บทที่ 2
ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงแนวคิดของระบบการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมแบบต่างๆ เพื่อให้ทราบถึงลักษณะการจัดวางเครื่องจักร และปัญหาที่เกิดขึ้นในแต่ละลักษณะการจัดวางเครื่องจักร จากนั้นจะอธิบายถึงแนวความคิดของเทคโนโลยีกลุ่ม และระบบการผลิตแบบเซลล์ลูลาร์ ซึ่งสามารถช่วยลดปัญหาที่เกิดขึ้นได้ โดยเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียเทียบกับระบบการผลิตแบบตามกระบวนการในด้านต่างๆ จากนั้นจะกล่าวถึงวิธีการแก้ไขปัญหา โดยจะเน้นการแก้ปัญหาด้วยการใช้วิธีอบอ่อนจำลอง

2.1 การวางผังโรงงานและการจัดวางเครื่องจักรในโรงงานอุตสาหกรรม

ระบบการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมนั้นมีหลากหลายรูปแบบ และระบบการผลิตนี้ยังมีความสัมพันธ์กับการวางผังโรงงานและการจัดวางเครื่องจักรในโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งการจะเลือกใช้ระบบการผลิตประเภทใดนั้น จะต้องคำนึงถึงปัจจัยการผลิตในด้านต่างๆ เช่น ปริมาณการผลิต ความหลากหลายของผลิตภัณฑ์ เวลาทั้งหมดที่ใช้ในระบบการผลิต เป็นต้น การวางผังโรงงานและการจัดวางเครื่องจักรในโรงงานอุตสาหกรรม สามารถแบ่งได้เป็น 4 ประเภทดังนี้

2.1.1 การวางผังแบบอยู่กับที่ (Fixed Position Layout)

เป็นการวางผังโรงงานโดยให้ผลิตภัณฑ์อยู่กับที่ โดยที่จะเคลื่อนย้ายปัจจัยการผลิตต่างๆ เช่น คน เครื่องจักร อุปกรณ์ และวัตถุดิบเข้ามาดำเนินงานร่วมกันในพื้นที่การผลิต การวางผังโรงงานแบบนี้ใช้สำหรับระบบการผลิตที่มีผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดใหญ่และมีน้ำหนักมากๆ เช่น การผลิตเครื่องบิน การต่อเรือ การสร้างอาคาร เป็นต้น

2.1.2 การวางผังตามกระบวนการ (Process Layout)

จะวางผังโรงงานโดยจะจัดกลุ่มของเครื่องจักรประเภทเดียวกันไว้ด้วยกันและอยู่ในพื้นที่เดียวกัน ซึ่งเป็นการจัดทรัพยากรการผลิตให้ตอบสนองต่อกระบวนการผลิต การวางผังโรงงานแบบนี้เหมาะสำหรับ ระบบการผลิตที่มีปริมาณการผลิตผลิตภัณฑ์ต่ำ แต่ความหลากหลายของผลิตภัณฑ์มาก พนักงานควรเป็นช่างฝีมือมีพนักงานที่เชี่ยวชาญการวางแผนและควบคุมการผลิต

2.1.3 การวางผังตามผลิตภัณฑ์ (Product Layout)

เป็นการวางผังโรงงานโดยการใช้ทรัพยากรตามลำดับการผลิต เครื่องจักรจะถูกจัดวางตามลำดับขั้นตอนของกระบวนการผลิต ซึ่งเหมาะสำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์ในปริมาณมาก และ

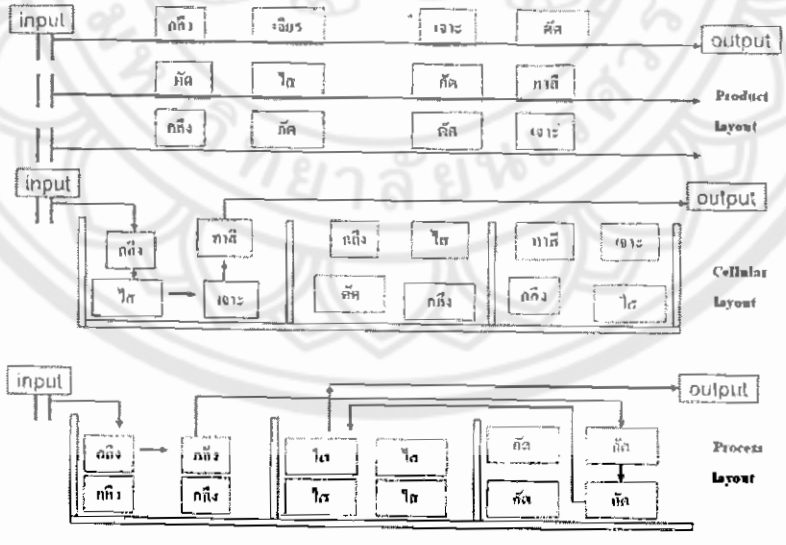
ต้องดำเนินงานซ้ำๆ กันหรือต่อเนื่องกัน ความหลากหลายของผลิตภัณฑ์น้อย มีความยืดหยุ่นของเครื่องจักรน้อย โดยการจัดผังการผลิตอาจมีลักษณะเป็นเส้นตรง รูปตัว L, O, S หรือ U ซึ่งนิยมเรียกว่า "สายการผลิต" (Production Line) หรือสายการประกอบ (Assembly Line)

2.1.4 การวางผังแบบผสม (Hybrid Layout)

เป็นการวางผังแบบผสมผสานที่ใช้ทั้งการวางผังตามกระบวนการ และการวางผังการผลิตภัณฑ์ โดยนำข้อดีข้อเสียมาประยุกต์ใช้ตามความเหมาะสมของกระบวนการผลิตและดำเนินงาน และหนึ่งในการวางแผนนั้น คือการผังแบบเซลล์ลูลาร์ ซึ่งการวางผังแบบผสมนี้จะนำเอาเทคนิคการผลิต 2 ลักษณะมาช่วยทำให้การวางผังโรงงานมีประสิทธิภาพ คือ

