บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย

งานวิจัยนี้เกี่ยวข้องกับการนำวิธี MTM - 2 ซึ่งเป็นหนึ่งวิธีใน Predetermined Time System มาใช้ในการหาเวลามาตรฐานการทำงานของการผลิตHGA ซึ่งรายละเอียดต่างๆที่เกี่ยวข้องกับ MTM - 2 และการนำไปประยุกต์ใช้ได้ถูกรวบรวมไว้ดังรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 รายละเอียดเกี่ยวกับ MTM - 2

2.1.1 ความเป็นมาของ Predetermined Time System

Predetermined Time System ได้ถูกพัฒนาครั้งแรก โดย A.B.Segur โดยเรียกว่า Methods Time Analysis (MTA). เขาได้ทำงานกับ Gilbreth ในระหว่างสงครามโลกครั้งที่หนึ่ง โดยการใช้การวิเคราะห์การเคลื่อนไหวส่วนย่อยด้วยฟิลม์ เพื่อวิเคราะห์การทำงานของคนงานในโรงงาน ในปีคศ. 1924 Segur ได้พัฒนาระบบได้เสร็จสมบูรณ์แต่ข้อมูลของเขาไม่เคยได้เผยแพร่สู่สาธารณชนและไม่มีหลักฐานที่บอกว่าข้อมูลถูกเผยแพร่เมื่อใด ด้วยระบบที่คิดขึ้นจำเป็นต้องใช้ความชำนาญและการฝึกฝนอย่างมากจึงจะสามารถนำไปวิเคราะห์ใช้ได้จริงเนื่องจากมีรายละเอียดมาก อย่างไรก็ตามระบบนี้ค่อนข้างจะมีความถูกต้องแน่นอนในการหาเวลามาตรฐาน

ในปี คศ. 1948 ระบบ Method Time Measurement ได้ถูกเผยแพร่สู่สาธารณชนเป็นครั้งแรก โดยการพัฒนามาจากการศึกษาภาพการเคลื่อนไหวการทำงานในโรงงานอุตสาหกรรมและเวลามาตรฐานได้ถูกเผยแพร่ออกมา ซึ่งระบบ MTM นี้ได้ถูกให้คำจำกัดความว่าเป็นขบวนการที่ใช้ในการวิเคราะห์การทำงานด้วยคนให้เป็นการเคลื่อนไหวพื้นฐานซึ่งถูกกำหนดโดยธรรมชาติของการเคลื่อนไหว ภายใต้เงื่อนไขการทำงานของงานแต่ละชนิด

ในต้นปี คศ. 1963 MTM ตัวแรกซึ่งเรียกว่า General Purpose Data (MTM - GPD) ถูกแนะนำออกมา และในเวลานั้น MTM -1ถูกใช้เป็นต้นฉบับของรูปแบบการเคลื่อนไหวของระบบ MTM ทำให้ทุกวันนี้มีระบบ MTM เกิดขึ้นอย่างมากมายซึ่งล้วนแต่พัฒนามาจากการเคลื่อนไหวพื้นฐานของ MTM - 1 ทั้งสิ้น อันได้แก่ MTM - GPD , MTM - 2, MTM - 3, MTM - V , MTM - M , MTM - C และ 4M DATA. เป็นต้น

2.1.2 คำจำกัดความ

Predetermined Time Systems เป็นระบบที่จัดขึ้นเพื่อหาเทคนิคการวัดงาน โดยการกำหนดเวลาการทำงานของแต่ละลักษณะการเคลื่อนไหว จากภาพการเคลื่อนไหวพื้นฐานของส่วนต่าง ๆ ของร่างกายและนำเวลามาตรฐานเหล่านั้นมารวมกัน เพื่อให้ได้เวลามาตรฐานของการทำงานใด ๆ

ระบบ Predetermined Time System นั้น จะประกอบด้วย

1. กลุ่มของข้อมูลเกี่ยวกับเวลา ที่กำหนดเวลาเหมาะสมให้กับแต่ละการเคลื่อนไหว
2. ขบวนการที่เป็นระบบสำหรับการวิเคราะห์ และแบ่งงานที่ทำโดยคน ออกเป็นการเคลื่อนไหวย่อย

Method-Time Measurement (MTM) จัดเป็นวิธีหนึ่งของการศึกษาเวลาใน Predetermined Time Systems ซึ่งเป็นหลักการเดียวกันในการกำหนดเวลาของแต่ละการเคลื่อนไหว

2.1.3 การพัฒนาของ MTM - 2

MTM - 2 ถูกพัฒนาโดย The International Standing Committee for Applied Reasearch on Instruction from the Managing Board of the International MTM Directorate โครงการได้เริ่มต้นเมื่อวันที่ 2 ตุลาคม 1964 และโครงการได้สำเร็จสมบูรณ์ในปลายเดือน

พฤษภาคม 1965 อัตราความคืบหน้าถูกทำให้เป็นไปด้วยดีโดยการช่วยเหลือสนับสนุนของ Svenska MTM Foreningen of a superior philosophy ในการรวมข้อมูล MTM และรวมถึงการศึกษาเพิ่มเติมอย่างกว้างขวางในโรงงานอุตสาหกรรม

MTM - 2 ถูกรับรองโดย The Managing Board of the I.M.D ใน Munich เมื่อวันที่ 11 มิถุนายน 1965

MTM - 2 เป็นระบบของการสังเคราะห์ข้อมูล MTM และจัดเป็นระดับที่สองของข้อมูลทั่วไปของ MTM ซึ่งประกอบไปด้วย การเคลื่อนไหวพื้นฐานแบบเดี่ยวของ MTM (Single basic MTM motions) และการเคลื่อนไหวแบบรวมของ MTM (Combinations of basic MTM motions)

2.1.3.1 ความต้องการในข้อมูล MTM

MTM - 2 สามารถตอบสนองความต้องการหลักในการรวมข้อมูล MTM ซึ่งข้อมูลที่ถูกต้องการควรมีลักษณะดังต่อไปนี้

1. มีความสอดคล้องระหว่างการวิเคราะห์ และสอดคล้องระหว่างการประยุกต์ในรูป แบบต่าง ๆ
2. มีความง่ายต่อการทำและวิเคราะห์ รวดเร็วในการนำไปใช้
3. มีชื่อเรียกที่เป็นสากล
4. ง่ายต่อการเข้าใจ
5. มีวิธีการที่มีคำอธิบายชัดเจน
6. สามารถรวมใช้ร่วมกับข้อมุล MTM อื่น ๆ ได้
7. อยู่บนพื้นฐานของ MTM
8. สามารถระบุถึงความสัมพันธ์ในแง่ของความเร็วในการประยุกต์ใช้และความถูกต้องแม่นยำของผล

2.1.3.2 การรวบรวมข้อมูลทาง MTM เพื่อให้เป็น MTM - 2

ความรวดเร็วในการนำระบบMTMไปประยุกต์ใช้นั้นเป็นตัวชี้ให้เห็นถึงว่า ความง่ายไม่ซับซ้อนของระบบจะเป็นคุณภาพขั้นพื้นฐาน ซึ่งวิธีการทำให้เกิดความง่ายของการนำระบบ MTM - 2 ไปใช้และประสบความสำเร็จนั้นมาจาก 2 วิธีการ ต่อไปนี้

1. วิธีทำให้ง่ายโดยอาศัย MTM เทคนิค (MTM-Technical Simplification) ซึ่งเทคนิคนี้ คือ การจัดทำแบบจำลองสำหรับการตัดสินใจอย่างง่าย และจำกัดจำนวนของทางเลือกที่มีให้เลือกให้พอเหมาะ ขบวนการตัดสินใจได้ถูกออกแบบให้ชี้ทางเลือกที่ยาก โดยพิจารณาสิ่งที่แตกต่างไปจากกฎเกณฑ์ ซึ่งตัวแปรในระบบ MTM-2 นั้น ถูกทำให้ง่ายในการเลือกและตัดสิน

2. วิธีทำให้ง่ายโดยอาศัยสถิติ (Statistical Simplification) วิธีนี้เป็นการนำเอาทฤษฎีสมัยใหม่เกี่ยวกับความน่าจะเป็น เพื่อลดจำนวนข้อมูลที่มีอย่างมากมายในบัตร MTM โดยให้เกิดการสูญเสียความถูกต้องแม่นยำน้อยที่สุดหรือคงไว้ซึ่งความถูกต้องแม่นยำเหมือนกับการใช้ MTM แบบเดิม ๆ โดยอาศัยวิธีการดังต่อไปนี้ ต่อข้อมูลพื้นฐานทาง MTM

2.1 การรวมกัน (Combining)

2.2 การเฉลี่ย (Averaging)

2.3 การแทนที่ (Substituting)

2.4 การกำจัด (Eliminating)

ตัวอย่างการรวมข้อมูลพื้นฐานทาง MTM- 1 ให้เป็น MTM-2

- Reach, Grasp และ Release ถูกรวมกันให้เป็น GET ใน MTM-2
- AP1 และ AP2 ถูกนำมาเฉลี่ยกันให้กลายเป็น APPLY PRESSURE ใน MTM-2
- Turn ถูกทดแทนด้วย Reach ใน GET หรือ Move ใน PUT
- Sit/Stand ถูกกำจัดและวิเคราะห์เป็น BEND AND ARISE รวมกับการเคลื่อนอื่นที่เกี่ยวข้อง

2.1.3.3 <u>ความถูกต้องแม่นยำ</u>

การทดสอบอย่างกวดขันเข้มงวดได้ถูกทำโดย Svenska MTM Foreningen เพื่อประเมินความถูกต้องแม่นยำ และความรวดเร็วของการนำ MTM - 2 ไปประยุกต์ใช้เมื่อเทียบกับ MTM-1 การทดสอบเหล่านี้ได้ถูกทำในโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ ในงานจริง ๆ ซึ่งผลของการทดสอบได้แสดงผลดังต่อไปนี้

1. MTM-2 มีความโน้มเอียง (Average bias)เป็นศูนย์เปอร์เซนต์

2. การวิเคราะห์ด้วย MTM - 2 ให้ความถูกต้อง 95% และความคลาดเคลื่อน +/- 5% ที่รอบการทำงานอยู่ในช่วง 1 นาที หรือมากกว่า ซึ่งความถูกต้องจะมากหรือน้อย ยังขึ้นอยู่กับสิ่งเหล่านี้ คือ ลักษณะงานที่นำไปประยุกต์ใช้และความรู้ความชำนาญของผู้วิเคราะห์ ในการประยุกต์ใช้ MTM - 2

3. ความเร็วในการวิเคราะห์ด้วย MTM - 2 ในระหว่างการทดสอบเร็วกว่าเป็นเกือบ 2 เท่าของMTM-1 และถ้ามีการฝึกฝนอย่างมากก็จะสามารถทำให้ความเร็วในการวิเคราะห์เพิ่มขึ้นกว่านี้อีก

2.1.4 การจำแนก MTM-2 และบัตรข้อมูล

2.1.4.1 ประเภทการเคลื่อนไหวในระบบ MTM - 2

ระบบ MTM - 2 สามารถแบ่งแยกประเภทการเคลื่อนไหว ดังนี้

ประเภท (Category)	สัญญลักษณ์ (Code)
1. GET	GA
	GB
	GC
2. PUT	PA
	PB
	PC
3. REGRASP	R
4. APPLY PRESSURE	A
5. EYE ACTION	E
6. FOOT MOTION	F
7. STEP	S
8. BEND AND ARISE	B
9. WEIGHT FACTOR	GW
	PW
10. CRANK	C

สัญลักษณ์เหล่านี้และการจำแนกประเภทไม่ควรถูกเปลี่ยนแปลงหรือเปลี่ยนค่าของเวลาในแต่ละสัญลักษณ์ เพราะจะทำให้เกิดความผิดพลาดในการนำไปใช้

