

А.М. Ковальчук, к.т.н., доц.
В.Г. Левицький, к.т.н., доц.
І.І. Самолюк, аспір.
В.М. Янчук, к.т.н., доц.

Житомирський державний технологічний університет

РОЗРОБКА ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ ПІДТРИМКИ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ: ПОБУДОВА МАТЕМАТИЧНИХ ВИРАЗІВ

Сучасні методи веб-комунікації в ході забезпечення навчального процесу дистанційного навчання не повною мірою забезпечують зручні та наочні для студентів та викладачів способи обміну інформацією в дисциплінах з великою часткою математичних викладок і діаграм. З метою якісного покращення дистанційного контакту між викладачем та студентом в недорогих або безкоштовних системах дистанційного навчання та електронних підручниках в даній статті аналізується авторська підсистема побудови математичних виразів, яка є складовою комплексу програмних засобів підтримки дистанційного навчання.

Постановка проблеми. Сучасні методи веб-комунікації в процесі забезпечення навчального процесу дистанційного навчання не повною мірою забезпечують зручні та наочні для студентів та викладачів способи обміну інформацією в дисциплінах з великою часткою математичних викладок і діаграм. Сучасні програмні засоби підтримки дистанційного навчання концентрують увагу на можливостях простих або інтерактивних текстів з використанням дискусій в стилі Internet-конференцій між викладачами та студентами. При цьому здатність обмінюватися інформацією, яка виходить за рамки написаних слів, обмежується фрагментами підручників, оформленими у вигляді статичних рисунків або вставок заздалегідь підготовленого програмного коду, який має забезпечити інтерактивність навчання. До дисциплін, які відчутно програють від такого способу обміну думками в ході навчального процесу, входять всі розділи знань з великою часткою математичних викладок і діаграм.

При вивченні дисциплін з математичним підґрунтям звичною картиною є додаткове ілюстрування викладачем пояснення матеріалу формулами та діаграмами. Наступним логічним кроком навчання є підтвердження студентами розуміння викладеного матеріалу у вигляді розв'язаних задач або проведеного курсового проектування. Цей вид діяльності також передбачає включення в письмову роботу значної частки діаграм та математичних формул. Подібний обмін інформацією між викладачем та студентом забезпечує зворотний зв'язок та гарантує існування взаєморозуміння в ході вивчення дисциплін.

Намагання вирішити проблему вільного обміну інформацією в ході дистанційного навчання за допомогою написаних в підручниках і дискусіях слів, рисунків та заздалегідь придуманих формул розривають таке цінне для взаєморозуміння кільце зворотного зв'язку між викладачем та студентом. З іншого боку, оскільки введення в мережеві дискусії або в електронній документації сторонніх об'єктів для введення діаграм чи формул потребує використання додаткового програмного забезпечення, ціна потужних систем дистанційного навчання суттєво зростає незалежно від бажання розробників, які створюють таке програмне забезпечення. Потреба ліцензувати використане стороннє програмне забезпечення для введення та відображення формул і діаграм призводить до необхідності розраховувати ціну системи дистанційного навчання, виходячи з максимальної кількості кінцевих користувачів і програмістів, які розробляють систему дистанційного навчання. Таким чином, зважаючи на істотне зростання ціни програмних компонентів із зростанням кількості програмістів, які їх використовують, та кількості кінцевих користувачів (студентів), остаточною ціною систем дистанційного навчання та електронних підручників може стати неприйнятною для навчального закладу, що врешті-решт підштовхує до економії коштів шляхом відмови від стороннього програмного забезпечення введення та відображення формул і діаграм, тобто до погіршення дистанційного контакту між викладачем та студентом в ході викладання дисциплін з великою часткою математичних викладок.

Для вирішення сформульованої проблеми, в даній статті розглядається авторська програмна система побудови математичних виразів *Formulator*, яка є початковим кроком на шляху створення цілого комплексу програмних засобів підтримки дистанційного навчання.

Мета і задачі роботи. Метою роботи є розробка архітектури та побудова системи, яка задовольнить потреби в засобах формування математичних виразів при створенні безкоштовних або відносно недорогих систем дистанційного навчання з користувацьким інтерфейсом WYSIWYG ("what you see is what you get") для опису задач математичних розрахунків та представлення результатів обчислень.

