

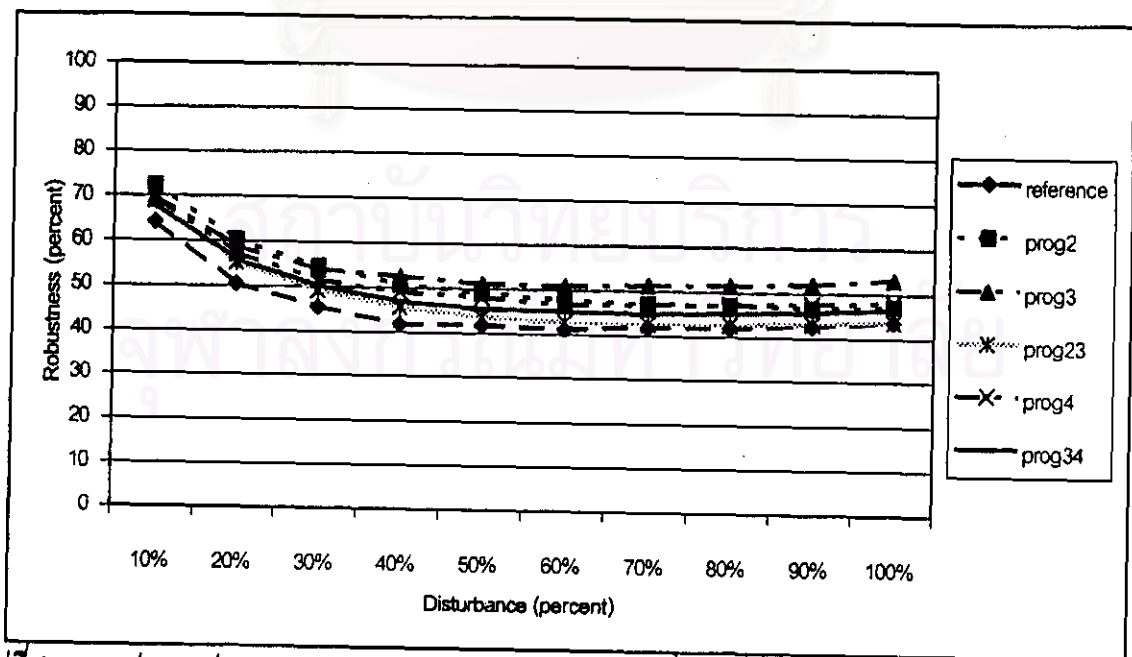
บทที่ 3

การทดลอง

บทนี้เสนอขั้นตอนในการหาวิธีเพิ่มความทนทานให้กับวิธีการเรียนรู้แบบกำหนดการเชิงพันธุกรรม โดยอาศัยการปรับเปลี่ยนฟังก์ชันที่เป็นส่วนประกอบของผลเฉลย แนวคิดบางประการที่นำไปสู่การออกแบบการทดลองนั้นได้มาจากงานวิจัย[3] ที่นำเสนอว่าสาเหตุส่วนหนึ่งที่มีส่วนทำให้ผลเฉลยมีความทนทานนั้นมาจากการกำหนดฟังก์ชันที่เหมาะสม ในงานวิจัยนั้นเชื่อว่าฟังก์ชันดังกล่าวคือ prog2 ซึ่งเป็นฟังก์ชันที่สร้างให้เกิดส่วนล้นเกิน (redundancy) ภายในผลเฉลย การทดลองได้เริ่มจากแนวทางของผลงานวิจัยดังกล่าว จากนั้น ได้ตั้งสมมติฐานว่า ถ้าผลเฉลยที่ยังมีทางเลือกได้ในขณะเผชิญสถานการณ์ที่เปลี่ยนไป ก็ควรจะทำให้ผลเฉลยนั้นมีความทนทานมาก ภายใต้สมมติฐานดังกล่าว ผู้วิจัยได้ทำการสร้างฟังก์ชันพิเศษที่มี 2 ทางเลือกโดยที่การเลือกทางใดทางหนึ่งนั้นขึ้นกับการสุ่ม

3.1 การวัดค่าความทนทานของผลเฉลยที่มีโครงสร้างฟังก์ชันต่างกัน

การทดลองนี้ปรับปรุงมาจากแนวคิดในงานวิจัย [3] ซึ่งได้สรุปผลการทดลองว่า การที่หุ่นยนต์มีความทนทานมากขึ้นนอกจากจะเป็นเพราะความสามารถของตัวตรวจจับ(sensor)ช่วยกันหลายชนิดอันเป็นสมาชิกของกลุ่มเทอมินอล แล้วยังอาจเป็นผลมาจากองค์ประกอบในโปรแกรมที่ทำให้บางส่วนของโปรแกรมเป็นส่วนล้นเกิน และองค์ประกอบที่กล่าวถึงนั้นคือ ฟังก์ชัน prog2



รูปที่ 3.1 กราฟแสดงค่าความทนทานของผลเฉลยรูปแบบต่างๆ ซึ่งกลุ่มฟังก์ชันที่ใช้ประกอบด้วยประเภทของฟังก์ชันที่ต่างกัน

รูปแบบของเทอมินอลในโครงสร้างผลเฉลยในทุกการทดลองสำหรับงานวิจัยชิ้นนี้จะใช้ชุดเดียวกัน ในขณะที่ฟังก์ชันในโครงสร้างผลเฉลยจะถูกกำหนดให้แตกต่างกันไป เพื่อตรวจสอบผลที่เกิดขึ้นจากผลเฉลยที่มีรูปแบบของฟังก์ชันที่แตกต่างกัน

พิจารณาจากรูปที่ 3.1 เป็นตัวอย่าง กลุ่มฟังก์ชันในโครงสร้างของผลเฉลยสำหรับแต่ละเส้นกราฟนั้นมีฟังก์ชันในกลุ่มฟังก์ชันพื้นฐานเป็นส่วนประกอบเสมอ โดยที่อาจจะมีฟังก์ชันในกลุ่มของฟังก์ชันตัวเลือกเพิ่มเข้ามาได้ตามแต่กำหนด โดยแสดงส่วนประกอบของฟังก์ชันในผลเฉลยของเส้นกราฟแต่ละแบบในตารางที่ 3.1

เส้นกราฟ	รูปแบบของฟังก์ชันในโครงสร้างของผลเฉลย
reference	if-and if-or if-not
prog2	if-and if-or if-not prog2
prog3	if-and if-or if-not prog3
prog4	if-and if-or if-not prog4
prog23	if-and if-or if-not prog2 prog3
prog34	if-and if-or if-not prog3 prog4

ตารางที่ 3.1 ส่วนประกอบของฟังก์ชันในผลเฉลยของเส้นกราฟแต่ละแบบ

จำนวนสนามทดสอบที่ใช้หาค่าความทนทานซึ่งสนามทดสอบนั้นเป็นสนามที่ถูกเปลี่ยนแปลงมาจากสนามเรียนรู้ที่ใช้ในขั้นตอนของกำหนดการเชิงพันธุกรรม สำหรับการทดลองนี้กำหนดไว้จำนวนทั้งสิ้น 1500 สนาม

เกณฑ์การสิ้นสุดการปฏิบัติการของผลเฉลยในช่วงการประมวลผลในสนามก่อนที่จะนำไปทำการวัดประสิทธิภาพเพื่อหาค่าความเหมาะสมให้กับผลเฉลย กำหนดไว้สำหรับการทดลองดังนี้

