บทที่ 3
วิธีการดำเนินงาน

ปัญหาที่สำคัญอันหนึ่งของ CMS นี้ คือปัญหาการสร้างเซลล์ งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาการสร้างเซลล์เพื่อลดจำนวน การเคลื่อนที่ระหว่างเซลล์ ด้วยวิธีการการแก้ปัญหาโดยใช้เจเนติกอัลกอริทึม ซึ่งในขั้นตอนแรกจึงต้องมีการศึกษาหลักการของการสร้างเซลล์ และต่อมาจึงทำการศึกษาวิธีการแก้ปัญหาของ เจเนติกอัลกอริทึม

3.1 ศึกษาหลักการและทฤษฎีของปัญหา การสร้างเซลล์

หลักการของ CMS โดยทั่วได้กล่าวเอาไว้แล้วในบทที่ 2 ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงปัญหาสำคัญปัญหาหนึ่งของ CMS ที่งานวิจัยนี้จะทำการศึกษาคือ ปัญหาการสร้างเซลล์

ในการวางผังโรงงานขนาดใหญ่ ที่มีกำลังผลิตสูงรวมทั้งความหลากหลายของผลิตภัณฑ์ก็มากด้วยและมีความซับซ้อนในกระบวนการผลิต ซึ่งมีการสูญเสียจำนวนมากมาจากสาเหตุต่างๆ เช่น ค่าใช้จ่ายจากการเกิด Work in Process, Lead Time และค่าใช้จ่ายเนื่องจากการขนถ่าย ซึ่งในกระบวนการผลิตโดยส่วนใหญ่ 30 - 75 % ประกอบไปด้วยการขนถ่ายโดยทั้งสิ้น ดังนั้นเมื่อต้องการลดตัวแปร ที่มีผลต่อการผลิตและเพื่อลดค่าใช้จ่ายโรงงาน จึงต้องหาวิธีลดระยะทางในการเคลื่อนที่หรือจำนวนครั้งในการเคลื่อนที่ระหว่างกลุ่มของเครื่องจักรในโรงงานให้มีค่าน้อยที่สุด เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการผลิต

จุดประสงค์หนึ่งที่สำคัญในการสร้างเซลล์และเป็นจุดประสงค์ที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้ก็เพื่อลดการเคลื่อนที่ระหว่างเซลล์ให้เหลือน้อยที่สุด โดยจุดเด่นของการสร้างเซลล์ก็คือ การนำเอาชิ้นส่วนหรือผลิตภัณฑ์ที่มีกระบวนการผลิตที่คล้ายคลึงกันรวมไว้ด้วยกัน เพื่อความรวดเร็วในกระบวนการผลิต และลดความซับซ้อนในการขนย้ายตัวชิ้นส่วนผลิต ปัญหาที่มีผลต่อการสร้างเซลล์ นั้นอาจแบ่งเป็นส่วนย่อยต่างๆดังนี้

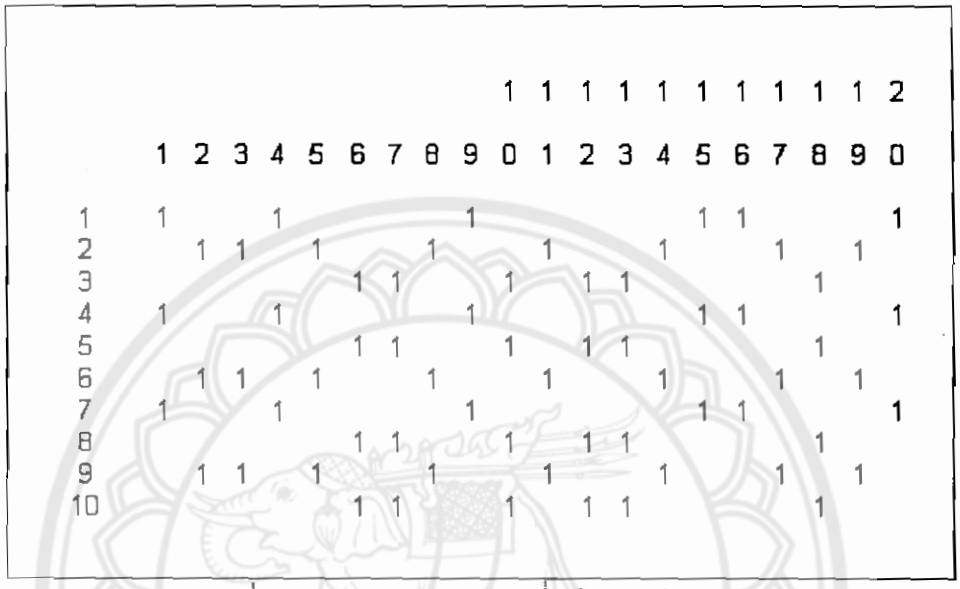
ก. การจัดวางกลุ่มและประเภทของเครื่องจักร

ข. การจัดความคล้ายกันของ ชิ้นส่วนในการผลิต

ค. การกำหนดขนาดของเซลล์

ง. การกำหนดจำนวนของเซลล์

ปัญหาเหล่านี้ก่อให้เกิดปัญหายุ่งยากตามมาในการสร้างเซลล์ จึงได้มีการศึกษาว่าจะทำอย่างไรเพื่อให้เกิดความสะดวกและง่ายในการสร้างเซลล์ วิธีที่จะนำมาใช้แก้ไขปัญหาของการสร้างเซลล์ก็มีอยู่มากมายดังที่ได้กล่าวเอาไว้ใน บทที่แล้ว แต่งานวิจัยนี้ได้เลือกเอาวิธีหนึ่งในการแก้ปัญหา คือวิธีการแก้ปัญหาโดยใช้ เจเนติกอัลกอริทึม



										1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
1	1			1					1						1	1				1
2		1	1		1			1			1			1			1		1	
3						1	1			1		1	1					1		
4	1			1					1						1	1				1
5						1	1			1		1	1					1		
6		1	1		1			1			1			1			1		1	
7	1			1					1						1	1				1
8						1	1			1		1	1					1		
9		1	1		1			1			1			1			1		1	
10						1	1			1		1	1					1		

รูปที่ 3.1 ตัวอย่าง 1 เมตริกซ์ที่ยังไม่ถูกสร้างเซลล์

(ที่มา: Shahrukh A Irani, 1999)

จากรูปที่ 3.1 เป็นการนำปัญหามาสร้างให้อยู่ในรูปแบบของเมตริกซ์โดยมี พารามิเตอร์ที่สำคัญอยู่ 3 ตัวคือ

ก. จำนวนเครื่องจักรโดยจะแสดงในคอลัมน์แรกสุดในตารางจะมีเครื่องจักร 10 เครื่องจักร

ข. จำนวนชิ้นส่วนโดยจะแสดงในแถวบน 2 แถวแรก ในตารางจะมีจำนวนชิ้นส่วน 20 ชิ้น

ค. การใช้เครื่องจักรของกระบวนการผลิตของแต่ละชิ้นส่วน โดยจะถูกแสดงนอกเหนือจากหัวคอลัมน์และหัวแถว

จากตาราง 3.1จะบอกให้ทราบถึงเครื่องจักรที่ต้องการใช้ในกระบวนการผลิตของแต่ละชิ้นส่วน ตัวอย่างเช่น

ชิ้นส่วนที่ 1 ผ่านเครื่องจักรที่ 1,4,7

ชิ้นส่วนที่2 ผ่านเครื่องจักรที่ 2,6,9

ชิ้นส่วนที่ 6 ผ่านเครื่องจักรที่ 3,5,8 เป็นต้น

การจัดเครื่องจักรของตัวอย่างนี้จะสามารถจัดได้ 3 กลุ่ม หรือสามารถจัดเครื่องจักรได้ออกเป็น 3 เซลล์ การจัดกลุ่มจะดูจากการใช้เครื่องจักร ชิ้นส่วนที่มีการใช้เครื่องจักรเหมือนกันจะนำ

ชิ้นส่วนนั้นไว้ใกล้กัน ส่วนเครื่องจักรก็จะนำมาเรียงต่อกันเป็นกลุ่มๆ เมื่อแบ่งกลุ่มได้แล้วจากนั้นก็นำข้อมูลมาสร้างเมตริกซ์ใหม่ จะได้ดังรูปที่ 3.2 จะสังเกตได้ว่ารูปที่ 3.1 แสดงให้เห็นถึงความยุ่งยากในการผลิตเนื่องจากลักษณะการจัดวางที่ยังไม่เป็นระเบียบ และในรูปที่ 3.2 เป็นตัวอย่างที่แสดงการจัดระเบียบการผลิตให้ดูมีแบบแผนโดยใช้หลักของ CMS คือการจัดส่วนที่คล้ายคลึงกันเอาไว้ด้วยกัน

					1	1	2					1	1	1	1			1	1	1	1
	1	4	9	5	6	0	2	3	5	8	1	4	7	9	6	7	0	2	3	8
1	1	1	1	1	1	1														
4	1	1	1	1	1	1														
7	1	1	1	1	1	1														
2							1	1	1	1	1	1	1	1						
6							1	1	1	1	1	1	1	1						
9							1	1	1	1	1	1	1	1						
3															1	1	1	1	1	1
5															1	1	1	1	1	1
8															1	1	1	1	1	1
10															1	1	1	1	1	1

รูปที่ 3.2 ตัวอย่าง 2 การสร้างเซลล์ที่ไม่มีลำดับขั้นตอนการผลิต

(ที่มา: Shahrukh A Irani, 1999)

