

стереотипи, сприятиме переосмисленню принципів роботи, підвищенню цілеспрямованості та працездатності учасників процесу, економії ресурсів, переходу до реального особистісно-орієнтованого навчання.

Література

1. Кондратов В. Т. Стратегічна теорія XXI століття / В. Т. Кондратов // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2001. – № 2. – С. 11–16.
2. Боюн В. П. Динамическая теория информации. Основы и приложения / Боюн В. П. – К. : Ин-т кибернетики им. В.М. Глушкова НАН України, 2001. – 326 с.
3. Савченко З. В. Використання інформаційно-комунікативних технологій в управлінській діяльності ЗНЗ / Савченко З. В. – К., 2000. – 180 с.
4. Колин К. Информатизация образования: новые приоритеты / Колин К. // *Almamater*. – 2002. – № 2. – С. 16–22.
5. Національна доктрина розвитку освіти у XXI столітті // Освіта України. – 2001. – № 1. – С. 22–25.
6. Калініна Л. М. Система інформаційного забезпечення управління загальноосвітнім навчальним закладом : [моногр.] / Калініна Л. М. – К. : Айлант, 2005. – 275 с.

Надійшла 24.1.2011 р.

УДК 519.7: 378.147

А.М. МЕЛЬНИК, Р.М. ПАСІЧНИК
Тернопільський національний економічний університет

МЕТОД АДАПТИВНОГО УПРАВЛІННЯ СТРУКТУРОЮ ПРОЦЕСУ НАВЧАННЯ

В статті запропоновано метод адаптивного управління структурою процесу навчання, який забезпечує суттєву економію часових затрат без втрати ефективності засвоєння навчальних матеріалів.

Method of adaptive control structure learning, which provides significant cost savings in time without loss of learning effectiveness are proposed in this article.

Ключові слова: адаптивне управління, інтелектуальні навчальні системи, часові затрати.

Вступ

В умовах становлення інформаційного суспільства зростають вимоги до ефективності процесів навчання та перепідготовки кадрів. Використання традиційних методів навчання та контролю знань не може забезпечити підвищення ефективності навчального процесу, тому особливої актуальності набувають методи автоматизованого навчання і контролю знань [1]. В дослідженнях ефективності навчання виділяють три основні компоненти: дидактичну, часову та економічну [2]. Рівень дидактичної компоненти може бути оцінений успішністю студента при розв'язанні контрольних завдань. Досягнення бажаної успішності обумовлюється початковим рівнем знань та здібностями студента, організацією процесу навчання, часовими та економічними обмеженнями.

Процес організації навчання включає створення форм подачі теоретичного матеріалу, зразків розв'язання проблемних ситуацій предметної області, а також методи контролю та самоконтролю правильності набутих знань та навичок. Цей процес включає інтелектуальні операції з різною насиченістю творчої компоненти: від авторського бачення структури теоретичного матеріалу до рутинної перевірки правильності розв'язання завдань. Виділення та формалізація нетворчих компонентів процесу навчання із наступною їх автоматизацією дозволяє вивільнити час викладача на посилення творчої компоненти, що посилює розвиток творчих задатків студентів.

Також варто відзначити, що посилення інформатизації суспільства посилює попит на висококваліфікованих вузьких спеціалістів із хорошим рівнем загальнотеоретичних знань та знань в суміжних областях. Це вимагає активізації зусиль студента по самостійному засвоєнню знань із правильною диференціацією їх рівня. Часові та економічні обмеження процесу навчання визначаються конкретним рівнем розвитку суспільства і для певного історичного періоду розвитку конкретної країни можуть вважатися постійними. Таким чином, підвищення ефективності навчання на наш погляд полягає в автоматизації його складових із невисокою творчою насиченістю та активізацією процесів самостійної підготовки студентів.

Застосування тестів дозволило мінімізувати затрати часу викладача на процес контролю правильності знань та активізувати процес її самоконтролю. Комп'ютеризація процесу тестування додатково вивільняє ресурси, які затрачалися на тиражування завдань та співставлення поданих відповідей із вірними. В цьому випадку основні часові затрати пов'язані із формуванням альтернатив тестових завдань. Продуктивні підходи автоматизації цього процесу описані в роботах [3, 4] і розвинуті в [5]. Вони дозволяють звести затрати на формування тестових завдань до затрат на вибір вірних тверджень для контролю та фіксації типових помилкових при їх аналізі, якщо такі виникають. Затрати такого типу є

неусувними, а правдоподібність генерованих хибних альтернатив достатньо висока.