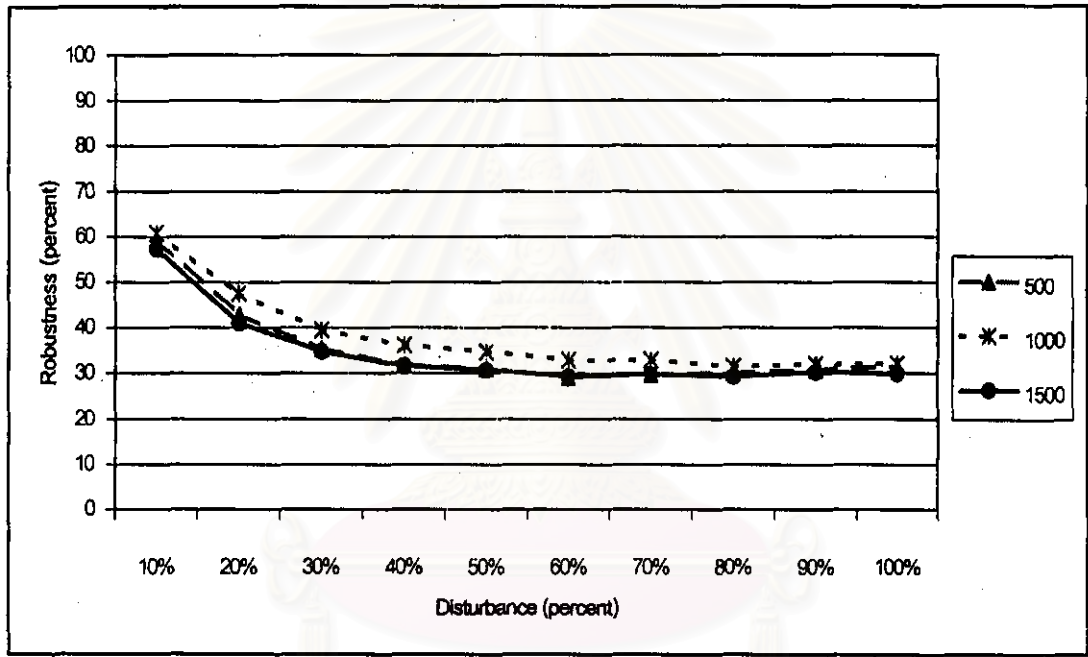
- จำนวนรอบของการปฏิบัติการของแต่ละผลเฉลย กำหนดไว้ต้องไม่เกิน 400 รอบ
- จำนวนการเคลื่อนที่กำหนดให้ไม่เกิน 6000 ก้าว
- เมื่อเคลื่อนที่ไปถึงยังเป้าหมาย

จากผลการทดลองที่แสดงไว้ในรูปที่ 3.1 จะพบว่าเส้นกราฟที่ผลเฉลยมีฟังก์ชันตัวเลือกเป็นส่วนประกอบให้ผลค่าความทนทานที่สูงกว่าเส้นกราฟที่มีเพียงกลุ่มฟังก์ชันพื้นฐานเป็นส่วนประกอบในผลเฉลยเท่านั้น แต่อย่างไรก็ดี ผลที่ได้ยังคงมีค่าที่ค่อนข้างใกล้เคียงและไม่สามารถเห็นความแตกต่างที่เด่นชัดนัก

3.2 การหาจำนวนสนามทดสอบที่เหมาะสมที่ใช้หาค่าความทนทาน

จุดประสงค์ในการทดลองนี้ เพื่อปรับหาจำนวนสนามที่ใช้ทดสอบความทนทานที่เหมาะสม โดยไม่ต้องการให้ใช้จำนวนสนามมากเกินไปจนความจำเป็น อีกทั้งจำนวนสนามทดสอบที่น้อยลงจะช่วยลดเวลาการประมวลผล

ผลเฉลยที่สร้างขึ้นในการทดลองนี้ ใช้ผลเฉลยที่มีฟังก์ชันอยู่ในกลุ่มของฟังก์ชันพื้นฐานเท่านั้น (if-and, if-or, if-not) โดยกำหนดให้แปรค่าจำนวนสนามทดสอบที่ใช้หาค่าความทนทาน เพื่อตรวจสอบว่าจำนวนสนามที่ต่างกันส่งผลให้ค่าเฉลี่ยที่ได้ต่างกันหรือไม่อย่างไร ในการทดลองใช้ค่าที่ต่างกัน 3 ค่า คือ 500 1000 และ 1500 สนาม



รูปที่ 3.2 กราฟแสดงค่าความทนทานของผลเฉลยแบบเดียวกันแต่สนามทดสอบที่ใช้หาค่าความทนทานมีจำนวนไม่เท่ากัน

เวลาที่ใช้ในการทดลอง ตามรูปที่ 3.2 จะใช้เวลารวมทั้งสิ้น 47 ชั่วโมง 36 นาที (บนเครื่อง Pentium 200 MHz RAM 64 MB) เวลาที่ใช้สำหรับแต่ละเส้นกราฟอาจแบ่งได้เป็น 2 ช่วง คือ เวลาที่ใช้ในกระบวนการปกติของกำหนดการเชิงพันธุกรรมกับเวลาที่ใช้ในการหาค่าความทนทานของผลเฉลยซึ่งเลือกมาจากกลุ่มสุดท้ายของกระบวนการกำหนดการเชิงพันธุกรรม โดยแสดงเวลาที่ใช้ในการประมวลผลในแต่ละช่วงของเส้นกราฟแต่ละเส้นไว้ในตารางที่ 3.2

ชื่อเส้นกราฟ	เวลาที่ใช้สำหรับกระบวนการปกติ ของกำหนดการเชิงพันธุกรรม	เวลาที่ใช้ในการหาค่าความทนทาน
500	6 ชั่วโมง 51 นาที	4 ชั่วโมง 36 นาที
1000	6 ชั่วโมง 29 นาที	9 ชั่วโมง 5 นาที
1500	6 ชั่วโมง 36 นาที	14 ชั่วโมง

ตารางที่ 3.2 เวลาที่ใช้ในการประมวลผลของแต่ละเส้นกราฟ

จากข้อมูลดังกล่าวจะเห็นว่าจำนวนสนามทดสอบไม่มีผลต่อเวลาที่ใช้สำหรับกระบวนการปกติของกำหนดการเชิงพันธุกรรม แต่มีผลต่อเวลาที่ใช้หาค่าความทนทานซึ่งส่งผลกระทบต่อเวลาโดยรวมด้วย โดยพบว่าการลดจำนวนสนามลง 500 สนาม จะลดเวลาโดยประมาณได้ถึง 5 ชั่วโมงสำหรับเส้นกราฟ 1 เส้น ซึ่งได้ทำการทดลองซ้ำ 20 ครั้ง (และลดเวลาได้ประมาณ 10 ชั่วโมง สำหรับเส้นกราฟ eio2 ซึ่งสาเหตุที่ eio2 ใช้เวลามากกว่าเส้นกราฟทั่วไปจะได้อธิบายในหัวข้อถัดไป)

จากผลการทดลองตามรูปที่ 3.2 จะเห็นว่า ค่าความทนทานของผลเฉลยลักษณะเดียวกัน ภายใต้จำนวนสนามทดสอบที่ต่างกันมีค่าใกล้เคียงกันพอสมควร ดังนั้น การทดลองทั้งหมดในที่นี้เราเลือกกำหนดการทดลองบนจำนวนสนามทดสอบที่ 1000 สนาม สำหรับแต่ละค่าเปอร์เซ็นต์ความเปลี่ยนแปลงของสนาม

