

# МЕТОДИ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ АНАЛІЗУ ЕФЕКТИВНОСТІ ВЗАЄМОДІЇ КОРИСТУВАЧІВ ІЗ ЕЛЕКТРОННИМИ ІНФОРМАЦІЙНИМИ РЕСУРСАМИ З ДИНАМІЧНО ЗМІНЮВАНИМ КОНТЕНТОМ

УДК 004.3(075)

## **ВЕСЕЛОВСЬКА Галина Вікторівна**

к.т.н., доцент, доцент кафедри інформаційних технологій  
Херсонського національного технічного університету.

**Наукові інтереси:** розробка концепцій і моделей підвищення ефективності систем комп'ютерного навчання.

**e-mail:** galina.veselovskaya@gmail.com

## **ЧЕКЛІН Андрій Дмитрович**

студент спеціальності 7.091501 «Комп'ютерні системи та мережі»  
Херсонського національного технічного університету.

**Наукові інтереси:** розробка концепцій і моделей підвищення ефективності  
комп'ютерних систем і мереж, інформаційних систем, систем комп'ютерного навчання.

## **КИБАЛКО Ігор Іванович**

к.т.н., старший викладач кафедри інформаційних технологій Херсонського національного технічного університету.

**Наукові інтереси:** розробка концепцій і моделей підвищення ефективності комп'ютерних систем і мереж,  
систем комп'ютерного навчання.

**e-mail:** lion\_pif@kstu.edu.ua

### **ВСТУП**

Невпинний розвиток обсягу та широти тематичного охоплення того сектору інформаційного простору, що підтримується електронними інформаційними джерелами, обумовив не менш стрімке зростання актуальності задачі забезпечення високопродуктивного та комфортного інформаційного сервісу користувачів, яка впевнено посіла одне з чільних місць у сучасних комп'ютерних системах і мережах, а методи та інформаційні технології її розв'язування набули чинності фундаментальних теорій та отримали повсюдне застосування на практиці.

Разом із тим, для названої вище галузі досліджень і розробок є характерним не тільки подальший інтенсивний розвиток, а й обумовлена ним систематична поява достатньо кардинальних змін, що вимагає постійного доповнення існуючого концептуального та математичного апарату новими методами та відповідними інтегрованими інформаційними технологіями. Зокрема, до зазначених кардинальних змін, які вимагають відповідного корегування концептуальних підходів і формального апарату моделювання, належить інтенсивна динаміка оновлення структури та змісту контенту, що є властивою ряду сучасних галузей знань, одним із

найхарактерніших представників яких є галузь інформатики та обчислювальної техніки.

У рамках окресленого вище напрямку досліджень, авторами статті було опрацьовано один із часткових аспектів проблеми вдосконалювання методів та інформаційних технологій оптимізації взаємодії користувачів із електронними інформаційними ресурсами тих галузей знань, які характеризуються інтенсивним змінюванням обсягів, структури та змісту електронного інформаційного простору, а саме – аспект підвищення релевантності результатів аналізу ефективності даної взаємодії.

### ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

Вагомим внеском у розбудову методів та інформаційних технологій оптимізації взаємодії користувачів із електронними інформаційними ресурсами, що характеризуються динамічно змінюваним контентом (зокрема, аналізу ефективності взаємодії), є моделювання та подальше дослідження поведінки ієрархічних систем взаємопов'язаних характеристик ефективності зазначеної взаємодії [3].

За рядом аспектів даного питання, авторами було опубліковано роботи [1-4], де ними було досліджено та розроблено як загальні концепції та моделі оптимізації інформаційної підтримки користувачів електронних інформаційних ресурсів, так і особливості їх реалізації в рамках галузі знань “Інформатика та обчислювальна техніка” та в сфері комп'ютерного навчання.

У процесі роботи над публікаціями [1-4], авторами також було виявлено актуальні напрямки та задачі подальшого вдосконалювання отриманих ними результатів стосовно здійснення аналізу (статичного та динамічного, ретроспективного та перспективного, фактичного та прогностичного тощо) характеристик ефективності взаємодії користувачів із ЕІР.

