

ний фундамент для розрізнення хоча однакових за значеннями та різними загалом поняттями – індикаторною функцією та ймовірнісною мірою.

Література

1. Холево А.С. Вероятностные и статистические аспекты квантовой теории / А.С. Холево. – М. : Изд-во "Наука", 1980. – 319 с.
2. Холево А.С. Квантовая вероятность и квантовая статистика / А.С. Холево. – М. : Изд-во ВИНТИ. – 1991. – Т. 83. – С. 3-132.
3. Пастух О.А. Квантові нечіткі множини з комплексно значною характеристичною функцією і їх використання для квантового комп'ютера / О.А. Пастух // Вісник Хмельницького національного університету. – Хмельницький : Вид-во ХНУ. – 2006. – Т.1. – № 2. – С. 158-161.
4. Пастух О.А. Квантова нечітка випадкова подія та її маргінальна амплітуда ймовірності / О.А. Пастух // Вісник Хмельницького національного університету. – Хмельницький : Вид-во ХНУ. – 2006. – № 5. – С. 58-60.
5. Пастух О.А. Повний біунарний уноїд квантових нечітких булевих підмножин на просторі $[0; \infty)$ / О.А. Пастух // Вісник Хмельницького національного університету. – Хмельницький : Вид-во ХНУ. – 2007. – № 1. – С. 196-198.
6. Пастух О.А. Основи зв'язку між математичними формалізмами інформаційних систем, нечітких інформаційних систем та квантових інформаційних систем / О.А. Пастух // Вісник Хмельницького національного університету. – Хмельницький : Вид-во ХНУ. – 2008. – № 3. – С. 87-98.

УДК 004.942; 674.047

Асист. А.В. Бакалець – НЛТУ України, м. Львів

ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ МЕТОДУ СКІНЧЕННИХ ЕЛЕМЕНТІВ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ НЕІЗОТЕРМІЧНОГО ВОЛОГОПЕРЕНОСЕННЯ І В'ЯЗКОПРУЖНОГО СТАНУ У ДЕРЕВИНІ В ПРОЦЕСІ СУШІННЯ

Розглянуто програмну реалізацію математичної моделі в'язкопружного стану деревини у процесі сушіння як двовимірного анізотропного тіла. На основі об'єктно-орієнтованого підходу спроектовано та запрограмовано класи, потрібні для чисельних обчислень згідно з методом скінченних елементів. Для зберігання інформації про розбиття області на елементи та вузли використано структуру на основі списків, а не на основі масивів.

Assist. A.V. Bakalets – NUFWT of Ukraine, L'viv

Software implementation of finite elements method for modeling notisothermal moisture transfer and viscoelastic state of wood during drying process

Software implementation of mathematical model of viscoelastic state of wood during drying process as 2D anisotropic solid is considered. Based on object-oriented approach classes required for numerical calculation by finite element method are designed and programmed. For storage of information about laying out of area on elements and knots a structure is used on the basis of lists, but not on the basis of arrays.

Актуальність досліджень. Метод скінченних елементів (МСЕ) безумовно являє собою ефективний чисельний метод розв'язування інженерних та фізичних задач. Більшість робіт, що описують цей метод, можна умовно розділити на два напрями, які часто взаємодоповнюють один одного. Перший (теоретичний) стосується математичного обґрунтування МСЕ. Другий (інже-

нерний) – застосування методу для розв'язування складних технічних задач. Програмна ж реалізація часто асоціюється із здійсненням різних операцій над великими масивами різних розмірностей. У зв'язку із змінною концепцій програмування, пропонуємо розглянути застосування МСЕ до моделювання процесів сушіння деревини з іншого боку – його програмування на основі об'єктно-орієнтованого підходу.

Аналіз відомих результатів. У попередніх статтях сформульовано двовимірну задачу тепломасоперенесення для дослідження температурних та вологісних полів деревини [1] та двовимірну задачу визначення в'язкопружного стану деревини під час сушіння [2]. Там же наведене варіаційне формулювання для їхнього розв'язування на основі методу Гальоркіна. Комплексну математичну модель дослідження деформаційно-релаксаційних та тепломасообмінних полів у статті [3] використано для формулювання оптимізаційної задачі побудови режимів процесу сушіння деревини.

Структура програми чисельного розв'язування задач [1, 2]. Опираючись на формулювання вказаних задач опишемо програмну реалізацію МСЕ їхнього чисельного розв'язування на основі об'єктно-орієнтованого підходу, застосування якого дало змогу розкласти побудовану дискретну модель на множину класів. А весь процес програмної реалізації полягав у програмуванні, налагодженні та тестуванні роботи окремих класів. Пояснення зв'язків між запрограмованими класами здійснимо за допомогою діаграм UML (Unified Modeling Language – уніфікована мова моделювання).