แต่ในงานวิจัยนี้ได้ทำการกำหนดเงื่อนไขของปัญหาการสร้างเซลล์ ในเรื่องของการผลิตที่มีลำดับขั้นตอนก่อนหลังในกระบวนการ กล่าวคือภายในเมตริกซ์ จะมีตัวเลขแสดงลำดับการผลิตให้เห็นได้ชัดว่า ชิ้นส่วนผลิตใดๆ ได้เริ่มทำการผลิตที่ เครื่องจักรเครื่องใดก่อนแล้วตามด้วยเครื่องเครื่องที่เท่าไหร่ตามลำดับในการผลิต ภายใต้เงื่อนไขแผนงาน ของโรงงานที่มีลักษณะเป็นเส้นตรง ซึ่งเป็นขอบเขตในการศึกษาของงานวิจัยนี้

ซึ่งลักษณะปัญหาโดยรวมของการสร้างเซลล์ ในงานวิจัยนี้จะมีวิธีการจัดรูปแบบของข้อมูลดิบที่จำเป็นในการนำมาพิจารณาหาการเคลื่อนที่ ระหว่างเซลล์ซึ่งตัวแปรต่างๆที่ต้องมาใช้เป็นข้อมูลได้แก่

ก. จำนวนเครื่องจักรของโรงงานที่ใช้ในการผลิต

ข. จำนวน ชิ้นส่วนอุปกรณ์ที่ผลิต

ค. ลำดับขั้นตอนการผลิตของแต่ละชิ้นส่วน

ง. จำนวนกลุ่มเซลล์ ที่ต้องการใช้จัดวางในกระบวนการผลิต

ตัวแปรเหล่านี้จะต้องมีการนำมาใช้ใส่ข้อมูลในตาราง 3.1

ตารางที่ 3.1 ตัวอย่างการเก็บข้อมูลเพื่อใช้คำนวณ

M/C \ Part	1	2	3
1	①		
2		①	②
3	②		
4	③	②	④
5			①
6	④	④	
7			③
8		③	
9	⑤		
10	⑥		⑤
11	⑦	⑤	
12			⑥

จากตารางที่ 3.1 ข้อมูลในวงกลมคือลำดับขั้นตอนการผลิตของชิ้นส่วน แต่ละเครื่องจักรซึ่งยังไม่จัดสร้างกลุ่มเซลล์ให้กับเครื่องจักรจึงต้องจัดกลุ่มเซลล์ในการผลิต เพื่อที่จะได้แบ่งแยกกลุ่มของเครื่องจักรออกให้เห็นอย่างชัดเจน ดังตารางที่ 3.2 เพื่อนำไปใช้เป็นข้อมูลในการหาค่าการเคลื่อนที่รวมระหว่างเซลล์ ต่อไป

ตารางที่ 3.2 ตัวอย่างการแบ่งกลุ่มเซลล์ของเครื่องจักร

	M/C \ Part	1	2	3
Cell A	1	①		
	2		①	②
	3	②		
Cell B	4	③	②	④
	5			①
	6	④	④	
Cell C	7			③
	8		③	
	9	⑤		
Cell D	10	⑥		⑤
	11	⑦	⑤	
	12			⑥

จากตารางที่ 3.2 เมื่อจัดแบ่งกลุ่มเซลล์ได้เรียบร้อย จะแสดงให้เห็นความชัดเจนของการเคลื่อนที่ระหว่างเซลล์ตามลำดับของตัวเลขและลูกศร

ค่าผลลัพธ์ของคำตอบของงานวิจัยที่ต้องการ คือค่าของ การเคลื่อนที่ระหว่างเซลล์ที่มีค่าน้อยที่สุดซึ่งหาได้จากสมการเป้าหมาย

$$\text{Total Intercell Moves} = \sum_{i=1}^{P}\sum_{k=1}^{k_i-1}\left|C_{ik} - C_{ik+1}\right| \qquad (2.1)$$

โดยที่ตัวแปรแต่ละตัวคือ

C_{ik} = เซลล์ ที่ขั้นตอนที่ k ของชิ้นส่วน i ต้องไปทำงานที่นั้น

C_{ik+1} = เซลล์ ที่ขั้นตอนที่ k+1 ของชิ้นส่วน i ต้องไปทำงานที่นั้น

K_i = จำนวนของขั้นตอนที่ชิ้นส่วน i ต้องทำ

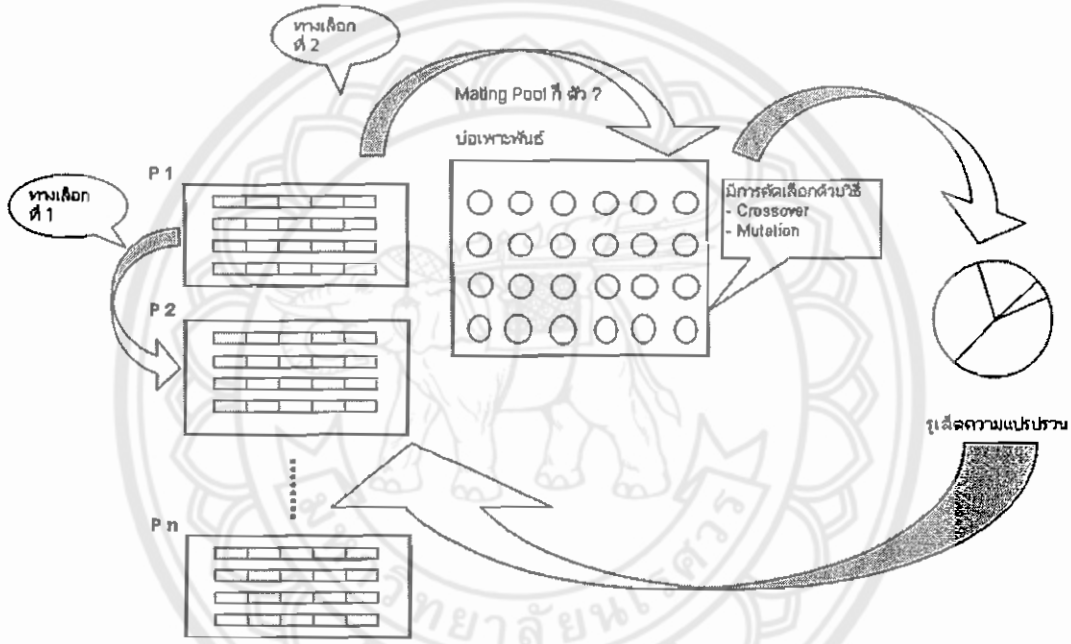
C = จำนวนของเซลล์ที่ต้องการ

P = จำนวนของชิ้นส่วนที่ศึกษา

ซึ่งในกรณีของตารางตัวอย่างเมื่อนำไปแทนลงบนสมการ (1) จะได้ค่าการเคลื่อนที่รวมระหว่างเซลล์ เท่ากับ 14 ครั้งซึ่งอาจจะยังไม่ได้เป็นค่าที่น้อยที่สุดจากการจัดกลุ่มในรูปแบบตามตารางที่ 3.2 นี้ จึงต้องจัดรูปแบบกลุ่มของ เซลล์ขึ้นใหม่อาจจะต้องมีการย้ายตำแหน่งเครื่องจักร เพิ่มหรือลดขนาดของเซลล์ จึงเกิดปัญหายุ่งยากตามมาอย่างแน่นอน ซึ่งหากโรงงานไม่มีการสร้างเซลล์ที่แน่นอน แล้วภายในโรงงานนั้นมีการเคลื่อนที่บ่อยๆ จะทำให้เกิดปัญหาในเรื่องของการบริหารจัดการ ในเรื่องของปริมาณเครื่องจักรมากและจำนวน ชิ้นส่วนในการผลิตสูง ให้มีประสิทธิภาพการผลิตเป็นไปตามเป้าหมายได้ยาก เพราะฉะนั้นจึงมีการนำ เจเนติกอัลกอริทึม เข้ามาช่วยหาคำตอบของรูปแบบการจัดกลุ่มใหม่เพื่อให้ได้ค่า การเคลื่อนที่รวมระหว่างเซลล์ที่น้อยที่สุดในการจัดวางเครื่องจักร

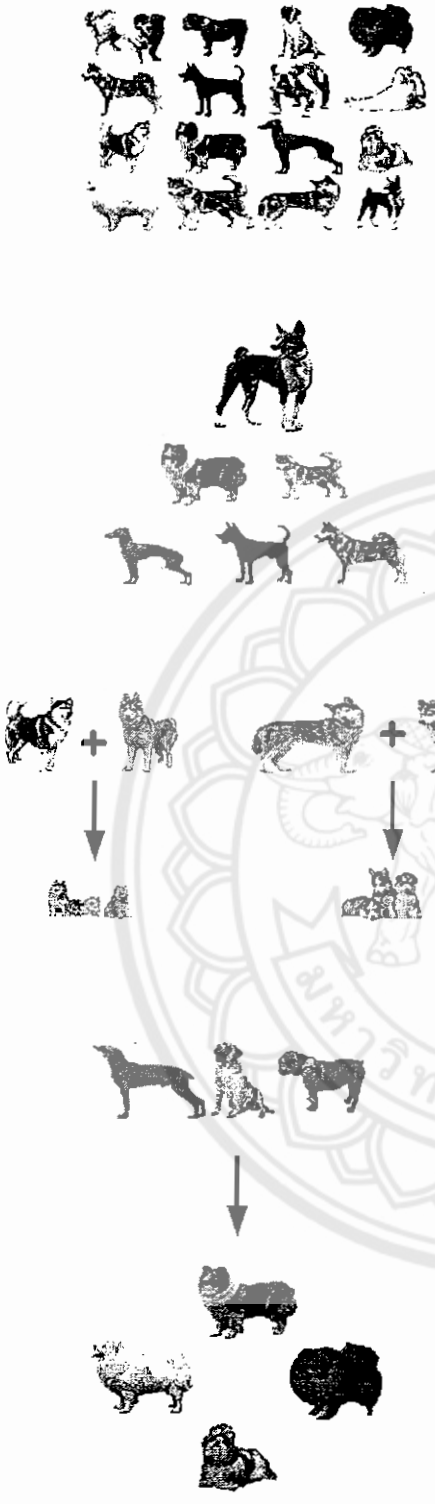
3.2 ศึกษาหลักการและทฤษฎีของ เจเนติกอัลกอริทึม