Наукова новизна роботи. Спроектовано та розроблено нову програмну систему редагування математичних виразів, особливості архітектури якої спрямовані на досягнення відкритості підтримуваної множини формул і легкості обміну даних із зовнішніми програмами.

Аналіз досліджень і публікацій. Сучасний стан справ в сфері комп'ютерних інформаційних технологій свідчить про необхідність вдосконалення програмних систем для підтримки розрахунків і візуалізації математичних задач. Поступове зміщення акцентів поширення наукових досягнень в область електронного обміну інформацією (наприклад ACM Digital Library [1], IEEE Member Digital Library [2] тощо) та широке застосування електронних підручників, презентацій, записних книжок [3–5] потребує якісно нового рівня формалізованих, інтелектуальних і динамічних інтерфейсів користувача відповідного програмного забезпечення.

Дана робота є логічним продовженням досліджень в галузі розробки математичного програмного забезпечення, які проводились колективом авторів раніше [6]–[9]. Важливою частиною інтерфейсу таких програм є побудова математичних виразів у звичному для користувача вигляді та подальша інтеграція отриманих структур даних з існуючими можливостями моделювання та застосування різноманітних видів аналізу математичних задач систем екологічного моделювання [8, 9] і чисельного вирішення математичних задач [6], [7].

Слід зазначити, що проблема побудови зручного візуального інтерфейсу для математичного програмного забезпечення має давню історію, тож задача розробки згаданої вище підсистеми побудови математичних виразів не є новою. Дійсно, тільки серед програм, розрахованих на операційні системи родини MS Windows існує ряд добре відомих систем для набору математичних формул:

- для оформлення електронних документів (MathType [10], інструментальний засіб Equation Builder, що входить до складу пакету програм MS Office [11]);
- для створення вхідного опису задачі математичних обчислень (Mathematica [3], Mathcad [4], Maple [5]);
- для представлення математичних виразів в середовищі Internet (MathPlayer [12], IBM techexplorer [13]).

Звичайно, наведену множину програм можна продовжити і для інших операційних систем, зокрема для великої родини операційних систем Unix, для яких розроблено ряд програмних систем, що базуються на використанні відомих мов TeX і LaTeX [14] (наприклад Scientific WorkPlace [15]).

Однак велика кількість досліджень в цій галузі все ще залишає відкритим питання доступності програмних засобів представлення математичних формул в некомерційних або малобюджетних проектах. Справді, серед згаданих вище систем, орієнтованих на використання в ОС MS Windows, на момент публікації, не існує потужних програмних систем безкоштовних або достатньо недорогих для масового застосування в країнах колишнього СРСР. Така ж, наприклад, поширена програма, як Equation Builder, що входить до складу пакету програм MS Office, не відповідає потребам систем дистанційного навчання, оскільки є жорстко інтегрованою в батьківську програму і не дозволяє здійснювати вільний обмін даними, критичний у випадку подальшої обробки математичної формули.

Архітектура програмної системи редагування математичних формул Formulator. З метою якісного покращення дистанційного контакту між викладачем та студентом в недорогих або безкоштовних системах дистанційного навчання та електронних підручниках, авторський колектив розробив безкоштовну програмну систему редагування математичних формул Formulator. Вона належить до програм, які створюють нові вирази у вигляді ієрархії двовимірних форм (шаблонів формул) з полями введення даних і додатковою графікою у вигляді тексту, ліній, дуг тощо. Найважливішими атрибутами кожної форми є кількість полів введення даних і графічних примітивів, координати та правила, які зумовлюють їх взаємне розташування, розміри та поведінку. У множині двовимірних форм слід виділити підмножину елементів, які не допускають введення нової інформації, тобто таких елементів, що мають зарезервоване значення. Прикладом таких фіксованих математичних символів є знаки математичних операторів, символи з набору грецького алфавіту тощо. Форми, що відрізняються значеннями атрибутів, зазвичай мають різний фіксований зміст в множині математичних виразів, які застосовує користувач в ході роботи з програмною системою. Конструювання складних формул відбувається рекурсивним чином, шляхом вставлення нових форм у поля введення вже існуючих. При цьому отримана ієрархія, до етапу застосування синтаксичних правил побудови математичних виразів, не обмежується точним визначенням списків дочірніх форм, які є дозволеними для вставлення в батьківську форму.

