Світлана Шокалюк,
асистент кафедри інформатики та прикладної математики Криворізького державного педагогічного університету

Сергій Семеріков,
доцент кафедри інформатики та прикладної математики Криворізького державного педагогічного університету, кандидат педагогічних наук

Ілля Теплицький,
доцент кафедри інформатики та прикладної математики Криворізького державного педагогічного університету, кандидат педагогічних наук

МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ ЗАСТОСУВАННЯ WEB-СКМ У ПРОЦЕСІ НАВЧАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ МАТЕМАТИЧНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

1. Вступ

За своїм призначенням, структурою та функціями прикладне програмне забезпечення математичного призначення можна умовно поділити на кілька груп.

1. Математичні пакети вузької спеціалізації: GAP, Macaulay, Singular та ін.

2. Програмні засоби візуалізації математичних даних та графічного аналізу: GRAN, GnuPlot, JMol та ін.

3. Програмне забезпечення динамічної геометрії: DG, PyGeo та ін.

4. Системи комп'ютерної математики: TepM, Derive, Maple, Matlab, Mathematica, MathCAD, Maxima та ін.

Широкі можливості для ефективного здійснення розрахунків та проведення досліджень з моделювання явищ різної природи у різних предметних галузях надають системи комп'ютерної математики (СКМ). Ці універсальні математичні пакети мають можливості спеціалізованого математичного програмного забезпечення з виконання символьних та чисельних розрахунків, зручний графічний інтерфейс, потужні графічні засоби, власні мови програмування, засоби підготовки математичних текстів до друку, дають змогу експортувати дані в інші програмні продукти (текстові і графічні редактори, електронні таблиці) та імпортувати з них дані для опрацювання.

Найбільш популярними на сьогодні є так звані п'ять «М»: Maple, Matlab, Mathematica, MathCAD та Maxima. Проте й інші СКМ використовуються досить широко як в науково-дослідницькій роботі, так й у навчально-дослідницький діяльності учнів загальноосвітніх навчальних закладів та студентів ВНЗ. Тому однією з проблем, що постають в процесі навчання комп'ютерної математики, є вибір середовища для роботи. Як комерційні, так і вільно поширювані системи суттєво різняться за функціональністю (загального призначення, спеціалізовані), інтерфейсом (командного рядка, гра-

© С. Шокалюк, С. Семеріков, І. Теплицький, 2009

фічним), розміром (від кількасот кілобайт до кількох гігабайт), вбудованою мовою програмування тощо. Безальтернативне ознайомлення лише з однією системою комп'ютерної математики неминуче впливатиме на подальшу професійну діяльність, обмежуючи клас розв'язуваних задач можливостями конкретного програмного продукту.

Як в педагогічній, так і в інженерній та науково-дослідницькій роботі діє єдиний принцип: *вибір інструменту визначається задачею*, тому обійтися лише однією системою комп'ютерної математики не вдасться та й не потрібно.

Чинником, що утруднює вивчення та застосування різних СКМ, є синтаксичні відмінності у застосуванні одних й тих самих команд, що можуть змінюватися навіть у межах однієї СКМ (наприклад, при виході нової версії). Інша проблема полягає в тому, що досить часто в системах загального призначення не вистачає можливостей, які є в спеціалізованих системах, і навпаки (зауважимо, що частково ця проблема може бути розв'язана через застосування сучасних об'єктних технологій інтеграції програмного забезпечення, таких як COM та CORBA). У результаті для роботи буває необхідним цілий «зоопарк» СКМ, установлених на одному комп'ютері, що в умовах загальноосвітньої школи та ВНЗ реалізувати практично неможливо через ліцензійні чи адміністративні перешкоди.

Проблема вибору СКМ та підтримки великої інсталяційної бази може бути розв'язана завдяки застосуванню мережевих технологій, коли користувач за допомогою спеціалізованого клієнтського програмного забезпечення (ПЗ) звертається до серверної частини СКМ, що виконує команди користувача та повертає результат до клієнтського ПЗ. Таку можливість надають, зокрема, Matlab Web Server, webMathematica та wxMaxima. І хоча далеко не всі СКМ мають вбудовані мережні можливості, для тих з них, що поряд з візуальним підтримують командний інтерфейс, можливе створення мережної надбудови.

Логічним заключним кроком буде створення оболонки, що інтегрує в собі можливості різних СКМ за допомогою клієнт-серверних технологій, надаючи користувачу рівний доступ до різних СКМ за допомогою єдиної командної мови (а за необхідності – може легко переключитися на мову будь-якої СКМ). Тоді на клієнтському комп'ютері не буде потреби встановлювати та налагоджувати спільну роботу різних СКМ – достатньо звернутися до математичного серверу засобами Web-браузера.

Web-СКМ – новий перспективний напрям розвитку СКМ; перші такі системи з'явилися лише на початку XXI ст. Інтеграція СКМ у єдине мережне середовище – найкраща ілюстрація сучасної концепції «комп'ютер – це мережа», що знаходить своє відображення у перенесенні прикладного ПЗ (навіть «робочих столів») у Web-середовище.

Для користувача це дає можливість мобільного доступу до програм та даних, для адміністратора комп'ютерного класу знімає проблему підтримки великої інсталяційної бази та ліцензування ПЗ, для викладачів – суттєво розширює спектр ПЗ, що використовується, а для учнів та студентів створює умови для дистанційного навчання.

