6. Митюшкин Ю. И. Soft Computing: идентификация закономерностей нечеткими базами знаний / Ю. И. Митюшкин, Б. И. Мокин, А. П. Ротштейн. — Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2002. — 146 с.

In the article the methods of unclear prognostic information, and also structure of unclear, are presented expert designing system which provides support of pedagogical decisions and helps to realize a teacher adaptive process control of komputerized research studies for the increase of his quality.

Key words: *efficiency of cooperation, system «teacher — computer — student», computerized studies, unclear logical conclusion, expert designing system.*

Отримано: 18.10.2012

УДК 519.3

А. Н. Хомченко, д-р физ.-мат. наук, профессор,
Е. В. Рым, магистр

Черноморский государственный университет
имени Петра Могилы, г. Николаев

НЕУЗЛОВЫЕ ПАРАМЕТРЫ И АДЕКВАТНЫЕ МОДЕЛИ СЕРЕНДИПОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Бикубические полиномы серендипова семейства получены (построены) путем взвешенного усреднения внутренних мод.

Ключевые слова: *бикубические полиномы, взвешенное усреднение, внутренние моды.*

Введение. После появления альтернативных (нестандартных) моделей серендиповых конечных элементов (СКЭ) стало понятно, что некоторые «врожденные» недостатки стандартных моделей Эргатудиса, Айронса и Зенкевича поддаются устранению. Прежде всего речь идет об избыточной жесткости стандартных моделей и противоестественных поузловых распределениях равномерной массовой силы («парадокс Зенкевича»). И хотя О. Зенкевич, едва ли не самый авторитетный специалист в методе конечных элементов, настоятельно советовал смириться с явлением гравитационного «отталкивания», поиски адекватных моделей СКЭ продолжаются. Сегодня приверженцы механических аналогий имеют возможность пользоваться новыми математически обоснованными и физически адекватными моделями СКЭ. Перечень подходящих методов моделирования СКЭ постоянно расширяется. Один из простых и удобных методов описан ниже применительно к СКЭ бикубической интерполяции.

Анализ предыдущих публикаций. Изопараметрические квадратные элементы (серендипово семейство) систематически применяются в методе конечных элементов с 1968 г. [1]. Функции формы таких элементов называют стандартными. После появления альтернативных функций формы [2] возник своеобразный «спор» между стандартными и нестандартными моделями. О стандартных моделях можно прочитать в книге [3]. Нестандартным моделям посвящены публикации [2; 4—6].

Как следует из книги [3], О. Зенкевич еще в 1971 г. знал, что функции формы элементов лагранжева семейства можно использовать и для элементов серендипова семейства, если ввести так называемые неузловые параметры. Однако, по мнению Зенкевича, этот приём не имеет больших преимуществ, так как введение неузловых параметров не изменяет функцию формы на границах элемента. Сегодня мы знаем, что Зенкевич недооценил влияние неузловых параметров на поведение функции формы серендипова семейства внутри элемента. Оказалось, что внутренняя перестройка серендиповых поверхностей способна радикально изменить интегральные характеристики функций формы. При этом поведение функции формы на границах элемента строго регламентировано, как и в лагранжевой модели. Это важно для построения физически адекватных поузловых распределений равномерной массовой силы и для сохранения межэлементной непрерывности.

Цель статьи – на примере квадратного элемента третьего порядка показать возможности конструирования серендиповых функций формы путем варьирования внутренних параметров. При этом используются лагранжевы функции формы элемента того же порядка.

Основная часть. На рис. 1 изображены конечные элементы бикубической интерполяции: лагранжев (16 узлов) и серендипов (12 узлов).

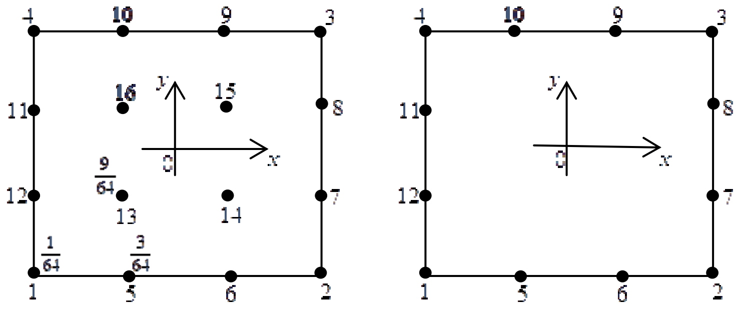

Рис. 1. *Конечные элементы 3-го порядка*

Для лагранжевой модели узловые доли γ_i единичной нагрузки вычисляются простым перемножением весовых коэффициентов квадратур Ньютона-Котеса (правило «трех восьмых»). Тот же результат можно получить путем интегрального усреднения соответствующих функций формы. Таким образом, нам известны узловые доли единичной нагрузки на элементе лагранжевой модели: $\gamma_i = \dfrac{1}{64}$ для $i = 1,2,3,4$; $\gamma_i = \dfrac{3}{64}$ для $i=5,6,\dots,12$; $\gamma_i = \dfrac{9}{64}$, $i = 13,14,15,16$.