จะเห็นได้ว่าจำนวนครั้งในการเคลื่อนที่ของชิ้นส่วนในกระบวนการผลิตเป็นปัญหาของกระบวนการสร้างเซลล์ ซึ่งจำเป็นต้องมีกระบวนการหรือวิธีการแก้ปัญหา ซึ่งอาจมีกระบวนการและวิธีแก้ปัญหาที่มากมาย แต่ในงานวิจัยนี้ ได้นำ เจเนติกอัลกอริทึม เข้ามาช่วยใช้แก้ปัญหาในเรื่องของการลดจำนวนครั้งในการเคลื่อนที่หรือ สร้างเซลล์ในการผลิต เพื่อลด การเคลื่อนที่รวมระหว่างเซลล์ให้มีค่าน้อยที่สุด และอาศัยการสร้างประชากรใหม่ขึ้นมาแล้วนำเข้าสู่กระบวนการคัดเลือกและเพาะพันธุ์โดยการสร้างประชากรรุ่นใหม่จะมีขั้นตอนดังรูปที่ 3.3 เช่นเดียวกันกับประชากรรุ่นต่อๆไปก็จะมีการสร้างประชากรเช่นเดียวกับ P1 ดังรูปที่ 3.3 เป็นวัฏจักรต่อไป



รูปที่ 3.3 ขั้นตอนการสร้างประชากร

เหมือนกับการจำลองและสร้างสายพันธุ์ให้แข็งแกร่ง เช่นเดียวกับการคัดเลือกสายพันธุ์สุนัขที่ดังรูป 3.4 การคัดเลือกสายพันธุ์สุนัข ที่แสดงถึงความคล้ายคลึงกันกับกระบวนการ เจเนติกอัลกอริทึม ในการสร้างเซลล์



ก. มีจำนวนประชากร 1 ชุดที่จะต้องทำการค้นหาค่าที่เหมาะสมที่สุดในรุ่นนั้น เช่น มีจำนวนสุนัขอยู่รุ่นหนึ่งที่จะต้องทำการคัดเลือกหาพันธุ์ที่เหมาะสมที่สุดในการรักษาพันธุ์สุนัขต่อไป

ข. ทำการคัดเลือกข้อมูลในจำนวนกลุ่มทั้งหมดด้วยวิธีการ Fitness evaluation คือการให้คะแนนความสำคัญของข้อมูลตามความเหมาะสมที่ต้องการกำหนดให้ได้ค่าที่ต้องการ เช่นการประกวดสุนัข ก็จะมีการกำหนดหัวข้อความสามารถ เพื่อคัดเลือกสุนัขจากการให้คะแนน

ค. การสับเปลี่ยนค่า ข้อมูลที่ได้จากการคัดเลือก Crossover การสับค่าบางค่าจำนวนเท่ากันระหว่างข้อมูลสองตัว ให้เกิดค่าใหม่ที่ต้องการขึ้นมาสู่รุ่นต่อไป เช่น การผสมพันธุ์กันระหว่างสุนัขที่ชนะการประกวด น่าจะได้พันธุ์สุนัขที่ดีกว่า สุนัขธรรมดาที่ไม่ได้ชนะการประกวด

ง. การกลายพันธุ์ Mutation การกลายพันธุ์ของข้อมูลกรณีที่ต้องการคัดเลือกประชากรที่เหมาะสมภาวะที่หลากหลาย จึงทำการ Mutation เพื่อให้ได้ค่าที่เหมาะสมตามต้องการ เช่น สุนัขจะกลายพันธุ์ได้ในรุ่นต่อไป เนื่องจากการสุนัขอยู่ในสภาพการณ์อันตรายที่ต้องการที่จะเอาตัวรอดสูงเพื่อทำการปกป้องสายพันธุ์ของตนให้อยู่รอดต่อไป จึงได้สุนัขพันธุ์ใหม่ที่ทนสภาพต่อการณ์อันตรายนั้นได้ เช่น สุนัขขนสั้นเมื่ออยู่ในสภาพอากาศที่หนาวเย็นมากๆก็จะมีการกลายพันธุ์เป็นสุนัขขนยาว เพื่อปกป้องตนเองจากภาวะอากาศหนาว

รูปที่ 3.4 การคัดเลือกพันธุ์สุนัขและคงไว้ซึ่งสายพันธุ์ที่แข็งแกร่งกว่า

(ที่มา Randy L. Haupt, SueEllen Haupt. "Practical genetic algorithms", 2004)

3.2.1 วิธีหาคำตอบตามหลักการของ เจเนติกอัลกอริทึม (ค้นหาคำตอบโดยใช้หลักของพันธุศาสตร์)

ตามหลักของพันธุศาสตร์แล้ว พ่อพันธุ์แม่พันธุ์ที่ดีควรผลิตลูกที่มีพันธุ์ที่ดีกว่า ดังนั้นจึงได้มีการนำ เจเนติกอัลกอริทึม มาใช้เพื่อค้นหาคำตอบที่ดี ในคำตอบชุดหนึ่ง แล้วเลือกโครงสร้างของคำตอบเดิม เพื่อผลิตคำตอบชุดใหม่ด้วยกลไกการคัดเลือกตามธรรมชาติ ตามกฎ "การอยู่รอดของผู้ที่เหมาะสมกว่า (The Survival of The Fittest)" ของ ชาร์ลส์ ดาร์วิน (Charles Darwin, 1809-1882) แล้วค้นหาคำตอบที่ดีกว่าต่อไปเรื่อยๆ ซึ่งการประมวลผลของ เจเนติกอัลกอริทึม นี้ต้องมีการกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆมากมาย แล้วค่าพารามิเตอร์เหล่านั้นมีผลต่อคำตอบทั้งหลายที่ถูกคัดเลือกอย่างมาก โดยมีขั้นตอนกระบวนการหลัก 3 ส่วนคือ การคัดเลือก (Selection) การไขว้สายพันธุ์ (Crossover) การกลายพันธุ์ (Mutation)

ก. การคัดเลือก (Selection) คือการเลือกสายพันธุ์ต้นแบบพ่อแม่ (Parent) จากกลุ่มประชากร (Population) เพื่อสร้างประชากรใหม่ (Reproduction) โดยมีการกำหนดสายพันธุ์ที่เข้มแข็งของแต่ละสายพันธุ์ให้อยู่รอดต่อไป อาศัยทฤษฎีวงล้อรูเล็ตต์ (Roulette Wheel) โดยอาศัยค่าความน่าจะเป็นที่วงล้อจะไปตกอยู่ในตำแหน่งสายพันธุ์ต้นแบบที่ดี สูงกว่าที่จะไปตกในตำแหน่งสายพันธุ์ต้นแบบที่ไม่ดี เป็นการสร้างโอกาสที่สายพันธุ์ที่ดีจะถูกเลือกมากกว่า จากวิธีกำหนดอัตราส่วนระหว่างความแข็งแกร่งของแต่ละสายพันธุ์ต่อความแข็งแกร่งของสายพันธุ์ทั้งหมด

ข. การตัดสลับ (Crossover) การให้โอกาสแลกเปลี่ยนกันบางส่วนระหว่างโครโมโซมโดยเปลี่ยนยีนภายในโครโมโซมระหว่างคู่โครโมโซมพ่อแม่ ทำให้สิ่งมีชีวิตรุ่นลูกที่เกิดขึ้นมีความหลากหลายมากขึ้นและอยู่รอดอย่างเหมาะสมกับสภาพแวดล้อม

ค. การกลายพันธุ์ (Mutation) คือการเปลี่ยนแปลงยีนให้มีความแตกต่างออกไปจากเดิมที่ควรจะเป็น ตามการถ่ายถอดพันธุกรรม และโครโมโซมย่อมมีการกลายพันธุ์เปลี่ยนแปลงได้พอกัน เพื่อปรับตัวให้เหมาะกับสภาพแวดล้อมและให้อยู่รอดต่อไป ส่วนที่ไม่เหมาะสมจะไม่ถูกคัดเลือกและหายไปในที่สุด

