



การวิเคราะห์รอยแตกร้าวจากภาพถ่ายโครงสร้างคอนกรีตโดยใช้ Fractal Dimension
Analysis of Cracks in Concrete Structures from Photographs Using Fractal Dimension

อมตะ ฐิติวานนท์¹ รชต วงศ์สุนะ¹
วุฒิพงษ์ ประทุมมา¹ ศราวุฒิ คล่องดี¹

¹โรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬาราชวิทยาลัย มุกดาหาร อำเภอเมืองมุกดาหาร จังหวัดมุกดาหาร 49000

Email: 05939@pccm.ac.th

บทคัดย่อ

โครงการนี้จึงมีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง ค่า Fractal Dimension และระดับความรุนแรงของรอยแตกร้าวในโครงสร้างคอนกรีตโดยวิเคราะห์ความรุนแรงของรอยแตกร้าว ด้วยค่า Fractal Dimension 2) เพื่อวิเคราะห์และประเมินความรุนแรงของรอยแตกร้าว จากภาพถ่ายอาคาร จากค่า Fractal Dimension โดยค่า Fractal Dimension เป็นค่าทางคณิตศาสตร์ที่สามารถสะท้อนความซับซ้อนและความแตกแขนงของรอยแตกร้าวได้อย่างเป็นเชิงปริมาณ กระบวนการดำเนินงานเริ่มจากการรวบรวมภาพถ่ายรอยแตกร้าวหลากหลายลักษณะ นำมาผ่านเทคนิคการประมวลผลภาพ (Image Processing) ด้วย OpenCV เพื่อแปลงเป็นภาพขาว-ดำ และคำนวณค่า Fractal Dimension ด้วยวิธี Box-Counting Method จากนั้นนำค่าที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อกำหนดเกณฑ์ความรุนแรงออกเป็น 5 ระดับ ได้แก่ ไม่มีรอยร้าว/น้อยมาก, ระดับต่ำ, ระดับปานกลาง, ระดับรุนแรง และระดับรุนแรงมาก นอกจากนี้ยังได้พัฒนา LINE Chatbot ต้นแบบเพื่อเป็นเครื่องมือให้ผู้ใช้งานสามารถส่งภาพถ่ายมาประเมินความรุนแรงได้ทันที ผลการศึกษพบว่ารอยแตกร้าวที่มีความรุนแรงสูงจะมีค่า Fractal Dimension สูงกว่ารอยแตกร้าวระดับเล็กน้อยมีนัยสำคัญ โดยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมีความแม่นยำโดยรวมร้อยละ 93.15 และผลการทดสอบทางสถิติยืนยันว่าค่าที่คำนวณได้ไม่แตกต่างจากค่ามาตรฐานทางทฤษฎี โดยมีความสัมพันธ์กันในระดับสูงมาก ($r^2 = 0.966$) โครงการนี้จึงเป็นแนวทางที่ทันสมัยและแม่นยำในการตรวจสอบความมั่นคงของอาคาร ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานตรวจสอบอาคารได้จริง ทั้งในด้านวิศวกรรมสถาปัตยกรรม และการเสริมสร้างความปลอดภัยในชีวิตประจำวัน

คำสำคัญ: รอยแตกร้าว, Fractal Dimension, Box-Counting Method

1. บทนำ

ในปัจจุบัน เทคโนโลยีก้าวหน้าอย่างรวดเร็ว การพัฒนาเมืองและสิ่งปลูกสร้างจำนวนมากได้ขยายตัวอย่างต่อเนื่อง ขณะเดียวกัน ความเสื่อมสภาพของโครงสร้างคอนกรีตที่เกิดจากปัจจัยต่างๆ เช่น เวลา การใช้ งานวัสดุ หรือสภาพแวดล้อม ยังคงเป็นปัญหาสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อความมั่นคงและความปลอดภัยของโครงสร้าง

โดยตรง โดยเฉพาะ “รอยแตกร้าว” ซึ่งมักเป็นสัญญาณเบื้องต้นของความเสียหายที่อาจทวีความรุนแรงขึ้นหากไม่ตรวจสอบและวิเคราะห์อย่างทันทั่วถึง

