

## การใช้เจเนติกอัลกอริทึมในการออกแบบทิศทางการเดินรถ ทางเดียวของเครือข่ายการเดินรถขับเคลื่อนอัตโนมัติ

วนิดา รัตนมณี

### Abstract

Rattanamanee, W.

#### Application of the genetic algorithm to design path direction for automated guided vehicle's movement network

Songklanakarin J. Sci. Technol., 2003, 25(1) : 91-102

Automated guided vehicle (AGV) systems influence the efficiency and cost of flexible manufacturing systems. Design of the AGV's guide path is a feature that affects the efficiency of the system, and a good design can reduce material handling cost in manufacturing. The path design problem for AGV's movement network has been solved using several approaches. In this research a new technique, the genetic algorithm, is applied to the path design problem in which the appropriate travel direction for the AGV is determined. The objective of the research is to minimize the total distance traveled by loaded and unloaded vehicles. To calculate the total distance, a branch-and-bound technique with breadth first search is applied in the research. The effects of loaded and unloaded movements are considered simultaneously. The genetic algorithm approach achieved good results, when applied to the total loaded and unloaded vehicle distance. In conclusion, the genetic algorithm can be applied to design path direction for AGV's movement network.

**Key words :** automated guided vehicle, genetic algorithm, guide path

Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Prince of Songkhla University, Hat Yai, Songkhla 90112 Thailand.

<sup>1</sup>M.Sc. (Industrial Engineering) ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา 90112

Corresponding e-mail : rwanida@ratree.psu.ac.th

รับต้นฉบับ 15 ธันวาคม 2543      รับลงพิมพ์ 23 ตุลาคม 2545

## บทคัดย่อ

วนิดา รัตนมณี

การใช้เจเนติกอัลกอริทึมในการออกแบบทิศทางการเดินทางเดี่ยว  
ของรถข้ายการเดินรถขับเคลื่อนอัตโนมัติ

ว. สงขลานครินทร์ วทท. 2546 25(1) : 91-102

ในปัจจุบันระบบรถขับเคลื่อนอัตโนมัติมีอิทธิพลเป็นอย่างยิ่งต่อต้นทุน และประสิทธิภาพการทำงานภายในระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น การออกแบบผังการเดินทางขับเคลื่อนอัตโนมัติเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อประสิทธิภาพของระบบและการออกแบบผังการเดินทางที่ดี สามารถที่จะลดต้นทุนการเคลื่อนย้ายในการผลิตได้ การแก้ปัญหาเรื่องการหาผังการเดินทางทิศทางเดียวสำหรับระบบรถขับเคลื่อนอัตโนมัติได้มีการใช้กลวิธีหลายอย่าง แต่ยังไม่มีการทดลองใช้เจเนติกอัลกอริทึมในการแก้ปัญหาดังกล่าว ในการทำวิจัยครั้งนี้จึงได้ทดลองนำเจเนติกอัลกอริทึมเข้ามาแก้ปัญหาเพื่อที่จะใช้หาทิศทางเดินทางที่เหมาะสมให้กับรถขับเคลื่อนอัตโนมัติ วัตถุประสงค์การทำวิจัยในครั้งนี้เพื่อต้องการให้ระยะทางรวมการเดินทางขับเคลื่อนอัตโนมัติทั้งระยะทางจากการบรรทุกน้ำหนักและระยะทางที่ร่วว่างเปล่ารวมกันมีค่าน้อยที่สุด ในการคำนวณระยะทางทั้งหมดที่เกิดจากการขับเคลื่อนอัตโนมัติใช้วิธีกลวิธีขยายและจำกัดเขต (Branch-and-Bound) ด้วยหลักการค้นหาแนวกว้าง (Breadth First Search) ในการค้นหาระยะทางรวมที่สั้นที่สุด ในงานวิจัยนี้มีการคำนวณระยะทางจากการบรรทุกน้ำหนักและระยะทางที่ร่วว่างเปล่ารวมกันในเวลาเดียวกัน ผลลัพธ์ที่ได้จากการใช้เจเนติกอัลกอริทึมในการออกแบบผังการเดินทางเดี่ยวของรถขับเคลื่อนอัตโนมัติได้ผลเป็นที่น่าพอใจ สามารถออกแบบผังการเดินทางได้ด้วยเงื่อนไขผลรวมของระยะทางต่ำสุด ดังนั้นการใช้เจเนติกอัลกอริทึมสามารถใช้ได้ผลเป็นที่น่าพอใจสำหรับการใช้ออกแบบเครื่องข้ายการเดินรถทิศทางเดียว

ในปัจจุบันอุตสาหกรรมการขนย้ายวัสดุเป็นกระบวนการหนึ่งที่มีความสำคัญ และเป็นกระบวนการที่ส่งผลให้ต้นทุนการผลิตเพิ่มขึ้นประมาณ 15-70% (Tompkins *et al.*, 1996) การขนย้ายวัสดุที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนย้ายสิ่งของจากสถานที่หนึ่งไปยังอีกสถานที่หนึ่ง (Apple, 1976) ดังนั้นอุปกรณ์ในการขนย้ายจึงเป็นส่วนสำคัญที่จะทำให้กระบวนการขนย้ายวัสดุมีประสิทธิภาพ ระบบรถขับเคลื่อนอัตโนมัติ (An automated guided vehicle system; AGVS) เป็นระบบหนึ่งที่ยอมรับกันมากในกระบวนการขนย้ายวัสดุแบบอัตโนมัติ ระบบรถขับเคลื่อนอัตโนมัติเป็นระบบที่มีรถขับเคลื่อนโดยไม่มีคนขับเป็นรถที่เดินไปตามเส้นลวดที่ฝังไว้ใต้พื้นโรงงานหรือเทปสติกติดไว้บนพื้นเพื่อให้รถขับเคลื่อนตามเส้นทางดังกล่าวโดยอัตโนมัติ การออกแบบผังการเดินทางในช่วงเริ่มต้นจึงเป็นสิ่งที่สำคัญมากเพราะเป็นปัจจัยที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการขนย้าย นอกจากนี้ระบบการเคลื่อนย้ายที่มีประสิทธิภาพจะมีผลกระทบต่อโดยตรงกับต้นทุนการขนย้ายวัสดุในระบบการผลิต (Miller, 1987) โดยทั่วไปทิศทางเดินทางมีทั้งผังเดินทาง