2. Загальна характеристика та основні принципи роботи у мережній системі комп'ютерної математики SAGE

SAGE (*Software for Algebra and Geometry Experimentation* – програмне забезпечення для алгебраїчних та геометричних досліджень) – це безкоштовне вільно поширюване середовище математичних обчислень для виконання символьних, алгебраїчних та чисельних розрахунків, інтерфейс якого написаний потужною і досить популярною мовою програмування Python. SAGE об'єднав можливості популяр-

них вільно поширюваних математичних програм та бібліотек, таких як PARI, GAP, GSL, Singular, MWRANK, NetworkX, Maxima, Sympy, GMP, Numpy, mathplotlib та багатьох інших засобами Python, Lisp, Fortran 95 та C/C++.

SAGE є серверним ПЗ, що базується на відомому Python-CMS Zope. Інтерактивність Web-клієнта забезпечується широким застосуванням технології AJAX, що є основою більшості продуктів Web 2.0, а адекватність відображення математичної інформації – браузерними математичними шрифтами (jsMath).

SAGE має власне символьне ядро, проте виступає переважно як інтегратор різних систем, надаючи їм єдиний Web-інтерфейс. Можливість виконання на Web-сторінках, генерованих SAGE, програм мовами Fortran, Python, Lisp, Java та іншими, надає їм надвисокого рівня інтерактивності, порівняного з традиційними СКМ (Mathematica, MathCAD, Maple), без суттєвих вимог до апаратних ресурсів комп'ютера користувача (необхідні лише браузер та мережне з'єднання).

Проектом SAGE керує професор факультету математики Вашингтонського університету (м. Сіетл) Вільям Штейн. Кінцевою метою проекту є створення відкритого високоякісного програмного забезпечення як гідної альтернативи комерційним програмним засобам, таким як Maple, Mathematica, MuPAD чи Matlab.

Перша версія SAGE з'явилася у лютому 2006 року, друга – датується жовтнем того ж року, останньою на сьогодні (вересень 2008 р.) є версія 3.1.2. За три з половиною роки розвитку SAGE об'єднав більш ніж 100 компонентів (СКМ, обчислювальних бібліотек, пакетів візуалізації та ін.). Найновіша версія SAGE завжди доступна за адресою http://www.sagemath.org/.

Основними складовими SAGE є:

- інтерфейси до СКМ Magma, Maple, Mathematica, Matlab, MuPAD та ін.;
- якісні пакети для алгебри та обчислень (Maxima), швидких високоточних обчислень (GMP), алгебраїчної геометрії (Singular), лінійної алгебри (Linbox), графіки (Gnuplot), теорії груп (GAP), теорії чисел (PARI), оптимізації (GSL) та ін.;
- мови програмування (Python, Lisp, Fortran 95, C/C++ та ін.).

SAGE має два інтерфейси – локальний командного рядка (*рис. 1*) та Web-інтерфейс (*рис. 2*).

Web-інтерфейс SAGE отримав назву блокнотного (*notebook*), тому що він являє собою комп'ютерну модель записника, який математики традиційно використовують для виконання математичних розрахунків. Подібний інтерфейс є традиційним для розвинутих СКМ: достатньо порівняти подані на *рис. 3* блокнотні інтерфейси Maple 10 (зверху), Mathematica 5.2 (посередині) та SAGE 3 (знизу).

