

## РОЛЬ МОДЕЛІ УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСОМ АВТОМАТИЗОВАНОГО НАВЧАННЯ В ПІДВИЩЕННІ ВІДВІДУВАНІСТІ ВЕБ-САЙТІВ

*В роботі запропоновано метод адаптивного управління структурою процесу навчання, який забезпечує суттєве підвищення ефективності засвоєння навчальних матеріалів, що формує зростання відвідуваності веб-сайту. Висвітлено поняття складності тестових завдань та ступінь її актуальності в сучасних дослідженнях. Відзначено, що підвищення ефективності формування тестових завдань вимагає автоматизації цього процесу, що включає автоматизацію оцінки складності завдань. Орієнтація методу на структурні особливості тестів дозволяє використовувати його для генерації тестів заданої складності в автоматизованих системах тестування. Ефективність запропонованих методів підтверджена експериментально.*

*Ключові слова:* адаптивне управління, інтелектуальні навчальні системи, складність тестів, відвідуваність веб-сайту.

А.М. MELNYK

Ternopil National Economic University

### MODEL OF MANAGEMENT AUTOMATED PROCESS TRAINING FOR INCREASE OF ATTENDANCE WEBSITES

*Method of adaptive control structure learning, which provides significant cost savings in time without loss of learning efficiency, is proposed in this article. The concept of complication of test tasks and degree of its actuality is reflected in researches. It is marked that the increase of efficiency of forming of test tasks requires automation of this process which includes automation of estimation of complication of tasks. The orientation of method on the structural features of tests allows to use him for the generation of tests of the set complication in computerized system. Efficiency of the offered method is confirmed experimentally.*

*Keywords:* Adaptive control, intelligent tuition systems, tests' complexity, Websites traffic.

#### Вступ

Сучасний веб-сайт – це розгалужена система програмних, інформаційних, медійних засобів, логічно пов'язаних між собою, а отже затрати часу і ресурсів на його створення та підтримку невинно зростають. Тому серед розробників сайтів виділилася категорія професійних дослідників якості цих продуктів. Такого роду спеціалісти об'єднуються в компанії із надання послуг на платній основі. Однак ця діяльність носить радше характер мистецтва, оскільки її наукові засади мало досліджені, а методи носять рецептурний та суб'єктивний характер, що викликає часті дискусії у веб-спільноті [1, 2].

Очевидно, що інформація веб-сайту повинна бути достатньо різноманітною. Для спрощення доступу до неї сайт володіє певною структурою. Вона є базою для побудови інформаційного наповнення. Елементи інформаційного наповнення відрізняються як тематикою, так і ступенем і способом впливу на цільову аудиторію. Їх аналіз дозволив виділити наступні основні функції сайту: представницька, інформаційні послуги, он-лайн послуги. Представницька функція забезпечується звичайним вмістом сторінок сайту і представляє особливості функціонування об'єкту. Інформаційні послуги надаються за рахунок тематичних колекцій інформаційних сторінок або інформаційних ресурсів. Он-лайн послуги надаються за допомогою спеціальних он-лайн сервісів. Коли представницька функція як правило не може збільшити аудиторію сайту, то наступні дві можуть суттєво її розширити. Особливу роль тут відіграють он-лайн сервіси, оскільки вони забезпечують постійний потік користувачів. Тематика сервісів веб-сайту повинна узгоджуватися із функціональними задачами об'єкта, якого цей ресурс представляє.

#### Постановка задачі

В підвищенні популярності веб-сайтів навчальних підрозділів суттєву роль можуть відіграти веб-сервіси контролю знань, що будуть інтенсивно використовуватися як сегментами студентів, так і сегментами абітурієнтів цільової аудиторії при умові набуття такими сервісами навчальних функцій. Постійний інтерес цільової аудиторії може бути забезпечений лише при автоматичній генерації завдань та високій ефективності самого навчання. Перша особливість робитиме кожен новий сеанс із системою унікальним, а друга – привабливим для споживача.