ในทางปฏิบัติ การตรวจสอบรอยแตกร้าวในโครงสร้างคอนกรีตส่วนใหญ่ยังอาศัยแรงงานคนและการประเมินด้วยสายตา ซึ่งอาจมีข้อจำกัดในเรื่องความแม่นยำ ความสม่ำเสมอ และต้นทุนการดำเนินการ ขณะที่ในปัจจุบัน เทคโนโลยีด้านการประมวลผลภาพดิจิทัล

(Digital Image Processing) และการวิเคราะห์เชิงคณิตศาสตร์ได้เข้ามามีบทบาทสำคัญในการยกระดับการตรวจสอบโครงสร้างให้มีประสิทธิภาพและเป็นระบบมากยิ่งขึ้น

Fractal Dimension เป็นแนวคิดทางคณิตศาสตร์ที่ใช้วัด ความซับซ้อน ซึ่งเหมาะสมอย่างยิ่งกับการนำมาใช้วิเคราะห์รูปแบบของรอยแตกร้าวที่มักมีลักษณะคดเคี้ยว แตกแขนง และไม่เป็นเส้นตรง การวิเคราะห์ Fractal Dimension จากภาพถ่ายของรอยแตกร้าวจึงสามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้เชิงปริมาณที่สะท้อนความรุนแรงของความเสียหายได้อย่างแม่นยำและเป็นมาตรฐาน

ด้วยเหตุนี้ ผู้จัดทำโครงการงานจึงมีแนวคิดในการศึกษาและพัฒนากระบวนการวิเคราะห์รอยแตกร้าวจากภาพถ่ายของโครงสร้างคอนกรีตโดยใช้ Fractal Dimension ร่วมกับเทคนิคการประมวลผลภาพ เพื่อเสนอแนวทางใหม่ที่มีความทันสมัย แม่นยำ และสามารถประยุกต์ใช้จริงในงานตรวจสอบโครงสร้างคอนกรีต ทั้งในเชิงวิศวกรรม สถาปัตยกรรม และความปลอดภัยในชีวิตประจำวัน

2. วิธีดำเนินการ

2.1 ศึกษาลักษณะและประเภทของรอยแตกร้าวในโครงสร้างคอนกรีต

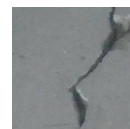
ทำการศึกษาทฤษฎีและเอกสารที่เกี่ยวข้องกับลักษณะ รูปแบบ และประเภทของรอยแตกร้าวในโครงสร้างคอนกรีต เพื่อทำความเข้าใจสาเหตุและความแตกต่างของรอยแตกร้าวแต่ละประเภท

2.2 สืบค้นและรวบรวมภาพถ่ายของรอยแตกร้าวในโครงสร้างคอนกรีต

รวบรวมภาพถ่ายรอยแตกร้าวจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เช่น งานวิจัย ฐานข้อมูลออนไลน์ หรือภาพถ่ายจากสถานที่จริง โดยคัดเลือกภาพที่มีความชัดเจนและมีความหลากหลายของลักษณะรอยแตกร้าว เพื่อจัดทำเป็นชุดข้อมูลสำหรับการทดสอบและพัฒนาโปรแกรม



ภาพที่ 1 แสดงภาพรอยแตกร้าวโครงสร้างคอนกรีต



ภาพที่ 2 แสดงภาพรอยแตกร้าวโครงสร้างคอนกรีต

2.3 พัฒนาโปรแกรมสำหรับคำนวณค่า

Fractal Dimension จากภาพรอยแตกร้าว

เขียนโค้ดโปรแกรมโดยใช้ภาษา Python เพื่อประมวลผลภาพถ่ายรอยแตกร้าว จากนั้นแปลงภาพเป็นภาพขาว-ดำ (binary) และทำการคำนวณค่า fractal dimension ซึ่งเป็นค่าที่ใช้บ่งบอกความซับซ้อนและความไม่เป็นระเบียบของลักษณะรอยแตกร้าว โดยอาศัยหลักการทางคณิตศาสตร์และการประมวลผลภาพ



ภาพที่ 3 แสดงตัวอย่างภาพที่ผ่านการ Image processing แล้ว

2.4 ทดสอบความแม่นยำของการตรวจสอบรอยแตกร้าวของโปรแกรม

ทดสอบความแม่นยำเบื้องต้นของโปรแกรมในการจำแนกภาพ โดยนำชุดข้อมูลภาพที่มีรอยแตกร้าวและภาพที่ไม่มีรอยแตกร้าว เพื่อหาค่าร้อยละความถูกต้อง

ภาพที่มีรอยแตกร้าว	ค่า Fractal Dimension	ผลวิเคราะห์
1		
2		
3		
...		

