บทที่ 3

การวิเคราะห์ข้อมูล

สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูล สามารถที่จะแบ่งการวิเคราะห์ออกได้ตามหัวข้อของการวิจัยได้ 3 หัวข้อใหญ่ ๆ คือ

1. การหาคำตอบที่ดีที่สุดของจำนวนเครื่องบินลำเลียง

ข้อมูลที่นำมาใช้ในการวิจัยนี้ ได้มาจากการรวบรวมสถิติการปฏิบัติภารกิจของกองบิน 6 ฝูง 61 และฝูง 62 โดยเฉพาะเครื่องบินลำเลียงหลักของกองทัพอากาศไทยในปัจจุบัน คือ เครื่องบินแบบ C-47, C-123B และ C-123K ข้อมูลเหล่านี้ปกติแล้วจะได้รวบรวมไว้ในแต่ละเดือน เพื่อใช้เป็นรายงานการปฏิบัติงานของเครื่องบินแบบต่าง ๆ ของฝูงบิน ไปยังหน่วยควบคุม คือ กองยุทธการและการรบ กองบินยุทธการ

ในการเก็บข้อมูลเพื่อนำมาใช้ในการศึกษาวิจัยนี้ ได้รวบรวมข้อมูลของเครื่องบินแบบ C-47 และC-123B ตั้งแต่ ม.ค.16 ถึง ธ.ค.18 รวม 36 เดือน ส่วนเครื่องบินแบบ C-123K ได้ข้อมูลมาเพียง 24 เดือน คือตั้งแต่ ม.ค.17 ถึง ธ.ค.18 ที่เป็นเช่นนี้เพราะเครื่องบินแบบ C-123K นี้ เพิ่งเริ่มนำมาบรรจุใช้ในภารกิจบินลำเลียงในต้นปี พ.ศ. 2517 นี้เอง ข้อมูลที่ได้รวบรวมมาในแต่ละเดือนนี้ จะประกอบด้วยส่วนที่จำเป็นที่จะต้องนำมาใช้ในการวิจัย เช่น จำนวนชั่วโมงบินที่ใช้งานในภารกิจฝึก และภารกิจยุทธการ, จำนวนน้ำหนักพัสดุบรรทุกและผู้โดยสารรวม ดังได้แสดงไว้ในตารางที่ 1,2 และ 3

1.1 การพิจารณาและแยกประเภทของข้อมูล

ในการลำเลียงทางอากาศ สามารถที่จะแยก ภารกิจในการปฏิบัติการได้ 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

1.1.1 ภารกิจยุทธการ เป็นภารกิจการปฏิบัติเกี่ยวกับการลำเลียงยุทธสัมภาระ หรือพัสดุภัณฑ์และผู้โดยสาร ตามคำสั่งของหน่วยเหนือ เป็นการสนับสนุนการปฏิบัติการทางยุทธวิธี รวมทั้งภารกิจในการสนับสนุนหน่วยราชการอื่น และภารกิจพิเศษตามที่ได้รับการมอบหมายด้วย

1.1.2 ภารกิจฝึก มีภารกิจหลักในการฝึกนักบิน เจ้าหน้าที่ประจำเครื่องบิน ทั้งใหม่และเก่า ฝึกการปฏิบัติงานของผู้ทำงานในอากาศ เพื่อเพิ่มประสบการณ์และเกิดความชำนาญอยู่เสมอ รวมทั้งภารกิจในการทดลองเครื่อง และทดลองบินด้วย

สาเหตุที่ต้องแยกภารกิจเป็นภารกิจยุทธการ และภารกิจฝึก ก็คือ ในภารกิจยุทธการ นั้นเราคำนึงถึงระยะทาง และน้ำหนักบรรทุกเป็นสำคัญ ในกรณีที่จะลำเลียงพัสดุหรือผู้โดยสารไปส่ง ณ ที่หมายตามกำหนดแห่งหนึ่ง ถ้าใช้เครื่องบินขนาดหรือแบบที่ต่างกัน ความเร็ว และประสิทธิภาพในการบินที่ต่างกัน เวลาที่ใช้บินและค่าใช้จ่ายย่อมจะต่างกันไปด้วย ส่วนในภารกิจฝึกนั้น เราคำนึงถึงจำนวนชั่วโมงเป็นสำคัญ ไม่ว่าเราจะใช้เครื่องบินแบบใด ก็ต้องบินให้ได้ชั่วโมงบินตามที่กำหนดไว้ และในภารกิจฝึกมักจะไม่มีน้ำหนักบรรทุกหรือผู้โดยสาร หรือมีก็น้อยมากเมื่อเทียบกับสมรรถนะในการบรรทุกของเครื่องบินแบบนั้น ๆ ข้อแตกต่างที่เห็นได้ชัดของเครื่องบินขนาดใหญ่ และขนาดเล็กก็คือ ถ้าใช้เครื่องบินขนาดใหญ่ในการลำเลียง แม้ว่าจะบรรทุกได้มากกว่าและบินได้น้อยเที่ยวกว่าก็ตาม แต่เมื่อเป็นภารกิจฝึกการบินด้วยเครื่องบินเปล่า ๆ ด้วยชั่วโมงบินเท่ากัน ค่าใช้จ่ายของเครื่องบินขนาดใหญ่ย่อมมากกว่าเครื่องบินขนาดเล็ก รวมทั้งกรณีของเครื่องบินขนาดเดียวกัน เช่น C-123B และ C-123K แต่ C-123K เป็นเครื่องบินที่ได้มีการพัฒนาและปรับปรุงขึ้นมาใหม่ เช่นติดเครื่องยนต์เจ็ตเพิ่มขึ้นใต้บีกทั้งสองข้าง ทำให้มีสมรรถนะและขีดจำกัดในการบินแตกต่างไปจาก C-123B โดยเฉพาะเรื่องของค่าใช้จ่าย ซึ่งสิ่งเหล่านี้เป็นสิ่งสำคัญที่ควรนำมาพิจารณาด้วย

ส่วนน้ำหนักพัสดุที่บรรทุก และจำนวนของผู้โดยสารนั้นในทางปฏิบัติทางหน่วยขนส่งทางอากาศ (ขสอ.) และศูนย์ลำเลียงทางอากาศ (ศลอ.) จะเป็นผู้ที่รวบรวมภารกิจการลำเลียงทางอากาศ ที่ต้องการจากหน่วยเหนือ และแจกจ่ายแยกภารกิจไปยัง

ฝูงบินอีกทีหนึ่ง ดังนั้นจำนวนผู้โดยสารและน้ำหนักพัสดุบรรทุกจึงสามารถนำมารวมกันได้

สำหรับสมรรถนะของเครื่องบินที่นำมาศึกษาวิจัยนี้ สิ่งที่จำเป็นต้องทราบ คือ ความเร็วในการเดินทาง ความสามารถในการบรรทุก และค่าใช้จ่ายต่อชั่วโมงบิน ได้ข้อมูลมาจากกองวิทยาการ กรมช่างอากาศ บางซื่อ และกองโรงงานการซ่อมกรมช่างอากาศ ดอนเมือง

ข้อมูลที่จำเป็นในการวิจัยสามารถรวบรวมและแสดงได้ดังนี้

ตารางที่ 1 สถิติจำนวนชั่วโมง,ผู้โดยสาร และ นน.บรรทุกของ C-47 และC-123B ใน พ.ศ. 2516.

เดือน ปี	ชั่วโมงบิน ฝึก C-47	ชั่วโมงบิน ยุทธการ C-47	ชั่วโมงบิน ฝึก C-123B	ชั่วโมงบิน ยุทธการ C-123B	ผู้โดยสาร รวม (คน)	น้ำหนักพัสดุ รวม (ปอนด์)
ม.ค.16	165	233	50	207	6430	623285
ก.พ.16	162	247	52	213	6312	631222
มี.ค.16	156	243	48	201	6570	636402
เม.ย.16	158	249	52	209	6444	635353
พ.ค. 16	152	245	54	208	6586	642972
มิ.ย. 16	151	255	57	202	6695	634125
ก.ค. 16	154	250	55	205	6773	626339
ส.ค. 16	156	248	64	210	6842	654841
ก.ย. 16	166	255	56	212	6846	663970
ต.ค. 16	171	252	60	209	6870	649534
พ.ย. 16	178	256	55	210	6890	674714
ธ.ค. 16	174	258	58	212	6903	656952

ชั่วโมงบินทั้งหมดรวม 8093 ชั่วโมง

ชั่วโมงบิน ของ C-47 รวม 4934 ชั่วโมง = 60.93 %

ชั่วโมงบิน ของ C-123B รวม 3159 ชั่วโมง = 39.07 %

ตารางที่ 2 สถิติจำนวนชั่วโมงบิน, ผู้โดยสาร และ นน.บรรทุกของC-47, C-123B และ C-123K ใน พ.ศ.2517

เดือน ปี	ชั่วโมงบิน ฝึก C-47	ชั่วโมงบิน ยุทธการ C-47	ชั่วโมงบิน ฝึก C-123B	ชั่วโมงบิน ยุทธการ C-123B	ชั่วโมงบิน ฝึก C-123K	ชั่วโมงบิน ยุทธการ C-123K	ผู้โดยสาร รวม (คน)	น้ำหนักพัสดุ รวม (ปอนด์)
ม.ค.17	175	260	57	215	20	6	6946	640389
ก.พ.17	174	266	60	217	25	9	6976	569833
มี.ค.17	177	267	64	214	26	9	6915	710561
เม.ย.17	173	266	62	220	25	6	6936	659703
พ.ค.17	174	264	60	218	27	9	6938	666847
มิ.ย.17	175	271	69	225	28	7	6980	640002
ก.ค.17	189	267	61	217	26	9	7008	665562
ส.ค.17	181	270	60	224	29	8	7154	687384
ก.ย.17	183	275	69	215	27	6	7162	679517
ต.ค.17	189	273	70	227	32	8	7229	705854
พ.ย.17	206	275	80	222	30	10	7259	700270
ธ.ค.17	196	276	85	230	35	14	7201	698843

ชั่วโมงบินทั้งหมด รวม 9217 ชั่วโมง

ชั่วโมงบินของ C-47 รวม 5425 ชั่วโมง = 58.35 %

ชั่วโมงบินของ C-123B รวม 3441 ชั่วโมง = 37.01 %

ชั่วโมงบินของ C-123K รวม 431 ชั่วโมง = 4.64 %

ตารางที่ 3 สถิติจำนวนชั่วโมง, ผู้โดยสาร และ นน.บรรทุกของ C-47, C-123B และ C-123K ใน พ.ศ. 2518

เดือน ปี	ชั่วโมงบิน ฝึก C-47	ชั่วโมงบิน ยุทธการ C-47	ชั่วโมงบิน ฝึก C-123B	ชั่วโมงบิน ยุทธการ C-123B	ชั่วโมงบิน ฝึก C-123K	ชั่วโมงบิน ยุทธการ C-123K	ผู้โดยสาร รวม (คน)	น้ำหนักพัสดุ รวม (ปอนด์)
ม.ค.18	207	275	95	236	32	27	7293	743297
ก.พ.18	215	270	93	246	30	31	7224	674749
มี.ค.18	210	273	101	253	34	29	7321	689633
เม.ย.18	218	274	103	258	36	31	7405	742684
พ.ค.18	208	268	110	255	37	30	7301	752703
มิ.ย.18	211	276	106	261	40	32	7483	751260
ก.ค.18	205	277	113	259	38	30	7364	739736
ส.ค.18	209	279	119	262	42	33	7575	737183
ก.ย.18	213	283	118	271	49	30	7638	748248
ต.ค.18	212	282	121	276	42	30	7642	753864
พ.ย.18	197	285	120	273	40	32	7789	764319
ธ.ค.18	222	291	125	280	46	34	7684	766109

