

## บทที่ 4 การทดลอง และผลการทดลอง

เนื้อหาในบทนี้จะอธิบายถึง ขั้นตอนการทดลองเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของ GA ในการแก้ปัญหาการประดิษฐ์ปริศนาอักษรไขว้ภาษาไทย และนำเสนอผลที่ได้จากการทดลอง

### 4.1 ขั้นตอนการทดลอง

ในการทดสอบประสิทธิภาพของ GA ที่นำเสนอไปในบทที่แล้ว จะกำหนดการทดลองที่มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. เลือกปริศนาอักษรไขว้ภาษาไทยจำนวนหนึ่ง เพื่อตั้งเป็นปัญหาสำหรับ GA โดยในงานวิจัยนี้ จะเลือกปริศนาขนาด  $9 \times 9$ ,  $10 \times 10$ ,  $11 \times 11$ , และ  $12 \times 12$  จากสิ่งตีพิมพ์ต่อไปนี้

- หนังสือ ปริศนาอักษรไขว้ [20]
- นิตยสาร มติชนสุดสัปดาห์
- นิตยสาร ปริศนา Special
- หนังสือ ลับสมองประลองเชาวน์ [8]

โดยจะใช้ชื่อเรียกปริศนาตามแหล่งที่มาคือ arthorn\*, matichon\*, special\*, และ suthi\* ตามลำดับ ในส่วนของเครื่องหมาย \* จะถูกแทนที่ด้วยหมายเลข เพื่อกำหนดชื่อเฉพาะสำหรับปริศนาแต่ละชื่อ ปริศนาอักษรไขว้ภาษาไทยที่เลือกมาใช้ทั้งหมด มี 35 ชื่อ ซึ่งสามารถแบ่งตามขนาดได้ ดังนี้

**9 x 9:** arthorn01 - arthorn10, suthi00 - suthi04 (ทั้งหมด 15 ชื่อ)

**10 x 10:** arthorn38, arthorn39, arthorn44, arthorn46, arthorn47 (ทั้งหมด 5 ชื่อ)

**11 x 11:** arthorn37, arthorn40, arthorn43, matichon175 - matichon181 (ทั้งหมด 10 ชื่อ)

**12 x 12:** arthorn36, special1 - special4 (ทั้งหมด 5 ชื่อ)

รายละเอียดต่างๆของปริศนาแต่ละชื่อ ดูได้จากภาคผนวกในส่วนท้ายของรายงานการวิจัยฉบับนี้

2. กำหนดให้บัญชีคำศัพท์พื้นฐานของปริศนาแต่ละชื่อ ประกอบด้วยคำทั้งหมดในคำเฉลยของปริศนานั้น และไม่มีคำอื่นนอกเหนือไปจากนี้ ดังนั้น หาก  $x$  เป็นจำนวน word slot ในแนวนอน และ  $y$  เป็นจำนวน word slot ในแนวตั้งของตารางปริศนาแล้ว จะได้ว่าบัญชีคำศัพท์พื้นฐานจะประกอบด้วยคำทั้งหมดในคำเฉลยของปริศนาจำนวน  $x + y$  คำ

จากนั้น ให้ GA แก้ปัญหาการประคิษฐ์ปริศนาแต่ละข้อ จากบัญชีคำศัพท์พื้นฐานนี้ โดยให้ทำทั้งหมด 5 ครั้ง และในแต่ละครั้ง ให้จับเวลาตั้งแต่เริ่มต้น จนกระทั่ง GA พบผลตอบที่สมบูรณ์ ในการทดลองนี้ จะตั้งค่าพารามิเตอร์ต่างๆของ GA ตามค่า default ของโปรแกรม TXW\_GEN ในบทที่ 3

3. ขยายขนาดของบัญชีคำศัพท์เพื่อให้มีจำนวนคำทั้งหมดเท่ากับ  $q \cdot (x + y)$  คำ โดย  $q$  มีค่าเป็น 2, 3, 4, และ 5 ทั้งนี้ให้เรียกบัญชีคำศัพท์ที่ได้ใหม่นี้ว่า บัญชีคำศัพท์ผสม ซึ่งจะมีสมาชิกส่วนหนึ่งเป็นสมาชิกทั้งหมดในบัญชีคำศัพท์พื้นฐาน และส่วนที่เหลือเป็นคำที่สุ่มเลือกมาจาก คำศัพท์ในพจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน ปี พ.ศ. 2525 พิมพ์ครั้งที่ 6 [45]

