

# نشریه علمی پدافند غیرعامل

سال دوازدهم، شماره ۱، بهار ۱۴۰۰، (پیاپی ۴۵): صص ۶۴-۵۹

علمی - ترویجی

## استفاده از روش‌های پردازش تصویر در ارزیابی و مدیریت خرابی

### دیوارهای بتنی

امین جعفرنیا<sup>۱</sup>، محمد فیاض<sup>۲\*</sup>، سعید محمد<sup>۳</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۷/۱۳

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۰/۱۵

### چکیده

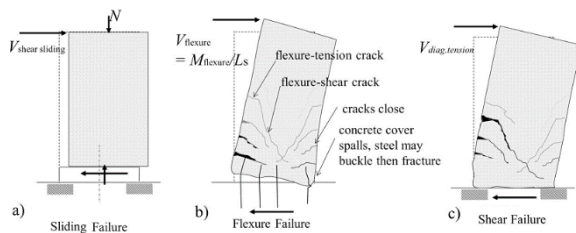
اولین اقدام مهندسی پس از وقوع رخداد بحران‌های طبیعی مانند زلزله، ارزیابی اولیه ایمنی و تعیین سطح عملکرد سازه‌ها است. روش‌های موجود از جمله بررسی‌های چشمی مستعد خطای زیادی هستند. این نوع روش‌ها به سطح دانش، تجربه و قضاوت افراد بستگی دارد. از این رو سعی شده است تا از روش‌هایی برای کمی‌سازی تشخیص خرابی استفاده شود. در هر یک از این روش‌ها لازم است تا از یک شاخص برای اندازه‌گیری خرابی استفاده کرد. نکته دیگری که باید در نظر داشت این است که روش‌های جدید در علوم رایانه این امکان را ایجاد کرده تا از ابزارهای پردازش تصویر برای اندازه‌گیری شاخص‌های خرابی استفاده نمود. در این مطالعه پس از بررسی انواع خرابی دیوارهای برشی، معیار عرض ترک به‌عنوان شاخصی برای ارزیابی خرابی معرفی گردیده و با بررسی روش‌های پردازش تصویر، روش مناسب برای ارزیابی خرابی دیوارهای برشی ارائه گردیده است. از نتایج این تحقیق می‌توان برای ارزیابی خرابی دیوارهای برشی و تعیین خسارت آن‌ها استفاده کرد.

کلید واژه‌ها: پایش سلامت سازه، ارزیابی خرابی، دیوارهای برشی بتن مسلح، پردازش تصویر

<sup>۱</sup> کارشناس ارشد، دانشکده مهندسی و پدافند غیرعامل، دانشگاه جامع امام حسین (ع)، تهران، ایران

<sup>۲</sup> استادیار، دانشکده مهندسی و پدافند غیرعامل، دانشگاه جامع امام حسین (ع)، تهران، ایران - (m.fayyaz@modares.ac.ir) - نویسنده مسئول

<sup>۳</sup> استادیار، دانشکده مهندسی و پدافند غیرعامل، دانشگاه جامع امام حسین (ع)، تهران، ایران



شکل (۱): انواع مودهای خرابی دیوار برشی بتن مسلح [۱۱].

مهم ترین پارامتر در تخمین نوع خرابی دیوار، نسبت ارتفاع به عرض آن است. آیین نامه های مختلف مقادیر متفاوتی برای این نوع تقسیم بندی لحاظ نموده اند. به عنوان مثال، آیین نامه ۱۷-ASCE41 [۱۲] دیوارهای برشی بتن مسلح را به سه دسته کوتاه مرتبه، میان مرتبه و بلند مرتبه تقسیم می کند. معیار این تقسیم بندی به ترتیب مقدار ارتفاع به عرض کمتر از ۱/۵، بین ۱/۵ تا ۳/۰ و بیشتر از ۳/۰ است. مودهای خرابی این نوع دیوارها نیز به ترتیب خرابی برشی، ترکیب خرابی خمشی و برشی و خرابی خمشی است.

