

УДК 378.147:51:004.9

О. І. Тютюнник;**В. М. Михалевич,** д-р техн. наук, проф.

ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМ КОМП'ЮТЕРНОЇ МАТЕМАТИКИ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ НАВЧАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

На основі аналізу існуючих класифікацій систем комп'ютерної математики запропоновано виділити два основних класи, одним з яких є системи комп'ютерної алгебри. Запропоновано уточнення відомих тлумачень системи комп'ютерної алгебри. Вперше сформульовано критерії оцінки та вибору середовища СКМ для створення ПЗНП та навчальних тренажерів з автоматизованим відтворенням покрокового ходу розв'язання типових задач математики.

Вступ

Згідно з оцінками експертів [1—3] в освіті України відбуваються процеси, які можна характеризувати як зародження нового інформаційно-освітнього середовища. Інформатизація суспільства та поширення різноманітних електронних засобів навчання сприяли появі нового феномену «електронна педагогіка», яка, спираючись на здобутки класичної психолого-педагогічної науки, розробляє специфічні завдання створення й ефективного впровадження в освітню практику інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) [4—7]. Обов'язковими складовими інформаційно-освітнього середовища є ІКТ та електронні засоби навчального призначення (ЕЗНП). Вбудовування в навчально-виховний процес ІКТ відбувається шляхом застосування відповідного обладнання (комп'ютери, інфокомунікаційні мережі тощо). ЕЗНП слугує складовою освітнього середовища, за допомогою якої опосередковано зміст навчання та управління процесом навчання. В свою чергу ЕЗНП включає програмні засоби навчального призначення (ПЗНП). Автори [8] до ПЗНП відносять програмні засоби, призначені для використання в навчально-виховному процесі системи освіти, а також у процесі підготовки, перепідготовки та підвищення кваліфікації кадрів сфери освіти з метою вдосконалення процесу навчання, розвитку особистості та відкриття додаткових можливостей рефлексії слухачами. Широкі кола науковців пов'язують з розробкою та застосуванням ПЗНП створення передумов для суттєвого підвищенні якості освіти.

Очевидно, що розробка та застосування ПЗНП має базуватися на розробці вимог до ПЗНП і критеріїв їх оцінювання. Ця проблема стала темою великої кількості наукових досліджень як в нашій країні, так і за кордоном [1—3, 9]. Очевидно, що «неможливо скласти універсальну систему вимог до всіх класів програмного забезпечення. Неможливо скласти єдину систему характеристик якості» [10]. Розробка критеріїв оцінки якості ПЗНП має базуватися на класифікації вказаних засобів. Авторами [8] розроблено загально-дидактичні, спеціальні методичні вимоги до електронних засобів навчально-виховного призначення та класифікація електронних засобів навчання. У цій класифікації введено категорію програмних засобів типу діяльнісного предметно-орієнтованого середовища, до яких відносять моделюючі програмні засоби, призначені для візуалізації об'єктів вивчення та виконання певних дій над ними. Як приклад програмних засобів цього типу наведено пакети Gran2D та GranW, які можуть бути використані як для індивідуального навчання, так і для фронтальної демонстрації. Очевидно, що під цю категорію підпадають і широкий клас систем комп'ютерної математики (СКМ). Наукова спільнота пов'язує із використанням подібних систем можливість істотного підвищення якості математичної підготовки студентів технічних закладів освіти. В той же час зазначається, що впровадження ІКТ на основі СКМ має відбуватися через створення електронних книг, підручників і посібників, комп'ютерних навчально-методичних комплексів [11].

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Отже, до ПЗНП мають бути віднесені не тільки самі СКМ, а в першу чергу електронні навчально-методичні комплекси, що створено на їх основі. Елементи подібних комплексів розроблено

авторами [12], які запропонували реалізацію концепції адаптації СКМ Maple для навчання вищої математики студентів технічних спеціальностей через створення навчальних тренажерів для автоматизованого відтворення покрокового ходу розв'язання математичних задач. Показано, що використання запропонованої методики використання навчальних тренажерів є ефективним сучасним засобом формування умінь і навичок розв'язування типових задач вищої математики як елементів процедурної компетентності майбутніх спеціалістів.