3.3 การวัดค่าความทนทานของผลเฉลยที่เพิ่มฟังก์ชันพิเศษที่กำหนด

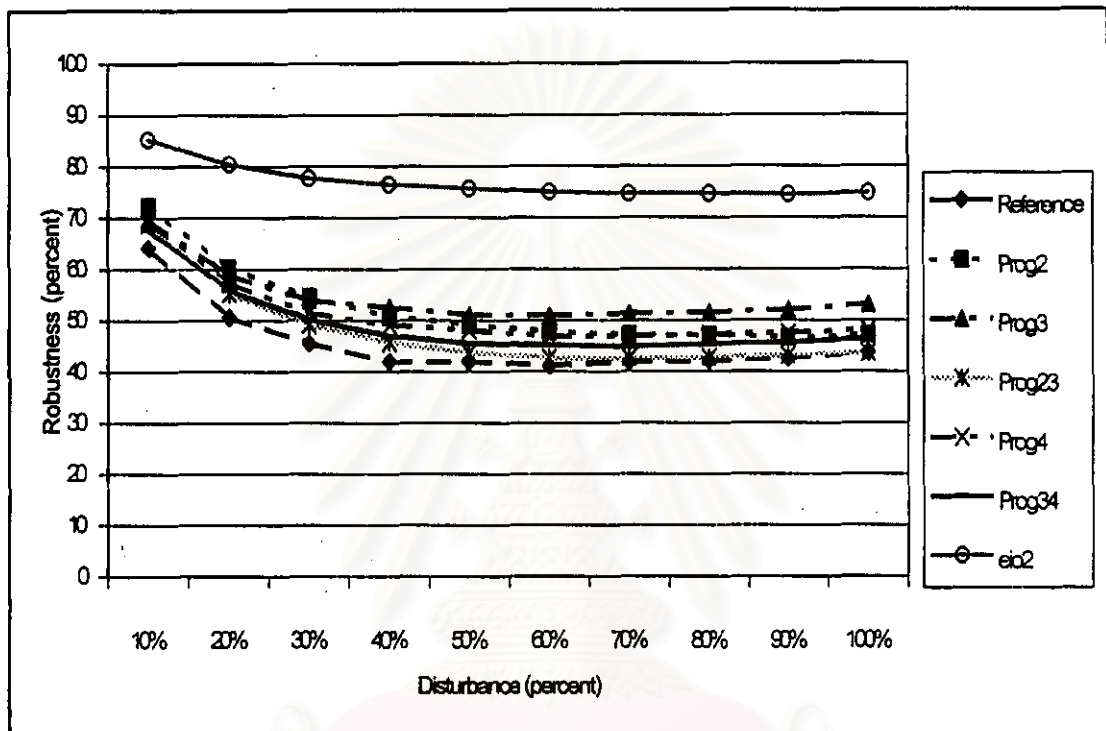
จากงานวิจัย[3] ที่กล่าวถึงส่วนล้นเกิน(redundancy) ในผลเฉลยว่าหมายถึงส่วนซึ่งไม่ได้ใช้ในสถานการณ์หนึ่งแต่ถูกใช้ประโยชน์ได้ในอีกสถานการณ์หนึ่งนั้น ผู้วิจัยจึงได้ตั้งสมมติฐานที่ว่า การสร้างให้ผลเฉลยมีทางเลือกมากขึ้น น่าจะทำให้ผลเฉลยนั้นมีความทนทานมากขึ้น สมมติฐานดังกล่าวได้นำไปสู่การสร้างฟังก์ชันพิเศษที่มี 2 ทางเลือก ซึ่งการเลือกทางใดทางหนึ่งนั้นขึ้นกับการสุ่ม โดยเรียกฟังก์ชันพิเศษนี้ว่า eio2 (2-way Either Or function)

การทดลองเพื่อเปรียบเทียบค่าความทนทานของผลเฉลยที่มีฟังก์ชันที่กำหนดขึ้นมาใหม่เป็นส่วนประกอบ กับค่าความทนทานของผลเฉลยลักษณะต่างๆ ที่ได้ถูกแสดงไว้ก่อนหน้านี้ ในรูปที่ 3.1 ปรากฏผลของการทดลองเป็นไปดังในรูปที่ 3.3

กลุ่มฟังก์ชันในโครงสร้างของผลเฉลยสำหรับเส้นกราฟ eio2 มีเพียงฟังก์ชันพื้นฐาน คือ if-and if-or if-not และฟังก์ชันพิเศษ eio2 เท่านั้น

เนื่องจาก eio2 เป็นฟังก์ชันที่อาศัยการสุ่มในการเลือกใช้ต้นไม้ย่อยด้านใดด้านหนึ่ง การสุ่มนั้นกระทำในช่วงของการประมวลผลผลเฉลยในสนามเพื่อทำการประเมินผลและหาค่าความเหมาะสมของผลเฉลย เนื่องจากตามลักษณะของฟังก์ชัน eio2 ที่ได้กล่าวถึงนั้นทำให้การประมวลผลผลเฉลยเดิมที่มีส่วนประกอบของฟังก์ชัน eio2 ในสนามเดิม 2 ครั้งมีโอกาสเป็นไปได้ที่เส้นทางการเดินและค่าความ

เหมาะที่จะได้ค่าจะต่างกัน ในขณะที่ผลเฉลยที่ไม่มีฟังก์ชัน $eio2$ เป็นส่วนประกอบนั้นจะได้ผลลัพธ์และเส้นทางการเดินที่คงเดิมเสมอไปถ้าประมวลผลผลเฉลยนั้นในสนามเดิมด้วยเงื่อนไขเริ่มต้นเดิม ด้วยเหตุดังกล่าว การหาค่าความเหมาะสมของผลเฉลยใดๆ ที่มีฟังก์ชัน $eio2$ เป็นส่วนประกอบนั้นจึงได้กำหนดจากค่าเฉลี่ยของค่าความเหมาะสมที่ได้จากการประมวลผลผลเฉลยนั้นในสนามเดิมซ้ำๆ กันหลายครั้ง โดยในที่นี้กำหนดให้จำนวนการประมวลผลผลเฉลยเดิมซ้ำในสนามเดิมเป็นจำนวน 6 ครั้ง



รูปที่ 3.3 กราฟแสดงค่าความทนทานของผลเฉลยรูปแบบต่างๆ ซึ่งกลุ่มฟังก์ชันที่ใช้ประกอบด้วยประเภทของฟังก์ชันที่ต่างกันและผลเฉลยที่มีฟังก์ชันพิเศษ $eio2$ เป็นส่วนประกอบ

ผลการทดลองแสดงให้เห็นความแตกต่างของเส้นกราฟ $eio2$ กับเส้นกราฟอื่นๆ อย่างเห็นได้ชัด โดยสามารถกล่าวได้ว่าผลเฉลยที่มีฟังก์ชันพิเศษ $eio2$ เป็นส่วนประกอบให้ค่าความทนทานที่สูงกว่าผลเฉลยที่มีส่วนประกอบรูปแบบอื่นๆ โดยในส่วนต่อไปจะได้ทำการศึกษาต่อไปถึงสาเหตุที่ทำให้ผลเฉลยที่มีฟังก์ชันพิเศษ $eio2$ เป็นส่วนประกอบนั้นทนทานกว่าผลเฉลยลักษณะอื่นๆ

3.4 การหาข้ออธิบายความทนทานที่เกิดขึ้นกับผลเฉลยซึ่งมีฟังก์ชัน $eio2$ เป็นส่วนประกอบ

