สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ระบบแสงสว่างบนทางวิ่งของสนามบินพาณิชย์

Lighting for Commercial Airport Runway

โดย

นายพูลทรัพย์	โกวศัลย์ดิลก
นายศรายุทธ	โพธิ์โน
นายสมชาย	เกียรติปกรณ์
นายสาธิต	แดงยั่งยืน

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2541

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 34172
วัน, เดือน, ปี 6 ก.ค. 2542

ปีการศึกษา 2541

ระบบแสงสว่างบนทางวิ่งของเครื่องบินพาณิชย์

Lighting for Commercial Airport Runway

โดย

นาย พูลทรัพย์ โกวศัลย์ดิลก

นาย ศรายุทธ โพธิ์โน

นาย สมชาย เกียรติปกรณ์

นาย สาธิต แดงยั่งยืน

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ. ศุลี บรรจงจิตร

อ. ชาย ชมภูอินไหว

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2541

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ระบบแสงสว่างบนทางวิ่งของสนามบินพาณิชย์

Lighting for Commercial Airport Runway

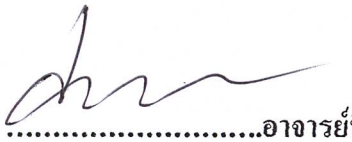
ผู้จัดทำ

นาย พูลทรัพย์ โกวศัลย์ดิลก

นาย ศรายุทธ โพธิ์โน

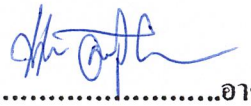
นาย สมชาย เกียรติปกรณ์

นาย สาธิต แดงยั่งยืน



.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ. ศุลี บรรจงจิตร)



.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(อ. ชาย ชมภูอินไหว)

I

ระบบแสงสว่างบนทางวิ่งของสนามบินพาณิชย์

นาย พูลทรัพย์ โกวศัลย์ดิลก
นาย ศรายุทธ โพธิ์โน
นาย สมชาย เกียรติปกรณ์
นาย สาธิต แดงยั่งยืน
อาจารย์ที่ปรึกษา
รศ. ศุลี บรรจงจิตร
อ. ชาย ชมภูอินไหว
ปีการศึกษา 2541

บทคัดย่อ

โครงงานนี้เป็นการศึกษาการออกแบบตำแหน่งติดตั้งระบบแสงสว่างบนทางวิ่งของสนามบินพาณิชย์ โดยการอ้างอิงมาตรฐาน ICAO และ FAA ซึ่งใช้ภาษาเดลไฟในการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ หลักการทำงานของโปรแกรมในการประมวลผลจะพิจารณามาตรฐานในการติดตั้ง ประเภทของทางวิ่ง และ รูปแบบในการติดตั้ง นอกจากนี้ยังคำนึงถึงคุณภาพทางแสง ความส่องสว่าง และ แสงจ้า โดยโปรแกรมจะตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ใน 2 ลักษณะคือ ผู้ใช้สามารถใช้ค่าตามมาตรฐานของทางวิ่งประเภทต่าง ๆ ในการคำนวณและผู้ใช้สามารถจะกำหนดรายละเอียดในส่วนต่าง ๆ ลงไปได้อีกตามสภาพภูมิศาสตร์และพื้นที่ที่จะเอื้ออำนวยในการก่อสร้าง

โปรแกรมนี้จะอำนวยความสะดวกให้กับผู้ใช้ในการออกแบบและติดตั้งระบบแสงสว่างบนทางวิ่ง ซึ่งจะช่วยให้ผู้ใช้ทราบข้อมูลและรูปแบบในการติดตั้งเพื่อช่วยในการตัดสินใจได้อย่างเหมาะสมที่สุด

Lighting for Commercial Airport Runway

Mr. Poonsup Kowasondilok
Mr. Sarayuth Phono
Mr. Somchai Keattipakorn
Mr. Sathit Dangyungyuen
Advisors
Assc.Prof. Sulee BanjongJit
Lecturer Chai Chompoo-inwai
1998

Abstract

This thesis studies and presents the designing of commercial airport runway lighting systems based on ICAO and FAA standard. The project is a Delphi application-based program that concerns about standard, type of runway, coordinates of lighting installation and light property that glare index and rating included. The program provides two useful options for users; enabling users to use standard default values of any CATs and use variant values to calculate and project the lights on the airport runway.

In the calculating process, the application receives input data from user neglecting climate variable factors. And for reason the users must understand the basic concept of the designing. On output step, the program provides pictures, data of the installation and light property also.

This application works as a standard counselor, it is only a light located and property processing object. The more application is getting upon base of user's thought to choose which better case of runway installation in each situation.

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ	I
ABSTARCT	II
สารบัญรูป	III
สารบัญตาราง	VI
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 ขอบเขตของการทำโครงงาน	1
1.3 ขั้นตอนของการศึกษา	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับสนามบิน	3
2.1 องค์กรและมาตรฐานที่ประเทศต่างๆทั่วโลกยึดถือเป็นแบบแผน	3
2.2 คำศัพท์ทั่วไป	3
2.3 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวระบบไฟฟ้าสนามบิน	5
2.4 คุณสมบัติทางกายภาพของสนามบิน	7
บทที่ 3 ระบบสัญญาณนำทาง	11
3.1 Indicator และ Signaling Devices	11
บทที่ 4 การวิเคราะห์ทางแสง	27
4.1 ทฤษฎีและคำศัพท์เบื้องต้น	27
4.2 การพิจารณาแสงจ้า	28
บทที่ 5 โฟลว์ชาร์ทและการทำงานของโปรแกรม	33
บทที่ 6 การใช้งานโปรแกรม Lighting For Airport Design	70
6.1 รายละเอียดของโปรแกรม	70
6.2 การติดตั้งโปรแกรม	70
6.3 การใช้งานโปรแกรม	70
บทที่ 7 ผลการทดสอบโปรแกรม	80
7.1 ตัวอย่างไฟล์เอาท์พุทของโปรแกรม	80
7.2 ตัวอย่างการพิจารณาค่าดัชนีแสงจ้า	94

บทที่ 8 บทสรุปและข้อเสนอแนะ 104
8.1 บทสรุป 104
8.2 ข้อเสนอแนะ 105
เอกสารอ้างอิง
กิตติกรรมประกาศ

สารบัญรูป

	หน้า
บทที่ 3 ระบบสัญญาณนำทาง	
รูปที่ 3.1 แสดงองค์ประกอบต่างๆ ของลานบิน	24
รูปที่ 3.2 ตัวอย่างโคมไฟชนิดต่างๆ ที่ใช้ติดตั้งบนลานบิน	25
รูปที่ 3.2 ตัวอย่างโคมไฟชนิดต่างๆ ทีใช้ติดตั้งบนลานบิน (ต่อ)	26
บทที่ 4 การวิเคราะห์ทางแสง	
รูปที่ 4.1 แสดงค่า Required Visual Range	28
บทที่ 5 โฟลว์ชาร์ทการทำงานของโปรแกรม	
รูปที่ 5.1 แสดงโฟลว์ชาร์ทการทำงานของโปรแกรมหลัก (Main Program)	34
รูปที่ 5.2 โฟลว์ชาร์ทการติดตั้ง ICAO CAT I Approach	35
รูปที่ 5.3 โฟลว์ชาร์ทแสดงการติดตั้ง ICAO CAT I CALVERT Approach	37
รูปที่ 5.4 โฟลว์ชาร์ทแสดงการติดตั้ง ICAO CAT II,III Approach	39
รูปที่ 5.5 โฟลว์ชาร์ทแสดงการติดตั้ง ICAO CAT II,III CALVERT Approach	41
รูปที่ 5.6 โฟลว์ชาร์ทการติดตั้ง FAA ALSF2 Approach	44
รูปที่ 5.7 โฟลว์ชาร์ทการติดตั้ง FAA Medium Intensity MALS Approach	47
รูปที่ 5.8 โฟลว์ชาร์ทการติดตั้ง FAA Medium Intensity MALSR Approach	49
รูปที่ 5.9 โฟลว์ชาร์ทการติดตั้ง Simple Approach 17 Light Source	51
รูปที่ 5.10 โฟลว์ชาร์ทการติดตั้ง Simple Approach 24 Light Source	53
รูปที่ 5.11 โฟลว์ชาร์ทการติดตั้ง FAA Threshold ALSF2	55
รูปที่ 5.12 โฟลว์ชาร์ทการติดตั้ง FAA Threshold MALS & MALSF	56
รูปที่ 5.13 โฟลว์ชาร์ทการติดตั้ง Runway Center Line Light	57
รูปที่ 5.14 โฟลว์ชาร์ทการติดตั้ง Runway Edge Light	59
รูปที่ 5.15 โฟลว์ชาร์ทการติดตั้ง Touchdown Zone Light	61
รูปที่ 5.16 โฟลว์ชาร์ทการติดตั้ง Non-Instrument, Non-Precision Runway End Light Type A	63

สารบัญรูปต่อ

หน้า

รูปที่ 5.17 โฟลว์ชาร์ทการติดตั้ง Non-Instrument, Non-Precision Runway End Light Type A 64

รูปที่ 5.18 โฟลว์ชาร์ทการติดตั้ง ICAO CAT I,II Runway End Light Type A 65

รูปที่ 5.19 โฟลว์ชาร์ทการติดตั้ง ICAO CAT I,II Runway End Light Type B 66

รูปที่ 5.20 โฟลว์ชาร์ทการติดตั้ง ICAO CAT III Runway End Light Type A 67

รูปที่ 5.21 โฟลว์ชาร์ทการติดตั้ง ICAO CAT III Runway End Light Type B 68

รูปที่ 5.22 โฟลว์ชาร์ทการติดตั้ง Precision Approach Path Indicator (PAPI) 69

บทที่ 6 การใช้งานโปรแกรม Lighting For Airport Runway Design

รูปที่ 6.1 แสดงหน้าต่างของโปรแกรมหลัก 70

รูปที่ 6.2 แสดงหน้าต่างของโปรแกรมติดตั้งไฟตามมาตรฐาน 71

รูปที่ 6.3 แสดงหน้าต่างของโปรแกรมของการเลือกของผู้ใช้ 72

รูปที่ 6.4 แสดงหน้าต่างการรับขนาดของทางวิ่งจากผู้ใช้ 73

รูปที่ 6.5 แสดงหน้าต่างการรับข้อมูลของสิ่งกีดขวางและชนิดเครื่องบิน 73

รูปที่ 6.6 แสดงหน้าต่างการรับข้อมูลของการเลือกชนิดการติดตั้งของโคมชนิดต่างๆ 74

รูปที่ 6.7 แสดงหน้าข้อมูลของโคมไฟติดตั้ง 74

รูปที่ 6.8 แสดงรูปการติดตั้งโคมไฟ 75

รูปที่ 6.9 แสดงการเลือกทิศทางการลงจอดของเครื่องบิน 75

รูปที่ 6.10 แสดงวิธีการย่อ/ขยายรูปการติดตั้ง 76

รูปที่ 6.11 แสดงวิธีการพิจารณาดัชนีแสงจ้าเป็นจุด 77

รูปที่ 6.12 แสดงผลของวิธีการพิจารณาดัชนีแสงจ้าเป็นจุด 77

รูปที่ 6.13 แสดงผลวิธีการพิจารณาดัชนีแสงจ้าโดยการเปรียบเทียบกัน 78

รูปที่ 6.14 แสดงกราฟของดัชนีแสงจ้าที่ได้จากการคำนวณของโปรแกรม 78

รูปที่ 6.15 แสดงหน้าต่างสารบัญของระบบการให้ความช่วยเหลือ 79

รูปที่ 6.16 แสดงข้อมูลของโคมชนิด Approach ที่อ่านจากฐานข้อมูล 79

สารบัญรูปต่อ

		หน้า
บทที่ 7	ผลการทดสอบโปรแกรม	
รูปที่ 7.1	กราฟแสดงค่าแสงจ้าที่ความสูงต่างๆตามการติดตั้งโคมไฟตามหัวข้อ 7.1	93
รูปที่ 7.2	กราฟแสดงดัชนีแสงจ้าที่ระดับความสูงต่างๆ ของทางวิ่งแบบ Non-Instrument	95
รูปที่ 7.3	กราฟแสดงดัชนีแสงจ้าที่ระดับความสูงต่างๆ ของทางวิ่งแบบ Non-Precision	97
รูปที่ 7.4	กราฟแสดงดัชนีแสงจ้าที่ระดับความสูงต่างๆ ของทางวิ่งแบบ Category I	99
รูปที่ 7.5	กราฟแสดงดัชนีแสงจ้าที่ระดับความสูงต่างๆ ของทางวิ่งแบบ Category II	101
รูปที่ 7.6	กราฟแสดงดัชนีแสงจ้าที่ระดับความสูงต่างๆ ของทางวิ่งแบบ Category III	103

สารบัญตาราง

		หน้า
บทที่ 2	ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับสนามบิน	
ตาราง 2.1	ค่าความเหมาะสมความกว้างของทางวิ่ง	8
บทที่ 4	การวิเคราะห์ทางแสง	
ตาราง 4.1	เป็นการแสดงค่า Required Visual range ที่ได้คำนวณจากสูตร	29
ตาราง 4.2	แสดงค่าความเข้มส่องสว่าง (I) ที่ต้องการโดยใช้ค่า R (Required Visual range จากตาราง 4.1	31
ตาราง 4.3	ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างประเภทของทางวิ่งกับความเข้มแสงของหลอดติดตั้งชนิดต่างๆ	31
ตาราง 4.4	ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการมองต่อค่าดัชนีแสงจ้า	32
บทที่ 7	ผลการทดสอบโปรแกรม	
ตาราง 7.1	แสดงตำแหน่งติดตั้งโคมไฟแต่ละประเภท	80
ตาราง 7.2	แสดงข้อมูลทางแสงที่ตำแหน่งความสูง 33 เมตร และทำมุมกับทางวิ่ง 3 ° จากการติดตั้งโคมไฟตามตาราง 7.1	90
ตาราง 7.3	แสดงข้อมูลทางแสงที่ตำแหน่งความสูงต่างๆ และทำมุมกับทางวิ่ง 3 ° จากการติดตั้งโคมไฟตามตาราง 7.1	91
ตาราง 7.4	แสดงข้อมูลทางแสงตามการติดตั้งตามข้อกำหนด 7.2.1	94
ตาราง 7.5	แสดงข้อมูลทางแสงตามการติดตั้งตามข้อกำหนด 7.2.2	96
ตาราง 7.6	แสดงข้อมูลทางแสงตามการติดตั้งตามข้อกำหนด 7.2.3	98
ตาราง 7.7	แสดงข้อมูลทางแสงตามการติดตั้งตามข้อกำหนด 7.2.4	100
ตาราง 7.8	แสดงข้อมูลทางแสงตามการติดตั้งตามข้อกำหนด 7.2.5	102

บทที่ 1
บทนำ
ระบบแสงสว่างบนทางวิ่ง

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในการออกแบบตำแหน่งติดตั้งของดวงโคมของระบบแสงสว่างบนทางวิ่ง จะต้องเป็นไปตามมาตรฐานของ ICAO และรูปแบบการติดตั้งของดวงโคมแต่ละประเภทจะยึดมาตรฐาน ICAO และ FAA ดังนั้นในการออกแบบระบบแสงสว่างจะต้องใช้เวลามากและไม่สะดวกต่อการที่จะออกแบบ เนื่องจากผู้ออกแบบต้องมาเปิดหาข้อมูลตำแหน่งติดตั้ง รวมทั้งต้องใช้เวลาในการเลือกรูปแบบ และผู้ออกแบบไม่สามารถเห็นภาพโดยรวมของการติดตั้งตำแหน่งโคมไฟแต่ละประเภทที่ติดตั้งทั้งทางวิ่งได้ ซึ่งถ้าใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่เขียนขึ้นเพื่อช่วยในการออกแบบการติดตั้งระบบแสงสว่างบนทางวิ่ง จะช่วยให้การออกแบบประหยัดเวลา และสามารถเลือกรูปแบบการติดตั้งที่เหมาะสม เนื่องจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์สามารถแสดงตำแหน่งติดตั้งของดวงโคมทุกชนิดบนทางวิ่งได้ เหมือนเป็นการจำลองทางวิ่งมาไว้บนจอคอมพิวเตอร์ ทำให้ผู้ออกแบบ หรือผู้ใช้โปรแกรม สามารถเปรียบเทียบรูปแบบในการติดตั้ง เพื่อเลือกรูปแบบที่เหมาะสมได้ นอกจากนี้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สามารถคำนวณตำแหน่งติดตั้งของโคมไฟได้รวดเร็วกว่าผู้ออกแบบไปทำการคำนวณเอง

1.2 ขอบเขตของการทำโครงงาน

1. เขียนโปรแกรมโดยใช้โปรแกรมภาษาเดลไฟ ในการคำนวณหาตำแหน่งติดตั้งของดวงโคมในแต่ละชนิดตามแบบการติดตั้งที่เลือก
2. โปรแกรมคำนวณค่าความส่องสว่างและแสงจ้า เพื่อแสดงคุณภาพของแสงได้
3. มีฐานข้อมูลที่บอกชนิดรุ่นของดวงโคมเพื่ออำนวยความสะดวกในการเลือกชนิดของดวง โคมไปใช้ในการติดตั้ง
4. มีโปรแกรมช่วยเหลือ และข้อความแสดงข้อจำกัดที่จำเป็นเพื่อช่วยผู้ออกแบบในการใช้ โปรแกรม
5. เมื่อออกแบบระบบแสงสว่างแล้ว สามารถบันทึกข้อมูลการติดตั้งและคุณภาพของแสงเป็นไฟล์ไว้ในคอมพิวเตอร์ เพื่อให้สามารถทำการแก้ไขการออกแบบและนำข้อมูลออกไปใช้ได้

1.3 ขั้นตอนการศึกษา

1. ศึกษาทฤษฎีในการออกแบบและติดตั้งระบบแสงสว่างบนลานบินตามมาตรฐาน ICAO ,FAA รวมทั้งทฤษฎีทางแสง
2. พิจารณา Algorithm เพื่อนำมาเขียนเป็น Flowchart การติดตั้งโคมไฟแต่ละประเภท การหาค่าความส่องสว่างรวมทั้งแสงจ้า
3. ศึกษาวิธีการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรมภาษา Delphi
4. ออกแบบตัวโปรแกรมและกำหนดรูปแบบ User Interface
5. ทำการทดสอบ และเปรียบเทียบผลการทำงานของโปรแกรม และแก้ไข
6. สรุปผลการทดลอง

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถได้โปรแกรมสำเร็จรูปที่ใช้เป็นเครื่องมือที่ช่วยในการออกแบบและติดตั้งระบบแสงสว่างบนทางวิ่ง
2. ทำให้ผู้ออกแบบทำงานได้รวดเร็ว และถูกต้องมากขึ้น
3. สามารถนำข้อมูลที่ได้จากการออกแบบด้วยโปรแกรม ไปประยุกต์ใช้ในการติดตั้งระบบแสงสว่างบนทางวิ่งได้จริง
4. ทำให้ทราบคุณภาพทางแสงของการออกแบบ ในการเลือกรูปแบบการติดตั้งโคมไฟในแต่ละรูปแบบตามมาตรฐาน

บทที่ 2
ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับสนามบิน

2.1 องค์กรและมาตรฐานที่ประเทศต่างๆทั่วโลกยึดถือเป็นแบบแผน

ICAO (International Civil Aviation Organization)

เป็นความร่วมมือกันของนานาชาติในการเดินทางทางอากาศซึ่ง ICAO จะควบคุมรวมไปถึงกฎการเดินทางอากาศ - อวกาศ การจราจรทางอากาศ เครื่องบิน อุตุนิยมวิทยา สนามบิน อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เป็นต้น

เพื่อให้เป็นสากลและแพร่หลายไปทั่วโลก ตัวแทนหลาย ๆ ประเทศได้ตกลงกันเพื่อแก้ปัญหาการเดินทางทางอากาศ โดยเตรียมหลาย ๆ ANNEXS จากการรวมส่วนต่าง ๆ ของสนธิสัญญา ของแต่ละประเทศเข้าด้วยกัน

สำนักงานใหญ่ของ ICAO ตั้งอยู่ที่ MONTREAL ประเทศแคนนาดาและมีสมาชิก 150 ประเทศรวมทั้งประเทศไทยด้วย สถานที่ตั้งในประเทศไทยตั้งอยู่ที่ ถนน วิภาวดี – รังสิต ใกล้อาคาร ป.ต.ท.ลาดพร้าว

FAA. (Federal Aviation Administration) USA.

เป็นหน่วยงานที่จัดการเกี่ยวกับเอกสารที่ใหญ่และสำคัญมาก เกี่ยวกับข้อมูลทางด้านเทคนิคและคุณสมบัติพิเศษ FAA. มีการกระทำที่แตกแยกออกไปซึ่งมีความมั่นคงเป็นเรื่องราวเป็นที่ยอมรับใน มาตรฐานและมีคุณสมบัติพิเศษมีวิธีการที่แตกต่างไปจากมาตรฐานของ ICAO โดย FAA ซึ่งนับวันจะเจริญก้าวหน้าแข็งแกร่ง โดยตัวของมาตรฐานของ ICAO ขณะนี้ก็ยังเก็บไว้ซึ่งครั้งหนึ่งเคยมีอิทธิพลอย่างมากกับงาน และFAA จะให้รายละเอียดที่มากกว่า ICAO ในข้อจำกัดเกี่ยวกับคุณสมบัติทางด้านเทคนิคควบคุมไปถึงชิ้นส่วนอุปกรณ์ที่ใช้งานจริง

หมายเหตุ : ประเทศไทยประยุกต์ใช้ทั้ง ICAO และ FAA.

2.2 คำศัพท์ทั่วไป

Runway (ทางวิ่ง) หมายถึง พื้นที่ ๆ ใช้สำหรับเครื่องบินขึ้นลง ซึ่งจะมีความกว้างและความยาว เพียงพอที่จะทำให้เครื่องบินขึ้นลงได้อย่างปลอดภัยความยาวของทางวิ่งมีหลักพิจารณา 2 ประการ คือ

1. สภาพแวดล้อมของทางวิ่ง

- อุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นที่
- ความสูงจากระดับน้ำทะเล
- ความเร็วลมพื้นผิว
- สภาพผิวทางวิ่ง

2. เครื่องบินที่ใช้ทางวิ่งในปัจจุบัน และ อนาคต

Runway Shoulder (ไหล่ทางวิ่ง) หมายถึง พื้นที่ ๆ ติดกับขอบทางวิ่งทั้ง 2 ด้าน มีวัตถุประสงค์ เพื่อป้องกันแรงดันจาก JET ของเครื่องบิน ซึ่งอาจทำให้พื้นที่ข้างเคียงเสียหายหรือหลุดออกและยังเป็น ที่ตั้งของไฟขอบทางวิ่ง

Stopway หมายถึง พื้นที่ ๆ ต่อออกไปจากปลายทางวิ่งในทิศทางเดียวกันกับทิศทางการวิ่งขึ้น ของเครื่องบินโดยให้มีความกว้างเท่ากับทางวิ่ง และมีขนาดความยาวที่สามารถจะให้เครื่องบินขนาดใหญ่ ที่สุดที่มาใช้ทางวิ่งสามารถเข้าไปหยุดบนพื้นที่ดังกล่าว ในกรณีที่มีปัญหาขณะทำการวิ่งขึ้น

Runway Strip หมายถึง พื้นที่ด้านข้างของขอบทางวิ่ง นับรวมพื้นที่ตั้งแต่ Threshold และ เลย Stopway วัตถุประสงค์เพื่อป้องกันมิให้เครื่องบินเกิดความเสียหายในกรณีที่วิ่งออกไปนอกทางวิ่ง

Taxiway (ทางขับ) หมายถึง ทางที่ต่อเชื่อมระหว่างจุด เช่น ทางวิ่งกับลานจอด ทางวิ่งกับจุดอื่น ๆ ซึ่งสามารถให้เครื่องบินขับเคลื่อนจากส่วนหนึ่งของสนามบินไปยังส่วนอื่น ๆ ของสนามบินได้

Taxiway Shoulder (ไหล่ทางขับ) หมายถึง พื้นที่ด้านข้างของทางขับทั้ง 2 ด้าน วัตถุประสงค์ ป้องกันแรงดันจาก JET ของเครื่องบิน ซึ่งอาจทำให้พื้นที่ข้างเคียงเสียหาย

Taxiway Strip หมายถึง พื้นที่ด้านข้างของขอบทางขับ วัตถุประสงค์เพื่อป้องกันมิให้เครื่องบิน เกิดความเสียหายในกรณีวิ่งออกไปนอกทางขับ โดยปรกติพื้นที่ดังกล่าวจะปลูกหญ้าเพื่อทำการยึดดิน

Apron (ลานจอดเครื่องบิน) หมายถึง พื้นที่ส่วนที่ใช้สำหรับจอดเครื่องบินเพื่อขนส่งถ่ายผู้โดยสาร

Runway End Safety Area หมายถึง พื้นที่ที่นับต่อออกไปจาก Threshold หรือ Stop Way ซึ่งพื้นที่ดังกล่าวเตรียมไว้เพื่อป้องกันมิให้เครื่องบินเสียหายมาก ในกรณีที่เกิด Under Short

Clear Way หมายถึง พื้นที่ด้านปลายทางวิ่ง ในทิศทางของการวิ่งขึ้นซึ่งเตรียมไว้สำหรับให้ เครื่องบิน ทำการวิ่งขึ้นได้อย่างปลอดภัย มีความสูง 10.5 เมตร หมายความว่าจะต้องไม่มีสิ่งกีดขวางในระยะที่เครื่องบินกำลังไต่ระดับ โดยปกติจะมีความกว้างไม่น้อยกว่า 150 เมตร

Holding Bay หมายถึง พื้นที่ใช้สำหรับจอดให้เครื่องบินจอดรอ หรือสำหรับให้เครื่องอื่นผ่านไปก่อน

FOD (Foreign Object Damage) หมายถึง วัสดุแปลกปลอมที่ในบริเวณที่เครื่องบินผ่านซึ่งวัสดุแปลกปลอมเหล่านี้ อาจถูก JET ของเครื่องบินดูดเข้าไป และสามารถทำให้เครื่องยนต์ของเครื่องบินขัดข้องได้

ATC (Air Traffic Control) การควบคุมการจราจรทางอากาศที่หอบังคับการการบินแบ่งออกเป็น 2 ส่วน มีหน้าที่สำหรับให้คำแนะนำกับนักบินเกี่ยวกับเครื่องบินในการลงสู่พื้น

ในทันทีที่เครื่องบินสัมผัสพื้นทางวิ่งจะได้รับคำแนะนำให้เคลื่อนที่ไปตามทางขับสู่ลานจอด เครื่องบิน ควบคุมความเข้มของระบบไฟฟ้าสนามบินควบคุม Stop bar lights

Visual Runway Range (RVR) คือระยะทางที่นักบินสามารถมองเห็นเครื่องหมายหรือแสงไฟของ Runway Edge Lights หรือ Runway Centerline ไฟด้วยตาของนักบินขณะที่เครื่องขึ้นหรือลง

2.3 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับระบบไฟฟ้าสนามบิน

ประเภทของทางวิ่งแบ่งออกเป็น 2 ประเภท

I. ทางวิ่งที่ไม่ใช่เครื่องช่วยเดินอากาศ (Non - Instrument) เป็นทางวิ่งที่ประสงค์จะใช้กับเครื่องบินที่ทำการบินเข้าสู่ทางวิ่งโดยใช้สายตา (Visual Approach Procedure)

II. ทางวิ่งที่ใช้เครื่องช่วยเดินอากาศ (Instrument Runway) เป็นทางวิ่งที่ประสงค์จะใช้ กับ เครื่องบินที่ทำการบินเข้าสู่ทางวิ่งโดยใช้ เครื่องช่วยเดินอากาศ **(Instrument Runway Procedure)** ซึ่งแบ่งเป็น 4 ชนิดคือ

1. Non Precision Approach เป็นทางวิ่งที่ใช้เครื่อง ช่วยเดินอากาศชนิดสายตา (Visual Aids) เช่น ไฟนำร่อง และวิทยุเครื่องช่วยเดินอากาศ อย่างน้อยเพียงพอสำหรับใช้นำเครื่องบินเข้าสู่แนวทางวิ่ง เพื่อทำ Straight in Approach การบินเข้าสู่ทางวิ่งเพื่อร่อนลง (Approach) ที่ระยะสุดท้าย ของการบินเข้าสู่ แนวทางวิ่ง (Final Approach) ทำมุมไม่เกิน 30 องศากับแนวทางวิ่งที่จะลง

2. Precision Approach Category I (CAT I) เป็นสนามบินที่มีสมรรถนะพอใช้เป็นทางวิ่งที่มีเครื่องช่วยเดินอากาศ ILS (Instrument Landing System) และเครื่องช่วยเดินอากาศชนิดสายตาเช่น ไฟนำร่อง (Approach Light) เพื่อให้จุด Decision Height ต่ำลงมาถึง 600 เมตร (2000 ฟุต) และค่าทัศนะวิสัย (RVR 800 เมตร)

สมรรถนะของสนามบินแบบนี้สามารถนำเครื่องบินขึ้น-ลง หรือเคลื่อนที่ขณะที่มี RVR ไม่น้อยกว่า 800 เมตร นอกจากระบบไฟที่แตกต่างกันแล้ว ระบบ ILS ระบบอุตุนิยมวิทยาก็ยังมีความแตกต่าง กันด้วย ILS ของ CAT I จะให้ความถูกต้องแม่นยำถูกต้องแน่นอน ณ จุดตัดของ Localizer Course Line กับ Glide Path ที่ระยะสูง 600 เมตร (2000 ฟุต) หรือต่ำกว่า เหนือพื้นราบ

3. Precision Approach Category II (CAT II) เป็นสนามบินที่มีสมรรถนะดีเป็นทางวิ่งที่มีเครื่องช่วยเดินอากาศคล้ายกับ CAT I แต่เพื่อให้จุด Decision High ต่ำลงมาถึง 30 เมตร (100 ฟุต) และค่าทรรศนะวิสัย (RVR 400 เมตร)

สมรรถนะของสนามบินแบบนี้สามารถนำเครื่องบินขึ้น-ลง หรือเคลื่อนที่ขณะที่มี RVR ไม่น้อยกว่า 400 เมตร นอกจากระบบไฟที่แตกต่างกันแล้ว ระบบ ILS ระบบอุตุนิยมวิทยาก็ยังมีความแตกต่าง กันด้วย ILS CAT II จะให้ความถูกต้องแม่นยำถูกต้องแน่นอน ณ จุดตัดของ Localizer Course Line กับ Glide Path ที่ระยะสูง 30 เมตร (100 ฟุต) หรือต่ำกว่า เหนือพื้นราบ

4. Precision Approach Category III (CAT III) เป็นสนามบินที่มีสมรรถนะดีมากทางวิ่งนี้ใช้เครื่องช่วยเดินอากาศ ILS โดยการนำเครื่องบินเข้าสู่ทางวิ่งและขณะขับเครื่องอยู่บนทางวิ่งนั่นหมายถึงว่าทางวิ่งแบบนี้ ILS สามารถนำเครื่องบินลงสู่ทางวิ่งได้เลยโดยไม่ต้องมีจุด Decision Height

ระบบไฟจะเหมือนกับ CAT II ในสมรรถนะสนามบินที่เป็นแบบ CAT III ยังแบ่งออกเป็น 3 แบบคือ

- CAT III A สมรรถนะของสนามบินแบบนี้สามารถนำบินขึ้น-ลง หรือเคลื่อนที่ขณะที่มี RVR ไม่น้อยกว่า 200 เมตร และใช้เครื่องช่วยเดินอากาศที่ใช้สายตาในช่วงสุดท้ายของการบินเข้าสู่แนวทางวิ่ง
- CAT III B สมรรถนะของสนามบินแบบนี้สมารถนำเครื่องบินขึ้น-ลง หรือเคลื่อนที่ขณะที่มี RVR ไม่น้อยกว่า 50 เมตรและใช้เครื่องช่วยชนิดสายตาเฉพาะการขับเคลื่อนบนทางขับเท่านั้น
- CAT III C สมรรถนะของสนามบินแบบนี้สามารถนำบินขึ้น-ลง หรือเคลื่อนที่ขณะที่มี RVR ไม่น้อยกว่า 0 เมตร โดยไม่ต้องพึ่งพาอาศัยเคลื่องช่วยเดินอากาศชนิดสายตาเลยแม้แต่ขณะขับเคลื่อนบนทางขับ จะแตกต่างก็เพียงระยะห่างของโคมไฟฟ้าบางระบบเท่านั้น ระบบ ILS ระบบอุตุนิยมวิทยาก็ยังมีความแตกต่างกันด้วย ILS CAT III จะให้ความถูกต้องแม่นยำถูกต้องแน่นอนบนพื้นทางวิ่งหรือแม้กระทั่งบนทางขับ

2.4 คุณสมบัติทางกายภาพของสนามบิน

Runway

จำนวนและตำแหน่งของ Runway

ในการคำนวณการวางตำแหน่งและจำนวนของทางวิ่งมีองค์ประกอบที่สำคัญหลายประการองค์ประกอบที่สำคัญคือ ทิศทางลม การวางตำแหน่งของ Runway พื้นผิวของ Runway จำนวนและการวางตำแหน่งของสนามบินควรจะสามารถใช้งานได้ไม่ต่ำกว่า 95 % (usability factor >= 95%)

การเลือกค่าสูงสุดของความเร็วลมที่ยอมรับได้

เราสามารถกำหนดว่าการขึ้นและการลงของเครื่องบินเป็นตามเงื่อนไขของค่ากระแสลม โดย

- 37 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (20 kt) จะเป็นในส่วนของเครื่องบินที่มีความยาวของ reference field ตั้งแต่ 1500 เมตร ขึ้นไปยกเว้นทางวิ่งที่มีปัญหาเรื่องสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน ซึ่งจะมีผลต่อการหยุดและระบบหยุดของ เครื่องบิน ลมปะทะจะอนุญาติให้มีความเร็ว 24 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (13 kt)
- 24 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (13 kt) จะเป็นในส่วนของเครื่องบินที่มีความยาวของ reference field ตั้งแต่ 120 เมตร ขึ้นไปแต่ไม่เกิน 1500 เมตร
- 19 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (10 kt) จะเป็นในส่วนของเครื่องบินที่มีความยาวของ reference field น้อยกว่า1200 เมตร

ข้อมูลที่จะใช้

การเลือกใช้ข้อมูลสำหรับการคำนวณ Usability factor จะอยู่บนพื้นฐานของสถิติของการกระจายตัวของทิศทางลมที่เชื่อถือได้ (Reliable wind distribution statistics) ซึ่งการเก็บข้อมูลจะต้องไม่น้อยกว่า 5 ปี ซึ่งการเก็บข้อมูลจะทำกันอย่างน้อยวันละ 8 ครั้ง

ตำแหน่งของ Threshold

ปกติจะถูกติดตั้งที่ส่วนต้นและส่วนท้ายของทางวิ่ง ถ้าไม่สามารถติดตั้งที่บริเวณอื่นได้

- เมื่อจำเป็นต้องเคลื่อนย้ายตำแหน่งของ Threshold ไม่ว่าจะเป็นชั่วคราวหรือถาวรจะต้องคำนึงถึงปัจจัยและผลกระทบต่างๆ ในการเคลื่อนย้ายและสภาพแวดล้อมของที่ใหม่ ในการเคลื่อนย้ายที่คาดว่าจะไม่มีอยู่ในเงื่อนไขของการบำรุงรักษาทางวิ่ง

2.4 คุณสมบัติทางกายภาพของสนามบิน

Runway

<u>จำนวนและตำแหน่งของ Runway</u>

ในการคำนวณการวางตำแหน่งและจำนวนของทางวิ่งมีองค์ประกอบที่สำคัญหลายประการองค์ประกอบที่สำคัญคือ ทิศทางลม การวางตำแหน่งของ Runway พื้นผิวของ Runway จำนวนและการวางตำแหน่งของสนามบินควรจะสามารถใช้งานได้ไม่ต่ำกว่า 95 % (usability factor >= 95%)