ชั่วโมงบินทั้งหมด รวม 11149 ชั่วโมง

ชั่วโมงบินของ C-47 รวม 5860 ชั่วโมง = 52.56 %

ชั่วโมงบินของ C-123B รวม 4454 ชั่วโมง = 39.95 %

ชั่วโมงบินของ C-123K รวม 835 ชั่วโมง = 7.49 %

1.2 การพยากรณ์ความต้องการ

จากการรวบรวมข้อมูลแต่ละประเภท จากตารางที่ 1,2 และ 3 เมื่อนำมาพิจารณาแล้วจะเห็นได้ว่า ข้อมูลแต่ละประเภทนั้นจะแสดงถึงลักษณะของข้อมูลที่เป็นอนุกรมเวลาชนิดแปรผันโดยบังเอิญหรือสุ่ม (Irregular or Random Movement) ซึ่งหมายถึงว่ามีการเปลี่ยนแปลงอันเป็นผลมาจากเกิดการกระทบกระเทือนต่อข้อมูล ซึ่งแปลกไปจากธรรมดา เช่น ภารกิจพิเศษที่ต้องปฏิบัติตามคำสั่ง หรือเหตุอื่น ๆ ที่เกิดขึ้นเฉพาะชั่วคราว และมีแนวโน้มที่เห็นได้ชัดว่าจะมีความต้องการสูงขึ้น ตามระยะเวลาส่วนจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับการกระเพื่อมของข้อมูลแต่ละประเภทจะมีมากเพียงใด

เพื่อให้การพยากรณ์ได้ผลดียิ่งขึ้น จึงต้องมีการนำข้อมูลที่ได้มาแต่ละชุดมาเกลาการกระเพื่อมด้วยวิธีถัวเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving Average) จากการพิจารณาวัฏจักร (cycle) ของกลุ่มข้อมูลโดยทั่วไปแล้วก็เห็นว่า ควรจะใช้อัตราการตอบสนอง (Rate of Response) คือ N = 5 ซึ่งคาดว่าเป็นค่าที่เหมาะสม

ส่วนวิธีการและขั้นตอนในการที่นำชุดข้อมูลต่าง ๆ ที่ได้ มาทำการพยากรณ์ความต้องการที่จำเป็นในการศึกษาวิจัย ก็โดยการใช้พื้นฐานจากความรู้ของวิธีการถัวเฉลี่ยเคลื่อนที่ และการพยากรณ์วิธีลิเนียร์ รีเกรสชั่น สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ขึ้นมา

โดยที่กำหนดจาก

$$Y_i = \frac{Y_j + Y_{j+1} + Y_{j+2} + \ldots + Y_{j+N-1}}{N} \qquad (\text{เมื่อ } j=i)$$

$$B = \frac{n(\Sigma X_i . Y_i) - (\Sigma X_i)(\Sigma Y_i)}{n(\Sigma X_i^2) - (\Sigma X_i)^2}$$

$$A = \frac{\Sigma Y_i}{n} - B\frac{\Sigma X_i}{n}$$

$$Y = A + BX$$

เนื่องจากข้อมูลที่เก็บมาได้ สำหรับจำนวนชั่วโมงบินฝึกและยุทธการของ C-47 กับ C-123K จำนวนผู้โดยสารรวม และจำนวนน้ำหนักพัสดุรวม มีอยู่ 6 ชุดข้อมูล โดยแต่ละชุดประกอบด้วยข้อมูล 36 เดือน ตามตารางที่ 1,2 และ 3 นั่นคือใช้ Y_j

ซึ่งมี 36 ข้อมูลมาเกลาการกระเพื่อมด้วยค่า N=5 จะได้ข้อมูลที่ผ่านการเกลาการกระเพื่อมแล้ว คือ $Y_i = j-N+1 = 36-5+1 = 32$ ข้อมูล ซึ่งก็คือค่าของ n หรือจำนวนข้อมูลที่จะนำไปทำการพยากรณ์นั่นเอง และค่าของ X_i จะมีค่าตั้งแต่ 1 ถึง 32

ข้อมูลที่รวบรวมมาได้ ตั้งแต่ ม.ค.2516 ถึง ธ.ค.2518 รวมเวลา 36 เดือน เมื่อนำข้อมูลมาเกลาการกระเพื่อมด้วย N=5 จะทำให้ข้อมูล 2 เดือนท้ายหายไป ดังนั้นเมื่อต้องการทราบความต้องการในเดือน ธ.ค.2523 ค่า X ที่ใช้คือ

$32 + 2 + 60 = 94$

จากคำอธิบายดังกล่าว สามารถนำมาปรับปรุงสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

$$\hat{Y}_i = \frac{Y_j + Y_{j+1} + Y_{j+2} + Y_{j+3} + Y_{j+4}}{5} \quad : (j = i)$$

$$B = \frac{32(\Sigma X_i Y_i) - (\Sigma X_i)(\Sigma Y_i)}{32(\Sigma X_i^2) - (\Sigma X_i)^2}$$

$$A = \frac{\Sigma Y_i}{32} - B\,\frac{\Sigma X_i}{32}$$

$$Y = A + 94\,B$$

ในกรณีที่ข้อมูลของชั่วโมงบินฝึกและยุทธการ ของ C-123K มีเพียงชุดละ 24 ข้อมูล (คือ Y_j) เมื่อมีเกลาการกระเพื่อมด้วย N=5 แล้ว จะได้ชุดข้อมูลที่ใช้เป็นตัวแทนของข้อมูลเดิมไปทำการพยากรณ์ (คือ Y_i) เท่ากับ $j-N+1 = 24-5+1=20$ ข้อมูล นั่นคือ n=20 ด้วย ดังนั้นในการจะพยากรณ์ความต้องการในเดือน ธ.ค.2523 จะต้องใช้ค่า $X = 20+2+60 = 82$

จะได้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการพยากรณ์ชั่วโมงบินฝึก และยุทธการของ C-123K เป็น

$$\hat{Y}_i = \frac{Y_j+Y_{j+1}+Y_{j+2}+Y_{j+3}+Y_{j+4}}{5} \quad : (j = i)$$

$$B = \frac{20(\Sigma X_i Y_i) - (\Sigma X_i)(\Sigma Y_i)}{20(\Sigma X_i^2) - (\Sigma X_i)^2}$$

$$A = \frac{\Sigma Y_i}{20} - B \frac{\Sigma X_i}{20}$$

$$Y = A + 82\ B$$

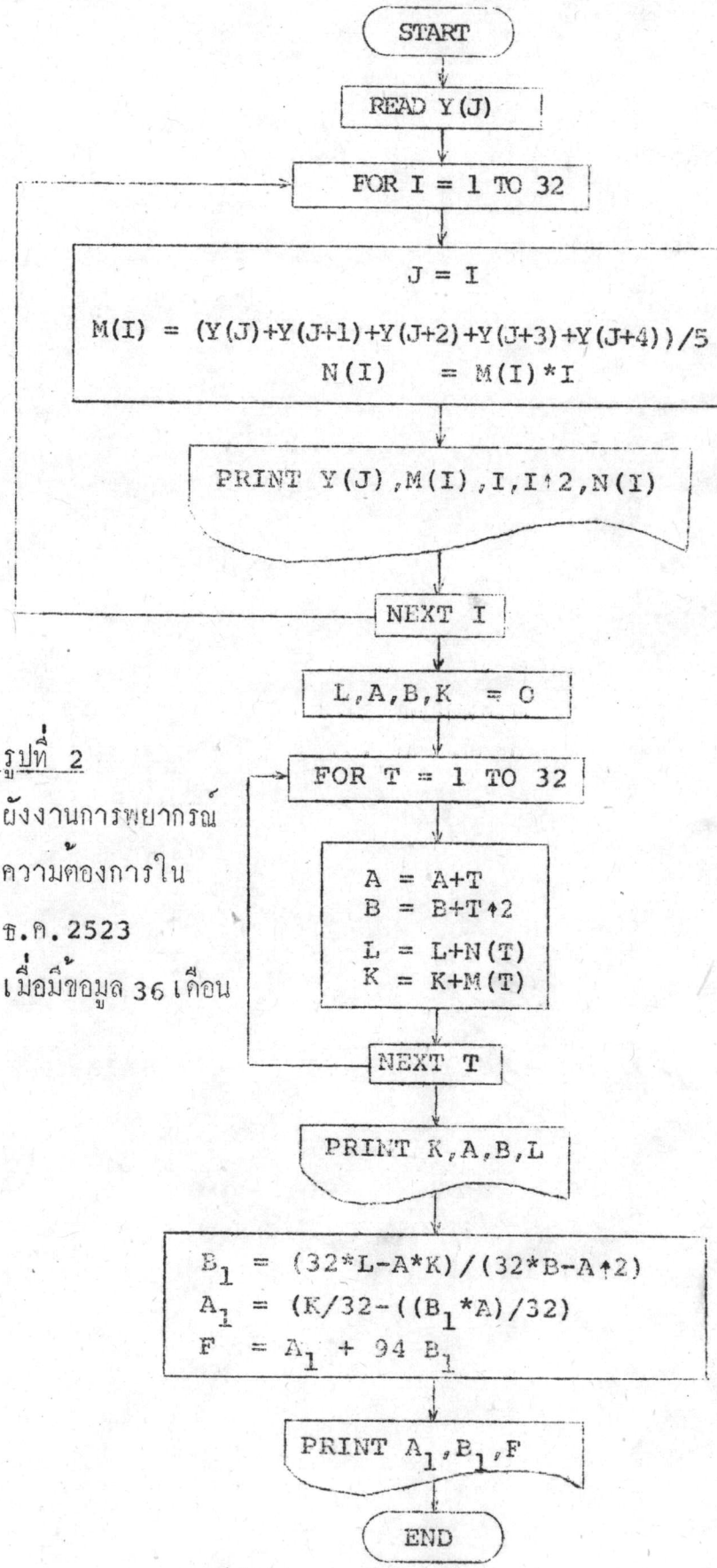
จากนั้นก็นำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ทั้ง 2 กรณีนี้มาเขียนผังงานตามรูปที่ 2 และรูปที่ 3 แล้วเปลี่ยนให้เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ภาษา BASIC หาผลลัพธ์ของการพยากรณ์ด้วย Mini - Computer

จากผลลัพธ์ของการพยากรณ์ความต้องการต่าง ๆ ของเดือน ธ.ค.2523 ซึ่งแสดงไว้ในผนวก ก.

จากนั้นนำมารวบรวมเพื่อใช้ในการศึกษาวิจัยขั้นต่อไปคือ

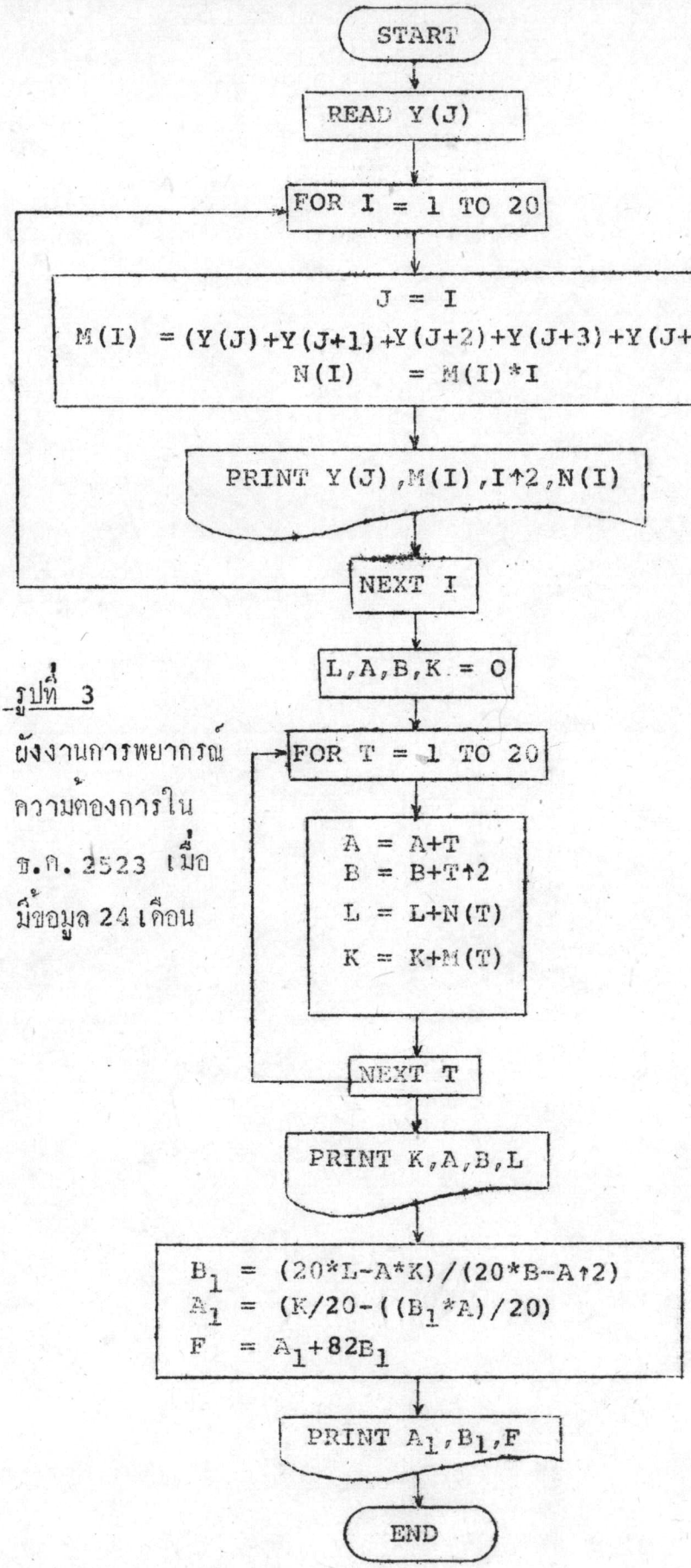
ตารางที่ 4 แสดงผลลัพธ์จากการพยากรณ์ความต้องการต่าง ๆ ใน ธ.ค.2523 ด้วยวิธี Moving Average และ Linear Regression