Згідно з МСЕ, будь-яку неперервну величину можна апроксимувати дискретною моделлю, яка будується на множині кусково-неперервних функцій φ_{ij} , що визначені на скінченному числі підобластей Ω_e . Побудову дискретної моделі для апроксимації шуканих неперервних величин здійснено та описано у попередніх статтях шляхом варіаційного формулювання відповідних задач [1, 2]. Розбиття на підобласті Ω_e здійснено у вигляді прямокутників, оскільки область задачі – прямокутний поперечний переріз дерев'яного бруска. Тому базисні функції φ_{ij} вибрано у вигляді добутку поліномів Лагранжа [5]:

$$\varphi_{ij}(x_1, x_2) = L_i^{(n)}(x_1)L_j^{(m)}(x_2) \quad (1)$$

де: x_1, x_2 – декартові координати в напрямі осей анізотропії, n, m – степені поліномів Лагранжа.

Згідно з МСЕ, скінченні елементи Ω_e та базисні функції φ_{ij} взаємопов'язані, оскільки степінь базисної функції (1) визначає кількість вузлів, на яких будується скінченний елемент і навпаки. Крім цього, згідно з алгоритмом потрібно обчислювати інтеграли за областю скінченного елемента у який входить базисна функція або її похідна, тобто:

$$\iint_{\Omega_e} \lambda_i \frac{\partial \varphi_i}{\partial x_k} \varphi_j d\Omega, \quad (2)$$

де λ_i – певний заданий коефіцієнт. Під час програмування цих двох сутностей як класів їх можна узагальнити: скінченний елемент (*TUElem*) наслідує порядок, що зберігається у класі базисних функцій (*TUInterpolation*) (рис. 1).

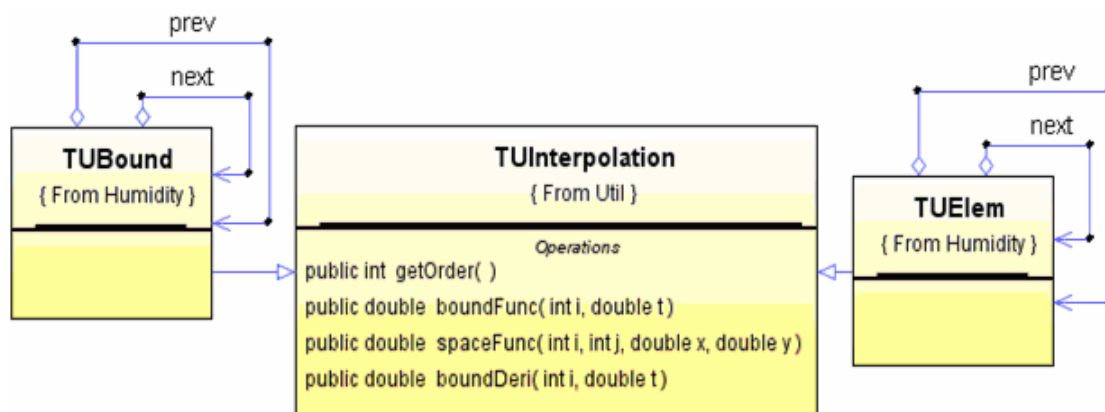


Рис. 1. Відношення узагальнення між класами

Для обчислення одинарних інтегралів за границею області аналогічно визначений клас граничний елемент (*TUBound*), який також наслідує клас базисних функцій (*TUInterpolation*) (рис. 1).

Скінченні і граничні елементи будуються на певній мережі вузлів, якою покривається область задачі. Постає питання, як реалізувати зв'язок між елементом та вузлами, на яких його побудовано. Відомі програмні реалізації методу скінченних елементів [4, 5] потребують використання масивів різних розмірностей. Зокрема, перший масив зберігає усі вузли (їхні номери, координати тощо), другий встановлює відповідність номерів скінченних елементів номерам вузлів, що їм належать, а третій зберігає номери граничних вузлів. Це потребує під час написання та налагодження програмного коду слідкувати за відповідністю розмірностей та індексів масиву і є одним з місць виникнення помилок у програмі.