Аналіз зовнішніх щодо користувача факторів, що зумовлюють вигляд, поведінку та семантичне навантаження математичного виразу, який будується у поточний момент часу, дозволяє виділити такі параметри побудови математичних виразів:

- 1) множина фіксованих математичних символів і шаблонів формул, елементи якої відрізняються своїми атрибутами (координати, кайма, відносні розміри, спосіб вирівнювання даних для кожного поля введення даних; координати, розміри та вигляд графічних об'єктів форми тощо);
- 2) правила (типографські) візуального представлення математичних формул;
- 3) синтаксичні та семантичні правила оформлення математичних документів;

- 4) емпіричні (можливо, адаптовані до конкретного користувача) правила розв'язання неоднозначностей трактування ієрархічних відношень в математичних документах.

Після винесення таких параметрів побудови математичних виразів як окремих баз даних і знань та застосування до розробки математичного програмного забезпечення на основі компонентної клієнт-серверної архітектури підходів, запропонованих колективом авторів [16]– [18], архітектура відкритого комплексу побудови математичних виразів може бути представлена в загальному вигляді, представленою на рис. 1.

На схемі, зображеній на рис. 1, для одночасного врахування всіх різнопланових угод щодо представлення та поведінки фіксованих математичних символів і двовимірних форм з полями введення даних, правил інтерпретації отриманої ієрархії виразів, правил розв'язання неоднозначностей застосовується формальне представлення математичного документа у вигляді дерева. Тип формального представлення (вільне чи строге) залежить від того, яка частина правил була застосована до розв'язання неоднозначностей документа.

Аналіз характеристик програми редагування математичних формул Formulator. Розглянемо далі коротко характеристики програмної системи редагування математичних формул Formulator з точки зору функціональності редагування формул, здатності вільного обміну даними та доступності програми.

Функціональність редагування формул за допомогою програмної системи Formulator забезпечується за рахунок існування словника з більш ніж 500 математичними операторами та набору шаблонів математичних виразів, які згруповані в 20 панелей інструментів (рис. 2):

- символи відношення та логіки (рис. 2);
- пробільні символи;
- символи операторів;
- символи стрілок;
- символи теорії множин (рис. 3);
- спеціальні константи;
- різноманітні символи;
- символи Грецького алфавіту (нижній регістр);
- символи Грецького алфавіту (верхній регістр);
- шаблони диференціювання;
- шаблони дужок;
- шаблони дробів та радикалів;
- шаблони нижнього та верхнього індексів;
- шаблони суми;
- шаблони інтегралів (рис. 4);
- шаблони величин під рискою та над рискою;
- шаблони помічених стрілок (рис. 5);
- шаблони добутку та теорії множин;
- шаблони таблиць;
- шаблони рамок.