- เทคนิคหนึ่งคนหลายเครื่อง (One Worker, Multiple Machines - OWMM) เหมาะกับระบบการผลิตที่มีปริมาณไม่สูง แต่ต้องการใช้บุคลากรให้เต็มประสิทธิภาพ โดยให้คนงานหนึ่งคนควบคุมเครื่องจักรในสายการผลิตหลายเครื่องในขณะเดียว เพื่อให้เกิดความต่อเนื่องของงานในสายการผลิต

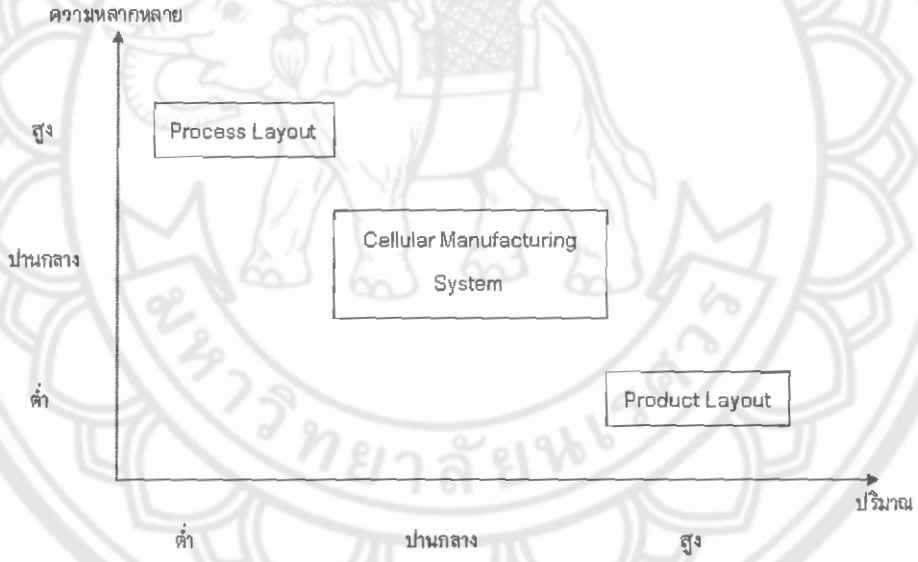
- เทคโนโลยีกลุ่ม (Group Technology - GT) เป็นอีกเทคนิคที่นำมาประยุกต์ สำหรับการผลิตในปริมาณไม่มากแต่มีประสิทธิภาพสูง GT จะจัดกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะหรือคุณสมบัติใกล้เคียงกันเข้าด้วยกันเป็นครอบครัวของผลิตภัณฑ์



รูปที่ 2.1 แสดงการไหลของผลิตภัณฑ์ของการวางผังโรงงานแต่ละประเภท

(ที่มา: Ham et al., 1985)

จากรูปที่ 2.1 จะสังเกตได้ว่า การจัดผังแบบตามกระบวนการมีการไหลของผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นระเบียบ เส้นทางการไหลซับซ้อนยุ่งยาก ทำให้ควบคุมกระบวนการผลิตได้ยาก และการวางผังแบบตามผลิตภัณฑ์ ที่มีเส้นทางการไหลที่เป็นเส้นตรง ถ้ามีเครื่องจักรตัวใดตัวหนึ่งเสีย จะไม่สามารถดำเนินการผลิตต่อไปได้ เพราะไม่สามารถหาเครื่องจักรมาทดแทนได้ ซึ่งแตกต่างกับการวางผังแบบเซลล์ลูลาร์ ที่มีเส้นทางการไหลที่เป็นระเบียบ มีการเคลื่อนที่ระหว่างเซลล์น้อย ซึ่งการวางผังแบบเซลล์ลูลาร์นี้ จะช่วยลดปัญหาที่เกิดกับการวางผังแบบตามกระบวนการผลิตและแบบตามผลิตภัณฑ์ได้ เนื่องจากระบบการผลิตแบบเซลล์ลูลาร์ได้นำเอาข้อดีของการวางผังตามกระบวนการ และการวางผังตามผลิตภัณฑ์ มาผสมผสานเข้าไว้ด้วยกัน ระบบการผลิตนี้จะเหมาะสำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีความหลากหลายและปริมาณไม่มากและน้อยจนเกินไป



รูปที่ 2.2 แสดงความสัมพันธ์ของความหลากหลายและปริมาณของผลิตภัณฑ์
(ที่มา: อาจารย์ศิษฎา สิมารักษ์, 2548)

จากรูปที่ 2.2 จะแสดงถึงความสัมพันธ์ของความหลากหลายและปริมาณของผลิตภัณฑ์ของระบบการผลิตแบบตามกระบวนการ ระบบการผลิตแบบตามผลิตภัณฑ์ และระบบการผลิตแบบเซล์ลูลาร์ ซึ่งระบบการผลิตแบบตามกระบวนการนั้นจะมีความหลากหลายของผลิตภัณฑ์มาก และปริมาณผลิตภัณฑ์ต่ำ ส่วนระบบการผลิตแบบตามผลิตภัณฑ์ จะมีความหลากหลายของผลิตภัณฑ์มาก แต่ปริมาณผลิตภัณฑ์สูง และระบบการผลิตแบบเซล์ลูลาร์นั้นจะมีการผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีความหลากหลายและปริมาณอยู่ในช่วงกลางๆ เนื่องจากระบบการผลิตแบบเซลล์ลูลาร์ได้นำเอาข้อดีของการวางผังตามกระบวนการ และการวางผังตามผลิตภัณฑ์มาผสมผสานเข้าไว้ด้วยกัน

2.2 แนวความคิดของเทคโนโลยีกลุ่ม และระบบการผลิตแบบเซลล์ลูลาร์

2.2.1 เทคโนโลยีกลุ่ม (Group Technology - GT)