У даній статті, що є безпосереднім логічним продовженням публікації [3], розглянуто методи та інформаційні технології для розв'язування двох базових задач аналізу ефективності взаємодії користувачів із електронними інформаційними ресурсами з динамічно змінюваним контентом, пов'язаних із дослідженням: поведінки характеристик ефективності взаємодії на нетривалих проміжках часу;

потенційних і реальних можливостей максимізації характеристик ефективності взаємодії.

### РОЗВ'ЯЗОК ЗАДАЧІ

У межах загальної задачі моделювання процесів синтезу та аналізу систем характеристик ефективності взаємодії користувачів із електронними інформаційними ресурсами (ЕІР), слід виділити ряд локальних підзадач, які мають першочергову вагомість у сенсі актуальності та практичної цінності їх упровадження в повсякденну роботу з ЕІР.

До зазначених вище підзадач належить моделювання процесів моніторингу та подальшого аналізу отриманих значень елементарних, інтегрованих і підсумкових характеристик ефективності взаємодії користувачів із ЕІР у динаміці часу.

У підсумку такого аналізу, в першу чергу мають бути виявлені та представлені в формалізованому вигляді ті короткотривалі поточні та довготривалі прогностичні тенденції, що відображають, із прив'язкою до шкали часу, якісні та кількісні зміни в характері впливу (прискорюючому, стабілізуючому, нейтралізуючому, гальмуючому тощо) поведінки апостеріорних значень елементів нижніх рівнів ієрархії характеристик ефективності взаємодії користувачів із ЕІР на поведінку апостеріорних значень елементів верхніх рівнів зазначеної ієрархії.

Відзначимо, що в повсякденній практиці взаємодії користувачів із ЕІР можна чітко вирізнити найтиповіші, найчисленніші, а тому і найбільш актуальні задачі забезпечення ефективності наступних видів взаємодії:

- стабільної та відносно нетривалої сеансової взаємодії проблемно-орієнтованого характеру з шаблонними та жорстко фіксованими ситуаційними моделями, визначальними елементами та ключовими параметрами взаємодії (цілями, задачами, об'єктами, суб'єктами, обставинами, умовами, тривалістю та розподілом часу взаємодії тощо), для якої, як правило, є властивою періодична повторюваність згідно з певним розкладом;
- достатньо короткочасної взаємодії стохастичного характеру, підпорядкованої розв'язуванню організаційних задач і завдань, обумовлених поточними штатними та форс-мажорними обставинами, що найчастіше буває пов'язано з

необхідністю застосування засобів віддаленого зв'язку, мобільних пристроїв і технологій.

У межах зазначених видів взаємодії, властивими є ситуації частого переходу до зміненого (частково або навіть повністю оновленого) контенту.

Особливо актуальними такі задачі є в сфері освіти, де сучасні тенденції розвитку економічних і суспільних процесів обумовили довготривалу необхідність суттєвого підсилення ролі дистанційних методів навчання із використанням прогресивних інформаційних технологій, засобів віддаленого доступу та мобільного зв'язку тощо.

Для зазначеної категорії задач, важливу роль відіграє визначення на заданому інтервалі часу наступних показників:

- якісного показника динаміки розвитку (позитивної, нейтральної або від'ємної; постійної або змінної; стабільної або невпорядкованої тощо) для підсумкових характеристик ефективності взаємодії користувачів із ЕІР;
- ступеня впливу (в якісному та кількісному висловленні) часової динаміки кожної елементарної та інтегрованої характеристики ефективності взаємодії користувачів із ЕІР на динаміку підсумкової характеристики ефективності такої взаємодії.

За основу для формалізації результатів моніторингу тієї фактичної інформації, що буде створювати підґрунтя для подальшого аналізу динаміки взаємоузгодженого змінювання підсумкової, інтегрованих та елементарних характеристик ефективності взаємодії користувачів із ЕІР у часі, будемо використовувати математичну модель наступного виду:

$$\begin{aligned} \Delta e_{u,v} &= \Delta e(\tau_{u,v}) = \\ &= \sum_m \theta_m^{(n)} (\Delta r_m)_{u,v} = \sum_q \eta_q^{(n)} (\Delta i_q)_{u,v}, \end{aligned} \quad (1)$$

базовими складовими компонентами якої є:

- $\tau_{u,v} = \Delta t_{u,v} = [t_u; t_v]$  |  $u, v \in N; u < v$  – досліджуваний інтервал часу, що має бути визначений у межах дискретної нормованої шкали;

$$\begin{aligned} (\Delta r_m)_{u,v} &= \Delta r_m(\tau_{u,v}) = r_m(t_v) - r_m(t_u), (\Delta i_q)_{u,v} = \\ &= \Delta i_q(\tau_{u,v}) = i_q(t_v) - i_q(t_u), \Delta e_{u,v} = \\ &= \Delta e(\tau_{u,v}) = e(t_v) - e(t_u) \end{aligned}$$

- показники інкрементних і декрементних змін елементарних, інтегрованих і підсумкових характеристик ефективності взаємодії користувачів із ЕІР протягом інтервалу часу  $\tau_{u,v}$ ;
- $\theta_m^{(n)}, \eta_q^{(n)}$  – нормовані коефіцієнти, що відображають ступінь впливу кожної з елементарних характеристик  $r_m$  та інтегрованих характеристик  $i_q$  ( $m = 1, 2, \dots, M; q = 1, 2, \dots, Q$ ) на підсумкову характеристику  $e$ .

Виходячи з наведених вище міркувань, доцільною є автоматизація збирання, подання та обробки інформації, відповідної математичній моделі (1), за допомогою сучасних інформаційних технологій баз даних, баз знань та експертних систем.

До складу експертної системи було включено представлений нижче кортеж із семи базових функціональних модулів  $BM = \langle bm_1, bm_2, bm_3, bm_4, bm_5, bm_6, bm_7 \rangle$ , із підтримкою реалізації їх роботи в режимі реального часу:

- $bm_1$  – модуль накопичування фактичних даних і знань, відповідних формальному поданню (1), у статичних і динамічних базах даних і знань;
- $bm_2$  – модуль логічного виведення нових знань, пов'язаних зі специфікою оптимізації взаємодії користувачів із ЕІР з динамічно змінюваним контентом, на основі наявних поточних баз даних і знань, забезпечуваних модулем  $bm_1$ , у діалоговому режимі та в автономному режимі самонавчання;
- $bm_3$  – модуль формування (з можливістю динамічного поповнювання в діалоговому режимі) системи цілей-запитів до баз даних і знань експертної системи, згідно з якими модулем  $bm_4$  здійснюється логічне виведення ряду рекомендованих рішень щодо концептуальних моделей, засобів і методів підвищення ефективності взаємодії користувачів із ЕІР;
- $bm_5$  – модуль генерації узагальнених і покрокових коментарів та обґрунтувань стосовно

напрацьованих рішень-рекомендацій, які надаються модулем  $bm_4$ ;

- $bm_6$  – модуль адаптивного інтелектуального інтерфейсу з користувачами, з підтримкою технологій дистанційного спілкування, зокрема – мобільного спілкування, взаємодії крізь безпроводові мережі (на базі інфрачервоних технологій, Bluetooth, Wi-Fi тощо), віддаленого доступу крізь корпоративні та глобальні комп'ютерні мережі (з основним навантаженням – на серіси Інтернету) та т.і;
- $bm_7$  – модуль, який підтримує режими демонстрації роботи експертної системи на типових тестових прикладах, допомоги та навчання користувачів.

За основу для реалізації формального апарату подання знань у базах фактів, правил і метаправил експертної системи було обрано: лінгвістичні експертні оцінки коефіцієнтів значимості, повноти та достовірності задіяних знань; правила-продукції; фрейми; семантичні мережі.

В якості інструментальних засобів розробки експертної системи, підтримки її розміщення в Web-середовищі та функціонування в якості програмного інтелектуального агента в Інтернеті, було задіяно сучасні засоби та методи інформаційних технологій, такі як:

- декларативна мова логічного програмування Visual Prolog із підтримкою сучасних об'єктно-орієнтованих, візуальних, графічних і мережних технологій;

- інтегрована програмна платформа на основі технології .NET та інструментарію Visual Studio, із застосуванням об'єктно-орієнтованих алгоритмічних мов програмування та візуального проектування високого рівня Visual C#, Java, Borland JBuilder, VBA;

- програмний інструментарій систем автоматизованого проектування науково-технічних задач (на прикладі пакету прикладних програм MATLAB із потужними математичними та прикладними об'єктно-орієнтованими бібліотеками та вбудованою C-подібною мовою програмування);

- спеціалізовані мови Web-програмування PHP і JavaScript, із додатковим застосуванням інструментарію Apache, MySQL, GIMP, мов розмітки гіпертексту (Dynamic

HTML, XML, CSS, MathML) і Web-редакторів (DreamWeaver, FrontPage), спеціалізованого програмного пакету для проектування та дизайну динамічних інтерактивних Web-сайтів Adobe Flash із вбудованою скриптовою мовою ActionScript тощо.