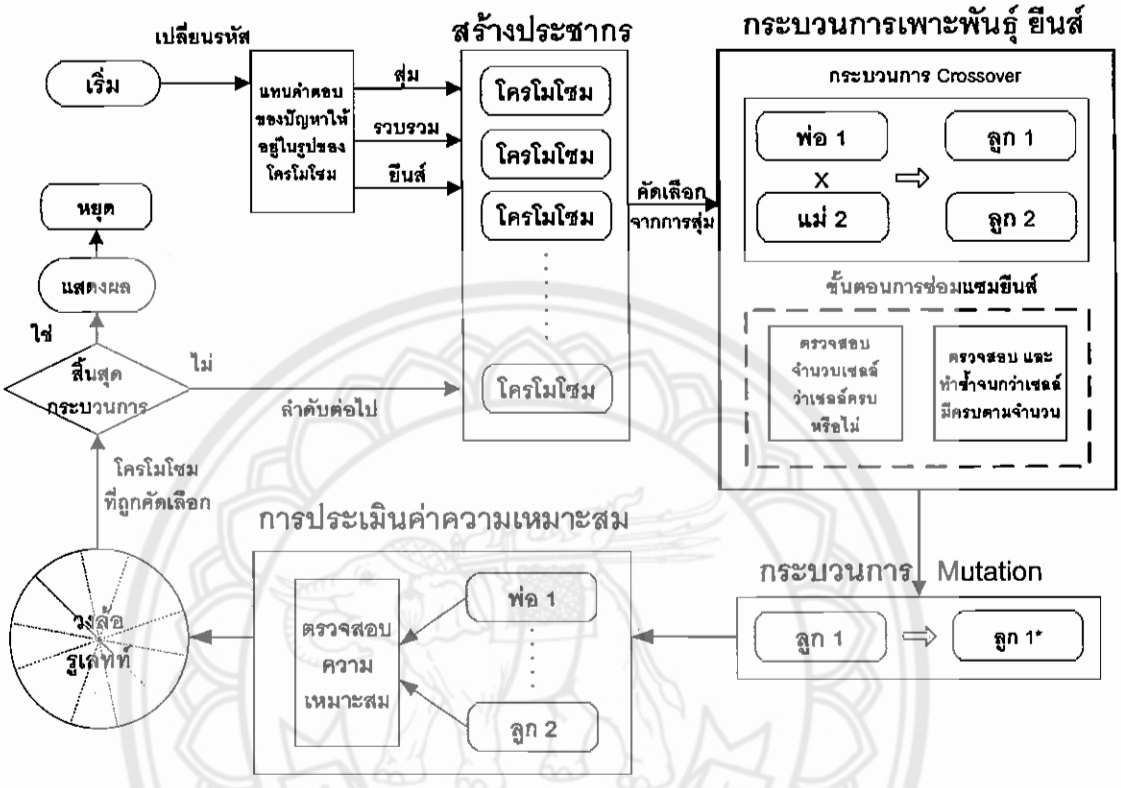
การกำหนดอัตราการปฏิบัติการในกระบวนการ เจเนติกอัลกอริทึม

1. Crossover Rate คืออัตราของลูกในแต่ละรุ่นเมื่อเทียบกับประชากรทั้งหมด บอกค่าเฉลี่ยของการตัดสลับ อัตราการตัดสลับสูง ทำให้ขอบเขตของคำตอบที่เป็นไปได้กว้างมากขึ้น ซึ่งค่าจะสูงเกินไปเวลานำคำตอบมาใช้

2. Mutation Rate คือ เปอร์เซ็นต์ของจำนวนยีนทั้งหมดในจำนวนประชากรทั้งหมด จะควบคุมอัตราการเกิดของยีนใหม่ในจำนวนประชากรนั้นๆ หากค่าของ Mutation Rate มีน้อยเกินไปทำให้

การนำไปใช้ของยีนที่มีประโยชน์มีจำนวนน้อย และถ้าค่าของ Mutation Rate มีมากเกินไป ทำให้เกิดความยุ่งยากเกิดขึ้นเมื่อทำการสุ่ม

3.2.2 กระบวนการทำงานของ เจเนติกอัลกอริทึม ในการแก้ปัญหา การสร้างเซลล์



รูปที่ 3.5 แสดงการทำงานของ เจเนติกอัลกอริทึม (ที่มา: Christian Hicks)

3.2.2.1 แทนคำตอบของปัญหาในรูปของ Chromosome (โครโมโซม)

ในขั้นตอนแรกนี้จะทำการพิจารณา และดำเนินการจากกลุ่มคำตอบของปัญหาที่ถูกสร้างขึ้นโดย การเข้ารหัส (Coding) คือ การแปลงค่าตัวแปรหรือพารามิเตอร์ต่างๆ ของปัญหาให้อยู่ในรูปโครงสร้างของโครโมโซม หรือ สายอักษร (String) โดยที่รูปแบบการสร้างโครโมโซมสามารถสร้างได้ 3 แบบได้แก่

1.จำนวนเต็ม เป็นการแทนค่าในโครโมโซมด้วยตัวเลขจำนวนเต็มตามตัวอย่างดังนี้

5	1	1	3	4	2	4	5	1	3	4

2.เลขฐานสอง เป็นการแทนค่าในโครโมโซมด้วยเลขฐานสองตามตัวอย่างดังนี้

1	1	0	1	0	0	1	0	1	1	0

3 ตัวอักษร เป็นการแทนค่าในโครโมโซมด้วยตัวอักษรตามตัวอย่างดังนี้

a	b	a	e	c	b	c	e	a	e	c

ในการเลือกใช้รูปแบบการสร้างโครโมโซมแต่ละแบบนั้นขึ้นอยู่กับการพิจารณาปัญหาเพื่อความสะดวกในการใช้ และอาจจะมีอีกหลายๆรูปแบบของปัญหาที่ใช้ลักษณะโครโมโซมจำนวนเต็มในการแทนไม่ได้ เพราะฉะนั้นในการเลือกใช้รูปแบบต่างๆของโครโมโซมจะพิจารณาตามความเหมาะสมและความสะดวกในการแทนค่า,การคิดค่า,การแปรค่า,และการสรุปผล

ในปัญหาการสร้างเซลล์ของ CMS นั้นจากเงื่อนไขที่กระบวนการสร้างเซลล์มีลำดับเข้ามาเกี่ยวข้องจึงมีการแทนปัญหาด้วยโครโมโซม ที่มีสมมุติฐานจะให้โครโมโซมเป็นเส้นตรงต่อเรียงกันเป็นแนวยาว โดยที่ Gene (ยีน) หรือจำนวนเต็มในโครโมโซมจะทำหน้าที่แทนชื่อของเซลล์ โดยจะบอกให้ทราบว่าเครื่องจักรอยู่ในเซลล์ไหน และตำแหน่งของยีนตัวแรกจนถึงตัวสุดท้ายจะบอกให้ทราบว่าเป็นเครื่องจักรตัวที่เท่าไร

พิจารณาในปัญหา จากตัวอย่างพิจารณาโครโมโซมได้ดังนี้

2	4	1	3	1	4	3

ความยาวของโครโมโซมเท่ากับ 7 แสดงว่าจำนวนเครื่องจักรของปัญหานี้คือ 7 เครื่อง
ยีนในโครโมโซมมีตัวเลขลำดับเท่ากับ 1,2,3,4 หมายถึงมี cell 4 cell คือ เซลล์ 1, เซลล์ 2, เซลล์ 3, เซลล์ 4

ตำแหน่งเครื่องจักร คือ เครื่องจักร 3,5 อยู่ในเซลล์ที่ 1
เครื่องจักร 1 อยู่ในเซลล์ที่ 2
เครื่องจักร 4, 7 อยู่ในเซลล์ที่ 3
เครื่องจักร 2, 6 อยู่ในเซลล์ที่ 4

3.2.2.2 สร้างประชากรขั้นต้น (Population Initialization)

เป็นการสร้างกลุ่มประชากรขั้นต้น สิ่งที่จะต้องการคือจะต้องสร้างโครโมโซมกี่ตัว (Population size) เช่นจะต้องสร้างโครโมโซม 50 ชุด การกำหนดจำนวนโครโมโซมนั้นแล้วแต่ตามความต้องการของผู้ศึกษาว่าจะกำหนดว่าจะต้องมีจำนวนกี่ชุด การสร้างประชากรขั้นต้นนั้นทำได้ 2 วิธีคือ

ก. ทำการสุ่มขึ้นมา

ข. ใช้อัลกอริทึมหรือฮิวริสติกส์บางอย่างสร้างคำตอบ

เมื่อสร้างแล้วจะก็จะใช้ประชากรขั้นต้นเหล่านี้ทำการพิจารณาหาคำตอบที่เหมาะสมต่อไป

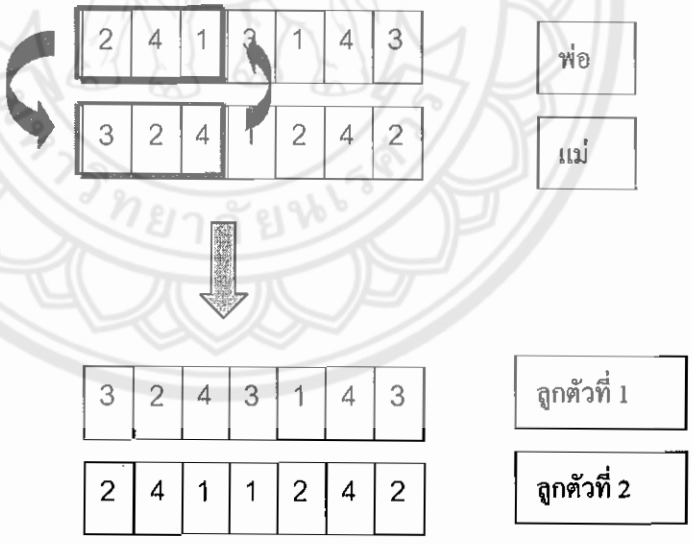
3.2.2.3 ปฏิบัติการทางพันธุกรรม (Genetic Operation)