## ۲-۲- بررسی شاخص عرض ترک

آژانس بین المللی انرژی اتمی [۲]، در کتابچه ای تحت عنوان آزمایش های غیر مخرب بر روی سازه های بتن مسلح، به تعریف سه سطح خرابی می پردازد. برای تعیین این سه سطح خرابی از شاخص عرض ترک استفاده می شود. بدین شکل که در صورتی که عرض ترک کمتر از ۰/۲ mm باشد، سطح خرابی یک و در صورتی که بین ۰/۲-۱ mm باشد، سطح خرابی دو و در صورتی که بیشتر از ۱ mm باشد، سازه به سطح خرابی سه رسیده است. فرهیدزاده و همکاران [۴] با بررسی نتایج آزمایش بر روی دو دیوار برشی نشان دادند که گرچه عرض ترک می تواند در حالت بیشینه بارگذاری شاخص مناسبی برای تعیین وضعیت عملکردی دیوار برشی بتن مسلح باشد، اما بعد از باربرداری و بسته شدن ترک ها و مشاهده ترک های پسماند، نتایج غیر قابل اعتماد خواهد بود. در شکل (۱)، سطوح خرابی یک دیوار برشی، با سه رویکرد مختلف ارزیابی و مقایسه شده اند. در رویکرد اول سطح خرابی با استفاده از نمودار نیرو-جابجایی نسبی تعیین شده است. بدین شکل که نسبت میزان سختی باقی مانده به سختی اولیه به عنوان معیار در نظر گرفته شده است. سپس در دو رویکرد بعد، سطوح خرابی با شاخص عرض ترک به ترتیب بر روی ترک های پسماند و ترک ها در حالت بیشینه جابجایی تعیین شده اند. همان طور که در شکل (۲) قابل مشاهده است، نسبت سختی باقی مانده تطابق بهتری با رویکرد سوم که مقیاس عرض ترک در حالت بیشینه جابجایی است، دارد؛ حال آن که بعد از وقوع زلزله، تنها ترک های پسماند قابل مشاهده است.

## ۱- مقدمه

هدف نهایی این پژوهش، کمی سازی خرابی دیوارهای برشی بتن مسلح بعد از وقوع زلزله است. بعد از زلزله، هر سازه وضعیت منحصر به فردی دارد. اولین اقدام مهندسی بعد از زلزله، ارزیابی اولیه ایمنی و تعیین سطح عملکرد سازه ها است. بدین منظور، کارشناسان متخصص با تکیه بر تجربه ی شخصی و توصیه های آیین نامه ای به بررسی چشمی این سازه ها و تعیین سطح خرابی آن ها می پردازند. برای عنصرهای بتنی، میزان خرابی توسط شاخص هایی همچون طول و عرض ترک ها، محل وقوع ترک ها و ظهور خردشدگی در تیرها، ستون ها و دیوارهای برشی بتنی ارزیابی می گردد. منابع مختلفی همچون IAEA، AASHTO و ACI [۱-۳] به تعیین چارچوبی جهت بررسی چشمی این عناصر پرداخته اند. این نوع ارزیابی به صورت قابل ملاحظه ای به عوامل مختلفی نظیر تجربه، تخصص، اطلاعات و قضاوت مهندسی کارشناس وابسته است؛ بنابراین، باید پتانسیل بالایی برای وقوع خطا متصور بود. برای نمونه در سال ۲۰۰۹ [۴] یک سازه نگهدارنده عرشه پل در ایرلند، به یک باره فرو ریخت؛ این در حالی بود که کمتر از یک هفته قبل از حادثه، یک کارشناس با بررسی چشمی به این نتیجه رسیده بود که هیچ مشکل سازه ای در پل رؤیت نمی شود.

این مثال و مثال هایی از این دست [۵-۹] نشان می دهد که به منظور کاهش خطای انسانی، باید به دنبال کمی کردن این نوع تشخیص بود. مقیاس های مختلفی برای تعیین وضعیت سازه توسط آیین نامه های مختلف ارائه شده است. یکی از شاخص های مرسوم، عرض ترک است.