2.1.4.2 <u>บัตรข้อมูล</u>

ประกอบด้วย 39 ค่า ของเวลามาตรฐาน ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 1 ถึง 61 tmu. โดยที่ tmu. คือค่าของหน่วยเวลาที่ใช้ในระบบ MTM และมีค่าเวลาเทียบเท่า ดังต่อไปนี้

TMU = **T** ime **M**easurement **U**nit

1 TMU = .00001 ชั่วโมง

1 TMU = 0.0006 นาที

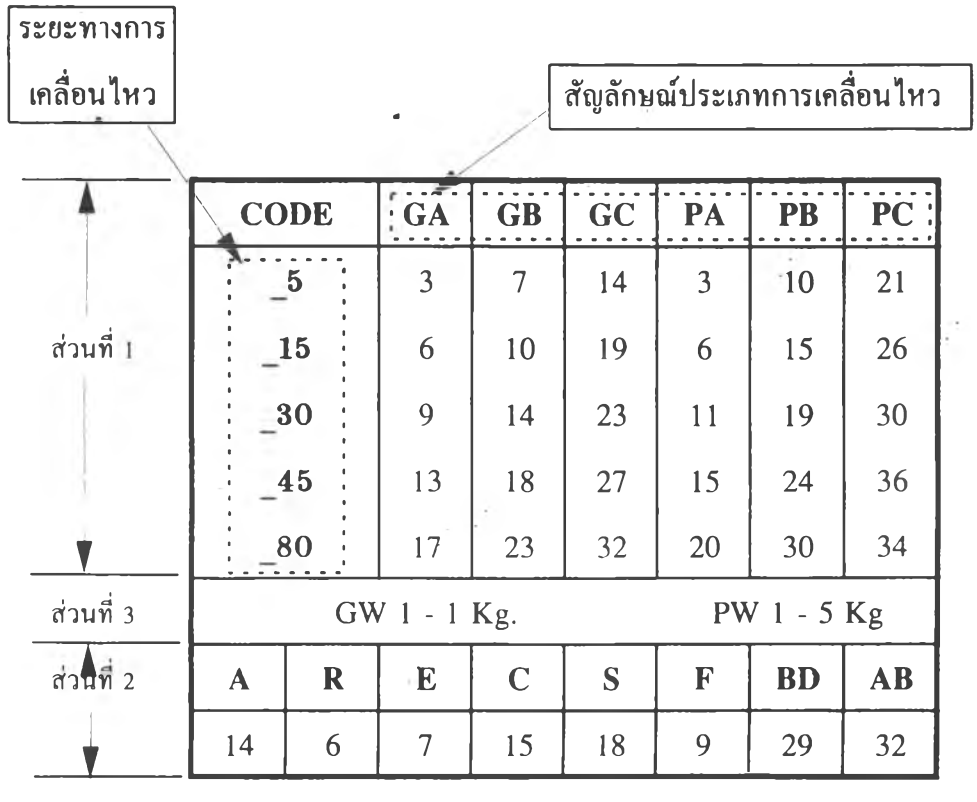
1 TMU = 0.036 วินาที

1 ชั่วโมง = 100,000 TMU

1 นาที = 1667 TMU

1 วินาที = 27.8 TMU .

บัตรข้อมูล MTM - 2 ประกอบด้วยสัญลักษณ์บอกประเภทของการเคลื่อนไหว สัญลักษณ์บอกระยะทางการเคลื่อนไหว และค่าเวลาการเคลื่อนไหวแสดงเป็นตัวเลขในหน่วย TMU ดังแสดงในรูปที่ 2.1



CODE	GA	GB	GC	PA	PB	PC
_5	3	7	14	3	10	21
_15	6	10	19	6	15	26
_30	9	14	23	11	19	30
_45	13	18	27	15	24	36
_80	17	23	32	20	30	34
GW 1 - 1 Kg.				PW 1 - 5 Kg		

A	R	E	C	S	F	BD	AB
14	6	7	15	18	9	29	32

ตารางที่ 2.1 บัตรข้อมูล MTM - 2

ก่อนที่จะนำบัตรข้อมูล MTM - 2 ไปใช้จำเป็นต้องเข้าใจเกี่ยวกับระยะทางการเคลื่อนไหวที่ใช้ประกอบกับสัญลักษณ์บอกประเภทการเคลื่อนไหว ดังรายละเอียดดังต่อไปนี้ ระยะทางการเคลื่อนไหวถูกแบ่งออกเป็นทั้งหมด 5 ช่วง คือ จาก 0 - 5 เซนติเมตร, มากกว่า 5 - 15 เซนติเมตร, มากกว่า 15 - 30 เซนติเมตร, มากกว่า 30 - 45 เซนติเมตร ,และมากกว่า 45 - 80 เซนติเมตร ระยะทางการเคลื่อนไหวจะเกี่ยวข้องกับประเภทการเคลื่อนไหวของการทำงานด้วยมือ ดังนั้นที่ระยะ 80 เซนติเมตรถือว่าเป็นระยะไกลที่สุดที่มือสามารถทำงานได้สะดวก กรณีที่เกิน จาก 80 เซนติเมตร นั้นจะต้องมีการเคลื่อนไหวส่วนอื่นของร่างกายเข้ามาเกี่ยวข้อง โดยส่วนใหญ่หน่วยที่ใช้เป็นเซนติเมตร แต่ในกรณีที่เทียบระยะทางเป็นนิ้วจะสามารถเทียบได้ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ระยะทางและสัญลักษณ์ในบัตร MTM - 2

Inches		Centimetres		Code
Over	Not over	Over	Not over	
0	2	0	5	5
2	6	5	15	15
6	12	15	30	30
12	18	30	45	45
18	upwards	45	upwards	80

คำอธิบายการใช้บัตรข้อมูล MTM - 2 (ตารางที่ 2.1)

บัตรข้อมูล MTM - 2สามารถแบ่งได้เป็น 3 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 เกี่ยวกับประเภทการเคลื่อนไหวด้วยมือส่วนที่ 2 เกี่ยวกับประเภทการเคลื่อนไหวของอวัยวะส่วนอื่น ส่วนที่ 3 เกี่ยวกับประเภทการเคลื่อนไหวด้วยมือที่มีน้ำหนัก หรือแรงต้านเข้ามาเกี่ยวข้อง

ในส่วนที่ 1 นั้นสัญลักษณ์ของประเภทการเคลื่อนไหว GA, GB, GC, PA, PB และ PC ถูกแสดงในแนวนอนของบัตรข้อมูล และสัญลักษณ์บอกระยะทางการเคลื่อนไหว 5, 15, 30, 45 และ 80 แสดงในแนวตั้งของบัตรข้อมูล ในการอ่านค่าเวลาจะต้อง เลือกประเภทการเคลื่อนไหว ในแนวตั้ง และเลือกระยะทางการเคลื่อนไหวในแนวนอน โดยดูตั้งฉากจากสัญลักษณ์ที่เลือก ทั้งแนวตั้งและแนวนอนว่า ตรงกับค่าเวลาใด ก็จะได้เวลาในหน่วย TMU ตัวอย่าง เช่น การเคลื่อนไหว ประเภท GC ที่ระยะการเคลื่อนไหว 13 เซนติเมตร ค่าเวลาคือ 19 tmu.

ในส่วนที่ 2 เป็นประเภทการเคลื่อนไหวของอวัยวะอื่น ซึ่งไม่ต้องใช้สัญลักษณ์บอกระยะเคลื่อนไหวประกอบ ค่าเวลาในหน่วย tmu. จึงแสดงอยู่ล่างของตัวอักษรบอกสัญลักษณ์ ตัวอย่าง เช่น ประเภทการเคลื่อนไหว E ค่าเวลาคือ 7 tmu.

ในส่วนที่ 3 เป็นประเภทการเคลื่อนไหวของมือที่มีน้ำหนักหรือแรงต้านเข้ามาเกี่ยวข้อง โดยสัญลักษณ์ GW1 - 1 Kg หมายถึง จะต้องเพิ่มค่าเวลาในการวิเคราะห์ให้ 1 tmu. ในกรณีที่มีน้ำหนักหรือ แรงต้านที่เข้ามาเกี่ยวข้องในทุกๆ 1 Kg ที่เพิ่มขึ้น และ PW1 - 5 Kg หมายถึง จะเพิ่มค่าเวลาให้ 1 tmu. ในทุกๆ 5 Kg ของแรงต้านหรือน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น ซึ่งรายละเอียดของการเพิ่มค่าเวลาในส่วนที่ 3 นี้ จะแสดงในหัวข้อ Get Weight และ Put weight ซึ่งมีเงื่อนไขอื่นมาประกอบอีกมาก และ ผู้วิเคราะห์จำเป็นต้องเข้าใจเงื่อนไขเสียก่อน

2.2 <u>รายละเอียดจากบัตรข้อมูล MTM - 2</u>

2.2.1 GET คือ การเคลื่อนมือหรือนิ้วเพื่อไปถึงวัตถุ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อจับและรวมไปถึงการปล่อย

สัญญลักษณ์ คือ **G**

<u>ขอบข่าย</u>

- จุดเริ่มต้น เริ่มด้วยการไปถึงวัตถุที่จะจับ สามารถจับควบคุมวัตถุได้
- จุดสิ้นสุด เมื่อวัตถุถูกปล่อย

ตัวแปร ที่มีผลต่อการพิจารณาเลือกกรณีของ GET มี 3 ตัวแปร

ก. กรณี A B C ซึ่งพิจารณาจากกริยาของการจับที่ใช้ในการจับวัตถุ

ข. ระยะทางที่ใช้ในการเคลื่อนที่เพื่อไปถึงวัตถุ

ค. น้ำหนักของวัตถุหรือแรงต้านทานในการเคลื่อนที่

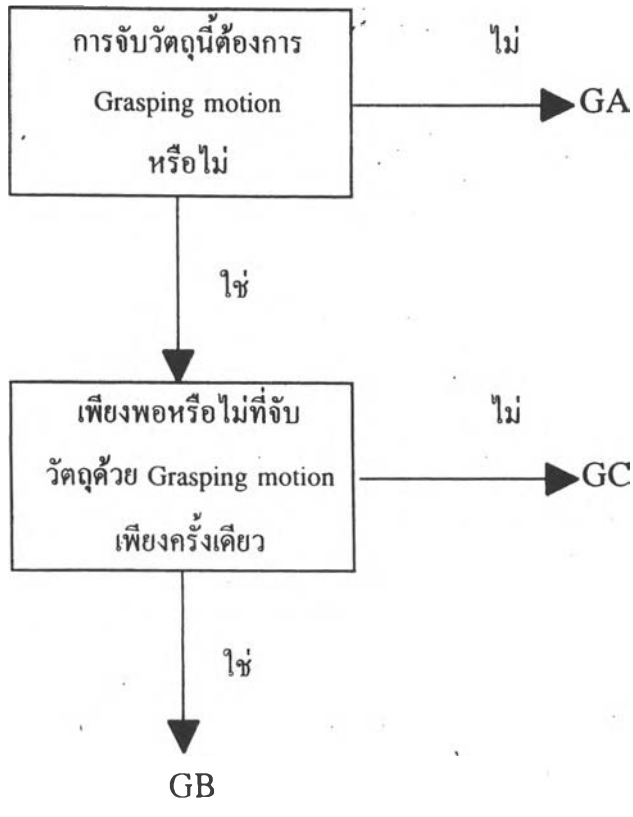
ก. กรณี มีทั้งหมด 3 กรณี จะพิจารณาให้เป็นกรณีใดนั้นจะขึ้นอยู่กับจำนวนครั้งของลักษณะการจับที่เรียกว่า Grasping ซึ่งกริยาการจับนี้ เป็นลักษณะการเคลื่อนไหวสั้น ๆ ของนิ้วเพื่อวัตถุประสงค์ให้สามารถส่งแรงควบคุมวัตถุที่จะยกได้

