

УДК 519.852(07)

Навчальна система вивчення та реалізації наближених методів розв'язування задач алгебри та аналізу з використанням М-книг

Дорошенко М.В., Драб Т.І.

email: dornik247@gmail.com

кафедра інформатики та обчислювальної математики Дрогобицького державного педагогічного університету імені Івана Франка

вул. Стрийська, 3, Дрогобич, Львівська обл., 82100.

У статті розглянуто принципи створення та редагування М-книг, запропонована загальна структура М-книг вивчення та реалізації наближених методів алгебри та аналізу. Також описана структура бази даних для зберігання контролюючих тестів та програмна реалізація засобами мови програмування Visual C# навчальної системи вивчення наближених методів розв'язування задач алгебри та аналізу за допомогою М-книг та проведення тестового контролю знань.

Ключові слова: М-книга, база даних, цілісність даних, тестовий контроль, об'єктно-орієнтований підхід.

ВСТУП

Поступовий перехід від традиційних форм навчання, контролю й оцінювання знань до комп'ютерного навчання та тестування відповідає тенденціям сучасності та загальній концепції модернізації та комп'ютеризації української системи освіти. Її ефективність багато в чому залежить насамперед від специфіки самої навчальної дисципліни та мети навчання; від якості програмних продуктів і доцільності їх використання для конкретних навчальних цілей; а також від форм представлення навчальної інформації (зокрема, від рівня її візуалізації).

На сьогодні використання комп'ютерних навчальних систем ще не набуло достатнього поширення у вищих навчальних закладах України, незважаючи на загальновідомі переваги комп'ютерних технологій, непогане оснащення комп'ютерною технікою наших навчальних закладів. Тому створення комп'ютерних навчальних систем є актуальною задачею.

Комп'ютерній реалізації тестування і створенню країномовного універсального навчального програмного забезпечення присвячено ряд робіт. У роботах [4, 7] розглянуто принципи створення універсальних тестуючих програм.

У роботі [3] розглянуті принципи організації контролю знань засобами системи

Moodle, а у роботі [4] для автоматизації тестування використовується засіб XML, який дозволяє створювати ефективний моніторинг викладача.

Дана робота присвячена створенню навчальної системи для вивчення наближених методів алгебри та аналізу та тестового контролю засвоєних знань.

У навчальний план підготовки вчителів інформатики, математики, фізики та трудового навчання входить дисципліна «Методи обчислень», в якій вивчаються методи наближеного розв'язування задач алгебри та аналізу, що застосовуються для розв'язування таких класів задач, а саме: систем лінійних алгебраїчних рівнянь, нелінійних рівнянь та їх систем, інтерполяції та апроксимації функцій, наближеного обчислення означених інтегралів [8]. Розв'язати конкретну задачу алгебри та аналізу можна одним з таких способів: створити програму за допомогою засобів якоїсь мови програмування високого рівня, використати математичні функції систем комп'ютерної математики (Mathematica, Maple, Matlab, MathCad).

При проведенні лабораторних занять з навчальної дисципліни «Методи обчислень» важливо, щоб кожний студент досконало засвоїв кроки чисельного методу, вмів аналізувати результати, які отримуються після виконання кожного кроку методу. Для цього доцільно, щоб додаток, в якому здійснюється реалізація наближеного методу розв'язування задач алгебри та аналізу містив опис ал-

горитму та команди покрокової реалізації методу. Дану проблему можна розв'язати використовуючи інтегроване середовище Word та Matlab.

Мета статті: створення навчальної системи для вивчення, реалізації наближених методів розв'язування задач алгебри з використанням інтегрованого середовища Word і Matlab і тестового контролю засвоєних знань.

1. Методика створення М-книг для вивчення наближених методів

Важливою властивістю системи Matlab є можливість створення текстових документів в середовищі текстового процесора Word з одночасним проведенням у ньому обчислень за допомогою команд системи Matlab та фіксуванням результатів обчислень в текстовому документі, створеному в системі Word [1]. Завдяки такій можливості можна створювати текстові документи безпосередньо в процесорі Word, за допомогою яких здійснюються складні науково-технічні розрахунки. Такі текстові документи називаються М-книгами. Для створення М-книги потрібно використати пакет Notebook, який входить в прикладну систему Matlab. Цей пакет зв'язується з текстовим процесором Word з допомогою спеціального Word-шаблону, який міститься в системі Matlab. Для того, щоб можна було створювати М-книгу потрібно, щоб шаблон, що носить ім'я **M-book.dot**, був задалегідь приєднаний до процесора Word.