Разом з тим, велика кількість існуючих СКМ породжує проблему обґрунтованого вибору конкретної системи для розробки ПЗНП на їх основі. Очевидно, що обґрунтований вибір може бути здійснений тільки на основі детального аналізу СКМ, який починається з їх класифікації.

В роботах В. І. Клочка, Ю. В. Триуса, С. А. Ракова, С. А. Семерікова, О. В. Співаковського та ін. розглянуто різні класифікації СКМ. Але до цього часу відсутня загальноприйнята класифікація та аналіз математично орієнтованих програмних продуктів як середовища розробки ПЗНП, що спрямовані на підтримку вивчення математичних дисциплін. До того ж необхідно враховувати динаміку СКМ, під час якої з одного боку зникають або втрачають актуальність одні системи, а з іншого — з'являються як нові версії відомих продуктів з принципово новими функціональними властивостями, так і нові проекти на основі існуючих та нових систем. Крім цього, зростає накопичений педагогічний досвід використання подібних систем. В результаті, класифікація та аналіз таких СКМ, що актуальні на цей момент потребують постійного перегляду та осмислення. І рахунок тут іде навіть не на роки, а іноді на місяці.

Метою статті є розробка принципів класифікації та аналіз СКМ як середовища розробки ПЗНП для вивчення вищої математики студентами інженерних та економічних спеціальностей.

Основна частина

Ю. В. Триус пропонує умовно виділити серед програмних засобів комп'ютерної математики такі основні класи [13]:

1. Системи для чисельних розрахунків (програми-калькулятори).
2. Табличні процесори (VisiCalc, SuperCalc, OmniCalc, Lotus 1-2-3, Quattro Pro, Microsoft Excel).
3. Матричні системи (перші версії Matlab (від Matrix Laboratory)).
4. Системи для статистичних обчислень (Statistica, SPSS, S-PLUS, StatGraphics Plus).
5. Спеціалізовані програми і пакети (Advanced Grapher, Axum, Dynamic Solver, Electronics WorkBench, Grapher, Gran1, Gran-3D, MathPlot, MicroCAP, SigmaPlot, Simulink).
6. Системи комп'ютерної алгебри (CAS — Computer Algebra System) (Derive, MuPad, Reduce, Macsyma).
7. Системи комп'ютерної геометрії (CGS — Computer Geometry System) (Cabry, SketchPad, Next, DG, Gran-2D, WinGCLC).
8. Системи комп'ютерної математики (CMS — Computer Mathematical System) або універсальні математичні системи (GAUSS, MathCad, Matlab, Maple, Mathematica).

У цій класифікації виділяються клас систем для чисельних розрахунків, але до них не віднесено табличні процесори, матричні системи, системи для статистичних обчислень та ін., для яких введено окремі класи.

В роботі [14] так само умовно пропонується класифікація програмових засобів, «що орієнтовані на розв'язування *математичних задач*» за іншими шістьма основними класами:

1. Вмонтовані засоби систем програмування (мови програмування загального призначення: Algol, PL/1, Basic, C, Pascal і т. д.).
2. Спеціалізовані мови програмування орієнтовані на розв'язування математичних задач: Fortran, Lisp, Hope, SmallTalk, Пролог.
3. Вузькоспеціалізовані і спеціалізовані пакети MacMath, Eureka, SPSS, StatGraph та ін.
4. Пакети комп'ютерної алгебри (CAS) (Derive, Reduce, Macsyma, MuMath, MatLab, MathCAD та ін.).
5. Пакети динамічної геометрії (DGS — Computer Geometry System) (Cabri, SketchPad, Sinderella, Next, Gran-2D, DG і інші.).
6. Комп'ютерні математичні системи (CMS — Computer Mathematical System), які об'єднують в собі компоненти усіх інших математичних систем, зокрема експертної системи, яка надає можливість не тільки в автоматичному режимі отримувати розв'язок задачі у вигляді кінцевої відповіді, а й отримувати роз'яснення покрокового ходу процесу розв'язування. На думку автора [14], одним

із основних напрямків вдосконалення існуючих пакетів полягає в оснащенні «педагогічними режими роботи: експертним, навчальним, контролювальним, що приведе до нового класу КМС — ПДКМС (PDCMS — Pedagogical Dynamic Computer Math System)».