Наявність Web-інтерфейсу, безкоштовність та відкритість середовища

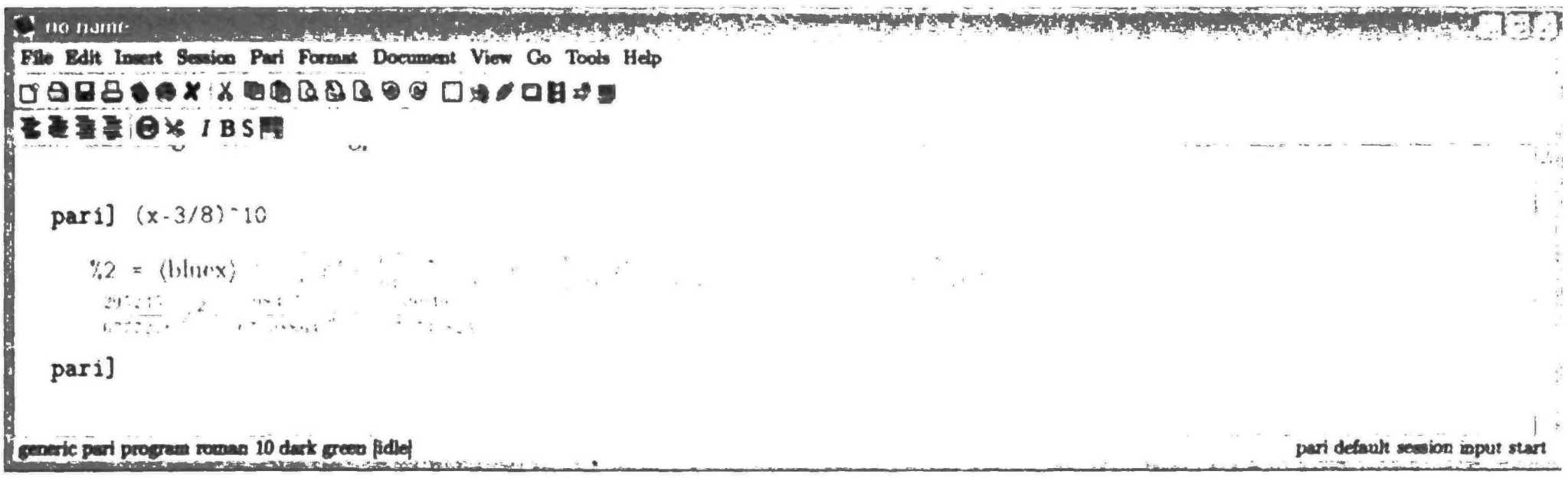

Рис. 1. Інтерфейс командного рядка SAGE

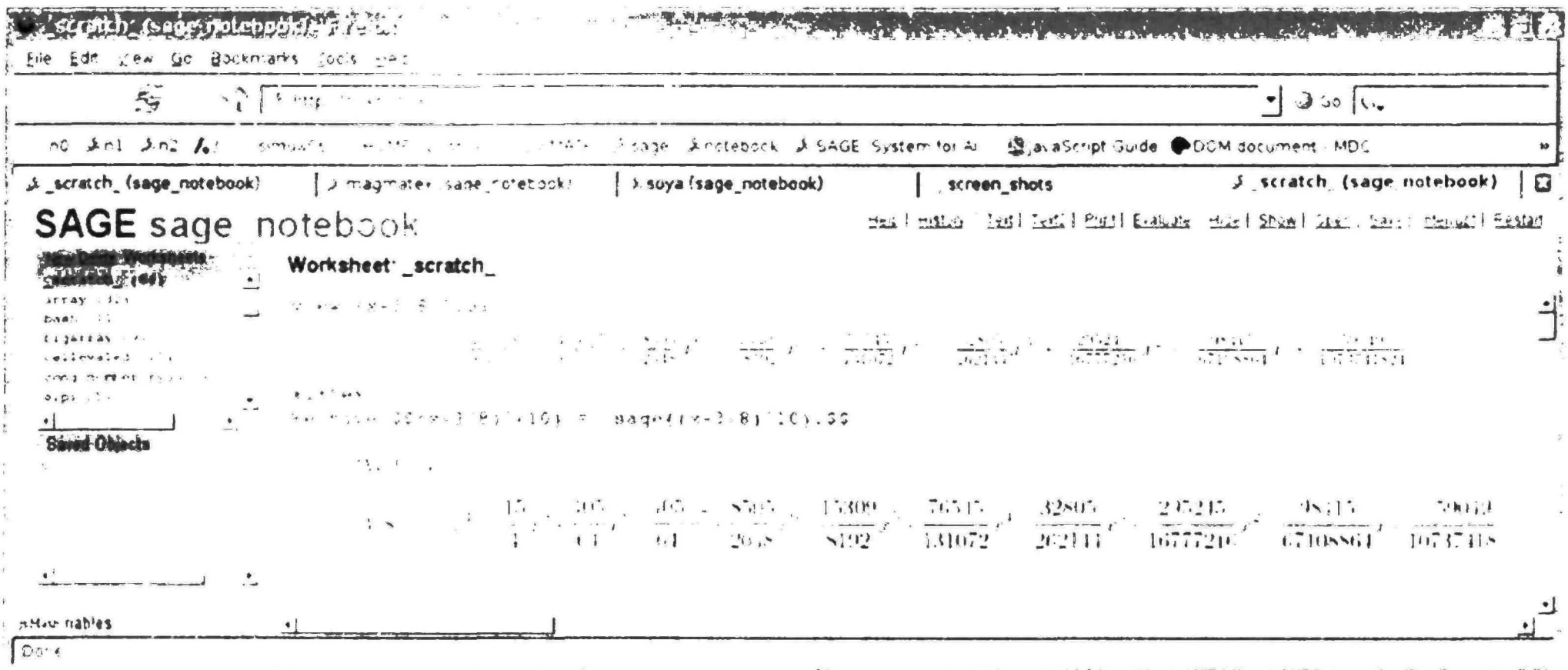

Рис. 2. Web-інтерфейс SAGE

SAGE – це основні, але не єдині переваги цього інтегратора. Слід вказати ще такі можливості SAGE:

- невимогливість до апаратної складової обчислювальної системи;
- індиферентність до браузера, що використовується, та операційної системи;
- підтримка інтерфейсів комерційних систем комп'ютерної математики – Maple, Magma, Mathematica, Matlab та ін.;
- подання математичних виразів у природний спосіб не вимагає встановлення додаткового програмного забезпечення – достатньо дозавантажити математичні шрифти;
- публікація робочих листів (Worksheets) у мережі Internet;
- підтримка Web 2.0 (зокрема, Wiki);