Якість самопідготовки студентів зростатиме якщо тестові завдання впорядковувати по наростанню складності. Питання оцінки складності завдань досліджувалося в роботах [6, 7]. Зокрема в роботі [6] запропоновано ефективний підхід до оцінки складності тестових завдань на основі мало-параметричної регресійної моделі, параметри якої ідентифікуються по невеликій вибірці тестів для конкретних студентських аудиторій та типів тестових завдань. Даний підхід дозволяє генерувати рівноцінні набори тестових завдань, а також забезпечувати адаптацію студентів до наростання їх складності. Однак диференціювання складності завдань дозволяє не тільки нарощувати складність завдань, але й управляти тривалістю підготовки по тестах для досягнення реально досяжного максимального рівня успішності по сукупності предметів при обмеженому ресурсі часу відведеного на підготовку. Актуальність цієї задачі впливає із потреби в забезпеченні вузької спеціалізації при достатньо високому загальному рівню підготовки та недостатньому їх висвітленню в наукових публікаціях. Серед близьких робіт до даної тематики варто відзначити роботи [8, 9]. Однак абстрактний класифікаційний підхід [8] не дозволяє врахувати індивідуальні особливості суб'єктів навчального процесу, а формування індивідуальної траєкторії навчання в [9] базується на врахуванні великої кількості суб'єктивних оцінок важко спостережуваних факторів.

Постановка задачі

В кредитно-модульній системі процес контрольного тестування рівня знань студента носить дискретний характер. Підсумкова успішність за курс є зваженою оцінкою успішності по залікових модулях, основна маса яких може бути отримана на основі тестового контролю. Залікові модулі значною мірою прив'язані до змістовних модулів, які розбивають навчальний семестр на періоди по 5-9 тижнів. Якщо тестування здійснюється по окремих темах, то часовий інтервал на їх вивчення ще більше скорочується. Протягом такого періоду раціонально можна отримати не більше 3-5 проміжних результатів тестувань. Модель залежності успішності студента від часових затрат на такій незначній вибірці може містити лише мінімальну кількість параметрів.

В результаті проведених експериментів із витратами часу на засвоєння матеріалу встановлено, що із ростом успішності витрати часу на її збільшення на 1% монотонно зростають. Це означає, що для моделювання залежностей необхідно використати монотонно зростаючі залежності: степеневу, експоненціальну, логарифмічну. Найбільш адаптивною до результатів експериментів виявилася степенева функція.

Оскільки процес навчання носить динамічний характер, його раціонально організувати на матеріалі наростаючої складності. Ідентифікація може бути здійснена на основі адаптивно-структурного методу [6]. Також важливо встановити моменти часу для підвищення рівня складності пропонованих тестів, які б дозволили мінімізувати загальний час досягнення бажаної успішності. Однак функція, що оцінює часові затрати для досягнення заданої успішності важко ідентифікується. Цей недолік невластивий функції прогнозованої успішності при заданих часових затратах. Тому функцію часових затрат слід будувати як обернену до функції успішності, представленої за допомогою степеневої функції.

Ідентифікація функції успішності та функції часових затрат

Нехай матеріал в навчальній системі згруповано по темах tm . При ознайомленні із матеріалом кожної теми студент s виконує навчальні тести рівнів складності k , що стимулюють процес засвоєння навчального матеріалу. Після освоєння матеріалу розділу студент складає контрольні тести по темі [10]. Задачу управління ефективністю навчання розглядаємо як мінімізацію часу на досягнення бажаного рівня успішності за окремою темою. При початковому тестуванні $nt=1$ студентів пропонуються тести всіх рівнів складності. Отримані значення успішності дозволяють оцінити її динаміку лінійною функцією по кожному рівню. При отриманні наступної точки спостереження по вибраному рівні складності переходимо до двопараметричної степеневої апроксимації:

$$U_k^{s,tm,nt}(T) = \begin{cases} \frac{U_k^{s,tm,1}}{t_{nt,k}} T, & \text{коли } nt = 1 \\ \min \left\{ A_k^{s,tm,nt} T^{\gamma_k^{s,tm,nt}}, 1 \right\}, & \text{коли } nt > 1 \end{cases}, \quad (1)$$

де $U_k^{s,tm,t}$ – функція залежності успішності від часових затрат; t – поточний час навчання; T – прогноз часових затрат; $A_k^{s,tm,t}, \gamma_k^{s,tm,t}$ – параметри регресійної функції; nt – номер навчального тестового контролю.