استفاده از روش های پردازش تصویر، از مؤثرترین روش های کاهش خطای انسانی در فرآیند ارزیابی سلامت سازه است. به عنوان مثال در پژوهشی که توسط عرب سعیدی و مالیان [۱۰] انجام شد از تصاویر ماهواره ای و داده های لیزری برای شناسایی ساختمان ها در محیط های شهری استفاده کردند.

## ۲- مبانی نظری پژوهش

### ۱-۲- مودهای خرابی در دیوارهای برشی بتنی

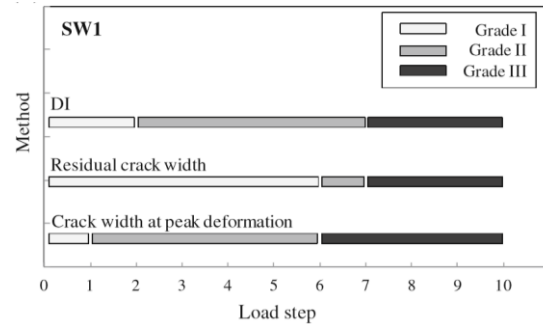
همان طور که در شکل (۱) مشخص است مودهای خرابی دیوارهای برشی بتنی به سه دسته غالب تقسیم بندی می شوند که می توان با توجه به مشخصات هندسی و سازه ای دیوار، مود خرابی مرتبط با دیوار را حدس زد. مودهای خرابی عبارت اند از خرابی خمشی، برشی و لغزش. در شکل (۱) نحوه بروز ظاهری این نوع خرابی ها نمایش داده شده است.

پژوهش‌های مختلفی بر روی استفاده از مفاهیم هندسه فرکتال جهت تعبیر الگوی ترک عنصرهای سازه‌ای بتنی صورت گرفته است تا بتوان ارزیابی کمی از خرابی آن عنصرها یا سازه‌ها داشت. پژوهش ایسا و همکاران [۱۴] بر روی سطوح شکست نمونه‌های بتنی نشان می‌دهد که بعد فرکتال این سطوح شکست همبستگی معناداری با زبری و دیگر شاخص‌های شکست نمونه دارد. در سال ۲۰۰۶ چاو و همکاران [۱۵] با آزمایش بر روی چند نمونه تیر بتنی تحت اثر بار نقطه‌ای در چهار نقطه، رابطه‌ای خطی میان کمیت‌های فرکتال الگوی ترک سطحی و شاخص‌های خرابی کلاسیک، مانند استحکام پسماند ماده، یافتند. این پژوهش نشان داد که کمیت‌های فرکتال می‌توانند به‌عنوان شاخص‌های خرابی در عنصرها و سازه‌های بتنی مورد استفاده قرار گیرند. در سال ۲۰۱۳ فرهیدزاده و همکاران در یک رویکرد جدید با استفاده از هندسه فرکتال به بررسی خرابی دیوارهای برشی بتنی پرداختند. بدین منظور با استفاده از بعد فرکتال، یک شاخص خرابی جدید معرفی کرده و با کمک آن، خرابی دیوارهای برشی بتن مسلح را ارزیابی کردند [۴]. این پژوهش توسط ابراهیم‌خانلو و همکاران [۱۶] ادامه یافت و آن‌ها در سال ۲۰۱۶ نشان دادند که استفاده مفاهیم طیف فرکتال می‌تواند به شکل بهتری تمایز میان حالت‌های مختلف خرابی در دیوار برشی بتن مسلح را نشان دهد. در سال ۲۰۱۶ کاریلو و آویلا [۱۷] با استفاده از نتایج آزمایش بر روی ۳۹ دیوار بتن مسلح کوتاه مرتبه و لاغر، مقادیر بعد فرکتال را به دریافت سازه ارتباط داده و به تعریف حالت‌های حادی و سطوح عملکردی بر اساس بعد فرکتال پرداخته‌اند.