พารามิเตอร์ คาพยากรณ์ ธ.ค.2523	ชั่วโมงบิน ฝึก C-47	ชั่วโมงบิน ยุทธการ C-47	ชั่วโมงบิน ฝึก C-123B	ชั่วโมงบิน ยุทธการ C-123B	ชั่วโมงบิน ฝึก C-123K	ชั่วโมงบิน ยุทธการ C-123K	ผู้โดยสาร รวม (คน)	น้ำหนักพัสดุ รวม (ปอนด์)
A	149.900	246.702	38.506	192.739	22.519	1.693	6534.658	620383.152
B	2.125	1.145	2.271	2.152	1.004	1.699	32.623	3947.598
X	94	94	94	94	82	82	94	94
Y	349.613	354.361	251.964	395.045	104.840	140.994	9601.222	991457



รูปที่ 2

ผังงานการพยากรณ์ความต้องการใน ธ.ค. 2523 เมื่อมีข้อมูล 36 เดือน



รูปที่ 3

ผังงานการพยากรณ์ความต้องการใน ธ.ค. 2523 เมื่อมีข้อมูล 24 เดือน

1.3 การหาคำตอบที่ดีที่สุด

จากผลลัพธ์ของการพยากรณ์ความต้องการต่าง ๆ ที่จำเป็นในการศึกษาวิจัย ณ ธ.ค.2523 ในตารางที่ 4 ถ้าเราทราบค่าสมรรถนะของเครื่องบินทั้ง 3 แบบนี้ เราสามารถใช้ความรู้จากวิธีการจัดโครงการเชิงเส้น มาคำนวณหาค่าใช้จ่ายต่ำสุดในการใช้เครื่องบินทั้ง 3 แบบ ให้ได้ขีดจำกัดตามที่ได้พยากรณ์ไว้ ดังนี้

จากการพยากรณ์ความต้องการต่าง ๆ ณ ธ.ค.2523 จากตารางที่ 4

ชั่วโมงบินฝึกของ C-47	=	350	ชั่วโมง
ชั่วโมงบินยุทธการของ C-47	=	354	ชั่วโมง
ชั่วโมงบินฝึกของ C-123B	=	252	ชั่วโมง
ชั่วโมงบินยุทธการของ C-123B	=	395	ชั่วโมง
ชั่วโมงบินฝึกของ C-123K	=	105	ชั่วโมง
ชั่วโมงบินยุทธการของ C-123K	=	141	ชั่วโมง
จำนวนผู้โดยสารรวม	=	9601	คน
บรรทุกพัสดุรวม	=	991,457	ปอนด์

(ทศนิยมต่ำกว่า 0.5 ตัดทิ้ง มากกว่า 0.5 ปัดเป็น 1)

ตารางที่ 5 แสดงค่าสมรรถนะของเครื่องบินลำเลียงแบบ C-47, C-123B และ C-123K

	C-47	C-123B	C-123K
ความเร็วเดินทาง (ไมล์/ชม.)	160	172	175
น้ำหนักบรรทุก (ปอนด์)	3500	7000	7200
บรรทุกผู้โดยสาร (คน)	20-30	50-60	58-64
ค่าใช้จ่ายต่อชั่วโมงบิน (บาท/ชม.)	3900	12400	13800

ในทางปฏิบัติฝูงบินจะกำหนดว่าเครื่องบินเครื่องหนึ่ง ๆ จะต้องบินเดือนละ15วัน (เดือนหนึ่งมี 22 วันทำการ เครื่องบินจะต้องเข้ารับการซ่อมบำรุง โดยเฉลี่ยแล้วประมาณ 1 ใน 3 ของวันทำการ คงเหลือเวลาบิน 22-7 = 15วัน) โดยกำหนดให้เครื่องบินแต่ละเครื่องต้องบินให้ได้ชั่วโมงบินโดยเฉลี่ยเดือนละ 45 ชั่วโมง

การบรรทุกผู้โดยสารและบรรทุกพัสดุ ในทางปฏิบัติแล้วจะบรรทุกรวม และคละกันไปในเที่ยวบินเดียวกัน เพื่อสะดวกในการคำนวณ จึงควรรวมกันได้ โดยทำให้เป็นหน่วยเดียวกันเสีย คือ ทำให้น้ำหนักบรรทุกเป็นปอนด์ทั้งหมด โดยคิดน้ำหนักผู้โดยสารเฉลี่ยคนละ150 ปอนด์ (ประมาณ 67 ก.ก.)

จากข้อกำหนดและสัมพันธภาพดังกล่าวมาแล้ว เราสามารถนำมาสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Model) ได้ดังนี้

ให้ X_1 เป็นจำนวนเครื่องบิน C-47 ที่ใช้ตามภารกิจที่ต้องการ

X_2 เป็นจำนวนเครื่องบิน C-123B ที่ใช้ตามภารกิจที่ต้องการ

X_3 เป็นจำนวนเครื่องบิน C-123K ที่ใช้ตามภารกิจที่ต้องการ

พฤติภาพเป้าหมาย (Objective Function) คือ

คือหาค่าต่ำสุด : $Z = 3900\times45\ X_1 + 12400\times45\ X_2 + 13800\times45 X_3$

และต้องสมจริงกับพฤติภาพบังคับ หรือ ชุดสมการข้อกำหนด (Constraints)

$$45\ X_1 \geq 350 + 354$$

$$45\ X_2 \geq 252 + 395$$

$$45\ X_3 \geq 105 + 141$$

$$3500\times15\times\frac{354}{704}X_1+7000\times15\times\frac{395}{647}X_2+7200\times15\times\frac{141}{246}X_3 \geq 9601\times150+991457$$

(ในการบินแต่ละเดือน เมื่อคิดเฉลี่ยแล้วเครื่องบินแต่ละเครื่องต้องบินให้ได้เดือนละ 15 วัน ซึ่งต้องบินทั้งภารกิจฝึก และภารกิจยุทธการ แต่การบรรทุกทั้งหมดกำหนดเป็นภารกิจยุทธการ ดังนั้นจึงต้องเอาอัตราส่วนชั่วโมงบินยุทธการ ต่อชั่วโมงบินทั้งหมดมาคูณด้วย 15 อีกครั้งหนึ่ง)

หรือเขียนใหม่ได้ดังนี้

$$X_1 \geq 15.6444$$

$$X_2 \geq 14.3778$$

$$X_3 \geq 5.4667$$

$$X_1 + 2.4282X_2 + 2.3449X_3 \geq 92.1093$$

$$\text{Min. } Z = 175500X_1 + 558000X_2 + 621000X_3$$

จากนั้นก็จะคำนวณหาคำตอบที่ดีที่สุด โดยปรับปรุงแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ได้จากการวิจัยใช้กับโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จ คือ Data Cassette;PSO2-2200. 01A-00FI-19-0:Title Linear Programming of WANG 2200 ; Series Program และนำไปหาผลลัพธ์ด้วย Mini-Computer ดังแสดงไว้ในผนวก ก. จะได้คำตอบที่ดีที่สุดของจำนวนเครื่องบินลำเลียงจากการพยากรณ์ใน พ.ศ. 2523 คือจะใช้ C-47 = 44.3783 หรือ 45 เครื่อง

C-123B = 14.3778 หรือ 15 เครื่อง

C-123K = 5.4667 หรือ 6 เครื่อง

Minimum Cost = 19,206,017.94 บาท

หรือ Minimum Cost = 175500(45) + 558000(15)+621000(6)

= 19,993,500 บาท

2. <u>การคาดคะเนส่วนแบ่งชั่วโมงบินสำหรับอนาคต</u>

ในการศึกษาวิจัย เพื่อการคาดคะเนล่วงหน้าของส่วนแบ่งชั่วโมงบินของเครื่องบินลำเลียงหลัก คือ C-47,C-123Bและ C-123K นี้ ใช้ความรู้ของหลักการวิเคราะห์มาร์คอฟ ซึ่งเป็นวิธีการวิเคราะห์ความเคลื่อนไหวของตัวแปรผันตัวใดตัวหนึ่ง เพื่อคาดคะเนความเคลื่อนไหวในอนาคตของตัวแปรผันนั้น

2.1 การหาเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลง

สิ่งที่จำเป็นในการจะใช้ประโยชน์จากการวิเคราะห์มาร์คอฟ คือจะต้องคำนวณหาความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลง (Transition Probability) ซึ่งจากหลักการของการวิเคราะห์มาร์คอฟอันดับที่หนึ่ง (First-Order of Markov Analysis) ตั้งอยู่บนข้อสมมุติว่า ความน่าจะเป็นของเหตุการณ์ถัดไปขึ้นอยู่กับผลลัพธ์ของเหตุการณ์สุดท้าย และไม่ขึ้นอยู่กับพฤติกรรมซึ่งเกิดก่อนหน้านี้แต่อย่างใด

ดังนั้นจะต้องคำนวณหาความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงของเครื่องบินที่จะนำมาศึกษาวิจัย ทั้ง 3 แบบ จากข้อมูลที่ได้มาล่าสุดในปี 2517 และ 2518 เพื่อให้สอดคล้องกับหลักการและวิธีการของการวิเคราะห์มาร์คอฟ ดังกล่าว

จากข้อมูลที่ได้มา :

ส่วนแบ่งชั่วโมงบิน (%) ในปี พ.ศ.2517

C-47	58.35 %
C-123B	37.01 %
C-123K	4.64 %

ส่วนแบ่งชั่วโมงบิน (%) ในปี พ.ศ.2518

C-47	52.56 %
C-123B	39.95 %
C-123K	7.49 %

ในกรณีที่มีการรวบรวมข้อมูล อันเนื่องมาจากการสับเปลี่ยนภารกิจที่เครื่องแต่ละแบบปฏิบัติประจำอยู่ หรือมีการมอบภารกิจพิเศษที่ต้องสับเปลี่ยนแบบของเครื่องบิน เพื่อความเหมาะสมกับภารกิจนั้น ๆ รวมทั้งสาเหตุอื่น ๆ ที่เป็นเหตุทำให้มีการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนของชั่วโมงบินของเครื่องบินทั้ง 3 แบบ ดังนี้

ตารางที่ 6 แสดงการเปลี่ยนแปลงของชั่วโมงบิน (%) ระหว่างปี 2517-2518

เครื่องบินแบบ	% ชั่วโมงบิน	ได้รับจาก			แบ่งให้กับ			% ชั่วโมงบิน
	พ.ศ.2517	C-47	C-123B	C-123K	C-47	C-123B	C-123K	พ.ศ.2518
C-47	58.35	0	9.45	1.84	0	13.60	3.48	52.56
C-123B	37.01	13.60	0	1.63	9.45	0	2.84	39.95
C-123K	4.64	3.48	2.84	0	1.84	1.63	0	7.49

