DOI: https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2021-43-18
УДК 004.415.3
Пех Петро Антонович, к.т.н., доцент
https://orcid.org/0000-0002-6327-3319
Дяченко Роман Олегович, студент
Луцький національний технічний університет

РОЗРОБЛЕННЯ ЗАСОБАМИ MATLAB ПРОГРАМНО-ДЕМОНСТРАЦІЙНОГО КОМПЛЕКСУ ДЛЯ НАБЛИЖЕНОГО РОЗВ’ЯЗУВАННЯ НЕЛІНІЙНИХ РІВНЯНЬ

Пех П. А., Дяченко Р. О. Розроблення засобами Matlab програмно-демонстраційного комплексу для наближеного розв’язування нелінійних рівнянь. В статті запропоновано комплекс програм мовою Matlab для наближеного розв’язування нелінійних рівнянь. Програмно реалізовано аналітичний та графічний методи відокремлення коренів рівнянь, методи хорд, дотичних, половинного ділення та ітерацій уточнення коренів. Наведено код програми методу хорд.
Ключові слова: нелінійні рівняння, метод хорд, метод дотичних, метод половинного ділення, метод ітерацій

Пех П. А., Дьяченко Р. О. Разработка средствами Matlab программно-демонстрационного комплекса для приближенного решения нелинейных уравнений. В статье предложен комплекс программ на языке Matlab для приближенного решения нелинейных уравнений. Программно реализованы аналитический и графический методы отделения корней уравнений, методы хорд, касательных, половинного деления и итераций уточнения корней. Приведены код программы метода хорд.
Ключевые слова: нелинейные уравнения, метод хорд, метод касательных, метод половинного деления, метод итераций.

Pekh Petro, Diachenko Roman. Development of a software-demonstration complex for approximate solution of nonlinear equations by means Matlab. The article offers a complex of programs in the Matlab language for the approximate solution of nonlinear equations. Analytical and graphical methods for separating the roots of equations, methods of chords, tangents, half divisions and iterations of root refinement are implemented in software. The code of the program of the chord method is given.
Keywords: nonlinear equations, chord method, tangent method, half division method, iteration method

Постановка задачі. Як відомо, процес наближеного розв’язування нелінійних рівнянь передбачає виконання двох етапів [1-3, 5]. На першому етапі відокремлюють корені рівняння, для чого залежно від виду рівняння використовують аналітичний або графічний методи. На другому етапі значення ізольованих на певних інтервалах коренів рівняння обчислюють зі заданою точністю. З цією метою використовують низку методів, серед яких – метод хорд, метод дотичних, метод половинного ділення, метод ітерацій та інші.

Основне завдання нашого дослідження полягало у розробці, відлагодженні та тестуванні комплексу програм для автоматизації процесу наближеного розв’язування нелінійних рівнянь.

Мета дослідження полягає у розробленні мовою Matlab програмно–демонстраційного комплексу для вирішення задачі наближеного розв’язування нелінійних рівнянь.

Новизна дослідження полягає у вирішенні задачі наближеного розв’язування нелінійних рівнянь за допомогою сучасного програмного забезпечення, до якого, безумовно, належать і Matlab [4].

Основна частина. Нами розроблено комплекс, який складається з програм: аналітичного відокремлення коренів алгебраїчних рівнянь Analyt_Meth; графічного відокремлення коренів трансцендентних рівнянь Graph_Meth; обчислення із заданою точністю ізольованого на певному інтервалі кореня нелінійного рівняння методами хорд Chord_Meth, дотичних Tangent_Meth, половинного ділення Half_Div_Meth та ітерацій Iteration_Meth.

Програма аналітичного відокремлення коренів алгебраїчних рівнянь Analyt_Meth розроблена на прикладах знаходження інтервалів ізоляції коренів рівнянь $f_1(x) = x^4 + 2x^3 - 43.5x^2 - 44.5x + 312.8 = 0$ та $f_2(x) = x^3 + 4.5x^2 - 32.25x - 125.1 = 0$ (рис.1). З цього рисунка видно, що графік функції $f_1(x) = 0$ чотири рази перетинає вісь абсцис, отже, перше рівняння має чотири дійсні корені, а графік функції $f_2(x) = 0$ три рази перетинає вісь абсцис, отже, друге рівняння має три дійсні корені.