У цій програмній реалізації МСЕ для збереження усієї множини вузлів (*TUNode*), які накладаються на область задачі, використано двозв'язний замкнений список (схематично зображений на рис. 2). Кожен елемент списку містить вказівники на попередній та на наступний елементи (перші на останній, а останній на перший) та будь-які власні дані. Вказівники на голову та поточний елемент списку дають змогу здійснювати всі потрібні дії: переміщуватися за елементами, додавати або видаляти їх.

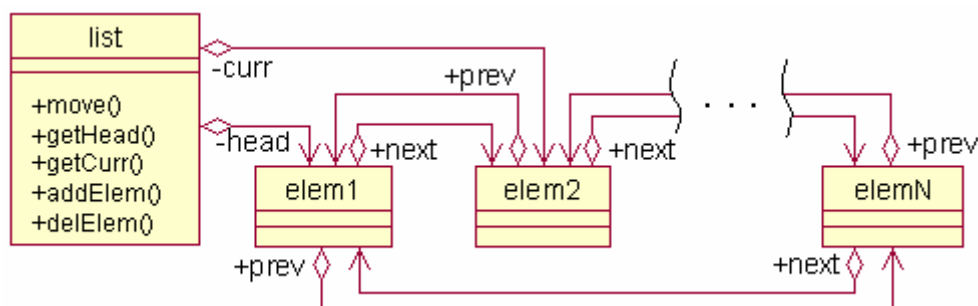


Рис. 2. Діаграма об'єктів, які утворюють двозв'язний замкнений список

Здійснити обхід елементів списку (незалежно від їхньої кількості) не складніше ніж перебрати елементи масиву. Наступна частина коду (мовою програмування Java) перебирає усі елементи певного списку і уможливорює використання методу `calculateMatrice()` для кожного елемента:

```
elems.setHead();
do {
    elems.getCurr().calculateMatrice();
} while (elems.move(1) != elems.getHead());
```

Шукані вузлові значення виділено в окремий клас (*TUValues*). У випадку задачі тепломасоперенесення він містить значення температури T та вологості U у певний момент часу. Таким чином, кожен вузол (*TUNode*) – це точка (*Point*) з певними координатами, він містить вказівники на попередній та наступний вузли та масив вузлових значень (*TUValue*) для різних моментів часу (рис. 3).

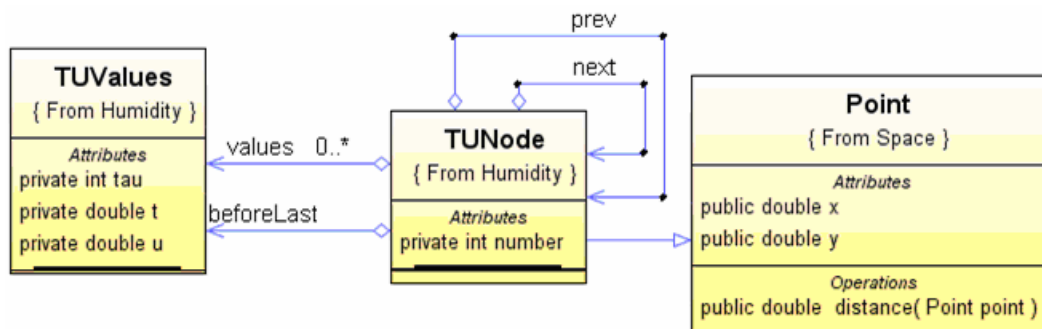


Рис. 3. Відношення між класами, що зберігають вузли і вузлові значення

Збереження множини скінченних та граничних елементів також організовано на основі двозв'язних замкнених списків. Скінченні та граничні елементи містять вказівники на вузли, що їм належать, а отже звертаються напряму до своїх вузлів. Діаграма класів, які реалізують розбиття області та зберігання вузлових значень зображена на рис. 4.