จากนั้นก็จะได้รวบรวมการได้รับ และการแบ่งให้ของส่วนแบ่งชั่วโมงบินของเครื่องบินทั้ง 3 แบบนี้ ให้อยู่ในลักษณะ ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลง โดยจัดเป็นความน่าจะเป็นของการสงวนไว้ซึ่งส่วนแบ่งชั่วโมงบิน ความน่าจะเป็นของการได้รับและแบ่งให้กับเครื่องบินแต่ละแบบในรูปของเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลง (Transition Probability Matrix)

ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงสำหรับการสงวนไว้ซึ่งส่วนแบ่งชั่วโมงบิน

เครื่องบินแบบ	% ชั่วโมงบิน พ.ศ.2517	% ชั่วโมงบินที่แบ่งไป	% ชั่วโมงบินที่สงวนไว้	ความน่าจะเป็นของการสงวนไว้
C-47	58.35	17.08	41.27	41.27/58.35=0.7073
C-123B	37.01	12.29	24.72	24.72/37.01=0.6679
C-123K	4.64	3.47	1.17	1.17/4.64=0.2522

เขียนให้อยู่ในรูปของเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลง

	C-47	C-123B	C-123K
C-47	41.27/58.35=0.7073	9.45/37.01=0.2553	1.84/4.64=0.3966
C-123B	13.60/58.35=0.2331	24.27/37.01=0.6679	1.63/4.64=0.3512
C-123K	3.48/58.35=0.0596	2.84/37.01=0.0768	1.17/4.46=0.2522

จะได้เมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงเดิม (Original Transition Probability Matrix) ซึ่งเป็นรากฐานในการวิเคราะห์มาร์คอฟ ดังนี้

	C-47	C-123B	C-123K		
C-47	0.7073	0.2553	0.3966	การสงวนไว้	การสงวนไว้
C-123B	0.2331	0.6679	0.3512	และ	และ
C-123K	0.0596	0.0765	0.2522	การได้รับ →	การสูญเสีย

จากเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงนี้ สามารถจะอธิบายได้คือ :

ในแถวตั้งที่ 1 แสดงให้เห็นว่า C-47 สงวนไว้ 0.7073 ของ ช.ม.บิน C-47 แบ่ง 0.2331 ของ ช.ม.บิน C-47 ให้กับ C-123B และแบ่ง 0.0596 ของ ช.ม.บิน C-47 ให้กับ C-123K

ในแถวนอนที่ 1 แสดงให้เห็นว่า C-47 สงวนไว้ 0.7073 ของ ช.ม.บิน C-47 ได้รับ 0.2553 ของ ช.ม.บิน C-123B และได้รับ 0.3966 ของ ช.ม.บิน C-123K

ส่วนแถวตั้งที่ 2,3 และแถวนอนที่ 2,3 ก็สามารถอ่านความหมายได้ในทำนองเดียวกัน

เพื่อให้เป็นไปตามหลักการของการวิเคราะห์มาร์คอฟอันดับที่หนึ่ง จึงตั้งสมมุติฐานให้เมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงเดิมที่ได้ค่อนข้างจะแน่นอน และจากข้อมูล

ของส่วนแบ่งชั่วโมงบินในงวดแรก (ปี พ.ศ. 2518) มีดังนี้

				ส่วนแบ่ง ช.ม.บิน พ.ศ.2518	
C-47	=	52.56 %	→	C-47	0.5256
C-123B	=	39.95 %		C-123B	0.3995
C-123K	=	7.49 %		C-123K	0.0749
		100.00 %			1.0000

2.2 <u>วิธีการคำนวณเพื่อคาดคะเนล่วงหน้าของส่วนแบ่งชั่วโมงบินที่น่าจะเป็น</u>

2.2.1 <u>วิธีที่ 1</u> ใช้ (Original Transition Prob. Matrix) × (Period n, Prob.Hr. Shares) = (Period n+1, Prob.Hr. Shares)

∴ เราสามารถจะหาส่วนแบ่งชั่วโมงบินที่น่าจะเป็นในปี พ.ศ.2519 ได้คือ

	ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงเดิม				ส่วนแบ่ง ช.ม.บิน ใน พ.ศ.2518		ส่วนแบ่ง ช.ม.บินที่น่าจะเป็นใน พ.ศ.2519
C-47	0.70730	0.25530	0.39660		0.52560		0.50345
C-123B	0.23310	0.66790	0.35120	×	0.39950	=	0.41565
C-123K	0.05960	0.07680	0.25220		0.07490		0.08090

ในการคูณเมตริกซ์สามารถที่จะยกตัวอย่าง อธิบาย ได้ดังนี้

แถวนอนที่ 1 คูณ แถวตั้งที่ 1

ความโน้มเอียงที่ C-47 จะสงวนไว้ซึ่ง ช.ม.บินของ C-47 ของ × ส่วนแบ่ง ช.ม. บินของ C-47 = 0.70730 × 0.52560 = 0.37176

ความโน้มเอียงที่ C-47 จะได้ส่วนแบ่ง ช.ม.บินจาก C-123B × ส่วนแบ่ง ช.ม. บินของ C-123B = 0.25530 × 0.39950 = 0.10199

ความโน้มเอียงที่ C-47 จะได้ส่วนแบ่ง ช.ม.บินจาก C-123K × ส่วนแบ่ง ช.ม. บินของ C-123K = 0.39660 × 0.07490 = 0.02970

ส่วนแบ่ง ช.ม.บินที่น่าจะเป็นของ C-47 ใน พ.ศ. 2519 = 0.50345
ส่วนแบ่ง ช.ม.บินที่น่าจะเป็นของ C-123B และ C-123K ใน พ.ศ. 2519 อาจจะหา และอธิบายได้ในทำนองเดียวกัน
ส่วนแบ่ง ช.ม.บินที่น่าจะเป็นในปี พ.ศ. 2520 หาได้จาก

ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงเดิม		ส่วนแบ่ง ช.ม.บินที่น่าจะเป็นใน พ.ศ.2519		ส่วนแบ่ง ช.ม.บินที่น่าจะเป็นใน พ.ศ. 2520
C-47	$\begin{bmatrix} 0.70730 & 0.25530 & 0.39660 \\ 0.23310 & 0.66790 & 0.35120 \\ 0.05960 & 0.07680 & 0.25220 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0.50345 \\ 0.41565 \\ 0.08090 \end{bmatrix}$	$=$	$\begin{bmatrix} 0.49429 \\ 0.42337 \\ 0.08233 \end{bmatrix}$
C-123B				
C-123K				

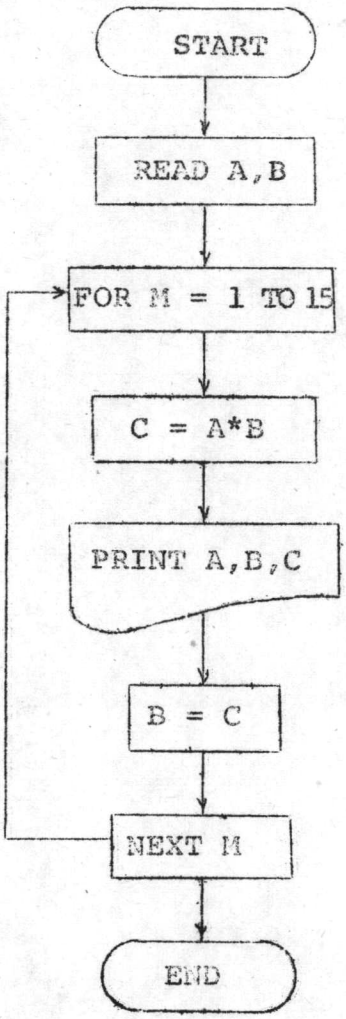
ด้วยวิธีการเดียวกันนี้สามารถที่จะหาส่วนแบ่ง ช.ม.บินที่น่าจะเป็นของเครื่องบินทั้ง 3 แบบ ในปี พ.ศ.2521, 2522, 2523.... และต่อ ๆ ไปได้ แต่เนื่องจากการคูณเมตริกซ์เป็นเรื่องที่ยุ่งยากมาก จึงใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เข้าช่วย โดยเขียนเป็นภาษา BASIC และหาผลลัพธ์ด้วย Mini-Computer โดยกำหนดให้ผลลัพธ์คลาดเคลื่อนได้ $\pm$ 0.00001 ซึ่งเกิดจากการคลาดเคลื่อนในการคำนวณ, การตัดและปัดเศษของทศนิยม ดังแสดงไว้ใน ผนวก ข.

2.2.2 <u>วิธีที่ 2</u> ใช้ (Original Transition Prob. Martix)^n × (Period 1, Prob. Hr. Shares)

= (Period n+1, Prob. Hr. Shares)

ส่วนแบ่ง ช.ม.บินที่น่าจะเป็นใน พ.ศ. 2519 หาได้จาก

ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงเดิม		ส่วนแบ่ง ช.ม.บินใน พ.ศ.2518		ส่วนแบ่ง ช.ม.บินที่น่าจะเป็นใน พ.ศ.2519
C-47	$\begin{bmatrix} 0.70730 & 0.25530 & 0.39660 \\ 0.23310 & 0.66790 & 0.35120 \\ 0.05960 & 0.07680 & 0.25220 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0.52560 \\ 0.39950 \\ 0.07490 \end{bmatrix}$	$=$	$\begin{bmatrix} 0.50345 \\ 0.41565 \\ 0.08090 \end{bmatrix}$
C-123B				
C-123K				



รูปที่ 4 ผังงานการคาดคะเนส่วนแบ่งชั่วโมงบินที่น่าจะเป็นและสถานะดุลยภาพของส่วนแบ่งชั่วโมงบินในช่วง 15 ปี (วิธีที่ 1)

คำอธิบายเช่นเดียวกับการหาส่วนแบ่ง ช.ม.บินที่น่าจะเป็นใน พ.ศ. 2519 ด้วยวิธีที่ 1

ส่วนแบ่ง ช.ม.บินที่น่าจะเป็นใน พ.ศ. 2520 จะเป็น

ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงเดิม | ส่วนแบ่ง ช.ม.บิน ใน พ.ศ. 2518 | ส่วนแบ่ง ช.ม.บิน ที่น่าจะเป็นใน พ.ศ.2520

$$\begin{array}{l} \text{C-47} \\ \text{C-123B} \\ \text{C-123K} \end{array}\begin{bmatrix} 0.70730 & 0.25530 & 0.39660 \\ 0.23310 & 0.66790 & 0.35120 \\ 0.05960 & 0.07680 & 0.25220 \end{bmatrix}^{2} \times \begin{bmatrix} 0.52560 \\ 0.39950 \\ 0.07490 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.49429 \\ 0.42337 \\ 0.08233 \end{bmatrix}$$

ซึ่งเท่ากับ :

$$\begin{array}{l} \text{C-47} \\ \text{C-123B} \\ \text{C-123K} \end{array}\begin{bmatrix} 0.70730 & 0.25530 & 0.39660 \\ 0.23310 & 0.66790 & 0.35120 \\ 0.05960 & 0.07680 & 0.25220 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0.70730 & 0.25330 & 0.39660 \\ 0.23310 & 0.66790 & 0.35120 \\ 0.05960 & 0.07680 & 0.25220 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0.52500 \\ 0.39950 \\ 0.07490 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.49429 \\ 0.42337 \\ 0.08233 \end{bmatrix}$$

หรือ

$$\begin{array}{l} \text{C-47} \\ \text{C-123B} \\ \text{C-123K} \end{array}\begin{bmatrix} 0.58342 & 0.38154 & 0.47019 \\ 0.34149 & 0.53257 & 0.41558 \\ 0.07509 & 0.08588 & 0.08588 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0.52560 \\ 0.39950 \\ 0.07490 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.49429 \\ 0.42337 \\ 0.08233 \end{bmatrix}$$

เพื่อเพิ่มความเข้าใจจะได้ยกตัวอย่าง การคูณ แถวนอนที่ 1 ด้วยแถวตั้งที่ 1 คือ

$$\text{C-47} \begin{bmatrix} 0.58342 & 0.38154 & 0.47019 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0.52560 \\ 0.39950 \\ 0.07490 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.49430 \end{bmatrix}$$

