

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ,
МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ

МІЖНАРОДНИЙ ЕКОНОМІКО - ГУМАНІТАРНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ АКАДЕМІКА СТЕПАНА ДЕМ'ЯНЧУКА

С.О. Карпик, Р.М.Літнарівч

**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., Літнарівч 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
С.С. Парняков, доктор технічних наук, професор
В.О.Боровий, доктор технічних наук, професор
Відповідальний за випуск: Й.В. Джуль, 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.

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
Бібліотека прикладних програм.....	207

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.

1.1. Багатофакторна множинна регресія

Постановка проблеми дослідження

Блок-схема математичної моделі засвоєння базової дисципліни

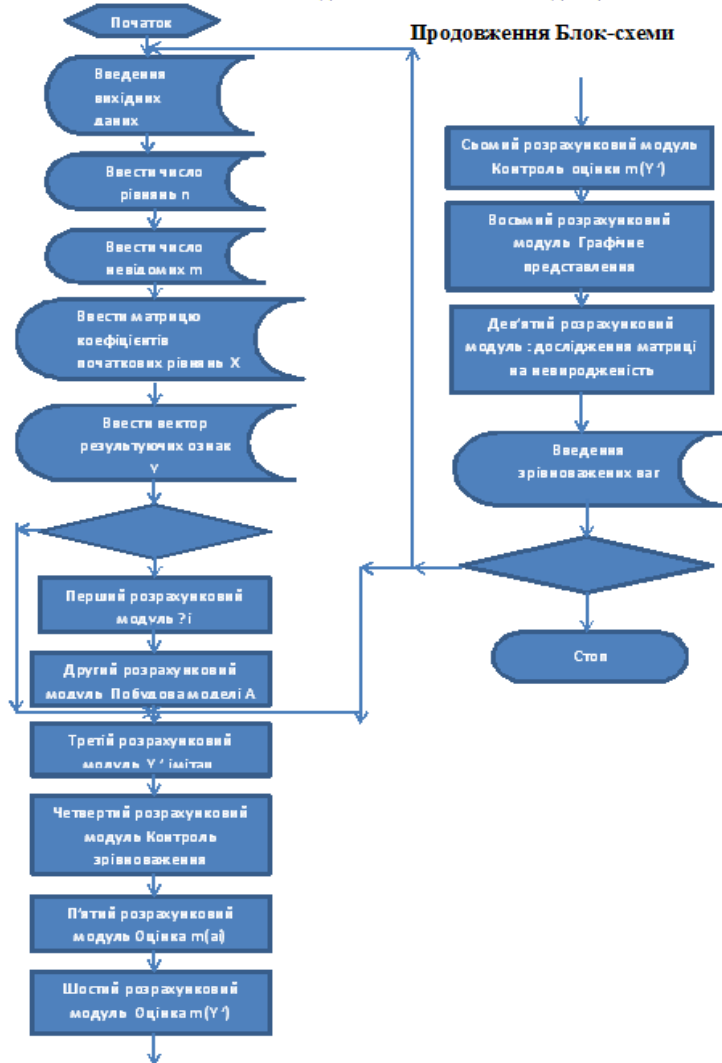


Рис.1. Блок схема опрацювання матеріалів множинної регресії

1. Отримавши ряд випадкових (а точніше псевдовипадкових) чисел ξ_i , розраховують середнє арифметичне генерованих псевдовипадкових чисел ξ_{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 Δ'_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. Вичисляють коефіцієнт пропорційності K для визначення істинних похибок необхідної точності

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

Факультет кібернетики. Кафедра математичного моделювання
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_{Δ} генерованих істинних похибок Δ

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

і порівняння

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

Факультет кібернетики. Кафедра математичного моделювання

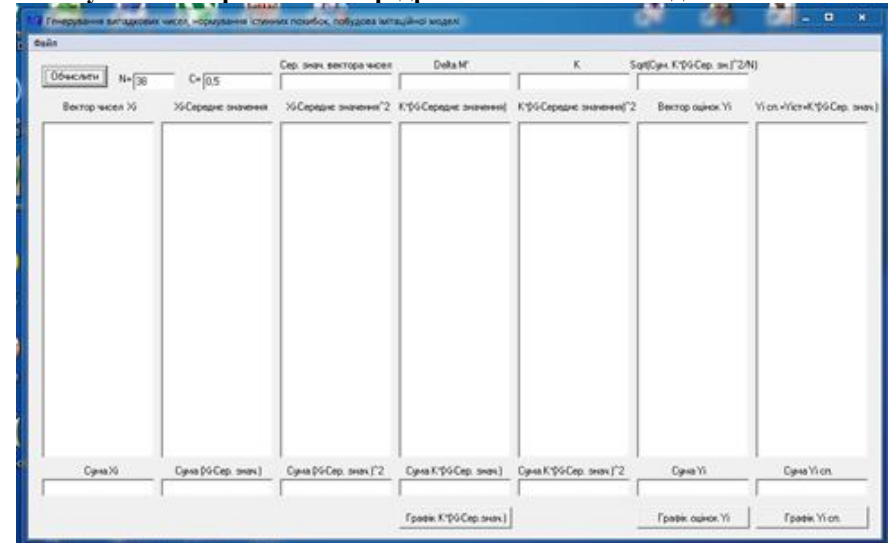


Рис.2. Інтерфейс програми для побудови імітаційної моделі

Формується вектор псевдовипадкових чисел ξ_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 натискаємо «Файл» і завантажуюмо вектор псевдовипадкових чисел ξ_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 Δ' , яка приводиться в четвертому віконці вверху. В третьому верхньому віконці приводяться середні значення вектора псевдовипадкових чисел ξ_i .

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

У п'ятому стовпчику роздруковуються квадрати істинних похибок Δ 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 S .

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 $Y_{\text{іміт}}$. За формулою

$$Y_{\text{іміт}} = Y_{\text{іст}} + \Delta_{\text{іст}} \quad (1.9)$$

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.

Вектор чисел X	X-Середнє значення	Ср. знач. вектора чисел	Delta M	K	K-Середнє значення	Вектор ознак Y	Y-іст+K*Y-Ср. знач.
0.366	0.0167979542382272	0.38475532204957	0.169425260055045	2.9087513056516	0.148037115748278	50.595532	53.584079522205
0.03	0.00570853552788	0.50302172715612	0.50302172715612	0.33852513838405	0.33852513838405	81.23885	80.6965178277944
0.367	0.019706400277008	0.417411248007195	0.417411248007195	0.17422224113033	0.17422224113033	94.00972	94.5071312480072
0.402	0.000837208448735	0.5217145705957	0.5217145705957	0.271783008959165	0.271783008959165	94.65066	95.1815745705957
0.648	0.010184882132964	0.525959601575421	0.525959601575421	0.208471544142003	0.208471544142003	96.40033	95.8707238852428
0.171	0.003008578880009	0.114444887795970	0.114444887795970	0.027943465202173	0.027943465202173	96.47167	95.202210220402
0.031	0.00189179101895055	0.580035437078046	0.580035437078046	0.328473890643072	0.328473890643072	96.65970	96.1159484820281
0.025	0.001594378642109	0.55919547098443	0.55919547098443	0.3254951707748653	0.3254951707748653	94.63032	94.0544444420154
0.318	0.007605263197948	0.407658400277008	0.407658400277008	0.077864721980226	0.077864721980226	82.20395	82.474862871154
0.122	0.0010915423822716	0.305914598931525	0.305914598931525	0.0932462743858959	0.0932462743858959	95.25478	94.56488584430798
0.142	0.0047658251983324	0.271946257115443	0.271946257115443	0.082770570651885	0.082770570651885	94.15981	93.9006344307721
0.109	0.007124710064819	0.489008036428895	0.489008036428895	0.12145701062876	0.12145701062876	95.14701	94.789105959143588
0.119	0.01153282901385	0.10320090061224	0.10320090061224	0.319546246538446	0.319546246538446	91.10082	90.0385954654446
0.379	0.0220838383434803	0.3501854546519	0.3501854546519	0.205421115360791	0.205421115360791	94.58952	95.0385954654446
0.46	0.0048774189700603	0.632488138557938	0.632488138557938	0.48039605339643	0.48039605339643	93.74462	94.42018138557938
0.46	0.064319429013851	0.782871538235153	0.782871538235153	0.5688157051738653	0.5688157051738653	96.30799	97.10081538235153
0.315	0.253865263197948	0.303403417057144	0.303403417057144	0.0851301682383859	0.0851301682383859	94.32786	94.2807002417057
0.429	0.0076850835527979	0.589994006720022	0.589994006720022	0.347821682383859	0.347821682383859	94.38509	95.9540383067241
0.13	0.00944407029540166	0.285154858958956	0.285154858958956	0.081898211081887	0.081898211081887	93.84147	93.960300417057
0.05	0.00329154529095871	0.523858683642009	0.523858683642009	0.274218421260596	0.274218421260596	88.11895	88.5963005341441
0.386	0.0294728400277009	0.47816174481842	0.47816174481842	0.224901780020156	0.224901780020156	95.11895	95.42018138557938
0.46	0.00544728400277009	0.69544728400277009	0.69544728400277009	0.5544440319379	0.5544440319379	88.79584	89.4770053305004
0.451	0.06544728400277009	0.666100302078742	0.666100302078742	0.44485664785323	0.44485664785323	96.42917	94.885278838284
0.489	0.000591099782437676	0.0671010305307774	0.0671010305307774	0.004034410763408	0.004034410763408	94.25106	96.498278838284
0.197	0.0029543786421092	0.00058403054016817	0.00058403054016817	0.0035149052395826	0.0035149052395826	94.50003	95.2181000620787
0.451	0.244605263197948	0.666100302078742	0.666100302078742	0.44485664785323	0.44485664785323	92.79494	93.5040822818466
0.472	0.466605263197948	0.0602019452909587	0.0602019452909587	0.520181928159963	0.520181928159963	94.38701	95.0419153857325
0.447	0.22085263197948	0.048866882132964	0.048866882132964	0.42880103008326	0.42880103008326	94.38701	95.0419153857325
Сума Y	Сума X	Сума Y-Ср. знач.	Сума X-Ср. знач.	Сума Y-Ср. знач.	Сума X-Ср. знач.	Сума Y	Сума Y-Ср. знач.
8.603	2.22044604032031E-15	0.048866882132964	5.27478100048302E-15	8.4999978070078	0.4999978070078	2646.99997	2646.99997
График Y	График X	График Y-Ср. знач.	График X-Ср. знач.	График Y	График X	График Y-Ср. знач.	График Y-Ср. знач.

Рис. 2. Розрахунки за програмою

Таблиця 1. Побудова імітаційної моделі

Вект.іст.знач. Yіст	Δіст	Y іміт.(спотворене)
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

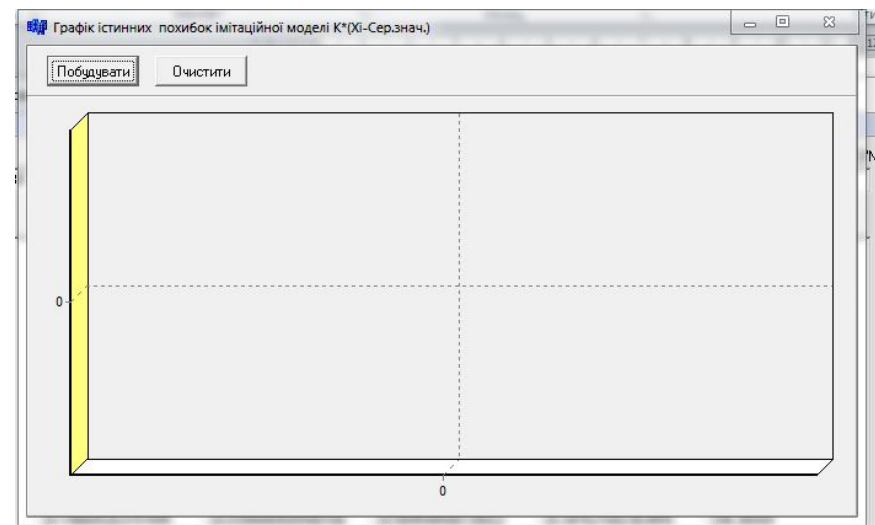


Рис. 3. Початковий інтерфейс графіка істинних похибок імітаційної моделі

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

Факультет кібернетики. Кафедра математичного моделювання
випадковий характер і коливаються в діапазоні значень від 0
до ± 1 .