เป็นแนวคิดทางการจัดการที่นำเอาสิ่งของที่ลักษณะหรือมีคุณสมบัติใกล้เคียงกันเข้าไว้ด้วยกัน เป็นครอบครัวของผลิตภัณฑ์ (Part Family) โดยมีความเชื่อว่ากลุ่มเซลล์ที่มีความคล้ายคลึงกันจะมีการจัดการและการแก้ไขปัญหาที่คล้ายกันด้วย เพื่อเป็นการประหยัดเวลาและให้กระบวนการผลิตมีประสิทธิภาพสูงสุด GT เป็นอีกเทคนิค ที่ถูกนำมาประยุกต์ใช้ สำหรับการผลิตในปริมาณไม่มากหรือน้อยจนเกินไปแต่มีประสิทธิภาพสูง แนวคิดหลักของ GT คือ การแทนที่กิจกรรมในระบบการผลิต หรือระบบย่อย ด้วยกลุ่มที่มีขนาดเล็กและคล้ายคลึงกันหลายๆ กลุ่ม

2.2.2 ระบบการผลิตแบบเซลล์ลูลาร์ (Cellular Manufacturing System - CMS)

จัดอยู่ในการวางผังการผลิตแบบผสม และเป็นการประยุกต์แนวความคิดหลักของ GT มาใช้ในการออกแบบและจัดสรรการใช้พื้นที่ของโรงงานอุตสาหกรรม ระบบการผลิตแบบเซลล์ลูลาร์ จะมีการจัดวางเครื่องจักรออกเป็นกลุ่มตามลักษณะการทำงานของแต่ละแผนก ในกลุ่มของเครื่องจักรหนึ่งกลุ่มจะเรียกว่าหนึ่งเซลล์ ซึ่งในแต่ละเซลล์จะประกอบด้วยเครื่องจักรที่ต่างชนิดกัน แต่จะทำหน้าที่ผลิตหรือประกอบกลุ่มของชิ้นส่วนหรือกลุ่มของผลิตภัณฑ์ที่มีความคล้ายคลึงกัน ความคล้ายคลึงกันของชิ้นส่วนหรือผลิตภัณฑ์ สามารถแยกได้ 2 ลักษณะ คือ

ก. ความคล้ายคลึงกันของขนาดและรูปร่าง

ข. ความคล้ายคลึงกันของกระบวนการผลิตชิ้นส่วนหรือผลิตภัณฑ์

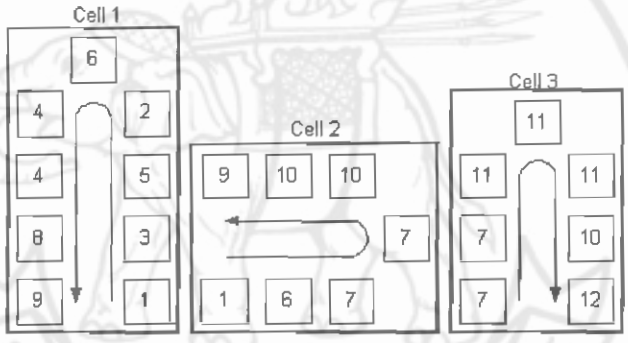
ระบบการผลิตแบบเซลล์ลูลาร์ มีจุดมุ่งหมาย คือ ลดปริมาณการเคลื่อนย้ายระหว่างหน่วยการผลิต ซึ่งการเคลื่อนที่สามารถแบ่งได้ 2 ลักษณะ คือ

ก. การเคลื่อนที่ภายในเซลล์

คือการเคลื่อนที่ของวัสดุผ่านแต่ละสถานีงานตามขั้นตอนการผลิตภายใน 1 เซลล์ปกติ ภายใน 1 เซลล์ จะมีสถานีงาน 5-15 สถานี และจะมีคน 3-13 คน

ข. การเคลื่อนที่ระหว่างเซลล์

คือการเคลื่อนที่ของวัสดุตามขั้นตอนการผลิตจากเซลล์หนึ่งไปยังอีกเซลล์หนึ่ง ซึ่งถ้าเกิดการเคลื่อนที่ระหว่างเซลล์บ่อยๆ จะก่อให้เกิดผลเสียต่อขบวนการผลิต เช่น การติดกันของเส้นทางการเคลื่อนที่ เกิดการรองาน กระบวนการผลิตล่าช้าเพราะระยะการเคลื่อนที่ของวัสดุเพิ่มขึ้นทำให้จะเสียค่าใช้จ่ายในการผลิตเพิ่มมากขึ้น

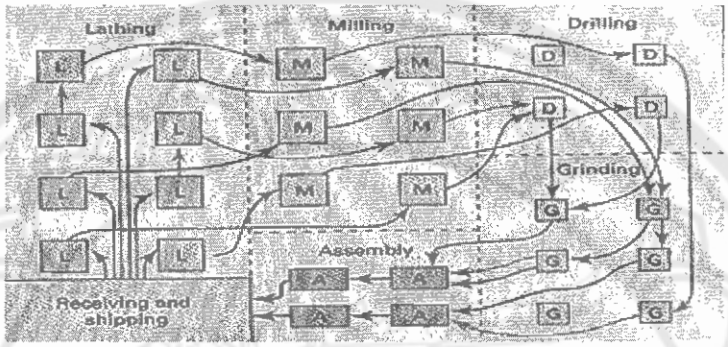


รูปที่ 2.3 ระบบการผลิตแบบเซลล์ลูลาร์

(ที่มา: www-iwse.eng.ohio-state.edu)

จากรูปที่ 2.3 จะเห็นได้ว่ามีการจัดวางเครื่องจักรที่เป็นเซลล์ เพื่อทำการผลิตชิ้นส่วนหรือผลิตภัณฑ์ที่คลายคลึงกัน ทำให้ความใกล้ชิดของเครื่องจักรในแต่ละตัวเพิ่มมากขึ้น ซึ่งจะทำให้สามารถลดระยะทางของการเดินทางของชิ้นส่วนการผลิตในแต่ละประเภท ซึ่งจะเป็นการลดเวลาระหว่างงาน และลดเวลาระหว่างขั้นตอนการปฏิบัติงาน และสามารถช่วยลดปริมาณงานที่อยู่ระหว่างการทำงานของแต่ละส่วนในการประกอบผลิตภัณฑ์ การดำเนินงานที่มีความคล้ายคลึงกันอย่างต่อเนื่อง จะทำให้สามารถควบคุมกระบวนการผลิตได้ง่ายขึ้น ระบบการผลิตแบบเซลล์ลูลาร์ทำให้สามารถมองระบบการผลิตที่มีขนาดใหญ่ให้เป็นกลุ่มระบบการผลิตที่เล็กลงได้ จึงทำให้การจัดการระบบเป็นไปอย่างไม่ยุ่งยาก และสับสน นอกจากนี้ระบบการผลิตแบบเซลล์ลูลาร์ยังทำให้เกิดความสำเร็จในการร่วมงานเป็นทีม เพราะระยะของผู้ปฏิบัติงานมีความใกล้ชิดกัน การประสาน

