

Література

1. Бигерт, Дж. Что должен знать заказчик полиграфической продукции [Текст] / Дж. Бигерт. – М.: Изд-во МГУП, 2005. – 128 с.
2. Брикайло, Є. Стан стандартизації в поліграфії [Текст] / Є. Брикайло, Й. Васків, Л. Лопушинська // Палітра друку. – 2005. – № 3. – С. 34–41.
3. Самарин, Ю. Контроль качества допечатной подготовки изданий [Электронный ресурс] / Ю. Самарин // Компьютер. Арт. – 2012. – № 2. – Режим доступа: <http://www.compuart.ru/article.aspx?id=22838&iid=10>
4. Лосев, С. В. Принципы построения клиентоориентированной организации [Текст] / С. В. Лосев // Менеджмент в России и за рубежом. – 2008. – № 6. – С. 125–135.
5. Туркин, Е. Рациональный контроль качества триадной офсетной печати [Текст] / Е. Туркин // Компьютер. Арт. – 2007. – № 2. – С. 121–125.
6. Buczynski, L. Analyze of Image Quality Parameters on Thermal Paper as Proposal to Extension Standard ISO/IEC 13660 [Text]: International Conference on Digital Printing Technologies / L. Buczynski // IS&T's NIP 20. – Salt Lake City, 2004. – P. 997–1000.
7. Buczynski, L. Special print quality problems of ink jet printers [Text]: International conference on digital printing technologies / L. Buczynski // IS&T's NIP 13. – Seattle, 1997. – P. 638–644.
8. Chiu, L. Print Quality Improvement Through Dot Synthesis and Optimization [Text]: International Conference on Digital Printing Technologies / L. Chiu // IS&T's NIP 20. – Salt Lake City, 2004. – P. 368.
9. Edinger, J. Scaling Subjective Impressions of Quality [Text]: International conference on digital printing technologies / J. Edinger // IS&T's NIP 16. – Vancouver, 2000. – P. 377–382.
10. Engeldrum, P. Theory of Image Quality: The Image Quality Circle [Text] / P. Engeldrum // Journal of Imaging Science and Technology. – 2004. – № 5. – P. 447–457.

*Рекомендовано до публікації д-р техн. наук, професор Білоусов В. В.
Дата надходження рукопису 19.07.2017*

Алексєенко Надія Юрїївна, викладач, кафедра комп'ютерних систем і технологій, Харківський національний економічний університет імені Семена Кузнеця, пр. Науки, 9-а, м. Харків, Україна, 61166

УДК 620.179.680

DOI: 10.15587/2313-8416.2017.111182

АНАЛИЗ СОВОКУПНОСТИ КЛАСТЕРОВ НА ИЗОБРАЖЕНИИ ДЕФЕКТА ТИПА "ТРЕЩИНА" НА ОСНОВЕ КОНТРАСТНОСТИ

© **О. В. Горда, С. П. Коломиец**

В целях построения систем технической диагностики строительных объектов и конструкций на основе цифровых изображений проведён анализ сеток растрескивания смежных с признакообразующими элементами дефекта типа «трещина». Для построения сеток растрескивания используется яркостный канал цифрового изображения в цифровом пространстве GrayScale, методика построения структур цветового атласа на изображении дефекта типа "трещина". Полученные результаты исследования могут быть использованы для построения алгоритмов локализации изображения собственно на изображении дефекта типа "трещина"

Ключевые слова: трещина, строительство, контроль, состояние, структура, атлас, локализация, дефект, цвет, контраст, классификатор

1. Введение

Визуально-оптический метод неразрушающего контроля позволяет на основе цифровых изображений производить обследования непосредственно на объекте без изменения характеристик самого объекта и является мало затратным в применении. Исследование содержания изображения дефекта типа "трещина" (ИЗОДТТ) с точки зрения наблюдаемых кластеров позволит строить таблицы эталонных значений классифицирующих признаков ИЗОДТТ или адаптивные процедуры идентификации или распознавания трещин.