Рис.4. Графік істинних похибок

Факультет кібернетики. Кафедра математичного моделювання

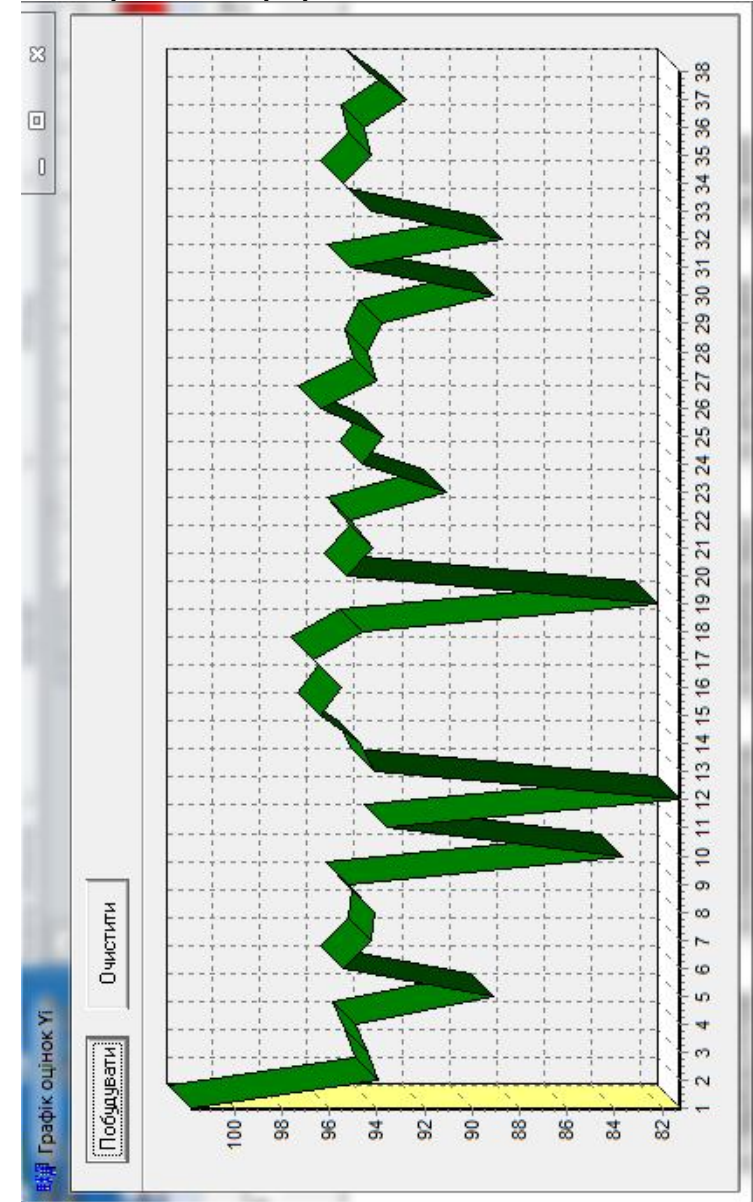


Рис.5. Графік результуючих ознак істинної моделі Y_i ст

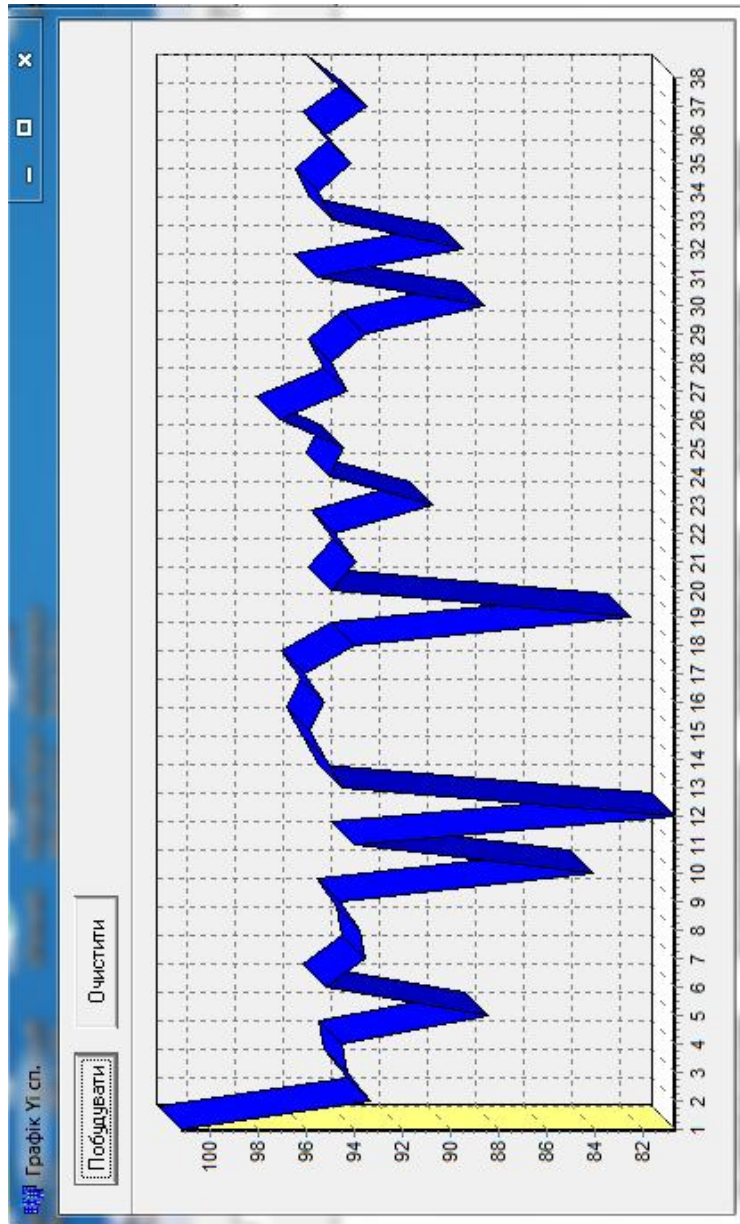


Рис.6. Імітаційна модель

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
```


Факультет кібернетики. Кафедра математичного моделювання

```
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
```

Факультет кібернетики. Кафедра математичного моделювання

```
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
```

Факультет кібернетики. Кафедра математичного моделювання

```
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
```

Факультет кібернетики. Кафедра математичного моделювання

```
object Label18: TLabel
  Left = 832
  Top = 56
  Width = 139
  Height = 13
  Caption = 'Yi сп.=Yicт+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
```

Факультет кібернетики. Кафедра математичного моделювання

```
    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
```

Факультет кібернетики. Кафедра математичного моделювання

```
    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
```

Факультет кібернетики. Кафедра математичного моделювання

```
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
```

Факультет кібернетики. Кафедра математичного моделювання

```
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 Y1: TMenuItem
Caption = 'Завантажити вектор оцінок  $Y_i$ '
```

```
OnClick = Y1Click
end
object N3: TMenuItem
Caption = '-'
end
object N4: TMenuItem
Caption = 'Вихід'
OnClick = N4Click
end
end
object OpenDialog1: TOpenDialog
Left = 576
Top = 65528
end
object OpenDialog2: TOpenDialog
Left = 512
Top = 65528
end
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'  $K*(X_i -$ 
'#1057#1077#1088'.'#1079#1085#1072#1095'.)'
Color = clBtnFace
```

Факультет кібернетики. Кафедра математичного моделювання

```
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
```

Факультет кібернетики. Кафедра математичного моделювання

```
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'
```

Факультет кібернетики. Кафедра математичного моделювання

```
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
```



```
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"
```

```
#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)
{
  OpenFileDialog->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

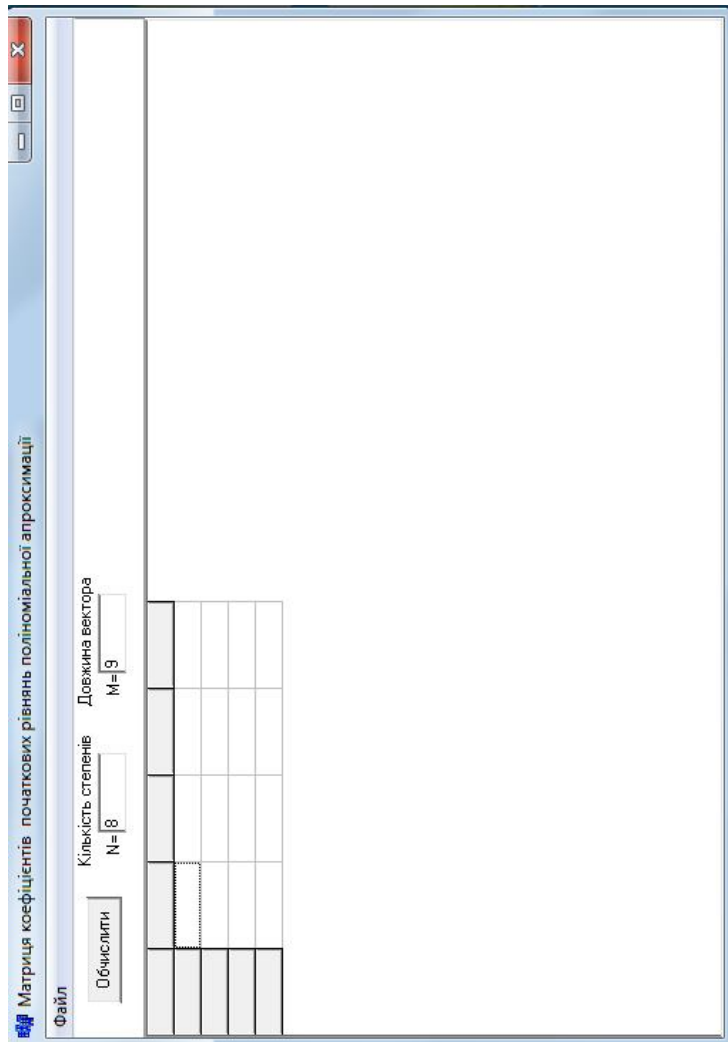


Рис.7. Початкова форма програми

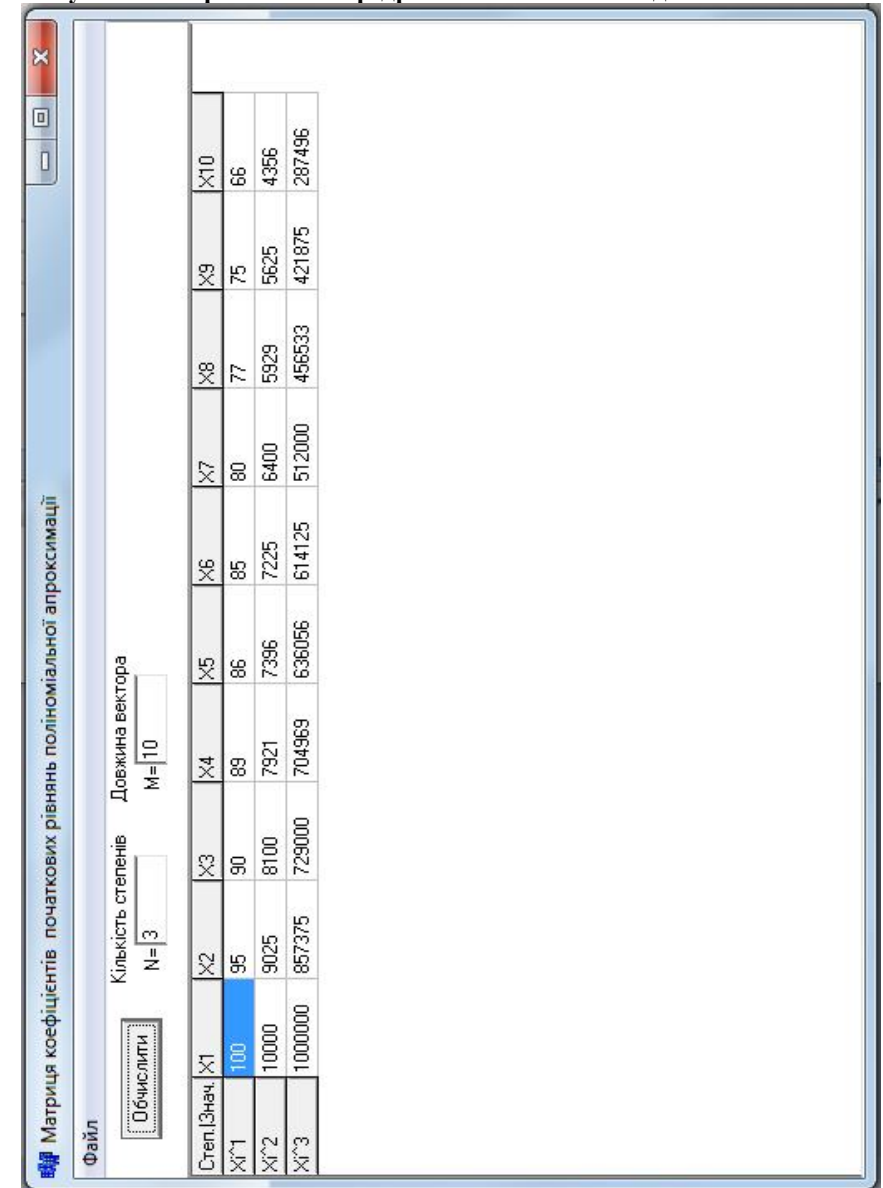


Рис.8. Формування елементів матриці для кубічного поліному

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#11
  10#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#11
  00#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
```

```
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
```

```
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 OpenDialog1: 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)
```

```
{
```

```
    OpenFileDialog->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);
    }
}
```

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

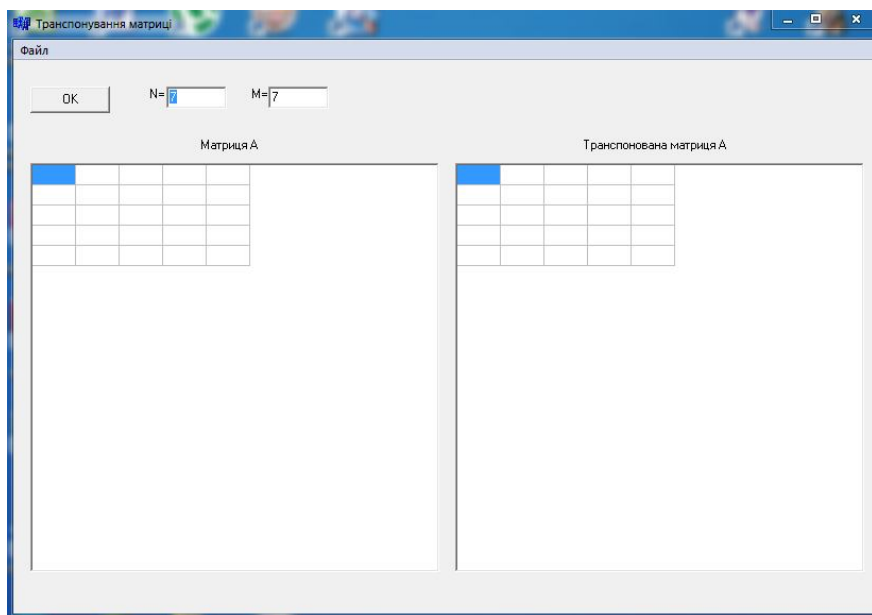


Рис.9. Початковий інтерфейс програми транспонування матриць

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 38x9, то транспонована матриця має розмірність 9x38, що дає можливість нам перемножити ці дві матриці і отримати квадратну матрицю коефіцієнтів нормальних рівнянь N розмірами 9x9 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 подивитися 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	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	5	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	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	5	5	5	5	5	5
1	5	5	5	5	5	5	5	5
1	5	5	5	5	5	5	5	5
1	5	5	5	5	5	5	5	5

Рис 10. Матриця коефіцієнтів початкових рівнянь X

1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
4	5	3	3	5	4	4	3	4	3	3	4	3	3	3	5	3	3	3	3
4	5	4	5	5	4	5	4	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5
4	5	5	4	5	4	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5

Рис 11. Транспонована матриця X^T коефіцієнтів початкових рівнянь

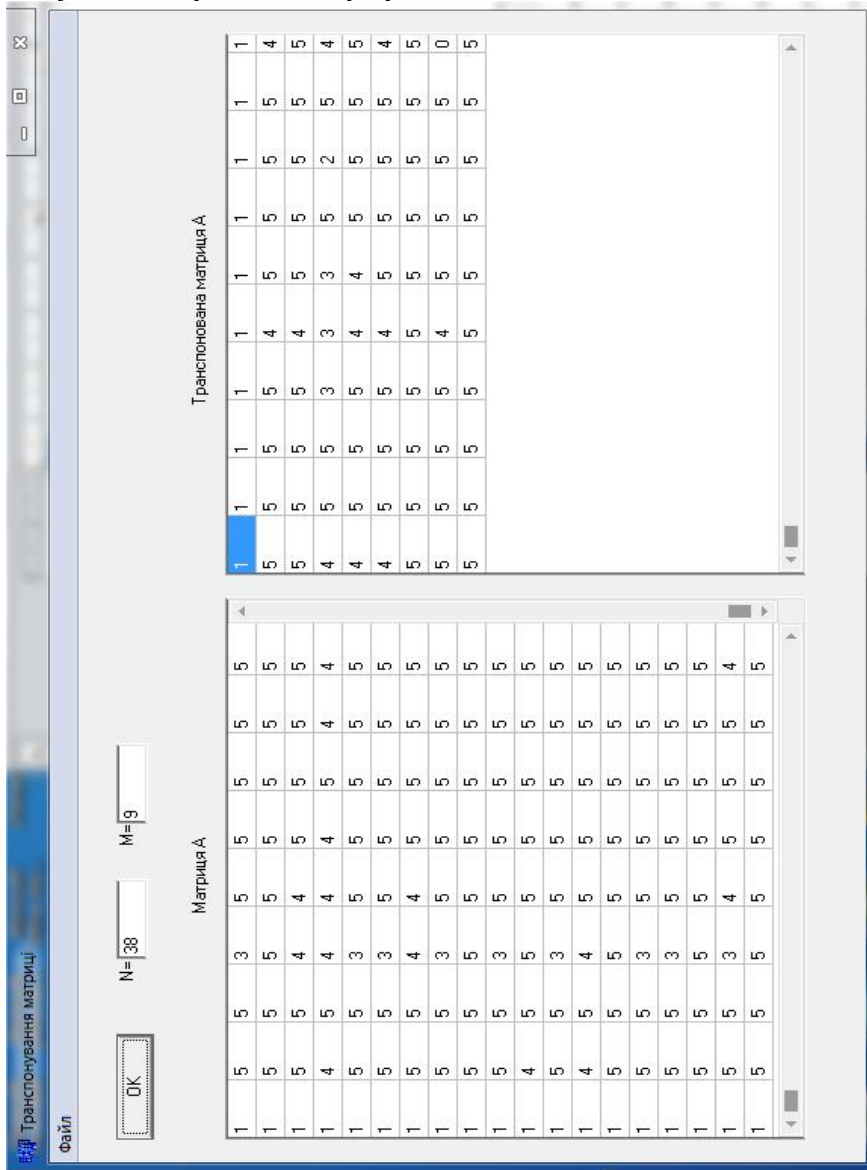


Рис 12. Результати транспонування

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

