

การปรับปรุงข้อความด้วยความเกี่ยวพันย้อนกลับโดยใช้ขั้นตอนเชิงพันธุกรรมร่วมกับวิธีการเนเบอร์ฮูดเสิร์ทสำหรับการค้นคืนรูปภาพจากเนื้อหาของรูปภาพ

ENHANCEMENT OF QUERIES WITH RELEVANCE FEEDBACK USING GENETIC ALGORITHMS IN COMBINATION WITH NEIGHBORHOOD SEARCH FOR CONTENT-BASED IMAGES RETRIEVAL.

ทรงพล นครเศรษฐ์ศักดิ์¹, สุชาติ รมณีয়ারักษ์², รัตนาภรณ์ นิลพงษ์³, สุตติลภษณ์ ชุนประวัตติ⁴

Songpon Nakharacruangsak¹, Suchart Rommaneyarak², Rattanaporn Nilpong³,
Suttitlug Choonprawat⁴

^{1,2,3} คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาลัยเซาท์อีสท์บางกอก

⁴ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม

^{1*} Corresponding, E-mail: Songpon@southeast.ac.th

Received: 28 May 2022

Revised: 18 June 2022

Accepted: 21 June 2022

บทคัดย่อ

ปัจจุบันรูปภาพที่เผยแพร่อยู่ในอินเทอร์เน็ตมีอัตราการเติบโตขึ้นอย่างรวดเร็ว ซึ่งเป็นผลสืบเนื่องมาจากความก้าวหน้าของเครื่องมือและเทคโนโลยี ทำให้มีรูปภาพเผยแพร่เป็นจำนวนมาก เมื่อต้องการค้นคืนเพื่อหารูปภาพที่ต้องการจึงต้องอาศัยเครื่องมือประเภทระบบการค้นคืนรูปภาพที่มีประสิทธิภาพและความสามารถสูง แต่รูปแบบการค้นคืนแบบเก่าที่ใช้คำสำคัญจากข้อมูลเมตา โดยนำมาเปรียบเทียบกับข้อความ แต่ถ้ามีผู้ใช้งานสองคนต้องการเรียกข้อมูลรูปภาพเดียวกัน ซึ่งผู้ใช้แต่ละคนไม่ได้ใช้ข้อความที่เป็นข้อความเดียวกัน ทำให้ระบบการค้นคืนรูปภาพจากข้อความ พิจารณาและเปรียบเทียบได้ยาก ซึ่งการปรับปรุงข้อความด้วยความเกี่ยวพันย้อนกลับโดยใช้ขั้นตอนเชิงพันธุกรรมร่วมกับวิธีการเนเบอร์ฮูดเสิร์ท เป็นระบบแบบกึ่งอัตโนมัติ ที่ผู้ใช้สามารถเลือกรูปภาพผลลัพธ์ที่ถูกต้องกับความต้องการจากการค้นคืนของรอบที่ผ่านมา แล้วทำการปรับปรุงเป็นรูปภาพคำถามใหม่ และป้อนย้อนกลับเข้าไปในระบบ จนส่งผลให้ได้รูปภาพผลลัพธ์ที่ตรงกับความต้องการของผู้ใช้มากขึ้น ผลจากการทดลองพบว่าวิธีการที่ผู้วิจัยดำเนินการนี้ให้ค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพในภาพรวม (F-measure) สูงถึง 0.87 ซึ่งหมายถึงระบบมีประสิทธิภาพอยู่ในระดับดี และให้ผลลัพธ์ที่สูงกว่าผลของการค้นคืนรูปภาพในรอบแรกที่ไม่มีการบ่อนความเกี่ยวพันย้อนกลับ จึงตรงตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ของงานวิจัยนี้

คำสำคัญ: การค้นคืนรูปภาพโดยเน้นเนื้อหา, การบ่อนความเกี่ยวพันย้อนกลับ, ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม

Abstract

Currently, the publishing of images on the Internet is growing at a rapid rate as a result of advances in tools and technology. This results in a large number of images published. To retrieve the desired image, tools such as powerful and effective image retrieval systems are needed. The traditional retrieval system uses keywords from the metadata to compare them with the query. When two users want to retrieve the same image using different queries, it can be difficult for the query image retrieval system to determine and compare such queries. In this study, a semi-automated system was developed through the enhancement of queries with Relevance feedback using genetic algorithms in combination with Neighborhood Search. With this system, users can select the correct

result image according to their search requirements from previous iteration and the result is then revised into a new image query and fed back into the system until the resulting image is more consistent with the user's needs requirements. The results showed that this method had a mean F-measure of 0.87 indicating that the system showed good performance and produced better result compared to the result of the first iteration of image retrieval without a Relevance feedback process which meets the objectives of this study.

Keyword: Content-Based Images Retrieval, Relevance Feedback, Genetic Algorithm.