- กรณี A ไม่มี Grasping Motion เป็นลักษณะการเคลื่อนมือ นิ้ว ไปเพื่อแตะสัมผัสวัตถุ การเคลื่อนวัตถุแบบลื่นไถล ซึ่งเป็นการสัมผัสวัตถุแบบง่าย ๆ มักเกิดขึ้นกับกรณีที่วัตถุวางอยู่ในสภาพที่สามารถจับได้สะดวกพร้อมที่จะยกหรือเคลื่อนที่ นอกจากนี้ กรณี GA นี้ ยังหมายถึง การเคลื่อนมือเพื่อให้เกิดการสมดุลย์ของร่างกาย หรือเป็นการเคลื่อนที่เพื่อเตรียมการเคลื่อนไหวชนิดอื่น

- กรณี B ใช้เมื่อมีกริยา Grasping Motion หนึ่งครั้ง เป็นการจับวัตถุแบบง่าย ๆ ปกติทั่วไปมักจะใช้กรณีนี้ในการจับหรือหยิบวัตถุขนาดเล็ก กลาง หรือ ขนาดใหญ่ ที่ง่ายต่อการจับ กรณีนี้จะเป็นกรณีที่ใช้มากโดยทั่วไปของ GET

- กรณี C ใช้เมื่อกริยา Grasping Motion มากกว่าหนึ่งครั้ง เป็นการจับวัตถุที่ซับซ้อน วางซ้อนกัน ไม่สามารถถูกจับได้ง่าย เมื่อมือเข้าไปถึงจำเป็นต้องมี Grasping Motion หลายครั้ง จึงจะสามารถจับควบคุมวัตถุนั้นได้ ส่วนใหญ่ใช้กรณีนี้กับการจับวัตถุที่มีขนาดเล็กมาก เป็นแผ่นเรียบวางซ้อนกัน กระดาษวางซ้อนกัน วัตถุเล็กที่ถูกวางกองรวมกับวัตถุอื่น ๆ

การตัดสินใจว่าจะเลือกใช้ GET กรณีใด สามารถพิจารณาได้จากรูปที่ 2.1 เพื่อช่วยให้ง่ายและตัดสินใจเป็นขั้นตอน



รูปที่ 2.1 การพิจารณาตัดสินเลือกประเภทของ GET

ขบวนการตัดสินใจจะเริ่มจากคำถามแรกจากข้างบน ตามรูปที่ 2.1 ถ้าคำตอบของคำถามแรก คือ ไม่ ก็เลือกกรณี GA ถ้าคำตอบคือ ใช่ ให้ตอบคำถามที่สอง ถ้าใช้ Grasping Motionเพียงครั้งเดียวตอบว่า ใช่ ก็เลือกกรณี GB ถ้าไม่ใช่แสดงว่ามากกว่าหนึ่ง Grasping Motion ต้องเลือกกรณี GC

ข้อควรระวัง ในการเลือก กรณี GC นั้น เมื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์การเคลื่อนไหวแล้ว GC ไม่ควรถูกตามด้วย REGRASP

ข. ระยะทาง เป็นตัวแปรหลักที่สำคัญอันหนึ่งที่ต้องใช้ร่วมกับ GET ระยะทางถูกแบ่งออกเป็นทั้งหมด 5 ช่วง โดยจะดูจากระยะทางที่มากสุดในแต่ละช่วง นำมาเป็นเลขตัวแทนของสัญลักษณ์ในแต่ละช่วง ดังนี้ คือ 5 , 15 , 30 , 45 และ 80 เซนติเมตร เป็นระยะทางที่ยาวที่สุด ในกรณีที่หน่วยเป็นนิ้ว จะเป็น 2 , 6 , 12 , 18 และมากกว่า 18 นิ้ว ค่าระยะทางในหน่วยเมตริก คือ เซนติเมตร จะถูกใช้ในการวิเคราะห์

ระยะทางเหล่านี้ ถูกประมาณจากระยะการเคลื่อนไหวของมือ โดยที่มีการเคลื่อนที่ของส่วนลำตัวน้อยสุด หรือไม่มีการเอี้ยวตัวเพื่อให้ได้ระยะทาง

สำหรับผู้ที่ยังไม่เชี่ยวชาญและชำนาญควรจะมีการวัดระยะทางจริง เพื่อให้ได้ความถูกต้องและแน่นอนมากที่สุด ไม่ควรมีการประมาณค่าโดยวิธีการอินเตอร์โปเรตติ้ง(Interpolating) หรือ เอ็คตร้าโปเรตติ้ง (Extraporating) ค่าระยะทางต่างๆจากที่แสดงในตารางที่ 2.2

ค. น้ำหนัก ในกรณีที่มีน้ำหนักเข้ามาเกี่ยวข้องจะต้องไปพิจารณาเป็น GET WEIGHT

2.2.2 GET WEIGHT คือ กริยาที่ต้องการของกล้ามเนื้อมือและแขนในการที่จะยกน้ำหนักของวัตถุที่จะยกขึ้น

สัญลักษณ์ คือ **GW**

ขอบข่าย

- เริ่มต้นด้วยการจับวัตถุอย่างสมบูรณ์แล้ว รวมถึงแรงที่จำเป็นของกล้ามเนื้อที่ จะต้องใช้เพื่อให้สามารถควบคุมและยกน้ำหนักของวัตถุได้
- จุดสิ้นสุด เมื่อวัตถุอยู่ในสภาพที่ถูกควบคุมได้ เมื่อพร้อมที่จะให้มีการเคลื่อนวัตถุนั้น

ข้อกำหนด

GET WEIGHT จะเกิดขึ้นหลังจากนิ้วมือได้จับบนตัววัตถุเต็มที่ หลังจากเกิดกริยาGETก่อนหน้านั้นและจะถือว่าเสร็จ GET WEIGHT ก่อนที่การเคลื่อน ที่จริงใด ๆ จะเกิดขึ้น

เมื่อน้ำหนักหรือแรงต้านทานน้อยกว่า 2 กิโลกรัม (4 ปอนด์) ไม่จำเป็นต้องเผื่อ GW แต่ถ้าน้ำหนักหรือแรงต้านทานเกิน 2 กิโลกรัม จะต้องใช้เวลา 1 TMU ในทุก ๆ กิโลกรัมที่มากกว่า และต้องรวมกับ 2 TMU สำหรับ 2 กิโลกรัมแรกด้วย

ถ้าไม่ทราบน้ำหนักหรือแรงต้านทานที่แน่นอน ก็ควรจะมีการประมาณได้ เศษส่วนของกิโลกรัมควรปัดขึ้นเป็นจำนวนเต็ม และประมาณได้ 1 กิโลกรัม เท่ากับ 2 ปอนด์ ได้

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กรณีที่ใช้มือเดียว GW คือน้ำหนักของวัตถุ แต่ถ้าเป็น 2 มือ GW จะเป็นน้ำหนักครึ่งหนึ่งของวัตถุ

ถ้าเป็นการลื่นไถลของหรือผลักวัตถุให้เคลื่อนไปบนพื้น ใช้มือเดียวให้ 40% ของน้ำหนักของวัตถุเป็น GW ถ้าสองมือให้ 20%

2.2.3 PUT คือ กิริยาที่มีวัตถุประสงค์เพื่อเคลื่อนย้ายวัตถุไปยังจุดหมายด้วยมือหรือนิ้ว

สัญลักษณ์ คือ **P**

ขอบข่าย

- จุดเริ่มต้น เมื่อวัตถุถูกจับและอยู่ภายใต้การควบคุม ณ จุดเริ่มต้น รวมถึงการเคลื่อนย้าย วัตถุที่จำเป็นเพื่อที่จะวางวัตถุ
- จุดสิ้นสุด เมื่อวัตถุถึงจุดหมายที่ต้องการ แต่ยังอยู่ภายใต้การควบคุมของมือหรือนิ้ว

ตัวแปร ที่มีผลต่อการพิจารณาเลือก กรณีของ PUT มี 3 ตัวแปร

ก. กรณี A B C ซึ่งพิจารณาจากความยากง่ายของการเคลื่อนไหว

ข. ระยะทางในก่ารเคลื่อนที่

ค. น้ำหนักของวัตถุ หรือแรงต้านทานในการเคลื่อนที่

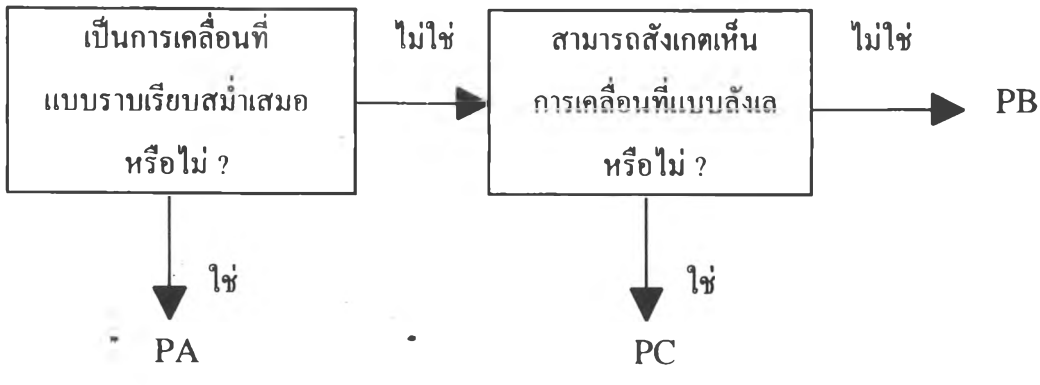
ก. กรณี มีทั้งหมด 3 กรณี โดยพิจารณาจากจำนวนของการเคลื่อนไหวที่เรียกว่า Correcting Motion ซึ่งความหมายของ Correcting Motion คือ การเคลื่อนไหวที่เกิดความลังเลต้องเปลี่ยนทิศทางหรือการหยุดโดยไม่ตั้งใจ เมื่อถึงจุดหมาย

- กรณี A ไม่มี Correction เป็นการเคลื่อนที่แบบราบเรียบ ตั้งแต่จุดเริ่มต้นจนถึงจุดสิ้นสุดวางวัตถุ โดยมีตัวหยุดกำหนด หรือจุดที่หยุดโดยประมาณ กรณีนี้เป็นกรณีธรรมดา โดยส่วนใหญ่ของ PUT
- กรณี B มี Correction หนึ่งครั้ง กรณีนี้เกิดขึ้นบ่อยๆในการนำวัตถุไปวาง ณ

ตำแหน่งใดๆที่กำหนดที่ไม่ยากนักต่อการวาง เป็นลักษณะการวางในตำแหน่งที่ไม่ต้องการความพอดีมาก

- กรณี C มี Correction มากกว่าหนึ่งครั้ง สังเกตเห็นได้จากมีการเคลื่อนที่ที่ไม่ได้ตั้งใจเกิดขึ้นหลายครั้งสั้น ๆ เนื่องจากความยากในการวางวัตถุตรงจุดที่กำหนดที่ต้องการความแน่นอนสูง อาจจะเกิดจากความยากในการเคลื่อนย้าย ความไม่สมมาตรของชิ้นส่วนที่ต้องนำมาประกอบกัน หรือความไม่สะดวกสบายของตำแหน่งการทำงาน

การตัดสินใจว่าจะเลือกใช้ PUT ในกรณีใด ๆ สามารถดูได้จากรูปที่ 2.2 เพื่อช่วยให้ง่ายในการพิจารณา