```

Факультет кібернетики. Кафедра математичного моделювання

```
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
```

59

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
```

60

```
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
end
object OpenFileDialog1: TOpenDialog
  Left = 384
  Top = 8
end
object SaveDialog1: TSaveDialog
  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)
{
  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);
}
}
//-----

```

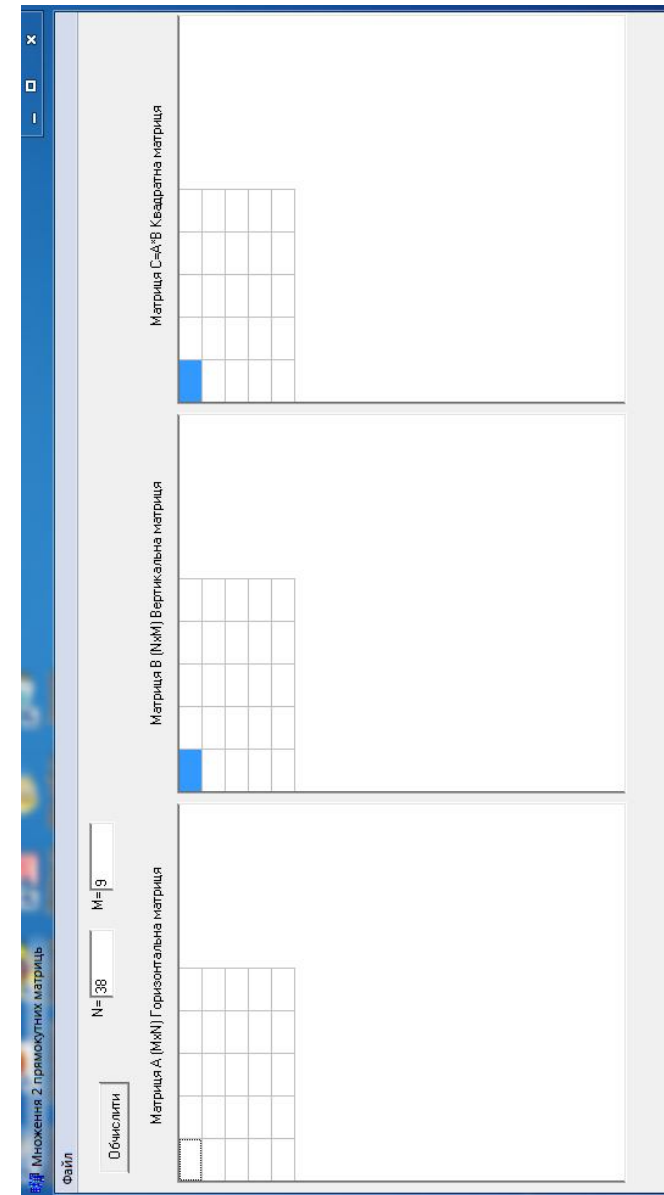


Рис. 13. Початкова форма розрахунків

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 (NxM).

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

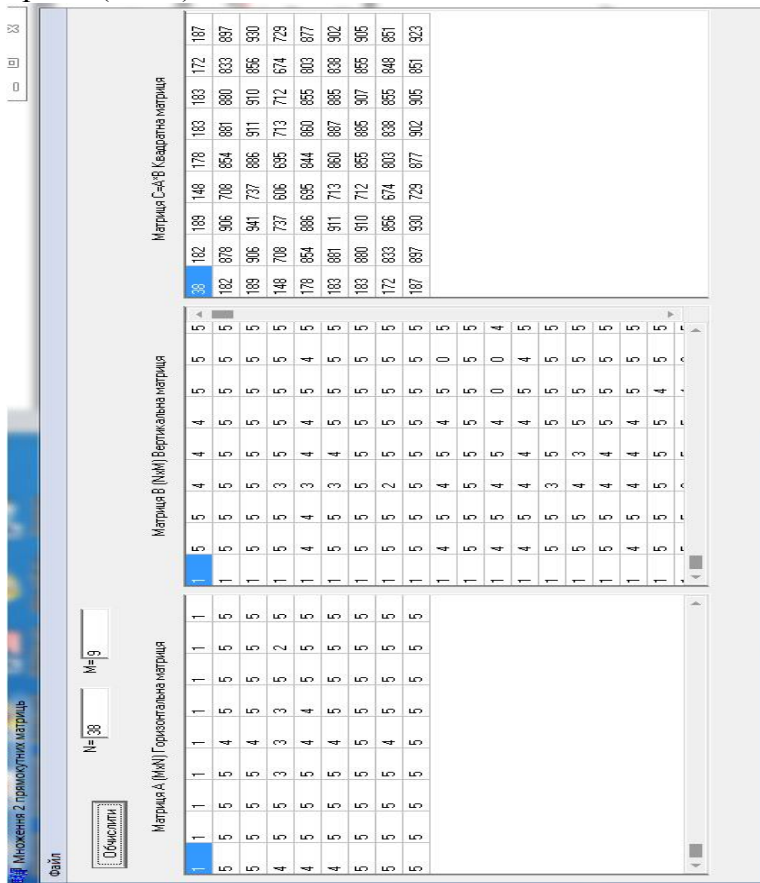


Рис.14. Результати розрахунку за програмою

Таким чином, отримується матриця коефіцієнтів нормальних рівнянь

Матриця коефіцієнтів нормальних рівнянь N=Хгр.*Х									
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	

Рис.15. Матриця коефіцієнтів нормальних рівнянь

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

Натиском «Множення 2 прямокутних матриць» відкривається діалогове вікно, що дає можливість

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

Unit1.dfm

```
object Form1: TForm1
  Left = 27
  Top = 116
  Width = 986
  Height = 542
  Caption = #1052#1085#1086#1078#1077#1085#1085#1103' 2
  '#1087#1088#1103#1084#1086#1082#1091#1090#1085#1080#10
  93' '#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 = 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
```

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
end
object OpenFileDialog1: TOpenDialog
```

Факультет кібернетики. Кафедра математичного моделювання

```
Left = 352
end
object OpenFileDialog2: 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)
{
    OpenFileDialog->Filter="Текстовий файл (*.txt)|*.txt";

    if(OpenDialog1->Execute())
    {
        path1=OpenDialog1->FileName;
    }
    matrixfilename1=path1.c_str();
}
//-----
void __fastcall TForm1::B1Click(TObject *Sender)
{
    OpenFileDialog2->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

$$l = [X]^T Y = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & \dots & 1 \\ X_{11} & X_{12} & X_{13} & \dots & X_{138} \\ X_{21} & X_{22} & X_{23} & \dots & X_{238} \\ X_{31} & X_{32} & X_{33} & \dots & X_{338} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ X_{81} & X_{82} & X_{83} & \dots & X_{838} \end{bmatrix} *$$

$$* \begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ Y_3 \\ \dots \\ Y_{38} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_{i=1}^{38} Y_i \\ \sum_{i=1}^{38} Y_i X_{1i} \\ \sum_{i=1}^{38} Y_i X_{2i} \\ \sum_{i=1}^{38} Y_i X_{3i} \\ \dots \\ \sum_{i=1}^{38} Y_i X_{8i} \end{bmatrix}$$

(2.2)

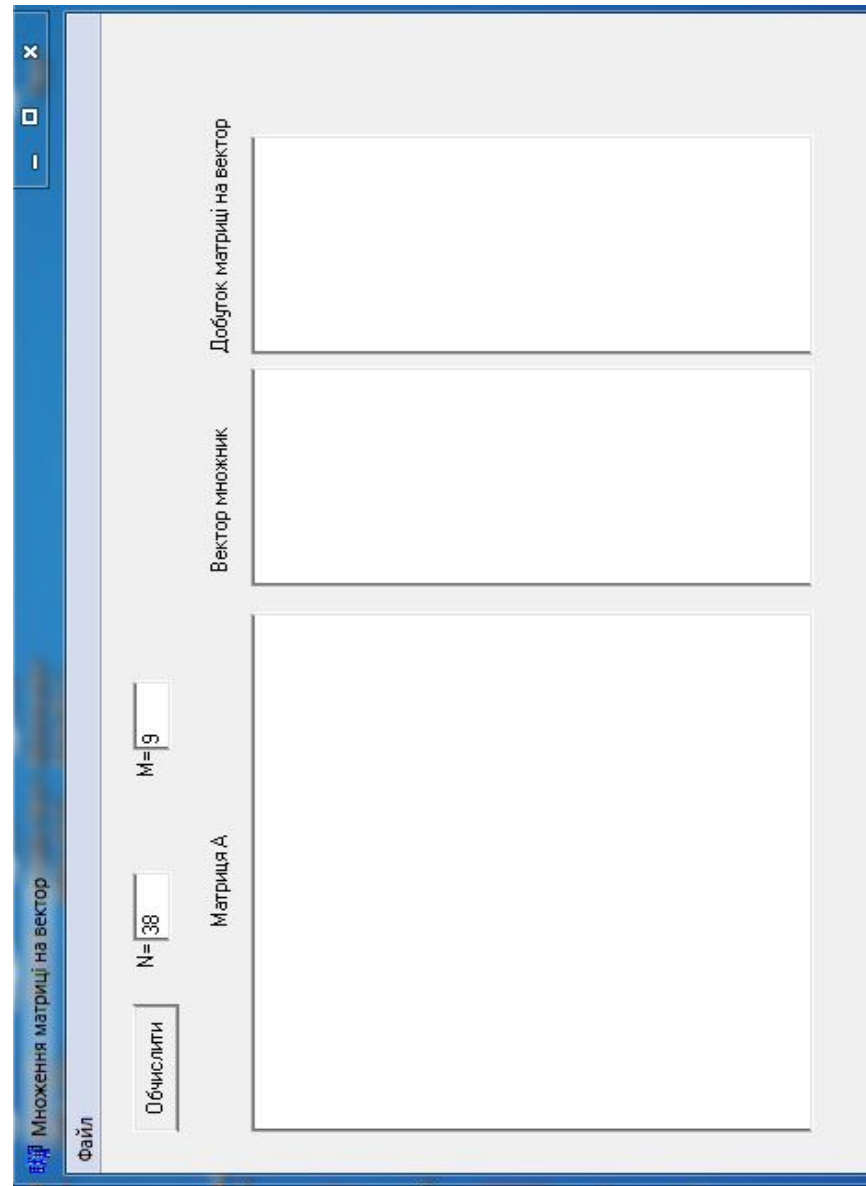


Рис.16. Початкова форма програми «Множення на вектор»

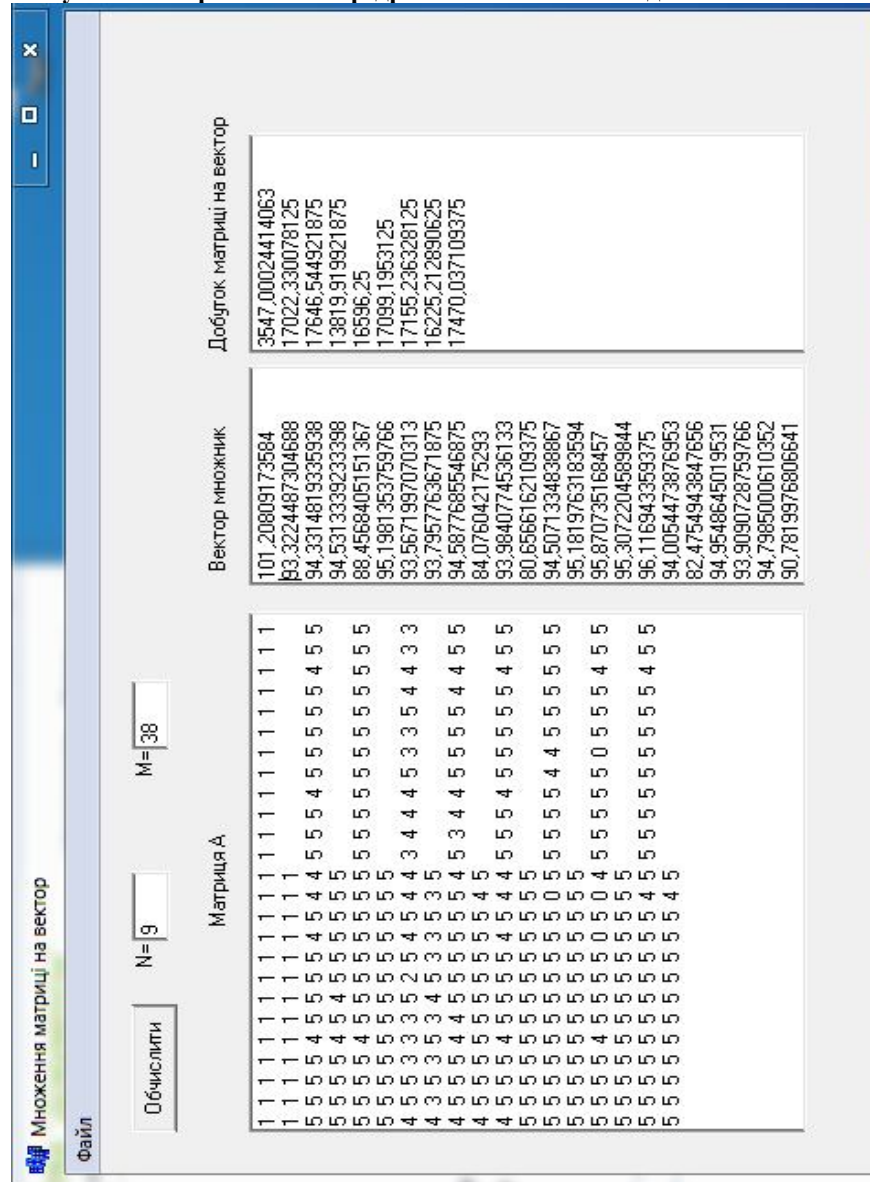


Рис.17. Знаходження вектора вільних членів СЛАР

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

Факультет кібернетики. Кафедра математичного моделювання

