

10. Климнюк, В. С. Комп'ютерні мережі та захист інформації [Текст]: методичні рекомендації / В. С. Климнюк. – Х.: Вид. ХНЕУ, 2016. – 64 с.

References

1. Blended Learning: transition to blended learning in 5 steps. Zillion. Available at: <http://zillion.net/ru/blog/375/blended-learning-pieriekhod-k-smieshannomu-obucheniuiu-za-5-shagov>
2. Pushkar, O., Klymniuk, V. (2016). Problemi vprovadzheniya Internet-metodologiy u osvityniy prostir [Problems of implementation methodologies in online education space]. *Sistemi obrobki Informatsiyi*, 5, 213–218.
3. Innovative methods of remote online training. Available at: http://www.strf.ru/material.aspx?CatalogId=221&d_no=77018#.U3tdrnW5qE17
4. Typical problems in the VoIP-networks. Available at: <http://teleincom.ru/>

5. Tadenbaum, E., Uezeroll, D. (2012). *Kompyuternye seti [Computer networks]*. Saint Petersburg: Piter, 960.
6. Poltorak, V. P., Morgal, V. P., Zaika, O. M. (2014). *Otsenka kachestva peredachi rechi v IP-telefonii [Evaluation voice quality in IP-telephony]*. *Molodoy ucheniy*, 4, 121–123.
7. Olifer, V. G., Olifer, N. G. (2006). *Kompyuternye seti. Printsipy, tehnologii, protokoly: uchebnik dlya vuzov [Computer networks. Principles, technologies, protocols]*. Saint Petersburg: Piter, 958.
8. Jitter. Available at: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Джиттер>
9. Lebedev, A. N. (Ed.) (1986). *Veroyatnostnyye metody v vychislitelnoy tehnikе [Probabilistic Methods in Computer Science]*. Moscow: Vysshaya shkola, 312.
10. Klymniuk, V. (2016). *Komp'yuterni merezhi ta zahist Informatsiyi [Computer networks and security]*. Kharkov: Vid. HNEU, 64.

*Рекомендовано до публікації д-р техн. наук Новіков Ф. В.
Дата надходження рукопису 15.09.2016.*

Климнюк Віктор Євгенович, кандидат технічних наук, професор, кафедра комп'ютерних систем і технологій, Харківський національний економічний університет імені Семена Кузнеця, пр. Науки, 9-а, м. Харків, Україна, 61166
E-mail: Viktor.Klymniuk@hneu.net

Литовченко Ірина Володимирівна, кандидат економічних наук, кафедра управління персоналом та економіки праці, Харківський національний економічний університет імені Семена Кузнеця, пр. Науки, 9-а, м. Харків, Україна, 61166
E-mail: irina_litovchenko@rambler.ru

УДК 778.528.7

DOI: 10.15587/2313-8416.2016.80791

ПОБУДОВА КОЛІРНОГО АТЛАСУ ЦИФРОВИГО ЗОБРАЖЕННЯ ДЕФЕКТУ ТИПУ "ТРИЩИНА"

© О. В. Горда

Актуальність проведених досліджень визначається переліком завдань діагностики технічного стану об'єктів будівництва. Розглянуті цифрові зображення дефекту типу "тріщина" (ДТТ) з урахуванням як геометричних параметрів, так і кольорних характеристик. Для деталізації аналізу зображення з метою локалізації ДТТ, проведено дослідження розподілу кольору на основі введеного поняття атласу зображення ДТТ. Показана процедура побудови атласу і його властивості. Визначені завдання, які вирішуються на основі його застосування в рамках неруйнівного контролю.