ความโน้มเอียงที่ C-47 จะสงวนไว้ซึ่ง ช.ม.บินของ C-47 เอง เมื่อเวลาผ่านไปแล้ว 2 ปี × ส่วนแบ่ง ช.ม.บินเดิมของ C-47 = ส่วนแบ่ง ช.ม.บินของ C-47 จากส่วนแบ่ง ช.ม.บินเดิมของ C-47 เอง ใน พ.ศ.2520 = 0.58342 × 0.52560 = 0.03665

+ ความโน้มเอียงที่ C-47 จะได้ส่วนแบ่ง ช.ม.บินเดิมของ C-47 เมื่อเวลาผ่านไปแล้ว 2 ปี × ส่วนแบ่ง ช.ม.บินเดิมของ C-47 = ส่วนแบ่ง ช.ม.บินของ C-47 ที่จะได้ส่วนแบ่ง ช.ม.บินจาก ช.ม.บินเดิมของ C-123B ใน พ.ศ. 2520 = 0.38154 × 0.39950 = 0.15243

+ ความโน้มเอียงที่ C-47 จะได้ส่วนแบ่ง ช.ม.บินเดิมของ C-123K เมื่อเวลาผ่านไปแล้ว 2 ปี × ส่วนแบ่ง ช.ม.บินเดิมของ C-123K = ส่วนแบ่ง ช.ม.บินของ C-47 ที่จะได้ส่วนแบ่ง ช.ม.บินจาก ช.ม.บินเดิมของ C-123K ใน พ.ศ. 2520 = 0.47019 × 0.07490 = 0.03522

ส่วนแบ่ง ช.ม.บินที่น่าจะเป็นของ C-47 ใน พ.ศ. 2520 = 0.03522

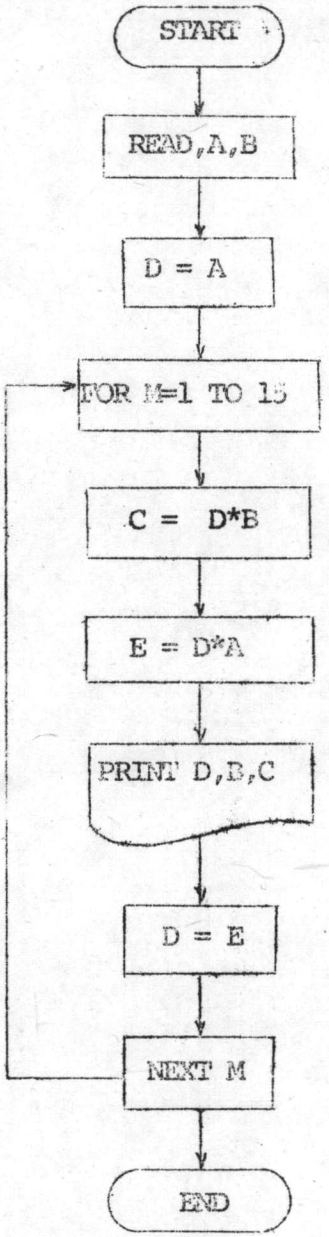
ส่วนแบ่ง ช.ม.บินที่น่าจะเป็นของ C-123B และ C-123K ใน พ.ศ.2520 อาจหาและอธิบายได้ในทำนองเดียวกัน

และด้วยวิธีการเดียวกันนี้ สามารถที่จะหาส่วนแบ่ง ช.ม.บินที่น่าจะเป็นของเครื่องบินทั้ง 3 แบบ ใน พ.ศ. 2521, 2522, 2523...และปีต่อ ๆ ไปได้

ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว ถ้าจะหาส่วนแบ่ง ช.ม.บินที่น่าจะเป็นในปีต่อ ๆ ไปอีกจะยิ่งยุ่งยากมาก โดยเฉพาะการคูณและการยกกำลังเมตริกซ์จึงจำเป็นต้องใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ และหาผลลัพธ์ด้วย Mini Computer ซึ่งก็อาจมีการคลาดเคลื่อนจากเครื่องคอมพิวเตอร์, การตัดและปัดเศษ โดยกำหนดที่จะยอมรับผลลัพธ์ที่มีความคลาดเคลื่อนไม่เกิน ± 0.00001 ซึ่งก็นับว่าใช้ได้ ดังแสดงไว้ใน ผนวก ข.

2.3 สถานะดุลยภาพ (Equilibrium Condition) ของส่วนแบ่ง ช.ม.บินที่น่าจะเป็น

สถานะดุลยภาพของส่วนแบ่ง ช.ม.บินที่น่าจะเป็น หมายถึงสถานะซึ่งส่วนแบ่ง ช.ม.บินของเครื่องบินทั้ง 3 แบบ อยู่ในลักษณะคงที่หรือเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยมาก เมื่อมีการหาส่วนแบ่ง ช.ม.บินที่น่าจะเป็นในปีต่อ ๆ ไปเรื่อย ๆ จะต้องมีอยู่ปีหนึ่งในอนาคต ที่ส่วนแบ่ง ช.ม.บินของเครื่องบิน 3 แบบนี้จะเริ่มไม่เปลี่ยนแปลง หรือมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยมาก และในปีต่อ ๆ ไปก็จะคงที่ไปเรื่อย ๆ



รูปที่ 5 ผังงานการคาดคะเนส่วนแบ่งชั่วโมงบินที่น่าจะเป็น และหาสถานะดุลยภาพของส่วนแบ่งชั่วโมงบินในช่วง 15 ปี (วิธีที่ 2)

จากความรู้จากวิธีการหาสถานะดุลยภาพ

เมื่อเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงที่ได้มา คือ

	C-47	C-123B	C-123K
C-47	0.70730	0.25530	0.39660
C-123B	0.23310	0.66790	0.35120
C-123K	0.05960	0.07680	0.25220

เมื่อกำหนดให้ D_{eq-1} เป็นส่วนแบ่ง ช.ม.บินที่ C-47 มีอยู่ในงวดระยะเวลาก่อนดุลยภาพ

B_{eq-1} เป็นส่วนแบ่ง ช.ม.บินที่ C-123B มีอยู่ในงวดระยะเวลาก่อนดุลยภาพ

K_{eq-1} เป็นส่วนแบ่ง ช.ม.บินที่ C-123K มีอยู่ในงวดระยะเวลาก่อนดุลยภาพ

$$D_{eq} = 0.70730\, D_{eq-1} + 0.25530\, B_{eq-1} + 0.39660\, K_{eq-1}$$

$$B_{eq} = 0.23310\, D_{eq-1} + 0.66790\, B_{eq-1} + 0.35120\, K_{eq-1}$$

$$K_{eq} = 0.05960\, D_{eq-1} + 0.07680\, B_{eq-1} + 0.25220\, K_{eq-1}$$

จากแนวความคิดของการแบ่งตัวเลขตัวหนึ่งเป็นขั้น ๆ (ตามรูปที่ 1) จะได้ว่า เมื่อยิ่งใกล้สถานะดุลยภาพ การได้รับและการแบ่งให้ของส่วนแบ่ง ช.ม.บิน มีจำนวนน้อยมาก ซึ่งถือว่าเท่ากันในเชิงคณิตศาสตร์ คือ eq = eq-1

ดังนั้น สมการใหม่จะเป็น

$$D = 0.70730\, D + 0.25530\, B + 0.39660\, K \quad \text{---(1)}$$

$$B = 0.23310\, D + 0.06790\, B + 0.35120\, K \quad \text{---(2)}$$

$$K = 0.05960\, D + 0.07680\, B + 0.25220\, K \quad \text{---(3)}$$

และจากผลรวมของส่วนแบ่ง ช.ม.บินทั้งหมด เป็น 1

$$D + B + K = 1 \quad \text{---(4)}$$

ต้องการหาค่า D,B และ K มี 3 ตัว แต่มี 4 สมการ ดังนั้นจึงตัดสมการ(3) ออกไป และแก้สมการหาส่วนแบ่ง ช.ม.บิน ณ ระยะเวลาดุลยภาพ ซึ่งจะได้

$$D = 0.48727 \qquad C\text{-}47 \quad \begin{bmatrix} 0.48727 \\ 0.42975 \\ 0.08298 \end{bmatrix}$$

$$B = 0.42975 \quad \text{หรือ} \quad C\text{-}123B$$

$$K = 0.08298 \qquad C\text{-}123K$$

พิสูจน์ได้โดยนำเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงเดิม คูณด้วยส่วนแบ่ง ช.ม.บินคุลยภาพ คือ

	ความน่าจะเป็นการเปลี่ยนแปลงเดิม				ส่วนแบ่ง ช.ม.บินคุลยภาพ		ส่วนแบ่ง ช.ม.บินคุลยภาพ
C-47	0.70730	0.25530	0.39660		0.48727		0.48727
C-123B	0.23310	0.66790	0.35120	×	0.42975	=	0.42975
C-123K	0.05960	0.07680	0.25220		0.08298		0.08298

จะเห็นได้ว่าส่วนแบ่ง ช.ม.บินจะไม่เปลี่ยนอีกแล้ว

จากการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ และหาผลลัพธ์ด้วย Mini-Computer ตามวิธีที่ 1 และวิธีที่ 2 ดังแสดงไว้ใน ผนวก ข. จะพบว่าในปี พ.ศ.2529 ส่วนแบ่งของชั่วโมงบินที่น่าจะเป็น จะเริ่มคงที่เป็น :

$$C\text{-}47 \quad \begin{bmatrix} 0.48727 \\ 0.42975 \\ 0.08298 \end{bmatrix}$$

$$C\text{-}123B$$

$$C\text{-}123K$$

และส่วนแบ่ง ช.ม.บินที่น่าจะเป็นในปี พ.ศ.2530, 2531,... จะคงที่เท่านี้ตลอด และเท่ากันตลอดทั้ง 2 วิธีดังกล่าว นั่นแสดงว่าส่วนแบ่ง ช.ม.บิน ณ สถานะคุลยภาพจะเกิดขึ้นใน พ.ศ. 2529

2.4 ภาวะอยู่ตัว (Steady State) ของเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลง

เมื่อนำเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลง ของส่วนแบ่ง ช.ม.บินที่นำมาวิจัยนี้ มาหาภาวะอยู่ตัว จาก

	C-47	C-123B	C-123K	
C-47	0.70730	0.25530	0.39660	การสงวนไว้ และ การได้รับ →
C-123B	0.23310	0.66790	0.35120	
C-123K	0.05960	0.07650	0.25220	

↓ การสงวนไว้ และ การแบ่งให้

จากความรู้ของการหาภาวะอยู่ตัวในบทที่ 2 หัวข้อ 2.5 เราต้องสับที่เมตริกซ์ (Transpose) เพื่อให้เป็นไปตามข้อกำหนด

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

$P =$

i \ j	C-47	C-123B	C-123K	
C-47	0.70730	0.23310	0.05960	การสงวนไว้ และ การแบ่งให้ →
C-123B	0.25530	0.66790	0.07680	
C-123K	0.39660	0.07680	0.25220	

↓ การสงวนไว้ และ การได้รับ

และได้พิสูจน์แล้วว่าเมตริกซ์ที่ได้นี้ เป็น Regular Markov Process เพราะเมื่อลองนำมายกกำลังดูแล้ว สมาชิก (Elements) ทุก ๆ ตัวมากกว่าศูนย์ และสามารถติดต่อกันได้ทุก ๆ ภาวะ (State)

$$\pi(P) = (\pi_1, \pi_2, \ldots \pi_N)$$

เมื่อ π เป็น Unique Probability Vector

$\pi_j = \pi_j(P)$ เป็นภาวะอยู่ตัวที่น่าจะเป็นของระบบ ซึ่งเกิดในภาวะ $j(j = 1,2,...N)$

$$\pi(P) = \pi$$

$$\sum_{j=1}^{N} \pi_j = 1$$

เมื่อกำหนดให้เมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงที่นำมาศึกษาวิจัยนี้เป็น P

จากข้อกำหนดดังกล่าวจะได้ว่า

$$(\pi_1\ \pi_2\ \pi_3) \times \begin{vmatrix} 0.70730 & 0.23310 & 0.05960 \\ 0.25530 & 0.66790 & 0.07680 \\ 0.39660 & 0.35120 & 0.25220 \end{vmatrix} = (\pi_1\ \pi_2\ \pi_3)$$

