

**Вишнівський В. В., Зінченко О. В., Катков Ю. І., Сєрих С. О.**

*Державний університет телекомунікацій, Київ.*

### **СТАТИЧНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ**

*Розглянута сутність якості інтелектуальних систем, які є елементами складних організаційно-технічних систем. Показано, що в самій інтелектуальній системі є критичні елементи, вплив загроз на які може призвести до критичного стану всієї складної організаційно-технічної системи. Надаються статичні показники інтелектуальних систем для оцінки процесів реорганізації (самоорганізації) та розглядаються приклади застосування інформаційних показників інтелектуальних систем.*

**Ключові слова:** інтелектуальні системи, якість, інформаційні показники інтелектуальних систем, реорганізація, самоорганізація.

**Vyshnivskiy V. V., Zinchenko O. V., Katkov Yu. I., Sierykh S. O.**

*State University of Telecommunications, Kyiv*

### **STATIC INFORMATIONAL INDICATORS OF INTELLECTUAL SYSTEM QUALITY**

*The article deals with the essence of the quality of intellectual systems and the use of information indicators of intellectual systems. Intellectual systems are an element of complex organizational and technical systems. Intelligent systems are designed to make decisions when managing complex organizational and technical systems. Counteraction to threats is carried out by the method of reorganization (self-organization) of the organizational structure of a complex organizational and technical system. To describe the response of complex organizational and technical systems to the impact of threats, indicators of the quality of the functioning of the system are used. Evaluation of the quality of intelligent systems from the complex organizational and technical system is assessed by static and dynamic quality indicators. The article proposes static indicators of intellectual systems for the evaluation of the quality of intellectual systems during reorganization. As the main such indicator unbalance is applied. Disorder is a characteristic of the structure. Unsettledness means the degree of harm manifestation on the mutual consistency of elements of a complex organizational and technical system. This is the degree of structuring of the system relative to the quality of achievement of the goal under the conditions of the impact of the threat on elements of a complex organizational and technical system. The considered information criteria for intelligent systems are static, since they do not take into account the dynamic properties of these intelligent systems. Thanks to the additive properties of the information provided by the criteria, it is easy to assess the quality of multi-channel intelligent systems.*

**Key words:** intellectual systems, quality, information indicators of intellectual systems, reorganization, self-organization.

**Вышневский В. В., Зинченко О. В., Катков Ю. И., Серых С. А.**

*Государственный университет телекоммуникаций, Киев.*

### **СТАТИЧЕСКИЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ИНТЕЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ**

*Рассмотрена сущность качества интеллектуальных систем, которые являются элементами сложных организационно-технических систем. Показано, что в самой интеллектуальной системе имеются критические элементы, влияние угроз на которые может привести к критическому состоянию всей сложной организационно-технической системы. Приведены статические показатели интеллектуальных систем для оценки процессов реорганизации (самоорганизации) и рассматриваются примеры применения информационных показателей интеллектуальных систем.*

**Ключевые слова:** интеллектуальные системы, качество, информационные показатели интеллектуальных систем, реорганизация, самоорганизация.

## 1. Вступ

На сьогоднішній день підвищення ефективності впровадження інформаційних систем в складних організаційно-технічних системах (СОТС) тісно пов'язане з впровадження інформаційних технологій (ІТ) з високим рівнем інтелектуалізації. Інтелектуалізація здійснюється на основі штучного інтелекту шляхом створення *інтелектуальних систем* (ІнтС). До ІнтС відносяться системи: 1) машинного навчання (machine learning: у тому числі нейронних мереж та інтелектуальна аналітика), 2) обробка природної мови (natural language processing: translation – переклад, classification & clustering – класифікація і кластеризація, information extraction – витяг інформації), 3) машинна мова (Speech: Speech to text – мова в текст, text to speech – текст в мову), 4) експертні системи (expert Systems), 5) планування, диспетчеризація і оптимізація (planning, scheduling & optimization), 6) бачення (Vision: image recognition – розпізнавання зображень, machine vision – машинний зір), 7) робототехніка (robotics).

