



Моделювання технологічних процесів

УДК 69.002;.72.025;721

КЛАСИФІКАЦІЯ ЗОБРАЖЕНЬ ОБ'ЄКТІВ В ОБЛАСТІ СУМІЖНОСТІ ДЕФЕКТУ ТИПУ «ТРИЩИНА»

О.В. Горда*, О.О. Пузько

Київський національний університет будівництва і архітектури
Повітрофлотський пр-т, 31, 03680, Київ, Україна; e-mail: anaelg@ukr.net

Анотація. В роботі досліджується і здійснюється класифікація об'єктів у зоні суміжності дефектів типу «тріщина» (ДТТ) на базі конструктивних понять суміжних сторонніх об'єктів тріщини. Для знакотвірних елементів тріщини визначена специфіка за рахунок якої можлива побудова області суміжності тріщини і класифікація сторонніх об'єктів в цій області. Досліджено фактор спостержуваності сторонніх суміжних об'єктів, що дає змогу ввести класифікацію асоційовано-ізолюваних-перешкод відносно сторонніх об'єктів і визначити їх як різні дефекти ДТТ. Здійснено класифікацію дефектів ДТТ за їх місцем розташування відносно тріщини. З метою дослідження волосяних і тріщин введено і досліджено поняття зони прилягання, в основі якого лежить колір області, що прилягає до тріщини і визначає цю зону.

Ключові слова: тріщина, область суміжності, класифікація, розшарування, асоціювання, примикання, ознака, елемент тріщини.

КЛАССИФИКАЦИЯ ОБЪЕКТОВ В ОБЛАСТИ СМЕЖНОСТИ ДЕФЕКТА ТИПА «ТРЕЩИНА»

Е.В. Горда*, А.А. Пузько

Киевский национальный университет строительства и архитектуры
Воздухофлотский пр-т, 31, 03680, Киев, Украина; e-mail: anaelg@ukr.net

Аннотация. В работе исследуется и осуществляется классификация объектов в зоне смежности дефектов типа «трещина» (ДТТ) на базе конструктивных понятий смежных посторонних объектов трещины. Для признакообразующих элементов трещины определена специфика за счет которой возможно построение области смежности трещины и классификация инородных объектов в этой области. Исследован фактор наблюдаемости посторонних смежных объектов, что дает возможность ввести классификацию ассоциированно-изолированных - препятствий относительно посторонних объектов и определить их как различные дефекты ДТТ. Осуществлена классификация дефектов ДТТ по их месту расположения относительно трещины. С целью исследования и волосяных трещин введено и исследовано понятие зоны прилегания, в основе которого лежит цвет области, прилегающей к трещине.

Ключевые слова: трещина, область смежности, классификация, расслоение, сопряжения, примыкания, признак, элемент трещины.

METHODOLOGICAL APPROACH TO RESEARCH OF MACHINES FOR TECHNOLOGICAL PURPOSES UNDER DYNAMIC LOADS

E. V. Gorda*, A. A. Pusko

Kyiv National University of Construction and Architecture,
31, Povitroflotsky Ave., 03680, Kyiv, Ukraine; e-mail: anaelg@ukr.net

Abstract. In this paper, the classification of objects in the zone of contiguity of defects of the «crack» type (DTC) on the basis of constructive concepts of adjacent extraneous fracture objects is investigated and carried out. For the feature-forming elements of the crack, the specificity due to which it is possible to construct the region of contiguity of the crack and the classification of foreign objects in this region is determined. The factor of observability of extraneous adjacent objects is investigated, which makes it possible to introduce the classification of associated-isolated - obstacles to foreign objects and to define them as various defects of DTC. The DTC defects are classified according to their location relative to the crack.

For the purpose of research and hair cracks, the concept of an abutment zone was introduced and investigated, based on the color of the region adjacent to the crack. The article considers a complex approach to solving the problem of modeling complex dynamic systems with variable characteristics of elastic elements during the realization of the work process. The basic principles of this approach to the solution of the problem of rational use of materials in the design of machines are described.

Keywords: crack, area of contiguity, classification, stratification, conjugation, abutments, feature, fracture element.