Ключові слова: дефект, тріщина, розпізнавання, зображення, колір, тон, палітра, атлас, пул, топологія

The relevance of the conducted research is determined by the list of diagnostics tasks of technical condition of building objects. Digital images of a "crack" defect (CD) are considered taking into account both the geometric parameters and color characteristics. For detail image analysis for the purpose of CD localization, the research of color division based on the introduced concept «CB atlas image» is conducted. The process of construction of the Atlas and its properties are shown. The problems are identified for their solving on the basis of its use as part of non-destructive control

Keywords: defect, crack, recognition, image, color, tone, palette, atlas, pool, topology

1. Вступ

Сьогодні особлива увага приділяється методам неруйнівного контролю, сутність яких – аналіз результатів моніторингу технічного стану об'єктів будівництва, його прогнозування, виявлення і класифікація дефектів без активного впливу на сам об'єкт. Особливе місце серед зазначених методів відводить оптичному методу, а саме на основі аналізу циф-

рових зображень. Можливість виявлення дефекту типу тріщина на основі його зображення значною мірою залежить від технічних засобів та наявних інструментальних методів та методик розпізнавання образів та моделей дефекту. Тільки в особливих випадках зображення можна розглядати як сукупність областей постійної яскравості та кольору, тому що області з постійною відбивною здатністю на практиці

не мають рівномірну яскравість тому існуючі методи вимагають дослідження та узагальнення в сенсі врахування простору кольорів.

2. Аналіз літературних даних

Своєчасне виявлення дефектів (особливо тріщин) на поверхнях будівель та споруд є важливою задачею, що пов'язана з безпекою та термінами їх експлуатації, але часто досить складною. Складність виконання процедур моніторингу буває значною мірою обумовлена доступністю до необхідних конструкцій та вузлів, тому все більшої популярності набирають методи засновані на обробці цифрових зображень.

Значний внесок у окремі аспекти вирішення задач виявлення дефекту типу "тріщина" внесли вітчизняні та закордонні вчені. Так роботи [1–4] пов'язані з дослідженнями механіки виникнення та розповсюдження тріщин, які можуть бути покладені в основу деяких специфічних ознак розпізнання.

Враховуючи ту особливість, що образ тріщини часто представляє собою структурно складний об'єкт, а також той факт, що цифрове зображення є дискретним представленням об'єкту, для опису її геометрії та формалізації необхідно мати розвинений спеціалізований математичний апарат, окремі аспекти якого описані в роботах [5, 6].

Існує багато робіт присвячених обробці цифрових зображень та розпізнанню образів на їх основі, де враховуються проблеми, пов'язані з відтворенням колірного простору. Серед них необхідно відзначити класичні монографії [7, 8].

Виходячи з особливості ДТТ для вирішення задачі її локалізації та ідентифікації необхідно розробити комплексний підхід, що буде базуватись на досягненнях різних напрямків науки та враховувати специфіку об'єкту дослідження. Запропонований підхід може знайти практичне застосування в різних областях, де об'єктом моніторингу виступає ДТТ.

3. Мета та задачі дослідження

Метою дослідження є формалізація для цифрового зображення дефекту типу "тріщина" поняття колірного атласу та дослідження його застосування до задачі ідентифікації.

Задача дослідження – на основі колірної моделі зображення дефекту типу "тріщина" (ДТТ) [9, 10] на цифровому знімку W , побудувати топологію розподілу кольору з урахуванням специфіки дискретного представлення зображення для ДТТ Ω [11].

5. Результати дослідження

При візуальному спостереженні виникнення тріщин можна спостерігати за зміною кольору, яке може служити маркером у процесі виділення кластерів, що є важливим етапом задачі виявлення ДТТ. Вплив хімічних факторів супроводжується не тільки зміною властивостей матеріалу, а і зміною кольорової гама поверхні матеріалу за рахунок утворення нальотів. Інформація про фізичні та хімічні властивості матеріалу та оточуючого середовища, а також про умови експлуатації є

джерелом даних для наступних супутніх явищ, що візуально спостерігаються:

- тріщини;
- висоли;
- гнилі;
- вигин та кручення;
- ерозії;
- подряпини;
- усадочні раковини;
- корозії: місцева, під напругою, рівномірна, підплична, підповерхнева.