ในการขยายบัญชีคำศัพท์ จะให้สัดส่วนของจำนวนคำในแต่ละขนาดในบัญชีคำศัพท์ผสมเหมือนกับในบัญชีคำศัพท์พื้นฐาน กล่าวคือ ถ้า  $w[i]$  คือจำนวนคำทั้งหมดในบัญชีคำศัพท์พื้นฐานที่มีขนาด  $i$  ช่อง จะได้ว่า ในบัญชีคำศัพท์ผสมจะมีจำนวนคำขนาด  $i$  ช่อง ทั้งหมดเท่ากับ  $q \cdot w[i]$

จากนั้น ให้ใช้ GA แก้ปัญหาการประคิษฐ์ปริศนาแต่ละข้อ จากบัญชีคำศัพท์ผสมที่แต่ละค่าของ  $q$  โดยให้ทำทั้งหมด 5 ครั้ง และจับเวลาเช่นเดียวกับการทดลองในข้อ 2

คุณลักษณะของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการทดลองเป็นดังนี้

- ระบบปฏิบัติการ: Windows 2000 ภาษาไทย
- ซีพียู: Pentium 4 ความเร็ว 1.7 GHz
- หน่วยความจำ: 128 Mbyte

#### 4.2 ประสิทธิภาพของ GA: กรณีบัญชีคำศัพท์พื้นฐาน

ในการทดลองนี้ ข้อมูลป้อนเข้าของปัญหาการประคิษฐ์ปริศนาอักษรไขว้ คือตารางปริศนาและบัญชีคำศัพท์พื้นฐาน สาเหตุที่การทดลองนี้กำหนดให้ใช้บัญชีคำศัพท์พื้นฐาน ที่ประกอบด้วยคำเฉพาะที่มีในคำเฉลยของปริศนาเป็นเพราะว่า บัญชีคำศัพท์ในลักษณะนี้ เป็นสิ่งจำเป็นขั้นต่ำสุด (ขนาดเล็กที่สุด) ที่รับประกันว่า ปัญหาการประคิษฐ์ปริศนาจะมีผลตอบที่สมบูรณ์อย่างแน่นอน ดังนั้น หาก GA สามารถค้นพบผลตอบที่สมบูรณ์ของปัญหาได้ ก็จะเป็นการรับรองประสิทธิภาพของ GA ได้ในขั้นต้น

จากการใช้ GA แก้ปัญหาสำหรับปริศนาแต่ละข้อ รวมทั้งหมด 5 ครั้ง จะได้ผลการทดลองเป็นค่าเฉลี่ย และความเบี่ยงเบนมาตรฐานของเวลาที่ GA ใช้ในการแก้ปัญหา จนพบผลตอบสมบูรณ์ของปริศนา ดังนี้

**ปริศนาขนาด 9 x 9:**

ชื่อปริศนาอักษรไขว้	ค่าเฉลี่ยของเวลาที่ใช้ (วินาที)	ความเบี่ยงเบนมาตรฐานของเวลาที่ใช้
arthorn01	1.4	0.49
arthorn02	1.4	0.49
arthorn03	1.8	0.40
arthorn04	2.6	0.49
arthorn05	0.6	0.49
arthorn06	0.6	0.49
arthorn07	2.6	1.02
arthorn08	1.6	0.49
arthorn09	0.6	0.80
arthorn10	0.6	0.49
suthi00	3.2	1.33
suthi01	3.0	0.63
suthi02	2.6	0.80
suthi03	2.6	1.02
suthi04	1.6	0.49

**ปริศนาขนาด 10 x 10:**

ชื่อปริศนาอักษรไขว้	ค่าเฉลี่ยของเวลาที่ใช้ (วินาที)	ความเบี่ยงเบนมาตรฐานของเวลาที่ใช้
arthorn38	7.0	1.10
arthorn39	6.6	0.49
arthorn44	4.8	0.40
arthorn46	1.4	0.80
arthorn47	0.4	0.49