2. Анализ литературных данных

Основой исследований и разработки методов мониторинга и оценки технического состояния объ-

ектов строительства являются работы, как зарубежных так и отечественных ученых, посвященные теории моделирования [1], механике деформируемого твердого тела и разрушения материалов [2, 3], а также методам распознавания образов [4–7], опираясь на результаты которых возможно провести анализ совокупности кластеров на ИЗОДТТ на основе контрастности.

Подобные исследования проводятся впервые для объектов строительства. В предыдущих работах исследовались трещины, в данной работе исследуются изображения дефекта типа трещины.

3. Цель и задачи исследования.

Цель исследования – на основе цифровых изображений определить, описать и провести анализ

сеток растрескивания в областях смежных с признакообразующими элементами дефекта типа «трещина» объектов строительства.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

1. Определить элементы дефекта типа трещина".
2. Выделить смежные объекты растрескивания для каждого элемента.
3. Систематизировать и представить совокупности кластеров на изображении дефекта типа "трещина" на основе контрастности.

В исследованиях использовался анализ распределения дислокаций растрескивания вдоль элементов ИЗО ДТТ на основе обобщенного представления ДТТ [7].

4. Анализ признакообразующих элементов ДТТ

Для ИЗОДТТ в цветовом пространстве GrayScale структура цветового атласа [9, 10] задаётся в канале яркости за счёт введения порога различия яркости, точки белого и точки чёрного данного цифрового изображения. Структура будет представлять собой линии перепадов яркости и соответствовать изображениям, представляющим различные объекты. В частности, кластера собственно ИЗОДТТ, кластера сопутствующих объектов, таких как различные мелкие случайные объекты, загрязнения и коррозионные массы на поверхности объекта мониторинга, и собственно кластер, представляющий фон на изображении. Собственно ИЗОДТТ представлено изображениями признакообразующих элементов ДТТ к которым относятся: корень ДТТ, звенья ДТТ, точка ветвления ДТТ, точки роста ДТТ.

В окрестности каждого признакообразующего элемента ДТТ могут находиться сопутствующие дефекты поверхности объекта мониторинга, которые можно разделить на случайные и характерные (специфические), которые образуются в процессе трещинообразования (рис. 1).

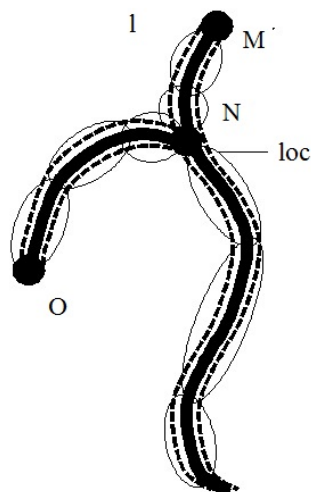


Рис. 1 Дефекты поверхности объекта мониторинга: *l* – трещина; (.) – *M* – корень трещины; (.) – *N* – точка ветвления трещины; (.) – *O* – точка роста трещины; *loc* – локализация сопутствующих дефектов

Поскольку на ИЗОДТТ может отсутствовать часть признакообразующих элементов, исключая изображение звена трещины, то совокупность изображений сеток для имеющихся признакообразующих элементов образует характерную сетку для данного ИЗОДТТ в целом. Особенно отметим переход к исследованию изображений сеток сопровождающих ИЗОДТТ, который позволяет в процессе исследования в общем не разделять раскрытые и волосяные трещины, так как результаты получены на основе структур сеток прилегающих к ИЗОДТТ за исключением одного: линии берегов раскрытой трещины подобны и могут быть совмещены вращением вокруг соответствующей точки роста (рис. 2) (у трещины берега изоморфны).

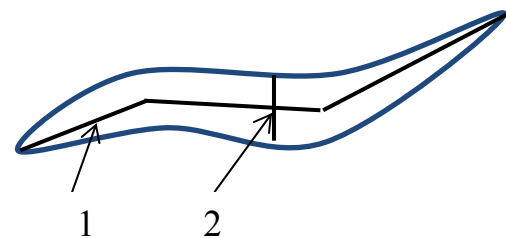


Рис. 2. Схема раскрытия трещины: 1 – аппроксимирующая линия; 2 – ширина раскрытия трещины

Далее проведём исследование 17 типов трещин, реально наблюдаемых на объектах строительства, при этом каждый тип трещины будем представлять схематично (рис. 3).