ตารางที่ 1 ตารางผลวิเคราะห์ภาพที่มีรอยแตกร้าว

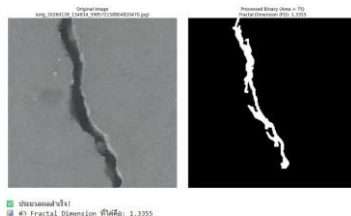
ภาพที่ไม่มีรอยแตกร้าว	ค่า Fractal Dimension	ผลวิเคราะห์
1		
2		
3		
...		

ตารางที่ 2 ตารางผลวิเคราะห์ภาพที่ไม่มีรอยแตกร้าว

นำภาพที่มีรอยแตกร้าว และไม่มีรอยแตกร้าว อย่างละ 20,014 ภาพ มาวิเคราะห์หาค่า Fractal Dimension ด้วยโปรแกรมที่จัดทำขึ้น และแสดงผลใน Microsoft Excel ดังตารางข้างบน โดยหาค่า fractal มีค่าน้อยกว่า 1 จะแสดงผลออกมาเป็น “Negative” คือไม่มีรอยแตกร้าว แต่หาค่า fractal มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 1 จะแสดงผลออกมาเป็น “Positive” คือมีรอยแตกร้าว หลังจากนั้นนับจำนวนผลวิเคราะห์ที่ออกมาตรงกับประเภทของภาพ และหาร้อยละความถูกต้อง โดยค่าที่ยอมรับได้คือมีค่าร้อยละความถูกต้อง มากกว่า 90%

2.5 คำนวณค่า Fractal Dimension จากภาพภาพรอยแตกร้าว เพื่อประเมินระดับรอยแตกร้าว

นำภาพรอยแตกร้าวจำนวน 20014 ภาพจากขั้นตอนที่ 4 ที่คำนวณค่า fractal dimension มาแล้วมาศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่า Fractal Dimension ที่ได้กับระดับความรุนแรงของรอยแตกร้าว

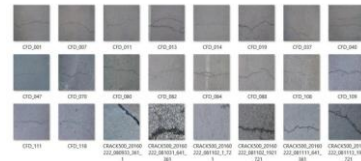


ภาพที่ 4 ภาพแสดงตัวอย่างการคำนวณค่า Fractal Dimension จากโปรแกรม

2.6 การวิเคราะห์ข้อมูลและกำหนดเกณฑ์ความรุนแรงทางสถิติ

นำค่า fractal dimension ที่ได้มาวิเคราะห์การแจกแจงข้อมูลด้วยแผนภาพกล่อง (Box Plot) หาค่าสถิติพื้นฐาน (ค่าเฉลี่ย ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด) และคำนวณค่าควอไทล์ใน Microsoft Excel เพื่อแบ่งช่วงชั้นข้อมูล สำหรับใช้เป็นเกณฑ์มาตรฐานในการจำแนกและประเมินระดับความรุนแรงของรอยแตกร้าว (เช่น ต่ำ, ปานกลาง, สูง)

2.7 การเตรียมชุดข้อมูลสำหรับการทดสอบรวบรวมภาพถ่ายรอยแตกร้าวชุดใหม่



ภาพที่ 5 แสดงตัวอย่างภาพในชุดข้อมูลใหม่

2.8 การเปรียบเทียบค่าผลลัพธ์จากโปรแกรมและวิธีทางทฤษฎี

นำภาพจากตอนที่ 1 จำนวน 100 ภาพ มาคำนวณค่า fractal dimension ด้วยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น และทำการคำนวณซ้ำโดยใช้วิธีมาตรฐานทางทฤษฎี (Standard Box Counting Method) หรือใช้ซอฟต์แวร์มาตรฐานอ้างอิง จากนั้นจัดทำตารางเปรียบเทียบค่าตัวเลขที่ได้จากทั้งสองวิธีการ

ภาพที่	ค่า Fractal dimension จากโปรแกรม	ค่า Fractal dimension จากทฤษฎี
1		
2		
3		
4		
5		
...		