เป็นกระบวนการสร้างโครโมโซมรุ่นใหม่ขึ้นมาด้วยวิธีการขยายพันธุ์ ทางพันธุกรรมซึ่งการขยายพันธุ์มีวิธีการหลักด้วยกัน 2 วิธี โดยมีวิธีการสำคัญอยู่ 2 อย่างคือ

วิธีที่ 1 การตัดสลับ (Crossover)

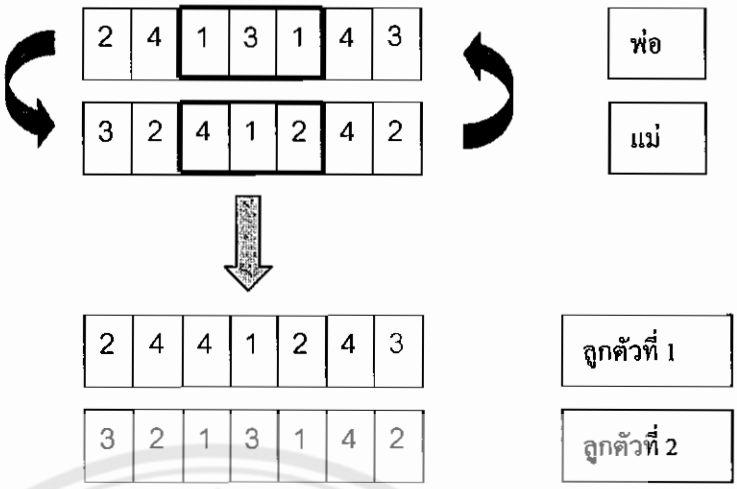
เป็นการสร้างโครโมโซมเพื่อสร้างโครโมโซมรุ่นลูกขึ้นมาใหม่ในการสร้างลูกนั้นจะต้องมีโครโมโซม 2 ชุดคือ โครโมโซมของพ่อและของแม่ โดยการเปลี่ยนสลับยีนบางตำแหน่งระหว่างโครโมโซมพ่อแม่ โดยสามารถแบ่ง Crossover ได้อีก 3 แบบคือ

ก. One Point คือเลือกโครโมโซม 1 คู่มาผสมพันธ์ เกิดลูก 2 ตัว เมื่อนำโครโมโซมมาทำการสุ่มเลือกจุด 1 จุดในตำแหน่งที่ 3 เพื่อทำการ Crossover ยีนส่วนหน้าของจุดที่เลือกปรับเปลี่ยนกันระหว่าง พ่อและแม่จะได้ลักษณะลูกออกมา 2 โครโมโซม ดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 ตัวอย่างการ One Point Crossover

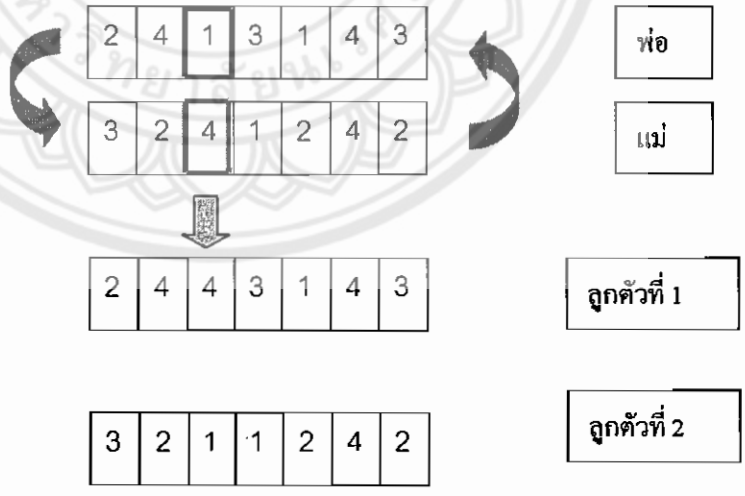
ข. Two Point คือเลือกโครโมโซม 1คู่มาผสมพันธ์ เกิดลูก 2 ตัว เลือกจุด 2 และ 5 แล้วทำการปรับเปลี่ยนยีนระหว่างจุดทั้งสองเพื่อสร้างรุ่นลูกขึ้นมาดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 ตัวอย่างการ Two Point Crossover

จากตัวอย่างนี้จะทำการ Crossover 2 จุด คือตำแหน่งที่ 2 และ5 ของยีน**จะได้ลูกออกมา** 2 ตัวดัง ตัวอย่างข้างบน

ค. Position Base เป็นการเปลี่ยนยีนในตำแหน่งตั้งแต่ที่ 1 ถึงตำแหน่งที่ n **โดยการสุ่มหรือกำหนดตามความน่าจะเป็นของยีนแต่ละตัว** ในการเลือกยีนตัวนั้นเพื่อกลายพันธุ์ **โดยเปลี่ยนยีนเพียง** 1 ตำแหน่งระหว่าง 2 โครโมโซมดังรูป 3.8



รูปที่ 3.8 **ตัวอย่างการ** Position Base Crossover

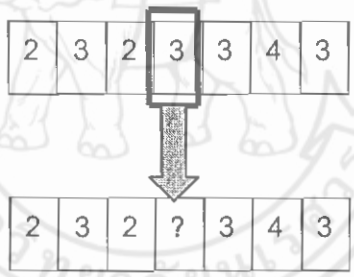
วิธีที่ 2 การกลายพันธุ์ (Mutation)

ในบางครั้งโครโมโซมที่ถูกคัดเลือกก็ไม่มีความพร้อมที่จะทำการขยายพันธุ์เนื่องจากเกิดความบกพร่องของยีนในโครโมโซม แต่การกลายพันธุ์ไม่จำเป็นจะต้องเกิดขึ้นกับโครโมโซมที่ไม่สมบูรณ์เสมอไป การกลายพันธุ์มีโอกาสเกิดขึ้นได้กับทุกโครโมโซม โดยจะมีลักษณะกระทำของยีนภายในโครโมโซมคือเปลี่ยนค่ายีนเพื่อให้มีพันธุ์ใหม่เกิดขึ้น และรักษาโครโมโซมให้อยู่รอดต่อไป

การ Mutation ทำได้2 แบบคือ

วิธี 1.เปลี่ยนค่าตัวใดๆโดยการสุ่ม (Shift Change) คือเปลี่ยนค่าตัวไหนก็ได้โดยการสุ่ม ถ้าเกิดว่าสุ่มแล้วจำนวนยีนยังไม่ครบให้สุ่มต่อไปจนครบตามที่กำหนด ดังในตัวอย่างกำหนดให้สุ่มยีนตำแหน่งที่ 4 เมื่อทำการ Mutation ยีนที่ตำแหน่งนั้นจะถูกเปลี่ยนเป็นยีนตัวอื่นคือเป็นเลขตัวอื่นที่นอกเหนือจากเลข 3 คือเป็นไปได้ทั้ง 1, 2, 4 เป็นต้น

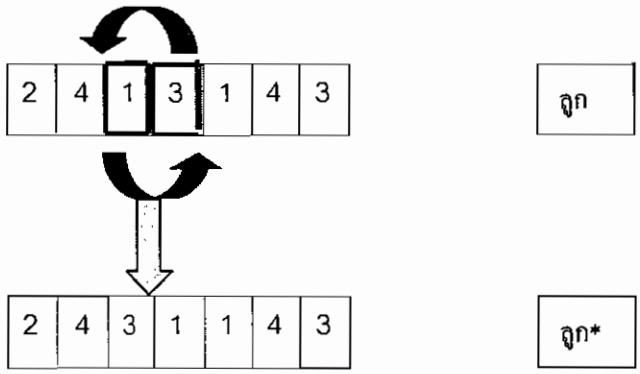
ความหมายของกรณีสร้างเซลล์เท่ากับ การเปลี่ยนเซลล์ 3 ในตำแหน่งเครื่องจักรที่ 4 เป็นเซลล์อื่นๆ ที่ทำการสุ่มได้ เช่นเปลี่ยนเป็น เซลล์ 1, 2, 4 ความหมายก็คือ กำหนดให้เครื่องจักรที่ 4 ไปอยู่ในเซลล์อื่นๆ นอกจากเซลล์เดิม คือเซลล์ 1, 2, 4 เป็นต้น



รูปที่ 3.9 ตัวอย่าง Shift Change Mutation

วิธี 2. เปลี่ยนยีน 2 ตัวที่ติดกัน (Adjacent Two Gene Change) คือเปลี่ยนยีน2ตัวที่ติดกันมาสุ่มให้ได้ยีนตัวใหม่ จากตัวอย่างข้างบนรุ่นลูกตัวที่ 1 จะมียีนที่เหมือนกันติดกันอยู่ให้ทำ การสุ่มขึ้นมา 1 ตัวหรือ 2 ตัวเลยก็ได้จะได้ยีนตัวใหม่ถ้าเกิดว่าสุ่มแล้วจำนวนยีนยังไม่ครบ ให้สุ่มต่อไปจนครบตามที่กำหนด

ความหมายกรณีการสร้างเซลล์เท่ากับ การสลับกันระหว่างเซลล์ 3, 1 ในตำแหน่งเครื่องจักรที่ 3 และ 4 ความหมายก็คือการกำหนดเครื่องจักรที่ 3 ให้อยู่ในเซลล์ 3 และเครื่องจักรที่ 4 ให้อยู่ในเซลล์ 1 เป็นต้น



รูปที่ 3.10 **ตัวอย่าง** Two Gene Change Mutation

3.2.2.4 การประเมินค่าความเหมาะสม (Fitness Evaluation)