```
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
```

Факультет кібернетики. Кафедра математичного моделювання

```
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  
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
```

Факультет кібернетики. Кафедра математичного моделювання

```
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
```

85

Факультет кібернетики. Кафедра математичного моделювання

```
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
```

86

```
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();
}
//-----

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

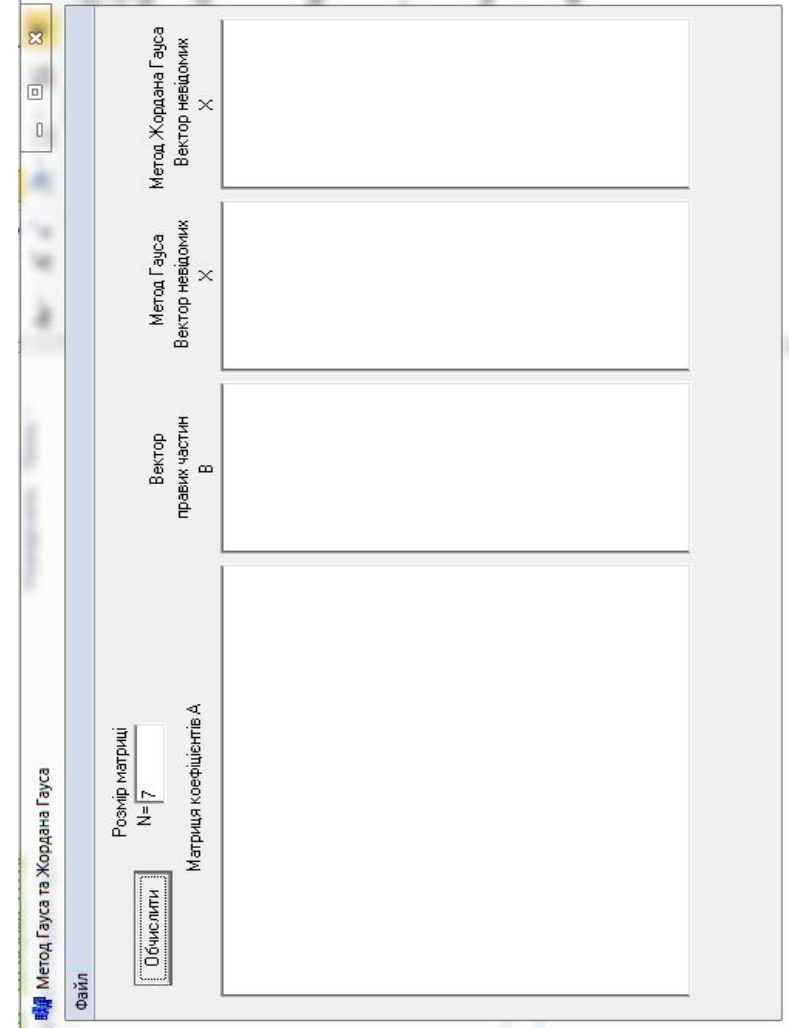


Рис.18. Початкова форма програми «Метод Гауса та Жордана-Гауса»

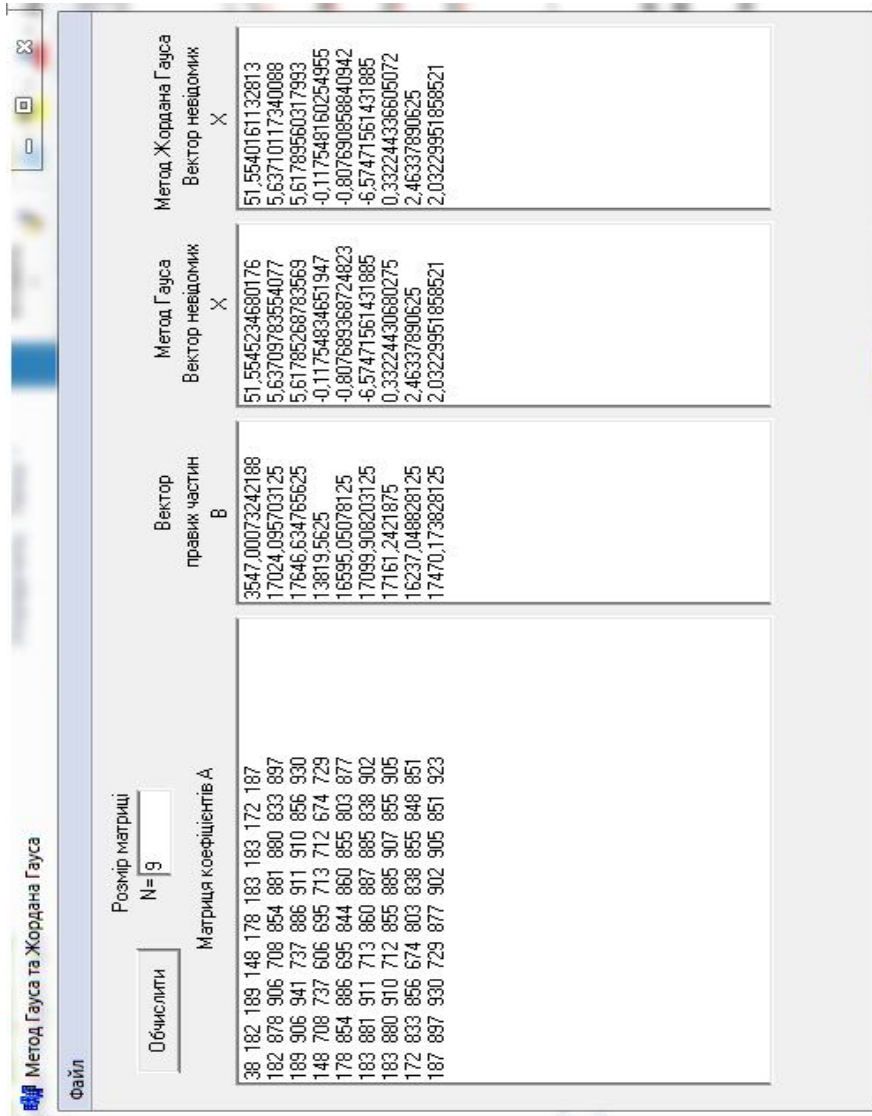


Рис 19. Рішення СЛАР методом Гауса та Жордана-Гауса

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

$$\begin{aligned}
 \mathbf{A} = & \\
 & 51,5545234680176 \\
 & 5,63709783554077 \\
 & 5,61785268783569 \\
 & -0,11754834651947 \\
 & -0,807689368724823 \\
 & -6,57471561431885 \\
 & 0,33224430680275 \\
 & 2,46337890625 \\
 & 2,03229951858521
 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 \mathbf{Y}' = & 51,5545234680176X_0 + 5,63709783554077X_1 + 5,617852687835 \\
 & 69X_2 - 0,11754834651947X_3 - 0,807689368724823X_4 - \\
 & 6,57471561431885X_5 + 0,33224430680275X_6 + 2,46337890625X_7 + 2 \\
 & ,03229951858521X_8.
 \end{aligned} \tag{3.1}$$

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

$$\begin{aligned}
 \mathbf{A} = & \\
 & 51,5545234680176 \\
 & 5,63709783554077 \\
 & 5,61785268783569 \\
 & -0,11754834651947 \\
 & -0,807689368724823 \\
 & -6,57471561431885 \\
 & 0,33224430680275 \\
 & 2,46337890625 \\
 & 2,03229951858521
 \end{aligned}$$

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

$$L = A * N, \tag{3.2}$$

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

Множення матриці на вектор

Обчислити

Матриця A

Вектор множник

Добуток матриці на вектор

М=9

N=9

File

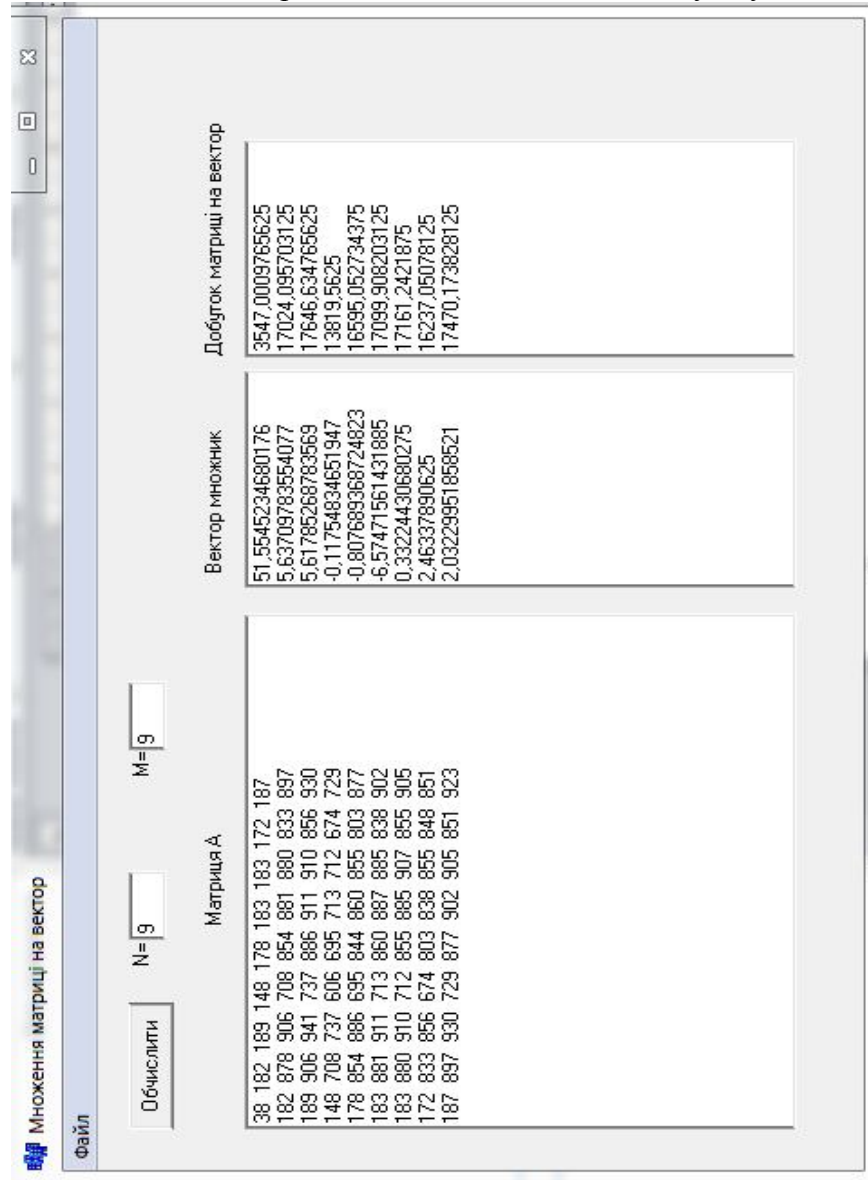


Рис.21. Контрольні обчислення L по методу :Жордана-Гауса

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

Факультет кібернетики. Кафедра математичного моделювання

```
  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
```

Факультет кібернетики. Кафедра математичного моделювання

```
  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  
  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
```

Факультет кібернетики. Кафедра математичного моделювання

```
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
```

101

Факультет кібернетики. Кафедра математичного моделювання

```
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
```