Ще однією важливою локальною підзадачею моделювання та аналізу систем характеристик ефективності взаємодії користувачів із ЕІР є визначення:

- максимально припустимих верхніх меж, яких потенційно можуть досягти значення підсумкової характеристики ефективності взаємодії на елементах заданого набору моделей взаємодії (з фіксованими значеннями параметрів та умов взаємодії), а також відповідних наборів значень елементарних та інтегрованих характеристик взаємодії;

- наявних розбіжностей між поточними та максимально можливими значеннями підсумкової характеристики ефективності взаємодії, витоків і потенційних шляхів усунення або зменшення зазначених розбіжностей;

- наявних і прогнозних тенденцій динаміки руху меж змінювання значень підсумкової характеристики ефективності взаємодії.

Для формалізованого опису постановки окресленої вище задачі, будемо застосовувати математичне подання наступного виду:

$$\begin{aligned}
 e &= \sum_m \theta_m^{(n)} r_m = \sum_q \eta_q^{(n)} i_q \rightarrow \max | r_m \in \\
 &\in [r_m^{(\min)}; r_m^{(\max)}]; i_q \in [i_q^{(\min)}; i_q^{(\max)}]; \\
 (r_1, r_2, \dots, r_M)_z &\in W_z; (i_1, i_2, \dots, i_Q)_x \in Y_x; \\
 W_z &= \left[ \begin{array}{c} (w_1^{(\min)}, w_2^{(\min)}, \dots, w_M^{(\min)})_z; \\ (w_1^{(\max)}, w_2^{(\max)}, \dots, w_M^{(\max)})_z \end{array} \right]; \\
 Y_x &= \left[ \begin{array}{c} (y_1^{(\min)}, y_2^{(\min)}, \dots, y_Q^{(\min)})_x; \\ (y_1^{(\max)}, y_2^{(\max)}, \dots, y_Q^{(\max)})_x \end{array} \right],
 \end{aligned} \tag{2}$$

складові компоненти якого мають наступний смисл:

- $r_m^{(\min)}, r_m^{(\max)}, i_q^{(\min)}, i_q^{(\max)}$  – можливі межі змінювання значень, задані для кожної елементарної характеристики ефективності взаємодії  $r_m$  та, відповідно, інтегрованої характеристики  $i_q$  ( $m = 1, 2, \dots, M; q = 1, 2, \dots, Q$ );

–  $(w_1^{(min)}, w_2^{(min)}, \dots, w_M^{(min)})_z, (w_1^{(max)}, w_2^{(max)}, \dots, w_M^{(max)})_z,$   
 $(y_1^{(min)}, y_2^{(min)}, \dots, y_Q^{(min)})_x, (y_1^{(max)}, y_2^{(max)}, \dots, y_Q^{(max)})_x$  – специфічні  
 межі змінювання значень, властиві окремим наборам  
 елементарних характеристик ефективності взаємодії  
 $(r_1, r_2, \dots, r_M)_z$  та, відповідно, інтегрованих характеристик  
 $(i_1, i_2, \dots, i_Q)_x$ ;  
 –  $Z, Q$  – розмірності множин інтервальних  
 обмежувальних умов  $W_z$  і  $Y_x$ .

Наведене вище подання (2) дозволяє: максимально спростити опис численних реалізацій задачі; звести процес знаходження розв'язків задачі до застосування зручних і продуктивних лінійних методів оптимізації.