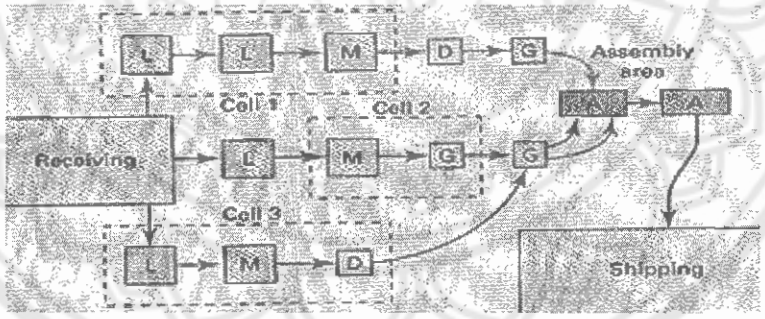
งานเป็นไปได้อย่างดี ส่งผลให้องค์กรมีความเชื่อมั่นและศักยภาพในการแข่งขันเพิ่มสูงขึ้นด้วย แต่อย่างไรก็ตามระบบการผลิตแบบเซลล์ลูลาร์ ก็มีข้อเสีย คือ ต้องใช้เงินลงทุนเป็นจำนวนมากในการติดตั้งระบบ ไม่มีความยืดหยุ่นในการเปลี่ยนแปลงปริมาณการผลิต และการเปลี่ยนแปลงความหลากหลายของผลิตภัณฑ์ และเมื่อมีปัญหาเครื่องจักรเสียหรือคนงานขาดงานอาจทำให้ไม่สามารถปฏิบัติงานได้



L= lathe (เครื่องกลึง) M=mill (เครื่องกัด) G=grinder (เครื่องเจียร) D=drill (เครื่องเจาะ)

รูปที่ 2.4 การวางผังโรงงานก่อนการประยุกต์ CMS

(ที่มา: www.surin.ru.ac.th/download/การวางผังการดำเนินงาน.ppt)



L= lathe (เครื่องกลึง) M=mill (เครื่องกัด) G=grinder (เครื่องเจียร) D=drill (เครื่องเจาะ)

รูปที่ 2.5 ภาพการวางผังโรงงานหลังการประยุกต์ CMS

(ที่มา: www.surin.ru.ac.th/download/การวางผังการดำเนินงาน.ppt)

จากรูปที่ 2.4 และ 2.5 เมื่อมีการเปรียบเทียบกัน จะสังเกตได้ว่า รูปที่ 2.5 มีการจัดวางเครื่องจักรที่เป็นระเบียบมากขึ้น กระบวนการผลิตมีเส้นทางการเดินของผลิตภัณฑ์ไม่ยุ่งยากซับซ้อน ไม่มีการตัดกันของเส้นทางการเคลื่อนที่ของผลิตภัณฑ์ และระยะทางการเคลื่อนที่ลดลงด้วย

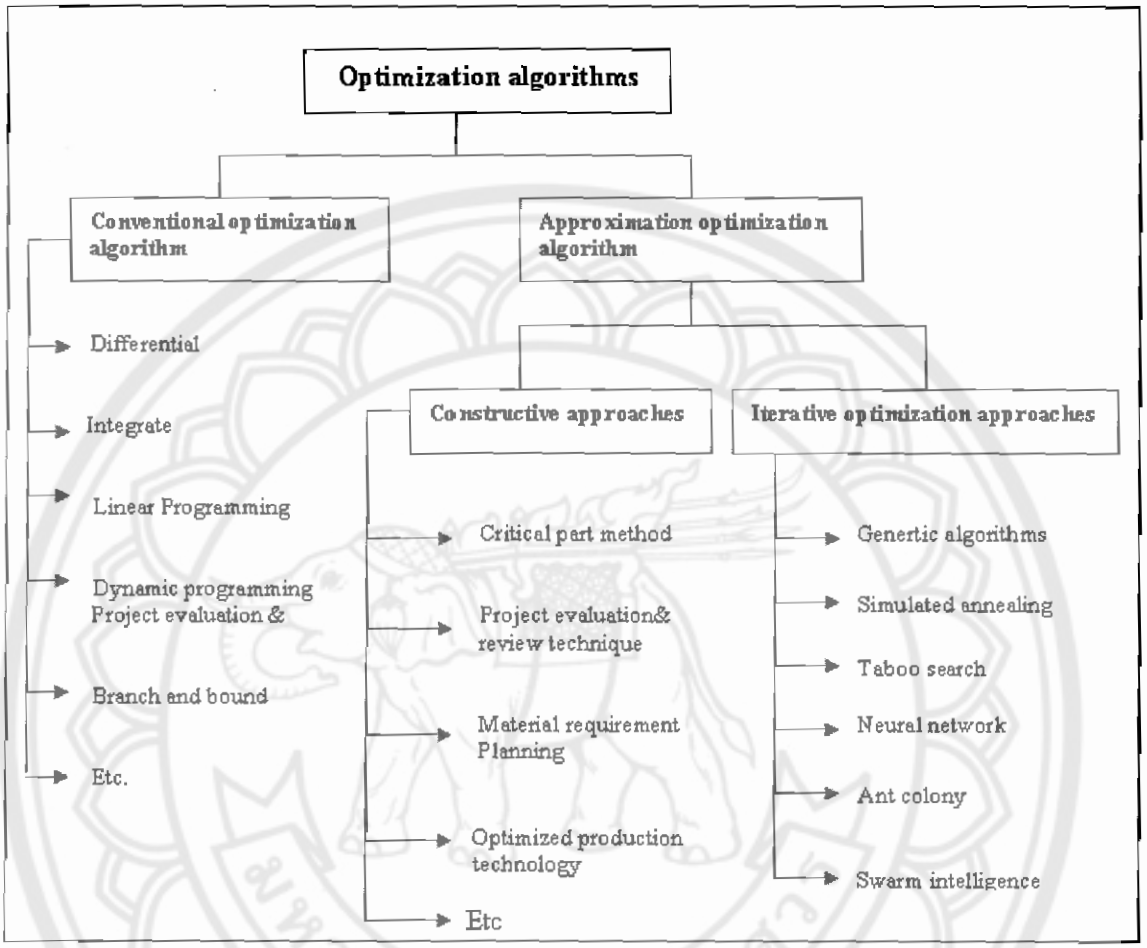
2.3 เปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของระบบการผลิตแบบเซลล์ลูลาร์เทียบกับระบบการผลิตแบบตามกระบวนการ

