

บทที่ 4

ผลการวิจัย

ในงานวิจัยนี้มีการวิจัยแบ่งเป็นสองส่วน คือ ศึกษาการจัดการรางเส้นทางแบบพลวัตโดยใช้จินตคณิตอัลกอริทึม อีกส่วนหนึ่งคือศึกษาการสร้างโครโมโซมเริ่มต้นให้กับจินตคณิตอัลกอริทึมเพื่อลดเวลาการคำนวณโดยใช้วิธีเครือข่ายประสาท และวิธี Past Selection เพื่อการเปรียบเทียบ ซึ่งผลการทดลองแต่ละส่วนเป็นดังนี้

4.1 การทดสอบการสร้างโครโมโซมเริ่มต้นของวิธี Past Selection และ วิธี เครือข่ายประสาท

การทดสอบส่วนนี้ทำโดยสุ่มกราฟฟิค จำนวน 30 ครั้ง ป้อนเข้าสู่การสร้างโครโมโซมแบบต่างๆแล้วทำการบันทึกค่าที่ได้ โดยค่า APD มีค่าตามสมการ 2.1 ส่วนค่า ACB มีค่าตามสมการ 2.3 สำหรับโครโมโซมผลลัพธ์ที่มีค่าการประวิงเวลาเกิน 5 หรือ มีค่าการบล็อกเซลล์เฉลี่ยสูงกว่า 0.001 จะถูกคัดออกเป็นผลลัพธ์ที่เกิดความผิดพลาด และนำจำนวนครั้งที่เกิดความผิดพลาดทั้งหมดใน 30 ครั้ง มาคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด(% Error) ต่อไป จากนั้นนำค่าต่างๆ ของโครโมโซมผลลัพธ์ที่ยอมรับได้มาเฉลี่ย ได้ผลลัพธ์ดังนี้

4.1.1 ผลลัพธ์การสร้างโครโมโซมเริ่มต้นโดยใช้วิธี Past Selection

ในส่วนนี้เป็นการทดสอบการใช้วิธี Past Selection ในการสร้างโครโมโซม ผลการทดสอบแสดงไว้ดังตาราง ที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลลัพธ์การสร้างโครโมโซมเริ่มต้นโดยใช้วิธี Past Selection

จำนวนตัวอย่าง	เวลาที่ใช้โดยเฉลี่ย	APD	ACB	% Error
20	0.0601	2.4944	1.35×10^{-4}	40
40	0.0865	2.4396	1.48×10^{-4}	36.66
70	0.1499	2.4947	2.21×10^{-4}	36.66
100	0.2096	2.495	2.63×10^{-4}	36.66
130	0.2677	2.494	1.56×10^{-4}	30
160	0.331	2.312	1.25×10^{-4}	30
200	0.4205	2.070	1.61×10^{-4}	26.66

จากผลลัพธ์ เวลาที่ใช้ในการสร้างโครโมโซมจะแปรผันตามจำนวนตัวอย่างเมื่อตัวอย่างมีจำนวนมากขึ้นต้องใช้เวลาในการค้นหากราฟฟิคที่ใกล้เคียงมากขึ้น ขณะเดียวกันเมื่อเพิ่มจำนวนตัวอย่างจำนวนครั้งที่เกิดความผิดพลาดจะลดลง

4.1.2 ผลลัพธ์การสร้างโครโมโซมเริ่มต้นโดยใช้วิธีเครือข่ายประสาทแบบไม่มีการขยายตัวอย่าง

เมื่อทดลองสร้างโครโมโซมจากเครือข่ายประสาทที่มีโครงสร้างดังรูปที่ 3.7 ซึ่งได้รับการสอน โดยใช้ตัวอย่างชุดเดียวกับที่ใช้ในวิธี Past Selection ผลลัพธ์ที่ได้จากการสร้างโครโมโซมโดยวิธีนี้ แสดงไว้ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลลัพธ์การสร้างโครโมโซมเริ่มต้นโดยใช้วิธีเครือข่ายประสาทแบบไม่มีการขยาย

จำนวนตัวอย่าง	เวลาที่ใช้โดยเฉลี่ย	APD	ACB	% Error
20	0.0881	2.5512	2.05×10^{-4}	66.66
40	0.0848	3.3907	3.61×10^{-3}	66.66
70	0.0834	3.205	3.02×10^{-4}	63.33
100	0.0847	2.750	7.01×10^{-4}	63.33
130	0.0834	2.637	3.92×10^{-4}	63.33
160	0.0824	2.592	3.12×10^{-4}	53.33
200	0.0832	2.396	2.88×10^{-4}	40

จากผลลัพธ์ เวลาที่ใช้ในการสร้างโครโมโซมมีค่าใกล้เคียงกันทั้งหมด ไม่ขึ้นกับจำนวนตัวอย่าง แต่ค่าความผิดพลาดลดลงเมื่อเพิ่มจำนวนตัวอย่างมากขึ้น แต่ค่าความผิดพลาดมีค่าสูงกว่าวิธี Past Selection มาก

4.1.3 ผลลัพธ์การสร้างโครโมโซมเริ่มต้นโดยใช้วิธี เครือข่ายประสาทแบบขยายตัวอย่าง 5 เท่า

เพื่อทดลองการลดความผิดพลาดของการสร้างโครโมโซมด้วยวิธีเครือข่ายประสาท มีการนำตัวอย่างชุดเดียวกับที่ใช้ในวิธี Past Selection มาขยายจำนวน ทำโดยการนำกราฟฟิคมาสุ่มเปลี่ยนแปลงบางส่วนแล้วให้คู่กับโครโมโซมผลลัพธ์ตัวเดิม โดยกราฟฟิค 1 ตัว ขยายเป็น 5 ตัว สอนให้กับเครือข่ายประสาทที่มีโครงสร้างดังรูปที่ 3.7 ผลลัพธ์ที่ได้จากการสร้างโครโมโซมโดยวิธีนี้ แสดงไว้ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลลัพธ์การสร้างโครโมโซมเริ่มต้นโดยใช้วิธีเครือข่ายประสาทแบบขยาย 5 เท้า

จำนวนตัวอย่าง	เวลาที่ใช้โดยเฉลี่ย	APD	ACB	% Error
20	0.0841	2.3268	1.98×10^{-4}	60
40	0.0841	2.3735	1.36×10^{-4}	56.66
70	0.0834	3.018	6.2×10^{-4}	56.66
100	0.0851	2.774	2.3×10^{-4}	53.33
130	0.0831	1.691	8.93×10^{-6}	43.33
160	0.0844	2.341	3.2×10^{-5}	40
200	0.0857	2.324	1.57×10^{-4}	36.66

จากผลลัพธ์ เวลาที่ใช้ในการสร้างโครโมโซมมีค่าใกล้เคียงกันทั้งหมด ไม่ขึ้นกับจำนวนตัวอย่าง ค่าความผิดพลาดมีค่าลดลงจากวิธีเครือข่ายประสาทแบบไม่มีการขยาย และใกล้เคียงกับวิธี Past Selection มากขึ้น

4.1.4 ผลลัพธ์การสร้างโครโมโซมเริ่มต้นโดยใช้วิธี เครือข่ายประสาทแบบขยายตัวอย่าง 10 เท้า

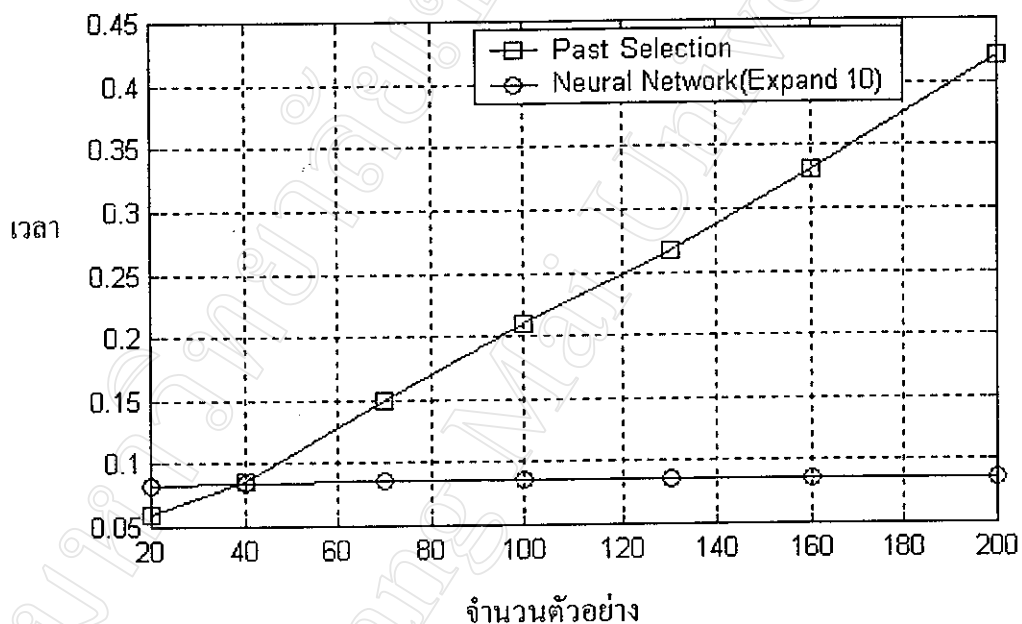
เมื่อเพิ่มการขยายตัวอย่างเป็น 10 เท้า ผลลัพธ์ที่ได้จากการสร้างโครโมโซมโดยวิธีนี้ แสดงไว้ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ผลลัพธ์การสร้างโครโมโซมเริ่มต้นโดยใช้วิธีเครือข่ายประสาทแบบขยาย 10 เท้า

จำนวนตัวอย่าง	เวลาที่ใช้โดยเฉลี่ย	APD	ACB	% Error
20	0.0834	2.207	5.56×10^{-5}	50
40	0.0843	2.912	2.81×10^{-4}	46.66
70	0.0861	2.461	2.6×10^{-4}	46.66
100	0.0857	2.473	2.3×10^{-4}	40
130	0.0858	2.311	1.54×10^{-4}	30
160	0.0857	2.308	9.2×10^{-5}	26.66
200	0.0867	2.081	4.5×10^{-5}	26.66

จากผลลัพธ์เวลาที่ใช้ในการสร้างโครโมโซมมีค่าใกล้เคียงกับวิธีเครือข่ายประสาททั้งสองวิธีก่อนหน้านี้ ค่าความเหมาะสมและค่าความผิดพลาดใกล้เคียงกับวิธี Past Selection

จากผลลัพธ์ทั้งหมดจะเห็นได้ว่าการสร้างโครโมโซมทั้ง 4 แบบ สามารถสร้างโครโมโซมที่มีค่าความเหมาะสมได้ใกล้เคียงกัน และพบว่าการสร้างโครโมโซมเริ่มต้นโดยวิธี Past Selection มีอัตราความผิดพลาดต่ำ แต่มีข้อเสียคือเมื่อจำนวนตัวอย่างเพิ่มมากขึ้น จะต้องใช้เวลาในการสร้างโครโมโซมมากขึ้นตามไปด้วย ขณะที่วิธีเครือข่ายประสาทมีอัตราความผิดพลาดลดลงเมื่อมีการขยายตัวอย่างมากขึ้น จนอยู่ในระดับเดียวกับวิธี Past Selection เมื่อใช้การขยายตัวอย่าง 10 เท่า และมีข้อดีกว่าวิธี Past Selection คือ เวลาที่ใช้ในการสร้างโครโมโซมคงที่ไม่แปรผันตามจำนวนตัวอย่าง ความสัมพันธ์ของเวลาที่ใช้ในการสร้างโครโมโซมกับจำนวนตัวอย่างที่เพิ่มขึ้น แสดงดังรูป 4.1



รูปที่ 4.1 ความสัมพันธ์ของเวลาที่ใช้ในการสร้างโครโมโซมกับจำนวนตัวอย่าง

4.2 การทดสอบการจัดตารางเส้นทางแบบพลวัตโดยใช้จินิตัลกอริทึม

ในส่วนนี้ทำการทดสอบประสิทธิภาพการจัดตารางเส้นทางโดยใช้จินิตัลกอริทึม ซึ่งการทดสอบจะทดสอบจัดตารางเส้นทาง 4 วิธี คือ

- (1) การจัดตารางเส้นทางแบบคงที่ โดยใช้หลักการการจัดตารางเส้นทางแบบเลือกเส้นทางที่สั้นที่สุด (Shortest Path) โดยมีการจัดตารางเส้นทางเป็นตามตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 การจัดตารางเส้นทางแบบคงที่แบบเลือกเส้นทางที่สั้นที่สุด

$\begin{matrix} D \\ S \end{matrix}$	1	2	3	4	5	6
1	-	1-2	1-3	1-3-4	1-5	1-6
2	2-1	-	2-3	2-3-4	2-3-5	2-1-6
3	3-1	3-2	-	3-4	3-5	3-5-6
4	4-3-1	4-3-2	4-3	-	4-5	4-5-6
5	5-1	5-3-2	5-3	5-4	-	5-6
6	6-1	6-1-2	6-1-3	6-5-4	6-5	-

(2) การจัดตารางเส้นทางโดยจินีติกอัลกอริทึม โดยใช้วิธีสุ่มในการสร้างโครโมโซมเริ่มต้น

(3) การจัดตารางเส้นทางโดยจินีติกอัลกอริทึม โดยใช้วิธี Past Selection โดยใช้จำนวนตัวอย่าง 200 ชุด ในการสร้างโครโมโซมเริ่มต้น

(4) การจัดตารางเส้นทางโดยจินีติกอัลกอริทึม โดยใช้วิธีเครือข่ายประสาทในการสร้างโครโมโซมเริ่มต้นโดยใช้จำนวนตัวอย่าง 200 ชุด ใช้การขยายตัวอย่าง 10 เท่า ในการสอนให้กับเครือข่ายประสาท

การทดสอบทำโดยการจำลองสภาพทราฟฟิกที่เกิดขึ้นบนเครือข่ายทดสอบตลอด 24 ชั่วโมง แล้วทดสอบการจัดตารางเส้นทางตามวิธีข้างต้น โดยการจำลองสภาพทราฟฟิกจะแบ่งสภาพทราฟฟิกออกเป็น สามระดับคือ สภาพทราฟฟิกเบาบาง, สภาพทราฟฟิกปานกลาง และสภาพทราฟฟิกแน่น โดยสภาพทราฟฟิกในแต่ละช่วงเวลาแสดงดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 สภาพทราฟฟิกที่เกิดขึ้นบนเครือข่ายทดสอบในช่วง 24 ชั่วโมง

0.00-6.00 น	6.00-8.00 น	8.00-17.00 น	17.00-21.00 น	21.00-0.00 น
เบาบาง	ปานกลาง	หนาแน่น	ปานกลาง	เบาบาง

การจำลองสภาพทราฟฟิก ทำโดยการสุ่มโดยให้ค่าน้ำหนักตามสภาพทราฟฟิกในแต่ละช่วงเวลา โดยช่วงเวลาที่ทราฟฟิกเบาบางให้ค่าน้ำหนักเป็น 20, ทราฟฟิกปานกลางให้ค่าน้ำหนักเป็น 30 และทราฟฟิกหนาแน่นให้ค่าน้ำหนักเป็น 40 ตามลำดับ โดยการสุ่มจะเกิดขึ้นทุก ๆ ครั้งชั่วโมง สำหรับสภาพทราฟฟิกหนาแน่น และทุกๆ หนึ่งชั่วโมงสำหรับสภาพทราฟฟิกเบาบาง และปานกลาง ซึ่งผลการทดสอบ ตลอด 24 ชั่วโมง แสดงได้ดังรูปที่ 4.2 – 4.34 ดังนี้

ตาราง 4.2 ก. สภาวะทราฟฟิก ณ เวลา 24.00 น

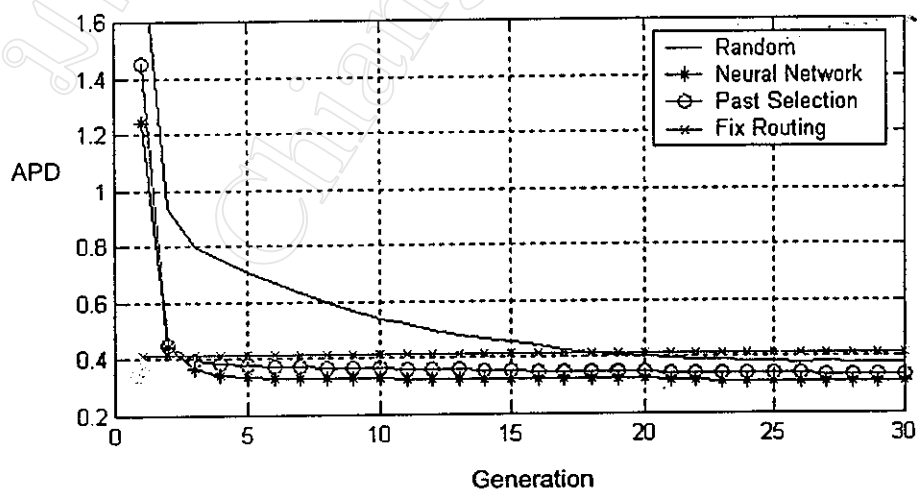
s \ d	1	2	3	4	5	6
1	0	11	12	3	0	9
2	10	0	3	11	13	16
3	7	12	0	2	8	9
4	13	0	20	0	7	10
5	17	4	7	2	0	4
6	17	9	9	11	10	0