На основі формули (1) будемо функцію часових затрат як обернену до функції успішності.

$$T_k^{s,tm,nt}(U) = \begin{cases} \frac{t_k^{s,tm,nt}}{U_k^{s,tm,1}} U, & \text{коли } nt = 1 \\ \left(\frac{U}{A_k^{s,tm,nt}} \right)^{1/\gamma_k^{s,tm,nt}}, & nt > 1 \end{cases}, 0 \leq U \leq 1, \quad (2)$$

На рис. 1 наведено графічне представлення результатів ідентифікації залежності успішності від часових затрат для різних студентів при диференціації рівнів складності.

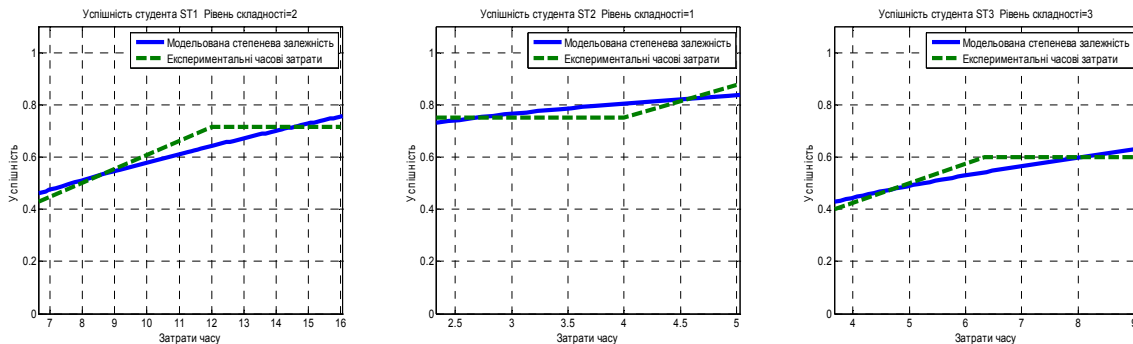


Рис. 1. Ідентифікація функцій успішності залежно від часових затрат

Як видно з представлених графіків, запропонована функція дозволяє проводити якісний прогноз успішності при заданих часових затратах. На наступному рисунку 2, представлено ідентифікацію функції часових затрат для наведених вище експериментів.

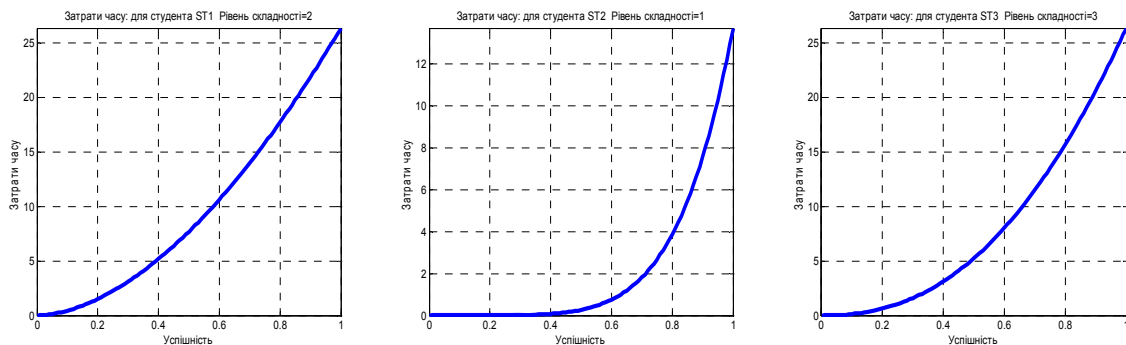


Рис. 2. Представлення функцій залежності часових затрат від рівня успішності

Варто відзначити, що при проведенні чисельних експериментів очевидна вимога не спадного характеру успішності навчання із ростом часових затрат не завжди виконується. Це можна пояснити нерівномірним освоєнням студентами різних аспектів теми навіть при формуванні тестових завдань однакового рівня складності. В цьому випадку експериментальні дані підлягають корекції. Зокрема при отриманні спадної ділянки в експериментальних даних вона змінюється на усередненні постійні значення.