Інтервали ізоляції коренів рівняння можна визначити також і за результатами табулювання функції $y = f(x)$ (табл. 1). У першому стовпчику таблиці знаходяться значення аргументів, а в другому – значення функції. Переглядаємо значення другого стовпчика, для того, щоб визначити, на яких саме інтервалах знаходяться корені рівняння. Бачимо, що на інтервалі [-7.0: -6.5] функція $y = f(x)$ змінює знак з плюса на мінус. Це означає, що на цьому інтервалі ізольований перший корінь рівняння. Продовжуючи перегляд стовпчика значень функції, знаходимо решту коренів. Таким чином встановлюємо, що перше рівняння має чотири дійсні корені, які ізольовані на інтервалах[-6.5; -6.0], [-

4.0; -3.5], [2.5; 3.0] та [5.0; 5.5]. Аналогічно визначаємо, що друге рівняння має три дійсні корені, які ізольовані на інтервалах[-7.0; -6.5], [-3.5; -3.0] та [5.0: 5.5].

Фрагмент коду програми уточнення коренів нелінійних рівнянь методом хорд Chord_Meth наведено на рис. 2. Ця програма демонструє, яким чином уточнюється корінь рівняння $f_1(x) = x^4 + 2x^3 - 43.5x^2 - 44.5x + 312.8 = 0$, який ізольований на інтервалі [-6.5: -6.0], Досліджується поведінка першої та другої похідних відповідних функцій (рис. 3), а далі реалізується метод хорд. Зазначимо, що перша похідна функції дає змогу зробити висновок, чи дійсно на досліджуваному інтервалі ізольований лише один корінь рівняння, а знаки похідних дають змогу обгрунтовано вибрати нульове наближення кореня. Результати уточнення кореня наведені в табл. 3.

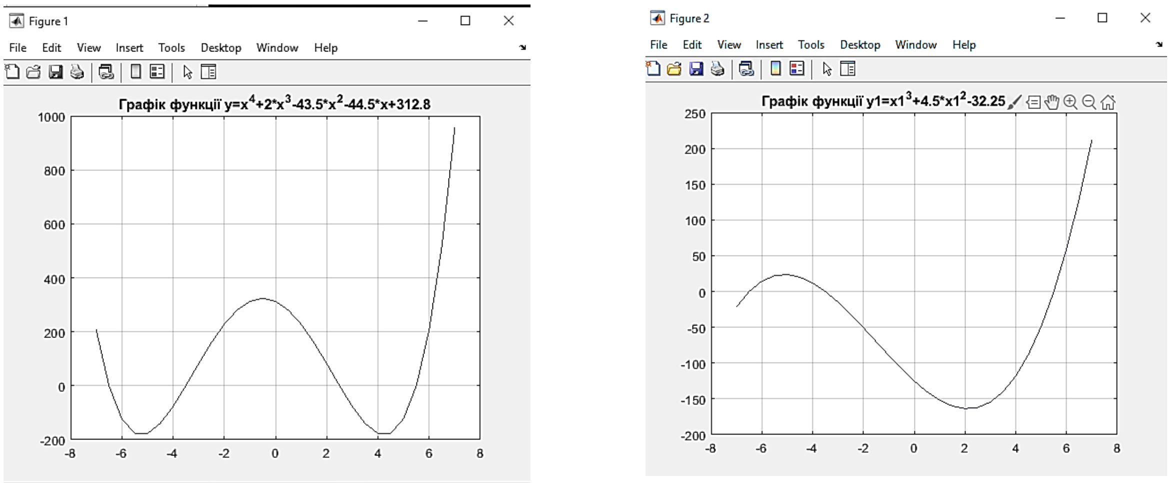


Рисунок 1 – Графіки функцій $f_1(x) = x^4 + 2x^3 - 43.5x^2 - 44.5x + 315.8$ та $f_2(x) = x^3 + 4.5x^2 - 32.25x - 125.1$.