102

```
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)
{
  OpenFileDialog->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 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 відрізнятись від вихідних значень $Y_{i\text{імітац.}}$.

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

Факультет кібернетики. Кафедра математичного моделювання

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
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 Δ і отримуємо імітаційну (спотворену) модель $Y_{\text{іміт.}}$. Зрівноваживши $Y_{\text{іміт.}}$, отримуємо зрівноважену (ймовірнішу) модель $Y_{\text{ймов.}}$

Факультет кібернетики. Кафедра математичного моделювання

Множення матриці на вектор

файл

Обчислити

N=38

M=9

Матриця A

Вектор множник

Добуток матриці на вектор

Рис. 22. Обчислення зрівноважених значень $Y'_{\text{зрвн.}}$

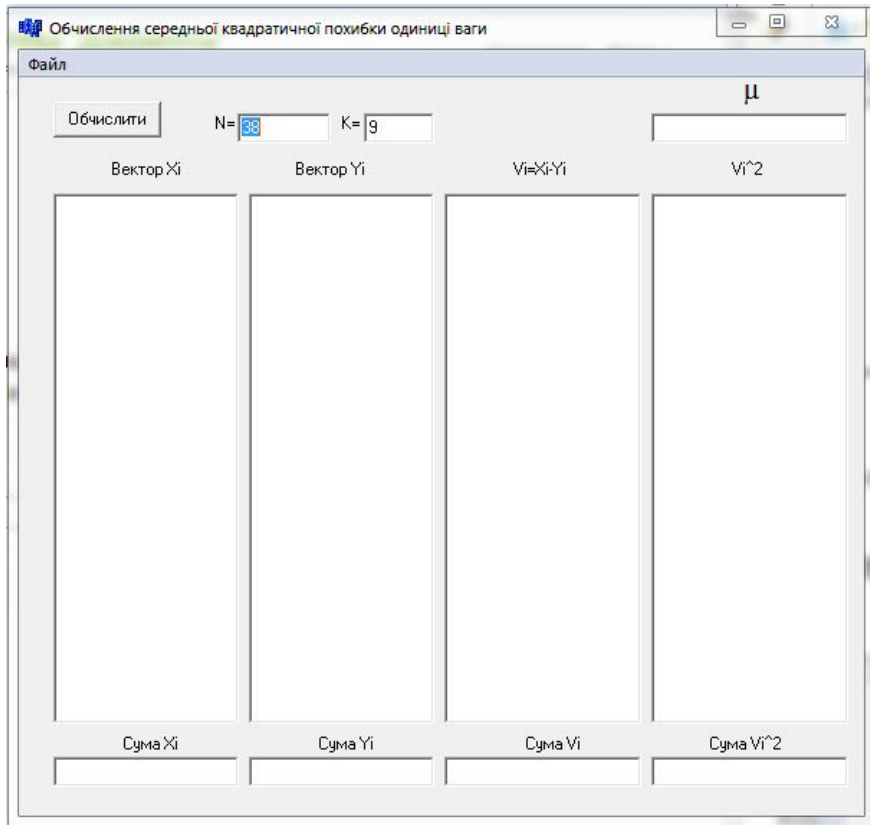


Рис. 23. Початкова форма програми «Обчислення середньої квадратичної похибки одиниці ваги μ »

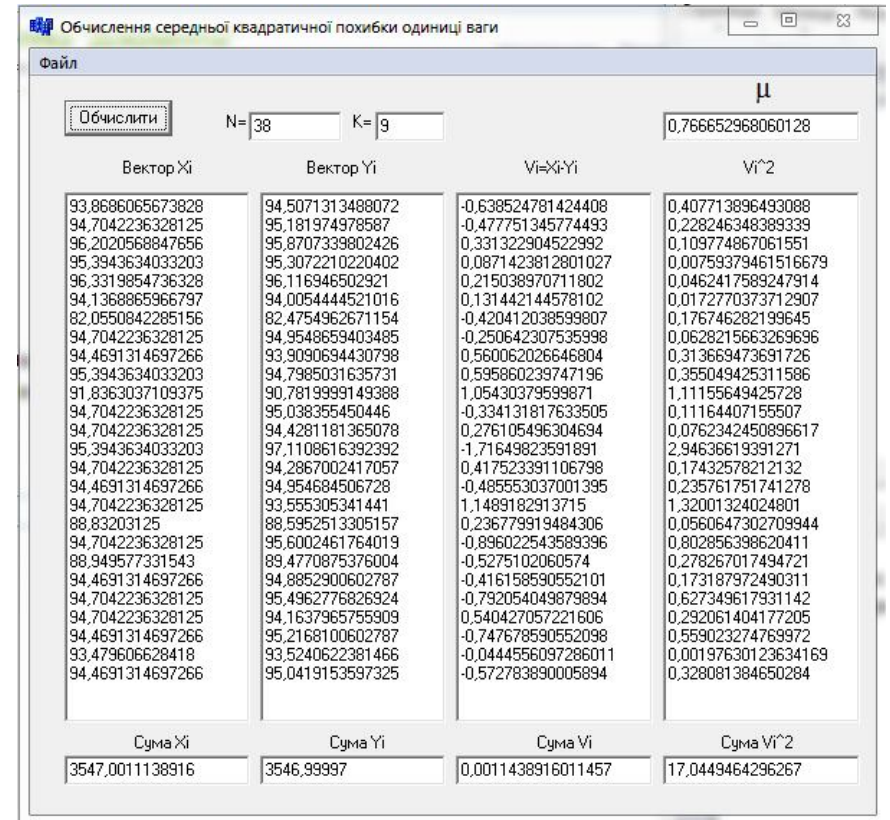


Рис.24. Знаходження середньої квадратичної похибки одиниці ваги μ

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
```

```

Факультет кібернетики. Кафедра математичного моделювання
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

```

117

```

Факультет кібернетики. Кафедра математичного моделювання
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

```

118

```
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];
```

121

```
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;
```

122

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

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

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

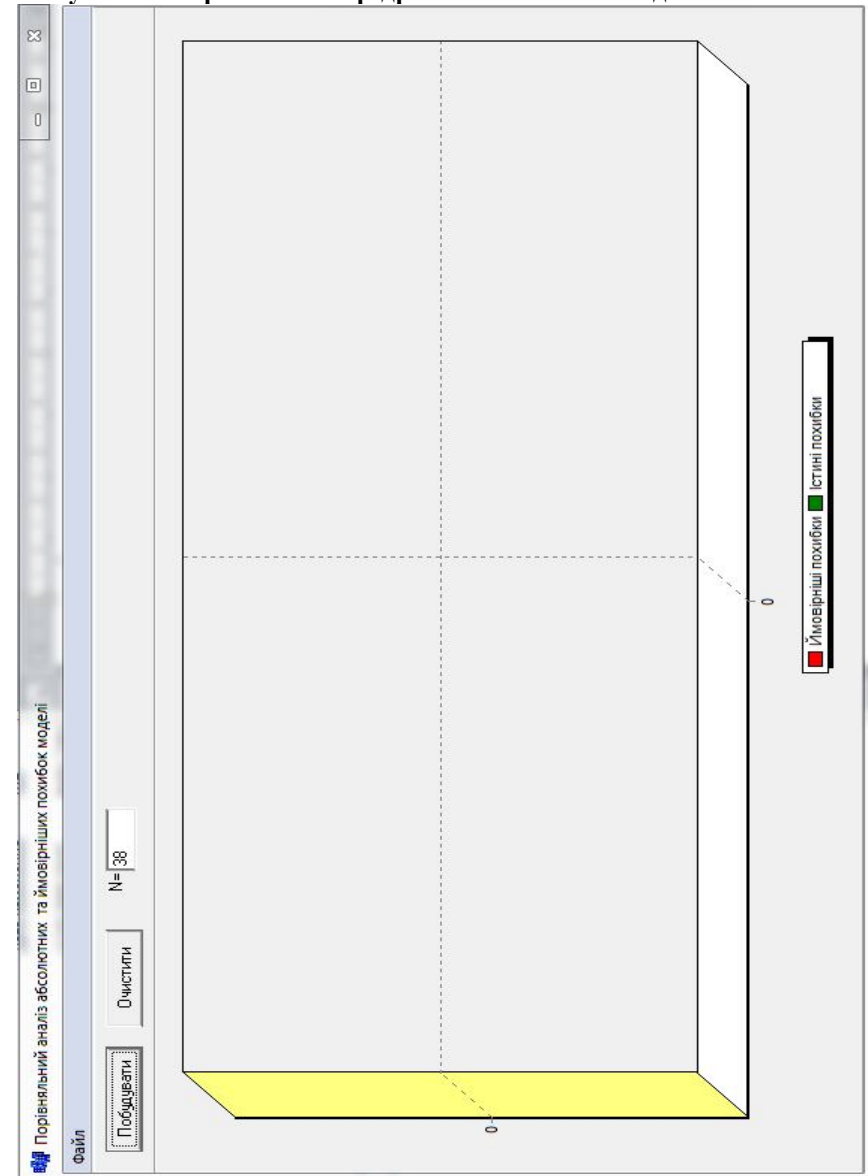


Рис.25. Початкова форма програми «Порівняльний аналіз абсолютних та ймовірніших похибок моделі»

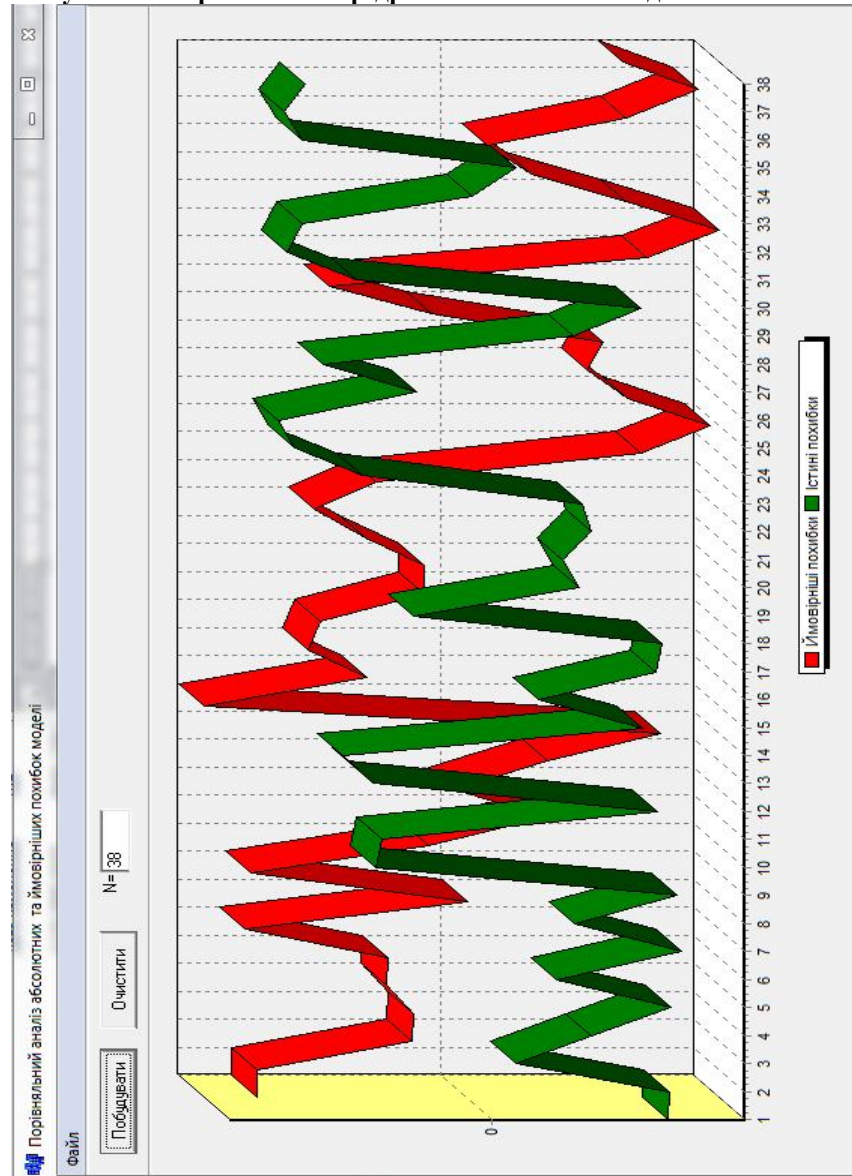


Рис.26. Порівняльний аналіз абсолютних і ймовірніших похибок моделі

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 Panell1: 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
```

127

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
```

128

Факультет кібернетики. Кафедра математичного моделювання

```
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
```

129

Факультет кібернетики. Кафедра математичного моделювання

```
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 OpenDialog1: TOpenDialog
Left = 384
Top = 8
end
object OpenDialog2: 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"
```

130

```
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();  
}  
//-----
```

4.1. Встановлення оберненої матриці Q

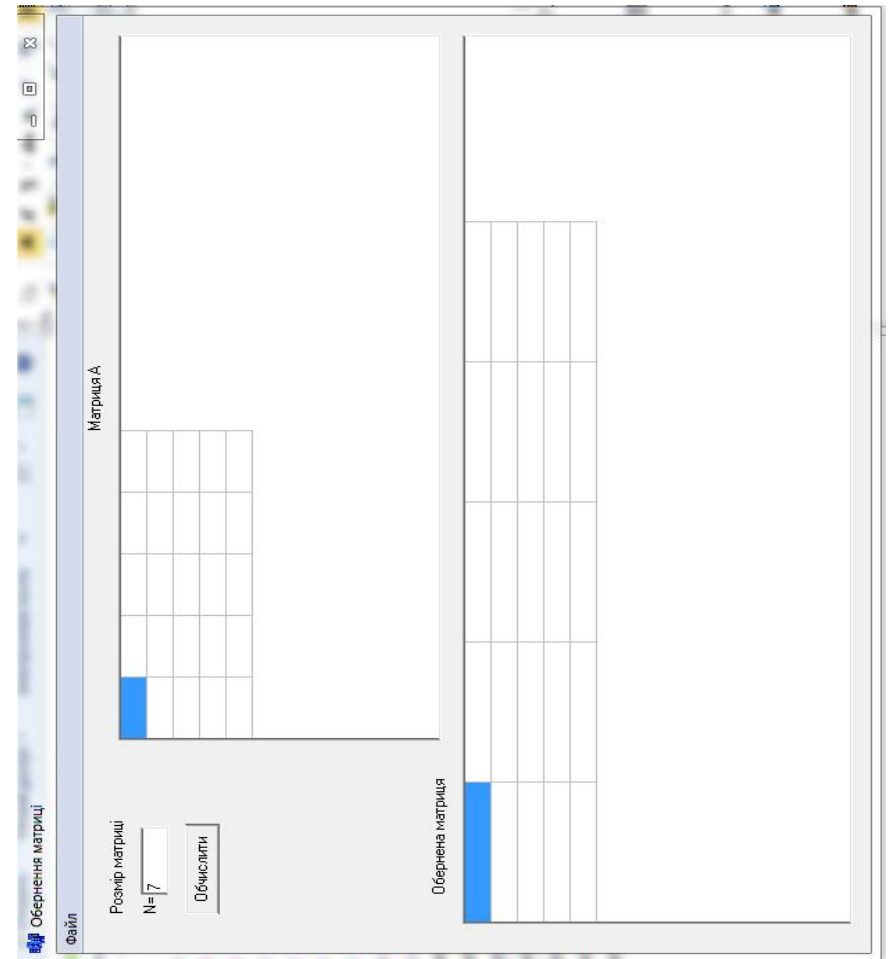


Рис.27. Початкова форма програми «Обернення матриці»