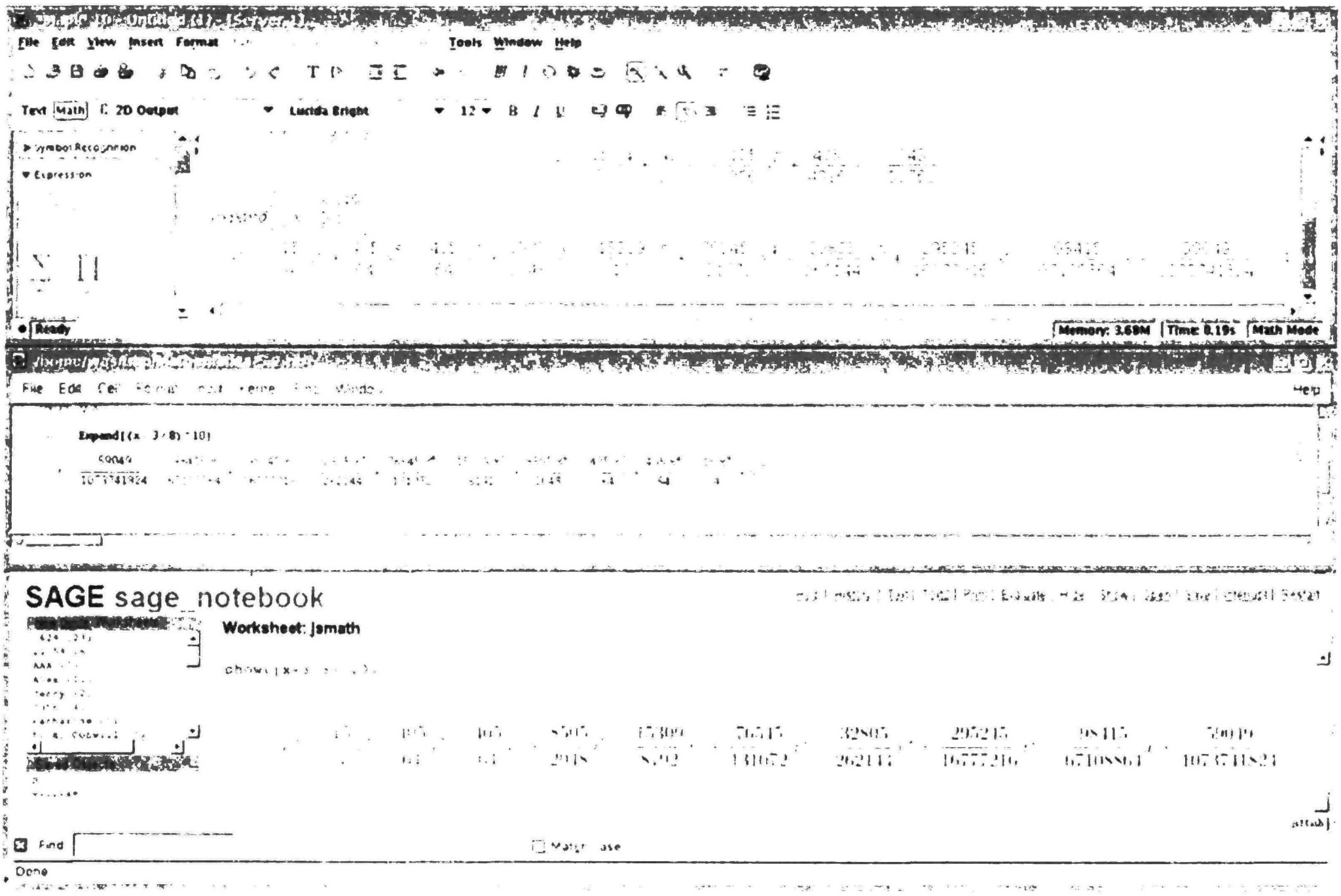

Рис. 3. Блокнотні інтерфейси Maple, Mathematica, SAGE

• потужний інструментарій для побудови статичних та динамічних графічних зображень (на площині та у просторі).

Для організації роботи у локальній мережі достатньо встановити SAGE на будь-якому комп'ютері.

Враховуючи такі можливості SAGE, як розвинутий Web-інтерфейс та підтримка технології Wiki, дана програма була обрана в якості інструментального засобу для дистанційного навчання розділу «Інформаційні технології навчального призначення: математика» курсу інформатики низкою шкіл м. Кривого Рогу. Починаючи з 2008 р., SAGE використовується у Криворізькому державному педагогічному університеті в процесі навчання теорії алгоритмів, моделювання, методів оптимізації, чисельних методів, теорії кодування, паралельних та розподілених обчислень, розпізнавання образів, вейвлет-аналізу та інших навчальних дисциплін.

Також SAGE може бути використаний у процесі навчання елементарної та вищої математики, у тому числі лінійної та вищої алгебри, геометрії, математичного аналізу, методів математичної фізики, теорії чисел, комбінаторики, теорії графів та багатьох інших розділів.

З метою формування первинних навичок проведення математичних експериментів у новому програмному середовищі нами було створено дистанційний курс «SAGE: легкий старт». До змістової частини курсу включено питання з виконання основних операцій з робочими листами, способів отримання довідкової інформації, а також завдання, що ілюструють основні можливості SAGE з виконання елементарних математичних розрахунків (чисельних та символьних), операцій з виразами, розв'язання рівнянь та їх систем, а також приклади побудови графічних зображень. Добір завдань виконаний з урахуванням змісту лише шкільного курсу математики, адже дистанційний курс розрахований на будь-якого користувача, який розпочинає роботу в SAGE.

Після виконання всіх операцій з підготовки SAGE до роботи (*додаток*) та його запуску за виділеною IP-адресою у вікні Web-браузера буде відкрита домашня сторінка користувача SAGE (*рис. 4*).

На домашній сторінці подано персональний список робочих листів. Робочі листи (*Worksheets*) – це основні елементи SAGE, оскільки математичні розрахунки виконуються саме на робочих листах. Всі робочі листи блокноту розподілені по папках за категоріями:

• активні листи (листи, необхідні користувачу для роботи найближчим часом);

• архівні листи;

• листи, підготовлені до вилучення.