Зазначимо, що під математичними задачами в [15] розуміється будь-яка задача, алгоритм якої може бути описаний в термінах того чи іншого розділу математики.

В обох варіантах системи комп'ютерної алгебри (CAS — СКА) виділяються в окрему підгрупу, але програмні додатки, які віднесено до цієї категорії, дещо різняться. Такі системи, як Derive, Reduce, Macsyma присутні в обох варіантах, MuPad, MuMath, MatLab, MathCAD — тільки в одному. Системи Maple та Mathematica цілком справедливо віднесено до універсальних математичних систем. Але вказані системи є найпотужнішими серед СКА і більше, як 10 років залишаються лідерами у цьому класі додатків [15].

Отже, відсутність таких систем у категорії СКА, на наш погляд, поповнює список недоліків класифікацій, що розглядаються. Цей конкретний недолік є наслідком більш загального, який полягає у розподіленні програмних засобів за різними категоріями без «повертання» або за відсутності «перетину». Іншими словами, не вказано на можливість віднесення одного й того самого програмного засобу до різних категорій.

Авторами [16] пропонується класифікувати всі програмні засоби, що орієнтовані на розв'язання математичних задач, за такими п'ятьма рівнями: 1) вбудовані засоби різного ступеня розвитку тієї або іншої системи програмування; 2) спеціальні мови програмування; 3) вузько-спеціальні; 4) спеціальні; 5) загальні пакети прикладних програм.

До першого рівня віднесені такі системи програмування, як Basic, C, Pascal-XSC, PL/1 та ін., до другого — Fortran, ISETL, Prolog та ін. Третій рівень представлений як бібліотеками математичних підпрограм (SSP, NAG, ПНП-БІМ та ін.), так і вузько-спеціальними пакетами MacMath, Phaser, VossPlot, Eureka та ін. До четвертого рівня віднесено такі пакети, як S-Plus, XploRe, SAS, Dynamics, StatGraf, SPSS, BMDP, PL/1-Formac, Systat та ін.

П'ятий рівень раніше представляли три основних математичних пакети: MathCAD, Reduce і MatLab.

Ми поділяємо точку зору авторів [11], які пропонують умовне ділення всіх додатків для розв'язання математичних задач на два класи: 1. Системи з інтелектуальним ядром і експлікованою ідеологією символічних перетворень (наприклад, Maple, Mathematica, MuPAD, Maxima, Reduce, Derive, Magma, Axiom). 2. Різноманітні системи, що забезпечують прикладні обчислення в різних областях наукового дослідження: MathCAD, MATLAB, TK Solver, Nspire, LiveMath.

В той же час термін «прикладні обчислення», який автори [11] використовують для характеристики другого класу, не конкретизується.

Термін «прикладний», означає щось таке, що має практичне значення та може знайти застосування на практиці. Але ж очевидно, що і системи для реалізації символічних перетворень мають як теоретичне так і прикладне значення. Отже, термін «прикладні обчислення» є, очевидно, невдалим і напевне його краще замінити терміном «чисельні обчислення».

Тут доречно зауважити, що автори [11] звертають увагу на не цілком коректне використання в педагогічній літературі термінології, пов'язаної з системами комп'ютерної математики. Саме в зв'язку із цим ними на порядок денний і висувається проблема класифікації СКМ. В той же час відсутня послідовність, або достатня чіткість визначення указаними авторами самого тлумачення СКМ. Так в одному абзаці зазначається «Следующий шаг в развитии средств автоматизации расчетов — это создание программ, позволяющих производить символьные (аналитические) математические преобразования. Это фактически позволяет человеку в его интеллектуальной деятельности моделировать в реальном времени, не говоря уже об увеличении производительности. Именно такое программное обеспечение мы называем — компьютерной математикой. Системы компьютерной математики (СКМ) в роли вычислительного инструмента — объективный исторический факт». Звідси випливає, що під СКМ автори [11] розуміють тільки програми, що надають можливість здійснювати символічні (аналітичні) математичні перетворення. Але далі автори пропонують ділення СКМ на два класи, одним з яких є клас систем для забезпечення символічних обчислень.

