ BUILDER 6.0. Книга 1. МЕНУ, Рівне, 2013.- 208 с.

Рецензенти: В.Г.Бурачек, доктор технічних наук, професор  
Є.С. Парняков, доктор технічних наук, професор  
В.О.Боровий, доктор технічних наук, професор  
Відповідальний за випуск: Й.В. Джузь, доктор фізико-математичних наук, професор

Дослідження проведені за кафедральною темою «Математико-статистичні моделі, їх інформаційно-системний аналіз та інформаційне забезпечення» по напрямку «Комп'ютерно орієнтовані методичні системи навчання природничих дисциплін у вищих навчальних закладах». Код державної реєстрації 0101U002751.

Розроблено програмне забезпечення для побудови і дослідження математичних моделей на C++ BUILDER 6.0.

**Ключові слова:** математичні моделі, програмне забезпечення, опрацювання матеріалів, дослідження точності.

Разработано программное обеспечение для построения и исследования математических моделей на C++ BUILDER 6.0.

**Ключевые слова:** математические модели, программное обеспечение, обработка материалов, исследование точности.

Software is worked out for a construction and research of mathematical models on C++ BUILDER 6.0.

**Keywords:** mathematical models, software, working of materials, research of exactness.

**ЗМІСТ**

Вступ.....4  
 Розділ 1. Побудова імітаційної моделі методом статистичних випробувань Монте-Карло  
 1.1. Багатофакторна множинна регресія. Постановка проблеми 5  
 1.2. Генерування, нормування істинних похибок і побудова імітаційної моделі.....6  
 1.3. Обчислення елементів матриці коефіцієнтів початкових рівнянь поліноміальної апроксимації..... 43  
 Розділ 2. Транспонування і множення прямокутних матриць. Формування матриці коефіцієнтів нормальних рівнянь і вектора вільних членів  
 2.1. Транспонування матриці початкових рівнянь X.....53  
 2.2. Множення прямокутних матриць.....66  
 2.3. Представлення вектора вільних членів системи лінійних алгебраїчних рівнянь .....79  
 Розділ 3. Побудова ймовірнішої математичної моделі за способом найменших квадратів  
 3.1. Рішення системи лінійних алгебраїчних рівнянь.....92  
 3.2. Встановлення середньої квадратичної похибки одиниці ваги .....107  
 3.3. Порівняльний аналіз абсолютних та ймовірніших похибок моделі.....123  
 Розділ 4. Дослідження і аналіз середньої квадратичної похибки коефіцієнтів моделі  
 4.1. Встановлення оберненої матриці Q.....134  
 4.2. Графічна візуалізація масивів.....145  
 4.3. Середня квадратична похибка коефіцієнтів моделі.....157  
 Розділ 5. Дослідження і аналіз середньої квадратичної похибки зрівноваженої функції  
 5.1. Допоміжна обернена матриця вагових коефіцієнтів Q'..168  
 5.2. Середні квадратичні похибки зрівноваженої функції.....182  
 Висновки.....205  
 Літературні джерела.....206

## ВСТУП

Чотири роки назад на кафедрі Математичного моделювання була створена теорія побудови математичних моделей, що приведена у монографії «Теоретико-методологічні аспекти і базові принципи функціонування наукової школи в рамках професійної освіти».

Незважаючи на те, що в ній були проведені всі необхідні розрахунки і зроблений аналіз та дослідження результатів, лише у березні 2013 року завершена система програмних засобів для реалізації даних теоретичних і практичних досліджень.

Всі програми протестовані і впроваджені в навчальний процес Міжнародного економіко-гуманітарного університету імені академіка Степана Дем'янчука.

За даними матеріалами на кафедрі Математичного моделювання факультету Кібернетики вперше створена бібліотека прикладних програм в середовищі C++ Builder.

По розробленим програмам будуються математичні моделі багатофакторного регресійного аналізу, моделі поліноміальної апроксимації.

Вперше розроблена і реалізована теорія знаходження середньої квадратичної похибки зрівноваженої функції.

Значна увага приділена візуалізації результатів досліджень.

Вперше в університеті реалізована теорія побудови і дослідження математичних моделей методом статистичних випробувань Монте-Карло.

Для цього створена програма генерування, нормування істинних похибок і побудова імітаційної моделі з візуалізацією даних. Приведені програми обчислення елементів матриці коефіцієнтів початкових рівнянь поліноміальної апроксимації, транспонування, множення матриць, рішення систем лінійних алгебраїчних рівнянь з оцінкою точності результатів зрівноваження.

Розділ 1. Побудова імітаційної моделі методом статистичних випробувань Монте-Карло

1.1. Багатофакторна множинна регресія

Постановка проблеми

дослідження

Блок-схема математичної моделі засвоєння базової дисципліни

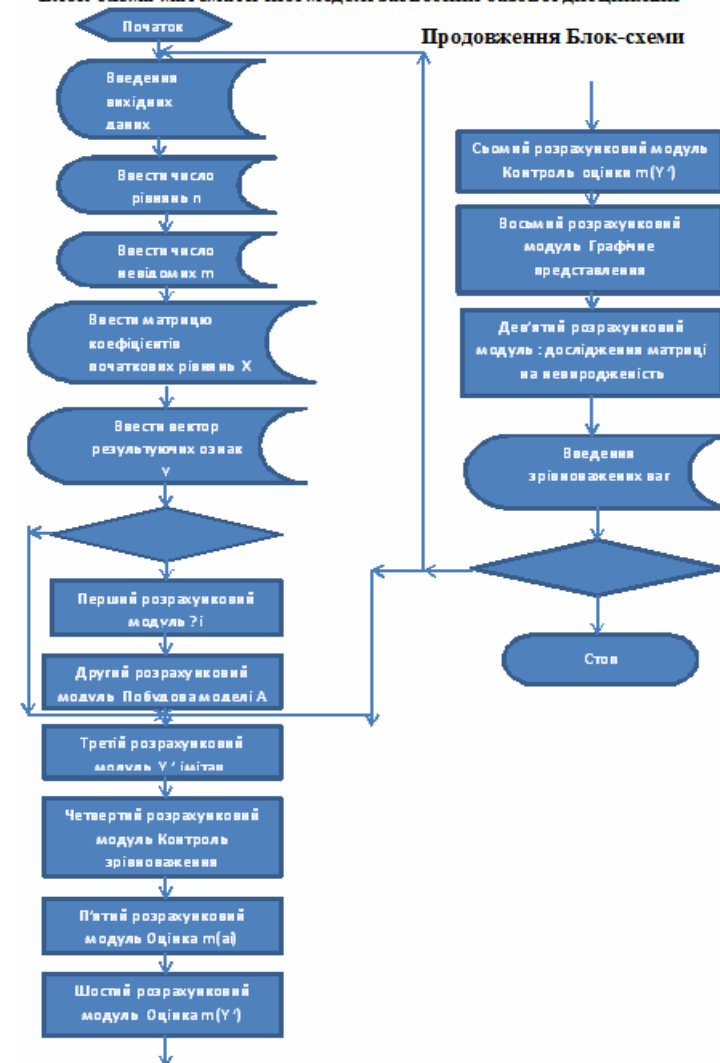


Рис.1. Блок схема опрацювання матеріалів множинної регресії

1.2. Генерування, нормування істинних похибок і побудова імітаційної моделі

1. Отримавши ряд випадкових (а точніше псевдовипадкових) чисел  $\xi_i$ , розраховують середнє арифметичне генерованих псевдовипадкових чисел  $\xi_{cp}$ .

$$\xi_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n \xi_i}{n}, \quad (1.2)$$

де  $n$  – сума випадкових чисел.

2. Розраховуються попередні значення істинних похибок  $\Delta'_i$  за формулою

$$\Delta'_i = \xi_i - \xi_{cp}, \quad (1.3)$$

3. Знаходять середню квадратичну похибку попередніх істинних похибок за формулою Гаусса

$$m_{\Delta'} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m \Delta'^2_i}{n}}, \quad (1.4)$$

4. Вчислюють коефіцієнт пропорційності  $K$  для визначення істинних похибок необхідної точності

$$K = \frac{c}{m'_{\Delta}}, \dots \quad (1.5)$$

де  $C$  – необхідна нормована константа.

Так, наприклад, при  $m_{\Delta'} = 0,28$  і необхідності побудови математичної моделі з точністю  $c=0,1$ , будемо мати

$$K_{0,1} = \frac{0,1}{0,28} = 0,357,$$

а при  $C=0,05$ , отримаємо  $K_{0,05} = 0,05/0,28 = 0,178$ .

5. Істинні похибки розраховуються за формулою

$$\Delta_i = \Delta'_i \cdot K, \quad (1.6)$$

6. Заключним контролем служить розрахунок середньої квадратичної похибки  $m_{\Delta}$  генерованих істинних похибок  $\Delta$

$$m_{\Delta} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m \Delta^2_i}{n}}, \quad (1.7)$$

і порівняння

$$m_{\Delta} = C \quad (1.8)$$

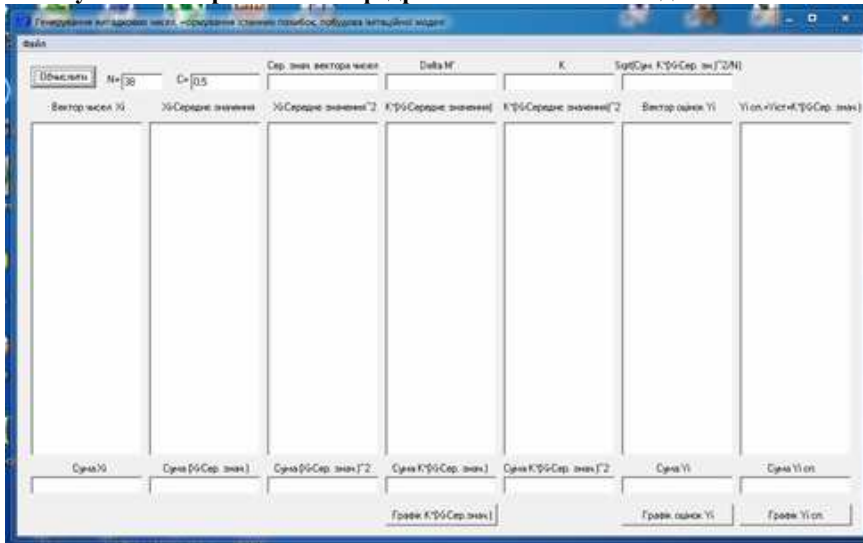


Рис.2. Інтерфейс програми для побудови імітаційної моделі

Формується вектор псевдовипадкових чисел  $\xi_i$  у файл із записом у блокнот, приводиться число випробувань  $N$ . В нашому випадку встановлюємо  $N=38$ . Встановлюється точність для побудови математичної моделі, наприклад  $C=0,5$ . Натиском «Файл» відкривається діалогове вікно:

1. Завантажити вектор чисел  $X_i$ .
2. Завантажити вектор оцінок  $Y_i$ .
3. Вихід.

Два рази натискуємо «Файл» і завантажуюємо вектор псевдовипадкових чисел  $\xi_i$  і вектор оцінок  $Y_i$ .

Натиском клавіші «Обчислити» проводиться повний розрахунок результуючих ознак імітаційної моделі.

При цьому в повній мірі проводиться побудова імітаційної моделі по методу статистичних випробувань Монте-Карло.

В другому стовпчику приводяться результати розрахунків генерованих псевдовипадкових чисел мінус їх середнє значення.

В третьому стовпчику даються квадрати різниць для розрахунку середньої квадратичної похибки попередніх значень істинних похибок  $\Delta$ , яка приводиться в четвертому віконці вверху. В третьому верхньому віконці приводяться середні значення вектора псевдовипадкових чисел  $\xi_i$ .

Четвертий стовпчик надає інформацію результатів розрахунків добутку коефіцієнта пропорційності на попередні значення істинних похибок- самі істинні похибки  $\Delta$ . А у верхньому четвертому віконці приводиться середня квадратична похибка попередніх істинних похибок.

У п'ятому стовпчику роздруковуються квадрати істинних похибок  $\Delta$  для розрахунку середньої квадратичної похибки істинних похибок. Коефіцієнт пропорційності роздруковується у п'ятому верхньому віконці.

У шостому верхньому віконці приводиться середня квадратична похибка істинних похибок, що і буде контролем обчислень, тому що вона повинна дорівнювати прийнятій точності  $C$ .

Шостий стовпчик показує значення вектора факторних ознак  $Y$ . Краще в цей вектор показувати істинні значення попередньо побудованої математичної моделі.

У сьомому стовпчику приводяться значення побудованої імітаційної моделі  $Y_{im}$ . За формулою

$$Y_{im} = Y_{ist} + \Delta_{ist} \quad (1.9)$$

По кожному приведенному стовпчику приводяться нижні віконця з розрахованими сумами результатів.

Внизу приводяться кнопки, які показують графіки істинних похибок, істинних значень математичної моделі і значення імітаційної моделі.

Рис. 2. Розрахунки за програмою Таблиця 1. Побудова імітаційної моделі

The screenshot shows a complex simulation software interface with multiple data tables and control panels. The interface includes a top menu bar, a central workspace with several data tables, and a bottom status bar. The tables contain numerical data, likely representing simulation results or parameters. The interface is in Ukrainian, consistent with the document's language.

|                |      |                     |
|----------------|------|---------------------|
| Вект.іст.знач. | Ліст | У іміт.(спотворене) |
|----------------|------|---------------------|

| Уіст             |                    |                  |
|------------------|--------------------|------------------|
| 102.459716796875 | -0,618656273854406 | 101,208093726146 |
| 94.4405212402344 | -0,627562299264105 | 93,3224477007359 |
| 94.4405212402344 | -0,084294749272496 | 94,3314852507275 |
| 94.5881423950195 | -0,348506836426885 | 94,5313331635731 |
| 89.0000076293945 | -0,633499649537237 | 88,4568403504628 |
| 95.5551528930664 | -0,226791155827673 | 95,1981388441723 |
| 94.4405212402344 | -0,669123751176031 | 93,567196248824  |
| 94.6619491577148 | -0,292102008832128 | 93,7957779911679 |
| 94.4405212402344 | -0,651311700356634 | 94,5877682996434 |
| 82.8182907104492 | 0,408505323397486  | 84,0760453233975 |
| 94.4405212402344 | 0,384755922304957  | 93,984075922305  |
| 80.1945037841797 | -0,583032172215612 | 80,6566178277844 |
| 94.1267929077148 | 0,417411348807185  | 94,5071313488072 |
| 94.5881423950195 | 0,521314978587     | 95,181974978587  |
| 96.4483489990234 | -0,529596019757421 | 95,8707339802426 |
| 95.4813385009766 | -0,164448977959783 | 95,3072210220402 |
| 96.712158203125  | -0,580063497079046 | 96,116946502921  |
| 94.4034042358398 | -0,597875547898443 | 94,0054444521016 |
| 81.6241683959961 | 0,271946267115443  | 82,4754962671154 |
| 94.5881423950195 | -0,309914059651525 | 94,9548659403485 |
| 94.4405212402344 | -0,250540556920202 | 93,9090694430798 |
| 95.4813385009766 | -0,348506836426885 | 94,7985031635731 |
| 91.6885833740234 | -0,318820085061224 | 90,7819999149388 |
| 94.5881423950195 | 0,453035450445978  | 95,038355450446  |
| 94.5881423950195 | 0,693498136507838  | 94,4281181365078 |
| 95.4813385009766 | 0,752871639239161  | 97,1108616392392 |
| 94.5881423950195 | 0,263040241705744  | 94,2867002417057 |
| 94.4405212402344 | 0,589594506728022  | 94,954684506728  |
| 94.5881423950195 | -0,286164658558996 | 93,555305341441  |
| 88.6929702758789 | -0,523658669484289 | 88,5952513305157 |
| 94.5881423950195 | 0,473816176401942  | 95,6002461764019 |
| 88.7667770385742 | 0,717247537600367  | 89,4770875376004 |
| 94.4405212402344 | 0,666780060278742  | 94,8852900602787 |
| 94.5881423950195 | 0,0671076826923774 | 95,4962776826924 |
| 94.5881423950195 | -0,087263424409063 | 94,1637965755909 |



|                  |                   |                  |
|------------------|-------------------|------------------|
| 94.4405212402344 | 0,666780060278742 | 95,2168100602787 |
| 93.116943359375  | 0,729122238146631 | 93,5240622381466 |
| 94.4405212402344 | 0,654905359732478 | 95,0419153597325 |

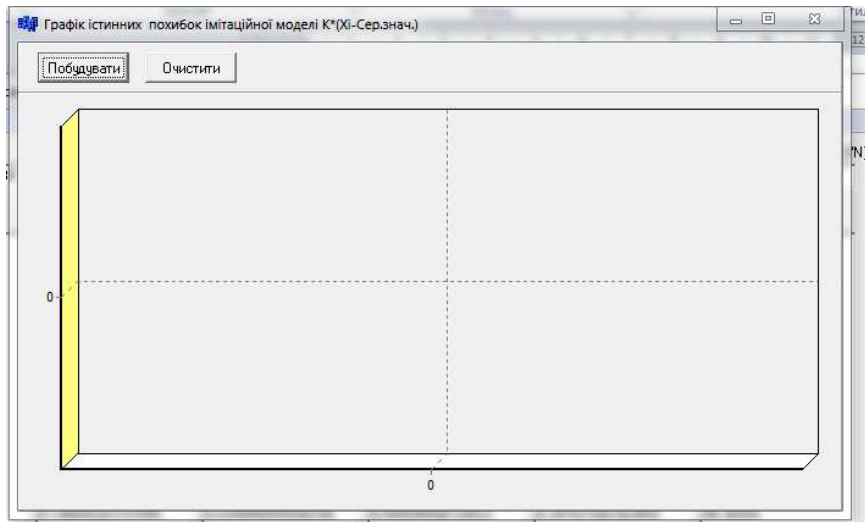


Рис. 3. Початковий інтерфейс графіка істинних похибок імітаційної моделі

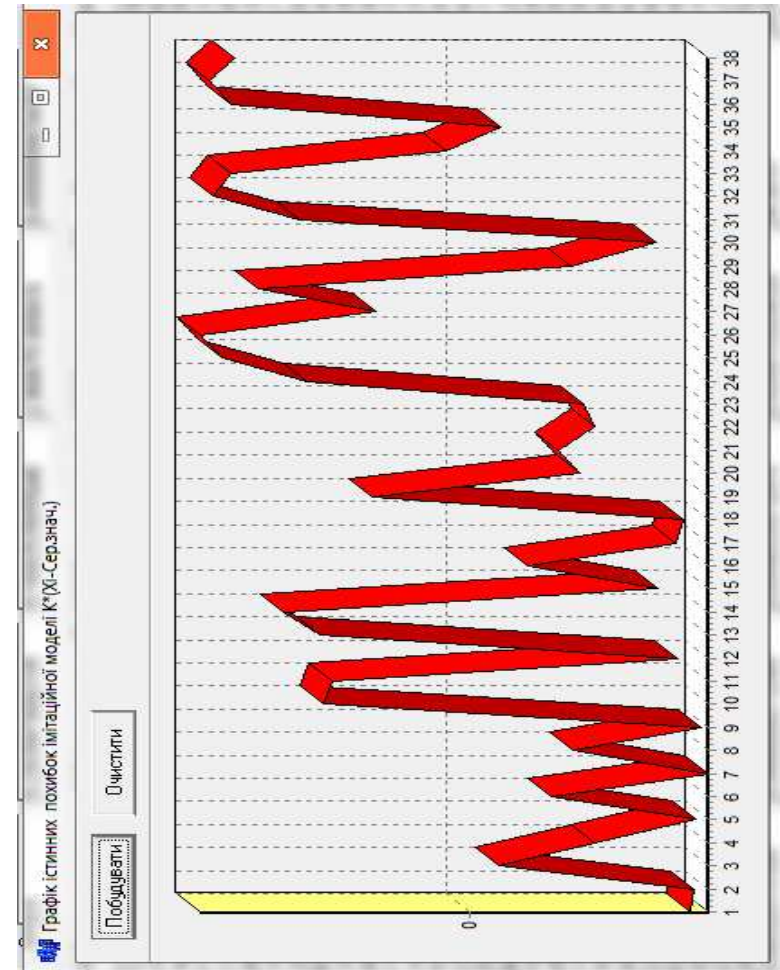
Натиском першої кнопки «Графік істинних похибок імітаційної моделі» з'являється початкова форма для побудови графіка.

Натиском кнопки «Побудувати» з'являється графік істинних похибок для побудови імітаційної моделі.

Слід відмітити, що C++ BUILDER не реагує на коми, якими відділяють цілі числа, тому всі коми попередньо необхідно замінити на крапки в файлах вихідних даних, які підготовляють перед виконанням розрахунків за програмою.

На рис.4 приводиться графік істинних похибок для побудови імітаційної моделі. Як видно із графіка, похибки носять випадковий характер і коливаються в діапазоні значень від 0 до + - 1.

Рис.4. Графік істинних похибок





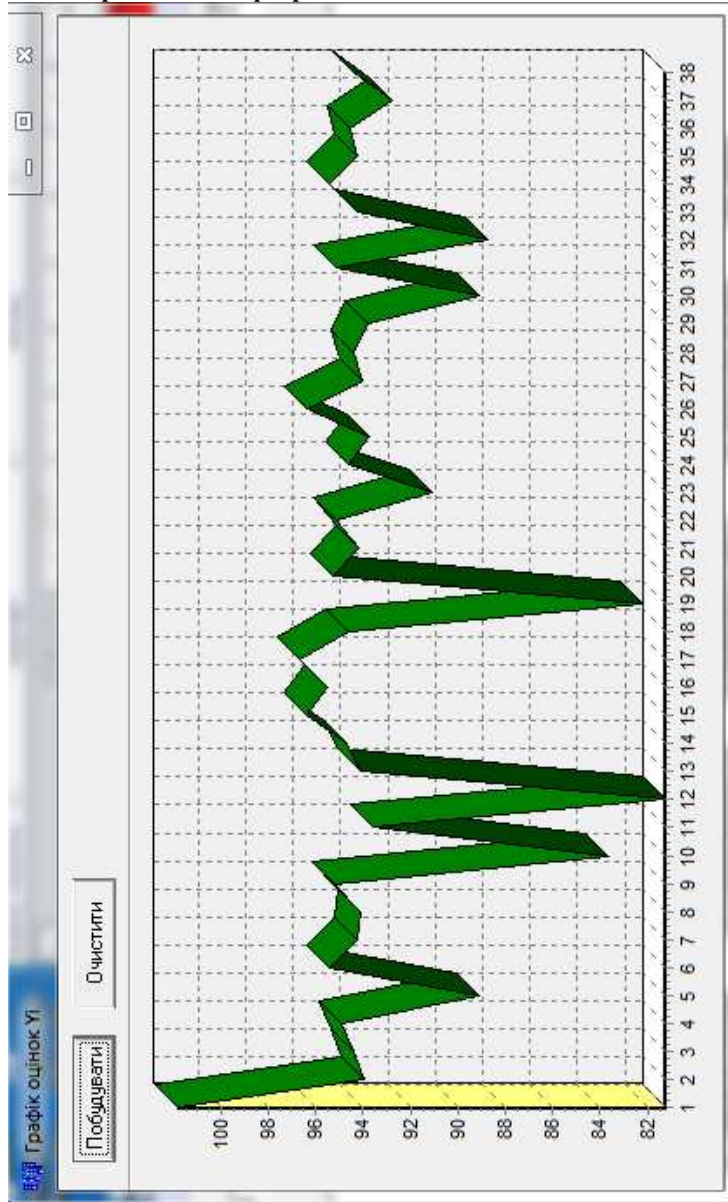


Рис.5. Графік результуючих ознак істинної моделі Y1ст

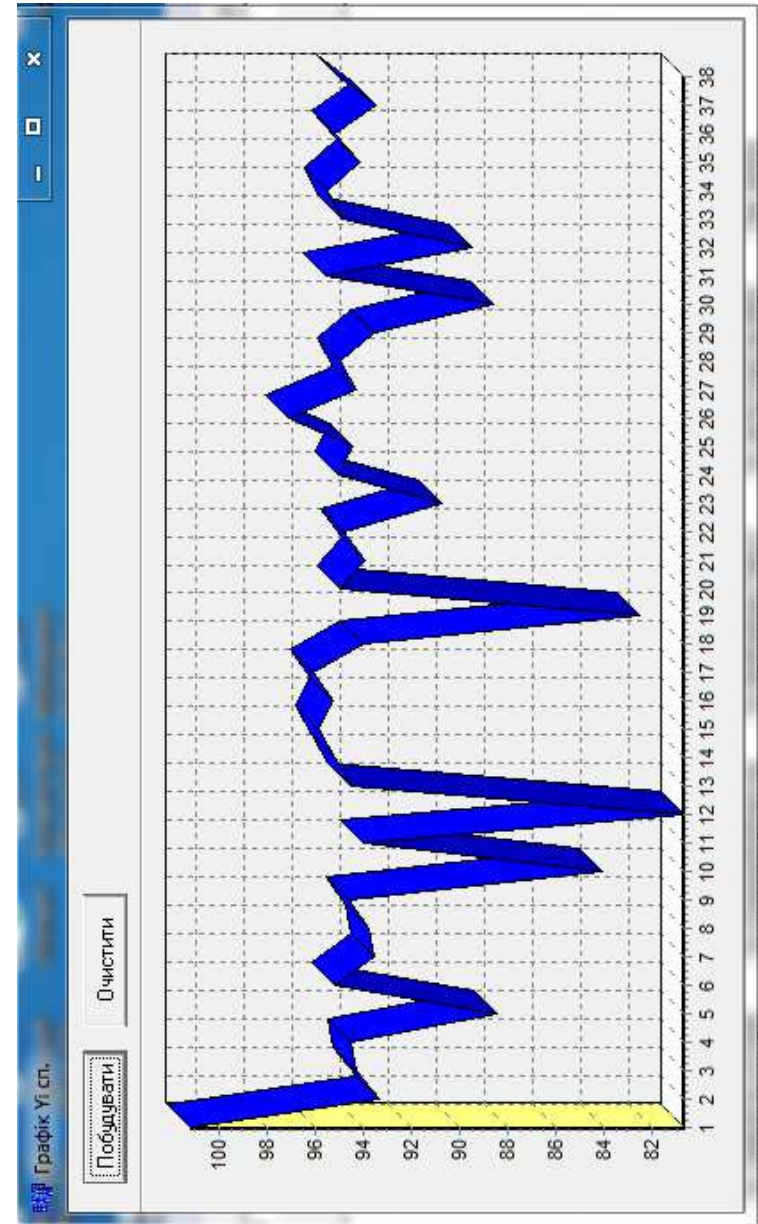


Рис.6. Імітаційна модель

## Unit 1.dfm

```
object Form1: TForm1
  Left = 211
  Top = 133
  Width = 992
  Height = 615
  Caption =
    'Генерування випадкових чисел, нормування істинних
    похибок, побуд'+'ова імітаційної моделі'
  Color = clBtnFace
  Font.Charset = DEFAULT_CHARSET
  Font.Color = clWindowText
  Font.Height = -11
  Font.Name = 'MS Sans Serif'
  Font.Style = []
  Menu = MainMenu1
  OldCreateOrder = False
  PixelsPerInch = 96
  TextHeight = 13
  object Label1: TLabel
    Left = 104
    Top = 24
    Width = 14
    Height = 13
    Caption = 'N='
  end
  object Label2: TLabel
    Left = 40
    Top = 56
    Width = 83
    Height = 13
    Caption = 'Вектор чисел Xi'
  end
end
```

```
object Label3: TLabel
  Left = 288
  Top = 8
  Width = 127
  Height = 13
  Caption = 'Сер. знач. вектора чисел'
end
object Label4: TLabel
  Left = 168
  Top = 56
  Width = 105
  Height = 13
  Caption = 'Xi-Середнє значення'
end
object Label5: TLabel
  Left = 296
  Top = 56
  Width = 117
  Height = 13
  Caption = 'Xi-Середнє значення^2'
end
object Label6: TLabel
  Left = 184
  Top = 24
  Width = 13
  Height = 13
  Caption = 'C='
end
object Label7: TLabel
  Left = 464
  Top = 8
  Width = 39
  Height = 13
  Caption = 'Delta M'''
end
```

```
object Label8: TLabel
  Left = 624
  Top = 8
  Width = 7
  Height = 13
  Caption = 'K'
end
object Label9: TLabel
  Left = 424
  Top = 56
  Width = 122
  Height = 13
  Caption = 'K*(Xi-Середнє значення)'
end
object Label10: TLabel
  Left = 560
  Top = 56
  Width = 134
  Height = 13
  Caption = 'K*(Xi-Середнє значення)^2'
end
object Label11: TLabel
  Left = 64
  Top = 472
  Width = 38
  Height = 13
  Caption = 'Сума Xi'
end
object Label12: TLabel
  Left = 168
  Top = 472
  Width = 98
  Height = 13
  Caption = 'Сума (Xi-Сер. знач.)'
end
```

```
object Label13: TLabel
  Left = 296
  Top = 472
  Width = 110
  Height = 13
  Caption = 'Сума (Xi-Сер. знач.)^2'
end
object Label14: TLabel
  Left = 432
  Top = 472
  Width = 109
  Height = 13
  Caption = 'Сума K*(Xi-Сер. знач.)'
end
object Label15: TLabel
  Left = 560
  Top = 472
  Width = 121
  Height = 13
  Caption = 'Сума K*(Xi-Сер. знач.)^2'
end
object Label16: TLabel
  Left = 688
  Top = 8
  Width = 145
  Height = 13
  Caption = 'Sqrt(Сум. K*(Xi-Сер. зн.)^2/N)'
end
object Label17: TLabel
  Left = 720
  Top = 56
  Width = 83
  Height = 13
  Caption = 'Вектор оцінок Yi'
end
```

```
object Label18: TLabel
  Left = 832
  Top = 56
  Width = 139
  Height = 13
  Caption = 'Yi сп.=Yict+K*(Xi-Сер. знач.)'
end
object Label19: TLabel
  Left = 736
  Top = 472
  Width = 38
  Height = 13
  Caption = 'Сума Yi'
end
object Label20: TLabel
  Left = 864
  Top = 472
  Width = 56
  Height = 13
  Caption = 'Сума Yi сп.'
end
object Button1: TButton
  Left = 16
  Top = 16
  Width = 75
  Height = 25
  Caption = 'Обчислити'
  TabOrder = 0
  OnClick = Button1Click
end
object Edit1: TEdit
  Left = 120
  Top = 24
  Width = 49
  Height = 21
```

```
  TabOrder = 1
  Text = '38'
end
object Memo1: TMemo
  Left = 16
  Top = 80
  Width = 129
  Height = 385
  TabOrder = 2
end
object Edit2: TEdit
  Left = 288
  Top = 24
  Width = 129
  Height = 21
  TabOrder = 3
end
object Memo2: TMemo
  Left = 152
  Top = 80
  Width = 129
  Height = 385
  TabOrder = 4
end
object Memo3: TMemo
  Left = 288
  Top = 80
  Width = 129
  Height = 385
  TabOrder = 5
end
object Edit3: TEdit
  Left = 200
  Top = 24
  Width = 81
```

```
Height = 21
TabOrder = 6
Text = '0,5'
end
object Edit4: TEdit
Left = 424
Top = 24
Width = 129
Height = 21
TabOrder = 7
end
object Memo4: TMemo
Left = 424
Top = 80
Width = 129
Height = 385
TabOrder = 8
end
object Edit5: TEdit
Left = 560
Top = 24
Width = 129
Height = 21
TabOrder = 9
end
object Memo5: TMemo
Left = 560
Top = 80
Width = 129
Height = 385
TabOrder = 10
end
object Edit6: TEdit
Left = 16
Top = 488
```

```
Width = 129
Height = 21
TabOrder = 11
end
object Edit7: TEdit
Left = 152
Top = 488
Width = 129
Height = 21
TabOrder = 12
end
object Edit8: TEdit
Left = 288
Top = 488
Width = 129
Height = 21
TabOrder = 13
end
object Edit9: TEdit
Left = 424
Top = 488
Width = 129
Height = 21
TabOrder = 14
end
object Edit10: TEdit
Left = 560
Top = 488
Width = 129
Height = 21
TabOrder = 15
end
object Edit11: TEdit
Left = 696
Top = 24
```

```
Width = 129
Height = 21
TabOrder = 16
end
object Memo6: TMemo
Left = 696
Top = 80
Width = 129
Height = 385
TabOrder = 17
end
object Memo7: TMemo
Left = 832
Top = 80
Width = 129
Height = 385
TabOrder = 18
end
object Edit12: TEdit
Left = 696
Top = 488
Width = 129
Height = 21
TabOrder = 19
end
object Edit13: TEdit
Left = 832
Top = 488
Width = 129
Height = 21
TabOrder = 20
end
object BitBtn1: TBitBtn
Left = 424
Top = 520
```

```
Width = 129
Height = 25
Caption = 'Графік  $K^*(X_i - \text{Сер.знач.})$ '
TabOrder = 21
OnClick = BitBtn1Click
end
object BitBtn2: TBitBtn
Left = 696
Top = 520
Width = 129
Height = 25
Caption = 'Графік оцінок  $Y_i$ '
TabOrder = 22
OnClick = BitBtn2Click
end
object BitBtn3: TBitBtn
Left = 832
Top = 520
Width = 129
Height = 25
Caption = 'Графік  $Y_i$  сп.'
TabOrder = 23
OnClick = BitBtn3Click
end
object MainMenu1: TMainMenu
Left = 544
Top = 65528
object N1: TMenuItem
Caption = 'Файл'
object N2: TMenuItem
Caption = 'Завантажити вектор чисел  $X_i$ '
OnClick = N2Click
end
object Yi1: TMenuItem
Caption = 'Завантажити вектор оцінок  $Y_i$ '
```



```
OnClick = Y1Click
end
object N3: TMenuItem
Caption = '-'
end
object N4: TMenuItem
Caption = 'Вихід'
OnClick = N4Click
end
end
end
object OpenDialog1: TOpenDialog
Left = 576
Top = 65528
end
object OpenDialog2: TOpenDialog
Left = 512
Top = 65528
end
end
```

