

ЗАСТОСУВАННЯ ОБ'ЄКТНО-ОРІЄНТОВАНОГО ПРОГРАМУВАННЯ ДО ВИКЛАДАННЯ КУРСУ ЧИСЕЛЬНИХ МЕТОДІВ

Семеріков С.О.

Криворізький державний педагогічний університет

Існуючі зараз універсальні математичні бібліотеки є в основному результатом тривалої еволюції процедурного програмування і мають досить обмежені можливості для подальшого розвитку. Об'єктно-орієнтований підхід (ООП) забезпечує більш радикальні засоби для бажаної інтеграції і модифікації програмного забезпечення, зарекомендувавши себе ефективною технологією в системному і прикладному програмуванні. В зв'язку з цим певне наукове і практичне значення набуває дослідження можливостей застосування ООП до програмування задач обчислювального характеру, а також створення єдиного об'єктно-орієнтованого інструментального математичного середовища для підтримки курсу обчислювальної математики.

Мета цього повідомлення – звернути увагу на спільність принципів ООП і методологічних основ обчислювальної математики, а також представити результати проектування і розробки математичної об'єктно-орієнтованої бібліотеки. Оскільки ООП забезпечує достатньо потужну і гнучку технологію розвитку існуючого програмного забезпечення, а класи математичної бібліотеки реалізують найзагальніші проблемно-інваріантні поняття, бібліотека класів може розглядатися в якості базового інструментального середовища для розробки курсу обчислювальних методів. При цьому інтерфейс бібліотечних класів утворює своєрідну мову, максимально наближену до природної математичної, використання якої зближає етапи алгоритмічного і програмного проектування і істотно полегшує програмування обчислювальних задач.

Розроблювана математична бібліотека призначена передусім для постановки і рішення стандартних задач обчислювальної математики, що складають її традиційні розділи: чисельний аналіз, лінійна алгебра, нелінійні рівняння і оптимізація, математичне програмування, звичайні диференціальні рівняння, рівняння у частинних похідних.

Разом з тим, об'єктна організація бібліотеки забезпечує важливі інструментальні можливості для природного розширення проблемного і методичного наповнення бібліотеки і адаптацію його до конкретних прикладних проблем з використанням відомих об'єктних парадигм.

Проектування бібліотеки здійснене на основі об'єктно-орієнтованого аналізу обчислювальної математики; в результаті виділені групи об'єктів, що відіграють важливу роль і є конструктивними для можливих програмних реалізацій. Необхідною складовою об'єктно-орієнтованого аналізу є встановлення відношень спільності між виділеними об'єктами, що приводить до організації цілісних ієрархій успадковуваних класів, що забезпечує неформальне застосування об'єктних парадигм. Результатом проведеного аналізу є

розроблені математичні класифікації, які складають багаторівневу ієрархію класів, що є теоретичною основою для об'єктно-орієнтованої реалізації.

Спроектowana математична бібліотека являє собою систему класів на мові C++, що виражають основні конструктивні поняття обчислювальної математики. Бібліотека концептуально побудована на фундаментальній об'єктно-орієнтованій триаді "математичний об'єкт - обчислювальний алгоритм - чисельна проблема". Аналіз принципів ООП (інкапсуляції, успадкування і поліморфізму) стосовно даної триади виявляє важливі парадигми, що і використовуються в якості практичної основи для об'єктно-орієнтованої реалізації.

Бібліотеку організовано у вигляді цілісної ієрархії успадковуваних класів. Вершиною ієрархії є суперклас, статичні члени якого містять необхідні математичні і машинно-залежні константи, а методи реалізують загальносистемні функції бібліотеки: обробку помилок, підтримку потоків введення/виведення і операційні засоби управління ресурсами.

Безпосередніми спадкоємцями суперкласу є класи розділів бібліотеки і напрямків, в рамках яких планується вивчення обчислювальних методів. Нижня частина ієрархії продовжується математичними, алгоритмічними і проблемними класами, що відповідають певним розділам бібліотеки. Близькі за виділеними ознаками об'єкти утворюють самостійні підієрархії класів, що неформально відображають спільність математичних властивостей споріднених об'єктів.

Найбільш розвинені і змістовні ієрархії складають матричні і функціональні класи, що інкапсулюють основні методи і операції лінійної алгебри і чисельного аналізу. Будучи визначеними і частково реалізованими на рівнях матричних і функціональних суперкласів, дані методи можуть бути перевизначені в приватних успадковуваних класах з урахуванням специфіки властивостей об'єктів, прийнятих в якості класифікаційних критеріїв.