เปลี่ยนอยู่ในรูปสมการ

$$0.70730\,\pi_1 + 0.25530\,\pi_2 + 0.39660\,\pi_3 = \pi_1 \quad \text{---(1)}$$

$$0.23310\,\pi_1 + 0.66790\,\pi_2 + 0.35120\,\pi_3 = \pi_2 \quad \text{---(2)}$$

$$0.05960\,\pi_1 + 0.07680\,\pi_2 + 0.25220\,\pi_3 = \pi_3 \quad \text{---(3)}$$

และจาก $\sum_{j=1}^{N} \pi_j = 1$

จะได้ $\pi_1 + \pi_2 + \pi_3 = 1$ ---(4)

จากการแก้สมการ เพื่อหา π_1, π_2 และ π_3 จะได้ผลออกมาเป็น

$$\pi_1 = 0.48727$$

$$\pi_2 = 0.42975$$

$$\pi_3 = 0.08298$$

นั่นคือภาวะอยู่ตัว (Steady State) ของเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลง ของส่วนแบ่ง ช.ม.บินสำหรับเครื่องบินทั้ง 3 แบบที่นำมาศึกษาวิจัย จะเป็น

	(π_1)	(π_2)	(π_3)
	C-47	C-123B	C-123K
C-47	0.48727	0.42975	0.08298
C-123B	0.48727	0.42975	0.08298
C-123K	0.48727	0.42975	0.08298

หรืออาจพิสูจน์ผลลัพธ์ที่ได้นี้ โดยใช้ทฤษฎีของการยกกำลังเมตริกซ์ ที่ว่าเมื่อ P เป็น Regular Markov Process ถ้านำ P มายกกำลังไปเรื่อย ๆ จนกระทั่ง แถวนอน (Row) แต่ละแถวของเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงมีสมาชิก (Elements) ทุกตัวเหมือนกัน หรือใกล้เคียงกันหมด เช่น :

$$P^n = T$$

$$T = \begin{bmatrix} \pi \\ \pi \\ \vdots \\ \pi \end{bmatrix}$$ เมื่อ π เป็น Row Vector ที่มีสมาชิกเป็นบวกหมด

$$\pi = (\pi_1, \pi_2, \cdots \pi_N)$$

T จะเรียกว่าเป็น Steady State of Transition Probability Matrix

จากการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ และหาผลลัพธ์ด้วย Mini-Computer ตามที่แสดงไว้ใน ผนวก ข. เพื่อยกกำลังเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงเดิม (คือ P) ปรากฏว่าเมื่อยกกำลังถึงกำลังที่ 14 (คือ P^{14}) จะได้ :

$$P^{13} = \begin{array}{c} \\ C\text{-}47 \\ C\text{-}123B \\ C\text{-}123K \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{ccc} C\text{-}47 & C\text{-}123B & C\text{-}123K \end{array} \\ \begin{bmatrix} 0.70730 & 0.23310 & 0.05960 \\ 0.25530 & 0.66790 & 0.07680 \\ 0.39660 & 0.35120 & 0.25220 \end{bmatrix} \end{array}$$

$$= P^{14} = \begin{array}{c} \\ C\text{-}47 \\ C\text{-}123B \\ C\text{-}123K \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{ccc} C\text{-}47 & C\text{-}123B & C\text{-}123K \end{array} \\ \begin{bmatrix} 0.48727 & 0.42975 & 0.08298 \\ 0.48726 & 0.42976 & 0.08298 \\ 0.48727 & 0.42975 & 0.08298 \end{bmatrix} \end{array}$$

จะเห็นได้ว่า ในแถวนอนที่ 1 กับ 3 มีสมาชิกเหมือนหมด และใกล้เคียงกับแถวนอนที่ 2 ต่างกันเพียง 0.00001 ซึ่งอาจจะถือว่าเท่ากันได้ตามที่ได้กำหนดการคลาดเคลื่อนของผลลัพธ์ไว้ ดังนั้นภาวะอยู่ตัว (State State) ของเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงสำหรับส่วนแบ่ง ช.ม.บินของเครื่องบินทั้ง 3 แบบที่นำมาศึกษาวิจัยนี้จะเกิดขึ้นเมื่อเวลาผ่านไปแล้ว 13 งวด (periods,steps) หรือ 13 ปี คือในพ.ศ.2531

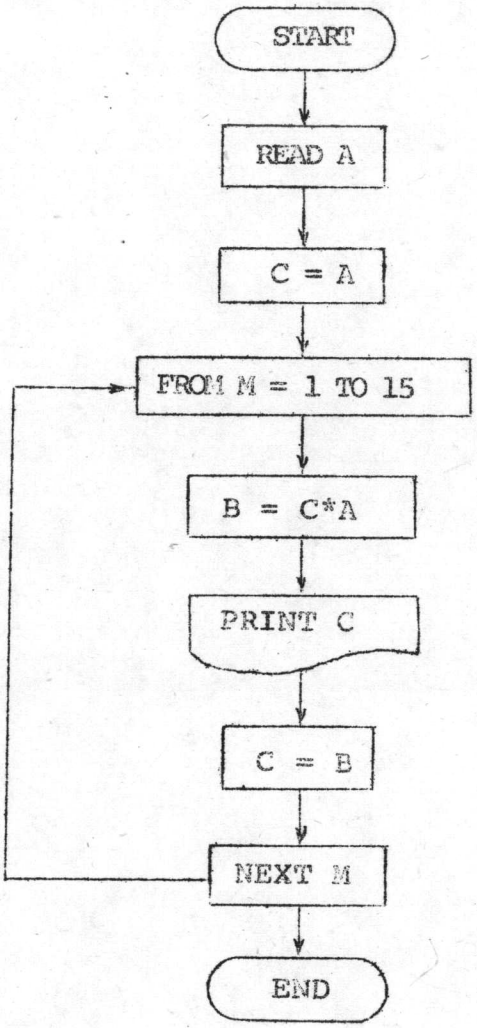
3. <u>การพิจารณาหาจำนวนของหน่วยบินลำเลียงผสมที่เหมาะสมที่สุด</u>

ในการศึกษาถึงการจัดตั้งหน่วยบินลำเลียงผสมที่เหมาะสมที่สุดของกองทัพอากาศไทย เมื่อได้พิจารณาถึงเครื่องบินที่มีอยู่ในปัจจุบัน แล้วพบว่าควรจะประกอบด้วยเครื่องบิน 3 แบบนี้ คือ

Fairchild C-123B Provider เป็นเครื่องบินลำเลียงยุทธวิธีขนาดใหญ่ที่สุด และพิสัยบินไกลที่สุดเท่าที่กองทัพอากาศไทยมีอยู่ในปัจจุบัน และง่ายต่อการซ่อมบำรุง

Bell UH-1H เป็นเครื่องบินปีกหมุนขึ้นลงทางดิ่ง (Helicopter) เหมาะที่จะใช้ในการลำเลียงทางอากาศที่ไม่ต้องใช้ทางวิ่ง มีสมรรถนะในด้านการบินดีและปลอดภัยในการบิน

AU-23 Peacemaker เป็นเครื่องบินโจมตีธุรการ ซึ่งสามารถดัดแปลงใช้เป็นเครื่องบินลำเลียงขนาดเล็กได้ เหมาะที่จะใช้การลำเลียงทางอากาศในระยะไม่ไกลนัก และยังสามารถใช้ในภารกิจที่ต้องใช้สนามบินที่มีทางวิ่งสั้น ๆ และใช้กับสภาพสนามที่ C-123Bใช้ไม่ได้ รวมทั้งมีสมรรถนะในการบินดี และค่าใช้จ่ายถูก



รูปที่ 6 ผังงานการหาภาวะอยู่ตัวของเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงในช่วง 15 ปี

ตารางที่ 7 แสดงถึงสมรรถนะของเครื่องบินแบบ C-123B, UH-1H และ AU-23

เครื่องบินแบบ	พิสัยบิน (ไมล์)	ระยะวิ่งขึ้น (ฟุต)	น.น.บรรทุก (ปอนด์)	ผู้โดยสาร (คน)	อัตราเร็วเดินทาง (ไมล์)	ค่าใช้จ่าย (บาท/ชม.)
C-123B	1400	3800	7000	60	172	12,400
UH-1H	300	0	2600	12	125	2,000
AU-23	340	500	1800	11	121	1,400

3.1 การพิจารณาและแยกประเภทข้อมูล

ในการตั้งหน่วยบินลำเลียงผสม จะต้องมีขีดความสามารถในการบรรทุกเคลื่อนย้ายกำลังทหาร และยุทธสัมภาระใน 3 สถานการณ์ (Situation) ใหญ่ ๆ คือ

สถานการณ์การวางกำลัง (Build-up Situation) ได้แก่การลำเลียงเคลื่อนย้ายหน่วยทหาร และยุทธสัมภาระที่จำเป็นต่าง ๆ ในการวางกำลังโดยคำนึงถึงระยะทาง และการปฏิบัติการ

สถานการณ์การส่งกำลังบำรุง (Re-supply Situation) ได้แก่การลำเลียงเพื่อการสนับสนุนให้กับกำลังทหารเพิ่มเติม เช่น ทหาร กระสุนปืน เชื้อเพลิง อาหาร และสิ่งจำเป็นต่าง ๆ ตามที่หน่วยทหารได้ขอมา รวมทั้งการเสริมกำลังทหารเพิ่มเติมเมื่อมีการสูญเสียในขณะดำเนินการปฏิบัติการณ์อยู่

สถานการณ์การถอนกำลัง (Phase-out Situation) ได้แก่การเคลื่อนย้ายหน่วยทหารบางหน่วยกลับที่ตั้งปกติในแนวหลัง, การลำเลียงผู้บาดเจ็บ, การผลัดเปลี่ยนทหารบางส่วนเพื่อพักผ่อน และการถอนกำลังหรือยุทธสัมภาระบางส่วนเพื่อจะไปตั้ง หรือเสริมกำลัง ณ ที่ตั้งแห่งใหม่อีก

จากการที่ต้องการหาจำนวนของเครื่องบินแบบต่าง ๆ ดังกล่าวนี้ในหน่วยบินลำเลียงผสม โดยที่เสียค่าใช้จ่ายต่ำสุดและสามารถที่จะสนองความต้องการตามภารกิจ

(Mission) และสถานการณ์ (Situation) ต่าง ๆ กัน ซึ่งในปัจจุบันกองทัพอากาศไทยยังมิได้มีการจัดตั้งหน่วยบินลำเลียงผสม ดังนั้นจึงได้กำหนดภารกิจและสถานการณ์ต่าง ๆ ที่น่าจะเป็นไปได้ เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาสำหรับการแก้ปัญหาการลำเลียงทางอากาศในอนาคต

ในกรณีของความต้องการที่จะเคลื่อนย้ายกำลังทหารเร่งด่วน โดยใช้การลำเลียงทางอากาศยุทธวิธี ซึ่งต้องกระทำให้เสร็จภายใน 1 วัน อันประกอบด้วยภารกิจ และสถานการณ์และรายละเอียดที่จำเป็น ดังนี้

ตารางที่ 8 แสดงภารกิจที่จะต้องปฏิบัติ (Mission Profile)