1. บทนำ

ปัจจุบันสื่อหลายประเภทในอินเทอร์เน็ต เช่น หนังสืออิเล็กทรอนิกส์ หนังสือพิมพ์ออนไลน์ เว็บเพจ บล็อก มีการจัดเก็บและเผยแพร่ข้อมูลรูปภาพดิจิทัลเป็นจำนวนมากส่งผลให้รูปภาพดิจิทัลมีอัตราการเติบโตขึ้นอย่างรวดเร็ว และยังมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในอนาคตตามการเติบโตของอินเทอร์เน็ต จึงเป็นเรื่องยากที่จะค้นคืนรูปภาพจากฐานข้อมูลขนาดใหญ่เพื่อนำมาใช้งาน ดังนั้นหากต้องการค้นคืนรูปภาพดิจิทัล และให้ได้ผลลัพธ์ที่ตรงตามความต้องการของผู้ใช้งานจำเป็นต้องมีระบบการค้นคืนที่มีประสิทธิภาพให้ความถูกต้อง และความแม่นยำสูง โดยปัจจุบันมีการพัฒนาระบบการค้นคืนรูปภาพเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพดังกล่าวเป็นจำนวนมาก ซึ่งสามารถสรุปได้ 2 ประเภท คือ 1) ระบบการค้นคืนรูปภาพจากข้อความ (Text-Based Image Retrieval System) ซึ่งถือว่าเป็นเทคนิคแบบดั้งเดิมในการค้นคืนรูปภาพจากฐานข้อมูล ผู้ใช้จะใช้คำสำคัญ (Keyword) หรือ ข้อความ (Text) ในการค้นคืนรูปภาพ จึงง่ายต่อการใช้งาน แต่ถ้ามีผู้ใช้สองคนต้องการเรียกข้อมูรูปภาพเดียวกัน ถ้าผู้ใช้แต่ละคนไม่ได้ใช้ข้อความที่เป็นข้อความเดียวกัน จะทำให้ระบบการค้นคืนรูปภาพจากข้อความพิจารณาและเปรียบเทียบได้ยาก ส่งผลให้ได้ผลลัพธ์จากการค้นคืนข้อมูลที่ไม่ถูกต้อง นอกจากนี้การประมวลผลภาพล่วงหน้าของฐานข้อมูลยังเป็นปัญหาที่ซับซ้อน เพราะต้องใช้ทั้งทรัพยากรบุคคลและเวลาเป็นจำนวนมากสำหรับรูปภาพทั้งหมดในฐานข้อมูล เมื่อต้องการแยกกลุ่ม และใส่คำอธิบายประกอบ โดยเฉพาะเมื่อกำหนดให้มีผู้ที่ทำหน้าที่ในการใส่คำอธิบายประกอบหลายคนอาจทำให้เกิดความหลากหลายของความหมาย ถึงแม้ว่าจะเป็นรูปภาพที่อยู่ในกลุ่มเดียวกัน เพราะการรับรู้ การนึกคิดของแต่ละคนอาจไม่เหมือนกัน ซึ่งจะส่งผลต่อผลการค้นคืนภาพโดยรวมได้ 2) ระบบการค้นคืนรูปภาพจากเนื้อหาของรูปภาพ (Content-Based Images Retrieval System) วิธีการค้นคืนรูปภาพ ที่นำเนื้อหาของรูปภาพมาวิเคราะห์มากกว่าข้อมูลเมตา (Meta Data) เช่น คำหลัก แท็ก หรือคำอธิบายที่เกี่ยวข้องกับรูปภาพ ซึ่งคำว่า “เนื้อหา” ในบริบทนี้สามารถแบ่งกลุ่มได้ 3 ประเภท คือ เนื้อหาเชิงพื้นที่ (Spatial Content) พิจารณาจากการระบุตำแหน่งของวัตถุจากภาพที่กำหนด เนื้อหาเชิงความหมาย (Semantic Content) พิจารณาจากการกำหนดความหมายของภาพ และ เนื้อหาจากคุณลักษณะระดับต่ำ (Low-Level Feature Content) พิจารณาจาก สี รูปร่าง พื้นผิว เส้นขอบ โดเมนเชิงพื้นที่ (Spatial Domain) และ โดเมนเชิงความถี่ (Frequency Domain) จากการนำเนื้อหาของรูปภาพมาใช้ในกระบวนการค้นคืนรูปภาพทำให้สามารถลดข้อจำกัดของระบบค้นคืนจากข้อความลงได้ เพราะระบบการค้นคืนรูปภาพจากเนื้อหาของรูปภาพช่วยให้การจัดทำดัชนีดีขึ้น ส่งผลให้ได้ผลลัพธ์ที่แม่นยำ และตรงตามความต้องการของผู้ใช้มากขึ้น ซึ่งระบบการค้นคืนรูปภาพจากเนื้อหาส่วนใหญ่จะดำเนินการบนพื้นฐานของเนื้อหาที่ได้มาจากคุณลักษณะระดับต่ำ โดยอาศัยเทคนิค เครื่องมือ และอัลกอริทึมที่นำมาจากสาขาต่างๆ เช่น สถิติ การจดจำรูปแบบ การประมวลผลสัญญาณ และการมองเห็นด้วยคอมพิวเตอร์ เป็นต้น

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาเฉพาะระบบการค้นคืนรูปภาพจากเนื้อหาด้วยคุณลักษณะระดับต่ำร่วมกับการปรับปรุงข้อความด้วยความเกี่ยวพันย้อนกลับโดยใช้ขั้นตอนเชิงพันธุกรรมร่วมกับวิธีการเนเบอร์ฮูทส์ โดยใช้กลยุทธ์การสืบค้นทีละตัวอย่าง กล่าวคือ ผู้ใช้ระบุข้อความค้นหาด้วยรูปภาพ นอกจากนี้ เรายังตรวจสอบการประเมินผลลัพธ์โดยให้ผู้ใช้มีส่วนร่วมในการพิจารณาว่าได้รูปภาพตรงตามความต้องการหรือไม่ โดยระบบจะอนุญาตให้ผู้ใช้สามารถคัดเลือกรูปภาพผลลัพธ์ที่ตรงกับความต้องการจำนวน 5 ภาพเพื่อย้อนกลับเข้าสู่ระบบ และนำไปปรับปรุงเพื่อสร้างดัชนีของรูปภาพใหม่ด้วยเทคนิค