ตาราง 4.2 ข. โครโมโซมตารางเส้นทางที่ดีที่สุดใน 30 ยุค ของแต่ละวิธี

วิธีการหาตารางเส้นทาง	โครโมโซมตารางเส้นทางที่ดีที่สุดใน 30 ยุค
ตารางเส้นทางแบบคงที่	1 1 3 1 6 1 1 1 5 1 1 1 1 1 3 3 1 1 1 1 5 1 1 1 6 1 1 1 1
GA (Random)	1 1 3 5 1 2 3 1 2 1 3 3 3 1 3 6 6 1 3 3 1 2 1 1 2 5 6 4 3 1
GA (Neural Network)	1 1 3 1 1 2 1 1 2 6 1 1 1 5 1 3 2 1 2 3 1 2 5 2 1 1 2 1 2 1
GA (Past Selection)	4 1 6 1 5 2 2 1 2 2 1 3 1 1 3 3 4 1 2 3 4 5 1 1 2 1 6 3 3 2

ตาราง 4.2 ค. คุณสมบัติของตารางเส้นทางของแต่ละวิธี

วิธีการหาตารางเส้นทาง	APD	ACB	OBJ	% Link Usage	Usable
ตารางเส้นทางแบบคงที่	0.415187	2.209×10^{-12}	0.415187	24.73	Yes
GA (Random)	0.319014	7.562×10^{-15}	0.319014	20.28	Yes
GA (Neural Network)	0.283688	2.237×10^{-16}	0.283688	18.64	Yes
GA (Past Selection)	0.300475	9.866×10^{-17}	0.300475	19.73	Yes



รูป 4.2 ก. กราฟแสดงค่า APD ของตารางเส้นทางที่ได้ของแต่ละวิธี

รูปที่ 4.2 การจัดตารางเส้นทาง ณ เวลา 24.00 น

ตาราง 4.3 ก. สภาวะทราฟฟิก ณ เวลา 1.00 น

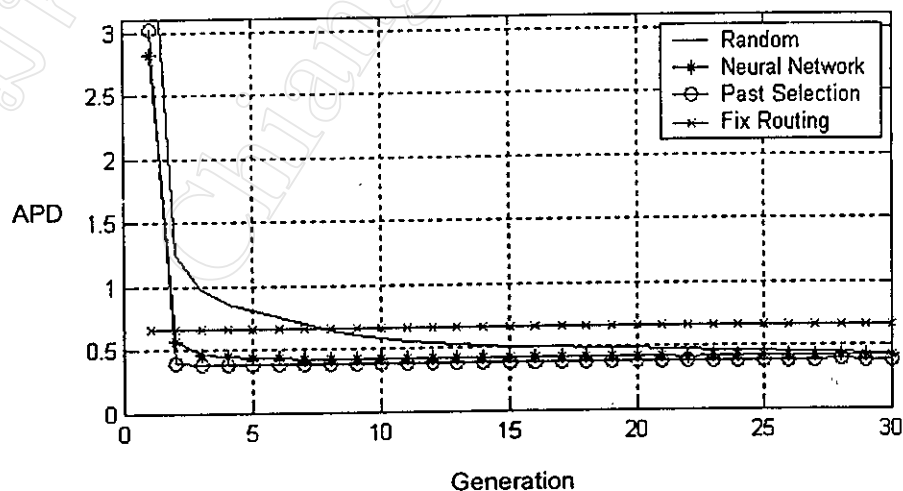
s \ d	1	2	3	4	5	6
1	0	20	15	1	16	17
2	13	0	17	8	9	3
3	12	2	0	3	3	9
4	15	12	9	0	17	18
5	3	3	7	8	0	20
6	17	19	6	13	9	0

ตาราง 4.3 ข. โครโมโซมตารางเส้นทางที่ดีที่สุดใน 30 ยุค ของแต่ละวิธี

วิธีการหาตารางเส้นทาง	โครโมโซมตารางเส้นทางที่ดีที่สุดใน 30 ยุค
ตารางเส้นทางแบบคงที่	1 1 3 1 6 1 1 1 5 1 1 1 1 1 1 3 3 1 1 1 1 1 5 1 1 1 6 1 1 1 1
GA (Random)	2 1 6 1 1 2 3 1 5 1 4 1 2 5 3 3 1 1 3 6 4 2 1 3 2 1 1 3 2 1
GA (Neural Network)	2 1 3 8 1 1 1 1 5 1 1 3 1 5 2 3 4 1 1 3 1 6 1 2 2 1 2 3 2 1
GA (Past Selection)	1 1 3 1 5 1 1 1 2 1 1 1 1 1 1 3 1 1 2 2 1 5 1 1 2 1 6 1 2 2

ตาราง 4.3 ค. คุณสมบัติของตารางเส้นทางของแต่ละวิธี

วิธีการหาตารางเส้นทาง	APD	ACB	OBJ	% Link Usage	Usable
ตารางเส้นทางแบบคงที่	0.665200	7.909×10^{-8}	0.673110	30.83	Yes
GA (Random)	0.391496	7.088×10^{-12}	0.391497	23.95	Yes
GA (Neural Network)	0.375454	4.677×10^{-12}	0.375454	23.44	Yes
GA (Past Selection)	0.359224	1.798×10^{-13}	0.359224	22.70	Yes



รูป 4.3 ก. กราฟแสดงค่า APD ของตารางเส้นทางที่ได้ของแต่ละวิธี

รูปที่ 4.3 การจัดตารางเส้นทาง ณ เวลา 1.00 น

ตาราง 4.4 ก. สภาวะทราฟฟิก ณ เวลา 2.00 น

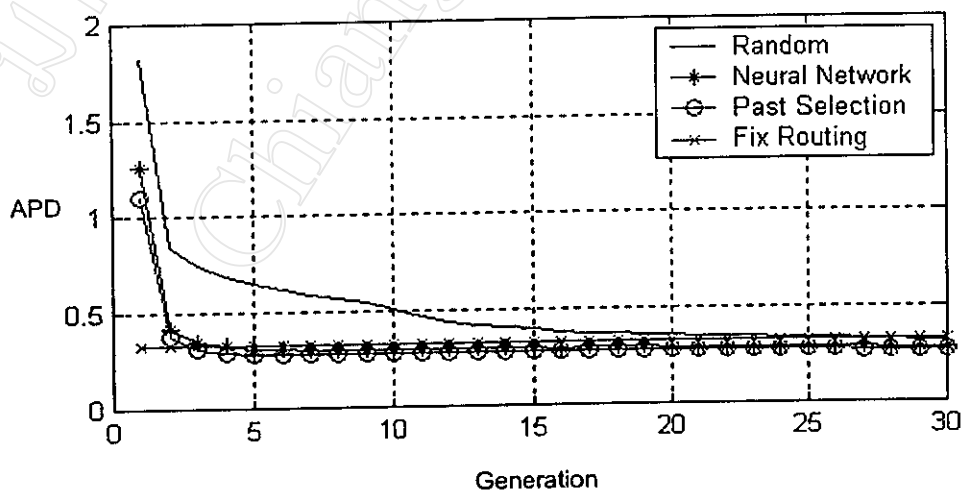
s \ d	1	2	3	4	5	6
1	0	0	3	19	16	14
2	4	0	16	6	6	3
3	6	2	0	15	7	14
4	18	18	13	0	5	1
5	1	3	17	12	0	1
6	5	4	12	12	14	0

ตาราง 4.4 ข. โครโมโซมตารางเส้นทางที่ดีที่สุด ใน 30 ยุค ของแต่ละวิธี

วิธีการหาตารางเส้นทาง	โครโมโซมตารางเส้นทางที่ดีที่สุด ใน 30 ยุค
ตารางเส้นทางแบบคงที่	1 1 3 1 6 1 1 1 5 1 1 1 1 1 3 3 1 1 1 1 1 5 1 1 1 6 1 1 1 1
GA (Random)	1 1 3 4 5 2 1 4 5 1 4 1 1 5 1 6 4 1 3 1 6 1 5 2 3 1 2 1 1 1
GA (Neural Network)	2 1 3 1 1 2 1 1 2 1 1 1 1 5 1 3 4 1 2 3 2 1 1 2 1 3 2 1 2 1
GA (Past Selection)	1 3 3 7 5 4 1 4 2 6 4 3 1 5 1 3 1 1 3 1 1 3 1 2 2 5 1 3 3 2

ตาราง 4.4 ค. คุณสมบัติของตารางเส้นทางของแต่ละวิธี

วิธีการหาตารางเส้นทาง	APD	ACB	OBJ	% Link Usage	Usable
ตารางเส้นทางแบบคงที่	0.323722	5.536×10^{-13}	0.323722	20.52	Yes
GA (Random)	0.266659	1.025×10^{-18}	0.266659	18.09	Yes
GA (Neural Network)	0.245246	2.521×10^{-19}	0.245246	16.54	Yes
GA (Past Selection)	0.247476	5.388×10^{-19}	0.247476	16.36	Yes



รูป 4.4 ก. กราฟแสดงค่า APD ของตารางเส้นทางที่ได้ของแต่ละวิธี

รูปที่ 4.4 การจัดการตารางเส้นทาง ณ เวลา 2.00 น

ตาราง 4.5 ก. สภาวะทราฟฟิก ณ เวลา 3.00 น

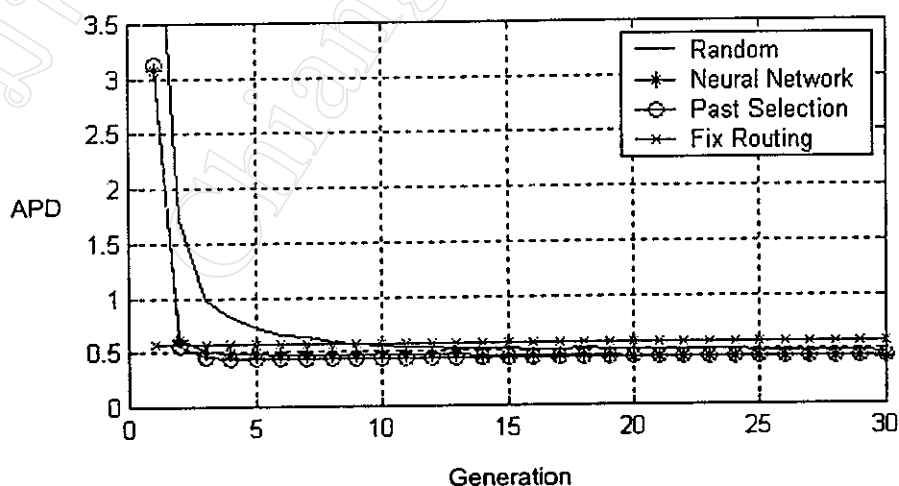
D \ S	1	2	3	4	5	6
1	0	13	16	11	17	18
2	5	0	5	0	4	9
3	3	19	0	3	14	12
4	5	19	14	0	18	15
5	17	18	4	9	0	20
6	17	11	4	8	18	0

ตาราง 4.5 ข. โครโมโซมตารางเส้นทางที่ดีที่สุด ใน 30 ยุค ของแต่ละวิธี

วิธีการหาตารางเส้นทาง	โครโมโซมตารางเส้นทางที่ดีที่สุด ใน 30 ยุค
ตารางเส้นทางแบบคงที่	1 1 3 1 6 1 1 1 5 1 1 1 1 1 3 3 1 1 1 1 1 5 1 1 1 6 1 1 1 1
GA (Random)	1 1 6 1 5 2 1 3 5 2 1 1 5 1 4 2 5 1 2 3 1 5 2 3 1 1 1 6 2
GA (Neural Network)	1 4 3 4 1 4 1 3 2 1 1 3 1 5 1 3 1 1 1 2 1 5 1 2 1 5 2 3 3 2
GA (Past Selection)	2 4 3 4 2 5 1 4 5 1 4 3 1 5 1 3 1 1 3 2 1 3 1 2 2 5 1 3 2 2

ตาราง 4.5 ค. คุณสมบัติของตารางเส้นทางของแต่ละวิธี

วิธีการหาตารางเส้นทาง	APD	ACB	OBJ	% Link Usage	Usable
ตารางเส้นทางแบบคงที่	0.576663	1.867×10^{-8}	0.578531	28.69	Yes
GA (Random)	0.391297	5.624×10^{-14}	0.391297	24.72	Yes
GA (Neural Network)	0.368045	1.400×10^{-13}	0.368045	23.90	Yes
GA (Past Selection)	0.386175	5471×10^{-13}	0.386175	24.54	Yes



รูป 4.5 ก. กราฟแสดงค่า APD ของตารางเส้นทางที่ได้ของแต่ละวิธี

รูปที่ 4.5 การจัดตารางเส้นทาง ณ เวลา 3.00 น

ตาราง 4.6 ก. สภาวะทราฟฟิก ณ เวลา 4.00 น

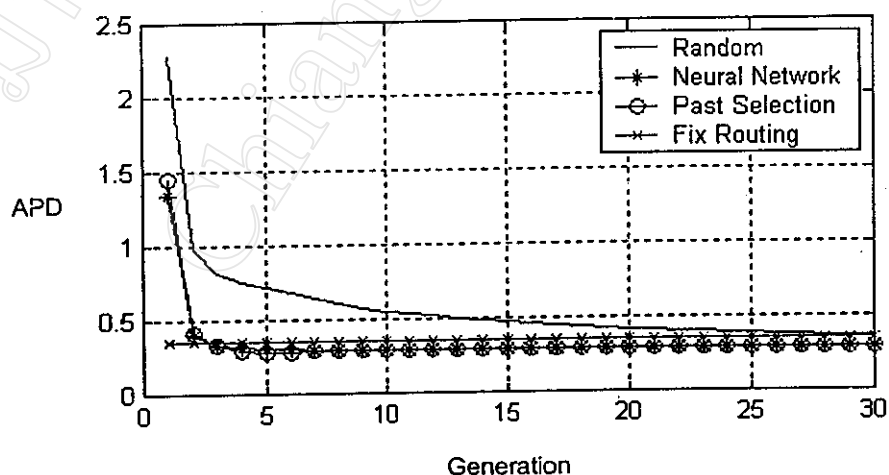
s \ D	1	2	3	4	5	6
1	0	12	4	2	10	2
2	8	0	16	3	0	7
3	13	9	0	7	16	13
4	1	8	8	0	7	1
5	12	18	14	15	0	6
6	10	8	12	20	17	0

ตาราง 4.6 ข. โครโมโซมตารางเส้นทางที่ดีที่สุดที่สุ่มใน 30 ยุค ของแต่ละวิธี

วิธีการหาตารางเส้นทาง	โครโมโซมตารางเส้นทางที่ดีที่สุด ใน 30 ยุค
ตารางเส้นทางแบบคงที่	113161115111113311111511161111
GA (Random)	114712152111111631324213152122
GA (Neural Network)	2131121151111113341231212111331
GA (Past Selection)	113712212113111311211512151331

ตาราง 4.6 ค. คุณสมบัติของตารางเส้นทางของแต่ละวิธี

วิธีการหาตารางเส้นทาง	APD	ACB	OBJ	% Link Usage	Usable
ตารางเส้นทางแบบคงที่	0.351022	4.360×10^{-13}	0.351022	21.71	Yes
GA (Random)	0.296314	5.311×10^{-16}	0.296314	19.40	Yes
GA (Neural Network)	0.267421	1.180×10^{-17}	0.267421	18.01	Yes
GA (Past Selection)	0.270129	6.420×10^{-17}	0.270129	17.99	Yes



รูป 4.6 ก. กราฟแสดงค่า APD ของตารางเส้นทางที่ได้ของแต่ละวิธี

รูปที่ 4.6 การจัดตารางเส้นทาง ณ เวลา 4.00 น

ตาราง 4.7 ก. สภาวะกราฟฟิค ณ เวลา 5.00 น

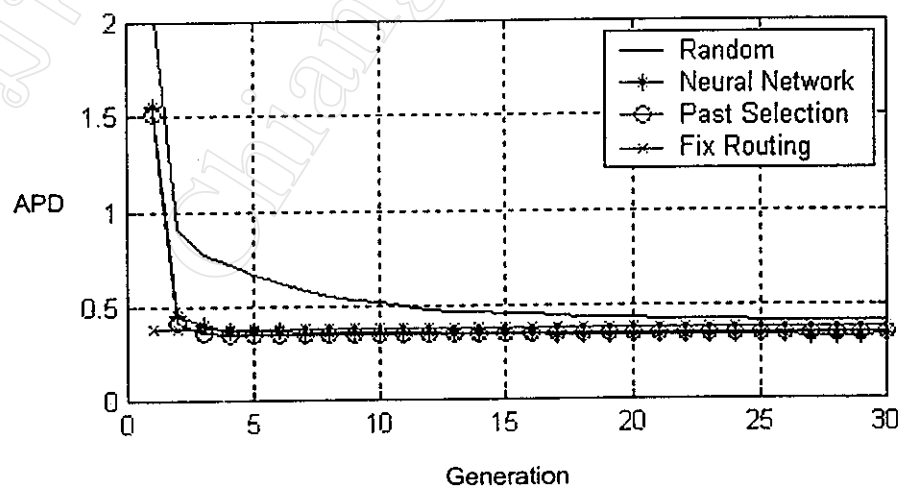
s \ p	1	2	3	4	5	6
1	0	14	1	8	11	2
2	2	0	13	8	10	15
3	5	1	0	2	20	13
4	3	17	15	0	1	4
5	6	5	8	18	0	9
6	16	10	18	9	7	0