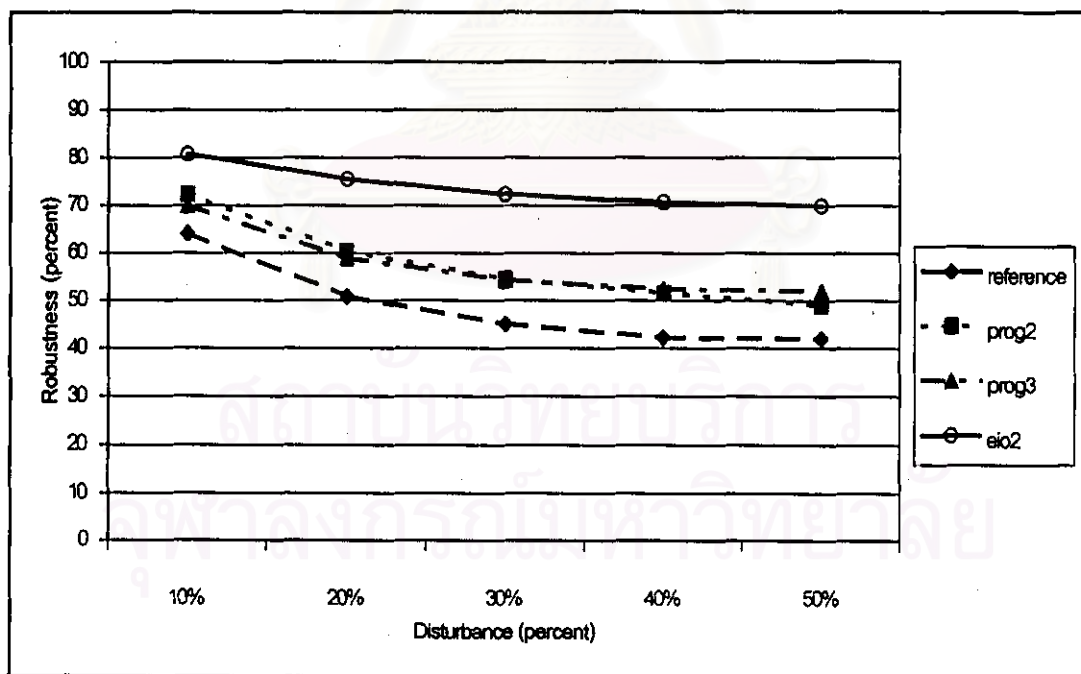
การทดลองได้ถูกออกแบบขึ้นในแง่มุมมองต่างๆ เพื่อต้องการหาคำอธิบายในการที่ผลเฉลยซึ่งมีฟังก์ชัน $eio2$ เป็นส่วนประกอบนั้นมีค่าความทนทานสูงกว่าผลเฉลยแบบอื่นอย่างเห็นได้ชัด ผู้วิจัยได้ทำการรวบรวมการทดลองต่างๆ ดังกล่าวนำเสนอไว้ในที่นี้ แม้ว่าสำหรับหลายการทดลองนั้นอาจกล่าวได้

ว่าเป็นการทดลองที่ล้มเหลว คือ ไม่สามารถสรุปเพื่อสร้างเป็นข้ออธิบายได้ แต่การทดลองเหล่านั้นก็มีส่วนที่นำไปสู่การค้นคว้าวิธีอื่นและทำการทดลองต่อไปจนได้การทดลองที่สามารถให้ข้ออธิบายได้

การทดลองในแต่ละรูปแบบ จะทำการทดลองอย่างน้อย 2 ชุด เพื่อให้เห็นความชัดเจนในการสรุปผลจากการทดลอง สำหรับความแตกต่างของการทดลองในแต่ละชุดนั้นอยู่ที่เกณฑ์การสิ้นสุดของการปฏิบัติการของผลเฉลยอันมีเงื่อนไขกำหนดไม่เท่ากัน

การทดลองในส่วนนี้ มีการตัดทอนบางส่วนเพื่อลดเวลาที่ใช้ในแต่ละการทดลองลงโดยได้ทำการตั้งข้อกำหนดใหม่สำหรับการทดลองต่อไป เมื่อเปรียบเทียบกับรูปแบบการทดลองเดิม (ตัวอย่างเช่นรูปที่ 3.3) เราได้ทำการตัดบางเส้นกราฟที่ไม่เป็นข้อสำคัญในการทดลองทิ้งและเลือกทดลองโดยคงบางเส้นกราฟเหล่านี้ไว้ อันได้แก่ *eo2* reference *prog2* และ *prog3* ประการต่อมา เมื่อได้พิจารณาจากรูปที่ 3.1 และรูปที่ 3.3 จะพบว่าค่าความทนทานของทุกเส้นกราฟ ณ.แกนแนวนอน (%Disturbance) ตั้งแต่ตำแหน่งที่ 50% เป็นต้นไปเกิดการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก ด้วยเหตุนี้ ในการทดลองต่อไปจะทำการหาค่าความทนทานของผลเฉลยแต่ละตัว ณ.เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของสนามทดสอบจากขอบเขต 10% กระทั่งถึง 50% เท่านั้น

สำหรับรูปที่ 3.4 เป็นรูปการทดลองที่ได้ทำการปรับลดดังที่ได้กล่าวมา โดยเป็นการปรับลดจากรูปที่ 3.3



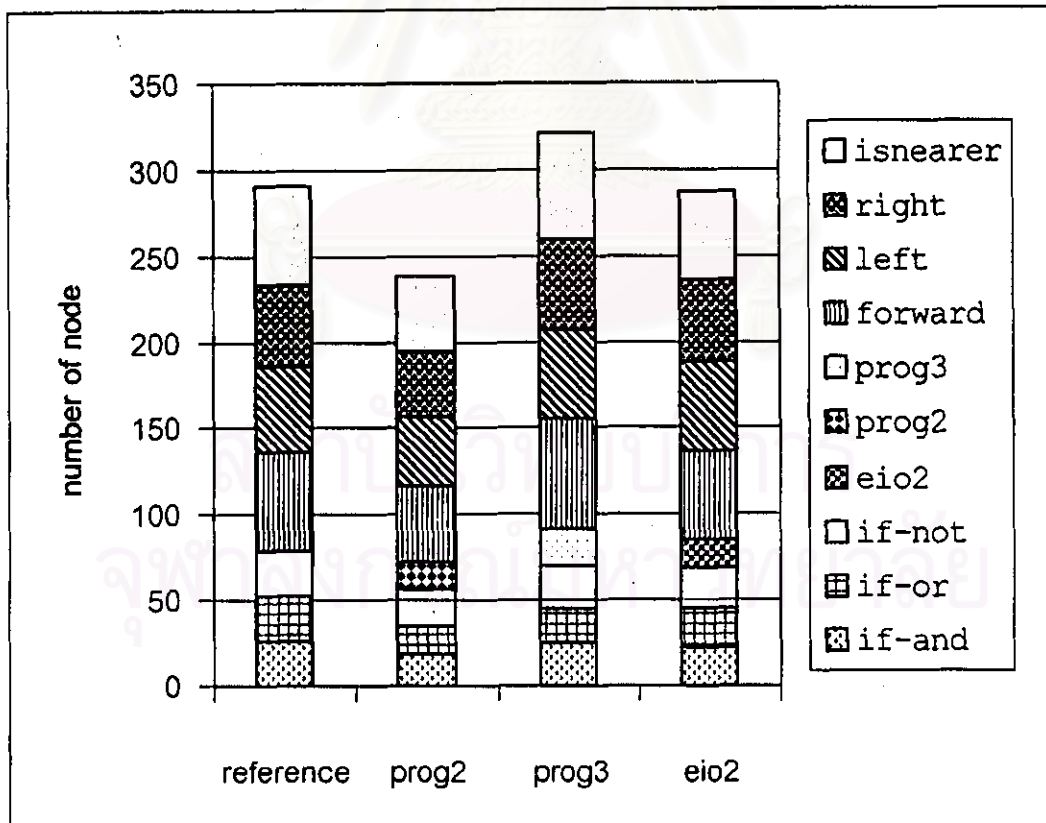
รูปที่ 3.4 กราฟแสดงค่าความทนทานของผลเฉลยต่างๆ โดยกำหนดเกณฑ์สิ้นสุดการปฏิบัติการเป็นจำนวนรอบ 400 รอบหรือจำนวนก้าว 6000 ก้าว