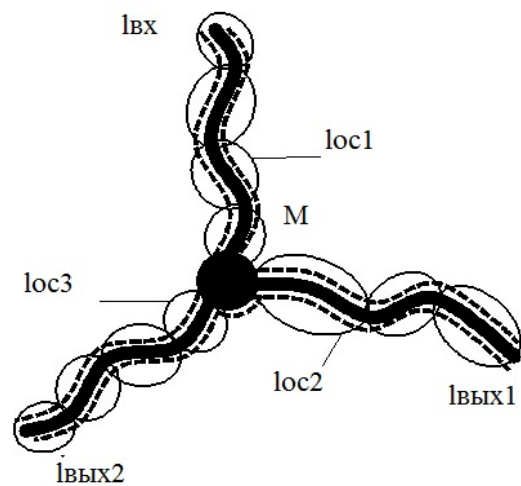


Рис. 3 Точка ветвления трещины: (.) – *M* – точка ветвления трещины; *l_{vx}* – входящее звено трещины; *l_{vyx1}* и *l_{vyx2}* – выходящие звенья трещины; // – сопутствующие дефекты трещины; *loc₁*, *loc₂*, *loc₃* – локализации сопутствующих дефектов к трещине эллиптическими областями, ориентированными большими осями в сторону роста трещины (*loc₂* и *loc₃*), и в сторону корня (*loc₁*)

Для точки ветвления характерно убывание прироста площади дефекта вдоль выхода их звеньев (*l_{vyx1}* и *l_{vyx2}*) и возрастания вдоль входящего звена трещины (*l_{vx}*). Сопутствующие дефекты расположены

и ориентированы вдоль трещины в непосредственной близости.

Точка корня (большого кругового) корня трещины.

В случае если корень трещины представляется на изображении как точка или совокупностью раскрытых трещин из одной точки, то для его представления, в отличии от точки ветвления, характерно убывание прироста площади дефекта вдоль всех выходящих звеньев. Локализация сопутствующих дефектов к трещине аналогична рассмотренной к точке ветвления. Существенное отличие имеет **большой круговой корень** (рис. 4).

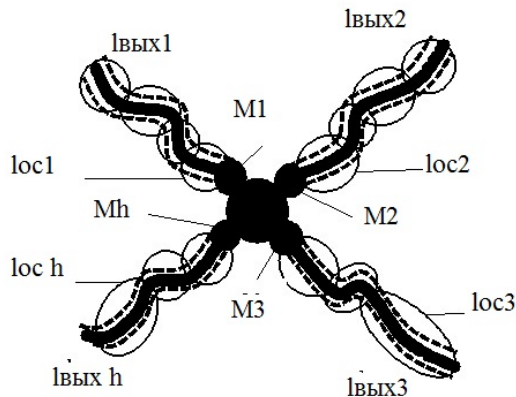


Рис. 4 Большой круговой корень: $l_{выхi}$ – выходящие ветви трещины из области M ; // – сопутствующие дефекты трещины; M – область удара, приведшая к образованию трещины; M_i – точка – корень i -й трещины

5. Результаты исследований

Рассматриваемый случай является синтетическим и в зависимости от меры близости точек-корней i и $i+1$ трещины представляется как упорядоченная по обходу границы области M последовательность или магистральных трещин, или магистральных трещин вместе с точками ветвления трещин на границе области M (рис. 5).

Магистральная трещина (рис. 5)

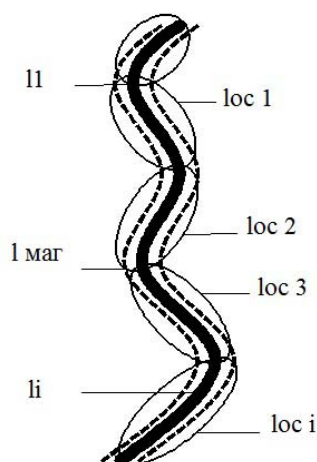


Рис. 5 Магистральная трещина: $l_{маг}$ – магистральная трещина; $l_1...l_i$ – звенья магистральной трещины; loc_i – локализация (эллиптическая) i -го звена; // – сопутствующие дефекты трещины

Сопутствующие дефекты локализованы вдоль магистральной трещины в непосредственной близости от неё, определяемой материалом объекта мониторинга и механизмом трещинообразования (рис. 6).