ตารางที่ 3 ตารางเปรียบเทียบค่า Fractal Dimension จากโปรแกรมและค่าจากการคำนวณทางทฤษฎี

2.9 การวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือทางสถิติ

นำค่า Fractal Dimension ที่คำนวณได้จากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น และค่าที่ได้จากวิธีมาตรฐานทางทฤษฎี มาทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบเพื่อตรวจสอบความถูกต้อง และความแม่นยำ โดยใช้เครื่องมือทางสถิติ เริ่มต้นจากการทดสอบความแตกต่าง (Difference Testing): ใช้สถิติ Paired Sample t-test เพื่อทดสอบสมมติฐานว่าค่าเฉลี่ยของผลลัพธ์จากทั้งสองวิธีการมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ หรือไม่ โดยกำหนดสมมติฐานหลัก ว่าค่าเฉลี่ยของทั้งสองวิธีไม่แตกต่างกัน โดยเกณฑ์การยอมรับ: ค่าความน่าจะเป็น (Sig.) ต้อง มากกว่า 0.05 ซึ่งแสดงว่าผลลัพธ์จาก โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นไม่มีความแตกต่างจากวิธีมาตรฐานทางทฤษฎีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Paired Samples t-test						
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	With Confidence Interval of the Difference	t	Sig. (2-tailed)
Pair 1	1.0000001	1.0000002				

ตารางที่ 4 ตาราง Paired Samples t-Test

2.10 ปรับปรุงและพัฒนาโปรแกรม

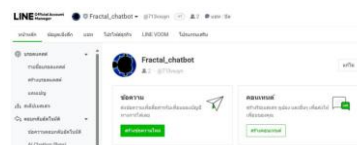
ดำเนินการตรวจสอบผลการวิเคราะห์ทางสถิติเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ หากพบว่าผลลัพธ์ยังไม่ผ่านเกณฑ์จะดำเนินการวิเคราะห์หาแหล่งที่มาของความคลาดเคลื่อน ในขั้นตอน การประมวลผลภาพ และทำการปรับปรุงโค้ดโปรแกรม จากนั้นทำการทำการทดสอบซ้ำ จนกว่าค่า ทางสถิติจะผ่านเกณฑ์ที่กำหนด เพื่อให้มั่นใจว่าโปรแกรมที่ได้มีประสิทธิภาพ แม่นยำ และมีความ น่าเชื่อถือเพียงพอสำหรับการนำไปใช้งานจริง

2.11 สืบค้นและจัดทำเกณฑ์การประเมินระดับของรอยแตกร้าวจากค่า Fractal Dimension

ดำเนินการศึกษาค้นคว้าเอกสาร งานวิจัย และบทความวิชาการที่เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้ ค่า Fractal Dimension ในการวิเคราะห์รอยแตกร้าวของวัสดุคอนกรีต เพื่อค้นหาวิธีการประเมิน ระดับของรอยแตกร้าวจากค่า Fractal Dimension ที่มีความน่าเชื่อถือ

2.12 การเชื่อมต่อระบบประมวลผลกับ Chatbot

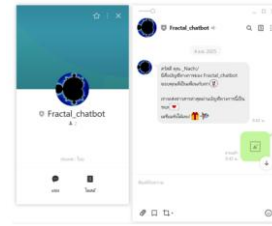
นำโปรแกรมคำนวณค่า fractal dimension และช่วงความรุนแรงที่กำหนดไว้ มาเชื่อมต่อกับ ระบบ Line Chatbot เพื่อให้ระบบสามารถรับภาพจากผู้ใช้งานไปประมวลผล และส่งผลลัพธ์ระดับ ความรุนแรงกลับมาได้โดยอัตโนมัติ



ภาพที่ 5 แสดงหน้าต่าง Setting ของ Line chatbot

2.13 ออกแบบการแสดงผลของ Line Chatbot

ออกแบบรูปแบบการแสดงผลของ chatbot เช่น การแสดงค่าที่คำนวณได้ ระดับความ รุนแรงของรอยแตกร้าว และข้อความอธิบายผลลัพธ์ให้เหมาะสมต่อการใช้งาน



ภาพที่ 6 แสดงหน้าโปรไฟล์ Line Chatbot

2.14 ทดสอบการทำงานของ Line Chatbot ด้วยภาพถ่ายอาคารจริง

ทดสอบระบบโดยการนำภาพถ่ายอาคารคอนกรีตจริงเข้าสู่ Line Chatbot เพื่อตรวจสอบว่า ระดับความรุนแรงที่ระบบประเมินได้มีความสอดคล้องกับลักษณะของรอยแตกร้าวในภาพหรือไม่