ภารกิจ	ประเภทของน้ำหนักบรรทุก	ระยะทาง (ไมล์)	ความยาวของสนามบิน (ฟุต)	
			ระยะวิ่งขึ้น	ระยะวิ่งลง
1. การตั้งกำลัง	เครื่องมือ,เครื่องจักร(ปอนด์)	305	10,525	7,000
2. การเคลื่อนย้ายกำลังทหาร	ทหาร (คน)	402	10,525	9,000
3. การลำเลียงสนับสนุน	ยุทธสัมภาระ (ปอนด์)	65	7,000	5,300
4. การลำเลียงสนับสนุน	ยุทธสัมภาระ (ปอนด์)	178	7,000	3,600
5. การลำเลียงสนับสนุน	ยุทธสัมภาระ (ปอนด์)	175	10,525	5,500
6. การลำเลียงสนับสนุน	ยุทธสัมภาระ (ปอนด์)	50	10,000	0
7. การลำเลียงสนับสนุน	ยุทธสัมภาระ (ปอนด์)	56	5,000	0
8. การลำเลียงสนับสนุน	ยุทธสัมภาระ (ปอนด์)	86	7,000	2,000
9. การลำเลียงสนับสนุน	ยุทธสัมภาระ (ปอนด์)	95	10,000	2,600
10. การลำเลียงสนับสนุน	ยุทธสัมภาระ (ปอนด์)	92	10,000	2,600
11. การลำเลียงสนับสนุน	ยุทธสัมภาระ (ปอนด์)	120	10,525	2,500
12. การลำเลียงสนับสนุน	ยุทธสัมภาระ (ปอนด์)	88	10,525	7,500
13. การลำเลียงสนับสนุน	ยุทธสัมภาระ (ปอนด์)	372	10,525	7,000
14. การลำเลียงสนับสนุน	ยุทธสัมภาระ (ปอนด์)	45	10,000	0
15. การลำเลียงสนับสนุน	ยุทธสัมภาระ (ปอนด์)	65	7,000	3,000
16. การเคลื่อนย้ายกำลังทหาร	ทหาร (คน)	120	7,000	4,100
17. การเคลื่อนย้ายกำลังทหาร	ทหาร (คน)	55	10,000	5,300
18. การเคลื่อนย้ายกำลังทหาร	ทหาร (คน)	89	7,500	11,500
19. การเคลื่อนย้ายวางกำลังใหม่	ทหารและยุทธสัมภาระ (ปอนด์)	85	0	0
20. การเคลื่อนย้ายวางกำลังใหม่	ทหารและยุทธสัมภาระ (ปอนด์)	69	0	0

ตารางที่ 9 แสดงความต้องการตามสถานการณ์(Situation Demands) = B_{jk}

ภารกิจ	หน่วย	การวางกำลัง	การส่งกำลังบำรุง	การถอนกำลัง
1.	ปอนด์	7,300	0	6,000
2.	คน	400	0	300
3.	ปอนด์	20,000	11,000	26,000
4.	ปอนด์	8,000	1,000	8,000
5.	ปอนด์	10,400	6,400	6,500
6.	ปอนด์	4,500	40,000	21,000
7.	ปอนด์	0	40,500	20,000
8.	ปอนด์	7,000	1,500	11,800
9.	ปอนด์	6,000	2,000	7,800
10.	ปอนด์	20,000	4,000	22,000
11.	ปอนด์	10,000	2,400	9,000
12.	ปอนด์	5,000	10,000	15,000
13.	ปอนด์	30,000	13,000	33,000
14.	ปอนด์	40,100	0	38,500
15.	ปอนด์	9,000	1,000	11,000
16.	คน	0	80	80
17.	คน	0	190	190
18.	คน	60	40	90
19.	ปอนด์	0	12,800	12,500
20.	ปอนด์	0	15,000	0

ตารางที่ 10 แสดงความสามารถในการบรรทุก (Aircraft Productivity) = A_{ij}

ภารกิจ	หน่วย	ความสามารถในการบรรทุกต่อวันต่อเครื่อง		
		C-123B	UH-1H	AC-23
1.	ปอนด์	13,817	0	2,500
2.	คน	90	0	0
3.	ปอนด์	64,830	17,500	11,728
4.	ปอนด์	0	6,390	4,283
5.	ปอนด์	24,080	6,500	4,356
6.	ปอนด์	0	22,750	0
7.	ปอนด์	0	20,313	0
8.	ปอนด์	0	13,227	8,864
9.	ปอนด์	0	11,974	8,024
10.	ปอนด์	0	12,101	8,110
11.	ปอนด์	0	9,479	6,353
12.	ปอนด์	47,886	12,926	8,663
13.	ปอนด์	11,328	0	0
14.	ปอนด์	0	20,278	0
15.	ปอนด์	0	17,500	11,728
16.	คน	0	44	38
17.	คน	656	96	85
18.	คน	425	59	53
19.	ปอนด์	0	13,383	0
20.	ปอนด์	0	16,486	0

สำหรับวิธีการหาความสามารถในการบรรทุกต่อวันต่อเครื่อง ของเครื่องบินลำเลียงแบบต่าง ๆ ในตารางที่ 10 ใช้วิธีการเปรียบเทียบจากขีดจำกัดจำนวนชั่วโมงบินที่ใช้งานใน 1 วัน, ความเร็วเดินทาง, สนามบินที่ใช้บินขึ้นหรือลงในแต่ละภารกิจ และระยะทางที่ใช้ในภารกิจต่าง ๆ

ในกรณีที่กำหนดให้เครื่องบินแต่ละแบบ และแต่ละเครื่องใช้บินได้ไม่เกินวันละ 7 ชั่วโมง

ยกตัวอย่างในภารกิจที่ 1 บินระหว่าง ดอนเมือง–เชียงใหม่ระยะทาง 305 ไมล์ มีเครื่องบินที่สามารถบินได้ 2 แบบ คือ C-123B และ AU-23 ส่วน UH-1H มีพิสัยบินไม่ถึง สนามบินดอนเมือง (10,525 ฟุต) และสนามบินเชียงใหม่ (7,000 ฟุต) เครื่อง C-123B และ AU-23 สามารถใช้ได้

เครื่อง C-123B ใช้ความเร็วเดินทาง 172 ไมล์/ชม., บรรทุกน้ำหนักได้ 7,000 ปอนด์/เครื่อง

ดังนั้น C-123B จะบินได้ประมาณ (172 ไมล์/ชม.) × (7 ชม./วัน/เครื่อง)

= 1204 ไมล์/วัน/เครื่อง

ในภารกิจที่ 1 ต้องบินจากดอนเมืองไปเชียงใหม่ และจากเชียงใหม่กลับดอนเมือง จึงครบภารกิจ หรือเรียกว่า 1 เที่ยวบิน (Sortie)

ภารกิจที่ 1 ต้องบิน 305 × 2 = 610 ไมล์/ เที่ยวบิน/เครื่อง

C-123B มีความสามารถในการบรรทุก 7000 ปอนด์/เที่ยวบิน/เครื่อง

ดังนั้นในภารกิจที่1, C-123B มีความสามารถในการบรรทุก

$$= \frac{(1204 \text{ ไมล์/วัน/เครื่อง}) \times (7000 \text{ ปอนด์/เที่ยวบิน/เครื่อง})}{(610 \text{ ไมล์/เที่ยวบิน/เครื่อง})}$$

= 13,817 ปอนด์/วัน/เครื่อง

เครื่องแบบ UH-1H พิสัยบินไม่ถึง 305 ไมล์ จึงไม่จัดนำมาบินในภารกิจนี้

ส่วนเครื่อง AU-23 ใช้ความเร็วเดินทาง 121 ไมล์/ชม., บรรทุกน้ำหนักได้ 1800 ปอนด์/เครื่อง

AU-23 กำหนดให้บินได้ = (121 ไมล์/ชม.) × (7 ชม./วัน/เครื่อง)

= 874 ไมล์/วัน/เครื่อง

ในภารกิจที่ 1 ต้องบิน = 610 ไมล์/เที่ยวบิน/เครื่อง

AU-23 มีความสามารถในการบรรทุก 1,800 ปอนด์/เที่ยวบิน/เครื่อง

ดังนั้นในภารกิจที่ 1, AU-23 มีความสามารถในการบรรทุก

$$= \frac{(874 \text{ ไมล์/วัน/เครื่อง}) \times (1{,}800 \text{ ปอนด์/เที่ยวบิน/เครื่อง})}{(610 \text{ ไมล์/เที่ยวบิน/เครื่อง})}$$

= 2,500 ปอนด์/วัน/เครื่อง

ในทำนองเดียวกันนี้ การสามารถจะหาความสามารถในการบรรทุกต่อวันต่อเครื่องของเครื่องบินแบบต่าง ๆ ในภารกิจต่าง ๆ กันได้ ดังแสดงในตารางที่ 10 นอกจากนั้นยังต้องพิจารณาถึงสมรรถนะในการใช้ระยะวิ่งขึ้น ประกอบกับความยาวของสนามบินที่ใช้ในภารกิจ เช่น จากตารางที่ 8 ในภารกิจที่ 11 ระยะทางที่ใช้ในภารกิจ 120 ไมล์ ใช้ระหว่างสนามบิน 2 แห่ง คือ สนามบินที่มีระยะทางวิ่ง 10,525 ฟุต และสนามบินที่มีระยะทางวิ่ง 2,500 ฟุต จะเห็นว่าในภารกิจที่ 11 นี้ C-123B ไม่สามารถนำมาใช้ได้ เพราะสนามบินที่มีระยะทางวิ่ง 2,500 ฟุต แต่ C-123B ต้องใช้ระยะทางวิ่งขึ้นสั้นที่สุด ถึง 3,800 ฟุต ดังนั้นในภารกิจที่ 11 นี้ จึงเลือกเครื่องบินใช้ได้เพียง 2 แบบ คือ UH-1H และ AU-23 เท่านั้น

3.2 วิธีการคำนวณหาคำตอบ

จากข้อมูลของความต้องการในการลำเลียงทางอากาศ ในตารางที่ 8, 9 และ 10 นำมาหาจำนวนเครื่องบินของหน่วยบินลำเลียงผสมที่เหมาะสมที่สุด โดยที่สามารถสนองความต้องการตามภารกิจ และสถานการณ์ต่าง ๆ รวมทั้งเสียค่าใช้จ่ายต่ำสุด จากการนำมาประยุกต์กับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์มาตรฐาน ซึ่งใช้หาจำนวนเครื่องบินของหน่วยบินลำเลียงผสมที่เหมาะสมที่สุด และนำมาปรับปรุงใช้กับข้อมูลที่นำมาวิจัยได้ดังนี้

C_i = ค่าใช้จ่ายของเครื่องบินลำเ บบ i ต่อวัน ต่อเครื่อง

C_1 = ค่าใช้จ่ายของ C-123B = 12,400×7 = 86,800 บาท/วัน/เครื่อง

C_2 = ค่าใช้จ่ายของ UH-H = 2,000×7 = 14,000 บาท/วัน/เครื่อง

C_3 = ค่าใช้จ่ายของ AU-23 = 1,400×7 = 9,800 บาท/วัน/เครื่อง

(ค่าใช้จ่ายในที่นี้คิดเฉลี่ยจากน้ำมันเชื้อเพลิง และน้ำมันหล่อลื่นเท่านั้น)

A_{ij} = ความสามารถในการบรรทุกของเครื่องบินลำเลียงแบบ i ในภารกิจ j ดังแสดงใน ตารางที่ 10

B_{jk} = น้ำหนักบรรทุกหรือจำนวนผู้โดยสารที่จะต้องลำเลียงในสถานการณ์ k และภารกิจ j ดังแสดงใน ตารางที่ 9

เมื่อ i เป็นจำนวนแบบของเครื่องบินลำเลียงที่นำมาใช้วิจัย, i = 1 ถึง 3

i = 1 หมายถึง เครื่องบินลำเลียงแบบ C-123B

i = 2 หมายถึง เครื่องบินลำเลียงแบบ UH-1H

i = 3 หมายถึง เครื่องบินลำเลียงแบบ AU-23

k เป็นจำนวนสถานการณ์ที่เกิดขึ้น, k = 1 ถึง 3

k = 1 เป็นสถานการณ์การวางกำลัง

k = 2 เป็นสถานการณ์การส่งกำลังบำรุง

k = 3 เป็นสถานการณ์การถอนกำลัง

j เป็นจำนวนของภารกิจต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น, j = 1 ถึง 20

j = 1 หมายถึง ภารกิจที่ 1

j = 2 หมายถึง ภารกิจที่ 2

.....

j = 20 หมายถึง ภารกิจที่ 20

ในขั้นแรกต้องการหา Y_{ijk} ซึ่งเท่ากับจำนวนของเครื่องบินลำเลียงแบบ i ที่ใช้ในแต่ละภารกิจ j และสถานการณ์ k

โดยที่ $Y_{ijk} = B_{jk}/A_{ij}$

โดยที่ในภารกิจ j และสถานการณ์ k เดียวกัน จะเลือกค่า Y_{ijk} ที่ให้ค่า $C_i \cdot Y_{ijk}$ ต่ำสุดเพียงค่าเดียว