### ۳-۲- روش‌های تشخیص ترک با استفاده از تصویر

تشخیص خودکار ترک‌ها از روی تصویر دیوار آسیب‌دیده، یک مرحله بسیار مهم برای ساخت یک فرآیند تمام‌خودکار جهت تشخیص خرابی‌ها است. فن‌های تشخیص ترک با استفاده از روش‌های پردازش تصویر در پژوهش‌های مختلفی توسعه داده شده‌اند [۲۳-۱۸]. این پژوهش‌ها تمرکز خود را بر روی دقت تشخیص و زمان محاسبه قرار داده‌اند.

در مطالعه انجام شده توسط عبدالقادر و همکاران [۱۸] مقایسه اثربخشی چهار روش شناسایی ترک Sobel، Fast Haar transform، Fast Fourier transform و Canny بررسی شد. این الگوریتم‌های تشخیص لبه تصویربرداری در MatLab پیاده‌سازی شدند و با استفاده از نمونه‌ای از ۵۰ تصویر پل بتنی (۲۵ نمونه با ترک و ۲۵ نمونه بدون ترک)

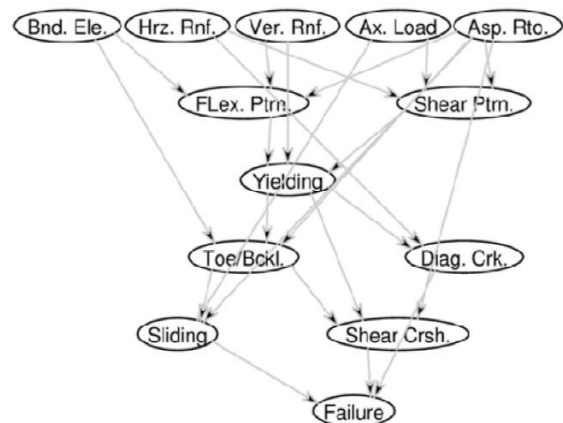


شکل (۲): تعیین سطوح خرابی یک نمونه دیوار برشی بتن مسلح با سه رویکرد مختلف [۴].

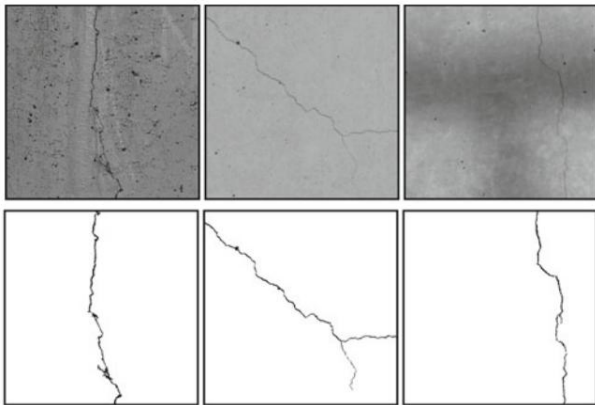
## ۳- روش تحقیق

### ۳-۱- ارزیابی خرابی با استفاده از تصویر دیوار آسیب‌دیده

با تمرکز بر روی ارزیابی خرابی دیوارهای برشی بتنی، الگوی ترک‌های سطحی می‌تواند شاخص قابل اعتمادی جهت تعیین وضعیت خرابی این دیوارها باشد. منابع مختلفی به ارزیابی خرابی دیوارهای برشی بتنی با استفاده از الگوی ترک‌های سطحی دیوار پرداخته‌اند. ابراهیم‌خانلو و سالمونه [۱۳] در سال ۲۰۱۷ با جمع‌آوری ۱۲۵ تصویر از نتایج آزمایش‌های موجود در ادبیات فنی، یک شبکه بیزین پایه نهادند. این شبکه نشانه‌های ظاهری خرابی دیوار مانند نوع الگوی ترک و محل ترک‌ها را با شاخص‌های سازه‌ای دیوار و سطح خرابی دیوار مرتبط می‌کند. این شبکه می‌تواند دیوارهای آسیب‌دیده بتنی را بر اساس وضعیت ظاهری‌شان، به دو دسته گسیخته شده و فروپاشیده طبقه‌بندی کند. هم‌چنین این مدل قادر است تا سناریوی محتمل خرابی را برای دیوار برشی بتنی پیش‌بینی کند. شکل (۳) این شبکه بیزین و نحوه ارتباط میان شاخص‌ها را نشان می‌دهد.