Актуальність. Широке застосування оптичних методів неруйнівного контролю на основі цифрових зображень потребує досліджень для кожної прикладної області. В практиці моніторингу об'єктів будівництва та будівельних механізмів одним із розповсюджених дефектів є тріщина, а в більш загальному розумінні дефект типу «тріщина» (ДТТ), що включає область суміжності тріщини, а саме область в якій можуть знаходитись об'єкти різної природи та форми, включаючи пошкодження, що спонукають та супроводжують процес тріщиноутворення. Природа виникнення дефектів типу «тріщина» обумовлена значною кількістю як зовнішніх так і внутрішніх факторів, що породжує їх різноманіття, кожний дефект має свої особливості і вимагає індивідуального підходу. Таким чином нагально актуальним є вирішення задачі класифікації зображень об'єктів в області суміжності ДТТ.

Мета дослідження. З метою побудови класифікації об'єктів у зоні суміжності ДТТ необхідно:

- дослідити суміжні сторонні об'єкти ДТТ;
- в околі точки росту тріщини, околі розгалуження та кореня, описати характерні суміжні об'єкти;
- дослідити асоційованість сторонніх об'єктів;
- розробити критерії класифікації сторонніх об'єктів в області суміжності;
- дослідити волосяні тріщини з метою їх класифікації.

Виклад основного матеріалу.

Нехай задано зображення дефекту типу «тріщина» Ω на дискретній матриці W , а також задано ракурс зйомки, відстань від точки зйомки до об'єкту моніторингу, умови отримання зображення та визначені такі величини як навантаженість пікселя матриці W , орієнтація об'єкту в просторі, чутливість r .

Нехай задана область суміжності $Rg^r(\Omega)$ для ДТТ на зображенні, представленому матрицею W з фіксованим значення r [1]. В загальному випадку в $Rg^r(\Omega)$ окрім Ω можуть знаходитись об'єкти $\{\tilde{\Omega}_i\}$ для яких виконуються наступні умови:

- $N = |\{\tilde{\Omega}_i\}|$
- $\forall i \in N, \tilde{\Omega}_i \not\subset \Omega$;
- $\forall i \in N, \tilde{\Omega}_i \cap \Omega = \emptyset$;
- $\forall i \in N, colOB(\tilde{\Omega}_i) = fon$
- $\exists i^* \in N, col\tilde{\Omega}_{i^*} = fon$.

Визначення 1. $\tilde{\Omega}_i$ допускає конструктивне визначення суміжного стороннього об'єкту (ССО) як:

- $\tilde{\Omega}_i \subset Rg^r(\Omega)$;
- $\tilde{\Omega}_i \cap \Omega = \emptyset$;
- $Ob(\tilde{\Omega}_i) \cap \Omega = \emptyset$.

Зауваження 1. ССО в $Rg^r(\Omega)$ ізольований від зображення дефекту типу «тріщина» Ω околom кольору фону зображення Ω .



Зауваження 2. Образ Ω містить зв'язну підмножину, утворену в межах області W , що відповідає образу берегів тріщини і обмежена лініями кромки тріщини, і ці фрагменти є покриттям Ω .

Для ССО в $Rg^r(\Omega)$ описується динаміка трансформації методами згідно [2, 3].

В околі точки росту ДТТ Ω спостерігається область розтріскування (зона деформації або зона пластичної деформації [6]), що характеризується появою сукупності мілких тріщин, які в подальшому замикаються у фрагмент магістральної тріщини спонукаючи її ріст.

В області розгалуження ДТТ Ω , в силу росту її рукавів, спостерігається процес формування розгалуженого русла, сутність якого полягає в тому, що на матеріал об'єкта, розташованого між рукавами, діють різні сили, які є причиною тріщиноутворення і, як наслідок, на поверхні об'єкта спостерігається процес розтріскування і формування берегів у точці розгалуження за рахунок злиття незначних дефектів і руйнувань – формується кромка берегів в точці розгалуження.

В околі точки кореня ДТТ Ω домінуючими є процеси корозії і поверхневого забруднення, що більше пов'язано з факторами зовнішнього середовища, які впливають на об'єкт моніторингу, ніж з факторами тріщиноутворення.

Як видно з цих трьох випадків, існує специфіка визначення і уточнення області суміжності в околі цих трьох елементів ДТТ Ω , яка відображає процеси утворення їх і те, як ці процеси представлені на цифровому зображенні ДТТ Ω .