<u>การเลือกค่าสูงสุดของความเร็วลมที่ยอมรับได้</u>

เราสามารถกำหนดว่าการขึ้นและการลงของเครื่องบินเป็นตามเงื่อนไขของค่ากระแสลม โดย

- 37 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (20 kt) จะเป็นในส่วนของเครื่องบินที่มีความยาวของ reference field ตั้งแต่ 1500 เมตร ขึ้นไปยกเว้นทางวิ่งที่มีปัญหาเรื่องสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน ซึ่งจะมีผลต่อการหยุดและระบบหยุดของ เครื่องบิน ลมปะทะจะอนุญาติให้มีความเร็ว 24 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (13 kt)
- 24 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (13 kt) จะเป็นในส่วนของเครื่องบินที่มีความยาวของ reference field ตั้งแต่ 120 เมตร ขึ้นไปแต่ไม่เกิน 1500 เมตร
- 19 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (10 kt) จะเป็นในส่วนของเครื่องบินที่มี่ความยาวของ reference field น้อยกว่า1200 เมตร

<u>ข้อมูลที่จะใช้</u>

การเลือกใช้ข้อมูลสำหรับการคำนวณ Usability factor จะอยู่บนพื้นฐานของสถิติของการกระจายตัวของทิศทางลมที่เชื่อถือได้ (Reliable wind distribution statistics) ซึ่งการเก็บข้อมูลจะต้องไม่น้อยกว่า 5 ปี ซึ่งการเก็บข้อมูลจะทำกันอย่างน้อยวันละ 8 ครั้ง

<u>ตำแหน่งของ Threshold</u>

ปกติจะถูกติดตั้งที่ส่วนต้นและส่วนท้ายของทางวิ่ง ถ้าไม่สามารถติดตั้งที่บริเวณอื่นได้

- เมื่อจำเป็นต้องเคลื่อนย้ายตำแหน่งของ Threshold ไม่ว่าจะเป็นชั่วคราวหรือถาวรจะต้องคำนึงถึงปัจจัยและผลกระทบต่างๆ ในการเคลื่อนย้ายและสภาพแวดล้อมของที่ใหม่ ในการเคลื่อนย้ายที่คาดว่าจะไม่มีอยู่ในเงื่อนไขของการบำรุงรักษาทางวิ่ง

ความยาวของทางวิ่ง

Primary Runway

ถ้าความยาวทางวิ่ง ที่กล่าวถึงเป็นของ Primary Runway ทางวิ่งซึ่งควรจะตอบสนองความต้องการของเครื่องบินได้อย่างพอเพียง ในการขึ้นและลงและความยาวต้องไม่น้อยกว่า ความยาวสูงสุดที่คำนวณได้ สำหรับเครื่องบินแต่ละชนิดที่ขึ้นลงในสนามบินนั้น

- ทั้งความต้องการในการขึ้นและการลงจำเป็นต้องคำนึงถึง เมื่อการคำนวณความยาวของทางวิ่งและจำเป็นสำหรับการดำเนินการด้านทิศทางของทางวิ่งทั้ง 2 ทาง
- เงื่อนไขจำเพาะของแต่ละเขตพื้นที่ จำเป็นต้องคำนึงถึงอุณหภูมิ ความสูงเหนือระดับน้ำทะเล ความลาดเอียงของทางวิ่ง ความชื้น และคุณสมบัติต่างของพื้นผิวทางวิ่ง
- เมื่อเราไม่ทราบข้อมูลจำเพาะของเครื่องบินที่จะขึ้นลงทางวิ่ง การคำนวณความยาวจะสามารถศึกษาได้จาก Aerodrome Design Manual Part 1

Secondary Runway

ความยาวของ Secondary Runway สามารถคำนวณได้เช่นเดียวกับ primary Runway

ทางวิ่งที่มี stop way หรือ clear way

ทางวิ่งที่มี Stop way หรือ clear way เมื่อทางวิ่งมีการใช้งานร่วมกับ clear way หรือ stop way ความยาวทางวิ่งจะสั้นกว่าที่ได้คำนวณจาก ตามความเหมาะสม แต่ในบางกรณี การเชื่อมต่อของทางวิ่ง stop way และClear way ต้องสามารถตอบสนองความต้องการในการขึ้นลงของเครื่องบิน

ความกว้างของทางวิ่ง

ความกว้างของทางวิ่งไม่ควรน้อยกว่าค่าความเหมาะสมที่ระบุไว้ในตารางต่อไปนี้

Code letter

Code number	A	B	C	D	E
1(a)	18 m	18 m	23 m	-	-
2(a)	23 m	23 m	30 m	-	-
3	30 m	30 m	30 m	45 m	-
4	-	-	45 m	45 m	45 m

ตารางที่ 2-1 ค่าความเหมาะสมความกว้างของทางวิ่ง

(a). *ข้อแนะนำ* ความกว้างของ Precision approach ต้องไม่น้อยกว่า 30 เมตร ที่ code number 1 หรือ 2

ระยะทางน้อยที่สุดระหว่างทางวิ่งคู่ขนาน (Parallel Runway)

ข้อแนะนำ

เมื่อมีการใช้ทางวิ่งคู่ขนานพร้อมกันระยะทางต่ำสุด ระหว่าง Center line ของแต่ละทางวิ่ง จะเป็นดังนี้

- 210 เมตรที่ code number 3 หรือ 4
- 150 เมตร code number 2
- 120 เมตร code number 1

หมายเหตุ กระบวนการจัดประเภทของเครื่องบิน จัดตาม Procedures for Air Navigation Services – Rules of the Air and Air Traffic Services (PANS-RAC), Doc 4444,Part V. Section 16

ข้อแนะนำ

ถ้ามีการใช้ทางวิ่งคู่ขนานพร้อมกัน โดยเป็นไปตามเงื่อนไขของ PANS-RAC (Doc 44444) และ PANS-PS (Doc 8168) VOLUME 1 ระยะห่างต่ำสุดระหว่างเส้นกึ่งกลางของแต่ละทางวิ่งควรจะ

- 1035 เมตรสำหรับทางวิ่งคู่ขนานที่เป็นอิสระต่อกัน
- 915 เมตรสำหรับทางวิ่งคู่ขนานที่ขึ้นต่อกัน
- 760 เมตรสำหรับทางวิ่งคู่ขนานที่
- 760 เมตรสำหรับทางวิ่งคู่ขนานที่ทำงานแยกออกจากกัน

Runway Shoulder

ความกว้างของ Runway shoulder

Runway shoulder จะต้องถูกจัดเตรียมไว้สำหรับทางวิ่ง CODE D or E หรือทางวิ่งที่มีความกว้างมากกว่า 60 เมตร Runway shoulder จะต้องมีความสมมาตรกันในแต่ละข้างของทางวิ่ง ซึ่งทำให้ความกว้างทั้งหมดของทางวิ่งและ Runway shoulder ต้องไม่น้อยกว่า 60 เมตร

ความลาดเอียงของ Runway shoulder

พื้นผิวของ Shoulder ซึ่งบรรจบกับทางวิ่งต้อง ได้ระดับเดียวกันกับของทางวิ่ง และความลาดเอียงตามขวางต้องไม่เกิน 2.5 %

ความแข็งแรงของ Runway shoulder

Runway shoulder จะต้องถูกสร้างให้มีความแข็งแรงพอเพียงในกรณีที่เครื่องบินวิ่งออกนอกทางวิ่ง เพื่อรองรับเครื่องบินไม่ให้เกิดความเสียหาย

Runway Strip

ความยาวของ Runway strips

Runway strips ควรจะถูกวางไว้ก่อน Threshold และหลังจากสุดสิ้นสุดของทางวิ่งหรือ stop way ด้วยระยะทางอย่างน้อยที่สุด

- 60 เมตรสำหรับเลขรหัส 2, 3, 4
- 60 เมตรสำหรับเลขรหัส 1 และทางวิ่งซึ่งมี Instrument one
- 30 เมตรสำหรับเลขรหัส 1 และทางวิ่งที่ไม่มี instrument one

Strips ซึ่งมีระบบ precision approach ควรจะมีระยะด้านข้างอย่างน้อยที่สุด

- 50 เมตรสำหรับเลขรหัส 3 และ 4
- 75 เมตรสำหรับเลขรหัส 1 และ 2

Strips ในระบบ non- precision approach ควรจะมีระยะด้านข้างอย่างน้อยที่สุด

- 150 เมตรสำหรับเลขรหัส 3 และ 4
- 75 เมตรสำหรับเลขรหัส 1 และ 2

Strips ในระบบ non-instrument Runway ควรจะขยายออกในแต่ละด้านของ centerline และขยายตามแนว centerline ไปเป็นระยะทางอย่างต่ำ

- 75 เมตรสำหรับเลขรหัส 3 หรือ 4
- 40 เมตรสำหรับเลขรหัส 2
- 30 เมตรสำหรับเลขรหัส 1

วัตถุที่ติดตั้งอยู่บน Runway strips ซึ่งอาจจะเป็นอันตรายกับเครื่องบินควรจะป้องกันหรือเคลื่อนย้ายออกไปให้ไกล

บทที่ 3

ระบบสัญญาณนำทาง (Visual Aids for Navigation)

3.1 Indicator และ Signaling Devices

เครื่องบอกทิศทางลม(wind Direction indicators)

ในการใช้งาน ในสนามบินจะต้องติดตั้งเครื่องบอกทิศทางลมอย่างน้อย 1 เครื่อง

สถานที่ติดตั้ง

เครื่องบอกทิศทางลมควรจะติดตั้งให้สามารถมองเห็นได้จากเครื่องบิน หรือจากบริเวณที่เคลื่อนที่ และเครื่องบอกทิศทางลมต้องติดตั้งอยู่ในพื้นที่ ซึ่งปราศจากการรบกวนจากวัตถุต่างๆรอบข้างอันเป็นผลทำให้ทิศทางลมเปลี่ยน

ลักษณะทางกายภาพ

เครื่องบอกทิศทางลมควรจะอยู่ในรูปแบบของทรงกรวยตัดปลาย ซึ่งทำด้วยผ้า และควรจะมีความยาวไม่น้องกว่า 3.6 เมตร และเส้นผ่านศูนย์กลางของด้านที่ใหญ่ไม่น้อยกว่า 0.9 เมตร ซึ่งมันควรจะบอกทิศทางได้อย่างชัดเจน และสามารถบอกความเร็วลมได้ สีที่ใช้ทำเครื่องบอกทิศทางลม ต้องเป็นสีที่มองเห็นและเข้าใจได้จากระยะความสูง 300 เมตรเป็นอย่างต่ำ ในทางปฏิบัติถ้าเป็นเครื่องบอกทิศทางลมที่มีสีเดียวจะใช้สีขาวหรือสีสม แต่ถ้าใช้สองสีมาประกอบกันจำเป็นจะต้องเปลี่ยนสีพื้นให้มีความพอเหมาะกัน ยกตัวอย่างเช่น สีส้มกับสีขาว สีแดงกับสีขาว หรือสีดำกับสีขาว และควรจะจัดสีสลับกันใน 5 ช่อง โดยช่องแรกกับช่องสุดท้ายเป็นสีที่มีความเข้มกว่า

ข้อเสนอแนะ

1.บริเวณที่ติดตั้งเครื่องบอกทิศทางลมอย่างน้อย 1 เครื่องควรจะทำเครื่องหมายเป็นวงกลม เส้น ผ่านศูนย์กลาง 15 เมตร และเส้นที่ลากมีความหนา 1.2 เมตร และเส้นนี้ควรเป็นสีที่ตัดกับพื้นหลัง เช่นสีขาว

2. เครื่องบอกทิศทางลมควรจัดให้มีระบบไฟฟ้าส่องสว่าง อย่างน้อย 1 ชุด เพื่อใช้ในเวลากลางคืน

3.2 ระบบแสงสว่างที่ใช้ภายในสนามบิน

Airport Rotating Beacon

หรือ Aerodrome Beacon หรือ Airway Beacon

ลักษณะใช้งาน

- เป็นไฟที่ทำหน้าที่บอกตำแหน่ง ท่าอากาศยาน หรือหอบังคับการบินให้กับนักบิน
- ใช้ในเวลากลางคืน หรือในเวลากลางวันในช่วงที่มีทัศนะวิสัยของอากาศไม่ดี (RVR ต่ำกว่า 800) เช่น ขณะที่ฝนตกหนัก หรือ หมอกลงจัด

ตำแหน่งที่ติดตั้ง

- ติดตั้งอยู่ใกล้กับหอบังคับการบิน ในบริเวณที่นักบินสามารถมองเห็นจากทุกมุมของการบิน

ลักษณะทั่วไป

- โคมไฟที่หมุนรอบตัวด้วยความเร็ว 12-30 รอบต่อนาที
- ให้แสงสีเขียว 1 ด้าน และ แสงสีขาว 1 ด้าน

Signal Gun Lights

ลักษณะใช้งาน

- เป็นไฟที่ถูกใช้โดยเจ้าหน้าที่ควบคุมการบินบนหอบังคับการบิน เพื่อให้สัญญาณกับนักบิน ในกรณีที่วิทยุสื่อสารของเครื่องบินเกิดขัดข้อง ในขณะที่นักบินทำการบินอยู่บนอากาศหรือเคลื่อนที่อยู่บนพื้นดิน
- ใช้ได้ในเวลากลางคืน หรือในเวลากลางวันในช่วงที่มีทัศนะวิสัยของอากาศไม่ดี (RVR ต่ำกว่า 800) เช่น ขณะทีฝนตกหนัก หรือ หมอกลงจัด

ตำแหน่งที่ติดตั้ง

- ติดตั้งห้อยอยู่บนเพดานภายในหอบังคับการบิน เมื่อต้องการใช้งานต้องดึงลงมา

ลักษณะทั่วไป

- โคมไฟมีลักษณะเป็นทรงกระบอก ด้ามที่ใช้เปลี่ยนแสงไฟจะมีไกคล้ายปืน
- ให้แสงไฟสีแดง เขียว แล้วแต่สัญญาณที่ถูกใช้

Threshold LIghts

ลักษณะใช้งาน

- เป็นระบบไฟที่ทำหน้าที่บอกจุดเริ่มต้นของทางวิ่ง เพื่อให้นักบินทราบว่าการนำเครื่องบินร่อนลงอย่างปลอดภัยนั้นต้องนำเครื่องบินข้ามจุดนี้ไป
- ใช้ได้ในเวลากลางคืน หรือในเวลากลางวันในช่วงที่มีทัศนะวิสัยของอากาศไม่ดี (RVR ต่ำกว่า 800) เช่น ขณะที่ฝนตกหนัก หรือ หมอกลงจัด

ตำแหน่งที่ติดตั้ง

- ติดตั้งอยู่หัวทางวิ่งออกจากหัวทางวิ่งไปทางด้านนอกในแนวเดียวกับทางวิ่ง ห่างออกไปได้ไม่เกิน 3 เมตร
- การติดตั้งภายในสนามบินที่เป็นแบบ Non Instrument หรือ Non Precision Approach Runway ต้องติดตั้งอย่างน้อย 6 ดวง
- การติดตั้งภายในสนามบินที่เป็นแบบ CAT I โคมจะติดตั้งห่างจาก Runway Edge Lights 3 เมตร และแต่ละโคมห่างกัน 3 เมตร
- การติดตั้งภายในสนามบินที่เป็นแบบ CAT II, III โคมจะติดตั้งห่างจาก Runway Edge Lights ไม่เกิน 3 เมตร และแต่ละโคมห่างกันไม่เกิน 3 เมตร

ลักษณะทั่วไป

- เป็นโคมไฟที่ถูกออกแบบให้มองเห็นเพียงด้านเดียว (UNI-DIRECTIONAL)
- ให้แสงสีเขียว

Runway Edge Lights

ลักษณะใช้งาน

- เป็นไฟแสดงขอบทางวิ่งที่ถูกเตรียมไว้สำหรับบอกแนวและขนาดของทางวิ่ง
- ใช้ได้ในเวลากลางคืน หรือ ในเวลากลางวันในช่วงที่มีทัศนะวิสัยของอากาศไม่ดี (RVR ต่ำกว่า 800) เช่น ขณะที่ฝนตกหนัก หรือ หมอกลงจัด

ตำแหน่งที่ติดตั้ง

- โคมไฟติดตั้งอยู่บนไหล่ทางวิ่งทั้ง 2 ด้าน เริ่มตั้งแต่ THRESHOLD ขนานตลอดทางวิ่งจนไปสิ้นสุดที่ RUNWAY END
- โคมไฟติดตั้งอยู่ห่างจากขอบทางวิ่งไม่เกิน 3 เมตร
- สำหรับ INSTRUMENT RUNWAY, CAT I, CAT II ระยะห่างระหว่างโคมต่อโคมห่างกันได้ไม่เกิน 60 เมตร
- สำหรับ NON INSTUMENT RUNWAY ระยะห่างระหว่างโคมต่อโคม ห่างกันได้ไม่เกิน 100 เมตร

ลักษณะทั่วไป

- โคมไฟ จะมีมุม 15 องศา จากแนวราบ
- โคมไฟถูกออกแบบให้มองเห็น 2 ด้าน (BI-DIRECTIONAL)
- ความเข้มแสงของโคมไฟต้องมากกว่า 50 แคนเดลา

- ความเข้มแสงของโคมไฟต้องมากกว่า 25 แคนเดลา ถ้าปราศจากแสงสว่างที่รบกวนจากภายนอก เพื่อหลีกเลี่ยงการรบกวนสายตาแก่นักบิน
- ในระยะ 600 เมตร ก่อนสุดทางวิ่ง หรือ 1 ใน 3 ของความยาวทางวิ่ง จะใช้โคมไฟที่มีแสงสีเหลือง
- ในทางระยะปกติโคมไฟจะให้แสงสีขาว

Runway End Lights

ลักษณะใช้งาน

- เป็นไฟที่ทำหน้าที่บอกตำแหน่งปลายสุดของทางวิ่ง
- ใช้ได้ในเวลากลางคืน หรือในเวลากลางวันในช่วงที่มีทัศนะวิสัยของอากาศไม่ดี (RVR ต่ำกว่า 800) เช่น ขณะ ที่ฝนตกหนัก หรือ หมอกลงจัด เป็นต้น

ตำแหน่งที่ติดตั้ง

- ติดตั้งอยู่ปลายสุดของทางวิ่ง โดยออกจากทางวิ่งไปทางด้านนอกแนวเดียวกับทางวิ่งห่างออกไป ไม่เกิน 3 เมตร
- ประกอบด้วยโคมไฟไม่น้อยกว่า 6 ดวง

ลักษณะทั่วไป

- Runway end light เป็นโคมไฟซึ่งมองเห็นด้านเดียว (Uni-Directional)
- โคมไฟให้แสงสีแดง

Runway Centerline Lights

ลักษณะใช้งาน

- เป็นไฟที่ทำหน้าที่บอกตำแหน่ง แนวกึ่งกลางทางวิ่ง มีเฉพาะในระบบทางวิ่ง CAT II และ CAT III
- ถ้าใช้สำหรับระบบทางวิ่ง CAT I จะถูกใช้เมื่อใช้กับเครื่องบินที่มีการลงจอด (Landing) ด้วยความเร็วสูง
- ใช้ได้ในเวลากลางคืนหรือในเวลากลางวัน ในช่วงที่มีทัศนะวิสัยของอากาศไม่ดี (RVR<4 00) เช่น ขณะที่ฝนตกหนัก หรือหมอกลงจัด

ตำแหน่งที่ติดตั้ง

- ติดตั้งอยู่ในแนวกึ่งกลางทางวิ่งตลอดทางวิ่ง โดยเริ่มจาก Threshold ถึง Runway End

ซึ่งสามารถ เคลื่อนออกจากแนวกึ่งกลางทางวิ่งได้ไม่เกิน 60 เซนติเมตร และต้องทำให้โคมไฟเรียงเป็นแนวเดียวกันตลอด

- ติดตั้งอยู่บนทางวิ่งที่มีความกว้างไม่น้อยกว่า 50 เมตร
- ระยะห่างระหว่างโคมต่อโคมในระบบทางวิ่ง CAT II คือ 7.5, 15 หรือ 30 เมตร
- ระยะห่างระหว่างโคมต่อโคมในระบบทางวิ่ง CAT III คือ 7.5 หรือ 15 เมตร

ลักษณะทั่วไป

- โคมไฟถูกออกแบบให้มองเห็น 2 ด้าน (Bi-Directional)
- โคมไฟที่ให้แสงสีขาวจะเริ่มจาก Threshold ไปจนถึง 900 เมตร ก่อนสุดทางวิ่ง
- ในช่วง 900 เมตรก่อนถึงทางวิ่งจะถูกแบ่งออกเป็น 2 ช่วงคือช่วงแรก 600 เมตร และช่วงที่สอง 300 เมตร
- ในช่วง 600 เมตรแรกจะให้แสงสีขาวสลับแดง (ถ้ามีไฟวงจรเดียว)
- ในช่วง 600 เมตรแรกจะให้แสงสีขาวสลับแดง (ถ้ามีไฟสองวงจร)
- ในช่วง 300 เมตรหลังจะให้แสงสีแดงทั้งหมด
- ในทางวิ่งที่มีความยาวทางวิ่งน้อยกว่า 1800 เมตร จะใช้แสงสีแดงสลับขาวตั้งแต่กึ่งกลางทางวิ่งและ อีก 300 เมตรหลัง จะให้แสงสีแดงทั้งหมด

Runway Touchdown Zone Lights

ลักษณะใช้งาน

- เป็นไฟที่ทำหน้าที่บอกบริเวณพื้นที่ที่เครื่องบินสามารถทำการลงจอดบนทางวิ่งได้อย่างปลอดภัย
- ใช้ในระบบทางวิ่ง CAT II, III ใช้ได้ในเวลากลางคืนหรือในเวลากลางวันในช่วงที่มีทัศนะวิสัยของอากาศไม่ดี (RVR < 400)

ตำแหน่งที่ติดตั้ง

- ติดตั้งแสดงพื้นที่ลงจอดเป็นระยะทาง 900 จาก Threshold
- ในทางวิ่งที่มีความยาวน้อยกว่า 1800 เมตร การติดตั้ง Runway Touchdown Zone Lights จะต้องมีพื้นที่ ลงจอดไม่เกินระยะกึ่งกลางของทางวิ่ง
- ระยะห่างระหว่าง Bar 30 เมตร และ 60 เมตร
- ติดตั้งเป็น Bar คู่ทั้ง 2 ด้านของทางวิ่งใน Bar เดียวกันมีดวงไฟไม่น้อยกว่า 3 โคม
- ระยะห่างระหว่างโคมใน Bar เดียวกันต้องไม่มาก 1.5 เมตร
- ขนาดของ Bar แต่ละ Bar ต้องมีขนาดไม่น้อยกว่า 3 เมตร ไม่มากกว่า 4.5 เมตร

ลักษณะทั่วไป

- โคมไฟถูกออกแบบให้มองเห็นด้านเดียว (Uni-Directional)
- โคมไฟจะให้แสงสีขาว

Stopway Lights

ลักษณะใช้งาน

- เป็นโคมไฟที่ทำหน้าที่บอกพื้นที่ **Stopway Lights** ใช้ได้ในเวลากลางคืน หรือในเวลากลางวันในช่วงที่มีทัศนะวิสัยของอากาศไม่ดี (RVR<800)

ตำแหน่งที่ติดตั้ง

- ติดตั้งโคมล้อมรอบพื้นที่ Stopway ติดตั้งอยู่ทางด้านข้างแนวเดียวกับไฟ Runway Edge Lights
- ไฟโคมแรกที่จะติดตั้งห่างจากปลายสุดของทางวิ่งไม่เกิน 3 เมตร
- ติดตั้งห่างจากขอบพื้นที่ Stopway ไม่เกิน 3 เมตร

ลักษณะทั่วไป

- โคมไฟถูกออกแบบให้มองเห็นด้านเดียว (Uni-Directional)
- โคมไฟจะให้แสงสีแดง

Taxiway Centerline Lights

ลักษณะใช้งาน

- เป็นไฟที่ทำหน้าที่บอกตำแหน่งแนวกึ่งกลางทางขับมีเฉพาะในระบบทางวิ่ง CAT II, III
- เป็นไฟที่แสดงเส้นทางที่จะนำเครื่องบินออกจากทางวิ่ง หรือเข้าสู่ทางวิ่ง
- ใช้ได้ในเวลากลางคืน หรือในเวลากลางวันที่มีทัศนะวิสัยของอากาศไม่ดี (RVR ต่ำกว่า 400 เมตร)

ตำแหน่งที่ติดตั้ง

- ติดตั้งอยู่ในแนวกึ่งกลางของทางขับ
- สามารถเคลื่อนออกจากแนวกึ่งกลางทางวิ่งได้ แต่ไม่มากกว่า 30 เซนติเมตรและต้องเคลื่อนออกมาตลอดทั้งแนว
- ระยะห่างของโคมต่อโคมในลักษณะทางขับที่เป็นเส้นตรง ต้องติดตั้งห่างกันไม่น้อยกว่า 30 เมตร

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

- ในสนามบินที่มีระบบอุตุนิยมวิทยาที่ดีจะสามารถติดตั้งระยะห่างของโคมต่อโคมไม่มากกว่า 60 เมตร

- ระยะห่างของโคมต่อโคมในลักษณะทางขับที่เป็นเส้นตรงช่วงสั้น ๆ ติดตั้งห่างกันไม่น้อยกว่า 30 เมตร

- ใน ทางขับ(Taxiway) ที่มี RVR น้อยกว่า 400 เมตร ต้องใช้ระยะห่างระหว่างโคมต่อโคมไม่มากกว่า 15 เมตร

- ใน TAXIWAY ที่เป็นลักษณะโค้งที่ต่อจากทางตรง RVR น้อยกว่า 400 เมตร โคมติดตั้งห่างกัน ไม่มากกว่า 15 เมตร ที่มีความโค้งน้อยกว่า 400 เมตร RADIUS โคมจะห่างกันไม่มากกว่า 7.5 เมตร ระยะนี้ต้องติดตั้งเลยออกไป 10 เมตร ก่อนความโค้งและหลังความโค้ง

- ระยะห่างของโคม เมื่อ RVR 400 เมตร หรือมากกว่า

CURVE RADIUS	ระยะห่างโคม
400 เมตร ลงมา	7.5 เมตร
401-899 เมตร	15 เมตร
900 เมตร ขึ้นไป	30 เมตร

ลักษณะทั่วไป

- โคมไฟถูกออกแบบให้เห็นด้านเดียว (Uni-Directional) ในช่วง Taxiway ใช้เป็นทางออกแต่เพียงทางเดียว

- โคมไฟถูกออกแบบให้มองเห็น 2 ด้าน (Bi-Directional) ในช่วงที่ Taxiway ใช้เป็นทางออก และทางเข้า

- โคมไฟ Taxiway Centerline Lights ที่อยู่บนทางวิ่งจนมาถึงเส้น Stop Bar โคมไฟจะให้แสงสีเหลืองสลับการให้แสงสีเขียวโคมต่อโคมสลับกันไป

- โคมไฟ Taxiway Centerline Lights ที่อยู่นอกทางวิ่งจนมาถึงเส้น STOP BAR โคมไฟจะให้แสง สีเขียวตลอด

Taxiway Edge Lights

ลักษณะใช้งาน

- เป็นไฟแสดงขอบทางขับที่ถูกเตรียมไว้สำหรับบอกแนว และขนาดของทางขับ (Taxiway)

34172

- ใช้ได้ในเวลากลางคืน หรือในเวลากลางวันในช่วงที่มีทัศนะวิสัยของอากาศไม่ดี (RVR ต่ำกว่า800 เมตร) เช่น ขณะที่ฝนตกหนัก หรือ หมอกลงจัด

ตำแหน่งที่ติดตั้ง

- โคมไฟติดตั้งอยู่บนไหล่ทางขับทั้ง 2 ด้านขนานตลอดทางขับจนไปโดยตลอด
- โคมไฟติดตั้งอยู่ห่างจากขอบทางวิ่งไม่เกิน 3 เมตร
- โคมไฟแต่ละโคมติดในทางตรงตั้งห่างกันไม่เกิน 60 เมตร
- ระยะที่ติดตั้งโคมไฟใน ทางขับที่มีลักษณะโค้ง (CURVE)

รัศมีความโค้ง (ฟุต)	ระยะห่างของดวงโคม(ฟุต)
15	20
25	27
50	35
75	40
100	50
150	55
200	60
250	70
300	80
400	95
500	110
600	130
700	145
800	165
900	185
1000	200

หรือมีค่าเฉลี่ยไม่น้อยกว่า 3 โคม โดยแบ่งความโค้งที่ 30 องศาที่ขอบของส่วนโค้ง

ลักษณะทั่วไป

- โคมไฟถูกออกแบบให้มองเห็นรอบตัว (Omni-Directional)
- โคมไฟจะให้แสงสีน้ำเงิน
- มุมแสง 30 องศาจากแนวนอน

Stop Bar Lights

ลักษณะใช้งาน

- เป็นไฟที่ทำหน้าที่ยกตำแหน่งให้เครื่องบินหยุดใช้ในการควบคุมจราจร
- แต่ละทางวิ่งจะมีตำแหน่ง Taxiway – Holding Precision
- ใช้ได้ในเวลากลางคืน หรือในเวลากลางวันในช่วงที่มีทัศนะวิสัยของอากาศไม่ดี (RVR ต่ำกว่า 400 เมตร) เช่นขณะที่ฝนตกหนัก หรือ หมอกลงจัด

ตำแหน่งที่ติดตั้ง

- ติดตั้งคาดผ่านเป็นแนวขวาง ทางขับ ในจุดที่ต้องการให้เครื่องบินหยุดรถ
- ซึ่งเป็นตำแหน่งที่เครื่องบินที่กำลังหยุดรถไม่ก่อให้เกิดอันครายต่อการขึ้นลงของเครื่องบินลงอื่น และไม่เป็นการรบกวนสัญญาณ ILS
- โคมไฟที่ติดตั้งต้องห่างจากขอบทางขับเข้ามาในทางขับไม่น้อยกว่า 3 เมตร
- ระยะห่างระหว่างโคมต่อโคมไม่เกิน 3 เมตร

ลักษณะทั่วไป

- โคมไฟถูกออกแบบให้มองเห็นด้านเดียว (Uni-Directional)
- โคมไฟจะให้แสงสีแดง

Taxiway Holding Precision Lights

ลักษณะการใช้งาน

- เป็นไฟที่ทำหน้าที่บอกตำแหน่งให้เครื่องบินหยุดใช้ในการควบคุมจราจร
- แต่ละทางวิ่งจะมีตำแหน่ง TAXI-HOLDING
- ใช้ได้ในเวลากลางคืน หรือในเวลากลางวันในช่วงที่มีทัศนะวิสัยของอากาศไม่ดี (RVR ต่ำกว่า 800 เมตร) เช่น ขณะที่ฝนตกหนัก หรือ หมอกลงจัด

ตำแหน่งที่ติดตั้ง

- ติดตั้งอยู่ด้านนอกของทางขับ
- อยู่ตำแหน่งเดียวกับ Taxi-Holding Precision

ลักษณะทั่วไป

- เป็นไฟแสงสีเหลืองติดสลับกัน 30-60 ครั้งต่อนาที
- โดยไฟถูกออกแบบให้มองเห็นด้านเดียว (Uni-Directional) โดยที่นักบินสามารถมองเห็นในขณะที่เครื่องบินอยู่บนทางขับ ณ จุด Holding Precision

Landing Direction Indicator (Wind Tee)

ลักษณะการใช้งาน

- เป็นอุปกรณ์ใช้บอกทิศทางลม
- ใช้งานได้ทั้งกลางวันและกลางคืน (ซึ่งเป็นการออกแบบเพื่อให้แสงสว่างให้เห็นโครงสร้างตลอดลำตัวในเวลากลางคืน)

ตำแหน่งที่ติดตั้ง

- อย่างน้อยต้องมี 1 ชุด
- ติดตั้งในจุดที่สมดุลย์สามารถหมุนได้รอบตัว
- นักบินสามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าบนเครื่องบินขณะที่นักบินทำการบินอยู่บนอากาศ
- ลมที่เกิดจาก JET ของเครื่องบิน จะไม่มีผลกระทบต่อการบอกทิศทางของอุปกรณ์ซึ่งตัวมันสามารถทำงานได้อย่างอิสระ

ลักษณะทั่วไป

- เป็นรูปตัว T
- ลักษณะเป็นรูปทรง สี่หน้า หรือ ทรงสามเหลี่ยม
- Tetrahedron ควรยาวไม่น้อยกว่า 8 เมตร (25 ฟุต)
- รูปสามเหลี่ยมด้านเท่า ยาวไม่น้อยกว่า 4 เมตร (12.5 ฟุต)
- จากฐานถึงยอด
- ด้านซ้าย สีส้มหรือดำ
- ด้านขวา สีขาวหรือสีอลูมิเนียม

Approach Lights (APP)

ลักษณะใช้งาน

- เป็นไฟที่ทำหน้าที่บอกตำแหน่งหัวทางวิ่งเพื่อช่วยนำร่องนักบิน นำเครื่องบินเข้าสู่ทางวิ่ง
- ใช้ได้ในเวลากลางคืน หรือในเวลากลางวันในช่วงที่มีทัศนะวิสัยของอากาศไม่ดี (RVR ต่ำกว่า 800) เช่น ขณะที่ฝนตกหนัก หรือ หมอกลงจัด

ลักษณะที่ติดตั้ง

- ติดตั้งอยู่เลยหัวทางวิ่งออกไปในแนวเดียวกับทางวิ่ง ซึ่งมีรูปแบบการติดตั้งหลายลักษณะดังนี้

1. CAT I
   1.1 Distance Coded Centerline
   1.2 Barrette Centerline
2. CAT II
3. Simple Approach
   3.1 Single Source
   3.2 Barrette

ลักษณะทั่วไป

- เป็นโคมไฟที่ถูกออกแบบให้มองเห็นเพียงด้านเดียว (Uni - Directional)
- ไฟ (Centerline Approach, Simple Approach) ให้แสงสีขาว
- ไฟ (Approach Side Row Barrette)

Sequence Flashing Approach Lights

ลักษณะใช้งาน

- เป็นไฟที่ทำหน้าที่บอกตำแหน่งหัวทางวิ่งเพื่อช่วยนำร่องนักบิน นำเครื่องบินเข้าสู่ทางวิ่ง
- ใช้ในเวลากลางคืนและในเวลากลางวันในช่วงที่มีทัศนะวิสัยของอากาศไม่ดี (RVR ต่ำกว่า 800) เช่น ขณะที่ฝนตกหนัก หรือ หมอกลงจัด (ช่วงเวลากลางคืนที่มีสภาพอากาศปกติจะไม่ใช้ระบบไฟนี้นอกจากเป็นช่วงที่ฝนตกหนัก หรือ หมอกลงจัดเท่านั้น)

ตำแหน่งที่ติดตั้ง

- ในลักษณะการตั้งไฟ Approach Lights แบบ CAT I , CAT II ไฟ SFAL จะติดตั้งอยู่กึ่งกลาง BAR ของแต่ละ BAR ตั้งแต่ APP BAR 1 - APP BAR 21
- ในลักษณะการตั้งไฟ Approach Lights แบบ SIMPLE APPROACH ไฟ SFALจะติดตั้งอยู่ กึ่งกลาง BAR ของแต่ละ BAR ตั้งแต่ APP BAR 1 – APP BAR 3

ลักษณะทั่วไป

- เป็นโคมไฟที่ถูกออกแบบให้มองเห็นเพียงด้านเดียว (Uni - Directional) ลักษณะเป็นแสงไฟวาบ สีขาว (เหมือนแฟลชถ่ายรูป) วิ่งเรียงกันตั้งแต่ดวงไฟดวงที่ 1 ถึง ดวงที่ 21

Precision Approach Path Indicator (PAPI)

ลักษณะใช้งาน

- เป็นระบบเครื่องช่วยเดินอากาศแบบใช้แสงไฟเช่นเดียวกับระบบไฟนำร่องอื่นที่พัฒนามาก่อน หน้านี้เช่น VASIS, TVASIS ที่ทำหน้าที่บอกแนวร่อนช่วยนำร่องนักบิน นำเครื่องบินเข้าสู่ทางวิ่งและลงสู่พื้น แต่ PAPI ใช้อุปกรณ์น้อยกว่า ติดตั้งซ่อมบำรุงง่ายกว่า การบิน Approach เข้าหาทางวิ่งด้วยระบบนี้จะขึ้นอยู่กับการแปลความหมาย ของสัญญาณจากดวงไฟชุดต่าง ๆ ของนักบินซึ่งนักบินจะมองเห็นแสงไฟในลักษณะดังนี้

- ถ้าเครื่องบินอยู่สูงกว่า Approach Path ที่ถูกต้องมาก (3 องศา) นักบินจะมองเห็นแสงไฟเป็น สีขาวทั้ง 4 โคม