Позначаючи результати, отримані в підсумку розв'язування задачі (2), як  $e^{(max)}, (i_1^{(max)}, i_2^{(max)}, \dots, i_q^{(max)})$  та, відповідно,  $(r_1^{(max)}, r_2^{(max)}, \dots, r_m^{(max)})$ , будемо мати наступне формальне подання для виявлення якісного та кількісного характеру абсолютних  $\Delta e^{(abs)}$ , відносних  $\Delta e^{(rel)}$  і максимально припустимих  $\Delta e^{(max)}$  розбіжностей між реально виявленими та потенційно можливими максимальними значеннями загальних характеристик ефективності взаємодії користувачів із ЕІР:

$$\Delta e^{(abs)} = e^{(max)} - e; \Delta e^{(rel)} = \frac{e^{(abs)}}{e}; \Delta e^{(max)} = \frac{e^{(abs)}}{e^{(max)}}, \quad (3)$$

а для подальшого виявлення характеру впливу потенційно можливих прирощень значень елементарних та інтегрованих характеристик ефективності взаємодії на поведінку показників, представлених за допомогою (3), будемо застосовувати аналогічне формальне подання:

$$\begin{aligned} \Delta r_m^{(abs)} &= r_m^{(max)} - r_m; \Delta r_m^{(rel)} = \frac{r_m^{(abs)}}{r_m}; \\ \Delta r_m^{(max)} &= \frac{r_m^{(abs)}}{r_m^{(max)}}; \Delta i_q^{(abs)} = i_q^{(max)} - i_q; \\ \Delta i_q^{(rel)} &= \frac{i_q^{(abs)}}{i_q}; \Delta i_q^{(max)} = \frac{i_q^{(abs)}}{i_q^{(max)}} \end{aligned} \quad (4)$$

Накопичування та систематична обробка інформаційних масивів значень характеристик, представлених у (2)-(4), надає можливість будувати для них із достатнім ступенем достовірності та в динаміці

часу показові ряди змін, а також отримувати екстраполяційні прогностні значення вказаних характеристик.

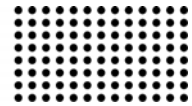
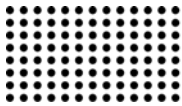
Для отримання глибшого та розвиненішого аналізу тенденцій руху значень і можливостей подальшої оптимізації характеристик, представлених у (2)-(4), їх моделювання та аналіз також було передбачено здійснювати з застосуванням технологій експертних систем.

Результати виконаних авторами досліджень і розробок були апробовані на кафедрі інформаційних технологій (ІТ) факультету кібернетики Херсонського національного технічного університету (ХНТУ), де високу актуальність і практичну цінність має забезпечення ефективної взаємодії студентів з електронними інформаційними ресурсами базової галузі знань "Інформатика та обчислювальна техніка", що перебуває на етапі динамічного прогресивного розвитку та для якої, відповідно, є характерними інтенсивні зміни контенту.

Внесок авторів у виконанні дослідження та розробки є наступним: постановка задачі, базові концепції, методи, моделі та технології її розв'язування, а також загальні підходи до реалізації створених концепцій і моделей для покращення інформаційної підтримки ряду вибіркового фахових дисциплін галузі знань "Інформатика та обчислювальна техніка", задіяних у навчальному процесі кафедри ІТ ХНТУ, виконувалися Веселовською Г.В.; деталізована реалізація запропонованих методів, моделей і технологій для покращення інформаційної підтримки зазначених вище дисциплін (зокрема, найактивніше було задіяно дисципліни "Комп'ютерна графіка", "Операційні системи", "Основи побудови експертних систем", "Системи цифрової обробки даних і сигналів" тощо) здійснювалася ст. викладачем Кибалко І.І. та студентом Чекліним А.Д. (у рамках науково-дослідної роботи студентів, під час навчання на 3-5 курсах у 2008/09-2010/11 навчальних роках).

## ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ ТА ВИСНОВКИ

У підсумку проведених досліджень і розробок, авторами було виявлено низку чинників, які суттєво впливають на ефективність взаємодії користувачів із електронними інформаційними ресурсами, та, виходя-



чи з цього, запропоновано ряд концепцій, методів, моделей та інтегрованих інформаційних технологій аналізу ефективності взаємодії користувачів із електронними інформаційними ресурсами, що враховують специфіку тих галузей знань, які характеризуються високою інтенсивністю змінювання контенту.