ระบบการผลิตแบบตามกระบวนการ จะมีการจัดเครื่องจักรชนิดเดียวกันไว้ด้วยกัน เช่น เครื่องกลึงจัดกลุ่มอยู่กับเครื่องกลึง เครื่องไสจัดกลุ่มอยู่กับเครื่องไส เป็นต้น ซึ่งการผลิตผลิตภัณฑ์หนึ่งๆ อาจจะต้องมีขั้นตอนที่ย้อนกลับมาทำใหม่ คือ เมื่อชิ้นงานผ่านขั้นตอนกลึง และจะต้องไปทำการกัด เมื่อกัดเสร็จแล้วจะต้องนำมากลึงอีกรอบ ทำให้การเคลื่อนที่ระหว่างเซลล์มีมาก จึงส่งผลให้ระยะเวลาของการผลิตเพิ่มขึ้นตามไปด้วย เมื่อเปรียบเทียบกับระบบการผลิตแบบเซลล์ลูลาร์ ระบบการผลิตแบบเซลล์ลูลาร์ จะมีการจัดวางเครื่องจักรที่เป็นเซลล์ เพื่อทำการผลิตชิ้นส่วนหรือผลิตภัณฑ์ที่คล้ายคลึงกัน การเคลื่อนที่ระหว่างเซลล์ที่เกิดขึ้นจึงมีน้อยลง ส่งผลให้ระยะเวลาของการผลิตลดลงตามไปด้วย การจัดการผลิตเป็นแบบเซลล์ มีผลทำให้เครื่องจักรแต่ละตัวมีความใกล้ชิดกันมากขึ้น ผู้ปฏิบัติงานมีการประสานงานที่ดีขึ้น การทำงานเป็นทีมจึงเกิดและประสิทธิภาพของการทำงานยิ่งเพิ่มขึ้น ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ข้อได้เปรียบและข้อเสียเปรียบของระบบการผลิตแบบเซลล์ลูลาร์ เมื่อเทียบกับระบบการผลิตแบบตามกระบวนการ

รายการ	Cellular Manufacturing System	Process Layout
1. ระยะการเคลื่อนที่ของชิ้นส่วน	น้อยกว่า	มากกว่า
2. งานระหว่างทำ	น้อยกว่า	มากกว่า
3. ความหลากหลายของผลิตภัณฑ์	ง่าย	ยาก
4. ระยะเวลาการผลิต	สั้นกว่า	ยาวกว่า
5. ปริมาณการผลิต	ปานกลาง	ต่ำ
6. วิธีการผลิต	ปานกลาง	สูง
7. การจัดลำดับงาน	ง่าย	ยาก
8. อัตราการใช้เครื่องมือเครื่องจักรและแรงงาน	น้อยกว่า	มากว่า
9. ลักษณะการทำงาน	ทำเป็นทีม	ต่างคนต่างทำ

2.4 วิธีการหาคำตอบที่เหมาะสม



รูปที่ 2.6 ผังการแก้ปัญหาเพื่อหาคำตอบที่เหมาะสม

(ที่มา : อาจารย์ ภูพงษ์ พงษ์เจริญ, 2548)

ในการแก้ปัญหาต่างๆจะสามารถแบ่งกว้างๆได้ 2 แบบ คือ

Conventional optimization algorithm และ Approximation optimization algorithm ซึ่ง

Approximation optimization algorithm สามารถแบ่งได้เป็น

ก. Constructive approaches

ข. Iterative optimization approaches

2.4.1 Conventional optimization algorithm

เป็นการหาคำตอบที่ใช้พื้นฐานของ คณิตศาสตร์ และสถิติ ในการหาคำตอบพื้นฐานในการแก้ปัญหาที่คนรู้จักและใช้มานานแล้ว คำตอบที่ได้สามารถรับรองได้ว่าได้คำตอบที่ดีที่สุดได้ ตัวอย่างของ Conventional optimization algorithm ได้แก่ Differential, Integration, Linear programming, Dynamic programming และ Branch and bound เป็นต้น

2.4.2 Approximation optimization algorithm

เป็นการหาคำตอบโดยการประมาณ คำตอบที่ได้อาจไม่ใช่คำตอบที่ดีที่สุด หรืออาจเป็นคำตอบที่ดีที่สุดก็ได้ แต่จะใช้เวลาสั้นกว่า Conventional optimization algorithm และสามารถแบ่งได้อีก 2 แบบ คือ

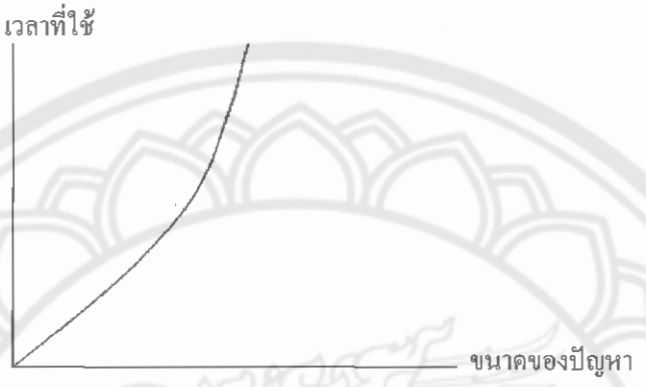
ก. Constructive approaches เป็นการหาคำตอบโดยวิธีที่มีลักษณะเฉพาะคำตอบจะค่อยๆ ถูกสร้างจนได้คำตอบที่มีความเหมาะสมมากที่สุด ตัวอย่างของ Constructive approaches ได้แก่ Critical part method, Project evaluation & review technique, Material requirement planning, และ Optimized production technology เป็นต้น