Треба підкреслити, що ІнтС є складовою *інформаційної системи* (ІС) СОТС. ІнтС генерує інформацію для визначення варіантів рішень щодо заходів підвищення якості функціонування СОТС в умовах впливу загроз. Але в самій ІнтС є критичні елементи, вплив загроз на які може призвести до критичного стану всієї СОТС, наприклад, на конвеєрі система машинного зору невірно ідентифікувала зображення деталі, що викликало невірну інтерпретацію даних про вплив зовнішнього середовища на виробничий процес, і це може призвести до помилкового рішення автоматичною системою прийняття рішення, яка побудована на основі штучного інтелекту. Наслідком помилки може стати або брак виробництва, або аварія, або катастрофа. Тобто система машинного зору в прикладі є критичним елементом.

Для опису реакції СОТС на вплив загрози застосовується категорія якості функціонування ІнтС тому, що до неї вдаються під час вибору рішень для задоволення як виробничих, так і індивідуальних потреб, планування виробництва та оцінювання його результатів, визначення його складності та ефективності, організації протидії загрозам та інші випадки.

Відповідно до стандарту ІСО [1] якість у широкому значенні прийнято вважати універсальною філософською категорією, яка охоплює як явища зовнішнього світу, так і свідомість людини. У загальному випадку під *якістю ІнтС* будемо розуміти сукупність її властивостей або характеристик послуги, продукції, процесу чи системи, що забезпечують задоволення обумовлених або передбачуваних потреб відповідно до її призначення [2-4].

Зрозуміло, що кількісна характеристика одного або декількох властивостей ІнтС, які складають її якість відповідно до певних умов створення та експлуатації, є показником якості. Рівень якості ІнтС є відносною характеристикою, заснованою на порівнянні сукупності показників якості ІнтС з відповідною сукупністю базових показників, що характеризують деякий базовий зразок процесу функціонування ІнтС.

Оцінка якості ІнтС не може бути отримана без наявності еталону або критерію для порівняння, тобто без базових значень показників якості, в ролі яких треба використовувати інтегральні показники якості природного інтелекту, такі як рівень інтелектуальності, швидкодію і надійність. Але такі показники досить складно визначати. Тому для визначення якості будь-якого процесу (послуги, системи) пропонується мати математичну модель якості управління, яка з урахуванням впливу загроз відображає наявність достовірної, об'єктивної, корисної, адекватної, повної, актуальної та доступної інформації про стан об'єктів ІнтС та динаміку явищ або процесів. Звідси для аналізу якості управління ІнтС пропонується використати *інформаційний підхід* (ІП).

Суть ІП полягає в тому, що при вивченні будь-якого об'єкта, процесу або явища в природі чи суспільстві перш за все, виявляються найхарактерніші для нього інформаційні аспекти. В основі інформаційного підходу лежить принцип інформативності, згідно з яким: а) інформація є універсальною, фундаментальною категорією; б) практично всі процеси та явища мають інформаційну основу; в) інформація є носієм змісту всіх процесів, що відбуваються в природі та суспільстві; г) всі існуючі в природі та суспільстві взаємозв'язки мають інформаційний характер; д) є можливість оцінити фактори, які мають невизначений, якісний та розмитий вид.

Крім цього ІІ надає можливість обґрунтування математичних моделей оцінки стану об'єкта дослідження або динамічного процесу в певній предметній галузі.

## 2. Постановка задачі

Для оцінки якості функціонування ІнтС, яка є складовою інформаційної системи СОТС і яка генерує інформацію для визначення варіантів рішень щодо заходів підвищення якості функціонування СОТС в умовах впливу загроз, потрібно використати певні інформаційні показники та критерії. Виникає завдання визначити перелік таких показників для оцінки стану ІнтС та методи їх оцінки в умовах впливу загроз.

Об'єктом дослідження є стан ІнтС, предметом дослідження є статичні інформаційні показники якості функціонування ІнтС.

Проблемі підвищення якості управління в складних системах присвячено багато праць, наприклад, [4, 5]. В цих працях розкрити проблеми без урахування інтелектуальних властивостей систем управління. Існують стандарти, в яких визначені вимоги та показники якості для СОТС, наприклад, [1-3]. В цих працях надані загальні відомості, без урахування особливостей застосування інтелектуальних систем в складі СОТС. У відомих роботах [6-7] запропоновано використання універсального інформаційного підходу для оцінки стану об'єкта системи, відповідно до якого невизначеність стану об'єкта до експерименту характеризується безумовною (априорною) ентропією, а після експерименту – умовною (апостеріорною) ентропією. Різниця полягає у кількості інформації, яку отримано про стан об'єкту. Ця думка є важливою для застосування статичних показників якості в нашому випадку, що сумісно із розглядом специфічних особливостей якості функціонування ІнтС, представленого в [8, 9], надає можливості запропонувати новий підхід для показників, що надані в [10-12]. Тому виникає завдання такої оцінки якості функціонування ІнтС, що на даний час є актуальним та своєчасним.