ได้ทิศทางเดียวดังแสดงใน Figure 1 หรือผังเดินทางได้สองทิศทางดังแสดงใน Figure 2 การออกแบบทิศทางผังการเดินทาง ได้มีการใช้เทคนิคฮิวริสติกในการออกแบบทิศทาง ซึ่งมีนักวิจัยหลายท่านได้เสนอวิธีการออกแบบทิศทางดังกล่าวไว้ดังนี้ Gaskins และ Tanchoco (1987) คำนวณหาทิศทางเคลื่อนที่ของผังการเดินทางโดยวิธี 0-1 อินทิเจอร์โปรแกรมมิ่ง (a zero-one integer programming) โดยมีวัตถุประสงค์ให้ระยะทางรวมซึ่งคิดเฉพาะระยะทางที่เกิดจากรถอัตโนมัติเคลื่อนที่และมีน้ำหนักอยู่บนรถเท่านั้น Gaskin *et al.* (1989) ได้ออกแบบผังการเดินทางโดยใช้วิธี virtual flow path นอกจากนี้ Goetz และ Egbelu (1990) ใช้วิธีการโปรแกรมเชิงเส้นตรงในการออกแบบผังการเดินทางทิศทางเดียว และ Seo และ Egbelu (1995) ใช้วิธีการสร้างสมการทางคณิตศาสตร์และฮิวริสติกอัลกอริทึมในการคำนวณหาทิศทางผังการเดินทางทิศทางเดียวซึ่งมีวิธีการออกแบบผังโรงงาน 2 ชั้นตอน คือ ชั้นตอนแรกออกแบบผังโดยใช้ผลรวมระยะทางที่มีการบรรทุกน้ำหนักเพียงอย่างเดียวให้มีระยะทางรวมน้อยที่สุด แล้วจึงมีการ

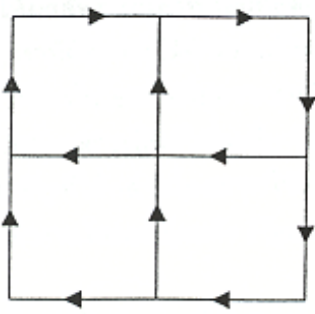


Figure 1. Unidirectional path network

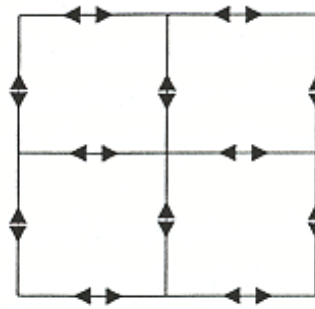


Figure 2. Bi-directional path network

คิดระยะทางที่รถขับเคลื่อนอัตโนมัติ เดินโดยไม่มีน้ำหนัก บรรทุกอยู่จากฝั่งที่ได้จากขั้นตอนแรก

ผู้วิจัยได้ศึกษาถึงเรื่องการนำเจเนติกอัลกอริทึมมาดัดแปลงใช้กับรูปแบบปัญหาการออกแบบผังการเดินทางเดียวของระบบรถขับเคลื่อนอัตโนมัติ เนื่องจากต้องการพิสูจน์ให้เห็นถึงประโยชน์ของการใช้เทคนิคเจเนติกอัลกอริทึมในการแก้ปัญหาดังกล่าวได้ และจากการใช้เจเนติกอัลกอริทึมในการออกแบบผังการเดินทางเดียวของระบบรถขับเคลื่อนอัตโนมัติ ซึ่งเป็นปัญหาที่มีลักษณะเป็นแบบฮิวริสติก (คือปัญหาที่สามารถหาคำตอบที่ดีที่สุดได้จากกลุ่มคำตอบที่ได้ทำการสุ่มมาเท่านั้น) พบว่าเป็นเทคนิคที่ใช้ในการหาคำตอบที่ดีที่สุด ผลจากการทำวิจัยครั้งนี้จะมีส่วนช่วยให้เกิดแนวความคิดในการแก้ปัญหาลักษณะต้องการผลลัพธ์ให้มีผลเป็นที่น่าพอใจมากที่สุด (optimization) และเป็นปัญหาฮิวริสติกด้วยเทคนิคเจเนติกอัลกอริทึม

### วัตถุประสงค์

งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการดัดแปลงใช้เทคนิคเจเนติกอัลกอริทึมในการออกแบบผังการเดินทางเดียวของรถขับเคลื่อนอัตโนมัติ โดยคำตอบที่ดีที่สุดคือผังการเดินทางเดียวที่ทำให้เกิดระยะทางการเคลื่อนที่รวมทั้งรถมีการบรรทุกน้ำหนักและรถที่ไม่มีการบรรทุกรวมทั้งโรงงานให้มีค่าน้อยที่สุด

### 1. หลักการของเจเนติกอัลกอริทึม

Gen และ Cheng (1996) ได้สรุปว่า เทคนิคเจเนติกอัลกอริทึมนิยมใช้ในการแก้ปัญหาให้ผลลัพธ์เป็น

ที่น่าพอใจมากที่สุด เช่น การจัดลำดับการผลิต เป็นต้น เจเนติกอัลกอริทึมเป็นเทคนิคใช้ในการค้นหาคำตอบบนพื้นฐานกลไกการอยู่รอดตามธรรมชาติของสิ่งมีชีวิต (Michalewicz, 1992) ในวิธีการของเจเนติกอัลกอริทึม จะกำหนดให้จำนวนตัวแปรตัดสินใจของปัญหาที่กำลังสนใจเป็นจำนวนยีน (gene) บนแต่ละโครโมโซม จากนั้นโดยวิธีการของเจเนติกจะทำการจำลองสร้างจำนวนโครโมโซมขึ้นมาเป็นรุ่นๆ เพื่อหาโครโมโซมที่ดีที่สุดจำนวนทั้งหมดที่ได้ทำการจำลองสร้างขึ้นมา ซึ่งโครงสร้างของโครโมโซมที่ต้องใช้ในวิธีการนี้แสดงใน Figure 3 และมีการเปรียบเทียบระหว่างค่าที่ปรากฏบนโครโมโซมกับค่าที่ปรากฏอยู่ในปัญหาที่กำลังสนใจใน Table 1 หลักการทำงานที่สำคัญของเทคนิคเจเนติกอัลกอริทึมคือ จะมีการคัดเลือกโครโมโซมที่ดีที่สุดในแต่ละรุ่น โดยเลือกจากค่าผลลัพธ์ที่ได้จากโครโมโซมที่ดีที่สุดหรือเข้าใกล้เป้าหมายมากที่สุด เช่น เป็นโครโมโซมตัวที่ให้ค่าผลลัพธ์มากที่สุดในกรณีที่วัตถุประสงค์ของปัญหาต้องการได้คำตอบจากปัญหาเป็นค่าที่มากที่สุด หรือเป็น