Таблиця 1 – Результати табулювання функцій $f_1(x)$ та $f_2(x)$

x	$f_1(x)$	x	$f_2(x)$
-7.00	210,800	-7.00	-21,850
-6.50	2,988	-6.50	0,025
-6.00	-119,200	-6.00	14,400
-6.50	-173,013	-6.50	22,025
-5.00	-174,200	-5.00	23,650
-4.50	-137,013	-4.50	20,025
-4.00	-74,200	-4.00	11,900
-3.50	2,988	-3.50	0,025
-3.00	84,800	-3.00	-14,850
-2.50	162,988	-2.50	-31,975
-2.00	230,800	-2.00	-50,600
-1.50	282,988	-1.50	-69,975
-1.00	315,800	-1.00	-89,350
-0.50	326,988	-0.50	-107,975
0.00	315,800	0.00	-125,100
0.50	282,988	0.50	-139,975
1.00	230,800	1.00	-151,850
1.50	162,988	1.50	-159,975
2.00	84,800	2.00	-163,600
2.50	2,988	2.50	-161,975
3.00	-74,200	3.00	-154,350
3.50	-137,013	3.50	-139,975
4.00	-174,200	4.00	-118,100
4.50	-173,013	4.50	-87,975
5.00	-119,200	5.00	-48,850
5.50	2,988	5.50	0,025
6.00	210,800	6.00	59,400
6.50	522,988	6.50	130,025
7.00	959,800	7.00	212,650

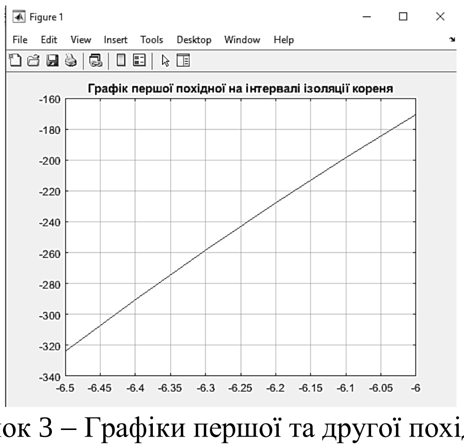
```
function Chord_Meth
% Завдання 1. Дано рівняння f(x)= x^4+2*x^3-43.5*x^2-44.5*x+315.8=0.
% Рівняння має чотири корені, ізольовані на таких інтервалах:
% [-6.5; -6.0], [-4.0; -3.5], [2.5; 3.0], [5.0; 5.5].
% Необхідно знайти значення значення перших двох коренів
% методом хорд з точністю epsilon=0.001.
% Уточненюємо методом хорд першоий корінь рівняння f(x)=0,
% ізольований на першому інтервалі[-6.5; -6.0].
% Перш за все потрібно вибрати нульове наближення кореня для методу хорд.
% Для цього будуємо на вказаному інтервалі графік
% функції y1=f1(x)=4*x^3+6*x^2- 87*x-44.5 - перша похідна функції y=f(x)),
% і з'ясовуємо, чи функція зберігає на вказаному інтервалі постійний знак.
a=-6.5;
b=-6.0;
h=0.1;
X1=[];
Y1=[];
for x=a:h:b
    y1=4*x^3+6*x^2- 87*x-44.5;
    X1=[X1 x];
    Y1=[Y1 y1];
end
figure(1)
plot(X1,Y1)
grid on
title('Графік першої похідної на інтервалі ізоляції кореня');
Z1=[X1;Y1];
fmem1=fopen('f1.txt','w'); %Відкриття файла fmem1 для запису
fprintf(fmem1,'%12.3f   %12.8f \n',Z1); % Запис матриці Z1 у файл fmem1
disp('Результати табулювання першої похідної на інтервалі [-6.5; -6.0]:');
disp('          x           y1');
type f1.txt % Друк вмісту текстового файла f1.txt на диску
% Аналізуємо результати табулювання і графік функції
% y1=4*x^3+6*x^2- 87*x-44.5 на вказаному інтервалі [-6.5; -6.0]
% Аналіз отриманих даних показує, що перша похідна функції
% на інтервалі [-6.5; -6.0] зберігає постійний знак - вона від'ємна.
% Отже, на цьому інтервалі рівняння має лише один корінь.
w=input('Натисніть будь-яку клавішу, щоб продовжити');
% Далі будуємо на інтервалі [-6.5; -6.0] графік похідної функції y=f(x)),
% і зясовуємо, чи функція зберігає на інтервалі[-6.5;-6.0] постійний знак.
a=-6.5;
b=-6.0;
h=0.1;
X2=[];
Y2=[;];
for x=a:h:b;
    y2=12*x^2+12*x-87;
    X2=[X2 x];
    Y2=[Y2 y2];
end
figure(2)
plot(X2,Y2)
grid on
title('Графік другої похідної на інтервалі ізоляції кореня');
Z2=[X2;Y2];
fmem2=fopen('f2.txt','w'); %Відкриття файла fmem2 для запису
fprintf(fmem2,'%12.3f   %12.8f \n',Z2); % Запис матриці Z2 у файл fmem2
fclose(fmem2); % Закриття файла fmem2
disp('Результати табулювання другої похідної на інтервалі [-6.5; -6.0]:');
disp('        x             y2');
type f2.txt % Друк вмісту текстового файла f2.txt на диску
% Аналіз отриманих даних показує, що друга похідна функції
% на інтервалі [-6.5; -6.0] зберігає постійний знак - вона додатна.
% Отже, за нульове наближення методу хорд потрібно взяти значення x0=b.
w=input('Натисніть будь-яку клавішу, щоб продовжити');
% Далі визначаємо перший корінь рівняння методом хорд із заданою точністю
epsilon=0.001;
a=-6.5;
b=-6.0;
k=0;
```