Аналіз експериментальних досліджень підтверджує коректність процедури побудови функції залежності успішності від часових затрат. Оскільки функції успішності ідентифікуються для різних рівнів складності, то наведені графіки не дають можливості однозначно ідентифікувати відносні рівні підготовленості студентів *ST1, ST2, ST3*.

Метод мінімізації часу навчання для забезпечення необхідного рівня успішності

На основі ідентифікації функцій (1) та (2) можна побудувати наступний адаптивний метод мінімізації часових затрат для досягнення бажаного рівня успішності. Оптимізаційна задача управління ефективністю навчання окрім критерію включає обмеження на очікуваний рівень успішності із врахуванням часток тестових завдань відповідної складності в контрольному тесті, а також природне обмеження на рекомендовані успішності по рівнях складності тестів для конкретного студента та теми навчального матеріалу.

Складність цієї задачі полягає у високій мінливості функції часових затрат в процесі освоєння знань та навчального тестування. Тому для її розв'язання запропоновано покрокову процедуру (3)– (8), яка включає поетапну ідентифікацію функції часових затрат при отриманні нових результатів навчального тестування. Кожен етап навчального тестування містить тести одного рівня складності. Вибір цього рівня забезпечує використання рекомендацій щодо обсягів часу навчання, побудованих на попередньому кроці. На першому кроці етапу прогноуються успішності по рівнях складності, які б забезпечили бажаний рівень

очікуваної успішності із мінімальними затратами часу. При цьому компоненти цільової функції задають рекомендовані затрати часу на освоєння тестів по кожному рівню складності.

$$\text{Крок 1.} \begin{cases} z = \sum_k T_k^{s,tm,nt}(U) \rightarrow \min, & (3) \\ \sum_k c_k^{tm} \cdot U_k^{s,tm,nt} \geq U_{\min}^s, & (4) \\ 0 \leq U_k^{s,tm,nt} \leq 1 - U^*, & (5) \end{cases}$$

де c_k^{tm} – частка тестових завдань k-го рівня складності в тесті, що побудований для теми tm ; U_{\min}^s – успішність, якої прагне досягнути студент в процесі навчання при проходженні тестового контролю; U^* – рівень значущості (максимально можливу успішність понижуюємо на рівень значущості, оскільки максимальну успішність практично досягнути доволі складно).

$$\text{Крок 2. } k^* = \text{ArgMax}[(T_k^{s,tm,nt}(U_k^{s,tm,nt}) - t_k^{s,tm,nt}), k]; \quad (6)$$

$$nt(k^*) := nt(k^*) + 1; \quad (7)$$

$$\text{Крок 3. Якщо } \sum_k c_k^{tm} U_k^{s,tm,nt}(t_k^{s,tm,nt}) < U_{\min}^s \text{ то Крок 1.} \quad (8)$$

На другому кроці вибирається рівень складності пропонованих тестів, на якому рекомендовані часові затрати є найменш освоєними. На третьому кроці перевіряється умова завершення навчання при поточних часових затратах.

Чисельні експерименти

На основі запропонованого методу адаптивного управління структурою процесу навчання було проведено ряд чисельних експериментів. Оскільки аналізовані логіко-математичний метод та метод формування індивідуальної траєкторії навчання через абстрактність та суб'єктивізм застосовуваних показників не можуть бути застосовані в умовах експериментів щодо засвоєння матеріалу конкретних модулів, вираш в ефективності адаптивного методу порівнюємо із найпростішим недиференційованим підходом. Суть цього підходу полягає в досягненні бажаної успішності за всіма рівнями складності. Ріст ефективності, забезпечуваний адаптивним методом оцінювався відношенням заощадженого часу відносно недиференційованого підходу до загальних затрат часу останнього:

$$EG = \frac{\sum_k T_k^{s,tm,nt}(U_{\min}^s) - \sum_k T_k^{s,tm,nt}(U_k^{s,tm,nt})}{\sum_k T_k^{s,tm,nt}(U_{\min}^s)} \times 100\%. \quad (9)$$