Table 1. Relation between genetic algorithm's terms and problem solving terms

Genetic terms	Problem solving terms
Chromosome	Code of a solution
Gene	Encoding
Locus	A location of a gene
Allele	A binary or digit number
Phenotype	A series of decision variables
Genotype	Fitness or a value of an objective function

โครโมโซมตัวที่ให้ผลลัพธ์เป็นค่าที่น้อยที่สุดในกรณีทั่วๆไป ประสงค์ของปัญหาที่ต้องการได้คำตอบเป็นค่าที่น้อยที่สุด เป็นต้น เมื่อเลือกโครโมโซมที่ดีที่สุดจากรุ่นปัจจุบันได้แล้ว ก็จะใช้โครโมโซมดังกล่าวเป็นตัวที่จะสืบพันธุ์ในรุ่นต่อไป จากหลักการสำคัญที่ได้กล่าวโดยสรุปไว้แล้วนี้สามารถอธิบายหลักการทำงานโดยละเอียดดัง Figure 3

**การจำลองโครโมโซมให้สอดคล้องกับปัญหาที่สนใจ**

การจำลองโครโมโซมให้เข้ากับปัญหาที่สนใจนั้น เป็นสิ่งที่สำคัญที่สุดในการทำงานของเทคนิคเจเนติกอัลกอริทึม เนื่องจากเป็นขั้นตอนที่ทำให้ผู้แก้ปัญหาทราบว่าสามารถหาคำตอบของปัญหาโดยวิธีการของเจเนติกได้หรือไม่ ในขั้นนี้ต้องมีการศึกษาอย่างละเอียดว่าตัวแปรตัดสินใจของปัญหามีอะไรบ้าง เพื่อจะได้นำตัวแปรเหล่านั้นมากำหนดเป็นลักษณะของโครโมโซมดังแสดงใน Figure 1 ซึ่งโครโมโซมที่ได้นี้จะเป็นคำตอบหรือผลลัพธ์ของปัญหา ในการกำหนดลักษณะโครโมโซมต้องมีการกำหนดสิ่งต่างๆ ดังนี้

1. กำหนดความยาวของโครโมโซมตามจำนวนตัวแปรตัดสินใจ
2. กำหนดค่ารหัสแต่ละตำแหน่ง หรือกำหนดเงินว่าในแต่ละตำแหน่งให้มีค่าเป็นอะไรได้บ้าง
3. กำหนดตำแหน่งแต่ละเงิน เป็นการกำหนดว่าแต่ละตำแหน่งของเงินเป็นค่าของตัวแปรใด
4. กำหนดค่าของตัวเลขในเงิน เป็นการบอกว่าค่าตัวแปรหรือคำตอบของตัวแปรตัดสินใจซึ่งมีรหัสเป็นค่าที่ได้ในข้อ 2 ว่าเป็นค่าใด

5. การกำหนดชุดของตัวแปรตัดสินใจ ในบางปัญหาคำตอบที่ต้องการอาจจะเป็นไปได้หลายลักษณะ เช่น เป็นค่าตัวเลขของแต่ละตัวแปร หรืออาจจะเป็นตำแหน่งของแผนกต่างๆ ซึ่งการกำหนดรหัสตัวแปรอาจแตกต่างกัน

6. ค่าที่ได้จากรหัสตัวแปรทั้งหมด เป็นการหาคำตอบของตัวแปรที่ได้ว่ามีคำตอบเป็นอะไรบ้าง

เมื่อมีการกำหนดโครโมโซมเข้ากับปัญหาที่กำลังสนใจซึ่งถือว่าเป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุดของเทคนิคเจเนติกอัลกอริทึมได้เรียบร้อยแล้ว ต่อไปก็จะเป็นการทำงานด้วยเทคนิคเจเนติกอัลกอริทึมซึ่งเป็นวิธีการที่จะนำไปสู่การหาคำตอบที่ดีที่สุดในทุกประชากรหรือคำตอบที่ได้สุ่มมาทั้งหมดได้ โดยรายละเอียดจะได้กล่าวต่อไป

**การทำงานด้วยเทคนิคเจเนติกอัลกอริทึมเพื่อนำไปสู่การหาคำตอบที่ดีที่สุด**

ในการทำงานของเจเนติกเพื่อนำไปสู่คำตอบที่ดีที่สุดสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ส่วน โดยส่วนที่ 1 คือ ส่วนของการคำนวณค่าผลลัพธ์จากโครโมโซมซึ่งเป็นคำตอบของปัญหาที่สนใจ ส่วนที่ 2 คือ ส่วนของวิธีการเลือกโครโมโซม และ ส่วนที่ 3 คือ การปฏิบัติการทางเจเนติกอัลกอริทึม ในส่วนของรายละเอียดสามารถอธิบายได้ดังนี้

**ส่วนการคำนวณค่าผลลัพธ์จากโครโมโซม (fitness function)** เป็นส่วนที่ใช้ฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์ในการคำนวณค่าผลลัพธ์ที่เป็นค่าเป้าหมาย โดยฟังก์ชันดังกล่าวเป็นสมการที่มีความสัมพันธ์กันของค่าตัวแปรตัดสินใจ หลังจากที่มีการแปลงค่าจากโครโมโซมที่ได้มาเป็นค่าของตัวแปรทั้งหมดที่ต้องการ จากนั้นก็ทำการนำค่าของตัวแปรทั้งหมดที่ได้ไปแทนค่าในฟังก์ชันเพื่อคำนวณค่า

