บทที่ 4

การศึกษาและวิเคราะห์กำลังคนในการผลิตที่เหมาะสมและสัดส่วนกำลังคนในอนาคต

คำนำ

ในการศึกษาและวิเคราะห์กำลังคนในการผลิตที่เหมาะสม สำหรับอุตสาหกรรมประกอบรถยนต์ในประเทศ จะต้องมีขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้คือ

1. ศึกษาขั้นตอนการผลิต
2. ปริมาณการผลิต (คัน/วัน)
3. เวลามาตรฐานรวมในการผลิตต่อรถยนต์ 1 คัน (Standard tack time)
4. เวลามาตรฐานในแต่ละขั้นตอนการผลิต (Standard time)

เมื่อทราบข้อมูลเบื้องต้นดังกล่าวมาแล้ว สามารถนำมาวิเคราะห์ดังตัวอย่างต่อไปนี้

4.1 หลักการในการทำ LINE BALANCING

1. อัตราการผลิต 67 คัน/วัน
2. เวลาการทำงาน

เริ่มทำงานเช้า	8.15	น.
หยุดพักกลางวัน	11.50	น.
เริ่มทำงานบ่าย	13.05	น.
พัก 10 นาที	15.00 - 15.10	น.
เลิกงาน	16.15	น.
รวมเวลาการทำงาน	395	นาที
ALLOWANCE TIME 10 %	39.5	นาที

$\therefore$ STANDARD TACK TIME $\frac{395}{67}$ = 5.895 นาที/1 คัน

3. พิจารณาความเหมาะสมของงานและจำนวนคนในแต่ละ STAGE,OPERATION โดยพยายามปรับเวลาการทำงานให้ใกล้เคียงกับ STANDARD TACK TIME มากที่สุด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.2 การจัดกำลังคนให้เหมาะสมตามการจัดสายงานผลิต (Line balancing)

ในแต่ละแผนกของขบวนการประกอบรถยนต์จะมีขั้นตอนการผลิตอยู่หลายขั้นตอน เราจะต้องศึกษาหาเวลามาตรฐานของแต่ละขั้นตอนการผลิต (Standard time)

ซึ่งผลที่ได้รับจะต้องไม่มากไปกว่าเวลามาตรฐานรวม (STANDARD TACK TIME) และในบางครั้งอาจจะต้องรวมขั้นตอนการผลิตเข้าด้วยกัน ในกรณีที่เวลามาตรฐานในการทำงานน้อยเกินไป ไม่ใกล้เคียงกับเวลามาตรฐาน เพื่อจัดกำลังคนให้เหมาะสมได้ พิจารณาจากการจัดกำลังคนในแผนกเชื่อมประกอบหัวเก๋ง (CAR BODY SPOT LINE) ซึ่งสามารถจัดกำลังคนให้เหมาะสมกับงานได้ดังต่อไปนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.1

เวลามาตรฐานในการประกอบหัวเก้ง (ปัจจุบัน)

จำนวนคน

หัวหน้าแผนก	1
ผู้ช่วยหัวหน้าแผนก	1
คนงาน	20

ขั้นตอน	คนงาน	เวลามาตรฐาน (นาที) 1.0 2.0 3.0 4.0 5.0 6.0
1	(R^2/L)	3.583
2	1*	3.587
3	1	3.67
4	(R^2/L)	4.43
5	1*	3.86
6	1	3.31
7	1	4.69
8	1	4.83
9	5	4.36
10	4	3.41
11	(R^2/L)	2.50

5.895 เวลามาตรฐานรวม

ขั้นตอนที่ 2 และ 5 ใช้พนักงานคนเดียวกัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.2

เวลามาตรฐานในการประกอบหัวเก๋ง (ปรับปรุง)

จำนวนคน

หัวหน้าแผนก	1
ผู้ช่วยหัวหน้าแผนก	1
คนงาน	18

ขั้นตอน	คนงาน	เวลามาตรฐาน (นาที) 1.0 2.0 3.0 4.0 5.0 6.0
1	(R^2/L)	4.37
2	1*	3.63
3	(R^2/L)	4.8
4	1*	1.86
5	1*	3.32
6	1	4.69
7	1	4.83
8	5	4.60
9	3	4.00
10	(R^2/L)	4.40

เวลามาตรฐาน 5.895

* ขั้นตอนที่ 2,4 และ 5 ใช้พนักงาน 2 คน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.3

การจัดสายงานผลิต (Line Balancing)