В цій роботі пропонується умовно розділити СКМ на дві категорії: додатки, які націлені на реалізацію символічних обчислень та додатки для розв'язання математичних задач чисельними методами. Клас додатків, орієнтованих на символічні обчислення, звичайно називають системами комп'ютерної алгебри (CAS).

Умовність поділу всіх СКМ на дві великі групи, на наш погляд, полягає в тому, що системи, які призначено в першу чергу для забезпечення символьних обчислень, підтримують і традиційні чисельні обчислення. Крім того, характерною рисою сучасних СКМ є їх гібридний характер, який проявляється у високій ефективності таких системи під час розв'язування широкого кола задач наявністю як символьних, так і чисельних обчислень.

Оскільки аналіз СКМ ми проводимо з точки зору ефективності їх застосування у навчанні студентів нематематичних спеціальностей окремим розділам вищої математики, в яких головні акценти поставлено на опанування дій, що пов'язані з символьними перетвореннями, надалі детально розглядатимемо СКМ першого класу.

Згідно з тлумаченням [15] система комп'ютерної алгебри (СКА) (Computer Algebra System — CAS) являє собою тип програмного засобу, що призначений для маніпулювання математичними формулами. В [16] під СКА або системою символьних обчислень (ССО) розуміють потужний програмний продукт, здатний вирішувати широке коло завдань з різним рівнем обчислювальної складності, починаючи від простих перетворень виразів: поліномів, рядів, раціональних функцій і формул, і аж до розв'язання різних систем рівнянь.

Розробники вітчизняної СКА Аналітик-2010 [17] зазначають, «що основними тенденціями на сучасному етапі є подальший розвиток СКА як універсальних систем розв'язування прикладних задач чисельно-аналітичними методами, а також інтелектуалізація, спрямована на автоматизацію процесу розв'язування складних задач. Новою тенденцією є інтелектуалізація етапу розробки програмного забезпечення і перетворення СКА в інтегровані середовища розробника для автоматизації процесу розв'язування складних теоретичних і прикладних задач».

Основним завданням СКА є автоматизація досить громіздких і складних символьних перетворень. В цьому полягає основна відмінність між СКА та іншими системами комп'ютерної математики, основним завданням яких є забезпечення високоефективними інструментами розв'язання задач чисельними методами. Слід зазначити, що як цілі, так і можливості СКА змінюються в досить широкому діапазоні, але все ж таки основна їх мета залишається незмінною, а саме: обробка символьних виразів [15].

Яскравим прикладом є система Maple, яка створювалася та розвивалася впродовж багатьох років як СКА. Але, починаючи з версії Maple 6, в обчислювальне середовище системи імплантовано пакет NAG (Numeric Algorithms Group) — відомого серед фахівців з чисельних методів пакета високо ефективних матричних обчислень [18]. Інший, не менш яскравий приклад: у середовище системи MATLAB, яка фактично є лідером серед систем для чисельних обчислень, на цей час імплантовано ядро СКА MuPAD, яке функціонує як окрема компонента [17].

Авторами [15] підкреслюється, що СКА істотно вплинули на методику викладання математики та інших математично-орієнтованих дисциплін: «Текущие лидеры в данной области — Maple, Mathematica, и в определенной мере также MuPAD. Данные системы, как правило, используются математиками, исследователями и инженерами, активно использующими математические методы, наряду с использованием данных систем в совершенствовании преподавания математически-ориентированных курсов».

З огляду на необхідність врахування зазначеного впливу та сучасних тенденцій розвитку СКА пропонується уточнене тлумачення таких систем. Система комп'ютерної алгебри являє собою універсальну систему, що здатна вирішувати широке коло завдань і в першу чергу розв'язувати математичні задачі чисельно-аналітичними методами, основним завданням якої є автоматизація досить громіздких і складних символьних перетворень.

