СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ БАЗОЮ МОДЕЛЕЙ СКІНЧЕННИХ ЕЛЕМЕНТІВ

УДК 004.92:519.6

ГУЧЕК Петро Йосипович
к.т.н., доцент кафедри Інформаційних технологій Херсонського національного технічного університету.
Наукові інтереси: математичне моделювання та інформаційні технології в природничих і технічних науках, наукова візуалізація.

ЛИТВИНЕНКО Олена Іванівна
к.т.н., доцент кафедри вищої математики і математичного моделювання Херсонського національного технічного університету.
Наукові інтереси: математичне моделювання та інформаційні технології в природничих і технічних науках, методи і моделі відновлення функцій, принцип барицентричного усереднення.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Швидке зростання продуктивності сучасної обчислювальної техніки стимулювало розвиток великої кількості програмних продуктів, спрямованих на автоматизоване проектування та конструювання. Серед методів комп'ютерного аналізу, застосовуваних в автоматизованому проектуванні, найбільш широко використовується метод скінченних елементів (МСЕ) [1-3]. З його допомогою розраховуються напруження, деформації, теплообмін, розподілення магнітного поля, потоки рідин та інші завдання з безперервними середовищами, вирішувати які іншим методом виявляється важко.

Існуючі програмні системи, як правило, є закритими для користувача, що не дозволяє втручатися в процес розрахунку на рівні методів розв'язання, а також досліджувати задачі, розв'язок яких не був передбачений розробниками[3]. Ці недоліки призводять до необхідності розробки інструментальних програмних засобів, які дозволяють розширити функціональні можливості відсутні в наявних програмних системах для більш детального дослідження, як стандартних так і нових альтернативних моделей [4-6,10].

АНАЛІЗ ПОПЕРЕДНІХ ПУБЛІКАЦІЙ

Довгий час вважалось, що на кожному серендиповому скінченому елементі (ССЕ) існує тільки стандартний базис, який отриманий *алгебраїчним методом* [1, 7]. На початку 80-х років були запропоновані *ймовірнісно-геометричні процедури* конструювання базисів скінченних елементів різноманітної конфігурації [8,9].

У [10] автори статті запропонували новий метод побудови ієрархічних форм базисних функцій на елементах серендипової сім'ї. За допомогою цього методу можливо конструювати альтернативні базиси з керуючим параметром на ССЕ. Наявність керуючого параметра дозволяє оптимізувати обчислювальні якості серендипових моделей і отримувати моделі, які реалізують додаткові умови [11].

Мета статті – розробка системи управління базою моделей скінчених елементів серендипової сім'ї.

ОСНОВНА ЧАСТИНА

Метод побудови ієрархічних форм базисних функцій дозволив отримати нескінчену множину нових альтернативних моделей ССЕ, які не описані в літературі. Наявність нових моделей викликало необхідність створення системи управління базою моделей скінченних елементів (СУБМСЕ).

СУБМСЕ представляє собою структурну складову еволюціонуючої системи підтримки прийняття рішень (СППР) на рис. 1[12].

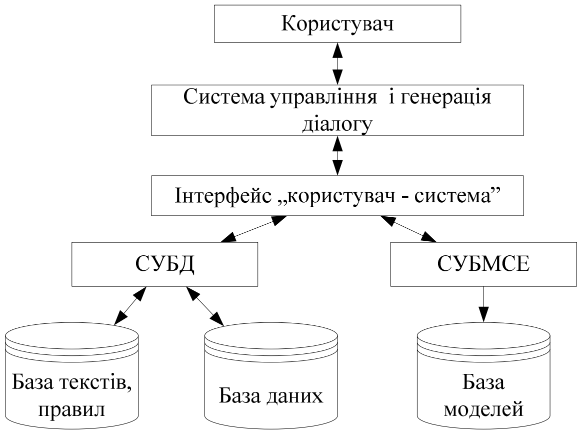

Рисунок 1 – Структурна схема еволюціонуючої СППР

База моделей забезпечує гнучкість моделювання, зокрема, за рахунок використання готових блоків моделей і підпрограм. Управління моделями дає такі можливості: створювати каталоги та обслуговувати широкий спектр моделей, які підтримують різноманітні класи задач; ефективно створювати нові моделі; пов'язувати моделі з відповідними базами даних.