Для процесу виявлення дефекту типу «тріщина» важливою фізичною характеристикою є макроструктура матеріалу [4]. До основних видів макроструктури відносять конгломератну, комірчасту, волокнисту, шарувату, рихлозернисту, гладку. Інформація про кольори матеріалів міститься в монтажних документах з марками елементів, наявної технічної документації заводу-виробника, наявних агресивних середовищах, особливостей експлуатації, причин попередніх пошкоджень, строках останнього обстеження, а також у процесі контролю:

- вимірювальний контроль, виконується із застосуванням засобів вимірювання, включаючи лабораторне обладнання;
- реєстраційний контроль, виконується шляхом аналізу даних, зафіксованих у документах – сертифікатах, актах огляду, спеціальних журналах;
- візуальний контроль (ГОСТ 16504-81);
- технічний огляд (ГОСТ 16504-81).

Колір матеріалів – фізичний оптичний ефект, що виникає у реєструючій оптичній системі в результаті дії електромагнітних коливань видимого спектру, відбитих від поверхні матеріалів. Усі кольори матеріалів можна розділити на дві групи – ахроматичні (білі, чорні і сірі усіх відтінків) і хроматичні (червоні, помаранчеві, жовті, зелені, блакитні, сині, фіолетові, і з усіма проміжними відтінками). Об'єктивна оцінка кольору web-камер базується на встановленому положенні про те, що будь-який колір можна отримати при змішуванні трьох певних монохроматичних коливань.

Основні характеристики кольору:

- колірна тональність;
- світлість;
- насиченість кольору,

що визначаються застосуванням візуальних методів оцінки з використанням атласів кольору або картотеки кольорів.

Спираючись на раніше отримані результати [10], представимо зображення ДТТ Ω як об'єднання областей одного кольору на знімку W :

$$\Omega = \bigcup_{i=1}^n S_i,$$

де елемент w області $S_i \subset W$ має колір

$$\forall w \in S_i : \alpha_{S_i}(w) = \beta_{S_i}(w) + \gamma_{S_i}(w);$$

$$\text{col}(E(S_i)) \equiv \text{col}(w), \quad w \in S_i,$$

де:

– $\alpha(w), \beta(w), \gamma(w)$ – класи функцій, описані в роботі [10];

– $col(w)$ – функція кольору.

Введемо для дискретного зображення W ДТТ Ω наступні позначення:

– D_c – дискретність колірною круга в моделі кольорів Lab.;

– дискретність зображення W ;

– Por – поріг чутливості матриці W .

Нехай $E(S_i) = \{w \in \Omega : col(w) = col(S_i)\}$, тоді:

– $AISO(\Omega)$ – колірний атлас ДТТ Ω ;

– $Pal(W, D_c, D_z, Por, \Omega) \equiv \{S_i\}$ – палітра Ω на W , якщо

$$\left\{ \forall w \in \Omega \exists i - \epsilonдине: w \in E(S_i) \right\} \wedge \left\{ E(S_i) \cap E(S_j) = \emptyset, i \neq j \right\}.$$

З метою вибору процесу побудови однозначно детермінованої палітри $Pal(W, D_c, D_z, Por, \Omega)$ будемо визначати початок відліку кольору в найбільш темній (найбільш світлій) лівій нижній (правій верхній) області даного зображення ДТТ Ω . Далі, визначивши границю даної області і розбивши її дискретно по кольору D_c , визначимо суміжні колірні кластери [12]. Поклавши, що зображення W містить лише ДТТ Ω і один колір фону fon проведемо дослідження $AISO(W)$ [3].

Для функції присутності S ДТТ Ω на зображенні W існує залежність [11]:

$$S = S(\Omega, D_c, D_z, Por, fon, W),$$

де fon – колір фону на W .

Відзначимо наступні властивості функції присутності.