ตาราง 4.7 ข. โครโมโซมตารางเส้นทางที่ดีที่สุดใน 30 ยุค ของแต่ละวิธี

วิธีการหาตารางเส้นทาง	โครโมโซมตารางเส้นทางที่ดีที่สุดใน 30 ยุค
ตารางเส้นทางแบบคงที่	1 1 3 1 6 1 1 1 5 1 1 1 1 1 3 3 1 1 1 1 5 1 1 1 6 1 1 1 1
GA (Random)	2 1 6 7 1 4 1 4 5 6 6 1 2 1 4 1 4 1 1 6 4 2 5 3 4 1 1 3 3 2
GA (Neural Network)	1 1 3 1 1 2 1 1 5 1 1 3 1 1 3 3 1 1 2 3 1 5 1 2 2 5 2 3 3 2
GA (Past Selection)	2 1 3 7 1 4 1 1 5 2 1 1 5 5 1 6 4 1 2 3 4 2 5 2 1 4 1 1 2 1

ตาราง 4.7 ค. คุณสมบัติของตารางเส้นทางของแต่ละวิธี

วิธีการหาตารางเส้นทาง	APD	ACB	OBJ	% Link Usage	Usable
ตารางเส้นทางแบบคงที่	0.378927	1.320×10^{-12}	0.378927	23.55	Yes
GA (Random)	0.346612	3.332×10^{-15}	0.346612	21.78	Yes
GA (Neural Network)	0.292989	1.166×10^{-15}	0.292989	19.31	Yes
GA (Past Selection)	0.313477	5.120×10^{-16}	0.313477	20.32	Yes



รูป 4.7 ก. กราฟแสดงค่า APD ของตารางเส้นทางที่ได้ของแต่ละวิธี

รูปที่ 4.7 การจัดตารางเส้นทาง ณ เวลา 5.00 น

ตาราง 4.8 ก. สภาวะทราฟฟิก ณ เวลา 6.00 น

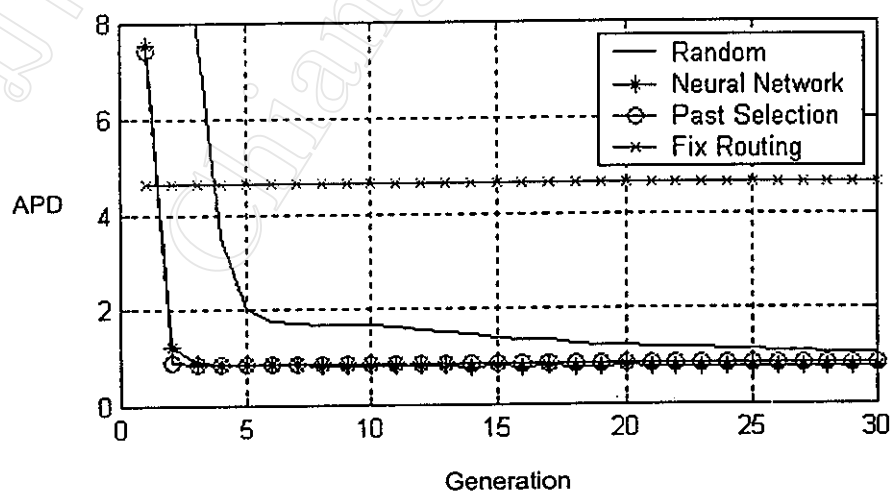
s \ D	1	2	3	4	5	6
1	0	15	13	15	12	29
2	1	0	11	21	7	19
3	11	7	0	30	11	12
4	22	28	6	0	0	15
5	11	7	12	1	0	28
6	30	21	28	15	12	0

ตาราง 4.8 ข. โครโมโซมตารางเส้นทางที่ดีที่สุด ใน 30 ยุค ของแต่ละวิธี

วิธีการหาตารางเส้นทาง	โครโมโซมตารางเส้นทางที่ดีที่สุด ใน 30 ยุค
ตารางเส้นทางแบบคงที่	1 1 3 1 6 1 1 1 5 1 1 1 1 1 3 3 1 1 1 1 1 5 1 1 1 6 1 1 1 1
Genetic (Random)	4 1 6 1 1 2 3 3 2 6 1 1 1 1 1 3 3 1 5 2 2 1 5 3 4 1 6 4 1 1
Genetic (Neural Network)	1 4 3 7 1 1 1 1 2 2 1 3 1 1 3 3 1 1 1 2 1 2 1 2 1 1 6 1 2 2
Genetic (Past Selection)	4 1 3 1 1 4 1 1 5 2 1 1 1 5 1 6 4 1 2 3 4 2 5 2 1 5 4 1 3 1

ตาราง 4.8 ค. คุณสมบัติของตารางเส้นทางของแต่ละวิธี

วิธีการหาตารางเส้นทาง	APD	ACB	OBJ	% Link Usage	Usable
ตารางเส้นทางแบบคงที่	4.631397	2.408×10^{-3}	245.4457	46.53	Yes
GA (Random)	0.915964	5.768×10^{-7}	0.973648	41.40	Yes
GA (Neural Network)	0.739341	5.765×10^{-7}	0.796992	33.07	Yes
GA (Past Selection)	0.779812	5.764×10^{-7}	0.837458	35.52	Yes



รูป 4.8 ก. กราฟแสดงค่า APD ของตารางเส้นทางที่ได้ของแต่ละวิธี

รูปที่ 4.8 การจัดตารางเส้นทาง ณ เวลา 6.00 น

ตาราง 4.9 ก. สภาวะทราฟฟิก ณ เวลา 7.00 น

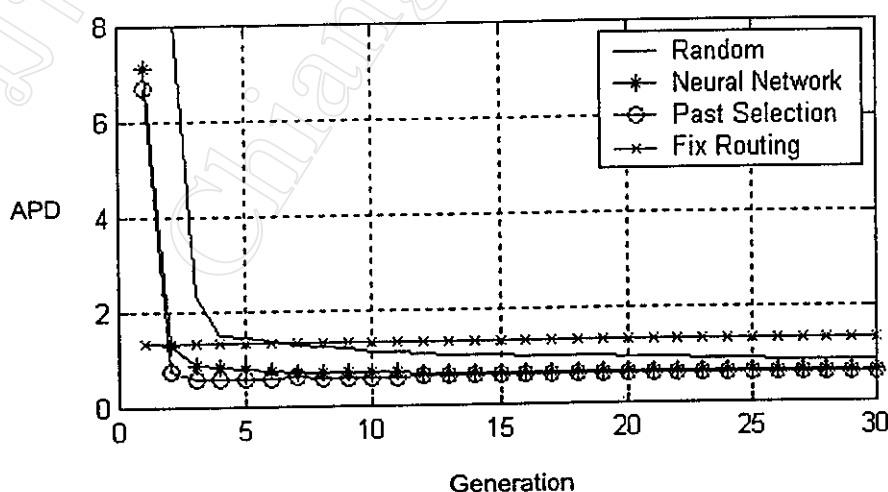
s \ d	1	2	3	4	5	6
1	0	15	9	10	0	19
2	24	0	23	0	7	3
3	16	25	0	14	2	29
4	21	3	9	0	30	4
5	30	25	20	14	0	0
6	23	23	14	16	30	0

ตาราง 4.10 ข. โครโมโซมตารางเส้นทางที่ดีที่สุดใน 30 ยุค ของแต่ละวิธี

วิธีการหาตารางเส้นทาง	โครโมโซมตารางเส้นทางที่ดีที่สุดใน 30 ยุค
ตารางเส้นทางแบบคงที่	1 1 3 1 6 1 1 1 5 1 1 1 1 1 3 3 1 1 1 1 1 5 1 1 1 6 1 1 1 1
GA(Random)	3 1 3 2 1 4 2 2 5 3 1 1 2 1 3 6 5 5 2 3 1 3 5 3 6 5 2 1 3 2
GA (Neural Network)	1 4 4 3 1 1 1 1 5 1 1 1 1 1 1 4 3 4 1 2 1 4 2 1 2 1 1 6 1 2 2
GA (Past Selection)	1 1 3 8 1 1 1 4 2 1 4 3 1 1 3 3 1 1 2 2 1 5 1 2 2 1 6 1 2 2

ตาราง 4.10 ค. คุณสมบัติของตารางเส้นทางของแต่ละวิธี

วิธีการหาตารางเส้นทาง	APD	ACB	OBJ	% Link Usage	Usable
ตารางเส้นทางแบบคงที่	1.345940	3.129×10^{-5}	4.475853	40.62	Yes
GA (Random)	0.646711	7.798×10^{-11}	0.646719	36.45	Yes
GA (Neural Network)	0.559701	4.767×10^{-10}	0.559749	31.62	Yes
GA (Past Selection)	0.549188	4.666×10^{-10}	0.549235	30.36	Yes



รูป 4.9 ก. กราฟแสดงค่า APD ของตารางเส้นทางที่ได้ของแต่ละวิธี

รูปที่ 4.9 การจัดตารางเส้นทาง ณ เวลา 7.00 น.

ตาราง 4.10 ก. สภาวะทราฟฟิก ณ เวลา 8.00 น.

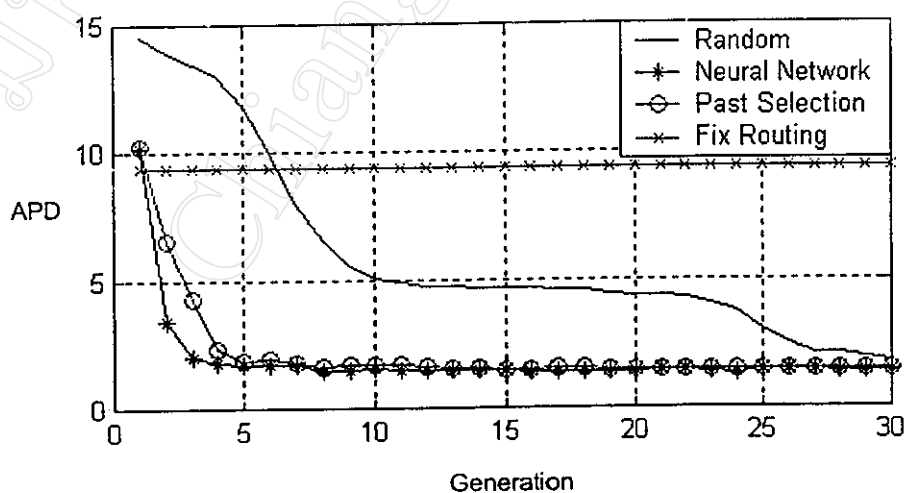
s \ D	1	2	3	4	5	6
1	0	13	29	15	8	27
2	31	0	10	38	24	12
3	34	27	0	10	5	35
4	29	7	16	0	34	38
5	4	28	34	19	0	21
6	14	4	36	29	20	0

ตาราง 4.10 ข. โครโมโซมตารางเส้นทางที่ดีที่สุดใน 30 ยุค ของแต่ละวิธี

วิธีการหาตารางเส้นทาง	โครโมโซมตารางเส้นทางที่ดีที่สุดใน 30 ยุค
ตารางเส้นทางแบบคงที่	1 1 3 1 6 1 1 1 5 1 1 1 1 1 3 3 1 1 1 1 1 5 1 1 1 6 1 1 1 1
Genetic (Random)	2 1 5 7 1 4 1 1 3 4 1 4 5 1 4 3 1 1 3 2 4 3 1 3 2 1 2 1 6 2
Genetic (Neural Network)	4 1 3 1 1 4 1 1 2 1 1 3 1 1 3 3 1 1 1 3 4 2 1 2 2 5 2 3 2 2
Genetic (Past Selection)	2 1 3 7 1 4 1 1 2 1 1 3 1 5 4 3 1 1 1 2 1 2 1 1 1 5 2 1 3 4

ตาราง 4.10 ค. คุณสมบัติของตารางเส้นทางของแต่ละวิธี

วิธีการหาตารางเส้นทาง	APD	ACB	OBJ	% Link Usage	Usable
ตารางเส้นทางแบบคงที่	9.378223	5.695×10^{-3}	578.9754	51.03	No
GA (Random)	1.373931	8.627×10^{-6}	2.236633	52.30	Yes
GA (Neural Network)	1.230709	8.626×10^{-6}	2.093396	46.58	Yes
GA (Past Selection)	1.271073	1.858×10^{-5}	3.129884	47.52	Yes



รูป 4.10 ก กราฟแสดงค่า APD ของตารางเส้นทางที่ได้ของแต่ละวิธี

รูปที่ 4.10 การจัดตารางเส้นทาง ณ เวลา 8.00 น

ตาราง 4.11 ก. สภาวะทราฟฟิก ณ เวลา 8.30 น

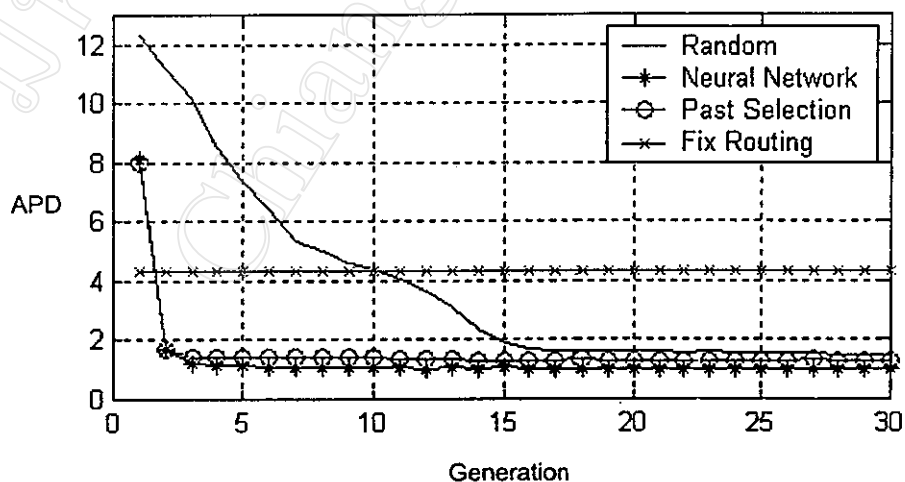
s \ D	1	2	3	4	5	6
1	0	38	16	14	19	4
2	21	0	29	1	10	29
3	3	35	0	2	16	7
4	18	19	2	0	0	8
5	13	38	15	10	0	2
6	28	19	36	13	37	0

ตาราง 4.11 ข. โครโมโซมตารางเส้นทางที่ดีที่สุดที่สุ่มใน 30 ยุค ของแต่ละวิธี

วิธีการหาตารางเส้นทาง	โครโมโซมตารางเส้นทางที่ดีที่สุด ใน 30 ยุค
ตารางเส้นทางแบบคงที่	1 1 3 1 6 1 1 1 5 1 1 1 1 1 3 3 1 1 1 1 1 5 1 1 1 6 1 1 1 1
GA (Random)	2 3 6 4 3 3 3 2 3 1 3 3 1 1 3 5 5 1 2 3 4 5 5 1 6 5 4 4 3 2
GA (Neural Network)	2 4 3 8 1 1 1 4 5 1 4 1 1 5 3 3 8 1 2 1 4 2 1 2 2 5 1 1 2 1
GA (Past Selection)	2 4 3 4 1 2 2 1 6 6 1 3 1 5 4 3 4 1 2 2 4 2 1 3 1 5 6 1 3 2

ตาราง 4.11 ค. คุณสมบัติของตารางเส้นทางของแต่ละวิธี

วิธีการหาตารางเส้นทาง	APD	ACB	OBJ	% Link Usage	Usable
ตารางเส้นทางแบบคงที่	4.336533	2.259×10^{-3}	230.2052	43.58	No
GA (Random)	1.299055	1.451×10^{-5}	2.750123	18.18	Yes
GA (Neural Network)	0.912923	1.266×10^{-6}	1.039534	36.35	Yes
GA (Past Selection)	1.185827	1.312×10^{-5}	2.498290	42.73	Yes



รูป 4.11 ก. กราฟแสดงค่า APD ของตารางเส้นทางที่ได้ของแต่ละวิธี

รูปที่ 4.11 การจัดการตารางเส้นทาง ณ เวลา 8.30 น

ตาราง 4.12 ก. สภาวะทราฟฟิก ณ เวลา 9.00 น

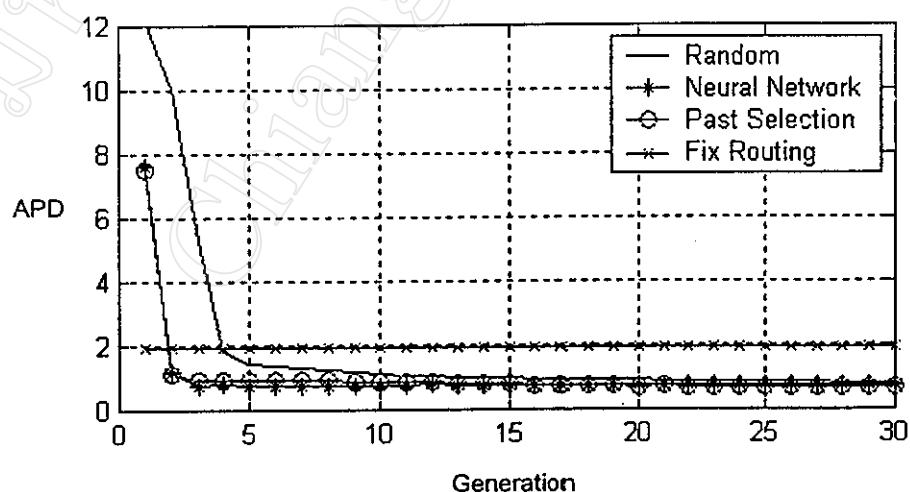
s \ d	1	2	3	4	5	6
1	0	0	36	0	33	13
2	10	0	7	31	7	19
3	1	14	0	30	3	23
4	22	33	5	0	8	21
5	9	0	32	10	0	32
6	28	19	13	7	16	0