Точка роста трещины (рис. 6).

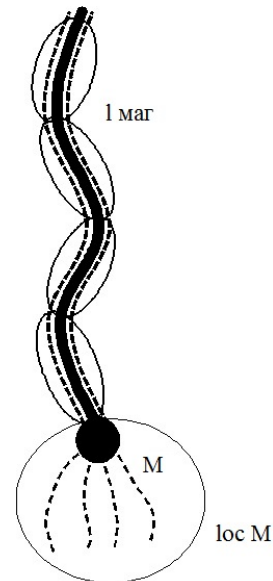


Рис. 6. Точка роста трещины: (.) – M – точка роста трещины; $locM$ – область локализации сопутствующих дефектов; $l_{маг}$ – магистральная трещина

Других областей локализации ИЗОДГТ не содержит. В общем случае область $locM$ содержит очку роста магистральной трещины, при этом возможно два варианта:

- площадь области $locM \neq 0$, этот случай соответствует пластичному разрушению поверхности объекта мониторинга;
- площадь области $locM = 0$, этот случай соответствует хрупкому разрушению поверхности объекта мониторинга (рис. 7).

Слияние дефектов типа трещина (рис. 7).

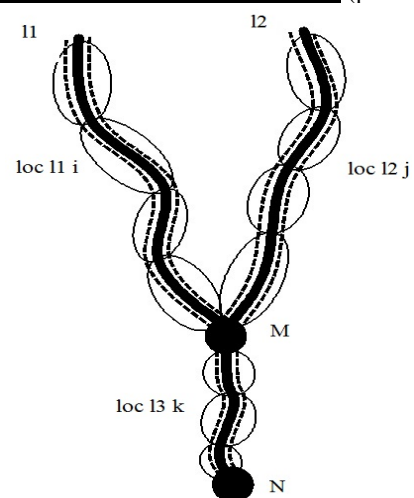


Рис. 7 Слияние дефектов типа трещина: (.)N – точка слияния двух магистральных трещин l_1 и l_2 ; (.)N – точка роста магистральной трещины после слияния; $loc l_i, loc l_j, loc l_k$ – области локализации звеньев трещин до и после слияния – поглощения одной точки роста трещины другой трещиной

Остров в русле трещины (рис. 8).

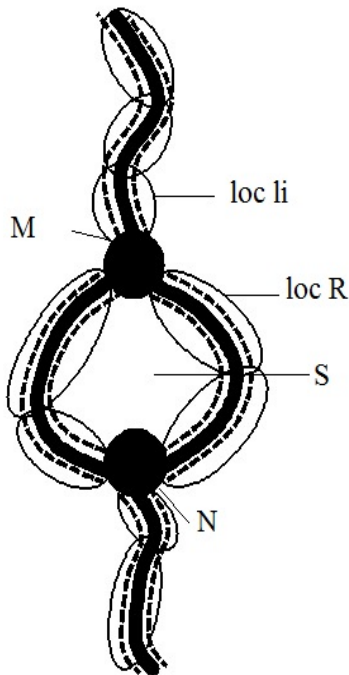


Рис. 8 Остров в русле трещины: (.)M – точка расхождения звеньев трещины (точка ветвления); (.)N – точка схождения звеньев трещины (точка слияния звеньев); loc R – локализация точки расхождения звеньев трещины; loc R – локализация области точки ветвления; S – остров в русле трещины

Если остров один, то на нём отсутствует растрескивание.

Остров в точке слияния трещины (рис. 9).