### ปริศนาขนาด 11 x 11:

ชื่อปริศนาอักษรไขว้	ค่าเฉลี่ยของเวลาที่ใช้ (วินาที)	ความเบี่ยงเบนมาตรฐานของเวลาที่ใช้
arthorn37	1.4	0.49
arthorn40	4.0	1.67
arthorn43	15.8	7.44
matichon175	6.4	1.85
matichon176	4.0	1.10
matichon177	3.6	0.49
matichon178	4.6	1.02
matichon179	5.4	1.62
matichon180	12.0	1.79
matichon181	1.6	0.49

### ปริศนาขนาด 12 x 12:

ชื่อปริศนาอักษรไขว้	ค่าเฉลี่ยของเวลาที่ใช้ (วินาที)	ความเบี่ยงเบนมาตรฐานของเวลาที่ใช้
arthorn36	3.0	0.63
special1	6.2	2.48
special2	4.6	2.24
special3	12.6	1.62
special4	4.6	1.74

ในการทดลองนี้ GA สามารถค้นพบผลตอบที่สมบูรณ์สำหรับปริศนาแต่ละข้อ ได้ครบทั้ง 5 ครั้งของการทำงาน

จากผลการทดลองข้างต้น จะได้ว่า ระยะเวลาที่ GA ต้องใช้ในการแก้ปัญหา มีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นตามขนาดของปริศนาที่เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม เวลาที่ใช้ก็ไม่ได้มีค่ามากนัก โดยค่าเฉลี่ยของเวลาสำหรับปัญหาทุกข้อ จะมีค่าไม่เกิน 16 วินาที (ค่าสูงสุดของค่าเฉลี่ยอยู่ที่ปริศนา arthorn43 เท่ากับ 15.8 วินาที) จากผลดังกล่าวนี้ จะเห็นได้ว่า GA สามารถให้ผลตอบที่สมบูรณ์ได้ในระยะเวลาที่สั้นมาก ซึ่งแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของ GA ในการแก้ปัญหาคำปริศนาอักษรไขว้ได้เป็นอย่างดี

นอกจากนี้ ความเบี่ยงเบนมาตรฐานของเวลาที่ GA ใช้ ก็มีค่าน้อยมาก ซึ่งหมายความว่า ไม่ว่าจะให้ GA ทำงานแก้ปัญหาเดียวกันหลายๆครั้ง ค่าของเวลาที่ GA ต้องใช้ จะไม่แตกต่างกันมากนัก จุดนี้แสดงให้เห็นว่า GA มีประสิทธิภาพสูงในการแก้ปัญหาคาดการประดิษฐ์ปริศนาอักษรไขว้ โดยกระบวนการสุ่มใน GA จะไม่มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพของ GA มากนัก

#### 4.3 ประสิทธิภาพของ GA: กรณีปัญหาคำศัพท์ผสม

ในการทดลองนี้ จะใช้ปัญหาคำศัพท์ผสมเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของ GA โดยการเพิ่มขนาดของปัญหาคำศัพท์ ซึ่งการทำเช่นนี้เท่ากับเป็นการเพิ่มจำนวนผลตอบที่เป็นไปได้ของปัญหา นั่นคือปัญหาจะมีปริภูมิของการค้นหา หรือ search space ที่กว้างขึ้น หรือจะได้ปัญหาที่ยากขึ้นนั่นเอง

การกำหนดให้ส่วนหนึ่งในปัญหาคำศัพท์ผสม เป็นคำทั้งหมดในปัญหาคำศัพท์พื้นฐาน เป็นเพราะต้องการรับประกันว่า ปัญหาคาดการประดิษฐ์ปริศนาในการทดลองนี้ จะมีผลตอบที่สมบูรณ์อย่างแน่นอน ดังนั้น หาก GA สามารถค้นพบผลตอบที่สมบูรณ์ได้ ก็จะเป็นการรับรองประสิทธิภาพของ GA ได้

จากการใช้ GA แก้ปัญหาสำหรับปริศนาแต่ละข้อ รวมทั้งหมด 5 ครั้ง จะได้ค่าเฉลี่ยของเวลาที่ GA ใช้ในการค้นหาผลตอบที่สมบูรณ์ ดังผลที่แสดงไว้ด้านล่าง (ค่าที่แสดงเป็นวินาที) โดยในการทดลองนี้ มีการแปรค่าดัชนีการขยายปัญหาคำศัพท์ หรือค่า  $q$  เป็น 2, 3, 4, และ 5 ตามลำดับ

ปริศนาขนาด 9 x 9:

ชื่อปริศนาอักษรไขว้	$q = 1$	$q = 2$	$q = 3$	$q = 4$	$q = 5$
arthorn01	1.4	3.2	3.0	2.6	3.2
arthorn02	1.4	2.2	3.0	3.0	4.0
arthorn03	1.8	1.8	1.4	1.8	2.6
arthorn04	2.6	3.8	4.0	4.4	5.0
arthorn05	0.6	1.6	1.6	2.4	2.2
arthorn06	0.6	0.6	1.0	1.0	1.4
arthorn07	2.6	4.2	4.6	4.0	5.8
arthorn08	1.6	2.6	2.2	3.2	3.2
arthorn09	0.6	0.4	1.4	0.8	1.8
arthorn10	0.6	1.2	1.4	1.4	2.2

suthi00	3.2	4.2	5.6	9.6	9.6
suthi01	3.0	3.8	4.6	5.8	11.2
suthi02	2.6	4.6	5.4	8.0	9.0
suthi03	2.6	4.0	4.8	6.4	10.0
suthi04	1.6	4.2	4.6	5.4	7.8

**ปริศนาขนาด 10 x 10:**

ชื่อปริศนาคณิตศาสตร์	q = 1	q = 2	q = 3	q = 4	q = 5
arthorn38	7.0	8.8	17.4	12.8	17.8
arthorn39	6.6	11.4	26.6	27.0	27.2
arthorn44	4.8	6.4	6.4	9.2	12.2
arthorn46	1.4	3.2	4.8	6.0	8.2
arthorn47	0.4	3.8	5.4	6.6	9.2

**ปริศนาขนาด 11 x 11:**

ชื่อปริศนาคณิตศาสตร์	q = 1	q = 2	q = 3	q = 4	q = 5
arthorn37	1.4	2.2	3.8	6.8	8.0
arthorn40	4.0	8.2	9.2	9.2	12.2
arthorn43	15.8	18.0	21.8	28.4	66.6
matichon175	6.4	14.8	14.8	35.4	34.4
matichon176	4.0	7.8	10.0	11.6	12.8
matichon177	3.6	10.6	21.0	26.8	26.4
matichon178	4.6	6.0	11.0	13.4	24.4
matichon179	5.4	10.2	16.2	22.2	27.8
matichon180	12.0	16.2	29.4	43.8	52.6
matichon181	1.6	2.4	6.0	6.2	7.8

ปริศนาขนาด 12 x 12:

ชื่อปริศนาอักษรไขว้	q = 1	q = 2	q = 3	q = 4	q = 5
arthorn36	3.0	10.2	13.6	14.4	19.4
special1	6.2	14.8	18.0	23.2	26.6
special2	4.6	13.0	15.6	20.8	35.8
special3	12.6	17.6	24.8	27.2	51.2
special4	4.6	11.0	17.8	23.0	27.6

ในผลการทดลองนี้ สดมภ์  $q = 1$  เป็นค่าเฉลี่ยของเวลาที่ GA ใช้แก้ปัญหาในกรณีของบัญชีคำศัพท์พื้นฐาน (ผลการทดลองในหัวข้อ 4.2)

ในการทดลองส่วนนี้ GA ยังคงสามารถค้นหาผลตอบที่สมบูรณ์สำหรับปริศนาแต่ละข้อได้ โดยค้นพบครบทั้ง 5 ครั้งของการทำงาน และสำหรับทุกค่า  $q$

จากผลการทดลองข้างต้นนี้ เห็นได้ชัดว่า ระยะเวลาที่ GA ต้องใช้ในการแก้ปัญหา จะเพิ่มขึ้นตามขนาดของบัญชีคำศัพท์ที่เพิ่มขึ้น นั่นคือตามค่า  $q$  ที่เพิ่มขึ้น ดังนั้น จึงสรุปผลในการทดลองนี้ได้ว่า ขนาดของบัญชีคำศัพท์เป็นปัจจัยหลักประการหนึ่งที่มีผลต่อเวลาของการแก้ปัญหา อย่างไรก็ตาม ในบางกรณีจะมีปริศนาบางข้อที่ให้ผลตรงกันข้ามกับข้อสรุปนี้ ซึ่งจุดนี้สามารถอธิบายได้ว่า เป็นเพราะลักษณะตามธรรมชาติของ GA ที่ทำงานโดยใช้กระบวนการสุ่มในเกือบทุกขั้นตอน ดังนั้นจึงเป็นไปได้ที่ GA จะพบผลตอบที่สมบูรณ์ได้ในเวลาที่สั้นกว่า แม้ว่าบัญชีคำศัพท์จะมีขนาดใหญ่กว่า