**Метою** представленого в статті дослідження є уточнення основних понять та визначення методу оцінки показників якості ІнтС.

## 2. Уточнення основних понять.

Для вирішення вказаного завдання з початку треба уточнити декілька понять, щоб обґрунтувати можливість застосування інформаційного підходу. Відповідно до багатьох різноманітних наукових та інтернет джерел визначимо низку понять шляхом компіляції різноманітних думок авторів.

*Інформаційний підхід* (англ. – Information approach) – це метод наукового пізнання об'єктів, процесів або явищ природи і суспільства, згідно з яким в першу чергу виявляються і аналізуються найхарактерніші інформаційні аспекти, що визначають функціонування і розвиток об'єктів в процесі їх вивчення. Інформаційний підхід передбачає ентропійну оцінку, яка запропонована для каналу зв'язку в [6]. Робимо припущення аналогії між каналом зв'язку та процесом генерації інформації в ІнтС.

В [7] була введена ентропійна оцінка властивостей: неупорядкованість та неорганізованість, а в [10] вона була застосована для ІнтС. Там же показано, що ознакою якості функціонування систем, в нашому випадку ІнтС, як складової СОТС, є структурованість цієї системи відносно певної мети, тобто взаємопов'язаність складових її частин, підпорядкованість організації всієї системи певній цілі.

*Структурованість системи* – це визначена наявність встановлених зв'язків і відносин між елементами всередині системи, розподіл елементів системи, за рівнями ієрархії [9]. Ступінь структурованості може змінюватися від слабкої до сильної. Як показано в [11-12], вплив загрози порушує структурованість, а ступінь шкоди можна оцінити через інформаційні показники для СОТС. В [13-14] надається загальний підхід до аналізу ступеня структурованості через такі поняття, як неупорядкованість і неорганізованість, які в даній статті розглянуті як показники якості для ІнтС.

*Невпорядкованість* (анг. – chaos, рос. – беспорядок) – це характеристика структури, що означає ступінь прояву дії деякої шкоди на взаємну узгодженість її елементів, тобто це ступінь структурованості системи відносно якості досягнення мети в умовах впливу загрози на ІнтС. Відповідно до [7] невідповідність  $\bar{Y}$  – це міра відмінності будь-якого елементу  $x_i$  від еталону  $x_{em}$ , яка прагне до нуля при  $x_i \rightarrow x_{em}$ . Шкода може бути в наслідок відсутності керування за умови стихійності дій, самопливу (хід якої-небудь справи без плану, керівництва), некомпетентності, необізнаності, анархії (відсутність планової організації), що відбувається під час процесу управління. Синонімом невідповідності є поняття дезорієнтація, негентропія, безлад та ін. Невпорядкованості відповідає слабка структурованість системи. Звідси можна ввести такий критерій, що поточна невідповідність  $\bar{Y}_{пот}$  повинна бути неменше допустимої  $\bar{Y}_{доп}$ :

$$\bar{Y}_{пот} \geq \bar{Y}_{доп} \quad (1)$$

*Неорганізованість* — це характеристика структури, що означає ступінь прояву дії деякої шкоди в наслідок невідповідності, антонім поняттю «організованість». Неорганізованість може бути власною, наведеною, просторовою, тимчасовою, алгоритмічною, структурною, статистичною. Наприклад, власна неорганізованість знаходиться за умови некомпетентності людини під час виконання завдання і визначається ймовірністю її появи  $P(\bar{Q})$ . Практичне це відповідає випадку, коли спостерігач, що контролює стан об'єкту, не знає, як параметри об'єкту впливають на загальні показники функціонування системи, що знаходяться на більш високому рівні управління, тому при незадовільному значенні цього параметру він не звертає на це увагу, що призводить до втрати якості управління не тільки об'єкту, а системи в цілому.