- ถ้าเครื่องบินอยู่สูงกว่า Approach Path ที่ถูกต้องเล็กน้อย (มุมที่ถูกต้องประมาณ 3 องศา) นักบินจะมองเห็นแสงไฟเป็นสีขาว 3 โคม และสีแดงด้านในสุดติดทางวิ่งอีก 1 โคม

- ถ้าเครื่องบินอยู่สูงกว่า Approach Path ที่ถูกต้องพอดี (มุมที่ถูกต้องประมาณ 3 องศา) นักบินจะมองเห็นแสงไฟเป็นสีขาว 2 โคม และสีแดงด้านในสุดติดทางวิ่งอีก 2 โคม

- ถ้าเครื่องบินอยู่ต่ำกว่า Approach Path ที่ถูกต้องต้องเล็กน้อย (มุมที่ถูกต้องประมาณ 3 องศา) นักบินจะมองเห็นแสงไฟเป็นสีขาว 1 โคม และสีแดงด้านในสุดติดทางวิ่งอีก 3 โคม

- ถ้าเครื่องบินอยู่ต่ำกว่า Approach Path ที่ถูกต้องต้องมาก (มุมที่ถูกต้องประมาณ 3 องศา) นักบินจะมองเห็นแสงไฟเป็นสีแดงทั้ง 4 โคม

- เปิดใช้ทั้งกลางวันและกลางคืน

ตำแหน่งที่ติดตั้ง

- ในระบบ PAPI จะติดตั้งโคมไฟ ด้านละ 4 ชุด แต่ละด้านของทางวิ่ง

- ในระบบ APAPI จะติดตั้งโคมไฟ ด้านละ 2 ชุด แต่ละด้านของทางวิ่ง

- การติดตั้งโคมทั้ง 8 ชุด (APAPI โคมไฟ 4 ชุด) จะต้องอยู่ในแนวเดียวกัน

- จุดที่ติดตั้ง PAPI ห่างจาก Threshold ประมาณ 300 – 400 เมตร แล้วแต่การคำนวณตามสภาพของสนามบิน

- โคมชุดแรกติดตั้งอยู่ห่างจากขอบทางวิ่ง 15 เมตร

- โคมชุดที่ 2 ห่างจากโคมชุดแรก 9 เมตร

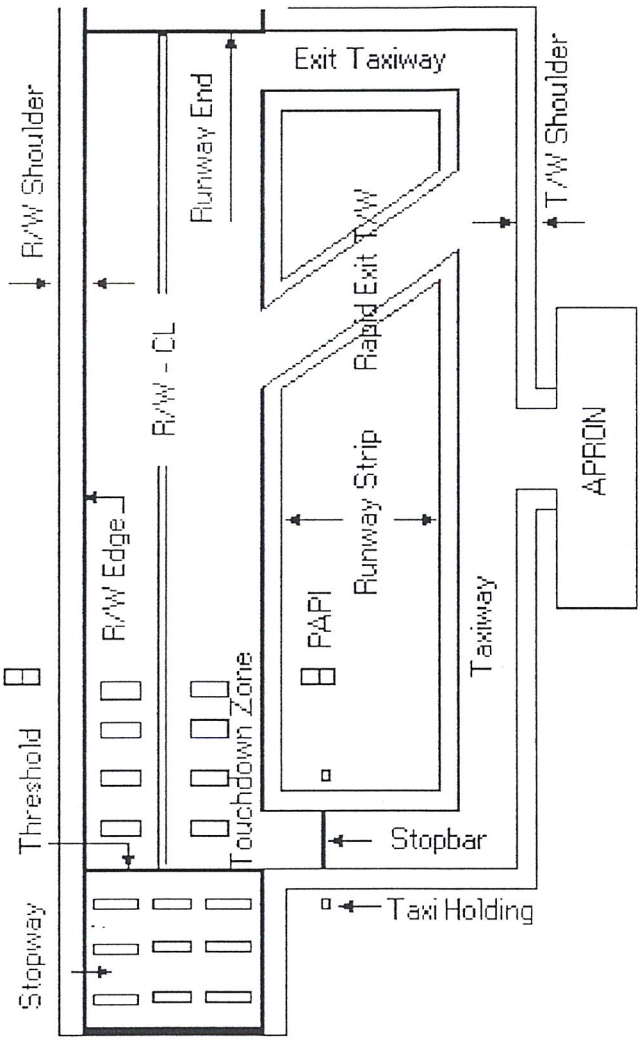
- โคมชุดที่ 3.4 ระยะห่าง โคมต่อโคมเท่ากับ 9 เมตร

- การติดตั้งโคมไฟมุม Guide Path ต้องเป็นมุมเดียวกับมุม ILS

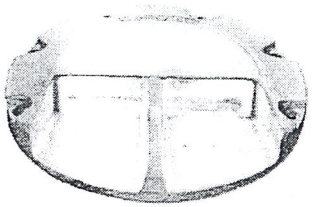
ลักษณะทั่วไป

- เป็นโคมไฟที่ถูกออกแบบให้มองเห็นเพียงด้านเดียว (Uni - Directional)

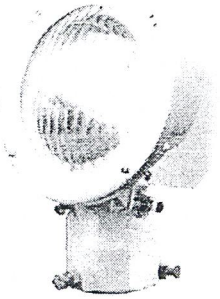
- ลักษณะเป็นแสงไฟสีแดงเมื่อนักบินอยู่ในมุมมองที่ต่ำกว่ามุมของโคมที่ตั้งไว้
- ลักษณะเป็นแสงไฟสีขาว เมื่อนักบินอยู่ในมุมมองที่สูงกว่ามุมของโคมที่ตั้งไว้



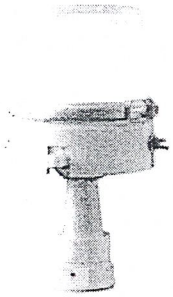
รูปที่ 3.1 แสดงองค์ประกอบต่าง ๆ ของลานบิน



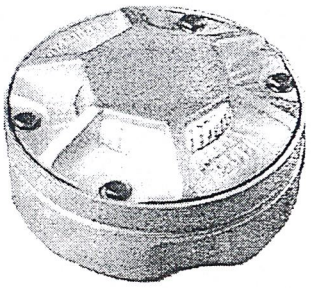
Approach Light (Inset)



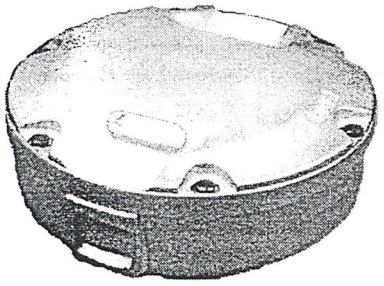
Approach Light (Elevated)



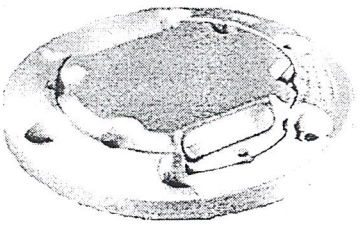
Runway Edge Light (Elevated)



Runway Edge Light (Inset)

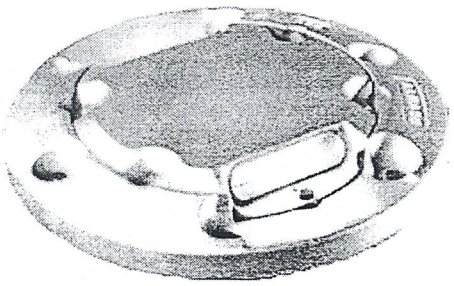


Runway Centerline Light (Inset)

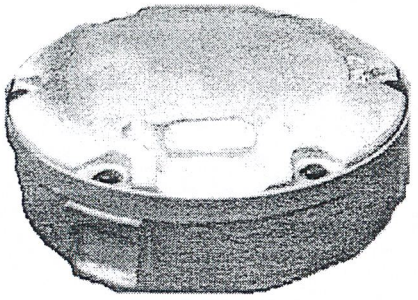


Runway End Light (Inset)

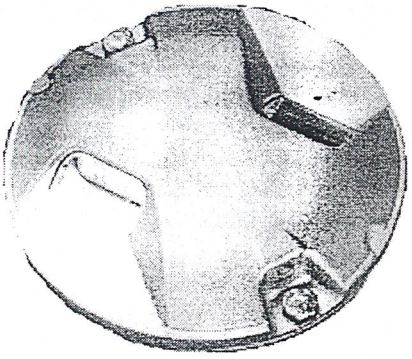
รูปที่ 3.2 ตัวอย่างโคมไฟชนิดต่าง ๆ ที่ใช้ติดตั้งบนลานบิน



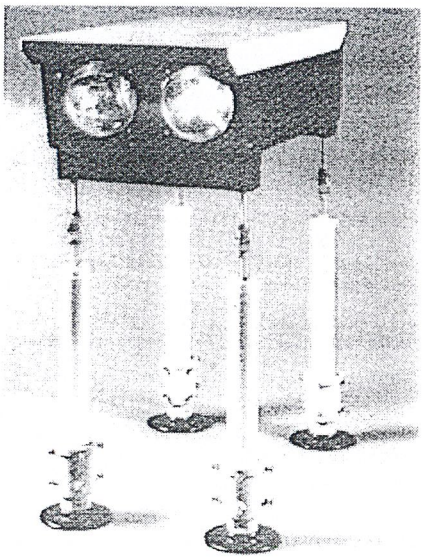
Threshold Light (Inset)



Touch Down Zone Light



Stopbar Light



Precision Approch Path Indicator

(PAPI)

รูปที่ 3.2 ตัวอย่างโคมไฟชนิดต่าง ๆ ที่ใช้ติดตั้งบนลานบิน (ต่อ)

บทที่ 4
การวิเคราะห์ทางแสง

4.1 ทฤษฎีและคำศัพท์เบื้องต้น

1) มุมเชิงของแข็ง (Solid Angle ; ω) เป็นอัตราส่วนของพื้นที่ผิวทรงกลม (Am) ต่อรัศมีทรงกลมยกกำลังสอง

$$\omega = Am/r^2 \qquad \text{(steradian ; sr)}$$

2) ฟลักซ์ส่องสว่าง (Luminous Flux ; ϕ) เป็นพลังงาน แสงสว่าง ที่แผ่ออกจากแหล่งกำเนิดแสงต่อหน่วย

$$\phi = dQ/dt \qquad \text{(lumen ; lm)}$$

โดย Q หมายถึง พลังงานแสงสว่าง มีหน่วยลูเมนคูณวินาที (lm·S)

ค่าลูเมนเป็นค่าฟลักซ์ที่เกิดจากแหล่งกำเนิดแสงแผ่อยู่ภายในมุมเชิงของแข็ง โดยที่แหล่งกำเนิดแสงมีความเข้มแห่งการส่องสว่าง 1 แคนเดลา (Candela)

ลูเมน = 1 แคนเดลา-สเตอเรเดียน = 1 Cd-Sr

3) ความเข้มการส่องสว่าง (Luminous Intensity ; I) เป็นความหนาแน่นของฟลักซ์การส่องสว่าง จากแหล่งกำเนิดแสง ในทิศทางใดๆ ต่อมุมเชิงของแข็ง

$$I = dQ/d\omega \qquad \text{(lm/Sr)} \quad \text{หรือ Cd}$$

4) ความส่องสว่าง (Luminance ; L) เป็นค่าความเข้มการส่องสว่าง ในทิศทางที่มองพื้นที่ย่อยนั้นหารด้วยพื้นที่ของส่วนย่อยนั้นในทิศทางตั้งฉากกับทิศทางที่มอง

$$L = I_\theta/dA_\theta \qquad \text{(Cd/m}^2\text{)}$$

5) ความเข้มแสง (Illuminance; E) คือฟลักซ์ส่องสว่าง ที่ตกกระทบส่วนย่อยส่วนหนึ่งของพื้นที่ผิวนั้นหารด้วยพื้นที่ส่วนย่อยนั้น

$$E = \phi/A \qquad \text{(lm/m}^2 \Rightarrow \text{lux)}$$

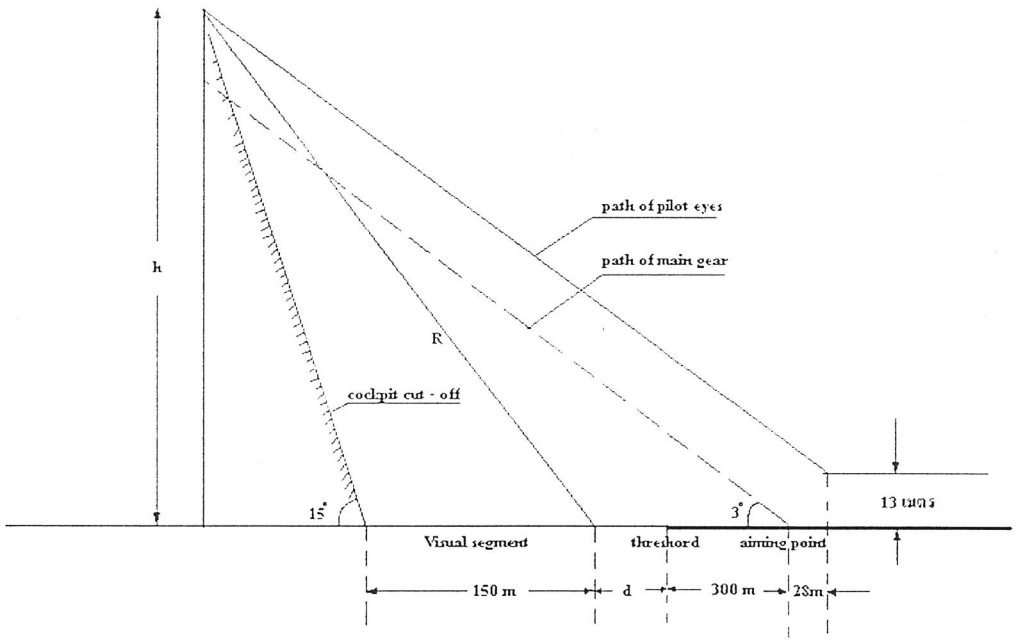
$$E = \phi/A \qquad \text{(lm/ft}^2 \Rightarrow \text{foot candle ; fc)}$$

โดย 1 fc = 10.764 lux

ความสัมพันธ์ของความส่องสว่าง (L) , การสะท้อน และหน่วย Apostilbs สามารถแสดงได้โดย

ความส่องสว่าง (L : Cd/m^2) = ความเข้มแสง (E) × (ค่าการสะท้อน/π)

4.2 การพิจารณาแสงจ้า (Glaring Rating)



รูปที่ 4.1 แสดงค่า Required visual range

ข้อกำหนดในการคำนวณ

1. Glide slope = 3 องศา
2. ระยะตานักบิน (Pilot eyes) กำหนดให้สูงจากพื้น 13 เมตร และอยู่ห่างจาก Main gear (ระยะล้อ) 28 เมตร (ระยะต่าง ๆ พิจารณาตามเครื่องบินขนาดใหญ่
3. ความสูงของเครื่องบินอ้างอิงที่ Main gear
4. จุด Touchdown aiming point (main gear) อยู่หลัง threshold; 300 m
5. มุม Cockpit cut-off มีขนาด 15 องศา ทำกับตำแหน่งเริ่มต้นของ Visual segment

สูตรที่ใช้ในการคำนวณ

$$R = \sqrt{h^2 + (150 + h/\tan 15)^2} \qquad \text{สมการที่ (1)}$$

$$d = h\left(\frac{1}{\tan 3} - \frac{1}{\tan 15}\right) - \left(\frac{13}{\tan 3} + 300 + 28 + 150\right) \qquad \text{สมการที่ (2)}$$

R : คือค่า Required visual range ของหลอดไฟแต่ละประเภท

d : คือค่าระยะห่างระหว่าง Approach กับ Threshold

Category Of Operation	Decision Height (m)	RVR (m)	Extinction Coefficient	Required visual range R (m)		
				Approach	Threshold; Runway edge	Touchdown Zone; runway Center
I	60	800	0.0063	430	330	200
II	30	400	0.016	310	310	200
IIA	0	200	0.039	-	-	200*

ตารางที่4.1 เป็นการแสดงค่า Required visual range ที่คำนวณได้จากสูตร

หมายเหตุ : การคำนวณค่า R , h ที่ใช้ในการคำนวณ พิจารณาจากจุดที่เคลื่อนที่ผ่าน path of pilot's eye

: Visual segment : คือระยะทางเป็นช่วงความยาวที่การมองของตาครอบคลุม

สูตรการคำนวณความเข้มแสงของ อัลลาร์ด (Allard's Law):

$$E_{th} = [(I - L_0 A)\, e^{-\sigma R}]R^{-2} \qquad \text{สมการที่ (3)}$$

ค่า E_{th} คือ ค่าความเข้มแสงที่ตาของนักบินที่ความยาว R , I คือค่าความเข้มส่องสว่างของหลอดไฟ

L_0 คือ ค่าความส่องสว่างของ Background ของหลอดไฟ

A คือ ค่าพื้นที่พื้นผิวของโคมไฟ

σ คือ ค่าสัมประสิทธิ์ที่ใช้ในการคำนวณ (Extinction coefficient)

ในเวลากลางคืนจะใช้สูตร

$$E_{th} = [I/R^2]\, e^{-\sigma R} \quad \text{lux}$$

ตอนกลางวันค่า Background เฉลี่ยของความส่องสว่าง L = 10000 cd/m^2

ค่า L เฉลี่ยสามารถหาได้จาก สูตร

$$L = I/A \quad \text{cd/m}^2$$

สำหรับค่า L_0 สามารถหาได้จากสูตร

$$L_0 = 0.35L \quad \text{สมการที่ (4)}$$

ในเวลากลางวันจะใช้สูตร $E_{th} = 2\times10^{-7}\times L$ lux ซึ่งเมื่อนำมาแทนค่าลงในสมการที่ (3)จะได้

$$L = \frac{I}{\left[2x10^{-7} R^2 e^{\sigma R} + 0.05\right]} \quad \text{for approach lights} \quad \text{สมการที่ (5)}$$

$$L = \frac{I}{\left[2x10^{-7} R^2 e^{\sigma R} + 0.006\right]} \quad \text{for runway lights} \quad \text{สมการที่ (6)}$$

กำหนดให้พื้นที่ผิวของ Approach lights เท่ากับ 0.13 m^2 (เส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 0.4 เมตร) สำหรับพื้นที่ผิวของดวงโคมอื่นๆเท่ากับ 0.018 m^2 (เส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 0.15 เมตร)

จาก CIE 112-1994 ค่าอัตราแสงจ้า(Glare Rating) สามารถหาได้จากสมการ

$$GR = 27 + 24\log(L/L_0^{0.9}) \quad \text{สมการที่ (7)}$$

จากสมการที่ 4 ค่า $L_0 = 0.35L$ นำมาแทนค่าในสมการที่ 7 จะได้

$$GR = 27 + 24\log[L/(0.35L)^{0.9}] \quad \text{สมการที่ (8)}$$

RVR (m)	σ (m^{-1})	Intensity (candela)		
		A	E	C
200	0.039	-	-	2×10^5 (200)
400	0.016	28000 (310)	27000 (310)	2000 (200)
800	0.0063	6100 (430)	1800 (330)	340 (200)
1500	0.0025	1600 (430)	560 (330)	190 (200)
2500	0.0011	1100 (430)	370 (330)	160 (200)
5000	0.0003	920 (430)	300 (330)	140 (200)

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าความเข้มส่องสว่าง (I) ที่ต้องการ โดยใช้ค่า R (Required visual range) จากตาราง 4.1

หมายเหตุ : ค่าใน () คือค่า V_m (meteorological visibility)

: Visual segment = 150 เมตร

Cat. No.	RVR	I* (Cd)			I* (Cd)		
		LM=0.1			LM=4		
		A	T.E	TD.C	A	T,E	TD.C
IIIA	200-399	30000	15000	5000	30000	15000	5000
II	400-799	15000	7500	2500	30000	15000	5000
I	800-1499	15000	7500	2500	30000	15000	5000
	1500-2499	3000	1500	500	15000	7500	2500
	2500-2499	0	0	0	15000	7500	2500
	>5000 m $V_m > 10000$	0	0	0	0	0	0

ตารางที่ 4.3 ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างประเภทของทางวิ่งกับความเข้มแสงของหลอดติดตั้งชนิดต่างๆ ที่ L = $cd/m^2/10000$

LM คือค่า ความส่องสว่างที่ใช้เป็นแบคกราวน์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ L หารด้วย 10000

$$LM = \frac{L}{10000} \qquad Cd/m^2/10000$$

ค่าดัชนีแสงจ้า (GR)	ผลต่อการมอง
90	ไม่สามารถทนได้
80	
70	รบกวนต่อความสามารถในการมอง
60	
50	มองได้
40	
30	มองได้ด้วยความสบายตา
20	
10	ไม่มีผลต่อการมองเลย

ตารางที่ 4.4 ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการมองต่อค่าดัชนีแสงจ้า

บทที่ 5
โฟลว์ชาร์ทแสดงการทำงานของโปรแกรม

โฟลว์ชาร์ทแสดงการทำงานประกอบด้วย

รูปที่ 5.1 แสดงโฟลว์ชาร์ทการทำงานของโปรแกรมหลัก (Main Program)

รูปที่ 5.2 โฟลว์ชาร์ทการติดตั้ง ICAO CAT I Approach

รูปที่ 5.3 โฟลว์ชาร์ทแสดงการติดตั้ง ICAO CAT I CALVERT Approach

รูปที่ 5.4 โฟลว์ชาร์ทแสดงการติดตั้ง ICAO CAT II,III Approach

รูปที่ 5.5 โฟลว์ชาร์ทแสดงการติดตั้ง ICAO CAT II,III CALVERT Approach

รูปที่ 5.6 โฟลว์ชาร์ทการติดตั้ง FAA ALSF2 Approach

รูปที่ 5.7 โฟลว์ชาร์ทการติดตั้ง FAA Medium Intensity MALS Approach

รูปที่ 5.8 โฟลว์ชาร์ทการติดตั้ง FAA Medium Intensity MALSR Approach

รูปที่ 5.9 โฟลว์ชาร์ทการติดตั้ง Simple Approach 17 Light Source

รูปที่ 5.10 โฟลว์ชาร์ทการติดตั้ง Simple Approach 24 Light Source

รูปที่ 5.11 โฟลว์ชาร์ทการติดตั้ง FAA Threshold ALSF2

รูปที่ 5.12 โฟลว์ชาร์ทการติดตั้ง FAA Threshold MALS & MALSF

รูปที่ 5.13 โฟลว์ชาร์ทการติดตั้ง Runway Center Line Light

รูปที่ 5.14 โฟลว์ชาร์ทการติดตั้ง Runway Edge Light

รูปที่ 5.15 โฟลว์ชาร์ทการติดตั้ง Touchdown Zone Light

รูปที่ 5.16 โฟลว์ชาร์ทการติดตั้ง Non-Instrument, Non-Precision Runway End Light Type A

รูปที่ 5.17 โฟลว์ชาร์ทการติดตั้ง Non-Instrument, Non-Precision Runway End Light Type A

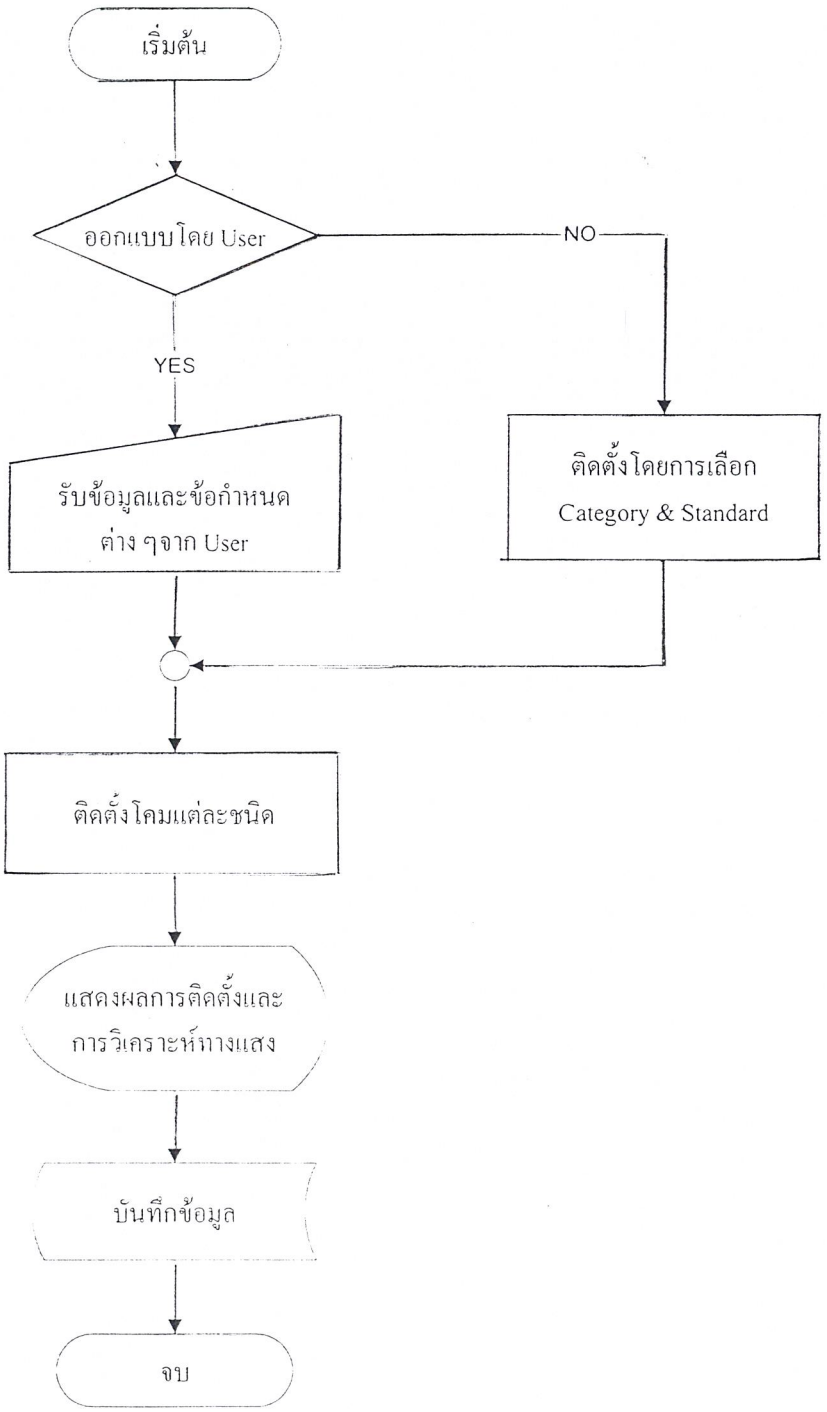
รูปที่ 5.18 โฟลว์ชาร์ทการติดตั้ง ICAO CAT I,II Runway End Light Type A

รูปที่ 5.19 โฟลว์ชาร์ทการติดตั้ง ICAO CAT I,II Runway End Light Type B

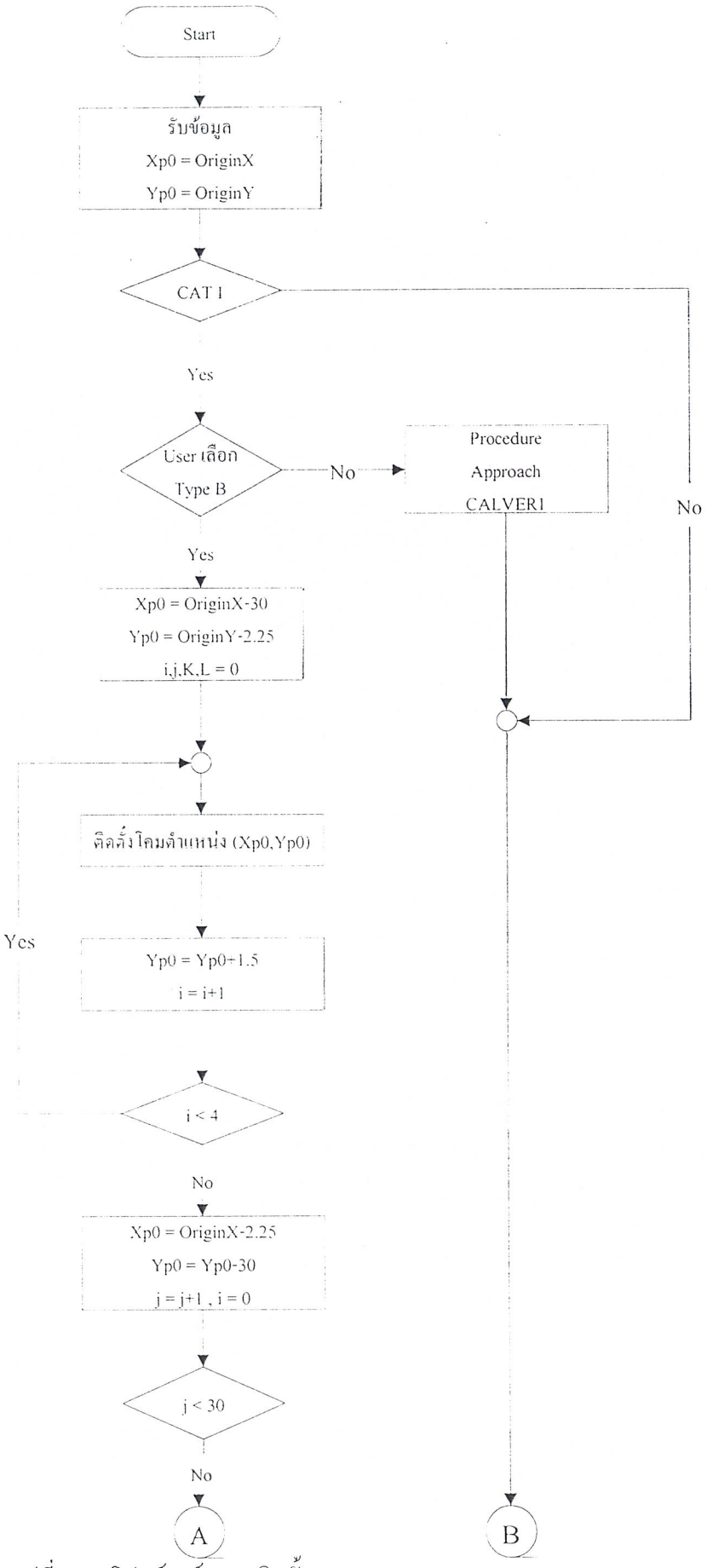
รูปที่ 5.20 โฟลว์ชาร์ทการติดตั้ง ICAO CAT III Runway End Light Type A

รูปที่ 5.21 โฟลว์ชาร์ทการติดตั้ง ICAO CAT III Runway End Light Type B

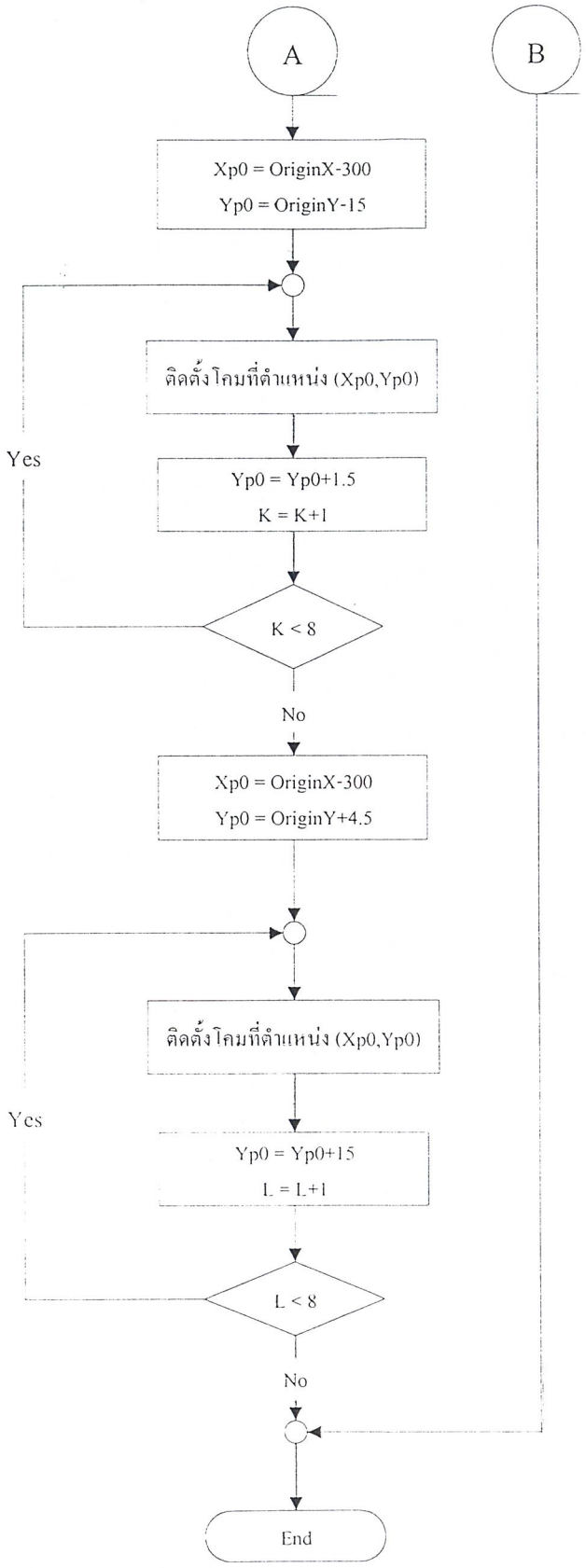
รูปที่ 5.22 โฟลว์ชาร์ทการติดตั้ง Precision Approach Path Indicator (PAPI)



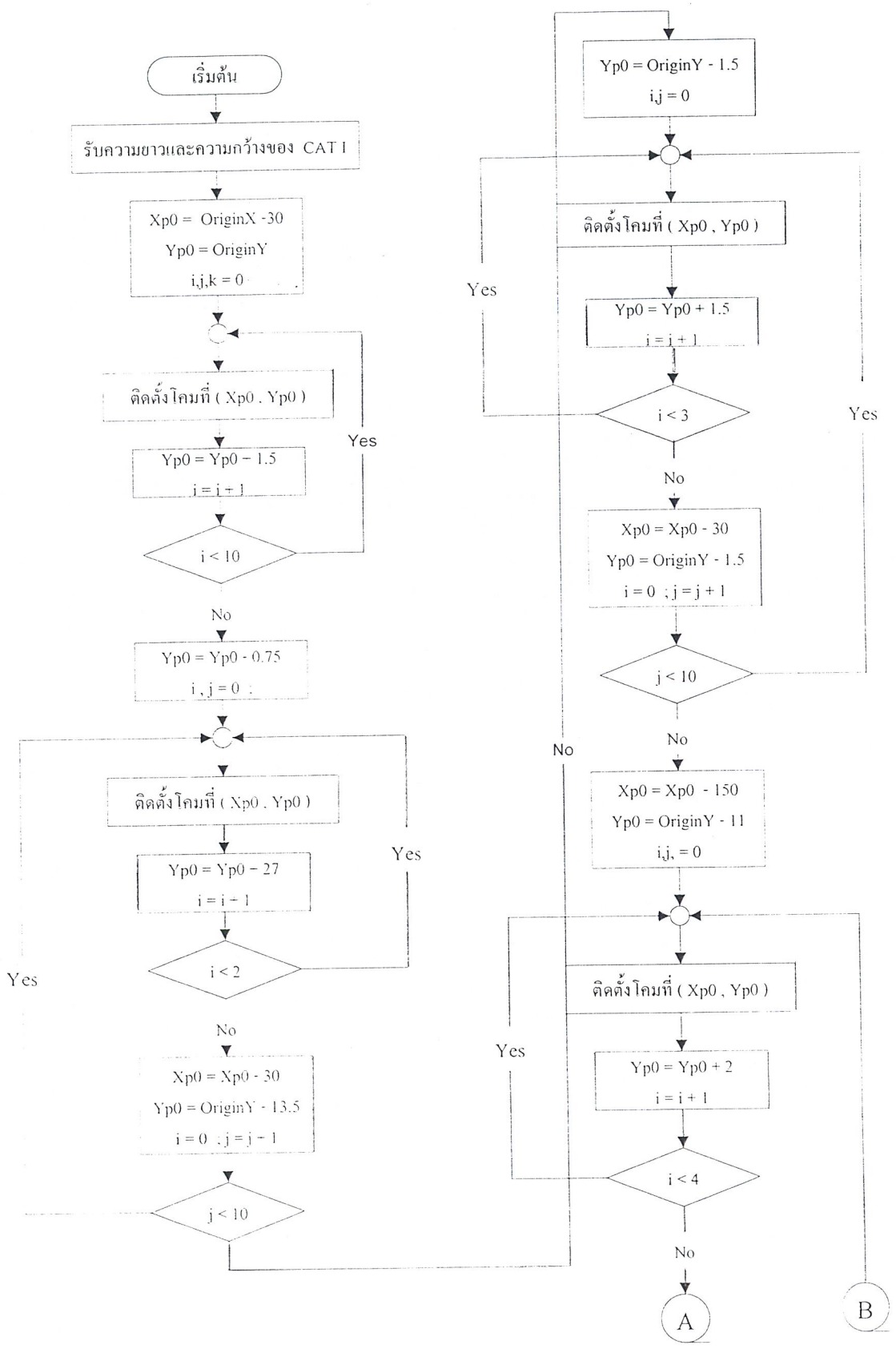
รูปที่ 5.1 แสดงโฟล์วชาร์ทการทำงานของโปรแกรมหลัก(Main Program)