รูปที่ 2.2 การพิจารณาตัดสินเลือกประเภทของ PUT

ในกรณีที่เกิดข้อสงสัยในการตัดสินใจให้เลือกกรณีที่ยากกว่าข้อควรระวัง ต้องไม่สับสนระหว่างการเคลื่อนที่แบบมีลังเล (Correction) กับ การเคลื่อนที่แบบ PA สั้น ๆ

ข. ระยะทาง

- สำหรับระยะทางในการเคลื่อนไหวของ PUT ถูกจัดให้เหมือนกับรายละเอียดที่แสดงไว้แล้วใน GET

- ในกรณีที่มีการสวมชิ้นงานชิ้นหนึ่งลงในอีกชิ้นหนึ่ง โดยมีการลังเลและระยะทางในการสวมมากกว่า 2.5 เซนติเมตรหรือ 1 นิ้ว จำเป็นต้องเพิ่ม PUT เข้าไปด้วย เช่น การเสียบปากกาลงในช่องเสียบที่เล็ก ลึก 5 เซนติเมตรต้องเพิ่ม PA 5 เข้าไปในการวิเคราะห์ด้วย

ค. น้ำหนัก กรณีที่มีน้ำหนักเข้ามาเกี่ยวข้อง จะต้องไปพิจารณาเป็น PUT WEIGHT-PW

2.2.4 PUT WEIGHT คือ ส่วนเพิ่มเติมสำหรับ PUT ซึ่งจะขึ้นอยู่กับน้ำหนักของวัตถุที่ถูกเคลื่อนที่

สัญลักษณ์ คือ **PW**

ขอบข่าย

- จุดเริ่มต้นเมื่อเริ่มมีการเคลื่อนที่สำหรับเวลาที่เพิ่มเข้าไปนั้นเพื่อชดเชยสำหรับความแตกต่างของเวลาที่ต้องการสำหรับการเคลื่อนวัตถุที่หนักและเบาในระยะทางเท่ากันให้มีความแตกต่างกัน โดย PW จะให้เพิ่มจากการให้ P_ ไปแล้ว
- จุดสิ้นสุด เมื่อการเคลื่อนที่สิ้นสุด

ข้อจำกัด

จะไม่มีการเพิ่ม PW ให้ในกรณีที่วัตถุหนักน้อยกว่า 2 kg หรือ 4 ปอนด์ จะพิจารณาให้มี PW เมื่อน้ำหนักหรือแรงต้านทานการเคลื่อนที่ ตั้งแต่ 2 กิโลกรัมต่อมือเป็นต้นไป น้ำหนักถูกคำนวณในลักษณะเดียวกันกับ GET WEIGHT ตัวอย่างเช่น

- น้ำหนักตั้งแต่ 2 กิโลกรัมถึง 5 กิโลกรัม จะเพิ่มเวลาให้ 1 TMU และใช้สัญลักษณ์ PW5
- น้ำหนักตั้งแต่ 5 กิโลกรัมถึง 10 กิโลกรัม จะเพิ่มเวลาให้ 2 TMU และใช้สัญลักษณ์ PW10

2.2.5 REGRASP คือ กริยาของมือโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเปลี่ยนการจับบนวัตถุ

สัญลักษณ์ คือ **R**

ขอบข่าย

- จุดเริ่มต้น เมื่อวัตถุอยู่ ในมือ รวมถึงลักษณะการใช้กล้ามเนื้อ เพื่อขยับให้มีการจับบนวัตถุใหม่หรือกระชับมือเพื่อเปลี่ยนตำแหน่งจับเล็กน้อยเพื่อให้จับได้ถนัด

- จุดสิ้นสุด เมื่อวัตถุอยู่ในตำแหน่งใหม่ในมือ

ข้อจำกัด

- การมี REGRASP 1 ครั้ง ต้องไม่เกิน 1 ใน 3 ส่วนของการเคลื่อนที่

- การปรับเปลี่ยนกระชับกล้ามเนื้อ ในขณะที่กำลังทำกริยา APPLY PRESSURE อยู่นั้นถูกรวมไว้ใน APPLY PRESSURE แล้วไม่ควรให้ REGRASP เพิ่มเข้าไปอีก

- เมื่อมือมีการปล่อยหรือละจากการควบคุมวัตถุแล้วจับวัตถุอีกครั้งจะเป็นกริยา GET ไม่ใช่ REGRASP ต้องระวังและไม่สับสนในการใช้

2.2.6 APPLY PRESSURE คือ กริยาที่มีวัตถุประสงค์เพื่อใส่ความพยายามของแรงจากกล้ามเนื้อลงบนวัตถุ

ขอบข่าย

- จุดเริ่มต้น เมื่อส่วนของร่างกายสัมผัสกับวัตถุ และเริ่มนับจากการเริ่มใช้แรงจากกล้ามเนื้อต่อวัตถุ

- จุดสิ้นสุด เมื่อแรงจากกล้ามเนื้อถูกผ่อนแรงลง แต่ส่วนของร่างกายยังคงสัมผัสวัตถุอยู่

ข้อจำกัด

- กริยาที่เป็นการจับยึดวัตถุโดยใช้แรงอยู่นานๆควรจะแยกกรณีเพื่อทำการประเมิน สำหรับ APPLY PRESSURE เป็นเหมือนกับช่วงเวลาสั้น ๆ

- APPLY PRESSURE ใช้เพื่อใส่แรงของกล้ามเนื้อลงบนวัตถุ เพื่อให้ควบคุมได้หรือชนะแรงต้านทานเท่านั้น ดังนั้น วัตถุไม่ควรเคลื่อนที่มากกว่า 6 มิลลิเมตรหรือ 1/4 นิ้ว ในระหว่างที่มีกริยา APPLY PRESSURE

2.2.7 EYE ACTION คือกริยาที่ทำเพื่อวัตถุประสงค์จดจำสังเกต มองดูความเรียบร้อย ลักษณะของวัตถุและยังรวมถึงการเปลี่ยนตำแหน่งจุดตำแหน่งของการมองไปยังตำแหน่งใหม่

ขอบข่าย

- จุดเริ่มต้น เมื่อกริยาอื่น ๆ หยุด เพราะว่าเป็นการมองเพื่อจดจำและสังเกต ลักษณะของวัตถุและยังรวมถึงขบวนการที่เลนส์ของตาปรับโฟกัสเพื่อมองลักษณะของวัตถุโดยอัตโนมัติ และการเคลื่อนย้ายตาเพื่อเปลี่ยนจุดหรือพื้นที่ ในการมอง
- จุดสิ้นสุด เมื่อกริยาอื่นเริ่มกระทำได้อีกครั้ง

ข้อจำกัด

- ตาหนึ่งข้างจะครอบคลุมพื้นที่การมองในขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 เซนติเมตรหรือ 4 นิ้ว และจุดที่มองอยู่ห่างจากตาที่ระยะ 40 เซนติเมตร หรือ 16 นิ้ว และเวลาที่ให้สำหรับ EYE ACTION นั้น เพียงพอสำหรับการมองที่ตัดสินใจในลักษณะง่าย ๆ เท่านั้น ไม่ใช่เป็นลักษณะการมองที่ซับซ้อน

2.2.8 FOOT MOTION คือ การเคลื่อนไหวของเท้าในระยะสั้น ๆ หรือการเคลื่อนไหวของข้า โดยที่วัตถุประสงค์ไม่ใช่เพื่อการเคลื่อนที่ย้ายลำตัว

สัญลักษณ์ คือ F

ขอบข่าย

- จุดเริ่มต้น เท้าหรือขาอยู่ในตำแหน่งพักปกติ และการเคลื่อนไหวไม่เกินระยะ 30 เซนติเมตรหรือ 12 นิ้ว ในทิศทางใดจากจุดตะโพก หัวเข่า
- จุดสิ้นสุด เมื่อเท้าอยู่ในตำแหน่งใหม่

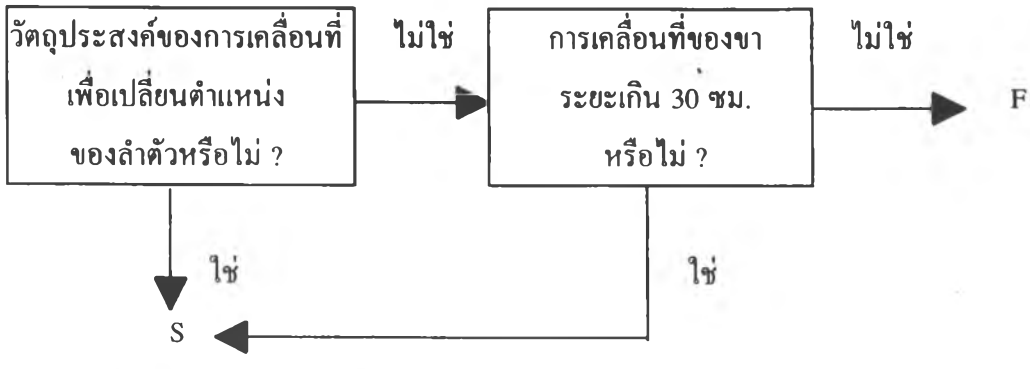
2.2.9 STEP คือ การเคลื่อนที่ของขาเพื่อวัตถุประสงค์ในการเคลื่อนย้ายลำตัว หรือคือการเคลื่อนที่ของขาหรือเท้าที่ระยะมากกว่า 30 เซนติเมตร หรือ 12 นิ้ว

สัญลักษณ คือ S

ขอบข่าย

- จุดเริ่มต้น เมื่อขาอยู่ในตำแหน่งพักปกติ รวมถึงการเคลื่อนที่ของขาเพื่อเคลื่อนย้ายตำแหน่งของลำตัวไปยังที่ใหม่
- จุดสิ้นสุด เมื่อขาอยู่ในตำแหน่งใหม่

สามารถจะใช้รูปที่ 2.3 เพื่อช่วยในการตัดสินใจว่า ลักษณะการเคลื่อนย้ายของขานั้นเป็น STEP หรือ FOOT MOTION ได้



รูปที่ 2.3 การพิจารณาตัดสินเลือกว่าเป็น FOOT หรือ STEP

สำหรับการประเมินการเดินนั้น ให้นับจำนวนครั้งที่เท้าแตะพื้น

2.2.10 BEND AND ARISE คือ การลดลงของลำตัวให้ต่ำ ตามด้วยการยืดลำตัวขึ้น

สัญลักษณ์ คือ **BD** และ **AB**

ขอบข่าย

- จุดเริ่มต้น เมื่อลำตัวเคลื่อนไปทางด้านหน้าจากตำแหน่งท่าตั้งตรง รวมถึงการเคลื่อนไหวของลำตัวและร่างกายส่วนอื่น เพื่อเปลี่ยนตำแหน่งในแนวตั้ง เพื่อให้มือสามารถลงไปถึงในตำแหน่งที่ต่ำกว่าหัวเข่าและหลังจากนั้น ก็ลุกขึ้นหรือเคลื่อนขึ้นจากตำแหน่งที่ลงไปนั้น

- จุดสิ้นสุด เมื่อร่างกายกลับมาอยู่ในท่าตั้งตรง

ลักษณะทั่วไป

- BEND AND ARISE เป็นลักษณะที่คนพยายามที่จะไปถึงหรือลดต่ำลงกว่าหัวเข่า

- การคุกเข่าทั้งสองข้าง ควรวิเคราะห์ให้เป็น 2B

2.2.11 CRANK คือ ลักษณะการเคลื่อนไหวโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเคลื่อนย้ายวัตถุในเส้นทางเป็นวงกลม ในลักษณะโค้งที่มากกว่าครึ่งหนึ่งของรอบวงกลม โดยใช้มือหรือนิ้ว CRANK ยังไม่ถูกจัดเป็นการเคลื่อนไหวที่เป็นทางการ และการวิจัยที่เพิ่มเติมกำลังกระทำอยู่ อย่างไรก็ตาม ในข้อมูล MTM ในปัจจุบันก็มีการใช้ CRANK อย่างกว้างขวางทั่วโลก และยังจัดรวม CRANK เข้าอยู่ในข้อมูลของ MTM-2 ด้วย

