



УДК 620.179.680

О.В. Горда, асистент КНУБА

## ФІЛЬТРАЦІЯ ЗОБРАЖЕНЬ ДЕФЕКТУ ТИПУ „ТРИЩИНА” В ОПТИЧНОМУ ДІАПАЗОНІ WEB-КАМЕР

Дефекти структури є причиною браку та деградації параметрів і характеристик будівельних машин, обладнання та споруд. Тому однією з найважливіших задач є їх найшвидше та повніше виявлення. Цього можна досягти шляхом застосування різноманітних методів діагностування, підвищенням чутливості, інформативності та підвищенням точності старих, а також розробкою нових методів реєстрації та надійної ідентифікації дефектів із залученням можливостей, які надають сучасні комп'ютерні технології

Актуальність запропонованої задачі визначається тим, що при наявності ефективних математичних фільтрів для розпізнання зображень дефектів структури середовища у якому ці дефекти з'являються, можна проводити їхній моніторинг для широкого класу зображень з врахування особливостей матеріалу самого об'єкта (від скла до бетону будівничих об'єктах до тріщин у металі на робочих конструкціях будівельних машин або обладнанні) та різних середовищах (на будівельних майданчиках чи під водою для відстеження стану опот мостів). За рахунок ефективності фільтрів та певної послідовності їх застосування відпадає необхідність працювати з високоякісними зображеннями і можна обмежитись досить дешевим засобом, як web-камера.

З усієї множини механізмів виникнення дефекту типу „тріщина” у спорудах, та будівельному обладнанні в умовах будівництва та експлуатації виділимо наступні:

- в'язке руйнування;
- стомленість матеріалу;
- виникнення дефекту під впливом оточуючого середовища;
- виникнення тріщин у результаті експлуатації.

В процесі виникнення поверхових тріщин (модель Вуда, модель Неймана, модель Сиджва і т.д.) спочатку на контактній поверхні виникає сітка мікротріщин, які потім зливаються в єдину тріщину, яка виходить на поверхню під певним кутом. У випадках, коли на тріщину діє напруження на розтягування на нескінченність, траєкторія руху тріщини направлена у глиб середовища. У випадку навантаження тріщини вагою на нескінченність, подальший розвиток траєкторії тріщини протікає за геометричною лінією її продовження. При дії на тріщину розклинюючого ефекту траєкторія тріщини додатково локалізується на поверхні, а сама тріщина призводить до додаткового оуйнування поверхневого шару.

Технічні характеристики та експлуатаційні можливості застосування web-камер дозволяють виконувати моніторинг дефекту типу „тріщина” та супутніх йому дефектів, таких як:

- іржа;
- згинання та кручення (як дефект);
- злом: в'язкий, з нахилом;
- тріщина;
- розтріскування;
- усадочні тріщини;
- тріщини закалювання матеріалу;
- усадочна раковина;
- ерозія та крапельна або місцева ерозія;
- корозія під напругою;

- розтріскування від корозії під напругою;
- рівномірна корозія;
- підпльоночна корозія;
- поверхнева корозія.

Дефект типу „тріщина” та перераховані супутні дефекти є найбільш розповсюдженими для класу об’єктів на яких вони розглядаються, а саме для споруд та будівельного обладнання [1, 5]. Оптичний діапазон web-камер не дозволяє організувати моніторинг раннього утворення тріщини до моменту її виходу на поверхню середовища. До таких дефектів відносяться:

- відшарування;
- скриті тріщини;
- розшарування;
- внутрішні тріщини;
- теплові внутрішні тріщини.

В основу класифікації необхідно покласти множину класифікуючих ознак, які є характерними для даного типу дефекту і відрізняють його від інших зображень, наприклад забруднення, фактура матеріалу і таке інше. При визначенні ознаки будемо керуватись тим, що вона повинна бути вагомою для даного типу дефекту, її можна розрізнити на зображенні та виміряти (кількісно оцінити).

Для тріщини характерним є те, що її краї не є гладкими, як , наприклад у лінії проведеної маркером або у водорості, а на краях спостерігається сітка з малих супутніх тріщин. Отже, тріщина як дефект може бути представлена як сукупність безпосередньо самої тріщини та дифузії країв (рис 1.). Наявність дифузії на краях дефекту легко відслідковується на зображенні за діаграмою світимості або колбору і може бути кількісно оцінена, а отже і застосовуватись у якості основного критерію визначення дефекту.



Рис. 1 Представлення тріщини на цегляній поверхні

Наступним класифікуючим критерієм є те, що вздовж середньої лінії тріщини функція розходження її країв, чисельно дорівнює відстані між її краями у природніх координатах відносно пройденого шляху вздовж лінії тріщини і має вигляд зображений на рис. 2.

