

УДК 778.528.7

**Горда Елена Владимировна**

Кандидат технических наук, доцент кафедры информационных технологий проектирования и прикладной математики, *orcid.org/0000-0001-7380-0533*

Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Киев

**ЛОКАЛЬНЫЙ КЛАССИФИКАТОР ПРИЗНАКОВ НА ЦИФРОВОМ  
ИЗОБРАЖЕНИИ ДЕФЕКТА ТИПА "ТРЕЩИНА"**

*Аннотация.* Актуальность моделирования цифровых изображений дефектов типа «трещина» (ДТТ) определяется необходимостью и возможностью реализации различных подходов в исследовании задач диагностики технического состояния строительных объектов и оборудования. Приведены результаты исследования элементов ДТТ с точки зрения образования признаков. Особое внимание уделено наблюдаемости признакообразующих свойств элементов ДТТ на цифровых изображениях, на основе которых возможно доступными средствами Web-камер их эффективно мониторить и измерять в оптическом диапазоне. На основе введённого в работе понятия локальности определён локальный классификатор изображения ДТТ (ИЗОДТТ), исследованы его свойства локальности и способы построения, а также свойства совокупности локальных классификаторов ИЗОДТТ. Совокупности классификаторов локальных признаков являются основой для построения технологии получения информации о признаках на ИЗОДТТ, лежащей, в свою очередь, в основе обработки ИЗОДТТ в целях построения изображения обобщенного дефекта типа «трещина».

**Ключевые слова:** классификатор; признак; объект строительства; трещина; дефект; изображение; локальность; метрика

**Актуальность**

Одной из проблем идентификации на ИЗОДТТ является наблюдаемость и измеримость признаков, поэтому исследования их проявления на ИЗОДТТ является актуальным. В настоящее время получены результаты, опираясь на которые, возможно провести анализ особенностей наблюдаемости и измеримости признаков на ИЗОДТТ.

**Цель статьи**

Цель – на основе цифровых изображений дефекта типа «трещина» (ДТТ) объектов строительства определить, описать и провести анализ распределения признаков в областях, смежных с трещинообразующими элементами, с целью определения меры локальности.

**Изложение основного материала**

При исследовании цифрового изображения дефекта типа "трещина" (ИЗОДТТ) [1; 2; 10] наблюдаются различные аномалии, локально распределённые вдоль скелета трещины, которые образуются за счёт механизмов формирования цифрового изображения (ракурс, удалённость, дисторсии, разрешение по каналам), а также механизмов собственно трещинообразования в

конкретной среде, различных случайных загрязнений поверхности наблюдаемого строительного объекта.

Например, на поперечном разрезе к направлению распространения трещины (рис. 1) наблюдается ореол сопутствующих микротрещин, образованный подповерхностным растрескиванием или расслоением массива материала объекта. При выходе на поверхность микротрещины из данного ореола формируют наблюдаемую на ИЗОДТТ область смежности или прилегания (сопутствующие дефекты) данной трещины, а также участвуют в формировании окрестности точки роста или точки ветвления трещины.

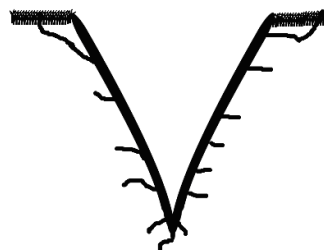


Рисунок 1 – Поперечный разрез изображения трещины

За счёт того, что сцепление в области берегов трещины минимально между кромками и максимально у оврага трещины, процессы локального дефектообразования протекают

неравномерно. Так, у дна тріщини преобладають процеси руйнування матеріала під дією внутрішніх напружень, в то время как в непосредственной близости к поверхности начинают существенно влиять процеси, определяющиеся особенностями материала объекта (материал, поверхность) и внешней средой (материал, коррозия, эрозия, загрязнение).

Перечисленные факторы определяют актуальность исследования локальных распределений признаков дефекта типа "трещина" на его цифровом изображении, например, для определения направления распространения трещины за счёт построения последовательности больших осей эллипсов, содержащих звенья трещины, точность построения которой напрямую зависит от точности построения области смежности трещины.