ในขั้นตอนนี้จะทำการประเมินค่าโครโมโซมที่ได้จากการปฏิบัติการทางพันธุ**กรรมโดย**การ**พิ**จารณาจะทำได้ดังนี้

ก. โครโมโซมแต่ละตัวให้ การเคลื่อนที่รวมระหว่างเซลล์เท่าไหร่ จะพิจารณา**ว่าโครโมโซม**ไหน**ที่ให้**ค่า การเคลื่อนที่รวมระหว่างเซลล์น้อยที่สุด

ข. การเลือกโครโมโซม (Chromosome Selection) โดยทำการเลือกโครโมโ**ซมที่มีค่า การ**เคลื่อนที่รวมระหว่างเซลล์ น้อยที่สุดให้ค่าที่น้อยที่สุดมีโอกาสอยู่รอดต่อไปในอนาคต

การหาค่าที่เหมาะสมซึ่งเมื่อได้ค่านี้แล้วจะเป็นการกลับค่าของแต่ละโครโมโซม**จากค่าที่**น้อยที่สุดเป็นค่าที่มากที่สุดและค่าที่มากที่สุดจะกลายเป็นค่าที่น้อยที่สุด การหาค่าที่**เหมาะสมจะ**ใช้**สม**การหาค่าดังนี้

$$F(t) = (1/(1+f(t)) \qquad (2.2)$$

ความหมายของแต่ละตัวแปรคือ

f(t) = จำนวนการเคลื่อนที่ระหว่างเซลล์

F(t) = **ค่าที่เหมาะสม**

เมื่อได้ค่าที่เหมาะสมแล้วจะแทนค่าได้ดังตัวอย่างตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 3.3 ตัวอย่างค่าความเหมาะสมเมื่อหาได้จากสมการ

ตัวอย่าง Chromosome (sample number)	การจัดเรียงขั้นต้น (Initial population)	จำนานการเคลื่อนที่ระหว่างcell (objective function)	ค่าที่เหมาะสม (Fitness function)
1	1 4 3 1 2	46.29999	0.021142
2	2 3 4 1 3	44.79999	0.021834
3	4 2 1 3 2	43.40000	0.022523
4	4 2 1 4 3	49.79999	0.019685
5	3 1 2 4 2	48.50000	0.020202

จากตัวอย่างนี้จะเห็นว่าโครโมโซมที่ 3 จะให้ค่า การเคลื่อนที่รวมระหว่างเซลล์น้อยที่สุดน่าจะเป็นโครโมโซมที่ถูกเลือกมากที่สุดเพื่อเป็นค่าที่เหมาะสมแล้วก็จะกลายเป็นโครโมโซมที่ให้ค่า Fitness Function มากที่สุดแต่การคัดเลือกโครโมโซมใช่ว่าโครโมโซมที่ 3 จะถูกเลือกเสมอไป เพราะฉะนั้นจึงหาวิธีการเลือกโครโมโซมจากการพิจารณาในขั้นต่อไป

การคัดเลือกและการแพร่พันธ์ สำหรับ การ Crossover และ Mutation นั้นจะทำการเลือกชุดโครโมโซม ที่มีค่าเหมาะสมที่มากที่สุด ในการแพร่พันธ์นั้นจะทำการเลือกชุดโครโมโซมที่ดีที่สุดในสมาชิกของประชากรและจากบ่อเพาะพันธ์นั่นคือการแพร่พันธ์ทั่วไปเป็นการคำนวณเพื่อทำการคัดเลือก ในขั้นตอนนี้จะทำการหาค่าเฉลี่ยที่เหมาะสมของโครโมโซมและหาความน่าจะเป็นของการที่จะถูกเลือก ซึ่งค่าที่มากที่สุดของค่าที่เหมาะสมจะมีโอกาสถูกเลือกมากที่สุด การหาความน่าจะเป็นของการเลือกชุดโครโมโซมจะทำได้โดยใช้สมการดังนี้

$$SI = F(t)/Fa \qquad (2.3)$$

F(t) = ค่าที่เหมาะสม

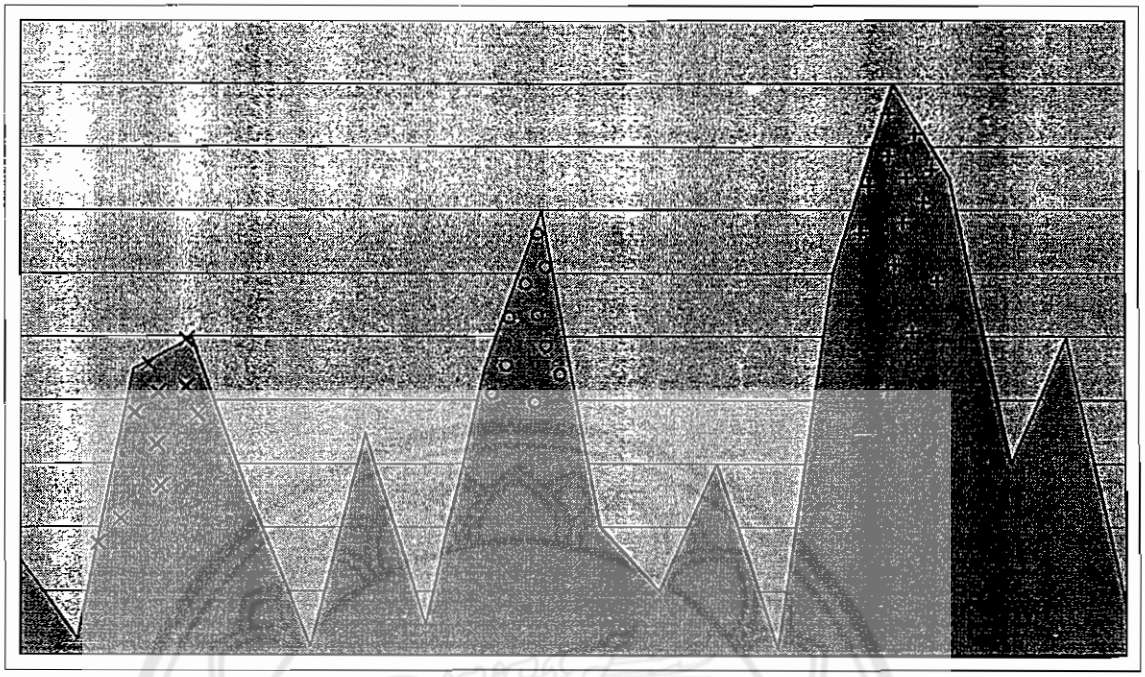
Fa = ค่าเฉลี่ยของค่าที่เหมาะสม

ตารางที่ 3.4 เปรียบเทียบค่าสำหรับการคัดเลือกโครโมโซม

ตัวอย่าง Chromosome (sample number)	การจัดเรียงขั้นต้น (Initial population)	ความน่าจะเป็น (Probability)	ความน่าจะเป็นสะสม (Cumulative Probability)	Reproduction
1	1 4 3 1 2	0.10196	0.101986	2 3 4 1 3
2	2 3 4 1 3	0.10 530	0.20 7276	4 2 1 3 2
3	4 2 1 3 2	0.10 863	0.31 5904	3 3 1 4 2
4	4 2 1 4 3	0.09 494	0.41 0847	3 3 1 4 2
5	3 1 2 4 2	0.09 743	0.50 8283	3 4 1 2 3
6	3 1 2 4 3	0.09 117	0.59 9457	3 4 1 2 3
7	3 4 1 2 3	0.10 507	0.70 4536	3 1 2 4 2
8	4 2 3 2 1	0.09 763	0.80 2169	3 1 2 4 3
9	3 4 2 1 2	0.09 607	0.89 8247	2 3 4 1 3
10	3 3 1 4 2	0 .05352	1 .000000	1 4 3 1 2

แต่การเลือกโครโมโซมโดยเลือกจากค่าที่มีความเหมาะสมมากที่สุด อาจจะไม่ดีเสมอไป จึงได้มีวิธีการในการคัดเลือกอีกวิธีหนึ่ง คือการคัดเลือกโดยใช้วิธี Roulette wheel

จะเป็นการสร้างโอกาสความเป็นไปได้ ของค่าประชากรอื่นๆที่จะถูกนำมาคัดเลือก โดยทุกๆค่าจะมีโอกาสเข้าสู่การคัดเลือกใน Roulette Wheel เพื่อให้มีการเกิดโอกาสสูงสุดโดยไม่มีการกีดกันของค่าประชากรอื่นๆ ในการที่จะถูกคัดเลือกซึ่งค่าที่ได้อาจไม่ได้เป็นค่าที่ดีที่สุด แต่อาจจะเป็นค่าที่เหมาะสมในมุมมองอื่นจึงมีโอกาสที่ถูกคัดเลือก ดังรูปกราฟที่ 3.11 ที่แสดงการถูกเลือกของประชากร ที่ว่ากลุ่มสัญลักษณ์ ○○○ อาจไม่ได้ถูกเลือกเสมอไป แต่ยังมีกลุ่มสัญลักษณ์ + + + และ ××× อีกเหมือนกันที่มีโอกาส ซึ่งแต่ละกลุ่มก็ย่อมมีค่าที่เหมาะสมที่สุดของกลุ่มตนเอง ดังนั้นทุกกลุ่มควรมีโอกาสเข้าสู่กระบวนการคัดเลือกเช่นกัน