ของขั้นตอนเชิงพันธุกรรม H. Takagi, S.-B. Cho, and T. Noda (1999) [1] H. Takagi (2001) [2] M. Arevalillo-Herráez (2011) [3] ร่วมกับวิธีการเนเบอร์ฮูทเลิร์ต สำหรับสืบค้นใหม่จนกว่าจะจับคู่รูปภาพที่คล้ายกัน และตรงตามความต้องการของผู้ใช้มากที่สุด เท่านั้น

2. วัตถุประสงค์

เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของกระบวนการปรับปรุงข้อความด้วยความเกี่ยวพันย้อนกลับโดยใช้ขั้นตอนเชิงพันธุกรรม ร่วมกับวิธีการเนเบอร์ฮูทเลิร์ตสำหรับการค้นคืนรูปภาพจากเนื้อหาของรูปภาพที่พัฒนาขึ้น

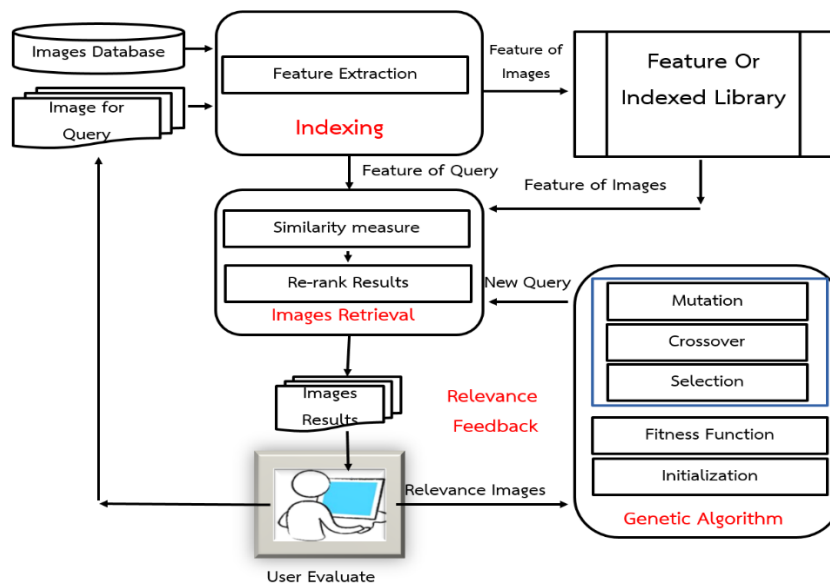
3. วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้รวบรวมรูปภาพเพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลรูปภาพในการทดลอง โดยดาวน์โหลดรูปภาพจากเว็บไซต์ CS 223B Project: Color Edge Detection Examples จำนวน 500 ภาพ แบ่งออกเป็น 5 กลุ่ม แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 หมวดหมู่ของรูปภาพ

กลุ่มที่	ชื่อกลุ่ม	จำนวน/ภาพ
1	ดอกกุหลาบ	100
2	ม้า	100
3	รถบัส	100
4	ทิวทัศน์	100
5	ไดโนเสาร์	100

ต่อมาผู้วิจัยดำเนินการตามขั้นตอนที่ออกแบบไว้สำหรับการปรับปรุงข้อความด้วยความเกี่ยวพันย้อนกลับโดยใช้ขั้นตอนเชิงพันธุกรรมร่วมกับวิธีการเนเบอร์ฮูทเลิร์ตสำหรับการค้นคืนรูปภาพจากเนื้อหาที่ตั้งแสดงดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 การปรับปรุงข้อความด้วยความเกี่ยวพันย้อนกลับโดยใช้ขั้นตอนเชิงพันธุกรรมร่วมกับวิธีการเนเบอร์ฮูทเลิร์ต

จากภาพที่ 1 สามารถแบ่งการดำเนินงานได้ 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นตอนการสร้างฐานข้อมูลตัวแทนรูปภาพ (Indexed Library) งานวิจัยนี้ใช้วิธีการหาตัวแทนรูปภาพจากคุณลักษณะระดับต่ำ (Low-Level Feature) 5 ลักษณะ ดังนี้ ค่าฮิสโตแกรมจากระบบสี HSV (HSV Histogram) Liang B., et al (2012) [4] Huayoung L., et al. (2004) [5] Marchal J., et al. (2006) [6] Wang R., et al. (2001) [7] ค่าสหสัมพันธ์อัตโนมัติของสี (Color Auto Correlogram) Haas M., et al. (2005) [8], Munesawang, P., et al (2005) [9], Mironica, I., Ionescu, B. and Vertan, C (2012) [10], Hopfgartner, F., et al (2007) [11] ค่าตำแหน่งการเคลื่อนที่ของสี (Color Moment) Moshfeghi, Y. and Jose, J. M (2013) [12], Zhang, H., Kankanhalli, A. and Smoliar, S. W (1993) [13] ค่าสัมประสิทธิ์เวฟเลต (Wavelet Transform) Shahraray B (1995) [14], Hampapur A., et al (1996) [15] และขอบภาพ (Edge) Kasturi, R. and Jain R (1991) [16] เพื่อสร้างเป็นตัวแทนหลายคุณลักษณะสำหรับการใช้ในการสืบค้นของรูปภาพในฐานข้อมูล และรูปภาพที่ใช้สอบถาม