На серендиповом элементе узловые доли p_i можно выбрать из физических соображений, а затем найти функции формы, реализующие выбранное поузловое распределение. Исторически все было как раз наоборот [1]. Эргатудис, Айронс и Зенкевич сначала подобрали систему функций формы 12-узлового элемента для решения задачи изопараметрического преобразования криволинейного четырехугольника в квадрат. Позже выяснилось, что стандартные функции формы реализуют парадоксальное поузловое распределение равномерной массовой силы:

$$p_i = -\frac{1}{8},\ i = 1, 2, 3, 4;\quad p_i = \frac{3}{64},\ i = 5, 6,\dots,12.$$

Соответствующие функции формы хорошо известны:

$$N_1(x,y) = \frac{1}{32}(1-x)(1-y)[9(x^2+y^2)-10], \tag{1}$$

$$N_5(x,y) = \frac{9}{32}(1-y)(1-x^2)(1-3x).$$

Остальные функции легко получить из (1).

Желая построить физически адекватную модель, мы рассматриваем распределение:

$$p_i = \frac{1}{16},\ i = 1,2,3,4;\quad p_i = \frac{3}{32},\ i = 5,6,\dots,12.$$

Следуя работе [5], будем конструировать серендиповы полиномы $N_i(x, y)$ из соответствующих лагранжевых $L_i(x, y)$, добавляя линейные комбинации внутренних мод (неузловых параметров). Например, для узлов 1 и 5 серендиповы полиномы имеют вид:

$$N_1(x,y) = L_1(x,y) + \sum_{i=13}^{16} \alpha_i \cdot L_i(x,y), \tag{2}$$

$$N_5(x,y) = L_5(x,y) + \sum_{i=13}^{16} \beta_i \cdot L_i(x,y).$$

Как видим, из 16 полиномов Лагранжа нам потребуются только 6:

$$L_1(x,y) = \frac{1}{256}(1-x)(1-y)(1-9x^2)(1-9y^2),$$

$$L_5(x,y)=\frac{9}{256}(1-x^2)(1-y)(9y^2-1)(1-3x),$$

$$L_{13}(x,y)=\frac{81}{256}(1-x^2)(1-y^2)(1-3x)(1-3y),$$

$$L_{14}(x,y)=\frac{81}{256}(1-x^2)(1-y^2)(1+3x)(1-3y), \qquad (3)$$

$$L_{15}(x,y)=\frac{81}{256}(1-x^2)(1-y^2)(1+3x)(1+3y),$$

$$L_{16}(x,y)=\frac{81}{256}(1-x^2)(1-y^2)(1-3x)(1+3y).$$

Нам удалось установить зависимость между узловыми нагрузками p_i и коэффициентами α_i, β_i. Табулирование этой зависимости даёт множество подходящих моделей элементов. Это тема отдельной статьи. Здесь мы приведем лишь два набора коэффициентов α_i, β_i, при которых серендиповы полиномы различны, а поузловые распределения одинаковы. Такая устойчивость поузлового распределения интересна сама по себе.

Первый вариант коэффициентов α_i, β_i:

$$\alpha_{13}=-\frac{1}{9},\ \alpha_{14}=\frac{1}{9},\ \alpha_{15}=\frac{2}{9},\ \alpha_{16}=\frac{1}{9};$$

$$\beta_{13}=\frac{1}{2},\ \beta_{14}=-\frac{1}{6},\ \beta_{15}=-\frac{1}{6},\ \beta_{16}=\frac{1}{6}.$$

Второй вариант коэффициентов:

$$\alpha_{13}=\frac{1}{18},\ \alpha_{14}=\frac{1}{9},\ \alpha_{15}=\frac{1}{18},\ \alpha_{16}=\frac{1}{9};$$

$$\beta_{13}=\frac{1}{2},\ \beta_{14}=-\frac{1}{6},\ \beta_{15}=-\frac{1}{6},\ \beta_{16}=\frac{1}{6}.$$

Как видим, изменение касаются только «угловых» функций. Это естественно, так как угловые функции более содержательны. В угловых узлах соединяются 4 элемента, а в промежуточных только 2.

Полученные функции формы $N_1(x,y)$ и $N_5(x,y)$ запишем в развернутом виде, чтобы дать представление о количестве «скрытых» мономов в новых моделях бикубической интерполяции. Напомним, что в стандартной модели (1) «скрытих» параметров нет: общее количество мономов строго соответствует количеству узлов серендипова элемента. Именно поэтому, метод обратной матрицы неизбежно приводит к стандартной модели.