Рисунок 2 – Програма уточнення коренів рівняння методом хорд (початок)

```
x0=b;
xk=x0;
xp=a;
fa=a^4+2*a^3-43.5*a^2-44.5*a+315.8;
X3=[k];
Y3=[xk];
while abs(xk-xp)>=epsilon
    xp=xk;
    k=k+1;
    f=xp^4+2*xp^3-43.5*xp^2-44.5*xp+315.8;
    xk=xp-(f/(f-fa))*(xp-a);
    X3=[X3 k];
    Y3=[Y3 xk];
end
Z3=[X3;Y3];
fmem3=fopen('f3.txt','w'); %Відкриття файла fmem3 для запису
fprintf(fmem3,'%12.0f   %12.4f \n', Z3); % Запис матриці Z3 у файл fmem3
fclose(fmem3); % Закриття файла fmem3
disp('  Результати послідовного уточнення першого кореня методом хорд:');
disp('           k           xk');
type f3.txt % Друк вмісту текстового файла f3.txt на диску
disp('Перевірка значення першого кореня підстановкою в рівняння:');
f=xk^4+2*xk^3-43.5*xk^2-44.5*xk+315.8
w=input('Натисніть будь-яку клавішу, щоб продовжити');
% Уточнення методом хорд другого кореня рівняння f(x)=0,
% ізольованого на першому інтервалі [-4.0; -3.5].
% Перш за все потрібно вибрати нульове наближення кореня для методу хорд.
% Для цього будуємо на вказаному інтервалі графік
% функції y1=f1(x)=4*x^3+6*x^2- 87*x-44.5 - перша похідна функції y=f(x)),
% і з'ясовуємо, чи функція зберігає на вказаному інтервалі постійний знак.
a=-4.0;
b=-3.5;
h=0.1;
X4=[];
Y4=[];
```

```
fclose(fmem6); % Закриття файла fmem6
disp('  Результати послідовного уточнення другого кореня методом хорд:');
disp('           k           xk');
type f6.txt % Друк вмісту текстового файла f6.txt на диску
disp('Перевірка значення другого кореня підстановкою в рівняння:');
f=xk^4+2*xk^3-43.5*xk^2-44.5*xk+315.8
disp('Кінець розвязку задачі.');
w=input('Натисніть будь-яку клавішу, щоб вийти з програми!');
end
```

Рисунок 2 – Програма уточнення коренів рівняння методом хорд (закінчення)