З метою визначення характерних ознак ССО в $Rg^r(\Omega)$ проведемо дослідження можливості їх спостереження.

Якщо $\exists r^*$ таке, що дозволяє ізолювати $\{\tilde{\Omega}_i\}$ від Ω , то згідно до зауваження 1 це дає можливість виконати виділення $\{\tilde{\Omega}_i\}$ від Ω як ознаку.

Для ССО в $Rg^r(\Omega)$ колірні характеристики (колір, розподіл кольору, градієнти) відрізняються від $col\Omega$, роздільні на W в каналах основних кольорів – це забезпечує аналіз ізолюваності ССО від Ω на основі кольору.

Суттєвим є той факт, що деякі ССО за формою гомотетичні фрагменту ДТТ Ω (у формі кромки, берега чи русла), біля якого вони розташовані.

Якщо $\exists r^*$ для зображення ДТТ Ω , що забезпечує можливість спостереження розподілення градієнта кольору за гомотетичним фрагментом до ДТТ Ω , в околі якого розташовані ССО – це забезпечує аналіз зв'язування (асоціативності) ССО з ДТТ Ω .

Таким чином, можливість спостереження ССО в $Rg^r(\Omega)$ забезпечує їх класифікацію в рамках асоційовані-ізолювані-перешкоди у відношенні до ознак ДТТ Ω .

Визначення 2. Під асоційованими ССО з ДТТ в $Rg^r(\Omega)$ будемо визначати ССО для яких спостерігаються ознаки ДТТ Ω (ознаки, що ідентифікують Ω) в області розташування, або ССО гомотетичні фрагменту Ω в $Rg^r(\Omega)$, якому вони відповідають, або розподіл ознак ССО є відтворюваним за рахунок апроксимації розподілів ознак на Ω в області на відстань розташування відповідних ССО від Ω .

Визначення 3. Під ізолюваними ССО відносно ДТТ Ω в $Rg^r(\Omega)$ будемо визначати такі ССО, для яких спостерігаються деякі ознаки ДТТ в області розташування і вони не є апроксимаціями ознак ДТТ Ω в області їх розташування відносно ДТТ Ω .

Визначення 4. Під ССО, які визначаються як перешкоди відносно ДТТ Ω в $Rg^r(\Omega)$ будемо визначати такі ССО для яких не спостерігаються ознаки, які характерні асоційованим ССО або на ізолюваних ССО.

З урахуванням визначеного простору ознак супутніх сторонніх об'єктів на W визначимо ССО як дефекти ДТТ Ω :

- | | |
|------------|------------|
| – корозія; | – каверни; |
| – наліт; | – сколи; |

- вкраплення іншого матеріалу;
- волосяні тріщини;
- пучення;
- просідання;
- дірки;
- подряпини;
- вимивання, вивітрювання.

Специфічними ознаками поняття тріщина являються ознаки, які можна реєструвати, і які виділяють об'єкт дослідження в класі інших об'єктів шляхом фіксації просторових або тимчасових меж, або за допомогою вказування на одиничність об'єкт. Тим самим зміст поняття тріщини частково об'єднує ознаки поняття «одиничний предмет» з ознаками поняття «скінченна множина предметів» [6].

Необхідно особливо відзначити категорійність поняття тріщина, коли мається на увазі наявність властивості відношень між окремими об'єктами (тріщинами), які незалежні від внутрішньої структури цих об'єктів (тріщин).

На підставі проведеного аналізу зображень [4, 5], було виділено ряд випадків примикання суміжних об'єктів і русла тріщини, які представлені на рис. 1.