ตาราง 4.12 ข. โครโมโซมตารางเส้นทางที่ดีที่สุดทีละชุดใน 30 ชุด ของแต่ละวิธี

วิธีการหาตารางเส้นทาง	โครโมโซมตารางเส้นทางที่ดีที่สุดทีละชุด ใน 30 ชุด
ตารางเส้นทางแบบคงที่	1 1 3 1 6 1 1 1 5 1 1 1 1 1 3 3 1 1 1 1 1 5 1 1 1 6 1 1 1 1
GA (Random)	5 1 1 7 1 4 2 1 6 2 2 1 1 1 3 6 5 1 3 6 4 2 1 3 2 1 6 4 3 4
GA (Neural Network)	4 1 3 1 1 1 2 1 2 2 1 1 1 1 3 3 1 1 1 2 1 6 1 1 1 1 1 1 3 2
GA (Past Selection)	1 4 3 7 1 2 1 1 5 2 1 1 1 1 3 3 4 1 2 3 1 5 1 2 2 1 2 3 2 1

ตาราง 4.12 ค. คุณสมบัติของตารางเส้นทางของแต่ละวิธี

วิธีการหาตารางเส้นทาง	APD	ACB	OBJ	% Link Usage	Usable
ตารางเส้นทางแบบคงที่	1.966926	5.472×10^{-4}	56.69651	41.93	Yes
GA (Random)	0.709465	1.613×10^{-8}	0.711078	35.73	Yes
GA (Neural Network)	0.629857	1.607×10^{-8}	0.631464	32.12	Yes
GA (Past Selection)	0.644829	1.763×10^{-8}	0.646592	32.94	Yes



รูป 4.12 ก. กราฟแสดงค่า APD ของตารางเส้นทางที่ได้ของแต่ละวิธี

รูปที่ 4.12 การจัดการตารางเส้นทาง ณ เวลา 9.00 น

ตาราง 4.13 ก. สภาวะทราฟฟิก ณ เวลา 9.30 น

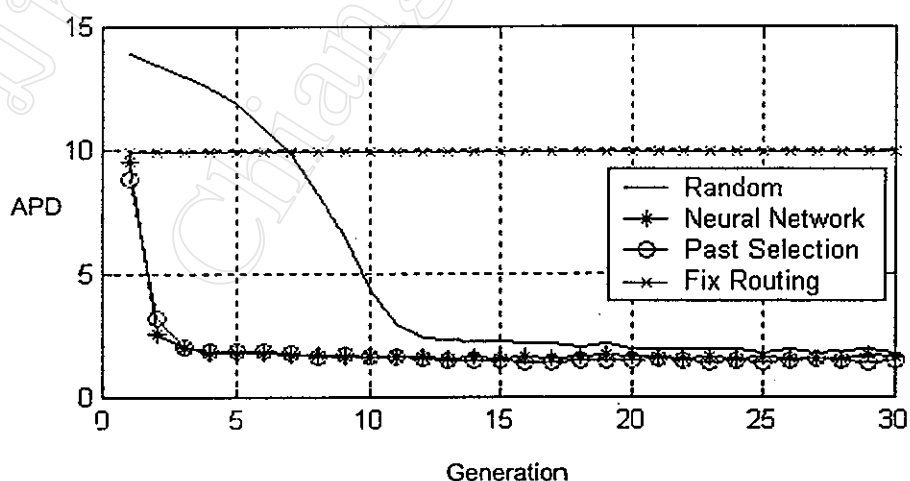
$\begin{smallmatrix} D \\ \backslash S \end{smallmatrix}$	1	2	3	4	5	6
1	0	16	18	7	22	28
2	9	0	27	10	6	33
3	24	22	0	4	31	16
4	9	23	19	0	12	29
5	16	26	3	37	0	23
6	28	21	29	34	7	0

ตาราง 4.13 ข. โครโมโซมตารางเส้นทางที่ดีที่สุดใน 30 ยุค ของแต่ละวิธี

วิธีการหาตารางเส้นทาง	โครโมโซมตารางเส้นทางที่ดีที่สุดใน 30 ยุค
ตารางเส้นทางแบบคงที่	1 1 3 1 6 1 1 1 5 1 1 1 1 1 3 3 1 1 1 1 5 1 1 1 6 1 1 1 1
GA (Random)	4 1 3 8 1 1 1 3 5 1 4 2 5 1 4 5 1 2 2 1 1 5 5 3 4 4 4 4 3 4
GA (Neural Network)	1 1 3 7 1 2 1 1 2 2 1 1 1 1 3 6 1 1 2 3 4 3 1 1 2 5 2 3 3 4
GA (Past Selection)	2 1 3 1 5 1 1 1 2 1 1 1 1 1 1 3 4 1 2 2 1 5 1 1 2 1 1 3 2 1

ตาราง 4.13 ค. คุณสมบัติของตารางเส้นทางของแต่ละวิธี

วิธีการหาตารางเส้นทาง	APD	ACB	OBJ	% Link Usage	Usable
ตารางเส้นทางแบบคงที่	9.904142	5.869×10^{-3}	595.9752	53.86	No
GA (Random)	1.465191	3.610×10^{-5}	5.075875	50.29	Yes
GA (Neural Network)	1.355413	4.310×10^{-5}	5.665678	44.73	Yes
GA (Past Selection)	1.329860	4.308×10^{-5}	5.638706	43.53	Yes



รูป 4.13 ก. กราฟแสดงค่า APD ของตารางเส้นทางที่ได้ของแต่ละวิธี

รูปที่ 4.13 การจัดตารางเส้นทาง ณ เวลา 9.30 น

ตาราง 4.14 ก. สภาวะทราฟฟิก ณ เวลา 10.00 น

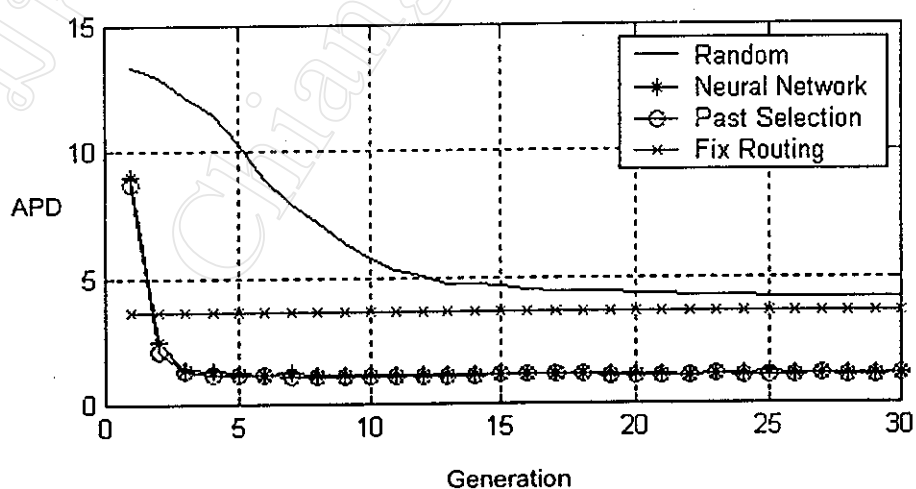
s \ d	1	2	3	4	5	6
1	0	23	32	5	1	10
2	8	0	32	34	21	29
3	33	11	0	18	15	29
4	28	38	15	0	10	6
5	32	38	26	23	0	4
6	25	11	35	2	3	0

ตาราง 4.14 ข. โครโมโซมตารางเส้นทางที่ดีที่สุดใน 30 ยุค ของแต่ละวิธี

วิธีการหาตารางเส้นทาง	โครโมโซมตารางเส้นทางที่ดีที่สุดใน 30 ยุค
ตารางเส้นทางแบบคงที่	1 1 3 1 6 1 1 1 5 1 1 1 1 1 3 3 1 1 1 1 5 1 1 1 6 1 1 1 1
GA (Random)	1 4 1 1 4 1 3 5 2 4 2 3 1 5 4 3 4 2 2 3 4 2 1 1 4 1 4 1 5 1
GA (Neural Network)	4 1 3 8 1 1 2 1 5 1 1 3 1 1 3 3 1 1 2 2 1 2 1 2 1 1 2 3 3 2
GA (Past Selection)	1 1 3 1 5 1 1 1 2 2 1 1 1 1 3 3 1 1 2 1 1 2 1 2 2 1 1 1 3 1

ตาราง 4.14 ค. คุณสมบัติของตารางเส้นทางของแต่ละวิธี

วิธีการหาตารางเส้นทาง	APD	ACB	OBJ	% Link Usage	Usable
ตารางเส้นทางแบบคงที่	3.655215	1.898×10^{-3}	193.5327	43.02	No
GA (Random)	3.535873	1.898×10^{-3}	193.3950	41.96	Yes
GA (Neural Network)	1.016825	8.100×10^{-6}	1.826888	38.87	Yes
GA (Past Selection)	0.991067	9.00×10^{-6}	1.891141	37.89	Yes



รูป 4.14 ก. กราฟแสดงค่า APD ของตารางเส้นทางที่ได้ของแต่ละวิธี

รูปที่ 4.14 การจัดตารางเส้นทาง ณ เวลา 10.00 น

ตาราง 4.15 ก. สภาวะทราฟฟิก ณ เวลา 10.30 น

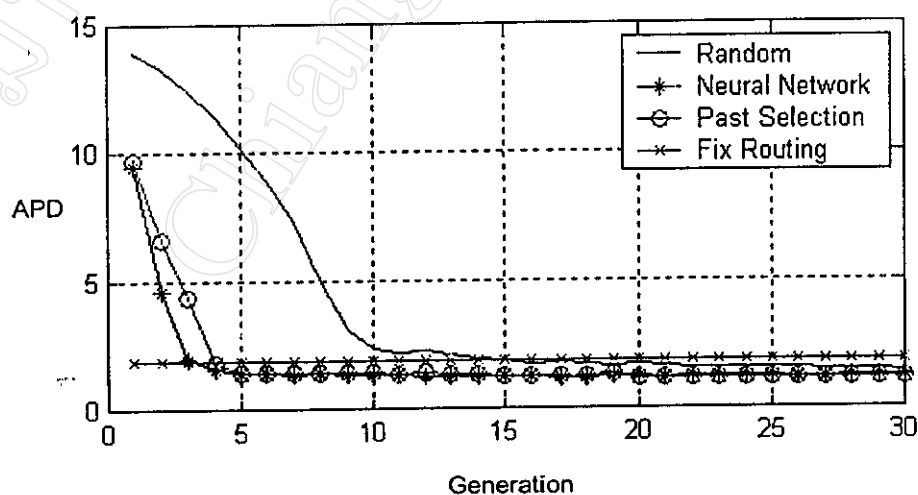
s \ d	1	2	3	4	5	6
1	0	34	21	31	12	11
2	2	0	7	36	1	38
3	3	35	0	22	11	19
4	11	27	12	0	37	26
5	37	6	2	19	0	6
6	6	8	39	30	30	0

ตาราง 4.15 ข. โครโมโซมตารางเส้นทางที่ดีที่สุด ใน 30 ยุค ของแต่ละวิธี

วิธีการหาตารางเส้นทาง	โครโมโซมตารางเส้นทางที่ดีที่สุด ใน 30 ยุค
ตารางเส้นทางแบบคงที่	1 1 3 1 6 1 1 1 5 1 1 1 1 1 3 3 1 1 1 1 1 5 1 1 1 6 1 1 1 1
GA (Random)	2 1 6 8 4 1 4 1 1 2 3 1 1 1 1 6 3 5 2 3 4 1 5 3 4 5 3 3 3 4
GA (Neural Network)	1 1 3 7 5 2 2 1 3 6 1 3 1 1 1 3 1 1 2 2 4 1 1 2 2 1 1 1 2 2
GA (Past Selection)	1 4 3 7 3 2 1 1 5 1 1 1 1 1 1 3 3 4 1 2 3 1 5 1 2 6 1 5 3 6 4

ตาราง 4.15 ค. คุณสมบัติของตารางเส้นทางของแต่ละวิธี

วิธีการหาตารางเส้นทาง	APD	ACB	OBJ	% Link Usage	Usable
ตารางเส้นทางแบบคงที่	1.883622	1.473×10^{-6}	16.61728	47.09	Yes
GA (Random)	1.156794	9.197×10^{-7}	1.248772	49.26	Yes
GA (Neural Network)	1.021578	5.393×10^{-7}	1.075511	42.41	Yes
GA (Past Selection)	1.032950	4.577×10^{-7}	1.078729	43.93	Yes



รูป 4.15 ก กราฟแสดงค่า APD ของตารางเส้นทางที่ได้ของแต่ละวิธี

รูปที่ 4.15 การจัดตารางเส้นทาง ณ เวลา 10.30 น

ตาราง 4.16 ก. สภาวะทราฟฟิก ณ เวลา 11.00 น

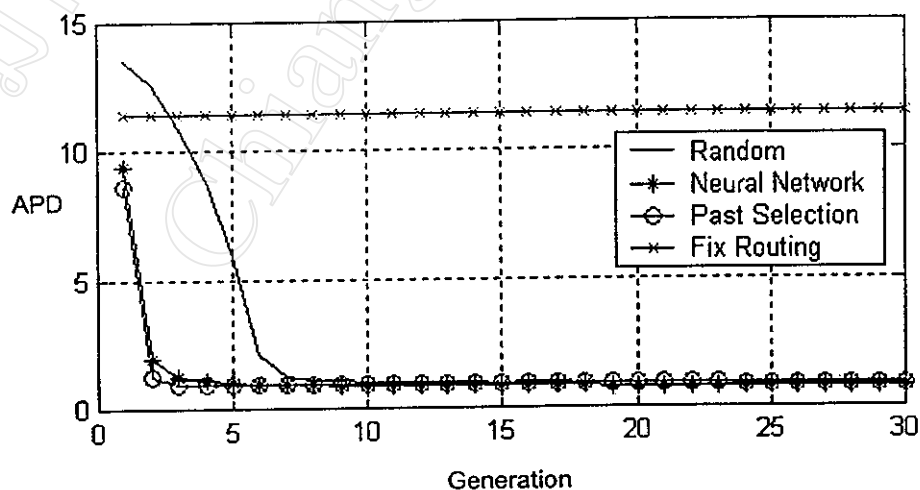
s \ D	1	2	3	4	5	6
1	0	21	16	1	3	36
2	35	0	28	32	24	27
3	39	7	0	19	40	10
4	7	0	11	0	35	20
5	37	12	9	32	0	34
6	8	3	7	22	15	0

ตาราง 4.16 ข. โครโมโซมตารางเส้นทางที่ดีที่สุดใน 30 ยุค ของแต่ละวิธี

วิธีการหาตารางเส้นทาง	โครโมโซมตารางเส้นทางที่ดีที่สุดใน 30 ยุค
ตารางเส้นทางแบบคงที่	1 1 3 1 6 1 1 1 5 1 1 1 1 1 3 3 1 1 1 1 5 1 1 1 6 1 1 1 1
GA (Random)	4 1 4 8 1 2 2 5 5 1 4 1 1 5 3 4 7 1 2 3 4 2 2 2 1 1 2 1 6 1
GA (Neural Network)	1 1 6 1 1 2 1 1 2 1 4 3 1 1 3 3 1 1 2 6 1 3 5 2 1 1 1 1 1 2
GA (Past Selection)	1 1 6 3 5 2 2 2 2 2 1 3 1 1 3 3 4 1 2 3 1 5 5 2 2 1 6 3 3 1

ตาราง 4.16 ค. คุณสมบัติของตารางเส้นทางของแต่ละวิธี

วิธีการหาตารางเส้นทาง	APD	ACB	OBJ	% Link Usage	Usable
ตารางเส้นทางแบบคงที่	11.41147	4.949×10^{-3}	506.3244	48.13	Yes
GA (Random)	0.793033	3.810×10^{-9}	0.793414	40.67	Yes
GA (Neural Network)	0.720451	7.562×10^{-9}	0.721207	37.22	Yes
GA (Past Selection)	0.764033	1.361×10^{-8}	0.765395	39.56	Yes



รูป 4.16 ก. กราฟแสดงค่า APD ของตารางเส้นทางที่ได้ของแต่ละวิธี

รูปที่ 4.16 การจัดตารางเส้นทาง ณ เวลา 11.00 น

ตาราง 4.17 ก. สภาวะทราฟฟิก ณ เวลา 11.30 น

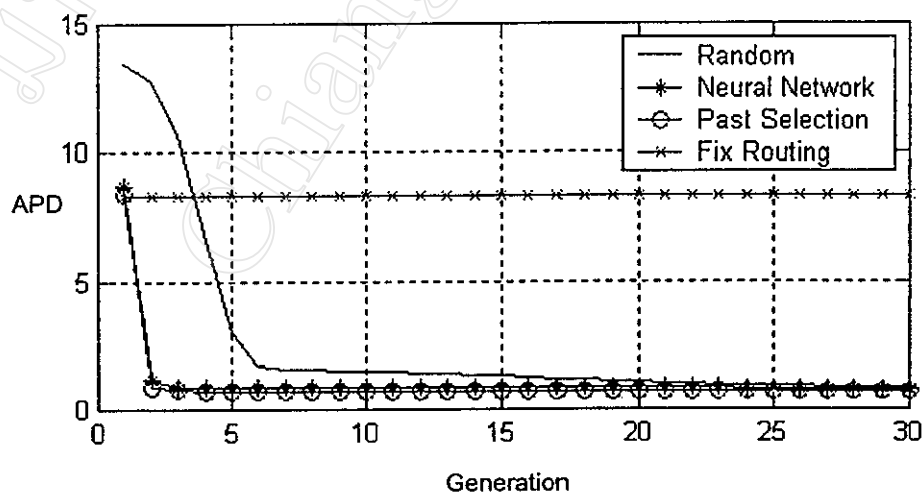
s \ d	1	2	3	4	5	6
1	0	22	29	36	21	24
2	23	0	32	27	1	2
3	34	34	0	0	23	38
4	4	24	25	0	19	5
5	38	1	15	28	0	24
6	10	10	21	5	6	0