Первый набор коэффициентов α_i, β_i даёт:

$$N_1(x,y) =$$
$$= \frac{7}{64} + \frac{5}{16}x + \frac{5}{16}y - \frac{9}{64}x^2 - \frac{5}{16}xy - \frac{9}{64}y^2 - \frac{9}{32}x^3 - \qquad (4)$$
$$- \frac{9}{32}x^2y - \frac{9}{32}xy^2 - \frac{9}{32}y^3 + \frac{9}{32}x^3y + \frac{27}{64}x^2y^2 + \frac{9}{32}xy^3,$$

$$N_5(x,y) = \frac{9}{128} - \frac{27}{32}x - \frac{9}{32}y - \frac{9}{128}x^2 + \frac{27}{32}xy + \frac{27}{128}y^2 +$$
$$+ \frac{27}{32}x^3 + \frac{9}{32}x^2y - \frac{27}{32}x^3y - \frac{27}{128}x^2y^2.$$

Эта модель имеет 1 «скрытый» параметр. Второй набор изменяет только «угловую» функцию формы:

$$N_1(x,y) = \frac{7}{64} - \frac{1}{256}x - \frac{1}{256}y - \frac{9}{64}x^2 - \frac{5}{16}xy - \frac{9}{64}y^2 +$$
$$+ \frac{9}{256}x^3 + \frac{9}{256}x^2y + \frac{9}{256}xy^2 + \frac{9}{256}y^3 + \frac{9}{32}x^3y + \frac{27}{64}x^2y^2 \qquad (5)$$
$$+ \frac{9}{32}xy^3 - \frac{81}{256}x^3y^2 - \frac{81}{256}x^2y^3.$$

Функция $N_5(x, y)$ не отличается от (4). Здесь «скрытых» параметров – 3.

Стоит отметить, что табулирование зависимости между узловыми нагрузками p_i и коэффициентами редукции α_i, β_i возможно только при наличии двух различных базисов элемента («родительской» пары). «Родительская» пара обеспечивает появление множества альтернативных моделей, в том числе и физически адекватных. Замечено [6], что новые модели наследуют полезные свойства «родительской» пары.

Выводы. Варьирование неузловых параметров — простой и удобный способ конструирования функций формы серендиповых конечних элементов. Не исключено, что теперь удастся установить геометрический (физический) смысл неузловых параметров. Первые шаги в этом направлении уже сделаны.

Список использованной литературы:

1. Ergatoudis I. Curved isoparametric «quadrilateral» elements for finite element analysis / I. Ergatoudis, B. M. Irons, O. C. Zienkiewicz // Intern. J. Solids Struct. — 1968. — № 4. — P. 31–42.
2. Хомченко А. Н. Некоторые вероятностные аспекты МКЭ / А. Н. Хомченко. — Ивано-Франковск : Ивано-Франк. ин-т нефти и газа, 1982. — 9 с.

3. Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике / О. Зенкевич. — М. : Мир, 1975. — 541 с.
4. Хомченко А. Н. Стандартные серендиповы многочлены и линейчатые поверхности / А. Н. Хомченко, Е. И. Литвиненко, И. А. Астионенко // Міжвуз. зб. «Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво». — Луцьк : ЛНТУ, 2011. — Вип. 6. — С. 266–269.
5. Литвиненко Е. И. Внутренние моды конечных элементов: преобразование лагранжевых моделей в серендиповы / Е. И. Литвиненко, А. Н. Хомченко // Вестник Херсонского национального технического университета. — Херсон : ХНТУ, 2012. — Вып. 2 (45). — С. 205–210.
6. Хомченко А. Н. Взвешенное усреднение базисов и наследственность в многопараметрических серендиповых аппроксимациях / А. Н. Хомченко, Е. И. Литвиненко, И. А. Астионенко // Геометричне та комп'ютерне моделювання. — Харьков : ХДУХТ, 2010. — Вип. 26. — С. 66–72.

Bicubic polynomial serendipity family received (built) by weighted averaging of the inner modes.

Key words: *bicubic polynomial, weighted averaging, inner modes.*

Отримано: 04.10.2012

UDC 004.048;004.5;004.82

I. A. Chimir*, Doctor of Technical Sciences,
Yu. O. Furtat,** Ph. D. Student

*Odessa State Economic University, Odessa
**Institute for Modelling in Energy of G. E. Pukhov
NAS of Ukraine, Kyiv, Kyiv

USING DOMAIN-INDEPENDENT DIALOG-BASED PROBLEM SOLVER TO FACILITATE DATABASE MANAGEMENT

Working with databases and forming queries to retrieve data requires knowledge of the stored data structure and access mechanisms. This can be a problem for unprofessional users. Means are to be developed to simplify this process, make it similar to the natural language use. in this article a domain-independent dialog-based problem solver is considered as one of such means.

Key words: *data manipulation language, database query, dialog, interrogative interaction, active agent, reactive agent.*

The dialog method of querying the database. Modern means of manipulating data in databases are increasingly focused on the inexperienced unprofessional user. One of the trends is the increasing in the "degree of non-procedure" in the data manipulation language (DML). In [1], a classification of a number of DML used to query the databases is given,