ขอบข่าย

- จุดเริ่มต้น เมื่อมืออยู่ที่วัตถุ รวมถึงการเคลื่อนไหวเพื่อเคลื่อนย้ายวัตถุในลักษณะเส้นทางเป็นวงกลม

- จุดสิ้นสุด เมื่อการหมุนครบหนึ่งรอบและมือยังอยู่บนวัตถุ

ตัวแปร มีตัวแปรสองตัวในการนำ CRANK ไปประยุกต์ใช้

ก. จำนวนรอบของการหมุน ซึ่งการหมุน 1 รอบจะให้ค่าเวลา 15 TMU ไม่ว่าจะหมุนด้วยขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของวงขนาดเท่าใด และสามารถใช้ได้กับการหมุนแบบต่อเนื่อง หรือการหมุนเป็นจังหวะไม่ต่อเนื่อง จำนวนรอบนั้นควรจะถูกนับและปัดให้เป็นจำนวนเต็มให้ใกล้เคียงกับจำนวนรอบแท้จริงมากที่สุด

ข. น้ำหนักหรือความต้านทาน จะมีอิทธิพลต่อการเคลื่อนย้ายวัตถุ สามารถใช้กฎของการเพิ่ม GW และ PW ใน PUT สามารถนำมาใช้ใน CRANK ด้วย

- PW จะสามารถเพิ่มเข้าไปในทุกรอบของการหมุนไม่ว่าจะเป็นหมุนแบบต่อเนื่องหรือหมุนแบบเป็นจังหวะ

- GW จะถูกเพิ่มเข้าไปหนึ่งครั้งเฉพาะการหมุนแบบต่อเนื่อง แต่ถ้าเป็นการหมุนแบบเป็นจังหวะ สามารถจะเพิ่มเข้าไปในแต่ละรอบได้

ข้อจำกัด

- ไม่มีการเคลื่อนไหวแก้ไขหรือ Correcting Motions เหมือนอย่างที่ใช้ใน PUT ถูกรวมอยู่ในCRANK ดังนั้น ถ้ามีการเคลื่อนไหวหรือแก้ไข Correcting Motions เกิดขึ้น ในกรณีที่เคลื่อนวัตถุไปยังบริเวณที่ต้องการ การเพิ่ม PUT เข้าไปสามารถทำได้

2.2.12 SIMULTANEOUS MOTIONS คือ การเคลื่อนที่ที่เกิดขึ้นพร้อมกัน โดยอวัยวะของร่างกายคนละส่วนกัน และทำการเคลื่อนวัตถุสองชิ้น หรือเป็นกริยาที่เกิดขึ้นเมื่อมือสองมือจับวัตถุ 2 ชิ้นในเวลาเดียวกัน

กรณี ของ SIMULTANEOUS MOTION จะมีอยู่ 2 กรณี คือ

ก. กรณี มือกับมือทำงานพร้อมกัน

ข. กรณี มือกับส่วนอื่นของร่างกายทำงานพร้อมกัน

ก. กรณีมือกับมือทำงานพร้อมกันนั้น(ตารางที่ 2.3) ส่วนใหญ่แล้วจะเกิดกับการใช้ GET และ PUT เป็นลักษณะของการไปหยิบวัตถุ 2 ชิ้น ด้วยมือทั้งสองข้าง ข้างละชิ้นในเวลาเดียวกัน หรือการนำวัตถุ 2 ชิ้นมาวางที่จุดหมายเดียวกัน หรือต่างจุดหมายกันในเวลาเดียวกัน ดังนั้น จึงสามารถแบ่งกรณีย่อยของการวิเคราะห์ได้เป็น ดังนี้

- TWO OBJECTS -------- TWO SEPARATE LOCATIONS คือ นำวัตถุ 2 ชิ้นมายังจุดที่แตกต่างกัน
- TWO OBJECTS --------- ONE SAME LOCATIONS, ONE AT A TIME
- TWO OBJECTS --------- ONE LOCATION (MATCHING)

ในการวิเคราะห์ PUT นั้น PB และ PC เป็นลักษณะของการพยายามวางวัตถุในตำแหน่งที่ค่อนข้างต้องการความแม่นยำ ซึ่งโดยทั่วไปอยู่ในช่วงเผื่อขาดเกินตำแหน่งได้ไม่เกิน

0.5 นิ้ว ดังนั้น ความยากในการควบคุมจึงมีมากและเป็นไปได้ยากที่จะเกิดการเคลื่อนที่แบบนี้พร้อมกัน เพื่อวางวัตถุ 2 ชิ้นในตำแหน่งที่แน่นอนในเวลาพร้อมกัน โดยปราศจากการฝึกฝนอย่างมาก ดังนั้น ในลักษณะการทำงานจริง จะเกิดการซ้อมเหลื่อมของการเคลื่อนไหวขึ้น ดังตัวอย่างต่อไปนี้

ตัวอย่างที่ 1 หยิบวัตถุ 2 ชิ้นเล็ก ด้วยมือสองมือ โดยหยิบข้างละมือ

การวิเคราะห์

มือซ้าย	สัญลักษณ์	TMU	สัญลักษณ์	มือ ขวา
หยิบวัตถุเล็ก	G-	23	GC30	หยิบวัตถุเล็ก
	GC5	14		

จากตัวอย่างแรกจะเห็นได้ว่า การหยิบวัตถุเล็กจะใช้ GC กับมือทั้งสองข้าง แต่เนื่องจากเป็นสิ่งยากที่จะหยิบของยากในเวลาเดียวกัน มือข้างหนึ่งจึงหยิบก่อน และมืออีกข้างหนึ่งจะหยิบในจังหวะถัดไป แต่การเคลื่อนที่มือทั้งสองไปพร้อมกัน ดังนั้น มือข้างซ้ายจึงเป็น G- และตามด้วย GC5 เพราะว่า เคลื่อนที่ไปถึงแล้ว แต่มือซ้ายจะหยิบในเวลาหลังจากมือขวาเล็กน้อย ซึ่ง ณ เวลานั้นระยะทางของมือซ้ายกับวัตถุอยู่ในระยะไม่เกิน 5 เซนติเมตรแล้ว

อย่างไรก็ตาม การซ้อนเหลื่อมของการเคลื่อนที่นั้นจะเกิดขึ้นหรือไม่เกิดขึ้นจะขึ้นอยู่กับกรณีของความยากที่เกิดขึ้น กับ GET และ PUT ถ้าเป็นง่าย คือ กรณี GA กับ GA ก็จะไม่เกิดการซ้อนเหลื่อม การพิจารณาสามารถดูได้จาก ตารางที่ 2.3

GA						
GB						
GC			5			
PA						
PB			5		*	
PC			5		5	5
	GA	GB	GC	PA	PB	PC

ตารางที่ 2.3 ความสัมพันธ์และเวลาในการทำงานของสองมือพร้อมกัน

การใช้ ตารางที่ 2.3

- ในช่วงที่เป็นช่องทึบในตาราง แสดงว่า เมื่อเกิดการทำงานพร้อมกันทั้งสองมือ ไม่จำเป็นที่จะต้องวิเคราะห์ให้มีการซ้อนเหลื่อมของการเคลื่อนไหวเกิดขึ้น ซึ่งมักจะเป็นกรณี A กับ A หรือ A กับ B หรือ A กับ C เช่น GA เกิดพร้อมกับ GA, GA เกิดพร้อมกับ GB, PC เกิดพร้อมกับ PA

- ในช่วงที่แสดงเป็นเลข 5 แสดงว่า เมื่อเกิดการทำงานพร้อมกันทั้งสองมือ การซ้อนเหลื่อมจำเป็นต้องถูกวิเคราะห์เพิ่มเข้าไปด้วย ซึ่งมักจะเกิดกับกรณี C กับ C, B กับ C เช่น มือซ้ายเป็น GC และมือขวาเป็น GC การวิเคราะห์เป็นดังนี้

การวิเคราะห์

มือซ้าย	มือขวา
G-	GC30
GC5	

- ในช่วงที่แสดงเป็นเครื่องหมาย "*" เป็นกรณีของ PB กับ PB ซึ่งเป็นกรณีที่วางวัตถุ 2 ชิ้นในคนละตำแหน่งกันและความยากตกอยู่ในกรณี B ทั้งคู่ กรณีนี้สามารถจะเกิดขึ้นพร้อมกันได้ โดยไม่ต้องวิเคราะห์ให้มีการซ้อนเหลื่อมของการเคลื่อนไหว และตำแหน่งที่จะนำวัตถุทั้งสองไปวางนั้น อยู่ในระยะห่างกันไม่เกิน 10 เซนติเมตร หรือระดับการมองปกติ ถ้าเมื่อใดที่ตำแหน่งที่จะวางวัตถุทั้งสองห่างกันเกินกว่า 10 เซนติเมตร จำเป็นต้องวิเคราะห์แบบให้มีการซ้อนเหลื่อมของการเคลื่อนที่

<u>ตัวอย่าง</u>

- วางวัตถุ 2 ชิ้นในตำแหน่งห่างกันไม่เกิน 10 เซนติเมตร

มือซ้าย	มือขวา
PB30	PB30

- วางวัตถุ 2 ชิ้นในตำแหน่งห่างกัน 20 เซนติเมตร

มือซ้าย	มือขวา
PB30	P-
	PB5

ข. <u>กรณีมือกับร่างกายทำงานพร้อมกัน</u> ซึ่งโดยส่วนใหญ่จะเป็นการทำงานในลักษณะย่อตัวลงเพื่อจับวัตถุและยืดตัวขึ้นเพื่อวางวัตถุในตำแหน่ง ซึ่งในการวิเคราะห์นั้นจำเป็นจะต้องมีการซ้อนเหลื่อมโดยใช้หลักการคล้ายคลึงกับกรณีแรก โดยดูรายละเอียด ดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 ความสัมพันธ์และเวลาในการทำงานของร่างกายและมือพร้อมกัน

		BD , AB , S					
		GET			PUT		
	HAND ACTION	GA_	GB_	GC_	PA_	PB_	PC_
Low	LESS THAN 2 Kg.			5		5	5
Medium	> 2 Kg ≤ 5 Kg	GW	GW	5 / GW	15 * / PW	15 / PW	15 / PW
High	> 5 Kg	GW	GW	5 / GW	30 * / PW	30 / PW	30 / PW

* Time given because of safety measure

ตัวอย่าง 1 ย่อตัวลงเพื่อหยิบฆ้อน และยืดตัวขึ้นเพื่อวางฆ้อนในตำแหน่งไม่ซับซ้อน

การวิเคราะห์	มือขวา	รายละเอียด
	BD	ย่อตัวลง
	GB30	จับฆ้อน
	AB	ยืดตัวขึ้น
	PA30	วางฆ้อน

เมื่อเทียบจาก ตารางที่ 2.4 จะเห็นว่า ในกรณีที่ BD พร้อมกับ GB_ นั้น และ AB พร้อมกับ PA_ นั้น ไม่จำเป็นต้องมีการซ้อนเหลื่อมเวลาส่วนเพิ่มเติมเข้าไป

ตัวอย่าง 2 ย่อตัวลงหยิบ แหวนของน็อต และหยิบขึ้นเพื่อนำไปวางในตำแหน่งที่แน่นอน

การวิเคราะห์	มือขวา	รายละเอียด
	BD	ย่อตัวลงหยิบ
	G_	หยิบแหวน
	GC5	
	AB	ยืดตัวขึ้น
	P_	สวมแหวนในตำแหน่งที่แน่นอน
	PB5	