Для створення М-книги потрібно виконати такі дії:

- 1) Завантажити тестовий процесор Word.
- 2) Виконати в діалоговому вікні Word команду **New** меню **File**.
- 3) У вікні, яке з'явиться на екрані, вибрати шаблон **M-book**.

В результаті таких дій буде завантажена система Matlab, і вид головного меню процесора Word декілька зміниться - в ньому з'явиться нове меню **Notebook**. Це і свідчитиме про те, що до текстового процесора Word приєднана система Matlab.

Написання М-книги пов'язане з набором тексту, а також операторів і команд системи Matlab. Введення тексту здійснюється за звичайними правилами текстового процесора Word.

Щоб ввести і виконати команду Matlab необхідно:

- 1) Написати текст команди у вигляді окремого рядка.
- 2) Після набору рядка з командою не натискати клавішу <Enter> (курсор повинен залишитися в рядку команди).
- 3) Вибрати команду **Define Input Cell** з меню **Notebook** або натиснути клавіші

<Alt+D>. Після цього вид рядка команди повинен змінитися – символи команди набудуть темно-зеленого кольору, а команда стане облямованою квадратними дужками темно-сірого кольору.

4) Вибрати мишкою команду **Evaluate Cell** або натиснути комбінацію клавіш <Ctrl+Enter>. Результатом цих дій повинно стати поява відразу після тексту команди результатів її виконання системою Matlab.

Результати виконання команди виводяться синім кольором в квадратних дужках.

Щоб залишити в тексті документа введені команди та виведені результати, потрібно:

- 1) Помістити курсор мишки в один з рядків виконаної команди.
- 2) Вибрати команду **Undefine Cells** з меню **Notebook** або натиснути комбінацію клавіш <Alt+U>. В результаті всі символи набудуть звичайний для тексту стиль, колір та розміри, зникнуть квадратні дужки, які їх оздоблювали.

У роботі запропоновано вивчати наближені методи розв'язування деяких задач алгебри та аналізу за допомогою М-книг. Для вивчення конкретного чисельного методу використовуються дві М-книги (для перегляду та редагування). У М-книзі для перегляду міститься професійно підібраний навчальний матеріал (опис методу) та команди Matlab покрокової реалізації алгоритму методу, а в іншій – тільки опис методу.

Професійний підбір навчального матеріалу полягає в детальному аналізі та відборі змісту інформації, якою повинні оволодіти студенти при вивченні даного курсу, розділу, лекції, у визначенні послідовності вивчення курсу та виділенні основних розділів, які входять до нього [2].

Підібрані теоретичні відомості повинні бути адаптовані з врахуванням рівня підготовленості студентських груп, курсів, з врахування їх однорідності-неоднорідності.

Методичний аналіз теоретичних відомостей полягає у виборі алгоритму навчання, який може бути однаковий для всіх студентів або індивідуалізований для кожного студента. У роботі підібрані теоретичні відомості однакові для всіх студентів.

Запропонована така структура М-книг для перегляду, а саме:

- Заголовок М-книги.
- Опис чисельного методу
- Опис алгоритму методу.
- Команди системи Matlab, за допомогою яких реалізується алгоритм методу.
- Аналіз результатів виконання кожного кроку.
- Занесення при необхідності проміжних результатів у таблицю.

Для чисельного розв'язування конкретної задачі використовується така структура М-книг, а саме:

- Заголовок М-книги.
- Опис чисельного методу
- Опис алгоритму методу.

У роботі розроблені такі М-книги для вивчення та реалізації наближених методів розв'язування задач алгебри та аналізу, а саме: методів простої ітерації, хорд і Ньютона розв'язування нелінійного рівняння, квадратурних формул прямокутників, трапецій і Сімпсона.

Нижче наведена М-книга вивчення та реалізації методу Ньютона наближеного розв'язування нелінійного рівняння:

Реалізація методу Ньютона з використанням М-книг

Опис методу

Нехай рівняння $f(x) = 0$ на відрізку $[a; b]$ має ізольований корінь x^* , тобто $f(a)f(b) < 0$, а функції $f(x)$ і $f'(x)$ неперервні і зберігають знак на $[a; b]$.

Розрахункова формула методу Ньютона має такий вигляд:

$$x_{k+1} = x_k - \frac{f(x_k)}{f'(x_k)}, \quad k = 0, 1, 2, \dots \quad (1)$$

Метод Ньютона є методом послідовних наближень $x_{k+1} = \varphi(x_k)$, де функція

$$\varphi(x) = x - \frac{f(x)}{f'(x)}.$$

Достатні умови збіжності методу Ньютона дає така теорема.