รูปที่ 3.11 รูปค่าเหมาะสมของแต่ละประชากร (Local Optimal)

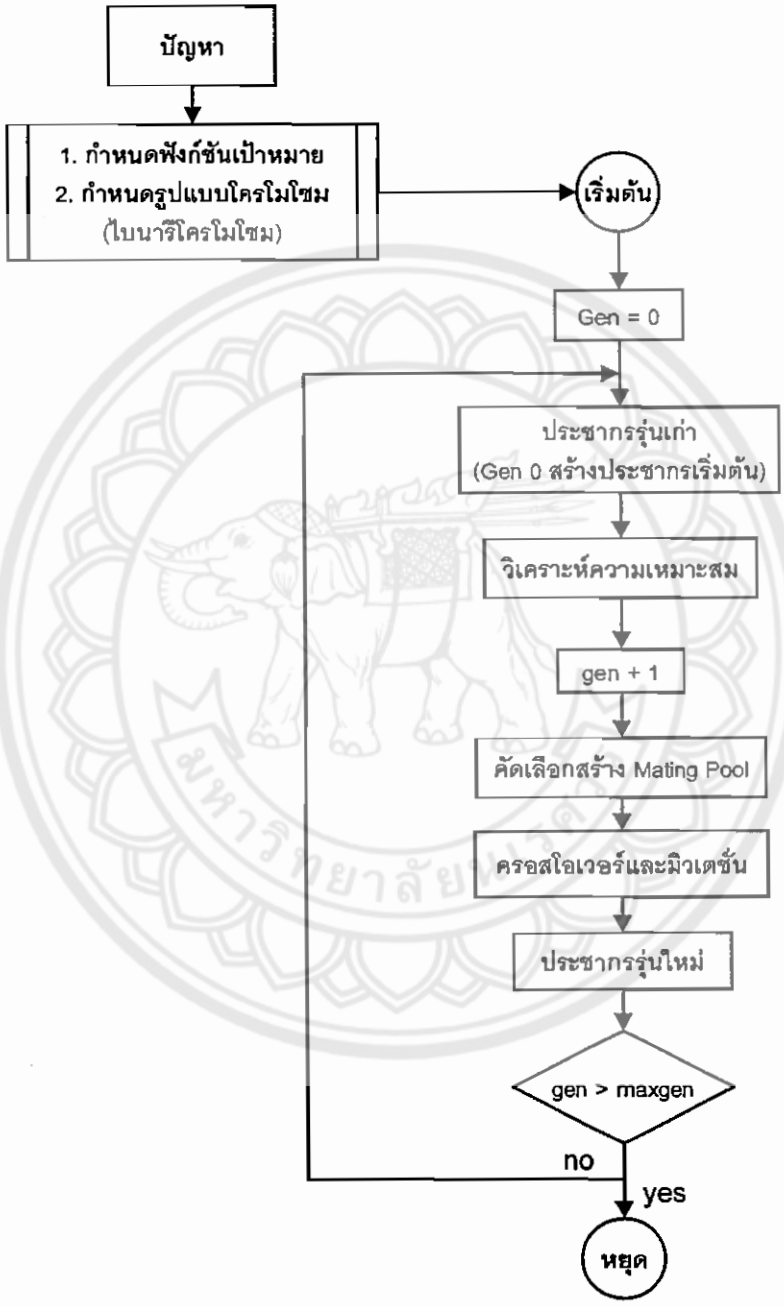
3.2.2.5 การคัดเลือกความเหมาะสมของโครโมโซมด้วยวิธี Roulette Wheel

รูปที่ 3.12 จำลองการทำงานของ Roulette Wheel

Roulette Wheel คือ ล้อที่มีฟันสำหรับรองรับก้อนกลมๆที่ทำหน้าเป็นตัวชี้คัดเลือกจากการสุ่มของ Roulette Wheel ซึ่งในการคัดเลือกนี้ได้สมมุติจำลองให้จำนวนฟันเริ่มจาก ค่าต่ำสุดไปสูงสุดคือ 0-1 ซึ่งค่าความเหมาะสมที่คำนวณได้จะถูกนำค่ามาแทนลงในตำแหน่งของช่องบน Roulette ซึ่งการหมุนในแต่ละรอบ มีโอกาสที่จะตกไปในแต่ละช่องไม่เท่ากัน แต่โอกาสลูกจะตกไปในช่วงของค่าโครโมโซมที่ช่วงของค่า Fitness ที่มากกว่า ย่อมมีโอกาสมากที่สุดเช่นเดียวกัน

3.2.2.6 การวนลูป

ค่าที่สามารถยอมรับได้จากเปรียบเทียบกับข้อมูลอื่นๆ ที่ผ่านการสุ่มมาด้วยกันจะเกิดได้ดี จะต้องมีการเน้นปริมาณการสุ่มให้มาก ซึ่งก็จะถูกกำหนดได้จากค่าของการวนลูปในกระบวนการ



รูปที่ 3.13 การทำงานของ เจเนติกอัลกอริทึม แบบง่าย (ที่มาภาพ กาญจนี วงศ์วิภาพร, 2541)
(ที่มา: http://dusithost.dusit.ac.th/~santi_sou/thesis/progress/Ch2.pdf)

3.2.2.7 การหยุด (Terminate)

เมื่อได้กลุ่มโครโมโซมชุดใหม่แล้วทำต่อไปเรื่อยๆตามขั้นตอนที่ 1 ถึงขั้นตอนที่ 5 แล้วหยุดทำโดยการหยุดนั้นจะพิจารณาจากสิ่งต่อไปนี้

ก. กำหนดไปว่าจะทำตามขั้นตอนของกระบวนการ กี่รอบ (การวนลูป)

ข. ทำตามขั้นตอนของกระบวนการ แล้วดูว่าเมื่อทำไปแล้วค่าที่ได้ไม่เปลี่ยนแปลงให้หยุดทำการคัดเลือกแล้วใช้ค่านั้นเป็นคำตอบของปัญหาที่ต้องการ ถ้าเกิดว่าในรอบใหม่นั้นให้ค่าที่สูงกว่าค่าเดิมให้ตัดค่าที่สูงนั้นทิ้งแล้วทำใหม่ไปเรื่อยๆจนกว่าได้ค่าที่ไม่เปลี่ยนแปลงมากพอแล้วจึงหยุด

3.3 ศึกษาหลักการและทฤษฎีของ Visual Basic for Application

ในปัจจุบันทุกๆอย่างล้วนต้องการความรวดเร็ว รวมทั้งเวลาในการแก้ไขปัญหา ซึ่งในการแก้ปัญหาของ CMS โดยหลักการของ เจเนติกอัลกอริทึม นั้นหากให้หาคำตอบด้วยวิธีแบบเดิมก็จะใช้เวลามากเพราะกระบวนการของ เจเนติกอัลกอริทึม จะมีลักษณะกระบวนการทำงานที่วนซ้ำไปมา จำนวนรอบที่ทำซ้ำสูงมาก โดยภาษาในการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่เลือกใช้คือ Visual Basic for Application เพราะ เป็นภาษาที่มีประจำโปรแกรม Microsoft Excel ซึ่งโดยปกติโปรแกรม Microsoft Excel เป็นที่นิยมใช้กันอย่างทั่วไปในงานวางแผนบริหาร และมักมีอยู่ประจำเครื่องคอมพิวเตอร์ทุกเครื่อง

3.3.1 หลักการของ Visual Basic จากผู้ผลิตและพัฒนา Microsoft

ในการเขียนโปรแกรมทั่วไปจะต้องกำหนดการไหลของโปรแกรมตั้งแต่ต้นจนจบโปรแกรมให้ได้ ไม่ว่าโปรแกรมจะมีการทำงานข้ามไปยังโปรแกรมย่อยใดๆหรืออย่างไรก็ตาม ตอนท้ายสุดจะต้องกลับมายังโปรแกรมหลักแล้วจบที่จุดนั้น เหตุนี้ Visual Basic จึงมีทางเลือกของออปชันย่อยปริมาณมาก จึงทำให้การเขียนโปรแกรมมักมีข้อผิดพลาดเสมอที่เรียกว่า "บัก" (Bug) จนกล่าวทั่วไปได้ว่า "ไม่มีโปรแกรมใดที่สมบูรณ์ที่สุด" แต่การเขียนโปรแกรมของ Visual Basic ใช้ภาพและการมองเห็น (ที่เรียกว่า "วิชวล" (Visual)) ทำให้มีข้อผิดพลาดลดลง โดย Visual Basic จะเก็บออปเจกต์ต่างๆ ไว้ในส่วนที่เรียกว่า ฟอร์ม (Form) โดยออปเจกต์เหล่านั้นจะถูกกำหนดให้ทำงานตามเหตุการณ์หรือ อีเวนต์ (Event) ที่กำหนด ซึ่งอาจจะเป็นการคลิก, ดับเบิลคลิก เป็นต้น เหตุการณ์อื่นที่ไม่ได้ระบุไว้จะไม่มีผลกับออปเจกต์นั้น ลักษณะโปรแกรมแบบนี้เรียกว่า Event-Driven ซึ่ง Visual Basic กำหนดส่วนหัวและส่วนหางไว้เรียบร้อยแล้ว ทำให้การเขียนโปรแกรมง่ายขึ้น (ฝ่ายวิชาการช่างคอม, 2538)

ข้อดีของโปรแกรม Visual basic for Application

ก. ความนิยมของตัวภาษา โดยกล่าวได้ว่าภาษา Basic นั้นเป็นภาษาที่มีคนเรียนรู้และใช้งานมากที่สุดในประวัติศาสตร์ของคอมพิวเตอร์ (อ้างอิงจาก ข้อมูลจาก Microsoft Developer Network Library Visual Studio 6.0)