На початку сеансу роботи з блокнотом SAGE поточною папкою (*Current Folder*) є папка з активними листами – *Active*. Додати до списку перегляду

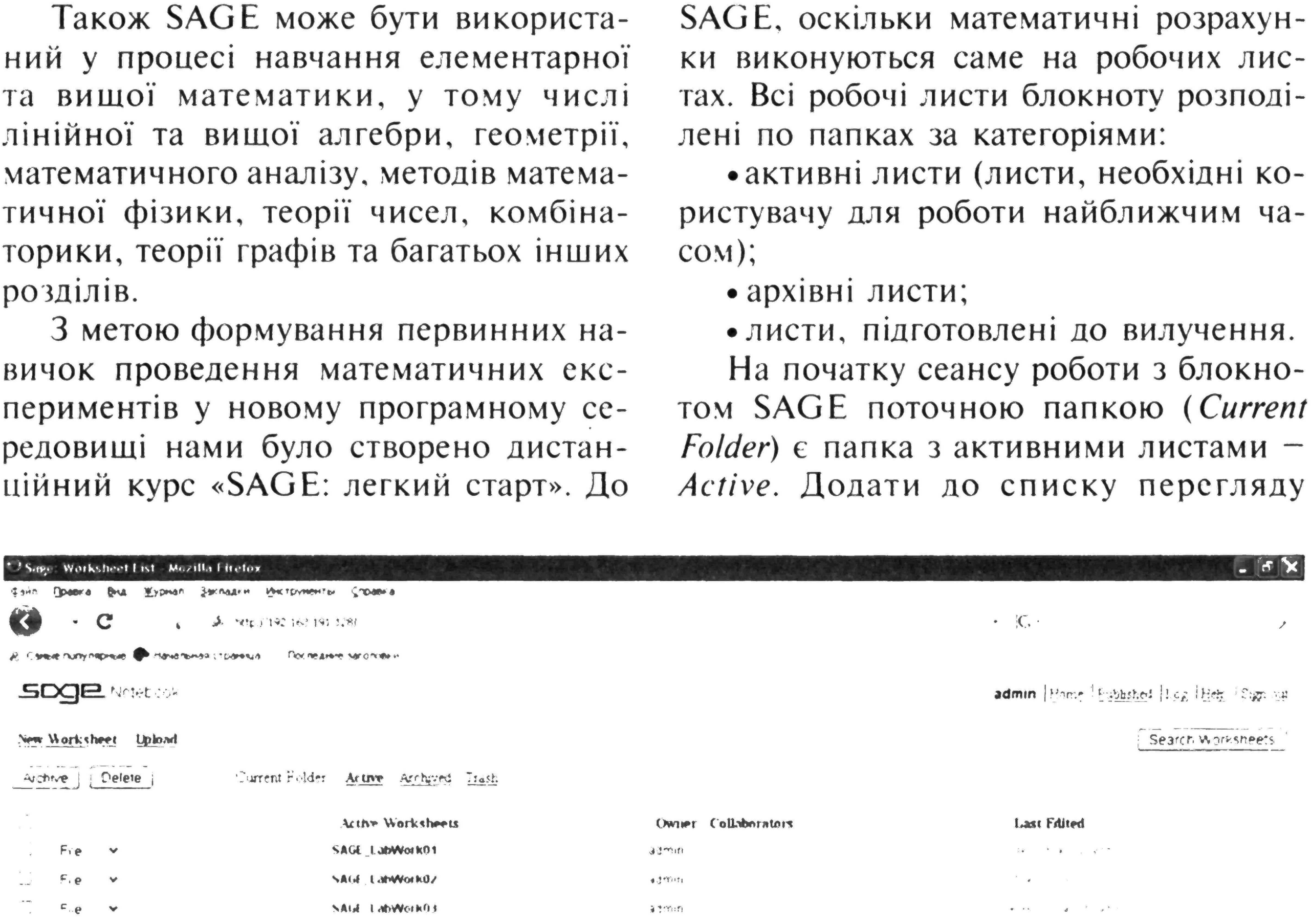

Рис. 4. Домашня сторінка користувача SAGE (Worksheet List)

архівні листи можна, обравши посилання *Archived*, а перейти у режим перегляду листів, підготовлених до вилучення, – *Trash*.

Активні листи можна перемістити до папки-архіву (кнопка *Archive*) або до папки-кошика (кнопка *Delete*). Листи з архіву можна перенести до папки *Active* (кнопка *Unarchive*) або вилучити. У кошику SAGE з робочими листами можна виконати дії, аналогічні до тих, що передбачені у кошику операційної системи Windows – остаточного знищення або відновлення вилучених листів (*Undelete*). Перш ніж дати команду перенесення листа (чи листів) між папками, їх потрібно відмітити позначкою.

Над робочими листами, як над файлами, можна виконати операції перейменування (*Rename*), редагування (*Edit*), копіювання (*Copy Worksheet*), публікації в мережі Інтернет (*Publish*), перегляду ходу роботи з листом (*Revisions*). Окрім того, можна визначити перелік користувачів, які можуть спільно працювати з певним робочим листом (*Collaborate*). Список зазначених дій подано на домашній сторінці користувача у вигляді випадаючого списку *File* ліворуч від заголовка кожного робочого листа.