Метою дослідження є реалізація методу адаптивного управління структурою автоматизованого навчання та моделі оцінки складності тестових завдань для зростання відвідуваності сайтів в мережі Інтернет. Виходячи з мети, необхідно виділити такі основні задачі дослідження, а саме:

- систематизація основних проблем, які виникають в процесі підвищення відвідуваності веб-сайтів;
- розробка моделі оцінки складності тестових завдань та її адаптація в умовах просування сайту;
- створення методу управління структурою процесу навчання для забезпечення необхідного рівня успішності з метою підвищення відвідуваності веб-сайтів навчальних підрозділів;
- дослідження впливу розроблених методів та програмних засобів на відвідуваність веб-сайтів навчальних підрозділів.

#### Модель оцінки складності тестових завдань та її ідентифікація

Особливо актуальним є завдання оцінки складності завдань в автоматизованих системах тестування, які використовуються як додаткові веб-сервіси в навчальних веб-орієнтованих системах. На сьогоднішній

час навіть порівняно складні моделі для цих систем не дають помітної ефективності в формуванні наборів тестів. Аналізуючи сучасні методи оцінки складності тестових завдань, необхідно відзначити, що практично усі вони базуються на статистичних оцінках або структурному аналізі. Статистичні методи вимагають великої вибірки, а методи на основі структурного аналізу – супроводжуються суб’єктивністю. Тому виникла задача створення адаптивно-структурного методу оцінки складності, що поєднував би переваги структурного аналізу та статистичних методів, та дозволяв проводити апіорну оцінку складності автоматично згенерованих тестових завдань [3–5].

Контроль знань за допомогою тестових завдань полягає в представленні сукупності альтернативних тверджень, серед яких необхідно вибрати вірні. З класичної теорії тестів та теорії тестування IRT відомо, що складність тестового завдання залежить від правдоподібності неправильних відповідей, тобто чим краще підібрані дистрактори (неправильні відповіді) тим складніше завдання. Встановлено, що вища частка вибору неправильних відповідей в процесі тестування, свідчить про вищу якість формування тесту.

Нехай тестові твердження представляються наступним чином:

$$O_i \rightarrow \{A_{i1}, \dots, A_{iN}\}, \quad (1)$$

де  $O_i$  – основна частина тестового твердження;  $A_{ij}$  – альтернативні специфікації тестового твердження;  $N$  – кількість альтернатив.

Оскільки у більшості автоматизованих систем тестування використовуються тестові завдання закритого типу (багато альтернативні та одноальтернативні) [4, 5], то для побудови оцінок складності тестових завдань розглянемо саме цей випадок.

Будемо оцінювати реальну складність  $RCS_i$  розв’язання тестових завдань на основі відносної частоти невірних відповідей на них. Тому значення функція складності повинна приймати із інтервалу [0, 1]. В теорії оцінки параметрів тестування IRT моделі будуються на основі неспостережуваних (латентних) змінних. Оскільки ми хочемо контролювати складність завдань, то параметри моделі складності повинні бути легко спостережувані.

В результаті попереднього аналізу проведених експериментів було встановлено, що складність тестового завдання залежить від кількості  $N$  альтернатив в ньому та від близькості його альтернатив до вірної. Міру такої близькості пропонується оцінювати за допомогою показників формальної  $F$  та композиційної  $D$  спорідненості альтернатив із основою.

Формальна спорідненість встановлюється при генерації тестового завдання і приймає максимальне значення коли альтернатива вірна, проміжні значення при наявності спільних фрагментів із вірною альтернативою та мінімальні значення, при відсутності будь-яких спільних фрагментів із вірною альтернативою. Показник композиційної спорідненості приймає максимальне значення при належності альтернативи до того ж підрозділу, що і основа тестового завдання, проміжне значення, при належності окремого фрагмента альтернативи до підрозділу, що включає основу тестового завдання та мінімальне значення при належності альтернативи до підрозділу, що не включає основу тестового завдання [5, 6].