จะเห็นว่าในกรณีนี้เป็น BD พร้อมกับ GC ดังนั้น การซ้อนเหลื่อมจึงจำเป็นต้องนำมาวิเคราะห์ เพื่อให้ได้เวลาใกล้เคียงจริงมากที่สุด

<u>การใช้ตารางที่ 2.4</u>

เป็นการทำงานของมือ ในประเภทของ GET และ PUT พร้อมกับประเภทของการเคลื่อนไหว BD, AB และ S

- กรณีน้ำหนักหรือแรงต้านน้อยกว่า 2 กิโลกรัม ช่องที่ระบายทึบ หมายถึง ไม่ต้องเผื่อค่าเวลาสำหรับการซ้อนเหลื่อมการเคลื่อนที่ และไม่ต้องนำเรื่องของน้ำหนักหรือแรงต้านเข้ามาร่วมในการวิเคราะห์

- กรณีน้ำหนักหรือแรงต้านมากกว่า 2 - 5 กิโลกรัม ช่องที่ระบายทึบบนมุมซ้ายหมายถึง ไม่ต้องให้ค่าเผื่อเวลาสำหรับการซ้อนเหลื่อมการเคลื่อนที่ แต่ช่องที่มีตัวเลข แสดงว่าต้องนำค่าเวลา จำนวนเท่าค่าที่ แสดงเพิ่มเข้าไปในการวิเคราะห์ และทุกๆประเภทการเคลื่อนไหวของ GET และ PUT ต้องนำเรื่องของน้ำหนักหรือแรงต้านเข้ามาร่วมในการวิเคราะห์ ในช่วงที่มีสัญลักษณ์ "*" หมายถึง ให้ค่าเวลาเพิ่มเข้าไปเพื่อความปลอดภัยของการทำงาน

- กรณีนี้น้ำหนักหรือแรงต้านมากกว่า 5 กิโลกรัม สามารถอธิบายได้เช่นเดียวกับกรณีน้ำหนักหรือ แรงต้าน มากกว่า 2 - 5 กิโลกรัม

คำอธิบายเครื่องหมายต่างๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์ MTM - 2

1. เครื่องหมาย "/" ขีดทับบนสัญลักษณ์ประเภทการเคลื่อนไหว หมายถึง ไม่นับค่าเวลาของการเคลื่อนไหวนั้น เนื่องจากเป็นการเคลื่อนไหวที่ใช้เวลาสั้นกว่าและเกิดซ้อนอยู่ในอีกการเคลื่อนไหวหนึ่ง

ตัวอย่าง การยื่นมือไปจับฆ้อนในขณะที่กำลังย่อตัวลง

BD	ย่อตัวลง
GB30	จับฆ้อน

2. เครื่องหมาย " ◯ "วงรอบสัญลักษณ์ประเภทการเคลื่อนไหว หมายถึง ไม่นับค่าเวลาของการเคลื่อนไหวนั้น เนื่องจาก เกิดขึ้นพร้อมกับอีกการเคลื่อนไหวหนึ่ง ซึ่งมีค่าเวลามากกว่า เป็นการบอกให้ทราบว่า สัญลักษณ์ที่ถูก วงกลมใช้ค่า tmu. น้อยกว่า ให้ใช้ค่าเวลาของสัญลักษณ์ที่ไม่ถูกวงกลม

ตัวอย่าง

มือซ้าย	TMU.	มือขวา
GB15	14	GB30

ดังนั้นจะใช้ค่าเวลาของ GB30 คือ 14 tmu.

3. เครื่องหมาย " - " ที่ใช้ตามหลังสัญลักษณ์การเคลื่อนไหวจะใช้ ในการวิเคราะห์ประเภทการเคลื่อนไหวที่เป็น Simultaneous Motion แสดงถึงการเกิดขึ้นพร้อมกันไม่ต้องพิจารณาค่าเวลา

2.3 ค่าเผื่อของเวลา (ALLOWANCE)

เวลาปกติ (Normal Time) ที่ได้จากการวิเคราะห์ความเคลื่อนไหวด้วยวิธี MTM-2 ไม่ได้เผื่อค่าเผื่อของเวลาใด ๆ ไว้ เวลาสังเคราะห์ที่ได้นั้นเป็นเหมือนเวลาปกติ (Normal Time) ที่ได้

I 17399816

จากการหาเวลามาตรฐานด้วยวิธีนาฬิกาจับเวลา ซึ่งต้องมาใส่ค่าเผื่อของเวลา (Allowances) เข้าไปทีหลัง ด้วยวิธีการและภายใต้การพิจารณาด้วยหลักการเดียวกัน

ในการทำงานของคนงานนั้น เป็นไปไม่ได้ที่จะคาดหวังว่า จะทำงานตลอดเวลาทั้งวันโดยไม่มีการขัดจังหวะใดๆ เกิดขึ้น คนงานต้องการเวลาสำหรับเรื่องส่วนตัว การพักและเรื่องอื่นๆที่นอกเหนือการควบคุมของพนักงานได้ ค่าเผื่อเวลา สำหรับการขัดจังหวะที่เกิดขึ้นในสายการผลิตสามารถจำแนกได้ดังต่อไปนี้

1. ค่าเผื่อเวลาที่คงที่ (CONSTANT ALLOWANCES) ประกอบด้วย

ก. ค่าเผื่อเวลาส่วนบุคคล (Personel needs Allowance)

ข. ค่าเผื่อเวลาความเมื่อยล้าพื้นฐาน (Basic fatique allowance)

2. ค่าเผื่อเวลาที่แปรเปลี่ยนไปตามเงื่อนไขการทำงาน ซึ่งจะเพิ่มเข้าไปในค่าเผื่อเวลาความเมื่อยล้าพื้นฐาน (Variable addition to basic fatique allowance)

ก . ค่าเผื่อเวลาส่วนบุคคล (Personal needs allowance)

ค่าเผื่อเวลาส่วนบุคคลเป็นสิ่งที่ต้องถูกพิจารณาเป็นสิ่งแรก เพราะว่าคนงานทุกคนต้องการเวลาเผื่อสำหรับสิ่งนี้ซึ่งไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ จำนวนมากน้อยของการเผื่อเวลาส่วนบุคคลนั้น กำหนดโดยการทำการศึกษาเวลาการทำงานทั้งวัน (All day time study) หรือการศึกษาการทำงานโดยสุ่ม (Work sampling studies) ของงานหลาย ๆ ระดับที่แตกต่างกัน

ค่าเผื่อเวลาส่วนบุคคลนั้น จะให้สำหรับคนงานหญิง 7 เปอร์เซนต์และคนงานชาย 5 เปอร์เซนต์

ข. ค่าเผื่อเวลาความเมื่อยล้าพื้นฐาน (Fatique allowance)

ความเมื่อยล้าเป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ในการทำงาน ซึ่งความเมื่อยล้าจะมากหรือน้อยก็จะแตกต่างกันไปตามเงื่อนไขและลักษณะงาน แต่ในปัจจุบันโรงงานผลิตที่ค่อนข้างจะมีระบบ

การผลิตที่ทันสมัย ได้มีการขจัดสิ่งต่างๆที่ทำให้เกิดความเมื่อยล้าออกไป โดยการออกแบบเครื่องมือ เครื่องจักร อุปกรณ์การผลิตให้ถูกหลักทางการยศาสตร์ (Ergonomic) มีการปรับปรุงอุปกรณ์ขนถ่ายลำเลียง การลดเวลาทำงานลงให้เหมาะสม และรวมถึงการใช้เครื่องจักรอัตโนมัติทำให้ค่าเผื่อความเมื่อยล้าเป็นสิ่งที่อาจจะถูกลดลงได้สำหรับลักษณะงานที่เบาและอุปกรณ์การผลิตทุกอย่างเป็นระบบสมัยใหม่ อย่างไรก็ตามยังมีโรงงานผลิตอีกหลายประเภทที่จำเป็นต้องมีการเผื่อค่าความเมื่อยล้าเข้าไปในการหาเวลามาตรฐาน ในปัจจุบันไม่มีวิธีใดที่ได้รับความพึงพอใจหรือถูกต้องที่สุดสำหรับการวัดค่าความเมื่อยล้า การวัดทางกายภาพ(Physiological Measurement) เป็นวิธีสำคัญที่ใช้ในการประมาณกำหนดช่วงเวลาทำงานและช่วงเวลาพัก

ในการเผื่อเวลาความเมื่อยล้านั้น จะมีทั้งที่เป็นค่าเผื่อพื้นฐานและส่วนที่แปรผันตามเงื่อนไขการทำงาน สำหรับค่าคงที่นั้นจะเผื่อให้ผู้หญิงและผู้ชายเท่ากัน คือ 4 เปอร์เซนต์ ส่วนค่าเผื่อแปรผันนั้น ระหว่างผู้หญิงและผู้ชายจะแตกต่างกันไปตามแต่ละเงื่อนไขการทำงาน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ค่าเผื่อส่วนคงที่ (Constant Allowances)

	ผู้ชาย	ผู้หญิง
- ค่าเผื่อเวลาส่วนบุคคล (Personal needs Allowance)	5%	7%
- ค่าเผื่อความเมื่อยล้าพื้นฐาน (Basic Fatique Allowance)	4%	4%
	9%	11%

ค่าเผื่อส่วนผันแปร (Variable to Basic Fatique Allowances)

	ผู้ชาย	ผู้หญิง
ก. ค่าเผื่อสำหรับการยืน (Standing Allowance)	2%	4%
ข. ค่าเผื่อสำหรับตำแหน่งที่ผิดปกติ (Abnormal Position Allowance)		
- อึดอัดเล็กน้อย (Slightly awkward)	0%	1%
- อึดอัด (Awkward (bending))	2%	3%
- อึดอัดมาก (Very Awkward (lying) stretching up))	7%	7%
ค. ค่าเผื่อสำหรับการยกของหนักหรือใช้แรง (Weighting Lift or Use of Force)		
โดยการยก ดึงหรือ ผลัก (Lifting, Pulling, Pushing)		

น้ำหนักหรือแรงพยายามในหน่วยกิโลกรัม (kg)

		ผู้ชาย	ผู้หญิง
น้ำหนัก	2.5 กก.	0%	1%
	5.0 กก.	1%	2%
	7.5 กก.	2%	3%
	10.0 กก.	3%	4%
	12.5 กก.	4%	6%
	15.0 กก.	6%	9%
	17.5 กก.	8%	12%
	20.0 กก.	10%	15%
	22.5 กก.	12%	18%
	25.0 กก.	14%	-
	30.0 กก.	19%	-
	40.0 กก.	33%	-
	50.0 กก.	58%	-

ง. ค่าเผื่อสำหรับเงื่อนไขของแสงสว่าง (Light Condtion)

-.ต่ำกว่าเล็กน้อย (Slightly below recommended value)	0%	0%
- ต่ำกว่า (Well below)	2%	2%
- ไม่เพียงพอ (Quite inadequate)	5%	5%

จ. ค่าเผื่อสำหรับเงื่อนไขของอากาศ (Air conditions)

- ระบายอากาศดี (Well ventitated, freshair)	0%	0%
- ระบายอากาศไม่ดี แต่ไม่มีพิษหรือกลิ่นรบกวน (Badly Ventilated,but no toxic or injurious fumes)	5%	5%
- ร้อนใกล้เตาเผาอุณหภูมิสูง (Work close to furnances, etc)	5-15%	5-15%

ฉ. ค่าเผื่อสำหรับการมอง (Visual Strain)	ผู้ชาย	ผู้หญิง
- งานละเอียดพอสมควร (Fairly fine work)	0%	0%
- งานละเอียด (Fine or exacting)	2%	2%
- งานละเอียดมากต้องการความแน่นอนสูง (Very fine or very exacting)	5%	5%