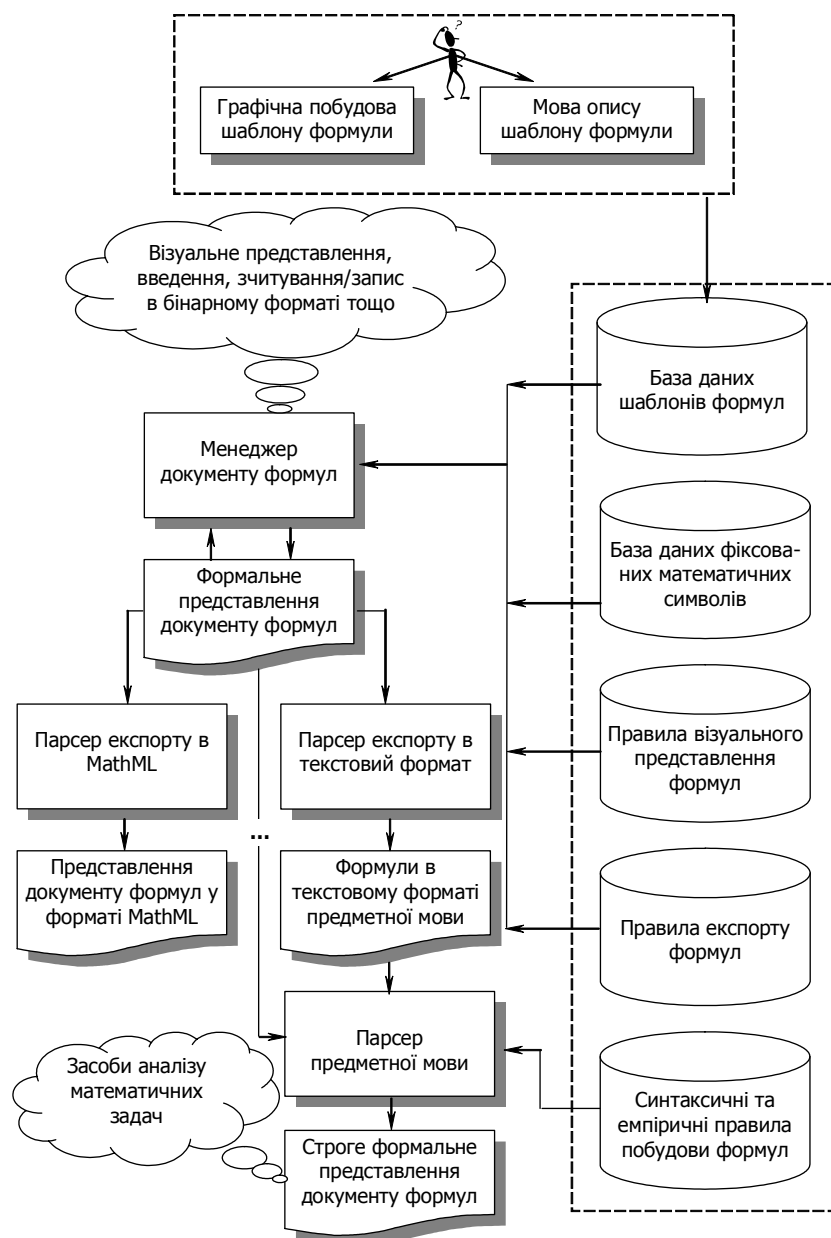


Рис. 1. Програмна архітектура відкритого комплексу побудови математичних виразів

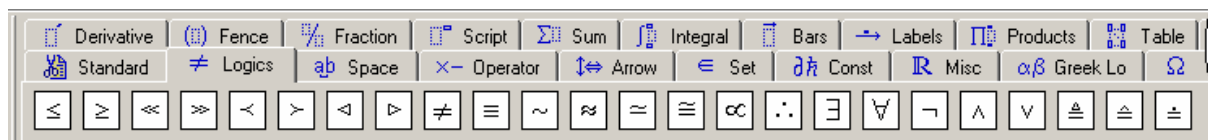


Рис. 2. Символи відношення та логіки



Рис. 3. Символи теорії множин

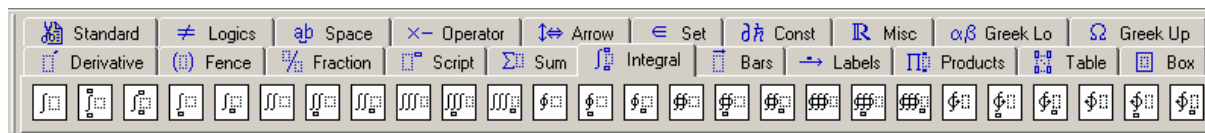


Рис. 4. Шаблони інтегралів

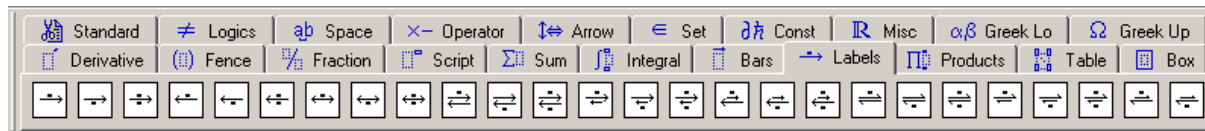


Рис. 5. Шаблони помічених стрілок

Обмін даними між програмною системою Formulator та іншими програмами, разом з якими застосовується Formulator, забезпечується підтримкою стандарту MathML [19], який є відомим стандартом обміну математичними даними у вигляді простого тексту. Розглянута в роботі програмна система застосовує імпорт і експорт в підмножину презентаційної розмітки мови MathML 2.0, що гарантує вільну інтерпретацію побудованих користувачем формул в інших підсистемах системи дистанційного навчання або іншого програмного забезпечення.