Дані показники не є абсолютно незалежними, хоча і не зводяться один до одного. Так, якщо  $D = D_{\min}$ , то  $F = F_{\min}$  і якщо  $F = F_{\max}$ , то  $D = D_{\max}$ . Однак проміжні значення цих параметрів не містять таких однозначних залежностей. Зокрема, значенню  $D = D_{avg}$  можуть відповідати значення як  $F = F_{\min}$ , так і  $F = F_{avg}$ , чим забезпечується незалежність показників. Тут індексами  $\min, avg, \max$  позначаються мінімальні, середні та максимальні значення відповідних показників.

$$F = \begin{cases} \alpha_0 - \text{заздалегіть невірна} \\ \text{альтернатива} \\ \alpha_0 + \beta_2 - \text{невірна альтернатива,} \\ \text{що близька до вірної} \\ \alpha_0 + 2\beta_2 - \text{вірна альтернатива} \end{cases} \quad (2)$$

де  $\alpha_0$  – оцінка сили впливу кількості заздалегіть невірних альтернатив на її складність,  $\beta_2$  – градація автентичності. При цьому:

$$\alpha_0 = \begin{cases} 0 - \text{вплив не суттєвий,} \\ 1 - \text{вплив суттєвий.} \end{cases} \quad (3)$$

Фактори композиційної та формальної спорідненості вимірюються на рівномірних шкалах із відповідними градаціями

$$D = \begin{cases} 1 - \text{повна документованість} \\ 1 + \beta_1 - \text{відносна документованість} \\ 1 + 2\beta_1 - \text{утруднена} \\ \text{documentsваність або її відсутність} \end{cases} \quad (4)$$

де  $\beta_1$  – градація документованості.

Оскільки взаємодія факторів не носить лінійного характеру, то моделюємо її однією із

найпростіших нелінійних залежностей – мультиплікативним механізмом:

$$CS_{ij}^*(F_{ij}, D_{ij}) = D_{ij}(\beta_1) \cdot F_{ij}(\beta_2), \quad (5)$$

де  $CS_{ij}^*(F_{ij}, D_{ij})$  – функція складності  $j$ -ї альтернативи;  $INV$  – поправка на складність у врахуванні негативного представлення основної частини тестового завдання, яке прирівнюється до появи ще однієї вірної альтернативи.

Процедуру ідентифікації здійснимо на основі співвідношення

$$\sum_{i=1}^{CTi} (RCS_i(\hat{\beta}) - REA_i)^2 \rightarrow \min_{\beta}, \quad (6)$$

$$\beta_1, \beta_2 \geq 0$$

де  $REA_i$  – відносна частота помилкових відповідей;  $RCS$  – функції градацій композиційної та формальної спорідненості альтернатив;  $EA_i$  – частота помилкових відповідей на  $i$ -е тестове завдання;  $MEA$  – максимальна частота помилкових відповідей;  $CTi$  – кількість тестових завдань.

Ідентифікація реалізується на основі алгоритму Левенберга-Марквардта із використанням процедури `nlfit` в програмному середовищі моделювання `MatLab`. При цьому застосовується метод дзеркальних відображень, що запропонований в [5, 6], який полягає у використанні  $|\beta_i|$  замість  $\beta_i$  в представленні (6).

На рис. 1 представлено результати апроксимації відносних частот функцією складності. В ході експериментів встановлено, що параметр оцінки сили впливу кількості задалегідь невірних альтернатив  $\alpha_0$  доцільно покласти рівним 1. При цьому вектор коефіцієнтів функції складності для формули (5)

отримав представлення  $\vec{\beta} = [0.16 \ 1.28]$ .

Максимальне відхилення прогнозованої складності від частоти помилок становило 27%. Однак оскільки для контролю знань на практиці використовуються набори тестів, то інформативною оцінкою відхилення функції складності від частоти слід вважати її середнє значення. Для цього випробовування воно складало 11 %, що дозволяє використовувати побудовану модель для формування тестових наборів заданої складності із достатньою для практики точністю.

Орієнтація методу на структурні особливості тестів дозволяє використовувати його для генерації тестів заданої складності в автоматизованих системах тестування.