การเพิ่มขนาดของบัญชีคำศัพท์ แม้ว่าจะทำให้เวลาการทำงานนานขึ้น แต่จากผลข้างต้น จะเห็นว่า เป็นค่าที่ยอมรับได้ โดยค่าเฉลี่ยของเวลาสำหรับปัญหาทุกข้อ มีค่าไม่เกิน 67 วินาที (และเป็นอีกครั้งที่ค่าสูงสุดเกิดขึ้นในกรณีของปริศนา arthorn43 ซึ่งได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 66.6 วินาที) จากผลดังกล่าวนี้ จะเห็นได้ว่า GA สามารถให้ผลตอบที่สมบูรณ์ได้ในระยะเวลาที่ไม่มากนัก โดยส่วนใหญ่เป็นค่าที่ยอมรับได้ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของ GA ในการแก้ปัญหาคำปริศนาอักษรไขว้ได้เป็นอย่างดี

#### 4.4 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของ GA ในการแก้ปัญหาการประดิษฐ์ปริศนาอักษรไขว้ ทั้งในกรณีที่ใช้บัญชีคำศัพท์พื้นฐาน และที่ใช้บัญชีคำศัพท์ผสม สามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

1. ในการค้นหาผลตอบที่สมบูรณ์ GA มีแนวโน้มที่จะใช้เวลามากขึ้น สำหรับปริศนาขนาดใหญ่ขึ้น ทั้งนี้เพราะจำนวนคำปริศนามีแนวโน้มที่จะเพิ่มมากขึ้น จึงต้องเข้ารหัสผลตอบด้วยขนาดที่ยาวขึ้น และเป็นเหตุให้ขั้นตอนต่างๆของ GA ต้องใช้เวลามากขึ้นตามไปด้วย

แต่ทว่า แนวโน้มของการเพิ่มขึ้นของเวลาที่ GA ใช้แก้ปัญหา ก็ไม่ได้เด่นชัดนัก เช่นปรากฏว่า ปริศนาที่ใช้เวลามากที่สุดจะไม่ใช้ปริศนาขนาดใหญ่ที่สุด จึงกล่าวได้ว่า ขนาดของปริศนามีผลกระทบต่อการทำงานของ GA แต่จะไม่ใช่ปัจจัยหลักแต่อย่างใด

2. กระบวนการสุ่มใน GA ไม่ส่งผลกระทบต่อเวลาที่อัลกอริทึมใช้แก้ปัญหามากนัก กล่าวคือเวลาจะไม่ขึ้นกับตัวแปรสุ่ม ทำให้ไม่ว่า GA จะทำงานแก้ปัญหาเดียวกันกี่ครั้งก็ตาม ก็ไม่ทำให้เวลาในแต่ละครั้งมีค่าแตกต่างกันนัก
3. ขนาดของบัญชีคำศัพท์เป็นปัจจัยหลักที่มีผลกระทบต่อเวลาในการแก้ปัญหาของ GA กล่าวคือ สำหรับปริศนาข้อเดียวกัน GA จะใช้เวลามากขึ้นเมื่อบัญชีคำศัพท์มีขนาดใหญ่ขึ้น สาเหตุหลักเป็นเพราะการเพิ่มขนาดของบัญชีคำศัพท์ เท่ากับเป็นการเพิ่มปริมาณการค้นหาของปัญหา ซึ่งหมายความว่าปัญหาจะมีความยากมากขึ้นนั่นเอง

จากผลการทดลองทั้งหมดข้างต้น สามารถสรุปโดยรวมได้ว่า GA ที่เสนอในโครงการวิจัยนี้เป็นอัลกอริทึมที่มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาการประดิษฐ์ปริศนาอักษรไขว้ภาษาไทยได้เป็นอย่างดี ดังนั้นโปรแกรม TXW\_GEN ที่พัฒนาขึ้นจาก GA นี้ จึงเป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์ในการช่วยประดิษฐ์ปริศนาอักษรไขว้ภาษาไทย