#### Визначення показників якості ІнтС

Звідси можна ввести критерій, що поточна неорганізованість  $P(\bar{Q})_{пот}$  повинна бути неменше допустимої  $P(\bar{Q})_{доп}$ :

$$P(\bar{Q})_{пот} \geq P(\bar{Q})_{доп} \quad (2)$$

Відомо, що неорганізованість  $\bar{Q}$  може бути розглянута відносно будь-якого показника і вона виступає узагальненою характеристикою невідповідності слабка структурованої системи, яка складається з певного числа структурованих елементів  $d$ . Ці елементи можуть бути в можливих взаємовідносинах  $m$  на протязі часових інтервалів  $\Delta t$ . Якщо неорганізованість  $\bar{Q}$  може бути зважена за фактором суттєвості її прояву відносно певних показників функціонування системи, тоді це пропонується умовно відобразити так:

$$\bar{Q} = U^{\Delta t} a_{\beta} U^d s_i U^m p_j F(\bar{Y}), \quad (3)$$

де  $U$  – умовний символ кон'югації (узагальнення характеристики невідповідності) відповідно за  $\Delta t$  інтервалів часу,  $d$  елементів і  $m$  ситуацій;

$a_{\beta}, s_i, p_j$  – ваги відповідно  $\beta$ -го інтервалу часу,  $i$ -го елемента і  $j$ -тої ситуації;

$F$  – функція від  $\bar{Y}$  – невідповідності, за допомогою якої проводиться зважування неорганізованості по фактору суттєвості її прояву у відношенні певного показника функціонування системи. Функція  $F$  може бути: лінійною, степеневою, логарифмічною і експоненціальною.

У статичному стані об'єкт відповідає умові незмінності інтервалів часу  $\Delta t=1$  та кількості елементів  $d=1$  і виходячи з припущення адитивності окремих ситуативних неорганізованостей вираз (3) буде мати наступний вигляд:

$$\bar{Q} = \sum_j^k p_j F(\bar{Y}_j) \quad (4)$$

Слід відмітити, що багато характеристики ІнтС можуть розглядатися як окремі випадки неорганізованості у вигляді (4). Якщо позначити через  $Y_{норм}$  – деяке нормоване значення неорганізованості стану структурованої системи, а через  $Y(t)$  – результат внаслідок впливу

загрози, то можна розрізняти види неупорядкованості: абсолютну, відносну та наведену, тобто аналогічне відомим видам похибок вимірювань.

Якщо перейти від абсолютних параметрів вимірюваних величин до імовірнісних, при цьому використовувати логарифмічну форму функції  $F$ , то неорганізованість прийме вигляд ентропії К. Шеннона:

$$\bar{Q} = H = -\sum_j p_j \log_A p_j \quad (5)$$

В [13] введено поняття корисної інформації при розгляді питань розпізнавання образів та запропоноване мірило невизначеності для спостерігача, що виходить із гіпотези, що деяка задача характеризується розподілом ймовірностей відповіді  $\{q_j\}$ , в той час як реальним є розподіл  $\{P_j\}$ , що також є окремим випадком неорганізованості [7]:

$$\bar{Q} = N(p/q) = -\sum_j p_j \log_A p_j \quad (6)$$

Тоді мірило корисної інформації для оцінки впливу загрози на ІнТС має вигляд:

$$I_{\text{кор.інф}} = H - N(p/q) = \sum_j p_j \log_A \frac{q_j}{p_j} \quad (7)$$

Представляє також інтерес отримання абсолютної та відносної оцінки неупорядкованості. Можливість абсолютної оцінки якості ІнТС виникає через визначення показника кількості дезінформації  $D_{\text{інф}}$ , яку внаслідок впливу загрози може вносити ІнТС.

Якщо припустити, що вимірювана величина деякого показника  $X$  має розподіл ймовірностей  $P = \{p(X_j)\}$ , а результати вимірювань впливів загроз  $Y$  мають розподіл  $G = \{q(Y_j)\}$ , то можна говорити, що показником абсолютної оцінки якості ІнТС є кількість дезінформації  $D_{\text{інф}}$ :

$$D_{\text{інф}} = \sum_j p(X_j) \log_A \frac{p(X_j)}{q(Y_j)} \quad (8)$$

Показник (8) дозволяє зробити висновок, що ідеальна ІнТС забезпечує нульове значення дезінформації  $D_{\text{інф}}$ , а це означає, що вираз (8) може служити узагальненим інформаційним критерієм якості ІнТС, за умови, якщо неупорядкованість оцінювати ставленням ймовірностей значень вимірюваної величини і результату вимірювань. Він може враховувати статистичні характеристики вимірюваної величини  $X$ , а також те, наскільки дана функціонально-структурна організація системи підходить для керування.