3.4.1 จำนวนโหนดของผลเฉลย

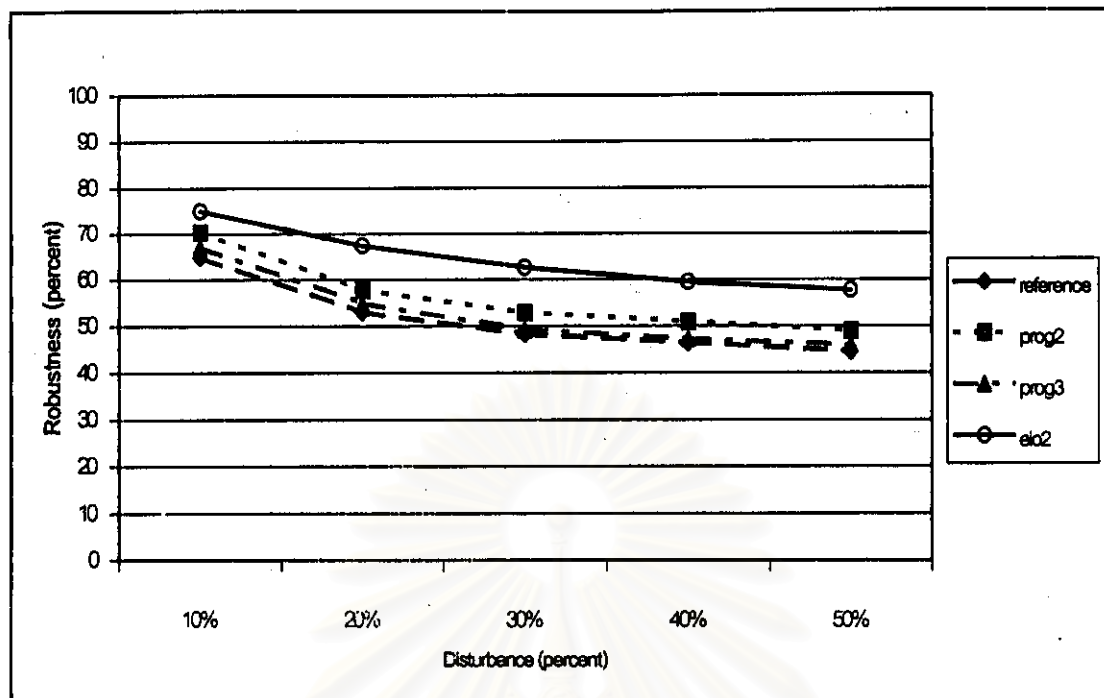
จุดประสงค์ของการทดลองนี้ เพื่อทดสอบว่าจำนวนโหนดของผลเฉลยมีความสัมพันธ์กับค่าความหนาแน่นของผลเฉลยนั้นหรือไม่ โดยข้อแตกต่างของการทดลองในรูปที่ 3.4 กับรูปที่ 3.6 แสดงได้ดังตารางที่ 3.3

รูปแผนภาพ	เกณฑ์สิ้นสุดการปฏิบัติการของผลเฉลย
รูปที่ 3.4	<ul style="list-style-type: none"> - จำนวนรอบของการปฏิบัติการของแต่ละผลเฉลย ไม่เกิน 400 รอบ - จำนวนการเคลื่อนที่ไม่เกิน 6000 ก้าว - เดินถึงเป้าหมาย
รูปที่ 3.6	<ul style="list-style-type: none"> - จำนวนรอบของการปฏิบัติการของแต่ละผลเฉลย ไม่เกิน 400 รอบ - จำนวนการเคลื่อนที่ไม่เกิน 4000 ก้าว - เดินถึงเป้าหมาย

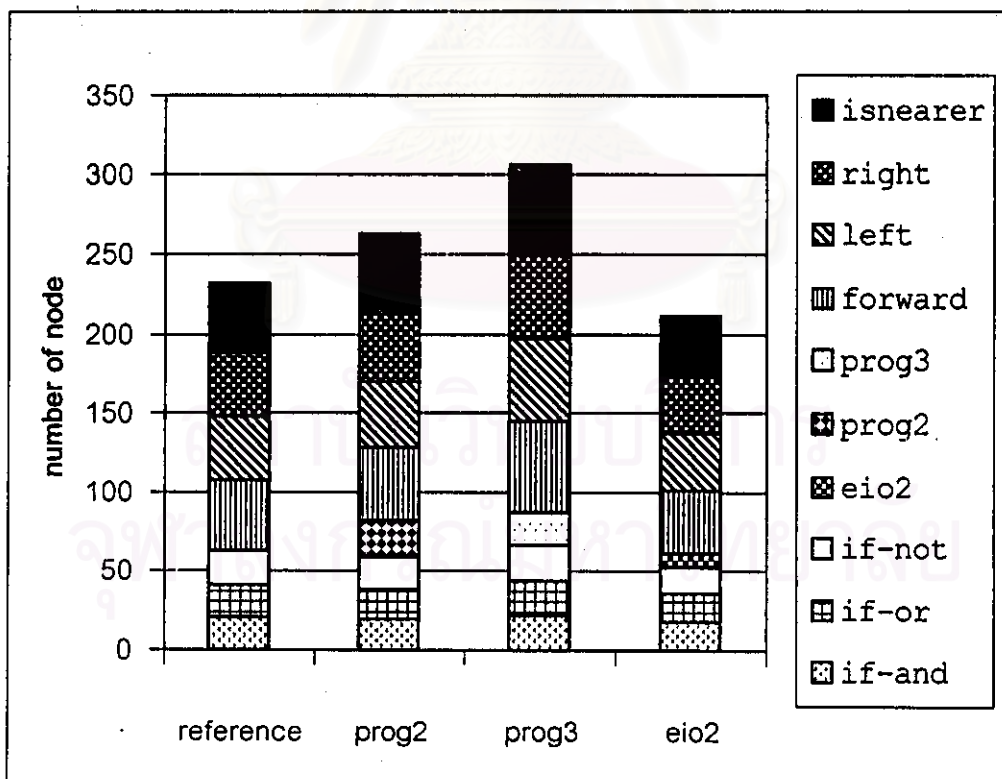
ตารางที่ 3.3 ข้อแตกต่างของการทดลองในรูปที่ 3.4 กับรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.5 กราฟแสดงจำนวนโหนดของผลเฉลยซึ่งเป็นผลเฉลยเดียวกับที่ใช้ในการหาค่าความหนาแน่นดังแสดงในกราฟรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.6 กราฟแสดงค่าความทนทานของผลเฉลยต่างๆ โดยกำหนดเกณฑ์สิ้นสุดการปฏิบัติการเป็นจำนวนรอบ 400 รอบหรือจำนวนก้าว 4000 ก้าว