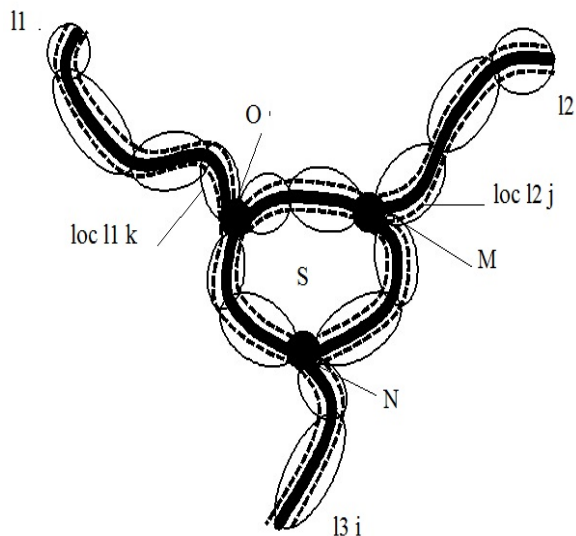


Рис. 9 Остров в точке слияния трещины: (.)M – точка ветвления трещины l_2 ; (.)O – точка слияния трещины l_1 звеном ветвления трещины l_2 ; (.)N – точка слияния трещины l_1 со звеном трещины l_2 ; S – остров образованный звеньями трещины l_2 и трещиной l_1

Русло трещины (овраг) через раковину (рис. 10).

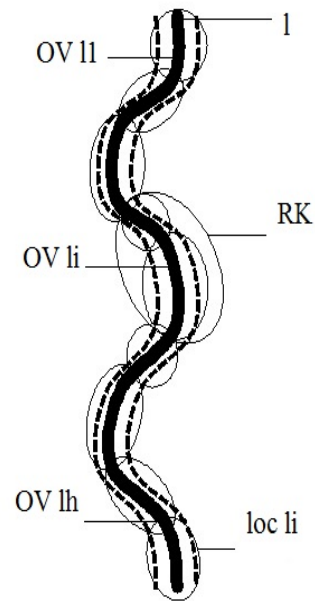


Рис. 10. Русло трещины (овраг) через раковину: l – трещина; OVL_i – овраг i -й трещины l ; $loc l_i$ – локализация i -го звена трещины l ; RK – область раковины на поверхности объекта мониторинга через которую проходит трещина. В данном случае звенья оврага трещины l представляют трещину R_o области оврага осуществляется рокализация звеньев трещины с учетом замены цвета фона на цвет раковины

Если же раковина имеет не один цвет, то осуществляется внешняя локализация раковины за счёт цвета фона с последним выделением на полученной локализации звеньев трещины по её оврагу.

Растрескивание связанное (рис. 11).

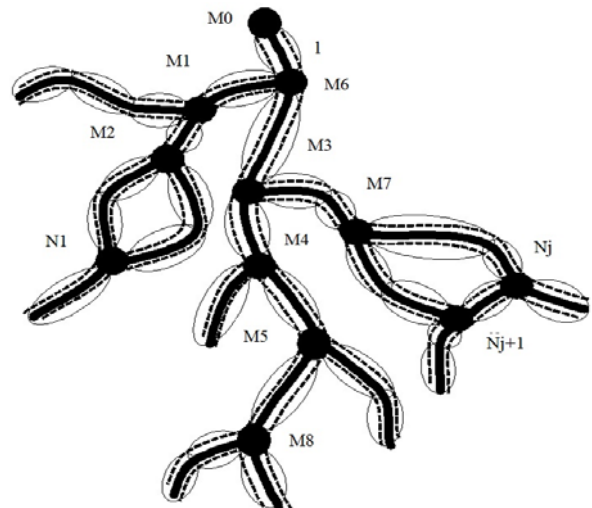


Рис. 11 Растрескивание связанное: l – магистральная трещина на ИЗОДТТ; M_i – точки ветвления звеньев магистральной трещины; N_j – точки слияния звеньев магистральной трещины; // – сопутствующие дефекты трещины

Растрескивание образовано магистральной трещиной.

Растрескивание не связанное (рис. 12).