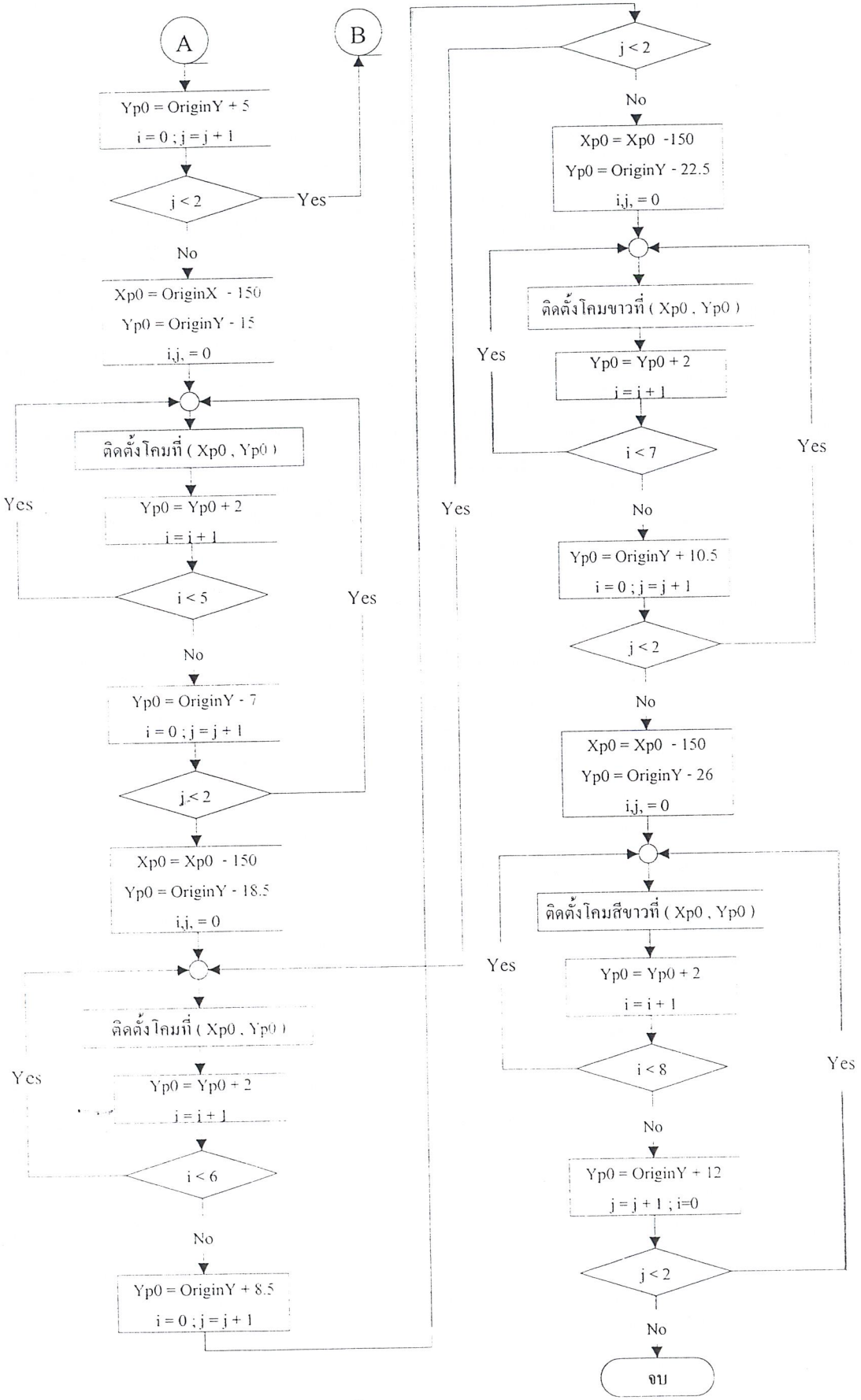
รูปที่ 5.2 โฟลว์ชาร์ทการติดตั้ง ICAO CAT I Approach (1)



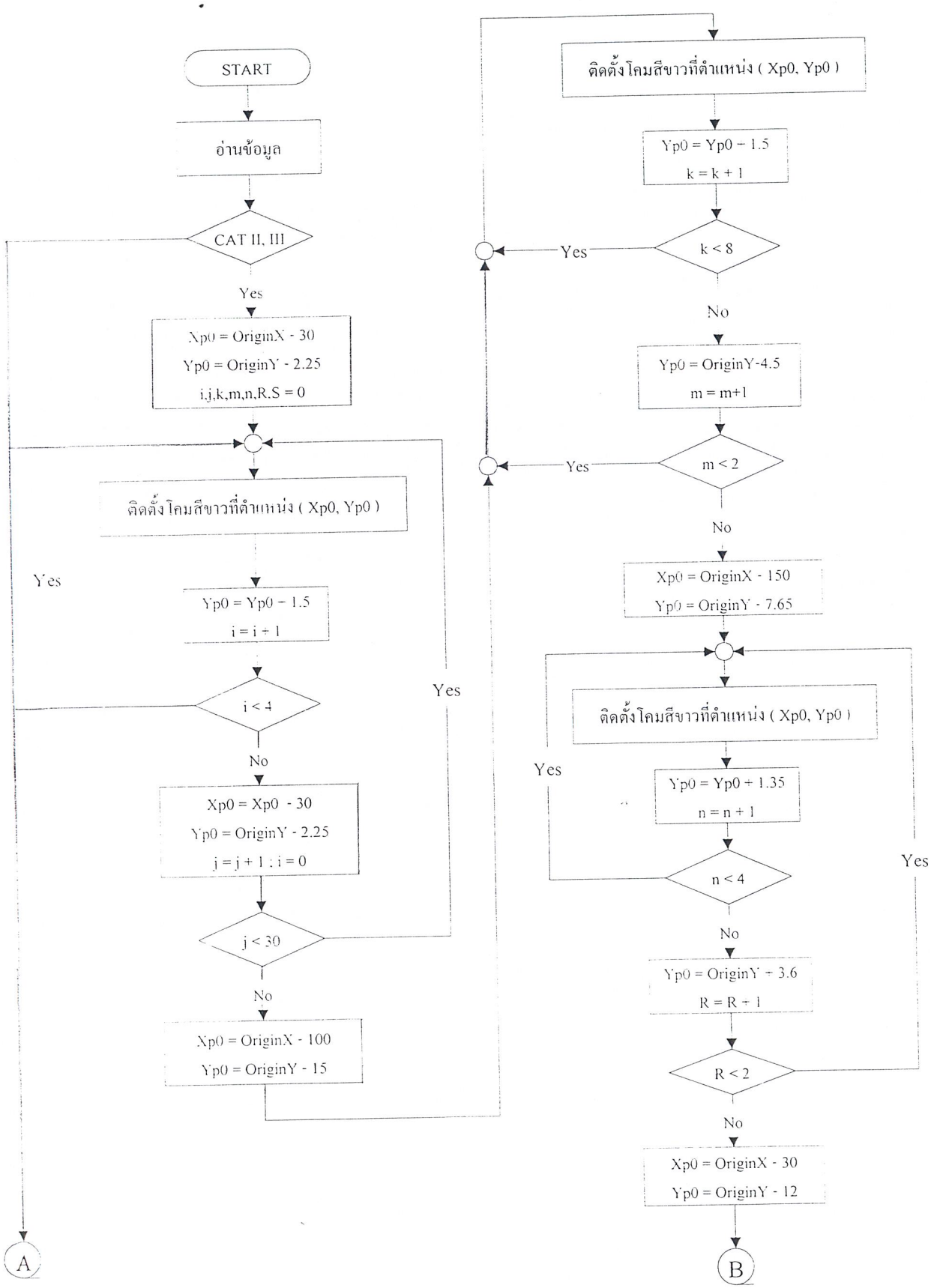
รูปที่ 5.2 โฟลว์ชาร์ทการติดตั้ง ICAO CAT I Approach (2)



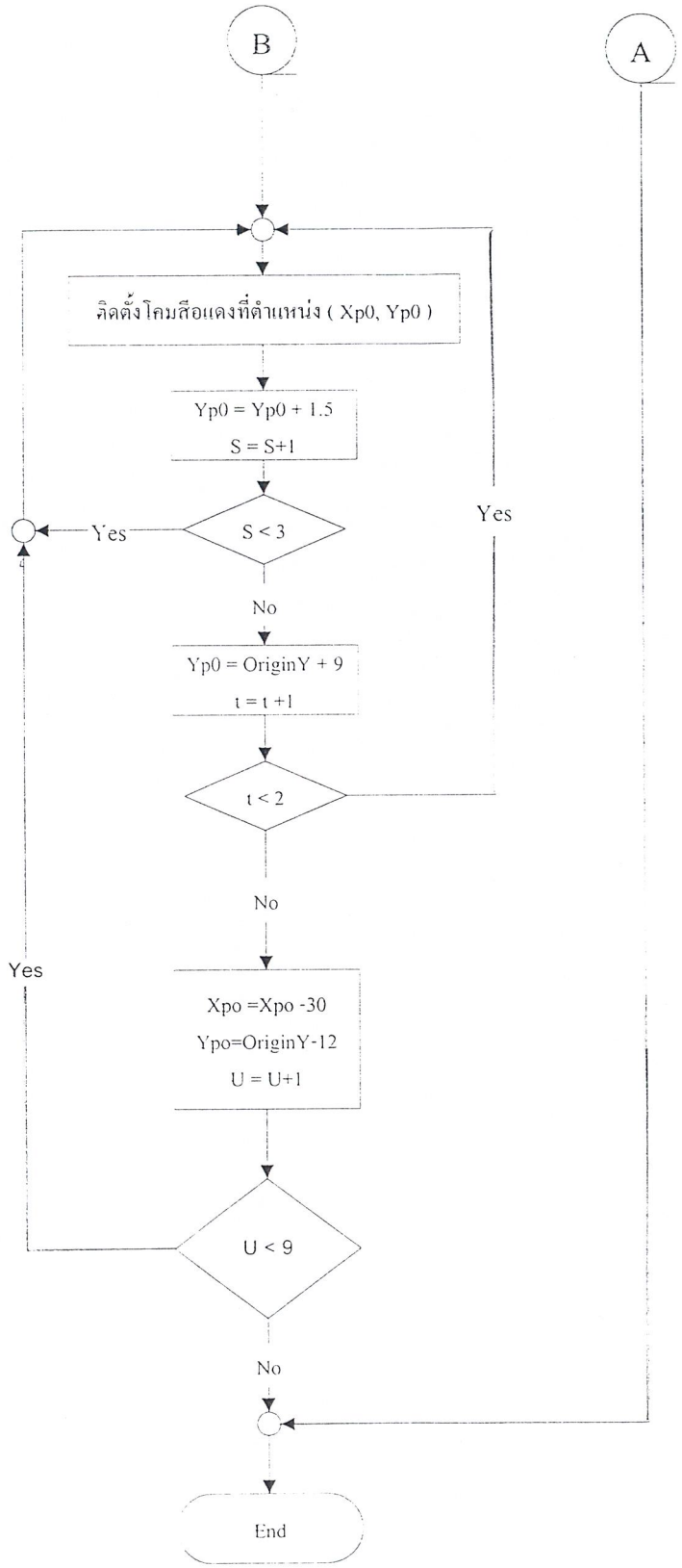
รูปที่ 5.3 โฟลว์ชาร์ทการติดตั้ง ICAO CAT I CALVERT Approach (1)



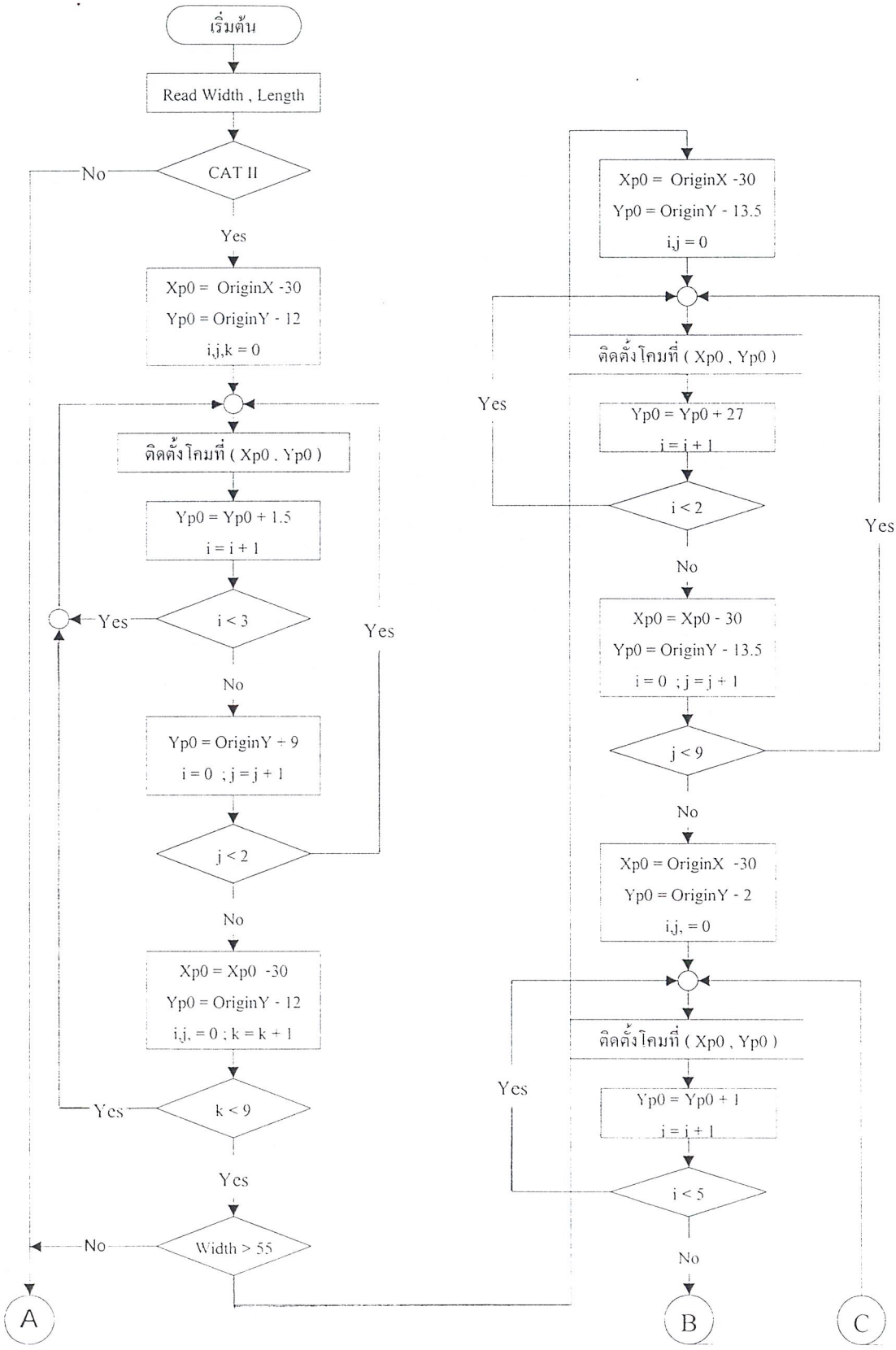
รูปที่ 5.3 โฟลว์ชาร์ทการติดตั้ง ICAO CAT I CALVERT Approach (2)



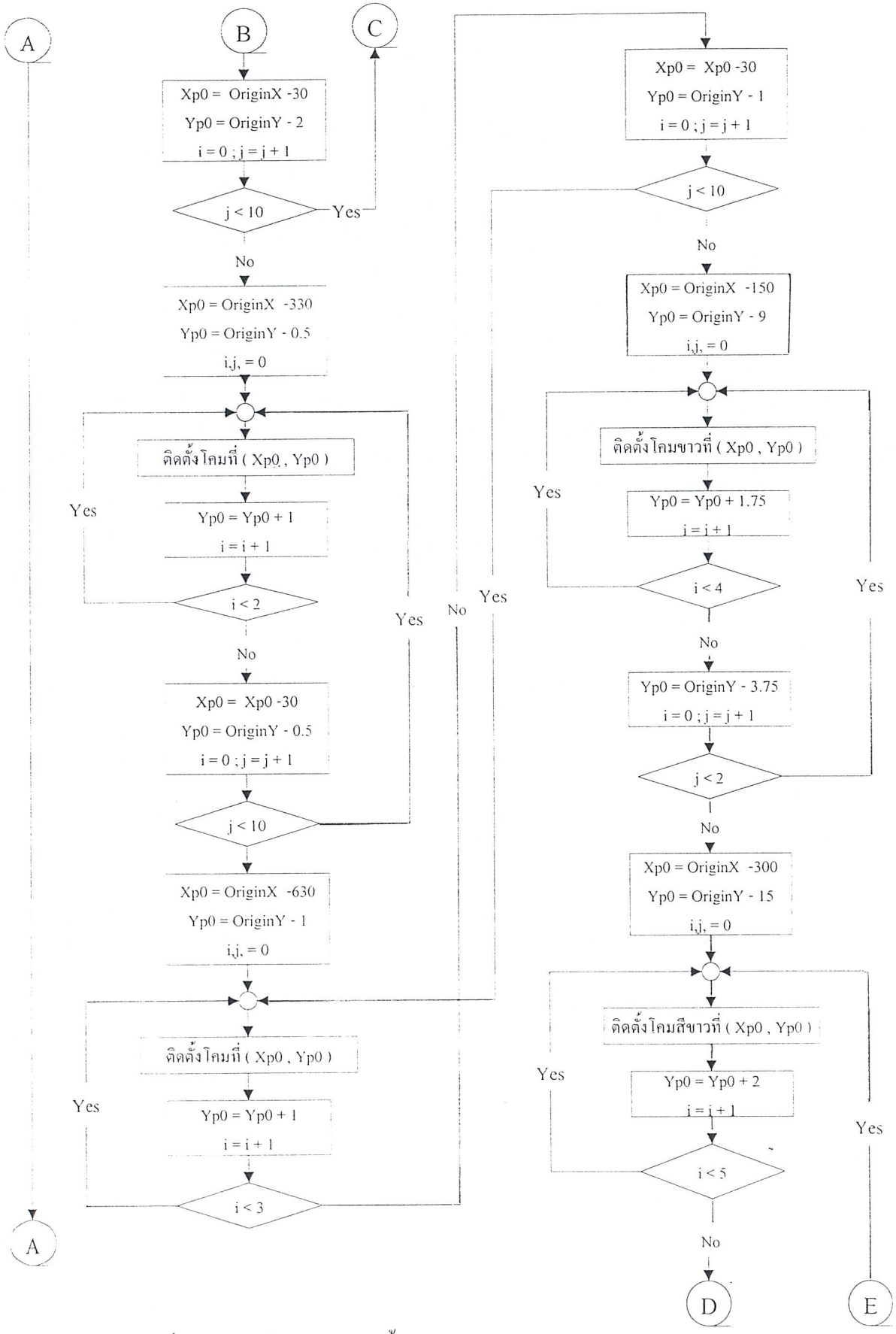
รูปที่ 5.4 โฟลว์ชาร์ทการติดตั้ง ICAO CAT II, III Approach Lights (1)



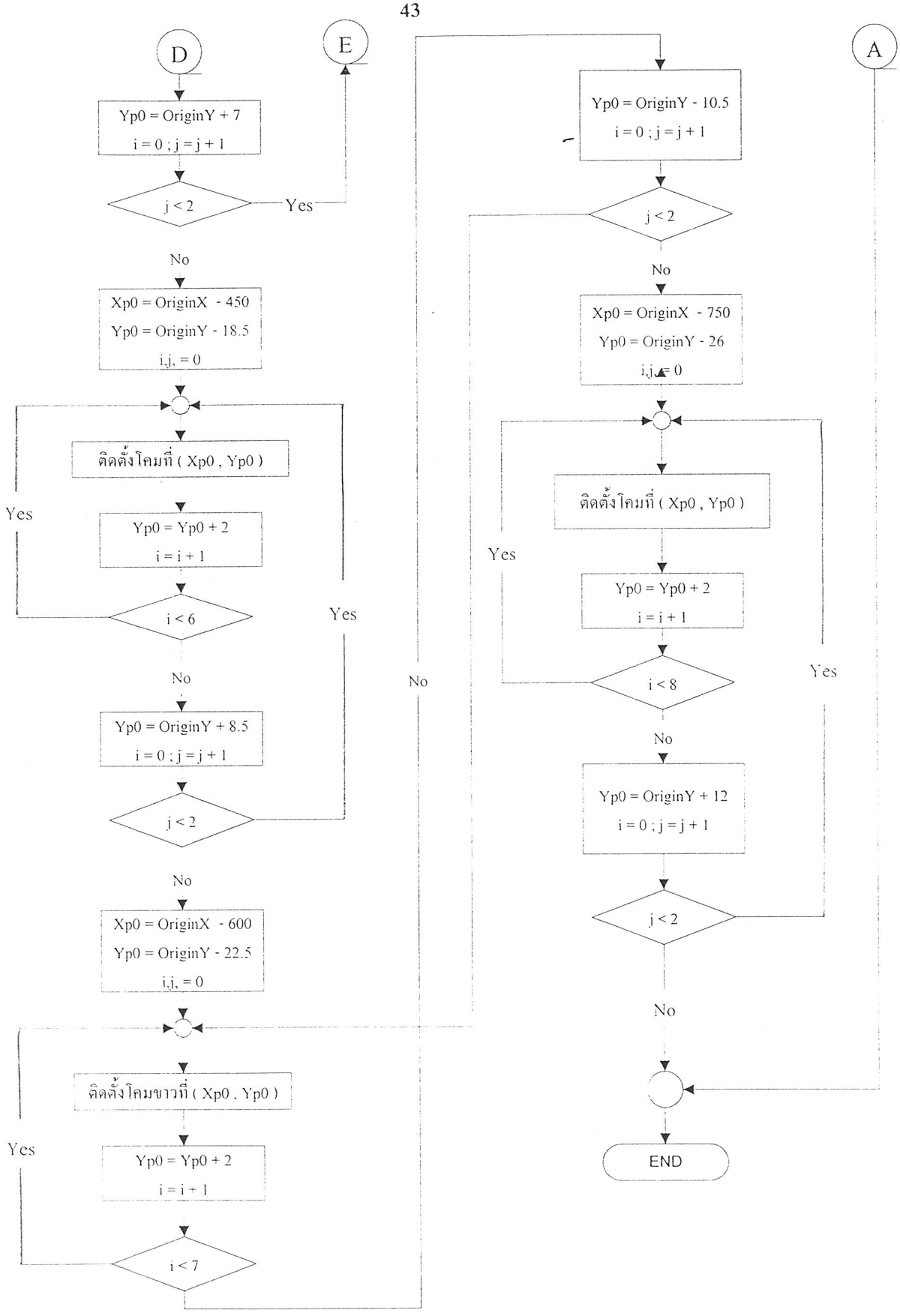
รูปที่ 5.4 โฟลว์ชาร์ทการติดตั้ง ICAO CAT II, III Approach Lights (2)



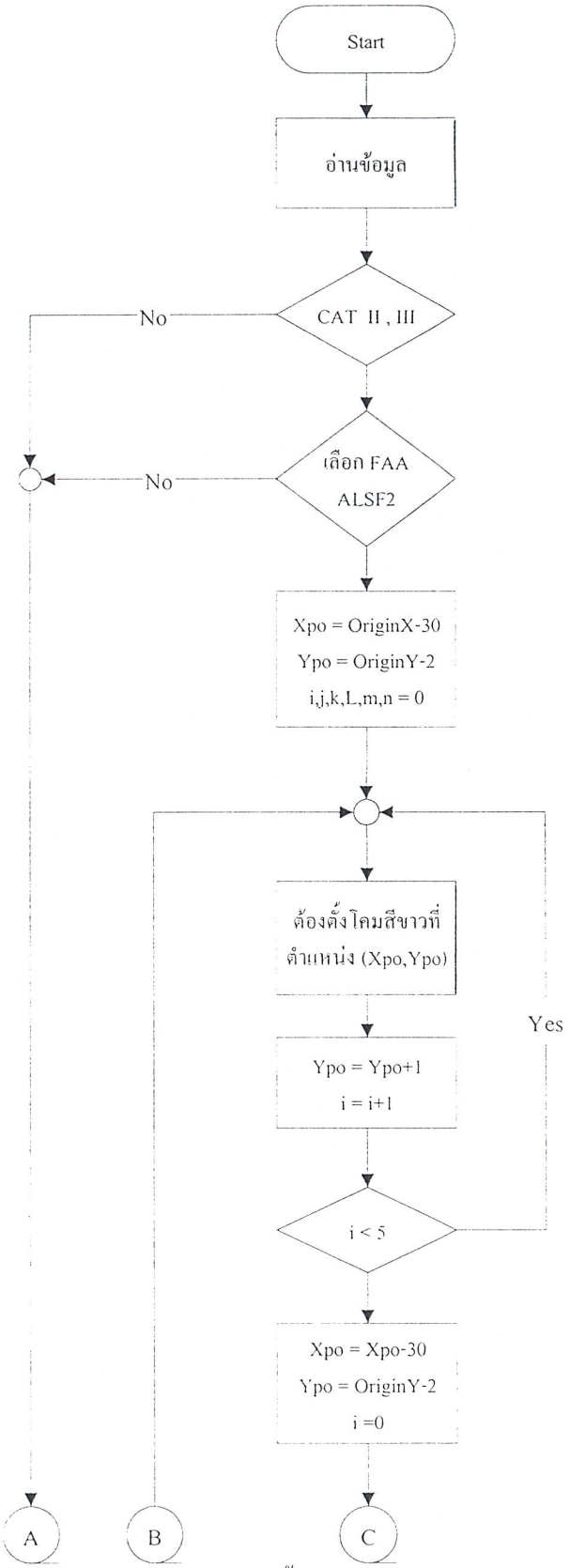
รูปที่ 5.5 โฟลว์ชาร์ทการติดตั้ง ICAO CAT II,III CALVERT Approach (1)



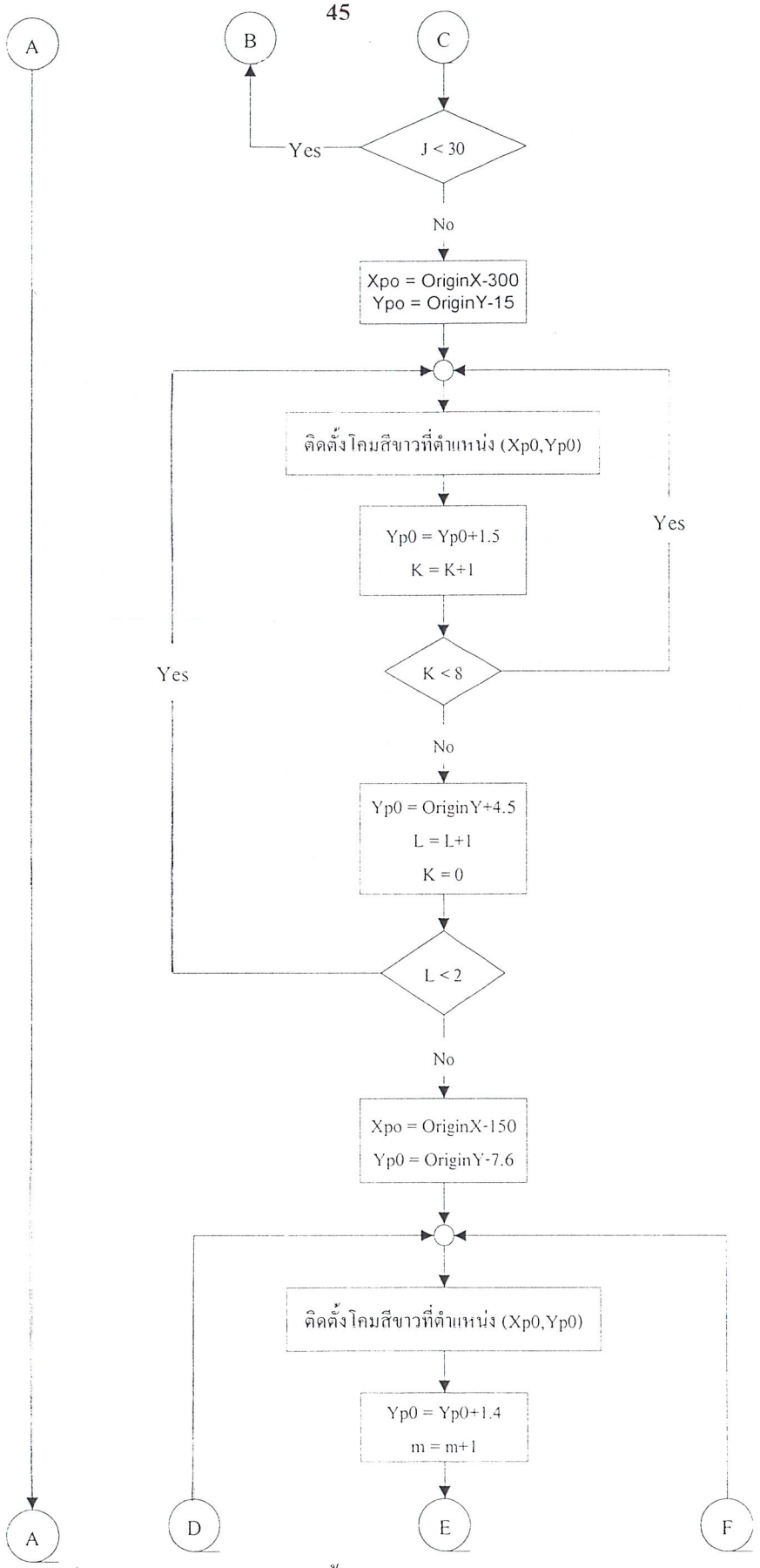
รูปที่ 5.5 โฟลว์ชาร์ทการติดตั้ง ICAO CAT II,III CALVERT Approach (2)



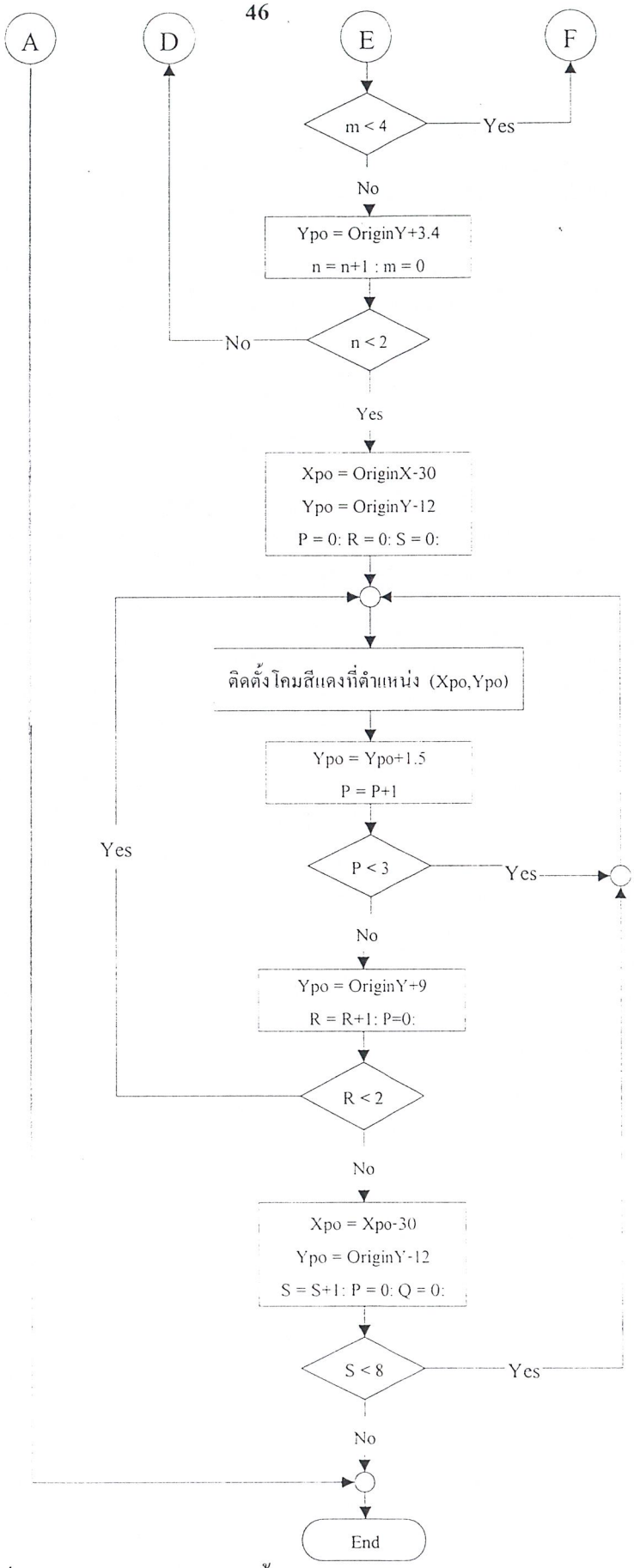
รูปที่ 5.5 โฟลว์ชาร์ทการติดตั้ง ICAO CAT II,III CALVERT Approach (3)



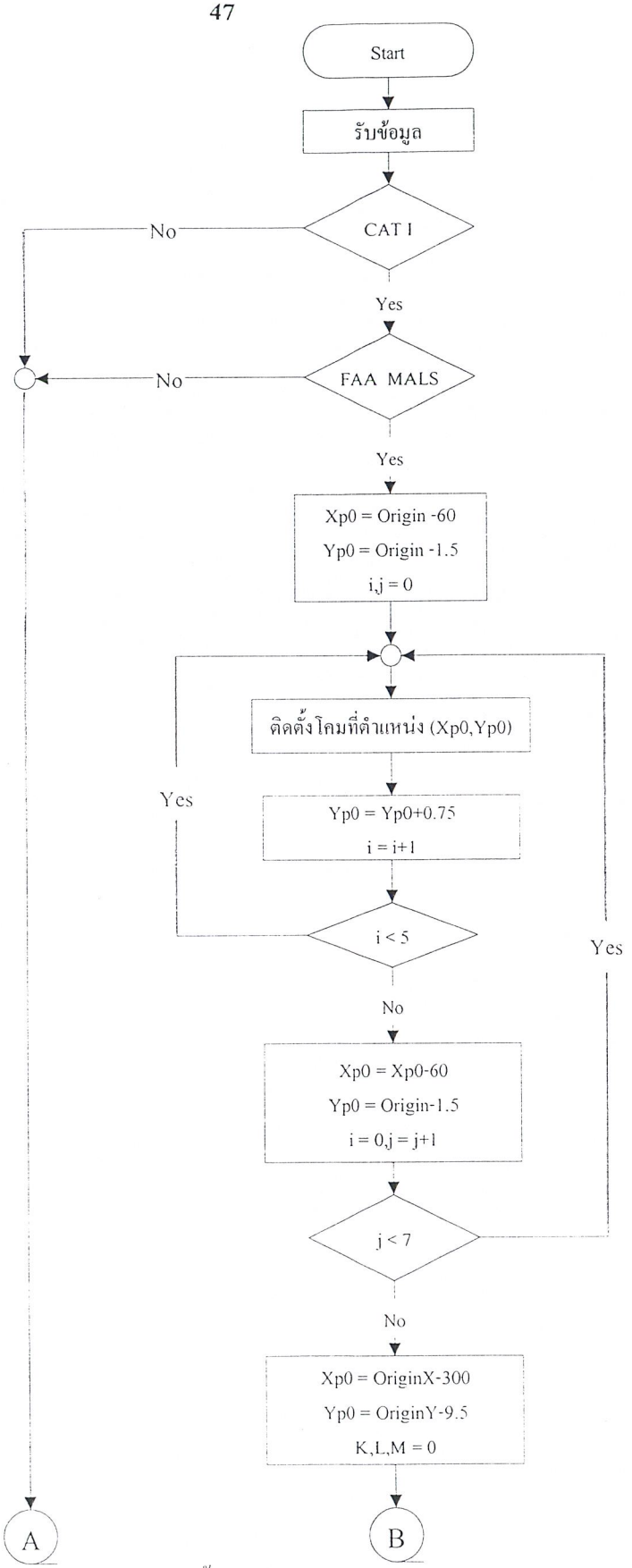
รูปที่5.6 โฟลว์ชาร์ทการติดตั้ง FAA ALSF2 Approach (1)