В плане дальнейшего исследования отметим следующую специфику ИЗОДТТ:

1. На ИЗОДТТ не все признакообразующие элементы могут наблюдаться. Например, за счёт кадрирования могут быть устранены изображения некоторых точек роста трещины: корень трещины, частично точки ветвления (рис. 2).

Отметим, что наличие изображения корня трещины позволяет учитывать предысторию развития трещины. За счёт низкой разрешающей способности могут быть утеряны изображения волосяных трещин и сопутствующих дефектов.

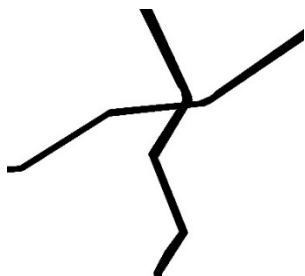


Рисунок 2 – Точка ветвления трещины

2. На ИЗОДТТ не все признаки трещины могут наблюдаться. Например, за счёт кадрирования при котором теряется точка роста, невозможно определить направление роста трещины. За счёт случайных помех или присутствия коррозионных масс и грязи изменяется структура цветового атласа ИЗОДТТ, что приводит к маскированию трещины на ее цифровом изображении (рис. 3).



Рисунок 3 – Наличие случайных помех на изображении трещины

3. Исходя из вышесказанного следует, что совокупность признаков трещины на ИЗОДТТ является достаточной, если все признаки данной совокупности наблюдаемы на данной ИЗОДТТ, и на их основе возможно классифицировать собственно изображение трещины и ее тип, построить скелет трещины максимизирующий площадь ее обобщенной трещины. Отметим, что при построении изображения обобщенного дефекта типа "трещина" (ИЗООДТТ) [3] важную роль играет локализация смежных дефектов и виды предполагаемых функций аппроксимаций свойств среды и изображения.

4. Распределение необходимых признаков на ИЗОДТТ или ИЗООДТТ зависит от объекта мониторинга, канала формирования изображения ДТТ, и, как было показано ранее, существуют классы трещин и объектов, для которых общим является то, что образ трещины представляет собой древовидную структуру, допуская самопересечения из продолговатых звеньев, вписываемых в эллипсы, для которых справедлив признак «распределение цвета по лучу» [4]. Таким образом, для определения необходимых признаков учёт локальных смежных примыкающих аномалий ИЗОДТТ является значительным.

Для дальнейшего исследования ИЗОДТТ введём понятие локального классификатора признаков ДТТ на данном ИЗОДТТ (LC). Детализируем понятие локальности на ИЗОДТТ. Для этого рассмотрим три типа локальностей:

- локальность относительно данного ИЗОДТТ (LC1);
- локальность относительно данного признакообразующего элемента на ИЗОДТТ (LC2);
- локальность относительно данного элемента ИЗОДТТ или ИЗООДТТ (LC3).

Под локальностью LC1 будем подразумевать область, обеспечивающую наблюдаемость продолговатых областей, для которых выполняются как минимум необходимые или (в общем случае) достаточные признаки трещины, и возможное проявление помех и искажений ИЗОДТТ (рис. 4).



Рисунок 4 – Выделение локальных областей изображения трещины

Под локальностью LC2 будем подразумевать область, обеспечивающую наблюдаемость за счёт кадрирования ИЗОДТТ, выделяющую признакообразующий элемент ИЗОДТТ, для которого определены некоторые признаки (рис. 5).

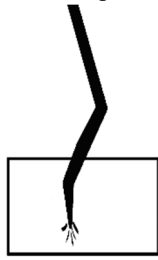


Рисунок 5 – Область кадрирования изображения трещины

Под локальностью LC3 будем подразумевать область, обеспечивающую наблюдаемость за счёт кадрирования ИЗОДТТ до минимальных размеров, выделяющую данный элемент ИЗОДТТ или элемент ИЗООДТТ (рис. 6).