Теорема. Нехай на відрізку $[a; b]$ функція $f(x)$ має неперервні із сталими знаками похідні

$$f'(x) \neq 0, \quad f''(x) \neq 0 \quad \text{і} \quad f(a)f(b) < 0.$$

Тоді існує такий окіл $R \subset [a; b]$ кореня x^* рівняння $f(x) = 0$, що для будь-якого $x_0 \in R$ послідовність $\{x_k\}$, обчислена за формулою (1), збігається до кореня x^* .

Швидкість збіжності методу Ньютона оцінюється за допомогою такої формули:

$$|x_{k+1} - x^*| \leq \frac{M_2}{2m_1} |x^* - x_k|^2. \quad (2)$$

де

$$M_2 = \max_{x \in [a; b]} |f''(x)|, \quad m_1 = \min_{x \in [a; b]} |f'(x)|,$$

З оцінки (2) випливає, що метод Ньютона збігатиметься до кореня x^* , якщо початкове наближення x_0 таке, що

$$\frac{M_2}{2m_1} |x^* - x_0| < 1,$$

причому в цьому випадку збіжність є квадратичною. Це означає, що похибка кожного

наступного наближення пропорційна квадрату похибки попереднього наближення.

Алгоритм методу Ньютона.

1. Задаємо a, b і точність ε .
2. Якщо $f(a)f''(a) > 0$ то $x_0 = a$, інакше $x_0 = b$.
3. $x_1 = x_0 - \frac{f(x_0)}{f'(x_0)}$
4. Якщо $|x_1 - x_0| \leq \varepsilon$ тоді $x_0 = x_1$ і перейти на пункт 3.
5. Корінь з точністю ε знайдений.

Приклад.

Для наближеного розв'язування рівняння $x - \cos x = 0$ застосувати метод Ньютона з точністю 0,001.

Команди Matlab реалізації методу Ньютона.

Знаходимо першу похідну.

```
syms x
diff(x-cos(x),x)
ans=sin(x)+1
```

Знаходимо другу похідну.

```
diff(x-cos(x), x, 2)
ans=cos(x)
```

1) Задаємо a, b і точність ε .

```
a=0;
b=pi/2;
e=0.001
e=1.0000e-003
```

2) Знаходимо

```
ff=(a-cos(a))*cos(a)
ff=-1
```

Оскільки $ff < 0$, то

```
x0=pi/2
x0=1.5708
```

3) Знаходимо наступне наближення.

```
x1=x0-(x0-cos(x0))/(1+sin(x0))
x1=0.7391
```

4) Знаходимо

```
e=abs(x1-x0)
e=4.5096e-004
```

5) Аналізуємо отримане значення ε .

6) Якщо точність не задовольняється, то $x_0 = x_1$

і переходимо до пункту 3, в протилежному випадку алгоритм завершено.

Отримані результати виконання кроків 3-5 запишемо у таблицю 1.

У результаті покрокового виконання алгоритму методу Ньютона корінь рівняння знайдений з точністю 0,001 дорівнює 0.7391. Для забезпечення отриманої точності потрібно виконати кроки алгоритму 3-5 3 рази.

Таблиця 1

x_0	$x_1 = x_0 - \frac{f(x_0)}{f'(x_0)}$	$ x_1 - x_0 \leq \varepsilon$
1.5708	0.7854	0.7854
0.7854	0.7395	0.0459

0.7395	0.7391	4.59e-004
--------	--------	-----------

2. Створення тестових запитань

У навчальній системі перевірка засвоєння знань студентами здійснюється за допомогою тестового контролю.

Для реалізації тестового контролю можна вибирати такі типи тестів [9]:

1. Тип А (закритий однозначний) – це тип тестових завдань з вибором єдиної правильної відповіді з декількох запропонованих варіантів.

2. Тип В (відкритий однозначний) – це тип тестових завдань із введення єдиної правильної відповіді.

3. Тип С (закритий багатозначний) – тип тестових завдань із множинним вибором відповідей.

4. Тип D (питання на відповідність) – тип тестових питань з підбором пар відповідей, зіставленням або протиставлення елементів двох представлених множин.

Сценарій тестування повинен містити всі повідомлення комп'ютера та можливі відповіді студента. Формалізація сценарію тестування може відбуватися таким чином. Множину тестових питань позначимо M , а множину відповідей студента позначимо N .