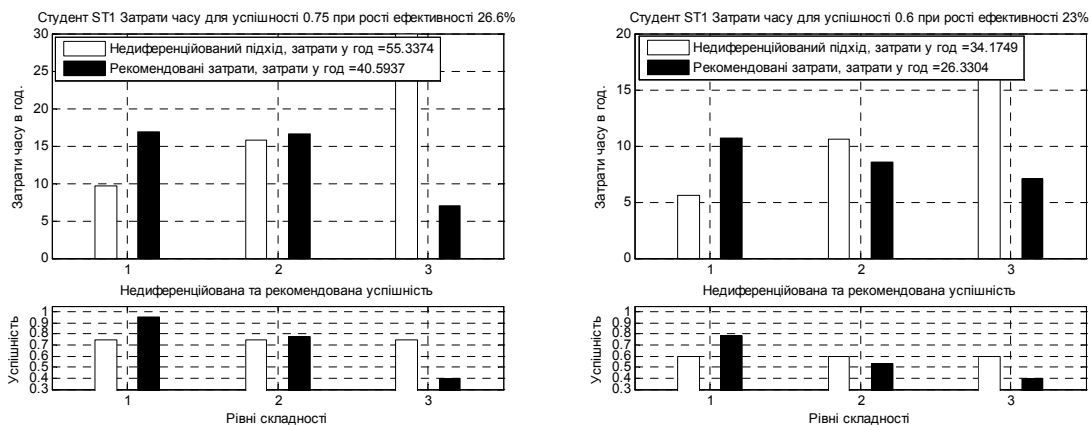


Рис. 3. Управління затратами часу навчання для студента 1 для досягнення успішності 0.75 та 0.6 при ефективності 26.6 та 23.0 %

Із наведених рисунків можна ідентифікувати рівні студентів $ST1$ як слабкий, $ST2$ – як високий, а $ST3$ – як середній. Відповідно до їх рівнів оцінювалися найбільш реальні альтернативні бажані рівні і успішності. У всіх випадках адаптивний метод забезпечив ріст ефективності. Як і очікувалося, в більшості випадків рекомендується досягнення вищої успішності на нижніх рівнях складності та зменшення успішності на вищих рівнях в порівнянні із недиференційованим підходом. Однак для студентів із високим рівнем підготовки для досягнення високої успішності рекомендовано збільшення часових затрат для освоєння завдань із високим рівнем складності.

Найбільші прирости ефективності метод демонструє для студентів із слабким та середнім рівнями підготовки.

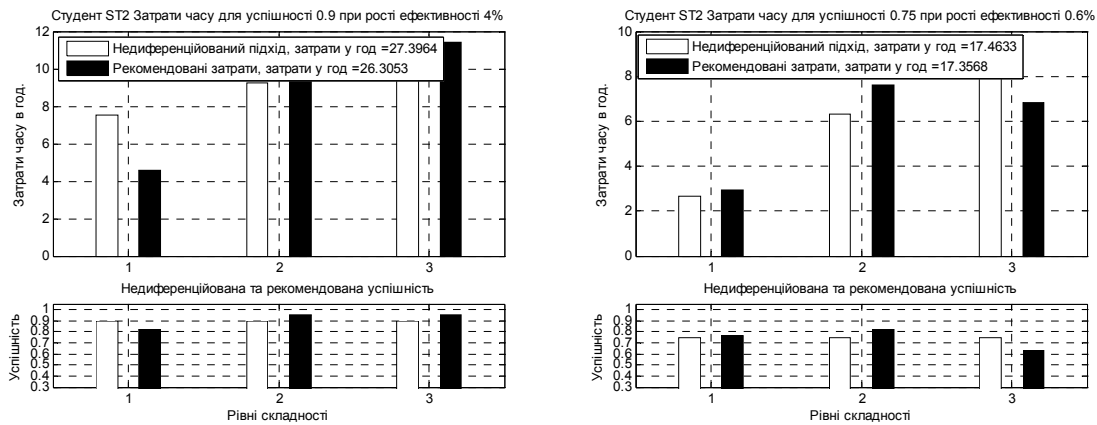


Рис. 4. Управління затратами часу навчання для студента 2 для досягнення успішності 0.9 та 0.75 при ефективності 4.0 % та 0.6 %