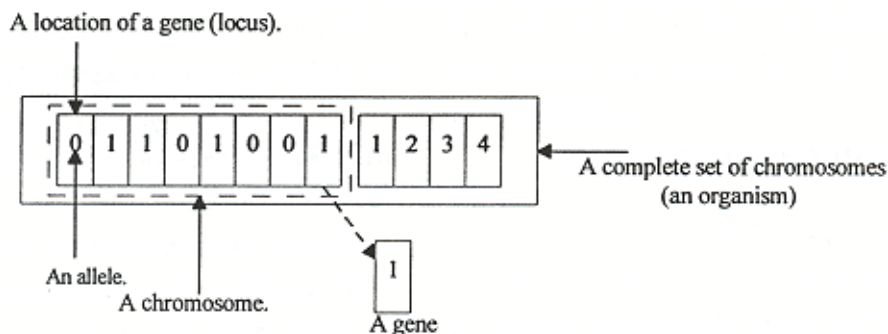


Figure 3. Composites of an organism

คำตอบของปัญหาจากค่าของกลุ่มตัวแปรที่ได้

**ส่วนการเลือกโครโมโซม (selection function)** เป็นส่วนที่ทำให้เกิดการเลือกโครโมโซมที่ดีที่สุดนั้นหมายถึง เป็นส่วนที่ทำให้เกิดการค้นหาคำตอบที่ดีที่สุดของปัญหาในแต่ละรุ่นของจำนวนโครโมโซมทั้งหมด กล่าวคือ จำนวนโครโมโซมของปัญหาเราจะกำหนดเป็นชั่วรุ่น (generation) แล้วจะมีการเลือกโครโมโซมที่ดีที่สุดในแต่ละรุ่นเพื่อนำโครโมโซมที่ดีที่สุดในรอบนี้เป็นตัวกำเนิดโครโมโซมในรอบต่อไป ในส่วนนี้เป็นการทำงานเลียนแบบการคัดเลือกสิ่งมีชีวิตที่ดีที่สุดให้มีชีวิตอยู่รอดตามธรรมชาติ ซึ่งการทำงานดังกล่าวจำเป็นต้องเขียนโปรแกรมการเลือกขึ้นมาโดยเฉพาะสำหรับแต่ละปัญหา

**การปฏิบัติการทางเจเนติกอัลกอริทึม** เป็นส่วนที่เกี่ยวกับความแปรปรวนต่างๆ ที่อาจจะเกิดขึ้นได้ตามธรรมชาติต่อโครโมโซมที่ถูกเลือกไว้แล้ว เพื่อให้เกิดโอกาสการปรับเปลี่ยนพันธุ้ให้ดีกว่าตัวโครโมโซมตัวเดิมที่เลือกไว้แล้วหรือในทางกลับกันอาจจะเกิดสายพันธุ้ที่ให้ผลลัพธ์แย่กว่าเดิม ซึ่งโอกาสดังกล่าวอาจจะเกิดขึ้นได้จากการที่โครโมโซมที่ได้ตัวใหม่อาจจะได้มาจากจีนของโครโมโซมพ่อหรือโครโมโซมแม่ หรืออาจจะมีการเปลี่ยนแปลงค่าเงินไปโดยไม่มีเหตุผล เป็นผลให้โครโมโซมใหม่ที่ได้ในรอบต่อไปแตกต่างจากเดิมซึ่งอาจจะดีกว่าเดิมหรือไม่ดีกว่าเดิมก็ได้ ในส่วนนี้ก็มีส่วนที่มีการเลียนแบบการทำงานในการเลือกสายพันธุ้ที่ดีที่สุดของสิ่งมีชีวิตตามธรรมชาติเช่นเดียวกัน ในการปฏิบัติการทางเจเนติกอัลกอริทึมสามารถทำได้ 3 วิธีด้วยกัน คือ

**1. การผลิตใหม่หรือการสืบพันธุ์ (reproduction)** เป็นวิธีการลอกโครโมโซมจากรุ่นที่แล้วที่ถูกคัดเลือกมาว่าเป็นโครโมโซมที่ดีที่สุด ซึ่งเป็นกระบวนการทางธรรมชาติ โดยการคัดเลือกมีหลักอยู่ว่าโครโมโซมที่มีค่าผลลัพธ์เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของปัญหาที่กำลังสนใจก็จะโอกาสที่จะถูกเลือกไปรุ่นต่อไปสูง

**2. การแลกเปลี่ยนเงินหรือการผสมข้ามพันธุ้ (crossover)** เป็นการสร้างโครโมโซมตัวใหม่เพื่อให้แตกต่างจากโครโมโซมรุ่นเก่า ซึ่งการทำเช่นนี้เป็นการสร้างโอกาสที่จะทำให้เกิดโครโมโซมใหม่ที่ดีกว่าตัวเก่าที่เลือกมา วิธีการแลกเปลี่ยนเงินเป็นการนำเงินจากโครโมโซมที่ดีที่สุดจากรุ่นที่แล้วมาทำการแลกเปลี่ยนเงินกัน

**3. การเปลี่ยนแปลงเงินที่ได้มาโดยไม่มีเหตุผลหรือการกลายพันธุ์ (mutation)** เมื่อได้โครโมโซมตัวใหม่มาแล้วก็จะหาโอกาสที่เงินแต่ละตัวของโครโมโซมตัวใหม่มีการเปลี่ยนแปลงไปเป็นค่าอื่นโดยไม่จำเป็นต้องมีเหตุผลใดๆ สนับสนุนการเปลี่ยนแปลงนั้น

การปฏิบัติการทางเจเนติกอัลกอริทึมก็เช่นเดียวกันเป็นส่วนที่ต้องเขียนโปรแกรมขึ้นมาให้สอดคล้องกับปัญหาที่เกิดขึ้นเพื่อให้เกิดผลลัพธ์ที่ดีที่สุด และในการเขียนโปรแกรมจำเป็นต้องมีการทดลองค่าโอกาสต่างๆ หรือค่าเปอร์เซ็นต์ที่จะทำให้เกิดโครโมโซมตัวที่ให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด

## 2. การดัดแปลงใช้เจเนติกอัลกอริทึมในการออกแบบผังการเดินรถทางเดียว

จากวัตถุประสงค์ของการทำวิจัยครั้งนี้คือ การออกแบบผังการเดินรถขับเคลื่อนอัตโนมัติทิศทางเดียวให้มีความเหมาะสมทางเดินรถทั้งที่มีน้ำหนักบรรทุกและไม่ให้มีค่าน้อยที่สุด และการออกแบบผังการเดินรถทิศทางเดียวดังกล่าวคือ การหาทิศทางการเดินรถที่เหมาะสมในแต่ละเส้นทางว่าควรจะเป็นทิศทางใดก่อนที่จะมีการใช้งานผังการเดินรถดังกล่าว ดังนั้นตัวแปรตัดสินใจของปัญหานี้คือทิศทางเดินของรถขับเคลื่อนอัตโนมัติระหว่างจุดสองจุดในแต่ละเส้นทาง โดยสมมุติว่ามีผังการเดินรถขับเคลื่อนอัตโนมัติว่าเป็นแบบใดแต่ยังไม่มิติศทางการเดินซึ่งตัวอย่างผังการเดินรถเริ่มแรกโดยไม่มีทิศทางแสดงใน Figure 4 ซึ่งในผังดังกล่าวต้องมีการกำหนด ตำแหน่งแผนก ตำแหน่งจุดรับของแต่ละแผนก ตำแหน่งส่งของแต่ละแผนก และตำแหน่งทางแยกบนผังการเดินรถ ใน Figure 4 เป็นตัวอย่างของผังการเดินรถขับเคลื่อนอัตโนมัติระหว่าง 4 แผนก ซึ่งประกอบไปด้วย 13 จุด และ 16 เส้นทาง จากตัวอย่างผังการเดินรถใน Figure 4 นี้จะใช้เป็นตัวอย่างในการนำเทคนิคเจเนติกอัลกอริทึมมาใช้ในการออกแบบผังการเดินรถที่ดีที่สุดต่อไป

### 2.1 ลักษณะโครโมโซมของผังการเดินรถทางเดียว

ตัวแปรตัดสินใจคือทิศทางของการเดินในแต่ละเส้นทาง ดังนั้นความยาวของโครโมโซมขึ้นอยู่กับจำนวนเส้นทางของผังเริ่มต้น แสดงว่าในตัวอย่างความยาวของโครโมโซมเป็น 16 จีน ในแต่ละตำแหน่งของเงินเป็น



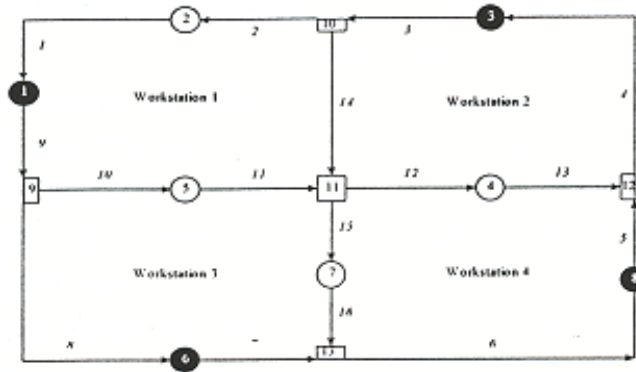


Figure 5. The unidirectional layout by decoding from the chromosome 0010101010101101

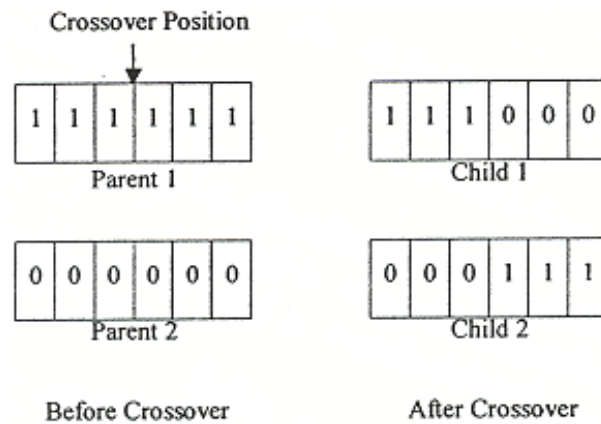


Figure 6. One point crossover

### วิธีการดำเนินงานวิจัย

#### 1. สมมติฐานในการทำวิจัย

- 1) ทราบข้อมูลแผนภูมิจากไป (from-to chart) ของทุกแผนกในโรงงานเพื่อให้ทราบถึงจำนวนเที่ยวของการเดินรถขับเคลื่อนอัตโนมัติระหว่างแผนก
- 2) ทราบผังการเดินทางเริ่มแรกโดยไม่มีทิศทางประกอบด้วยตำแหน่งของแผนกจุดรับของจุดส่งของแต่ละแผนกและจุดที่เป็นทางแยก
- 3) รถขับเคลื่อนอัตโนมัติที่มีน้ำหนักบรรทุกอยู่เดินทางจากจุดส่งของแผนกหนึ่งไปยังจุดรับของอีกแผนกหนึ่งส่วนรถที่ไม่มีน้ำหนักบรรทุกอยู่เดินทางจากจุดรับของแผนกหนึ่งไปยังจุดส่งของอีกแผนก

4) แต่ละเส้นทางเดินกำหนดให้รถขับเคลื่อนอัตโนมัติเดินได้คันเดียวและมีทิศทางเดียวในการเดินสำหรับแต่ละเส้นทาง

#### 2. สมการการคำนวณผลลัพธ์และเงื่อนไขทดสอบผลลัพธ์

ขั้นตอนการคำนวณค่าผลลัพธ์จากการแปลงรหัสโครโมโซมเป็นขั้นตอนหนึ่งที่สำคัญซึ่งในการทำวิจัยครั้งนี้ได้มีการกำหนดสมการในการคำนวณดังสมการที่ 1

$$\text{Min. } \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m w_{ij}d_{ij} + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m g_{ij}e_{ij} \quad (1)$$

- โดย  $w_{ij}$  คือ จำนวนเที่ยวในการขนย้ายจากแผนก  $i$  ไปแผนก  $j$
- $d_{ij}$  คือ ระยะทางที่สั้นที่สุดของรถขับเคลื่อนอัตโนมัติที่มีน้ำหนักบรรทุกอยู่
- $e_{ij}$  คือ ระยะทางที่สั้นที่สุดของรถขับเคลื่อนอัตโนมัติที่ไม่มีน้ำหนักบรรทุกอยู่
- $m$  คือ จำนวนแผนกที่มีทั้งหมด
- $g_{ij}$  คือ จำนวนเที่ยวโดยเฉลี่ยของรถขับเคลื่อนอัตโนมัติที่ไม่มีน้ำหนักบรรทุกอยู่ยังเป็นค่าที่ได้จากการคำนวณในสมการที่ 2

$$g_{ij} = \frac{\sum_{j=1}^m w_{ij} \times \sum_{i=1}^m w_{ij}}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m w_{ij}}, \forall_i, \forall_j \quad (2)$$