รูปที่ 3.7 กราฟแสดงจำนวนโนดของผลเฉลยซึ่งเป็นผลเฉลยเดียวกับที่ใช้ในการหาค่าความทนทานดังแสดงในกราฟรูปที่ 3.6

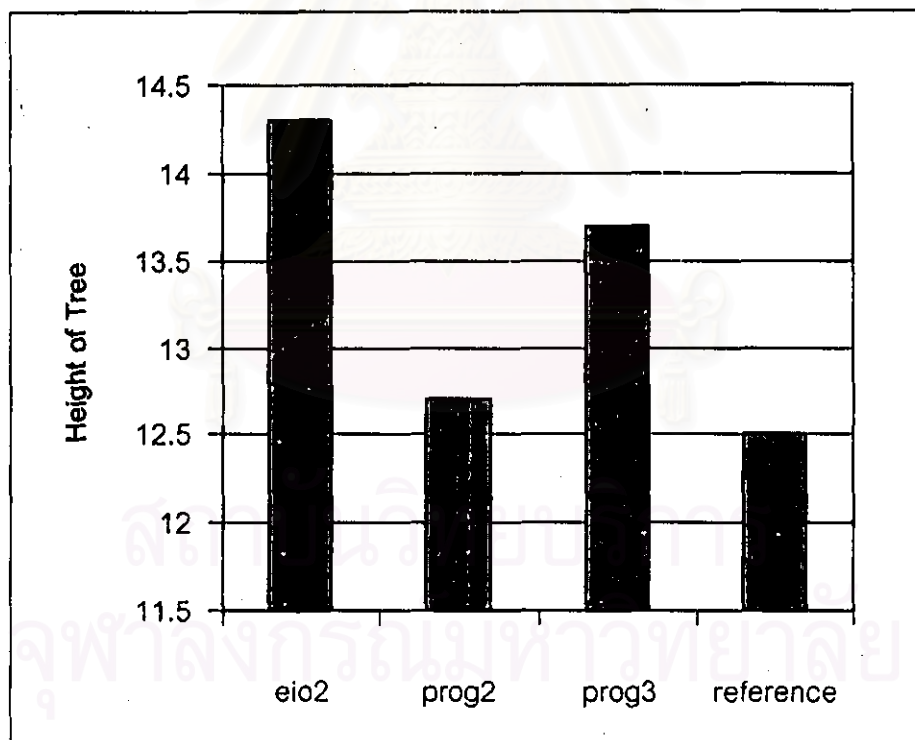
ผลเฉลี่ยที่นำมาหาจำนวนโนดในรูปที่ 3.5 เป็นผลเฉลี่ยเดียวกับที่ใช้หาค่าความหนาแน่นอันแสดงในรูปที่ 3.4 ในขณะที่ผลเฉลี่ยที่นำมาหาจำนวนโนดในรูปที่ 3.7 ก็เป็นผลเฉลี่ยเดียวกับที่ใช้หาค่าความหนาแน่นอันแสดงไว้ในรูปที่ 3.6

จากกราฟในรูปที่ 3.4 กับรูปที่ 3.5 จะพบว่าไม่ปรากฏความสัมพันธ์ของจำนวนโนด กับค่าความหนาแน่นของผลเฉลี่ย ประกอบกับเมื่อพิจารณาในรูปที่ 3.6 และรูปที่ 3.7 รวมด้วยแล้ว สามารถสรุปได้ชัดเจนว่าจำนวนโนดของผลเฉลี่ยไม่มีส่วนเกี่ยวข้องกับค่าความหนาแน่นของผลเฉลี่ยนั้นๆ

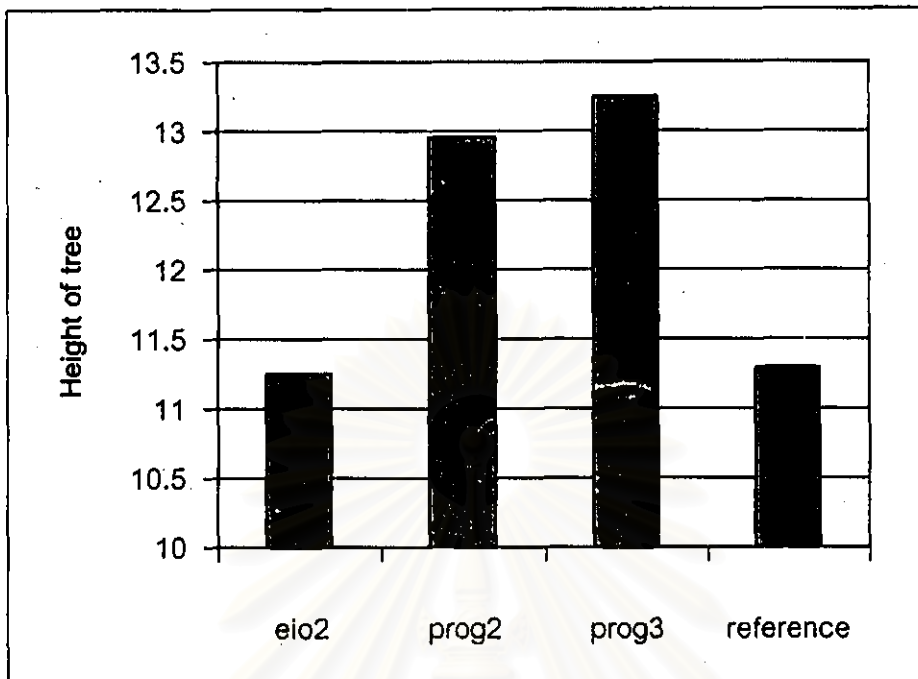
ส่วนย่อยในแท่งกราฟของรูปที่ 3.5 และรูปที่ 3.7 แสดงจำนวนแยกตามลักษณะของโนด ซึ่งไม่เห็นความสัมพันธ์กับค่าความหนาแน่นเช่นกัน

3.4.2 ความสูงจากโครงสร้างต้นไม้ของผลเฉลี่ย

จุดประสงค์ของการทดลองนี้ เพื่อทดสอบว่าความสูงของโครงสร้างผลเฉลี่ยนั้นสัมพันธ์กับค่าความหนาแน่นของผลเฉลี่ยหรือไม่



รูปที่ 3.8 กราฟแสดงความสูงของผลเฉลี่ยซึ่งเป็นผลเฉลี่ยเดียวกับที่ใช้ในการหาค่าความหนาแน่นดังแสดงในกราฟรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.9 กราฟแสดงความสูงของผลเฉลยซึ่งเป็นผลเฉลยเดียวกับที่ใช้ในการหาค่าความทนทานดังแสดงในกราฟรูปที่ 3.6

ความสูงที่แสดงในรูปที่ 3.8 เป็นความสูงของผลเฉลยที่แสดงค่าความทนทานไว้ในรูปที่ 3.4 ในขณะที่ความสูงซึ่งแสดงในรูปที่ 3.9 ก็เป็นความสูงของผลเฉลยที่แสดงค่าความทนทานไว้ในรูปที่ 3.6