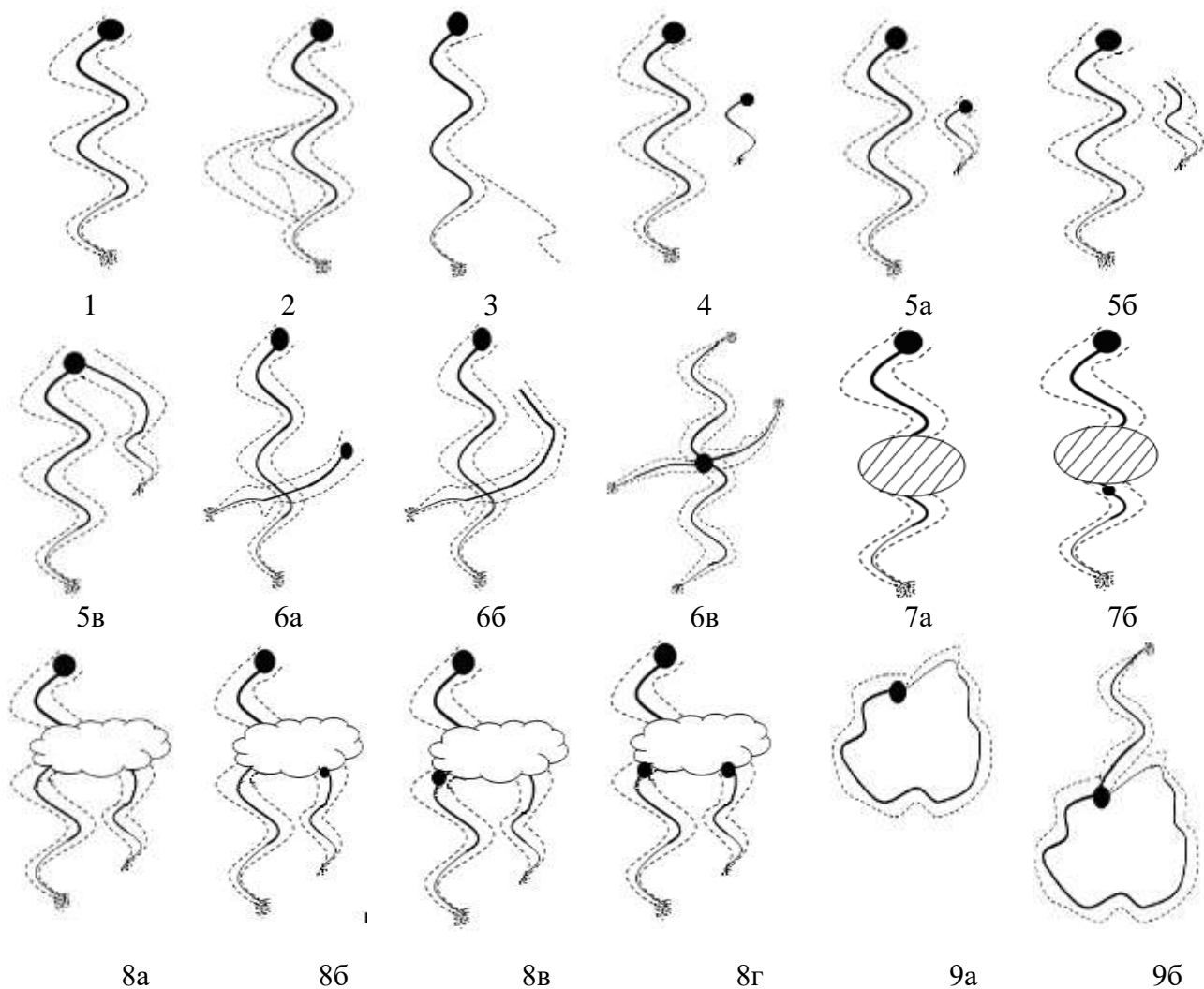


Рис.1. Випадки примикання суміжних об'єктів і русла тріщини

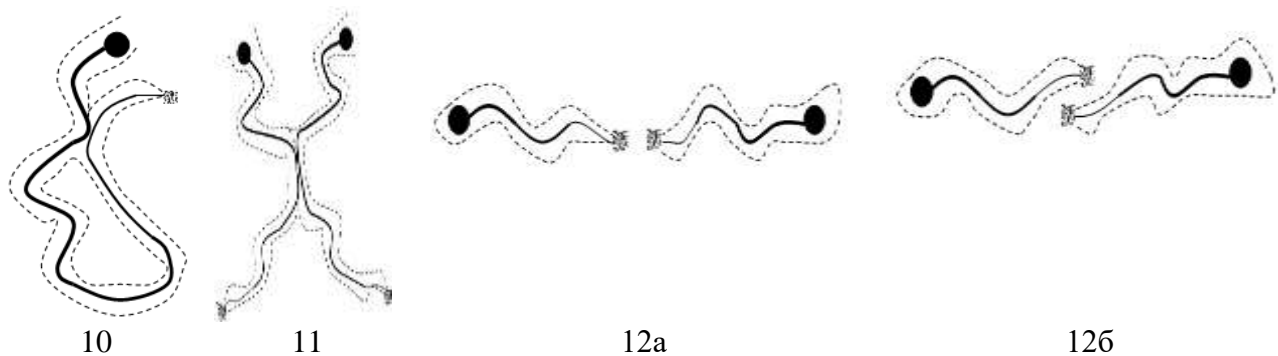


Рис.1. Випадки примикання суміжних об'єктів і русла тріщини (Продовження)