Властивість 1.

$$\begin{aligned} Por_1 < Por_2 &\Rightarrow \\ \Rightarrow \left| \{w : w > Por_1, w \in W, col(w \neq fon)\} \right| &\geq \\ \geq \left| \{w : w > Por_2, w \in W, col(w \neq fon)\} \right| &\Rightarrow \\ S(\Omega, D_c, D_z, Por_1, fon, W) &\geq S(\Omega, D_c, D_z, Por_2, fon, W). \end{aligned}$$

Властивість 2.

$$\left\{ \forall D_z, S(\Omega, D_c, D_z, Por, fon, W) < +\infty \right\} \Rightarrow \Rightarrow Pal(W, D_c, D_z, Por, \Omega) < +\infty.$$

Визначення 1. $(w_1, w_2)_{col}^{Pal}$ точки суміжні за кольором col у палітрі

$$Pal(W, D_c, D_z, Por, \Omega) \Leftrightarrow \{w_1, w_2\}$$

зв'язні за кольором і 8th зв'язні за топологією [13, 14] та

$$\{ col(w_1) = col(w_2) \}$$

в палітрі

$$Pal(W, D_c, D_z, Por, \Omega).$$

Визначення 2. Колірний пул

$$Pool(w_0, Pal(W, D_c, D_z, Por, \Omega))$$

точки w_0 в палітрі

$$Pal(W, D_c, D_z, Por, \Omega) \Leftrightarrow \{w \in W : (w_0, w)_{col}^{Pal}\}.$$

Зауваження 1. У загальному випадку

$$Pool(w_0, Pal(W, D_c, D_z, Por, \Omega))$$

– не однозв'язний.

Визначення 3.

$$\{w_i\}_{i=1}^n \equiv Obr(W, Pal(W, D_c, D_z, Por, \Omega))$$

– зразки колірної палітри

$$\left\{ i \neq j \Rightarrow \left\{ \begin{aligned} &col(w_i) \neq col(w_j) \text{ у палітрі} \\ &Pal(W, D_c, D_z, Por, \Omega) \end{aligned} \right\} \right\} \wedge \left\{ |Pal(W, D_c, D_z, Por, \Omega)| = n \right\},$$

де $Obr(\)$ – зразки кольору області [10, 12].

Властивість 3.

Якщо існують

$$Obr^1(W, Pal(W, D_c, D_z, Por, \Omega))$$

і

$$\begin{aligned} Obr^2(W, Pal(W, D_c, D_z, Por, \Omega)) &\Rightarrow \\ \Rightarrow \left| Obr^1(W, Pal(W, D_c, D_z, Por, \Omega)) \right| &= \\ = \left| Obr^2(W, Pal(W, D_c, D_z, Por, \Omega)) \right| & \end{aligned}$$

Наслідок 1. В заданій палітрі зображення функція присутності інваріантна відносно вибору зразків кольору (впливає із детермінованості побудови палітри).

Визначення 4. Під колірним комплексом

$$CPool(w_0, Pal(W, D_c, D_z, Por, \Omega))$$

точки w_0 в палітрі

$$Pal(W, D_c, D_z, Por, \Omega)$$

будемо розуміти:

$$CPool(w_0, Pal(W, D_c, D_z, Por, \Omega)) = \bigcup_{w_0} Pool(w_0, Pal(W, D_c, D_z, Por, \Omega)),$$

де

$$W_0 = \{w : col(w) = col(w_0), Pal(W, D_c, D_z, Por, \Omega)\}$$

Властивість 4.

Справедливе представлення:

$$W = \bigcup_{\{w \in Obr(W, Pal(W, D_c, D_z, Por, \Omega))\}} Pool(w, Pal(W, D_c, D_z, Por, \Omega)).$$

Визначення 5. Визначимо операцію колірної інтеграції пулів за яскравістю у колірній моделі Lab. Нехай $D_c = (D_c, 0, 0)$:

$$Pool^+(w_0, Pal(W, D_c, D_z, Por, \Omega)) = \left\{ w \in W : \left\{ (w_0, w)_{col(w_0)}^{Pal(W, D_c, D_z, Por, \Omega)} \right\} \cup \left\{ (w_0, w)_{col(w_0)+D_c}^{Pal(W, D_c, D_z, Por, \Omega)} \right\} \right\}.$$

Визначення 6. Визначимо операцію колірної диференціації пулів за яскравістю у колірній моделі Lab. Нехай $D_c = (D_c, 0, 0)$:

$$Pool(w_0, Pal(W, D_c, D_z, Por, \Omega)) = \left\{ w \in W : \left\{ (w_0, w)_{col(w_0)}^{Pal(W, D_c, D_z, Por, \Omega)} \right\} \cup \left\{ (w_0, w)_{col(w_0)-D_c}^{Pal(W, D_c, D_z, Por, \Omega)} \right\} \right\}.$$