Вибрати робочий лист для подальшої роботи користувач може одним із зазначених способів:

1) створити новий робочий лист, обравши посилання *New worksheets*;

2) завантажити робочий лист (файл з розширенням *sws*) з довільного носія або Інтернету за вказаною URL-адресою, обравши посилання *Upload*;

3) відкрити існуючий робочий лист, обравши його зі списку. У разі великої кількості листів передбачена можливість здійснення автоматичного пошуку необхідного робочого листа (*Search Worksheets*), аналогічно до пошуку звичайної Web-сторінки в межах сайта.

Web-сторінка з робочим листом та його основними елементами подані на *рис. 5*.

З листом можна виконати такі операції: друкувати (*Print*), перейменувати (*Rename worksheet*), копіювати (*Copy worksheet*) та вилучити (*Delete worksheet*). Окрім того, у вікні робочого листа можна дати команду створення нового робочого листа (*New worksheet*) та завантаження робочого листа з довільного носія чи мережі Інтернет (*Upload worksheet from a file*). Команда *Download to a file* забезпечує збереження робочого листа у вигляді файла з розширен-

Рис. 5. Вікно робочого листа

1 — банер-посилання на сайт www.sagemath.org; 2 — список *File* допустимих операцій над листами блокноту; 3 — список *Action* допустимих дій над даними листа; 4 — список *Data* для роботи з файлами даних; 5 — список пакетів, інтерфейси яких підтримує SAGE; 6 — *Toggle* — приховати/показати панель управління; 7 — *Home* — перейти до персонального списку листів; 8 — *Published* — показати список опублікованих листів; 9 — *Log* — показати історію останніх дій; 10 — *Help* — викликати довідкову систему; 11 — *Sign out* — завершити сеанс роботи з блокнотом

ням *sws*. Збереження файла виконується у каталог за умовчанням, визначений у параметрах браузера.

З даними робочого листа можна працювати у режимах *Use*, *Edit* та *Text*.

Режим *Use* – основний режим роботи – режим перегляду та виконання математичних розрахунків.

Режим *Edit* – режим редагування. У даному режимі користувач може додати до змісту робочого листа тексти завдань та виконати різні маніпуляції з блоками математичних розрахунків (вилучати, переміщувати та ін.). *Застереження*: завершуючи роботу в цьому режимі, обов'язково збережіть зміни (кнопка *Save Changes*), інакше вони будуть відкинуті без попередження.

Режим *Text* дає змогу відображати дані робочого листа (завдання, команди та результати) у текстовому (нерозміченому) форматі.

Вибір *Revisions* дає змогу переглянути історію роботи над листом.

За допомогою *Share* визначається перелік користувачів, які можуть спільно працювати з певним робочим листом.

Publish відкриває вікно для підготовки робочого листа до публікації у мережі.

В основному режимі роботи користувач має можливість ввести у прямокутну комірку команду чи програмний код для виконання математичних розрахунків та переглянути результат обчислень.

Автодоповнення вводу в SAGE суттєво спрощує процес введення команд: увівши перші літери команди і натиснувши клавішу табуляції, користувач отримує список команд, що починаються з введеної послідовності символів.

Дати команду «*Розпочати обчислення*» за введеною командою чи програмним кодом у комірці можна, натиснувши комбінацію клавіш <*Shift*> + <*Enter*> або обравши посилання evaluate під командним рядком. Під коміркою з'явиться зелена вертикальна риска, яка вказує на те, що на сервері SAGE виконуються обчислення. По завершенню обчислень риска зникає і під коміркою з'являється результат обчислення або повідомлення про допущену помилку.

Результати обчислень можуть подаватися у текстовому форматі (за умовчанням) або у природній математичній формі. Для відображення математичних виразів у природній формі слід встановити математичні шрифти кліком *jsMath Control Panel* у відповідному вікні повідомлення *(рис. 6)*.

Часто помилки виникають через неправильний синтаксис команди. Для їх виправлення доречним є звернення до довідкової системи SAGE. Контекстну довідку можна отримати, ввівши ? після імені команди та <*Shift*> + <*Enter*>. Введення ?? після назви функції дозволяє переглянути її програмний код.

Після виведеного результату на робочому листі автоматично з'являється нова комірка для введення команди. Додати нову комірку у довільному місці робочого листа можна вибором горизонтальної синьої лінії, що з'являється у момент нависання курсору миші над будь-якою коміркою. Вилучення зайвої порожньої комірки виконується клавішею <Backspace>.