ข. มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง การปรับปรุงประสิทธิภาพในด้านของตัวภาษาของการประมวลผล และในเรื่องของความสามารถใหม่ๆเช่น การติดต่อกับระบบฐานข้อมูล การเชื่อมต่อกับเครือข่ายอินเตอร์เน็ต

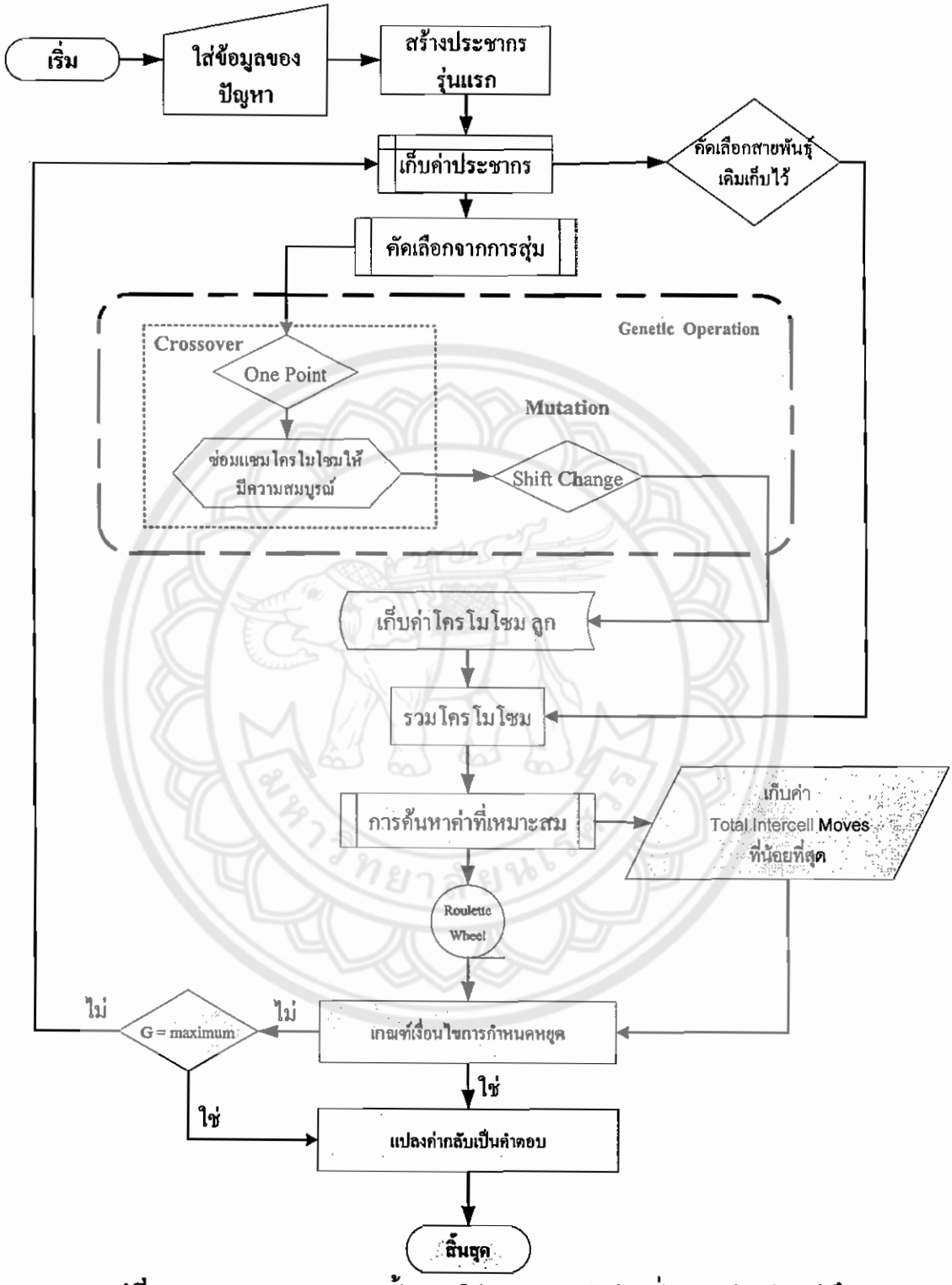
ค. ผู้พัฒนาสำคัญของ Visual Basic คือบริษัทไมโครซอฟท์ซึ่งจัดว่าเป็นบริษัทยักษ์ใหญ่ ของวงการคอมพิวเตอร์ในปัจจุบัน เราจึงสามารถมั่นใจได้ว่า Visual Basic จะยังมีการพัฒนา ปรับปรุงและคงอยู่ต่อไปอีกนาน

ง. ภาษาเบสิกสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานกับ โปรแกรมไมโครซอฟท์ได้เป็นอย่างดี และการใช้งานโปรแกรม Microsoft Excel ก็เป็นที่นิยมใช้การอย่างแพร่หลาย จึงได้นำประโยชน์จากด้านนี้เข้ามาประยุกต์ใช้งานเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของโปรแกรม Microsoft Excel

ข้อดีอีกอย่างหนึ่งคือเนื่องจากการทำงานของวินโดวส์เป็นแบบทำงานหลายอย่างในเวลาเดียวกัน (Multitasking) ซึ่งไม่ใช่ว่าจะมีแอปพลิเคชั่นเพียงแอปพลิเคชั่นเดียวที่ทำงานอยู่ จึงเป็นการยากที่จะรู้ว่าแอปพลิเคชั่นที่ใช้งานนั้นทำถึงจุดใดแล้ว แต่ถ้าเป็นโปรแกรมแบบ Event-Driven ปัญหาเหล่านี้จะหมดไป

(ที่มา: ฉัททวุฒิ พีชพล และคณะ. "คู่มือเรียน Visual Basic 6.0" 2547)

3.4 Flow Chart



รูปที่ 3.14 Flow Chart **แสดงขั้นตอนโปรแกรมแอปพลิเคชั่น เจเนติกอัลกอริทึม**

3.5 ขั้นตอนทำงาน ของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้แก้ปัญหาการสร้างเซลล์ด้วย เจเนติกอัลกอริทึม

การใช้ เจเนติกอัลกอริทึม เข้าแก้ปัญหาต้องมีข้อมูลทั้งหมดที่เป็นตัวแปรในการแก้ปัญหา โดยทำการกำหนดข้อมูลตัวแปรปัญหาให้ชัดเจน และครบถ้วน เพื่อให้ข้อมูลของโครโมโซมใน เจเนติกอัลกอริทึม ย้อนกลับเป็นคำตอบของ CMS ได้

ขั้นตอนที่ 1 การเก็บข้อมูลดิบของปัญหา เช่น จำนวนเซลล์ที่ต้องการกำหนด จำนวนเครื่องจักร จำนวนชิ้นส่วน และลำดับการผลิต

ขั้นตอนที่ 2 แทนคำตอบของปัญหาในรูปโครโมโซมของจำนวนเซลล์และเครื่องจักร ตามข้อมูลดิบที่ได้

ขั้นตอนที่ 3 กำหนดขนาดของประชากรและเกณฑ์ในการหยุดการทำงาน

ขั้นตอนที่ 4 สร้างประชากรตามขนาดที่กำหนด

ขั้นตอนที่ 5 เก็บค่าประชากรที่ได้จากการสร้าง พร้อมทำการคัดเลือกประชากรที่ให้ค่าการเคลื่อนที่ระหว่างเซลล์ที่น้อยที่สุด เอาไว้

ขั้นตอนที่ 6 คัดเลือกข้อมูลเข้าสู่กระบวนการเจเนติกอัลกอริทึม Crossover ด้วยวิธี one point Crossover Mutation ด้วยวิธีการ สุ่มเลือกจุดเพื่อปรับเปลี่ยนยีน

ขั้นตอนที่ 7 เก็บค่าประชากรรุ่นลูกที่ผ่านกระบวนการ เจเนติกอัลกอริทึม นำมารวมกับประชากรที่ถูกคัดเลือกเอาไว้แล้วในขั้นตอนที่ 5

ขั้นตอนที่ 8 การประเมินค่าความเหมาะสม มีการให้คะแนนความสำคัญแต่ล่ะโครโมโซม พร้อมกับคัดเลือกโครโมโซม ที่ให้ค่า การเคลื่อนที่ระหว่างเซลล์ที่น้อยที่สุดเอาไว้

ขั้นตอนที่ 9 คัดเลือกโครโมโซมจากการประเมินค่าความเหมาะสม ด้วยวิธีของ Roulettes wheel

ขั้นตอนที่ 10 เมื่อได้ค่าจากขั้นตอนที่ 9 แล้วให้กลับไปทำซ้ำตั้งแต่ขั้นตอนที่ 5 ตามลำดับทุกขั้นตอน จนกว่าจะเป็นไปตามเกณฑ์การหยุดที่ได้ กำหนดเอาไว้ในขั้นที่ 3

3.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ จากการดำเนินงาน

จุดประสงค์การศึกษาคือการจัดทำโปรแกรม Visual Basic เพื่อให้สะดวกและสอดคล้องกับการใช้งาน ในการแก้ปัญหาของ CMS โดยใช้หลักการของ เจเนติกอัลกอริทึม และเพื่อให้ประโยชน์มากขึ้นของงานวิจัยในอนาคต