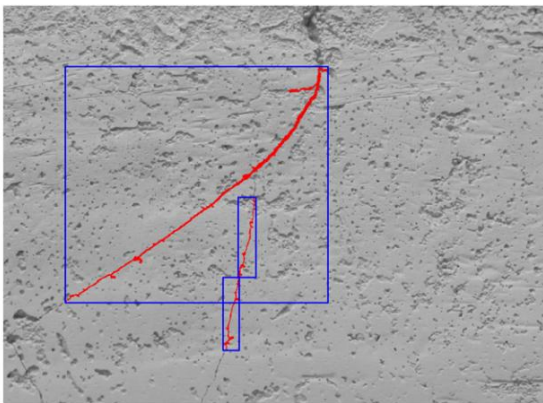


شکل (۳): شبکه بیزین ارائه‌شده جهت ارزیابی چشمی خرابی دیوار برشی بتنی [۱۳]



شکل (۵): نمونه‌ای از نتایج یامگوچی و هاشیموتو [۲۰].

در پژوهش انجام شده توسط جهانشاهی و مسری [۲۳]، رویکردی پیشنهاد شده است که با در نظر گرفتن هندسه صحنه (دید رایانه)، تصاویر دیجیتال ۲ بعدی را پردازش می‌کند (شکل ۶). شاخص‌های تقسیم ترک به‌طور خودکار بر اساس شاخص‌های عمق تنظیم می‌شوند و درک عمق با استفاده از بازسازی صحنه سه‌بعدی به دست می‌آید. این سامانه کل ترک را از پیشینه خود استخراج می‌کند، جایی که رویکردهای معمولی مبتنی بر لبه فقط لبه‌های شکاف را تقسیم می‌کنند. این ویژگی برای توسعه سامانه اندازه‌گیری ضخامت ترک مناسب است. آزمایش‌های تجربی برای ارزیابی عملکرد سامانه پیشنهادی انجام شده است.



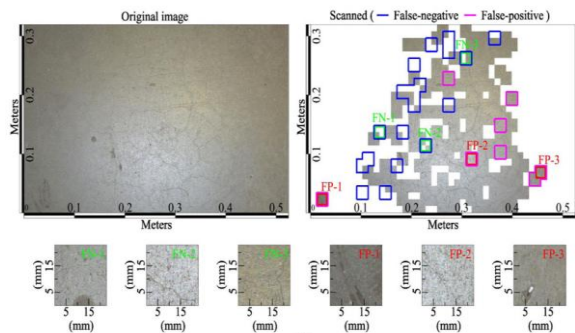
شکل (۶): نمونه‌ای از ترک شناسایی شده در پژوهش جهانشاهی و Masri (ترک‌های شناسایی شده به رنگ قرمز نشان داده شده‌اند. هر جعبه آبی مرزهای یک شکاف شناسایی شده را نشان می‌دهد.) [۲۳]

#### ۴- نتیجه‌گیری

امروزه با توجه به پیشرفت‌های اخیر در زمینه پردازش سیگنال و بهبود کیفیت تصاویر ثبت‌شده، از پردازش تصویری برای تشخیص برخی خرابی‌ها در سازه استفاده می‌شود. یک روش نوین برای پایش ترک‌ها در سازه‌ها استفاده از روش‌های تصویری و بازیابی

شبیه‌سازی شدند. نتایج نشان می‌دهد که FHT نسبت به سه روش شناسایی لبه دیگر در شناسایی ترک قابل اطمینان تر بود.