ตาราง 4.17 ข. โครโมโซมตารางเส้นทางที่ดีที่สุดที่สุ่มใน 30 ยุค ของแต่ละวิธี

วิธีการหาตารางเส้นทาง	โครโมโซมตารางเส้นทางที่ดีที่สุด ใน 30 ยุค
ตารางเส้นทางแบบคงที่	1 1 3 1 6 1 1 1 5 1 1 1 1 1 3 3 1 1 1 1 5 1 1 1 6 1 1 1 1
GA (Random)	4 1 5 4 5 2 1 5 1 1 1 3 2 1 3 6 1 1 2 1 1 1 5 3 2 1 1 1 4
GA (Neural Network)	2 1 3 1 4 2 2 1 2 1 1 3 5 5 3 3 1 1 2 2 1 5 1 2 2 1 2 1 2 2
GA (Past Selection)	4 1 3 7 5 2 2 1 2 2 1 3 1 1 1 3 4 1 2 1 1 2 1 2 1 1 6 1 2 2

ตาราง 4.17 ค. คุณสมบัติของตารางเส้นทางของแต่ละวิธี

วิธีการหาตารางเส้นทาง	APD	ACB	OBJ	% Link Usage	Usable
ตารางเส้นทางแบบคงที่	8.353386	2.715×10^{-3}	279.893	41.75	Yes
GA (Random)	0.730278	4.320×10^{-8}	0.734599	39.31	Yes
GA (Neural Network)	0.678099	1.283×10^{-8}	0.679382	35.89	Yes
GA (Past Selection)	0.653401	4.979×10^{-9}	0.65389	35.14	Yes



รูป 4.17 ก. กราฟแสดงค่า APD ของตารางเส้นทางที่ได้ของแต่ละวิธี

รูปที่ 4.17 การจัดตารางเส้นทาง ณ เวลา 11.30 น

ตาราง 4.18 ก. สภาวะทราฟฟิก ณ เวลา 12.00 น

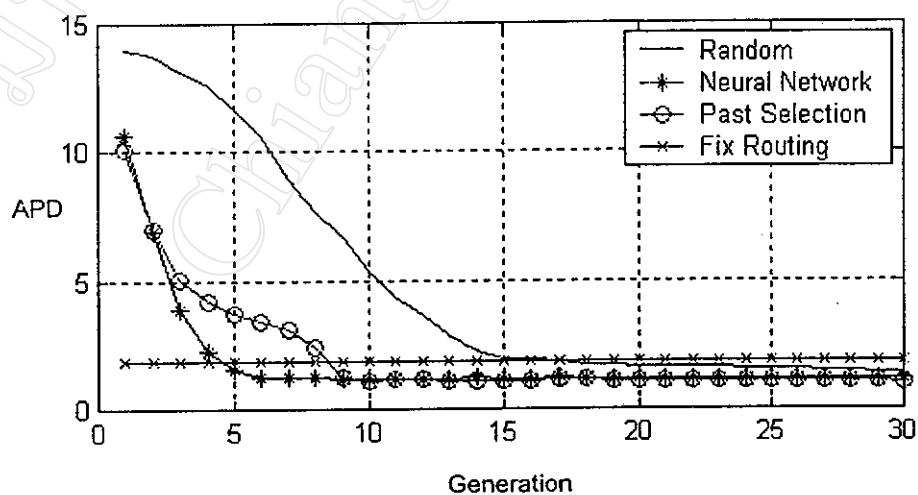
s \ D	1	2	3	4	5	6
1	0	4	3	28	34	10
2	26	0	11	15	34	38
3	29	25	0	29	33	3
4	27	11	38	0	29	25
5	13	20	14	21	0	38
6	13	29	38	0	1	0

ตาราง 4.18 ข. โครโมโซมตารางเส้นทางที่ดีที่สุด ใน 30 ยุค ของแต่ละวิธี

วิธีการหาตารางเส้นทาง	โครโมโซมตารางเส้นทางที่ดีที่สุด ใน 30 ยุค
ตารางเส้นทางแบบคงที่	1 1 3 1 6 1 1 1 5 1 1 1 1 1 3 3 1 1 1 1 1 5 1 1 1 6 1 1 1 1
GA (Random)	4 4 6 1 5 3 1 2 2 1 4 2 2 1 4 6 4 1 3 3 1 6 1 2 4 5 6 3 1 2
GA (Neural Network)	2 1 3 8 1 2 1 1 5 1 4 3 1 1 3 3 2 1 1 6 1 3 5 2 1 1 2 1 2 1
GA (Past Selection)	2 1 3 7 1 2 1 1 2 1 1 3 1 1 1 3 4 1 2 1 1 5 1 2 1 1 6 1 3 1

ตาราง 4.18 ค. คุณสมบัติของตารางเส้นทางของแต่ละวิธี

วิธีการหาตารางเส้นทาง	APD	ACB	OBJ	% Link Usage	Usable
ตารางเส้นทางแบบคงที่	1.873316	3.681×10^{-4}	38.68413	47.55	Yes
GA (Random)	1.249697	5.225×10^{-7}	1.301953	52.54	Yes
GA (Neural Network)	1.021748	1.016×10^{-6}	1.123390	43.79	Yes
GA (Past Selection)	0.982565	5.212×10^{-7}	1.034690	41.48	Yes



รูป 4.18 ก. กราฟแสดงค่า APD ของตารางเส้นทางที่ได้ของแต่ละวิธี

รูปที่ 4.18 การจัดตารางเส้นทาง ณ เวลา 12.00 น

ตาราง 4.19 ก. สภาวะทราฟฟิก ณ เวลา 12.30 น

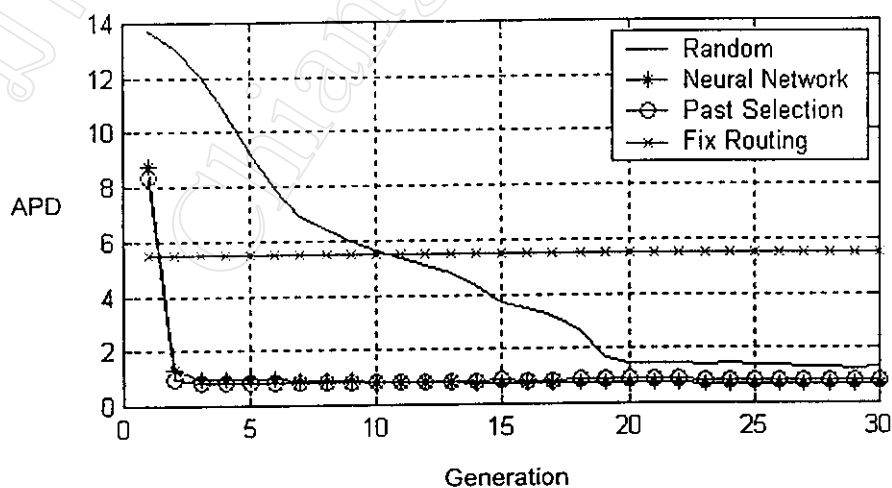
s \ D	1	2	3	4	5	6
1	0	2	13	22	14	39
2	24	0	22	1	17	26
3	16	6	0	40	22	17
4	17	0	20	0	11	14
5	2	24	33	38	0	16
6	8	31	3	26	31	0

ตาราง 4.19 ข. โครโมโซมตารางเส้นทางที่ดีที่สุดที่สุ่มใน 30 ยุค ของแต่ละวิธี

วิธีการหาตารางเส้นทาง	โครโมโซมตารางเส้นทางที่ดีที่สุดที่สุ่ม ใน 30 ยุค
ตารางเส้นทางแบบคงที่	1 1 3 1 6 1 1 1 5 1 1 1 1 1 3 3 1 1 1 1 1 5 1 1 1 6 1 1 1 1
GA (Random)	4 4 3 7 5 1 2 3 5 3 1 1 1 5 5 5 2 2 3 3 5 5 2 4 3 6 1 3 2
GA (Neural Network)	2 4 3 7 7 1 1 4 5 6 1 1 1 5 1 3 4 1 2 3 1 3 1 2 2 1 2 3 2 2
GA (Past Selection)	2 1 3 1 5 1 1 1 2 6 1 3 1 1 1 3 4 1 1 3 1 5 1 2 2 5 1 3 2 2

ตาราง 4.19 ค. คุณสมบัติของตารางเส้นทางของแต่ละวิธี

วิธีการหาตารางเส้นทาง	APD	ACB	OBJ	% Link Usage	Usable
ตารางเส้นทางแบบคงที่	5.500515	2.426×10^{-3}	2.48.195	48.77	Yes
GA (Random)	1.061132	3.615×10^{-7}	1.097286	46.82	Yes
GA (Neural Network)	0.634126	6.802×10^{-10}	0.634194	34.26	Yes
GA (Past Selection)	0.810319	4.800×10^{-7}	0.858324	37.31	Yes



รูป 4.19 ก. กราฟแสดงค่า APD ของตารางเส้นทางที่ได้ของแต่ละวิธี

รูปที่ 4.19 การจัดตารางเส้นทาง ณ เวลา 12.30 น

ตาราง 4.20 ก. สภาวะทราฟฟิก ณ เวลา 13.00 น

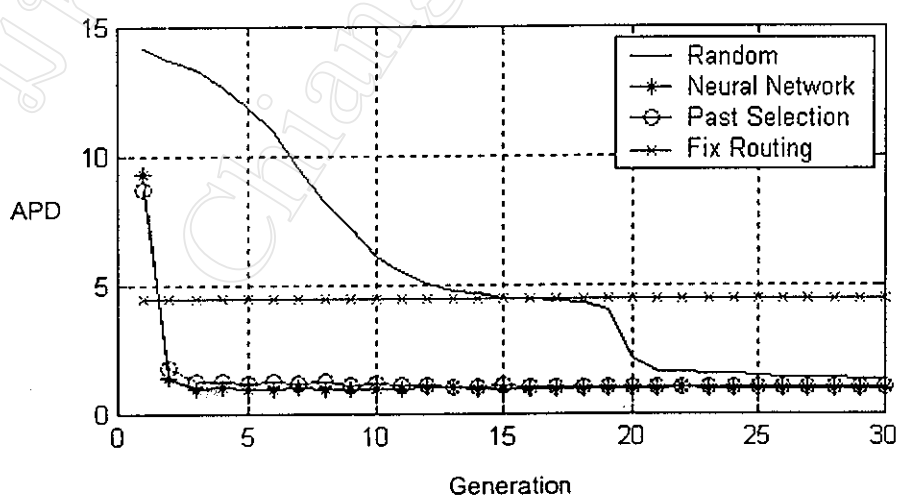
s \ d	1	2	3	4	5	6
1	0	17	31	32	26	4
2	34	0	24	20	20	9
3	12	13	0	21	14	33
4	28	19	32	0	5	22
5	4	16	38	10	0	8
6	40	22	27	16	12	0

ตาราง 4.20 ข. โครโมโซมตารางเส้นทางที่ดีที่สุดใน 30 ยุค ของแต่ละวิธี

วิธีการหาตารางเส้นทาง	โครโมโซมตารางเส้นทางที่ดีที่สุดใน 30 ยุค
ตารางเส้นทางแบบคงที่	1 1 3 1 6 1 1 1 5 1 1 1 1 1 3 3 1 1 1 1 1 5 1 1 1 6 1 1 1 1
GA (Random)	2 1 3 4 1 4 2 5 3 2 3 3 1 5 4 3 1 5 4 1 5 3 1 3 2 1 5 4 3 2
GA (Neural Network)	2 1 6 8 1 2 1 4 2 6 4 1 1 1 3 3 4 1 2 3 4 2 1 2 1 1 1 3 1 2
GA (Past Selection)	1 1 3 8 1 2 1 2 2 1 1 1 1 1 4 3 4 1 2 2 1 2 1 2 2 5 1 1 3 4

ตาราง 4.15 ค. คุณสมบัติของตารางเส้นทางของแต่ละวิธี

วิธีการหาตารางเส้นทาง	APD	ACB	OBJ	% Link Usage	Usable
ตารางเส้นทางแบบคงที่	4.488169	2.100×10^{-3}	214.5216	49.09	Yes
GA (Random)	1.182184	4.466×10^{-7}	1.226848	50.59	Yes
GA (Neural Network)	0.875978	6.100×10^{-6}	0.882078	40.32	Yes
GA (Past Selection)	0.895530	1.038×10^{-7}	0.905917	41.16	Yes



รูป 4.20 ก. กราฟแสดงค่า APD ของตารางเส้นทางที่ได้ของแต่ละวิธี

รูปที่ 4.20 การจัดตารางเส้นทาง ณ เวลา 13.00 น

ตาราง 4.21 ก. สภาวะทราฟฟิก ณ เวลา 13.30 น

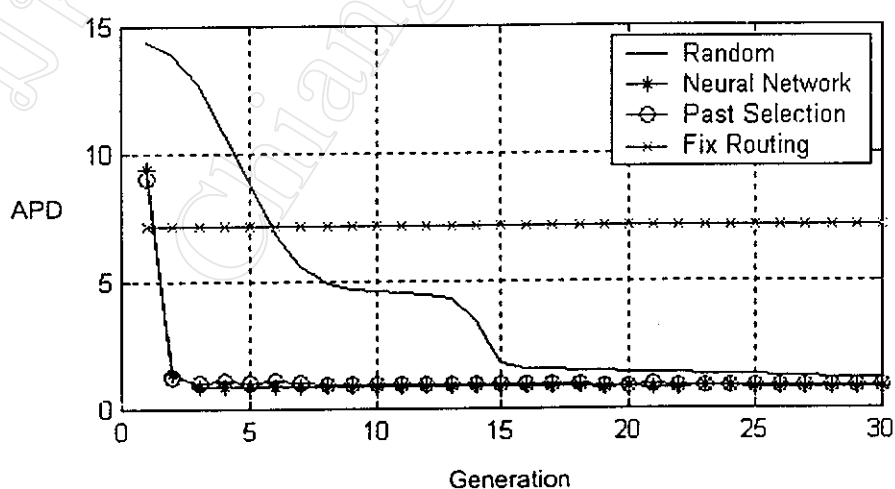
s \ D	1	2	3	4	5	6
1	0	30	14	19	40	0
2	1	0	36	20	20	4
3	39	1	0	24	16	32
4	16	23	23	0	28	32
5	9	29	24	29	0	9
6	38	6	16	15	34	0

ตาราง 4.21 ข. โครโมโซมตารางเส้นทางที่ดีที่สุด ใน 30 ยุค ของแต่ละวิธี

วิธีการหาตารางเส้นทาง	โครโมโซมตารางเส้นทางที่ดีที่สุด ใน 30 ยุค
ตารางเส้นทางแบบคงที่	1 1 3 1 6 1 1 1 5 1 1 1 1 1 3 3 1 1 1 1 1 5 1 1 1 6 1 1 1 1
GA (Random)	4 4 3 8 4 5 2 1 2 4 1 3 2 5 1 5 4 1 3 2 1 5 2 2 4 5 4 3 3 2
GA (Neural Network)	2 1 6 8 1 1 2 1 2 1 1 1 1 1 1 3 1 1 2 2 1 2 1 2 1 1 5 1 2 1
GA (Past Selection)	2 3 3 8 1 2 1 1 2 2 1 1 1 1 1 3 4 1 2 2 1 2 1 2 2 4 1 1 6 2

ตาราง 4.21 ค. คุณสมบัติของตารางเส้นทางของแต่ละวิธี

วิธีการหาตารางเส้นทาง	APD	ACB	OBJ	% Link Usage	Usable
ตารางเส้นทางแบบคงที่	7.134162	4.158×10^{-3}	422.9512	46.98	No
GA (Random)	0.900893	1.588×10^{-6}	0.902482	45.32	Yes
GA (Neural Network)	0.757458	1.192×10^{-8}	0.758651	37.77	Yes
GA (Past Selection)	0.802431	1.438×10^{-8}	0.803870	40.40	Yes