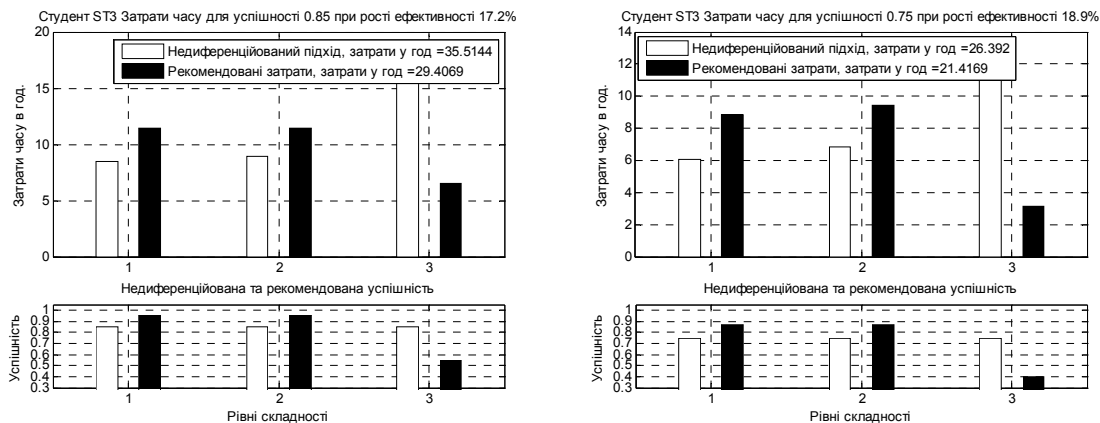


Рис. 5. Управління затратами часу навчання для студента 3 для досягнення успішності 0.85 та 0.75 при ефективності 17.2 % та 18.9 %

Висновки

В статті розглянуто особливості управління процесом навчання, проведено аналіз основних підходів, виділено їх основні недоліки. Запропоновано метод адаптивного управління структурою процесу навчання. В результаті застосування методу отримано наступні наукові та практичні результати: вперше показано, що адаптивне управління структурою навчального процесу при автоматичній генерації тестів із врахуванням їх складності забезпечує суттєву економію часових затрат без втрати ефективності засвоєння навчальних матеріалів, яка дозволяє будувати покращені оперативні навчальні стратегії в межах локальних тем або модулів.

Література

- Оксамитна Л. П. Методи та засоби самоорганізації моделі знань в автоматизованих системах контролю знань та навчання : автореф. дис. на здобуття наук. ступення канд. техн. наук : 05.13.06 / Черкаський державний технологічний університет / Оксамитна Л. П. – Черкаси, 2003. – 18 с.
- Снижко Е. А. Методика применения экспертных систем для корректировки процесса обучения и оценки эффективности ППС : дис. ... канд. пед. наук : 13.00.02 / Снижко Е. А. – СПб, 1997. – 161 с.
- Генерація тестових завдань у системі дистанційного навчання на основі моделі формалізації дидактичного тексту [Електронний ресурс] / С. В. Титенко // Наукові вісті НТУУ “КПІ”. – 2009. – № 4. – С. 47–57. – Режим доступу : <http://www.nbu.gov.ua/portal/natural/nvbkpi/2009/01.pdf>
- Мельник А. М. Метод генерації тестових завдань на основі системи семантичних класів / А. М. Мельник, Р. М. Пасічник // Вісник ТДТУ. – 2010. – Том 15. – № 1. – С. 187–193.
- Автоматична генерація тестових завдань різних типів / А. М. Мельник // Вісник Хмельницького національного університету. – 2010. – № 4. – С. 124–129.
- Мельник А. М. Модель оцінки складності тестових завдань / А. М. Мельник, Р. М. Пасічник // Науковий вісник Чернівецького університету : збірник наук. праць. Комп’ютерні системи та компоненти. – 2009. – № 479. – С. 108–113.
- Технология оценивания тестов в зависимости от типа и уровня сложности тестовых заданий на основе интегрированной модели / [Бондаренко М., Семенец В., Білоус Н. та ін.] // Proceedings of the Fourth International Conference "Modern (e-) Learning" MeL 2009, Varna, Bulgaria, June-July 2009, pp. 55–62.
- Антоник М. С. Інформаційна технологія побудови автоматизованої системи управління

навчальним процесом : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : 05.13.06 / Державний науково-дослідний інститут інформаційної інфраструктури Національна медична академія післядипломної освіти імені П. Л. Шупика / М. С. Антоник. – Львів, 2005. – 20 с.