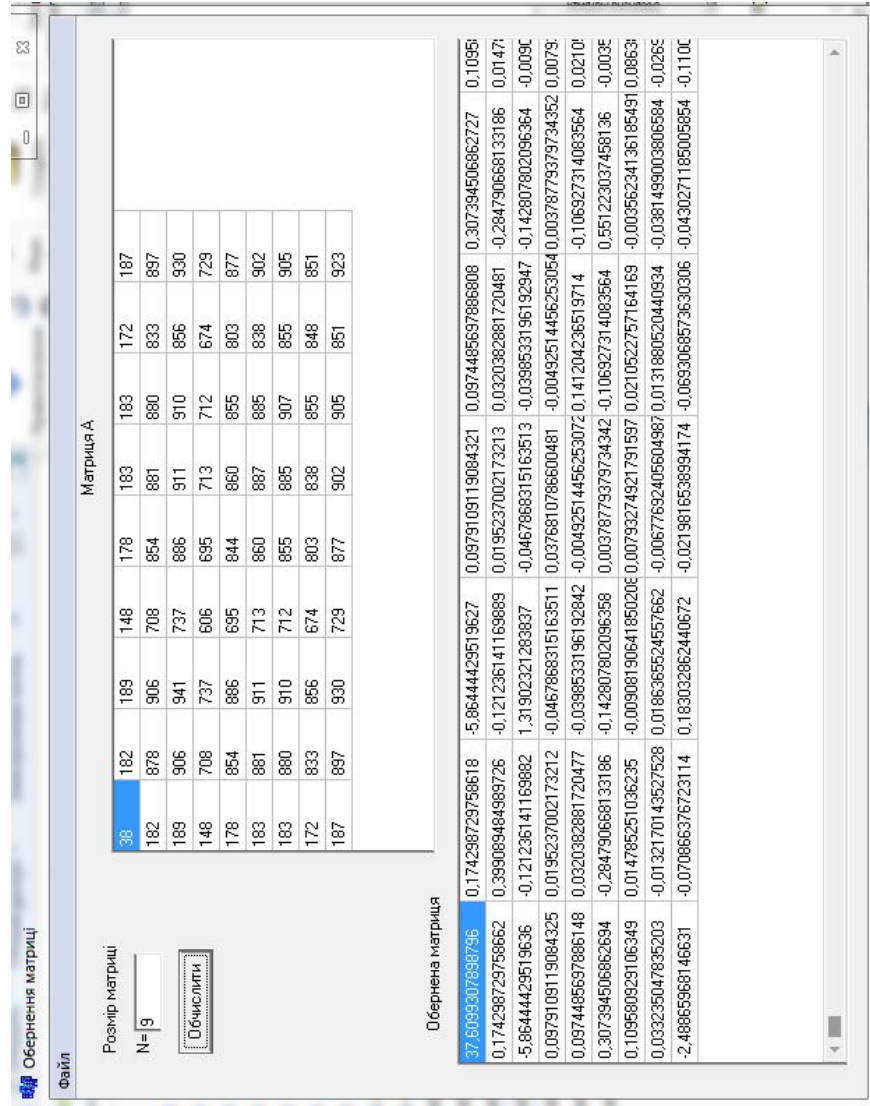


Рис.28. Встановлення оберненої матриці $Q=N^{-1}$

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
    Caption = #1052#1072#1090#1088#1080#1094#1103' A'
  end
end
```

Факультет кібернетики. Кафедра математичного моделювання

```
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'
end
object Memo2: TMemo
```

137

Факультет кібернетики. Кафедра математичного моделювання

```
  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#1080'
0' '#1084#1072#1090#1088#1080#1094#1102'
      OnClick = N2Click
    end
  end
```

138

```
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)
{
  OpenFileDialog->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);
}
}
//-----
```

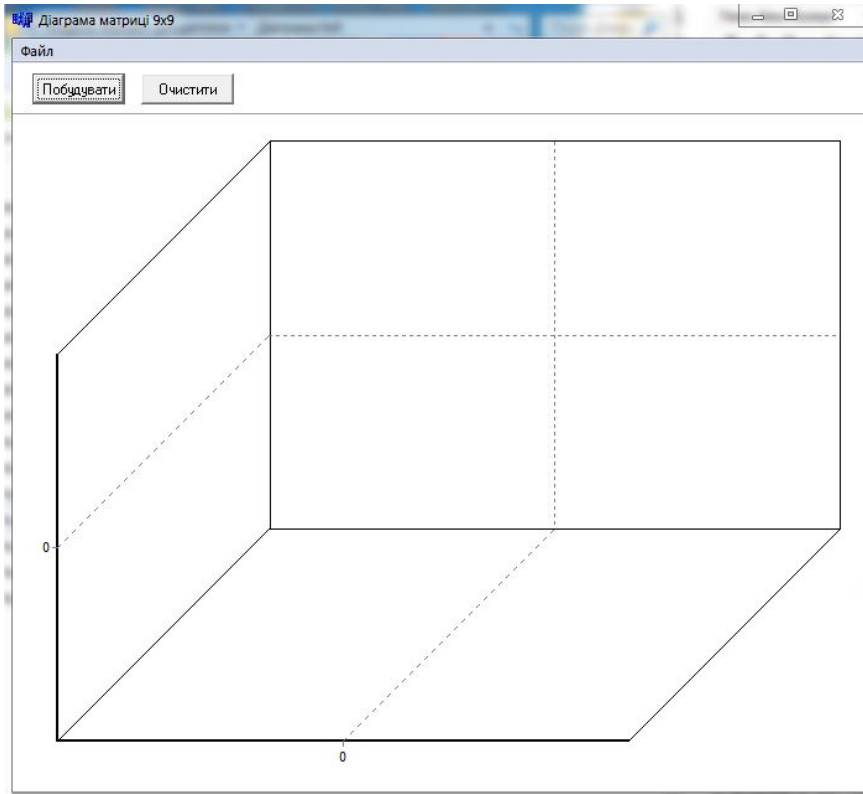



Рис.29. Початкова форма програми «Діаграма матриці 9x9»

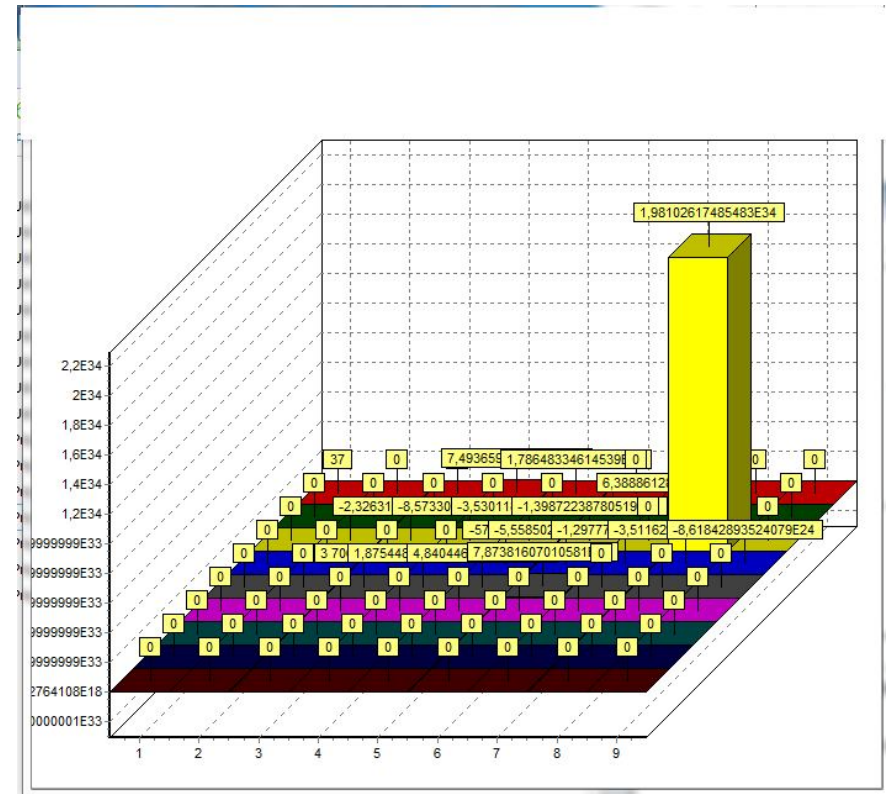


Рис 30. Графічна візуалізація оберненої матриці $Q=N^{-1}$

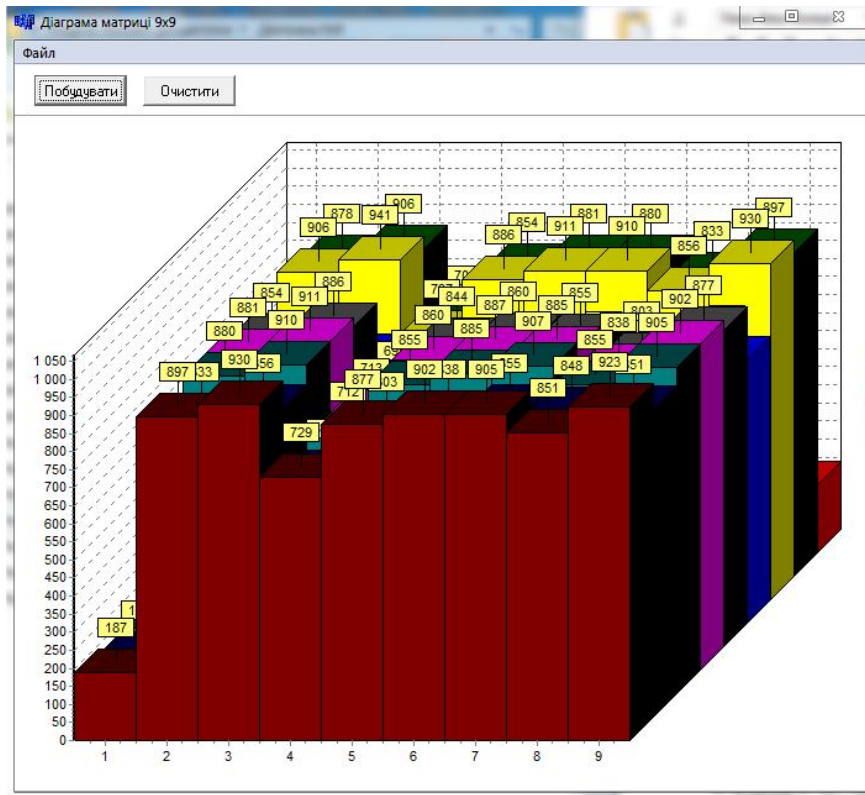


Рис.31. Графічна візуалізація матриці коефіцієнтів нормальних рівнянь

Unit1.dfm

```

object Form1: TForm1
  Left = 188
  Top = 75
  Width = 706
  Height = 646
  Caption = #1044#1110#1072#1075#1088#1072#1084#1072'
  #1084#1072#1090#1088#1080#1094#1110' 9x9'
  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 = 698
    Height = 41
    Align = alTop
    Color = clWhite
    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 = 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)