در مطالعه انجام شده توسط چا و چوی [۱۹] یک روش مبتنی بر بینایی با استفاده از معماری عمیق شبکه‌های عصبی کانونی (CNN) برای تشخیص ترک‌های بتنی بدون محاسبه ویژگی‌های آن‌ها ارائه شده است. از آنجا که CNN ها قادر به یادگیری خودکار ویژگی‌های تصویر هستند، روش پیشنهادی بدون استفاده از فن‌های پردازش تصویر برای استخراج ویژگی‌ها کار می‌کند. CNN طراحی شده بر روی ۴۰ هزار تصویر با وضوح تصویر ۲۵۶×۲۵۶ پیکسل آموزش داده شده است و نتایجی با دقت ۹۸٪ تولید کرده است. CNN آموزش دیده با یک فن پنجره کشویی ترکیب شده است تا سایز تصویر بزرگ‌تر از وضوح تصویر ۲۵۶×۲۵۶ پیکسل را اسکن کند. مطالعات مقایسه‌ای برای بررسی عملکرد CNN پیشنهادی با استفاده از روش‌های سنتی تشخیص لبه Canny و Sobel انجام شده است. نتایج نشان می‌دهد که روش ارائه شده عملکردهای بهتری را نشان می‌دهد و در واقع می‌تواند ترک‌های بتنی را در موقعیت‌های واقع بینانه پیدا کند. شکل (۴)، نمونه‌ای از ارزیابی ترک به این روش را نشان می‌دهد.



شکل (۴): نتایج اسکن تصویر با استفاده از CNN آموزش دیده ترک‌های نازک و نقطه‌ای [۱۸].

طبق شکل (۵) و در مقاله نوشته شده توسط یامگوچی و هاشیموتو [۲۰]، یک روش کارآمد و پرسرعت برای تشخیص ترک را معرفی شده است که از پردازش تصویر مبتنی بر نفوذ استفاده می‌کند. در این روش برای کاهش زمان محاسبه روش‌های خاتمه و پرش اضافه شده است و فرآیند نفوذ با محاسبه مدور بودن در طول پردازش خاتمه می‌یابد. علاوه بر این، پردازش نفوذپذیری را می‌توان در پیکسل‌های بعدی با توجه به مدور بودن پیکسل‌های هم‌جوار نادیده گرفت. نتایج آزمایشی نشان می‌دهد که رویکرد پیشنهادی به‌طور مؤثر هزینه محاسبه را کاهش می‌دهد.

باعث کاهش ۹۸ درصدی حجم محاسبات می‌شود.