На зображенні представлена магістральна тріщина, яка має: корінь, ланцюги, берега, точку розгалуження, точку росту. Поряд з магістральною тріщиною розташовуються деякі суміжні об'єкти. Ці об'єкти можуть належати як тріщині, так і представляти нову тріщину або навіть цілий ряд тріщин. Якщо суміжні об'єкти відносяться до тріщини, то краї берегів тріщини збільшуються. У випадку, коли цей об'єкт не належить тріщині, то суміжний об'єкт більш помітний і легко ідентифікується.

Варіанти дислокації ССО представлені на рис.1, де використовуються наступні позначення:

- ● – корінь тріщини;
- ⊗ – точка росту тріщини;
- ——— – тріщина;
- - - - - – кромка тріщини.

Незалежно від спостережуваності $Rg^r(\Omega)$, наприклад, для волосяних тріщин, в їх околі спостерігається так звана зона прилягання, що характеризується на зображенні постійним значенням кольору, розподіленням вздовж тріщини і наявністю постійного ступеня перепаду кольору відносно кольору фону. Зону прилягання будемо позначати як $Rp^h(\Omega)$, де h – величина ступеня перепаду кольору відносно фону.

Значимо наступні властивості:

- $h_1 < h_2 \Rightarrow S(Rp^{h_1}(\Omega)) \geq S(Rp^{h_2}(\Omega))$, де S – площа;
- $Rp^h(\Omega) \cap \Omega = \emptyset$;
- $Rp^h(\Omega)$ – багатозв'язна;
- $colRp^h(\Omega) = loc_fon(\Omega) \forall$ зв'язних компонентів Ω без урахування точок їх дотику;
- $colOb(Rp^h(\Omega)) = fon$ без урахування точок дотику компонент зв'язності,

де

- $colRp$ – колір зони прилягання;
- $colOb$ – колір обрису тріщини;
- fon – колір фону;
- loc_fon – локальний колір.

В процесі утворення волосяних тріщин на поверхнях крихких матеріалів (наприклад, штукатурка) один з берегів тріщини просідає вниз (розрив зсувом). На зображенні такої волосяної тріщини буде спостерігатись в напрямку перпендикулярному до тріщини з одного боку нульове значення градієнта яскравості або насиченості кольору, а з другого боку тріщини – відповідно не нульове значення градієнта перепаду кольору (рис. 2 а)). Така властивість волосяних тріщин є конструктивною і може бути покладена в основу їх ідентифікації.

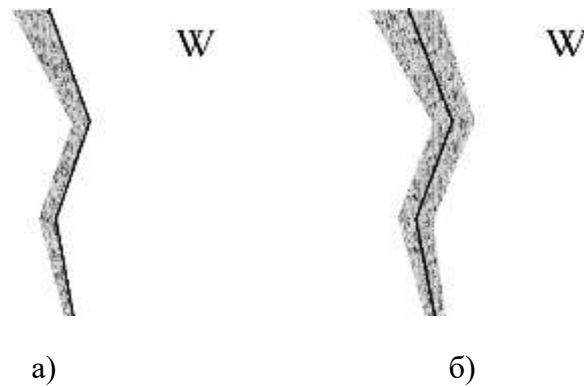


Рис. 2. Образ волосяної тріщини:
а) з просіданням; б) з випучуванням

У випадку утворення волосяних тріщин на поверхнях об'єкта моніторингу за рахунок випучування або розтягування на зображенні у напрямку перпендикулярному кромці тріщини з обох сторін будуть спостерігатись постійні не нульові значення градієнта зміни кольору, де точка розташування волосяної тріщини – це точка сходження цих градієнтів (рис. 2, б). Така властивість волосяної тріщини також є конструктивною і може застосовуватись в процесі ідентифікації.