รูป 4.21 ก. กราฟแสดงค่า APD ของตารางเส้นทางที่ได้ของแต่ละวิธี

รูปที่ 4.21 การจัดตารางเส้นทาง ณ เวลา 13.30 น

ตาราง 4.22 ก. สภาวะทราฟฟิก ณ เวลา 14.00 น

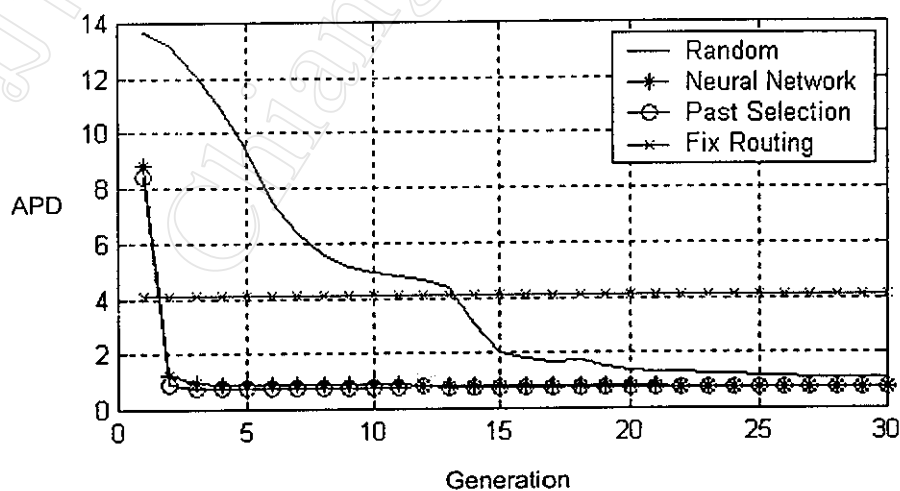
s \ d	1	2	3	4	5	6
1	0	24	9	21	20	37
2	16	0	19	23	24	12
3	21	2	0	35	3	5
4	36	36	16	0	9	5
5	30	19	21	10	0	16
6	25	8	22	6	31	0

ตาราง 4.22 ข. โครโมโซมตารางเส้นทางที่ดีที่สุด ใน 30 ยุค ของแต่ละวิธี

วิธีการหาตารางเส้นทาง	โครโมโซมตารางเส้นทางที่ดีที่สุด ใน 30 ยุค
ตารางเส้นทางแบบคงที่	1 1 3 1 6 1 1 1 5 1 1 1 1 1 3 3 1 1 1 1 5 1 1 1 6 1 1 1 1
GA (Random)	4 4 5 8 4 3 1 4 5 1 1 5 1 6 1 3 4 2 2 2 1 3 5 5 1 4 2 1 3 2
GA (Neural Network)	1 1 3 8 1 2 1 4 2 6 1 1 1 1 3 3 1 1 2 3 1 2 1 1 1 1 1 3 2 1
GA (Past Selection)	2 1 3 8 5 1 1 4 5 6 1 3 1 1 1 3 4 1 2 2 1 5 1 1 2 1 1 3 2 2

ตาราง 4.22 ค. คุณสมบัติของตารางเส้นทางของแต่ละวิธี

วิธีการหาตารางเส้นทาง	APD	ACB	OBJ	% Link Usage	Usable
ตารางเส้นทางแบบคงที่	4.120912	1.931×10^{-3}	197.2996	46.28	No
GA (Random)	0.905676	4.488×10^{-8}	0.910165	43.89	Yes
GA (Neural Network)	0.686340	2.014×10^{-8}	0.688355	34.18	Yes
GA (Past Selection)	0.717240	1.789×10^{-8}	0.719030	36.50	Yes



รูป 4.22 ก. กราฟแสดงค่า APD ของตารางเส้นทางที่ได้ของแต่ละวิธี

รูปที่ 4.22 การจัดตารางเส้นทาง ณ เวลา 14.00 น

ตาราง 4.23 ก. สภาวะทราฟฟิก ณ เวลา 14.30 น

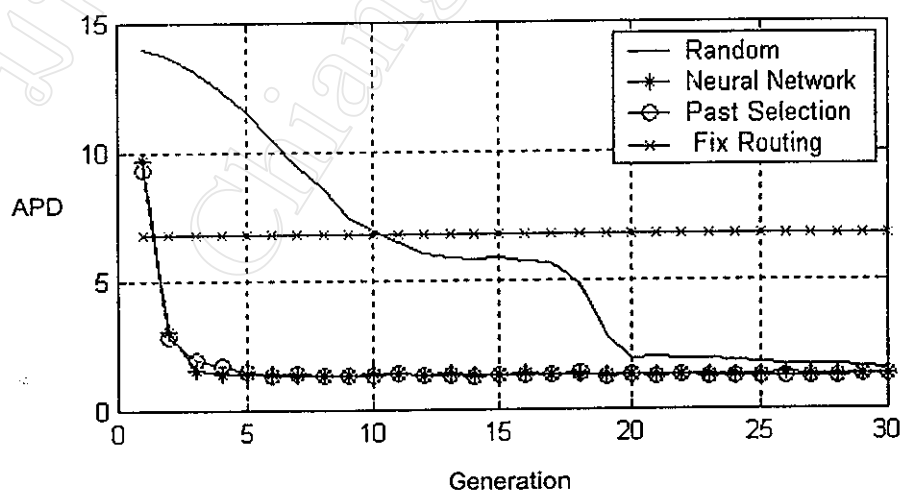
s \ d	1	2	3	4	5	6
1	0	36	23	12	20	16
2	6	0	38	30	11	24
3	29	13	0	22	32	40
4	1	28	22	0	4	0
5	32	13	10	0	0	9
6	34	12	39	20	36	0

ตาราง 4.23 ข. โครโมโซมตารางเส้นทางที่ดีที่สุดใน 30 ยุค ของแต่ละวิธี

วิธีการหาตารางเส้นทาง	โครโมโซมตารางเส้นทางที่ดีที่สุดใน 30 ยุค
ตารางเส้นทางแบบคงที่	1 1 3 1 6 1 1 1 5 1 1 1 1 1 3 3 1 1 1 1 1 5 1 1 1 6 1 1 1 1
GA (Random)	4 4 3 1 4 1 2 1 5 1 1 4 1 2 1 3 1 1 1 3 1 1 2 5 6 5 1 4 2 4
GA (Neural Network)	2 1 3 7 1 1 2 1 2 1 1 1 1 1 1 3 1 1 2 1 1 2 1 2 2 5 2 3 3 1
GA (Past Selection)	1 1 3 7 5 1 1 4 2 6 1 1 1 1 3 3 1 1 1 3 1 2 1 1 2 1 1 1 3 1

ตาราง 4.23 ค. คุณสมบัติของตารางเส้นทางของแต่ละวิธี

วิธีการหาตารางเส้นทาง	APD	ACB	OBJ	% Link Usage	Usable
ตารางเส้นทางแบบคงที่	6.795029	3.839×10^{-3}	390.7563	48.98	No
GA (Random)	1.381165	9.566×10^{-6}	2.337778	51.42	Yes
GA (Neural Network)	1.185358	9.590×10^{-6}	2.144455	41.29	Yes
GA (Past Selection)	1.15113	4.600×10^{-6}	1.611153	40.40	Yes



รูป 4.23 ก. กราฟแสดงค่า APD ของตารางเส้นทางที่ได้ของแต่ละ

รูปที่ 4.23 การจัดการตารางเส้นทาง ณ เวลา 14.30 น

ตาราง 4.24 ก. สภาวะทราฟฟิก ณ เวลา 15.00 น

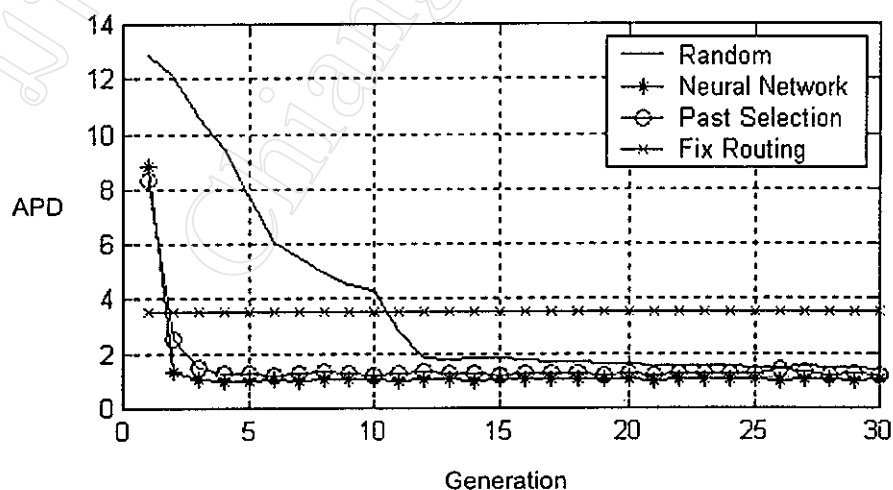
$\begin{smallmatrix} d \\ s \end{smallmatrix}$	1	2	3	4	5	6
1	0	35	30	14	27	7
2	0	0	25	34	32	15
3	5	31	0	6	35	9
4	7	27	18	0	12	26
5	10	12	23	17	0	28
6	1	19	10	22	6	0

ตาราง 4.24 ข. โครโมโซมตารางเส้นทางที่ดีที่สุดที่สุ่มใน 30 ยุค ของแต่ละวิธี

วิธีการหาตารางเส้นทาง	โครโมโซมตารางเส้นทางที่ดีที่สุดที่สุ่ม ใน 30 ยุค
ตารางเส้นทางแบบคงที่	1 1 3 1 6 1 1 1 5 1 1 1 1 1 3 3 1 1 1 1 5 1 1 1 6 1 1 1 1
GA (Random)	2 3 5 1 4 2 2 5 5 4 1 1 1 5 1 5 5 1 2 3 1 2 1 1 2 1 5 4 2 2
GA (Neural Network)	2 1 3 7 5 1 2 1 5 1 1 3 1 1 3 3 4 1 2 3 1 6 1 2 1 1 1 3 2 2
GA (Past Selection)	1 1 6 4 1 2 1 1 2 1 4 2 1 5 1 6 1 1 1 6 1 5 1 2 2 1 6 4 2 4

ตาราง 4.24 ค. คุณสมบัติของตารางเส้นทางของแต่ละวิธี

วิธีการหาตารางเส้นทาง	APD	ACB	OBJ	% Link Usage	Usable
ตารางเส้นทางแบบคงที่	3.548930	1.898×10^{-3}	193.4104	38.47	No
GA (Random)	1.123340	4.582×10^{-6}	1.581638	46.78	Yes
GA (Neural Network)	0.942802	4.582×10^{-6}	1.401054	37.92	Yes
GA (Past Selection)	0.973187	4.582×10^{-6}	1.431440	40.01	Yes



รูป 4.24 ก. กราฟแสดงค่า APD ของตารางเส้นทางที่ได้ของแต่ละวิธี

รูปที่ 4.24 การจัดตารางเส้นทาง ณ เวลา 15.00 น

ตาราง 4.25 ก. สภาวะทราฟฟิก ณ เวลา 15.30 น

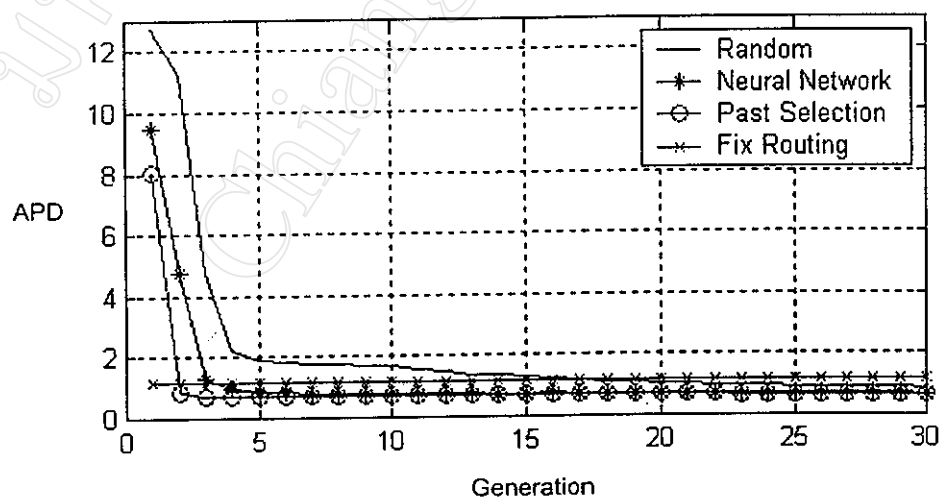
s \ D	1	2	3	4	5	6
1	0	37	0	38	27	4
2	31	0	7	20	5	3
3	24	24	0	25	36	10
4	32	8	7	0	3	15
5	8	10	23	2	0	20
6	37	3	37	1	33	0

ตาราง 4.25 ข. โครโมโซมตารางเส้นทางที่ดีที่สุดใน 30 ยุค ของแต่ละวิธี

วิธีการหาตารางเส้นทาง	โครโมโซมตารางเส้นทางที่ดีที่สุดใน 30 ยุค
ตารางเส้นทางแบบคงที่	1 1 3 1 6 1 1 1 5 1 1 1 1 1 3 3 1 1 1 1 1 5 1 1 1 6 1 1 1 1
GA (Random)	2 5 3 1 4 2 2 3 2 1 1 2 1 1 1 5 5 2 4 6 4 3 5 5 2 1 5 3 2 1
GA (Neural Network)	1 1 3 7 1 2 1 1 1 2 1 3 1 1 3 3 1 1 1 1 4 5 5 2 1 4 1 1 3 2
GA (Past Selection)	1 1 3 8 1 2 1 4 2 6 1 1 1 1 3 3 2 2 2 3 1 2 1 2 2 1 6 4 1 1

ตาราง 4.25 ค. คุณสมบัตินี้ของตารางเส้นทางของแต่ละวิธี

วิธีการหาตารางเส้นทาง	APD	ACB	OBJ	% Link Usage	Usable
ตารางเส้นทางแบบคงที่	1.159088	1.103×10^{-5}	2.262970	40.13	Yes
GA (Random)	0.712614	9.311×10^{-9}	0.713545	38.28	Yes
GA (Neural Network)	0.603889	2.487×10^{-10}	0.603914	33.94	Yes
GA (Past Selection)	0.579464	4.745×10^{-10}	0.579511	32.49	Yes



รูป 4.25 ก. กราฟแสดงค่า APD ของตารางเส้นทางที่ได้ของแต่ละวิธี

รูปที่ 4.25 การจัดตารางเส้นทาง ณ เวลา 15.30 น

ตาราง 4.26 ก. สภาวะกราฟฟิค ณ เวลา 16.00 น

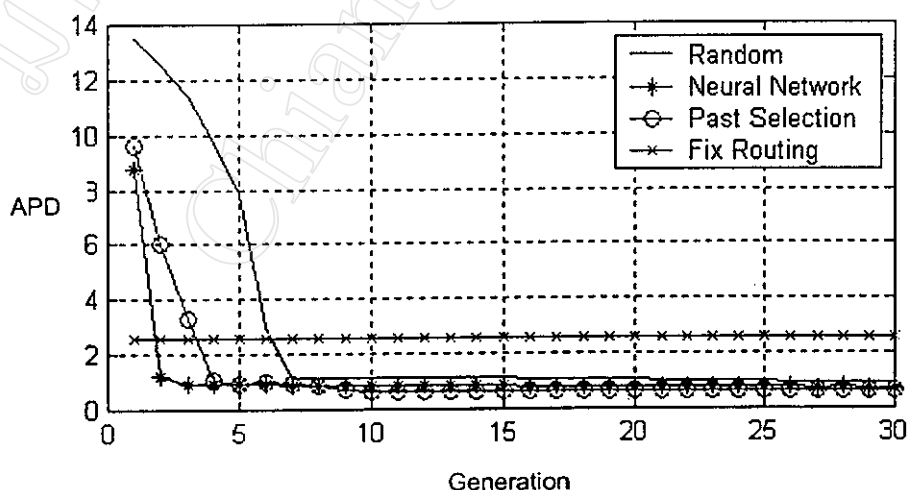
s \ p	1	2	3	4	5	6
1	0	5	14	8	10	32
2	29	0	18	11	29	9
3	23	21	0	36	34	16
4	10	12	34	0	21	23
5	5	1	36	10	0	20
6	18	3	12	6	25	0

ตาราง 4.26 ข. โครโมโซมตารางเส้นทางที่ดีที่สุดใน 30 ยุค ของแต่ละวิธี

วิธีการหาตารางเส้นทาง	โครโมโซมตารางเส้นทางที่ดีที่สุดใน 30 ยุค
ตารางเส้นทางแบบคงที่	1 1 3 1 6 1 1 1 5 1 1 1 1 1 3 3 1 1 1 1 1 5 1 1 1 6 1 1 1 1 1
GA (Random)	3 4 3 8 5 4 1 2 3 1 1 2 1 5 4 6 4 1 2 6 6 2 5 5 2 1 4 1 6 4
GA (Neural Network)	2 1 3 1 5 2 1 3 2 5 1 3 1 1 1 3 1 1 3 2 1 5 1 2 2 5 1 1 1 2
GA (Past Selection)	1 4 3 7 1 1 1 3 5 2 1 1 1 1 3 3 4 1 2 3 1 5 1 2 1 1 1 3 3 1

ตาราง 4.26 ค. คุณสมบัติของตารางเส้นทางของแต่ละวิธี

วิธีการหาตารางเส้นทาง	APD	ACB	OBJ	% Link Usage	Usable
ตารางเส้นทางแบบคงที่	2.573510	1.027×10^{-3}	105.3343	43.11	Yes
GA (Random)	0.717186	1.153×10^{-9}	0.717302	38.55	Yes
GA (Neural Network)	0.592479	6.622×10^{-10}	0.592545	34.177	Yes
GA (Past Selection)	0.538798	1.490×10^{-10}	0.538813	30.54	Yes