#### Управління процесом автоматизованого навчання з використання веб-сервісів контролю знань

Застосування тестів дозволяє мінімізувати витрати часу викладача на процес контролю правильності знань та активізувати процес її самоконтролю, які є цільовими компонентами структури процесу автоматизованого навчання. Якість самопідготовки студентів зростатиме якщо тестові завдання впорядковувати по наростанню складності. Питання оцінки складності завдань досліджувалося в роботах [5, 6], та обґрунтовано в попередньому підрозділі даної роботи, де було описано 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 отримання реально досяжного 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 рівні підготовки та недостатньому їх висвітленню в наукових публікаціях.

Серед близьких робіт до даної тематики варто відзначити роботи [7–9]. Однак абстрактний класифікаційний підхід 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.

Задачу управління ефективністю навчання розглядаємо як мінімізацію часу на досягнення бажаного рівня успішності по окремій темі [9, 10]. При початковому тестуванні студентів пропонуються тести всіх

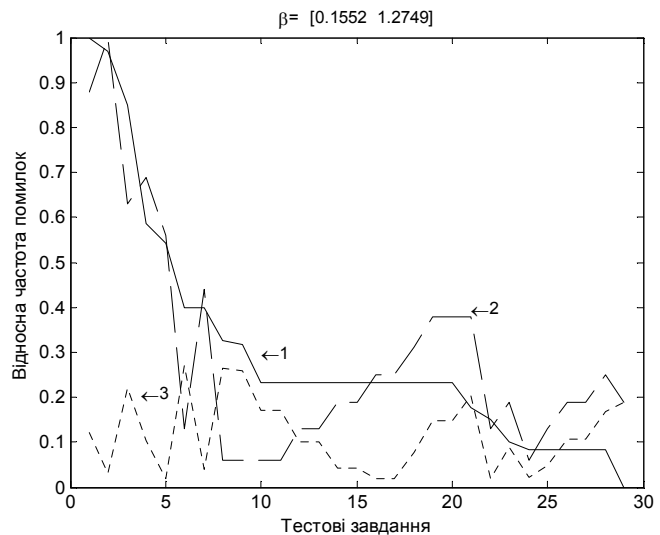


Рис. 1. Апроксимація відносних частот функції складності (модельована відносна складність тесту (1), відносна частота помилок (2), відхилення прогнозованої складності від частоти (3))

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:

$$U_k^{s,tm,nt}(T) = \begin{cases} \frac{U_k^{s,tm,1}}{t_k^{s,tm,nt}} T, & \text{коли } nt = 1 \\ \min \left\{ A_k^{s,tm,nt} T^{\gamma_k^{s,tm,nt}}, 1 \right\}, & \text{коли } nt > 1 \end{cases}, \quad (7)$$

де  $U_k^{s,tm,nt}$  – функція залежності успішності від часових витрат;  $t$  – поточний час ознайомлення із навчальними матеріалами в системі;  $T$  – часові витрати;  $A_k^{s,tm,nt}, \gamma_k^{s,tm,nt}$  – параметри регресійної функції;  $nt$  – номер навчального тестового контролю.

В результаті застосування розробленої моделі встановлено, що адаптивне управління структурою навчального процесу при автоматичній генерації тестів із врахуванням їх складності забезпечує суттєву економію часових витрат без втрати ефективності засвоєння навчальних матеріалів, яка дозволяє будувати покращені оперативні навчальні стратегії в межах локальних тем або модулів. Таке управління дозволяє розширити аудиторію користувачів навчальної веб-орієнтованої системи, а це в свою чергу сприяє підвищенню відвідуваності Інтернет ресурсів на яких вона розміщена.

Для проведення експериментів використано результати навчального тестування в ході підготовки до задачі модуля з дисципліни «Засоби програмування баз даних і знань». Аналіз застосовано до представників категорій студентів, що характеризуються невисоким, середнім та високим рівнями базової підготовки, який визначається на основі попереднього аналізу їх успішності.

Суть експериментальних досліджень зводилася до оцінки витрат часу для досягнення бажаного рівня успішності по трьох рівнях складності навчальних матеріалів для студентів із різними ступенями базової підготовки. Для кожного студента фіксувалися його показники успішності при освоєнні завдань різного рівня складності шляхом розподілу затраченого часу пропорційно кількості розв'язаних завдань кожного рівня. Функція успішності студентів в освоєнні навчального матеріалу міняється після кожного сеансу навчання і остаточно проявляється лише на завершальних його етапах.