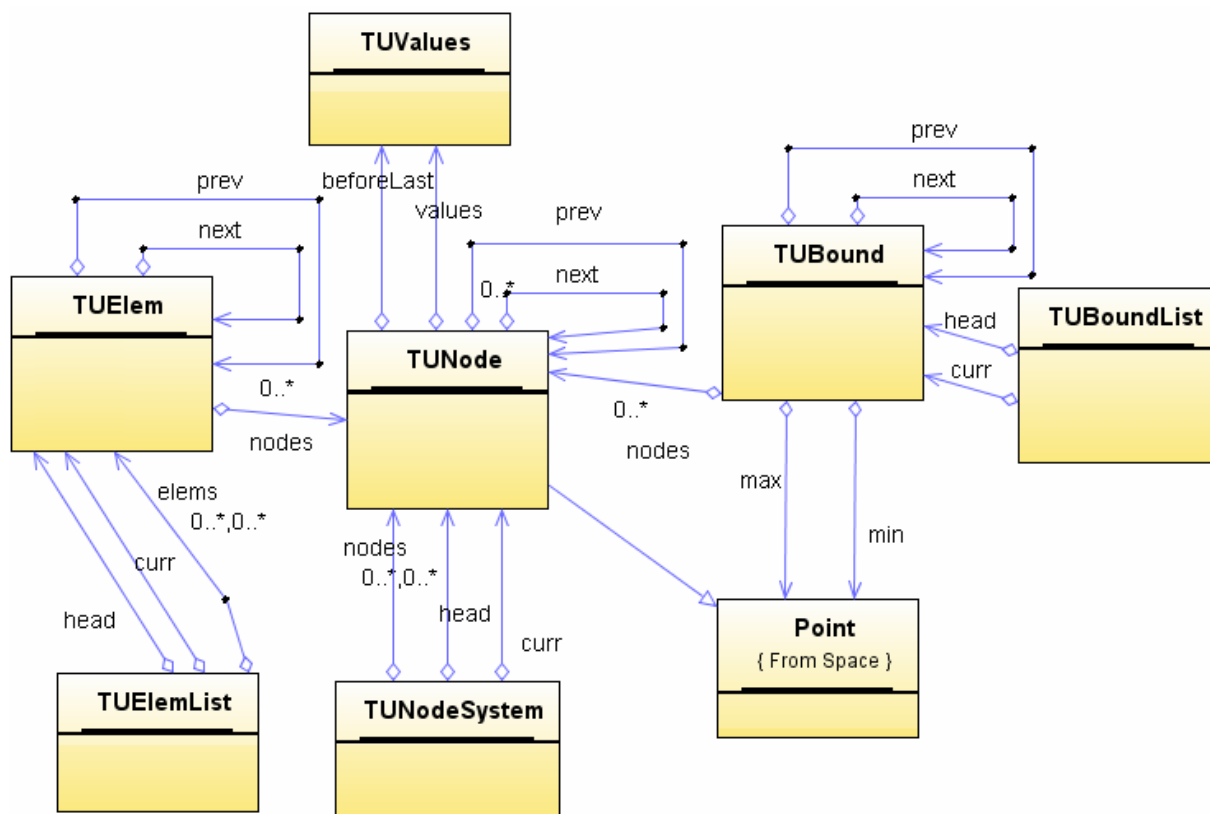


Рис. 4. Діаграма класів реалізації розбиття області для задачі тепломасоперенесення

До основних переваг запропонованого у роботі способу використання списків належать такі:

- 1) немає потреби зберігати порядкові номери елементів. Можна здійснити послідовний обхід елементів у будь-якому порядку (від початку до кінця і від кінця до початку) і починаючи з будь-якого;
- 2) під час обходу кожен елемент може звернутись до своїх вузлів. Кожен вузол знає свій порядковий номер, а отже, "знає", у яку комірку відповідної матриці повинне потрапити значення обчисленого інтегралу від базисної функції, що відповідає цьому вузлу.
- 3) не витрачається додаткова пам'ять на роботу з масивами, що, зберігаючи номери, встановлюють відповідність між елементами та вузлами. Через вказівники елементи звертаються лише до тих вузлів, з якими вони повинні взаємодіяти. Про існування інших вузлів вони "не знають".

Зображені на рис. 4 класи відображають лише частину прикладної програми – структуру, потрібну для зберігання розбиття області, вузлових значень та базисних функцій задачі тепломасоперенесення. Аналогічну структуру побудовано для зберігання компонент переміщень, деформацій та напружень (адже кількість розбиття області на вузли у двох задачах може бути різною). Відмінність полягає лише в тому, що вона не містить граничних елементів (*TUBound*) та їхнього списку (*TUBoundList*), адже у варіаційне формулювання задачі визначення в'язкопружного стану входять лише подвійні інтеграли за областю [2].

Для реалізації решти етапів, які потрібно здійснити згідно зі загальним алгоритмом МСЕ, запрограмовані класи, які організовують: зберігання матриць та розв'язування систем лінійних алгебраїчних рівнянь, чисельне інтегрування на основі квадратурних формул Гауса та графічний інтерфейс користувача. Для здійснення операцій над векторами та матрицями, розв'язування систем лінійних алгебраїчних рівнянь, було використано пакет класів *Jama* [6].