ภาพที่ 7 แสดงตัวอย่างการตอบกลับของ Line Chatbot

2.15 ปรับปรุงและพัฒนาระบบให้สมบูรณ์

หากผลลัพธ์ที่ได้ยังไม่อยู่ในเกณฑ์ที่น่าเชื่อถือ ทำการปรับปรุงแก้ไขทั้งในส่วน of โปรแกรม และ Line Chatbot จนได้ระบบที่มีความแม่นยำ

3. ผลการทดลอง

3.1 ผลการตรวจสอบความแม่นยำของโปรแกรมในการตรวจจับรอยแตกร้าว

ภาพที่มีรอยแตกร้าว	ค่า Fractal Dimension	ผลวิเคราะห์
00140.jpg	0	Negative
00151.jpg	0	Negative
00135.jpg	0	Negative
...	...	...
19934.jpg	0.9289	Negative
19943.jpg	1.0909	Positive
19935.jpg	0.9997	Negative

ตารางที่ 5 ตารางผลวิเคราะห์ภาพที่มีรอยแตกร้าว

ภาพที่ไม่มีรอยแตกร้าว	ค่า Fractal Dimension	ผลวิเคราะห์
00115.jpg	1.2939	Positive
00122.jpg	1.2461	Positive
00119.jpg	1.333	Positive
...	...	...
19903.jpg	1.3174	Positive
19901.jpg	1.4112	Positive
19912.jpg	1.4637	Positive

ตารางที่ 6 ตารางผลวิเคราะห์ภาพที่ไม่มีรอยแตกร้าว

จากผลการทดสอบสามารถสรุปความแม่นยำได้ตามตารางที่ 6

ประเภทข้อมูล	จำนวนทั้งหมด (ภาพ)	วิเคราะห์ ถูกต้อง (ภาพ)	วิเคราะห์ผิดพลาด (ภาพ)	ร้อยละความถูกต้อง (%)
ภาพที่มีรอยแตกร้าว	20,014	19,899	115	99.43
ภาพที่ไม่มีรอยแตกร้าว	20,014	17,386	2,628	86.87
รวมทั้งหมด	40,028	37,285	2,743	93.15

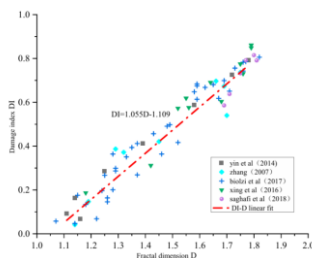
ตารางที่ 7 ตารางสรุปผลการทดสอบความแม่นยำของโปรแกรม

จากผลการทดลองพบว่า โปรแกรมมีความแม่นยำโดยรวม อยู่ที่ร้อยละ 93.15 ซึ่ง ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้ (ร้อยละ 90) โดยโปรแกรมมีประสิทธิภาพสูงมากในการตรวจจับภาพที่มีรอยแตกร้าว อย่างไรก็ตาม ในส่วนของภาพที่ไม่มีรอยแตกร้าว พบความคลาดเคลื่อน ร้อยละ 13.13 ซึ่งเกิดจากสัญญาณ รบกวน (Noise) บนพื้นผิววัตถุ เช่น คราบสกปรก ความขรุขระของพื้นผิว หรือแสงเงา ที่ทำให้ค่า Fractal Dimension สูงเกิน 1.00 เล็กน้อย

3.2 เกณฑ์ในการเปรียบเทียบความรุนแรงของรอยร้าวกับค่า Fractal Dimension

Damage Level	Damage Index DI
Primary	<20%
Intermediate	20-50%
Serious	50-70%
Failure	>70%

ภาพที่ 8 แสดงภาพเกณฑ์ในการวัดระดับรอยร้าวด้วยค่าดัชนีความเสียหาย ที่ได้จากการสืบค้น



ภาพที่ 9 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า Fractal Dimension และค่าดัชนีความเสียหาย ที่ได้จากการสืบค้น อ้างอิง: Xie, M., Wang, Z., Yin, L., Xu, F., Wu, X., & Xu, M. (2024). Study on fractal damage of concrete cracks based on U-Net.