Матрична ієрархія охоплює широкі класи елементарних, спеціальних і довільних матриць. Сімейство елементарних матриць складають матриці Хаусхолдера, Якобі, Гівенса, масштабування і перестановок. Спеціальну групу утворюють матриці Жордана, Вандермонда, Ганкеля, Грамма, Гільберта, теплицеві і циркулянтні матриці. Нарешті, групу довільних матриць складають діагональні, блочні, щільні і хаотичні матриці, а також їхні симетричні варіанти. Особлива увага приділена аспектам розробки матричного забезпечення, що орієнтувалось на істотно різноманітні форми розрідженості. Для цього в склад бібліотеки включені класи, що підтримують координатний, рядковий формати, формат Кнута, а також векторні класи. Методи матричних класів реалізують унарні і бінарні алгебраїчні операції, базові операції лінійної алгебри, елементарні матричні перетворення, рішення систем лінійних рівнянь, задачі найменших квадратів, проблем власних значень.

Функціональна ієрархія включає класи скалярних і векторних функцій однієї і декількох змінних. Скалярні функції однієї змінної інкапсулюють методи обчислення функції, диференціювання, інтегрування, пошук нулів і екстремумів. Для скалярних функцій декількох змінних поряд з оператором

обчислення функціонала визначені засоби обчислення градієнту і гессіана, а також процедури умовної і безумовної оптимізації. Для векторних функцій декількох змінних визначені необхідні процедури обчислення якобіана і рішення систем нелінійних алгебраїчних рівнянь.

Важливу функціональну групу складають класи поліномів, наведені в ієрархії канонічними формами, класичними інтерполяційними многочленами, ортогональними системами і сплайнами. Класичні інтерполяційні многочлени представлені поліномами Лагранжа, Ньютона, Ерміта, Бесселя, Гаусса і Стірлінга, а також поданням Бернштейна-Без'є. Ортогональні сімейства утворюють многочлени Чебишева, Лаггера, Ерміта, Лежандра і Якобі. Сімейство сплайнів складають класи лінійних, кубічних, раціональних і B-сплайнів.

Поліноміальний суперклас визначає методи, здійснюючі доступ до коефіцієнтів полінома, інтерполяцію, апроксимацію. Канонічні поліноми, крім того, реалізують унарні і бінарні операції поліноміальної алгебри, процедури конструювання полінома, що є похідною або первісною заданого.

Відзначимо, що самі алгоритми і задачі обчислювальної математики також представляються ієрархіями класів, що дозволяє інтегрувати і уніфікувати чисельне програмне забезпечення. Класи обчислювальних алгоритмів безпосередньо реалізують чисельні методи з урахуванням вимог до точності і обчислювальних ресурсів.

Подібним чином будуються проблемні класи. Прикладами останніх можуть служити системи лінійних рівнянь, задачі математичного програмування, нелінійні рівняння, умовна і безумовна оптимізація, задачі Коші і крайові задачі. Введення проблемних класів в загальну ієрархію дозволяє досягнути бажаної спільності в програмних реалізаціях близьких задач, що розрізняються лише типами математичних об'єктів.

Підсумовуючи, зазначимо, що

1. Наявність готової бібліотеки математичних об'єктів суттєво прискорює процес програмної реалізації метода, скорочуючи не лише витрати часу на написання програми, а й її обсяг, роблячи її більш «прозорою» за рахунок підвищення рівня абстракції до операцій над новими типами даних. Параметризація програм дозволяє породжувати з шаблонів типів спеціалізовані реалізації, роблячи, наприклад, з параметризованої матриці дійсну, комплексну чи функціональну простою підстановкою типу.

2. Застосування розробленої бібліотеки дозволило розширити традиційний курс чисельних методів розділами, програмна реалізація яких засобами процедурного програмування звичайно викликає утруднення, по-новому поглянути на традиційні методи і розширити межі їх застосування.

3. Апробація курсу «Чисельні методи в об'єктній методології» протягом останніх років свідчить про підвищення якості засвоєння навчального матеріалу за рахунок переключення уваги студентів з деталей програмної реалізації на сам метод завдяки наближенню програмного запису алгоритма до природного математичного.