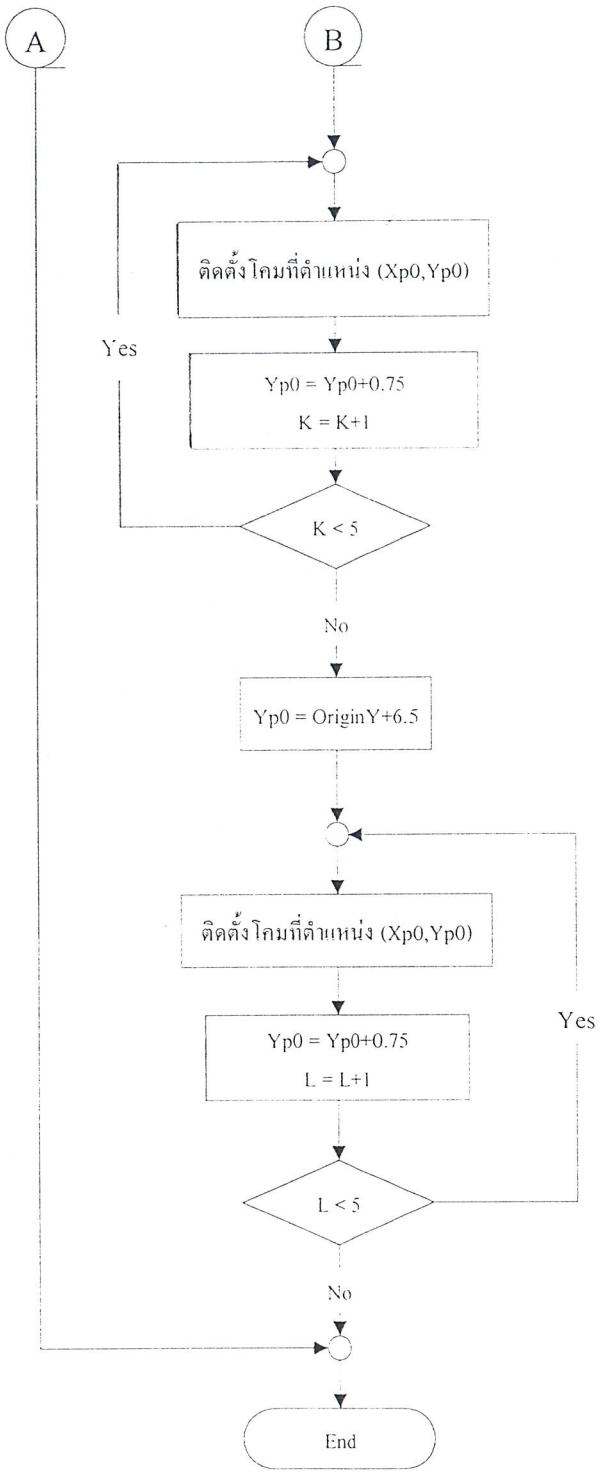
รูปที่ 5.6 โฟลว์ชาร์ทการติดตั้ง FAA ALSF2 Approach (2)



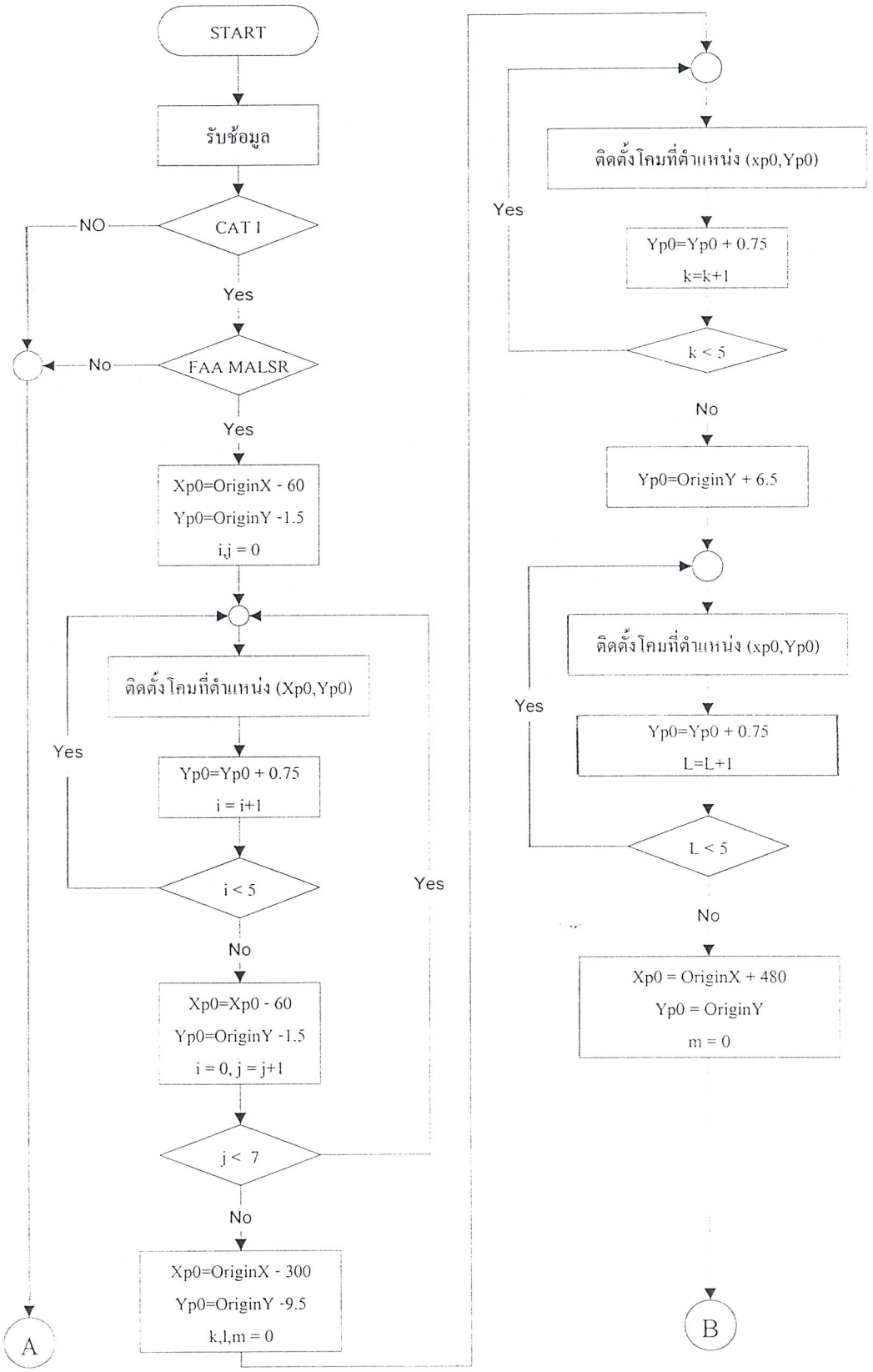
รูปที่5.6 โฟลว์ชาร์ทการติดตั้ง FAA ALSF2 Approach (3)



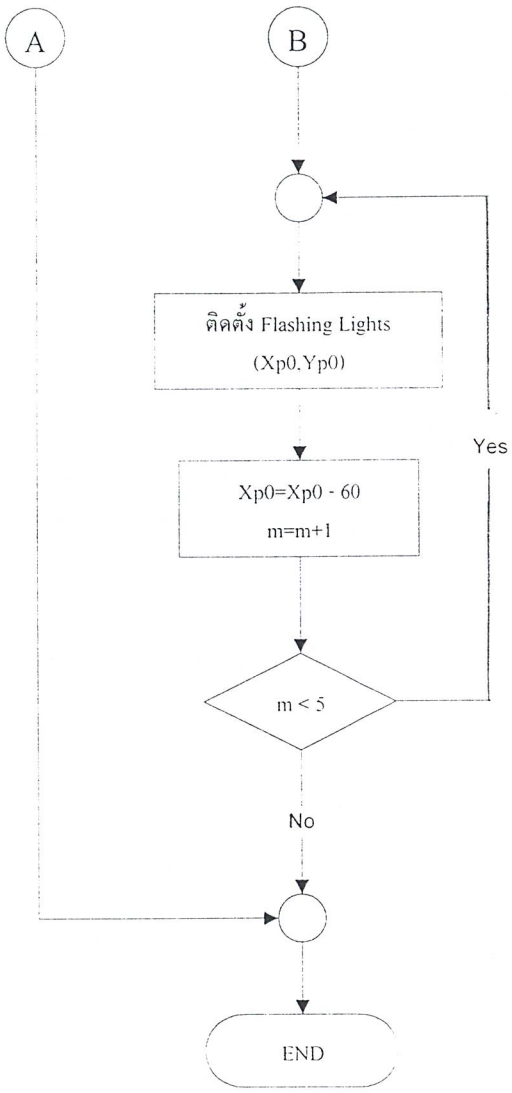
รูปที่5.7 โฟลว์ชาร์ทการติดตั้ง FAA Medium Intensity MALS Approach(1)



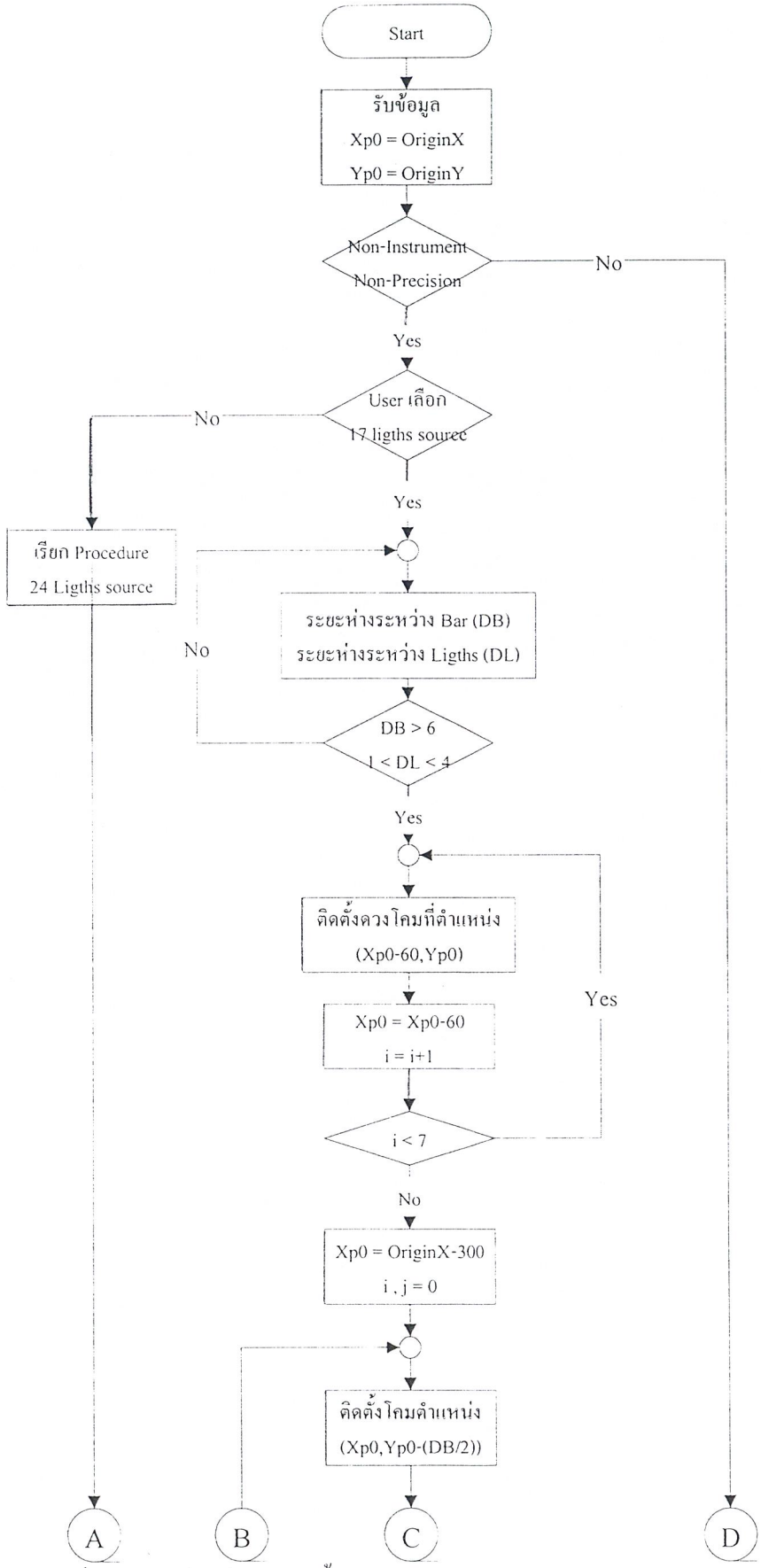
รูปที่5.7 โฟลว์ชาร์ทการติดตั้ง FAA Medium Intensity MALS Approach (2)



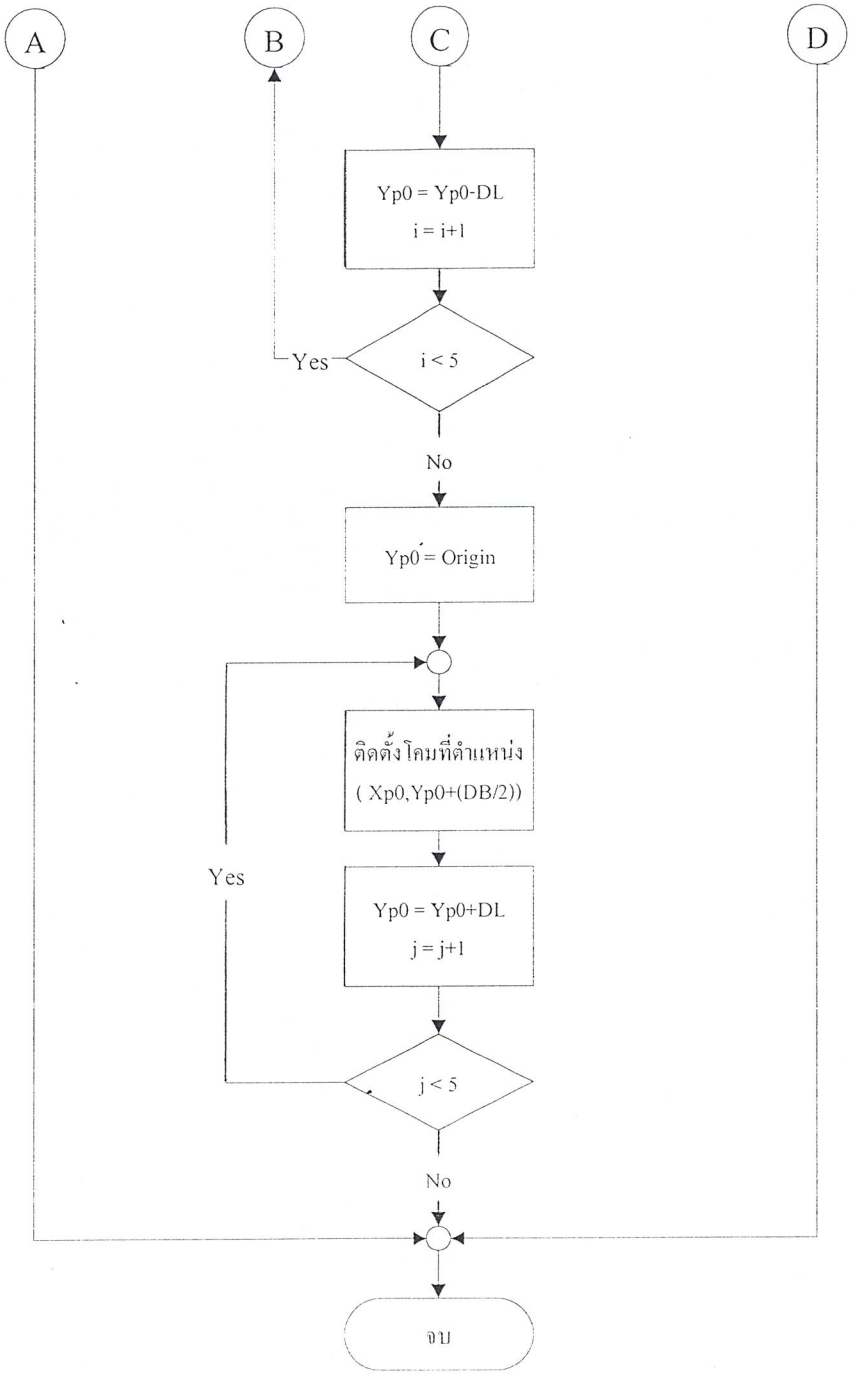
รูปที่ 5.8 โฟลว์ชาร์ทการติดตั้ง FAA Medium Intensity MALSR Approach (1)



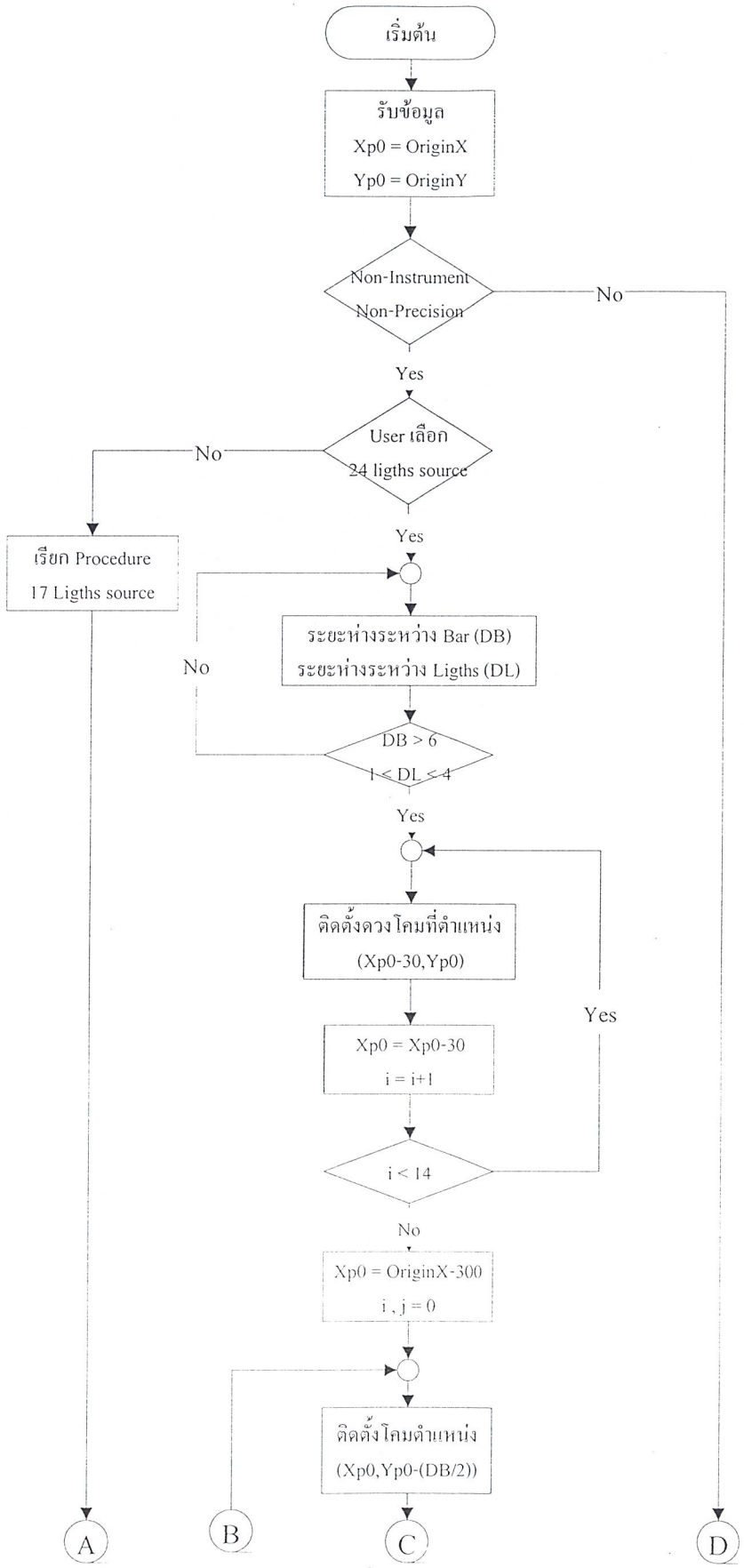
รูปที่ 5.8 โฟลว์ชาร์ทการติดตั้ง FAA Medium Intensity MALSR Approach (2)



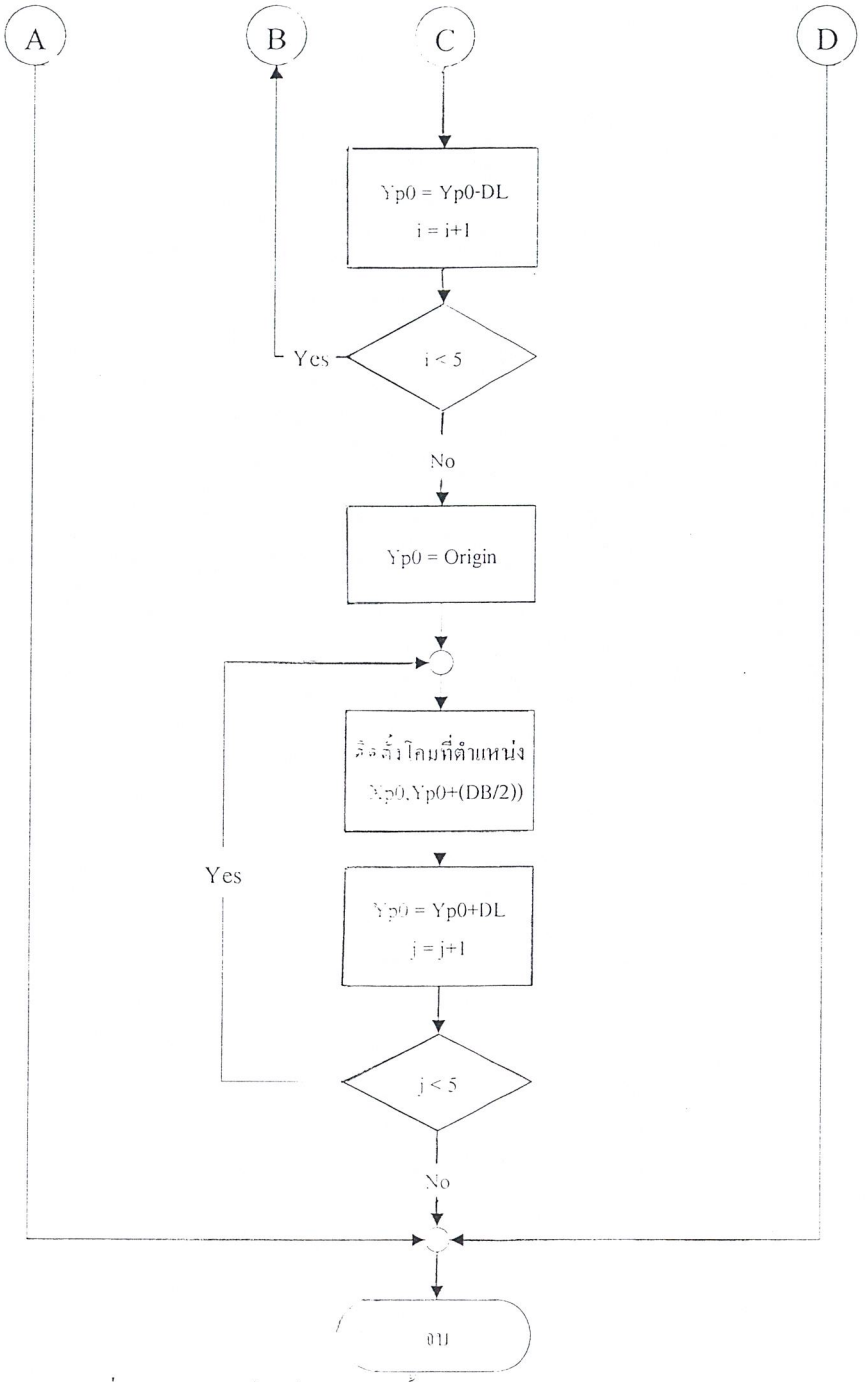
รูปที่ 5.9 โฟลว์ชาร์ทการติดตั้ง Simple Approach 17 Lights source (1)



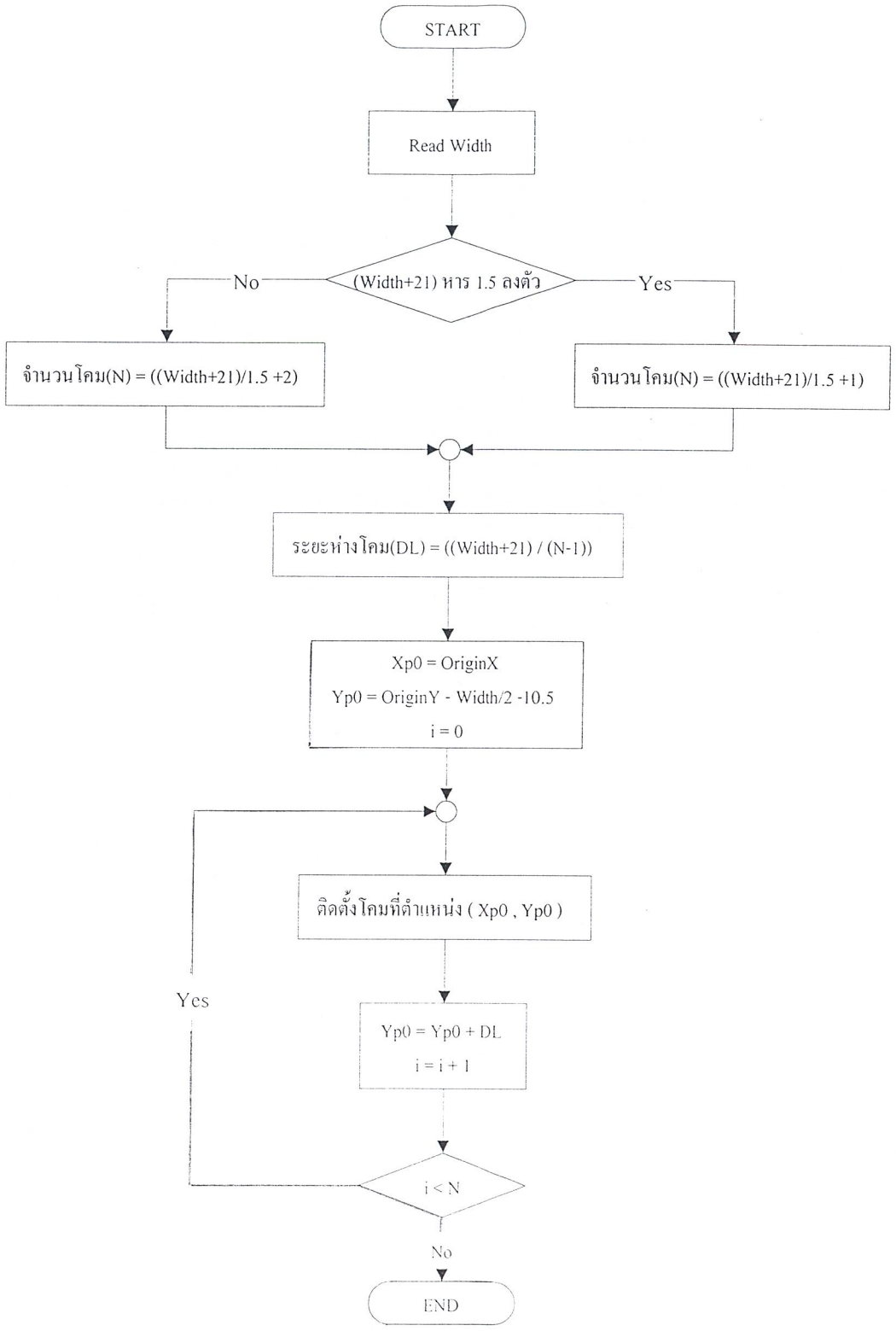
รูปที่ 5.9 โฟลว์ชาร์ทการติดตั้ง Simple Approach 17 Lights source (2)



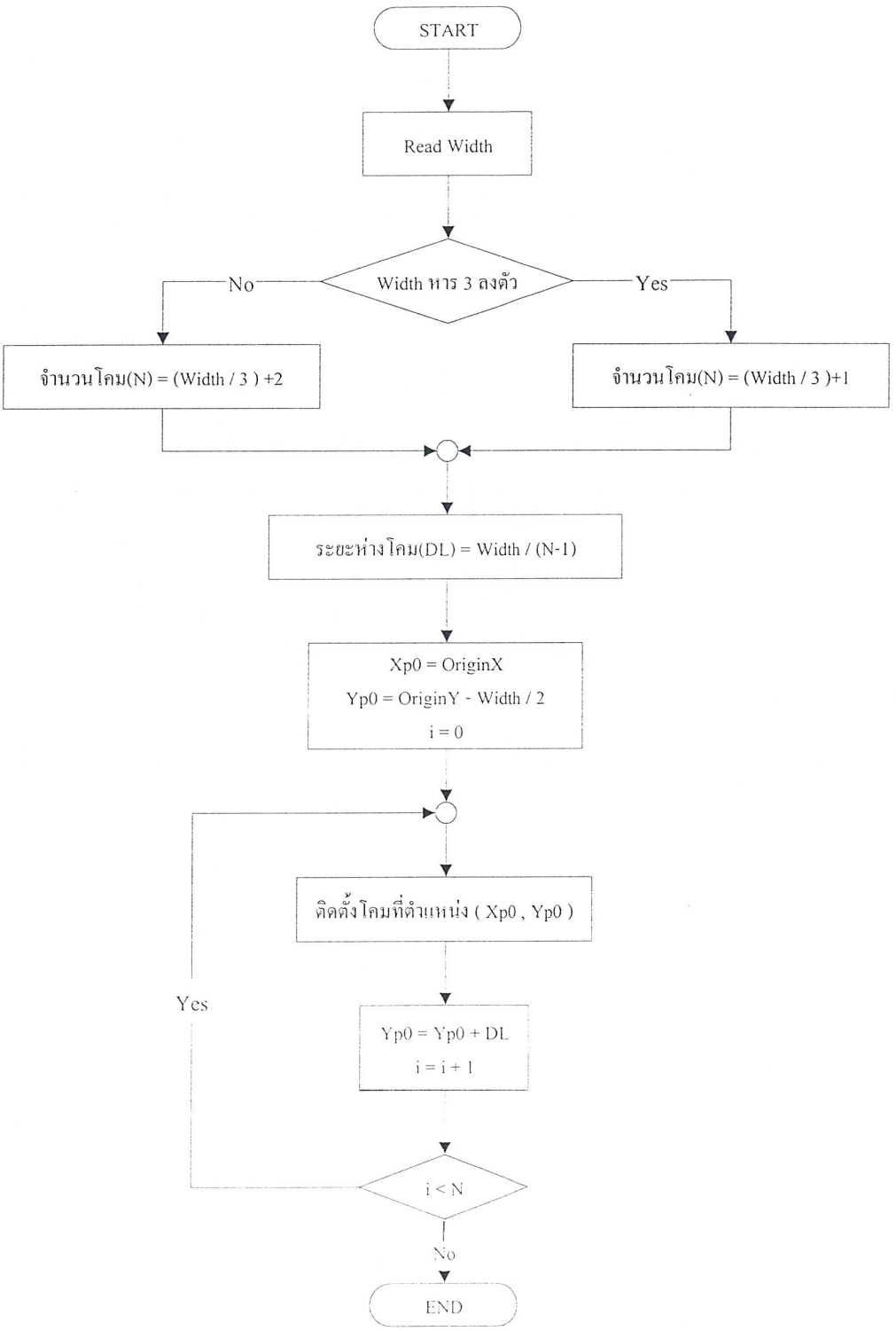
รูปที่ 5.10 โฟลว์ชาร์ทการติดตั้ง Simple Approach 24 Lights source (1)



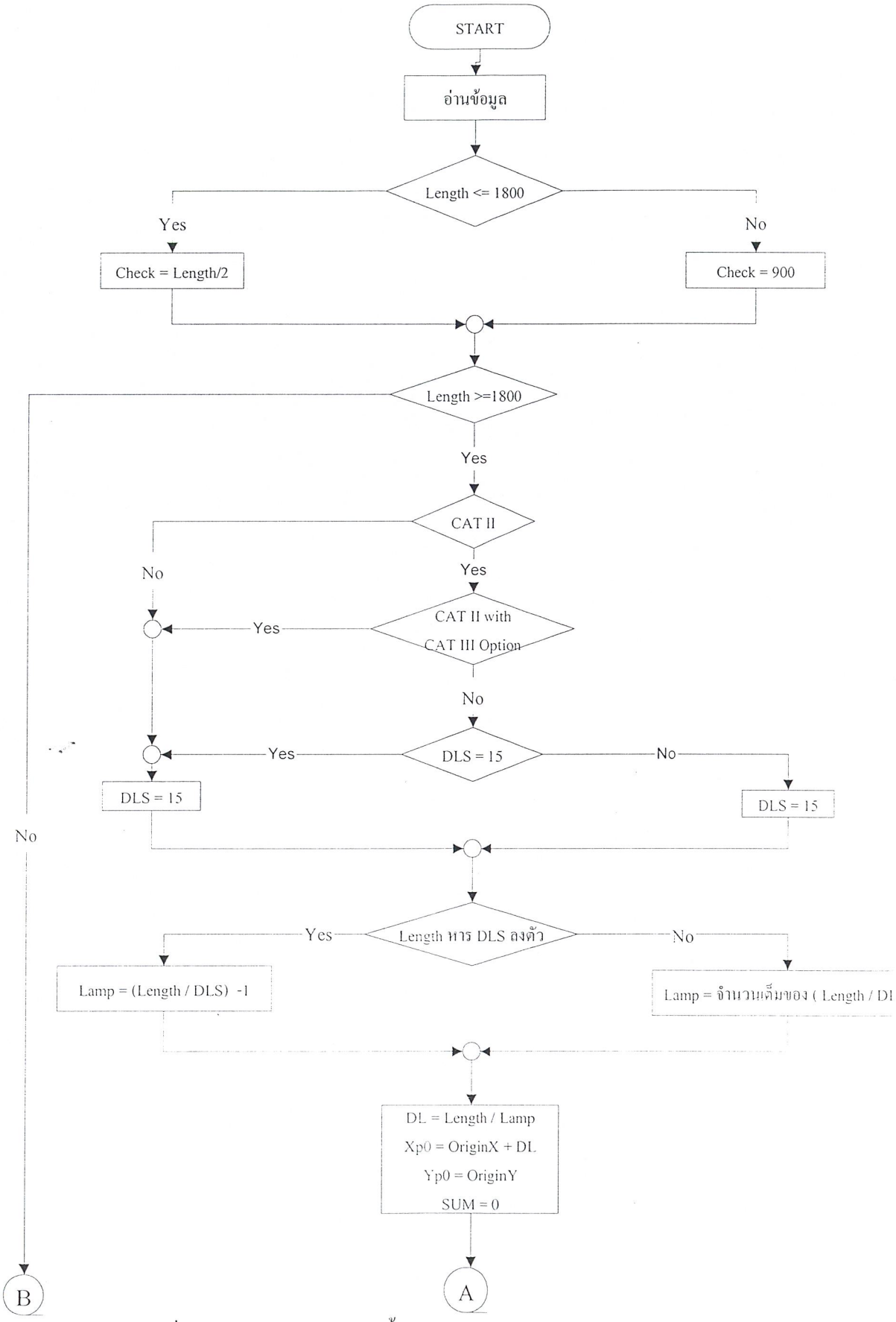
รูปที่ 5.10 โฟลว์ชาร์ทการสั่งสั่ง Simple Approach 24 Lights source (2)