สมการที่ 2 คัดโดย Egbelu (Egbelu, 1983) โดยจำนวนเที่ยวเฉลี่ยของรถขับเคลื่อนอัตโนมัติว่างเปล่าระหว่างแผนก  $i$  ไปแผนก  $j$  เป็นค่าที่ขึ้นอยู่กับจำนวนเที่ยวการขนย้ายของรถขับเคลื่อนอัตโนมัติที่มีน้ำหนักบรรทุกอยู่ทั่วทั้งโรงงาน ดังนั้นการคำนวณจะได้จากการนำเอาจำนวนเที่ยวการเคลื่อนย้ายที่คาดหวังว่าจะไปยังแผนก  $i$  (ซึ่งต้องเป็นจำนวนเที่ยวร่วว่างเพื่อที่จะไปขนของยังแผนก  $i$ ) คูณกับจำนวนเที่ยวการเคลื่อนย้ายที่คาดหวังว่าจะออกจากแผนก  $j$  (ซึ่งต้องเป็นจำนวนเที่ยวร่วว่างเพราะเอาของลงที่แผนก  $j$  เรียบร้อยแล้ว)หารด้วยจำนวนเที่ยวการขนย้ายจริงทั้งหมด (ซึ่งได้จากแผนภูมิจากไป)

จากที่กล่าวแล้วว่าการแปลงรหัสโครโมโซมให้เป็นผลลัพธ์จะมีทั้งผลลัพธ์ที่เป็นไปได้และผลลัพธ์ที่เป็นไปไม่ได้ ซึ่งมีการใช้สมการเหล่านี้ได้ในการทดสอบความเป็นไปได้ของผลลัพธ์

1. ต้องมีเส้นทางเข้าจุดทุกจุดบนผังอย่างน้อย 1 เส้นทาง

$$\sum_{i=1}^n c_i \geq 1 \quad (3)$$

- เมื่อ  $c_i$  คือ จำนวนเส้นทางที่เข้าสู่จุด  $i$  บนผัง
- $n$  คือ จำนวนจุดทั้งหมดที่มีบนผัง

2. ต้องมีเส้นทางออกจากจุดทุกจุดบนผังอย่างน้อย 1 เส้นทาง

$$\sum_{i=1}^n G_i \geq 1 \quad (4)$$

- เมื่อ  $G_i$  คือ จำนวนเส้นทางที่ออกจากจุด  $i$  บนผัง
- $i$  คือ ลำดับที่ 1, 2, ...,  $n$

### 3. วิธีการคำนวณโดยหลักเจเนติกอัลกอริทึม

**ขั้นที่ 1:** ออกแบบโครโมโซมดังที่อธิบายใน 1.3

**ขั้นที่ 2:** กำหนดโครโมโซมเริ่มแรกขึ้นมาโดยการสุ่ม

**ขั้นที่ 3:** แปลงรหัสโครโมโซมไปเป็นแผนผังการเดินทางที่มีทิศทางแบบทางเดียว

**ขั้นที่ 4:** ตรวจสอบความเป็นไปได้ของผลลัพธ์ที่ได้จากการแปลงในขั้นที่ 3 โดยใช้สมการ 3, 4 ถ้าเป็นไปได้ก็ทำต่อในขั้นที่ 5 ถ้าเป็นไปไม่ได้ให้เริ่มขั้นที่ 2 ใหม่

**ขั้นที่ 5:** คำนวณระยะทางการเดินทางทั้งหมดของรถขับเคลื่อนอัตโนมัติ

**ขั้นที่ 6:** นับจำนวนโครโมโซมถ้าเท่ากับจำนวนโครโมโซมที่ต้องการไปในขั้นต่อไป ถ้าไม่เท่าให้ไปเริ่มทำตั้งแต่ขั้นที่ 2 ใหม่

**ขั้นที่ 7:** หลังจากกลุ่มโครโมโซมเริ่มแรกได้มีการสร้างขึ้นมาเรียบร้อยแล้วต่อไปก็เป็นการผลิตใหม่เพื่อค้นหาโครโมโซมสำหรับกลุ่มประชากรรุ่นต่อไปโดยวิธีการดังนี้

**1. วิธีการเลือก** โครโมโซมมาเป็นคู่ๆ จากกลุ่มโครโมโซมเริ่มแรกโดยมีวิธีการเลือกคือ

1.1 กำหนดตัวเลขสุ่มระหว่าง 0 และ 1

1.2 เลือกโครโมโซมตัวแรกที่มีค่าความน่าจะเป็นสะสมของตัวโครโมโซมเองเท่ากับตัวเลขที่สุ่มได้ในขั้นที่ 1.1 โดยวิธีการคิดความน่าจะเป็นสะสมในการที่จะได้รับการคัดเลือกโครโมโซม ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการทำวิจัยครั้งนี้คือ การหาผลรวมที่น้อยที่สุดดังนั้นจำเป็นต้องอินเวสต์ค่าผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณหลังจากการแปลงรหัสโครโมโซม เพื่อให้ตัวที่มีค่าน้อยที่สุดสามารที่จะมีความน่าจะเป็นในการคัดเลือกไปยังรุ่นต่อไปมีค่าสูงขึ้น



จากนั้นก็คำนวณความน่าจะเป็นของโครโมโซมแต่ละตัวต่อไป ดังแสดงใน Table 2

- 1.3 ทำการกำหนดเลขสุ่มระหว่าง 0 และ 1 ใหม่
- 1.4 เลือกโครโมโซมตัวที่ 2 เช่นเดียวกับวิธีการในข้อ 1.2

**2. การแลกเปลี่ยนเงิน** เมื่อเลือกได้โครโมโซมมาแล้ว 2 โครโมโซม ก็จะมีการหาตำแหน่งเงินที่จะแลกเปลี่ยนกันระหว่างโครโมโซมพ่อและแม่แล้วก็จะเกิดโครโมโซมใหม่มา 2 โครโมโซม

**3. การเปลี่ยนแปลง** ทำการกำหนดค่าเปอร์เซ็นต์การปรับปรุงซึ่งเป็นค่าที่ค่อนข้างต่ำ เช่น 2%, 5% เป็นต้น แล้วทำการกำหนดเลขสุ่มสำหรับเงินแต่ละเงิน ถ้าเลขสุ่มที่ได้มีค่าน้อยกว่าค่าเปอร์เซ็นต์ที่กำหนดให้เปลี่ยนค่าของเงินนั้น เช่น เดิมเป็น 1 สุ่มได้เลข 0.01 แสดงว่าให้เปลี่ยนค่าเงินเป็น 0 เป็นต้น