ข. Iterative optimization approaches เป็นการหาคำตอบที่เลียนแบบพฤติกรรมธรรมชาติ เป็นวิธีการแก้ปัญหาที่ใหม่เมื่อเทียบกับวิธีการแก้ปัญหาอื่นๆ ตามที่ได้กล่าวมา ตัวอย่างของ Iterative optimization approaches ได้แก่ Genetic algorithms, Simulated annealing, Taboo search, Neural network, Ant colony และ Swarm intelligence เป็นต้น ซึ่ง Simulated annealing เป็นแนวคิดโดยการอบอ่อนจำลองของโลหะ และนำมาใช้ในการแก้ปัญหาการสร้างเซลล์ในงานวิจัยนี้

2.5 Simulated Annealing

ปัญหาในการหาคำตอบที่ดีที่สุดมีมาเป็นเวลานานแล้วและปัญหาส่วนใหญ่เป็นปัญหาแบบ NP-Complete ปัญหาเหล่านี้ได้ถูกพัฒนาการแก้ปัญหาโดยวิธี Heuristics ซึ่งมักจะถูกออกแบบมาเพื่อแก้ปัญหาเป็นกรณีหนึ่งๆเท่านั้น ไม่เพียงเท่านี้ วิธี Heuristics โดยมากแล้วมักจะให้คำตอบออกมาเป็นคำตอบที่ดีที่สุดในพื้นที่ในย่านหนึ่งๆ (Local optimum) ของพื้นที่คำตอบทั้งหมด นั่นคือไม่ได้คำตอบที่ดีที่สุดทั้งหมด (Global optimum)

ปัญหาแบบ NP-Complete หมายถึง เมื่อขนาดของปัญหาเพิ่มขึ้น (เช่น ตัวแปรที่เกี่ยวข้องมากขึ้น) เวลาที่ใช้ในการแก้ปัญหาเพื่อให้ได้คำตอบเป็นค่าที่เหมาะสมที่สุด (Optimal Solution) นั้นจะเพิ่มมากขึ้นแบบ Exponential



รูปที่ 2.7 แสดงการเพิ่มขึ้นแบบ Exponential

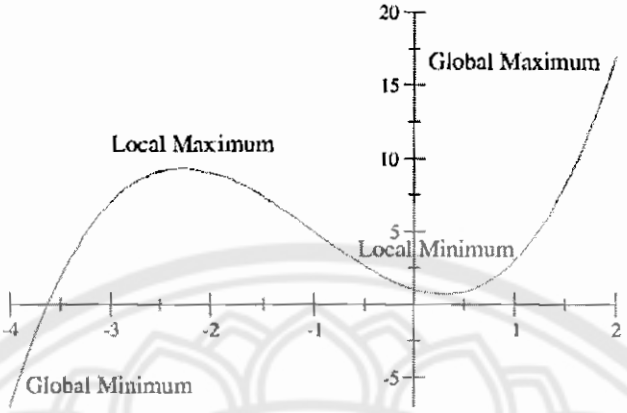
เพราะฉะนั้นในการแก้ปัญหาการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด เราจะแบ่งประเภทของวิธีการการแก้ปัญหาออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ (อย่างคร่าวๆ)

2.5.1 วิธีการแก้ปัญหาที่ให้คำตอบที่ดีที่สุด

วิธีการเหล่านี้จะให้คำตอบที่ดีที่สุด แต่เมื่อนำมาใช้ปัญหาขนาดใหญ่มากซึ่งเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตจริง มักจะใช้เวลาในการแก้ปัญหานานมาก ตัวอย่าง เช่น Integer Programming ที่ใช้ Branch and bound etc. ในการแก้ไขปัญหา

2.5.2 วิธีการแก้ปัญหาแบบ Heuristics

วิธีการพวกนี้อาจจะให้คำตอบที่ดีที่สุด หรือใกล้เคียงและใช้เวลาน้อยกว่า ปัญหาหนึ่งของการใช้ Heuristics ก็คือ วิธีการพวกนี้มักจะไม่สามารถหาคำตอบที่ดีที่สุด (Global optimal) ได้แต่มักจะได้คำตอบเป็นค่าที่ดีที่สุดในบางส่วนของพื้นที่คำตอบ (Local optima)



รูปที่ 2.8 Global optimum

(ที่มา: www.en.wikipedia.org/wiki/Global optimum)

ในปี ค.ศ.1953, Metropolis ได้พัฒนาทฤษฎีสำหรับการแก้ปัญหาเพื่อหาคำตอบที่ดีที่สุด โดยอาศัยการทำงานระบบการเคลื่อนที่ของพลังงาน จากพลังงานแหล่งหนึ่งไปยังพลังงานอีกแหล่งหนึ่ง Metropolis ได้ทำการสมมติให้แหล่งพลังงานความร้อนมีส่วนประกอบทางเคมี ทฤษฎีนี้ต้องการให้ระบบเป็นแหล่งพลังงานระบบเปิด ซึ่งการเคลื่อนที่ไปของเอนโทรปีสูงสุดจะถูกกำหนดให้เป็นค่าของอุณหภูมิ (T) ดังนั้นค่าเฉลี่ยของระดับพลังงานจะต้องเป็นสัดส่วนกับอุณหภูมิ ซึ่งเป็นค่าคงที่ค่าหนึ่ง การจำลองระบบการเคลื่อนที่ดังกล่าวถูก เรียกว่า ทฤษฎีอบอ่อนจำลอง