{

OpenDialog1->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();  
}  
//-----
```

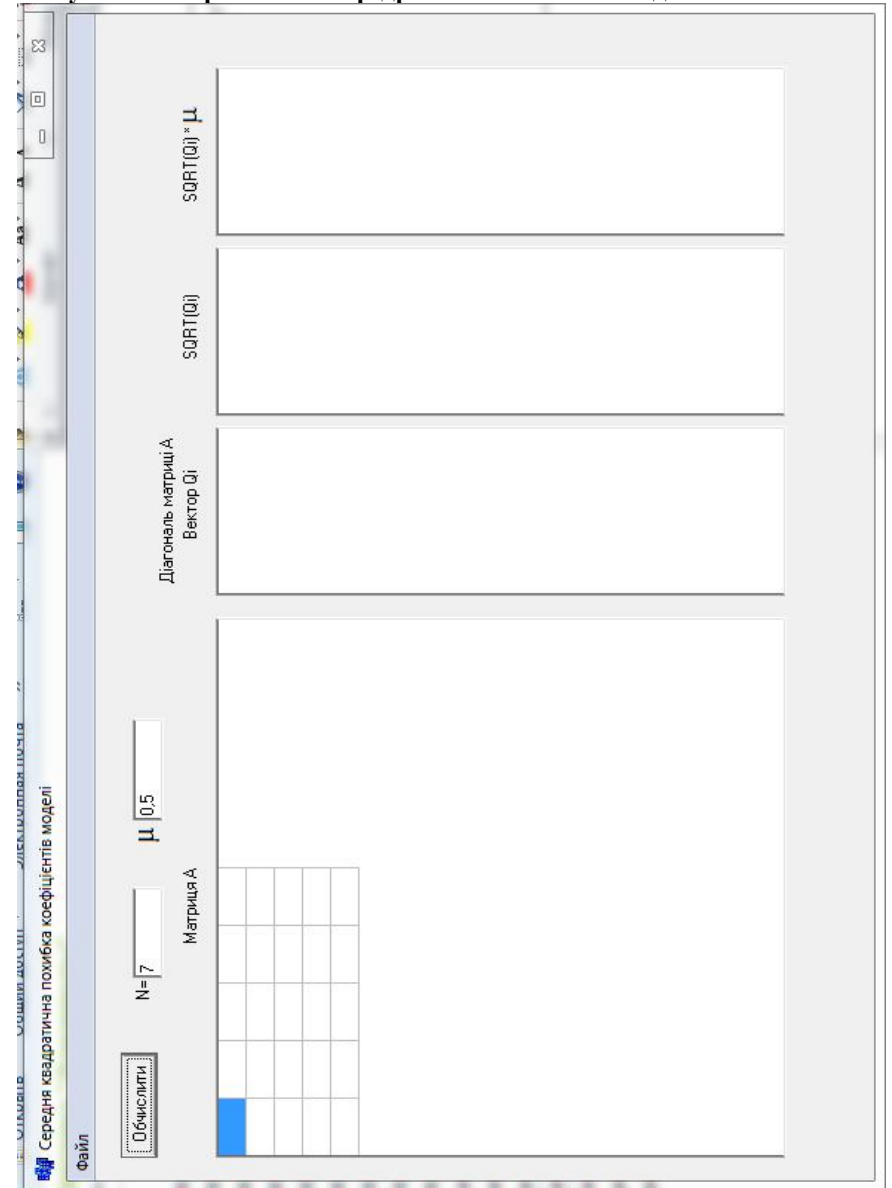


Рис.32. Початкова форма програми «Середня квадратична похибка коефіцієнтів моделі»

4.3. Середня квадратична похибка коефіцієнтів моделі

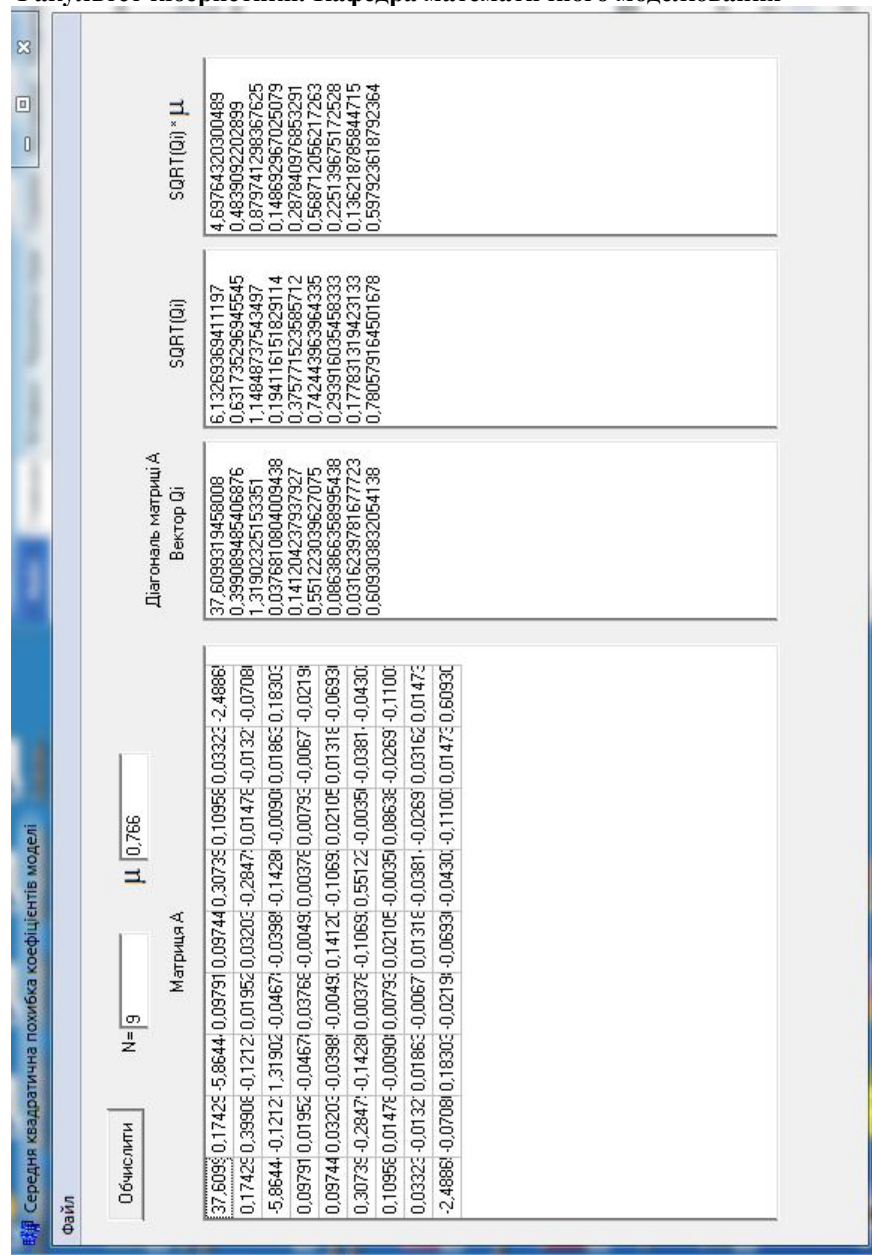


Рис.33. Середні квадратичні похибки коефіцієнтів моделі

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

Факультет кібернетики. Кафедра математичного моделювання

```
    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'
```

161

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
```

162

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
```

163

Факультет кібернетики. Кафедра математичного моделювання

```
Text = '0,5'
end
object Memo3: TMemo
Left = 672
Top = 80
Width = 121
Height = 385
TabOrder = 6
end
object OpenFileDialog: 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
```

164

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)
{
    OpenFileDialog->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'_{diag} і матрицю Q'₀ 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 дорівнювати елементам вектора обернених ваг для загальної матриці Q'.

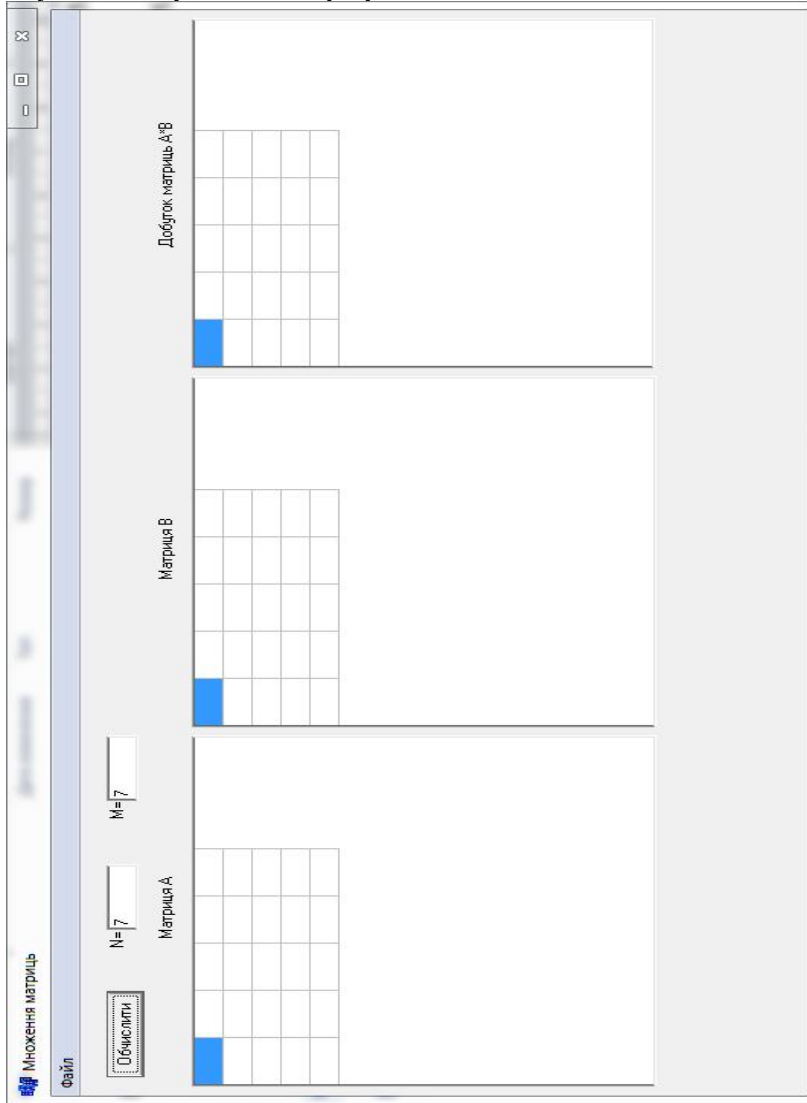


Рис.34. Початкова форма програми «Множення прямокутної матриці на квадратну»

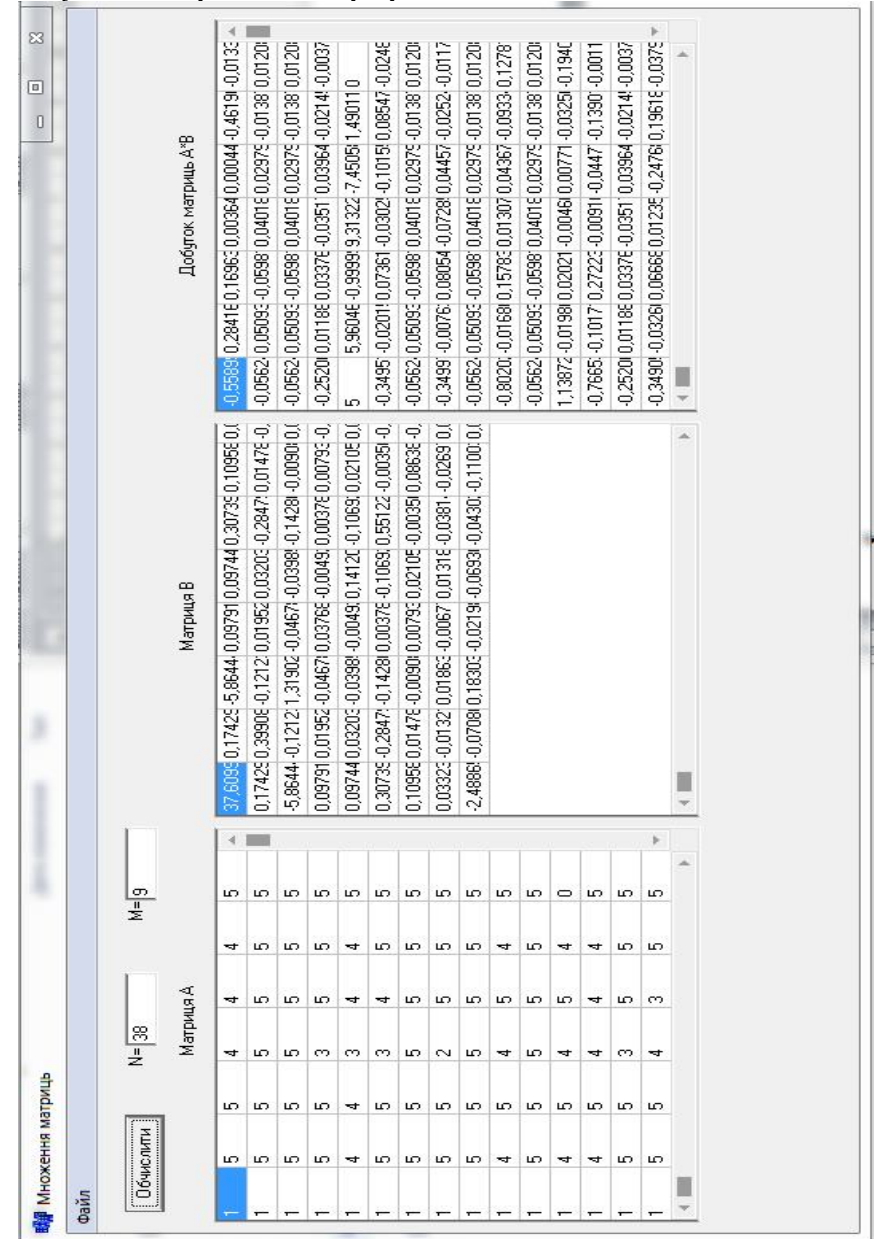


Рис.35. Обчислення допоміжної матриці Q'

Факультет кібернетики. Кафедра математичного моделювання

		Таблиця 4	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

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
```

Факультет кібернетики. Кафедра математичного моделювання

```
    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
    DefaultColWidth = 40
    DefaultRowHeight = 18
```

175

Факультет кібернетики. Кафедра математичного моделювання

```
    TabOrder = 5
end
object Edit2: TEdit
    Left = 256
    Top = 16
    Width = 57
    Height = 21
    TabOrder = 6
    Text = '7'
end
object OpenFileDialog1: TOpenDialog
    Left = 472
    Top = 8
end
object OpenFileDialog2: 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'
            OnClick = B1Click
        end
    end
```

176


```
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
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)
#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)
{
  OpenFileDialog->Filter=" Текстовий документ (*.txt)|*.txt";

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

void __fastcall TForm1::B1Click(TObject *Sender)
```

```

{
OpenDialog2->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="Òåñòîâêé äîáîáîó (*.txt)|*.txt";

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

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

```

5.2.Середні квадратичні похибки зрівноваженої функції

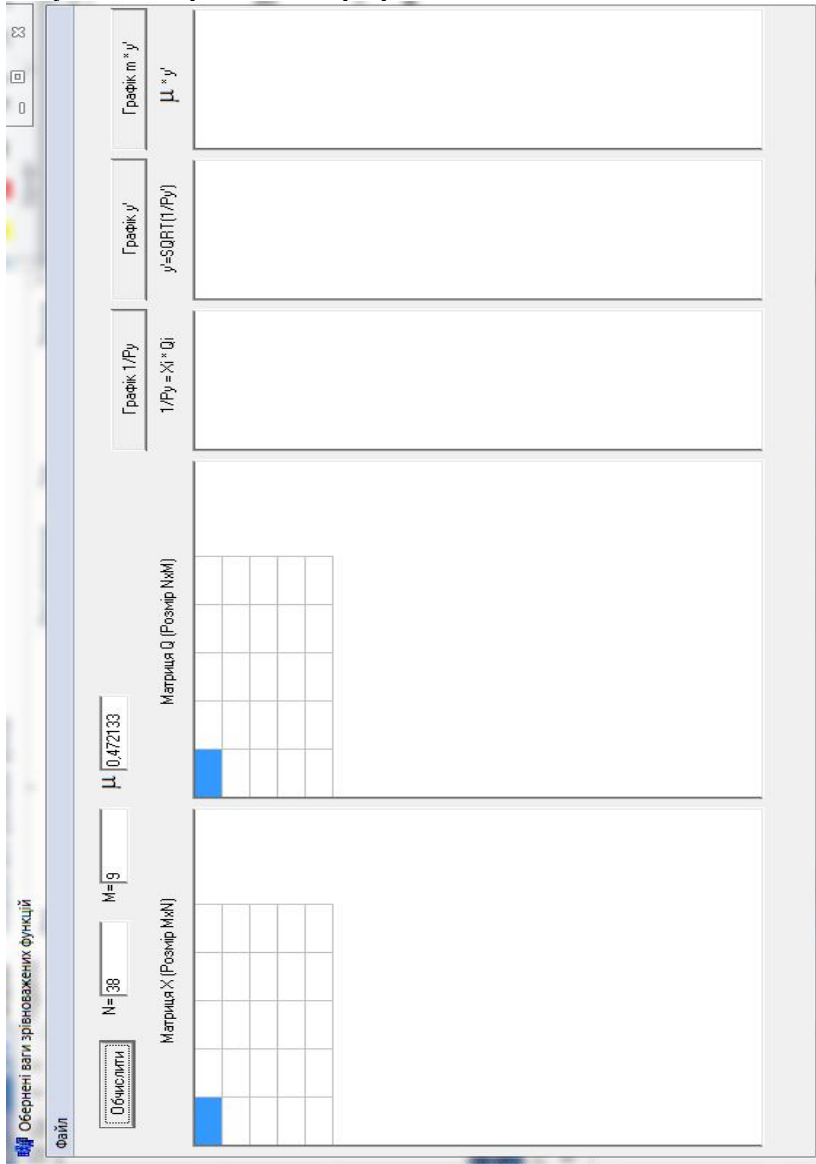


Рис.36. Початкова форма програми «Обернені ваги зрівноважених функцій»