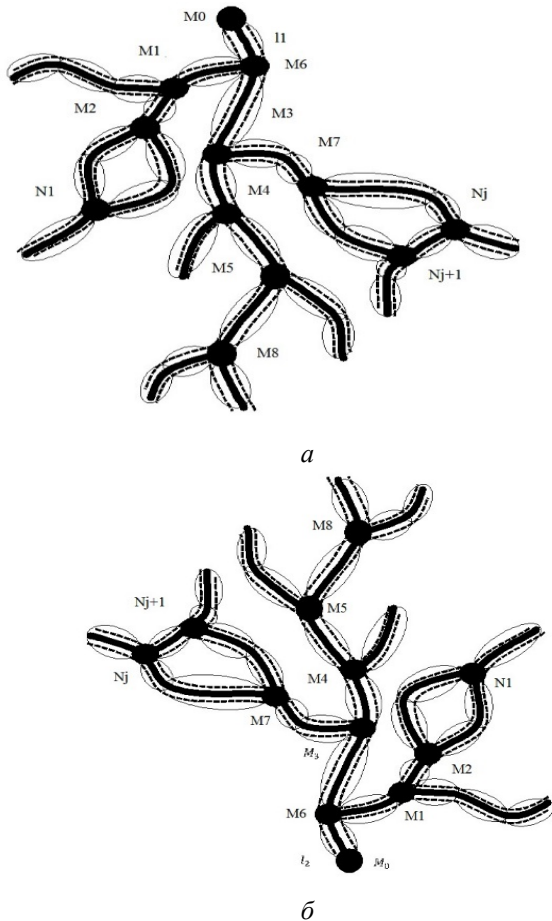


Рис. 12. Растрескивание не связанное: l_i и l_j – магистральные трещины; M_i – точки ветвления звеньев магистральной трещины; N_j – точки слияния звеньев магистральной трещины

Растрескивание образовано несколькими непересекающимися разветвлениями магистральных трещин.

Растрескивание (много корней трещины) (рис. 13).

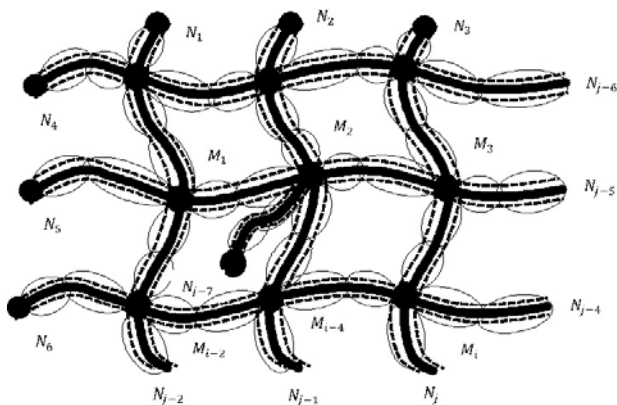


Рис. 13. Растрескивание (много корней трещины): $\{M_i\}$ – точки корней, ветвлений, слияний трещины; $\{N_j\}$ – точки роста трещин

Данный тип растрескивания соответствует растрескиванию покрывающих поверхностей (краска, штукатурка, грунтовка).

Серповидные растрескивания (рис. 14).

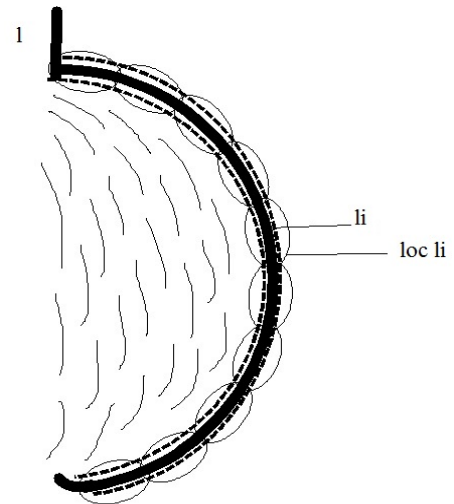


Рис. 14. Серповидное растрескивание: l – трещина; l_i – i -е звено трещины; $loc\ l_i$ – локализация i -го звена трещины; $l_i//$ – сопутствующие дефекты трещины

Пограничным случаем между трещиной и растрескиванием является случай серповидной трещины. По механизму образования серповидные трещины являются либо трещинами проседания, когда растрескавшаяся область проседает по границам, либо – трещина внутри области охватываемой множеством сопутствующих объектов.