## Unit2.dfm

```
object Form2: TForm2
Left = 240
Top = 147
Width = 691
Height = 421
Caption = '#1043#1088#1072#1092#1110#1082'
'#1110#1089#1090#1080#1085#1085#1080#1093'
'#1087#1086#1093#1080#1073#1086#1082'
'#1110#1084#1110#1090#1072#1094#1110#1081#1085#1086#11
11' '#1084#1086#1076#1077#1083#1110' К*(Xi-
'#1057#1077#1088'.'#1079#1085#1072#1095'.)'
Color = clBtnFace
```

```
Font.Charset = DEFAULT_CHARSET
Font.Color = clWindowText
Font.Height = -11
Font.Name = 'MS Sans Serif'
Font.Style = []
OldCreateOrder = False
PixelsPerInch = 96
TextHeight = 13
object Panel1: TPanel
Left = 0
Top = 0
Width = 675
Height = 41
Align = alTop
TabOrder = 0
object BitBtn1: TBitBtn
Left = 16
Top = 8
Width = 75
Height = 25
Caption =
'#1055#1086#1073#1091#1076#1091#1074#1072#1090#1080'
TabOrder = 0
OnClick = BitBtn1Click
end
object BitBtn2: TBitBtn
Left = 104
Top = 8
Width = 75
Height = 25
Caption =
'#1054#1095#1080#1089#1090#1080#1090#1080'
TabOrder = 1
OnClick = BitBtn2Click
end
```

```
end
object Chart1: TChart
  Left = 0
  Top = 41
  Width = 675
  Height = 342
  BackWall.Brush.Color = clWhite
  BackWall.Brush.Style = bsClear
  Title.Text.Strings = (
    'TChart')
  Title.Visible = False
  Chart3DPercent = 20
  Legend.Visible = False
  Align = alClient
  TabOrder = 1
object Series1: TLineSeries
  Marks.ArrowLength = 8
  Marks.Visible = False
  SeriesColor = clRed
  Pointer.InflateMargins = True
  Pointer.Style = psRectangle
  Pointer.Visible = False
  XValues.DateTime = False
  XValues.Name = 'X'
  XValues.Multiplier = 1
  XValues.Order = loAscending
  YValues.DateTime = False
  YValues.Name = 'Y'
  YValues.Multiplier = 1
  YValues.Order = loNone
object TeeFunction1: TAddTeeFunction
end
end
end
end
```

## Unit 3.dfm

```
object Form3: TForm3
  Left = 243
  Top = 147
  Width = 690
  Height = 420
  Caption = #1043#1088#1072#1092#1110#1082'
#1086#1094#1110#1085#1086#1082' Yi'
  Color = clBtnFace
  Font.Charset = DEFAULT_CHARSET
  Font.Color = clWindowText
  Font.Height = -11
  Font.Name = 'MS Sans Serif'
  Font.Style = []
  OldCreateOrder = False
  PixelsPerInch = 96
  TextHeight = 13
object Panel1: TPanel
  Left = 0
  Top = 0
  Width = 674
  Height = 41
  Align = alTop
  TabOrder = 0
object BitBtn1: TBitBtn
  Left = 16
  Top = 8
  Width = 73
  Height = 25
  Caption =
#1055#1086#1073#1091#1076#1091#1074#1072#1090#1080
  TabOrder = 0
```

```
OnClick = BitBtn1Click
end
object BitBtn2: TBitBtn
Left = 104
Top = 8
Width = 75
Height = 25
Caption = #1054#1095#1080#1089#1090#1080#1090#1080
TabOrder = 1
OnClick = BitBtn2Click
end
end
object Chart1: TChart
Left = 0
Top = 41
Width = 674
Height = 341
BackWall.Brush.Color = clWhite
BackWall.Brush.Style = bsClear
Title.Text.Strings = (
'TChart')
Title.Visible = False
Chart3DPercent = 20
Legend.Visible = False
Align = alClient
TabOrder = 1
object Series1: TLineSeries
Marks.ArrowLength = 8
Marks.Visible = False
SeriesColor = clGreen
Pointer.InflateMargins = True
Pointer.Style = psRectangle
Pointer.Visible = False
XValues.DateTime = False
XValues.Name = 'X'
```

```
XValues.Multiplier = 1
XValues.Order = loAscending
YValues.DateTime = False
YValues.Name = 'Y'
YValues.Multiplier = 1
YValues.Order = loNone
object TeeFunction1: TAddTeeFunction
end
end
end
end
```

## Unit 4.dfm

```
object Form4: TForm4
Left = 245
Top = 148
Width = 687
Height = 417
Caption = #1043#1088#1072#1092#1110#1082' Yi
'#1089#1087'.'
Color = clBtnFace
Font.Charset = DEFAULT_CHARSET
Font.Color = clWindowText
Font.Height = -11
Font.Name = 'MS Sans Serif'
Font.Style = []
OldCreateOrder = False
PixelsPerInch = 96
TextHeight = 13
object Panel1: TPanel
Left = 0
Top = 0
```

Факультет кібернетики. Кафедра математичного моделювання

```
Width = 671
Height = 41
Align = alTop
TabOrder = 0
object BitBtn1: TBitBtn
  Left = 16
  Top = 8
  Width = 75
  Height = 25
  Caption =
#1055#1086#1073#1091#1076#1091#1074#1072#1090#1080
  TabOrder = 0
  OnClick = BitBtn1Click
end
object BitBtn2: TBitBtn
  Left = 104
  Top = 8
  Width = 75
  Height = 25
  Caption = #1054#1095#1080#1089#1090#1080#1090#1080
  TabOrder = 1
  OnClick = BitBtn2Click
end
end
object Chart1: TChart
  Left = 0
  Top = 41
  Width = 671
  Height = 338
  BackWall.Brush.Color = clWhite
  BackWall.Brush.Style = bsClear
  Title.Text.Strings = (
  'TChart')
  Title.Visible = False
  Chart3DPercent = 20
```

35

© Карпик С.О., Літнарівич Р.М.

Факультет кібернетики. Кафедра математичного моделювання

```
Legend.Visible = False
Align = alClient
TabOrder = 1
object Series1: TLineSeries
  Marks.ArrowLength = 8
  Marks.Visible = False
  SeriesColor = clBlue
  Pointer.InflateMargins = True
  Pointer.Style = psRectangle
  Pointer.Visible = False
  XValues.DateTime = False
  XValues.Name = 'X'
  XValues.Multiplier = 1
  XValues.Order = loAscending
  YValues.DateTime = False
  YValues.Name = 'Y'
  YValues.Multiplier = 1
  YValues.Order = loNone
  object TeeFunction1: TAddTeeFunction
  end
end
end
end
```

## Unit1.cpp

```
//-----
#include <vcl.h>
#include <fstream.h>
#include <math.h>
#include <algorithm>
#include <vector.h>
#pragma hdrstop

#include "Unit1.h"
```

36

© Карпик С.О., Літнарівич Р.М.

```
#include "Unit2.h"
#include "Unit3.h"
#include "Unit4.h"
#pragma package(smart_init)
#pragma resource "*.dfm"
TForm1 *Form1;
//-----
__fastcall TForm1::TForm1(TComponent* Owner)
    : TForm(Owner)
{
}
//-----

AnsiString vectorpath;
char *vectorfilename=(char*) malloc(50);
void __fastcall TForm1::N2Click(TObject *Sender)
{
    OpenFileDialog1->Filter="Текстовий файл (*.txt)|*.txt";

    if(OpenDialog1->Execute())
    {
        vectorpath=OpenDialog1->FileName;
    }
    vectorfilename=vectorpath.c_str();
}
//-----

AnsiString vectorpath2;
char *vectorfilename2=(char*) malloc(50);
void __fastcall TForm1::Yi1Click(TObject *Sender)
{
    OpenFileDialog2->Filter="Текстовий файл (*.txt)|*.txt";

    if(OpenDialog2->Execute())
    {
```

```
vectorpath2=OpenDialog2->FileName;
}
vectorfilename2=vectorpath2.c_str();
}
//-----

int N;
vector <double> kx_ser_znach;
vector <double> vect_Y;
vector <double> Y_sp;

void __fastcall TForm1::Button1Click(TObject *Sender)
{
    N=StrToInt(Edit1->Text);

    double *Vector_B=new double [N];
    double *Vector_Y=new double [N];
    double *DeltaKvadrat=new double [N];

    ifstream ifs1 (vectorfilename, ifstream::in );

    for (int i=0;i<N;i++)
    {
        ifs1>>Vector_B[i];
    }
    ifs1.close();

    ifstream ifs2 (vectorfilename2, ifstream::in );

    for (int i=0;i<N;i++)
    {
        ifs2>>Vector_Y[i];
    }
}
```

```
ifs2.close();
```

```
double sumYi=0;
```

```
for (int j=0;j<N;j++)
```

```
{ Memo1->SelText=Vector_B[j];
  Memo1->Lines->Add("");
```

```
  Memo6->SelText=Vector_Y[j];
  Memo6->Lines->Add("");
```

```
  vect_Y.push_back(Vector_Y[j]);
```

```
  sumYi=sumYi+Vector_Y[j];
}
```

```
Edit12->Text=sumYi;
```

```
double sum=0, serznach=0;
```

```
for (int i=0;i<N;i++)
```

```
{
  sum=sum+Vector_B[i];
}
```

```
Edit6->Text=sum;
```

```
serznach=sum/N;
```

```
Edit2->Text=serznach;
```

```
double sumxminserznach=0,sumxkvserznach=0;
```

```
for (int j=0;j<N;j++)
```

```
{ Memo2->SelText=Vector_B[j]-serznach;
  Memo2->Lines->Add("");
```

```
  sumxminserznach=sumxminserznach+(Vector_B[j]-serznach);
  DeltaKvadrat[j]=pow((Vector_B[j]-serznach),2);
```

```
  Memo3->SelText=pow((Vector_B[j]-serznach),2);
  Memo3->Lines->Add("");
```

```
  sumxkvserznach=pow((Vector_B[j]-serznach),2);
}
```

```
Edit7->Text=sumxminserznach;
```

```
Edit8->Text=sumxkvserznach;
```

```
double sumDeltaKvadrat=0, MDeltaKvadrat=0;
```

```
for (int i=0;i<N;i++)
```

```
{
  sumDeltaKvadrat=sumDeltaKvadrat+DeltaKvadrat[i];
}
```

```
MDeltaKvadrat=sqrt(sumDeltaKvadrat/N);
```

```
Edit4->Text=MDeltaKvadrat;
```

```
float C=0, K=0;
```

```
C=StrToFloat(Edit3->Text);
```

```
K=C/MDeltaKvadrat;
```

```
Edit5->Text=K;
```

```
double sumkxser=0, sumkxserkv=0, sumYsp=0;
```

```
for (int j=0;j<N;j++)
```



```
{ Memo4->SelText=K*(Vector_B[j]-serznach);
Memo4->Lines->Add("");

kx_ser_znach.push_back(K*(Vector_B[j]-serznach));

Memo7->SelText=Vector_Y[j]+(K*(Vector_B[j]-serznach));
Memo7->Lines->Add("");

Y_sp.push_back(Vector_Y[j]+(K*(Vector_B[j]-serznach)));

sumYsp=sumYsp+(Vector_Y[j]+(K*(Vector_B[j]-serznach)));

sumkxser=sumkxser+(K*(Vector_B[j]-serznach));

Memo5->SelText=pow((K*(Vector_B[j]-serznach)),2);
Memo5->Lines->Add("");

sumkxserkv=sumkxserkv+pow((K*(Vector_B[j]-serznach)),2);
}

Edit13->Text=sumYsp;

Edit9->Text=sumkxser;
Edit10->Text=sumkxserkv;
Edit11->Text=sqrt(sumkxserkv/N);

delete []Vector_B;
delete []DeltaKvadrat;
}
//-----
void __fastcall TForm1::N4Click(TObject *Sender)
{
Form1->Close();
}
//-----
```

```
void __fastcall TForm1::BitBtn1Click(TObject *Sender)
{
Form2->Show();
}
//-----

void __fastcall TForm1::BitBtn2Click(TObject *Sender)
{
Form3->Show();
}
//-----

void __fastcall TForm1::BitBtn3Click(TObject *Sender)
{
Form4->Show();
}
//-----
```

## Unit2. cpp

```
#include <vcl.h>
#include <algorithm>
#include <vector.h>
#pragma hdrstop

#include "Unit2.h"
#include "Unit1.h"
//-----
#pragma package(smart_init)
#pragma resource "*.dfm"
TForm2 *Form2;
extern int N;
```

```
extern vector <double> kx_ser_znach;
```

```
//-----
__fastcall TForm2::TForm2(TComponent* Owner)
    : TForm(Owner)
{
}
//-----
```

```
void __fastcall TForm2::BitBtn1Click(TObject *Sender)
```

```
{
for (int j=0;j<N;j++)
{
    Series1->AddXY(j+1,kx_ser_znach[j]);
}
}
```

```
//-----
```

```
void __fastcall TForm2::BitBtn2Click(TObject *Sender)
```

```
{
    Series1->Clear();
}
```

### Unit3. cpp

```
#include <vcl.h>
#include <algorithm>
#include <vector.h>
#pragma hdrstop
```

```
#include "Unit3.h"
```

```
#include "Unit1.h"
```

```
//-----
```

```
#pragma package(smart_init)
#pragma resource "*.dfm"
TForm3 *Form3;
```

```
extern int N;
```

```
extern vector <double> vect_Y;
```

```
//-----
```

```
__fastcall TForm3::TForm3(TComponent* Owner)
    : TForm(Owner)
```

```
{
}
```

```
//-----
```

```
void __fastcall TForm3::BitBtn1Click(TObject *Sender)
```

```
{
for (int j=0;j<N;j++)
{
    Series1->AddXY(j+1,vect_Y[j]);
}
}
```

```
//-----
```

```
void __fastcall TForm3::BitBtn2Click(TObject *Sender)
```

```
{
    Series1->Clear();
}
```

### Unit4. cpp

```
#include <vcl.h>
#include <algorithm>
#include <vector.h>
#pragma hdrstop
```

```
#include "Unit4.h"
```

```
#include "Unit1.h"
```

```
#pragma package(smart_init)
#pragma resource "*.dfm"
TForm4 *Form4;
```

```
extern int N;
extern vector <double> Y_sp;
//-----
__fastcall TForm4::TForm4(TComponent* Owner)
    : TForm(Owner)
{
}
//-----
void __fastcall TForm4::BitBtn1Click(TObject *Sender)
{
    for (int j=0;j<N;j++)
    {
        Series1->AddXY(j+1,Y_sp[j]);
    }
}
//-----
void __fastcall TForm4::BitBtn2Click(TObject *Sender)
{
    Series1->Clear();
}
```

**Примітка**

1. Для виводу даних розрахунку по тому чи іншому стовпчику необхідно виділити дані, копіювати і вставити в блокнот, записавши у файл.
2. При великому векторі даних, частина з них скрита вверху , але вони легко виділяються.
3. Інтерфейс і графіки копіюються клавішею Print Scrin, копіюють на Paint, виділяють, розвертають і вставляють у сторінку Word.

**1.3. Обчислення елементів матриці коефіцієнтів початкових рівнянь поліноміальної апроксимації**

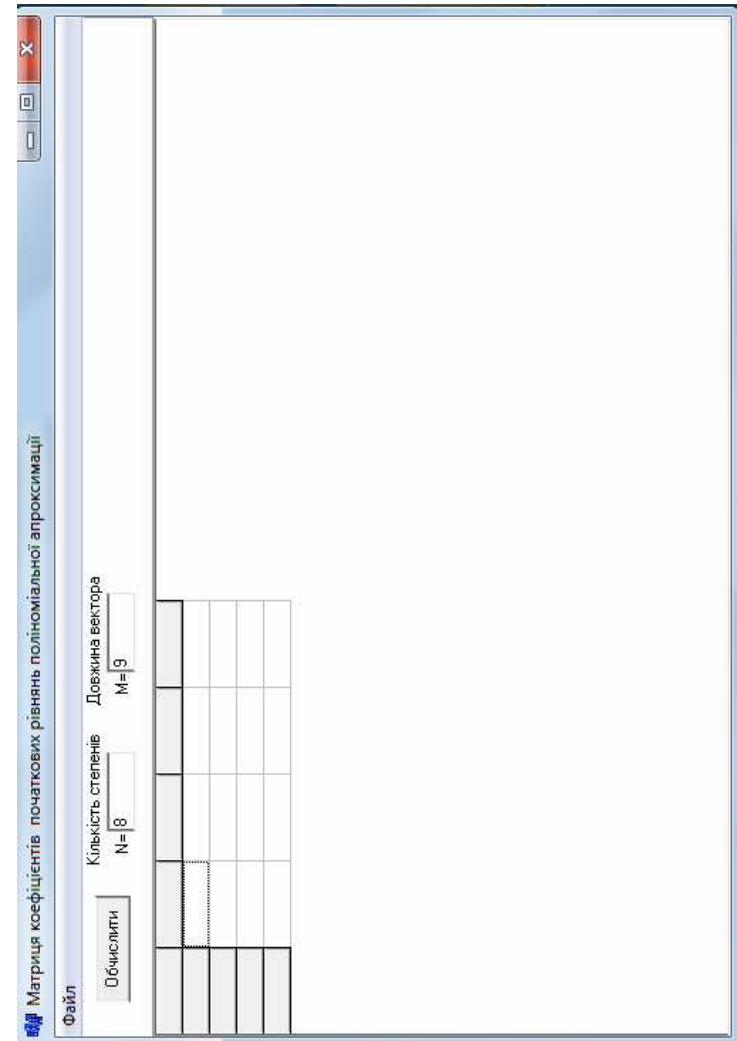


Рис.7. Початкова форма програми

| Степ. Знач. | X1      | X2     | X3     | X4     | X5     | X6     | X7     | X8     | X9     | X10    |
|-------------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| X1^1        | 100     | 95     | 90     | 89     | 86     | 85     | 80     | 77     | 75     | 66     |
| X1^2        | 10000   | 9025   | 8100   | 7921   | 7396   | 7225   | 6400   | 5929   | 5625   | 4356   |
| X1^3        | 1000000 | 857375 | 729000 | 704969 | 636056 | 614125 | 512000 | 456533 | 421875 | 287496 |

Рис.8. Формування елементів матриці для кубічного поліному

Програма надає нам можливість зберегти розраховану матрицю у файл блокнота з подальшим її використанням.

Натиском «Матриця коефіцієнтів початкових рівнянь поліноміальної апроксимації» відкривається діалогове вікно, що дає можливість

1. Перемістити.
2. Розмір.
3. Звернути.
4. Розвернути.
5. Закрити.

Програма надає нам можливість зберегти результати.

### Unit1.dfm

object Form1: TForm1

Left = 220

Top = 160

Width = 738

Height = 513

Caption =

#1052#1072#1090#1088#1080#1094#1103'

#1082#1086#1077#1092#1110#1094#1110#1108#1085#1090#1110#1074'

#1087#1086#1095#1072#1090#1082#1086#1074#1080#1093'

#1088#1110#1074#1085#1103#1085#1100'

#1087#1086#1083#1110#1085#1086#1084#1110#1072#1083#1100#1085#1086#1111'

#1072#1087#1088#1086#1082#1089#1080#1084 + #1072#1094#1110#1111

Color = clBtnFace

Font.Charset = DEFAULT\_CHARSET

Font.Color = clWindowText

Font.Height = -11

**Факультет кібернетики. Кафедра математичного моделювання**

```
Font.Name = 'MS Sans Serif'
Font.Style = []
Menu = MainMenu1
OldCreateOrder = False
PixelsPerInch = 96
TextHeight = 13
object Label1: TLabel
  Left = 160
  Top = 32
  Width = 14
  Height = 13
  Caption = 'N='
end
object Label2: TLabel
  Left = 288
  Top = 32
  Width = 15
  Height = 13
  Caption = 'M='
end
object StringGrid1: TStringGrid
  Left = 32
  Top = 80
  Width = 593
  Height = 321
  DefaultColWidth = 50
  DefaultRowHeight = 18
  TabOrder = 0
end
object Button1: TButton
  Left = 32
  Top = 32
  Width = 75
  Height = 25
```

**Факультет кібернетики. Кафедра математичного моделювання**

```
Caption =
#1054#1073#1095#1080#1089#1083#1080#1090#1080
TabOrder = 1
OnClick = Button1Click
end
object Edit1: TEdit
  Left = 176
  Top = 32
  Width = 57
  Height = 21
  TabOrder = 2
  Text = '9'
end
object Edit2: TEdit
  Left = 304
  Top = 32
  Width = 57
  Height = 21
  TabOrder = 3
  Text = '10'
end
object OpenFileDialog: TOpenDialog
  Left = 400
  Top = 24
end
object MainMenu1: TMainMenu
  Left = 440
  Top = 24
  object N1: TMenuItem
    Caption = #1060#1072#1081#1083
    object N2: TMenuItem
      Caption =
#1047#1072#1074#1072#1085#1090#1072#1078#1080#1090#108
0' #1074#1077#1082#1090#1086#1088
      OnClick = N2Click
```

```
end
object N3: TMenuItem
  Caption = '-'
end
object N4: TMenuItem
  Caption = #1042#1080#1093#1110#1076
end
end
end
end
```

## Unit1.cpp

```
#include <vcl.h>
#include <fstream.h>
#include <conio.h>
#include <stdlib.h>
#include <string.h>
#include <math.h>
#pragma hdrstop
#include "Unit1.h"
//-----
#pragma package(smart_init)
#pragma resource "*.dfm"
TForm1 *Form1;
//-----
```

```
__fastcall TForm1::TForm1(TComponent* Owner)
  : TForm(Owner)
{
  Memo1->Visible=false;
}
//-----
AnsiString path1;
char *filename1=(char*) malloc(50);
void __fastcall TForm1::N2Click(TObject *Sender)
{
  OpenFileDialog1->Filter="Текстовий файл (*.txt)|*.txt";

  if(OpenDialog1->Execute())
  {
    path1=OpenDialog1->FileName;
  }
  filename1=path1.c_str();
}
//-----
int N,M;
```



```
void __fastcall TForm1::Button1Click(TObject *Sender)
```

```
{
N=StrToInt(Edit1->Text);
M=StrToInt(Edit2->Text);

Form1->StringGrid1->ColCount=M+1;
Form1->StringGrid1->RowCount=N+1;

float *B=new float [M];

ifstream ifs1 (filename1, ifstream::in );

for (int j=0;j<M;j++)
{
ifs1>>B[j];
}

ifs1.close();
Memo1->Clear();
for (int i=0;i<N;i++)
```

```
{
for (int j=0;j<M;j++)
{
StringGrid1->Cells[j+1][0]="X"+IntToStr(j+1);
StringGrid1->Cells[0][0]="Степ.|Знач.";
StringGrid1->Cells[0][i+1]="Xi^"+IntToStr(i+1);
StringGrid1->Cells[j+1][i+1]=pow(B[j],i+1);
Memo1->SelText=pow(B[j],i+1);
Memo1->SelText=" ";
}
Memo1->Lines->Add("");
}
delete []B;
}
//-----
void __fastcall TForm1::N4Click(TObject *Sender)
{
Close();
}
//-----
```

```
void __fastcall TForm1::N5Click(TObject *Sender)
```

```
{  
  SaveDialog1->InitialDir;  
  SaveDialog1->DefaultExt="txt";  
  SaveDialog1->Filter="Текстовий документ (*.txt)|*.txt";  
  if (SaveDialog1->Execute())  
  {  
    Memo1->Lines->SaveToFile(SaveDialog1->FileName);  
  }  
}
```

## Розділ 2. Транспонування і множення прямокутних матриць. Формування матриці коефіцієнтів нормальних рівнянь і вектора вільних членів

### 2.1. Транспонування матриці початкових рівнянь $X$

Для знаходження матриці коефіцієнтів нормальних рівнянь  $N$  за формулою

$$N = X^T * X, \quad (2.1)$$

mxm    mxn    nxm

де  $X^T$  – транспонована матриця, що знаходиться по наступній програмі

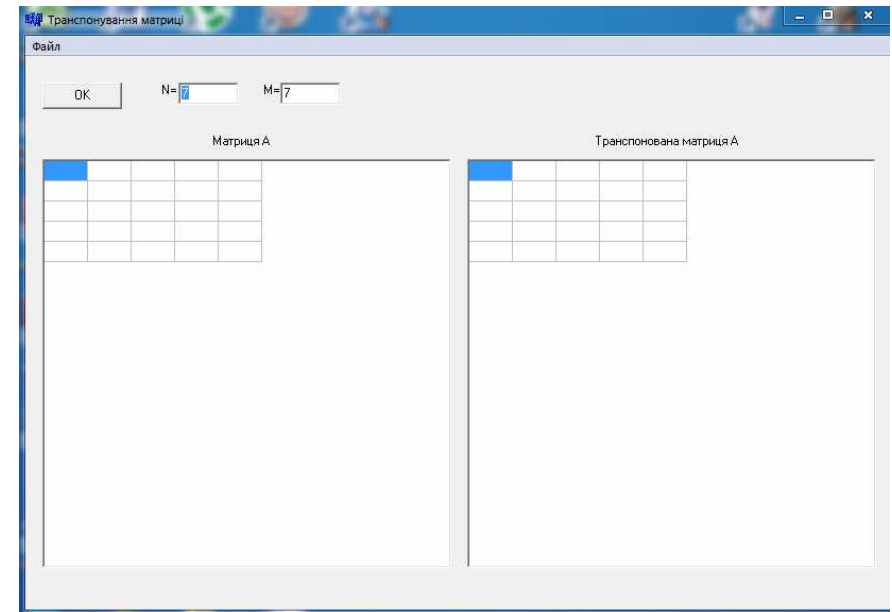


Рис.9. Початковий інтерфейс програми транспонування матриць

Перед початком транспонування задається розмірність матриці – число рядків  $N$  і число стовпчиків  $M$ .

Натиском «Файл» відкривається діалогове вікно:

1. Завантажити матрицю.
2. Зберегти результат у файл.
3. Вихід.

Для нашого експерименту матриця початкових рівнянь при  $N=38$   $M=9$  має вигляд

Натиском кнопки «ОК» отримуємо транспоновану матрицю (див. рис 8).

В транспонованій матриці замінені стовпчики на рядки. І якщо матриця  $X$  мала розмірність  $38 \times 9$ , то транспонована матриця має розмірність  $9 \times 38$ , що дає можливість нам перемножити ці дві матриці і отримати квадратну матрицю коефіцієнтів нормальних рівнянь  $N$  розмірами  $9 \times 9$  для подальшого знаходження оберненої матриці  $Q=N^{-1}$ .

Програма надає нам можливість зберегти транспоновану матрицю у файл блокнота з подальшим її використанням.

Натиском «Транспонування матриці» відкривається діалогове вікно, що дає можливість

6. Перемістити.
7. Розмір.
8. Звернути.
9. Розвернути.
10. Закрити.