การประกอบหัวเก๋ง (ปรับปรุง)

ขั้นตอน	การทำงาน	คนงาน	เวลามาตรฐาน
1	ENG COMP ASSY	2	4.373
2	FLOOR SIDE ASSY	1	3.67
3	FLOOR MAIN ASSY	2	4.8
4	BACK ASSY	1	1.86
5	AIR BOX ASSY		3.31
6	BODY SIDE ASSY LH	1	4.69
7	BODY SIDE ASSY RH	1	4.83
8	CAB BODY ASSY MAIN 1^{ST}	5	4.601
9	CAB BODY ASSY MAIN 2^{ND}	3	4.010
10	ADD WELD CAB BODY (CO_2 ARC WELDING)	2	4.408
	รวม	18	

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.4

รายละเอียดการปรับปรุงการผลิตแผนกประกอบหัวเก๋ง

เพื่อจัดกำลังคนให้เหมาะสม

ปัจจุบัน			ปรับปรุง		
ขั้นตอน	การทำงาน	เวลา	ขั้นตอน	เวลา	หมายเหตุ
1	ASSY ENG COMP 1. HOOKLEDGE ASSY R/L 2. SUPT ASSY-RAD CORE 3. DASH LWR ASSY (พนักงาน 2 คน)	3.583	1	4.373	1. เนื่องจากสามารถทำงานได้ด้วยคน 2 คนเช่นกัน 2. เวลาการทำงานไม่มากเกินกว่ากำหนด
4	PUNCH CAB BODY (พนักงาน 2 คน)	0.79			
2	ASSY FR FLOOR	3.587	-		1. ยุบการทำงานในขั้นตอนนี้ไปอยู่กับ ASSY FLOOR MAIN
3	ASSY FLOOR SIDE R/L (พนักงาน 1 คน)	3.67	2	3.67	1. คงเดิม 2. พนักงานที่ขั้นตอนนี้ เมื่อทำงานที่ SUB FLOOR SIDE ได้ครบตามจำนวนแล้วจะไปช่วยงานในขั้นตอนที่ 4 และ 5

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปัจจุบัน			ปรับปรุง		
ขั้นตอน	การทำงาน	เวลา	ขั้นตอน	เวลา	หมายเหตุ
4	ASSY FLOOR MAIN 1. ENG COMP ASSY 2. FLOOR SIDE ASSY R/L 3. FLOOR ASSY-FR (พนักงาน 2 คน)	3.64	3	4.8	1. รวม JIG FLOOR MAIN SUB เข้ากับ JIG FLOOR MAIN 2. สามารถทำงานในช่วงเวลาที่กำหนดได้
2	ASSY FR. FLOOR 1. REINF ASSY-ANCH INR 2. FLOOR-FR 3. MBR ASSY-FR FLOOR R/L (พนักงาน 1 คน)	2.32			
5	ASSY BACK PANEL (พนักงาน 1 คน)	1.86	4	1.86	1. พนักงาน 1 คนจะทำงาน 2 ขั้นตอนคือ 4 และ 5 รวมเวลามาตรฐาน 5.17 นาที เมื่อ SUB FLOOR SIDE R/L ได้ตามจำนวนแล้วจะมาช่วยทำงานที่ขั้นตอนนี้
6	ASSY AIR BOX (พนักงาน 1 คน)	3.31	5	3.31	
7	ASSY BODY SIDE LH (พนักงาน 1 คน)	4.67	6	4.67	1. ขั้นตอนนี้ไม่มีการเปลี่ยนแปลงการทำงานเนื่องจากใช้เวลาพอสมควร