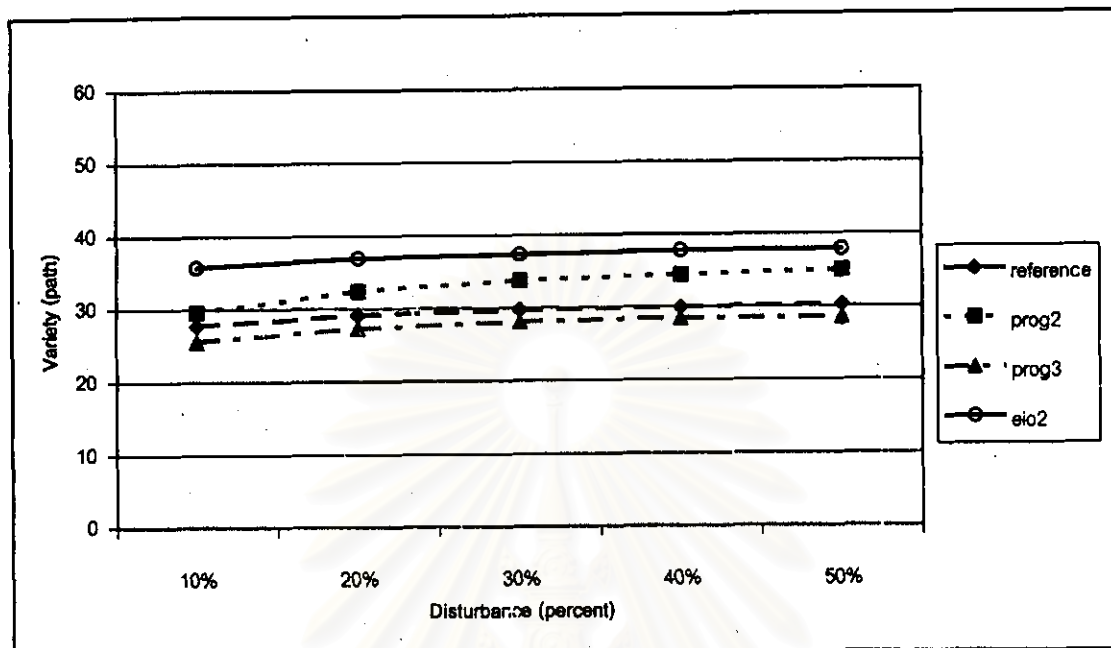
เมื่อพิจารณาจากกราฟรูปที่ 3.8 เทียบกับรูปที่ 3.4 แล้วอาจกล่าวได้ว่าความสูงมีส่วนสัมพันธ์กับค่าความทนทานของผลเฉลย แต่ถ้าพิจารณารูปที่ 3.9 เทียบกับรูปที่ 3.6 ร่วมด้วยแล้ว ก็ไม่อาจสรุปได้ว่าค่าความทนทานเกี่ยวข้องสัมพันธ์กับความสูงของผลเฉลย

3.4.3 ความหลากหลายของเส้นทาง(Path Variety)ของผลเฉลยที่ได้ในช่วงการประเมินความทนทานของผลเฉลย

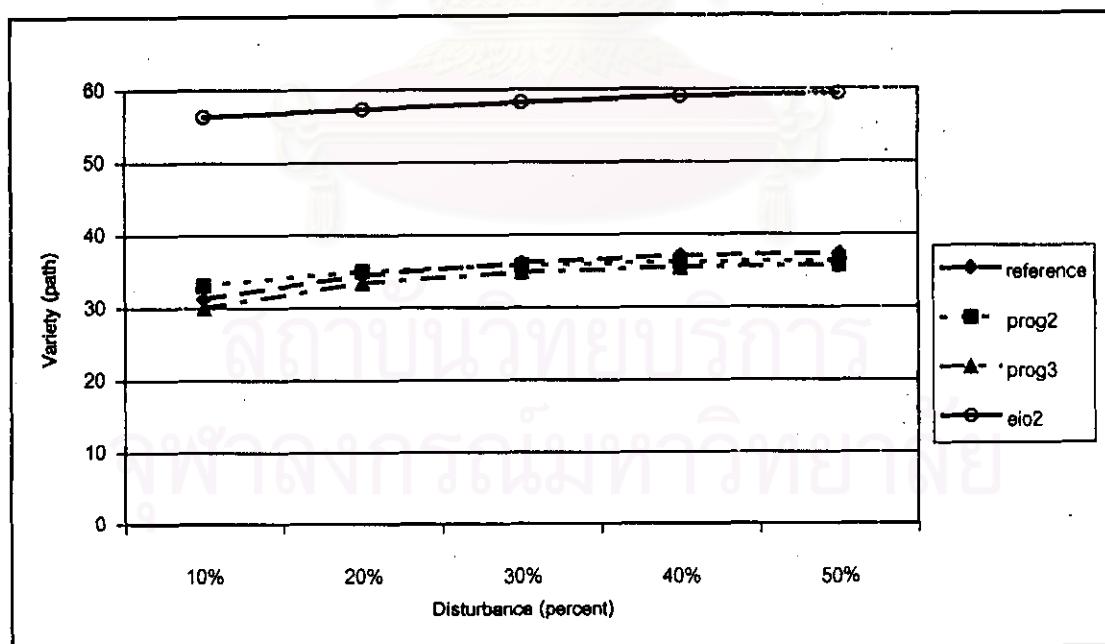
เส้นทาง(path) ในการทดลองนี้หมายถึง สายของโนด(node string) ที่จัดเรียงลำดับจากการท่องไปในโครงสร้างของผลเฉลยแบบก่อนลำดับ(preorder) เริ่มจากราก(root)ไปจนถึงใบที่เป็นจุดปลายของเส้นทาง ถือเป็น 1 รอบของการปฏิบัติการผลเฉลย

ระหว่างการประมวลผลผลเฉลยในสนามนั้น การปฏิบัติการของผลเฉลยจะเกิดขึ้นหลายรอบกว่าที่จะบรรลุตามเกณฑ์การสิ้นสุดการปฏิบัติการของผลเฉลยที่กำหนด เราวัดค่าความหลากหลาย

หลายของเส้นทาง(path variety value) โดยนับจำนวนสายของโนตที่ได้มาในช่วงการประมวลผลโดยสายของโนตใดมีลักษณะที่ซ้ำกับสายของโนตที่ถูกนับไปแล้วจะไม่ถูกนับอีก