Formulator розширює можливості Internet Explorer (починаючи з версії 6.0) по відображенню математичної нотації на веб-сторінках. Якщо математичні формули написані на веб-сторінці з використанням мови MathML, Internet Explorer передає їх програмі Formulator для відображення у вигляді рисунку. При цьому користувачам доступним є контекстне меню, яке з'являється після натискання правої кнопки маніпулятора миші на математичній формулі:

- команда Copy MathML копіює MathML еквівалент формули в текстовий буфер обміну ОС MS Windows; після цієї дії MathML текст може бути вставлений в текстовий редактор, математичну програмну систему тощо;
- команда Open with Formulator відкриває дане рівняння в новому вікні програми Formulator;
- команда Zoom дозволяє змінювати масштаб перегляду математичної формули всередині вікна Internet Explorer; для повернення до нормального масштабу слід натиснути ліву кнопку маніпулятора мишки або натиснути клавішу ESCAPE.

Згідно з рекомендаціями консорціума W3C [20] для успішного відображення математичної нотації на веб-сторінці за допомогою програми Formulator сторінка повинна бути написана з використанням XHTML та MathML, як це показано в наступному прикладі:

```
<?xml version="1.0"?>
<?xml-stylesheet type="text/xsl" href="pmathml.xsl"?>
<html xmlns="http://www.w3.org/1999/xhtml">
  <head>...</head>
  <body>
    ....
    <math xmlns="http://www.w3.org/1998/Math/MathML">
      ....
    </math>
  </body>
</html>
```

Слід звернути увагу на інтеграцію технології відображення математичних формул на веб-сторінці з використанням Formulator з відомою таблицею шаблонів pmathml.xsl, що потребує доступності цього файлу за мережевим або локальним шляхом. Це також надає можливість настроювати бажаний спосіб перегляду веб-сторінок з математичними формулами, використовуючи атрибут 'renderer' з простору імен 'pref'. Якщо величина атрибуту 'renderer' дорівнює 'hermitech', то бажаною програмою перегляду математичних формул на веб-сторінках є Formulator:

```
<?xml-stylesheet type="text/xsl" href="pmathml.xsl"?>
<html xmlns="http://www.w3.org/1999/xhtml"
      xmlns:pref="http://www.w3.org/2002/Math/preference"
      pref:renderer="hermitech">
  <head>...</head>
  <body>...</body>
</html>
```

Як і більшість програмних систем, написаних для ОС MS Windows, Formulator має простий інтуїтивний візуальний графічний інтерфейс (рис. 6). Програма побудови математичних виразів Formulator поширюється безкоштовно.