ต่อมาในปี ค.ศ.1983 Kirkpatric ได้นำทฤษฎีอบอ่อนจำลองไปใช้บนคอมพิวเตอร์ และได้ประยุกต์ใช้ การอบอ่อนจำลองเพื่อแก้ปัญหาหลายชนิด จากแนวคิดของ Kirkpatric คนส่วนใหญ่ได้นำแนวคิดดังกล่าวไปใช้กับการทำงานและมีการประยุกต์เพื่อการหาคำตอบที่ดีที่สุดของปัญหาหลายชนิด

การอบอ่อนจำลองอยู่บนพื้นฐานของการอบอ่อนเหล็ก ถ้าเหล็กถูกทำให้เย็นตัวลงอย่างช้าๆ ผิวหน้าของชิ้นงานจะเรียบ เพราะโมเลกุลจะถูกแทรกด้วยโครงสร้างผลึก โดยโครงสร้างผลึกจะถูกแทนด้วยระดับพลังงานที่ต่ำที่สุด ถ้าเหล็กถูกทำให้เย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว จะทำให้ผิวหน้าชิ้นงานขรุขระ รอยขรุขระเหล่านี้จะแทนด้วยตำแหน่งที่น้อยที่สุดและสูงสุดของระดับพลังงาน Metropolis ได้สร้างอัลกอริทึม ซึ่งรู้จักกันนามกฎความน่าจะเป็นของ Metropolis เพื่อเป็นการจำลองการอบอ่อน ตลอดอนุกรมการเคลื่อนที่ของโมเลกุลแต่ละครั้ง ระบบจะมีค่าความน่าจะเป็น

ของการเปลี่ยนแปลงโครงแบบปัจจุบัน ไปเป็นโครงแบบที่ต่ำกว่า ความน่าจะเป็นดังกล่าวสามารถสรุปได้เป็นสมการดังนี้

$$\text{สมการความน่าจะเป็น} = e^{-(E2-E1)/kt} \quad (2.1)$$

เมื่อ

E1 คือ ค่าของโครงแบบปัจจุบัน

E2 คือ ค่าของโครงแบบที่เปลี่ยนแปลงไป

สมการนี้ถูกเรียกว่าสมการ Metropolis Criterion การให้โอกาสคำตอบที่ต่ำกว่ามีโอกาสที่จะถูกเลือกถือเป็นข้อดีของการอบอ่อนจำลอง และเป็นเหตุผลให้การอบอ่อนจำลอง สามารถหาคำตอบที่ดีที่สุดในย่านอื่นๆได้ ตัวแปรเสริมที่สำคัญมีผลในการนำการอบอ่อนจำลองมาใช้งาน ถูกรวบรวมไว้โดย Davidson กับ Karel ดังนี้

ก. กลุ่มของโครงแบบ รวมทั้งคำตอบเริ่มต้นด้วย (ที่ซึ่งถูกเลือกมาจากการสุ่ม)

ข. การเลือกโครงแบบ ต่อไปจะถูกเลือกโดยการสุ่มจากย่านปัจจุบัน

ค. เป้าหมาย ค่าฟังก์ชันจะถูกกำหนดให้มีค่าน้อยที่สุด

ง. การควบคุมตัวแปรของตารางการเย็นตัว และเมื่อไหร่ที่จะใช้กฎ Metropolis Criterion และมันเปลี่ยนแปลงอย่างไร

จ. เงื่อนไขที่จะทำให้สิ้นสุด ขึ้นอยู่กับเวลาและค่าของฟังก์ชัน หรือตัวแปรควบคุม

เพื่อที่จะเข้าใจการทำงานของการอบอ่อนจำลอง ว่ามีลำดับขั้นตอนการทำงานอย่างไร พิจารณาตัวอย่างดังต่อไปนี้ เริ่มแรก ต้องออกแบบหรือตัดสินใจเลือกอุณหภูมิเริ่มต้น (T) และอุณหภูมิหยุด (T_{end}) มันสำคัญเพราะอุณหภูมิ จะถูกใช้ในสมการความน่าจะเป็น สมการดังกล่าวเหมือนสมการของ Metropolis คือ

$$\text{สมการความน่าจะเป็น} = e^{-(E2-E1)/kt} \quad (2.2)$$

เมื่อ

k คือ ค่าคงที่ที่ถูกเลือกเพื่อให้เหมาะสมกับปัญหา

E2 คือ ค่าของโครงแบบใหม่

E1 คือ ค่าของโครงแบบปัจจุบัน

วัตถุประสงค์ของการใช้สมการความน่าจะเป็น สมการความน่าจะเป็นนี้ได้จะถูกใช้เพื่อหาค่าของโครงแบบใหม่ว่าจะถูกยอมรับหรือไม่ยอมรับ ถ้าโครงแบบใหม่มีค่าต่ำกว่าและดีกว่าค่าของโครงแบบปัจจุบันมันจะถูกเลือก

การอบอ่อนจำลอง เริ่มต้นด้วยการเลือกสุ่มค่าของโครงแบบที่จะใช้หาคำตอบของปัญหา ซึ่งจะเป็นค่าที่น้อยที่สุด (หรือมากที่สุดขึ้นอยู่กับการหาคำตอบของปัญหาว่าคืออะไร) ค่าของการเริ่มต้น จะถูกเลือกจากการสุ่มโดยวิธีการคำนวณ การอบอ่อนจำลองที่สร้างขึ้นมา จะมีโครงแบบใหม่หนึ่งรูปร่างที่เวลานั้นๆ โครงแบบใหม่แต่ละโครงแบบ จะถูกสืบทอดมาจากโครงแบบเก่า โดยการนำค่าทั้ง 2 ค่า คือ ค่าโครงแบบใหม่และเก่ามาเปรียบเทียบกัน ถ้าโครงแบบใหม่ดีกว่าโครงแบบเก่ามันจะถูกยอมรับโดยอัตโนมัติ ถ้าหากโครงแบบใหม่ไม่ดีกว่าโครงแบบปัจจุบัน การที่จะถูกยอมรับหรือปฏิเสธขึ้นอยู่กับผลลัพธ์ของสมการความน่าจะเป็น การเปรียบเทียบโครงแบบปัจจุบันและโครงแบบใหม่ และการยอมรับหรือปฏิเสธ เป็นการทำทั้งหมด n ครั้ง ในแต่ละครั้งอุณหภูมิก็จะเปลี่ยนไป อัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิขึ้นอยู่กับปัญหาแต่ละปัญหา จำนวนครั้งที่ต้องการให้การอบอ่อนจำลองทำงาน (n) ก็ขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ใช้จะเป็นผู้กำหนด กระบวนการทำซ้ำจะทำจนกระทั่งการหยุดของอุณหภูมิถึงขอบเขต