Растрескивание на радиально-слоистой структуре (рис. 15).

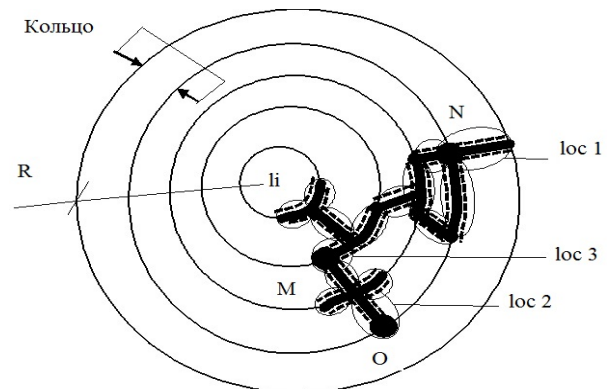


Рис. 15 Растрескивание на радиально-слоистой структуре: l – трещина; $(.)N$ – точка слияния звеньев трещины l ; $(.)M$ – точка ветвления трещины l ; $(.)O$ – точка роста; R – радиус структуры; $loc(1-3)$ – локализации сопутствующих дефектов

К такого рода структурам относятся деревянные бревенчатые слоистые структуры на основе труб, штырей.

Характерным является распространение трещины по дугам соответствующих колец структуры с периодом от кольца к кольцу по радиусу структуры. При этом трещинообразование может сопровождаться выпадением фрагментов текстуры, изменением кольцевой структуры объекта мониторинга.

Хрупкое (радиальное) растрескивание (рис. 16).

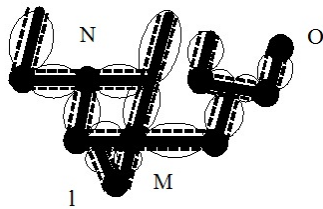


Рис. 16. Хрупкое (радиальное) растрескивание: l – трещина; $(\cdot)O$ – точка роста трещины l ; $(\cdot)M$ – точка ветвления трещины l ; $(\cdot)N$ – точка слияния звеньев трещины l

К такого рода структурам относятся структуры на стекле и подобных ему материалах.

Характерной особенностью образования трещин на хрупких структурных материалах является незначительное качество сопутствующих дефектов, что объясняется механизмом хрупкого разрушения материалов.

Трещина распространяется параллельно звеньям сеточной структуры образованной кирпичной кладкой.

Растрескивание кирпичной кладки (рис. 17).