На рис. 2 наведено результати управління витратами часу для студента із невисоким рівнем базової підготовки для досягнення успішності 0.75. У порівнянні з недиференційованим підходом ефективність складала 26.6 %. Якщо розглянути розподіл часу по рівнях складності, то тут варто відзначити суттєву економію при вивченні навчальних розділів, які формують найскладніший рівень тестового розподілу.

Розподіл тестових завдань по рівнях складності та адаптивне управління дозволяє оцінити можливість кожного студента (часові, індивідуальну підготовку, кінцеву мету навчання) та сформулювати вірну навчальну стратегію в межах локальних тем або модулів.

#### Експериментальні дослідження

Усі запропоновані підходи покладено в основу інформаційної технології автоматичної генерації тестових завдань з керованою складністю, яка дозволяє мінімізувати часові витрати як викладачів так і студентів в процесі як традиційного, так і дистанційного навчання. Цей підхід реалізовано в рамках системи SAGT (System of the automatic generation of tests), яка створена засобами технологій PHP та MySQL з елементами JavaScript [1, 11].

Дана система розміщена як окремий веб-сервіс на офіційному сайті Факультету комп'ютерних інформаційних технологій Тернопільського національного економічного університету. На рис. 3 показано динаміку зростання кількості користувачів до використання веб-сервісу (січень 2016 року) і після впровадження. Дані спостереження підтвердили ефективність запропонованих підходів.

#### Висновки

В статті розглянуто основні фактори, що впливають на відвідуваність веб-сайту та виділено роль автоматизованих систем контролю знань із навчальними функціями в підвищенні відвідуваності веб-сайтів навчальних підрозділів. Представлено модель та метод оцінки складності тестових завдань на основі показників формальної та композиційної спорідненості, який поєднує переваги статистичних та структурних

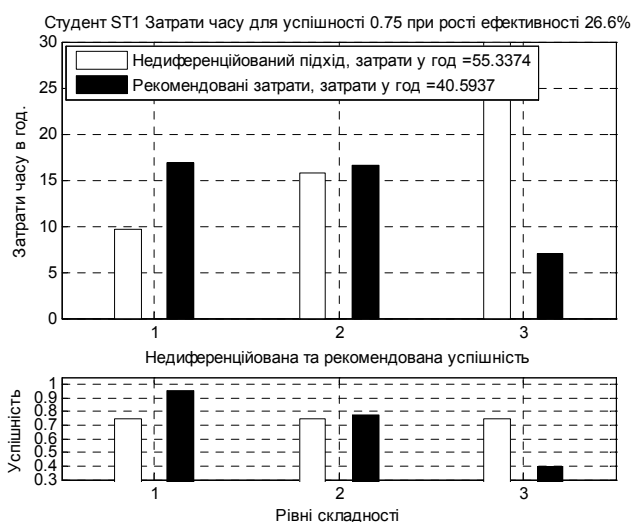


Рис. 2. Управління процесом навчання з використанням веб-орієнтованої системи

методів. Показано, що адаптивне управління структурою навчального процесу при автоматичній генерації тестів із врахуванням їх складності забезпечує суттєву економію часових затрат без втрати ефективності. Експериментально підтверджено, що веб-сервіси контролю знань дозволяють суттєво підвищити відвідуваність сайтів навчальних підрозділів.