База моделей містить як двовимірні так і тривимірні типи скінченних елементів(СЕ) представлених в декартових та криволінійних системах координат з інтерполяцією від лінійної до четвертого порядку, а також «смішані» скінчені елементи. Типи моделей які містить база моделей представлено на рис. 2.

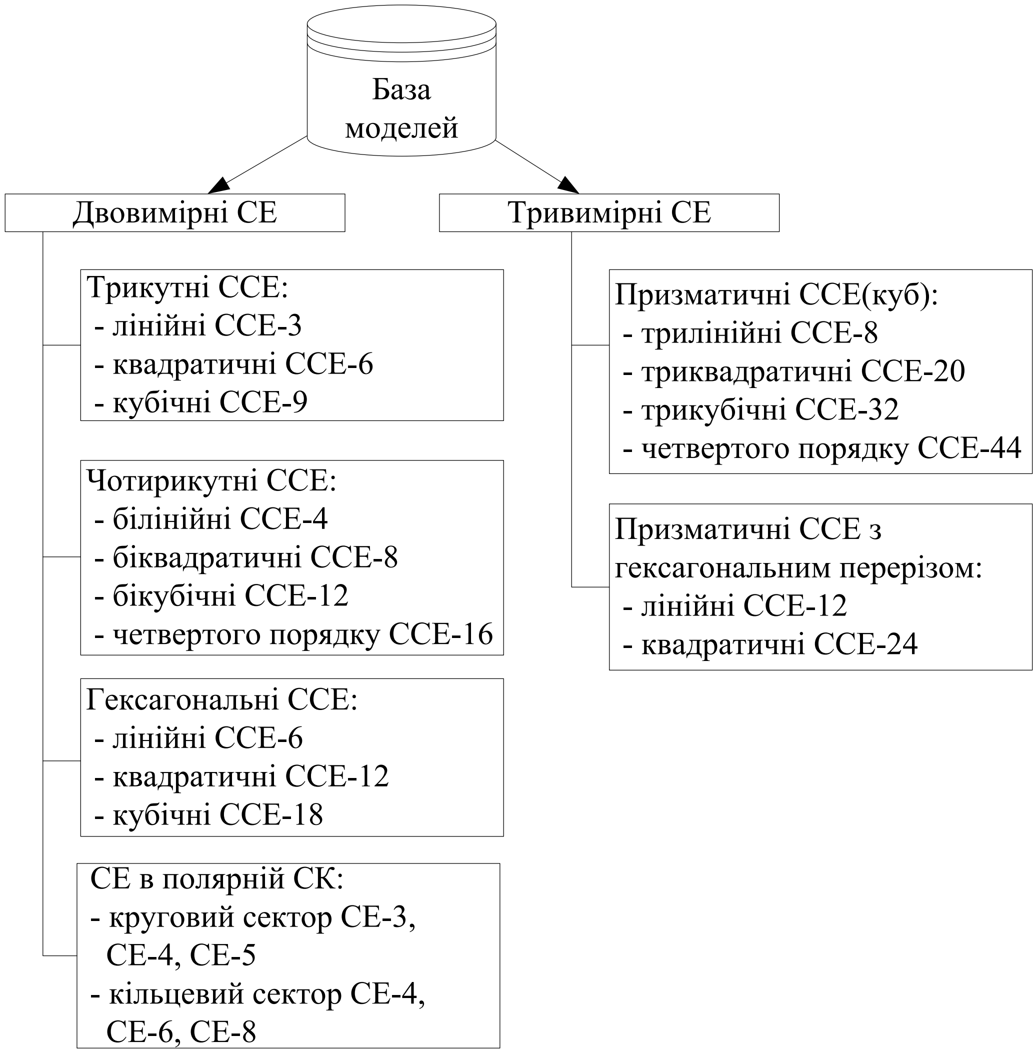

Рисунок 2 – Типи моделей, що становлять базу моделей

Використовуючи СУБМСЕ користувач отримує можливість подальшого дослідження отриманих моделей, вирішувати практичні прикладні задачі, проводити порівняльну характеристику альтернативних моделей та отримувати рішення, щодо подальшого застосування та оптимізації обчислювальних якостей. Наприклад, запишемо узагальнені формули для побудови альтернативних базисних функцій чотирикутного бікубічного скінченого елемента ССЕ-12(рис. 3) з параметром *K* [6,10]:

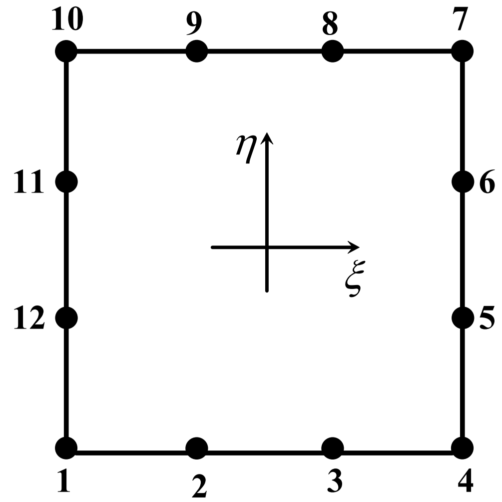

Рисунок 3 – ССЕ-12 ($|\xi| \le 1, |\eta| \le 1$)

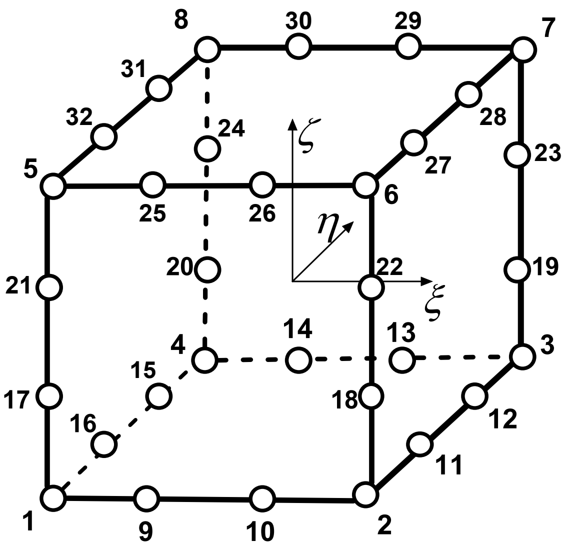

Рисунок 4 – ССЕ-32 ($|\xi| \le 1, |\eta| \le 1, |\zeta| \le 1$)

$$N_i = \frac{1}{4}(1+\xi_i\xi)(1+\eta_i\eta)$$

$$\left(\frac{1}{8}\left(9\xi^2+9\eta^2-10\right)+K\cdot\frac{9}{4}\cdot(1-\xi_i\xi)(1-\eta_i\eta)\right), \quad (1)$$

$$i = 1,4,7,10\,; \quad \xi_i, \eta_i = \pm 1;$$

$$N_i = \frac{3}{8}(1+3\xi_i\xi)(1+\eta_i\eta)$$

$$\left(\frac{3}{4}(1-3\xi_i\xi)(1+9\xi_i\xi)-K\cdot\frac{3}{4}(1-3\xi_i\xi)(1-\eta_i\eta)\right), \quad (2)$$

$$i = 2,3,8,9, \quad \eta_i = \pm 1, \quad \xi_i = \pm\frac{1}{3}.$$

$$N_i = \frac{3}{8}(1+3\eta_i\eta)(1+\xi_i\xi)$$

$$\left(\frac{3}{4}(1-3\eta_i\eta)(1+9\eta_i\eta)-K\cdot\frac{3}{4}(1-3\eta_i\eta)(1-\xi_i\xi)\right), \quad (3)$$

$$i = 5,6,11,12, \quad \xi_i = \pm 1, \quad \eta_i = \pm\frac{1}{3}.$$

Змінюючи параметр *K* у формулах (1-3) отримуємо всю множину альтернативних моделей, та використовуючи процедуру візуалізації [6] проводимо дослідження поверхні функції форми і первірку властивостей, що притаманні функціям форми у МСЕ (рис. 5).