รูป 4.26 ก. กราฟแสดงค่า APD ของตารางเส้นทางที่ได้ของแต่ละวิธี

รูปที่ 4.26 การจัดตารางเส้นทาง ณ เวลา 16.00 น

ตาราง 4.27 ก. สภาวะทราฟฟิก ณ เวลา 16.30 น

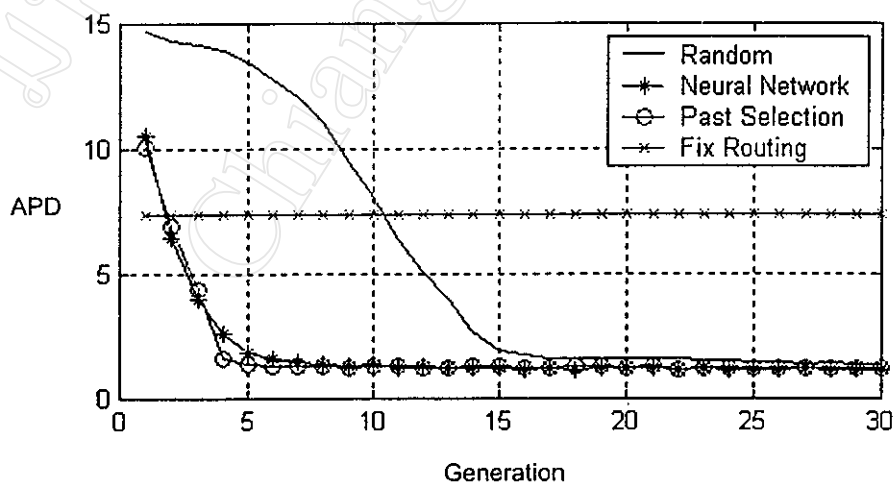
s \ d	1	2	3	4	5	6
1	0	2	22	30	32	9
2	25	0	23	30	12	9
3	33	38	0	11	29	36
4	28	17	39	0	29	31
5	17	14	6	35	0	39
6	13	21	38	0	23	0

ตาราง 4.27 ข. โครโมโซมตารางเส้นทางที่ดีที่สุด ใน 30 ยุค ของแต่ละวิธี

วิธีการหาตารางเส้นทาง	โครโมโซมตารางเส้นทางที่ดีที่สุด ใน 30 ยุค
ตารางเส้นทางแบบคงที่	1 1 3 1 6 1 1 1 5 1 1 1 1 1 3 3 1 1 1 1 1 5 1 1 1 6 1 1 1 1 1
GA (Random)	2 4 3 8 5 1 2 5 3 6 1 1 1 5 4 6 1 1 3 3 1 6 5 2 4 1 5 3 2 4
GA (Neural Network)	2 1 3 7 5 1 2 1 2 2 1 1 1 1 3 3 1 1 2 3 1 5 2 1 2 5 2 1 1 1
GA (Past Selection)	2 1 3 7 1 2 1 1 2 2 1 3 1 1 1 3 4 1 2 1 1 5 1 2 1 5 2 1 3 2

ตาราง 4.27 ก. คุณสมบัติของตารางเส้นทางของ แต่ละวิธี

วิธีการหาตารางเส้นทาง	APD	ACB	OBJ	% Link Usage	Usable
ตารางเส้นทางแบบคงที่	7.413865	4.050×10^{-3}	412.4871	48.96	No
GA (Random)	1.191326	1.449×10^{-6}	1.336238	50.12	Yes
GA (Neural Network)	1.046431	1.087×10^{-6}	1.155190	44.04	Yes
GA (Past Selection)	1.049221	1.422×10^{-6}	1.191447	44.04	Yes



รูป 4.27 ก. กราฟแสดงค่า APD ของตารางเส้นทางที่ได้ของแต่ละ

รูปที่ 4.27 การจัดตารางเส้นทาง ณ เวลา 16.30 น

ตาราง 4.28 ก. สภาวะทราฟฟิก ณ เวลา 17.00 น

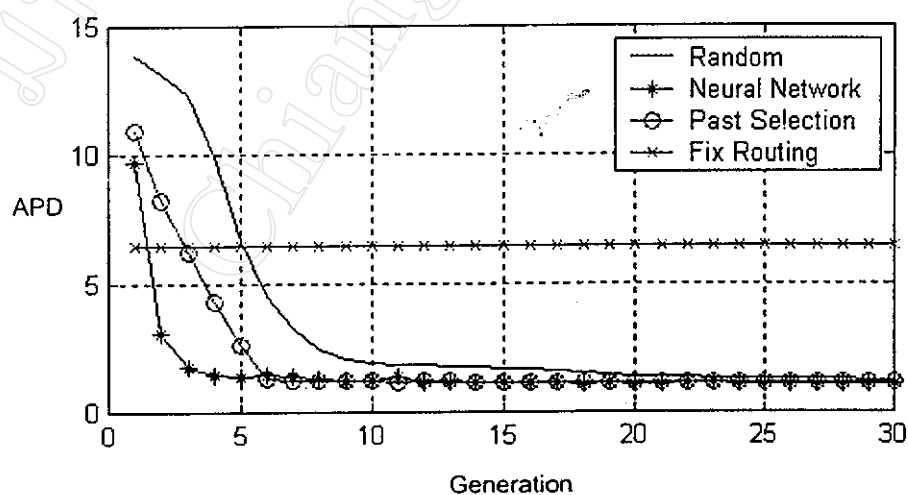
s \ D	1	2	3	4	5	6
1	0	13	25	33	30	11
2	4	0	1	40	27	24
3	1	20	0	19	2	18
4	16	21	30	0	36	8
5	5	29	18	8	0	40
6	1	9	25	39	33	0

ตาราง 4.28 ข. โครโมโซมตารางเส้นทางที่ดีที่สุดใน 30 ยุค ของแต่ละวิธี

วิธีการหาตารางเส้นทาง	โครโมโซมตารางเส้นทางที่ดีที่สุดใน 30 ยุค
ตารางเส้นทางแบบคงที่	1 1 3 1 6 1 1 1 5 1 1 1 1 1 1 3 3 1 1 1 1 1 5 1 1 1 6 1 1 1 1
GA (Random)	1 1 6 7 5 1 2 1 5 6 2 2 5 1 3 3 4 1 1 3 4 3 1 3 4 4 2 1 2 2
GA (Neural Network)	4 4 3 1 5 1 2 1 2 1 1 1 1 1 5 1 3 1 1 1 2 3 3 5 2 1 1 2 1 2 2
GA (Past Selection)	1 4 3 7 5 2 1 1 5 2 1 1 1 1 1 3 3 4 1 2 3 1 1 1 2 4 3 4 1 2 4

ตาราง 4.28 ค. คุณสมบัตินี้ของตารางเส้นทางของแต่ละวิธี

วิธีการหาตารางเส้นทาง	APD	ACB	OBJ	% Link Usage	Usable
ตารางเส้นทางแบบคงที่	6.455375	3.797×10^{-3}	386.1814	44.63	Yes
GA (Random)	1.03786	2.620×10^{-7}	1.064069	46.44	Yes
GA (Neural Network)	0.958085	2.964×10^{-7}	0.987726	43.06	Yes
GA (Past Selection)	1.022272	2.539×10^{-7}	1.047667	45.18	Yes



รูป 4.28 ก. กราฟแสดงค่า APD ของตารางเส้นทางที่ได้ของแต่ละวิธี

รูป 4.28 การจัดตารางเส้นทาง ณ เวลา 17.00 น

ตาราง 4.29 ก. สภาวะทราฟฟิก ณ เวลา 18.00 น

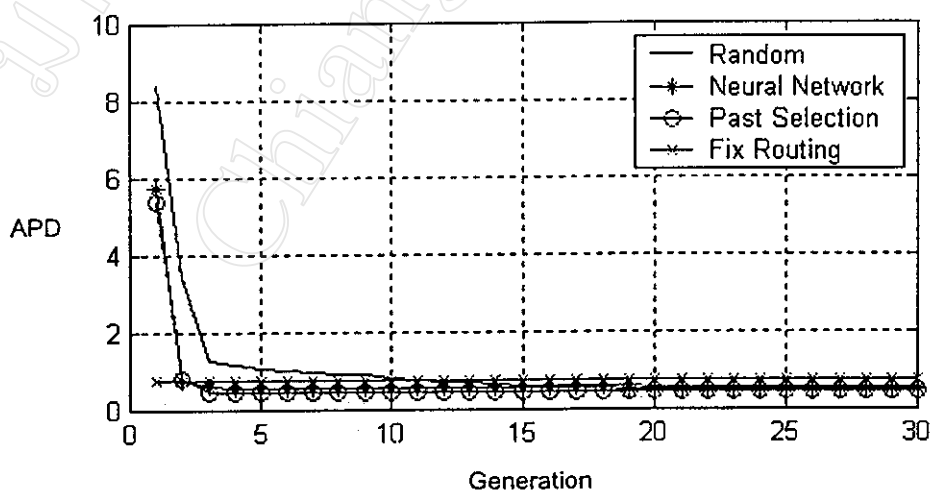
s \ D	1	2	3	4	5	6
1	0	11	11	9	4	0
2	8	0	6	10	2	8
3	5	12	0	24	15	3
4	14	16	9	0	11	28
5	16	0	28	26	0	18
6	26	26	17	17	10	0

ตาราง 4.29 ข. โครโมโซมตารางเส้นทางที่ดีที่สุดที่สุ่มใน 30 ยุค ของแต่ละวิธี

วิธีการหาตารางเส้นทาง	โครโมโซมตารางเส้นทางที่ดีที่สุดที่สุ่ม ใน 30 ยุค
ตารางเส้นทางแบบคงที่	1 1 3 1 6 1 1 1 5 1 1 1 1 1 3 3 1 1 1 1 1 5 1 1 1 6 1 1 1 1
GA (Random)	2 4 6 4 6 4 2 1 5 6 1 1 1 1 1 6 4 1 1 2 4 1 1 2 1 1 1 1 6 4
GA (Neural Network)	2 1 3 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 3 3 4 1 1 2 1 4 1 2 1 1 2 1 3 2
GA (Past Selection)	2 1 3 1 1 1 1 4 2 1 1 1 1 1 3 3 4 1 2 2 1 5 1 2 2 1 6 1 2 2

ตาราง 4.29 ค. คุณสมบัติของตารางเส้นทางของแต่ละวิธี

วิธีการหาตารางเส้นทาง	APD	ACB	OBJ	% Link Usage	Usable
ตารางเส้นทางแบบคงที่	0.754563	3.791×10^{-7}	0.792474	33.67	Yes
GA (Random)	0.467207	7.501×10^{-11}	0.467215	27.71	Yes
GA (Neural Network)	0.434839	2.046×10^{-11}	0.434841	26.37	Yes
GA (Past Selection)	0.438287	2.650×10^{-11}	0.438290	26.44	Yes



รูป 4.29 ก. กราฟแสดงค่า APD ของตารางเส้นทางที่ได้ของแต่ละวิธี

รูปที่ 4.29 การจัดตารางเส้นทาง ณ เวลา 18.00 น

ตาราง 4.30 ก. สภาวะทราฟฟิก ณ เวลา 19.00 น

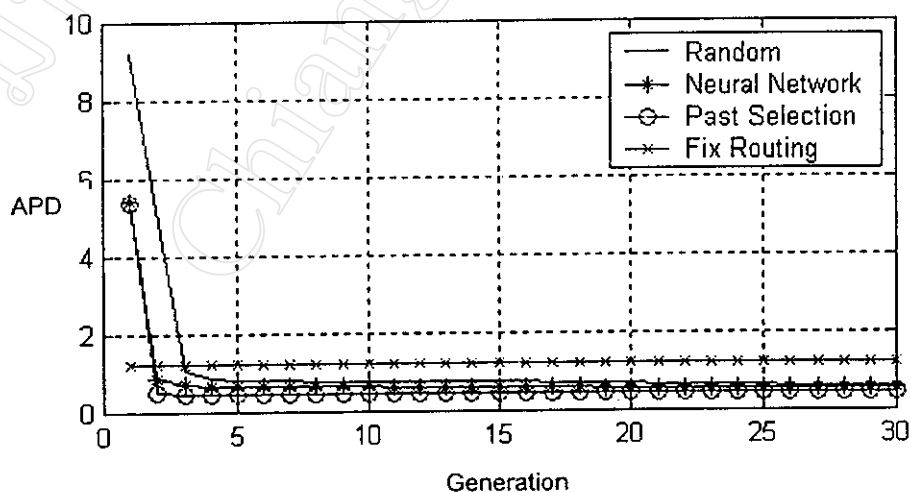
s \ d	1	2	3	4	5	6
1	0	25	12	4	8	18
2	3	0	6	14	11	5
3	5	15	0	3	30	14
4	5	29	28	0	13	25
5	7	12	3	15	0	2
6	22	17	0	15	19	0

ตาราง 4.30 ข. โครโมโซมตารางเส้นทางที่ดีที่สุดใน 30 ยุค ของแต่ละวิธี

วิธีการหาตารางเส้นทาง	โครโมโซมตารางเส้นทางที่ดีที่สุดใน 30 ยุค
ตารางเส้นทางแบบคงที่	1 1 3 1 6 1 1 1 5 1 1 1 1 1 3 3 1 1 1 1 1 5 1 1 1 6 1 1 1 1
GA (Random)	2 4 4 1 4 2 1 3 2 2 3 1 5 1 1 3 4 1 3 2 4 5 2 3 1 1 1 1 2 2
GA (Neural Network)	2 1 3 1 1 2 2 1 5 2 3 1 1 1 3 3 5 1 1 3 3 2 5 2 1 1 2 3 2 1
GA (Past Selection)	1 1 3 7 1 2 1 1 5 1 1 3 1 1 3 3 1 1 2 3 1 2 1 2 2 5 1 3 2 1

ตาราง 4.30 ค. คุณสมบัติของตารางเส้นทางของแต่ละวิธี

วิธีการหาตารางเส้นทาง	APD	ACB	OBJ	% Link Usage	Usable
ตารางเส้นทางแบบคงที่	1.220025	3.658×10^{-5}	4.878179	37.29	Yes
GA (Random)	0.508535	8.429×10^{-12}	0.508536	30.68	Yes
GA (Neural Network)	0.479280	1.937×10^{-12}	0.479280	29.16	Yes
GA (Past Selection)	0.442550	3.786×10^{-12}	0.442551	26.28	Yes



รูป 4.30 ก. กราฟแสดงค่า APD ของตารางเส้นทางที่ได้ของแต่ละ

รูปที่ 4.30 การจัดตารางเส้นทาง ณ เวลา 19.00 น

ตาราง 4.31 ก. สภาวะทราฟฟิก ณ เวลา 20.00 น

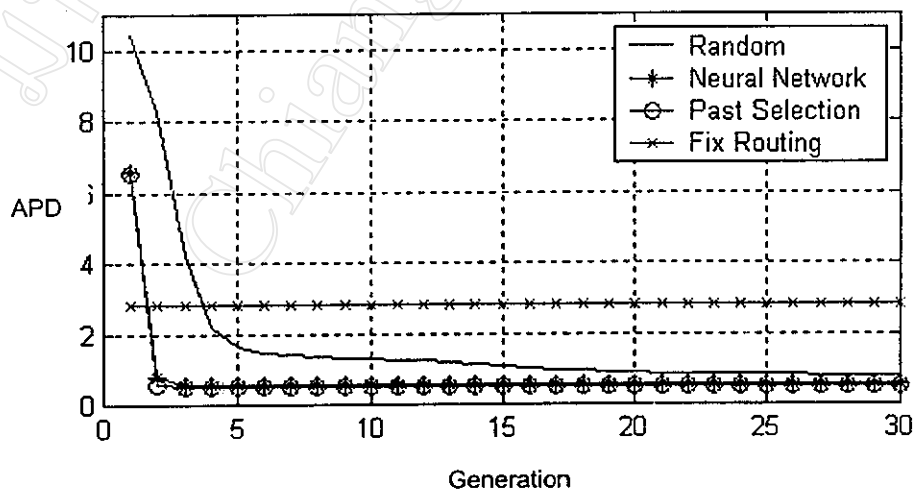
s \ d	1	2	3	4	5	6
1	0	3	9	27	13	12
2	6	0	12	5	8	13
3	26	14	0	16	13	27
4	4	23	25	0	1	22
5	26	18	11	14	0	14
6	29	4	4	17	27	0

ตาราง 4.31 ข. โครโมโซมตารางเส้นทางที่ดีที่สุดใน 30 ยุค ของแต่ละวิธี

วิธีการหาตารางเส้นทาง	โครโมโซมตารางเส้นทางที่ดีที่สุดใน 30 ยุค
ตารางเส้นทางแบบคงที่	1 1 3 1 6 1 1 1 5 1 1 1 1 1 3 3 1 1 1 1 1 5 1 1 1 6 1 1 1 1
GA (Random)	1 4 3 7 1 5 1 2 5 2 1 2 5 5 3 4 1 2 2 3 1 2 3 3 2 4 1 3 6 2
GA (Neural Network)	1 1 3 7 1 1 2 1 2 2 1 3 1 1 3 3 1 1 1 3 1 5 1 2 2 5 2 3 3 2
GA (Past Selection)	1 1 3 7 5 1 1 4 2 1 1 1 1 1 3 3 1 1 2 2 1 2 1 1 2 1 1 1 3 1