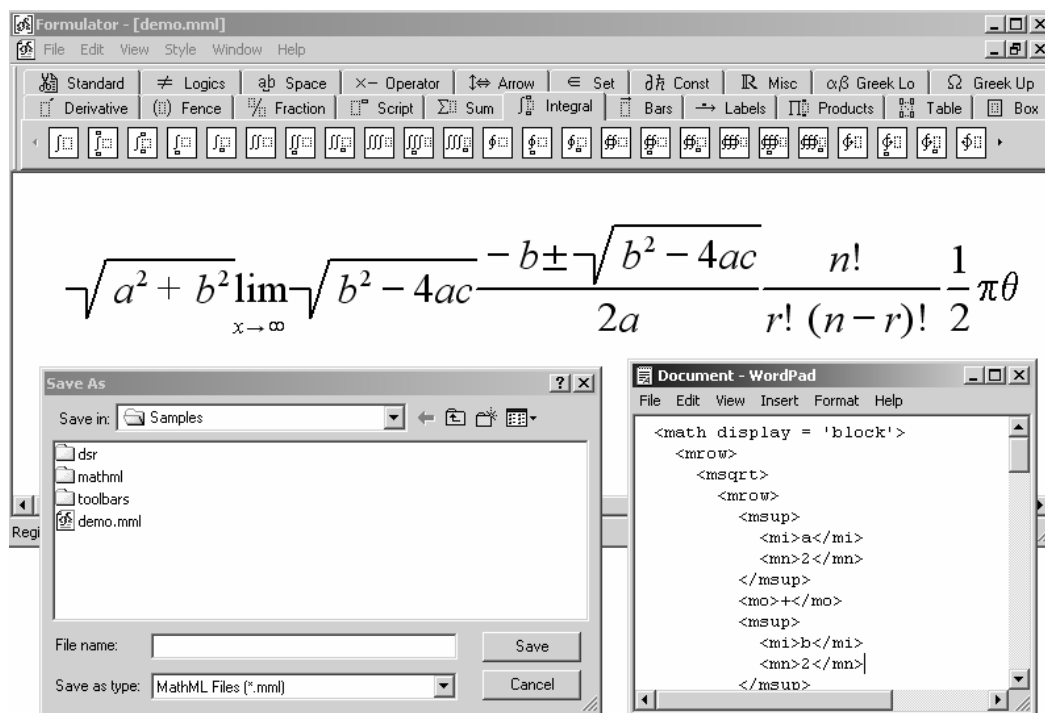


Рис. 6. Приклад роботи в програмній системі побудови математичних виразів Formulator

Висновки. Вільне включення в електронний обмін даними в ході дистанційного навчання математичних формул є критичним засобом створення зворотного зв'язку між викладачами та студентами. Розглянута в даній роботі авторська програмна система редагування математичних формул є вільно доступною та забезпечує подібний вільний обмін інформацією, дозволяючи покращити взаєморозуміння між викладачами та студентами в ході вивчення математичних дисциплін.

ЛІТЕРАТУРА:

1. The ACM Digital Library. <http://www.acm.org/dl/>
2. The IEEE Member Digital Library. <http://www.ieee.org/products/ieeemdl/>
3. Mathematica. <http://www.wolfram.com/>
4. Mathcad. <http://www.mathsoft.com/mathcad/>
5. Maple. <http://www.maplesoft.com/>
6. Kolodnytsky M., Kovalchuk A., Kuryata S., Levitsky V., Samolyuk I. Interactive Visual Software System for Problem Solving and Teaching in Finite Group Theory // Proceedings of the 23rd International Conference on Information Technology Interfaces, Pula, Croatia, 2001. – P. 409–416.
7. Kolodnytsky M., Kovalchuk A., Kuryata S., Levitsky V. The Mathematical Software Implementation for Computational Algebra and Number Theory // Computer Mathematics. Proceedings of the 4th Asian Symposium. Chiang Mai, Thailand, December 17–21, 2000. / Lecture Notes Series on Computing. Volume 8. – World Scientific, Singapore. – P. 291–294.
8. Ковальчук А.М., Левицький В.Г., Самолюк І.І. Комп'ютерний лабораторний практикум з теорії автоматичного керування // Вісник ЖІТІ. – 2002. – № 21. – С. 104–110.
9. Ковальчук А.М., Левицький В.Г., Янчук В.Г. Вивчення математичних моделей міграції радіонуклідів у лісових екосистемах // Вестник Херсонського державного технічного університета. – 2002. – № 14. – С. 82–87.
10. MathType. <http://www.dessci.com/>
11. MS Office. <http://office.microsoft.com/>
12. MathPlayer. <http://www.dessci.com/en/products/mathplayer>
13. IBM techexplorer. <http://www.integretechpub.com/webmath/techexplorer.html>
14. LaTeX. <http://www.latex-project.org/>
15. Scientific WorkPlace. <http://www.mackichan.com/>
16. Ковальчук А.М., Левицький В.Г., Самолюк І.І., Янчук В.М. Автоматизована розробка математичного програмного забезпечення на основі компонентної клієнт-серверної архітектури // Вісник ЖІТІ. – 2003. – № 3 (27). – С. 148–153.