Програма не надає нам можливості копіювати результати транспонування, попередньо виділивши їх на екрані форми. Але можливість виділення результатів дозволяє

продивитися їх безпосередньо у самій формі до подальшого збереження у файл.

|   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 5 | 5 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 |
| 1 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 1 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 1 | 5 | 5 | 3 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 1 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 5 | 4 | 5 |
| 1 | 5 | 5 | 3 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 1 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 1 | 5 | 5 | 2 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 1 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 1 | 4 | 5 | 4 | 5 | 4 | 5 | 0 | 5 |
| 1 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 1 | 4 | 5 | 4 | 5 | 4 | 0 | 0 | 4 |
| 1 | 4 | 5 | 4 | 4 | 4 | 5 | 4 | 5 |
| 1 | 5 | 5 | 3 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 1 | 5 | 5 | 4 | 3 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 1 | 5 | 5 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 1 | 4 | 5 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 |
| 1 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 | 5 | 5 |
| 1 | 5 | 5 | 3 | 5 | 5 | 4 | 0 | 5 |
| 1 | 5 | 5 | 3 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 1 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 1 | 5 | 5 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 1 | 4 | 5 | 4 | 4 | 4 | 5 | 4 | 4 |
| 1 | 5 | 5 | 3 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 1 | 5 | 5 | 3 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 1 | 5 | 5 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 1 | 5 | 5 | 3 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 1 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 1 | 5 | 5 | 3 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 1 | 5 | 5 | 3 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 1 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 1 | 5 | 5 | 3 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 1 | 4 | 5 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 1 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 1 | 5 | 5 | 3 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 1 | 5 | 5 | 3 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 1 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |



## Unit1.dfm

```
object Form1: TForm1
  Left = 176
  Top = 114
  Width = 832
  Height = 578
  Caption =
  #1058#1088#1072#1085#1089#1087#1086#1085#1091#1074#107
  2#1085#1085#1103' '#1084#1072#1090#1088#1080#1094#1110
  Color = clBtnFace
  Font.Charset = DEFAULT_CHARSET
  Font.Color = clWindowText
  Font.Height = -11
  Font.Name = 'MS Sans Serif'
  Font.Style = []
  Menu = MainMenu1
  OldCreateOrder = False
  PixelsPerInch = 96
  TextHeight = 13
  object Label1: TLabel
    Left = 128
    Top = 24
    Width = 14
    Height = 13
    Caption = 'N='
  end
  object Label2: TLabel
    Left = 224
    Top = 24
    Width = 15
    Height = 13
    Caption = 'M='
```

```
end
object Label3: TLabel
  Left = 176
  Top = 72
  Width = 54
  Height = 13
  Caption = #1052#1072#1090#1088#1080#1094#1103' '#1040
end
object Label4: TLabel
  Left = 536
  Top = 72
  Width = 135
  Height = 13
  Caption =
  #1058#1088#1072#1085#1089#1087#1086#1085#1086#1074#107
  2#1085#1072' '#1084#1072#1090#1088#1080#1094#1103' '#1040
end
object Edit1: TEdit
  Left = 144
  Top = 24
  Width = 57
  Height = 21
  TabOrder = 0
  Text = '7'
end
object Edit2: TEdit
  Left = 240
  Top = 24
  Width = 57
  Height = 21
  TabOrder = 1
  Text = '7'
end
object Button1: TButton
  Left = 16
```

**Факультет кібернетики. Кафедра математичного моделювання**

```
Top = 24
Width = 75
Height = 25
Caption = #1054#1050
TabOrder = 2
OnClick = Button1Click
end
object Memo2: TMemo
Left = 416
Top = 96
Width = 385
Height = 385
TabOrder = 3
end
object StringGrid1: TStringGrid
Left = 16
Top = 96
Width = 385
Height = 385
DefaultColWidth = 40
DefaultRowHeight = 18
TabOrder = 4
end
object StringGrid2: TStringGrid
Left = 416
Top = 96
Width = 385
Height = 385
DefaultColWidth = 40
DefaultRowHeight = 18
TabOrder = 5
end
object MainMenu1: TMainMenu
Left = 344
Top = 8
```

63

**Факультет кібернетики. Кафедра математичного моделювання**

```
object N1: TMenuItem
Caption = #1060#1072#1081#1083
object N2: TMenuItem
Caption =
#1047#1072#1074#1072#1085#1090#1072#1078#1080#1090#108
0' '#1084#1072#1090#1088#1080#1094#1102
OnClick = N2Click
end
object N5: TMenuItem
Caption = #1047#1073#1077#1088#1077#1075#1090#1080'
'#1088#1077#1079#1091#1083#1100#1090#1072#1090' '#1091'
'#1092#1072#1081#1083
OnClick = N5Click
end
object N3: TMenuItem
Caption = '-'
end
object N4: TMenuItem
Caption = #1042#1080#1093#1110#1076
OnClick = N4Click
end
end
object OpenFileDialog1: TOpenDialog
Left = 384
Top = 8
end
object SaveDialog1: TSaveDialog
Left = 424
Top = 8
end
end
```

64



## Unit1.cpp

```
//-----
#include <vcl.h>
#include <fstream.h>
#pragma hdrstop

#include "Unit1.h"
//-----
#pragma package(smart_init)
#pragma resource "*.dfm"
TForm1 *Form1;
//-----
__fastcall TForm1::TForm1(TComponent* Owner)
    : TForm(Owner)
{
    StringGrid1->FixedCols=0;
    StringGrid1->FixedRows=0;
    StringGrid2->FixedCols=0;
    StringGrid2->FixedRows=0;

    Memo2->Visible=false;
}
//-----

AnsiString path;
char *matrixfilename=(char*) malloc(50);

void __fastcall TForm1::N2Click(TObject *Sender)
{
    OpenFileDialog->Filter="Текстовий файл (*.txt)*.txt";

    if(OpenDialog1->Execute())
```

```
{
    path=OpenDialog1->FileName;
}
matrixfilename=path.c_str();
}
//-----

void __fastcall TForm1::Button1Click(TObject *Sender)
{
    int N,M;

    N=StrToInt(Edit1->Text);
    M=StrToInt(Edit2->Text);

    Form1->StringGrid1->ColCount=M;
    Form1->StringGrid1->RowCount=N;
    Form1->StringGrid2->ColCount=N;
    Form1->StringGrid2->RowCount=M;

    double **A=new double* [N];

    for(int col=0;col<N;col++)

        { A[col]=new double [M]; }

    ifstream ifs (matrixfilename, ifstream::in );

    for (int i=0;i<N;i++)
        {
            for (int j=0;j<M;j++)
                {
                    ifs>>A[i][j];
                }
        }
    ifs.close();
```

```

for (int i=0;i<N;i++)
{
    for (int j=0;j<M;j++)

        {
            StringGrid1->Cells[j][i]=A[i][j];
        }

}

double **ATransp=new double* [M];

for(int col=0;col<M;col++)

{ ATransp[col]=new double [N]; }

double tmp;

for (int i=0;i<M;i++)
{
    for (int j=0;j<N;j++)
    {
        ATransp[i][j]=A[j][i];
    }
}

for (int i=0;i<M;i++)
{
    for (int j=0;j<N;j++)

        { Memo2->SelText=ATransp[i][j];
          Memo2->SelText=" ";
          StringGrid2->Cells[j][i]=ATransp[i][j];
        }
}

```

```

Memo2->Lines->Add("");
}

for (int i=0; i<N; i++)
{ delete [] A[i]; }
delete []A;

for (int i=0; i<M; i++)
{ delete [] ATransp[i]; }
delete []ATransp;
}
//-----
void __fastcall TForm1::N4Click(TObject *Sender)
{
Form1->Close();
}
//-----

void __fastcall TForm1::N5Click(TObject *Sender)
{
SaveDialog1->InitialDir;

SaveDialog1->Filter="Текстовий файл (*.txt)|*.txt";

SaveDialog1->FileName="C:\\TranspMatr.txt";

if (SaveDialog1->Execute())
{
Memo2->Lines->SaveToFile(SaveDialog1->FileName);
}
}
//-----

```

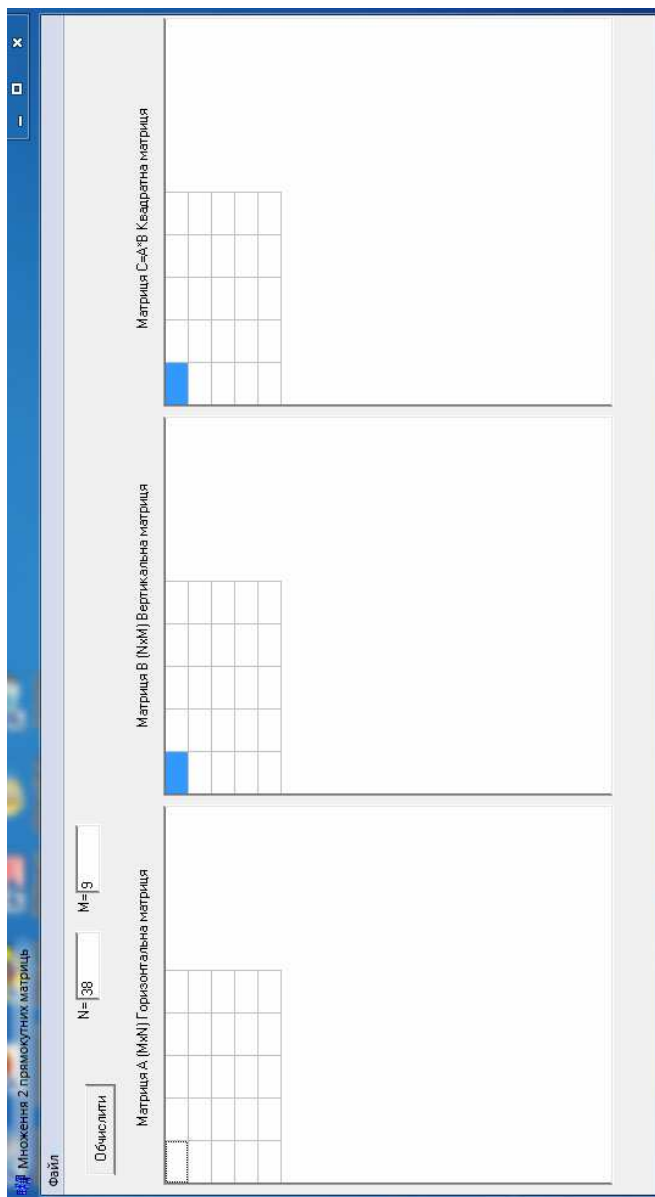


Рис. 13. Початкова форма розрахунків

Проставляється число строчок N і число стовпчиків M. Натиском «Файл» вибирається і завантажується наперед заготовлений файл транспонованої матриці розміром (MxN), записаний в блокноті, і при повторному натиску «Файл» завантажується матриця коефіцієнтів початкових рівнянь розміром (NхM).

Натиском кнопки «Обчислити» виводиться на екран дисплею квадратна матриця коефіцієнтів нормальних рівнянь розмірами (MхM).

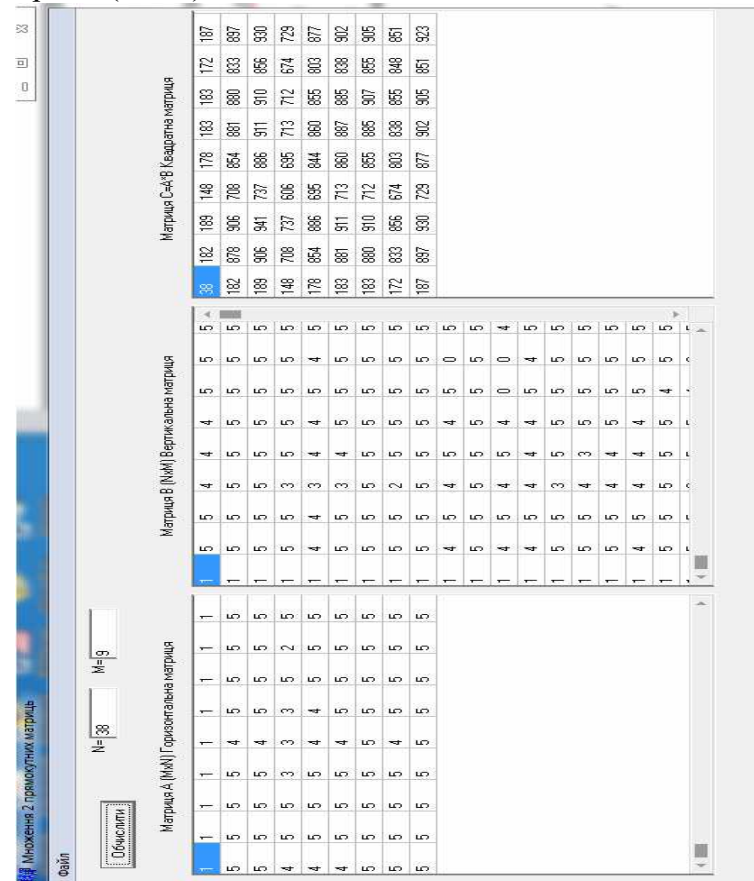


Рис.14. Результати розрахунку за програмою



**Факультет кібернетики. Кафедра математичного моделювання**

```
OldCreateOrder = False
PixelsPerInch = 96
TextHeight = 13
object Label1: TLabel
  Left = 56
  Top = 56
  Width = 211
  Height = 13
  Caption = #1052#1072#1090#1088#1080#1094#1103' A (MxN)
'#1043#1086#1088#1080#1079#1086#1085#1090#1072#1083#11
00#1085#1072' '#1084#1072#1090#1088#1080#1094#1103
end
object Label2: TLabel
  Left = 384
  Top = 56
  Width = 200
  Height = 13
  Caption = #1052#1072#1090#1088#1080#1094#1103' B (NxM)
'#1042#1077#1088#1090#1080#1082#1072#1083#1100#1085#10
72' '#1084#1072#1090#1088#1080#1094#1103
end
object Label3: TLabel
  Left = 712
  Top = 56
  Width = 181
  Height = 13
  Caption = #1052#1072#1090#1088#1080#1094#1103' C=A*B
'#1050#1074#1072#1076#1088#1072#1090#1085#1072'
'#1084#1072#1090#1088#1080#1094#1103
end
object Label4: TLabel
  Left = 144
  Top = 8
  Width = 14
  Height = 13
```

**Факультет кібернетики. Кафедра математичного моделювання**

```
  Caption = 'N='
end
object Label5: TLabel
  Left = 232
  Top = 8
  Width = 15
  Height = 13
  Caption = 'M='
end
object StringGrid1: TStringGrid
  Left = 8
  Top = 80
  Width = 313
  Height = 369
  DefaultColWidth = 34
  DefaultRowHeight = 18
  TabOrder = 0
end
object StringGrid2: TStringGrid
  Left = 328
  Top = 80
  Width = 313
  Height = 369
  DefaultColWidth = 34
  DefaultRowHeight = 18
  TabOrder = 1
end
object StringGrid3: TStringGrid
  Left = 648
  Top = 80
  Width = 321
  Height = 369
  DefaultColWidth = 34
  DefaultRowHeight = 18
  TabOrder = 2
```

Факультет кібернетики. Кафедра математичного моделювання

```
end
object Edit1: TEdit
  Left = 160
  Top = 8
  Width = 57
  Height = 21
  TabOrder = 3
  Text = '38'
end
object Edit2: TEdit
  Left = 248
  Top = 8
  Width = 57
  Height = 21
  TabOrder = 4
  Text = '9'
end
object BitBtn1: TBitBtn
  Left = 16
  Top = 16
  Width = 75
  Height = 25
  Caption =
#1054#1073#1095#1080#1089#1083#1080#1090#1080
  TabOrder = 5
  OnClick = BitBtn1Click
end
object Memo1: TMemo
  Left = 648
  Top = 8
  Width = 321
  Height = 41
  TabOrder = 6
end
object MainMenu1: TMainMenu
```

75

© Карпик С.О., Літнарівич Р.М.

Факультет кібернетики. Кафедра математичного моделювання

```
Left = 312
object N1: TMenuItem
  Caption = #1060#1072#1081#1083
object A1: TMenuItem
  Caption =
#1047#1072#1074#1072#1085#1090#1072#1078#1080#1090#108
0' '#1084#1072#1090#1088#1080#1094#1102' A
('#1075#1086#1088#1080#1079#1086#1085#1090#1072#1083#11
00#1085#1072' '#1084#1072#1090#1088#1080#1094#1103')
  OnClick = A1Click
end
object B1: TMenuItem
  Caption =
#1047#1072#1074#1072#1085#1090#1072#1078#1080#1090#108
0' '#1084#1072#1090#1088#1080#1094#1102' B
('#1074#1077#1088#1090#1080#1082#1072#1083#1100#1085#10
72' '#1084#1072#1090#1088#1080#1094#1103')
  OnClick = B1Click
end
object N4: TMenuItem
  Caption = #1047#1073#1077#1088#1077#1075#1090#1080'
'#1088#1077#1079#1091#1083#1100#1090#1072#1090#1080'
'#1091' '#1092#1072#1081#1083
  OnClick = N4Click
end
object N2: TMenuItem
  Caption = '-'
end
object N3: TMenuItem
  Caption = #1042#1080#1093#1110#1076
  OnClick = N3Click
end
end
object OpenFileDialog: TOpenDialog
```

76

© Карпик С.О., Літнарівич Р.М.

```
    Left = 352
end
object OpenDialog2: TOpenDialog
    Left = 392
end
object SaveDialog1: TSaveDialog
    Left = 432
end
end
```

## Unit1.cpp

```
//-----
#include <vcl.h>
#include <fstream.h>
#pragma hdrstop

#include "Unit1.h"
//-----
#pragma package(smart_init)
#pragma resource "*.dfm"
TForm1 *Form1;
//-----
__fastcall TForm1::TForm1(TComponent* Owner)
    : TForm(Owner)
{
    StringGrid1->FixedCols=0;
    StringGrid1->FixedRows=0;
    StringGrid2->FixedCols=0;
    StringGrid2->FixedRows=0;
    StringGrid3->FixedCols=0;
    StringGrid3->FixedRows=0;
}
```

```
    Memo1->Visible=false;
}
//-----
AnsiString path1;
char *matrixfilename1=(char*) malloc(50);
AnsiString path2;
char *matrixfilename2=(char*) malloc(50);

void __fastcall TForm1::A1Click(TObject *Sender)
{
    OpenDialog1->Filter="Текстовий файл (*.txt)|*.txt";

    if(OpenDialog1->Execute())
    {
        path1=OpenDialog1->FileName;
    }
    matrixfilename1=path1.c_str();
}
//-----
void __fastcall TForm1::B1Click(TObject *Sender)
{
    OpenDialog2->Filter="Текстовий файл (*.txt)|*.txt";

    if(OpenDialog2->Execute())
    {
        path2=OpenDialog2->FileName;
    }
    matrixfilename2=path2.c_str();
}
//-----
void __fastcall TForm1::N3Click(TObject *Sender)
{
    Close();
}
```

//-----

```
void __fastcall TForm1::BitBtn1Click(TObject *Sender)
```

```
{
int N, M;
N=StrToInt(Edit1->Text);
M=StrToInt(Edit2->Text);

Form1->StringGrid1->ColCount=N;
Form1->StringGrid1->RowCount=M;
Form1->StringGrid2->ColCount=M;
Form1->StringGrid2->RowCount=N;
Form1->StringGrid3->ColCount=M;
Form1->StringGrid3->RowCount=M;
```

```
float **A=new float* [M];
for(int col=0;col<M;col++)
{ A[col]=new float [N]; }
```

```
float **B=new float* [N];
for(int col=0;col<N;col++)
{ B[col]=new float [M]; }
```

```
float **C=new float* [M];
for(int col=0;col<M;col++)
{ C[col]=new float [M]; }
```

```
ifstream ifs1 (matrixfilename1, ifstream::in );
```

```
for (int i=0;i<M;i++)
{
for (int j=0;j<N;j++)
{
ifs1>>A[i][j];
}
}
```

```
ifs1.close();
```

```
for (int i=0;i<M;i++)
{
for (int j=0;j<N;j++)

{
StringGrid1->Cells[j][i]=A[i][j];
}
}
```

```
ifstream ifs2 (matrixfilename2, ifstream::in );
```

```
for (int i=0;i<N;i++)
{
for (int j=0;j<M;j++)
{
ifs2>>B[i][j];
}
}
```

```
ifs2.close();
```

```
for (int i=0;i<N;i++)
{
for (int j=0;j<M;j++)
```

```
{
StringGrid2->Cells[j][i]=B[i][j];
}
}
```

```
float sum=0;
```

```
for (int i=0; i<M; ++i)
{
for (int j=0; j<M; ++j)
```



```

    { C[i][j]=0;
      for (int r=0; r<N; r++)
      {
        C[i][j]+=A[i][r]*B[r][j];
      }
    }
  }
}
Memo1->Clear();

for (int i=0; i<M; ++i)
{
  for (int j=0; j<M; ++j)
  {
    StringGrid3->Cells[j][i]=C[i][j];
    Memo1->SelText=FloatToStr(C[i][j]);
    Memo1->SelText=" ";
  }
  Memo1->Lines->Add("");
}

for (int i=0; i<M; i++)
{ delete [] A[i]; }
delete []A;

for (int i=0; i<N; i++)
{ delete [] B[i]; }
delete []B;

for (int i=0; i<M; i++)
{ delete [] C[i]; }
delete []C;
}
//-----
void __fastcall TForm1::N4Click(TObject *Sender)

```

```

{
  SaveDialog1->InitialDir;
  SaveDialog1->Filter="Текстовий файл (*.txt)*.txt";
  SaveDialog1->FileName="C:\\Dobutok_2_Matruc.txt";

  if (SaveDialog1->Execute())
  {
    Memo1->Lines->SaveToFile(SaveDialog1->FileName);
  }
}
//-----

```

### 2.3. Представлення вектора вільних членів системи лінійних алгебраїчних рівнянь

Вектор вільних членів розраховується за формулою

$$\ell = [X]^T Y = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & \dots & 1 \\ X_{11} & X_{12} & X_{13} & \dots & X_{138} \\ X_{21} & X_{22} & X_{23} & \dots & X_{238} \\ X_{31} & X_{32} & X_{33} & \dots & X_{338} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ X_{81} & X_{82} & X_{83} & \dots & X_{838} \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ Y_3 \\ \dots \\ Y_{38} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_{i=1}^{38} Y_i \\ \sum_{i=1}^{38} Y_i X_{1i} \\ \sum_{i=1}^{38} Y_i X_{2i} \\ \sum_{i=1}^{38} Y_i X_{3i} \\ \dots \\ \sum_{i=1}^{38} Y_i X_{8i} \end{bmatrix}$$

(2.2)

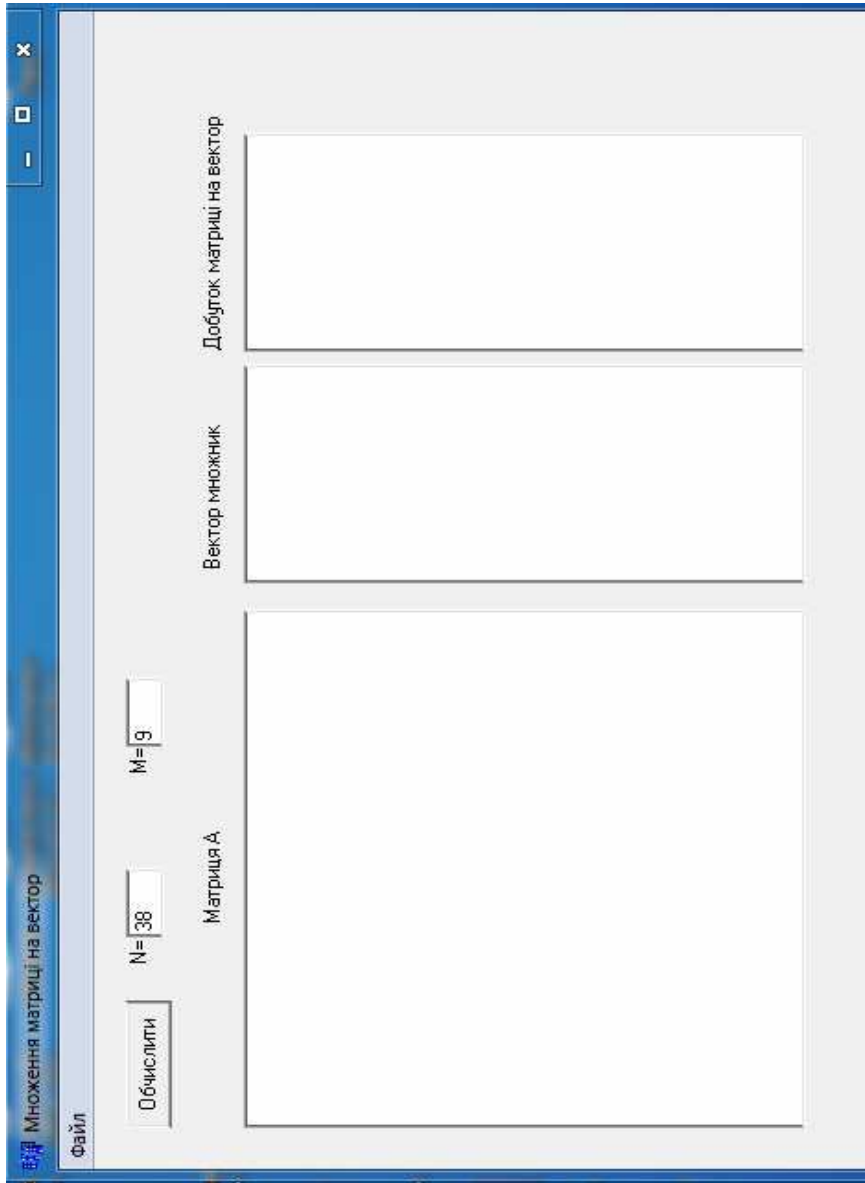


Рис.16. Початкова форма програми «Множення на вектор»

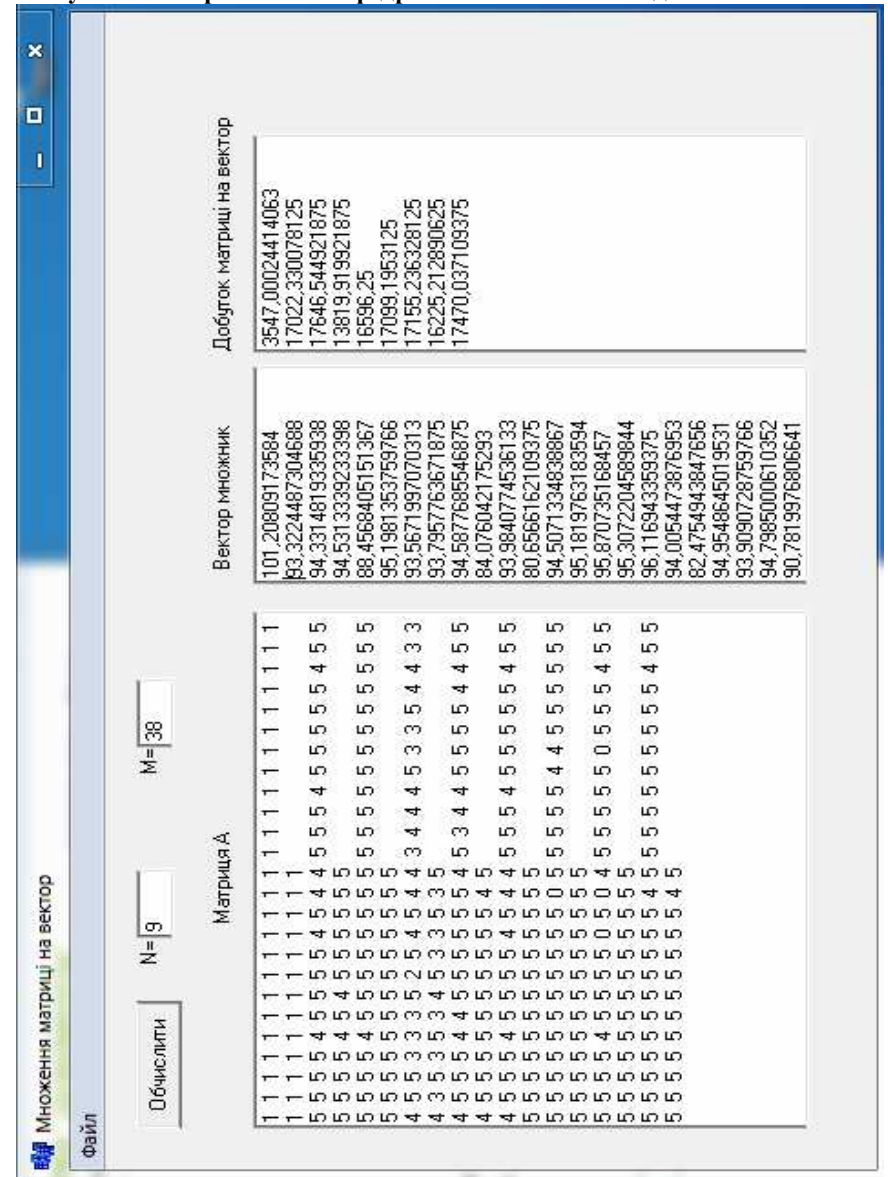


Рис.17. Знаходження вектора вільних членів СЛАР

Перед завантаженням матриці необхідно проставити  $N=9$  і  $M=38$ , що буде відповідати розмірності транспонованої матриці  $X$  початкових рівнянь. На місце вектора слід завантажити вектор  $Y$  імітаційної (спотвореної) моделі.

В результаті обчислень за програмою «Множення матриці на вектор» отримали вектор  $L$  вільних членів

3547,00024414063  
17022,330078125  
17646,544921875  
13819,919921875  
16596,25  
17099,1953125  
17155,236328125  
16225,212890625  
17470,037109375

Таким чином, ми отримали всі необхідні дані для зрівноваження імітаційної моделі за способом найменших квадратів. В подальшому дану програму використовують для виконання першого контролю зрівноваження.