Властивість 5.

$$(Pool^+(w_0, Pal(W, D_c, D_z, Por, \Omega)))^- \neq Pool(w_0, Pal(W, D_c, D_z, Por, \Omega)).$$

Властивість 6.

$$(Pool^-(w_0, Pal(W, D_c, D_z, Por, \Omega)))^+ \neq Pool(w_0, Pal(W, D_c, D_z, Por, \Omega)).$$

Властивість 7.

$$(CPool^+(w_0, Pal(W, D_c, D_z, Por, \Omega)))^- = CPool(w_0, Pal(W, D_c, D_z, Por, \Omega)).$$

Властивість 8.

$$(CPool^-(w_0, Pal(W, D_c, D_z, Por, \Omega)))^+ = CPool(w_0, Pal(W, D_c, D_z, Por, \Omega)).$$

Визначення 7. Визначимо колірний шлейф в w_0 глибини n за зростанням яскравості. Введемо позначення області як:

$$Dw^+ = \left\{ \begin{array}{l} w \in W : \{ Pool^{+(n-1)}(w_0, Pal(W, D_c, D_z, Por, \Omega)) \}, \\ \left\{ w : col(w) \equiv col(w_0) + nD_c, \right. \\ \left. Pal(W, D_c, D_z, Por, \Omega) \right\} \end{array} \right\}$$

Тоді:

$$\begin{aligned} Tn(w_0, Pal(W, D_c, D_z, Por, \Omega), n) &\equiv Pool^{+n}(w_0, Pal(W, D_c, D_z, Por, \Omega)) = \\ &= \left\{ \begin{array}{l} w \in W : \{ Pool^{+(n-1)}(w_0, Pal(W, D_c, D_z, Por, \Omega)) \} \cup \\ \left\{ w \in W : \right. \\ \left. \bigcup_{Dw^+} Pool(w_0, Pal(W, D_c, D_z, Por, \Omega)) \right\} \end{array} \right\} \end{aligned}$$

Зауваження 2.

Для

$$Tn(w_0, Pal(W, D_c, D_z, Por, \Omega), n)$$

характерна неперервна і послідовна зміна кольору від $col(w_0)$ до

$$col(w_0) + nD_c, Pal(W, D_c, D_z, Por, \Omega)$$

з кроком D_c .

Визначення 8. Визначимо колірний шлейф в w_0 глибини m за спаданням яскравості на області

$$Dw^- = \left\{ \begin{array}{l} \left\{ w \in ObPool^{-(m-1)}(w_0, Pal(W, D_c, D_z, Por, \Omega)) \right\}, \\ \left\{ w : col(w) \equiv col(w_0) - mD_c, \right. \\ \left. Pal(W, D_c, D_z, Por, \Omega) \right\} \end{array} \right\}$$

як:

$$\begin{aligned} Ot(w_0, Pal(W, D_c, D_z, Por, \Omega), m) &\equiv Pool^{-m}(w_0, Pal(W, D_c, D_z, Por, \Omega)) = \\ &= \left\{ \begin{array}{l} w \in W : \{ Pool^{-(m-1)}(w_0, Pal(W, D_c, D_z, Por, \Omega)) \} \cup \\ \left\{ w \in W : \right. \\ \left. \bigcup_{Dw^-} Pool(w_0, Pal(W, D_c, D_z, Por, \Omega)) \right\} \end{array} \right\} \end{aligned}$$

Зауваження 3. Для

$$Ot(w_0, Pal(W, D_c, D_z, Por, \Omega), m)$$

характерна неперервна і послідовна зміна кольору від $col(w_0)$ до

$$col(w_0) - mD_c, Pal(W, D_c, D_z, Por, \Omega))$$

з кроком D_c .