Що стосується отримання відносної оцінки неупорядкованості, то у випадку завідомо несправною ІнТС невизначеність знань про вимірювану величину максимальна. Тоді виникає норма або критерій, для оцінки якості ІнТС. При цьому всі значення  $Y_j$  результатів вимірювання будуть рівновірогідні, тобто:  $q(Y_j) = 1/m$ , де  $m$  – загальне число можливих значень величини  $Y$ . Якщо невизначеність значень вимірюваної величини визначимо у вигляді:

$$N_0 = -\sum_j p(X_j) \log_A \frac{1}{m} = \log_A m, \quad (9)$$

і якщо припустити, що під час використання ІнТС невизначеність значень вимірюваної величини дорівнює:

$$N(p/q) = -\sum_j p(X_j) \log_A q(Y_j), \quad (10)$$

то можна сказати, що використання цієї ІнТС дає кількість корисної інформації:

$$I_{\text{кор.інф}} = N_0 - N(p/q) = -\sum_j p(X_j) \log_A [m q(X_j)]. \quad (11)$$

Вираз (11) також є інформаційним критерієм якості ІнТС.

### Висновки

В статті розглядається сутність якості інтелектуальних систем, які є елементами складних організаційно-технічних систем. В самій інтелектуальній системі є критичні елементи, вплив

загроз на які може призвести до критичного стану всієї складної організаційно-технічної системи. Розглянути статистичні показники інтелектуальних систем для оцінки процесів реорганізації (самоорганізації). Наведені критерії у виразах (8) і (11) відносяться до статичних, оскільки не враховують динамічних властивостей ІнтС. В силу адитивних властивостей інформації критеріями (8) і (11) легко здійснюється оцінка якості багатоканальних ІнтС. Загальний критерій якості таких систем дорівнює сумі інформаційних критеріїв для кожного з каналів отримання інформації про стан об'єкту.

### Список використаної літератури

1. ИСО 9000-9004, ИСО 8402. Управление качеством продукции. – Москва: Издательство стандартов, 1988. – 80 с.
2. ДСТУ ISO 9000-2001. Системи управління якістю. Основні положення та словник. – Київ: Держкомстат України, 2001. – 28 с.
3. ДСТУ ISO 9001-2001. Системи управління якістю. Вимоги. – Київ: Держстандарт України, 2001. – 23 с.
4. Сороко В. М. Функціонування і розвиток системи управління якістю / В. М. Сороко. – Київ : НАДУ, 2013. – 80 с.
5. Векслер Е. М. Менеджмент якості / Е. М. Векслер, В. М. Рифа, Л. Ф. Василевич. – Київ: Професіонал, 2008. – 320 с.
6. Шеннон К. Работы по теории информации и кибернетика / К. Шеннон. – Москва: Иностранная литература, 1963. – 829 с.
7. Горский Ю. М. Информационные аспекты управления и моделирования / Ю. М. Горский. – Москва: Наука, 1978. – 223 с.
8. Анцыферов С. С. Оценка уровня качества интеллектуальных систем / С. С. Анцыферов // Искусственный интеллект. – 2013. – № 3. – С. 313-323.
9. Брага В. В. Автоматизированные информационные технологии в экономике / В. В. Брага, Н. Г. Бубнова и др. – Москва: Финстатинформ, 1997. – 225 с.
10. Вишнівський В. В. Інформаційні характеристики інтелектуальних систем / В. В. Вишнівський, Ю. І. Катков, О. В. Зінченко, С. О. Серих // Зв'язок. – 2018. – №2. – С. 56-65.
11. Катков Ю. І. Оцінка процесів реорганізації системи з критичною інфраструктурою / Ю. І. Катков, В. В. Вишнівський, С. О. Серих // Зв'язок. – 2017. – №6. – С. 57-65.
12. Даник Ю. Г.. Національна безпека: запобігання критичним ситуаціям / Ю. Г. Даник, Ю. І. Катков, М. Ф. Пічугін. – Житомир: Рута, 2006. – 386 с.
13. Бонгард М. М. Проблемы узнавания / М. М. Бонгард. – Москва: Наука, 1967 – 320 с.
14. Богданов А. А. Очерки организационной науки / А. А. Богданов. – Москва: Центр гуманитарных технологий. – 06.10.2010. <http://gtmarket.ru/laboratory/basis/5926> (Дата відвідування сайту 25.03.2018).