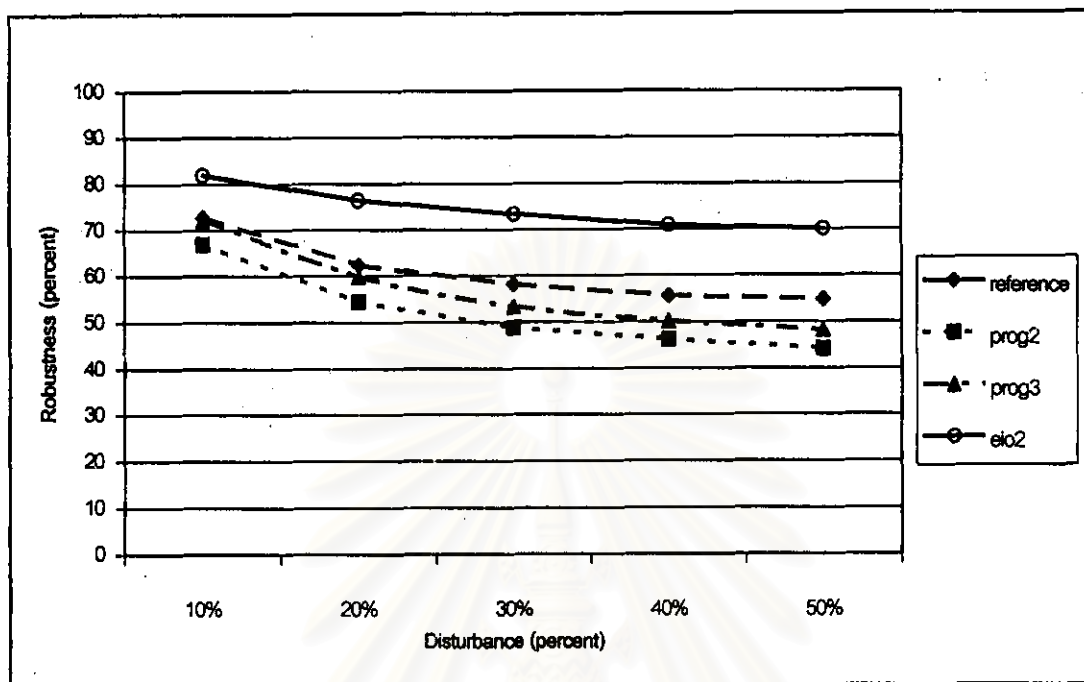


รูปที่ 3.10 กราฟแสดงความหลากหลายของเส้นทางของผลเฉลยซึ่งเป็นผลเฉลยเดียวกับที่ใช้ในการหาค่าความทนทานในกราฟรูปที่ 3.6

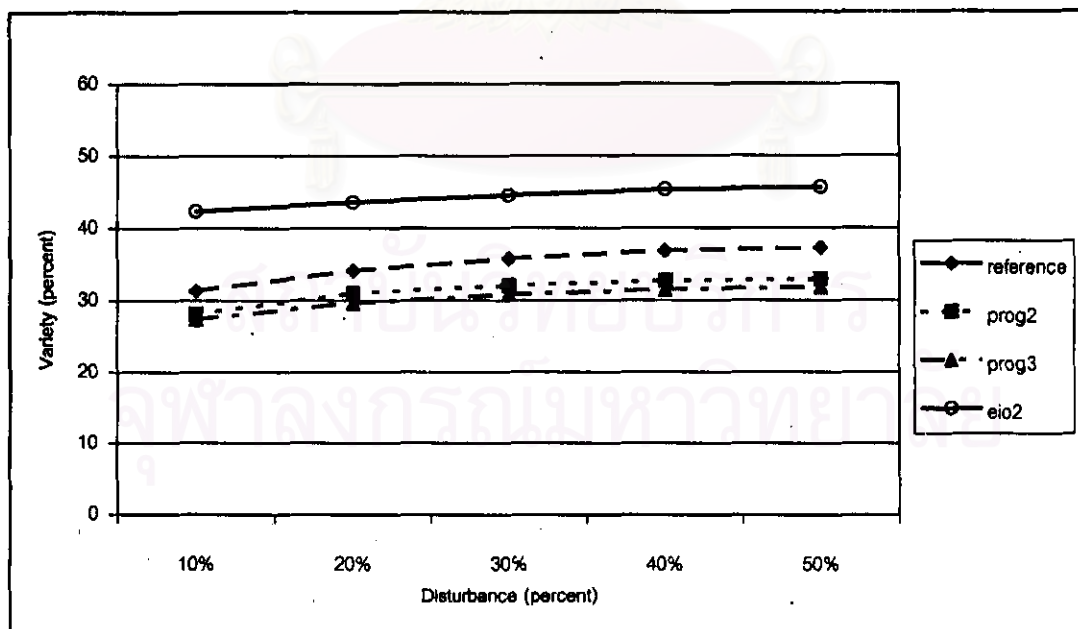


รูปที่ 3.11 กราฟแสดงความหลากหลายของเส้นทางของผลเฉลยซึ่งเป็นผลเฉลยเดียวกับที่ใช้ในการหาค่าความทนทานในกราฟรูปที่ 3.4

การทดลองนี้เราคาดหวังว่า ค่าความทนทานของผลเฉลยจะมีความสัมพันธ์กับค่าความหลากหลายของเส้นทางของผลเฉลยที่ได้ในช่วงการประมวลผล



รูปที่ 3.12 กราฟแสดงค่าความทนทานของผลเฉลยต่างๆ โดยกำหนดเกณฑ์สิ้นสุดการปฏิบัติการเป็นจำนวนรอบ 400 รอบหรือจำนวนก้าว 8000 ก้าว



รูปที่ 3.13 กราฟแสดงความหลากหลายของเส้นทางของผลเฉลยซึ่งเป็นผลเฉลยเดียวกับที่ใช้ในการหาค่าความทนทานในกราฟรูปที่ 3.12

ค่าความหลากหลายของเส้นทางที่แสดงในรูปที่ 3.10 เป็นของผลเฉลยที่แสดงค่าความทนทานในรูปที่ 3.6 ในขณะที่ค่าความหลากหลายของเส้นทางที่แสดงในรูปที่ 3.11 ก็เป็นของผลเฉลยที่แสดงค่าความทนทานไว้ในรูปที่ 3.4 และเช่นเดียวกันกับค่าความหลากหลายของเส้นทางที่แสดงในรูปที่ 3.13 เป็นของผลเฉลยที่แสดงค่าความทนทานไว้ในรูปที่ 3.12

การแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความทนทานของผลเฉลยกับค่าความหลากหลายของเส้นทางของผลเฉลยสำหรับผลการทดลองที่ปรากฏใน รูปที่ 3.4 รูปที่ 3.6 รูปที่ 3.10 รูปที่ 3.11 รูปที่ 3.12 และรูปที่ 3.13 นั้น กระทำโดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เชิงส่วน (coefficients of partial correlation) เป็นตัวอธิบายข้อมูล ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เชิงส่วนมีค่าระหว่าง -1 ถึง $+1$ ค่าที่เข้าใกล้ $+1$ แสดงถึงการมีความสัมพันธ์สูงระหว่าง 2 ตัวแปรโดยเป็นการแปรตามกัน และค่าที่เข้าใกล้ -1 ก็แสดงถึงการมีความสัมพันธ์สูงระหว่าง 2 ตัวแปรในทิศทางตรงกันข้ามหรือกล่าวได้ว่าเป็นการแปรแบบผกผัน ในขณะที่ค่าที่เป็น 0 หรือเข้าใกล้ 0 แสดงถึงการไม่มีความสัมพันธ์กัน

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เชิงส่วนระหว่างค่าความทนทานกับค่าความหลากหลายของเส้นทางของผลเฉลย ของผลการทดลองดังที่กล่าวถึงในข้างต้น ปรากฏดังตารางที่ 3.4

ข้อมูลจากรูปที่แสดงค่าความทนทานของผลเฉลย	ข้อมูลจากรูปที่แสดงค่าความหลากหลายของเส้นทางของผลเฉลย	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เชิงส่วนระหว่างค่าความทนทานกับค่าความหลากหลายของเส้นทางของผลเฉลย
รูปที่ 3.6	รูปที่ 3.10	0.7534
รูปที่ 3.4	รูปที่ 3.11	0.8379
รูปที่ 3.12	รูปที่ 3.13	0.8700

ตารางที่ 3.4 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เชิงส่วนระหว่างค่าความทนทานกับค่าความหลากหลายของเส้นทางของผลเฉลย

จากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เชิงส่วนดังกล่าว แสดงให้เห็นว่าค่าความทนทานของผลเฉลยกับค่าความหลากหลายของเส้นทางของผลเฉลยที่แสดงไว้ในผลการทดลองทั้ง 3 ชุดมีความสัมพันธ์กัน