Для

$$Tn(w_0, Pal(W, D_c, D_z, Por, \Omega), n)$$

і

$$Ot(w_0, Pal(W, D_c, D_z, Por, \Omega), m)$$

як для кластерів визначається їх вага – кількість елементів з W , що входять до їх складу, кількість компонентів зв'язності і функція розподілу за вагами компонентів зв'язності та глибина кольору на пулі

$$DpPool(w_0, Pal(W, D_c, D_z, Por, \Omega)) = m + n - 1.$$

Нехай K – число компонентів зв'язності

$$CPool(w_0, Pal(W, D_c, D_z, Por, \Omega)),$$

тоді існує

$$Tn^K(w_0, Pal(W, D_c, D_z, Por, \Omega), n^K)$$

і

$$Ot^K(w_0, Pal(W, D_c, D_z, Por, \Omega), m^K) \quad \forall k = \overline{1, K}.$$

Глибина кольору $col(w_0)$ на

$$W : DpPool(w_0, Pal(W, D_c, D_z, Por, \Omega)) = \\ = \max_k (n^k) + \min_k (m^k)^{-1}$$

Розроблений вище інструментарій для кольорного атласу зображення ДТТ дозволяє:

– локалізувати аномалії на зображенні ДТТ за рахунок урахування порушень однозв'язності на відповідних

$$Pool(w_0, Pal(W, D_c, D_z, Por, \Omega));$$

– реалізувати процедуру визначення на основі кольору включень об'єктів типу «границя» або «малих» інерідних за кольором областей за рахунок того, що

$$Pool(w_0, Pal(W, D_c, D_z, Por, \Omega))$$

– навантажена множина [12];

– реалізувати процедуру фільтрації зображення ДТТ з метою згладжування ізольованих шумів кольору за рахунок визначення порушень або відхилень в регулярності $Pool(w_0, Pal(W, D_c, D_z, Por, \Omega))$ як навантаженої множини;

– уточнення і локалізацію області суміжності ДТТ Ω [15] за рахунок урахування розташованих окремо від зображення ДТТ точок W , які мають кольори

$$Pal(W, D_c, D_z, Por, \Omega).$$

6. Висновки

На основі кольорної моделі зображення ДТТ Ω об'єктів будівництва конструктивно формалізовано поняття "кольорного атласу". На основі запропонованого визначення описано інструментарій для побудови атласу кольорів для конкретного цифрового зображення тріщини з метою ідентифікації дефекту. Наведена процедура, побудови топології розподілу кольору з урахуванням специфіки дискретності представлення зображення. Визначений перелік задач обробки зображення ДТТ Ω , які вирішуються в рамках кольорної моделі ДТТ на основі запропонованого підходу.

Література

1. Биргер, И. А. Техническая диагностика [Текст] / И. А. Биргер. – М.: Машиностроение, 1978. – 240 с.
2. Тэплин, Д. Механика разрушения. Разрушение конструкций. [Текст] / Д. Тэплин. – М.: Мир, 1980. – 256 с.
3. Эрдоган, Ф. Теория распространения трещин [Текст] / Ф. Эрдоган. – М.: Мир, 1980. – 256 с.
4. Морозов, Н. Ф. Математические вопросы теории трещин [Текст] / Н. Ф. Морозов. – М.: Наука, 1984. – 256 с.
5. Бобенко, А. И. Дискретная дифференциальная геометрия. Интегрируемая структура [Текст] / А. И. Бобенко, Ю. Б. Сулис. – М.: Издательство: "НИИЦ "Регулярная и хаотическая динамика", Институт компьютерных исследований", 2010. – 488 с.
6. Федотов, Н. Г. Методы стохастической геометрии и распознавании образов [Текст] / Н. Г. Федотов. – М.: Радио и связь, 1990. – 142 с.
7. Ивенс, Р. М. Введение в теорию цвета [Текст] / Р. М. Ивенс. – М.: Мир, 1964. – 442 с.
8. Хант, Р. В. Г. Цветовозпроизведение [Электронный ресурс] / Р. В. Г. Хант. – 2004. – 928 с. – Режим доступа: <http://media-shoot.ru/books/Hant-Cvetovosproizvedenie.pdf>
9. Горда, О. В. Визначення дефекту типу «тріщина» в оптичному діапазоні [Текст] / О. В. Горда // Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини. – 2009. – № 74. – С. 89–93.
10. Горда, Е. В. Цветовое моделирование цифрового изображения дефекта типа "трещина" [Текст] / Е. В. Горда // Управління розвитком складних систем. – 2015. – Вип. 23 (1). – С. 127–132.
11. Горда, О. В. Моделирование метрик в пространстве цифрового изображения дефекту типу "тріщина" [Текст] / О. В. Горда // Управління розвитком складних систем. – 2014. – Вип. 17. – С. 112–120.
12. Горда, О. В. Дослідження функції присутності дефекту типу «тріщина» на цифрових зображеннях об'єктів будівництва [Текст] / О. В. Горда // Управління розвитком складних систем. – 2012. – Вип. 10. – С. 112–114.
13. Горда, Е. В. Особенности визуализации дефектов строительных машин, оборудования и сооружений на основе изображений оптического диапазона [Текст] / Е. В. Горда // Теорія і практика будівництва. – 2011. – № 7. – С. 22–24.
14. Борисович, Ю. Введение в топологию [Текст] / Ю. Борисович, Н. Близняков, Я. Израилевич, Т. Фоменко. – М.: Наука, Физматлит, 1995. – 416 с.