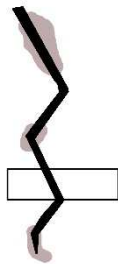


Рисунок 6 – Минимизация области кадрирования изображения трещины

Для процедуры кадрирования используются прямоугольные или эллиптические окна, за счёт которых из исходного ИЗОДТТ выделяются изображения-подмножества.

Особенно необходимо отметить наличие связи между локальным проявлением признаков и локальной контрастностью на ИЗОДТТ. Далее будем предполагать, что локальное проявление того или иного признака обеспечено его локальной контрастностью на ИЗОДТТ [5].

Другой специфической связью, наблюдаемой на ИЗОДТТ, является соразмерность изображения дефекта или его фрагмента с величиной кадрирующего окна, обеспечивающая наблюдаемость ДТТ на конкретном изображении и позволяющая пренебречь микронеровностями поверхности объекта мониторинга, не размывая изображения для определения функций контрастности заданных признаков.

Для любого кадрирования ИЗОДТТ или ИЗООДТТ методом Корунена-Лоэля [6; 7] из заданного набора необходимых или достаточных

признаков может быть построено множество признаков, образующих соответствующий локальный классификатор признаков, применяемый для классификации ИЗОДТТ в каждом конкретном случае и для каждого конкретного кадрирования.

На всей совокупности локальных классификаторов признаков ИЗОДТТ определена мера локальности классификатора как отношение площади части ИЗОДТТ, определяемой на основе данного классификатора трещины, к общей площади ИЗООДТТ.

Следовательно:

$$\text{mes}(\text{Loc}) \leq 1,$$

где  $\text{Loc} = \cup \text{Loc1}(i) \cup \text{Loc2}(j) \cup \text{Loc3}(k)$  может быть задана не единственным способом.

Множество смежных дефектов, расположенных локально к ДТТ, образовывается из-за неоднородности материала и поверхности объекта мониторинга, случайности по направлению и величине прилагаемых к нему сил внешних воздействий, ошибок и погрешностей формирующего тракта ИЗОДТТ, что затрудняет обнаружение и идентификацию ДТТ.

Исследуется множество, элементы которого есть суть свойства на ИЗОДТТ в зависимости от их локализации.

При допущении, что такие свойства признака как наблюдаемость и измеримость, с одной стороны – основные для признака, а с другой – имеют локальный характер: от потери наблюдаемости и измеримости локально на ИЗОДТТ до полного присутствия или возможности.

Множество признаков как дескриптивных, так и параметрических, в зависимости от наблюдаемых и измеряемых локальных, проявляющихся свойств, сопутствующих этим признакам, представимо в виде подмножеств – локальных классификаторов.

Универсальный классификатор, содержащий множество признаков, позволяющих определять и идентифицировать ДТТ на его цифровом изображении, есть подмножество множества локальных классификаторов, параметрически заданное по локации на изображении и структурно настраиваемое.

Свойства, наблюдаемые на ИЗОДТТ, рассматриваются как семы или первичный алфавит, отношения между которыми образуют суждения относительно ИЗОДТТ и в дальнейшем на основе локальных классификаторов признаков осуществляются соответствующие выводы о наличии дефекта типа «трещина» на изображении, его параметров и локализации [8; 9].

Совокупности классификаторов локальных признаков являются основой для построения

технології отримання інформації про ознаки на ІЗОДТТ, лежачей, в свою чергу, в основі обробки ІЗОДТТ в цілях побудови зображення узагальненого дефекту типу «тріщина».

### Висновки

1. Проведено дослідження і побудовано класифікацію локальних розподілів ознак тріщини на ІЗОДТТ.

2. Визначено локальний класифікатор ІЗОДТТ.

3. Досліджено властивості локальності класифікаторів ІЗОДТТ, способи побудови локального класифікатора ІЗОДТТ, властивості сукупності локальних класифікаторів ІЗОДТТ.

4. Отримані результати можуть бути використані при побудові систем моніторингу, розпізнавання і ідентифікації дефектів для оцінки стану об'єктів будівництва методами неінвазивного контролю, а також для формування вимог до комплексу технічних засобів систем спостереження за процесом формування тріщин на різних об'єктах.