ตาราง 4.31 ค. คุณสมบัติของตารางเส้นทางของแต่ละวิธี

วิธีการหาตารางเส้นทาง	APD	ACB	OBJ	% Link Usage	Usable
ตารางเส้นทางแบบคงที่	2.833122	1.470×10^{-3}	148.888	38.24	Yes
GA (Random)	0.668739	9.521×10^{-9}	0.669691	36.38	Yes
GA (Neural Network)	0.503087	2.553×10^{-9}	0.503342	28.57	Yes
GA (Past Selection)	0.478367	7.028×10^{-10}	0.478437	27.57	Yes



รูป 4.31 ก. กราฟแสดงค่า APD ของตารางเส้นทางที่ได้ของแต่ละวิธี

รูปที่ 4.31 การจัดตารางเส้นทาง ณ เวลา 20.00 น

ตาราง 4.32 ก. สภาวะทราฟฟิก ณ เวลา 21.00 น

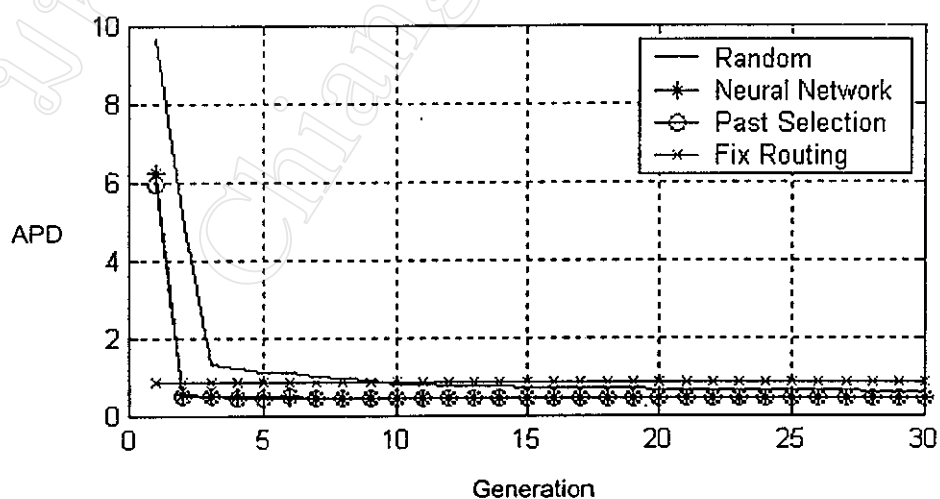
s \ p	1	2	3	4	5	6
1	0	19	6	16	28	15
2	23	0	5	7	19	3
3	2	28	0	22	15	9
4	7	24	19	0	17	23
5	4	10	28	14	0	22
6	15	6	5	4	2	0

ตาราง 4.32 ข. โครโมโซมตารางเส้นทางที่ดีที่สุดใน 30 ยุค ของแต่ละวิธี

วิธีการหาตารางเส้นทาง	โครโมโซมตารางเส้นทางที่ดีที่สุดใน 30 ยุค
ตารางเส้นทางแบบคงที่	1 1 3 1 6 1 1 1 5 1 1 1 1 1 3 3 1 1 1 1 1 5 1 1 1 6 1 1 1 1
GA (Random)	4 1 4 1 5 1 4 1 3 6 6 2 1 1 3 4 1 2 1 2 1 5 1 2 2 1 6 4 3 2
GA (Neural Network)	2 1 3 8 1 1 2 4 2 1 1 1 1 1 1 3 1 1 1 2 1 2 1 2 2 5 2 1 2 1
GA (Past Selection)	2 1 3 7 1 1 1 4 5 2 1 1 1 1 3 3 4 1 2 2 1 2 1 1 2 5 1 3 3 2

ตาราง 4.32 ค. คุณสมบัติของตารางเส้นทางของแต่ละวิธี

วิธีการหาตารางเส้นทาง	APD	ACB	OBJ	% Link Usage	Usable
ตารางเส้นทางแบบคงที่	0.875258	1.403×10^{-5}	2.278711	33.28	Yes
GA (Random)	0.522323	5.078×10^{-12}	0.522323	31.61	Yes
GA (Neural Network)	0.410387	2.868×10^{-12}	0.410387	25.64	Yes
GA (Past Selection)	0.415129	2.868×10^{-12}	0.415130	25.85	Yes



รูป 4.32 ก. กราฟแสดงค่า APD ของตารางเส้นทางที่ได้ของแต่ละวิธี

รูปที่ 4.32 การจัดตารางเส้นทาง ณ เวลา 21.00 น

ตาราง 4.33 ก. สภาวะทราฟฟิก ณ เวลา 22.00 น

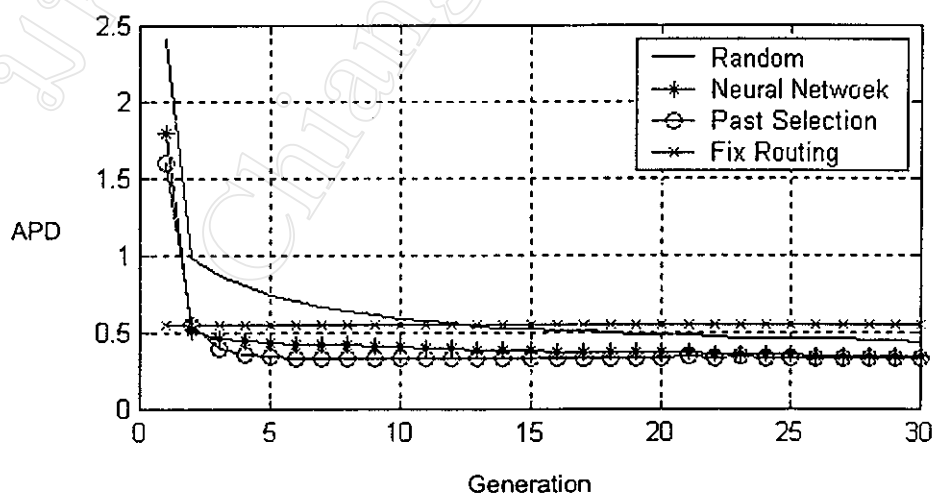
s \ D	1	2	3	4	5	6
1	0	5	8	11	5	20
2	9	0	24	1	15	6
3	9	2	0	3	11	9
4	12	2	0	0	19	14
5	14	7	3	2	0	19
6	14	15	17	15	1	0

ตาราง 4.33 ข. โครโมโซมตารางเส้นทางที่ดีที่สุดใน 30 ยุค ของแต่ละวิธี

วิธีการหาตารางเส้นทาง	โครโมโซมตารางเส้นทางที่ดีที่สุดใน 30 ยุค
ตารางเส้นทางแบบคงที่	1 1 3 1 6 1 1 1 5 1 1 1 1 1 3 3 1 1 1 1 1 5 1 1 1 6 1 1 1 1
GA (Random)	3 4 3 8 4 1 1 3 5 1 1 1 1 2 1 6 1 5 2 3 1 3 5 1 1 4 2 1 3 5
GA (Neural Network)	1 1 3 1 1 2 1 1 5 2 1 1 1 1 3 3 4 1 2 3 1 2 1 1 1 1 1 3 2 2
GA (Past Selection)	1 1 3 1 5 2 1 1 2 6 1 1 1 1 3 3 4 1 2 3 1 2 1 1 1 1 1 1 2 1

ตาราง 4.33 ค. คุณสมบัติของตารางเส้นทางของแต่ละวิธี

วิธีการหาตารางเส้นทาง	APD	ACB	OBJ	% Link Usage	Usable
ตารางเส้นทางแบบคงที่	0.553111	2.704×10^{-9}	0.553381	28.94	Yes
GA (Random)	0.362432	2.334×10^{-13}	0.362432	22.86	Yes
GA (Neural Network)	0.308024	1.202×10^{-13}	0.308024	19.62	Yes
GA (Past Selection)	0.312931	5.506×10^{-13}	0.312931	19.96	Yes



รูป 4.33 ก. กราฟแสดงค่า APD ของตารางเส้นทางที่ได้ของแต่ละวิธี

รูปที่ 4.33 การจัดตารางเส้นทาง ณ เวลา 22.00 น

ตาราง 4.34 ก. สภาวะทราฟฟิก ณ เวลา 23.00 น

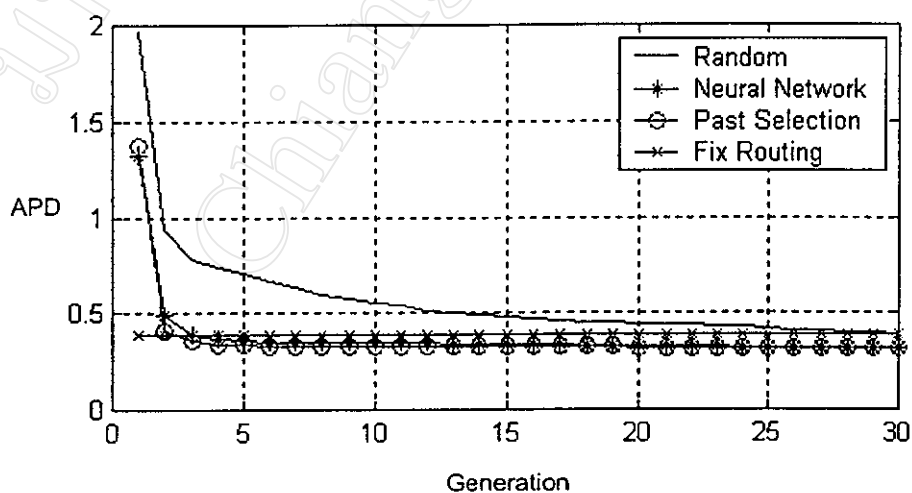
s \ d	1	2	3	4	5	6
1	0	14	18	10	11	15
2	11	0	1	10	10	14
3	19	1	0	12	3	8
4	2	2	5	0	6	12
5	3	2	19	2	0	5
6	7	14	8	12	15	0

ตาราง 4.34 ข โคโรโมโซมตารางเส้นทางที่ดีที่สุดใน 30 ยุค ของแต่ละวิธี

วิธีการหาตารางเส้นทาง	โคโรโมโซมตารางเส้นทางที่ดีที่สุดใน 30 ยุค
ตารางเส้นทางแบบคงที่	1 1 3 1 6 1 1 1 5 1 1 1 1 1 3 3 1 1 1 1 1 5 1 1 1 6 1 1 1 1
GA (Random)	4 1 3 7 1 1 4 1 2 4 4 2 1 2 1 4 5 1 3 3 2 6 1 2 1 1 1 1 2 1
GA (Neural Network)	1 1 3 1 5 2 2 1 5 1 1 1 1 5 3 3 1 1 2 3 4 5 1 2 2 1 2 1 2 2
GA (Past Selection)	2 1 3 7 1 1 2 1 2 1 1 3 1 5 4 3 1 1 2 2 1 2 1 1 1 1 2 4 2 2

ตาราง 4.34 ค. คุณสมบัติของตารางเส้นทางของแต่ละวิธี

วิธีการหาตารางเส้นทาง	APD	ACB	OBJ	% Link Usage	Usable
ตารางเส้นทางแบบคงที่	0.394587	7.757×10^{-12}	0.394588	23.71	Yes
GA (Random)	0.315178	3.374×10^{-14}	0.315178	19.78	Yes
GA (Neural Network)	0.283896	6.647×10^{-16}	0.283896	18.69	Yes
GA (Past Selection)	0.286215	2.711×10^{-15}	0.286215	18.46	Yes



รูป 4.34 ก. กราฟแสดงค่า APD ของตารางเส้นทางที่ได้ของแต่ละวิธี

รูปที่ 4.34 การจัดตารางเส้นทาง ณ เวลา 23.00 น

โดยค่า APD และค่า ACB มีค่าตามสมการ 2.1 และ 2.3 ตามลำดับ ในการจัดตารางเส้นทาง บางครั้งอาจมีการกำหนดให้กราฟฟิกผ่านสายส่งในปริมาณที่มากกว่าความจุของสายส่ง ซึ่งไม่สามารถทำได้จริง ซึ่งในกรณีนี้ ค่าการใช้งานได้ (Usable) ของตารางเส้นทางนั้นจะมีค่าเป็น No (ในกรณีนี้ การคำนวณค่า APD , ACB และ % Link Usage ทำโดยการแทนสายส่งที่มีกราฟฟิกเกิน ด้วยความจุของสายส่งหักออกด้วย 5)

จากผลการทดสอบการจัดเส้นทาง ตลอด 24 ชั่วโมง สรุปได้ ดังนี้

ก. สภาวะกราฟฟิกเบาบาง

ในสภาวะกราฟฟิกเบาบางการจัดตารางเส้นทางทุกแบบ สามารถทำงานได้ดี ตารางเส้นทางที่ได้มี ค่า APD และ ACB ต่ำ และสามารถรองรับความต้องการกราฟฟิกของทุก ๆ โหนดได้ โดยระบบการหาตารางเส้นทางที่ให้ค่า APD และ ACB ต่ำ ที่สุดคือ การจัดตารางเส้นทางโดยใช้จินตคณิตอัลกอริทึมแบบสร้างค่าเริ่มต้นโดยใช้วิธีเครือข่ายประสาท คุณสมบัติของตารางเส้นทางที่หาได้ของแต่ละวิธีเฉลี่ย แสดงดังตาราง ที่ 4.7

ตาราง 4.7 คุณสมบัติของตารางเส้นทางของแต่ละวิธีเฉลี่ย ในสภาวะกราฟฟิกเบาบาง

วิธีการหาตารางเส้นทาง	APD	ACB	OBJ	% Link Usage	% Usable
ตารางเส้นทางแบบคงที่	0.457302	1.26×10^{-8}	0.458559	25.33	100 %
GA (Random)	0.336125	9.28×10^{-13}	0.336125	21.35	100 %
GA (Neural Network)	0.303095	6.17×10^{-13}	0.303095	19.76	100 %
GA (Past Selection)	0.309513	6.85×10^{-11}	0.309513	18.46	100 %

ข. สภาวะกราฟฟิกปานกลาง

ในสภาวะกราฟฟิกปานกลาง การจัดตารางเส้นทางทุกแบบยังสามารถรองรับความต้องการกราฟฟิกของทุก ๆ โหนดได้ แต่การกำหนดตารางเส้นทางแบบคงที่จะมีค่า APD และ ACB สูงมากขึ้น ส่วนการจัดตารางเส้นทางโดยใช้จินตคณิตอัลกอริทึมสามารถทำงานได้ดี โดยระบบการหาตารางเส้นทางที่ให้ค่า APD และ ACB ต่ำที่สุดคือ การจัดตารางเส้นทางโดยใช้จินตคณิตอัลกอริทึมแบบสร้างค่าเริ่มต้นโดยใช้วิธี Past Selection คุณสมบัติของตารางเส้นทางที่หาได้ของแต่ละวิธีเฉลี่ย แสดงดังตาราง ที่ 4.8

ตาราง 4.8 คุณสมบัตินี้ของตารางเส้นทางของแต่ละวิธีเฉลี่ย ในสภาวะทราฟฟิกปานกลาง

วิธีการหาตารางเส้นทาง	APD	ACB	OBJ	% Link Usage	% Usable
ตารางเส้นทางแบบคงที่	1.943384	6.60×10^{-4}	67.79315	38.27	100
GA (Random)	0.62158	9.77×10^{-8}	0.631355	34.03	100
GA (Neural Network)	0.521106	9.66×10^{-8}	0.530765	29.07	100
GA (Past Selection)	0.517222	9.63×10^{-8}	0.52685	28.67	100

ค. สภาวะทราฟฟิกหนาแน่น

ในสภาวะทราฟฟิกหนาแน่น พบว่าในบางสภาวะทราฟฟิก การจัดตารางเส้นทางแบบคงที่ ไม่สามารถจัดเส้นทางให้รองรับความต้องการทราฟฟิกทุก ๆ โหนดได้ และแม้ในกรณีที่สามารถจัดเส้นทางให้รองรับความต้องการทราฟฟิกทุก ๆ โหนดได้ ค่า APD และ ACB ก็มีความสูงเกินกว่าจะยอมรับได้ ส่วนการจัดตารางเส้นทางโดยใช้จินตคณิตอัลกอริทึมที่สามารถจัดเส้นทางให้รองรับความต้องการทราฟฟิกทุก ๆ โหนด ได้ แต่ค่า APD และ ACB ของตารางเส้นทางที่ได้มีค่าสูงมากขึ้นตามปริมาณทราฟฟิกที่เพิ่มขึ้น โดยระบบการหาตารางเส้นทางที่ให้ค่า APD และ ACB ต่ำที่สุด คือการจัดตารางเส้นทางโดยใช้จินตคณิตอัลกอริทึมแบบสร้างค่าเริ่มต้นโดยใช้วิธีเครือข่ายประสาท คุณสมบัตินี้ของตารางเส้นทางที่หาได้ของแต่ละวิธีเฉลี่ย แสดงดังตาราง ที่ 4.9

ตาราง 4.9 คุณสมบัตินี้ของตารางเส้นทางของแต่ละวิธีเฉลี่ย ในสภาวะทราฟฟิกหนาแน่น

วิธีการหาตารางเส้นทาง	APD	ACB	OBJ	% Link Usage	% Usable
ตารางเส้นทางแบบคงที่	5.365915	2.51×10^{-3}	253.8478	45.96	50 %
GA (Random)	1.185615	1.04×10^{-4}	11.58604	44.12	100%
GA (Neural Network)	0.887924	4.12×10^{-6}	1.300243	38.89	100%
GA (Past Selection)	0.915537	5.07×10^{-6}	1.422342	39.61	100%