**ขั้นที่ 8:** ไปทำขั้นที่ 3 และ 4 โดยในขั้นที่ 4 ถ้าตรวจสอบมาแล้วเป็นผลลัพธ์ที่เป็นไปไม่ได้ก็จะมีโปรแกรมในการเปลี่ยนค่าของผลลัพธ์บางตัวให้เป็นผลลัพธ์ที่เป็นไปได้

ทำต่อขั้นที่ 5

**ขั้นที่ 9:** นับจำนวนโครโมโซมที่ทำการผลิตขึ้นใหม่ ถ้าจำนวนโครโมโซมเท่ากับจำนวนที่ต้องการก็ให้บันทึกข้อมูลโครโมโซมทั้งหมดที่ได้เป็นกลุ่มโครโมโซมเริ่มแรก ถ้ายังไม่เท่าก็ไปทำขั้นที่ 7 ใหม่

**ขั้นที่ 10:** นับจำนวนรุ่น ถ้าจำนวนรุ่นที่สร้างโครโมโซมเท่ากับจำนวนที่ต้องการ หยุดการทำงานของโปรแกรม ถ้ายังไม่เท่าก็ทำตั้งแต่ขั้นที่ 7 ใหม่

**ขั้นที่ 11:** เลือกผลลัพธ์ที่ให้ค่าผลลัพธ์ต่ำที่สุดเป็นคำตอบของปัญหา

ในการทำวิจัยครั้งนี้ได้ทดลองนำข้อมูลตัวอย่างแผนภูมิจากไป (from-to chart) ซึ่งไม่ซับซ้อนมากเพื่อจะได้ทดสอบความถูกต้องได้ง่าย ดัง Table 3, 4 และ 5 แสดงถึงระยะทางระหว่างจุดต่างๆ

#### ผลการทดลอง

จากการเขียนโปรแกรมภาษา C และมีการทำงานบนเครื่องคอมพิวเตอร์ Pentium 128.0 MB และใช้

**Table 2. Probability of each chromosome in case of minimization**

Chromosome No.	Fitness Inversion	Fitness	Probability of reproduction	Cumulative Percent
1	677	0.0015	0.0470	0.0470
2	1370	0.0007	0.0220	0.0690
3	2810	0.0004	0.0125	0.0815
4	1157	0.0006	0.0188	0.1003
5	37	0.0270	0.8464	0.9467
6	527	0.0017	0.0533	1.0000

Total 0.0319

**Table 3. From-to chart of 4 departments for a loaded vehicle**

From-To	1	2	3	4
1	0	0	777	0
2	835	0	0	545
3	0	780	0	558
4	389	0	0	0

**Table 4. From-to chart of 4 departments for a loaded vehicle (Calculated by equation 2)**

From-To	1	2	3	4
1	245	435	422	123
2	156	277	269	78
3	155	276	268	78
4	221	392	380	110

**Table 5. Coordinate of the given layout used to calculate distance by the written program**

Point	1	2	3	4	5	6
Coordinate	(0,30)	(20,40)	(40,40)	(40,20)	(20,20)	(20,0)
Point	7	8	9	10	11	12
Coordinate	(30,0)	(50,10)	(0,20)	(30,40)	(30,20)	(50,20)

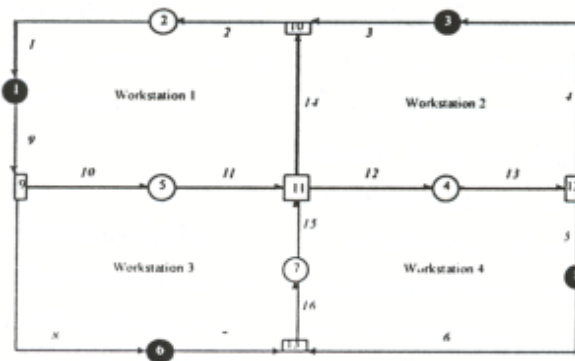
โปรแกรมในการสุ่มคำตอบที่เป็นไปได้ พบว่ามีผลลัพธ์ที่เป็นไปได้จำนวนมาก ผลลัพธ์ที่น่าพอใจมากที่สุดโดยใช้ข้อมูลตาม Table 2 และ 3 คือแผนผังการเดินทางที่ทางเดียวแสดงใน Figure 7 ซึ่งคำนวณระยะทางการเดินรถขับเคลื่อนอัตโนมัตินำหน้กบรรทุกอยู่ได้ 487,320 หน่วย และระยะทางการเดินรถขับเคลื่อนอัตโนมัติที่ไม่มีนำหน้กบรรทุกอยู่ได้ 517,640 หน่วย โดยเส้นทางการเดินรถระหว่างแผนกทั้งที่มีนำหน้กและไม่มีนำหน้กบรรทุกอยู่แสดงใน Table 6 และ 7

**อภิปรายและสรุปผล**

**อภิปราย**

จากการทำวิจัยได้มีการประยุกต์ใช้เทคนิคเจเนติกอัลกอริทึมในการแก้ปัญหาในครั้งนี พบว่าในการกำเนิดโครโมโซมตามที่กำหนด ไม่มีโครโมโซมที่เป็นผลลัพธ์เป็นไปได่ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องการคิดเทคนิคการซ่อมโครโมโซมเพิ่มเติมเข้าไปเพื่อให้โครโมโซมที่กำเนิดขึ้นเป็นผลลัพธ์ที่

เป็นไปได่และดำเนินการต่อไปตามเทคนิคเจเนติกอัลกอริทึม ในการทำวิจัยครั้งนี้ได้มีการศึกษากรณีตัวอย่าง 4 แผนกเพื่อให้ง่ายในการเข้าใจและทดสอบผลลัพธ์ อย่างไรก็ตามเจเนติกอัลกอริทึมสามารถดัดแปลงใช้ได้กับปัญหาที่มีขนาดใหญ่มากกว่านี้ได้ นอกจากนี้พารามิเตอร์ที่มีผลต่อการทำงานหรือการค้นหาของเจเนติกอัลกอริทึมประกอบด้วย ความน่าจะเป็นทางการหาตำแหน่งเปลี่ยนจีน (crossover probability) ความน่าจะเป็นในการกลายพันธุ์ (mutation probability) ขนาดจำนวนโครโมโซม (population size) ตัวเลขเริ่มต้นในการสุ่มของโปรแกรม (seed number) และจำนวนชั่ววุ่นของประชากร (number of generation) ซึ่งในการศึกษาทำวิจัยในครั้งต่อไปจำเป็นต้องมีการพิจารณาพารามิเตอร์เหล่านี้และจำลองกับปัญหาที่มีขนาดใหญ่ขึ้นเพื่อวิเคราะห์ผลที่เกิดขึ้นต่อไป อย่างไรก็ตามในการใช้เทคนิคเจเนติกในการออกแบบผังการเดินทางที่เดียวที่ดีที่สุดสามารถคำนวณระยะทางที่ได้จากรถที่มีการบรรทุกของและรถว่างเปล่าไปพร้อมกัน และเป็นเทคนิคที่สามารถค้นหาคำตอบที่ดีที่สุดจากกลุ่มคำตอบเป็นจำนวนมาก