Також застосовуючи аналітичний метод побудови ієрархічних форм базисів і СУБМСЕ користувач легко може перейти на дослідження просторових елементів. Так, наприклад, розглядаючи просторовий елемент, що містить 32 вузла з трикубічною інтерполяцією ССЕ-32(рис.4, 6) узагальнені формули для базисних функцій з параметром *K* мають вигляд:

$$N_i = \frac{1}{8}(1+\xi_i\xi)(1+\eta_i\eta)(1+\zeta_i\zeta)\times$$

$$\times\Big(\frac{1}{8}\left(9\xi^2+9\eta^2+9\zeta^2-19\right)+$$

$$+\frac{9}{4}K \quad (4)$$

$$(\xi_i\eta_i\xi\eta+\eta_i\zeta_i\eta\zeta+\xi_i\zeta_i\xi\zeta-2\xi_i\xi-2\eta_i\eta-2\zeta_i\zeta+3)\Big),$$

$$\xi_i, \eta_i, \zeta_i = \pm 1, \quad i = \overline{1,8};$$

$$N_i = \frac{3}{16}\left(1-\xi^2\right)(1+\eta_i\eta)(1+\zeta_i\zeta)\times$$

$$\times\left(\frac{3}{4}(1+9\xi_i\xi)-\frac{3}{4}K(2-\eta_i\eta-\zeta_i\zeta)\right), \quad (5)$$

$\xi_i = \pm\frac{1}{3}$, $\eta_i, \zeta_i = \pm 1$, $i =$ 9, 10, 13, 14, 25, 26,

29, 30.