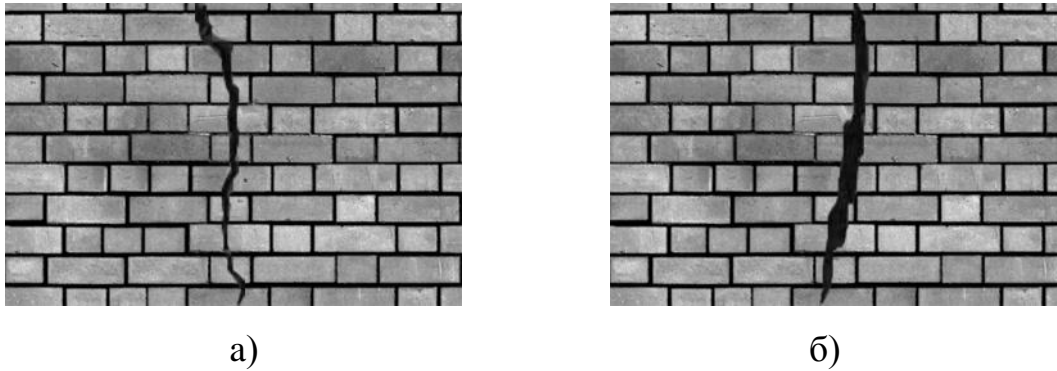


Рис. 2 Представлення розходження країв тріщини

Визначена таким чином функція розходження є неперервною, має один максимум, скінченна на всьому протязі дефекту і на кінцях приймає нульові значення. Під середньою лінією тріщини розуміють лінію, точки якої рівновіддалені від країв.

Виходячи із зазначеного, в якості ефективного класифікуючого критерію дефекту в оптичному діапазоні можна взяти рівність кутів між дотичними до країв на кінцях тріщини (рис. 3).

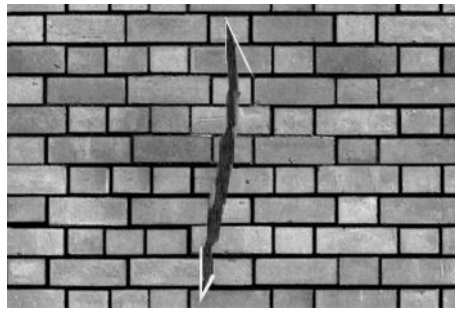


Рис. 3 Представлення кутів розходження на кінцях тріщини

З певною точністю, що визначається дискретністю зображень за допомогою web-камери, можна вважати, що  $\angle\alpha_1 = \angle\alpha_2$ , так як конфігурація тупикової частини тріщини не залежить від навантажень, які діють на об'єкт (гіпотеза автономності кінцевої частини тріщини) і в процесі просування тупикова частина тріщини зберігає свою форму, що відповідає механізму плавного утворення тріщин. Причому,  $\angle\alpha_1$  і  $\angle\alpha_2$  менше прямого кута, що визначається характером сил, які призводять до появи дефекта, а саме – це або сила зжимання або розтягування вздовж поверхні середовища в якому з'являється тріщина, і визначається характеристиками матеріалу та умовами оточуючого.

В основу наступної класифікуючої ознаки можна покласти той факт, що на кінчиках тріщини мають місце фрактальні кластери, наприклад, перколяційні кластери. В процесі розростання тріщини перед її кінчиком завжди виникає пластична зона, яка називається зоною в'язкого руйнування, до виникнення якої призводить процес зародження, злиття та розповсюдження внутрішніх пор матеріалу, в основі якого лежать ячеїсті або зернисті мікроструктури матеріалу. Початкові стадії виникнення такої зони добре піддаються візуальному розпізнанню. Зона в'язкого руйнування на кінці тріщини, що розповсюджується має фрактальну розгалужену структуру типу дерева. Опис об'єктів подібного типу базується на критерії приналежності об'єкта до фракталів, а саме наявності властивості самоподібності.

В основу наступної класифікуючої ознаки можна покласти той факт, що якщо за основу взяти три точки – кінці тріщини та точки максимального розходження і за цими

точками побудувати два кола, то їх взаємне розташування може бути представлене двома способами (рис. 4а, 4б) і можна визначити взаємне розташування центру цих кіл.

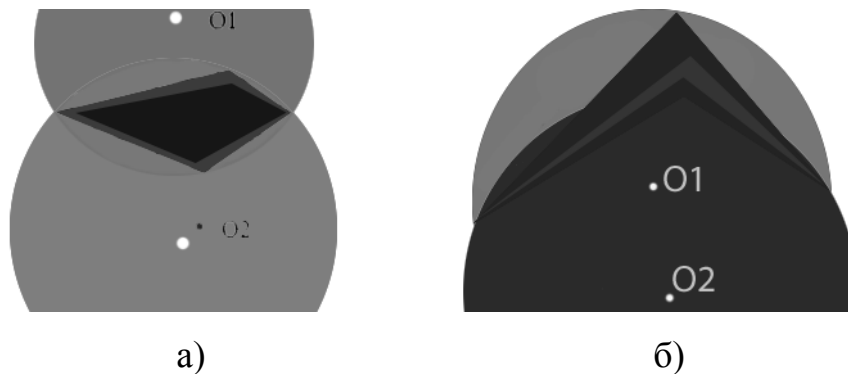


Рис. 4 Локалізація тріщини в області перетину двох кіл

Для тріщини видовженої вздовж прямої лінії центри кіл  $O_1$  і  $O_2$  будуть лежати по різні сторони лінії середини тріщини, тоді як для загнутої тріщини – по одну сторону. Для першого випадку середню лінію можна апроксимувати бісектрисою кутів, утворених дотичними до країв на кінцях дефекта, а для другого випадку – ламаною, утвореною перетином двох бісектрис відповідних кутів.