Buildings, 14(10), 3262. สืบค้นจาก:

<https://www.mdpi.com/2075-5309/14/10/3262>

จากกราฟข้างต้นจะเห็นว่าค่า Fractal Dimension = (Damage Index*1.55) – 1.109 คณะผู้จัดทำจึงนำข้อมูลเหล่านั้นมาจัดทำเป็นตารางเปรียบเทียบระหว่างระดับความรุนแรงของ รอยร้าวและค่า Fractal Dimension ดัง

ตารางที่ 8

ระดับความรุนแรง	Damage Index	Fractal Dimension
เริ่มต้น (Primary)	<20%	<1.241
ปานกลาง (Intermediate)	20-50%	1.241-1.525
รุนแรง (Serious)	50-70%	1.525-1.715
วิกฤต (Failure)	>70%	>1.715

ตารางที่ 8 ตารางการเปรียบเทียบระดับความรุนแรงของรอย

แตกร้าวกับค่า Fractal Dimension

3.3 เปรียบเทียบค่า Fractal Dimension ที่วัดได้จากโปรแกรมกับค่าจริงตามทฤษฎี

ภาพที่	ค่า Fractal dimension จากโปรแกรม	ค่า Fractal dimension จากการหาตามทฤษฎี
1	1.3762	1.33
2	1.3339	1.36
3	1.2458	1.28
4	1.3392	1.34
5	1.1732	1.19
...	...	...
96	1.1455	1.13
97	1.3308	1.34
98	1.3948	1.42
99	1.2346	1.21
100	1.3124	1.31

ตารางที่ 9 ตารางการเปรียบเทียบค่า Fractal Dimension ระหว่างโปรแกรมและทฤษฎี

3.3.1 การทดสอบความแตกต่าง (Paired Sample t-test)

Paired Samples t-Test										
		Paired Differences				t	df	Sig. (2-tailed)		
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference					
					Lower				Upper	
Pair 1	VAR00001 - VAR00002	.00204	.02427	.00243	-.00277	.00686	.841	99	.402	

ตารางที่ 10 ตาราง Paired Samples t-Test

สมมติฐาน: ค่าเฉลี่ยของ Fractal Dimension จากโปรแกรมและทางทฤษฎีไม่แตกต่างกัน

ผลการทดสอบ: พบว่าค่า Sig. (2-tailed) เท่ากับ 0.402

การแปลผล: เนื่องจากค่า Sig. > 0.05 จึง ยอมรับสมมติฐานหลัก แสดงว่าค่าที่ได้จากโปรแกรม ไม่มีความแตกต่าง จากค่าจริงตามทฤษฎีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

3.4 ผลการจัดทำโปรแกรมและระบบ LINE Chatbot

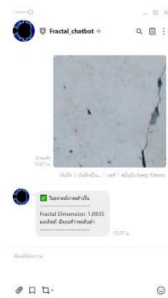
การทำงาน: เมื่อผู้ใช้ส่งภาพถ่ายรอยแตกร้าวเข้าสู่ระบบ Chatbot จะทำการประมวลผลและตอบ กลับผลลัพธ์ทันที

รูปแบบการแสดงผล: 1. ภาพต้นฉบับ: เพื่อยืนยันข้อมูลที่ส่ง

2. ค่า Fractal Dimension: แสดงค่าตัวเลขที่คำนวณได้

3. ระดับความรุนแรง: ระบุสถานะ (ไม่มี, เริ่มต้น, ปานกลาง, รุนแรง, วิกฤต)

ผลการวิเคราะห์: การนำ Fractal Dimension มาประยุกต์ใช้บน LINE Chatbot ประสบความสำเร็จ ตามวัตถุประสงค์ เมื่อผู้ใช้ส่งภาพรอยแตกร้าวเข้าสู่ระบบ Chatbot สามารถประมวลผลและตอบกลับระดับ ความรุนแรงได้ถูกต้องตรงตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ได้โดยระบบสามารถทำหน้าที่เป็นเครื่องมือคัดกรองเบื้องต้นให้กับผู้ใช้อาคารและวิศวกรได้อย่างมีประสิทธิภาพ