**Figure 7. The optimized layout from the given example**

**Table 6. The shortest path for the loaded vehicle of the optimized layout**

From-To	Shortest Path (Node)	Distance	Number of Moves	Cumulative Fitness
1-3	1-9-5	30	777	23310
2-1	3-10-2	20	835	40010
2-4	3-10-2-1-9-6-13-7	120	545	105410
3-2	6-13-7-11-4	40	780	136610
3-4	6-13-7	20	558	147770
4-1	8-13-7-11-10-2	80	359	176490

**Table 7. The shortest path for the unloaded vehicle of the optimized layout**

From-To	Shortest Path (Node)	Distance	Number of Moves	Cumulative Fitness
1-1	2-1	30	245	7350
1-2	2-1-9-5-11-4-12-3	120	345	48750
1-3	2-1-9-6	80	422	82510
1-4	2-1-9-5-11-4-12-8	100	123	94810
2-1	4-12-3-10-2-1	90	156	108850
2-2	4-12-3	40	277	119930
2-3	4-12-3-10-2-1-9-6	140	269	157590
2-4	4-12-8	20	78	159150
3-1	5-11-10-2-1	70	155	170000
3-2	5-11-4-12-3	60	276	18650
3-3	5-11-10-2-1-9-6	120	268	218720
3-4	5-11-4-12-8	40	78	221840
4-1	7-11-10-2-1	70	221	237310
4-2	7-11-4-12-3	60	392	260830
4-3	7-11-10-2-1-9-6	120	380	306430
4-4	7-11-4-12-8	40	110	310830

ดังนั้นเทคนิคเจเนติกอัลกอริทึมจึงเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพมากกว่าวิธีการอื่นที่มีใช้ในการคำนวณผังการเดินรถทางเดียวที่ได้มีนักวิจัยได้ทำการศึกษาไว้ก่อนหน้านี้

### สรุปผล

สำหรับวัตถุประสงค์ในการทำวิจัยในครั้งนี้คือ การประยุกต์ใช้เจเนติกอัลกอริทึมใช้ในการค้นหาทิศทางที่เหมาะสมสำหรับการเดินรถขับเคลื่อนอัตโนมัติโดยที่ทราบผังการเดินแบบไร้ทิศทาง วิธีการเจเนติกอัลกอริทึมเป็นวิธีที่ใช้ในการค้นหาผังการเดินรถทางเดียวที่น่าพึงพอใจมากที่สุด โดยการจำลองแบบการคัดเลือกเผ่าพันธุ์ทางธรรมชาติ ซึ่งใน

การทำวิจัยครั้งนี้ต้องการทำให้ระยะทางรวมทั้งหมดของการเดินรถขับเคลื่อนอัตโนมัติโดยที่มีน้ำหนักอยู่และไม่มีน้ำหนักอยู่เกิดขึ้นน้อยที่สุดโดยมีการพิจารณาไปในเวลาเดียวกัน ซึ่งพบว่าการใช้เทคนิคดังกล่าวสามารถหาแผนผังที่ทำให้เกิดระยะทางรวมน้อยที่สุดได้จริง อย่างไรก็ตามสิ่งที่จำเป็นต้องทำการศึกษาและวิจัยต่อไปในการใช้เทคนิคเจเนติกอัลกอริทึมกับปัญหาดังกล่าวคือ พารามิเตอร์ต่างๆ ได้แก่ ความน่าจะเป็นทางการหาตำแหน่งเปลี่ยนเงิน ความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนเงินโดยไม่มีเหตุผล ขนาดจำนวนโครโมโซม ตัวเลขเริ่มต้นในการสุ่มของโปรแกรม และจำนวนรุ่นของประชากร นอกจากนี้สิ่งที่น่าสนใจในการทำ

วิจัยต่อไปคือ การดัดแปลงใช้เทคนิคเจเนติกอัลกอริทึมในงานการออกแบบผังถนนเดินรถทางเดียวสำหรับยานพาหนะในเมืองต่างๆ เป็นต้น

#### เอกสารอ้างอิง

- Apple, M. James. 1976. *Material Handling Systems Design*. John Wiley & Sons, Inc. New York.
- Egbelu, P. Judah. 1983. *A design methodology for operational control elements for automatic guided vehicle based material handling systems*. Virginia Polytechnic Institute and State University, Virginia.
- Gaskins, J. and Tanchoco, J.M.A. 1987. "Flow path design for automated guided vehicle systems." *INT. J. PROD. RES.*, 25(5) pp. 667-676.
- Gaskins, J. Robert, Tanchoco, J.M.A. and Taghaboni, Fataneh. 1989. "Virtual flow paths for free-ranging automated guided vehicle systems." *INT. J. PROD. RES.*, 27(1), pp. 91-100.
- Gen, Mitsuo and Cheng, Runwei. 1996. *Genetic algorithms and engineering design*. Ashikaga Institute of Technology, Ashilaga, Japan.
- Goetz, G. William and Egbelu, J. Pius J. 1990. "Guide path design and location of load pick-up/drop-off points for an automated guided vehicle system." *INT. J. PROD. RES.*, 28(5), pp. 927-941.
- Michalewicz, Zbigniew, Janikow, Z. Cezary and Krawczyk, B. Jacek. 1992. "A modified genetic algorithm for optimal control problems." *Computer Math. Application*. 23(12), pp. 83-94.
- Miller, K. Richard. 1987. *Automated guided vehicles and automated manufacturing*. Society of Manufacturing Engineers, Dearborn, Michigan.
- Seo, Y. and Egbelu, J.P. 1995. "Flexible guidepath design for automated guided vehicle systems." *INT. J. PROD. RES.*, 33(4), pp. 1135-1156.
- Tompkins, A. James, White, A. John, Bozer, A. Yavuz, Frazelle, H. Edward, Tanchoco, J.M.A. and Trevino, Jaime. 1996. *Facilities planning*. John Wiley & Sons, Inc. New York.