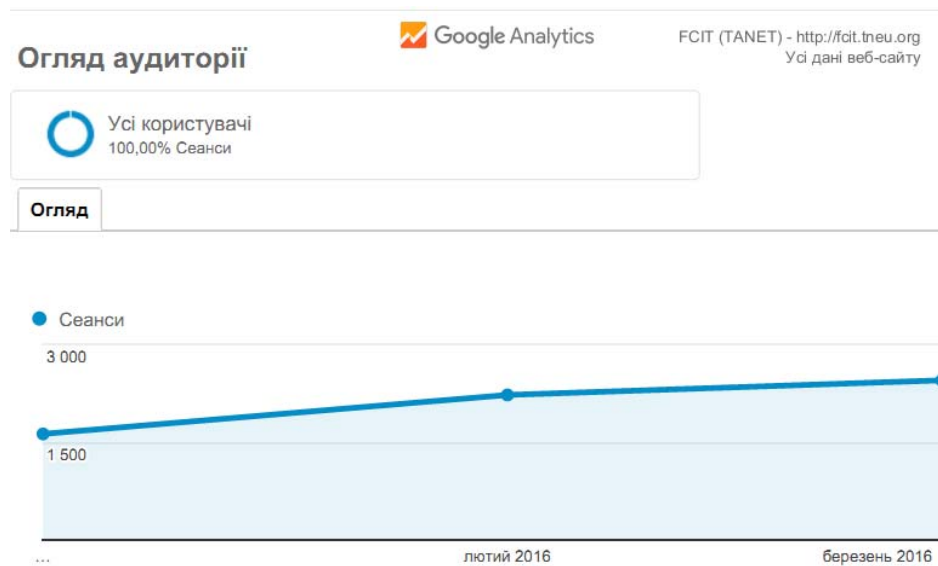


Рис. 3. Відвідуваність сайту після впровадження додаткових сервісів у веб-орієнтованих системах

## Література

1. Мельник А. М. Автоматична генерація тестових завдань різних типів / А. М. Мельник // Вісник Хмельницького національного університету. – 2010. – № 4. – С. 124–129.
2. Pasichnyk N. Management the website attendance based on the projected traffic / N. Pasichnyk, A. Melnyk, N. Dobrovolska // The Experience of Designing and Application of CAD Systems in Microelectronics. Proceedings of the International Conference. CADSM '2013. – Lviv-Polyana, Ukraine, 2013. – 277 p.
3. 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.
4. Мельник А. М. Метод адаптивного управління структурою процесу навчання / А. М. Мельник, Р. М. Пасічник // Вісник Хмельницького національного університету. – 2011. – № 1. – С. 132–137.
5. 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.
6. Pasichnyk R. Modeling of effective studies in Adaptive Educational Systems / R. Pasichnyk, A. Melnyk // The Experience of Designing and Application of CAD Systems in Microelectronics. Proceedings of the International Conference. CADSM '2009. – Lviv-Polyana, Ukraine, 2009. – P. 248–250.
7. Pasichnyk R. Modeling of Cognitive Processes for Bio-Technical Systems / R. Pasichnyk, A. Melnyk // Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science. Proceedings of the International Conference. TCSET'2008. – Lviv-Slavsko, Ukraine, 2008. – P. 27–28.
8. Мельник А.М. Моделирование результативности навчання в інтелектуальних адаптивних навчальних системах / А.М. Мельник, Р.М. Пасічник // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія : міжнародний науково-технічний журнал. — 2009. — № 3. — С. 107–117.
9. Pasichnyk R. Method of Adaptive Control Structure Learning Based on Model of Test's Complexity / R. Pasichnyk, A. Melnyk, N. Pasichnyk, I. Turchenko // Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications Proceedings of the 6th IEEE International Conference IDAACS' 2011, Volume 2 (Prague, Czech Republic, 15–17 September 2011) / IEEE Ukraine I&M / CI Joint Societies chapter, Research Institute for Intelligent Computer Systems, 2011. – P. 692–695.
10. Lendyuk T. Individual learning path building on knowledge-based approach / T. Lendyuk, A. Melnyk, S. Rippa, I. Golyash, S. Shandruk // Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications Proceedings of the 8th IEEE International Conference IDAACS' 2015, Volume 2 (Warsaw, Poland, 24–26 September 2015) / IEEE Ukraine I&M / CI Joint Societies chapter, Research Institute for Intelligent Computer Systems, 2015. – P. 949–954.
11. Pasichnyk N. Mathematical modeling of the Website quality characteristics in dynamics / N. Pasichnyk, M. Dyvak, R. Pasichnyk // Journal of Applied Computer Science / Technical University Press – Lodz, Poland. 2014. – V. 22, № 1. – P. 171–183.