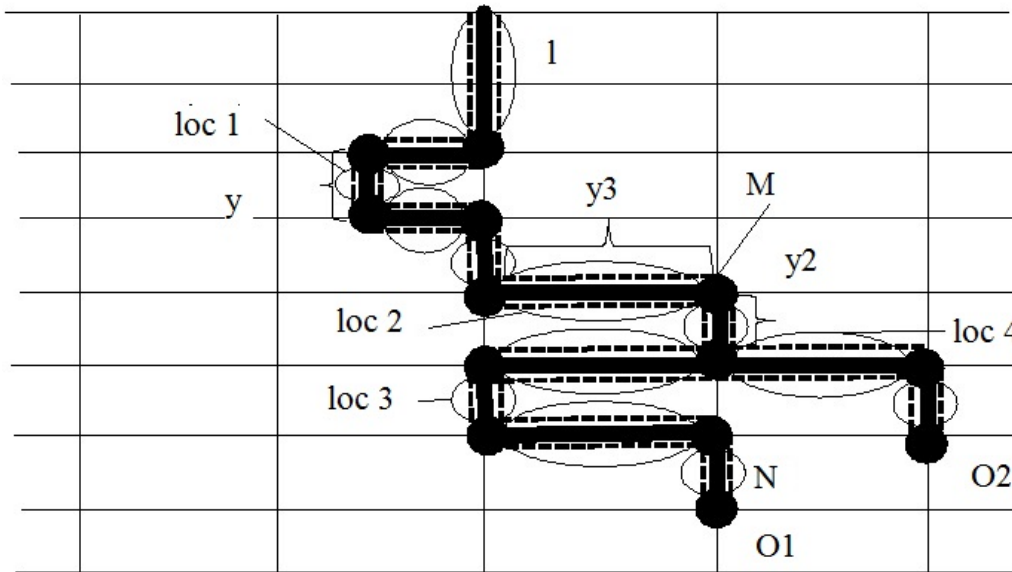


Рис. 17 Растрескивание кирпичной кладки: l – трещина; y_1 – y_2 – трещины собственно кирпичей; $(\cdot)M$ – точка ветвления звеньев трещины l ; $(\cdot)N$ – точка слияния звеньев трещины l ; $(\cdot)O_1$ – O_2 – точки роста трещины l ; $loc(1-5)$ – области локализации сопутствующих дефектов к трещине l

6. Выводы

1. Совокупность изображений сеток для имеющих признакообразующих элементов образует характерную сетку для данного ИЗОДТТ в целом.

2. Исследование изображений сеток сопровождающих ИЗОДТТ позволяет в процессе исследования в общем не разделять раскрытые и волосяные трещины

3. На основе сеток, построенных на ИЗОДТТ в пространстве GrayScale с использованием контрастов, для основных видов трещин объектов строительства определены структуры сеток признакообразующих элементов ИЗОДТТ.

4. Полученные результаты являются основой построения процедуры локализации ИЗОДТТ по данному цифровому изображению.

Литература

1. Shannon, C. E. A mathematical theory of communication [Text] / C. E. Shannon // Bell System Technical Journal. – 1948. – Vol. 27. – P. 379–423.
2. Волков, С. Д. Проблема прочности и механика разрушения [Текст] / С. Д. Волков // Пробл. прочности. – 1978. – № 7. – С. 3–10.
3. Морозов, Н. Ф. Математические вопросы теории трещин [Текст] / Н. Ф. Морозов. – М.: Наука, 1984. – 256 с.
4. Ту, Дж. Принципы распознавания образов [Текст] / Дж. Ту, Р. Гонсалес. – М.: Мир, 1978. – 412 с.
5. Гонсалес, Р. Цифровая обработка изображений [Текст] / Р. Гонсалес, Р. Вудс. – М: Техносфера, 2005. – 1007 с.
6. Талёб, М. А. Алгоритм сегментации цветных изображений средствами кластерного анализа [Текст] / М. А. Талёб, В. В. Старовойтов // Цифровая обработка изображений. – 2000. – Вып. 4. – С. 107–116.
7. Горда, О. В. Дослідження суміжних дефектів на цифровому зображенні дефекту типу «тріщина» [Текст] / О. В. Горда, О. О. Пузько // Нові технології в будівництві. – 2016. – № 30. – С. 53–57.
8. Горда, Е. В. Структура цветового атласа цифрового изображения дефекта типа "трещина" [Текст] / Е. В. Горда, В. М. Михайленко // Scientific discussion. – 2017. – № 3 (3). – С. 58–61.

9. Горда, О. В. Исследование контраста цифровых изображений дефекта типа «трещина» [Текст] / О. В. Горда, С. П. Коломиец // Scientific discussion. – 2016. – № 1 (1). – С. 26–30.
10. Коломиець, С. П. Аналіз існуючих методів локалізації на цифровому зображенні [Текст] / С. П. Коломиець // Управління розвитком складних систем. – 2016. – Вип.17.23 (1).– С. 127–132.

*Рекомендовано до публікації д-р техн. наук, професор Міхайленко В. М.
Дата надходження рукопису 27.07.2017*

Горда Елена Владимировна, кандидат технических наук, доцент, кафедра информационных технологий проектирования и прикладной математики, Киевский национальный университет строительства и архитектуры, пр. Воздухофлотский 31, г. Киев, Украина, 03037
E-mail: anaelg@ukr.net

Коломиец Светлана Петровна, аспирант, кафедра информационных технологий проектирования и прикладной математики, Киевский национальный университет строительства и архитектуры, пр. Воздухофлотский, 31, г. Киев, Украина, 03037
E-mail: solomiya_2007@ukr.net