2. ขั้นตอนของการค้นคืนรูปภาพ (Images Retrieval) เป็นขั้นตอนของการค้นคืนรูปภาพภายในระบบ หลังจากที่ได้ข้อความที่ผ่านการดำเนินการจากขั้นตอนที่ 1 แล้ว จะทำการค้นคืนรูปภาพบนพื้นฐานของการเปรียบเทียบโดยวัดความคล้ายคลึง (Similarity measurement) ของตัวแทนหลายคุณลักษณะของภาพ ซึ่งเป็นคุณลักษณะเฉพาะที่สกัดจากรูปภาพในขั้นตอนที่ 1 และรูปภาพคำถาม (Query) โดยการวัดความคล้ายคลึงด้วยวิธี Euclidean Distance ซึ่งสามารถคำนวณระยะห่างได้จากสมการที่ 1

$$\text{Dis}(Q_{(x,y)}, F_{(i,j)}) = \left[\sum_{i=0}^n |Q_x - F_i|^2 + |Q_y - F_j|^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

โดยที่ x และ y เป็นเวกเตอร์ของคุณลักษณะ (feature vector) และ n เป็นมิติของเวกเตอร์

หลังจากเปรียบเทียบความคล้ายคลึงแล้วจะนำรูปภาพผลลัพธ์มาจัดเรียงลำดับของความคล้ายคลึงจากมากไปหาน้อยต่อไป

3. ขั้นตอนการป้อนความเกี่ยวพันย้อนกลับ (Relevance Feedback) เป็นขั้นตอนที่ช่วยให้ผู้ใช้ระบบปรับปรุงข้อความเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่มีความถูกต้องมากขึ้น โดยจะนำเอารูปภาพผลลัพธ์ที่เกี่ยวข้องมาทำการวิเคราะห์ โดยเลือกรูปภาพที่เป็นผลลัพธ์ใน 5 ลำดับแรกเท่านั้น เพื่อนำมาวิเคราะห์และปรับปรุงและนำไปสอบถามกับระบบอีกครั้ง โดยสันนิษฐานว่ารูปภาพผลลัพธ์ที่ได้จะตรงตามความต้องการของผู้ใช้เพิ่มมากขึ้น และรูปภาพที่ไม่ตรงตามความต้องการน้อยลง ซึ่งในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยเลือกใช้วิธีการขั้นตอนเชิงพันธุกรรมร่วมกับวิธีการเนเบอร์ฮูทเพื่อเพิ่มโอกาสในการหาคำตอบที่ดีกว่าการใช้วิธีการวิธีการขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบเดิม โดยมีขั้นตอน ดังต่อไปนี้

3.1 การสร้างประชากรของคำตอบเริ่มต้น (Initialization) เป็นกระบวนการของการกำหนดประชากรของเวกเตอร์พารามิเตอร์ในครั้งแรกสุด ซึ่งจะถูกเลือกมาโดยผู้ใช้ระบบ ซึ่งพิจารณาจากรูปภาพผลลัพธ์ของการค้นคืนในรอบแรก แสดงดังภาพที่ 2

3.2 การประเมินค่าฟิตเนสฟังก์ชันหรือค่าสมการเป้าหมายของเวกเตอร์เป้าหมาย โครโมโซมของประชากรทั้งหมดจะถูกประเมินค่าฟิตเนสฟังก์ชัน (Fitness value) หรือค่าสมการเป้าหมายของโอกาสในการอยู่รอดของแต่ละประชากร ซึ่งปกติแล้วจะใช้สมการเป้าหมายเป็นตัววัดค่าความน่าจะเป็นในการอยู่รอดของประชากรซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2 แสดงดังตารางที่ 2

$$\text{fitness}(i) = \frac{f(x_i)}{\sum_{i=1}^n f(x_i)} \quad (2)$$

ตารางที่ 2 ตัวอย่างโครโมโซมของรูปภาพผลลัพธ์ที่ถูกเลือก และคำนวณค่าฟิตเนสฟังก์ชันแล้ว

Vector No.	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	Fitness
1	0.24	0.31	0.45	0.71	0.50	0.13	0.37	0.41	0.60	0.25	0.22
2	0.82	0.20	0.10	0.77	0.54	0.55	0.61	0.40	0.37	0.42	0.26
3	0.10	0.25	0.15	0.34	0.47	0.20	0.89	0.24	0.51	0.45	0.20
4	0.75	0.77	0.50	0.61	0.63	0.72	0.48	0.34	0.56	0.12	0.32

3.3 การคัดเลือก (Selection) เป็นกระบวนการในการคัดสรรคำตอบ ซึ่งถ้าโครโมโซมใดมีค่าความเหมาะสมในการอยู่รอดสูง ก็จะถูกเลือกให้เป็นกลุ่มประชากรที่มีโอกาสอยู่รอดในรุ่นถัดไป ในทางตรงกันข้าม โครโมโซมนั้นก็ไม่สามารถอยู่รอดจนกลายเป็นประชากรในรุ่นถัดไปได้ โดยงานวิจัยฉบับนี้ได้เลือกวิธีการคัดเลือกแบบวงล้อเสี่ยงทาย (Roulette wheel selection) มาเป็นเครื่องมือในการคัดเลือก โดยมีขั้นตอน ดังนี้