## ۵- مراجع

- [1] Guide manual for bridge element inspection, American Association of State Highway and Transportation Officials, 2011.
- [2] Guidebook on non-destructive testing of concrete structures, International Atomic Energy Agency, 2002.
- [3] Guide for Conducting a Visual Inspection of Concrete in Service, American Concrete Institute, 2016.
- [4] A. Farhidzadeh, E. Dehghan-Niri, A. Moustafa, S. Salamone, and A. Whittaker, "Damage Assessment of Reinforced Concrete Structures Using Fractal Analysis of Residual Crack Patterns," *Exp. Mech.*, vol. 53, pp. 1607–19, 2013.
- [5] M. Comerio, K. BR. Elwood, et al. The M 6.3 Christchurch, New Zealand, Earthquake of February 22, 2011.
- [6] Structural Performance of Christchurch CBD Buildings in the 22 February 2011 Aftershock, 2012.
- [7] Malahide Viaduct Collapse on the Dublin to Belfast Line, on the 21st August 2009, Railway Accident Investigation Unit, 2010.
- [8] Board NTS, "Collapse of I-35W Highway Bridge Minneapolis," Minnesota August 1, 2007, Natl Transp Saf Board, Washingt DC, 2008.
- [9] T. Asakura and Y. Kojima, "Tunnel maintenance in Japan," *Tunn Undergr Sp Technol*, vol. 18, pp. 161–9, 2003.
- [10] A. Arab saeedi and A. Malian, "Knowledge-Based Building Detection by Means of Integrating Satellite Images and Laser Data," *Passiv. Def. Q.*, vol. 9, no. 3, pp. 47–54. 2018. (In Persian)
- [11] Tang TO and Su RKL, "Shear and flexural stiffnesses of reinforced concrete shear walls subjected to cyclic loading," *Open Constr Build Technol. J.*, 2014.
- [12] Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings, American Society of Civil Engineers, 2017.
- [13] A. Ebrahimkhanlou and S. A. Salamone, "probabilistic model for visual inspection of concrete shear walls," *Proc. SPIE, Sensors Smart Struct. Technol. Civil. Mech. Aerosp. Syst.*, vol. 10168, 2017
- [14] Issa MA, Issa MA, M. S. Islam, and A. Chudnovsky, "Fractal dimension-a measure of fracture roughness and toughness of concrete," *Eng. Fract. Mech.*, vol. 70, pp. 125–37, 2003.
- [15] M. Cao, Q. Ren, and P. Qiao, "Nondestructive Assessment of Reinforced Concrete Structures Based on Fractal Damage Characteristic Factors," *J. Eng. Mech.*, vol. 132, pp. 924–31, 2006.
- [16] A. Ebrahimkhanlou, A. Farhidzadeh, and S. Salamone, "Multifractal analysis of crack patterns in reinforced concrete shear walls," *Struct. Heal. Monit.*, vol. 15, pp. 81–92, 2016.
- [17] J. Carrillo and W. Avila, "Assessment of seismic damage of thin and lightly reinforced concrete walls using fractal dimension of cracking," *Earthq. Eng. Struct., Dyn.*, vol. 46, pp. 661–75, 2017.
- [18] I. Abdel-Qader, O. Abudayyeh, and M. E. Kelly, "Analysis of edge-detection techniques for crack

الگو است. ترک‌ها نسبت به همسایگی‌های خود، در برابر نور، بازتاب و جذب انرژی متفاوتی از خود نشان می‌دهند. با داشتن تصویری از سازه و استفاده از روش‌هایی، می‌توان به وجود ترک‌ها، ابعاد و محل آن‌ها در سازه پی برد. در این پژوهش روش‌های کمی‌سازی خرابی دیوارهای برشی بتن مسلح بعد از وقوع زلزله معرفی شد. برعکس روش‌های مرسوم که از بررسی چشمی استفاده می‌کنند، این روش‌ها خطای کمتری داشته و نیاز به تجربه خاصی ندارند. همچنین در این روش‌ها عامل قضاوت فردی انسان‌ها، کمرنگ‌تر شده و مشکل متفاوت بودن نتایج حل شده است. همچنین در این پژوهش معیار عرض ترک به‌عنوان شاخصی برای ارزیابی مقدار خرابی دیوارهای برشی مطرح و نتایج برخی مطالعات انجام شده در این حوزه ارائه گردید. نتایج نشان می‌دهد که از این روش می‌توان برای ارزیابی خرابی دیوارهای برشی و تعیین خسارت آن‌ها استفاده کرد. در این مقاله نتایج تحقیقات موجود در ادبیات فنی نیز مورد بحث قرار گرفت. به‌عنوان مثال تحقیقات عرب‌سعیدی و مالیان [۱۰] نشان داد که استفاده از روش شی‌مبنایی برای شناسایی ساختمان‌های شهری توسط تلفیق داده‌های نوری و لیزری، بهتر و کاراتر از روش استفاده از ماشین بردار پشتیبان در تحلیل پیکسل مبنا است. فرهادزاده و همکاران [۴] نیز با بررسی نتایج آزمایش بر روی دو دیوار برشی نشان دادند که عرض ترک می‌تواند در حالت پیش‌بینی بارگذاری شاخص مناسبی برای تعیین وضعیت عملکردی دیوار برشی بتن مسلح باشد. شبکه بیزی که ابراهیم‌خانلو و سالامونه [۱۳] پایه نهادند نیز قادر است نشانه‌های ظاهری خرابی دیوار را با شاخص‌های سازه‌ای دیوار و سطح خرابی دیوار مرتبط کند؛ دیوارهای آسیب‌دیده بتنی را بر اساس وضعیت ظاهری‌شان، به دو دسته‌ی گسیخته شده و فروپاشیده طبقه‌بندی کند؛ و همچنین این مدل قادر است تا سناریوی محتمل خرابی را برای دیوار برشی بتنی پیش‌بینی کند.