## Unit1.dfm

```
object Form1: TForm1
  Left = 286
  Top = 150
  Width = 696
  Height = 480
  Caption = '#1052#1085#1086#1078#1077#1085#1085#1103'
  '#1084#1072#1090#1088#1080#1094#1110' '#1085#1072'
  '#1074#1077#1082#1090#1086#1088'
```

```
Color = clBtnFace
Font.Charset = DEFAULT_CHARSET
Font.Color = clWindowText
Font.Height = -11
Font.Name = 'MS Sans Serif'
Font.Style = []
Menu = MainMenu1
OldCreateOrder = False
PixelsPerInch = 96
TextHeight = 13
object Label1: TLabel
  Left = 144
  Top = 56
  Width = 54
  Height = 13
  Caption = '#1052#1072#1090#1088#1080#1094#1103' '#1040'
end
object Label2: TLabel
  Left = 352
  Top = 56
  Width = 85
  Height = 13
  Caption = '#1042#1077#1082#1090#1086#1088'
  '#1084#1085#1086#1078#1085#1080#1082'
end
object Label3: TLabel
  Left = 480
  Top = 56
  Width = 138
  Height = 13
  Caption = '#1044#1086#1073#1091#1090#1086#1082'
  '#1084#1072#1090#1088#1080#1094#1110' '#1085#1072'
  '#1074#1077#1082#1090#1086#1088'
end
object Label4: TLabel
```

**Факультет кібернетики. Кафедра математичного моделювання**

```
Left = 120
Top = 16
Width = 14
Height = 13
Caption = 'N='
end
object Label5: TLabel
Left = 232
Top = 16
Width = 15
Height = 13
Caption = 'M='
end
object Memo1: TMemo
Left = 24
Top = 80
Width = 305
Height = 305
TabOrder = 0
end
object Button1: TButton
Left = 24
Top = 16
Width = 75
Height = 25
Caption =
#1054#1073#1095#1080#1089#1083#1080#1090#1080
TabOrder = 1
OnClick = Button1Click
end
object Memo2: TMemo
Left = 344
Top = 80
Width = 129
Height = 305
```

87

**Факультет кібернетики. Кафедра математичного моделювання**

```
TabOrder = 2
end
object Edit1: TEdit
Left = 136
Top = 16
Width = 41
Height = 21
TabOrder = 3
Text = '38'
end
object Memo3: TMemo
Left = 480
Top = 80
Width = 129
Height = 305
TabOrder = 4
end
object Edit2: TEdit
Left = 248
Top = 16
Width = 41
Height = 21
TabOrder = 5
Text = '9'
end
object MainMenu1: TMainMenu
Left = 472
Top = 8
object N1: TMenuItem
Caption = #1060#1072#1081#1083
object N2: TMenuItem
Caption =
#1047#1072#1074#1072#1085#1090#1072#1078#1080#1090#108
0' #1084#1072#1090#1088#1080#1094#1102
OnClick = N2Click
```

88

```

end
object N3: TMenuItem
Caption =
#1047#1072#1074#1072#1085#1090#1072#1078#1080#1090#108
0' '#1074#1077#1082#1090#1086#1088
OnClick = N3Click
end
object N4: TMenuItem
Caption = #1047#1073#1077#1088#1077#1075#1090#1080'
'#1088#1077#1079#1091#1083#1100#1090#1072#1090#1080'
'#1091' '#1092#1072#1081#1083
OnClick = N4Click
end
object N5: TMenuItem
Caption = '-'
end
object N6: TMenuItem
Caption = #1042#1080#1093#1110#1076
OnClick = N6Click
end
end
end
object OpenFileDialog1: TOpenDialog
Left = 376
Top = 8
end
object OpenFileDialog2: TOpenDialog
Left = 416
Top = 8
end
object SaveDialog1: TSaveDialog
Left = 336
Top = 8
end
end
end

```

## Unit1.cpp

```

#include <vcl.h>
#include <fstream.h>
#pragma hdrstop

#include "Unit1.h"
//-----
#pragma package(smart_init)
#pragma resource "*.dfm"
TForm1 *Form1;
//-----
__fastcall TForm1::TForm1(TComponent* Owner)
: TForm(Owner)
{
}
//-----
AnsiString path;
char *matrixfilename=(char*) malloc(50);
void __fastcall TForm1::N2Click(TObject *Sender)
{
OpenDialog1->Filter="Текстовий файл (*.txt)|*.txt";

if(OpenDialog1->Execute())
{
path=OpenDialog1->FileName;
}
matrixfilename=path.c_str();
}
//-----

AnsiString vectorpath;

```

```
char *vectorfilename=(char*) malloc(50);
void __fastcall TForm1::N3Click(TObject *Sender)
{
    OpenFileDialog2->Filter="Текстовий файл (*.txt)|*.txt";

    if(OpenDialog2->Execute())
    {
        vectorpath=OpenDialog2->FileName;
    }
    vectorfilename=vectorpath.c_str();
}
//-----
void __fastcall TForm1::Button1Click(TObject *Sender)
{
    int N,M;

    N=StrToInt(Edit1->Text);
    M=StrToInt(Edit2->Text);

    float *Vector_X1=new float [N];
    float *Vector_B=new float [M];

    float **A=new float* [N];

    for(int col=0;col<N;col++)

    { A[col]=new float [M]; }

    ifstream ifs (matrixfilename, ifstream::in );

    for (int i=0;i<N;i++)
    {
        for (int j=0;j<M;j++)
        {
```

```
        ifs>>A[i][j];
    }
}
ifs.close();

for (int i=0;i<N;i++)
{
    for (int j=0;j<M;j++)

        { Memo1->SelText=A[i][j];
          Memo1->SelText=" "; }

        Memo1->Lines->Add("");
    }
ifstream ifs2 (vectorfilename, ifstream::in );

for (int i=0;i<M;i++)
{
    ifs2>>Vector_B[i];
}
ifs2.close();

for (int j=0;j<M;j++)

    { Memo2->SelText=Vector_B[j];
      Memo2->Lines->Add("");
    }

float sum=0;

for (int i=0; i<N; i++)
{ sum=0;
  for (int j=0; j<M; j++)
  {
      sum=sum+A[i][j]*Vector_B[j];
```

```

    }
    Vector_X1[i]=sum;
    }

    for (int j=0;j<N;j++)

        { Memo3->SelText=Vector_X1[j];
          Memo3->Lines->Add("");
        }

    for (int i=0; i<N; i++)
    { delete [] A[i]; }
    delete []A;

    delete []Vector_B;
    delete []Vector_X1;

}
//-----
void __fastcall TForm1::N6Click(TObject *Sender)
{
Form1->Close();
}
//-----
void __fastcall TForm1::N4Click(TObject *Sender)
{
SaveDialog1->InitialDir;

SaveDialog1->Filter="Текстовий документ (*.txt)*.txt";

SaveDialog1->FileName="C:\\DobNaVect.txt";

if (SaveDialog1->Execute())
{
Memo3->Lines->SaveToFile(SaveDialog1->FileName);
}

```

```

}
}
//-----

```

### Розділ 3. Побудова ймовірнішої математичної моделі за способом найменших квадратів

#### 3.1. Рішення системи лінійних алгебраїчних рівнянь

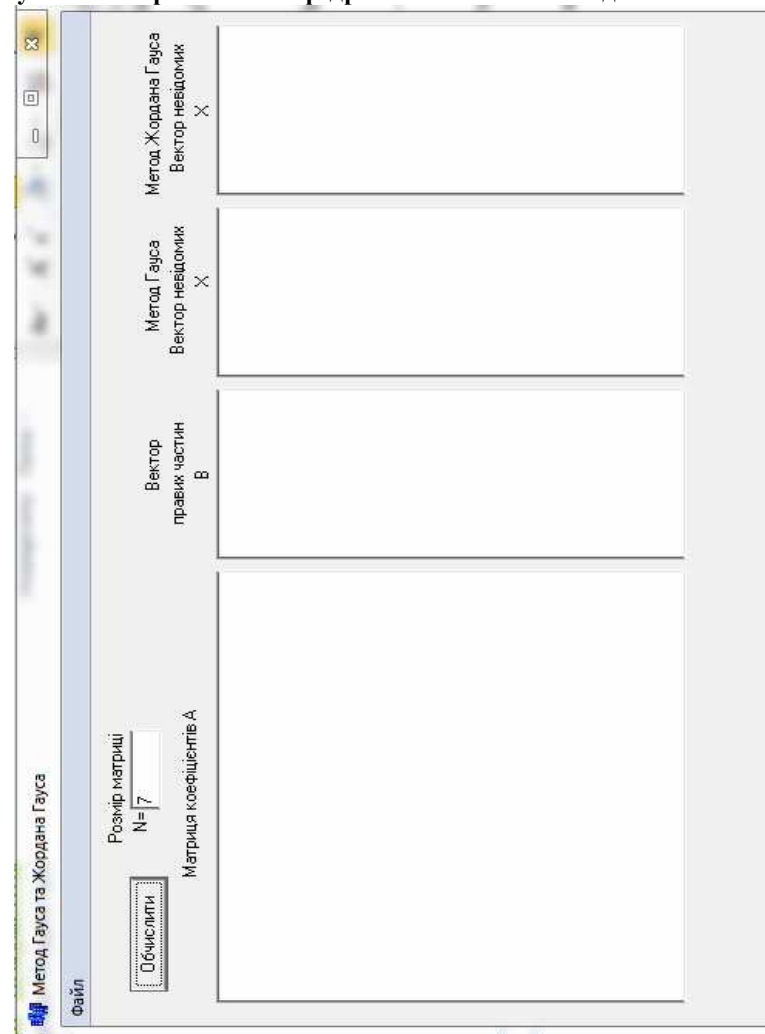


Рис.18. Початкова форма програми «Метод Гауса та Жордана-Гауса»



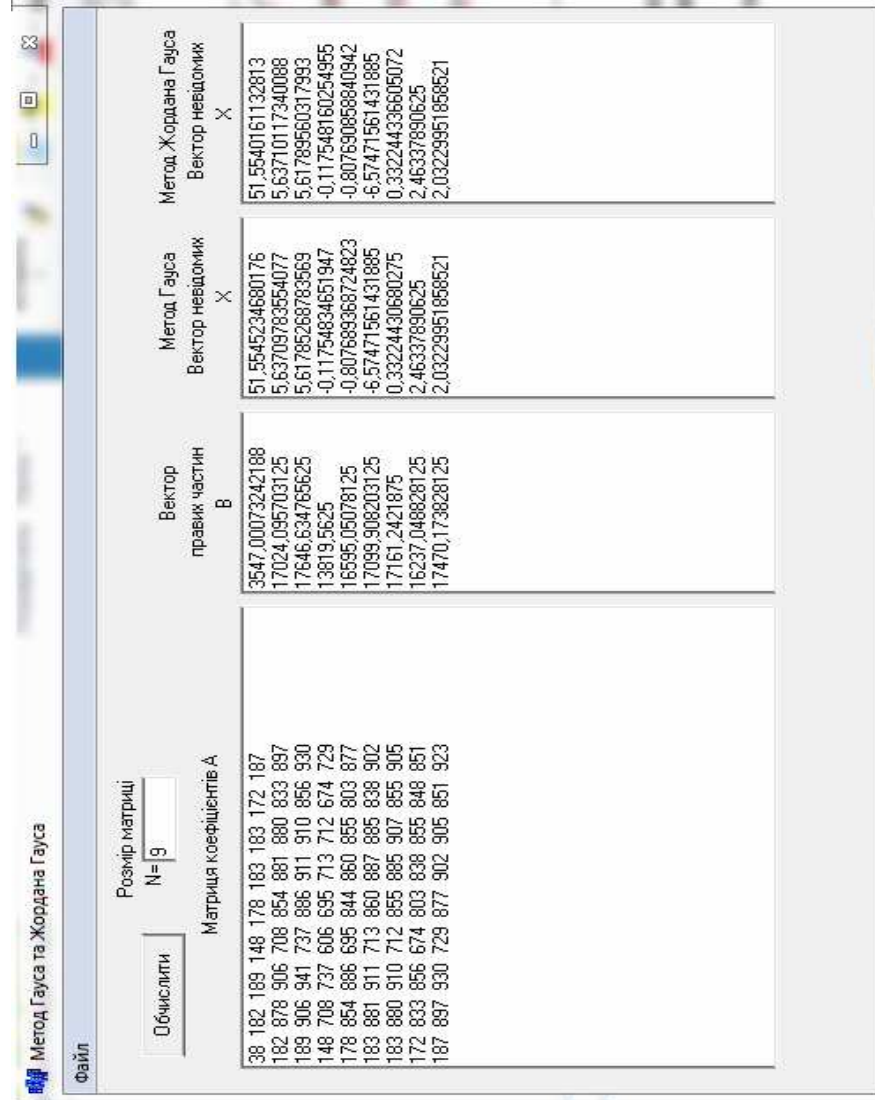


Рис 19. Рішення СЛАР методом Гауса та Жордана-Гауса

При рішенні нормальних рівнянь по методу Гауса отримали вектор невідомих коефіцієнтів математичної моделі

A=

51,5545234680176  
5,63709783554077  
5,61785268783569  
-0,11754834651947  
-0,807689368724823  
-6,57471561431885  
0,33224430680275  
2,46337890625  
2,03229951858521

Таким чином, в результаті проведених нами досліджень, на основі рішення системи лінійних алгебраїчних рівнянь за методом Гауса, нами отримана математична модель:

$$Y' = 51,5545234680176X_0 + 5,63709783554077X_1 + 5,61785268783569X_2 - 0,11754834651947X_3 - 0,807689368724823X_4 - 6,57471561431885X_5 + 0,33224430680275X_6 + 2,46337890625X_7 + 2,03229951858521X_8. \quad (3.1)$$

При рішенні нормальних рівнянь по методу Жордана-Гауса отримали вектор невідомих коефіцієнтів математичної моделі

A=

51,5545234680176  
5,63709783554077  
5,61785268783569  
-0,11754834651947  
-0,807689368724823  
-6,57471561431885  
0,33224430680275  
2,46337890625  
2,03229951858521

В результаті проведених нами досліджень, на основі рішення системи лінійних алгебраїчних рівнянь за методом

Факультет кібернетики. Кафедра математичного моделювання  
Жордана-Гауса, нами отримана автентична математична  
модель:

$$Y' = 51,5545234680176X_0 + 5,63709783554077X_1 + 5,61785268783569X_2 - 0,11754834651947X_3 - 0,807689368724823X_4 - 6,57471561431885X_5 + 0,33224430680275X_6 + 2,46337890625X_7 + 2,03229951858521X_8.$$

Перший контроль виконання процедури строгого зрівноваження проводиться за формулою

$$L = A * N, \quad (3.2)$$

Де  $L$  – вектор вільних членів системи лінійних алгебраїчних рівнянь;

$A$  – вектор знайдених із рішення системи нормальних рівнянь коефіцієнтів математичної моделі;

$N$  – матриця коефіцієнтів нормальних рівнянь

Таблиця 2. Матриця коефіцієнтів нормальних рівнянь  $N = X_{тр} * X$

|     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 38  | 182 | 189 | 148 | 178 | 183 | 183 | 172 | 187 |
| 182 | 878 | 906 | 708 | 854 | 881 | 880 | 833 | 897 |
| 189 | 906 | 941 | 737 | 886 | 911 | 910 | 856 | 930 |
| 148 | 708 | 737 | 606 | 695 | 713 | 712 | 674 | 729 |
| 178 | 854 | 886 | 695 | 844 | 860 | 855 | 803 | 877 |
| 183 | 881 | 911 | 713 | 860 | 887 | 885 | 838 | 902 |
| 183 | 880 | 910 | 712 | 855 | 885 | 907 | 855 | 905 |
| 172 | 833 | 856 | 674 | 803 | 838 | 855 | 848 | 851 |
| 187 | 897 | 930 | 729 | 877 | 902 | 905 | 851 | 923 |

Факультет кібернетики. Кафедра математичного моделювання

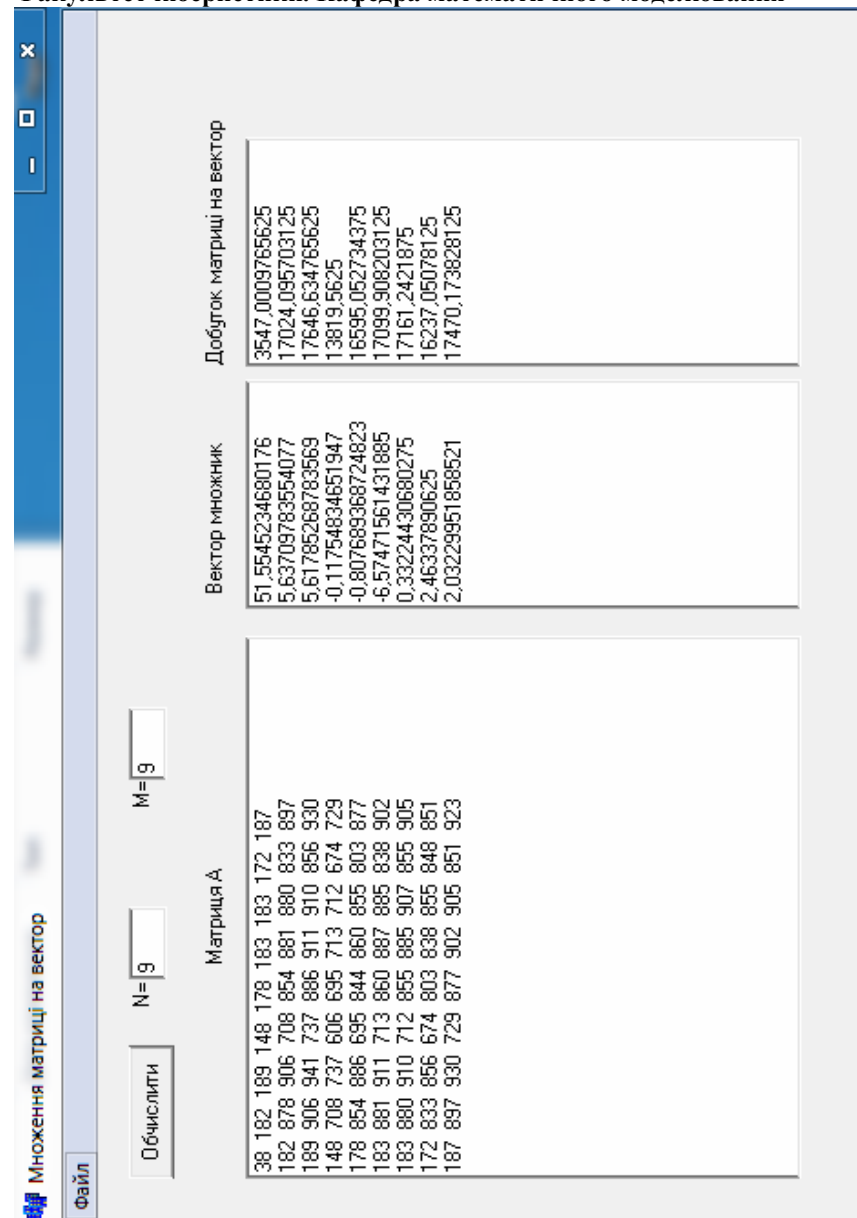


Рис.20. Контрольні обчислення  $L$  по методу Гауса

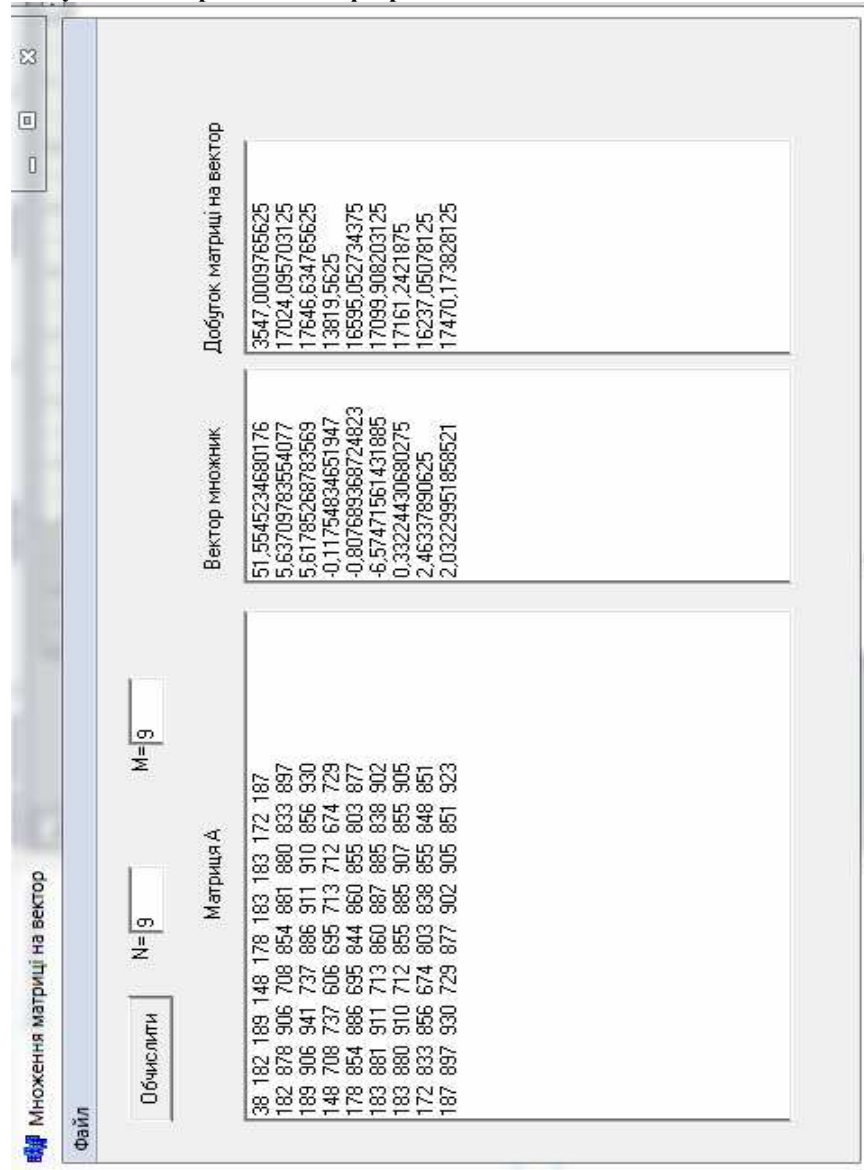


Рис.21. Контрольні обчислення L по методу Жордана-Гауса

Контрольні обчислення L по методу Гауса

L=  
 3547,0009765625  
 17024,095703125  
 17646,634765625  
 13819,5625  
 16595,052734375  
 17099,908203125  
 17161,2421875  
 16237,05078125  
 17470,173828125

Контрольні обчислення L по методу Жордана-Гауса

L=  
 3547,0009765625  
 17024,095703125  
 17646,634765625  
 13819,5625  
 16595,052734375  
 17099,908203125  
 17161,2421875  
 16237,05078125  
 17470,173828125

### Unit1.dfm

object Form1: TForm1

Left = 286

Top = 150

Width = 696

Height = 480

Caption = #1052#1085#1086#1078#1077#1085#1085#1103'

#1084#1072#1090#1088#1080#1094#1110' '#1085#1072'

#1074#1077#1082#1090#1086#1088

Color = clBtnFace

**Факультет кібернетики. Кафедра математичного моделювання**

```
Font.Charset = DEFAULT_CHARSET
Font.Color = clWindowText
Font.Height = -11
Font.Name = 'MS Sans Serif'
Font.Style = []
Menu = MainMenu1
OldCreateOrder = False
PixelsPerInch = 96
TextHeight = 13
object Label1: TLabel
  Left = 144
  Top = 56
  Width = 54
  Height = 13
  Caption = '#1052#1072#1090#1088#1080#1094#1103' '#1040'
end
object Label2: TLabel
  Left = 352
  Top = 56
  Width = 85
  Height = 13
  Caption = '#1042#1077#1082#1090#1086#1088'
'#1084#1085#1086#1078#1085#1080#1082'
end
object Label3: TLabel
  Left = 480
  Top = 56
  Width = 138
  Height = 13
  Caption = '#1044#1086#1073#1091#1090#1086#1082'
'#1084#1072#1090#1088#1080#1094#1110' '#1085#1072'
'#1074#1077#1082#1090#1086#1088'
end
object Label4: TLabel
  Left = 120
```

**Факультет кібернетики. Кафедра математичного моделювання**

```
Top = 16
Width = 14
Height = 13
Caption = 'N='
end
object Label5: TLabel
  Left = 232
  Top = 16
  Width = 15
  Height = 13
  Caption = 'M='
end
object Memo1: TMemo
  Left = 24
  Top = 80
  Width = 305
  Height = 305
  TabOrder = 0
end
object Button1: TButton
  Left = 24
  Top = 16
  Width = 75
  Height = 25
  Caption =
'#1054#1073#1095#1080#1089#1083#1080#1090#1080'
  TabOrder = 1
  OnClick = Button1Click
end
object Memo2: TMemo
  Left = 344
  Top = 80
  Width = 129
  Height = 305
  TabOrder = 2
```

```
end
object Edit1: TEdit
  Left = 136
  Top = 16
  Width = 41
  Height = 21
  TabOrder = 3
  Text = '38'
end
object Memo3: TMemo
  Left = 480
  Top = 80
  Width = 129
  Height = 305
  TabOrder = 4
end
object Edit2: TEdit
  Left = 248
  Top = 16
  Width = 41
  Height = 21
  TabOrder = 5
  Text = '9'
end
object MainMenu1: TMainMenu
  Left = 472
  Top = 8
  object N1: TMenuItem
    Caption = #1060#1072#1081#1083
  object N2: TMenuItem
    Caption =
#1047#1072#1074#1072#1085#1090#1072#1078#1080#1090#108
0' '#1084#1072#1090#1088#1080#1094#1102
    OnClick = N2Click
  end
```

```
object N3: TMenuItem
  Caption =
#1047#1072#1074#1072#1085#1090#1072#1078#1080#1090#108
0' '#1074#1077#1082#1090#1086#1088
  OnClick = N3Click
end
object N4: TMenuItem
  Caption = #1047#1073#1077#1088#1077#1075#1090#1080'
'#1088#1077#1079#1091#1083#1100#1090#1072#1090#1080'
'#1091' '#1092#1072#1081#1083
  OnClick = N4Click
end
object N5: TMenuItem
  Caption = '-'
end
object N6: TMenuItem
  Caption = #1042#1080#1093#1110#1076
  OnClick = N6Click
end
end
object OpenFileDialog1: TOpenDialog
  Left = 376
  Top = 8
end
object OpenFileDialog2: TOpenDialog
  Left = 416
  Top = 8
end
object SaveDialog1: TSaveDialog
  Left = 336
  Top = 8
end
end
```

**Unit1.cpp**

```

----- //-----
----

#include <vcl.h>
#include <fstream.h>
#pragma hdrstop

#include "Unit1.h"
//-----
#pragma package(smart_init)
#pragma resource "*.dfm"
TForm1 *Form1;
//-----
__fastcall TForm1::TForm1(TComponent* Owner)
    : TForm(Owner)
{
}
//-----
AnsiString path;
char *matrixfilename=(char*) malloc(50);
void __fastcall TForm1::N2Click(TObject *Sender)
{
    OpenFileDialog1->Filter="Текстовий файл (*.txt)|*.txt";

    if(OpenDialog1->Execute())
    {
        path=OpenDialog1->FileName;
    }
    matrixfilename=path.c_str();
}
//-----

```

107

```

AnsiString vectorpath;
char *vectorfilename=(char*) malloc(50);
void __fastcall TForm1::N3Click(TObject *Sender)
{
    OpenFileDialog2->Filter="Текстовий файл (*.txt)|*.txt";

    if(OpenDialog2->Execute())
    {
        vectorpath=OpenDialog2->FileName;
    }
    vectorfilename=vectorpath.c_str();
}
//-----
void __fastcall TForm1::Button1Click(TObject *Sender)
{
    int N,M;

    N=StrToInt(Edit1->Text);
    M=StrToInt(Edit2->Text);

    float *Vector_X1=new float [N];
    float *Vector_B=new float [M];

    float **A=new float* [N];

    for(int col=0;col<N;col++)

        { A[col]=new float [M]; }

    ifstream ifs (matrixfilename, ifstream::in );

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

```

108

```

for (int j=0;j<M;j++)
{
ifs>>A[i][j];
}
}
ifs.close();

for (int i=0;i<N;i++)
{
for (int j=0;j<M;j++)

{ Memo1->SelText=A[i][j];
Memo1->SelText=" "; }

Memo1->Lines->Add("");
}
ifstream ifs2 (vectorfilename, ifstream::in);

for (int i=0;i<M;i++)
{
ifs2>>Vector_B[i];
}
ifs2.close();

for (int j=0;j<M;j++)

{ Memo2->SelText=Vector_B[j];
Memo2->Lines->Add("");
}

float sum=0;

for (int i=0; i<N; i++)
{ sum=0;
for (int j=0; j<M; j++)

```

```

{
sum=sum+A[i][j]*Vector_B[j];
}
Vector_X1[i]=sum;
}

for (int j=0;j<N;j++)

{ Memo3->SelText=Vector_X1[j];
Memo3->Lines->Add("");
}

for (int i=0; i<N; i++)
{ delete [] A[i]; }
delete []A;

delete []Vector_B;
delete []Vector_X1;

}
//-----
void __fastcall TForm1::N6Click(TObject *Sender)
{
Form1->Close();
}
//-----
void __fastcall TForm1::N4Click(TObject *Sender)
{
SaveDialog1->InitialDir;

SaveDialog1->Filter="Текстовий файл (*.txt)|*.txt";

SaveDialog1->FileName="C:\\DobNaVect.txt";

if (SaveDialog1->Execute())

```

```
{
Memo3->Lines->SaveToFile(SaveDialog1->FileName);
}
}
//-----
```

### 3.2. Встановлення середньої квадратичної похибки одиниці ваги

Середня квадратична похибка одиниці ваги розраховується за формулою

$$\mu = \sqrt{\frac{[VV]}{n - K}} \quad (3.3)$$

У формулі (3.3)  $n$  - число початкових рівнянь,  $K$  - число невідомих. В нашому випадку  $n = 38$ ;  $K = 9$ .  $V$ - різниця між вирахованим зрівноваженим значенням  $y'$  і вихідним імітаційним (спотвореним) значенням  $y_i$

$$V_i = y'_i - y_i. \quad (3.4)$$

Підставляючи у виведену нами, формулу (3.1) значення  $X$  початкових рівнянь отримаємо розрахункові значення  $y'$ , які будуть дещо відрізнятися від вихідних значень  $Y_{\text{імітац.}}$ .

Середня квадратична похибка одиниці ваги за результатами наших досліджень

$$\mu = \sqrt{(17,04494/29)} = 0,766.$$

Таблиця 3. Досліджувані значення математичних моделей

| Y іміт.(спотв.)  | Y'зрівн          | Yіст.    | Y експ. |
|------------------|------------------|----------|---------|
| 101,208093726146 | 101,969085693359 | 102,4597 | 100     |
| 93,3224477007359 | 94,4691314697266 | 94,44051 | 90      |
| 94,3314852507275 | 94,4691314697266 | 94,44051 | 90      |
| 94,5313331635731 | 94,7042236328125 | 94,58813 | 100     |
| 88,4568403504628 | 88,3683013916016 | 89       | 89      |
| 95,1981388441723 | 95,5119094848633 | 95,55514 | 89      |
| 93,567196248824  | 94,4691314697266 | 94,44051 | 95      |
| 93,7957779911679 | 94,8217697143555 | 94,66194 | 100     |
| 94,5877682996434 | 94,4691314697266 | 94,44051 | 90      |
| 84,0760453233975 | 83,2073974609375 | 82,81828 | 89      |
| 93,984075922305  | 94,4691314697266 | 94,44051 | 100     |
| 80,6566178277844 | 79,5138702392578 | 80,19449 | 80      |
| 94,5071313488072 | 93,8686065673828 | 94,12678 | 89      |
| 95,181974978587  | 94,7042236328125 | 94,58813 | 90      |
| 95,8707339802426 | 96,2020568847656 | 96,44835 | 100     |
| 95,3072210220402 | 95,3943634033203 | 95,48133 | 90      |
| 96,116946502921  | 96,3319854736328 | 96,71216 | 100     |
| 94,0054444521016 | 94,1368865966797 | 94,40339 | 100     |
| 82,4754962671154 | 82,0550842285156 | 81,62415 | 77      |
| 94,9548659403485 | 94,7042236328125 | 94,58813 | 77      |
| 93,9090694430798 | 94,4691314697266 | 94,44051 | 100     |
| 94,7985031635731 | 95,3943634033203 | 95,48133 | 100     |
| 90,7819999149388 | 91,8363037109375 | 91,68857 | 90      |
| 95,038355450446  | 94,7042236328125 | 94,58813 | 100     |
| 94,4281181365078 | 94,7042236328125 | 94,58813 | 100     |
| 97,1108616392392 | 95,3943634033203 | 95,48133 | 100     |
| 94,2867002417057 | 94,7042236328125 | 94,58813 | 100     |



Факультет кібернетики. Кафедра математичного моделювання

|                  |                  |          |     |
|------------------|------------------|----------|-----|
| 94,954684506728  | 94,4691314697266 | 94,44051 | 100 |
| 93,555305341441  | 94,7042236328125 | 94,58813 | 100 |
| 88,5952513305157 | 88,83203125      | 88,69295 | 85  |
| 95,6002461764019 | 94,7042236328125 | 94,58813 | 90  |
| 89,4770875376004 | 88,949577331543  | 88,76676 | 90  |
| 94,8852900602787 | 94,4691314697266 | 94,44051 | 86  |
| 95,4962776826924 | 94,7042236328125 | 94,58813 | 86  |
| 94,1637965755909 | 94,7042236328125 | 94,58813 | 100 |
| 95,2168100602787 | 94,4691314697266 | 94,44051 | 90  |
| 93,5240622381466 | 93,479606628418  | 93,11693 | 95  |
| 95,0419153597325 | 94,4691314697266 | 94,44051 | 100 |

Маючи вектор результуючих ознак  $Y_{\text{експ.}}$  за результатами експертної оцінки (наприклад оцінки викладача на екзамені) і побудувавши істинну модель  $Y_{\text{іст.}}$  по способу найменших квадратів, вводимо абсолютні (істинні) похибки  $\Delta$  і отримуємо імітаційну (спотворену) модель  $Y_{\text{іміт.}}$ . Зрівноваживши  $Y_{\text{іміт.}}$ , отримуємо зрівноважену (ймовірнішу) модель  $Y_{\text{ймов.}}$

Факультет кібернетики. Кафедра математичного моделювання

The screenshot shows a software application window titled 'Множення матриці на вектор'. It features a grid of numbers (Matrix A) with dimensions N=38 and M=9. The grid contains values ranging from 1 to 5. Below the grid are input fields for N (38) and M (9), and a button labeled 'Обчислити'. To the right, there are three panels displaying the results: 'Матриця A' (the input grid), 'Вектор множник' (a column vector of 38 values), and 'Добуток матриці на вектор' (a column vector of 38 values).