3.3.1 นำค่าฟิตเนสฟังก์ชันมาทำการสะสมความถี่ จะได้ผลลัพธ์ ดังนี้

$$q_1 = 0.22 \quad q_2 = 0.48$$

$$q_3 = 0.68 \quad q_4 = 1.00$$

3.3.2 หมุนวงล้อเสี่ยงทายจำนวน 4 ครั้ง โดยใช้หลักของการสุ่มค่าระหว่าง $[0,1]$ จะได้ผลลัพธ์ดังนี้

$$1 = 0.3278 \quad 2 = 0.7582$$

$$3 = 0.5321 \quad 4 = 0.8832$$

3.3.3 คัดเลือกโครโมโซมหลังจากหมุนวงล้อเสี่ยงทาย ดังนี้

$$C_{1_{new}} = q_1(0.22) < 0.3278 < q_2(0.48) \\ = q_2 (0.48)$$

$$C_{2_{new}} = q_3(0.68) < 0.7582 < q_4(1.00) \\ = q_4(1.00)$$

$$C_{3_{new}} = q_2(0.48) < 0.5321 < q_3(0.68) \\ = q_3(0.68)$$

$$C_{4_{new}} = q_3(0.68) < 0.8832 < q_4(1.00) \\ = q_4(1.00)$$

เมื่อดำเนินการคัดเลือกเสร็จสิ้นจะได้ ประชากรรุ่นถัดไป แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 โครโมโซมของรูปภาพที่ถูกเลือก

Co.No.	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	Fitness
1new	0.82	0.20	0.10	0.77	0.54	0.55	0.61	0.40	0.37	0.42	0.26
2new	0.75	0.77	0.50	0.61	0.63	0.72	0.48	0.34	0.56	0.12	0.32
3new	0.10	0.25	0.15	0.34	0.47	0.20	0.89	0.24	0.51	0.45	0.20
4new	0.75	0.77	0.50	0.61	0.63	0.72	0.48	0.34	0.56	0.12	0.32

3.3.4 การสลับสายพันธุ์ (Crossover) การสลับสายพันธุ์จะนำสมาชิกของประชากรที่ผ่านการคัดเลือกมาเป็นคู่ๆ และกำหนดให้เป็นสมาชิกรุ่นพ่อแม่ (Parent Individual) จากนั้นทำการแลกเปลี่ยนยีนระหว่างสมาชิกรุ่นพ่อแม่ทำให้เกิดเป็นรุ่นลูก (Offspring Individuals) สองตัว สมาชิกรุ่นนี้จะถูกนำไปเป็นสมาชิกของประชากรรุ่นถัดไป การสุ่มเลือกสมาชิกรุ่นพ่อแม่มาทำการสลับสายพันธุ์จะถูกกำหนดโดยความน่าจะเป็นในการสลับสายพันธุ์ (Crossover Probability) ซึ่ง Yang, X. S (2008) [17] เสนอว่าควรกำหนดให้อยู่ระหว่าง 0.7 ถึง 1.0 เพราะความน่าจะเป็นในการสลับสายพันธุ์นี้มีผลต่อค่าคำตอบ เช่น กำหนดค่าความน่าจะเป็นในการสลับสายพันธุ์ที่ 0.8 หากค่าสุ่มได้ 0.7 จะมีการสลับสายพันธุ์ในทางตรงกันข้ามถ้าค่าสุ่มมีค่ามากกว่า 0.8 การสลับสายพันธุ์จะไม่เกิดขึ้น โดยงานวิจัยฉบับนี้ผู้วิจัยกำหนดขั้นตอนสำหรับการสลับสายพันธุ์ไว้ดังนี้

3.3.4.1 กำหนดความน่าจะเป็นในการสลับสายพันธุ์ $P_c = 0.8$

3.3.4.2 สุ่มเลือกโครโมโซมที่จะสลับสายพันธุ์ C2new , C3new แสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 โครโมโซมที่จะสลับสายพันธุ์

Co.No.	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	Fitness
2new	0.75	0.77	0.50	0.61	0.63	0.72	0.48	0.34	0.56	0.12	0.32

Co.No.	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	Fitness
3new	0.10	0.25	0.15	0.34	0.47	0.20	0.89	0.24	0.51	0.45	0.20

3.3.4.3 สุ่มค่าในการสลับสายพันธุ์ให้กับทุกยีนในโครโมโซม [0,1] แสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 กำหนดตำแหน่งในการสุ่มค่าเพื่อทำการสลับสายพันธุ์

ค่าสุ่ม	0.50	0.75	0.88	0.86	0.20	0.40	0.90	0.55	0.65	0.98	
Co.No.	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	Fitness
2new	0.75	0.77	0.50	0.61	0.63	0.72	0.48	0.34	0.56	0.12	0.32
Co.No.	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	Fitness
3new	0.10	0.25	0.15	0.34	0.47	0.20	0.89	0.24	0.51	0.45	0.20

3.3.4.4 การสลับสายพันธุ์ (Crossover) เมื่อได้ตำแหน่งตามขั้นตอนก่อนหน้าก็จะดำเนินการสลับสายพันธุ์ แสดงดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 การสลับสายพันธุ์

Co.No.	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	Fitness
2new _{off}	0.10	0.25	0.50	0.61	0.47	0.20	0.48	0.24	0.51	0.12	0.19
Co.No.	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	Fitness
3new _{off}	0.75	0.77	0.15	0.34	0.63	0.72	0.89	0.34	0.56	0.45	0.31