در این مقاله کاربرد روش‌های پردازش تصویر در فرآیند ارزیابی خرابی سازه‌های بتنی معرفی شد و کارایی آن‌ها از طریق مرور چند مقاله معتبر بررسی شد. به‌طور کلی، نتایج آن پژوهش‌ها نشان داد که استفاده از روش‌های پردازش تصویر باعث کمرنگ شدن اثرات خطای انسانی ناشی از بررسی چشمی می‌شود، همچنین تأثیر سایر عوامل مانند تجربه، تخصص، اطلاعات و قضاوت مهندسی کارشناس را کاهش می‌دهد. به‌عنوان مثال، در مطالعه انجام شده توسط چا و چوی [۱۹] یک روش مبتنی بر بینایی برای تشخیص ترک‌های بتنی بدون محاسبه ویژگی‌های آن‌ها ارائه شده است که نتایجی با دقت ۹۸٪ تولید کرده است. در پژوهش دیگری که توسط یامگوچی و هاشیموتو [۲۰] انجام شده، روشی پرسرعت برای تشخیص ترک معرفی شده است که از پردازش تصویر مبتنی بر نفوذ استفاده می‌کند و

- asphalt civil infrastructure,” *Adv. Eng. Informatics*, vol. 29, pp. 196–210, 2015.
- [22] M. M. Torok, M. Golparvar-Fard, and K. B. Kochersberger, “Image-based automated 3D crack detection for post-disaster building assessment,” *J. Comput. Civ. Eng.*, vol. 28, p. A4014004, 2013.
- [23] M. R. Jahanshahi, S. F. Masri, “Adaptive vision-based crack detection using 3D scene reconstruction for condition assessment of structures,” *Autom Const.*, vol. 22, pp. 567–76, 2012.
- identification in bridges,” *J. Comput. Civ. Eng.*, vol. 17, pp. 255–263, 2003.
- [19] Y.-J. Cha, W. Choi, and O. Büyüköztürk, “Deep learning-based crack damage detection using convolutional neural networks,” *Comput. Civ. Infrastruct. Eng.*, vol. 32, pp. 361–78, 2017.
- [20] T. Yamaguchi and S. Hashimoto, “Fast crack detection method for large-size concrete surface images using percolation-based image processing,” vol. 21, pp. 797–809, 2010.
- [21] C. Koch, K. Georgieva, V. Kasireddy, B. Akinci, and P. Fieguth, “A review on computer vision based defect detection and condition assessment of concrete and

## **Application of Image Processing Methods in Damage Assessment and Management of Concrete Walls**

A. Jafarniya, M. Fayyaz\*, S. Mohammad

### **Abstract**

After the occurrence of natural disasters such as earthquakes, the engineers' first action is the initial safety assessment and determination of the performance grade of the structures. Existing methods, including eye examinations, are prone to many errors. These types of methods, depend on the level of knowledge, experience, and judgment of individuals. Therefore, attempts have been made to use methods to quantify fault detection. In each of these methods, it is necessary to use an indicator to measure failures. Another point to keep in mind is that new computer science methods have made it possible to use image processing tools to measure breakdown indices. In this study, after examining the types of shear wall failure, the crack width criterion has been introduced as an indicator to evaluate the failure. By examining image processing methods, a suitable method for evaluating shear wall failure has been presented. This study's results can be used to assess the failure of shear walls and determine their damage.

**Key Words:** *Structural Health Monitoring, Damage Evaluation, Reinforced Concrete Shear Walls, Image Processing*