Висновок. Здійснено програмну реалізацію методу скінченних елементів для визначення напружено-деформованого стану за змінних температурно-вологісних полів деревини як двовимірного ортотропного матеріалу. Використовуючи об'єктно-орієнтований підхід, запрограмована множина класів, які реалізують роботу кожної із сутностей, потрібних для здійснення обчислень згідно з методом скінченних елементів. Для зберігання інформації про розбиття області на елементи та вузли використано структуру на основі списків, а не на основі масивів.

Література

1. Бакалець А.В. Моделювання нелінійних тепломасообмінних процесів у висушуваній деревині методом скінченних елементів / А.В. Бакалець, Я.І. Соколовський // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". Серія: Комп'ютерна інженерія та інформаційні технології. – Львів : Вид-во НУ "Львівська політехніка". – 2005. – Вип. 543. – С. 58-63.
2. Соколовський Я.І. Чисельне моделювання деформаційно-релаксаційних і тепломасообмінних полів у висушуваній деревині методом скінчених елементів / Я.І. Соколовський, А.В. Бакалець // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2005. – Вип. 15.4. – С. 64-71.

3. Соколовський Я.І. Моделювання та оптимізація технологічних режимів сушіння деревини / Я.І. Соколовський, А.В. Бакалець // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". Серія: Комп'ютерна інженерія та інформаційні технології. – Львів : Вид-во НУ "Львівська політехніка". – 2008. – Вип. 629. – С. 105-111.

4. Дендюк М.В. Застосування методу кінцевих елементів для розрахунку нестационарних полів вологоперенесення у висушуваній деревині / М.В. Дендюк, В.П. Поберейко, Я.І. Соколовський // Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість : міжвідомчий наук.-техн. зб. – Львів : УкрДЛТУ. – 2003. – Вип. 28. – С. 100-106.

5. Метод конечных элементов: теория, алгоритмы, реализация / В.А. Толок, В.В. Киричевский и др. – К. : Вид-во "Наук. думка", 2003. – 316 с.

6. JAMA: A Java Matrix Package. [Електронний ресурс]. – Доступний з <http://www.math.nist.gov/javanumerics/jama>.

УДК 336.22

*Доц. М.В. Корягін, канд. екон. наук; здобувач І.В. Гончарук;
доц. С.С. Гринкевич, канд. екон. наук. – Львівська КА*

СТРУКТУРНИЙ АНАЛІЗ ПОДАТКОВОЇ СИСТЕМИ

Розглянуто структурну побудову податкової системи із узагальненням цілої низки класифікаційних підходів щодо суб'єктів та об'єктів оподаткування, носіїв податку, джерел сплати податку, типів податкових систем, класифікації податків, класифікації податкових ставок та методів їх встановлення, способу справляння податку та його зарахування на бюджетні рахунки. Встановлено, що ефективність фіскально-економічної політики ґрунтується на оптимальному поєднанні окремих елементів системи оподаткування: платників, суб'єктів, носіїв податку, об'єктів оподаткування, джерел сплати податків, податкових ставок, пільг, квот тощо. Полею для подальших досліджень може бути специфіка та особливості запровадження податків на майно в умовах вітчизняної економіки.

*Assoc. prof. M.V. Koryagin; competitor I.V. Goncharyk;
assoc. prof. S.S. Grunkevich – L'viv commercial academy*

Structural analyse of tax system

Structure of tax system is covered on the basis of consolidation of a whole range of classification approaches towards subjects and objects of taxation, tax bearers, sources of tax paying, types of fiscal systems, types of taxes and tax rates, methods of their establishing and taking them into budget accounts. It is set that efficiency fiscal-economic politicians based on optimum combination of separate elements of the system of taxation: payers, subjects, transmitters of tax, objects of taxation, sources of payment of taxes, tax rates, privileges, quotas, and others like that. By the Field for subsequent researches there can be a specific and features of introduction of taxes on property in the conditions of domestic economy.

Вступ. Завдання фіскально-економічної політики держави потребує поряд із встановленням та практичною реалізацією окремих форм оподаткування також і наукового обґрунтування елементів оподаткування, оскільки саме від них залежить механізм справляння того чи іншого податку, що підтверджує актуальність порушеної проблематики.

Загальні питання класифікації та структуризації податкових систем розглянуто в працях Т. Єфіменко, Ю. Іванова, І. Лютого, А. Пешко, А. Соколовської, С. Юрія [1-6]. Проте, існують відмінні підходи до трактування та класифікації тих чи інших елементів податкової системи, їхніх переваг та застосування. Відтак визріла потреба їх системного узагальнення.