ภาพที่ 10 แสดงตัวอย่างแชทจาก Line Chatbot

4. สรุปผลการทดลอง

จากการดำเนินงานตามขั้นตอนที่กำหนด สามารถสรุปผลได้ดังนี้ 1. โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นสามารถคำนวณค่า Fractal Dimension จากภาพรอยแตกร้าวได้อย่างมีประสิทธิภาพ 2. ผลการทดสอบความแม่นยำของโปรแกรมในการตรวจจ็รอยแตกร้าวจากชุดข้อมูลภาพพบว่าโปรแกรมมีความแม่นยำโดยรวมเท่ากับ ร้อยละ 93.15 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ (ร้อยละ 90) 3. ค่า Fractal Dimension มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับความรุนแรงของรอยแตกร้าว กล่าวคือ ยิ่ง รอยแตกร้าวมีลักษณะซับซ้อน แดกแขนงมาก ค่า Fractal Dimension จะยิ่งสูงขึ้น 4. การเปรียบเทียบค่า Fractal Dimension ที่ได้จากโปรแกรมกับค่าที่คำนวณตามวิธีมาตรฐาน พบว่าผลลัพธ์จากทั้งสองวิธีมีค่าใกล้เคียงกันมาก โดยผลการทดสอบทางสถิติแบบ Paired Sample t-test ให้ค่า Sig. อยู่ที่ 0.402 ซึ่งมากกว่า 0.05 แสดงให้เห็นว่าโปรแกรมมีความถูกต้องและความน่าเชื่อถือสูง 5. การพัฒนาโปรแกรมต่อยอดเป็นระบบ LINE Chatbot สามารถใช้งานได้จริง โดยผู้ใช้งานสามารถ ส่งภาพถ่ายรอยแตกร้าวเข้าสู่ระบบ และได้รับผลการประเมินระดับความรุนแรงกลับมาได้อย่างรวดเร็วและ เข้าใจง่ายสรุป โครงการนี้สามารถบรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ทุกประการ และแสดงให้เห็นว่า Fractal Dimension เป็นตัวชี้วัดเชิงปริมาณที่เหมาะสมในการวิเคราะห์และประเมินความรุนแรงของรอยแตกร้าวใน โครงสร้างคอนกรีต

กิตติกรรมประกาศ

โครงการเรื่องนี้ประกอบด้วยการทำงานหลายขั้นตอน นับตั้งแต่การศึกษาหาข้อมูล และการดำเนินการ จัดทำโครงการ บัดนี้โครงการได้สำเร็จลุล่วงไป

ด้วยดี แล้ว ตลอดระยะเวลาที่ผ่านมา ทางคณะผู้จัดทำได้รับความกรุณาช่วยเหลือและคำปรึกษาจากบุคคลหลายๆ ท่าน ซึ่งคณะผู้จัดทำตระหนักและซาบซึ้งในความกรุณานี้เป็นอย่างสูงยิ่ง ในโอกาสนี้จึงขอขอบคุณทุกท่าน ดังนี้ ขอขอบคุณ โรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬาภรณราชวิทยาลัย มุกดาหาร และคณะผู้บริหาร ที่คอยสนับสนุน และให้ความช่วยเหลือตลอดการทำโครงการ ขอขอบคุณ คุณครูศราวุฒิ คล่องดีและคุณครูวุฒิพงษ์ ประทุมมา ครูที่ปรึกษาโครงการ ที่ได้ช่วยให้ คำปรึกษา ข้อชี้แนะ ข้อคิดเห็นต่างๆ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการทำโครงการ อีกทั้งช่วยตรวจสอบแก้ไข ข้อบกพร่องของเอกสารประกอบการทำโครงการ ขอขอบคุณ คุณครูโรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬาภรณราชวิทยาลัย มุกดาหาร ที่ให้ความช่วยเหลือ และคำปรึกษาระหว่างการปฏิบัติโครงการในด้านต่างๆ

เอกสารอ้างอิง

- [1] Guo, W., Zhong, L., Zhang, D., & Li, Q. (2024). Pavement crack detection using fractal dimension and semi-supervised learning. *Fractal and Fractional*, 8(8), Article 468. สืบค้นจาก: <https://doi.org/10.3390/fractalfract8080468>
- [2] An, Q., Chen, X., Wang, H., Yang, H., Yang, Y., Huang, W., & Wang, L. (2022). Segmentation of concrete cracks by using fractal dimension and UHK-Net. *Fractal and Fractional*, 6(2), Article 95. สืบค้นจาก: <https://doi.org/10.3390/fractalfract6020095>
- [3] Xie, M., Wang, Z., Yin, L., Xu, F., Wu, X., & Xu, M. (2024). Study on fractal damage of concrete cracks based on U-Net. *Buildings*, 14(10), 3262. สืบค้นจาก: <https://www.mdpi.com/2075-5309/14/10/3262>