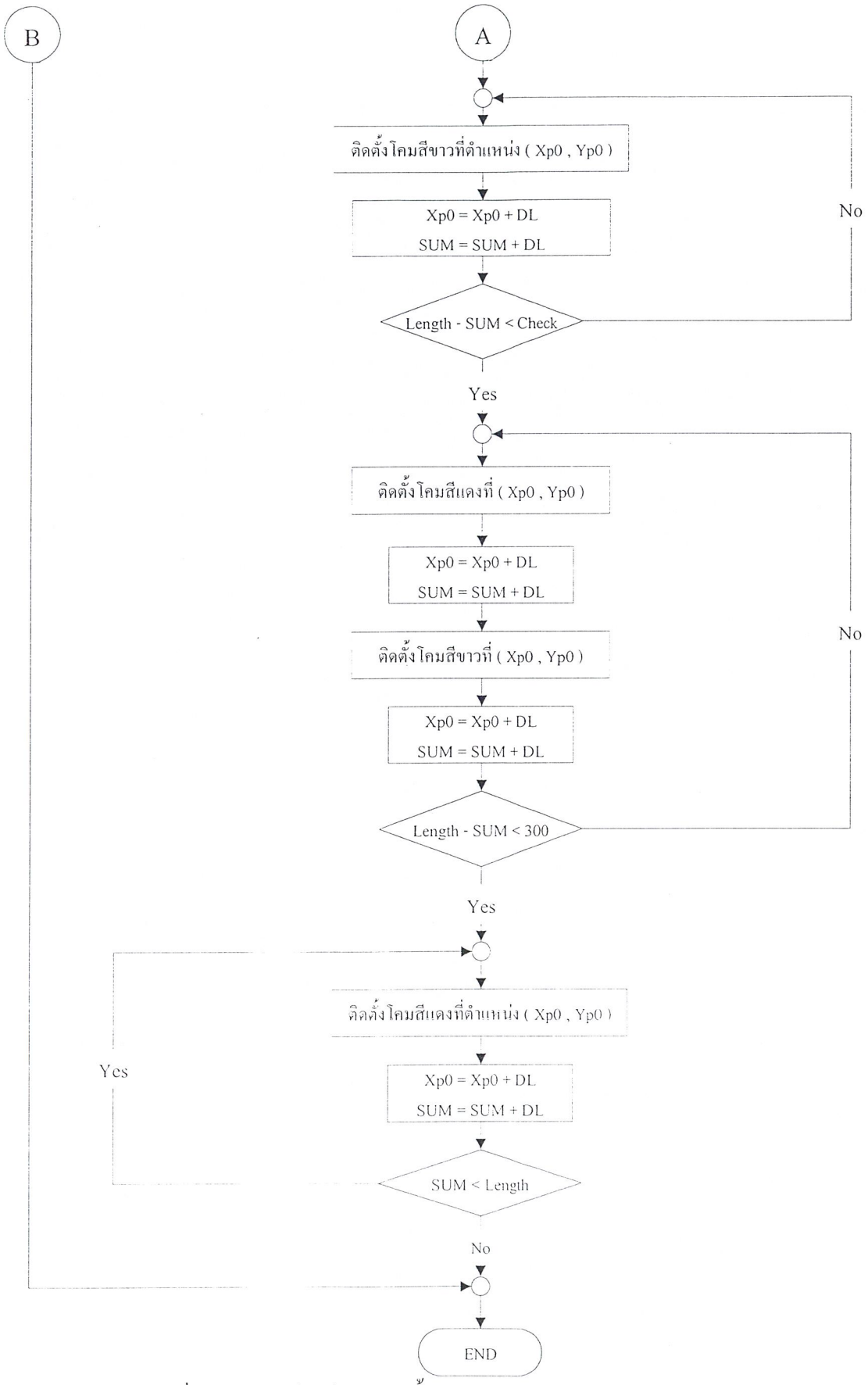
รูปที่ 5.11 โฟลว์ชาร์ทการติดตั้ง FAA Threshold ALSF2



รูปที่ 5.12 โฟลว์ชาร์ทการติดตั้ง FAA Threshold MALS & MALSF

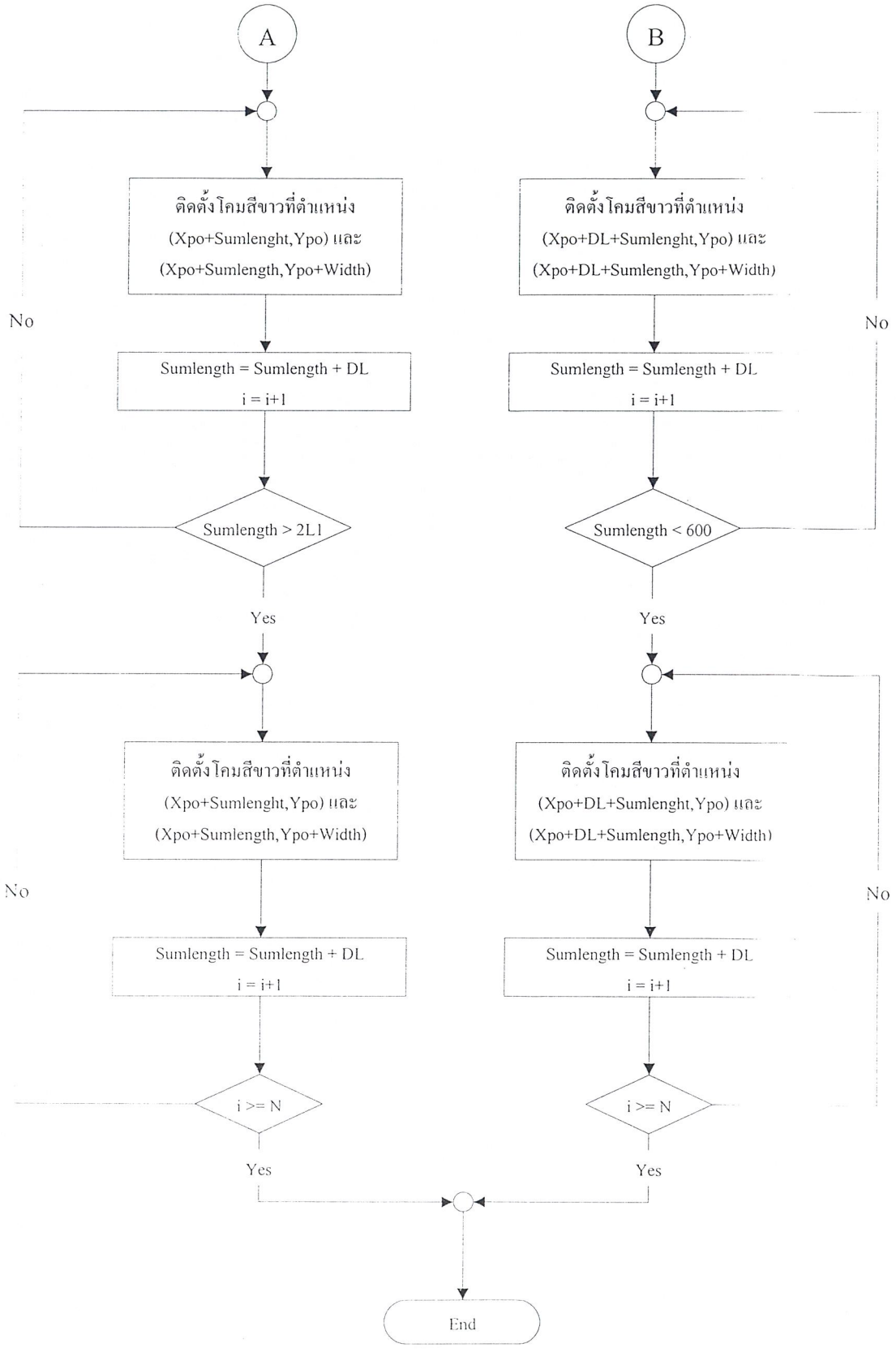


รูปที่ 5.13 โฟลว์ชาร์ทการติดตั้ง Runway Centerline Lights (1)

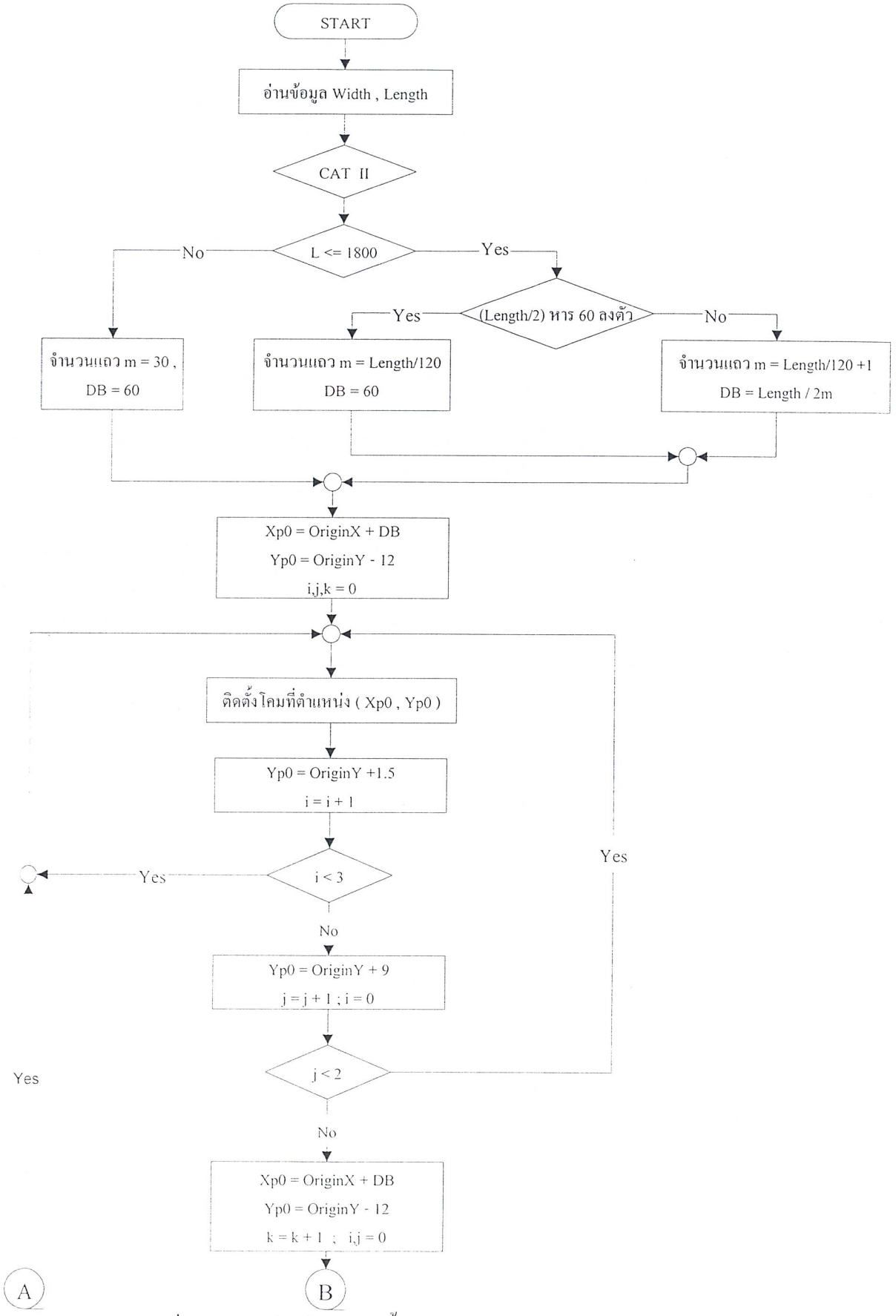


รูปที่ 5.13 โฟลว์ชาร์ทการติดตั้ง Runway Centerline Lights (2)

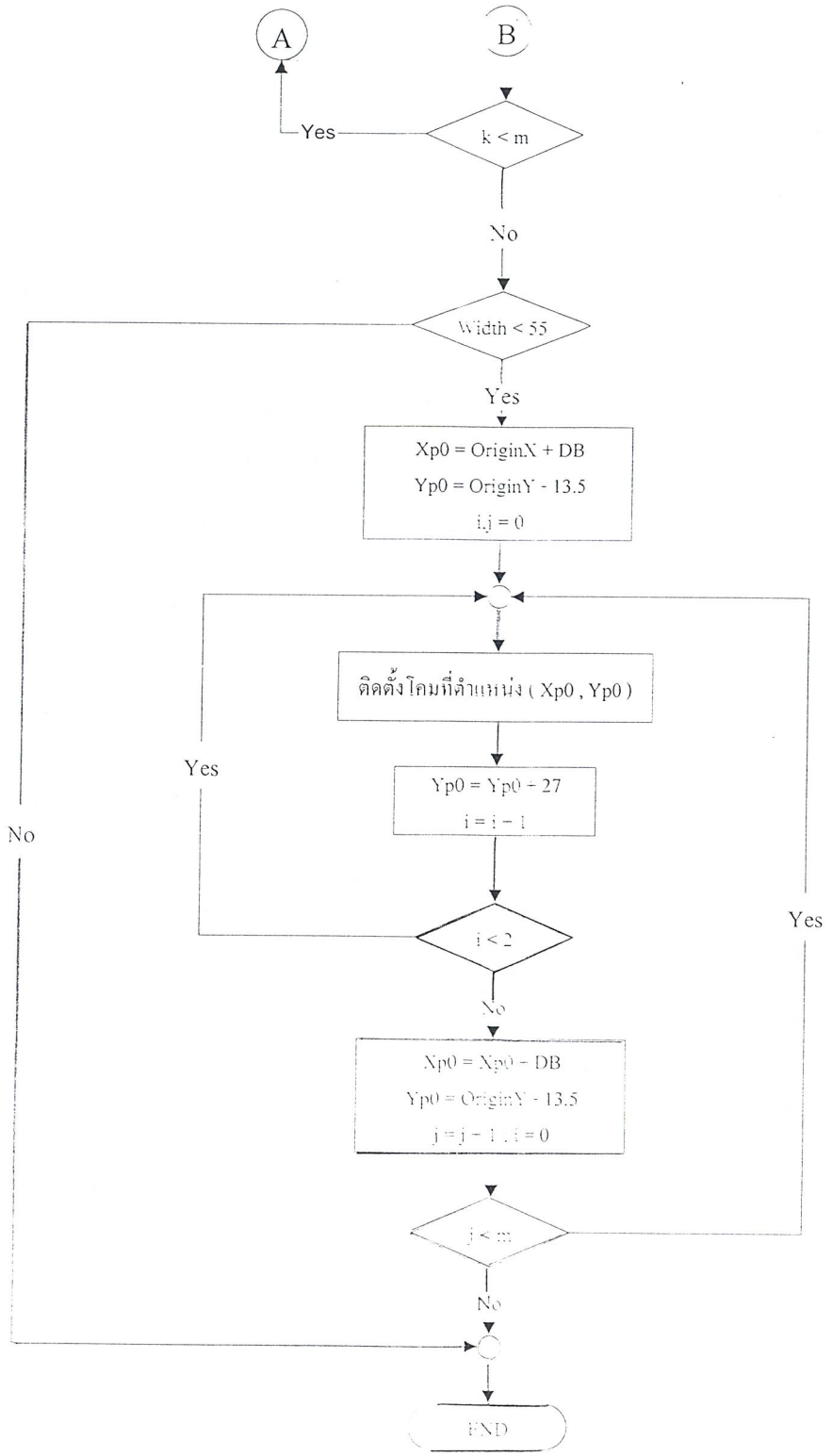
รูปที่ 5.14 โฟลว์ชาร์ทการติดตั้ง Runway edge Lights (1)



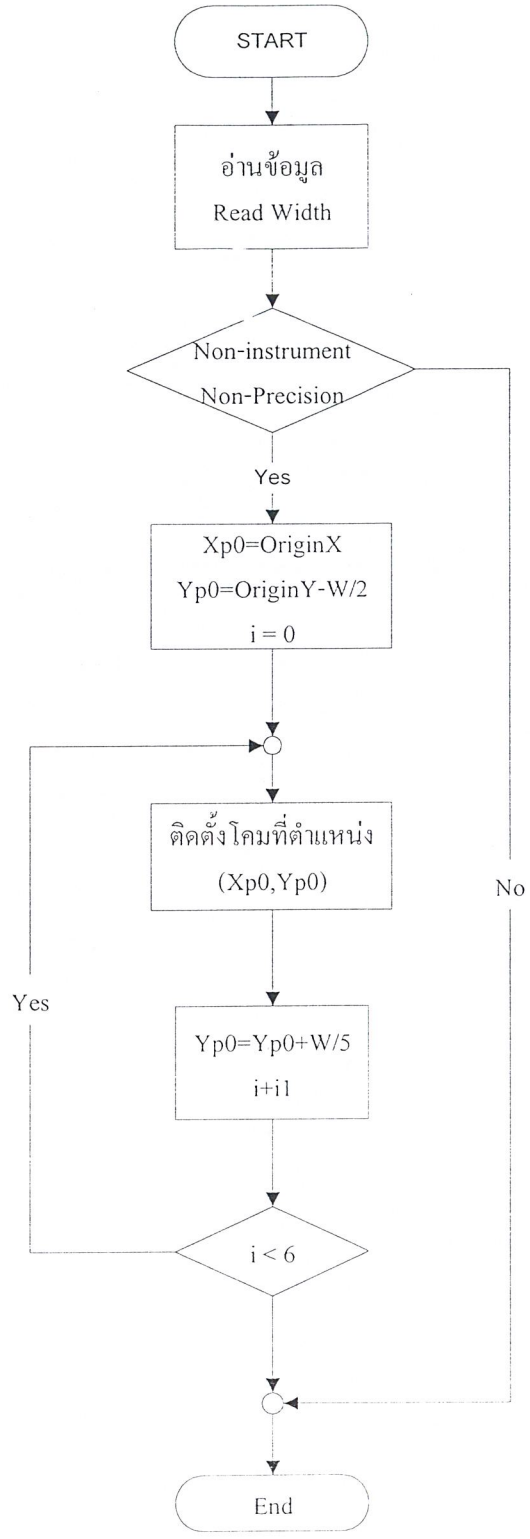
รูปที่ 5.14 โฟลว์ชาร์ทการติดตั้ง Runway edge Lights (2)



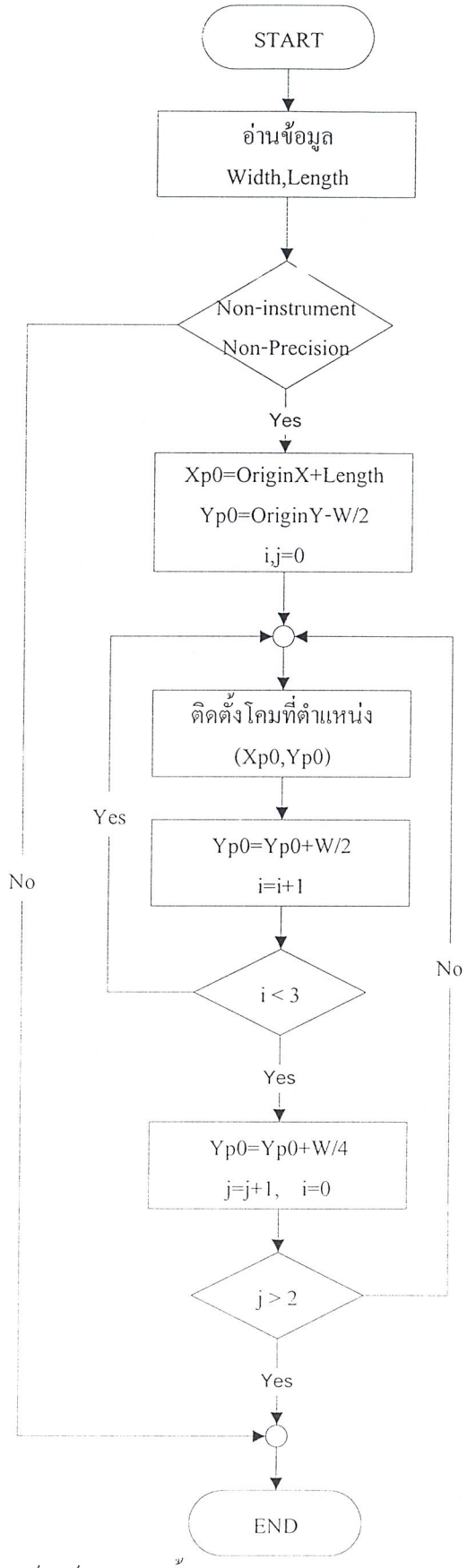
รูปที่ 5.15 โฟลว์ชาร์ทการติดตั้ง Touchdown Zone Lights (1)



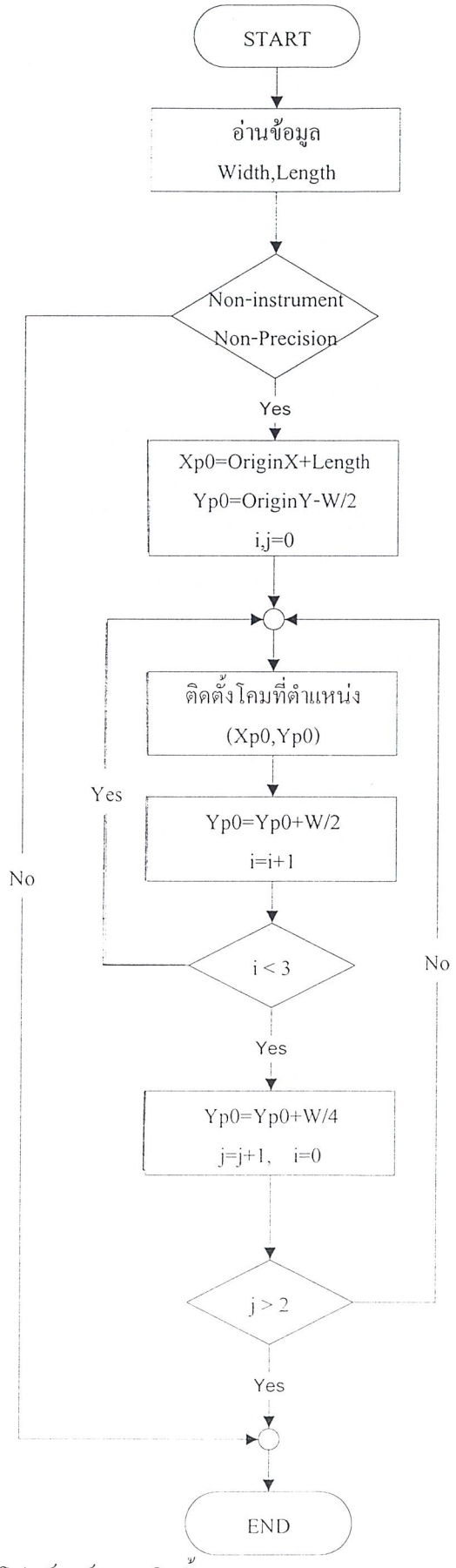
รูปที่ 5.15 โฟลว์ชาร์ทการติดตั้ง Touchdown zone Lights (2)



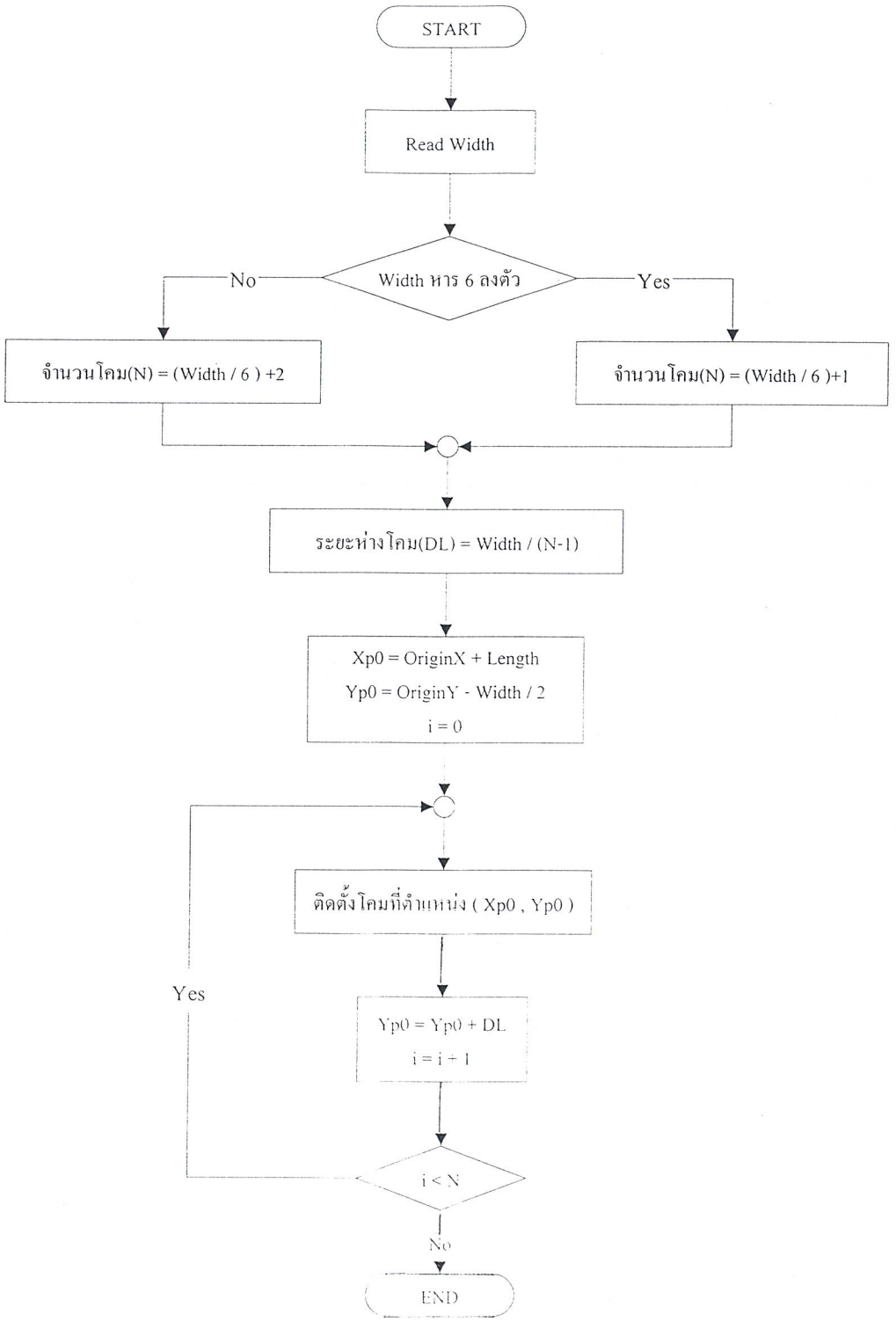
รูปที่ 5.16 โฟลว์ชาร์ทการติดตั้ง Non-Instrument, Non-Precision Runway end LightsType A



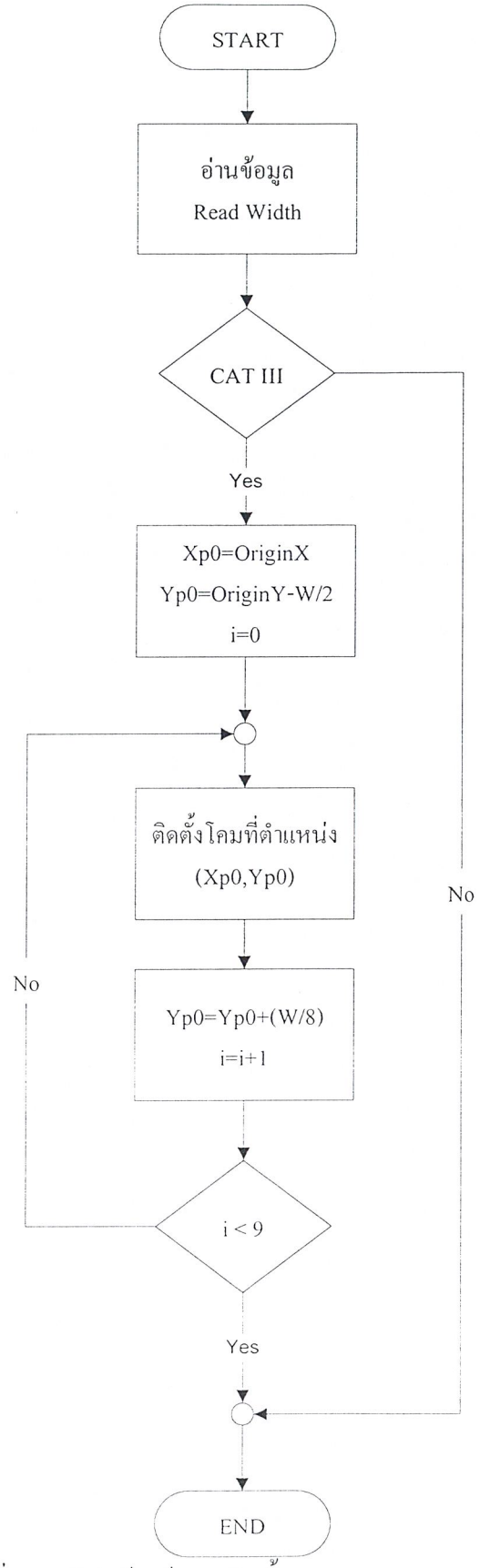
รูปที่ 5.17 โฟลว์ชาร์ทการติดตั้ง Non-Instrument, Non-Precision Runway end Lights Type B



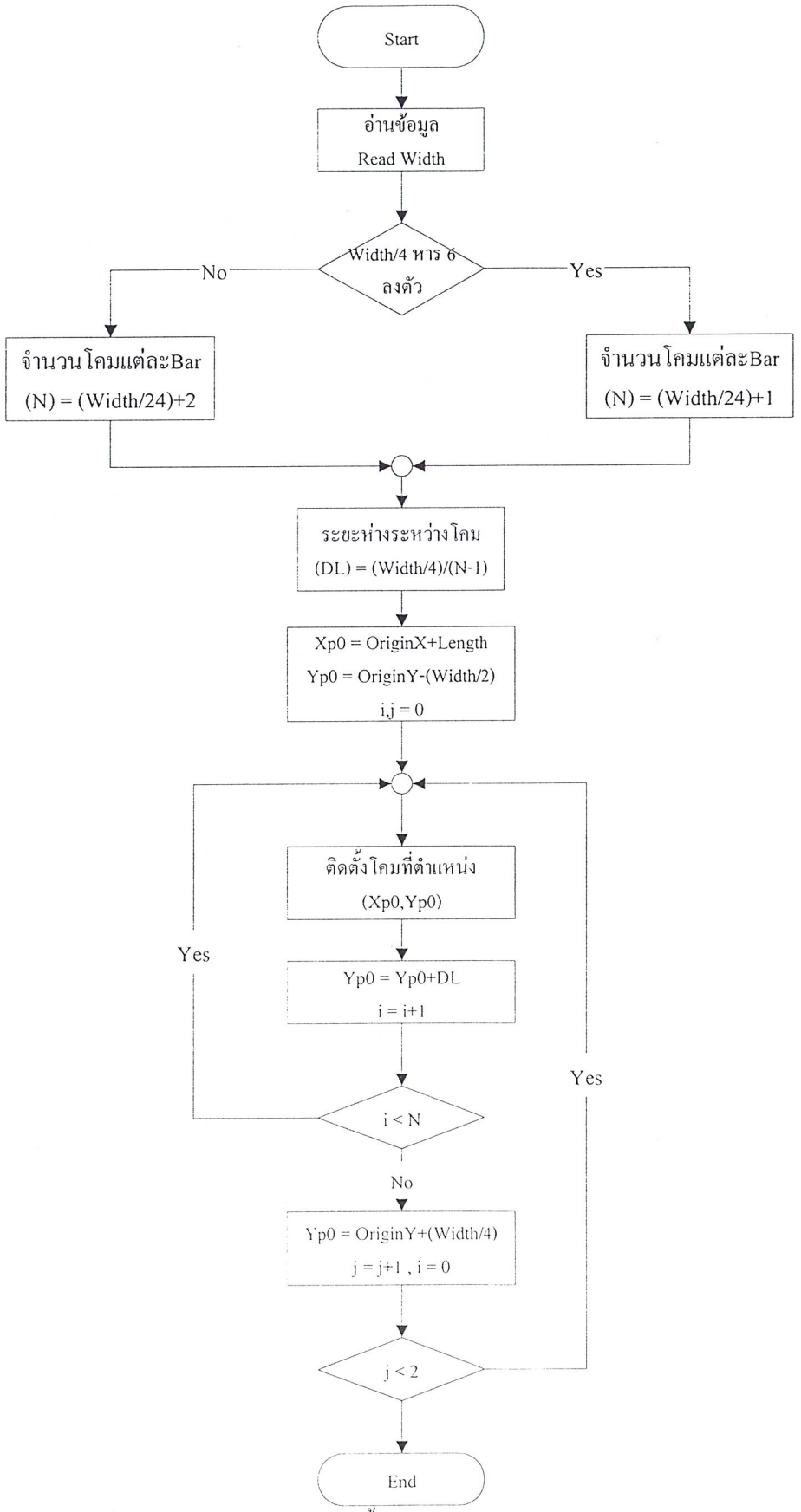
รูปที่ 5.18 โฟลว์ชาร์ทการติดตั้ง ICAO CAT I,II Runway end light Type A



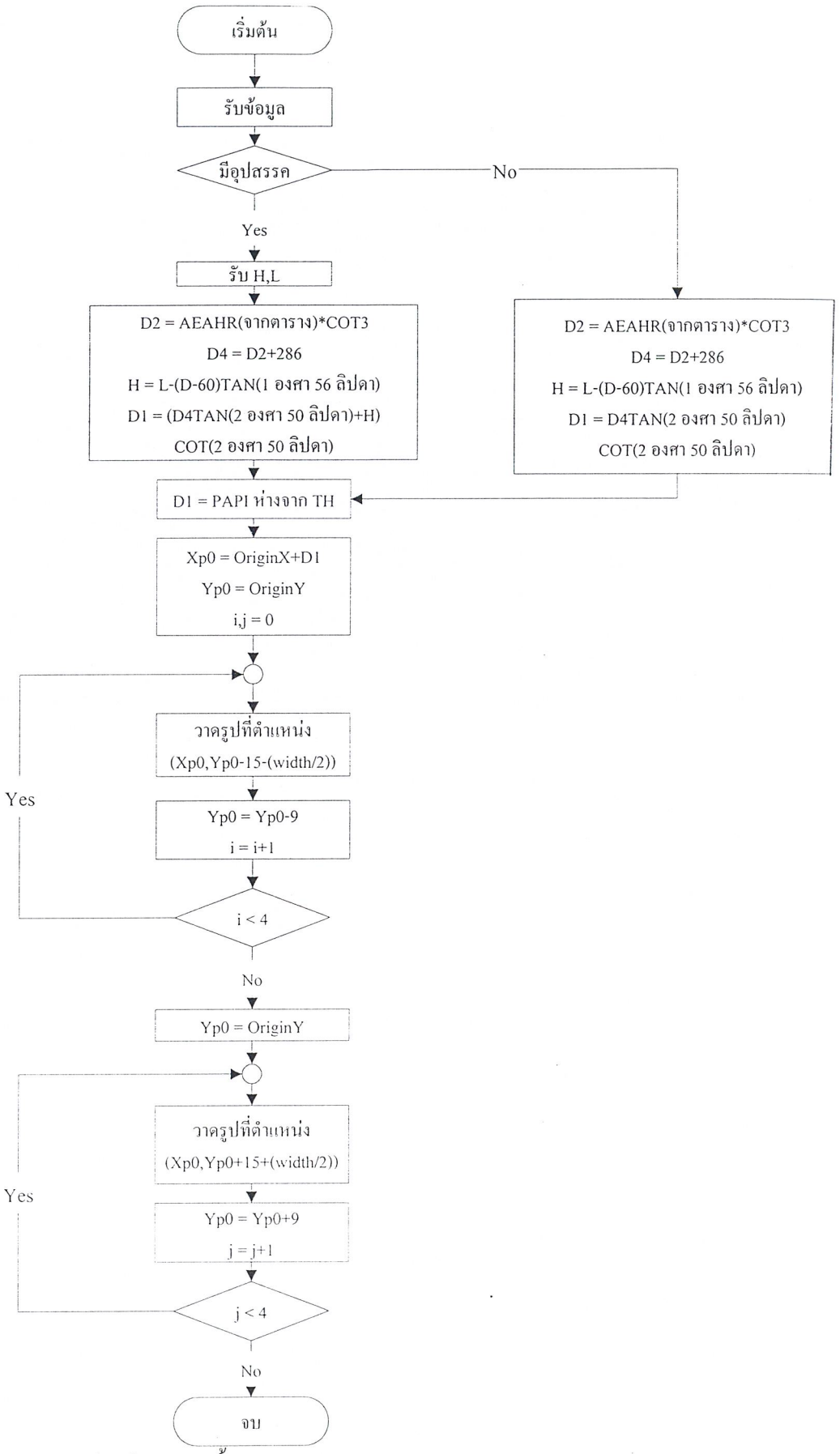
รูปที่ 5.19 โฟลว์ชาร์ทการติดตั้ง ICAO CAT I,II Runway end Lights Type B