Рис. 22. Обчислення зрівноважених значень  $Y_{\text{зрвн.}}$

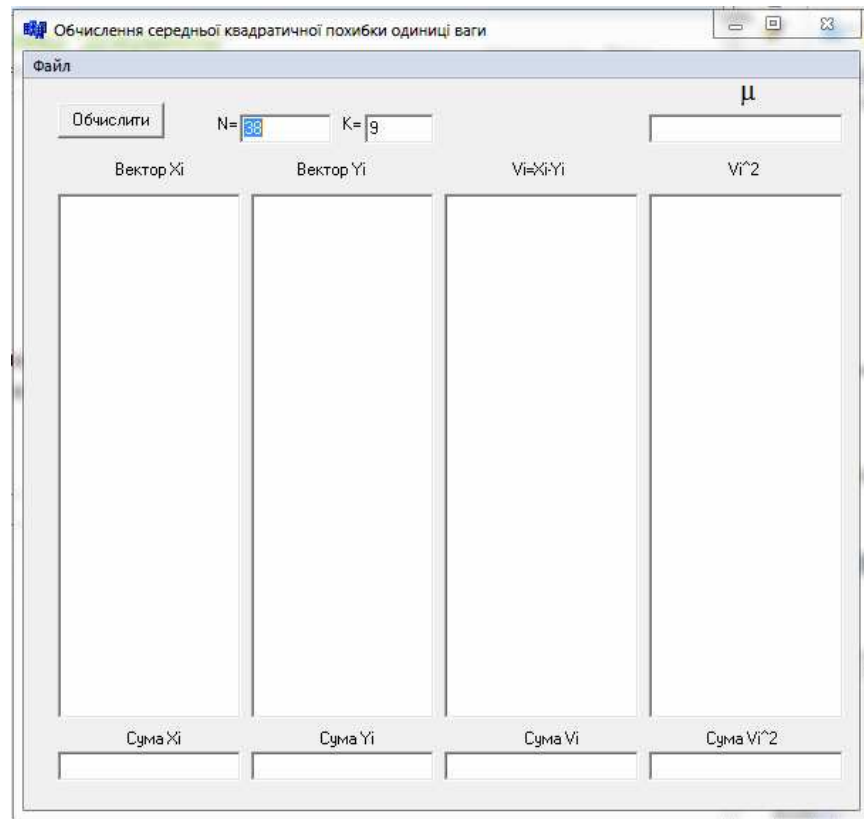


Рис. 23. Початкова форма програми «Обчислення середньої квадратичної похибки одиниці ваги  $\mu$ »

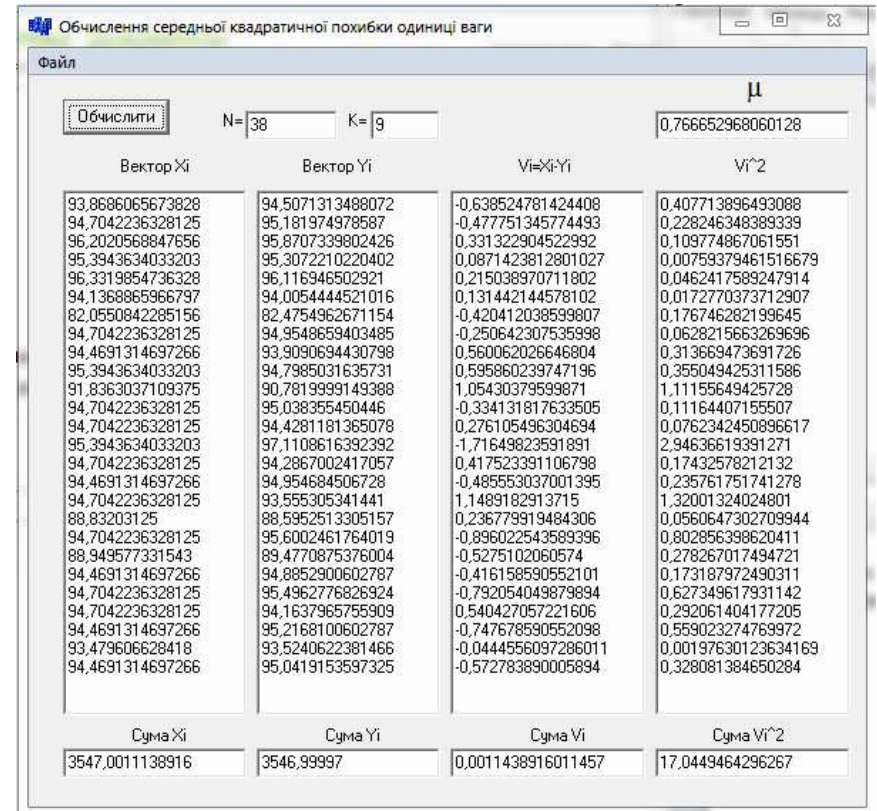


Рис.24. Знаходження середньої квадратичної похибки одиниці ваги  $\mu$

## Unit1.dfm

```
object Form1: TForm1
  Left = 200
  Top = 116
  Width = 604
  Height = 571
  Caption =
'#1054#1073#1095#1080#1089#1083#1077#1085#1085#1103'
'#1089#1077#1088#1077#1076#1085#1100#1086#1111'
'#1082#1074#1072#1076#1088#1072#1090#1080#1095#1085#10
86#1111' '#1087#1086#1093#1080#1073#1082#1080'
'#1086#1076#1080#1085#1080#1094#1110'
'#1074#1072#1075#1080'
  Color = clBtnFace
  Font.Charset = DEFAULT_CHARSET
  Font.Color = clWindowText
  Font.Height = -11
  Font.Name = 'MS Sans Serif'
  Font.Style = []
  Menu = MainMenu1
  OldCreateOrder = False
  PixelsPerInch = 96
  TextHeight = 13
  object Label1: TLabel
    Left = 136
    Top = 24
    Width = 14
    Height = 13
    Caption = 'N='
  end
  object Label2: TLabel
    Left = 64
    Top = 56
```

```
  Width = 48
  Height = 13
  Caption = '#1042#1077#1082#1090#1086#1088' Xi'
end
  object Label3: TLabel
    Left = 192
    Top = 56
    Width = 48
    Height = 13
    Caption = '#1042#1077#1082#1090#1086#1088' Yi'
  end
  object Label4: TLabel
    Left = 344
    Top = 56
    Width = 36
    Height = 13
    Caption = 'Vi=Xi-Yi'
  end
  object Label5: TLabel
    Left = 496
    Top = 56
    Width = 21
    Height = 13
    Caption = 'Vi^2'
  end
  object Label6: TLabel
    Left = 72
    Top = 456
    Width = 38
    Height = 13
    Caption = '#1057#1091#1084#1072' Xi'
  end
  object Label7: TLabel
    Left = 208
    Top = 456
```

```
Width = 38
Height = 13
Caption = #1057#1091#1084#1072' Yi'
end
object Label8: TLabel
Left = 352
Top = 456
Width = 38
Height = 13
Caption = #1057#1091#1084#1072' Vi'
end
object Label9: TLabel
Left = 480
Top = 456
Width = 50
Height = 13
Caption = #1057#1091#1084#1072' Vi^2'
end
object Label10: TLabel
Left = 504
Top = -8
Width = 11
Height = 27
Caption = 'm'
Font.Charset = SYMBOL_CHARSET
Font.Color = clWindowText
Font.Height = -21
Font.Name = 'Symbol'
Font.Style = []
ParentFont = False
end
object Label11: TLabel
Left = 224
Top = 24
Width = 13
```

```
Height = 13
Caption = 'K='
end
object Edit1: TEdit
Left = 152
Top = 24
Width = 65
Height = 21
TabOrder = 0
Text = '38'
end
object Button1: TButton
Left = 24
Top = 16
Width = 75
Height = 25
Caption =
#1054#1073#1095#1080#1089#1083#1080#1090#1080
TabOrder = 1
OnClick = Button1Click
end
object Memo1: TMemo
Left = 24
Top = 80
Width = 129
Height = 369
TabOrder = 2
end
object Memo2: TMemo
Left = 160
Top = 80
Width = 129
Height = 369
TabOrder = 3
end
```

```
object Memo3: TMemo
  Left = 296
  Top = 80
  Width = 137
  Height = 369
  TabOrder = 4
end
object Memo4: TMemo
  Left = 440
  Top = 80
  Width = 137
  Height = 369
  TabOrder = 5
end
object Edit2: TEdit
  Left = 24
  Top = 472
  Width = 129
  Height = 21
  TabOrder = 6
end
object Edit3: TEdit
  Left = 160
  Top = 472
  Width = 129
  Height = 21
  TabOrder = 7
end
object Edit4: TEdit
  Left = 296
  Top = 472
  Width = 137
  Height = 21
  TabOrder = 8
end
```

```
object Edit5: TEdit
  Left = 440
  Top = 472
  Width = 137
  Height = 21
  TabOrder = 9
end
object Edit6: TEdit
  Left = 440
  Top = 24
  Width = 137
  Height = 21
  TabOrder = 10
end
object Edit7: TEdit
  Left = 240
  Top = 24
  Width = 49
  Height = 21
  TabOrder = 11
  Text = '9'
end
object MainMenu1: TMainMenu
  Left = 384
  Top = 16
  object N1: TMenuItem
    Caption = #1060#1072#1081#1083
  object N2: TMenuItem
    Caption =
#1047#1072#1074#1072#1085#1090#1072#1078#1080#1090#108
0' '#1074#1077#1082#1090#1086#1088' Xi'
    OnClick = N2Click
  end
  object Yi1: TMenuItem
```

```
Caption =
#1047#1072#1074#1072#1085#1090#1072#1078#1080#1090#108
0' '#1074#1077#1082#1090#1086#1088' Yi'
OnClick = Yi1Click
end
object N3: TMenuItem
Caption = '-'
end
object N4: TMenuItem
Caption = #1042#1080#1093#1110#1076
OnClick = N4Click
end
end
end
object OpenFileDialog1: TOpenDialog
Left = 312
Top = 16
end
object OpenFileDialog2: TOpenDialog
Left = 344
Top = 16
end
end
```

## Unit1.cpp

```
//-----
#include <vcl.h>
#include <fstream.h>
#include <math.h>
#pragma hdrstop

#include "Unit1.h"
//-----
#pragma package(smart_init)
```

```
#pragma resource "*.dfm"
TForm1 *Form1;
//-----
__fastcall TForm1::TForm1(TComponent* Owner)
: TForm(Owner)
{
}
//-----
AnsiString vectorpath1;
char *vectorfilename1=(char*) malloc(50);
void __fastcall TForm1::N2Click(TObject *Sender)
{
OpenDialog1->Filter="Текстовий файл (*.txt)|*.txt";

if(OpenDialog1->Execute())
{
vectorpath1=OpenDialog1->FileName;
}
vectorfilename1=vectorpath1.c_str();

}
//-----
AnsiString vectorpath2;
char *vectorfilename2=(char*) malloc(50);
void __fastcall TForm1::Yi1Click(TObject *Sender)
{
OpenDialog2->Filter="Текстовий файл (*.txt)|*.txt";

if(OpenDialog2->Execute())
{
vectorpath2=OpenDialog2->FileName;
}
vectorfilename2=vectorpath2.c_str();

}
```

//-----

```
void __fastcall TForm1::Button1Click(TObject *Sender)
```

```
{
int N;
N=StrToInt(Edit1->Text);
```

```
double *Vector_X=new double [N];
double *Vector_Y=new double [N];
double *Vector_V=new double [N];
double *Vector_V2=new double [N];
```

```
ifstream ifs1 (vectorfilename1, ifstream::in );
```

```
for (int i=0;i<N;i++)
{
ifs1>>Vector_X[i];
}
ifs1.close();
```

```
ifstream ifs2 (vectorfilename2, ifstream::in );
```

```
for (int i=0;i<N;i++)
{
ifs2>>Vector_Y[i];
}
ifs2.close();
```

```
double sumX=0, sumY=0;
```

```
for (int j=0;j<N;j++)
```

```
{ Memo1->SelText=Vector_X[j];
Memo1->Lines->Add("");
```

```
Memo2->SelText=Vector_Y[j];
```

125

```
Memo2->Lines->Add("");
```

```
sumX=sumX+Vector_X[j];
sumY=sumY+Vector_Y[j];
```

```
}
```

```
Edit2->Text=sumX;
```

```
Edit3->Text=sumY;
```

```
for (int j=0;j<N;j++)
```

```
{ Memo3->SelText=(Vector_X[j]-Vector_Y[j]);
Memo3->Lines->Add("");
```

```
Vector_V[j]=(Vector_X[j]-Vector_Y[j]);
```

```
Memo4->SelText=(Vector_X[j]-Vector_Y[j])*(Vector_X[j]-
Vector_Y[j]);
```

```
Memo4->Lines->Add("");
```

```
Vector_V2[j]=(Vector_X[j]-Vector_Y[j])*(Vector_X[j]-
Vector_Y[j]);
```

```
}
```

```
double sumV=0, sumV2=0;
```

```
for (int j=0;j<N;j++)
```

```
{
sumV=sumV+Vector_V[j];
sumV2=sumV2+Vector_V2[j];
}
```

```
Edit4->Text=sumV;
```

```
Edit5->Text=sumV2;
```

126

```
int K;
K=StrToInt(Edit7->Text);

Edit6->Text=sqrt(sumV2/(N-K));

delete []Vector_Y;
delete []Vector_X;
delete []Vector_V;
delete []Vector_V2;
}
//-----
void __fastcall TForm1::N4Click(TObject *Sender)
{
Close();
}
//-----
```

### 3.3. Порівняльний аналіз абсолютних та ймовірніших похибок моделі

Маючи вектор результуючих ознак  $Y_{\text{експ.}}$  за результатами експертної оцінки (наприклад оцінки викладача на екзамені) і побудувавши істинну модель  $Y_{\text{іст.}}$  по способу найменших квадратів, вводимо абсолютні (істинні) похибки  $\Delta$  і отримуємо імітаційну (спотворену) модель  $Y_{\text{іміт.}}$ . Зрівноваживши  $Y_{\text{іміт.}}$ , отримуємо зрівноважену (ймовірнішу) модель  $Y_{\text{ймов.}}$ . Ймовірніші похибки  $V$  знаходимо за формулою

$$V = Y_{\text{ймов.}} - Y_{\text{іміт.}} \quad (3.5)$$

Якщо б графіки  $\Delta$  і  $V$  співпали, то автору теорії необхідно було б присудити Нобелівську премію. Але симетричність і подібність приведених графіків говорить про геніальність теорії великого Гауса.

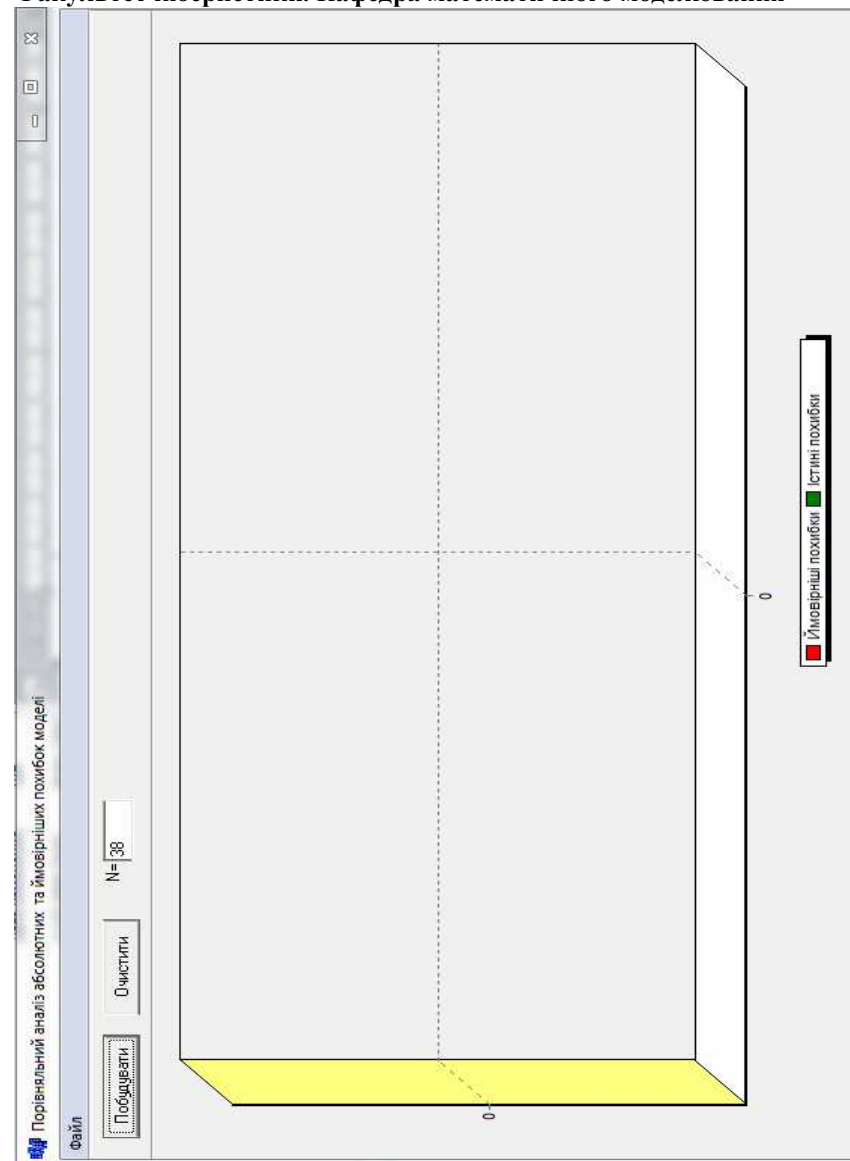


Рис.25. Початкова форма програми «Порівняльний аналіз абсолютних та ймовірніших похибок моделі»



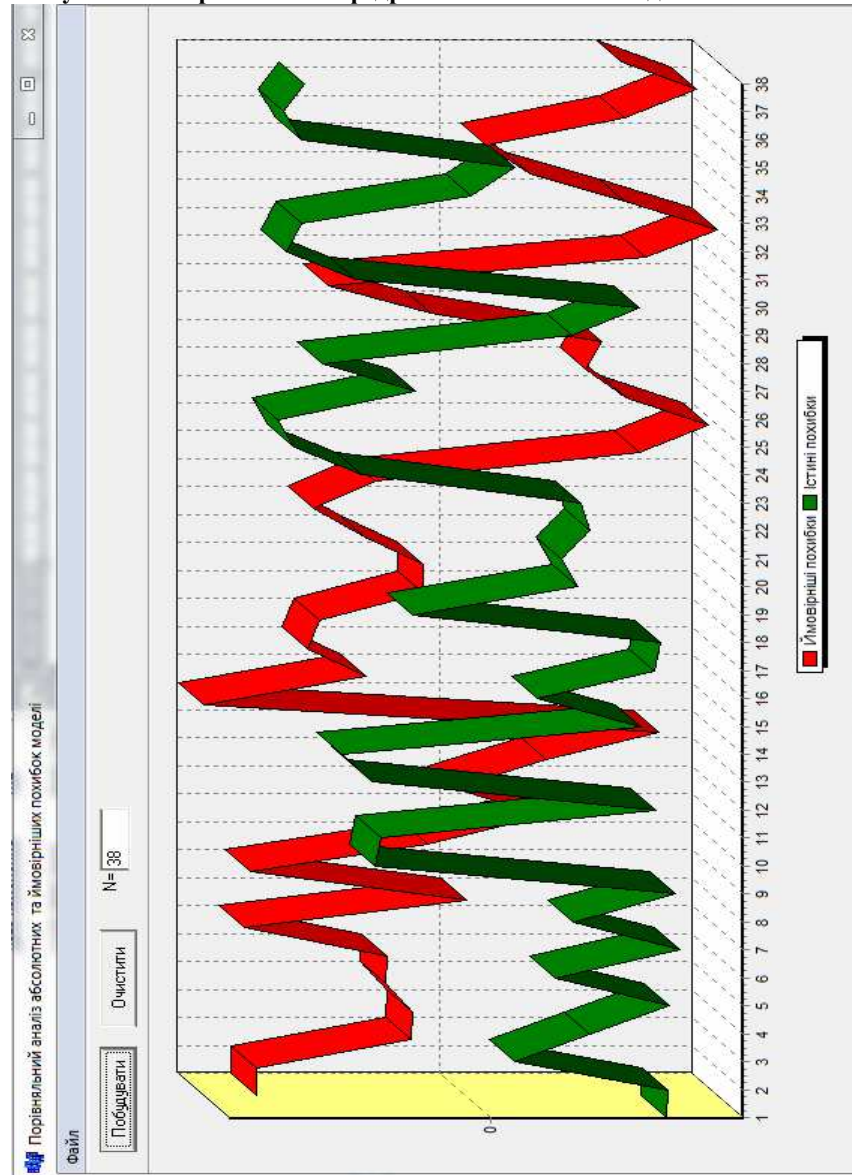


Рис.26. Порівняльний аналіз абсолютних і ймовірніших похибок моделі

## Unit1.dfm

```

object Form1: TForm1
  Left = 293
  Top = 162
  Width = 913
  Height = 571
  Caption =
    #1055#1086#1088#1110#1074#1085#1103#1083#1100#1085#108
    0#1081' '#1072#1085#1072#1083#1110#1079'
    '#1072#1073#1089#1086#1083#1102#1090#1085#1080#1093'
    '#1090#1072'
    '#1081#1084#1086#1074#1110#1088#1085#1110#1096#1080#10
    93' '#1087#1086#1093#1080#1073#1086#1082'
    '#1084#1086#1076#1077#1083#1110
  Color = clBtnFace
  Font.Charset = DEFAULT_CHARSET
  Font.Color = clWindowText
  Font.Height = -11
  Font.Name = 'MS Sans Serif'
  Font.Style = []
  Menu = MainMenu1
  OldCreateOrder = False
  PixelsPerInch = 96
  TextHeight = 13
  object Panel1: TPanel
    Left = 0
    Top = 0
    Width = 897
    Height = 41
    Align = alTop
    TabOrder = 0
    object Label1: TLabel
      Left = 216
      Top = 8
  
```

**Факультет кібернетики. Кафедра математичного моделювання**

```
Width = 14
Height = 13
Caption = 'N='
end
object BitBtn1: TBitBtn
Left = 16
Top = 8
Width = 81
Height = 25
Caption =
#1055#1086#1073#1091#1076#1091#1074#1072#1090#1080
TabOrder = 0
OnClick = BitBtn1Click
end
object Edit1: TEdit
Left = 232
Top = 8
Width = 49
Height = 21
TabOrder = 1
Text = '38'
end
object BitBtn2: TBitBtn
Left = 112
Top = 8
Width = 75
Height = 25
Caption = #1054#1095#1080#1089#1090#1080#1090#1080
TabOrder = 2
OnClick = BitBtn2Click
end
end
object Chart1: TChart
Left = 0
Top = 41
```

131

**Факультет кібернетики. Кафедра математичного моделювання**

```
Width = 897
Height = 472
BackWall.Brush.Color = clWhite
BackWall.Brush.Style = bsClear
Gradient.EndColor = clAqua
Title.Text.Strings = (
'TChart')
Title.Visible = False
Chart3DPercent = 20
Legend.Alignment = laBottom
Align = alClient
TabOrder = 1
object Series2: TLineSeries
Marks.ArrowLength = 8
Marks.Visible = False
SeriesColor = clRed
Title =
#1049#1084#1086#1074#1110#1088#1085#1110#1096#1110'
'#1087#1086#1093#1080#1073#1082#1080
Pointer.InflateMargins = True
Pointer.Style = psRectangle
Pointer.Visible = False
XValues.DateTime = False
XValues.Name = 'X'
XValues.Multiplier = 1
XValues.Order = loAscending
YValues.DateTime = False
YValues.Name = 'Y'
YValues.Multiplier = 1
YValues.Order = loNone
object TeeFunction2: TAddTeeFunction
end
end
object Series1: TLineSeries
Marks.ArrowLength = 8
```

132

```
Marks.Visible = False
SeriesColor = clGreen
Title = #1030#1089#1090#1080#1085#1110'
'#1087#1086#1093#1080#1073#1082#1080
Pointer.InflateMargins = True
Pointer.Style = psRectangle
Pointer.Visible = False
XValues.DateTime = False
XValues.Name = 'X'
XValues.Multiplier = 1
XValues.Order = loAscending
YValues.DateTime = False
YValues.Name = 'Y'
YValues.Multiplier = 1
YValues.Order = loNone
object TeeFunction1: TAddTeeFunction
end
end
end
object MainMenu1: TMainMenu
Left = 344
Top = 8
object N1: TMenuItem
Caption = #1060#1072#1081#1083
object N2: TMenuItem
Caption =
#1047#1072#1074#1072#1085#1090#1072#1078#1080#1090#108
0' '#1074#1077#1082#1090#1086#1088'
'#1110#1089#1090#1080#1085#1080#1093'
'#1087#1086#1093#1080#1073#1086#1082
OnClick = N2Click
end
object N3: TMenuItem
Caption =
#1047#1072#1074#1072#1085#1090#1072#1078#1080#1090#108
```

```
0' '#1074#1077#1082#1090#1086#1088'
'#1081#1084#1086#1074#1110#1088#1085#1110#1096#1080#10
93' '#1087#1086#1093#1080#1073#1086#1082
OnClick = N3Click
end
object N4: TMenuItem
Caption = '-'
end
object N5: TMenuItem
Caption = #1042#1080#1093#1110#1076
end
end
end
object OpenFileDialog1: TOpenDialog
Left = 384
Top = 8
end
object OpenFileDialog2: TOpenDialog
Left = 424
Top = 8
end
end
```

## Unit1.cpp

```
//-----
#include <vcl.h>
#include <fstream.h>
#pragma hdrstop

#include "Unit1.h"
//-----
#pragma package(smart_init)
#pragma resource "*.dfm"
```

```
TForm1 *Form1;
//-----
__fastcall TForm1::TForm1(TComponent* Owner)
: TForm(Owner)
{
}
//-----
```

```
AnsiString vectorpath1;
char *vectorfilename1=(char*) malloc(50);
AnsiString vectorpath2;
char *vectorfilename2=(char*) malloc(50);
```

```
void __fastcall TForm1::N2Click(TObject *Sender)
{
OpenDialog1->Filter="Текстовий документ (*.txt)|*.txt";

if(OpenDialog1->Execute())
{
vectorpath1=OpenDialog1->FileName;
}
vectorfilename1=vectorpath1.c_str();
}
//-----
```

```
void __fastcall TForm1::N3Click(TObject *Sender)
{
OpenDialog2->Filter="Текстовий документ (*.txt)|*.txt";

if(OpenDialog2->Execute())
{
vectorpath2=OpenDialog2->FileName;
}
vectorfilename2=vectorpath2.c_str();
}
```

```
//-----
void __fastcall TForm1::BitBtn1Click(TObject *Sender)
{
int N;
N=StrToInt(Edit1->Text);
```

```
double *vect_istina_pohibka=new double [N];
double *vect_imovirna_pohibka=new double [N];
```

```
ifstream ifs1 (vectorfilename1, ifstream::in );
```

```
for (int i=0;i<N;i++)
{
ifs1>>vect_istina_pohibka[i];
}
ifs1.close();
```

```
ifstream ifs2 (vectorfilename2, ifstream::in );
```

```
for (int i=0;i<N;i++)
{
ifs2>>vect_imovirna_pohibka[i];
}
ifs2.close();
```

```
for (int j=0;j<N;j++)
{
Series1->AddXY(j+1,vect_istina_pohibka[j]);
Series2->AddXY(j+1,vect_imovirna_pohibka[j]);
}
```

```
delete []vect_istina_pohibka;
delete []vect_imovirna_pohibka;
```

```
}  
//-----  
  
void __fastcall TForm1::BitBtn2Click(TObject *Sender)  
{  
Series1->Clear();  
Series2->Clear();  
}  
//-----
```

## Розділ 4. Дослідження і аналіз середньої квадратичної похибки коефіцієнтів моделі

### 4.1. Встановлення оберненої матриці Q

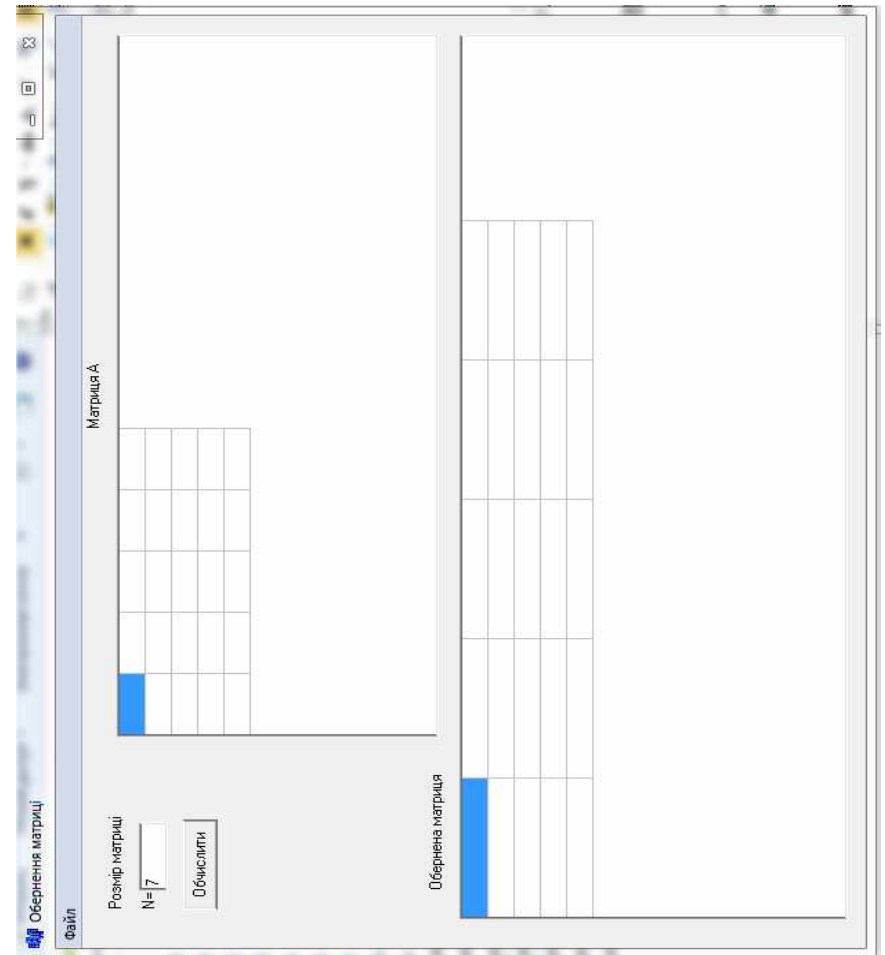


Рис.27. Початкова форма програми «Обернення матриці»