X_{ik} เป็นจำนวนของเครื่องบินลำเลียงแบบ i ที่ใช้ในสถานการณ์ k

$X_{ik} = \sum_j Y_{ijk}$ ทุก ๆ ค่า i และ k

เช่น จากสถานการณ์ที่ 1 คือ k = 1 หรือสถานการณ์การวางกำลัง

ในภารกิจที่ 1 คือ j = 1

จากตารางที่ 9 $B_{ik} = B_{11}$ = ความต้องการลำเลียงน้ำหนักบรรทุก 7,300 ปอนด์/วัน

จาก $Y_{ijk} = B_{jk}/A_{ij}$ และ Minimize $C_i \cdot Y_{ijk}$

เมื่อ i = 1 ; $Y_{111} = B_{11}/A_{11}$

จากตารางที่ 10 A_{11} = ความสามารถในการบรรทุกของ C-123B ต่อวันต่อเครื่อง ในภารกิจที่ 1

= 13,817 ปอนด์/วัน/เครื่อง

Y_{111} = 7,300/13,817 = 0.5 $\Rightarrow$ 1 เครื่อง

เสียค่าใช้จ่าย $C_1 \times Y_{111}$ = 86,800 × 1 = 86,800 บาท

(หมายความว่าในภารกิจที่ 1 ของสถานการณ์การวางกำลังจะใช้ C-123B 1 เครื่อง เสียค่าใช้จ่าย 86,800 บาท)

เมื่อ i=2; $Y_{211} = 0$ ($A_{21} = 0$ หมายถึง ไม่ใช้ UH-1H ในภารกิจนี้ เพราะมีพิสัยบินไม่ถึง)

เมื่อ i = 3 ; $Y_{311} = B_{11}/A_{31}$

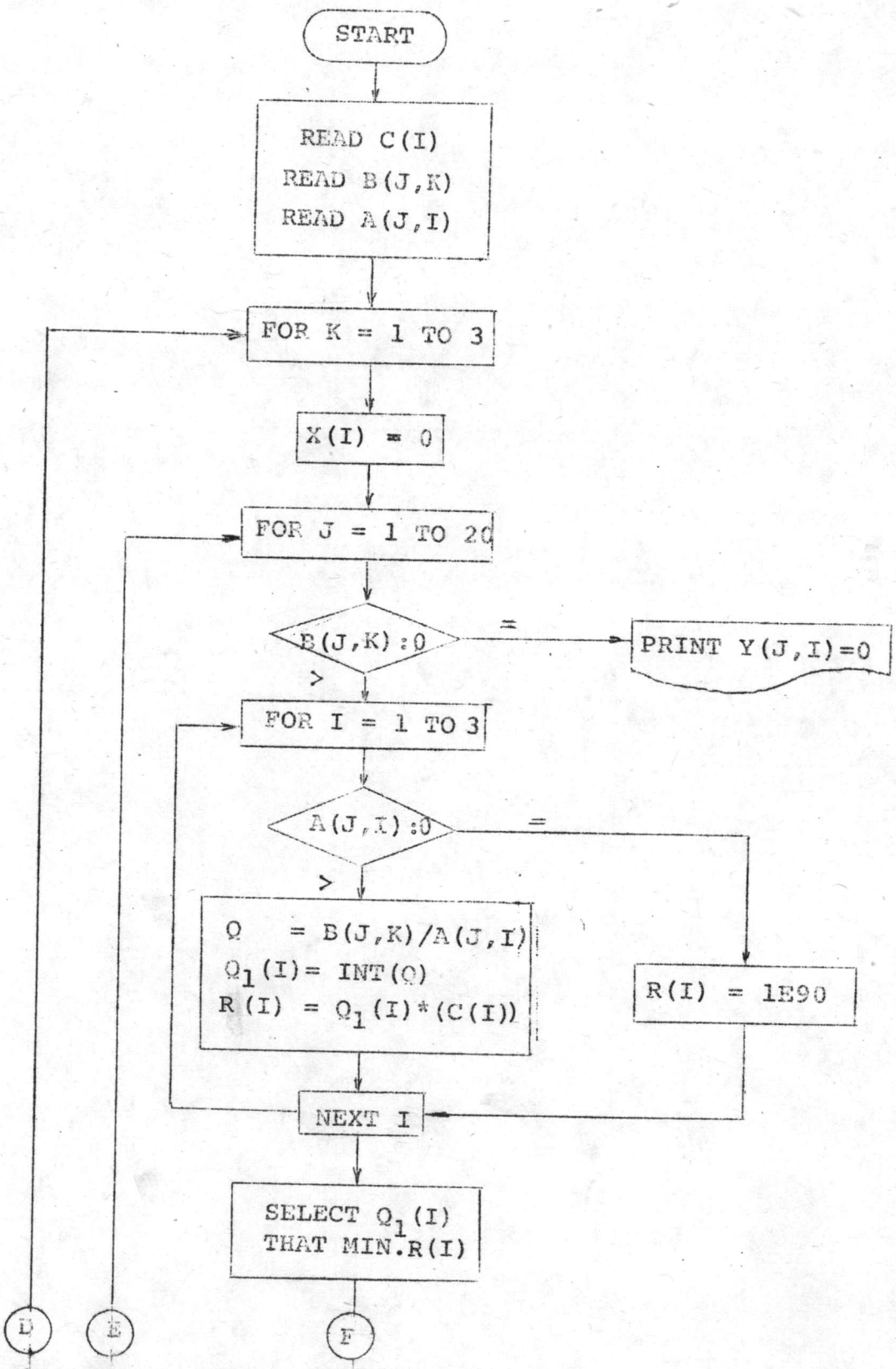
= 7,300 /2,500 = 2.92 $\Rightarrow$ 3 เครื่อง

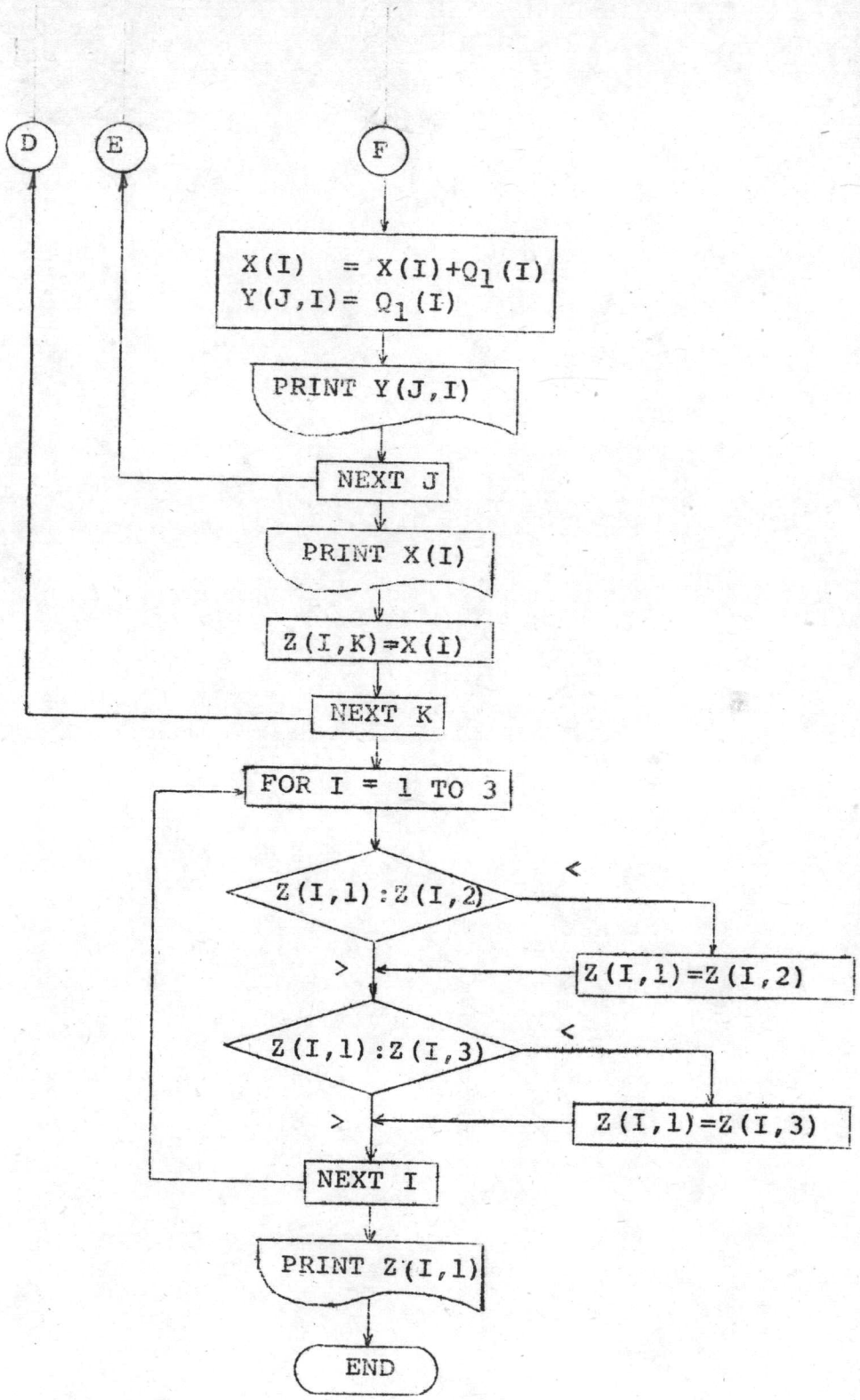
เสียค่าใช้จ่าย $C_3 \times Y_{311}$ = 9,800 × 3 = 29,400 บาท

(หมายความว่า ในภารกิจที่ 1 ของสถานการณ์การวางกำลังจะใช้ AU-23 3 เครื่อง เสียค่าใช้จ่าย 29,400 บาท)

ดังนั้นเลือก Y_{311} หรือเครื่อง AU-23 จำนวน 3 เครื่อง เพราะเสียค่าใช้จ่ายน้อยกว่าใช้ C-123B ในภารกิจที่ 1 ของสถานการณ์การวางกำลัง

รูปที่ 7 ผังงานการหาจำนวนของหน่วยบินลำเลียงผสมที่เหมาะสมที่สุด




D
E
F
X(I) = X(I)+Q1(I)
Y(J,I)= Q1(I)
PRINT Y(J,I)
NEXT J
PRINT X(I)
Z(I,K)=X(I)
NEXT K
FOR I = 1 TO 3
Z(I,1):Z(I,2)
<
>
Z(I,1)=Z(I,2)
Z(I,1):Z(I,3)
<
>
Z(I,1)=Z(I,3)
NEXT I
PRINT Z(I,1)
END

ในทำนองเดียวกัน สามารถหาค่า Y_{ijk} ของทุก ๆ ภารกิจ จนครบในแต่ละสถานการณ์ และหาค่า $X_{ik} \geqq \sum_j Y_{ijk}$ ออกมาของทุก ๆ สถานการณ์ เพื่อหาค่าของจำนวนเครื่องบินของหน่วยบินลำเลียงผสมที่เหมาะสมที่สุด ที่จะสนองความต้องการตามภารกิจ และสถานการณ์ได้ครบ จาก $Z_i \geqq \text{Max. } X_{ik}$

จากการเปลี่ยนแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ให้เป็นผังงาน ดังแสดงในรูปที่ 7 และเขียนเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ภาษา BASIC เพื่อหาผลลัพธ์ออกมาด้วย Mini-Computer ดังแสดงใน ผนวก ค. และได้คำตอบที่ดีที่สุดออกมา คือ

จำนวนของเครื่องบินของหน่วยบินลำเลียงผสมที่เหมาะสมที่สุด ที่จะสนองความต้องการทั้ง 20 ภารกิจ และ 3 สถานการณ์นี้จะประกอบด้วย

C-123 จำนวน 8 เครื่อง

UH-1H จำนวน 16 เครื่อง

AU-23 จำนวน 15 เครื่อง

โดยเสียค่าใช้จ่ายต่ำสุด $= 86,800 \times 8 + 14,000 \times 16 + 9,800 \times 15$

$= 1,065,400$ บาท