รูปที่ 5.20 โฟลว์ชาร์ทการติดตั้ง ICAO CAT III Runway end Lights Type A



รูปที่ 5.21 โฟลว์ชาร์ทการติดตั้ง ICAO CAT III Runway end Lights Type B



รูปที่ 5.22 โฟลว์ชาร์ทการติดตั้ง Precision Approach Path Indicator (PAPI)

บทที่ 6
การใช้งานโปรแกรม Lighting For Airport Runway Design

6.1 รายละเอียดของโปรแกรม

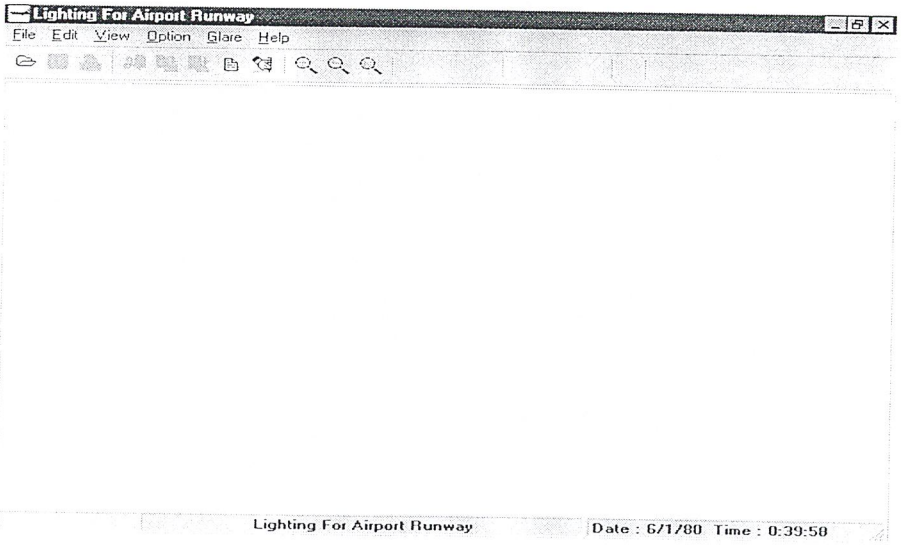
โปรแกรม Lighting For Airport Runway Design เป็นโปรแกรมที่ถูกสร้างขึ้นเพื่อช่วยในการคำนวณออกแบบติดตั้งตำแหน่งไฟบนลานบินตามมาตรฐาน โดยยึดตามมาตรฐานของ ICAO และ FAA เป็นหลัก โดยโปรแกรมนี้สร้างขึ้นเพื่อความสะดวกในการออกแบบติดตั้งไฟเท่านั้น มิใช่เป็นโปรแกรมสำหรับการออกแบบสนามบิน

6.2 การติดตั้งโปรแกรม

การติดตั้งโปรแกรมทำได้โดย ก็อปปี้ไฟล์ RW_LightCAD จากซีดีรอม ไปไว้ที่ C:\RW_LightCAD แล้วสร้างชอร์ตคัต(Short Cut)

6.3 การใช้งานโปรแกรม

6.3.1การใช้งานดับเบิ้ลคลิกเมาส์ที่ไอคอนของโปรแกรม เครื่องคอมพิวเตอร์จะใช้เวลาในการอ่านสักครู่ หลังจากโหลดโปรแกรมเสร็จก็จะปรากฏดังรูปที่ 6.1ซึ่งพร้อมที่จะทำงานในขั้นต่อไปได้

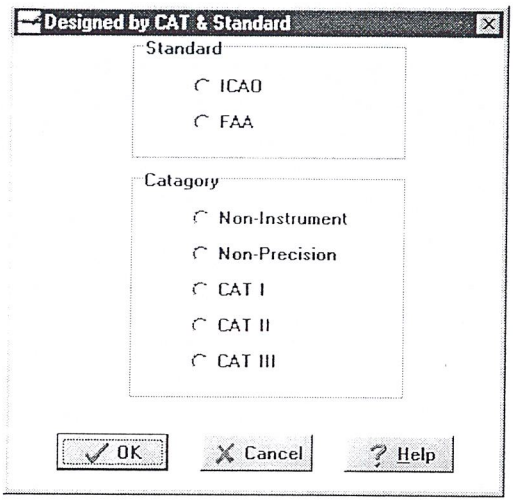


รูปที่ 6.1 แสดงหน้าต่างของโปรแกรมหลัก

6.3.2 เริ่มต้นการใช้งาน

6.3.2.1 การเลือกใช้งานโปรแกรมติดตั้งไฟตามมาตรฐาน (Standard Design) เป็นการใช้งาน ที่ผู้ใช้เพียงแต่เลือกออกแบบตามมาตรฐานใด โปรแกรมจะมีการคำนวณและกำหนดค่าต่างๆตามของแต่ละมาตรฐานเอาไว้ โดยผู้ใช้จะไม่สามารถเปลี่ยนแปลงค่าต่างๆได้เลย การออกแบบทำได้ดังนี้

- เลือก File | New | Designed by CAT & Standard จากเมนูบาร์ของโปรแกรม จากนั้นจะปรากฏไดอะลอกบอกซ์(ดังรูป 6.2) ให้ผู้ใช้เลือกว่าจะออกแบบตามมาตรฐาน/ประเภททางวิ่งแบบใด



รูปที่ 6.2 แสดงหน้าต่างของโปรแกรมติดตั้งไฟตามมาตรฐาน

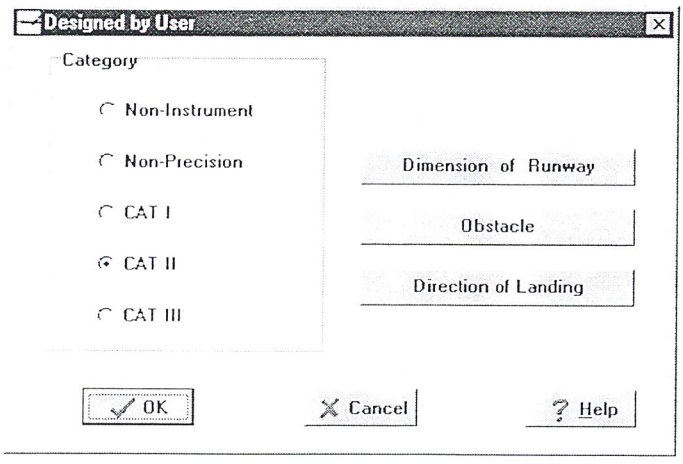
- คลิก OK เพื่อยืนยันข้อมูลที่ได้เลือกไว้
- จากนั้นเลือก Show Installation เพื่อดูรูปของตำแหน่งการติดตั้ง เพื่อความสะดวกที่จะดูตำแหน่งการติดตั้ง ให้คลิกขวาจะปรากฏป๊อปอัพเมนู ให้เลือก Co-ordinate Pointer จากนั้นเมื่อเรานำเมาส์ไปคลิกที่หลอด ก็จะมีตำแหน่งติดตั้งปรากฏขึ้นมา
- นอกจากการแสดงผลเป็นรูปภาพแล้ว ผู้ใช้สามารถดูข้อมูลที่ได้ติดตั้งได้จากปิดหน้าต่างที่แสดงรูป (คลิกขวา เลือก Close) แล้วเลือก Show Detail ก็จะสามารถดูข้อมูลของสี ,ตำแหน่งการติดตั้ง ,ความเข้มแสง,มาตรฐาน เป็นต้น
- หากต้องการบันทึกข้อมูลเราทำได้โดยคลิกปุ่มบันทึกบนทูลบาร์หรือ File|Save As โดยในการบันทึกโปรแกรมจะบันทึกเป็นไฟล์นามสกุล LAR และ LAT โดยไฟล์นามสกุล LAR เป็นไฟล์สำคัญและเป็นไฟล์หลักของโปรแกรมที่จะเก็บข้อมูลของการเลือกมาตรฐาน ประเภททาง

วิ่ง ขนาดทางวิ่ง ฯลฯ ดังนั้นหากผู้ใช้คิดว่าต้องการจะนำไฟล์นั้นมาแก้ไขอีกในอนาคตโดยไม่ต้องการจะออกแบบใหม่ก็ควรจะบันทึกไฟล์นามสกุลนี้ด้วย ส่วนไฟล์นามสกุล LAT เป็นไฟล์ที่เก็บข้อมูลชนิด Rich Text Format สามารถใช้โปรแกรมนี้ หรือ Microsoft Word เปิดดูได้และพิมพ์ออกทางเครื่องพิมพ์ได้ และในการบันทึก ผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องบันทึกไฟล์ทั้งสองเป็นชื่อเดียวกันแต่เพื่อความสะดวก ขอแนะนำวิธีดังกล่าวพร้อมทั้งบันทึกไฟล์นามสกุล LAR ใน C:\RW_LightCAD\ LAR_Files และบันทึกไฟล์นามสกุล LAT ใน C:\RW_LightCAD\ LAT_Files

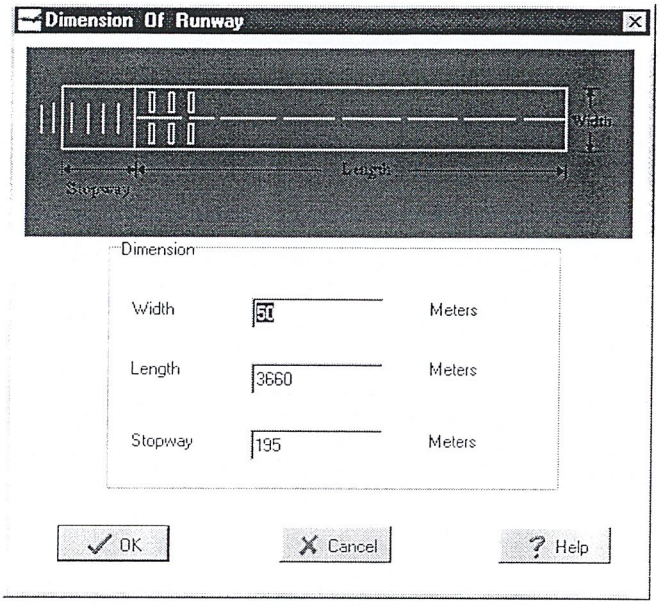
- การเรียกไฟล์ที่เคยบันทึกไว้แล้วนำมาแก้ไข ทำได้โดยเลือกปุ่มเปิดจากทูลบาร์หรือ File | Open โดยสามารถเปิดไฟล์ได้เฉพาะไฟล์นามสกุล LAR เท่านั้น แต่ถ้าต้องการดูเฉพาะข้มูล (เปลี่ยนแปลงแก้ไขไม่ได้ ให้ผู้ใช้เลือกปุ่มเปิดไฟล์ข้อมูลจากทูลบาร์หรือ File | Output Text โดยสามารถเปิดไฟล์ได้เฉพาะไฟล์นามสกุล LAT เท่านั้น

6.3.2.2 การเลือกใช้งานโปรแกรมติดตั้งไฟจากการเลือกของผู้ใช้ (User Design) เป็นการใช้งานที่ผู้ใช้เลือกออกแบบตามมาตรฐานเช่นกัน แต่การเลือกนี้ผู้ใช้สามารถมีความยืดหยุ่นในการเลือกลักษณะในการติดตั้งของหลอดแต่ละชนิดเอง โปรแกรมจะมีการคำนวณและกำหนดค่าต่างๆ และติดตั้งตามของแต่ละมาตรฐานที่ผู้ใช้เลือกเอาไว้ โดยหากผู้ใช้ป้อนข้อมูลไม่สอดคล้องกันโปรแกรมจะฟ้องให้ผู้ใช้ทราบตลอดเวลา การออกแบบทำได้ดังนี้

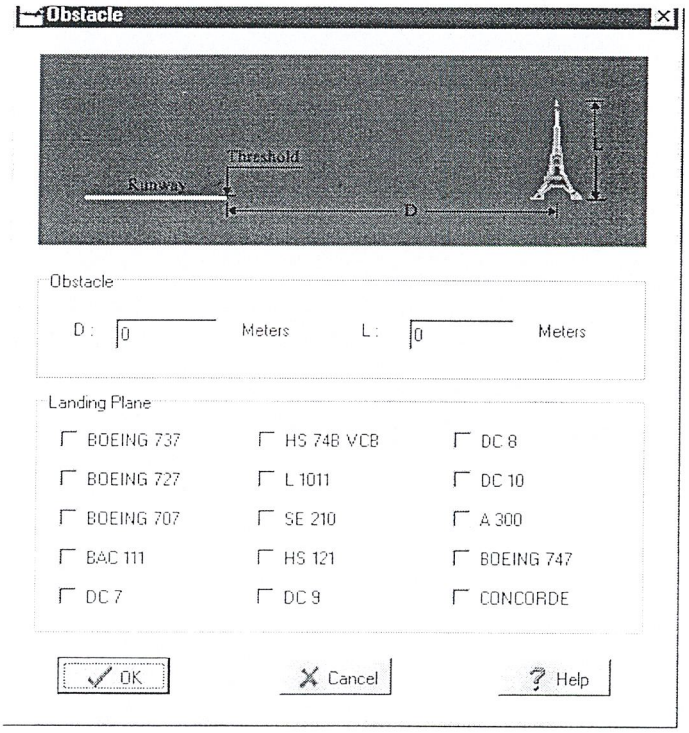
- เลือก File | New | Designed by User จากเมนูบาร์ของโปรแกรม จากนั้นจะปรากฏไดอะลอกบอกซ์(ดังรูป 6.3) ให้ผู้ใช้เลือกว่าจะออกแบบประเภททางวิ่งแบบใด ขนาดเท่าใด มีสิ่งกีดขวางทางวิ่งเป็นอย่างไร (หากไม่กำหนดขนาดทางวิ่งและสิ่งกีดขวาง โปรแกรมจะกำหนดค่ากลางไว้ให้) หากผู้ใช้ป้อนข้อมูลไม่เหมาะสม โปรแกรมจะให้ผู้ใช้ยืนยันจะใช้ค่าดังกล่าวหรือไม่ พร้อมบอกสิ่งที่จะเกิดขึ้นหากผู้ใช้ยืนยันจะใช้ค่าเดิม



รูปที่ 6.3 แสดงหน้าต่างของโปรแกรมติดตั้งไฟจากการเลือกของผู้ใช้

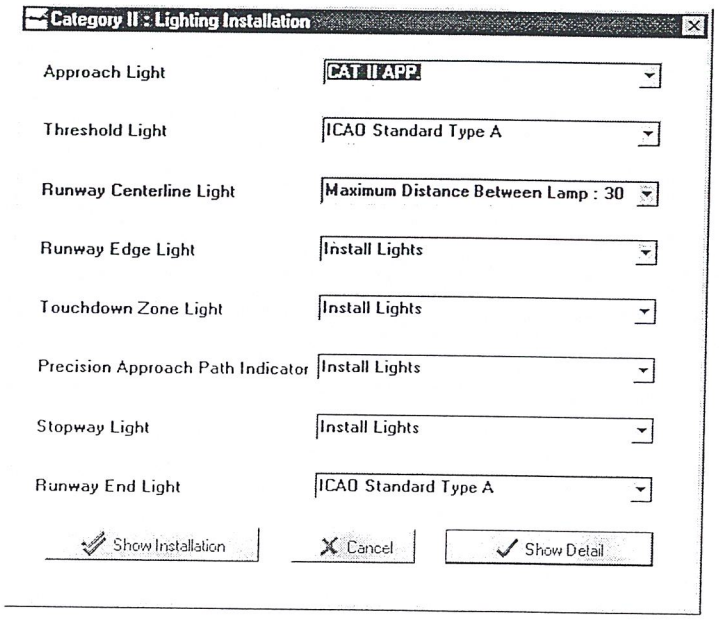


รูปที่ 6.4 แสดงหน้าต่างการรับขนาดของทางวิ่งจากผู้ใช้



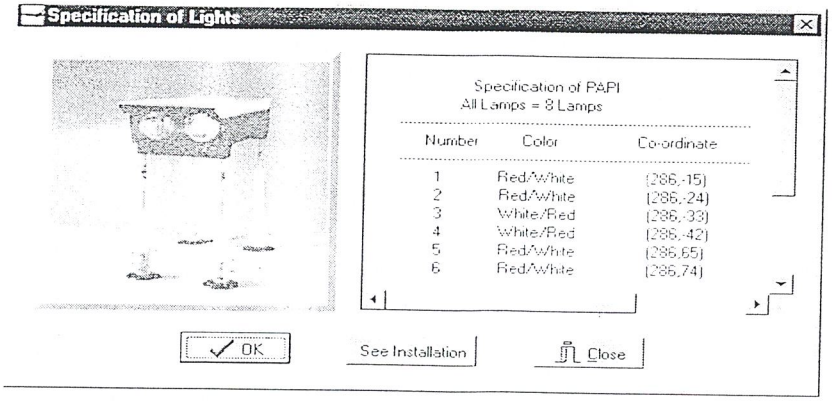
รูปที่ 6.5 แสดงหน้าต่างการรับข้อมูลของสิ่งกีดขวางและชนิดเครื่องบิน

- คลิก OK เพื่อยืนยันข้อมูลที่ได้เลือกไว้ หรือ CANCEL เพื่อยกเลิก
- หลังคลิก OK จะมีไดอะลอกบอกซ์ให้ผู้ใช้เลือกชนิดของการติดตั้งของไฟแต่ละชนิด โดยผู้ใช้เพียงแต่เลือกชนิดการติดตั้ง ดังรูป 6.6 ส่วนอื่นๆโปรแกรมจะคำนวณให้ตามมาตรฐานและความเหมาะสม



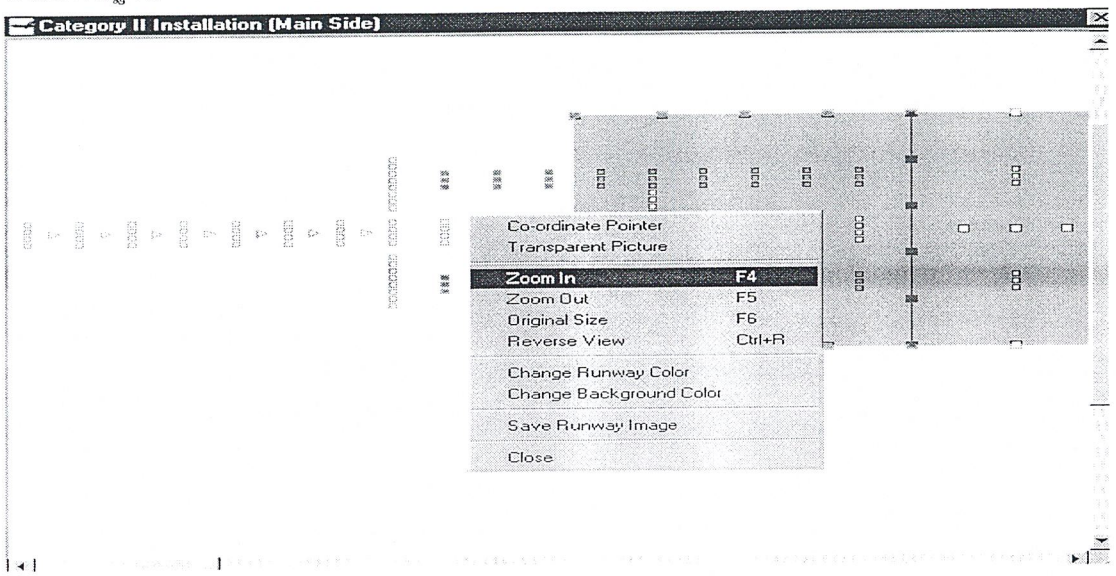
รูปที่ 6.6 แสดงหน้าต่างการรับข้อมูลของการเลือกชนิดการติดตั้งของโคมชนิดต่างๆ

- จากนั้นเลือก Show Installation เพื่อดูรูปแบบของตำแหน่งการติดตั้งดังรูปที่ 6.8 หรือดูข้อมูลที่ได้ติดตั้งได้จาก Show Detail ก็จะสามารถดูข้อมูลของสี, ตำแหน่งการติดตั้ง, ความเข้มแสง, มาตรฐาน เป็นต้น โดยสามารถดูทีละหลอดหรือทั้งหมดเลยก็ได้ ดังรูปที่ 6.7



รูปที่ 6.7 แสดงข้อมูลของโคมไฟติดตั้ง

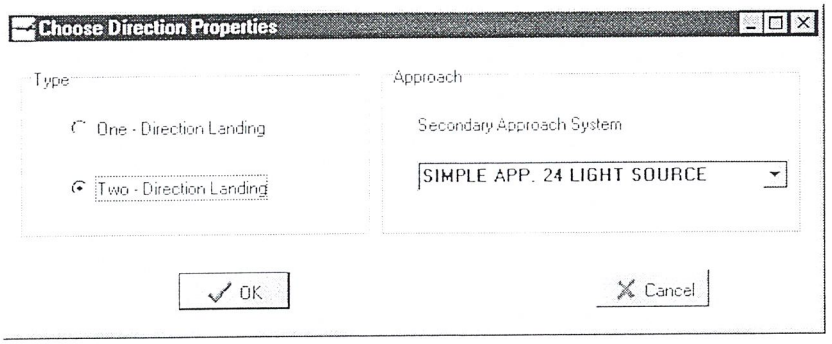
- หากต้องการบันทึกข้อมูลเราทำได้โดยคลิกปุ่มบันทึกบนทูลบาร์หรือFile |Save As โดยในการบันทึกโปรแกรมจะบันทึกเป็นไฟล์นามสกุล LAR และ LAT เช่นเดียวกับการออกแบบตามมาตรฐาน



รูปที่ 6.8 แสดงรูปการติดตั้งโคมไฟ

6.3.2.3 การออกแบบทางวิ่งสองทิศทาง การออกแบบสามารถทำได้เช่นเดียวกับการออกแบบจากการเลือกของผู้ใช้ โดยสามารถทำได้ดังนี้

- เลือก File | New | Designed by User แล้วคลิกปุ่ม Direction of Landing จากฟอร์มที่ปรากฏขึ้นมา ดังรูปที่ 6.9 ถ้าผู้ใช้ต้องการที่จะออกแบบทางวิ่งเป็น ทางวิ่งสองทิศทาง ก็ให้ผู้ใช้เลือก Two-Direction Landing แล้วเลือกชนิดของการติดตั้งไฟ Approach System



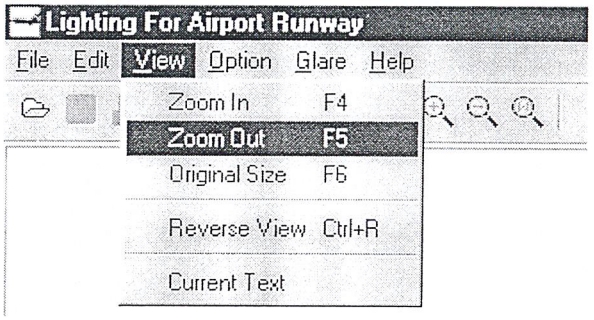
รูปที่ 6.9 แสดงการเลือกทิศทางการลงจอดของเครื่องบิน

- การดูการติดตั้งสามารถทำได้เช่นเดียวกับการออกแบบทิศทางเดียว แต่รูปที่ปรากฏขึ้นในตอนแรกจะเป็นภาพที่มองจากทางด้านปกติ(Main side view) เราสามารถมองอีกด้านหนึ่งได้โดยการคลิกขวา แล้วเลือก Reverse View หรือ กด Ctrl + R (ดังรูป 6.8)

6.3.2.4 การย่อ การขยายรูป และการบันทึกรูปการติดตั้ง

ในขณะที่ผู้ใช้ดูรูปของการติดตั้งไฟ สามารถจะทำการย่อหรือขยายได้ 3 วิธี คือ

- เลือก View | Zoom In ในการเพิ่มขนาดของรูป , View | Zoom Out ในการลดขนาดของรูป และ View | Original Size สำหรับดูขนาดปกติ
- เลือกการปรับขนาดรูปภาพจากเมนูบาร์ที่เป็นรูปแว่นขยาย
- เลือกจากการคลิกขวาบนรูป

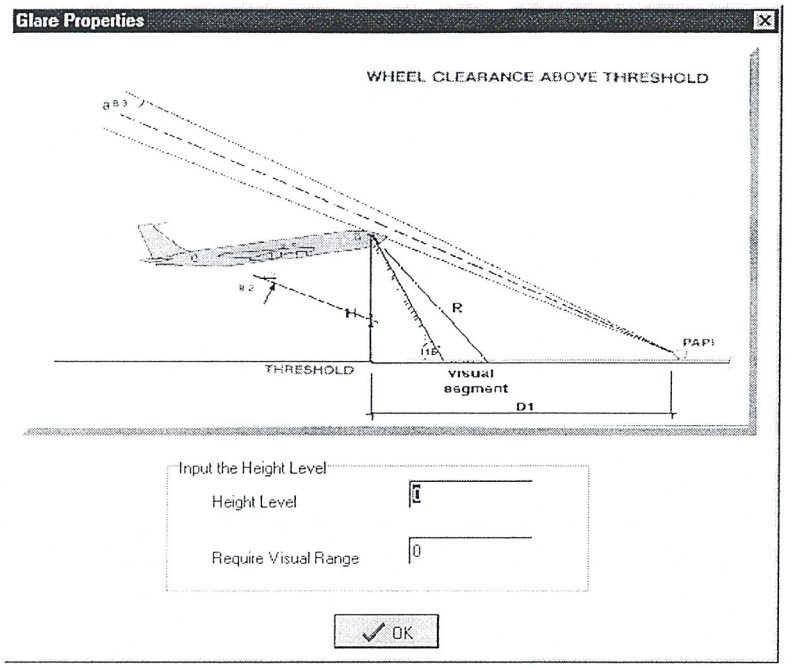


รูปที่ 6.10 แสดงวิธีการย่อ/ขยายรูปการติดตั้ง

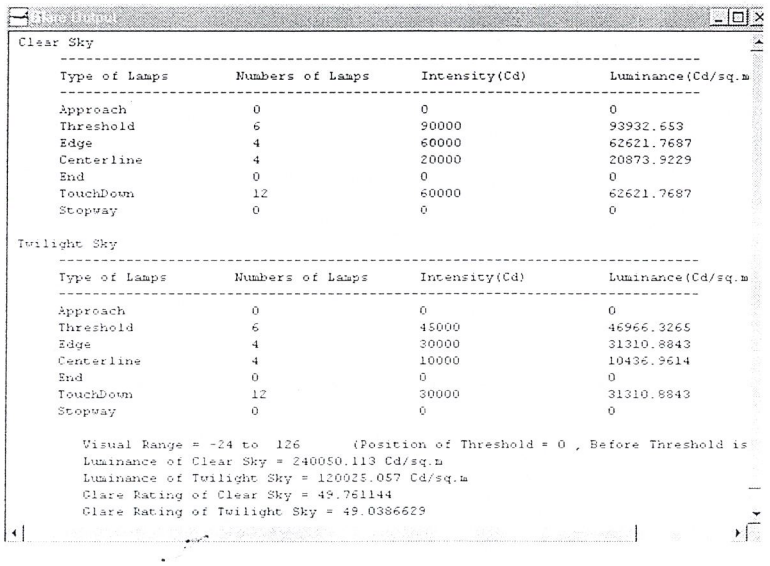
6.3.2.5 การคำนวณและแสดงผลของการพิจารณาดัชนีแสงจ้า

ในขณะที่ผู้ใช้ดูรูปการติดตั้งไฟ ผู้ใช้สามารถดูผลของแสงจ้าที่มีผลต่อตาของนักบินที่ระดับความสูงต่างๆ ได้ 3 รูปแบบดังนี้

1. การพิจารณาดัชนีแสงจ้าเป็นจุด โดยผู้ใช้สามารถขอดูข้อมูลของคุณภาพทางแสงได้ทุกระดับความสูง โดยข้อมูลจะประกอบไปด้วย ค่าความต้องการของการมองเห็น (Runway Visual Require) จำนวนหลอดไฟและชนิดที่มีผลต่อนักบินในระดับความสูงนั้นๆ และดัชนีแสงจ้า ณ ตำแหน่งดังกล่าว ซึ่งสามารถทำได้โดย เลือก Glare | Glare Calculation และจะปรากฏฟอร์มดังรูปที่ 6.11 และเมื่อผู้ใช้คลิกปุ่ม OK จะปรากฏดังรูปที่ 6.12



รูปที่ 6.11 แสดงวิธีการพิจารณาดัชนีแสงจ้าเป็นจุด



Clear Sky

Type of Lamps	Numbers of Lamps	Intensity(Cd)	Luminance(Cd/sq.m
Approach	0	0	0
Threshold	6	90000	93932.653
Edge	4	60000	62621.7687
Centerline	4	20000	20873.9229
End	0	0	0
TouchDown	12	60000	62621.7687
Stopway	0	0	0

Twilight Sky

Type of Lamps	Numbers of Lamps	Intensity(Cd)	Luminance(Cd/sq.m
Approach	0	0	0
Threshold	6	45000	46966.3265
Edge	4	30000	31310.8843
Centerline	4	10000	10436.9614
End	0	0	0
TouchDown	12	30000	31310.8843
Stopway	0	0	0

Visual Range = -24 to 126 (Position of Threshold = 0 , Before Threshold is
Luminance of Clear Sky = 240050.113 Cd/sq.m
Luminance of Twilight Sky = 120025.057 Cd/sq.m
Glare Rating of Clear Sky = 49.761144
Glare Rating of Twilight Sky = 49.0386629

รูปที่ 6.12 แสดงผลของวิธีการพิจารณาดัชนีแสงจ้าเป็นจุด

2. การเปรียบเทียบค่าดัชนีแสงจ้า ผู้ใช้สามารถจะดูและเปรียบเทียบค่าของดัชนีแสงจ้าได้ในระยะทุกๆ 1 เมตร ซึ่งสามารถทำได้โดย เลือก Glare | Glare Comparison โดยจะได้ผลแสดงออกมาดังรูปที่ 6.13

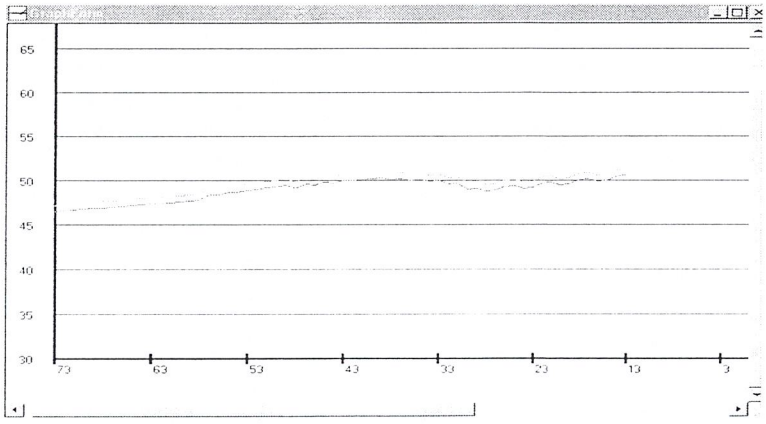
Compare Glare

The Luminance and Glare details

Height Level (m)	Require Visual Range (m)	Clear Sky Luminance(Cd/sq.m)	Glare Rating	Twilight Sk Luminance(Cd/sc
73	429	21257.0732	47.2343957	10628.5366
72	425	23087.7684	47.3205051	11543.8842
71	421	25080.2978	47.406788	12540.1489
70	417	27249.3851	47.4932467	13624.6925
69	413	29611.1347	47.5798838	14805.5674
68	409	32183.1658	47.6667019	16091.5829
67	406	34261.7178	47.7319356	17130.8589
66	402	37249.2246	47.8190761	18624.6123
65	398	40504.5256	47.9064044	20252.2628
64	394	44052.3506	47.9939228	22026.1753
63	390	47919.7833	48.0816337	23959.8917
62	386	52136.4916	48.1695395	26068.2458
61	383	55547.6742	48.2355982	27773.8371
60	379	60455.6926	48.3238505	30227.8463
59	375	65810.0548	48.4123037	32905.0274
58	371	71652.5875	48.5009599	35826.2938
57	367	127967.804	49.1054528	63983.9021
56	363	135984.04	49.168783	67992.0198
55	359	170366.27	49.4037356	85183.1352
54	356	177743.592	49.4479209	88871.7962
53	352	219534.402	49.6680245	109767.201

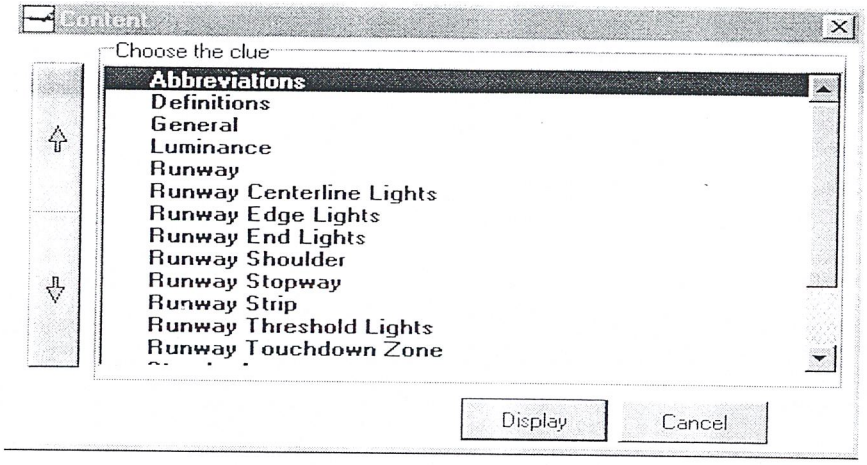
รูปที่ 6.13 แสดงผลวิธีการพิจารณาดัชนีแสงจ้าโดยการเปรียบเทียบกัน

3. การดูข้อมูลแบบกราฟ ผู้ใช้สามารถจะดูและเปรียบเทียบค่าของดัชนีแสงจ้าได้ในลักษณะของกราฟ ซึ่งสามารถทำได้โดย เลือก Glare | Glare in Graph โดยจะได้ผลแสดงออกมาดังรูปที่ 6.14



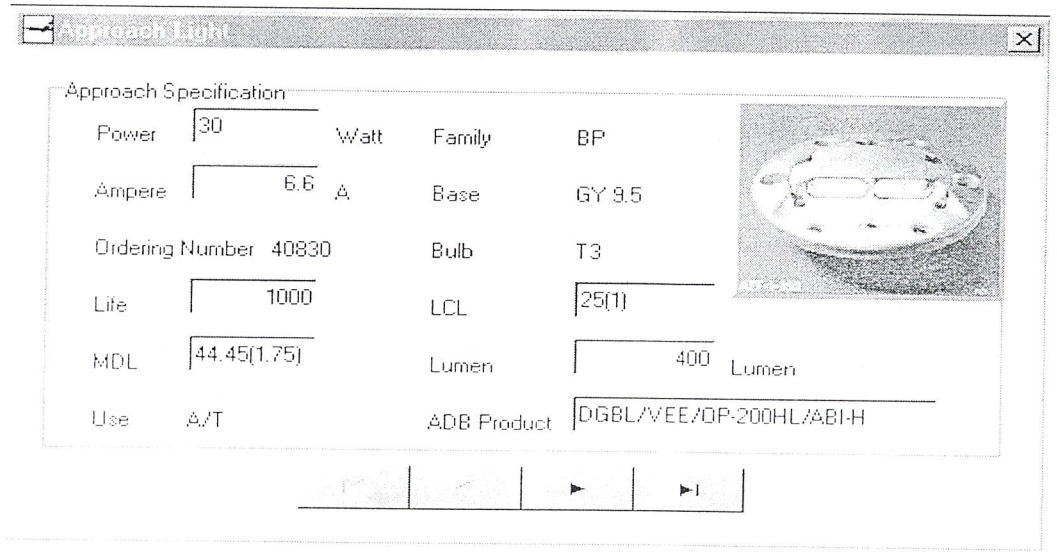
รูปที่ 6.14 แสดงกราฟของดัชนีแสงจ้าที่ได้จากการคำนวณของโปรแกรม