9. Носов П. С. Інтелектуальне формування індивідуальної траєкторії навчання студента : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : 05.13.23 / Одеський національний політехнічний університет / П. С. Носов. – Одеса, 2007. – 17 с.

10. Мельник А. М. Моделювання результативності навчання в інтелектуальних адаптивних навчальних системах / А. М. Мельник, Р. М. Пасічник // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. – 2009. – № 3. – С. 107–117.

Надійшла 13.1.2011 р.

УДК 519.21

А.Б. ГОРКУНЕНКО, А.М. ЛУЦКІВ, С.А. ЛУПЕНКО
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА СТАТИСТИЧНИЙ СУМІСНИЙ АНАЛІЗ ВЗАЄМОПОВ'ЯЗАНИХ ЕКОНОМІЧНИХ ЦИКЛІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

У роботі застосовано новий підхід до сумісного аналізу декількох взаємопов'язаних економічних процесів із використанням їх математичної моделі у вигляді вектора циклічних ритмічно пов'язаних випадкових процесів, що у методах їх аналізу та прогнозування дало можливість враховувати стохастичність, повторюваність у часі, змінність та спільність ритму досліджуваних економічних процесів.

The paper applies a new approach to joint analysis of several interrelated economic processes using their mathematical models as a vector of random cycle-related rhythmic processes that provided the possibility to take into account stochasticity, time repetition, variability and rhythm synchronism of the economical processes under investigation in the methods of their analysis.

Ключові слова: економічні циклічні процеси, математичне моделювання, методи аналізу та прогнозу, вектор циклічних ритмічно пов'язаних випадкових процесів.

Вступ

Розробка сучасних математичних моделей, методів та програмних засобів підтримки прийняття рішень стосовно задач аналізу та прогнозу економічних процесів [1, 2], зокрема економічних циклічних процесів [3, 4], є важливою науково-прикладною задачею. Незважаючи на досить велику кількість наукових публікацій із цього приводу, наявності ряду програмних засобів аналізу та прогнозу циклічних економічних процесів, актуальним залишається підвищення точності, достовірності та глибини прогнозування циклічних економічних процесів. У роботах [5, 6], для аналізу та прогнозу економічного циклічного процесу обґрунтовано його математичну модель у вигляді циклічного випадкового процесу, що уможливило адаптацію статистичних методів аналізу та прогнозування цих економічних процесів до змін ритму (темпу) їх коливання. Однак даний підхід до математичного моделювання немає засобів врахування спільності ритму декількох взаємопов'язаних циклічних економічних процесів, що робить проблематичним проведення їх сумісного статистичного аналізу та прогнозу.

Дана робота присвячена математичному моделюванню та сумісному статистичному аналізу сукупності взаємопов'язаних економічних циклічних процесів з метою розробки методів їх прогнозування.

Основна частина

Математична модель сукупності взаємопов'язаних економічних циклічних процесів

Типовими прикладами взаємопов'язаних економічних циклічних процесів є індекс активності нерухомого майна та індекс активності рентного доходу. На рисунках 1 та 2 надано приклади реєстрограм цих економічних процесів, а саме, індекс активності нерухомого майна США та індекс активності рентного доходу США. Дані індекси є розрахованими компанією “Google” відносно відповідних значень цих величин станом на 1 січня 2004 року, що умовно прийняті за одиницю (тому реєстрограми надано в умовних одиницях).

Метод прогнозування безпосередньо базується на методі статистичного аналізу досліджуваних процесів, оскільки результати такого аналізу є вхідними даними для процедури побудови прогнозів (прогнозних рішень). Точність та достовірність аналізу суттєво залежить від обґрунтованої для задач прогнозування математичної стохастичної моделі сукупності взаємопов'язаних циклічних економічних процесів, оскільки основним етапом розробки статистичних сумісних методів аналізу та прогнозування циклічних економічних процесів є створення (чи обґрунтування) адекватної математичної моделі сукупності взаємопов'язаних циклічних економічних процесів.