- ขั้นตอนที่ 3 Floor Main Assy พนักงาน 2 คน

ปัจจุบัน			ปรับปรุง		
ขั้นตอน	การทำงาน	เวลา	ขั้นตอน	เวลา	หมายเหตุ
8	ASSY BODY SIDE RH (พนักงาน 1 คน)	4.83	7	4.83	1. ขั้นตอนนี้ไม่มีการเปลี่ยนแปลงการทำงาน เนื่องจากใช้เวลาพอสมควร
9	ASSY BODY MAIN 1ST (พนักงาน 5 คน)	4.361	8	4.601	1. ย้ายการ SEAL AIR BOX จากขั้นตอน S-2 มาอยู่ในขั้นตอนนี้โดยให้เป็นงานของพนักงานผู้ที่ทำการ SEAL อยู่เดิม
S-2	SEAL AIR BOX				2. เพิ่มงานตรวจคราบน้ำมันกันสนิม
10	ASSY BODY MAIN 2ND (พนักงาน 4 คน)	3.419	9	4.019	1. ลดพนักงานลง 1 คน 2. งานที่เพิ่มขึ้นได้แก่การเช็ดคราบน้ำมันกันสนิมบริเวณด้านในของ PANEL ROOF
11	ADD WELD CAB BODY (พนักงาน 2 คน)	2.508	10	4.408	1. อุปกรณ์ที่เพิ่มขึ้นได้แก่ AIR TOOL สำหรับขันสกรู
S-6	FIX-PLATE SEAT ANCH	0.29			
S-5	FIX HINGE ASSY HOOD	0.62			
S-1	ยก CAB BODY ขึ้นจาก LINE CAB BODY SPOT เพื่อไปยัง LINE CAB BODY METAL				

- ขั้นตอนปรับปรุงใหม่ที่ 9 CAB BODY ASSY MAIN 2ND ใช้พนักงาน 2 คน
- S-2 หมายถึงขั้นตอนทำงานย่อยที่ 2

พิจารณาจากการปรับปรุงการผลิตเพื่อจัดกำลังคนให้เหมาะสมในแต่ละแผนกแล้ว เมื่อจัดให้ครบทั้งขบวนการผลิต ก็จะสามารถทราบกำลังคนทั้งหมดได้ แต่ในสายงานผลิตจะแบ่งกำลังคนในหลายระดับได้แก่

1. คนงาน
2. ผู้ช่วยช่างเทคนิค (ป.ว.ช. หรือเทียบเท่า)
3. ช่างเทคนิค (ป.ว.ส. หรือเทียบเท่า)
4. วิศวกรควบคุม (ปริญญาตรีหรือเทียบเท่า)

ในกรณีที่เทียบเท่าไว้นี้หมายความถึง ผู้มีทักษะในการทำงานสูง หรือมีประสพการณ์มานานเพียงพอที่จะรับผิดชอบในตำแหน่งหน้าที่นั้นได้ จากการศึกษาและรวบรวมข้อมูลในสายงานประกอบรถ - ยนต์ ของอุตสาหกรรมประกอบรถยนต์ในประเทศไทย สามารถสรุปผลข้อมูลได้ดังต่อไปนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.5

แสดงกำลังคนในระดับต่าง ๆ ของบริษัทฯ ประกอบรถยนต์ในประเทศ

ลำดับที่	ชื่อโรงงาน	กำลังคน			
		คนงาน	ผู้ช่วยช่างเทคนิค	ช่างเทคนิค	วิศวกร
1	บริษัท กรรณสูตร เจเนอรัล แอสเซมบลี จำกัด	165	53	20	10
2	บริษัท สยามกลการและนิสสัน จำกัด	251	38	22	10
3	บริษัท โตโยต้ามอเตอร์ (ประเทศไทย) จำกัด	375	27	21	15
4	บริษัท สหพัฒนายานยนต์ จำกัด	70	15	10	5
5	บริษัท ปรินซ์มอเตอร์ (ประเทศไทย) จำกัด	140	30	20	10
6	บริษัท อีซูซุมอเตอร์ (ประเทศไทย) จำกัด	261	31	18	25
7	บริษัท ไทยฮีโนอุตสาหกรรม จำกัด	189	18	16	18
8	บริษัท ธนบุรีประกอบรถยนต์ จำกัด	200	40	20	8
9	บริษัท วาย.เอ็ม.ซี. แอสเซมบลี จำกัด	215	46	25	12
10	บริษัท บางชัน เจเนอรัล แอสเซมบลี จำกัด	83	37	19	2
11	บริษัท สุโกศลและมาสด้าอุตสาหกรรมรถยนต์ จำกัด	210	45	25	9
12	บริษัท ไทยสวีดิช แอสเซมบลี จำกัด	72	19	10	7
13	บริษัท สยามอุตสาหกรรมรถยนต์ จำกัด	442	45	10	9
14	บริษัท สยามเยเนอรัล แอสเซมบลี จำกัด	91	10	7	10
	รวมทั้งหมด	2764	454	243	150

ที่มา : จากการสอบถามโรงงาน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.3 การวิเคราะห์หาสัดส่วนของกำลังคนที่เหมาะสม