Отже характерною ознакою дефекта типу „тріщина” в оптичному діапазоні можна вважати її еліптичну локалізацію на знімку, іншими словами, можна побудувати еліпс в середині якого буде локалізований сам дефект, причому відношення площі дефекта до площі елєпса буде мінімально відрізнятись від 1.

Якщо розглядати знімок дефекта типу „тріщина” відносно якісної ознаки світимість, то можна виділити наступну ознаку (рис. 5), яка характеризує структуру поля світимості в околі тріщини: поле світимості в області еліптичної локалізації тріщини можна представити як об'єднання областей, які майже перетинаються, утворених краями тріщини, що продовжені відносно кіл скруглення. Причому світимість попарно в горизонтально- і вертикально віддалених областях буде однаковою.

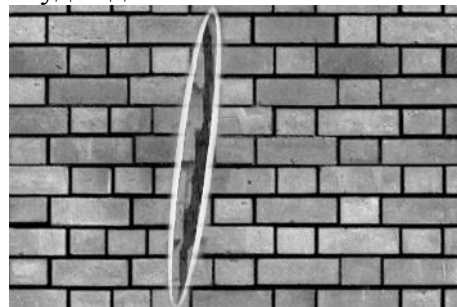


Рис. 5 Еліптична локалізація тріщини

Якщо знімок дефекта розглянути як поле градієнтів, попередньо перетворивши його у знімок „світимість” (координати), то можна виділити наступну ефективну класифікуючу ознаку, а саме: незалежно від вибору точки на знімку поза еліптичною локалізацією тріщини функція розподілу градієнта світимості вздовж прямої, що проходить через вибрану точку і перетинає область локалізації дефекта, буде мати інваріантну форму двоступінчатої кривої (рис. 6).



Рис. 6 Представлення розподілу градієнта вздовж дефекта

Якщо знімок дефекта розглянути як поле градієнтів, попередньо перетворивши його у знімок „світимість” (координати), то можна виділити наступну ефективну класифікуючу ознаку, а саме: незалежно від вибору точки на знімку поза еліптичною локалізацією тріщини функція розподілу градієнта світимості вздовж прямої, що проходить через вибрану точку і перетинає область локалізації дефекта, буде мати інваріантну форму двоступінчатої кривої (рис. 7).

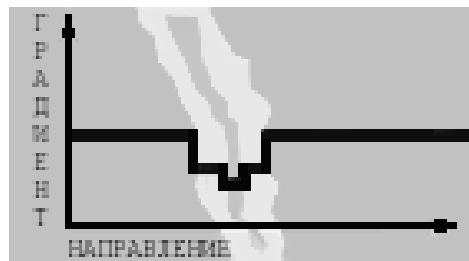


Рис. 7 Представлення функції розподілу градієнта світимості

Симетрія графіка функції розподілу визначається переходами середовище-тріщина-середовище, а двоступінчатість – наявністю структурної корозії країв і безпосередньо тріщини.

Основним положенням наступної класифікуючої ознаки може бути той факт, що зміна розподілу інтенсивності випромінювання, відбитого від поверхні світла фіксованого спектру залежить від форми тріщини (кута розходження країв тріщини та розташування площини симетрії). При зменшенні кута розкриття максимальне значення інтенсивності випромінювання на поверхні зміщується в сторону web-камери. Отже, величина максимуму інтенсивності та його зміщення залежить від кута розходження та глибини тріщини, а також відстані між поверхнею і web-камерою.

У заключенні необхідно відзначити, що виділені класифікуючі ознаки допускають просту реалізуєму алгоритмізацію відносно зображень дефектів в оптичному діапазоні з точністю, яка відповідає web-камерам.

### Література

1. Сопротивление материалов деформированию и разрушению. Справочное пособие. Ч. 1,2. - К.: Наук. думка, 1994.
2. Панасюк В.В., Саврук М.П., Дацишин А.П. Распределение напряжений около трещин в пластинах и оболочках. - К.: Наук. думка, 1976.
3. Финкель В.М. Портрет трещины. М Металлургия 1988г. 191с
4. Работнов Ю.Н. Введение в механику разрушения. М., Наука, 1987
5. Партон В.З. Механика разрушения: от теории к практике. М., Наука, 1990
6. Морозов Н. Ф. Математические вопросы теории трещин.— М : Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1984.- 256 с.
7. Карпенко Н. И. Теория деформирования железобетона с трещинами. М., Стройиздат, 1976 г. 205 стр. Табл. 2, ил. 67.