17. Ковальчук А.М., Левицький В.Г. Компонентна архітектура адаптивного інтерфейсу користувача програмного інструмента розробки комп'ютерних практикумів // Вестник Херсонського державного технічного університету. – 2002. – № 14. – С. 291–295.
18. Ковальчук А.М., Левицький В.Г. Розробка адаптивного інтерфейсу користувача програмної системи чисельного аналізу математичних задач // Вісник ЖІТІ. – 2002. – № 20. – С. 111–119.
19. MathML. <http://www.w3.org/Math/>
20. <http://www.w3.org/Math/XSL/>

КОВАЛЬЧУК Андрій Михайлович – кандидат технічних наук, доцент кафедри АіКТ Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- комп'ютерні інформаційні технології;
- архітектура програмних систем;
- графічні системи та візуалізація даних;
- програмне забезпечення математичного моделювання технічних та екологічних систем;
- використання обчислювальної техніки в навчальному процесі.

ЛЕВИЦЬКИЙ В'ячеслав Георгійович – кандидат технічних наук, доцент кафедри ПЗОТ Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- комп'ютерні інформаційні технології;
- розробка мов програмування та предметно-орієнтованих мов, побудова компіляторів;
- програмне забезпечення математичного моделювання технічних та екологічних систем;
- використання обчислювальної техніки в навчальному процесі.

САМОЛЮК Ігор Іванович — аспірант, асистент кафедри АіКТ Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- комп'ютерні інформаційні технології;
- програмне забезпечення математичного моделювання технічних систем;
- теорія автоматичного керування;
- використання обчислювальної техніки в навчальному процесі.

ЯНЧУК Валентин Миколайович – кандидат технічних наук, доцент кафедри АіКТ Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- комп'ютерні інформаційні технології;
- інформаційно-довідникові системи та бази даних;
- програмне забезпечення математичного моделювання технічних та екологічних систем;
- використання обчислювальної техніки в навчальному процесі.

Подано 11.11.2004

Ковальчук А.М., Левицький В.Г., Самолюк І.І., Янчук В.М. Розробка програмних засобів підтримки дистанційного навчання: побудова математичних виразів.

Ковальчук А.М., Левицький В.Г., Самолюк І.І., Янчук В.М. Разработка программных средств поддержки дистанционного образования: построение математических выражений.

Kovalchuk A.M., Levitsky V.G., Samolyuk I.I., Yanchuk V.M. Software development for distance learning: mathematical equation builder.

УДК 004.415

Розробка програмних засобів підтримки дистанційного навчання: побудова математичних виразів / А.М. Ковальчук, В.Г. Левицький, І.І. Самолюк, В.М. Янчук

Сучасні методи веб-комунікації в ході забезпечення навчального процесу дистанційного навчання не повною мірою забезпечують зручні та наочні для студентів та викладачів способи обміну інформацією в дисциплінах з великою часткою математичних викладок і діаграм. З метою якісного покращення дистанційного контакту між викладачем та студентом в недорогих або безкоштовних системах дистанційного навчання та електронних підручниках, в даній статті аналізується авторська підсистема побудови математичних виразів, яка є складовою комплексу програмних засобів підтримки дистанційного навчання.

УДК 004.415

Разработка программных средств поддержки дистанционного образования: построение математических выражений / Ковальчук А.М., Левицький В.Г., Самолюк І.І., Янчук В.М.

Современные методы веб-коммуникации в ходе обеспечения учебного процесса дистанционного образования не полностью обеспечивают легкие и очевидные для студентов и преподавателей способы обмена информацией в дисциплинах с большой долей математических выкладок и диаграмм. С целью качественного улучшения дистанционного контакта между преподавателем и студентом в дешевых или бесплатных системах дистанционного образования и электронных учебниках, в данной статье анализируется авторская подсистема построения математических выражений, которая является составной комплекса программных средств поддержки дистанционного образования.

УДК 004.415

Software development for distance learning: mathematical equation builder / Kovalchuk A.M., Levitsky V.G., Samolyuk I.I., Yanchuk V.M.

Current distance learning web-environments emphasize the written word and threaded discussions, but do not provide the most basic communication tools for discussion of math problem solving vital to math courses. In order to make better contact between teachers and students in distance learning environments we consider in this paper a new software, mathematical equation editor Formulator, that is a component of a complex of distance learning tools.