3.3.5 การกลายพันธุ์ (Mutation) เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นหลังกระบวนการสลับสายพันธุ์ จะทำหน้าที่เปลี่ยนแปลงค่าบางส่วนของสมาชิกของกลุ่มประชากร เพื่อให้สมาชิกของกลุ่มประชากรมีความหลากหลายมากขึ้น เป็นการแลกเปลี่ยนยีนภายในสมาชิกหรือโครโมโซมแต่ละตัวเท่านั้นจะไม่เกิดขึ้นกับสมาชิกทั้งหมดโดยขึ้นอยู่กับความน่าจะเป็น (Mutation Probability) ซึ่ง Pongcharoen, P., et al (2002) [18] เสนอว่าควรที่จะกำหนดให้อยู่ระหว่าง 0.02 ถึง 0.18 เพราะความน่าจะเป็นในการกลายพันธุ์นี้มีผลต่อค่าคำตอบ เช่น 0.01 ดังนั้น ค่าสุ่มที่ได้จะต้องน้อยกว่า 0.01 จึงจะเกิดการกลายพันธุ์ ซึ่งงานวิจัยนี้จะมีขั้นตอน ดังนี้

3.3.5.1 กำหนดความน่าจะเป็นในการกลายพันธุ์ $P_m = 0.2$

3.3.5.2 สุ่มเลือกโครโมโซมที่จะกลายพันธุ์ $C_{1_{new}}$ แสดงดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 โครโมโซมที่ถูกเลือก

Co.No.	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	Fitness
1new	0.82	0.20	0.10	0.77	0.54	0.55	0.61	0.40	0.37	0.42	0.26

3.3.5.3 หาค่า Min, Max ของยีนภายในโครโมโซมที่ถูกเลือก [0.10, 0.82]

3.3.5.4 สุ่มค่าความน่าจะเป็นในการกลายพันธุ์ให้กับยีนทุกตัวในโครโมโซม แสดงดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ตำแหน่งของยีนภายในโครโมโซมที่ถูกเลือก

ค่าสุ่ม	0.50	0.15	0.88	0.86	0.10	0.40	0.90	0.55	0.65	0.98	
Co.No.	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	Fitness
1new	0.82	0.20	0.10	0.77	0.54	0.55	0.61	0.40	0.37	0.42	0.26

3.3.5.5 สุ่มค่าการกลายพันธุ์ให้ยีนที่จะกลายพันธุ์ระหว่าง [0.10, 0.82] ได้ $x_2 = 0.55$, $x_5 = 0.28$ แสดงตามตารางที่ 9

ตารางที่ 9 โครโมโซมหลังการกลายพันธุ์

Co.No.	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	Fitness
1new _{off}	0.82	0.55	0.10	0.77	0.28	0.55	0.61	0.40	0.37	0.42	0.27

3.3.6 การจัดเก็บโครโมโซมของสมาชิกรุ่นลูก หลังจากทำการสลับสายพันธุ์ และกลายพันธุ์แล้วผู้วิจัยนำเอาค่าฟิตเนสฟังก์ชัน มาผ่านฟังก์ชัน Min() แล้วคัดเลือกตัวที่มีค่าฟิตเนสฟังก์ชันที่น้อยสุดมาจัดเก็บเป็นโครโมโซมลูก แสดงดังตารางที่ 10

ตารางที่ 10 การจัดเก็บโครโมโซมลูก

Co.No.	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	Fitness
1new _{off}	0.82	0.55	0.10	0.77	0.28	0.55	0.61	0.40	0.37	0.42	0.27
2new _{off}	0.10	0.25	0.50	0.61	0.47	0.20	0.48	0.24	0.51	0.12	0.19
3new _{off}	0.75	0.77	0.15	0.34	0.63	0.72	0.89	0.34	0.56	0.45	0.31
4new	0.75	0.77	0.50	0.61	0.63	0.72	0.48	0.34	0.56	0.12	0.32

3.3.7 การสุ่มตำแหน่งเพื่อสลับที่ เป็นกระบวนการของเนเบอร์ฮูดเสิร์ช (Neighborhood Search: NS) โดยจะนำโครโมโซมที่ผ่านขั้นตอนที่ 3.3.6 มาทำการสุ่มตำแหน่งที่ต้องการสลับที่ ยกตัวอย่างเช่นการนำโครโมโซมที่ 2new_{off} มาสุ่มหาตำแหน่ง เพื่อทำการสลับที่ตำแหน่งที่สุ่มได้คือ ยีน x5 และทำการสลับตำแหน่งไปทางซ้าย จะได้โครโมโซม 2new_{NSL} และขยับไปทางขวาจะได้โครโมโซม 2new_{NSR} แสดงดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 สลับตำแหน่งของยีน x5

Co.No.	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10
2new _{off}	0.10	0.25	0.50	0.61	0.47	0.20	0.48	0.24	0.51	0.12
2new _{NSR}	0.10	0.25	0.50	0.47	0.61	0.20	0.48	0.24	0.51	0.12
2new _{NSL}	0.10	0.25	0.50	0.61	0.20	0.47	0.48	0.24	0.51	0.12