### References (MLA)

1. *ISO 9000-9004, ISO 8402. Product Quality Management*. Moscow: Publishing Standards, 1988. Print.
2. *ISO 9000-2001. Quality Management Systems Fundamentals and Vocabulary*. Kyiv: State Statistics Committee of Ukraine, 2001. Print.
3. *DSTU ISO 9001-2001. Quality Management Systems – Requirements*. Kyiv: State Statistics Committee of Ukraine, 2001. Print.
4. Soroko V. M. "Functioning and Development of the Quality Management System." *Kyiv: NADU* (2013): Print.
5. Veksler E. M., Rifa V. M., and Vasilevich L. F. *Quality Management*. Kyiv: Profesional, 2008. Print.

6. Shannon K. *Works on Information Theory and Cybernetics*. Moscow: Foreign Literature, 1963. Print.
7. Gorskij Yu. M. *Information Aspects of Management and Modelling*. Moscow: Nauka, 1978. Print.
8. Antsyferov S. S. "Estimation of the Level of Quality of Intellectual Systems." *Iskustvennyj intellekt* 3 (2013): 313-323. Print.
9. Braga V. V., Bubnova N. G. and others. *Automated Information Technologies in Economics*. Moscow: Finstatinform, 1997. Print.
10. Vyshnivskiy V. V., Katkov Yu. I., Zinchenko O. V., and Sierykh S. O. "Information Characteristics of Intelligent Systems." *Zviazok* 2 (2018): 56-65. Print.
11. Katkov Yu. I., Vyshnivskiy V. V., and Serykh S. O. "Estimation of the Processes of Reorganization of the System with Critical Infrastructure." *Zviazok* 6 (2017): 57-65. Print.
12. Danik Yu. H., Katkov Yu. I., and Pichuhin M. F. *National Security: Preventing Critical Situations*. Zhytomyr: Ruta, 2006. Print.
13. Bongard M. M. *Problems of Recognition*. Moscow: Nauka, 1967. Print.
14. Bogdanov A. A. *Sketches of Organizational Science*. Moscow: Center for Humanitarian Technologies. <http://gtmarket.ru/laboratory/basis/5926>. Web. 25.03.2018.

#### *Автори статті*

**Вишнівський Віктор Вікторович** – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри інформаційної та кібернетичної безпеки, Державний університет телекомунікацій, Київ. Тел.: +380 (67) 300 16 74. E-mail: vish\_vv@ukr.net.

**Зінченко Ольга Валеріївна** – кандидат технічних наук, доцент кафедри комп'ютерних наук, Державний університет телекомунікацій, Київ. Тел.: +380 (63) 350 32 63. E-mail: ZinchenkoOV@gmail.com.

**Катков Юрій Ігорович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри комп'ютерних наук, Державний університет телекомунікацій, Київ. Тел.: +380 (67) 789 34 78. E-mail: kyi12@bigmir.net.

**Серіх Сергій Олександрович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри комп'ютерних наук, Державний університет телекомунікацій, м. Київ. Тел.: +380 (50) 381 84 93; E-mail: ssaanna888@gmail.com

#### *Authors of the article*

**Vyshnivskiy Victor Victorovich** – doctor of sciences (technical), professor, head of information and cyber security department, State University of Telecommunications, Kyiv. Tel: +380 (67) 300 16 74. E-mail: vish\_vv@ukr.net.

**Zinchenko Olha Valeriivna** – candidate of sciences (technical), associate professor of computer science department, State University of Telecommunications, Kyiv. Tel: +380 (63) 350 32 63. E-mail: ZinchenkoOV@gmail.com.

**Katkov Yurii Ihorovich** – candidate of sciences (technical), associate professor of computer science department, State University of Telecommunications, Kyiv. Tel: +380 (67) 789 34 78. E-mail: kyi12@bigmir.net.

**Serykh Serhii Oleksandrovych** – candidate of sciences (technical), associate professor of computer science department, State University of Telecommunications, Kyiv. Tel: +380 (50) 381 84 93. E-mail: ssaanna888@gmail.com

Дата надходження  
в редакцію: 05.04.2018 р.

Рецензент:  
доктор технічних наук, професор М. К. Жердев  
Київський національний університет ім. Тараса  
Шевченка