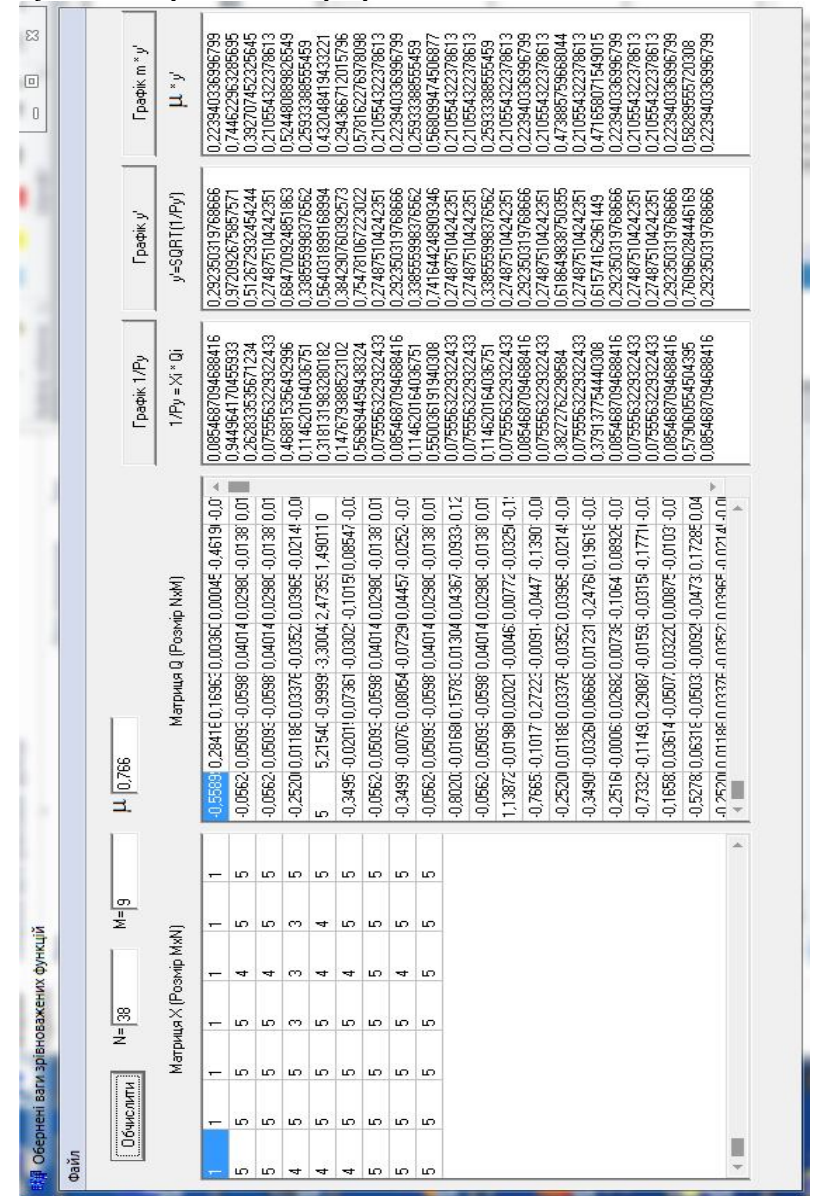


Рис.37. Середні квадратичні похибки зрівноваженої функції

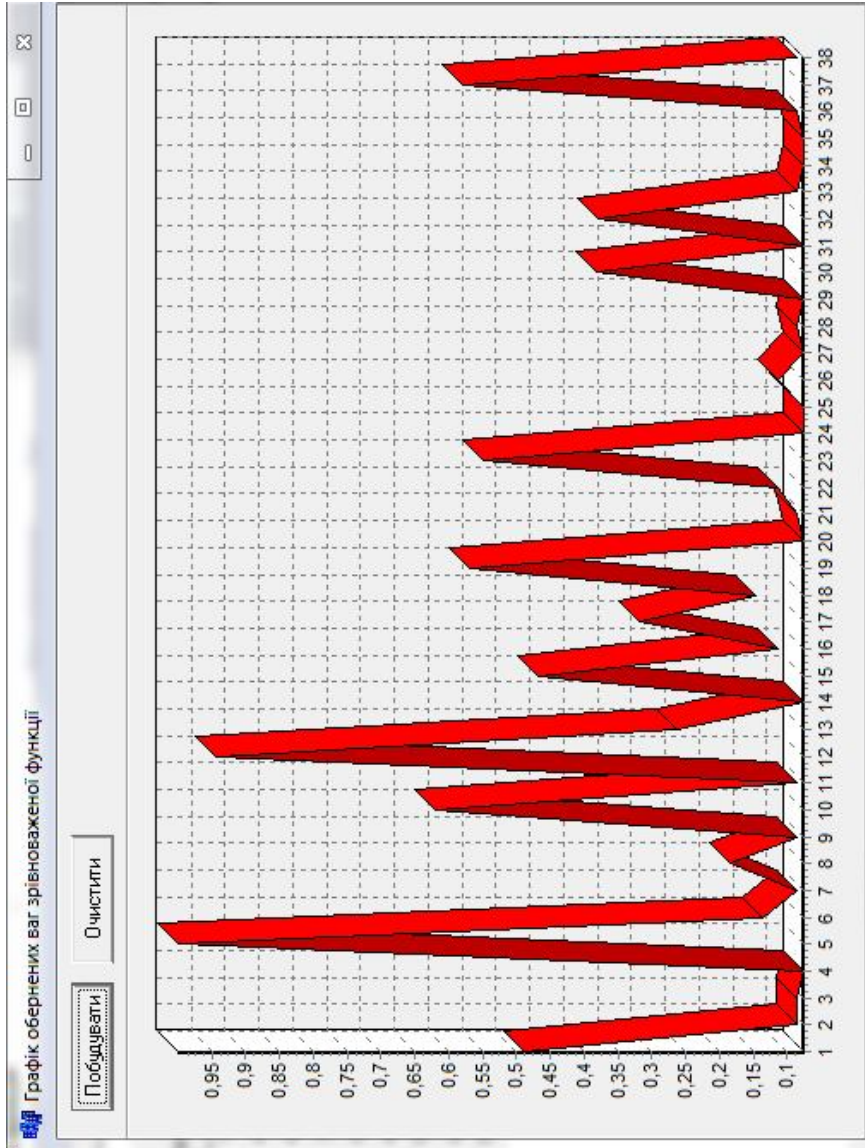


Рис.38. Оборнені ваги зрівноваженої функції

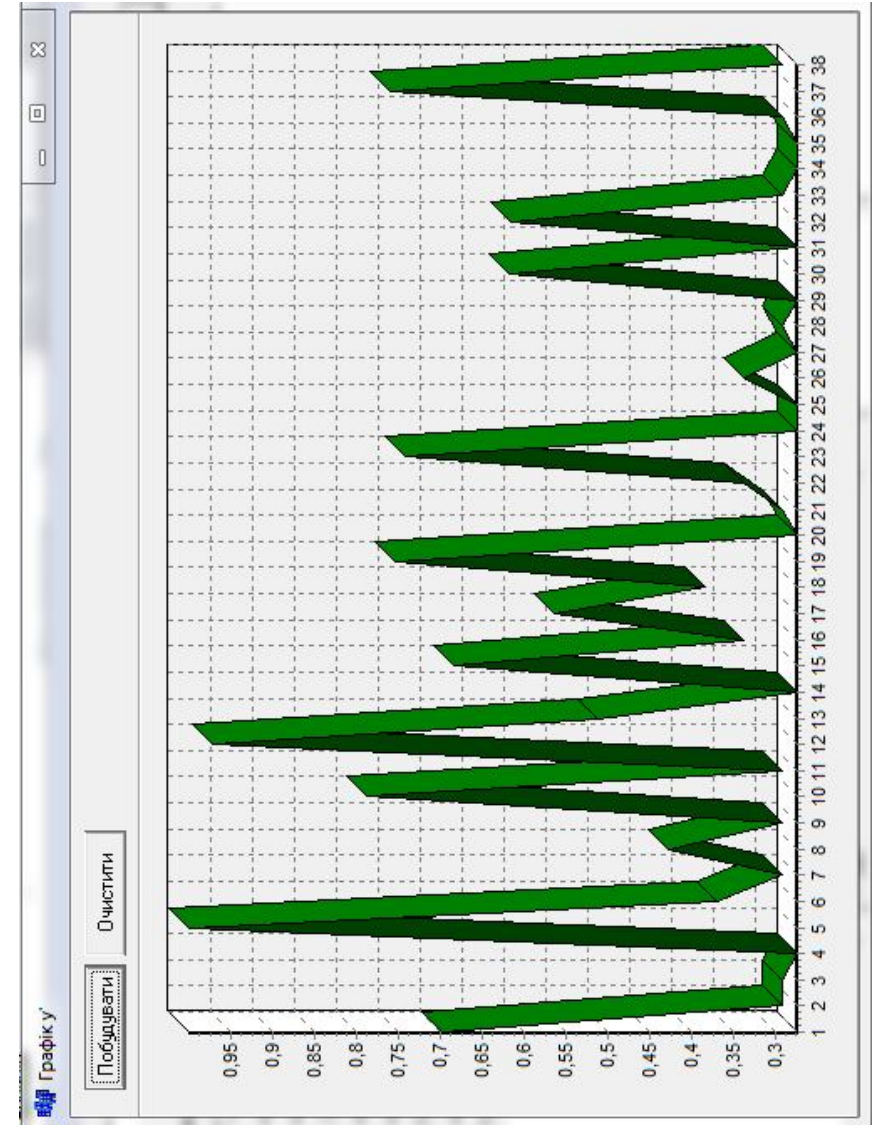


Рис.39. Корінь квадратний із оборнених ваг зрівноваженої функції

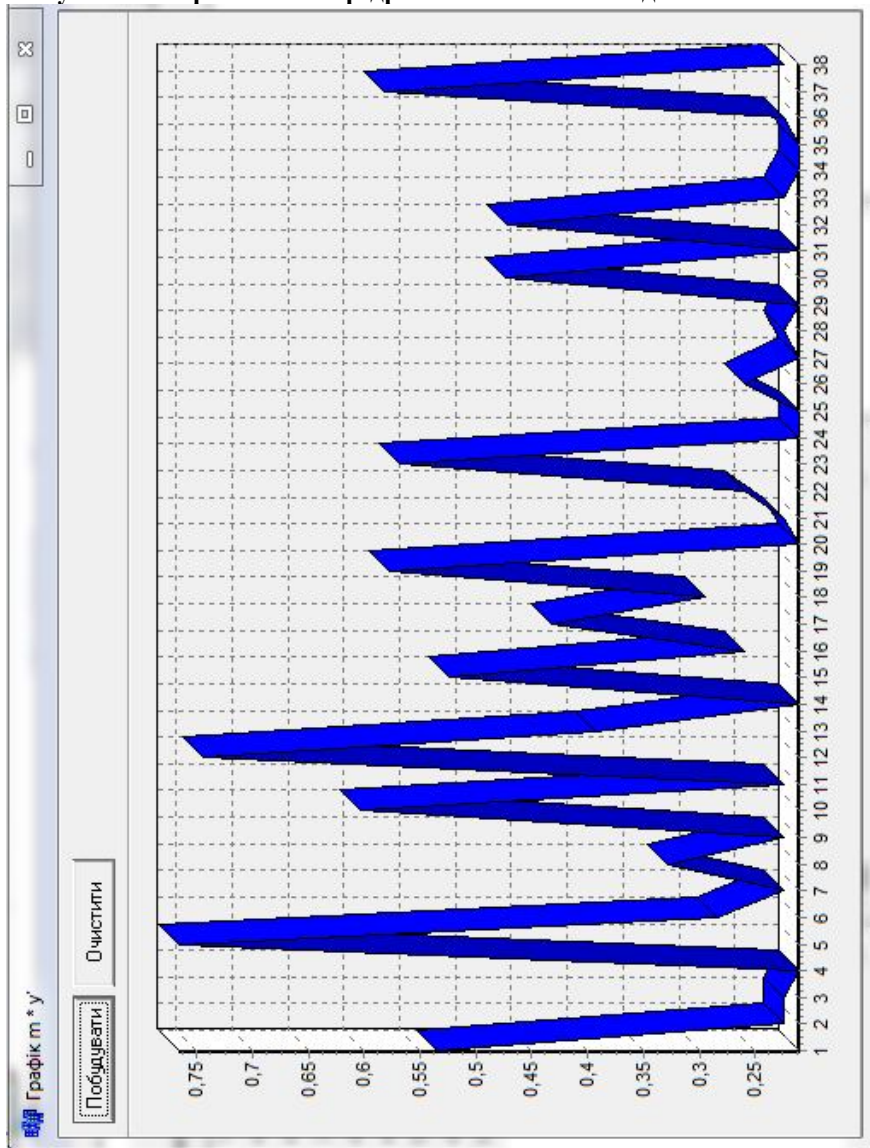


Рис.40. Середні квадратичні похибки зрівноваженої функції

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
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
```

Факультет кібернетики. Кафедра математичного моделювання

```
    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
```

191

Факультет кібернетики. Кафедра математичного моделювання

```
    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
```

192

Факультет кібернетики. Кафедра математичного моделювання

```
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
```

193

Факультет кібернетики. Кафедра математичного моделювання

```
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
```

194

```
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
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
```

Факультет кібернетики. Кафедра математичного моделювання

```
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
    Width = 668
    Height = 41
```

197

Факультет кібернетики. Кафедра математичного моделювання

```
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
  Legend.LegendStyle = lsValues
  Legend.Visible = False
```

198

```

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

```

Unit1.cpp

```

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

#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)
{
  OpenFileDialog->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("");  
  Sqrt_Py.push_back(sqrt(Py[i]));  
  
  Memo3->SelText=(sqrt(Py[i]))*m;  
  Memo3->Lines->Add("");  
  M_Sqrt_Py.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 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.

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., Рязьська 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. МЕНУ, 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.

**Карпик Сергій Олексійович, магістрант
інформаційних технологій
Літнарівич 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. Літнарівич

Редагування, верстка, макетування та дизайн

Р.М. Літнарівич

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

litnarovich@windowslive.com

serhiy1990@yandex.ru