ในการทำงานของขบวนการประกอบรถยนต์ นอกจากจะมีกำลังคนในระดับต่าง ๆ ดังที่กล่าวมาแล้ว จากการสำรวจพบว่ากำลังคนในสายการผลิตปัจจุบันเพียงพอเหมาะสมกับกำลังการผลิต จะจ้างบุคคลากรในระดับต่าง ๆ เพิ่มเข้าไปใหม่นั้นในกรณีที่บุคคลากรเก่าลาออกเท่านั้น ในขั้นแรกจะต้องแสดงสัดส่วนของการเลื่อนระดับ จากการบันทึกของฝ่ายบุคคลแสดงว่าในช่วงเวลาหนึ่ง ๆ (3 เดือน) จะมีการเปลี่ยนแปลงดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.6 แสดงการเปลี่ยนแปลงกำลังคนใน 1 Period

จาก \ ถึง	1	2	3	4	การให้ออก	รวมทั้งหมด
1. วิศวกร	130	0	0	0	20	150
2. ช่างเทคนิค	4	196	0	0	43	243
3. ผู้ช่วยช่างเทคนิค	0	10	394	0	50	454
4. คนงาน	0	0	25	2559	180	2746

จากตารางสามารถจัดใหม่ได้ดังนี้

ตารางที่ 4.7 แสดงการเปลี่ยนแปลงบุคคลากรในช่วงเวลา (Period)

ระดับ	การเลื่อนระดับ	การให้ออก
1. วิศวกร	0	20/150
2. ช่างเทคนิค	4/243	43/243
3. ผู้ช่วยช่างเทคนิค	10/454	50/454
4. คนงาน	25/2764	180/2764

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แต่จากการสำรวจพบว่าพนักงานในระดับต่าง ๆ ที่ลาออกรวมทั้งหมด 293 คน จึงจำเป็นจะต้องมีการจ้างงานเข้ามาใหม่ ให้เหมาะสมกับจำนวนที่ลาออกซึ่งมีดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.8 แสดงจำนวนที่บุคคลากรลาออก (คน)

ระดับ	ลาออก
1. วิศวกร	20
2. ช่างเทคนิค	43
3. ผู้ช่วยช่างเทคนิค	50
4. คนงาน	180
รวมทั้งหมด	293

บุคคลากรที่รับเข้ามาใหม่ (New Employee) จะมีสัดส่วนเท่ากับบุคคลากรที่ลาออกไป ซึ่งได้แก่

ตารางที่ 4.9 แสดงจำนวนบุคลากรที่รับเข้ามาใหม่ (คน)

ระดับ	สัดส่วน	ร้อยละ
1. วิศวกร	20/293 = 0.0682	6.82
2. ช่างเทคนิค	43/293 = 0.1467	14.67
3. ผู้ช่วยช่างเทคนิค	50/293 = 0.1706	17.06
4. คนงาน	180/293 = 0.6143	61.43

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากข้อมูลที่ได้กล่าวมาแล้วนี้ แสดงให้เห็นว่ามีการเปลี่ยนแปลงกำลังคนในช่วง ระยะเวลาหนึ่งตลอดเวลา จึงเหมาะสมที่จะเอาข้อมูลเหล่านี้มาจัดในรูปของเมตริกซ์ ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลง (Transition Probability Matrix) เพื่อใช้คาดคะเนหาสัดส่วนสำหรับบุคคลากรที่เหมาะสมในอนาคตได้ต่อไป

ตารางที่ 4.10 แสดงเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงกำลังคน (เศษส่วน)

จาก \ ถึง	1	2	3	4	ลาออก
1. วิศวกร	$\frac{130}{150}$	0	0	0	$\frac{20}{150}$
2. ช่างเทคนิค	$\frac{4}{243}$	$\frac{196}{243}$	0	0	$\frac{43}{243}$
3. ผู้ช่วยช่างเทคนิค	0	$\frac{10}{454}$	$\frac{394}{454}$	0	$\frac{50}{454}$
4. คนงาน	0	0	$\frac{25}{2764}$	$\frac{2559}{2764}$	$\frac{180}{2764}$
5. พนักงานใหม่	$\frac{20}{293}$	$\frac{43}{293}$	$\frac{50}{293}$	$\frac{180}{293}$	0

ตารางที่ 4.11 แสดงเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงกำลังคน (ทศนิยม)