Тоді тестові завдання можна представити як два типи відповідностей множин M і N :

1) проста відповідність $(1; n)$, де n – к-ть елементів множини N . Тобто, одному елементу множини M відповідає n елементів множини N . За допомогою простої відповідності формалізуються сценарії тестування, створені за допомогою тестів А,В,С відповідно;

2) взаємно-однозначна відповідність $(n; n)$, де n – кількості елементів множин M і N . Відповідні один одному елементи множин M і N ідентифікуються одним і тим порядковим номером або протиставленням елементів. За допомогою взаємно-однозначної відповідності формалізуються сценарії тестування, які створені за допомогою тесту типу D.

У роботі при створенні тестів використовувалась проста відповідність $(1; 4)$. Загальний вигляд тестового запитання такий:

1. Тестове контролююче запитання.

- Варіант №1.
- Варіант №2.
- Варіант №3.
- Варіант №4.

Слід зазначити, що всю інформацію, яка забезпечує контроль (питання, варіанти відповідей і правильні відповіді), доцільно зберігати у файлі тесту. Тому при комп'ютерній реалізації тестового контролю важливим є розробка структури файлу тесту.

Структура файлу тесту повинна бути такою, щоб був забезпечений захист файлу

тесту від несанкціонованого доступу. Файл тесту повинен бути доступний тільки адміністратору (викладачу). Тільки адміністратор може змінювати або редагувати тестові запитання. Одним із шляхів вирішення такої проблеми є представлення файлу тесту за допомогою реляційної бази даних [5].

У роботі запропонована така структура бази даних. База даних складається з двох взаємозв'язаних таблиць: *answer* (містить варіанти відповідей) і *question* (містить питання). Головною таблицею є таблиця *question*.

Структура таблиці *answer* представлена в таб. 2. Ключ таблиці *answer* складається з 2 полів *IdQ*, *IdA*. Це забезпечує для одного унікального питання задати безліч унікальних відповідей.

Таблиця 2

Номер РК	Ім'я поля	Тип поля	Коментар
1	IdQ	int	ідентифікатор питання
2	IdA	int	ідентифікатор відповіді по унікальному питанню
	Answer	nvarchar	відповідь

Структура таблиці *question* представлена в таблиці 3.

Таблиця 3

Номер РК	Ім'я поля	Тип поля	Коментар
1	Id	int	ідентифікатор питання
	Questio	nvarchar	питання
	IdTrue	int	ідентифікатор правильної відповіді

Між таблицями реалізований зв'язок, який забезпечує цілісність даних [5]. Поле *Id* таблиці *question* зв'язане з полем *IdQ* таблиці *answer*, тобто реалізується зв'язок один до багатьох.

3. Опис навчальної програми

Програмна реалізація навчальної системи здійснена у Visual Studio 2015 засобами мови програмування Visual C# [6] з використанням об'єктно-орієнтованого підходу до проектування прикладних програм.

У навчальній системі реалізовані функції:

1) Вивід на екран М-книг для перегляду.
2) Контроль знань студентів на основі тестового контролю.

3) Виконання кроків алгоритму вибраного наближеного методу у М-книзі для редагування.

4) Можливість редагування бази даних, в якій містяться контролюючі тести.

Головне вікно програми має такий вигляд (рис. 1):

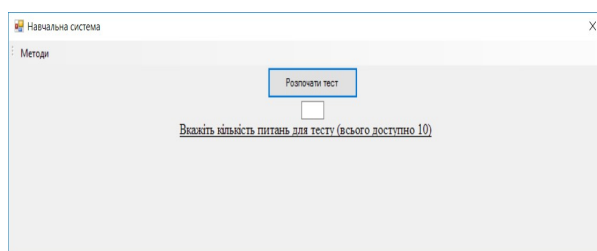


Рис. 1. Головне вікно програми.

У меню "Методи" (рис. 2) можна вибрати одну із доступних М-книг для вивчення відповідного методу.

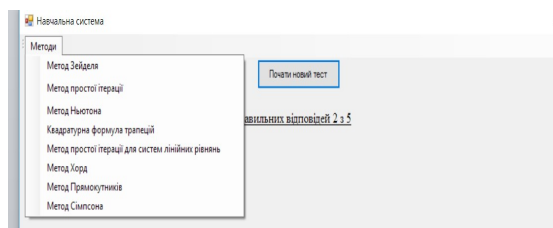


Рис. 2. Вигляд головного меню.

Після натискання на вибраного пункту меню відкривається М-книга (рис. 3).