Наукова спільнота пов'язує із використанням СКА значний потенціал у підвищенні ефективності навчання студентів математики та інших математично-орієнтованих дисциплін, але притримується одноставної думки, що відбуватися це повинно через створення відповідного навчально-методичного забезпечення, зокрема розробкою ПЗНП, що створює неосяжний простір для творчих педагогів.

У разі відсутності ґрунтовного теоретико-методичного обґрунтування використання СКА виникає небезпека підміни навчання основам математики навчанням основам роботи з математичними системами, про що автор [19] попереджав багато років тому.

Висловлюючись мовою теорії навчальних задач, виникає загроза підміни навчальної задачі однієї дисципліни (наприклад, вищої математики) навчальними задачами інших дисциплін (інформатика, фізика, чисельні методи) математичне моделювання.

В літературі відсутні ґрунтовні роботи з аналізу та порівняння сучасних СКА з точки зору оцінки їх середовища для створення ПЗНП та навчальних тренажерів, що надають можливість автоматизованого відтворення покрокового ходу розв'язання ТЗВМ з наявністю текстових коментарів. Для можливості проведення указанного порівняння пропонуються такі критеріальні ознаки.

1. Забезпеченість середовища інструментами для реалізації автоматизованого подання математичних виразів та послідовності математичних перетворень у відповідності до традиційного вигляду, як це подається у вітчизняних підручниках та збірниках задач.
2. Рівень забезпеченості інструктивною та навчально-методичною літературою.
3. Забезпеченість середовища інструментами для створення дидактичних матеріалів з високим ступенем наочності.
4. Можливість створення програмних додатків, функціонування яких не залежить від середовища, в якому вони реалізовані.
5. Досвід роботи викладачів-розробників у відповідному середовищі.
6. Ступінь доступності додатка для широкого використання.
7. Ступінь сумісності різних версій додатка.

Висновки

1. Аналіз існуючих класифікацій систем комп'ютерної математики показав доцільність умовно поділу СКМ на дві категорії: додатки, які націлені на реалізацію символічних обчислень, та додатки для розв'язання математичних задач чисельними методами.
 2. На основі висвітлення завдань СКА та їх можливостей в контексті підвищення якості математичної підготовки студентів ВТНЗ запропоновано уточнення відомих тлумачень СКА.
 3. Вперше зазначено проблему вибору середовища СКМ для створення ПЗНП та навчальних тренажерів з автоматизованим відтворенням покрокового ходу розв'язання типових задач математики та сформульовано відповідні критерії.
- Подальшою задачею дослідження є розкриття сутності запропонованих критеріїв, що враховують необхідність забезпечення дидактичних вимог до ПЗНП.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Лапінський В. В. Електронні засоби навчального призначення – світовий досвід й українська освіта / В. В. Лапінський // Педагогіка вищої школи: методологія, теорія, технології. Тематичний випуск. — 2011. — Т. 2. — № 3 (додаток 1). — С. 487—495.
2. Биков В. Ю. Моделі організаційних систем відкритої освіти : моногр. / В. Ю. Биков. — К. : Атіка, 2008. — 684 с.
3. Доповідь про стан та розвиток інформатизації в Україні за 2009 рік / Кабінет Міністрів України. [Електронний ресурс]. — К., 2009. — Режим доступу : <http://zakon.rada.gov.ua/signal/na005120.doc>.
4. Загальноуніверситетський проект «електронна педагогіка»: третій етап [Електронний ресурс] / [В. П. Андрущенко, А. П. Кудін, О. С. Падалка та ін.] // Інформаційні технології і засоби навчання. — 2011. — № 1 (21). — ISSN 2076-8184. — Режим доступу до журналу : <http://www.journal.iitta.gov.ua>.
5. Биков В. Ю. Електронна педагогіка та сучасні інструменти систем відкритої освіти [Електронний ресурс] / В. Ю. Биков, І. В. Мушка // Інформаційні технології і засоби навчання. — 2009. — № 5 (13). — ISSN 2076-8184. — Режим доступу до журналу : <http://www.ime.edu-ua.net/em.html>.
6. Андрущенко В. «Електронна педагогіка» — впроваджуємо черговий новаторський проект / В. Андрущенко, А. Кудін // Всеукраїнський громадсько-політичний тижневик, 2009. — № 46/47 (4—11 листоп.).
7. Лапінський В. В. Створення електронних засобів навчання — ретроспектива і завдання / В. В. Лапінський // Педагогічний дискурс: зб. наук. праць ; гол. ред. І. М. Шоробура. — Хмельницький : ХГПА, 2010. — Вип. 7. — С. 142—147.
8. Засоби інформаційно-комунікаційних технологій єдиного інформаційного простору системи освіти України : моногр. / [В. В. Лапінський, Я. Ю. Пилипчук, М. П. Шишкіна та ін.] ; за наук. ред. проф. В. Ю. Бикова. — К. : Педагогічна думка, 2010. — 160 с. — ISBN 978-966-644-170-9.
9. Асмолов А. Г. Российская школа и новые информационные технологии: взгляд в следующее десятилетие / А. Г. Асмолов, А. Л. Семенов, А. Уваров. — М. : изд-во НексПринт, 2010. — 84 с.
10. Дем'яненко В. М. Шляхи забезпечення якості програмних засобів навчального призначення / В. М. Дем'яненко, М. П. Шишкіна // Комп'ютер у школі та сім'ї. — 2010. — № 5. — С. 50—53.
11. Роль систем комп'ютерної математики в формуванні математическої культури личности / [В. М. Галынский, А. С. Гаркун, Н. К. Кисель и др.] // Обеспечение качества высшего образования: европейский и белорусский опыт : материалы междунар. науч.-практ. конф. ГрГУ им. Я. Купалы ; отв. ред. Е. А. Ровба. — Гродно : ГрГУ, 2008. — С. 275—283.