### Список літератури

1. Горда Е.В. Особенности визуализации дефектов строительных машин, оборудования и сооружений на основе изображений оптического диапазона // Теорія і практика будівництва. – К.: – 2011. – № 7. – С. 22-24.
2. Горда О.В., Пузько О.О. Вплив формуючого тракту на представлення дефекту типу «тріщина» на цифровому зображенні // Управління розвитком складних систем. – 2013, Вип. 13, – С.113-118.
3. Горда О.В., Пузько О.О. Модель області суміжності дефекту типу «тріщина» на цифровому зображенні. // Scientific Journal "ScienceRise". Vol. 4/2 (21), 2016. – С. 24-27.
4. Горда О. В. Визначення дефекту типу «тріщина» в оптичному діапазоні // Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини. – 2009. – № 74. – С. 89-93.
5. Коломиец С. П., Горда Е. В. Исследование контраста цифровых изображений дефекта типа "трещина" // Scientific discussion. – 2016. – №1. – С. 26-30.
6. Ту Дж., Гонсалес. Р. Принципы распознавания образов. – М.: Мир, 1978. – 412 с.
7. Прэтт У. Цифровая обработка изображений. – М.: Мир, 1982. – 790 с.
8. Михайленко В.М. Интеллектуальная информационная технология диагностики технического состояния зданий [Текст]: монография /В.М. Михайленко, А. А. Терентьев, М.И. Цюцюра. – К.: ЦБ «Компринт», 2015. – 162 с.
9. Загоруйко Ю.А. Технологии разработки интеллектуальных систем, основанные на интегрированной модели представления знаний // Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем: материалы III Междунар. научн.-техн. конф. (Минск, 21-23 февраля 2013 г.). – Минск : БГУИР, 2013. С. 31-42.
10. Петров Е.П. Метод выделения контуров объектов на спутниковых снимках минимальными вычислительными ресурсами / Е.П. Петров, Н.Л. Харина, К.Н. Чукаев // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2016. – Т. 13. № 5. – С. 304-311.

Статья поступила в редколлегию 06.07.2017

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. О.О. Терентьев, Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Киев.

**Горда Олена Володимирівна**

Кандидат технічних наук, доцент кафедри інформаційних технологій проектування та прикладної математики,  
orcid.org/0000-0001-7380-0533

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

### ЛОКАЛЬНИЙ КЛАСИФІКАТОР ОЗНАК НА ЦИФРОВОМУ ЗОБРАЖЕННІ ДЕФЕКТУ ТИПУ "ТРИЩИНА"

**Анотація.** Актуальність моделювання цифрових зображень дефектів типу «тріщина» (ДТТ) визначається необхідністю і можливістю реалізації різних підходів у дослідженні завдань діагностики технічного стану будівельних об'єктів і обладнання. Наведені результати дослідження елементів ДТТ з точки зору визначення ознак. Особливу увагу приділено спостережливості ознакоутворюючих властивостей елементів ДТТ на цифрових зображеннях, на основі яких можливо доступними засобами Web-камер їх ефективно моніторити і вимірювати в оптичному діапазоні. На основі введеного в роботу поняття локальності визначено локальний класифікатор зображення ДТТ (ІЗОДТТ), досліджено властивості локальності класифікаторів ІЗОДТТ, способи побудови локального класифікатора ІЗОДТТ, властивості сукупності локальних класифікаторів ІЗОДТТ. Сукупності класифікаторів локальних ознак є основою для побудови технології отримання інформації про ознаки на ІЗОДТТ, що лежить, в свою чергу, в основі обробки ІЗОДТТ з метою побудови зображення узагальненого дефекту типу «тріщина».