3.3.8 หลังจากดำเนินการในขั้นตอนที่ 3.3.7 ผู้วิจัยจะทำการคำนวณหาค่าฟิตเนสฟังก์ชัน และนำเข้าฟังก์ชัน Min () เพื่อนำตัวที่ผ่านการคัดเลือกป้อนเข้าสู่ระบบเพื่อดำเนินการค้นคืนรูปภาพอีกครั้ง

4. ขั้นตอนการทดสอบประเมินผล (Testing and Evolution) เป็นขั้นตอนของการทดสอบระบบที่พัฒนาขึ้น แล้วนำผลลัพธ์ที่ได้มาประเมินประสิทธิภาพของระบบด้วยค่าเรียกคืน (Recall) ซึ่งคำนวณได้จากสมการที่ 3

$$\text{recall} = \frac{N_c}{N_c + N_m} \times 100\% \quad (3)$$

โดยที่ N_c คือ จำนวนของรูปภาพที่เกี่ยวข้องแล้วถูกค้นคืน
 N_m คือ จำนวนของรูปภาพที่เกี่ยวข้องแต่ไม่ถูกค้นคืน
 และ ค่าความแม่นยำ (Precision) คำนวณได้จากสมการที่ 4

$$\text{precision} = \frac{N_c}{N_c + N_f} \times 100\% \quad (4)$$

โดยที่ N_c คือ จำนวนของรูปภาพที่เกี่ยวข้องแล้วถูกค้นคืน
 N_f คือ จำนวนของรูปภาพที่ไม่เกี่ยวข้องแต่ถูกค้นคืน
 และค่า F-measure คำนวณได้จากสมการที่ 5

$$\text{F-Measure} = \frac{2 \times \text{Precision} \times \text{Recall}}{(\text{Precision} + \text{Recall})} \quad (5)$$

4. ผลการวิจัย

จากขั้นตอนการดำเนินการข้างต้น ระบบจะแสดงผลการค้นหาค้นคืนให้ผู้ใช้งานพิจารณาความถูกต้องว่ารูปภาพผลลัพธ์เป็นไปตามความต้องการหรือไม่ ถ้ายังไม่เป็นไปตามความต้องการระบบจะอนุญาตให้ผู้ใช้งานสามารถคัดเลือกรูปภาพผลลัพธ์ที่ตรงตามความต้องการจากผลลัพธ์ที่แสดง เพื่อนำมาเข้าสู่กระบวนการป้อนความเกี่ยวพันย้อนกลับ (Feedback) ซึ่งรูปภาพเหล่านั้นจะถูกนำมาผ่านกระบวนการสร้างข้อความใหม่ (Query Reformulation) ด้วยขั้นตอนเชิงพันธุกรรมร่วมกับวิธีการเนเบอร์ฮูเทิลส์ ผู้วิจัยได้ทำการทดลอง โดยจะแบ่งการทดลองออกเป็น 2 รอบ คือ รอบแรกก่อนป้อนความเกี่ยวพันย้อนกลับ และรอบที่สองหลังจากผ่านกระบวนการป้อนความเกี่ยวพันย้อนกลับที่มีการวิวัฒนาการทั้งหมด 5 รอบ ซึ่งผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 12

ตารางที่ 12 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบก่อนและหลังป้อนความเกี่ยวพันย้อนกลับ

กลุ่มที่	ชื่อกลุ่ม	ก่อนป้อนความเกี่ยวพันย้อนกลับ			หลังป้อนความเกี่ยวพันย้อนกลับ		
		Recall	Precision	F-Measure	Recall	Precision	F-Measure
1	ดอกกุหลาบ	0.64	0.76	0.70	0.81	0.82	0.81
2	ม้า	0.74	0.76	0.75	0.81	0.83	0.82
3	รถบัส	0.94	0.95	0.95	1.00	1.00	1.00
4	ทิวทัศน์	0.90	0.90	0.90	1.00	1.00	1.00
5	ไดโนเสาร์	0.52	0.58	0.55	0.70	0.83	0.76
ค่าเฉลี่ย		0.74	0.79	0.76	0.86	0.89	0.87

จากตารางที่ 12 แสดงให้เห็นว่าแนวโน้มของประสิทธิภาพในการค้นคืนรูปภาพด้วยการปรับปรุงข้อความด้วยความเกี่ยวพันย้อนกลับโดยใช้ขั้นตอนเชิงพันธุกรรมร่วมกับวิธีการเนเบอร์ฮูทเลิร์ทมีค่าเฉลี่ยในทุกด้าน (Recall, Precision, F-Measure) ในทิศทางที่ดีขึ้นในทุกหมวดรูปภาพ เมื่อเปรียบเทียบกับระบบการค้นคืนรูปภาพที่ไม่มีการปรับปรุงข้อความ โดยเฉพาะในหมวดหมู่ที่ 3 รูปรถบัส และหมวดหมู่ที่ 4 รูปทิวทัศน์ ที่ได้ค่าประสิทธิภาพในภาพรวมถึง 1.00

5. สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้นำเสนอกระบวนการปรับปรุงข้อความด้วยความเกี่ยวพันย้อนกลับโดยใช้ขั้นตอนเชิงพันธุกรรมร่วมกับวิธีการเนเบอร์ฮูทเลิร์ทสำหรับการค้นคืนรูปภาพจากเนื้อหาของรูปภาพ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์และประสิทธิภาพในการค้นคืนรูปภาพของระบบที่สูงขึ้น โดยอนุญาตให้ผู้ใช้งานได้ทำการคัดเลือกรูปภาพผลลัพธ์คำตอบที่ตรงตามความต้องการของผู้ใช้จากการค้นคืนในรอบแรก เพื่อนำตัวแทนของผลลัพธ์ที่เลือกมาสร้างข้อความใหม่ (New Query) ที่เหมาะสมที่สุดด้วยขั้นตอนเชิงพันธุกรรมร่วมกับวิธีการเนเบอร์ฮูทเลิร์ทจนได้ข้อความใหม่ที่เหมาะสมแล้วทำการย้อนกลับเข้าระบบเพื่อค้นคืนอีกครั้ง จากการทดลองพบว่า วิธีการที่ผู้วิจัยนำเสนอนี้ให้ค่าเฉลี่ยของความแม่นยำ 0.86 ค่าเรียกคืน 0.89 และค่า F-Measure 0.87 สูงกว่าในรอบแรกที่ไม่มีการย้อนความเกี่ยวพันย้อนกลับอยู่ที่ 0.11 (วัดเฉพาะค่าเฉลี่ย F-Measure) ดังตารางที่ 12 แสดงให้เห็นว่ากระบวนการปรับปรุงข้อความด้วยความเกี่ยวพันย้อนกลับ โดยใช้ขั้นตอนเชิงพันธุกรรมร่วมกับวิธีการเนเบอร์ฮูทเลิร์ทมีส่วนช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการค้นคืนให้สูงขึ้นได้

9. เอกสารอ้างอิง

- [1] H. Takagi, S.-B. Cho, and T. Noda, "Evaluation of an IGA-based image retrieval system using wavelet coefficients," in Proc. IEEE Int. Fuzzy Syst. Conf., 1999, vol. 3, pp. 1780.
- [2] H. Takagi, "Interactive evolutionary computation: Fusion of the capacities of EC optimization and human evaluation," Proc. IEEE, vol. 89, no. 9, pp. 1275–1296, Sep. 2001.
- [3] M. Arevalillo-Herráez, F. H. Ferri, and S. Moreno-Picot, "Distance-based relevance feedback using a hybrid interactive genetic algorithm for image retrieval," Appl. Soft Comput., vol. 11, no. 2, pp. 1782–1791, Mar. 2011, DOI: 10.1016/j.asoc.2010.05.022.
- [4] Liang B., et al. (2012). "Design of Video Retrieval System Using MPEG-7 Descriptors." In Proceedings Engineering, (2578–2582).
- [5] Huayoung L., et al. (2004). "Content-Based TV Sports Video Retrieval Based on Audio-Visual Features and Text information." In Web Intelligence, 2004, (481–484).
- [6] Marchal J., et al. (2006). "Soccer Video Retrieval using adaptive Time-frequency Method." In Proceedings of 2006 IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing. Toulouse : The Institute of Electrical and Electronics Engineers Signal Processing Society, (509–512).
- [7] Wang R., et al. (2001). "Video retrieval and relevance feedback in the context of a post-integration model." In Proceedings of 4th Workshop on Multimedia Signal Processing. Cannes : The Institute of Electrical and Electronics Engineers, (3 -38).
- [8] Haas M., et al. (2005). "Relevance feedback methods in content based retrieval and video summarization." In Multimedia and Expo, 2005, Proceedings of IEEE International Conference on Multimedia and Expo, 2005. NJ : The Institute of Electrical and Electronics Engineers.
- [9] Munewang, P., et al. (2005). "Adaptive video indexing and automatic/semi-automatic relevance feedback." IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology. 15 : 1032-1046.

- [10] Mironica, I., Ionescu, B. and Vertan, C. (2012). "Hierarchical clustering relevance feedback for content-based image retrieval." In Content-Based Multimedia Indexing (CBMI), Proceedings of 2012 10th International Workshop on Content-Based Multimedia Indexing. Polytech Annecy, Chambery Annecy : The Institute of Electrical and Electronics Engineers.
- [11] Hopfgartner, F., et al. (2007). "Evaluating the implicit feedback models for adaptive video retrieval." In Multimedia Information Retrieval, Proceedings of the international workshop on Workshop on Multimedia Information Retrieval. Bavaria : Association for Computing Machinery, (323-331)
- [12] Moshfeghi, Y. and Jose, J. M. (2013). "An effective implicit relevance feedback technique using affective, physiological and behavioural features." In Proceedings of 36th International ACM SIGIR Conference on Research and Development in Information Retrieval. Dublin : Association for Computing Machinery, (133-142).
- [13] Zhang, H., Kankanhalli, A. and Smoliar, S. W. (1993). "Automatic Partitioning of Full Motion Video." Multimedia Systems. 1 : 10-28.
- [14] Shahraray B. (1995). "Scene change detection and content-based sampling of video sequences." In Proceedings of Digital Video Compression: Algorithms and Technologies 1995. San Jose : The International Society for Optical Engineering, (2-13).
- [15] Hampapur A., et al. (1996). "The Virage image search engine: An open framework for image management." in Proceedings of Storage and Retrieval for Still Image and Video Databases IV. San Jose : The International Society for Optical Engineering.
- [16] Kasturi, R. and Jain R. (1991). "Dynamic Vision." Computer Vision : Principles. Washington : IEEE Computer Society Press.
- [17] Yang, X. S. (2008). Nature-Inspired Metaheuristic Algorithms. United Kingdom : Luniver Press.
- [18] Pongcharoen, P., et al. (2002). "Determining optimum genetic algorithm parameters for scheduling the manufacturing and assembly of complex products." International