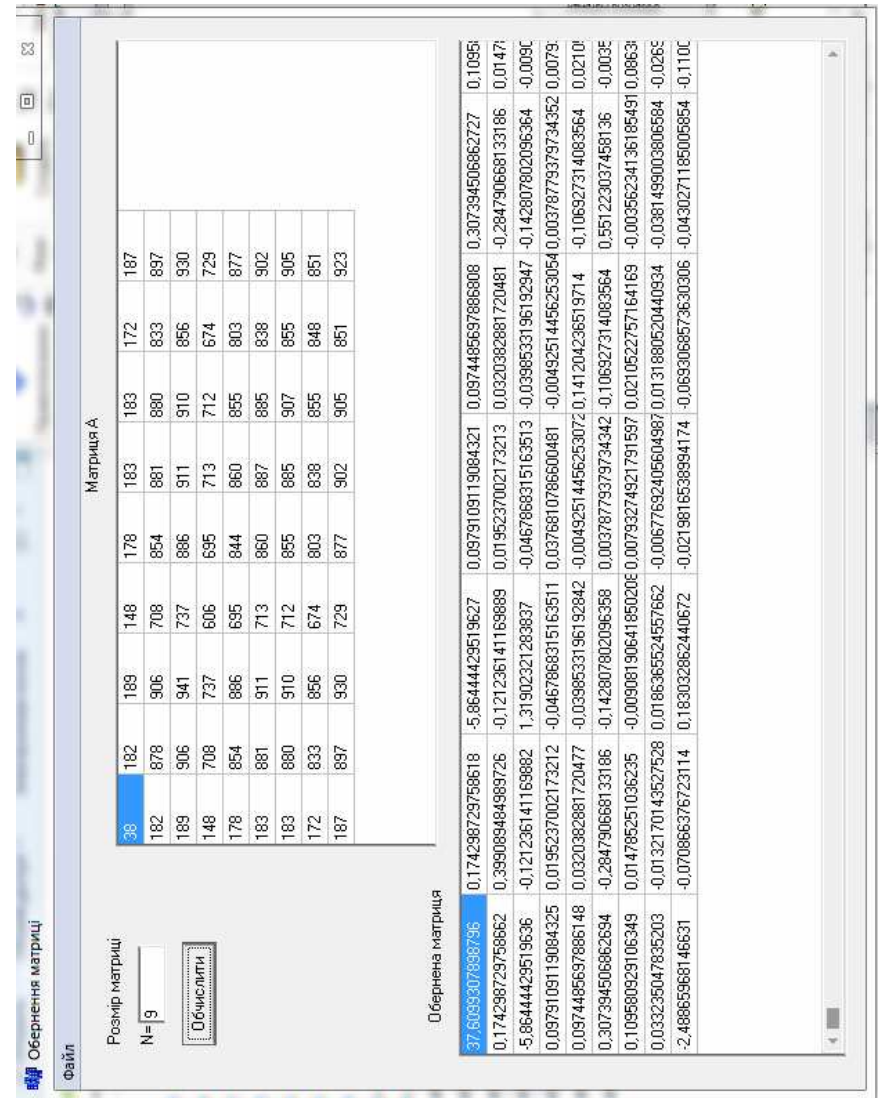


Рис.28. Встановлення оберненої матриці  $Q=N^{-1}$

## Unit1.dfm

```
object Form1: TForm1
  Left = 181
  Top = 100
  Width = 792
  Height = 624
  Caption =
    #1054#1073#1077#1088#1085#1077#1085#1085#1103'
    '#1084#1072#1090#1088#1080#1094#1110
  Color = clBtnFace
  Font.Charset = DEFAULT_CHARSET
  Font.Color = clWindowText
  Font.Height = -11
  Font.Name = 'MS Sans Serif'
  Font.Style = []
  Menu = MainMenu1
  OldCreateOrder = False
  PixelsPerInch = 96
  TextHeight = 13
object Label2: TLabel
  Left = 32
  Top = 40
  Width = 14
  Height = 13
  Caption = 'N='
end
object Label3: TLabel
  Left = 432
  Top = 0
  Width = 54
  Height = 13
```

Факультет кібернетики. Кафедра математичного моделювання

```
  Caption = #1052#1072#1090#1088#1080#1094#1103' A'
end
object Label1: TLabel
  Left = 48
  Top = 248
  Width = 96
  Height = 13
  Caption = #1054#1073#1077#1088#1085#1077#1085#1072'
'#1084#1072#1090#1088#1080#1094#1103
end
object Label4: TLabel
  Left = 32
  Top = 16
  Width = 77
  Height = 13
  Caption = #1056#1086#1079#1084#1110#1088'
'#1084#1072#1090#1088#1080#1094#1110
end
object Button1: TButton
  Left = 32
  Top = 72
  Width = 75
  Height = 25
  Caption =
#1054#1073#1095#1080#1089#1083#1080#1090#1080
  TabOrder = 0
  OnClick = Button1Click
end
object Edit1: TEdit
  Left = 48
  Top = 40
  Width = 57
  Height = 21
  TabOrder = 1
  Text = '7'
```

143

© Карпик С.О., Літнарівич Р.М.

Факультет кібернетики. Кафедра математичного моделювання

```
end
object Memo2: TMemo
  Left = 24
  Top = 272
  Width = 657
  Height = 281
  TabOrder = 2
end
object StringGrid1: TStringGrid
  Left = 176
  Top = 24
  Width = 585
  Height = 233
  DefaultColWidth = 50
  DefaultRowHeight = 18
  TabOrder = 3
end
object StringGrid2: TStringGrid
  Left = 24
  Top = 272
  Width = 737
  Height = 281
  DefaultColWidth = 115
  DefaultRowHeight = 18
  TabOrder = 4
end
object MainMenu1: TMainMenu
  Left = 600
  Top = 65528
  object N1: TMenuItem
    Caption = #1060#1072#1081#1083
    object N2: TMenuItem
      Caption =
#1047#1072#1074#1072#1085#1090#1072#1078#1080#1090#108
0' '#1084#1072#1090#1088#1080#1094#1102
```

144

© Карпик С.О., Літнарівич Р.М.



```
OnClick = N2Click
end
object N5: TMenuItem
Caption = #1047#1073#1077#1088#1077#1075#1090#1080'
'#1088#1077#1079#1091#1083#1100#1090#1072#1090' '#1091'
'#1092#1072#1081#1083
OnClick = N5Click
end
object N3: TMenuItem
Caption = '-'
end
object N4: TMenuItem
Caption = #1042#1080#1093#1110#1076
OnClick = N4Click
end
end
end
object OpenFileDialog1: TOpenDialog
Left = 632
Top = 65528
end
object SaveDialog1: TSaveDialog
Left = 568
Top = 65528
end
end
```

## Unit1.cpp

```
//-----
#include <vcl.h>
#include <math.h>
#include <fstream.h>
#pragma hdrstop
```

```
#include "Unit1.h"
//-----
#pragma package(smart_init)
#pragma resource "*.dfm"
TForm1 *Form1;
//-----
__fastcall TForm1::TForm1(TComponent* Owner)
: TForm(Owner)
{
Memo2->Visible=false;

StringGrid1->FixedCols=0;
StringGrid1->FixedRows=0;

StringGrid2->FixedCols=0;
StringGrid2->FixedRows=0;
}
//-----
AnsiString path;
char *matrixfilename=(char*) malloc(50);
void __fastcall TForm1::N2Click(TObject *Sender)
{
OpenDialog1->Filter="Текстовий файл (*.txt)|*.txt";

if(OpenDialog1->Execute())
{
path=OpenDialog1->FileName;
}
matrixfilename=path.c_str();
}
//-----

void __fastcall TForm1::N4Click(TObject *Sender)
{
Form1->Close();
```

```

}
//-----

```

```

void inversion(double **A, int N)
{
    double temp;

    double **E = new double *[N];

    for (int i = 0; i < N; i++)
        E[i] = new double [N];

    for (int i = 0; i < N; i++)
        for (int j = 0; j < N; j++)
            {
                E[i][j] = 0.0;

                if (i == j)
                    E[i][j] = 1.0;
            }

    for (int k = 0; k < N; k++)
        {
            temp = A[k][k];

            for (int j = 0; j < N; j++)
                {
                    A[k][j] /= temp;
                    E[k][j] /= temp;
                }

            for (int i = k + 1; i < N; i++)
                {
                    temp = A[i][k];

```

```

        for (int j = 0; j < N; j++)
            {
                A[i][j] -= A[k][j] * temp;
                E[i][j] -= E[k][j] * temp;
            }
        }
    }

    for (int k = N - 1; k > 0; k--)
        {
            for (int i = k - 1; i >= 0; i--)
                {
                    temp = A[i][k];

                    for (int j = 0; j < N; j++)
                        {
                            A[i][j] -= A[k][j] * temp;
                            E[i][j] -= E[k][j] * temp;
                        }
                }
        }

    for (int i = 0; i < N; i++)
        for (int j = 0; j < N; j++)
            A[i][j] = E[i][j];

    for (int i = 0; i < N; i++)
        delete [] E[i];

    delete [] E;
}

void __fastcall TForm1::Button1Click(TObject *Sender)
{
    int N;

```

```

N=StrToInt(Edit1->Text);

double **A=new double* [N];

for(int col=0;col<N;col++)

{ A[col]=new double [N]; }

Form1->StringGrid1->ColCount=N;
Form1->StringGrid1->RowCount=N;
Form1->StringGrid2->ColCount=N;
Form1->StringGrid2->RowCount=N;

ifstream ifs (matrixfilename, ifstream::in );

for (int i=0;i<N;i++)
{
for (int j=0;j<N;j++)
{
ifs>>A[i][j];
}
}
ifs.close();

for (int i=0;i<N;i++)
{
for (int j=0;j<N;j++)

{
StringGrid1->Cells[j][i]=A[i][j];
}
}
inversion(A, N);

```

```

for (int i=0; i<N; i++)
{
for (int j=0; j<N; j++)
{
Memo2->SelText=A[i][j];
Memo2->SelText=" ";
StringGrid2->Cells[j][i]=A[i][j];
}
Memo2->Lines->Add("");
}

for (int i=0; i<N; i++)
{ delete [] A[i]; }
delete []A;
}
//-----
void __fastcall TForm1::N5Click(TObject *Sender)
{
SaveDialog1->InitialDir;

SaveDialog1->Filter="Текстовий документ (*.txt)|*.txt";

SaveDialog1->FileName="C:\\ObernMatr.txt";

if (SaveDialog1->Execute())
{
Memo2->Lines->SaveToFile(SaveDialog1->FileName);
}
}
//-----

```

## 4.2. Графічна візуалізація масивів

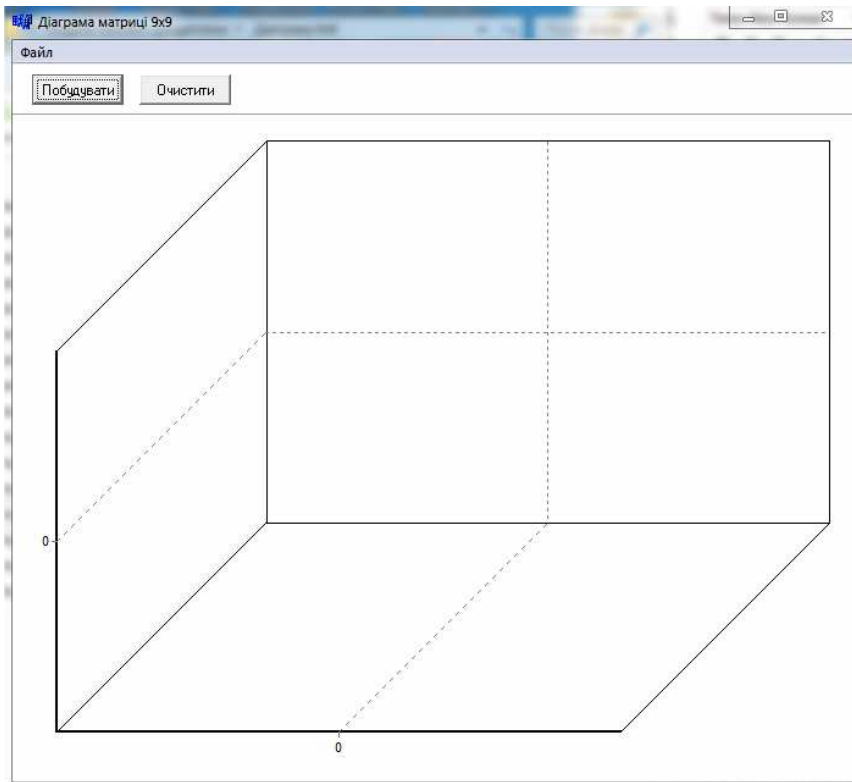


Рис.29. Початкова форма програми «Діаграма матриці 9x9»

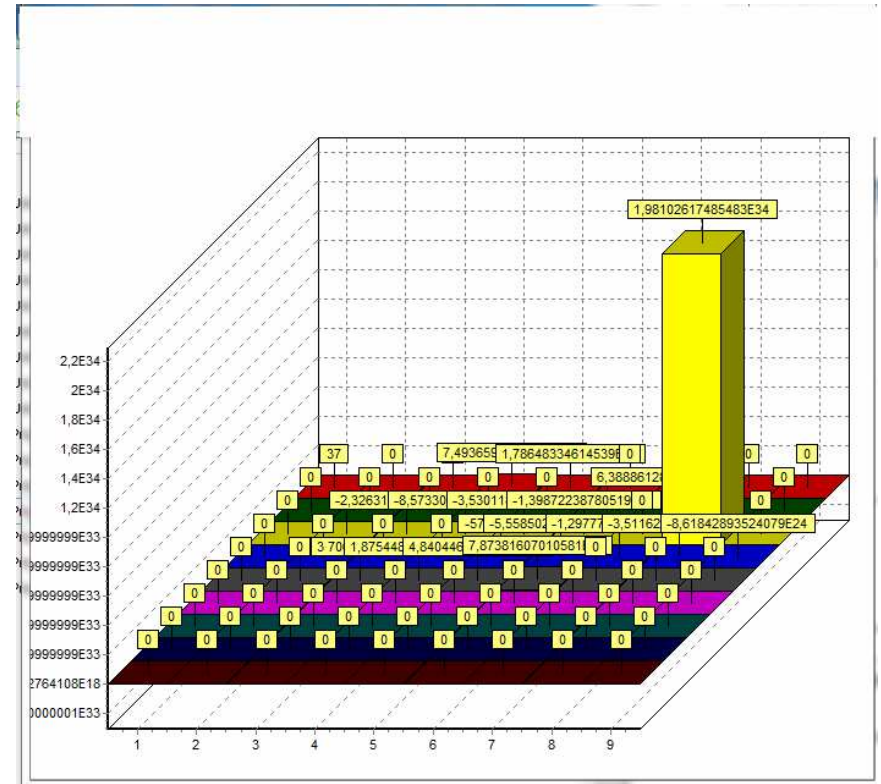


Рис 30. Графічна візуалізація оберненої матриці  $Q=N^{-1}$



```
Height = 25
Caption =
#1055#1086#1073#1091#1076#1091#1074#1072#1090#1080
TabOrder = 0
OnClick = BitBtn1Click
end
object BitBtn2: TBitBtn
Left = 104
Top = 8
Width = 75
Height = 25
Caption = #1054#1095#1080#1089#1090#1080#1090#1080
TabOrder = 1
OnClick = BitBtn2Click
end
end
object Chart1: TChart
Left = 0
Top = 41
Width = 698
Height = 551
BackWall.Brush.Color = clWhite
BackWall.Brush.Style = bsClear
LeftWall.Brush.Color = clWhite
LeftWall.Brush.Style = bsClear
Title.Text.Strings = (
'TChart')
Title.Visible = False
Chart3DPercent = 30
Legend.Visible = False
View3DOptions.Perspective = 0
Align = alClient
Color = clWhite
TabOrder = 1
object Series1: TBarSeries
```

```
Marks.ArrowLength = 20
Marks.Visible = True
SeriesColor = clRed
BarWidthPercent = 100
MultiBar = mbNone
SideMargins = False
XValues.DateTime = False
XValues.Name = 'X'
XValues.Multiplier = 1
XValues.Order = loAscending
YValues.DateTime = False
YValues.Name = 'Bar'
YValues.Multiplier = 1
YValues.Order = loNone
end
object Series2: TBarSeries
Marks.ArrowLength = 20
Marks.Visible = True
SeriesColor = clGreen
BarWidthPercent = 100
MultiBar = mbNone
SideMargins = False
XValues.DateTime = False
XValues.Name = 'X'
XValues.Multiplier = 1
XValues.Order = loAscending
YValues.DateTime = False
YValues.Name = 'Bar'
YValues.Multiplier = 1
YValues.Order = loNone
end
object Series3: TBarSeries
Marks.ArrowLength = 20
Marks.Visible = True
SeriesColor = clYellow
```

```
BarWidthPercent = 100
MultiBar = mbNone
SideMargins = False
XValues.DateTime = False
XValues.Name = 'X'
XValues.Multiplier = 1
XValues.Order = loAscending
YValues.DateTime = False
YValues.Name = 'Bar'
YValues.Multiplier = 1
YValues.Order = loNone
end
object Series4: TBarSeries
Marks.ArrowLength = 20
Marks.Visible = True
SeriesColor = clBlue
BarWidthPercent = 100
MultiBar = mbNone
SideMargins = False
XValues.DateTime = False
XValues.Name = 'X'
XValues.Multiplier = 1
XValues.Order = loAscending
YValues.DateTime = False
YValues.Name = 'Bar'
YValues.Multiplier = 1
YValues.Order = loNone
end
object Series5: TBarSeries
Marks.ArrowLength = 20
Marks.Visible = True
SeriesColor = clGray
BarWidthPercent = 100
MultiBar = mbNone
SideMargins = False
```

```
XValues.DateTime = False
XValues.Name = 'X'
XValues.Multiplier = 1
XValues.Order = loAscending
YValues.DateTime = False
YValues.Name = 'Bar'
YValues.Multiplier = 1
YValues.Order = loNone
end
object Series6: TBarSeries
Marks.ArrowLength = 20
Marks.Visible = True
SeriesColor = clFuchsia
BarWidthPercent = 100
MultiBar = mbNone
SideMargins = False
XValues.DateTime = False
XValues.Name = 'X'
XValues.Multiplier = 1
XValues.Order = loAscending
YValues.DateTime = False
YValues.Name = 'Bar'
YValues.Multiplier = 1
YValues.Order = loNone
end
object Series7: TBarSeries
Marks.ArrowLength = 20
Marks.Visible = True
SeriesColor = clTeal
BarWidthPercent = 100
MultiBar = mbNone
SideMargins = False
XValues.DateTime = False
XValues.Name = 'X'
XValues.Multiplier = 1
```

```
XValues.Order = loAscending
YValues.DateTime = False
YValues.Name = 'Bar'
YValues.Multiplier = 1
YValues.Order = loNone
end
object Series8: TBarSeries
Marks.ArrowLength = 20
Marks.Visible = True
SeriesColor = clNavy
BarWidthPercent = 100
MultiBar = mbNone
SideMargins = False
XValues.DateTime = False
XValues.Name = 'X'
XValues.Multiplier = 1
XValues.Order = loAscending
YValues.DateTime = False
YValues.Name = 'Bar'
YValues.Multiplier = 1
YValues.Order = loNone
end
object Series9: TBarSeries
Marks.ArrowLength = 20
Marks.Visible = True
SeriesColor = clMaroon
BarWidthPercent = 100
MultiBar = mbNone
SideMargins = False
XValues.DateTime = False
XValues.Name = 'X'
XValues.Multiplier = 1
XValues.Order = loAscending
YValues.DateTime = False
YValues.Name = 'Bar'
```

```
YValues.Multiplier = 1
YValues.Order = loNone
end
end
object MainMenu1: TMainMenu
Left = 328
Top = 8
object N1: TMenuItem
Caption = #1060#1072#1081#1083
object N2: TMenuItem
Caption =
#1047#1072#1074#1072#1085#1090#1072#1078#1080#1090#108
0' '#1084#1072#1090#1088#1080#1094#1102' '#1040
OnClick = N2Click
end
object N3: TMenuItem
Caption = '-'
end
object N4: TMenuItem
Caption = #1042#1080#1093#1110#1076
end
end
end
object OpenDialog1: TOpenDialog
Left = 376
Top = 8
end
end
```

## Unit1.cpp

```
//-----
#include <vcl.h>
```



```
#include <fstream.h>
#pragma hdrstop

#include "Unit1.h"
//-----
#pragma package(smart_init)
#pragma resource "*.dfm"
TForm1 *Form1;
//-----
__fastcall TForm1::TForm1(TComponent* Owner)
    : TForm(Owner)
{
}
//-----

AnsiString path1;
char *matrixfilename1=(char*) malloc(50);

void __fastcall TForm1::N2Click(TObject *Sender)
{
    OpenFileDialog->Filter="Текстовий файл (*.txt)|*.txt";

    if(OpenDialog1->Execute())
    {
        path1=OpenDialog1->FileName;
    }
    matrixfilename1=path1.c_str();
}
//-----
void __fastcall TForm1::BitBtn1Click(TObject *Sender)
{
    float **A=new float* [9];

    for(int col=0;col<9;col++)
```

```
{ A[col]=new float [9]; }

ifstream ifs1 (matrixfilename1, ifstream::in );

for (int i=0;i<9;i++)
{
    for (int j=0;j<9;j++)
    {
        ifs1>>A[i][j];
    }
}
ifs1.close();

Series1->Clear();
Series2->Clear();
Series3->Clear();
Series4->Clear();
Series5->Clear();
Series6->Clear();
Series7->Clear();
Series8->Clear();
Series9->Clear();

for (int i=0; i<9; i++)
{
    for (int j=0; j<9; j++)
    {
        if(j==0) Series1->AddXY(i+1,A[j][i]);
        if(j==1){Series2->AddXY(i+1,A[j][i]);}
        if(j==2){Series3->AddXY(i+1,A[j][i]);}
        if(j==3){Series4->AddXY(i+1,A[j][i]);}
        if(j==4){Series5->AddXY(i+1,A[j][i]);}
        if(j==5){Series6->AddXY(i+1,A[j][i]);}
        if(j==6){Series7->AddXY(i+1,A[j][i]);}
        if(j==7){Series8->AddXY(i+1,A[j][i]);}
```

```

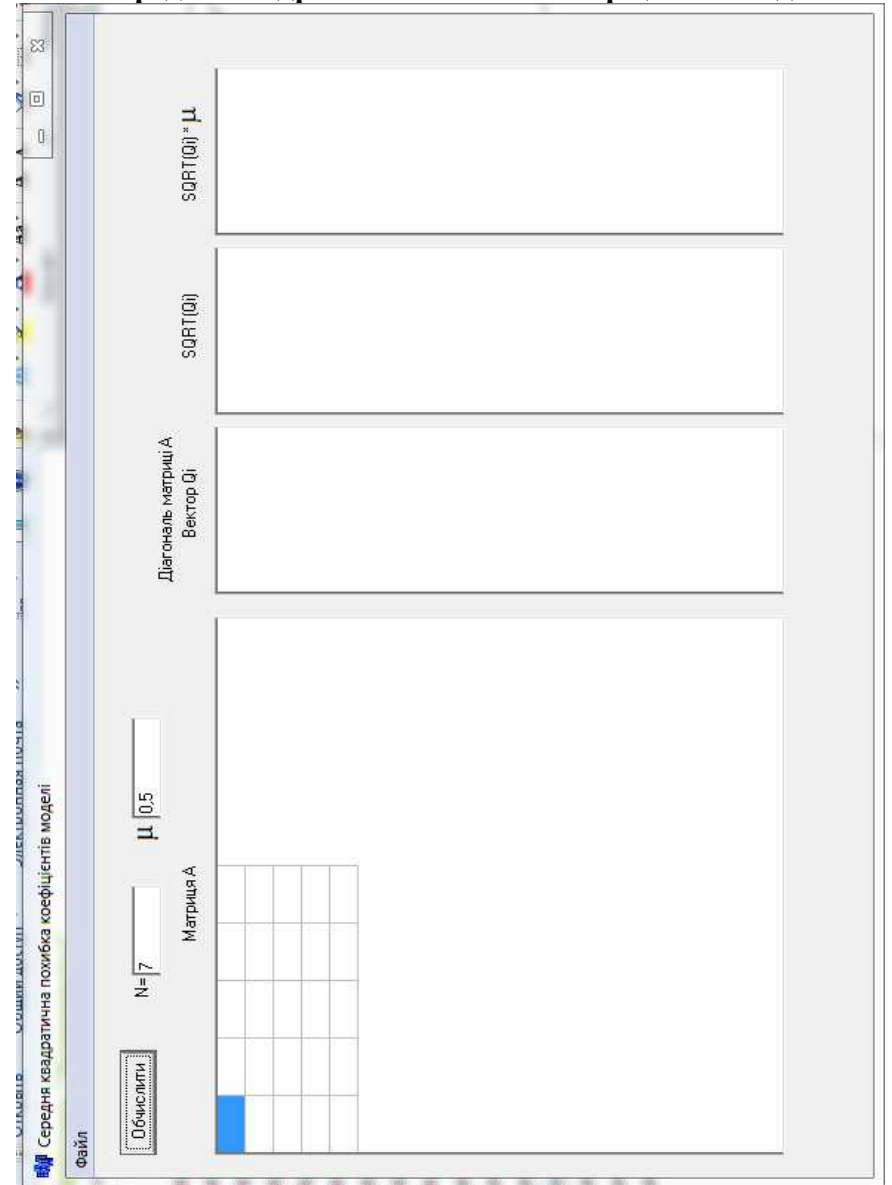
    if(j==8){Series9->AddXY(i+1,A[j][i]);}

}

}
delete []A;
}
//-----
void __fastcall TForm1::BitBtn2Click(TObject *Sender)
{
    Series1->Clear();
    Series2->Clear();
    Series3->Clear();
    Series4->Clear();
    Series5->Clear();
    Series6->Clear();
    Series7->Clear();
    Series8->Clear();
    Series9->Clear();
}
//-----

```

### 4.3. Середня квадратична похибка коефіцієнтів моделі



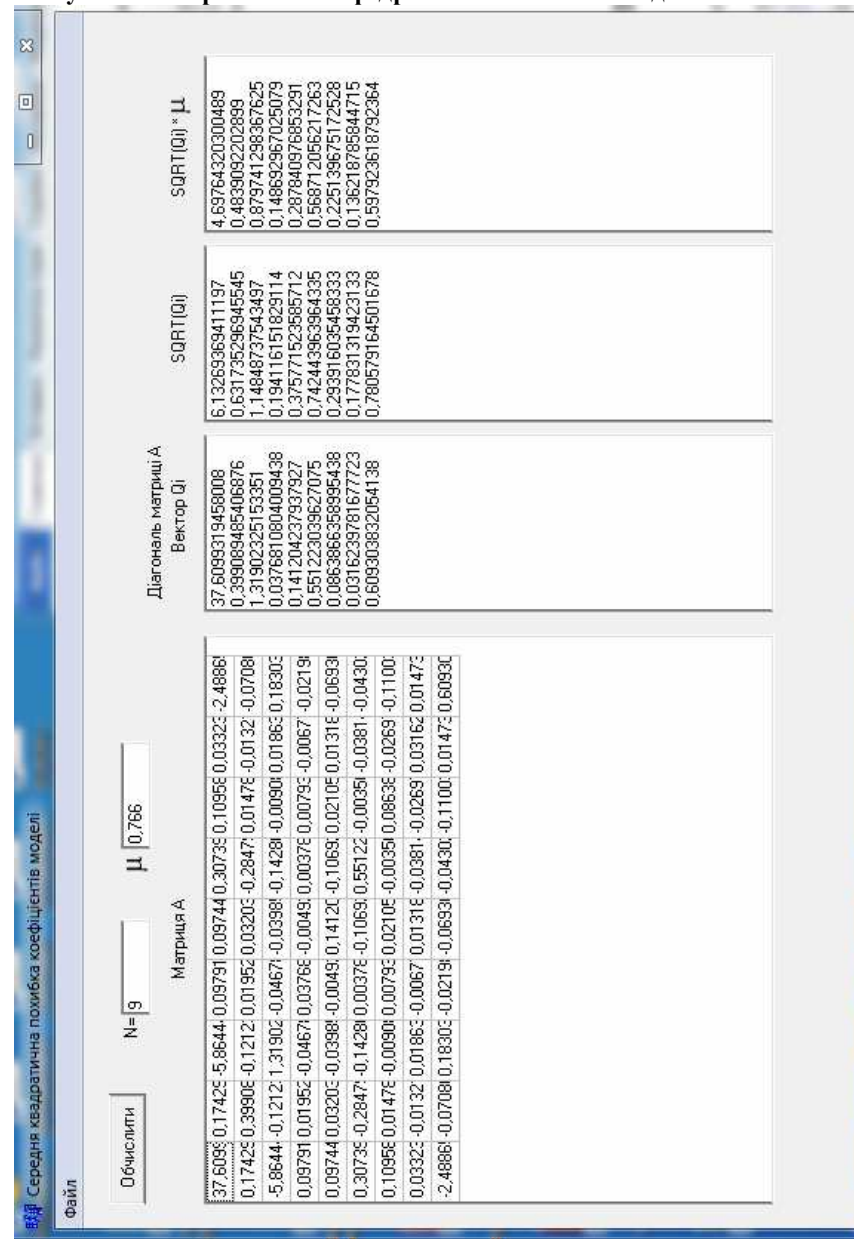


Рис.33. Середні квадратичні похибки коефіцієнтів моделі

## Unit1.dfm

```
object Form1: TForm1
  Left = 197
  Top = 134
  Width = 846
  Height = 582
  Caption = '#1057#1077#1088#1077#1076#1085#1103'
  '#1082#1074#1072#1076#1088#1072#1090#1080#1095#1085#10'
  '72' '#1087#1086#1093#1080#1073#1082#1072'
  '#1082#1086#1077#1092#1110#1094#1110#1108#1085#1090#11'
  '10#1074' '#1084#1086#1076#1077#1083#1110'
  Color = clBtnFace
  Font.Charset = DEFAULT_CHARSET
  Font.Color = clWindowText
  Font.Height = -11
  Font.Name = 'MS Sans Serif'
  Font.Style = []
  Menu = MainMenu1
  OldCreateOrder = False
  PixelsPerInch = 96
  TextHeight = 13
  object Label1: TLabel
    Left = 168
    Top = 56
    Width = 54
    Height = 13
    Caption = '#1052#1072#1090#1088#1080#1094#1103' '#1040'
  end
  object Label2: TLabel
    Left = 128
    Top = 24
    Width = 14
    Height = 13
```

```
  Caption = 'N='
end
object Label3: TLabel
  Left = 424
  Top = 40
  Width = 104
  Height = 13
  Caption =
  '#1044#1110#1072#1075#1086#1085#1072#1083#1100'
  '#1084#1072#1090#1088#1080#1094#1110' '#1040'
end
object Label4: TLabel
  Left = 584
  Top = 56
  Width = 46
  Height = 13
  Caption = 'SQRT(Qi)'
end
object Label5: TLabel
  Left = 456
  Top = 56
  Width = 49
  Height = 13
  Caption = '#1042#1077#1082#1090#1086#1088' Qi'
end
object Label6: TLabel
  Left = 240
  Top = 16
  Width = 11
  Height = 27
  Caption = 'm'
  Font.Charset = SYMBOL_CHARSET
  Font.Color = clWindowText
  Font.Height = -21
  Font.Name = 'Symbol'
```