การอบอ่อนจำลองถือว่าเป็นการหาค่าประมาณที่ดีกว่าวิธี Heuristic แบบดั้งเดิม ดังนั้นการแก้ปัญหาโดยใช้วิธีการอบอ่อนจำลอง ควรจะต้องดูความเหมาะสมของปัญหาด้วย

2.6 ศึกษาหลักการและทฤษฎีของ Visual Basic for Application

ในปัจจุบันทุกๆ อย่างล้วนต้องการความรวดเร็วรวมทั้งเวลาในการแก้ไขปัญหา ซึ่งในการแก้ปัญหาของระบบการผลิตแบบเซลล์ลูลาร์ โดยหลักการของอบอ่อนจำลอง นั้นหากให้หาคำตอบด้วยวิธีแบบเดิมก็จะใช้เวลามากเพราะกระบวนการของอบอ่อนจำลอง จะมีลักษณะขบวนการทำงานที่วนซ้ำไปมาเป็นจำนวนรอบที่ทำซ้ำสูงมาก โดยภาษาในการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่เลือกใช้คือ Visual Basic for Application เพราะเป็นภาษาที่มีประจำโปรแกรม Microsoft Excel ซึ่งโดยปกติโปรแกรม Microsoft Excel เป็นที่นิยมใช้กันอย่างทั่วไปในงานวางแผนบริหาร และมักมีอยู่ประจำเครื่องคอมพิวเตอร์ทุกเครื่อง

2.6.1 หลักการของ Visual Basic จากผู้ผลิตและพัฒนา Microsoft

ในการเขียนโปรแกรมโดยทั่วไปมักมีข้อผิดพลาดเสมอที่เรียกว่า "บัก" (Bug) เนื่องจากจะต้องกำหนดการไหลของโปรแกรมตั้งแต่ต้นจนจบโปรแกรมให้ได้ ไม่ว่าโปรแกรมจะมีการทำงานข้ามไปยังโปรแกรมย่อยๆ หรืออย่างไรก็ตาม ตอนสุดท้ายจะต้องกลับมายังโปรแกรมหลักแล้วจบที่จุดนั้น เหตุนี้ Visual Basic จึงมีทางเลือกออปชั่นย่อยปริมาณมาก เพื่อให้มีข้อผิดพลาดลดลง

การเขียนโปรแกรมของ Visual Basic ใช้ภาพและการมองเห็น (ที่เรียกว่า Visual) โดย จะเก็บออปเจกต์ต่างๆ ไว้ในส่วนที่เรียกว่า ฟอร์ม (Form) โดยออปเจกต์เหล่านั้นจะถูกกำหนดให้ทำงานตามเหตุการณ์ (Event) ที่กำหนด ซึ่งอาจจะเป็นการคลิก ดับเบิลคลิก เป็นต้น เหตุการณ์อื่นที่ไม่ได้ระบุจะไม่มีผลกับออปเจกต์นั้น ลักษณะโปรแกรมแบบนี้เรียกว่า Event- Driven ซึ่ง Visual Basic กำหนดส่วนหัวและส่วนหางไว้เรียบร้อยแล้วทำให้การเขียนโปรแกรมง่ายขึ้น

2.6.2 ข้อดีของโปรแกรม Visual Basic for Application

ก. ความนิยมของตัวภาษาโดยกล่าวไว้ว่าภาษา Basic นั้นเป็นภาษาที่มีคนเรียนรู้และใช้งานมาก

ข. มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง การปรับปรุงประสิทธิภาพในด้านของตัวภาษาของการประเมินผลและในเรื่องของความสามารถใหม่ๆ เช่น การติดต่อกับระบบฐานข้อมูล การเชื่อมต่อกับเครือข่ายอินเตอร์เน็ต

ค. ภาษาเบสิกสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานกับโปรแกรมไมโครซอฟท์ได้เป็นอย่างดี และการใช้งานโปรแกรม Microsoft Excel ก็เป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย จึงได้นำประโยชน์จากด้านนี้เข้ามาประยุกต์ใช้งานเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของโปรแกรม Microsoft Excel

ง. เนื่องจากการทำงานของวินโดวส์เป็นแบบทำงานหลายอย่างในเวลาเดียวกัน (Multitasking) ซึ่งไม่ใช่ว่าจะมีแอปพลิเคชั่นเพียงแอปพลิเคชั่นเดียวที่ทำงานอยู่ จึงเป็นการยากที่จะรู้ว่าแอปพลิเคชั่นที่ใช้งานนั้นทำถึงจุดใดแล้ว แต่ถ้าเป็นโปรแกรมแบบ Event- Driven ปัญหาเหล่านี้จะหมดไป

2.6.3 การใช้ Visual Basic for Application บน Microsoft Excel

ในโครงงานวิจัยนี้ได้นำเอา Visual Basic for Application มาใช้ในการสร้างฟังก์ชันใน Microsoft Excel โดยนำมาใช้สร้างฟังก์ชันการคำนวณหาค่าการเคลื่อนระหว่างเซลล์ที่น้อยที่สุด สร้างส่วนติดต่อกับผู้ใช้ (UserFrom) เพื่อให้ผู้ใช้กรอกข้อมูลที่ในการการคำนวณ โดยที่มีการเชื่อมโยงข้อมูลในแผ่นงาน Excel มาใช้ในการคำนวณร่วมกับข้อมูลจากสร้างส่วนติดต่อกับผู้ใช้ และให้แสดงผลการคำนวณหาค่าการเคลื่อนระหว่างเซลล์ที่น้อยที่สุดบนแผ่นงาน Excel