Висновки. В області суміжності тріщини за рахунок використання ознак тріщини – з однієї сторони, переліку та знаковому представленню перешкод і дефектів в області суміжності тріщини, до яких вони застосовуються, з урахуванням дислокації ССО на зображенні ДТТ Ω або з урахуванням зони примикання $Rp^h(\Omega)$, з метою уточнення побудови $Rg^r(\Omega)$, досліджено підхід до класифікації сторонніх об'єктів ДТТ Ω .

Література

1. Горда О.В. Модель області суміжності дефекту типу "тріщина" на цифровому зображенні. / О.В. Горда, А.А. Пузько // Scientific journal "Science Rise", 2016. – Vol. 4/2 (21). – P. 24-27
2. Горда О.В. Моделирование метрик в пространстве цифрового изображения дефекту типу "тріщина" // Управління розвитком складних систем. – К.: КНУБА. – 2014. – Вип. 17. – С. 112-120.
3. Бобенко А.И. Дискретная дифференциальная геометрия. Интегрируемая структура. / А. И. Бабенко, Ю. Б. Сулис. – М.: Издательство: "НИИЦ "Регулярная и хаотическая динамика", Институт компьютерных исследований, 2010. – 488 с.
4. Рышков С.С. Дискретная геометрия и геометрия чисел: Сб. статей/ С.С. Рышков, А.А. Мальцев. – М.: Наука, 2002. – 335 с.
5. Фу К. Структурные методы в распознавании образов. – М.: Мир, 1977. – 320 с.
6. Горда О.В. Визначення дефекту типу «тріщина» в оптичному діапазоні // Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини. – 2009. – №74. – С. 89-93.
7. Ивэнс Р.М. Введение в теорию цвета. – М.: Мир, 1964. – 442 с.
8. Попов С.А. Исследование ошибок цветовоспроизведения и построение моделей коррекции цвета цифровых фотографий // Вести Новгородского государственного университета. Серия: Естественные и технические науки. – 2003. – № 23. – С.100-108.

References

1. Gorda, O.V., Puz'ko A.A. (2016). Model' oblasti sumizhnosti defektu typu "trishchyna" na tsyfrovomu zobrazheni [Model of the region of adjacency of a defect such as "crack" on a digital image]. *Scientific journal "Science Rise"*, 4/2 (21), 24-27
2. Gorda, O.V. (2014). Modelyuvannya metryk v prostori tsyfrovoho zobrazhennya defektu typu "trishchyna" [Modeling metrics in the space of a digital image of a "crack" type defect]. *Upravlinnya rozvytkom skladnykh system [Managing the development of complex systems]*, 17, 112-120.



3. Bobenko, A.Y., Surys, U.B. (2010). *Dyskretnaya dyfferentsyal'naya heometryya. Yntehryuemaya struktura [Discrete differential geometry. Integrable structure]*. Moscow: "NYTS "Rehulyarnaya y khaotycheskaya dynamyka", Instytut komp'yuternykh yssledovanyy.
4. Ryshkov, S.S. Mal'tsev, A.A. (2002). *Dyskretnaya heometryya y heometryya chysel: Sb. Statey [Discrete geometry and geometry of numbers: Articles collection]*. Moscow: Nauka.
5. Fu, K. (1977). *Strukturnye metody v raspoznavanyy obrazov [Structural methods in pattern recognition]*. Moscow: Myr.
6. Gorda, O.V. (2009). Vyznachennya defektu typu «trishchyna» v optychnomu diapazoni [Definition of a "crack" type defect in the optical range]. *Hirnychi, budivel'ni, dorozhni ta melioratyvni mashyny [Mining, construction, road and land reclamation machines]*, 74, 89-93.
7. Yvens, R.M. (1964). *Vvedenye v teoryyu tsveta [Introduction to the theory of color]*. Moscow: Myr.
8. Popov, S.A. (2003). Issledovanye oshybok tsvetovosproyzvedenyaya y postroenye modeley korrektsyy tsveta tsyfrovyykh fotohrafyy. *Vesty Novhorodskoho hosudarstvennoho unyversytetata. Seryya: Estestvennye y tekhnicheskyye nauky [Proc. Novgorod State University. Series: Natural and technical sciences]*, 23, 100-108.

Надійшло до редакції 28.05.2016 р.

Рецензент: д.т.н., проф. Сівко В.Й.