**Факультет кібернетики. Кафедра математичного моделювання**

```
Font.Style = []
ParentFont = False
end
object Label7: TLabel
Left = 696
Top = 56
Width = 53
Height = 13
Caption = 'SQRT(Qi) *'
end
object Label8: TLabel
Left = 752
Top = 48
Width = 12
Height = 23
Caption = 'm'
Font.Charset = SYMBOL_CHARSET
Font.Color = clWindowText
Font.Height = -19
Font.Name = 'Symbol'
Font.Style = []
ParentFont = False
end
object BitBtn1: TBitBtn
Left = 16
Top = 16
Width = 75
Height = 25
Caption =
#1054#1073#1095#1080#1089#1083#1080#1090#1080
TabOrder = 0
OnClick = BitBtn1Click
end
object Edit1: TEdit
Left = 144
```

169

**Факультет кібернетики. Кафедра математичного моделювання**

```
Top = 24
Width = 65
Height = 21
TabOrder = 1
Text = '7'
end
object StringGrid1: TStringGrid
Left = 16
Top = 80
Width = 385
Height = 385
DefaultColWidth = 40
DefaultRowHeight = 18
TabOrder = 2
end
object Memo1: TMemo
Left = 416
Top = 80
Width = 121
Height = 385
TabOrder = 3
end
object Memo2: TMemo
Left = 544
Top = 80
Width = 121
Height = 385
TabOrder = 4
end
object Edit2: TEdit
Left = 256
Top = 24
Width = 73
Height = 21
TabOrder = 5
```

170

```

Text = '0,5'
end
object Memo3: TMemo
Left = 672
Top = 80
Width = 121
Height = 385
TabOrder = 6
end
object OpenDialog1: TOpenDialog
Left = 432
Top = 8
end
object MainMenu1: TMainMenu
Left = 472
Top = 8
object N1: TMenuItem
Caption = #1060#1072#1081#1083
object N2: TMenuItem
Caption =
#1047#1072#1074#1072#1085#1090#1072#1078#1080#1090#108
0' #1084#1072#1090#1088#1080#1094#1102
OnClick = N2Click
end
object N3: TMenuItem
Caption = '-'
end
object N4: TMenuItem
Caption = #1042#1080#1093#1110#1076
end
end
end
end
end

```

## Unit1.cpp

```

//-----

#include <vcl.h>
#include <fstream.h>
#include <math.h>
#pragma hdrstop

#include "Unit1.h"
//-----
#pragma package(smart_init)
#pragma resource "*.dfm"
TForm1 *Form1;
//-----
__fastcall TForm1::TForm1(TComponent* Owner)
: TForm(Owner)
{
StringGrid1->FixedCols=0;
StringGrid1->FixedRows=0;
}
//-----
AnsiString path;
char *matrixfilename=(char*) malloc(50);
void __fastcall TForm1::N2Click(TObject *Sender)
{
OpenDialog1->Filter="Текстовий файл (*.txt)|*.txt";

if(OpenDialog1->Execute())
{
path=OpenDialog1->FileName;
}
matrixfilename=path.c_str();
}
//-----

```

```
void __fastcall TForm1::BitBtn1Click(TObject *Sender)
```

```
{
int N; float M;
N=StrToInt(Edit1->Text);
M=StrToFloat(Edit2->Text);

StringGrid1->ColCount=N;
StringGrid1->RowCount=N;

float *Diagonal=new float [N];

float **A=new float* [N];

for(int col=0;col<N;col++)
{ A[col]=new float [N]; }

ifstream ifs (matrixfilename, ifstream::in );

for (int i=0;i<N;i++)
{
for (int j=0;j<N;j++)
{
ifs>>A[i][j];
}
}
ifs.close();

for (int i=0;i<N;i++)
{
for (int j=0;j<N;j++)

{
StringGrid1->Cells[j][i]=A[i][j];
}
}
```

```
}
for (int j=0; j<N; j++)
{
Diagonal[j]=A[j][j];
}
for (int j=0; j<N; j++)
{
Memo1->SelText=Diagonal[j];
Memo1->Lines->Add("");

Memo2->SelText=sqrt(Diagonal[j]);
Memo2->Lines->Add("");

Memo3->SelText=(sqrt(Diagonal[j]))*M;
Memo3->Lines->Add("");
}

}
//-----
```

**Розділ 5. Дослідження і аналіз середньої квадратичної похибки зрівноваженої функції**  
**5.1. Допоміжна обернена матриця вагових коефіцієнтів Q'..**

Допоміжну обернену матрицю вагових коефіцієнтів Q' знаходять за формулою..

$$Q' = X * N^{-1} \dots\dots\dots(5.1)$$

або

$$Q' = X * Q \dots\dots\dots(5.2)$$

Для цього використовуємо програму множення прямокутної матриці на квадратну.

Матриця Q' нам буде необхідною для обчислення обернених ваг зрівноваженої функції з подальшим розрахунком середньої квадратичної похибки зрівноваженої функції.

Слід відмітити, що в даній книзі не приводиться програма для обчислення середньої квадратичної похибки зрівноваженої функції через середні квадратичні похибки знайдених коефіцієнтів моделі, тому що на даний час така програма ще не створена. Але для такого контролю цілком достатньо і тих програм, які приведені в даній книзі.

Для цього готують ще дві допоміжні матриці на основі оберненої матриці- діагональну і матрицю з діагональними елементами, рівними нулю.

Два рази знаходять допоміжні матриці Q'<sub>діаг</sub> і матрицю Q'<sub>0</sub> з діагональними елементами, рівними нулю.

По приведеній в п. 5.2 програмі визначають вектори обернених ваг для діагональної і недіагональної матриці. Сума відповідних елементів кожного з векторів повинна

Факультет кібернетики. Кафедра математичного моделювання дорівнювати елементам вектора обернених ваг для загальної матриці Q'.

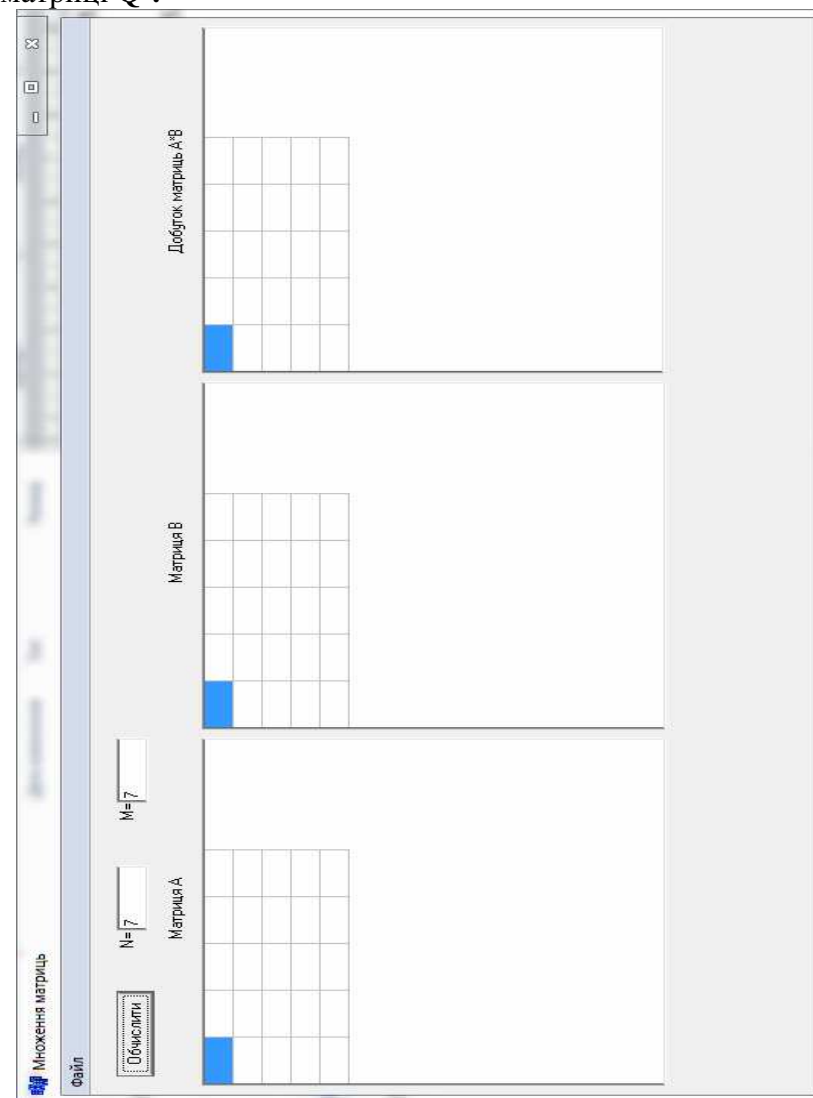


Рис.34. Початкова форма програми «Множення прямокутної матриці на квадратну»



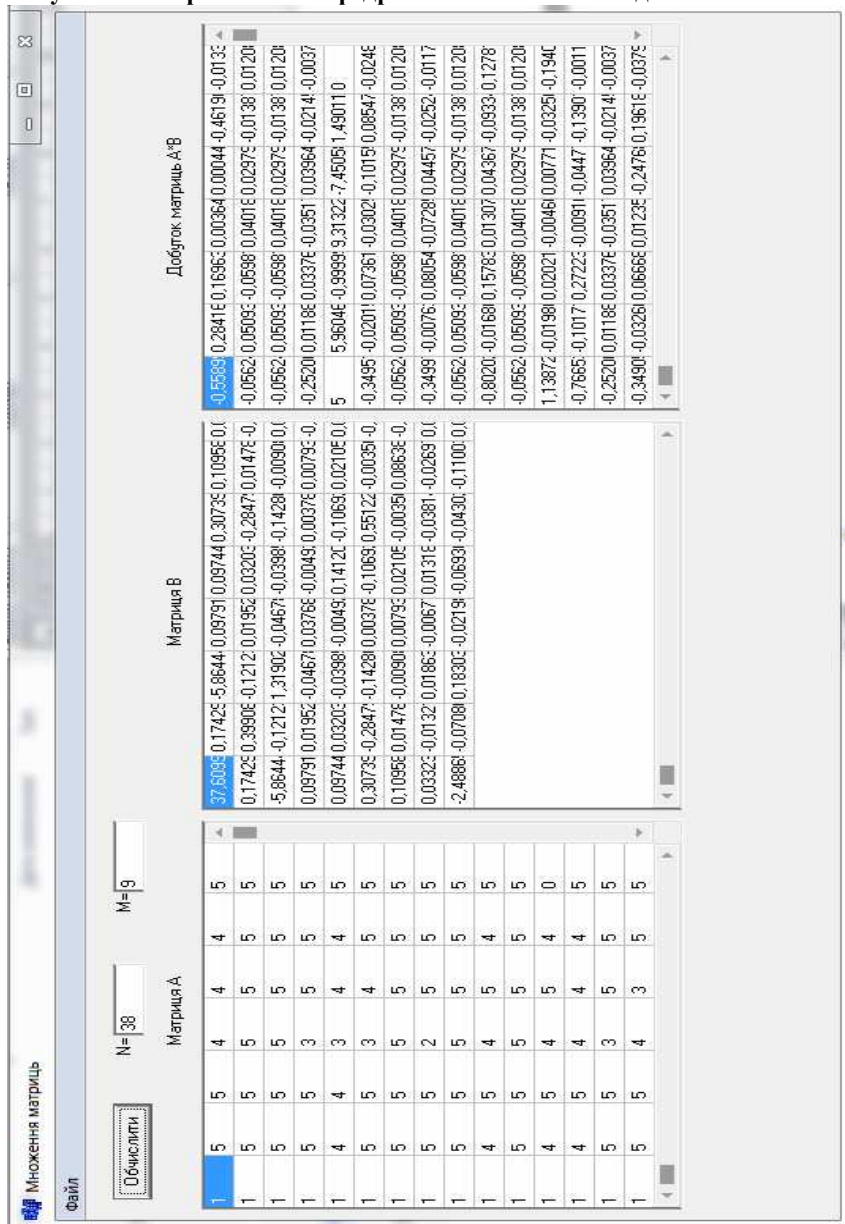


Рис.35. Обчислення допоміжної матриці Q'

|          |          | Таблиця4 | Допоміжна матриця Q'=XQ |          |          |          |          |          |
|----------|----------|----------|-------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| -0,559   | 0,28416  | 0,169637 | 0,003641                | 0,000448 | -0,46196 | -0,01334 | 0,030267 | 0,104917 |
| -0,05625 | 0,050931 | -0,05981 | 0,040185                | 0,0298   | -0,01388 | 0,012081 | -0,00147 | -0,0294  |
| -0,05625 | 0,050931 | -0,05981 | 0,040185                | 0,0298   | -0,01388 | 0,012081 | -0,00147 | -0,0294  |
| -0,25207 | 0,011884 | 0,033763 | -0,03518                | 0,03965  | -0,02145 | -0,00378 | 0,012082 | 0,014565 |
| 5        | -1,5E-14 | -1       | 3,05E-16                | -1,1E-14 | 2,37E-14 | -3,4E-15 | -1,3E-15 | 1,24E-14 |
| -0,34952 | -0,02015 | 0,073616 | -0,03025                | -0,10155 | 0,085475 | -0,02484 | -0,00111 | 0,083871 |
| -0,05625 | 0,050931 | -0,05981 | 0,040185                | 0,0298   | -0,01388 | 0,012081 | -0,00147 | -0,0294  |
| -0,34998 | -0,00764 | 0,080549 | -0,07286                | 0,044575 | -0,02524 | -0,01172 | 0,018859 | 0,036546 |
| -0,05625 | 0,050931 | -0,05981 | 0,040185                | 0,0298   | -0,01388 | 0,012081 | -0,00147 | -0,0294  |
| -0,80203 | -0,01681 | 0,157837 | 0,013077                | 0,043674 | -0,09335 | 0,127816 | -0,10145 | 0,032816 |
| -0,05625 | 0,050931 | -0,05981 | 0,040185                | 0,0298   | -0,01388 | 0,012081 | -0,00147 | -0,0294  |
| 1,13873  | -0,01987 | 0,020214 | -0,00461                | 0,007719 | -0,03251 | -0,19408 | 0,018711 | -0,02631 |
| -0,76653 | -0,10171 | 0,272236 | -0,00911                | -0,04478 | -0,13902 | -0,00115 | 0,01186  | 0,161051 |
| -0,25207 | 0,011884 | 0,033763 | -0,03518                | 0,03965  | -0,02145 | -0,00378 | 0,012082 | 0,014565 |
| -0,34905 | -0,03267 | 0,066682 | 0,012354                | -0,24768 | 0,19619  | -0,03796 | -0,02107 | 0,131197 |
| -0,25161 | -0,00063 | 0,026829 | 0,007429                | -0,10648 | 0,089262 | -0,0169  | -0,00788 | 0,06189  |
| -0,7333  | -0,11493 | 0,290873 | -0,01588                | -0,03159 | -0,17717 | -0,02813 | 0,043484 | 0,175783 |
| -0,16583 | 0,036146 | -0,05073 | 0,032252                | 0,008747 | -0,01031 | -0,07431 | 0,025506 | 0,080636 |
| -0,52782 | 0,063184 | -0,05034 | -0,00923                | -0,04734 | 0,172859 | 0,044719 | -0,11906 | 0,050939 |
| -0,25207 | 0,011884 | 0,033763 | -0,03518                | 0,03965  | -0,02145 | -0,00378 | 0,012082 | 0,014565 |
| -0,05625 | 0,050931 | -0,05981 | 0,040185                | 0,0298   | -0,01388 | 0,012081 | -0,00147 | -0,0294  |
| -0,25161 | -0,00063 | 0,026829 | 0,007429                | -0,10648 | 0,089262 | -0,0169  | -0,00788 | 0,06189  |
| 1,722126 | -0,03085 | 0,089204 | 0,012876                | 0,024528 | -0,09599 | 0,108885 | -0,00287 | -0,44825 |

**Факультет кібернетики. Кафедра математичного моделювання**

|          |          |          |          |          |          |          |          |          |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| -0,25207 | 0,011884 | 0,033763 | -0,03518 | 0,03965  | -0,02145 | -0,00378 | 0,012082 | 0,014565 |
| -0,25207 | 0,011884 | 0,033763 | -0,03518 | 0,03965  | -0,02145 | -0,00378 | 0,012082 | 0,014565 |
| -0,25161 | -0,00063 | 0,026829 | 0,007429 | -0,10648 | 0,089262 | -0,0169  | -0,00788 | 0,06189  |
| -0,25207 | 0,011884 | 0,033763 | -0,03518 | 0,03965  | -0,02145 | -0,00378 | 0,012082 | 0,014565 |
| -0,05625 | 0,050931 | -0,05981 | 0,040185 | 0,0298   | -0,01388 | 0,012081 | -0,00147 | -0,0294  |
| -0,25207 | 0,011884 | 0,033763 | -0,03518 | 0,03965  | -0,02145 | -0,00378 | 0,012082 | 0,014565 |
| -0,23054 | -0,34816 | 0,061425 | 0,020661 | -0,00224 | 0,270914 | -0,0027  | 0,011745 | 0,041468 |
| -0,25207 | 0,011884 | 0,033763 | -0,03518 | 0,03965  | -0,02145 | -0,00378 | 0,012082 | 0,014565 |
| -0,32846 | -0,36768 | 0,108212 | -0,01702 | 0,002687 | 0,267126 | -0,01064 | 0,018522 | 0,063449 |
| -0,05625 | 0,050931 | -0,05981 | 0,040185 | 0,0298   | -0,01388 | 0,012081 | -0,00147 | -0,0294  |
| -0,25207 | 0,011884 | 0,033763 | -0,03518 | 0,03965  | -0,02145 | -0,00378 | 0,012082 | 0,014565 |
| -0,25207 | 0,011884 | 0,033763 | -0,03518 | 0,03965  | -0,02145 | -0,00378 | 0,012082 | 0,014565 |
| -0,05625 | 0,050931 | -0,05981 | 0,040185 | 0,0298   | -0,01388 | 0,012081 | -0,00147 | -0,0294  |
| 2,139144 | 0,050712 | -0,10942 | -0,00827 | -0,03225 | 0,128502 | 0,085197 | -0,01584 | -0,52543 |
| -0,05625 | 0,050931 | -0,05981 | 0,040185 | 0,0298   | -0,01388 | 0,012081 | -0,00147 | -0,0294  |

**Факультет кібернетики. Кафедра математичного моделювання****Unit1.dfm**

object Form1: TForm1

Left = 203

Top = 151

Width = 959

Height = 534

Caption = #1052#1085#1086#1078#1077#1085#1085#1103'  
#1084#1072#1090#1088#1080#1094#1100

Color = clBtnFace

Font.Charset = DEFAULT\_CHARSET

Font.Color = clWindowText

Font.Height = -11

Font.Name = 'MS Sans Serif'

Font.Style = []

Menu = MainMenu1

OldCreateOrder = False

PixelsPerInch = 96

TextHeight = 13

object Label1: TLabel

Left = 128

Top = 16

Width = 14

Height = 13

Caption = 'N='

end

object Label2: TLabel

Left = 136

Top = 48

Width = 54

Height = 13

Caption = #1052#1072#1090#1088#1080#1094#1103' '#1040

end

```
object Label3: TLabel
  Left = 448
  Top = 48
  Width = 54
  Height = 13
  Caption = '#1052#1072#1090#1088#1080#1094#1103' '#1042'
end
object Label4: TLabel
  Left = 736
  Top = 48
  Width = 110
  Height = 13
  Caption = '#1044#1086#1073#1091#1090#1086#1082'
'#1084#1072#1090#1088#1080#1094#1100' A*B'
end
object Label5: TLabel
  Left = 240
  Top = 16
  Width = 15
  Height = 13
  Caption = 'M='
end
object Button1: TButton
  Left = 16
  Top = 16
  Width = 75
  Height = 25
  Caption =
'#1054#1073#1095#1080#1089#1083#1080#1090#1080'
  TabOrder = 0
  OnClick = Button1Click
end
object Edit1: TEdit
  Left = 144
  Top = 16
```

```
  Width = 57
  Height = 21
  TabOrder = 1
  Text = '7'
end
object Memo3: TMemo
  Left = 632
  Top = 72
  Width = 241
  Height = 241
  TabOrder = 2
end
object StringGrid1: TStringGrid
  Left = 8
  Top = 72
  Width = 305
  Height = 305
  DefaultColWidth = 40
  DefaultRowHeight = 18
  TabOrder = 3
end
object StringGrid2: TStringGrid
  Left = 320
  Top = 72
  Width = 305
  Height = 305
  DefaultColWidth = 40
  DefaultRowHeight = 18
  TabOrder = 4
end
object StringGrid3: TStringGrid
  Left = 632
  Top = 72
  Width = 304
  Height = 304
```

Факультет кібернетики. Кафедра математичного моделювання

```
    DefaultColWidth = 40
    DefaultRowHeight = 18
    TabOrder = 5
end
object Edit2: TEdit
    Left = 256
    Top = 16
    Width = 57
    Height = 21
    TabOrder = 6
    Text = '7'
end
object OpenDialog1: TOpenDialog
    Left = 472
    Top = 8
end
object OpenDialog2: TOpenDialog
    Left = 504
    Top = 8
end
object MainMenu1: TMainMenu
    Left = 536
    Top = 8
    object N1: TMenuItem
        Caption = #1060#1072#1081#1083
        object A1: TMenuItem
            Caption =
#1047#1072#1074#1072#1085#1090#1072#1078#1080#1090#108
0' '#1084#1072#1090#1088#1080#1094#1102' A'
            OnClick = A1Click
        end
        object B1: TMenuItem
            Caption =
#1047#1072#1074#1072#1085#1090#1072#1078#1080#1090#108
0' '#1084#1072#1090#1088#1080#1094#1102' B'
```

183

© Карпик С.О., Літнарівич Р.М.

Факультет кібернетики. Кафедра математичного моделювання

```
    OnClick = B1Click
end
object N4: TMenuItem
    Caption = #1047#1073#1077#1088#1077#1075#1090#1080'
'#1088#1077#1079#1091#1083#1100#1090#1072#1090' '#1091'
'#1092#1072#1081#1083
    OnClick = N4Click
end
object N2: TMenuItem
    Caption = '-'
end
object N3: TMenuItem
    Caption = #1042#1080#1093#1110#1076
    OnClick = N3Click
end
end
object SaveDialog1: TSaveDialog
    Left = 568
    Top = 8
end
end
```

## Unit1.cpp

```
//-----
#include <vcl.h>
#include <fstream.h>
#pragma hdrstop

#include "Unit1.h"
//-----
#pragma package(smart_init)
```

184

© Карпик С.О., Літнарівич Р.М.

```
#pragma resource "*.dfm"
TForm1 *Form1;
//-----
__fastcall TForm1::TForm1(TComponent* Owner)
    : TForm(Owner)
{
    StringGrid1->FixedCols=0;
    StringGrid1->FixedRows=0;

    StringGrid2->FixedCols=0;
    StringGrid2->FixedRows=0;

    StringGrid3->FixedCols=0;
    StringGrid3->FixedRows=0;

    Memo3->Visible=false;
}
//-----

AnsiString path1;
char *matrix1=(char*) malloc(50);
AnsiString path2;
char *matrix2=(char*) malloc(50);

void __fastcall TForm1::A1Click(TObject *Sender)
{
    OpenFileDialog1->Filter=" Текстовий документ (*.txt)|*.txt";

    if(OpenDialog1->Execute())
    {
        path1=OpenDialog1->FileName;
    }
    matrix1=path1.c_str();
}
//-----
```

```
void __fastcall TForm1::B1Click(TObject *Sender)
{
    OpenFileDialog2->Filter=" Текстовий документ (*.txt)|*.txt";

    if(OpenDialog2->Execute())
    {
        path2=OpenDialog2->FileName;
    }
    matrix2=path2.c_str();
}
//-----

void __fastcall TForm1::Button1Click(TObject *Sender)
{
    int N,M;

    N=StrToInt(Edit1->Text);
    M=StrToInt(Edit2->Text);

    Form1->StringGrid1->ColCount=M;
    Form1->StringGrid1->RowCount=N;
    Form1->StringGrid2->ColCount=M;
    Form1->StringGrid2->RowCount=M;
    Form1->StringGrid3->ColCount=M;
    Form1->StringGrid3->RowCount=N;

    float **A=new float* [N];

    for(int col=0;col<N;col++)

    { A[col]=new float [M]; }

    float **B=new float* [M];

    for(int col=0;col<M;col++)
```

```

{ B[col]=new float [M]; }

float **C=new float* [N];

for(int col=0;col<N;col++)

{ C[col]=new float [M]; }

ifstream ifs (matrix1, ifstream::in );

for (int i=0;i<N;i++)
{
for (int j=0;j<M;j++)
{
ifs>>A[i][j];
}
}
ifs.close();

for (int i=0;i<N;i++)
{
for (int j=0;j<M;j++)

{ StringGrid1->Cells[j][i]=A[i][j];
}
}

ifstream ifs2 (matrix2, ifstream::in );

for (int i=0;i<M;i++)
{
for (int j=0;j<M;j++)
{

```

```

ifs2>>B[i][j];
}
}
ifs2.close();

for (int i=0;i<M;i++)
{
for (int j=0;j<M;j++)

{ StringGrid2->Cells[j][i]=B[i][j];
}
}

for (int i=0; i<N; ++i)
{
for (int j=0; j<M; ++j)
{ C[i][j]=0;
for (int r=0; r<M; r++)
{
C[i][j]+=A[i][r]*B[r][j];
}
}
}

for (int i=0;i<N;i++)
{
for (int j=0;j<M;j++)

{ Memo3->SelText=C[i][j];
Memo3->SelText=" ";
StringGrid3->Cells[j][i]=C[i][j];
}

Memo3->Lines->Add("");
}
}

```

```

for (int i=0; i<N; i++)
{ delete [] A[i]; }
delete []A;

for (int i=0; i<M; i++)
{ delete [] B[i]; }
delete []B;

for (int i=0; i<N; i++)
{ delete [] C[i]; }
delete []C;
}
//-----
void __fastcall TForm1::N3Click(TObject *Sender)
{
Form1->Close();
}
//-----

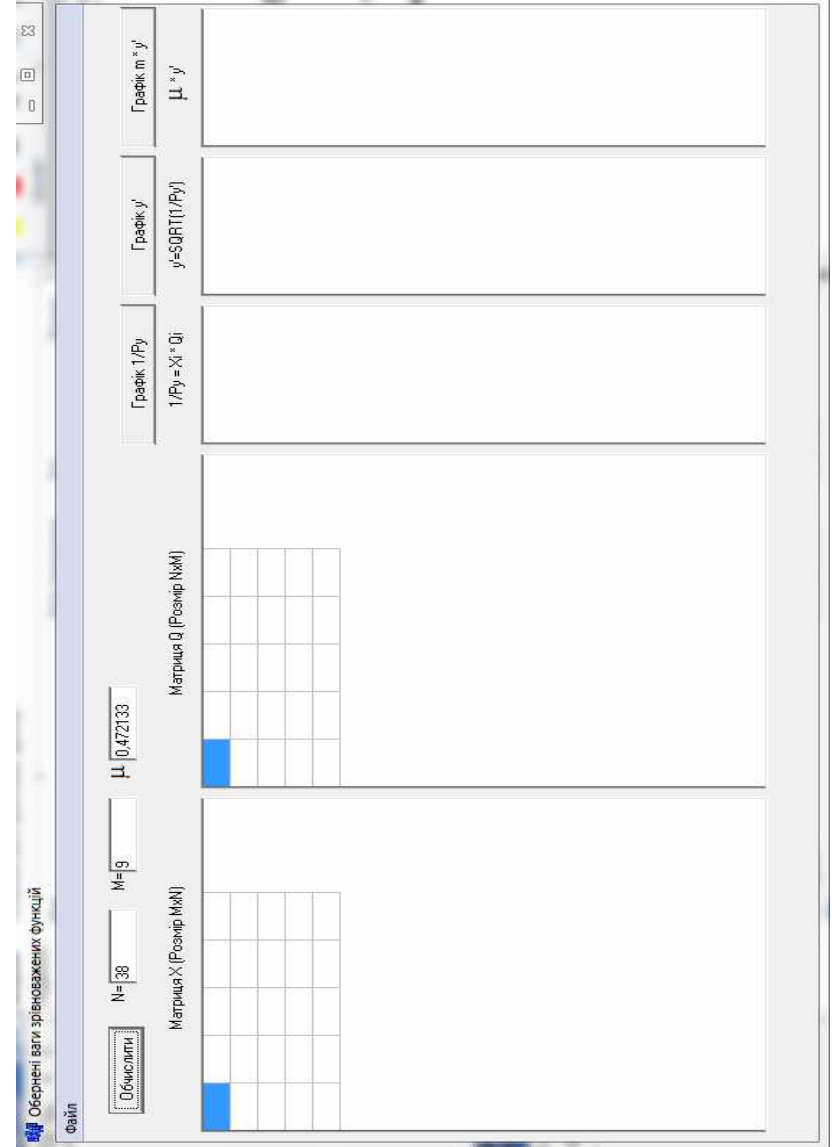
void __fastcall TForm1::N4Click(TObject *Sender)
{
SaveDialog1->InitialDir;

SaveDialog1->Filter="Ôâñòîâëé äîëóíáíò (*.txt)*.txt";

SaveDialog1->FileName="C:\\Dobutok.txt";

if (SaveDialog1->Execute())
{
Memo3->Lines->SaveToFile(SaveDialog1->FileName);
}
}
//-----