จาก \ ถึง	1	2	3	4	ลาออก
1. วิศวกร	0.8666	0	0	0	0.1333
2. ช่างเทคนิค	0.0164	0.8065	0	0	0.1769
3. ผู้ช่วยช่างเทคนิค	0	0.0220	0.8678	0	0.1101
4. คนงาน	0	0	0.0094	0.9258	0.0651
5. พนักงานใหม่	0.0682	0.1467	0.1706	0.6143	0

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ฉนั้นจากเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงกำลังคนในสายการผลิตของอุตสาหกรรมประกอบรถยนต์ในประเทศซึ่งได้จากการเก็บข้อมูล ทำให้สามารถคาดคะเนหาสัดส่วนสำหรับบุคลากรในอนาคตได้ดังนี้

สัดส่วนของบุคลากรที่น่าจะเป็นในช่วงที่ N = ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงเดิม

X สัดส่วนของบุคลากรในช่วงที่ N-1

ตารางที่ 4.12 แสดงสัดส่วนของบุคลากรเดิม (ช่วงที่ 1)

ระดับ	จำนวน(คน)	สัดส่วน	ร้อยละ
1. วิศวกร	150	0.0395	3.95
2. ช่างเทคนิค	243	0.0640	6.40
3. ผู้ช่วยช่างเทคนิค	454	0.1195	11.95
4. คนงาน	2,764	0.7277	72.77
5. พนักงานใหม่	187	0.0492	4.92
รวม	3,798	1	100

ฉนั้นจะได้ว่า

สัดส่วนของบุคลากรที่น่าจะเป็นในช่วงที่ 2 = ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงเดิม

X สัดส่วนของบุคลากรในช่วงที่ 1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สัดส่วนของบุคคลากรในช่วงที่ 1 เมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลง

1	2	3	4	5					
(0.0395	0.0640	0.1195	0.7277	0.0492) X	0.8666	0	0	0	0.1333
					0.0164	0.8065	0	0	0.1769
					0	0.0220	0.8678	0	0.1101
					0	0	0.0094	0.9258	0.0651
					0.0682	0.1467	0.1706	0.6143	0

สัดส่วนของบุคลากรที่น่าสนใจในช่วงที่ 2

1. วิศวกร = (0.0395x0.8666) + (0.0640x0.0164) + (0.1195x0) + (0.7277x0) + (0.0492x0.0682) = 0.0386

2. ช่างเทคนิค = (0.0640x0.8065) + (0.1195x0.220) + (0.049x 0.1467) = 0.0614

3. ผู้ช่วยช่างเทคนิค = (0.1195x0.8678) + (0.7277x0.0094) + (0.0492x0.1706) = 0.1189

4. คนงาน = (0.7277x0.9258) + (0.0492x0.6143) = 0.7039

5. พนักงานใหม่ = (0.0395x0.9333) + (0.0640x0.1764) + (0.1195x 0.1101) + (0.7277x0.0651) = 0.0771

เมื่อทำการคำนวณผลลัพธ์ของช่วง (Period) ต่อไป โดยที่นโยบายต่าง ๆ ไม่เปลี่ยนแปลงจะได้สัดส่วนของแต่ละช่วงเวลาออกมา แต่เพื่อความสะดวกและรวดเร็วจึงใช้การประเมินผลด้วยเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์แบบ APPLE II โดยกำหนดค่าความละเอียดของผลลัพธ์ 0.003 จะได้สัดส่วนของบุคคลากรระดับต่างๆตามตารางที่ 4.13 และรายละเอียดของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ภาษาเบสิคพร้อมผลลัพธ์จะแสดงในภาคผนวก ง.

ตารางที่ 4.13 แสดงจำนวนบุคลากรในแต่ละช่วงเวลา (สัดส่วน)