ช. ค่าเผื่อสำหรับเสียง (Aural strain)		
- ต่อเนื่อง (Continuous)	0%	0%
- ดังเป็นจังหวะ (Intermittent, loud)	2%	2%
- ดังมาก, สูงแหลม (Intermittent, very loud, High-pitched)	5%	5%

ซ. ค่าเผื่อสำหรับความรู้สึกยากง่าย (Mental strain)		
- ซับซ้อนพอควร (Fairly complex process)	1%	1%
- ซับซ้อนใช้ความตั้งใจสูง (Complex or wide span of attention)	4%	4%
- ซับซ้อนมาก (Very complex)	8%	8%

ฌ. ค่าเผื่อสำหรับความซ้ำซากน่าเบื่อของงานทางความรู้สึก (Monotony : Mental)		
- ต่ำ,น้อย (low)	0%	0%
- ปานกลาง (medium)	1%	1%
- สูง (High)	4%	4%

ญ. ค่าเผื่อสำหรับความซ้ำซากน่าเบื่อของงานทางกายภาพ (Monotony : Physical)		
- ค่อนข้างน่าเบื่อ (Rather tedious)	0%	0%
- น่าเบื่อ (Tedious)	2%	2%
- น่าเบื่อมาก (Very tedious)	5%	5%

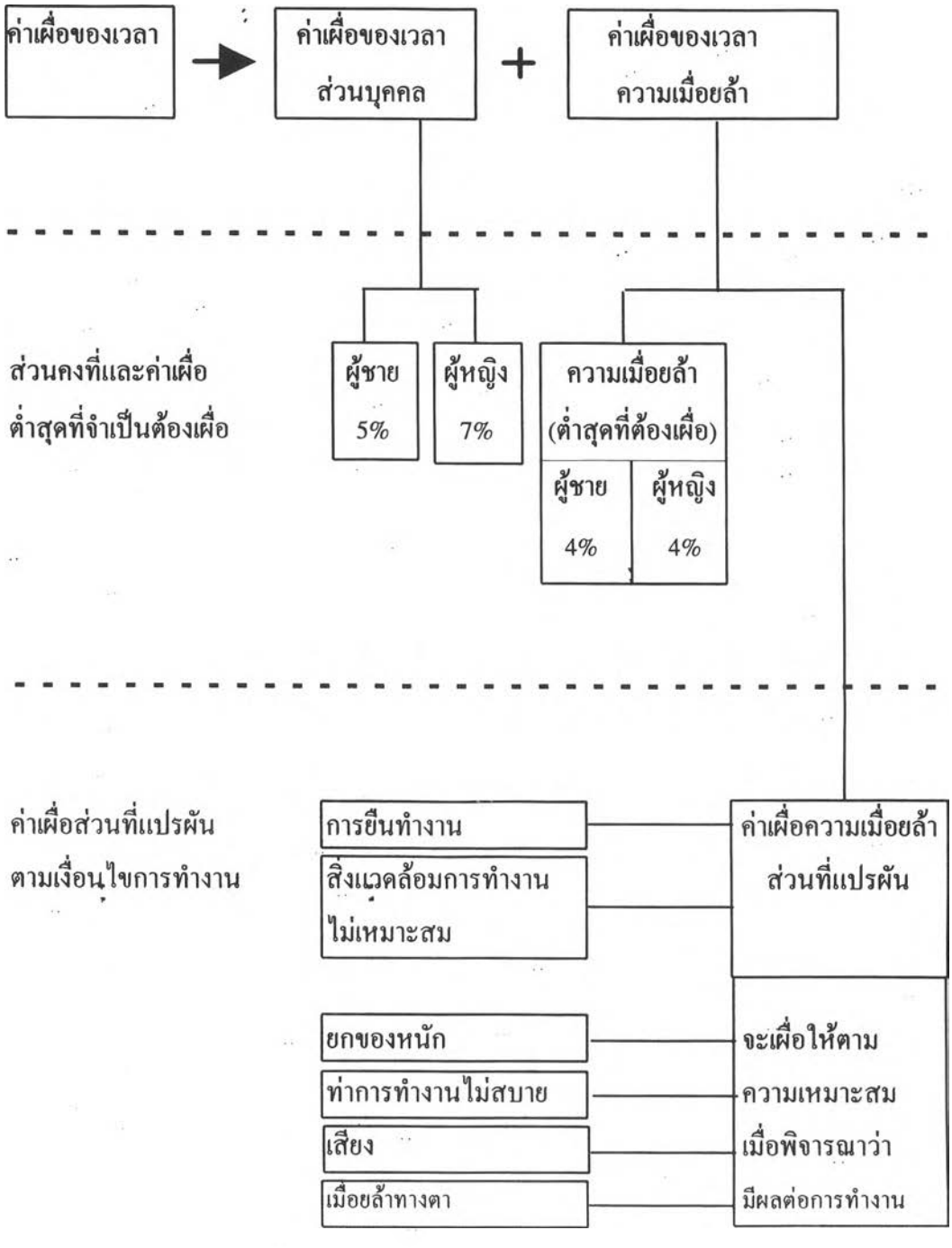
ในการเผื่อเวลาความเมื่อยล้าจะต้องประกอบด้วยสองส่วนคือ ส่วนของค่าเผื่อความเมื่อยล้าพื้นฐานบวกด้วย ค่าเผื่อความเมื่อยล้าส่วนที่แปรผันตามเงื่อนไขการทำงาน

2.3.1 การประยุกต์ค่าเผื่อของเวลา

ค่าเผื่อสำหรับเวลาส่วนบุคคล (Personal allowance) จะถูกประยุกต์เป็นเปอร์เซนต์ของเวลาปรกติ (Normal time) ซึ่งรวมทั้งเวลาการขนถ่ายและเวลาเครื่องจักร ซึ่งค่าเผื่อเวลาสำหรับความเมื่อยล้าก็จะถูกประยุกต์ในลักษณะเช่นเดียวกัน

เมื่อได้เปอร์เซนต์ที่เหมาะสมสำหรับค่าเผื่อเวลาโดยเทียบจากเงื่อนไขการทำงานก็จะสามารถนำมาหาค่าเวลามาตรฐานของการทำงานได้ดังสูตรต่อไปนี้

เวลามาตรฐาน = เวลาปกติ X 100 / (100 - ค่าเผื่อเวลาเป็นเปอร์เซนต์)



รูปที่ 2.4 ค่าเผื่อประเภทต่างๆ ที่รวมอยู่ในค่าเผื่อเวลาทำงาน

2.4 การจัดสมดุลสายการผลิต

การจัดสายงานการผลิตในโรงงานที่มีการผลิตแบบต่อเนื่อง นับว่ามีความสำคัญมาก โรงงานที่จัดสายงานผลิตอย่างมีประสิทธิภาพจะต้องพยายามจัดสายงานผลิตให้มีความสมดุล ซึ่งตามความหมายของการจัดสมดุลของสายการผลิต (Production Line Balancing) ก็คือการพยายามที่จะจัดให้สถานีงานต่าง ๆ มีอัตราการทำงานหรือเวลาที่ใช้เท่า ๆ กัน แต่ถ้าหากเวลาที่ใช้ในแต่ละสถานีงานไม่เท่ากันแล้ว อัตราการผลิตของสินค้านั้น จะถูกกำหนดโดยเวลาการทำงานของสถานีงานที่ใช้เวลามากที่สุด ซึ่งเวลาที่ใช้ในสถานีงานที่เป็นตัวกำหนดอัตราการผลิตของสินค้านั้น เราเรียกว่า รอบเวลาการผลิต (Cycle Time) ซึ่งหมายถึง เวลาระหว่างที่สินค้าเสร็จออกมาแต่ละชิ้นจะเท่ากับเวลาของสถานีที่ช้าที่สุด ดังนั้นจะเห็นว่าจะเกิดการรอคอยขึ้นในสถานีงานที่ใช้เวลาน้อยกว่า ตามปกติในการจัดสายการผลิตจะเริ่มด้วยการกำหนดรอบเวลาการผลิต ลำดับขั้นงานต่าง ๆ และเวลาเฉลี่ยหรือเวลามาตรฐานของการทำงานแต่ละชิ้นนั้น จากนั้นก็พยายามรวมขั้นงานเข้าด้วยกัน ให้เป็นสถานีทำงานโดยพยายามทำให้เกิดความแตกต่างของเวลาการใช้ในแต่ละสถานีงานน้อยที่สุด

การจัดสายการผลิตแบบต่อเนื่องนี้ ถ้าสามารถจัดให้สถานีทำงานแต่ละสถานีมีความสมดุลกัน. เวลาว่างเปล่าในแต่ละสถานีก็จะมีน้อย เมื่อเวลาว่างเปล่ามีน้อย ก็แสดงว่า ประสิทธิภาพของสายการผลิตสูง

บางทีแต่ละสถานีงานมีงานทำไม่เท่ากัน ทำให้คนงานในบางสถานีงานท้อใจ เพราะรู้สึกว่าเสียเปรียบที่ต้องทำงานมาก ทางแก้ทางหนึ่งก็คือทำสายงานผลิตให้สมดุล คือ จัดให้แต่ละสถานีงานมีเวลาทำงานใกล้เคียงกัน สถานีงานส่วนใหญ่จะมีคนทำงาน 1 คน มีเครื่องมือและอุปกรณ์ไม่เท่ากัน คนงานแต่ละคนจะถูกออกแบบให้มีความชำนาญในงานเฉพาะอย่าง ซึ่งทำให้การทำงานเร็วขึ้น

การแบ่งสายการผลิตออกเป็นสถานีงาน สามารถกระทำได้โดยการนำผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปมาวิเคราะห์แยกออกเป็นส่วน ๆ และศึกษาขั้นตอนในการประกอบชิ้นส่วนย่อย ๆ นั้นเข้าเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป ต่อจากนั้น จึงศึกษาเวลาที่ใช้ในการทำงานแต่ละขั้นตอน

งานการจัดสายการผลิตนี้ เป็นงานที่อาจเกิดขึ้นในช่วงเวลาของการออกแบบการผลิต หรือ งานในช่วงหลังการวางแผนการผลิตรวม ถ้าเกิดขึ้นในช่วงการออกแบบการผลิต หมายถึง กระบวนการผลิตนั้นเป็นแบบแน่นอน เครื่องจักรที่ใช้ส่วนมากเป็นขนาดใหญ่ หรือชนิดพิเศษ เพื่อผลิตผลิตภัณฑ์เฉพาะอย่างใดอย่างหนึ่ง ตำแหน่งของการทำงานต่าง ๆ จะถูกกำหนดแน่นอน ตามลำดับขั้นการเปลี่ยนแปลงทำได้ยาก เช่น การผลิตเยื่อกระดาษ การกลั่นน้ำมัน การผลิตน้ำอัดลม เป็นต้น ไม่ว่าแผนการผลิตจะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร สายการผลิตนี้ก็จะไม่มีการเปลี่ยนแปลง แต่ในกรณีในสายการผลิตในสถานีงานต่าง ๆ อาจจะพอเปลี่ยนแปลงได้ เพื่อให้สอดคล้องกับแผนการผลิต การผลิตแบบนี้ ส่วนใหญ่เป็นพวกสายงานประกอบ ซึ่งอาจใช้คนเข้าประจำตามสถานีงานต่าง ๆ

ปัญหาที่เกิดขึ้นในการจัดสถานีงานก็คือ การคำนวณซึ่งต้องใช้เวลามาก จึงได้มีผู้คิดค้นเทคนิคต่าง ๆ ในการจัดสมดุลของสายงานการผลิต เทคนิคต่าง ๆ ที่ใช้ในการจัดสมดุลสายงานผลิตพอจะรวบรวมวิธีที่สำคัญได้ดังนี้ คือ