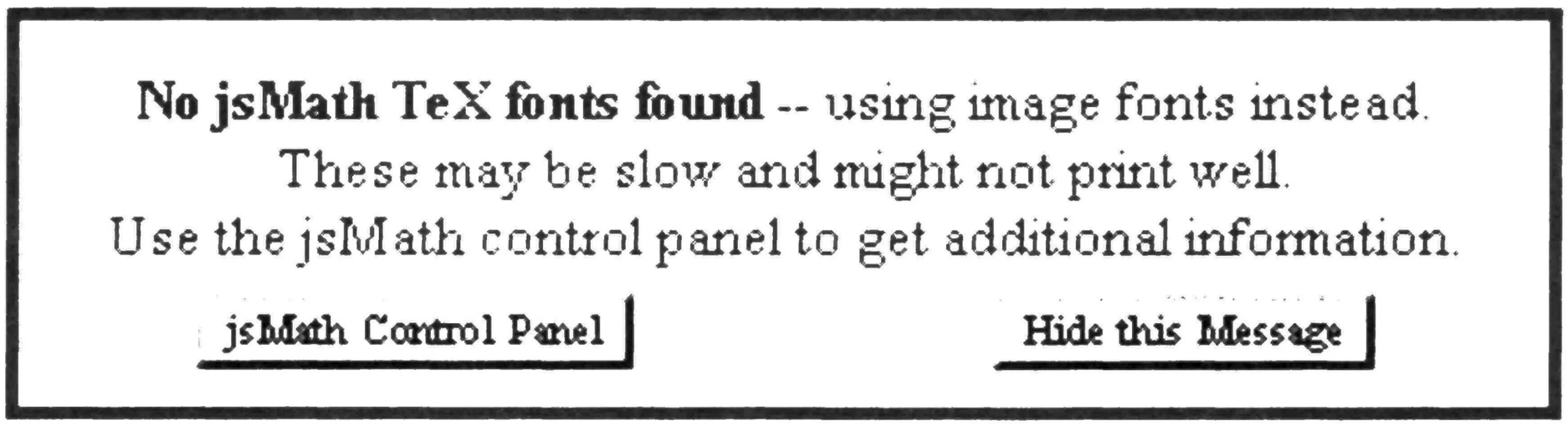

Рис. 6. Вікно попередження jsMath

За умовчанням робочий лист налаштований на роботу з командами SAGE. Вибрати іншу СКМ можна у списку або командою виду %назва_СКМ. Наприклад: %maxima, %maple тощо.

Основні дії над робочим листом подані у списку *Action*:

• *Interrupt* – перервати процес обчислень;

• *Restart worksheet* – перезапустити сеанс роботи з робочим листом;

• *Quit worksheet* – завершити сеанс роботи з робочим листом;

• *Evaluate All* – виконати програмні коди в усіх комірках;

• *Hide All Output* – приховати всі результати виконання команд;

• *Show All Output* – показати всі результати виконання команд;

• *One Cell Mode* – залишити доступною для роботи лише одну першу комірку листа;

• *Multi Cell Mode* – зробити доступними для роботи всі комірки листа.

Для завантаження чи створення файла даних передбачена відповідна команда *Upload or create Data File* списку *Data*....

Завершити сеанс роботи з листом можна одним із передбачених способів, а саме:

• зберегти зміни – кнопка *Save*;

• зберегти зміни та закрити вікно з робочим листом – кнопка *Save & quit*;

• проігнорувати зміни та закрити вікно з робочим листом – кнопка *Discard & quit*.

Додаток

ПІДГОТОВКА SAGE ДО РОБОТИ

А.1. Інсталяція

Для розгортання SAGE на сервері класу або локальному комп'ютері необхідно перш за все встановити *Vmware Player* (*рис. 7*), завантаживши його із сайта виробника (http://www.vmware/download/player).

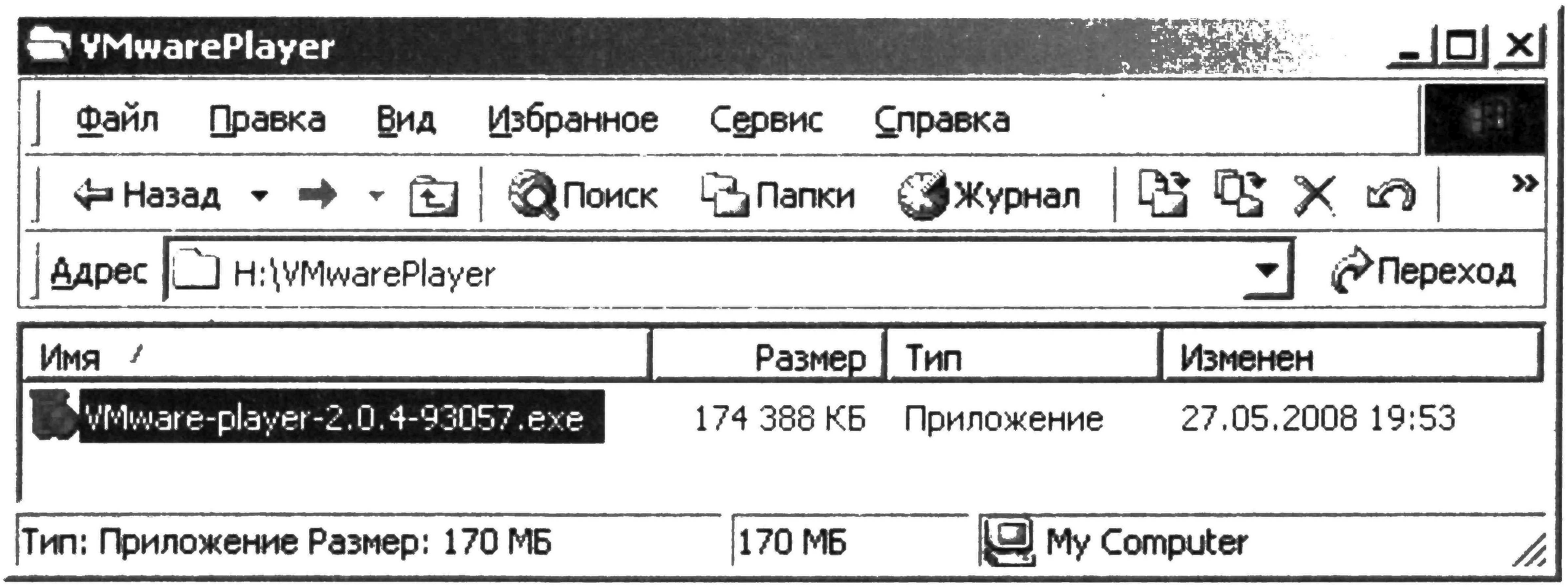

Рис. 7

Розпаковка інсталяційного архіву відбувається на диск, що містить каталог для тимчасових файлів *Temp* (зазвичай, це диск С), тому на ньому має бути близько 350 Мб вільного місця — у протилежному випадку інсталятор повідомить про його нестачу (*рис. 8*).