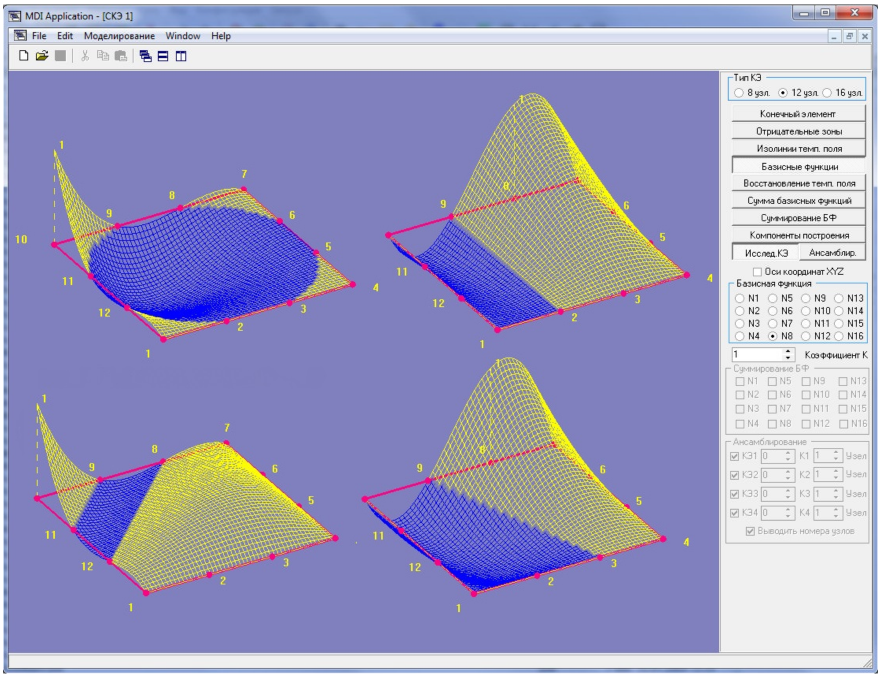

Рисунок 5 – Візуалізація функцій форм альтернативних моделей ССЕ-12

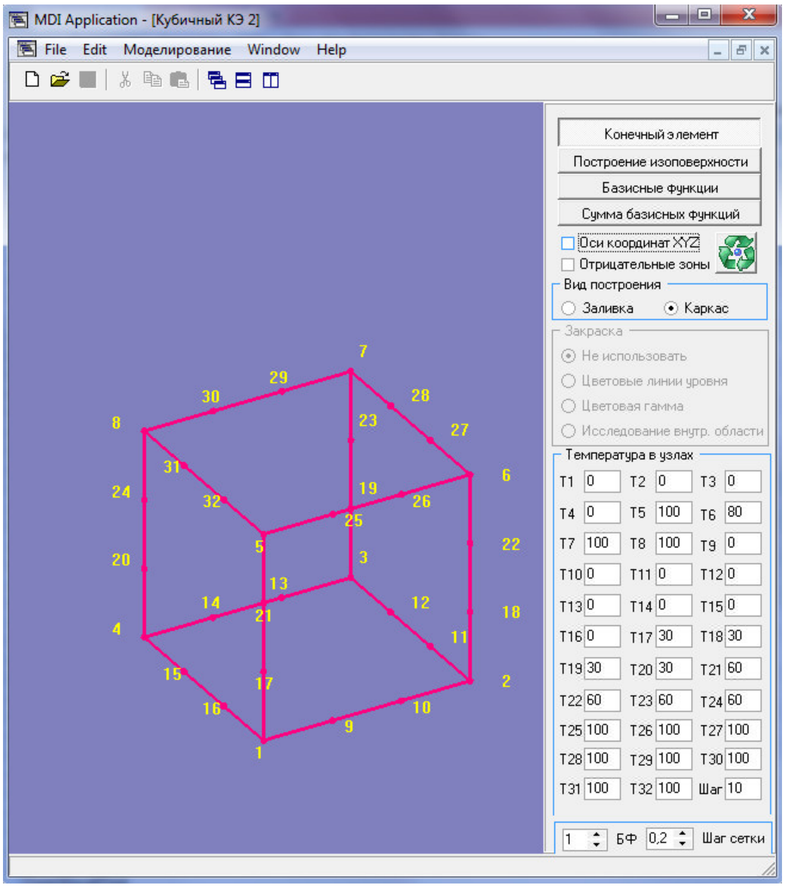

Рисунок 6 – Просторовий елемент з трикубічною інтерполяцією ССЕ- 32

Решта функцій утворюються із (5) шляхом циклічного переставлення ξ, η, ζ.

Аналогічно змінюючи параметр *K* у формулах (4-5) отримуємо всю множину альтернативних моделей ССЕ-32.

ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

У роботі розроблена система управління базою моделей сирендипових скінчених елементів, що дозволяє більш детально досліджувати нові альтернативні моделі. Цікавим є використання когнітивної перспективи, тобто опису розуміння і сприйняття процесу і динаміки його розвитку з погляду особи приймаючої рішення.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике /О. Зенкевич. – М.: Мир, 1975. – 541 с.
2. Зенкевич О. Метод конечных элементов в теории сооружений и механике сплошной среды /О. Зенкевич, И. Чанг. – М.: Недра, 1974. – 238 с.
3. Метод конечных элементов: теория, алгоритмы, реализация /В.А. Толок, В.В. Киричевский, С.И. Гоменюк, С.Н. Гребенюк, Д.П. Бувайло. – К.: Наук. думка, 2003. – 316 с.
4. Гучек П.И. Геометрическое моделирование и компьютерная визуализация базисов конечных элементов /П.И. Гучек //Нелинейные краевые задачи математической физики и их приложения. Сб. науч. тр. – К.: Ин-т математики НАНУ. – 1996. – С.95-97.
5. Гучек П.И. Компьютерная визуализация функций формы конечных элементов /П.И. Гучек //Інтегральні перетворення та їх застосування до крайових задач – К.: Ин-т математики НАНУ. – 1997. – Вып.14 – С.79-81.
6. Гучек П.Й. Інтерактивна процедура візуалізації функцій форми на серендипових елементах /П.Й. Гучек, О.І. Литвиненко, А.Н. Хомченко //Вестник Херсонского национального технического университета. – 2012. – Вып.1 (44). – С.274-280.
7. Taylor R.L. On the completeness of shape functions for finite element analysis /R.L. Taylor //Internat. J. Numer. Methods Eng. – 1972. – V.4. – №1. – P.17-22.
8. Хомченко А.Н. О вероятностном построении базисных функций МКЭ /А.Н. Хомченко //Ивано-Франковс. ин-т нефти и газа. – Ивано-Франковск , 1982. – 5 с. — Деп. в ВИНИТИ 21.10.1982, №5264.
9. Хомченко А.Н. Геометрия серендиповых аппроксимаций /А.Н. Хомченко, Е.И. Литвиненко, П.И. Гучек //Прикл. геом. и инж. графика. – 1996. – Вып.59. – С.40-42.
10. Хомченко А.Н. Новый подход к построению базисов серендиповых элементов /А.Н. Хомченко, Е.И. Литвиненко, И.А. Астионенко //Геометричне та комп'ютерне моделювання. – 2009. – Вип.23. – С.90-95.
11. Попов Б.А. Приближение функций для технических приложений /Б.А. Попов, Г.С. Теслер. – К.: Наукова думка, 1980. – 352 с.
12. Довгий С.О. Методи прогнозування в системах підтримки прийняття рішень /С.О. Довгий, П.І. Бідюк, О.М. Трофимчук, О.І. Савенков. – К.: Азимут-Україна, 2011. – 608 с.