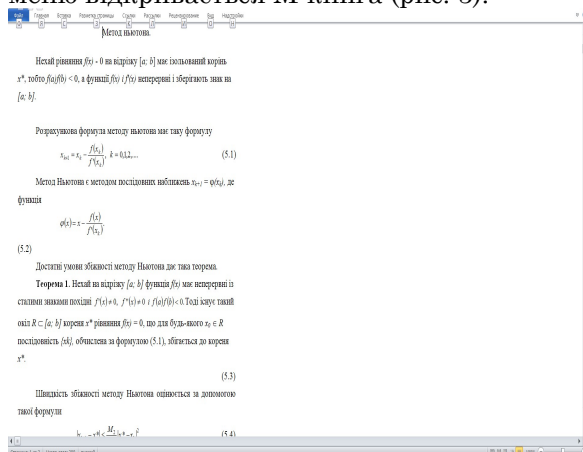


Рис. 3. Відкрита М-книга методу Ньютона.

При проведенні тестування потрібно виконати такі дії. Якщо вказати потрібну кількість запитань, то з'являється вікно тестування (рис. 4).

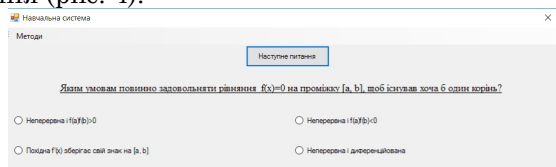


Рис. 4. Вікно тестування.

Потрібна кількість запитань вибирається випадковим чином з усіх доступних запитань. Для кожного запитання реалізовано 4 варіанти відповідей. Варіанти відповідей кожний раз при виконанні програми вибираються в довільному порядку. Після проходження тестування з'являється вікно (рис. 5) з виводом результатів.

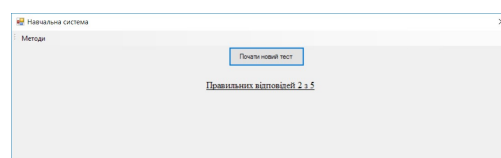


Рис. 5. Результати тестування.

Висновки

1. Розроблена навчальна система засобами мови програмування Visual C#, за допомогою якої можна вивчати та реалізовувати наближені методи алгебри й аналізу та здійснювати тестовий контроль засвоєних знань.

2. Розроблена навчальна система не залежить від змісту навчального матеріалу та від його кількості. До навчальної системи можна додавати нові М-книги.

3. Створена база даних не залежить від змісту контролюючих тестових запитань, кількості запитань та варіантів відповідей.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

[1] Ануфриев И. Е., Смирнов А.Б., Смирнова Е.Н. MATLAB 7. / Ануфриев И. Е., Смирнов А.Б., – Смирнова Е.Н. СПб. : БХВ-Петербург, 2005. – 1105 с.

[2] Беспалов В.П. Программированное обучение. Дидактические основы. / Беспалов В.П. – М.: Высшая школа, 1970. – 300 с.

[3] Бодненко Д.М. Тестовий контроль знань студентів у системі Moodle: Навчально-методичний посібник / Бодненко Д.М., Варченко Л.О., Жильцов О.Б. / За заг. ред. О.Б. Жильцова. – К.: Київ. ун-т ім. Б. Грінченка. – 2012. – 112с.

[4] Дубровін О.Ф. Розробка комп'ютерної системи тестування на базі XML // Дубровін О.Ф. Актуальні проблеми фізики, математики та інформатики. – 2009. – № 1. – С.74-77.

[5] Мартин Дж. Организация баз данных у вычислительных системах. / Дж. Мартин – М.: Мир, 1980. – 662 с.

[6] Нейгел К. C# 2005 для профессионалов. / Нейгел К. – М.: Вильямс, 2006. – 763 с.

[7] Олійник М.М. Тест як інструмент кількісної діагностики рівня знань в сучасних технологіях навчання. / Олійник М.М. – Донецьк: ДонНУ, 2001. – 84с.

[8] Фельдман Л. П., Петренко А. І. Дмитрієва О. А. Чисельні методи в інформатиці. / Фельдман Л. П., Петренко А. І. Дмитрієва О. А. – К. : Вид. група BHV, 2006. – 480 с.

[9] Hossien Fallahzadeh. New software for computation sensitivity analysis to detect hidden bias for partially order set test statistic in observational studies. / Hossien Fallahzadeh. // Procedia Technology. – Vol. 1. – 2012. – P. 225–229.