12. Михалевич В. М. Розвиток системи Maple у навчанні вищої математики [Електронний ресурс] / В. М. Михалевич, Я. В. Крупський // Інформаційні технології і засоби навчання. — 2011. — Т. 21 — № 1. — Режим доступу до журн. : <http://journal.iitta.gov.ua>.
13. Триус Ю. В. Комп'ютерно-орієнтовані методичні системи навчання математики : моногр. / Ю. В. Триус. — Черкаси : Брама-Україна, 2005. — 400 с.
14. Раков С. А. Формування математичних компетентностей учителем математики на основі дослідницького підходу в навчанні з використанням інформаційних технологій : дис. ... д-ра пед. наук : 13.00.02 / Раков Сергій Анатолійович. — К., 2005. — 489 с.
15. Аладьев В. З. Программирование в пакетах Maple и Mathematica: Сравнительный аспект : моногр. / В. З. Аладьев, В. К. Бойко, Е. А. Ровба. — Гродно : ГрГУ; 2011. — 517 с.
16. Кулябов Д. С. Аналитический обзор систем символьных вычислений / Д. С. Кулябов, М. Г. Кокотчикова // Вестник РУДН, серия «Математика. Информатика. Физика». — № 1—2. — 2007. — С. 38—45.
17. Клименко В. П. Современные особенности развития систем компьютерной алгебры / В. П. Клименко, А. Л. Ляхов, Д. Н. Гвоздик // Математичні машини і системи. — 2011. — № 2. — 18 с.
18. Матросов А. В. Maple 6. Решение задач высшей математики и механики. / А. В. Матросов. — СПб. : БХВ-Петербург, 2001. — 528 с.
19. Дьяконов, В. П. Mathematica 4 с пакетами расширений / В. П. Дьяконов. — М. : Нолидж, 2000. — 605 с. — ISBN 5-89251-086-7.

Рекомендована кафедрою вищої математики

Стаття надійшла до редакції 7.10.2013
Рекомендована до друку 22.10.2013

Михалевич Володимир Маркусович — завідувач кафедри, **Тютюнник Оксана Іванівна** — асистент.
Кафедра вищої математики, Вінницький національний технічний університет, Вінниця