1. Dynamic Programming Algorithm คิดค้นโดย Jackson
2. Interger Programming Formulation คิดค้นโดย Bowman
3. Column Rule Technique โดย Kilbridge & Wester
4. COMSOAL Technique โดย Arcus
5. Ranked Positional Wehighted Method โดย Helgeson & Birnie
6. Optimum Seeking Back - Tracking Techique โดย Mansoov
7. Two-phase Method โดย Moodic & Young
8. Hoffman Technique โดย Hoffman

เทคนิคต่าง ๆ เหล่านี้ มีวิธีการแตกต่างกันเป็นอย่างมาก ในวิธีที่ 1 และ 2 เป็นวิธีการทางทฤษฎี Mathematical Programming ซึ่งมีการคำนวณยุ่งยากและซับซ้อน ทั้งในการสร้างรูปแบบของปัญหาและเปลืองเวลาที่ใช้ในการประมวลผลในการปฏิบัติจึงไม่มีผู้นิยมนำไปใช้โดยเฉพาะในสายงานที่มีขนาดใหญ่และมีงานเป็นร้อยๆ งาน สำหรับวิธีที่ 3 เป็นวิธีการจัดสมดุลของ

สายงานโดยคำนวณด้วยมือ ซึ่งใช้กับสายงานขนาดเล็กเท่านั้น สำหรับวิธีที่ 4 ถึง 8 เป็นวิธีทาง Heuristic ซึ่งใช้คอมพิวเตอร์ในการจัดสมดุลของสายงานผลิตเหมาะสมสำหรับสายงานผลิตที่มีขนาดใหญ่และยุ่งยากซับซ้อน สำหรับวิธีทาง Heuristic หมายถึง วิธีการที่นำมาใช้แก้ปัญหาใดปัญหาหนึ่งโดยเฉพาะโดยไม่คำนึงถึงว่าคำตอบที่ได้นั้นจะดีที่สุดแล้วหรือไม่ แต่คำตอบที่ได้เป็นคำตอบที่พอใช้ได้ดีและรวดเร็ว นอกจากนี้แล้ววิธีดังกล่าวยังสามารถใช้กับกรณีที่มีความจำกัดด้านการรวมขั้นงานด้วย เช่น ขั้นงานบางอย่างอาจจะรวมกันไม่ได้ เพราะใช้อุปกรณ์ไม่เหมือนกันหรือเป็นงานหลัก ซึ่งจะทำให้พนักงานเหนื่อยล้าเกินไป ในการคำนวณเรามีสมมุติฐานว่า การรวมขั้นงานหลายอย่างให้อยู่ในสถานีงานเดียวกันจะไม่เปลี่ยนแปลงเวลาของขั้นงานเหล่านี้

โดยปกติแล้ว เราต้องการคำตอบที่ดีที่สุด แต่สาเหตุที่ต้องเลือกเอาวิธีการ Heuristic ก็พอสรุปได้ดังนี้ คือ

1. เกิดความยุ่งยากในการใช้ทฤษฎีทางคณิตศาสตร์หรือวิธีอื่น ๆ และไม่อาจหาคำตอบที่แท้จริงได้
2. Heuristic ให้คำตอบที่ดีพอควร สามารถนำไปใช้ในทางปฏิบัติได้ คำตอบที่ได้ไม่จำเป็นต้องดีที่สุด
3. ในบางกรณีใช้วิธี Heuristic เพียงเพื่อหาแนวทางเริ่มต้นที่จะแก้ปัญหานั้น ๆ ในขั้นต่อไป

ในปัจจุบันโรงงานอุตสาหกรรมที่จัดการผลิตประเภทนี้ ได้แก่ โรงงานประกอบวิทยุโทรทัศน์ ตู้เย็นและอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าต่าง ๆ ตลอดจนโรงงานขนาดใหญ่ ๆ ที่มีสายงานการผลิต ประกอบด้วยงานย่อยต่าง ๆ เป็นจำนวนมาก และมีสายงานผลิตซับซ้อน ซึ่งลักษณะของการผลิตนี้ส่วนใหญ่จะเป็นการนำชิ้นงานต่าง ๆ มาประกอบเป็นผลิตภัณฑ์ โดยผ่านสถานีงานการประกอบต่าง ๆ (Work Stations) ซึ่งเรียกว่า สายงานประกอบ Assembly line การประกอบนี้อาจจะเป็นการทำงานของคนหรือเครื่องจักรก็ได้ เนื่องจากลักษณะการผลิตดังกล่าวนี้ส่วนใหญ่เป็นลักษณะของการจัดสมดุลของสายงานผลิตแบบประกอบ ดังนั้น ในการจัดสมดุลของสายงานการผลิตบางครั้งจึงมีชื่อเรียกอีกอันหนึ่งว่า การจัดสมดุลของสายงานการประกอบ (Assembly line balancing) ซึ่งหมายถึง การจัดหรือแบ่งกลุ่มของงานประกอบต่าง ๆ ให้แต่ละสถานีทำงาน เพื่อ

ให้การผลิตต่อเนื่องกันอย่างสม่ำเสมอ และให้เกิดการรอคอยหรือการตกค้างของชิ้นส่วนในตำแหน่งงานต่าง ๆ น้อยที่สุด

จากที่กล่าวมาข้างต้นพอจะสรุปเป้าหมายของการจัดสมดุลสายการผลิต ได้ดังนี้ คือ

1 .ต้องการหาจำนวนตำแหน่งงานที่น้อยที่สุดโดยจำนวนการผลิตคงที่ (Fixed Production for Opitimum Operators)

2. ต้องการผลผลิตมากที่สุดโดยใช้คนงานเท่าเดิม (Fixed Operators for Maximum Production)

2.4.1 การกำหนดรอบเวลาผลิต (Cycle Time) และสถานีงาน (Work Station)

ในการกำหนดรอบเวลาการผลิตโดยปกติจะขึ้นอยู่กับปริมาณความต้องการของตลาด ซึ่งกำหนดมาเป็นอัตราการผลิตต่อปี ต่อวัน หรือต่อชั่วโมง จากนั้นจึงมาหาว่าใน 1 ชิ้นควรจะใช้เวลาเท่าใด จึงจะผลิตได้ตามปริมาณที่ต้องการ ค่าเวลาของรอบการผลิตนี้จะมีประโยชน์อย่างมากต่อการออกแบบโรงงานหรือวางผังโรงงานและติดตั้งเครื่องจักรและยังมีประโยชน์ในกรณีที่มีการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตให้เพียงพอกับความต้องการที่เปลี่ยนไป

สูตรการหารอบเวลาการผลิตเป็นดังต่อไปนี้

$$\text{รอบเวลาการผลิต (ชั่วโมง)} = \frac{\text{เวลาการทำงานจริง (ชั่วโมง)}}{\text{จำนวนชิ้นงานที่ต้องการ}} \quad \text{.....(1)}$$

ในการทำงานจริง รอบเวลาผลิตจะต้องไม่น้อยกว่า เวลาของขั้นตอนการผลิตที่ใช้เวลามากที่สุด แต่เนื่องจากการจัดสมดุลสายการผลิตนั้น จำเป็นจะต้องให้ได้ปริมาณการผลิตตามความต้องการของตลาด ทำให้การจัดสายการผลิตบางครั้ง การจัดให้สถานีงานที่มีอยู่ทุก ๆ สถานีทำงานใช้เวลาเท่ากับรอบเวลาผลิตที่คำนวณได้ อาจจะกระทำได้เนื่องจากมีข้อจำกัดเกี่ยวกับลำดับ

ขั้นตอนการทำงานและเวลาที่ใช้ในแต่ละขั้นงาน ดังนั้น จึงจำเป็นจะต้องเพิ่มสถานีทำงานเพิ่มขึ้นให้เหมาะสมเพื่อจะได้รอบเวลาผลิตตามต้องการ

การหาจำนวนสถานีงานในแต่ละขั้นตอนการผลิตเพื่อให้ได้รอบเวลาการผลิต เพื่อให้ได้รอบเวลาการผลิตตามต้องการหาได้จากสูตรต่อไปนี้

$$\text{จำนวนสถานีงานที่ต้องการ} = \frac{\text{เวลามาตรฐานการทำงานต่อชิ้นในขั้นตอนการผลิตนั้น(ชั่วโมง)}}{\text{รอบเวลาการผลิตที่ต้องการ (ชั่วโมง)}} \quad \text{..... (2)}$$

$$\text{จำนวนชิ้นมาตรฐานต่อชั่วโมง(UPH)} = 1/\text{เวลามาตรฐานการทำงานต่อชิ้นในขั้นตอนการผลิตนั้น (ชั่วโมง)} \quad \text{....(3)}$$

เมื่อนำสูตรที่ (1), (2) และสูตรที่ (3) มารวมเข้าด้วยกันเพื่อให้สะดวกในการนำไปใช้งานจริงในทางปฏิบัติเพื่อลดความซับซ้อนในการคำนวณ ในโรงงานประเภท Assembly line โดยทั่วไปมักจะกล่าวถึงในลักษณะของจำนวนชิ้นงานที่ต้องการต่อวันหรือต่อกะ และเวลามาตรฐานการทำงานในแต่ละขั้นตอนการผลิตมักจะกล่าวถึงในลักษณะของจำนวนชิ้นงานที่ทำได้ต่อชั่วโมง หรือ Standard unit per hour (UPH)

$$\text{จำนวนสถานีงานที่ต้องการ} = \frac{\text{จำนวนชิ้นงานที่ต้องการ}}{\text{เวลาการทำงานจริง x UPH}} \quad \text{....(4)}$$

ในการนำสูตรที่ (4) ไปใช้จำเป็นจะต้องมีการปรับแต่ง เนื่องจากในการผลิตที่เกิดขึ้นในสายการประกอบจริง จะมีการสูญเสียชิ้นงานที่มีตำหนิข้อบกพร่องออกไป ดังนั้น จำนวนชิ้นงานที่เข้าตั้งแต่ขั้นตอนการผลิตแรกจนถึงขั้นตอนผลิตสุดท้ายจะมีความแตกต่างกัน โดยจะลดจำนวนชิ้นงานที่จะเข้าขั้นตอนการผลิตถัดไป ดังนั้น จำนวนสถานีงานที่ต้องการในแต่ละขั้นตอนการผลิตจะต้องคำนวณจากจำนวนชิ้นงานที่เข้ามาในขั้นตอนการผลิตนั้นๆดังสูตรที่ (5)

จำนวนสถานีงานที่ต้องการในแต่ละขั้นตอนการผลิต = $\frac{\text{จำนวนชิ้นงานที่เข้ามาในขั้นตอนการผลิต}}{\text{เวลาการทำงานจริง x UPH ของขั้นตอนผลิต}}$ ..(5)

จำนวนชิ้นงานที่เข้ามาในสถานีงานของแต่ละขั้นตอนการผลิตนั้นจะมีจำนวนเท่ากับจำนวนชิ้นงานที่คีออกจากสถานีงานในขั้นตอนการผลิตที่อยู่ก่อนหน้า

2.4.2 ข้อมูลที่ต้องรู้ในการจัดสมดุลสายการผลิต

1. ข้อมูลแสดงขั้นตอนของขั้นตอนการผลิตต่าง ๆ ซึ่งจะบอกให้ทราบถึงลำดับก่อนหลังของชิ้นงานต่าง ๆ

2. ข้อมูลแสดงเวลาที่ใช้ในการทำงานต่าง ๆ ซึ่งควรจะเป็นเวลามาตรฐาน (Standard Time) หรือจำนวนชิ้นงานมาตรฐานต่อชั่วโมง (Standard UPH) ของงานนั้น ๆ