Завдяки впровадженню результатів досліджень авторів у навчальний процес кафедри ІТ ХНТУ (з внесенням відповідних коректив до навчально-методичної документації), було покращено інформаційну підтримку ряду вибіркових фахових дисциплін галузі знань "Інформатика та обчислювальна техніка", для яких є характерною найбільш значна

інтенсивність змін в інформаційній базі, а основні показники ефективності взаємодії студентів-користувачів із ЕІР у середньому покращилися на 20%.

У цілому, в даній статті: було представлено в узагальненому вигляді нові концепції та методи, а також відповідні моделі та інформаційні технології, що вирішують завдання аналізу ефективності взаємодії користувачів із електронними інформаційними ресурсами з динамічно змінюваним контентом; висвітлене питання про фактично виконані завдання з апробації зазначених розробок у застосуванні до електронних інформаційних ресурсів галузі знань "Інформатика та обчислювальна техніка".

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Веселовська Г.В. Розробка концепцій і моделей підвищення ефективності взаємодії з інформаційними джерелами в процесі самостійної й індивідуальної роботи користувачів систем комп'ютерного навчання // Вісник Херсонського національного технічного університету. – 2009. – №3 (36). – С.30-34.
2. Веселовська Г.В., Чеклін А.Д., Кибалко І.І. Розробка концепцій і моделей інтенсифікації викладання студентам вищого навчального закладу фахових дисциплін галузі знань «Інформатика та обчислювальна техніка» на основі використання прогресивних інформаційних технологій навчання // Вісник Херсонського національного технічного університету. – 2011. – №2 (41). – С.284-288.
3. Веселовська Г.В., Чеклін А.Д., Кибалко І.І. Методи та інформаційні технології оптимізації взаємодії користувачів із електронними інформаційними ресурсами галузі знань «Інформатика та обчислювальна техніка» // Проблеми інформаційних технологій. – 2011. – №1 (009). – С.131-137.
4. Веселовська Г.В., Чеклін А.Д., Кибалко І.І. Моделювання удосконалених технологій взаємодії з інформаційними ресурсами галузі інформатики та обчислювальної техніки // Вісник Херсонського національного технічного університету. – 2011. – №4 (43). – С.100-104.
5. Макки А. Введение в .NET 4.0 и Visual Studio 2010 для профессионалов: Пер. с англ. – М.: ООО «И.Д. Вильямс», 2010. – 416 с.
6. Троелсен Э. Язык программирования C# 2008 и платформа .NET 3.5. 4-е изд. – М.: ООО «И.Д. Вильямс», 2010. – 1344 с.
7. Сандерсон С. ASP .NET MVC Framework с примерами на C# для профессионалов: Пер. с англ. – М.: ООО «И.Д. Вильямс», 2010. – 560 с.
8. Харинатх С., Кэрролл М., Минакхисундарам С., Зар Р., Гуанг-Ю Ли Д. Microsoft SQL Server Analysis Services 2008 и MDX для профессионалов: Пер. с англ. – М.: ООО «И.Д. Вильямс», 2010. – 1072 с.
9. Найт Б., Пэтэл К., Снайдер В., Лофорт Р., Уорт С. Microsoft SQL Server 2008: руководство администратора для профессионалов: Пер. с англ. – М.: ООО «И.Д. Вильямс», 2010. – 944 с.
10. Виейра Р. Программирование баз данных Microsoft SQL Server 2008. Базовый курс: Пер. с англ. – М.: ООО «И.Д. Вильямс», 2010. – 816 с.
11. Смоленцев Н. MATLAB: программирование на Visual C#, Borland JBuilder, VBA: Учебный курс (+CD). – М.: ДМК Пресс; СПб.: Питер, 2009. – 464 с.
12. Ташков П.А. Веб-мастеринг на 100%: HTML, CSS, JavaScript, PHP, CMS, графика, раскрутка. – СПб.: Питер, 2009. – 512 с.
13. Веллинг Л., Томсон Л. Разработка веб-приложений с помощью PHP и MySQL. 4-е изд.: Пер. с англ. – М.: ООО «И.Д. Вильямс», 2010. – 848 с.
14. Клифтон Б. Google Analytics: профессиональный анализ посещаемости веб-сайтов: Пер. с англ. – М.: ООО «И.Д. Вильямс», 2009. – 400 с.