**Ключові слова:** класифікатор; ознака; об'єкт будівництва; тріщина; дефект; зображення; локальність; метрика

**Gorda Elena**

Assistant professor of information technology design and applied mathematics, [orcid.org/0000-0001-7380-0533](https://orcid.org/0000-0001-7380-0533)  
Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

**LOCAL CLASSIFIER OF SYMBOLS ON DIGITAL IMAGE OF DEFECTIVE TYPE "CRACK"**

**Abstract.** The urgency of modeling digital images of defects such as "crack" (DTT) is determined by the need and the ability to implement various approaches in the study of problems diagnosing the technical condition of construction sites and equipment. The paper presents the results of an investigation of the elements of defects of the "crack" type, from the point of view of the formation of features. Particular attention is paid to the observability of the feature-forming properties of DTT elements on digital images on the basis of which it is possible to effectively monitor and measure them in the optical range by means of Web cameras. On the basis of the concept of locality introduced in the work, the local classifier of the image of DTT (IZDTT) is determined, the properties of the locality of the IZDTT classifiers are determined, the methods for constructing the local IZDTT classifier, the properties of the set of local classifiers of IODTT. The sets of classifiers of local characteristics are the basis for constructing a technology for obtaining information on the characteristics of IODTT, which, in turn, lies at the basis of processing IODTT for the purpose of constructing an image of a generalized "crack" type defect.

**Keywords:** classifier; attribute; construction object; crack; defect; image; locality; metric

**References**

1. Evtushenko, M.G., Gurevich, L.V., Shafran, V.L. (1982). *Engineering training of the territory of populated areas*. [Text]. m.: Stroyizdat, 267.
2. Vuyev, N.G. etc. (1958). *Vertical Planning Method. Vip.1. General information on the application of the least squares method to the solution of vertical planning tasks*. [Text]. Kyiv: ASIA of the Ukrainian SSR.
3. Haina, H.A., Yerukaiev, A.V. & Honcharenko, T.A. (2016). *The choice of site for an apartment building from a position of systemological approach. Management of Development of Complex Systems*, 27, 106–111. [in Ukrainian].
4. Guyna, G.A. (2016). *Unclear strategic approach to choosing the most influential factors in housing construction* [Text] / G.A.Hayna, T.A. Goncharenko, AV Erukayev // *Management of the development of complex systems*, 25, 96–102.
5. Goncharenko, T.A. (2017). *Application of technology of artificial neural networks for modeling the relief of the construction site* [Text] / T. A. Honcharenko // *Management of the development of complex systems*, 29, 155–159.
6. *Engineering training of built-up areas* [Text]. (1974). / Ed. V.Yu. Moiseyev. Kyiv: Builder, 276.
7. Moiseev, V.Yu., Pinchuk, V.Ya. (1977). *Designing the relief of the developing land*. Kyiv: Builder, 148.
8. Ievleva, O.T., Mamchiits, N.A. (1996). *Modeling of the composition of the city building. The 6th Conference and Exhibition on Computer Graphics and Visualization. Graphicon'96, Jily 1-5.1996, Saint-Petersburg, Russia. Research Papers works-shops.3*.
9. Keppel, E. (1975). *Approximation Complex Surfaces and Triangulation of Contours Lines II. Jornal of research and development*, v. 15, 1.
10. Ositnyanko, A.P. (1987). *Automation of choice of design solutions for construction and urban planning of sloping territories*. [Text]: author's abstract. dis Cand. tech Sciences: 05.13.12 / Ositnyanko Andrey Petrovich; KISI .Kyiv, 192.
11. Korneev, N.A. (1983). *Graph-analytical method for designing vertical planning*. M.: Stroyizdat, 132.
12. Galyasovsky, Y.V. (1960). *Calculation of volumes of earthworks by the method of the induced plane. Proceedings of the DSI. Dnipropetrovsk*, 141–146.

**Ссылка на публикацию**

- APA Gorda, Elena. (2017). *Local classifier of symbols on digital image of defective type "Crack". Management of Development of Complex Systems*, 32, 71 – 75.
- ДСТУ Горда Е.В. Локальний класифікатор ознак на цифровому зображенні дефекта типу "тріщина" [Текст] / Е.В. Горда // *Управління розвитком складних систем*. – 2017. – № 32. – С. 71 – 75.