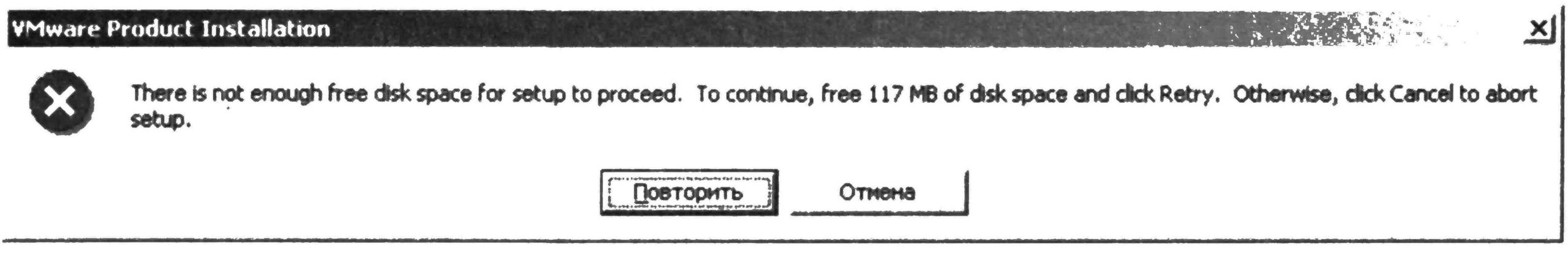

Рис. 8

Для початку інсталяції необхідно натиснути Next > , обрати каталог для встановлення *Vmware Player* (*рис. 9*), способи запуску програми та натиснути Install . Обираючи каталог для розміщення програми, переконайтеся, що на диску, де він розташований, вільно близько 270 Мб, інакше інсталятор запропонує обрати інший диск.

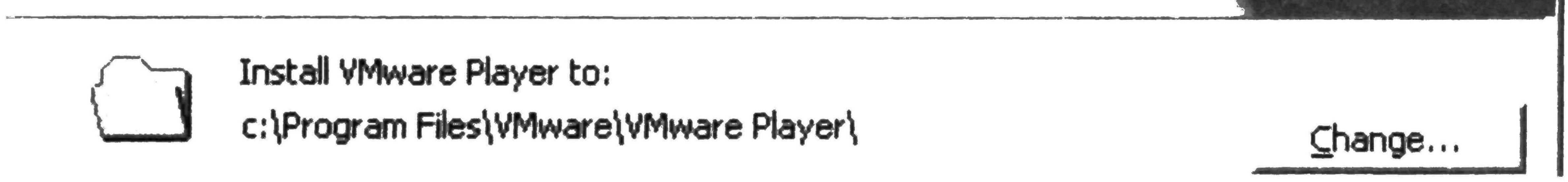

Рис. 9

ЛІТЕРАТУРА

1. Державна програма «Інформаційні та комунікаційні технології в освіті і науці» на 2006-2010 роки (http://www.mon.gov.ua/laws/KMU_1153.doc)

2. *Євтєєв В. М., Семеріков С. О., Теплицький І. О.* Досвід вивчення інтерактивних Web-технологій в середній школі та педагогічному ВНЗ // Рідна школа. — 2004. — № 2. — С. 46–47.

3. *Кухаренко В. М.* Експеримент «Дистанційне навчання для середньої школи» // Комп'ютер у школі та сім'ї. — 2007. — № 5. — С. 28—31.

4. *Морзе Н. В.* Особливості організації навчального процесу учнів у системі дистанційного навчання // Наука і сучасність: Зб. наук. праць. — К.: Логос, 1999. — Вип. № 2. — Ч. 4 (педагогічні науки) — С. 64—71.

5. *Семеріков С. О., Теплицький І. О., Шокалюк С. В.* Нові засоби дистанційного навчання інформаційних технологій математичного призначення // Вісник. Тестування і моніторинг в освіті. — 2008. — № 2. — С. 42–50.

6. *Смирнова-Трибульска Є. М., Сташенко В. В.* Досвід використання дистанційного навчання в школі // Комп'ютер у школі та сім'ї. — 2007. — № 7. — С. 19–23.

7. *Шокалюк С. В.* Основи роботи в SAGE / За ред. академіка АПН України М. І. Жалдака. — К.: НПУ ім. М. П. Драгоманова, 2008. — 64 с.

8. *Шокалюк С. В.* Програмна підтримка навчальних математичних досліджень засобами систем дистанційного навчання // Комп'ютерне моделювання та інформаційні технології в науці, економіці та освіті: Зб. наук. праць. — Від. ред. проф. В. М. Соловйов. — Кривий Ріг: КЕІ ДВНЗ «КНЕУ ім. В. Гетьмана», 2007. — С. 208–210.

9. *Granville, W. A.* Differential Calculus and SAGE. — 2008. — X+275 p.

10. *Stein, W.* Sage Reference Manual. — 2008. — XII+3460 p.

11. *Stein, W.* Sage Tutorial: www.sagemath.org. — CreateSpace, 2008. — 100 p.