PROBABILITY OF BEING IN STATE J AFTER I STEPS

I \ J=	1	2	3	4	5
0	0.0395	0.0640	0.1195	0.7277	0.0492
1	0.0386	0.0615	0.1189	0.7039	0.0771
2	0.0397	0.0635	0.1230	0.6991	0.0749
3	0.0406	0.0649	0.1261	0.6932	0.0756
4	0.0414	0.0662	0.1288	0.6882	0.0759
5	0.0421	0.0674	0.1312	0.6838	0.0762
6	0.0428	0.0684	0.1333	0.6799	0.0765
7	0.0434	0.0693	0.1351	0.6764	0.0767
8	0.0440	0.0701	0.1367	0.6734	0.0770
9	0.0446	0.0709	0.1381	0.6707	0.0772
10	0.0450	0.0715	0.1393	0.6683	0.0773
11	0.0455	0.0721	0.1404	0.6662	0.0775
12	0.0459	0.0726	0.1413	0.6644	0.0776
13	0.0462	0.0730	0.1421	0.6628	0.0778
14	0.0466	0.0734	0.1428	0.6614	0.0779
15	0.0469	0.0738	0.1434	0.6602	0.0780
16	0.0472	0.0741	0.1440	0.6591	0.0781
17	0.0474	0.0744	0.1445	0.6581	0.0782
18	0.0476	0.0746	0.1449	0.6573	0.0782
19	0.0478	0.0749	0.1453	0.6566	0.0783
20	0.0480	0.0751	0.1456	0.6560	0.0784
21	0.0482	0.0752	0.1459	0.6554	0.0784
22	0.0483	0.0754	0.1461	0.6550	0.0785
23	0.0485	0.0755	0.1464	0.6546	0.0785
24	0.0486	0.0756	0.1465	0.6542	0.0785
25	0.0487	0.0758	0.1467	0.6539	0.0786
26	0.0488	0.0759	0.1469	0.6537	0.0786
27	0.0489	0.0759	0.1470	0.6535	0.0787
28	0.0490	0.0760	0.1471	0.6533	0.0787
29	0.0491	0.0761	0.1473	0.6532	0.0787
30	0.0491	0.0762	0.1474	0.6531	0.0787
31	0.0492	0.0762	0.1474	0.6530	0.0788
32	0.0493	0.0763	0.1475	0.6529	0.0788
33	0.0493	0.0763	0.1476	0.6529	0.0788
34	0.0494	0.0763	0.1477	0.6528	0.0788
35	0.0494	0.0764	0.1477	0.6528	0.0788
36	0.0494	0.0764	0.1478	0.6528	0.0789
37	0.0495	0.0765	0.1478	0.6528	0.0789
38	0.0495	0.0765	0.1479	0.6528	0.0789
39	0.0495	0.0765	0.1479	0.6529	0.0789
40	0.0496	0.0765	0.1480	0.6529	0.0789
41	0.0496	0.0766	0.1480	0.6529	0.0789
42	0.0496	0.0766	0.1481	0.6530	0.0790
43	0.0496	0.0766	0.1481	0.6530	0.0790
44	0.0497	0.0766	0.1481	0.6531	0.0790
45	0.0497	0.0766	0.1482	0.6532	0.0790
46	0.0497	0.0767	0.1482	0.6532	0.0790
47	0.0497	0.0767	0.1482	0.6533	0.0790
48	0.0497	0.0767	0.1482	0.6534	0.0790
49	0.0497	0.0767	0.1483	0.6534	0.0790
50	0.0498	0.0767	0.1483	0.6535	0.0791
51	0.0498	0.0767	0.1483	0.6536	0.0791
52	0.0498	0.0768	0.1483	0.6537	0.0791
53	0.0498	0.0768	0.1484	0.6538	0.0791
54	0.0498	0.0768	0.1484	0.6538	0.0791
55	0.0498	0.0768	0.1484	0.6539	0.0791
56	0.0498	0.0768	0.1484	0.6540	0.0791
57	0.0498	0.0768	0.1485	0.6541	0.0791
58	0.0498	0.0768	0.1485	0.6542	0.0792
59	0.0499	0.0768	0.1485	0.6543	0.0792
60	0.0499	0.0769	0.1485	0.6544	0.0792
61	0.0499	0.0769	0.1486	0.6545	0.0792
62	0.0499	0.0769	0.1486	0.6545	0.0792
63	0.0499	0.0769	0.1486	0.6546	0.0792
64	0.0499	0.0769	0.1486	0.6547	0.0792
65	0.0499	0.0769	0.1487	0.6548	0.0792
66	0.0499	0.0769	0.1487	0.6549	0.0793

4.4 สถานะดุลยภาพ (Equilibrium Condition)

จากผลลัพธ์ที่ได้นั้นจะแสดงให้เห็นว่า ถ้าในอุตสาหกรรมประกอบรถยนต์ใช้นโยบายการบริหารที่คงที่แน่นอน เมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงจะคงที่ตลอด ฉนั้นสถานะดุลยภาพซึ่งหมายถึงสัดส่วนของบุคลากรที่จะเกิดในช่วงเวลาหนึ่งจะอยู่ในลักษณะคงที่ นั่นคือ เมื่อไม่มีส่วนแบ่งใดเป็นศูนย์แล้วจะต้องมีอยู่งวดหนึ่งในอนาคตที่ส่วนแบ่งที่น่าจะเป็นสุดท้ายอยู่ในลักษณะคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงอีก พิจารณาได้จากเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลง

จาก \ ถึง	1	2	3	4	ลาออก
1. วิศวกร	0.8666	0	0	0	0.1333
2. ช่างเทคนิค	0.0164	0.8065	0	0	0.1769
3. ผู้ช่วยช่างเทคนิค	0	0.0220	0.8678	0	0.1101
4. คนงาน	0	0	0.0094	0.9258	0.0651
5. พนักงานคนใหม่	0.0682	0.1467	0.1706	0.6143	0

จากแถวนอนที่ 1 หาส่วนแบ่งของ A ในงวดระยะเวลาดุลยภาพมีค่าเท่ากับ

0.8666 x ส่วนแบ่งที่วิศวกรมีอยู่ในงวดระยะเวลาดุลยภาพ -1

\+ 0 x ส่วนแบ่งที่ช่างเทคนิคมีอยู่ในงวดระยะเวลาดุลยภาพ -1

\+ 0 x ส่วนแบ่งที่ผู้ช่วยช่างเทคนิคมีอยู่ในงวดระยะเวลาดุลยภาพ -1

\+ 0 x ส่วนแบ่งที่คนงานมีอยู่ในระยะเวลาดุลยภาพ -1

\+ 0.1333 x ส่วนแบ่งที่พนักงานใหม่มีอยู่ในระยะเวลาดุลยภาพ -1

ซึ่งสามารถเขียนอยู่ในรูปสมการได้ คือ

$$A_{eq} = 0.8666A_{eq-1} + 0.1333E_{eq-1} \quad , (A = \text{วิศวกร})$$

ในทำนองเดียวกันสามารถหาส่วนแบ่งตลาดของ B(ช่างเทคนิค) , C(ผู้ช่วยช่างเทคนิค) , D(คนงาน) , E(พนักงานใหม่) ที่ระยะเวลาดุลยภาพได้ดังนี้ :

$$B_{eq} = 0.0164A_{eq-1} + 0.8065B_{eq-1} + 0.1769E_{eq-1}$$

$$C_{eq} = 0.0220B_{eq-1} + 0.8678C_{eq-1} + 0.1101E_{eq-1}$$

$$D_{eq} = 0.0094C_{eq-1} + 0.9258D_{eq-1} + 0.0651E_{eq-1}$$

$$E_{eq} = 0.0682A_{eq-1} + 0.1467B_{eq-1} + 0.1706C_{eq-1} + 0.6143D_{eq-1}$$

จะเห็นได้ว่าแนวความคิดนี้ มีลักษณะเช่นเดียวกับการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนบุคลากร เมื่อใกล้สถานะดุลยภาพ กล่าวคือ ในงวดระยะเวลาแรก ๆ ความน่าจะเป็นที่บุคลากรระดับหนึ่งได้มาหรือสูญเสียให้แก่บุคลากรอีกระดับหนึ่งจะอยู่ในอัตราสูง แต่เมื่อใกล้จุดดุลยภาพ การได้มาหรือสูญเสียมีจำนวนน้อย จนกระทั่งอาจถือได้ว่าเท่ากันในเชิงคณิตศาสตร์

ดังนั้นเราอาจเขียนสมการได้ใหม่ คือ

$$A = 0.8666A + 0.1333E \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(1)$$

$$B = 0.0164A + 0.8665B + 0.1769E \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(2)$$

$$C = 0.0220B + 0.8678C + 0.1101E \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(3)$$

$$D = 0.0094C + 0.9258D + 0.0651E \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(4)$$

$$E = 0.0682A + 0.1467B + 0.1706C + 0.6143D \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(5)$$

และผลรวมของสัดส่วนทั้งหมดเท่ากับ 1

จะได้ $A + B + C + D + E = 1$ $\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(6)$

เมื่อแก้สมการหาสัดส่วนของบุคลากร ณ.ระยะเวลาดุลยภาพ จะได้

วิศวกร (A) = 0.0499

ช่างเทคนิค (B) = 0.0769

ผู้ช่วยช่างเทคนิค (C) = 0.1487

คนงาน (D) = 0.6549

พนักงานใหม่ (E) = 0.0793

และสามารถพิสูจน์ได้โดยการคูณเมตริกซ์ของการเปลี่ยนแปลงเดิมด้วยสัดส่วนบุคลากรดุลยภาพได้ดังนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงเดิม

$$\begin{pmatrix} 0.8666 & 0 & 0 & 0 & 0.1333 \\ 0.0164 & 0.8065 & 0 & 0 & 0.1769 \\ 0 & 0.0220 & 0.8678 & 0 & 0.1101 \\ 0 & 0 & 0.0074 & 0.9258 & 0.0651 \\ 0.0682 & 0.1467 & 0.1706 & 0.6143 & 0 \end{pmatrix} \times$$