```



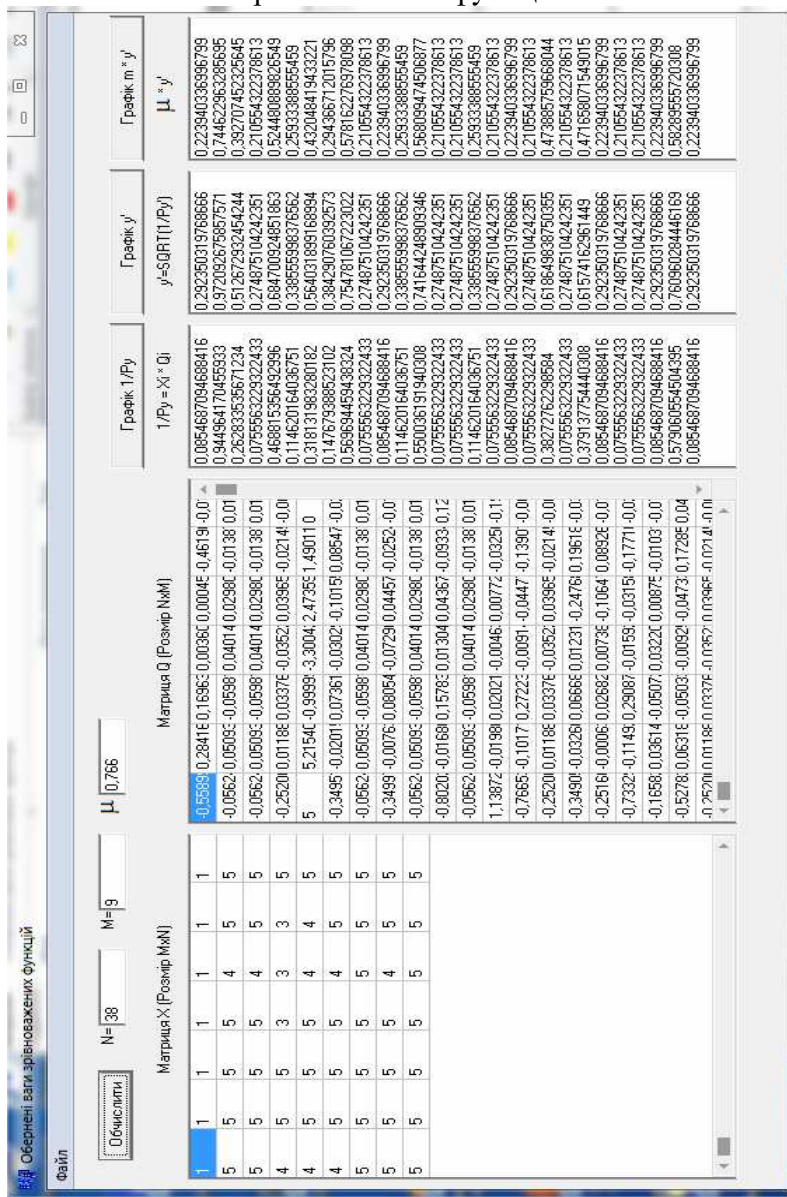


Рис.37. Середні квадратичні похибки зрівноваженої функції

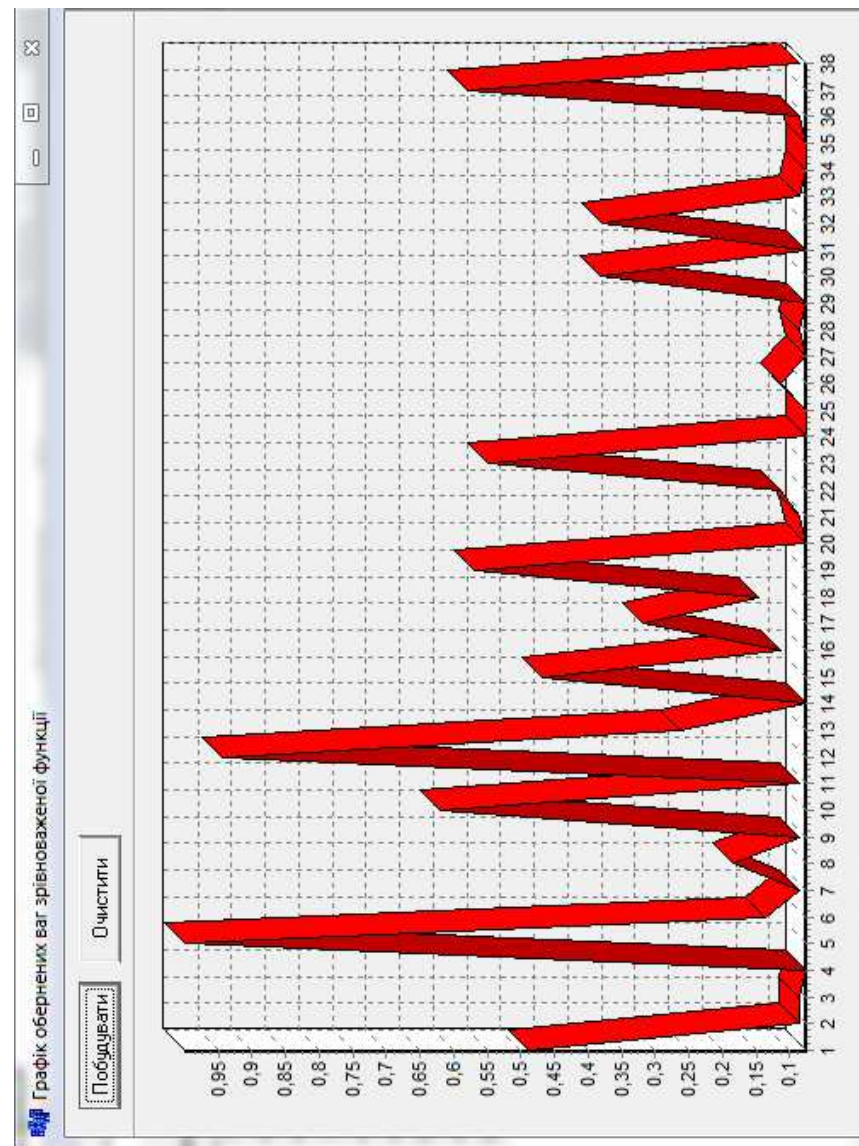




Рис.38. Оборнені ваги зрівноваженої функції

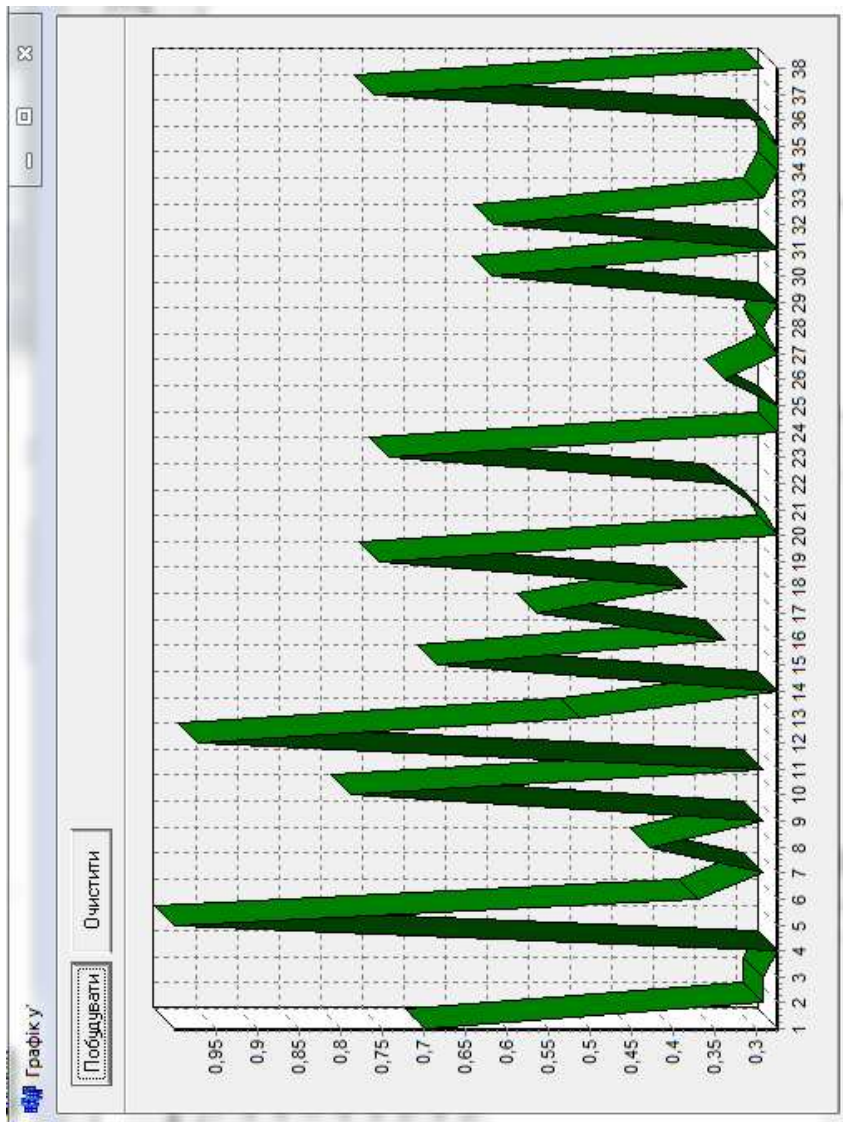


Рис.39. Корінь квадратний із оборнених ваг зрівноваженої функції

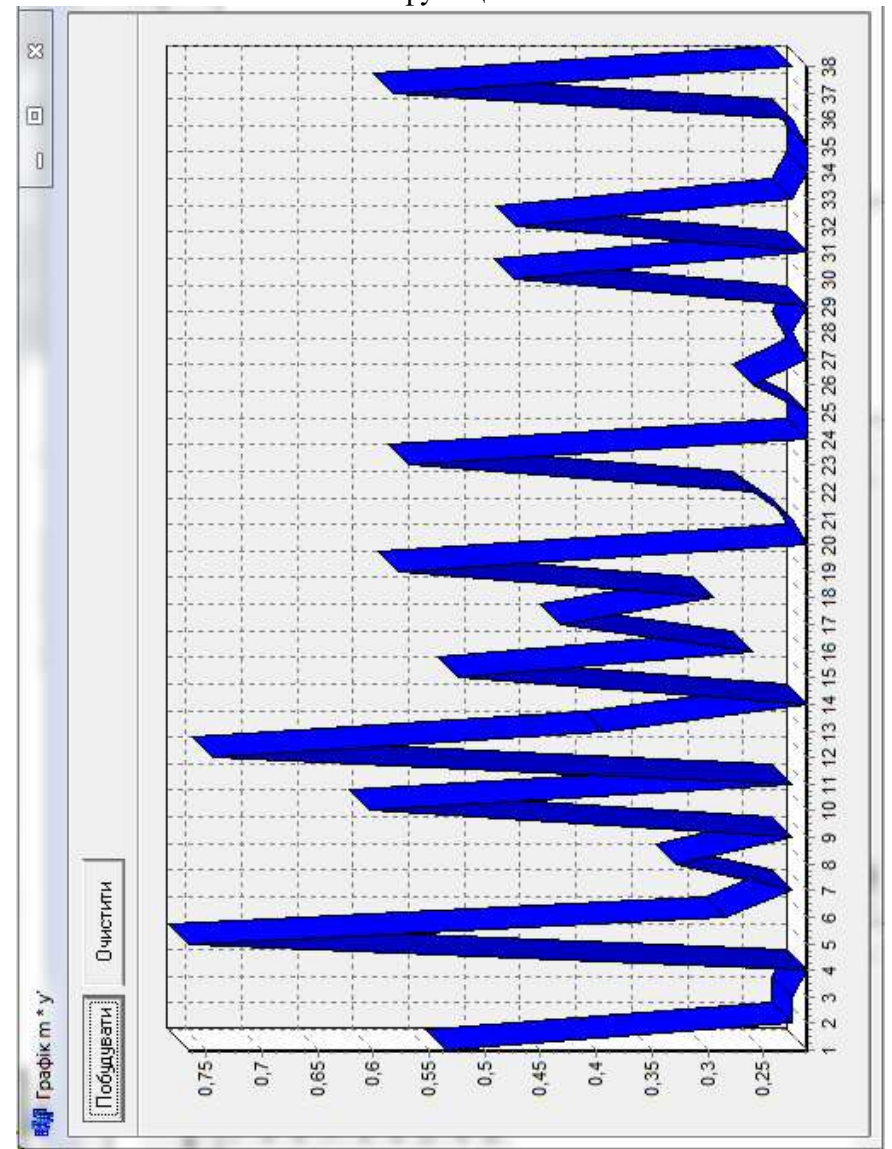


Рис.40. Середні квадратичні похибки зрівноваженої функції

## Unit1.dfm

```
object Form1: TForm1
  Left = 13
  Top = 134
  Width = 995
  Height = 566
  Caption = '#1054#1073#1077#1088#1085#1077#1085#1110'
  '#1074#1072#1075#1080'
  '#1079#1088#1110#1074#1085#1086#1074#1072#1078#1077#10
  85#1080#1093' '#1092#1091#1085#1082#1094#1110#1081
  Color = clBtnFace
  Font.Charset = DEFAULT_CHARSET
  Font.Color = clWindowText
  Font.Height = -11
  Font.Name = 'MS Sans Serif'
  Font.Style = []
  Menu = MainMenu1
  OldCreateOrder = False
  PixelsPerInch = 96
  TextHeight = 13
  object Label1: TLabel
    Left = 120
    Top = 16
    Width = 14
    Height = 13
    Caption = 'N='
  end
  object Label2: TLabel
    Left = 216
    Top = 16
    Width = 15
    Height = 13
    Caption = 'M='
```

```
end
object Label3: TLabel
  Left = 96
  Top = 56
  Width = 123
  Height = 13
  Caption = '#1052#1072#1090#1088#1080#1094#1103' X
  ('#1056#1086#1079#1084#1110#1088' MxN)'
end
object Label4: TLabel
  Left = 384
  Top = 56
  Width = 124
  Height = 13
  Caption = '#1052#1072#1090#1088#1080#1094#1103' Q
  ('#1056#1086#1079#1084#1110#1088' NxM)'
end
object Label5: TLabel
  Left = 632
  Top = 56
  Width = 64
  Height = 13
  Caption = '1/Py = Xi * Qi'
end
object Label6: TLabel
  Left = 752
  Top = 56
  Width = 74
  Height = 13
  Caption = 'y'#39'=SQRT(1/Py'#39')'
end
object Label7: TLabel
  Left = 312
  Top = 8
  Width = 12
```

```
Height = 23
Caption = 'm'
Font.Charset = SYMBOL_CHARSET
Font.Color = clWindowText
Font.Height = -19
Font.Name = 'Symbol'
Font.Style = []
ParentFont = False
end
object Label8: TLabel
Left = 896
Top = 48
Width = 12
Height = 23
Caption = 'm'
Font.Charset = SYMBOL_CHARSET
Font.Color = clWindowText
Font.Height = -19
Font.Name = 'Symbol'
Font.Style = []
ParentFont = False
end
object Label9: TLabel
Left = 912
Top = 56
Width = 14
Height = 13
Caption = '* y'#39
end
object BitBtn1: TBitBtn
Left = 24
Top = 16
Width = 75
Height = 25
```

```
Caption =
#1054#1073#1095#1080#1089#1083#1080#1090#1080
TabOrder = 0
OnClick = BitBtn1Click
end
object Edit1: TEdit
Left = 136
Top = 16
Width = 65
Height = 21
TabOrder = 1
Text = '38'
end
object Edit2: TEdit
Left = 232
Top = 16
Width = 65
Height = 21
TabOrder = 2
Text = '9'
end
object StringGrid1: TStringGrid
Left = 8
Top = 80
Width = 289
Height = 393
DefaultColWidth = 40
DefaultRowHeight = 18
TabOrder = 3
ColWidths = (
40
40
40
40
40)
)
```

```
end
object StringGrid2: TStringGrid
  Left = 304
  Top = 80
  Width = 289
  Height = 393
  DefaultColWidth = 40
  DefaultRowHeight = 18
  TabOrder = 4
end
object Memo1: TMemo
  Left = 600
  Top = 80
  Width = 121
  Height = 393
  TabOrder = 5
end
object Memo2: TMemo
  Left = 728
  Top = 80
  Width = 121
  Height = 393
  TabOrder = 6
end
object Memo3: TMemo
  Left = 856
  Top = 80
  Width = 121
  Height = 393
  TabOrder = 7
end
object Edit3: TEdit
  Left = 328
  Top = 16
  Width = 65
```

```
  Height = 21
  TabOrder = 8
  Text = '0,472133'
end
object BitBtn2: TBitBtn
  Left = 600
  Top = 24
  Width = 121
  Height = 25
  Caption = '#1043#1088#1072#1092#1110#1082' 1/Py'
  TabOrder = 9
 OnClick = BitBtn2Click
end
object BitBtn3: TBitBtn
  Left = 728
  Top = 24
  Width = 121
  Height = 25
  Caption = '#1043#1088#1072#1092#1110#1082' y'#39
  TabOrder = 10
 OnClick = BitBtn3Click
end
object BitBtn4: TBitBtn
  Left = 856
  Top = 24
  Width = 121
  Height = 25
  Caption = '#1043#1088#1072#1092#1110#1082' m * y'#39
  TabOrder = 11
 OnClick = BitBtn4Click
end
object OpenDialog1: TOpenDialog
  Left = 448
  Top = 8
end
```

```
object MainMenu1: TMainMenu
  Left = 416
  Top = 8
  object N1: TMenuItem
    Caption = #1060#1072#1081#1083
  object X1: TMenuItem
    Caption =
#1047#1072#1074#1072#1085#1090#1072#1078#1080#1090#108
0' '#1084#1072#1090#1088#1080#1094#1102' X'
    OnClick = X1Click
  end
  object Q1: TMenuItem
    Caption =
#1047#1072#1074#1072#1085#1090#1072#1078#1080#1090#108
0' '#1084#1072#1090#1088#1080#1094#1102' Q'
    OnClick = Q1Click
  end
  object N2: TMenuItem
    Caption = '-'
  end
  object N3: TMenuItem
    Caption = #1042#1080#1093#1110#1076
    OnClick = N3Click
  end
end
end
object OpenDialog2: TOpenDialog
  Left = 480
  Top = 8
end
end
```

## Unit2.dfm

```
object Form2: TForm2
  Left = 192
  Top = 146
  Width = 678
  Height = 510
  Caption = #1043#1088#1072#1092#1110#1082'
'#1086#1073#1077#1088#1085#1077#1085#1080#1093'
'#1074#1072#1075'
'#1079#1088#1110#1074#1085#1086#1074#1072#1078#1077#10
85#1086#1111' '#1092#1091#1085#1082#1094#1110#1111
  Color = clBtnFace
  Font.Charset = DEFAULT_CHARSET
  Font.Color = clWindowText
  Font.Height = -11
  Font.Name = 'MS Sans Serif'
  Font.Style = []
  OldCreateOrder = False
  PixelsPerInch = 96
  TextHeight = 13
  object Chart1: TChart
    Left = 0
    Top = 41
    Width = 670
    Height = 435
    BackWall.Brush.Color = clWhite
    BackWall.Brush.Style = bsClear
    BackWall.Color = clSilver
    BottomWall.Brush.Color = clWhite
    LeftWall.Brush.Color = clWhite
    LeftWall.Color = clWhite
    Title.AdjustFrame = False
    Title.Visible = False
    BackColor = clSilver
    Chart3DPercent = 20
    Legend.Visible = False
```

```
Align = alClient
TabOrder = 0
object Series1: TLineSeries
  Marks.ArrowLength = 8
  Marks.Visible = False
  SeriesColor = clRed
  Pointer.InflateMargins = True
  Pointer.Style = psRectangle
  Pointer.Visible = False
  XValues.DateTime = False
  XValues.Name = 'X'
  XValues.Multiplier = 1
  XValues.Order = loAscending
  YValues.DateTime = False
  YValues.Name = 'Y'
  YValues.Multiplier = 1
  YValues.Order = loNone
object TeeFunction1: TAddTeeFunction
end
end
end
object Panel1: TPanel
  Left = 0
  Top = 0
  Width = 670
  Height = 41
  Align = alTop
  TabOrder = 1
object BitBtn2: TBitBtn
  Left = 102
  Top = 8
  Width = 75
  Height = 25
  Caption = #1054#1095#1080#1089#1090#1080#1090#1080
  TabOrder = 0
```

```
OnClick = BitBtn2Click
end
object BitBtn1: TBitBtn
  Left = 16
  Top = 8
  Width = 75
  Height = 25
  Caption =
#1055#1086#1073#1091#1076#1091#1074#1072#1090#1080
  TabOrder = 1
  OnClick = BitBtn1Click
end
end
end
```

### Unit3.dfm

```
object Form3: TForm3
  Left = 194
  Top = 148
  Width = 676
  Height = 508
  Caption = #1043#1088#1072#1092#1110#1082' y'#39
  Color = clBtnFace
  Font.Charset = DEFAULT_CHARSET
  Font.Color = clWindowText
  Font.Height = -11
  Font.Name = 'MS Sans Serif'
  Font.Style = []
  OldCreateOrder = False
  PixelsPerInch = 96
  TextHeight = 13
object Panel1: TPanel
  Left = 0
  Top = 0
```

Факультет кібернетики. Кафедра математичного моделювання

```
Width = 668
Height = 41
Align = alTop
TabOrder = 0
object BitBtn1: TBitBtn
  Left = 16
  Top = 8
  Width = 75
  Height = 25
  Caption =
#1055#1086#1073#1091#1076#1091#1074#1072#1090#1080
  TabOrder = 0
  OnClick = BitBtn1Click
end
object BitBtn2: TBitBtn
  Left = 96
  Top = 8
  Width = 75
  Height = 25
  Caption = #1054#1095#1080#1089#1090#1080#1090#1080
  TabOrder = 1
  OnClick = BitBtn2Click
end
end
object Chart1: TChart
  Left = 0
  Top = 41
  Width = 668
  Height = 433
  BackWall.Brush.Color = clWhite
  BackWall.Brush.Style = bsClear
  LeftWall.Color = clWhite
  Title.AdjustFrame = False
  Title.Visible = False
  Chart3DPercent = 20
```

205

© Карпик С.О., Літнарівич Р.М.

Факультет кібернетики. Кафедра математичного моделювання

```
Legend.LegendStyle = lsValues
Legend.Visible = False
Align = alClient
TabOrder = 1
object Series1: TLineSeries
  Marks.ArrowLength = 8
  Marks.Visible = False
  SeriesColor = clGreen
  Pointer.InflateMargins = True
  Pointer.Style = psRectangle
  Pointer.Visible = False
  XValues.DateTime = False
  XValues.Name = 'X'
  XValues.Multiplier = 1
  XValues.Order = loAscending
  YValues.DateTime = False
  YValues.Name = 'Y'
  YValues.Multiplier = 1
  YValues.Order = loNone
object TeeFunction1: TAddTeeFunction
  end
end
end
```

## Unit1.cpp

```
//-----
#include <vcl.h>
#include <fstream.h>
#include <math.h>
#include <algorithm>
#include <vector.h>
#pragma hdrstop
```

206

© Карпик С.О., Літнарівич Р.М.

```
#include "Unit1.h"
#include "Unit2.h"
#include "Unit3.h"
#include "Unit4.h"
//-----
#pragma package(smart_init)
#pragma resource "*.dfm"
TForm1 *Form1;
//-----
__fastcall TForm1::TForm1(TComponent* Owner)
    : TForm(Owner)
{
    StringGrid1->FixedCols=0;
    StringGrid1->FixedRows=0;
    StringGrid2->FixedCols=0;
    StringGrid2->FixedRows=0;
}
//-----
AnsiString path1;
char *matrixfilename1=(char*) malloc(50);
AnsiString path2;
char *matrixfilename2=(char*) malloc(50);
void __fastcall TForm1::X1Click(TObject *Sender)
{
    OpenFileDialog1->Filter=" Текстовий документ (*.txt)|*.txt";

    if(OpenDialog1->Execute())
    {
        path1=OpenDialog1->FileName;
    }
    matrixfilename1=path1.c_str();
}
//-----

void __fastcall TForm1::Q1Click(TObject *Sender)
```

```
{
    if(OpenDialog2->Execute())
    {
        path2=OpenDialog2->FileName;
    }
    matrixfilename2=path2.c_str();
}
//-----
int N;
vector <double> Py;
vector <double> SQRT_Py;
vector <double> M_SQRT_Py;

void __fastcall TForm1::BitBtn1Click(TObject *Sender)
{
    int M; float m;

    N=StrToInt(Edit1->Text);
    M=StrToInt(Edit2->Text);
    m=StrToFloat(Edit3->Text);

    Form1->StringGrid1->ColCount=N;
    Form1->StringGrid1->RowCount=M;
    Form1->StringGrid2->ColCount=M;
    Form1->StringGrid2->RowCount=N;

    float **A=new float* [M];

    for(int col=0;col<M;col++)

    { A[col]=new float [N]; }

    float **B=new float* [N];
```



```

for(int col=0;col<N;col++)

{ B[col]=new float [M]; }

ifstream ifs1 (matrixfilename1, ifstream::in );

for (int i=0;i<M;i++)
{
for (int j=0;j<N;j++)
{
ifs1>>A[i][j];
}
}
ifs1.close();

for (int i=0;i<M;i++)
{
for (int j=0;j<N;j++)

{
StringGrid1->Cells[j][i]=A[i][j];
}
}

ifstream ifs2 (matrixfilename2, ifstream::in );

for (int i=0;i<N;i++)
{
for (int j=0;j<M;j++)
{
ifs2>>B[i][j];
}
}
ifs2.close();

```

```

for (int i=0;i<N;i++)
{
for (int j=0;j<M;j++)

{
StringGrid2->Cells[j][i]=B[i][j];
}
}
float sum=0;

for (int i=0;i<N;i++)
{ sum=0;
for (int j=0;j<M;j++)

{ sum=sum+A[j][i]*B[i][j];
}
Memo1->SelText=sum;
Py.push_back(sum);
Memo1->Lines->Add("");
}

for (int i=0;i<N;i++)
{
Memo2->SelText=sqrt(Py[i]);
Memo2->Lines->Add("");
SQRTPy.push_back(sqrt(Py[i]));

Memo3->SelText=(sqrt(Py[i]))*m;
Memo3->Lines->Add("");
M_SQRTPy.push_back((sqrt(Py[i]))*m);
}
}
//-----
void __fastcall TForm1::BitBtn2Click(TObject *Sender)

```

```
{  
Form2->Show();  
}  
//-----
```

```
void __fastcall TForm1::BitBtn3Click(TObject *Sender)  
{  
Form3->Show();  
}  
//-----
```

```
void __fastcall TForm1::BitBtn4Click(TObject *Sender)  
{  
Form4->Show();  
}  
//-----
```

```
void __fastcall TForm1::N3Click(TObject *Sender)  
{  
Form1->Close();  
}  
//-----
```

## Висновки

Розроблені програми для побудови та дослідження математичних моделей.

Всі програми протестовані і впроваджені в навчальний процес Міжнародного економіко-гуманітарного університету імені академіка Степана Дем'янчука.

За даними матеріалами на кафедрі Математичного моделювання факультету Кібернетики вперше створена бібліотека прикладних програм в середовищі C++ Builder.

По розробленим програмам будуються математичні моделі багатofакторного регресійного аналізу, моделі поліноміальної апроксимації.

Вперше розроблена і реалізована теорія знаходження середньої квадратичної похибки зрівноваженої функції.

Значна увага приділена візуалізації результатів досліджень.

Вперше в університеті реалізована теорія побудови і дослідження математичних моделей методом статистичних випробувань Монте-Карло.

Для цього створена програма генерування, нормування істинних похибок і побудова імітаційної моделі з візуалізацією даних. Приведені програми обчислення елементів матриці коефіцієнтів початкових рівнянь поліноміальної апроксимації, транспонування, множення матриць, рішення систем лінійних алгебраїчних рівнянь з оцінкою точності результатів зрівноваження.

Дослідження проведені за кафедральною темою «Математико-статистичні моделі, їх інформаційно-системний аналіз та інформаційне забезпечення» по напрямку «Комп'ютерно орієнтовані методичні системи навчання природничих дисциплін у вищих навчальних закладах». Код державної реєстрації 0101U002751.

### Літературні джерела

1. Глибовець А.М., Глибовець М.М., Проценко В.С. Практикум з мови програмування Сі.- К.: Вид. дім «Києво-Могилянська академія», 2010.-209 с. ISBN 987-966-518-543-7.
2. Глинський Я.М., Анохін В.Є., Ряжська В.А. С++ і С++ Builder: Навч. посібн. 4-те вид. – Львів: СПД Глинський, 2008.-192 с. ISBN 978-966-2934-14-4.
3. Карпик С.О. Сучасні системи візуалізації даних. Науковий керівник Літнарівич Р.М. МEGУ, Рівне, 2012.-84 с. <http://elartu.tntu.edu.ua/handle/123456789/1914>
4. Літнарівич Р.М. Конструювання і дослідження математичних моделей. Множинний аналіз. Частина 1. МEGУ, Рівне, 2009,-127 с. <http://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/2800>
5. Літнарівич Р.М. Конструювання і дослідження математичних моделей. Поліноміальна апроксимація. Частина 2. МEGУ, Рівне, 2009,-36 с. <http://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/2802>
6. Літнарівич Р.М. Конструювання і дослідження математичних моделей. Онтодидактика поліноміальної апроксимації. Частина 3. МEGУ, Рівне, 2009,-32 с. <http://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/2803>
7. Літнарівич Р.М. Побудова і дослідження істинної моделі якості засвоєння базової дисципліни. Апроксимація поліномом першого степеня. Частина 4. МEGУ, Рівне, 2009,-43 с. <http://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/2806>
8. Літнарівич Р.М. Теоретико- методологічні основи побудови математичної моделі базової дисципліни в рамках роботи наукової школи. Частина 5. МEGУ, Рівне, 2009,-100 с.

<http://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/2807>

9. Літнарівич Р.М. Конструювання і дослідження математичних моделей. Модель пункту GPS  $cgjcntht;tym$ . Частина 6. МEGУ, Рівне, 2009,-104 с. <http://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/2808>

### Бібліотека прикладних програм

**Розділ 1. Програма №1.** Генерування випадкових чисел, нормування істинних похибок, побудова імітаційної моделі з представленням графіків істинних похибок, істинної моделі і самої імітаційної моделі.

**Програма №2.** Формування матриці коефіцієнтів початкових рівнянь поліноміальної апроксимації.

**Розділ 2. Програма №3.** Транспонування матриці.

**Програма №4.** Множення прямокутних матриць.

**Програма №5.** Множення матриці на вектор.

**Розділ 3. Програма №6.** Рішення системи лінійних алгебраїчних рівнянь методами Гауса та Жордана-Гауса.

**Програма №7.** Обчислення середньої квадратичної похибки одиниці ваги.

**Програма №8.** Порівняльний аналіз абсолютних та ймовірніших похибок моделі.

**Розділ 4. Програма №9.** Знаходження оберненої матриці  $Q$ .

**Програма №10.** Графічна візуалізація масивів.

**Програма №11.** Середня квадратична похибка коефіцієнтів моделі.

**Розділ 5. Програма № 12.** Обчислення допоміжної матриці  $Q'$ .

**Програма № 13.** Обернені ваги зрівноважених функцій з виводом відповідних графіків.

Наукове видання

Карпик Сергій Олексійович, магістрант  
інформаційних технологій  
Літнарівч Руслан Миколайович, доцент,  
кандидат технічних наук

# Бібліотека прикладних програм для побудови і дослідження математичних моделей у середовищі C++ BUILDER 6.0 Книга 1

Міжнародний економіко-гуманітарний університет  
імені академіка Степана Дем'янчука  
Факультет кібернетики  
Кафедра математичного моделювання

Комп'ютерний набір в редакторі Microsoft®Office® Word  
2007

Р.М. Літнарівч  
Редагування, верстка, макетування та дизайн

Р.М. Літнарівч  
33027, м. Рівне, Україна  
Вул. акад. С. Дем'янчука, 4, корпус 1  
Телефон: (+00380) 362 23-73-09  
Факс: (+00380) 362 23-01-86  
E-mail: [mail@regi.rovno.ua](mailto:mail@regi.rovno.ua)  
[litnarovich@windowslive.com](mailto:litnarovich@windowslive.com)

215

216