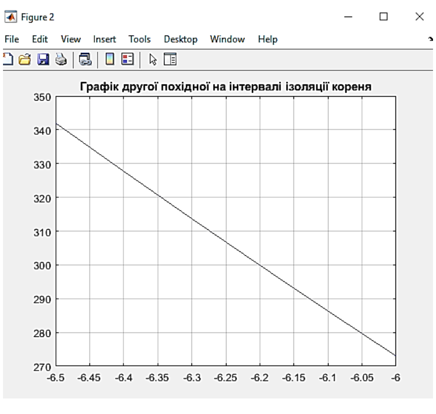


Рисунок 3 – Графіки першої та другої похідних функції $f_1(x) = x^4 + 2x^3 - 43.5x^2 - 44.5x + 315.8$ на інтервалі [-6.5; -6.0].

Таблиця 3 – Результати уточнення кореня рівняння $x^4 + 2x^3 - 43.5x^2 - 44.5x + 315.8 = 0$, ізольованого на інтервалі $x \in [-6.5;\ -6.0]$, методом хорд**.**

k	x
0	-6,0000
1	-6,4878
2	-6.4907
3	-6,4907

Висновок. В даній статті запропоновано комплекс програм мовою Matlab, за допомогою яких розв’язується задача наближеного розв’язування нелінійних рівнянь. Наведено код програми методу хорд та результати її тестування.

Список бібліографічного опису.

1. Пех П.А. Методи обчислень та моделювання: Конспект лекцій для здобувачів першого (бакалаврського) рівня освітньо-професійної програми «Комп’ютерна інженерія» галузі знань 12 «Інформаційні технології» спеціальності 123 «Комп’ютерна інженерія» денної та заочної форм навчання – Луцьк : Луцький НТУ, 2020. – 163 с. Формат А4
2. Лабораторний практикум з програмування мовою С /С++ // навчальний посібник для студ. тех. спец. закл. вищ. освіти I-IV рівн. акредит. / Пех П.А., С.В. Лавренчук, М.В.Делявський, С.В. Гринюк. – Луцьк : Вежа-Друк, 2020. – 228 с.
3. Лабораторний практикум з дослідження операцій та математичного моделювання // навчальний посібник [для студентів техн. спец. вищ. освіти I-IV рівн. акредит.] / Пех П.А., Чернящук Н.Л., Делявський М.В., Багнюк Н.В., Кузьмич О.І. – Луцьк : Терен, 2020. – 100 с.
4. Методи обчислень та моделювання. Конспект лекцій для здобувачів першого (бакалаврського) рівня освітньо-професійних програм «Комп’ютерна інженерія» та «Кібербезпека» галузі знань 12 «Інформаційні технології» спеціальності 123 «Комп’ютерна інженерія» денної та заочної форм навчання/ уклад. П.А. Пех. – Луцьк : Луцький НТУ, 2020. – 162 с. формат А4.
5. Пех П.А., Кравченко М.Б. До питання конструювання класів з конструкторами різного типу // Науковий журнал “Комп’ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво” – Луцьк: Видавництво ЛНТУ. – Вип. 40. – 2020. – С. 76-83 (0,75 др.арк

References.

1. Laboratory workshop on operations research and mathematical modeling // textbook [for technical students. special higher education I-IV level. letter of credit.] / Pekh PA, Chernyashchuk NL, Delyavsky MV, Bagnyuk NV, Kuzmich OI - Lutsk: Teren, 2020. - 100 p.
2. Methods of calculations and modeling. Lecture notes for students of the first (bachelor's) level of educational and professional programs "Computer Engineering" and "Cybersecurity" in the field of knowledge 12 "Information Technology" specialty 123 "Computer Engineering" full-time and part-time study / way. PAS. Bad luck. - Lutsk: Lutsk NTU, 2020. - 162 p. A4 format.
3. Pekh PA, Kravchenko MB On the issue of designing classes with designers of different types // Scientific journal "Computer-integrated technologies: education, science, production" - Lutsk: LNTU Publishing House. - Vip. 40. - 2020. - P. 76-83 (0.75 dr.ark