สัดส่วนบุคลากรดุลยภาพ

$$\begin{pmatrix} 0.0499 & 0.0769 & 0.1487 & 0.6549 & 0.0793 \end{pmatrix}$$

ผลลัพธ์เท่ากับ $\begin{pmatrix} 0.0499 & 0.0769 & 0.01487 & 0.6549 & 0.0793 \end{pmatrix}$

4.5 ภาวะอยู่ตัว (Steady State) ของเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลง

จากทฤษฎีของภาวะอยู่ตัวได้กล่าวมาแล้วว่า เมื่อ P เป็นเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงซึ่งสมจริง (correspond) กับ regular markov process ถ้านำ P มายกกำลังเรื่อง ๆ จนกระทั่งแถวนอน (row) แต่ละแถวของเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงที่ได้มีสมาชิก (ELEMENYS) ทุกตัวเหมือนกัน หรือใกล้เคียงกันหมด เช่น

$$P^n = T$$

$$T = \begin{pmatrix} \pi \\ \pi \\ \circ \\ \circ \\ \pi \end{pmatrix} \quad (\ \pi \text{ เป็น ROW VECTOR ที่มีสมาชิกเป็นบวกหมด})$$

$$\pi = \begin{pmatrix} \pi_1, \pi_2 \cdots \circ \pi_n \end{pmatrix}$$

ผลลัพธ์ T จะเรียกว่า STEADY STATE PROBABILITY MATRIX ซึ่งจากเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงกำลังคนในอุตสาหกรรมประกอบรถยนต์ที่กำหนดขึ้นจะได้ว่า

J →

I ↓

$$\begin{pmatrix} 0.8666 & 0 & 0 & 0 & 0.1333 \\ 0.0164 & 0.8065 & 0 & 0 & 0.1764 \\ 0 & 0.0220 & 0.8678 & 0 & 0.1101 \\ 0 & 0 & 0.0094 & 0.9258 & 0.0651 \\ 0.0682 & 0.1467 & 0.1706 & 0.6143 & 0 \end{pmatrix}$$

เมื่อเราสับที่ เมตริกซ์ (Transpose) เพื่อให้ได้ตามข้อกำหนด

$$\sum_{ij} P_{ij} = 1 \quad \text{และ} \quad 0 \leq P_{ij} \leq 1$$

ซึ่งเมื่อนำเอาเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงนี้มายกกำลังไปเรื่อย ๆ โดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ด้วยค่าความละเอียด 0.005 จะพบว่า

$$\begin{pmatrix} 0.8666 & 0 & 0 & 0 & 0.1333 \\ 0.0164 & 0.8065 & 0 & 0 & 0.1769 \\ 0 & 0.0220 & 0.8678 & 0 & 0.1101 \\ 0 & 0 & 0.0094 & 0.9258 & 0.0651 \\ 0.0682 & 0.1467 & 0.1706 & 0.6143 & 0 \end{pmatrix}^{66}$$

จะได้ผลลัพธ์เท่ากับ

$$\begin{pmatrix} 0.0499 & 0.0769 & 0.1487 & 0.6549 & 0.0793 \\ 0.0499 & 0.0769 & 0.1487 & 0.6549 & 0.0793 \\ 0.0499 & 0.0769 & 0.1487 & 0.6549 & 0.0793 \\ 0.0499 & 0.0769 & 0.1487 & 0.6549 & 0.0793 \\ 0.0499 & 0.0769 & 0.1487 & 0.6549 & 0.0793 \end{pmatrix}$$

ฉะนั้น เมื่อยกกำลังครั้งที่ 67 , 68 และต่อไปเรื่อย ๆ ก็ยังคงได้ผลลัพธ์เช่นเดิมแสดงว่าภาวะที่ 66 (ยกกำลัง 66 ครั้ง) เป็นภาวะอยู่ตัว (Steady State) ของเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงกำลังคนในอุตสาหกรรมประกอบรถยนต์