15. Горда, О. В. Модель області суміжності дефекту типу "тріщина" на цифровому зображенні [Текст] / О. В. Горда, О. О. Пузько // ScienceRise. – 2016. – Т. 4, № 2 (21). – С. 24–27. doi: 10.15587/2313-8416.2016.65947

References

1. Birger, I. A. (1987). Technical diagnostics. Moscow: Mir, 256.
2. Taplin, D. (1980). Fracture Mechanics. Destruction of designs. Moscow: Mir, 256.
3. Erdogan, F. (1980). Theory of crack propagation. Moscow: Mir, 256.
4. Morozov, N. F. (1984). Mathematical problems in the theory of cracks. Moscow: Nauka, 256.
5. Babenko, A. I., Suris, Y. B. (2010). Discrete differential geometry. An integrable structure. Moscow: Institute of Computer Science "Regular and Chaotic Dynamics", 488.
6. Fedotov, N. G. (1990). Stochastic geometry methods in pattern recognition. Moscow: Radio and Communications, 142.
7. Evans, R. M. (1964). Introduction to color theory. Moscow: Mir, 442.
8. Hunt, R. V. G. (2004). The Reproduction of Colour, 887. Available at: <http://media-shoot.ru/books/Hant-Cvetovosproizvedenie.pdf>
9. Gorda, O. V. (2009). Definition defect such as "crack" in the optical range. Mining, building, road and agricultural machines, 74, 89–93.
10. Gorda, O. V. (2015). Color modeling of a digital image defects such as a "crack". Managing the development of complex systems, 23 (1), 127–132.
11. Gorda, O. V. (2014). Modeling metrics in the space of digital image defects such as "crack". Managing the development of complex systems, 17, 112–120.
12. Gorda, O. V. (2012). The study features the presence of defects such as "split" on the digital images of construction. Managing the development of complex systems, 10, 112–114.
13. Gorda, O. V. (2011). Features visualization of defects of construction machinery, equipment and facilities on the basis of the optical range images. Theory and practice of building, 7, 22–24.
14. Borisovich, J., Bliznyako, N., Izrailevich Ja., Fomenko, T. (1995). Introduction to topology. Moscow: Nauka, Fismatlit, 416.
15. Gorda, O. V., Pusko, A. A. (2016). The model of adjacency region of the "crack" defect" in a digital image. ScienceRise, 4/2 (21), 24–27. doi: 10.15587/2313-8416.2016.65947

*Рекомендовано до публікації д-р техн. наук, професор Михайленко В. М.
Дата надходження рукопису 12.09.2016*

Горда Олена Володимирівна, кандидат технічних наук, доцент, кафедра інформаційних технологій проектування та прикладної математики, Київський національний університет будівництва і архітектури, пр. Повітрофлотський, 31, м. Київ, Україна, 03680
E-mail: anaelg@ukr.net