6.3.2.6 ระบบการให้ความช่วยเหลือ การขอความช่วยเหลือสามารถทำได้โดย เลือก Help | Content จากเมนูบาร์ แล้วจะปรากฏดังรูปที่ 6.15



รูปที่ 6.15 แสดงหน้าต่างสารบัญของระบบการให้ความช่วยเหลือ

นอกจากนี้แล้วผู้ใช้ยังสามารถขอดูรายละเอียดของโคมชนิดต่างๆ ที่ได้เก็บไว้เป็นฐานข้อมูลโดย เลือก Help | Specification



รูปที่ 6.16 แสดงข้อมูลของโคมชนิด Approach ที่อ่านจากฐานข้อมูล

บทที่ 7
ผลการทดสอบโปรแกรม

7.1 ตัวอย่างไฟล์เอาท์พุทของโปรแกรม

The Lighting Format of Runway

Designing On : 13/3/99 At : 13:38:41

Based on Category II

Dimension of Runway
- Length : 3660 m
- Width : 50 m

Dimension of Obstacle
- Distance : 0 m
- Height : 0 m

Specification of ICAO CAT II Approach

Number	Color	Co-ordinate
1	White	(-30,22.75)
2	White	(-30,24.25)
3	White	(-30,25.75)
4	White	(-30,27.25)
5	White	(-60,22.75)
6	White	(-60,24.25)
7	White	(-60,25.75)
8	White	(-60,27.25)
9	White	(-90,22.75)
10	White	(-90,24.25)
11	White	(-90,25.75)
12	White	(-90,27.25)
13	White	(-120,22.75)
14	White	(-120,24.25)
15	White	(-120,25.75)
16	White	(-120,27.25)
17	White	(-150,22.75)
18	White	(-150,24.25)
19	White	(-150,25.75)
20	White	(-150,27.25)
21	White	(-180,22.75)
22	White	(-180,24.25)
23	White	(-180,25.75)
24	White	(-180,27.25)
25	White	(-210,22.75)
26	White	(-210,24.25)
27	White	(-210,25.75)
28	White	(-210,27.25)
29	White	(-240,22.75)
30	White	(-240,24.25)
31	White	(-240,25.75)
32	White	(-240,27.25)

ตารางที่ 7.1แสดงตำแหน่งติดตั้งโคมไฟแต่ละประเภท

33	White	(-270,22.75)
34	White	(-270,24.25)
35	White	(-270,25.75)
36	White	(-270,27.25)
37	White	(-300,22.75)
38	White	(-300,24.25)
39	White	(-300,25.75)
40	White	(-300,27.25)
41	White	(-330,22.75)
42	White	(-330,24.25)
43	White	(-330,25.75)
44	White	(-330,27.25)
45	White	(-360,22.75)
46	White	(-360,24.25)
47	White	(-360,25.75)
48	White	(-360,27.25)
49	White	(-390,22.75)
50	White	(-390,24.25)
51	White	(-390,25.75)
52	White	(-390,27.25)
53	White	(-420,22.75)
54	White	(-420,24.25)
55	White	(-420,25.75)
56	White	(-420,27.25)
57	White	(-450,22.75)
58	White	(-450,24.25)
59	White	(-450,25.75)
60	White	(-450,27.25)
61	White	(-480,22.75)
62	White	(-480,24.25)
63	White	(-480,25.75)
64	White	(-480,27.25)
65	White	(-510,22.75)
66	White	(-510,24.25)
67	White	(-510,25.75)
68	White	(-510,27.25)
69	White	(-540,22.75)
70	White	(-540,24.25)
71	White	(-540,25.75)
72	White	(-540,27.25)
73	White	(-570,22.75)
74	White	(-570,24.25)
75	White	(-570,25.75)
76	White	(-570,27.25)
77	White	(-600,22.75)
78	White	(-600,24.25)
79	White	(-600,25.75)
80	White	(-600,27.25)
81	White	(-630,22.75)
82	White	(-630,24.25)
83	White	(-630,25.75)
84	White	(-630,27.25)
85	White	(-660,22.75)
86	White	(-660,24.25)
87	White	(-660,25.75)
88	White	(-660,27.25)
89	White	(-690,22.75)
90	White	(-690,24.25)
91	White	(-690,25.75)
92	White	(-690,27.25)
93	White	(-720,22.75)
94	White	(-720,24.25)
95	White	(-720,25.75)
96	White	(-720,27.25)
97	White	(-750,22.75)
98	White	(-750,24.25)
99	White	(-750,25.75)
100	White	(-750,27.25)
101	White	(-780,22.75)
102	White	(-780,24.25)

ตารางที่ 7.1แสดงตำแหน่งติดตั้งโคมไฟแต่ละประเภท (ต่อ)

103	White	(-780,25.75)
104	White	(-780,27.25)
105	White	(-810,22.75)
106	White	(-810,24.25)
107	White	(-810,25.75)
108	White	(-810,27.25)
109	White	(-840,22.75)
110	White	(-840,24.25)
111	White	(-840,25.75)
112	White	(-840,27.25)
113	White	(-870,22.75)
114	White	(-870,24.25)
115	White	(-870,25.75)
116	White	(-870,27.25)
117	White	(-900,22.75)
118	White	(-900,24.25)
119	White	(-900,25.75)
120	White	(-900,27.25)
121	White	(-150,16.75)
122	White	(-150,18.25)
123	White	(-150,19.75)
124	White	(-150,21.25)
125	White	(-150,28.75)
126	White	(-150,30.25)
127	White	(-150,31.75)
128	White	(-150,33.25)
129	White	(-300,9.25)
130	White	(-300,10.75)
131	White	(-300,12.25)
132	White	(-300,13.75)
133	White	(-300,15.25)
134	White	(-300,16.75)
135	White	(-300,18.25)
136	White	(-300,19.75)
137	White	(-300,30.25)
138	White	(-300,31.75)
139	White	(-300,33.25)
140	White	(-300,34.75)
141	White	(-300,36.25)
142	White	(-300,37.75)
143	White	(-300,39.25)
144	White	(-300,40.75)
145	Red	(-30,12.25)
146	Red	(-30,13.75)
147	Red	(-30,15.25)
148	Red	(-30,34.75)
149	Red	(-30,36.25)
150	Red	(-30,37.75)
151	Red	(-60,12.25)
152	Red	(-60,13.75)
153	Red	(-60,15.25)
154	Red	(-60,34.75)
155	Red	(-60,36.25)
156	Red	(-60,37.75)
157	Red	(-90,12.25)
158	Red	(-90,13.75)
159	Red	(-90,15.25)
160	Red	(-90,34.75)
161	Red	(-90,36.25)
162	Red	(-90,37.75)
163	Red	(-120,12.25)
164	Red	(-120,13.75)
165	Red	(-120,15.25)
166	Red	(-120,34.75)
167	Red	(-120,36.25)
168	Red	(-120,37.75)
169	Red	(-150,12.25)
170	Red	(-150,13.75)
171	Red	(-150,15.25)
172	Red	(-150,34.75)

ตารางที่ 7.1แสดงตำแหน่งติดตั้งโคมไฟแต่ละประเภท (ต่อ)

173	Red	(-150,36.25)
174	Red	(-150,37.75)
175	Red	(-180,12.25)
176	Red	(-180,13.75)
177	Red	(-180,15.25)
178	Red	(-180,34.75)
179	Red	(-180,36.25)
180	Red	(-180,37.75)
181	Red	(-210,12.25)
182	Red	(-210,13.75)
183	Red	(-210,15.25)
184	Red	(-210,34.75)
185	Red	(-210,36.25)
186	Red	(-210,37.75)
187	Red	(-240,12.25)
188	Red	(-240,13.75)
189	Red	(-240,15.25)
190	Red	(-240,34.75)
191	Red	(-240,36.25)
192	Red	(-240,37.75)
193	Red	(-270,12.25)
194	Red	(-270,13.75)
195	Red	(-270,15.25)
196	Red	(-270,34.75)
197	Red	(-270,36.25)
198	Red	(-270,37.75)
199	Flashing	(-315,25)
200	Flashing	(-345,25)
201	Flashing	(-375,25)
202	Flashing	(-405,25)
203	Flashing	(-435,25)
204	Flashing	(-465,25)
205	Flashing	(-495,25)
206	Flashing	(-525,25)
207	Flashing	(-555,25)
208	Flashing	(-585,25)
209	Flashing	(-615,25)
210	Flashing	(-645,25)
211	Flashing	(-675,25)
212	Flashing	(-705,25)
213	Flashing	(-735,25)
214	Flashing	(-765,25)
215	Flashing	(-795,25)
216	Flashing	(-825,25)
217	Flashing	(-855,25)
218	Flashing	(-885,25)
219	Flashing	(-915,25)

Specification of Threshold Type A Light

Number	Color	Co-ordinate
1	Green/Red	(0,0)
2	Green/Red	(0,10)
3	Green/Red	(0,20)
4	Green/Red	(0,30)
5	Green/Red	(0,40)
6	Green/Red	(0,50)

Distance between each lamp = 10.0 m
All green/red lamps = 6 lamps

Specification of Touchdown Zone Light

Number	Color	Co-ordinate
1	White	(60,12.25)

ตารางที่ 7.1แสดงตำแหน่งติดตั้งโคมไฟแต่ละประเภท (ต่อ)

2	White	(60,13.75)
3	White	(60,15.25)
4	White	(60,34.75)
5	White	(60,36.25)
6	White	(60,37.75)
7	White	(120,12.25)
8	White	(120,13.75)
9	White	(120,15.25)
10	White	(120,34.75)
11	White	(120,36.25)
12	White	(120,37.75)
13	White	(180,12.25)
14	White	(180,13.75)
15	White	(180,15.25)
16	White	(180,34.75)
17	White	(180,36.25)
18	White	(180,37.75)
19	White	(240,12.25)
20	White	(240,13.75)
21	White	(240,15.25)
22	White	(240,34.75)
23	White	(240,36.25)
24	White	(240,37.75)
25	White	(300,12.25)
26	White	(300,13.75)
27	White	(300,15.25)
28	White	(300,34.75)
29	White	(300,36.25)
30	White	(300,37.75)
31	White	(360,12.25)
32	White	(360,13.75)
33	White	(360,15.25)
34	White	(360,34.75)
35	White	(360,36.25)
36	White	(360,37.75)
37	White	(420,12.25)
38	White	(420,13.75)
39	White	(420,15.25)
40	White	(420,34.75)
41	White	(420,36.25)
42	White	(420,37.75)
43	White	(480,12.25)
44	White	(480,13.75)
45	White	(480,15.25)
46	White	(480,34.75)
47	White	(480,36.25)
48	White	(480,37.75)
49	White	(540,12.25)
50	White	(540,13.75)
51	White	(540,15.25)
52	White	(540,34.75)
53	White	(540,36.25)
54	White	(540,37.75)
55	White	(600,12.25)
56	White	(600,13.75)
57	White	(600,15.25)
58	White	(600,34.75)
59	White	(600,36.25)
60	White	(600,37.75)
61	White	(660,12.25)
62	White	(660,13.75)
63	White	(660,15.25)
64	White	(660,34.75)
65	White	(660,36.25)
66	White	(660,37.75)
67	White	(720,12.25)
68	White	(720,13.75)
69	White	(720,15.25)
70	White	(720,34.75)
71	White	(720,36.25)

ตารางที่ 7.1แสดงตำแหน่งติดตั้งโคมไฟแต่ละประเภท (ต่อ)

72	White	(720,37.75)
73	White	(780,12.25)
74	White	(780,13.75)
75	White	(780,15.25)
76	White	(780,34.75)
77	White	(780,36.25)
78	White	(780,37.75)
79	White	(840,12.25)
80	White	(840,13.75)
81	White	(840,15.25)
82	White	(840,34.75)
83	White	(840,36.25)
84	White	(840,37.75)
85	White	(900,12.25)
86	White	(900,13.75)
87	White	(900,15.25)
88	White	(900,34.75)
89	White	(900,36.25)
90	White	(900,37.75)

Specification of Runway Centerline Light

Number	Color	Co-ordinate
1	White/Red	(30,25)
2	White/Red	(60,25)
3	White/Red	(90,25)
4	White/Red	(120,25)
5	White/Red	(150,25)
6	White/Red	(180,25)
7	White/Red	(210,25)
8	White/Red	(240,25)
9	White/Red	(270,25)
10	White/Red	(300,25)
11	White/Red	(330,25)
12	White/Red	(360,25)
13	White/Red	(390,25)
14	White/Red	(420,25)
15	White/Red	(450,25)
16	White/Red	(480,25)
17	White/Red	(510,25)
18	White/Red	(540,25)
19	White/Red	(570,25)
20	White/Red	(600,25)
21	White/Red	(630,25)
22	White/Red	(660,25)
23	White/Red	(690,25)
24	White/Red	(720,25)
25	White/Red	(750,25)
26	White/Red	(780,25)
27	White/Red	(810,25)
28	White/Red	(840,25)
29	White/Red	(870,25)
30	White/Red	(900,25)
31	White/Red	(930,25)
32	White/Red	(960,25)
33	White/Red	(990,25)
34	White/Red	(1020,25)
35	White/Red	(1050,25)
36	White/Red	(1080,25)
37	White/Red	(1110,25)
38	White/Red	(1140,25)
39	White/Red	(1170,25)
40	White/Red	(1200,25)
41	White/Red	(1230,25)
42	White/Red	(1260,25)
43	White/Red	(1290,25)
44	White/Red	(1320,25)

ตารางที่ 7.1แสดงตำแหน่งติดตั้งโคมไฟแต่ละประเภท (ต่อ)

45	White/Red	(1350,25)
46	White/Red	(1380,25)
47	White/Red	(1410,25)
48	White/Red	(1440,25)
49	White/Red	(1470,25)
50	White/Red	(1500,25)
51	White/Red	(1530,25)
52	White/Red	(1560,25)
53	White/Red	(1590,25)
54	White/Red	(1620,25)
55	White/Red	(1650,25)
56	White/Red	(1680,25)
57	White/Red	(1710,25)
58	White/Red	(1740,25)
59	White/Red	(1770,25)
60	White/Red	(1800,25)
61	White/Red	(1830,25)
62	White/Red	(1860,25)
63	White/Red	(1890,25)
64	White/Red	(1920,25)
65	White/Red	(1950,25)
66	White/Red	(1980,25)
67	White/Red	(2010,25)
68	White/Red	(2040,25)
69	White/Red	(2070,25)
70	White/Red	(2100,25)
71	White/Red	(2130,25)
72	White/Red	(2160,25)
73	White/Red	(2190,25)
74	White/Red	(2220,25)
75	White/Red	(2250,25)
76	White/Red	(2280,25)
77	White/Red	(2310,25)
78	White/Red	(2340,25)
79	White/Red	(2370,25)
80	White/Red	(2400,25)
81	White/Red	(2430,25)
82	White/Red	(2460,25)
83	White/Red	(2490,25)
84	White/Red	(2520,25)
85	White/Red	(2550,25)
86	White/Red	(2580,25)
87	White/Red	(2610,25)
88	White/Red	(2640,25)
89	White/Red	(2670,25)
90	White/Red	(2700,25)
91	White/Red	(2730,25)
92	Red/White	(2760,25)
93	White/Red	(2790,25)
94	Red/White	(2820,25)
95	White/Red	(2850,25)
96	Red/White	(2880,25)
97	White/Red	(2910,25)
98	Red/White	(2940,25)
99	White/Red	(2970,25)
100	Red/White	(3000,25)
101	White/Red	(3030,25)
102	Red/White	(3060,25)
103	White/Red	(3090,25)
104	Red/White	(3120,25)
105	White/Red	(3150,25)
106	Red/White	(3180,25)
107	White/Red	(3210,25)
108	Red/White	(3240,25)
109	White/Red	(3270,25)
110	Red/White	(3300,25)
111	White/Red	(3330,25)
112	Red/White	(3360,25)
113	Red/White	(3390,25)
114	Red/White	(3420,25)

ตารางที่ 7.1แสดงตำแหน่งติดตั้งโคมไฟแต่ละประเภท (ต่อ)

115	Red/White	(3450,25)
116	Red/White	(3480,25)
117	Red/White	(3510,25)
118	Red/White	(3540,25)
119	Red/White	(3570,25)
120	Red/White	(3600,25)
121	Red/White	(3630,25)

Distance between lamps = 30.0 m
All lamps = 121 lamps
White lamps = 101 lamps
Red lamps = 20 lamps

Specification of Runway Edge Light

Number	Color	Co-ordinate
1	White/Yellow	(60,0)
2	White/Yellow	(60,50)
3	White/Yellow	(120,0)
4	White/Yellow	(120,50)
5	White/Yellow	(180,0)
6	White/Yellow	(180,50)
7	White/Yellow	(240,0)
8	White/Yellow	(240,50)
9	White/Yellow	(300,0)
10	White/Yellow	(300,50)
11	White/Yellow	(360,0)
12	White/Yellow	(360,50)
13	White/Yellow	(420,0)
14	White/Yellow	(420,50)
15	White/Yellow	(480,0)
16	White/Yellow	(480,50)
17	White/Yellow	(540,0)
18	White/Yellow	(540,50)
19	White/Yellow	(600,0)
20	White/Yellow	(600,50)
21	White/Yellow	(660,0)
22	White/Yellow	(660,50)
23	White/Yellow	(720,0)
24	White/Yellow	(720,50)
25	White/Yellow	(780,0)
26	White/Yellow	(780,50)
27	White/Yellow	(840,0)
28	White/Yellow	(840,50)
29	White/Yellow	(900,0)
30	White/Yellow	(900,50)
31	White/Yellow	(960,0)
32	White/Yellow	(960,50)
33	White/Yellow	(1020,0)
34	White/Yellow	(1020,50)
35	White/Yellow	(1080,0)
36	White/Yellow	(1080,50)
37	White/Yellow	(1140,0)
38	White/Yellow	(1140,50)
39	White/Yellow	(1200,0)
40	White/Yellow	(1200,50)
41	White/Yellow	(1260,0)
42	White/Yellow	(1260,50)
43	White/Yellow	(1320,0)
44	White/Yellow	(1320,50)
45	White/Yellow	(1380,0)
46	White/Yellow	(1380,50)
47	White/Yellow	(1440,0)
48	White/Yellow	(1440,50)
49	White/Yellow	(1500,0)
50	White/Yellow	(1500,50)
51	White/Yellow	(1560,0)
52	White/Yellow	(1560,50)

ตารางที่ 7.1แสดงตำแหน่งติดตั้งโคมไฟแต่ละประเภท (ต่อ)

53	White/Yellow	(1620,0)
54	White/Yellow	(1620,50)
55	White/Yellow	(1680,0)
56	White/Yellow	(1680,50)
57	White/Yellow	(1740,0)
58	White/Yellow	(1740,50)
59	White/Yellow	(1800,0)
60	White/Yellow	(1800,50)
61	White/Yellow	(1860,0)
62	White/Yellow	(1860,50)
63	White/Yellow	(1920,0)
64	White/Yellow	(1920,50)
65	White/Yellow	(1980,0)
66	White/Yellow	(1980,50)
67	White/Yellow	(2040,0)
68	White/Yellow	(2040,50)
69	White/Yellow	(2100,0)
70	White/Yellow	(2100,50)
71	White/Yellow	(2160,0)
72	White/Yellow	(2160,50)
73	White/Yellow	(2220,0)
74	White/Yellow	(2220,50)
75	White/Yellow	(2280,0)
76	White/Yellow	(2280,50)
77	White/Yellow	(2340,0)
78	White/Yellow	(2340,50)
79	White/Yellow	(2400,0)
80	White/Yellow	(2400,50)
81	White/Yellow	(2460,0)
82	White/Yellow	(2460,50)
83	White/Yellow	(2520,0)
84	White/Yellow	(2520,50)
85	White/Yellow	(2580,0)
86	White/Yellow	(2580,50)
87	White/Yellow	(2640,0)
88	White/Yellow	(2640,50)
89	White/Yellow	(2700,0)
90	White/Yellow	(2700,50)
91	White/Yellow	(2760,0)
92	White/Yellow	(2760,50)
93	White/Yellow	(2820,0)
94	White/Yellow	(2820,50)
95	White/Yellow	(2880,0)
96	White/Yellow	(2880,50)
97	White/Yellow	(2940,0)
98	White/Yellow	(2940,50)
99	White/Yellow	(3000,0)
100	White/Yellow	(3000,50)
101	White/Yellow	(3060,0)
102	White/Yellow	(3060,50)
103	Yellow/White	(3120,0)
104	Yellow/White	(3120,50)
105	Yellow/White	(3180,0)
106	Yellow/White	(3180,50)
107	Yellow/White	(3240,0)
108	Yellow/White	(3240,50)
109	Yellow/White	(3300,0)
110	Yellow/White	(3300,50)
111	Yellow/White	(3360,0)
112	Yellow/White	(3360,50)
113	Yellow/White	(3420,0)
114	Yellow/White	(3420,50)
115	Yellow/White	(3480,0)
116	Yellow/White	(3480,50)
117	Yellow/White	(3540,0)
118	Yellow/White	(3540,50)
119	Yellow/White	(3600,0)
120	Yellow/White	(3600,50)

All Lamps = 120 Lamps
- Distance between each lamp by row = 60.0 m

ตารางที่ 7.1แสดงตำแหน่งติดตั้งโคมไฟแต่ละประเภท (ต่อ)

Specification of Runway End Type A Light

Number	Color	Co-ordinate
1	Red/Green	(3660,0)
2	Red/Green	(3660,10)
3	Red/Green	(3660,20)
4	Red/Green	(3660,30)
5	Red/Green	(3660,40)
6	Red/Green	(3660,50)

Distance between each lamp = 10.0 m
All red Lamps = 6 lamps

Specification of PAPI
All Lamps = 8 Lamps

Number	Color	Co-ordinate
1	Red/White	(286,-15)
2	Red/White	(286,-24)
3	White/Red	(286,-33)
4	White/Red	(286,-42)
5	Red/White	(286,65)
6	Red/White	(286,74)
7	White/Red	(286,83)
8	White/Red	(286,92)

Distance From Threshold = 286.0 m
Average Intensity (Cd) of each lamp (Clear Sky) = 85000 Cd
Luminance (Clear Sky) = 653846.15 Cd/sq.m
Average Intensity (Cd) of each lamp (Twilight) = 65000 Cd
Luminance (Twilight) = 499999.100 Cd/sq.m

Specification of Stopway

Number	Color	Co-ordinate
1	Red	(-48.75,0)
2	Red	(-96.75,0)
3	Red	(-144.75,0)
4	Red	(-48.75,50)
5	Red	(-96.75,50)
6	Red	(-144.75,50)
7	Red	(3806.25,0)
8	Red	(3757.25,0)
9	Red	(3708.25,0)
10	Red	(3806.25,50)
11	Red	(3757.25,50)
12	Red	(3708.25,50)
13	Red	(-195,0)
14	Red	(-195,25)
15	Red	(-195,50)
16	Red	(3855,0)
17	Red	(3855,25)
18	Red	(3855,50)

ตารางที่ 7.1แสดงตำแหน่งติดตั้งโคมไฟแต่ละประเภท (ต่อ)

Clear Sky

Type of Lamps	Numbers of Lamps	Intensity(Cd)	Luminance(Cd/sq.m)
Approach	20	600000	468039.024
Threshold	6	90000	72701.1656
Edge	2	30000	24233.7219
Centerline	2	10000	8077.90729
End	0	0	0
TouchDown	6	30000	24233.7219
Stopway	0	0	0

Twilight Sky

Type of Lamps	Numbers of Lamps	Intensity(Cd)	Luminance(Cd/sq.m)
Approach	20	300000	234019.512
Threshold	6	45000	36350.5828
Edge	2	15000	12116.8609
Centerline	2	5000	4038.95364
End	0	0	0
TouchDown	6	15000	12116.8609
Stopway	0	0	0

Visual Range = -71 to 79 (Position of Threshold = 0 , Before Threshold is Negative)

Luminance of Clear Sky = 597285.54 Cd/sq.m

Luminance of Twilight Sky = 298642.77 Cd/sq.m

Glare Rating of Clear Sky = 50.7112683

Glare Rating of Twilight Sky = 49.9887871

ตารางที่ 7.2 แสดงข้อมูลทางแสงที่ตำแหน่งความสูง 33 เมตร และทำมุมกับทางวิ่ง 3° จากการติดตั้งโคมไฟตามตาราง 7.1

The Luminance and Glare details

Height	RVR	Clear Sky		Twilight Sky	
(m)	(m)	L(Cd/sq.m)	Glare Rating	L(Cd/sq.m)	Glare Rating
73	429	21257.0732	47.2343957	10628.5366	46.5119145
72	425	23087.7684	47.3205051	11543.8842	46.598024
71	421	25080.2978	47.406788	12540.1489	46.6843068
70	417	27249.3851	47.4932467	13624.6925	46.7707655
69	413	29611.1347	47.5798838	14805.5674	46.8574027
68	409	32183.1658	47.6667019	16091.5829	46.9442207
67	406	34261.7178	47.7319356	17130.8589	47.0094544
66	402	37249.2246	47.8190761	18624.6123	47.096595
65	398	40504.5256	47.9064044	20252.2628	47.1839232
64	394	44052.3506	47.9939228	22026.1753	47.2714416
63	390	47919.7833	48.0816337	23959.8917	47.3591526
62	386	52136.4916	48.1695395	26068.2458	47.4470584
61	383	55547.6742	48.2355982	27773.8371	47.513117
60	379	60455.6926	48.3238505	30227.8463	47.6013693
59	375	65810.0548	48.4123037	32905.0274	47.6898225
58	371	71652.5875	48.5009599	35826.2938	47.7784788
57	367	127967.804	49.1054528	63983.9021	48.3829717
56	363	135984.04	49.168783	67992.0198	48.4463018
55	359	170366.27	49.4037356	85183.1352	48.6812544
54	356	177743.592	49.4479209	88871.7962	48.7254398
53	352	219534.402	49.6680245	109767.201	48.9455433
52	348	234607.268	49.7372386	117303.634	49.0147575
51	344	286475.102	49.9454303	143237.551	49.2229491

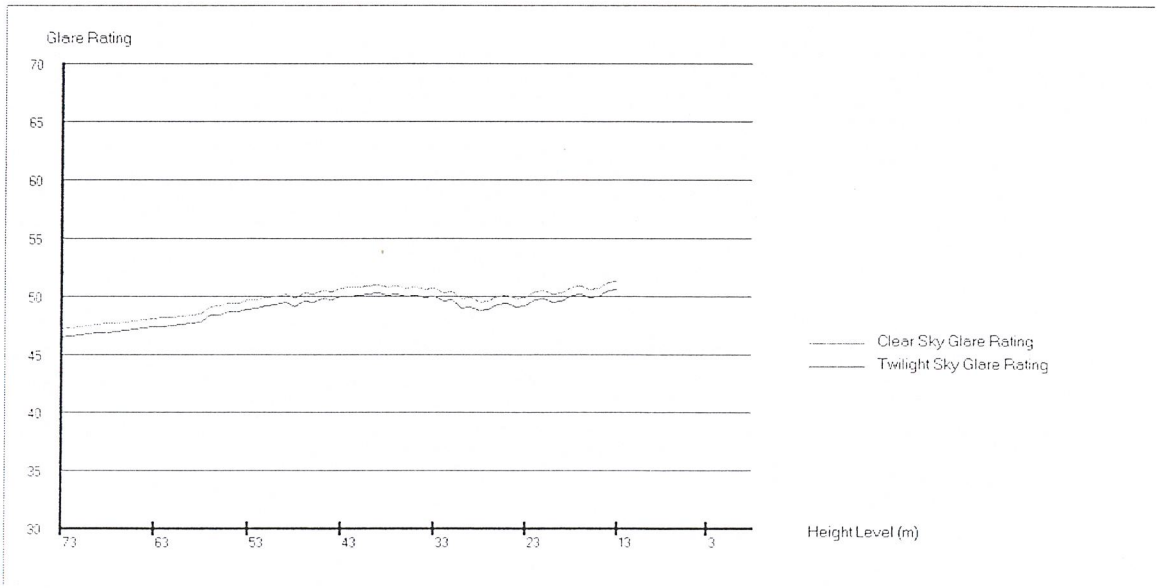
ตารางที่ 7.3 แสดงการเปรียบเทียบข้อมูลทางแสงที่ตำแหน่งความสูงต่าง ๆ และทำมุมกับทาง วิ่ง 3° จากการติดตั้งโคมไฟตามตารางที่ 7.1

50	340	306815.586	50.0169285	153407.793	49.2944473
49	336	371149.495	50.2153425	185574.747	49.4928613
48	333	259785.662	49.8434969	129892.831	49.1210157
47	329	410999.799	50.3216464	205499.9	49.5991653
46	325	371193.707	50.2154667	185596.854	49.4929855
45	321	489575.389	50.5039959	244787.694	49.7815147
44	317	442334.032	50.3982284	221167.016	49.6757472
43	313	583631.181	50.6871636	291815.591	49.9646824
42	310	623510.036	50.7560564	311755.018	50.0335752
41	306	681062.35	50.8480817	340531.175	50.1256006
40	302	744060.168	50.9402938	372030.084	50.2178126
39	298	813025.005	51.032685	406512.503	50.3102038
38	294	659792.076	50.8150099	329896.038	50.0925287
37	290	721285.14	50.9078908	360642.57	50.1854096
36	287	595265.606	50.7077374	297632.803	49.9852562
35	283	650962.237	50.8009666	325481.119	50.0784854
34	279	545838.623	50.6173845	272919.311	49.8949034
33	275	597285.54	50.7112683	298642.77	49.9887871
32	271	402180.418	50.2990365	201090.209	49.5765553
31	267	440447.257	50.3937729	220223.628	49.6712917
30	264	240050.113	49.761144	120025.057	49.0386629
29	260	263686.781	49.8590327	131843.391	49.1365516
28	256	182680.625	49.4764778	91340.3125	48.7539966
27	252	200834.049	49.5752267	100417.024	48.8527455
26	248	312285.82	50.0353484	156142.91	49.3128672
25	245	335484.065	50.1100364	167742.032	49.3875553
24	241	261183.164	49.849089	130591.582	49.1266078
23	237	287605.466	49.949535	143802.733	49.2270538

ตารางที่ 7.3 แสดงการเปรียบเทียบข้อมูลทางแสงที่ตำแหน่งความสูงต่าง ๆ และทำมุมกับทาง วิ่ง 3° จากการติดตั้งโคมไฟตามตารางที่ 7.1 (ต่อ)

22	233	447951.1	50.4113812	223975.55	49.6889
21	229	493715.194	50.5127726	246857.597	49.7902914
20	226	375756.572	50.2282012	187878.286	49.50572
19	222	414481.242	50.3304384	207240.621	49.6079572
18	218	646685.145	50.7940955	323342.573	50.0716143
17	214	714003.112	50.8973141	357001.556	50.174833
16	210	557862.534	50.6400959	278931.267	49.9176147
15	207	601273.319	50.7182042	300636.66	49.9957231
14	203	939788.741	51.1837101	469894.37	50.4612289
13	199	1039456.54	51.288774	519728.268	50.5662929

ตารางที่ 7.3 แสดงการเปรียบเทียบข้อมูลทางแสงที่ตำแหน่งความสูงต่าง ๆ และทำมุมกับทาง วิ่ง 3° จากการติดตั้งโคมไฟตามตารางที่ 7.1 (ต่อ)



รูปที่ 7.1 กราฟแสดงค่าแสงจ้าที่ความสูงต่าง ๆ ตามการติดตั้งโคมไฟ ตามหัวข้อ 7.1

7.2 ตัวอย่างการพิจารณาค่าดัชนีแสงจ้า (Glare Rating)

7.2.1 Runway Type : Non Instrument

Approach Light System : Not Installed

Threshold Light : ICAO Threshold Type A

Runway Edge Light : Installed

Runway Centerline Light: 15 meter maximum distance

Runway End Light : ICAO Runway End Type A

Runway Stopway Light : Installed

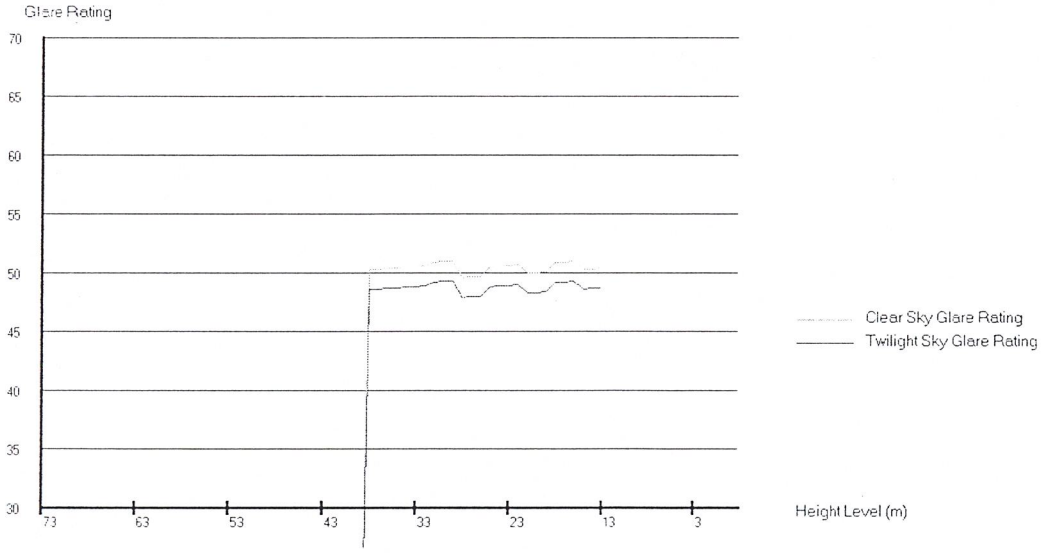
The Luminance and Glare details

Height Level (m)	RVR (m)	Clear Sky L(Cd/sq.m)	Clear Sky Glare Rating	Twilight Sky L(Cd/sq.m)	Twilight Sky Glare Rating
73	429	0	0	0	0
72	425	0	0	0	0
71	421	0	0	0	0
70	417	0	0	0	0
69	413	0	0	0	0
68	409	0	0	0	0
67	406	0	0	0	0
66	402	0	0	0	0
65	398	0	0	0	0
64	394	0	0	0	0
63	390	0	0	0	0
62	386	0	0	0	0
61	383	0	0	0	0
60	379	0	0	0	0
59	375	0	0	0	0
58	371	0	0	0	0
57	367	0	0	0	0
56	363	0	0	0	0
55	359	0	0	0	0
54	356	0	0	0	0
53	352	0	0	0	0
52	348	0	0	0	0
51	344	0	0	0	0
50	340	0	0	0	0
49	336	0	0	0	0
48	333	0	0	0	0
47	329	0	0	0	0
46	325	0	0	0	0
45	321	0	0	0	0
44	317	0	0	0	0
43	313	0	0	0	0
42	310	0	0	0	0
41	306	0	0	0	0
40	302	0	0	0	0
39	298	0	0	0	0
38	294	7311.29	50.2597701	77462.258	48.5822208
37	290	407092.886	50.3116909	81418.5772	48.6341415
36	287	422649.457	50.3507797	84529.8914	48.6732304
35	283	444404.479	50.4030958	88880.8959	48.7255465
34	279	467380.469	50.4556376	93476.0937	48.7780883
33	275	491650.44	50.5084044	98330.0881	48.830855

ตารางที่ 7.4 แสดงข้อมูลทางแสงตามการติดตั้งตามข้อกำหนด 7.2.1

32	271	517291.804	50.561395	103458.361	48.8838457
31	267	725848.789	50.9144649	145169.758	49.2369155
30	264	754284.758	50.9545194	150856.952	49.2769701
29	260	794085.279	51.0081164	158817.056	49.3305671
28	256	209039.688	49.6169666	41807.9377	47.9394173
27	252	220160.095	49.6709909	44032.0191	47.9934416
26	248	231918.237	49.7252227	46383.6474	48.0476734
25	245	482355.872	50.4885108	96471.1745	48.8109615
24	241	508287.898	50.5430928	101657.58	48.8655435
23	237	535712.332	50.597866	107142.466	48.9203167
22	233	564715.866	50.6528227	112943.173	48.9752734
21	229	297694.738	49.9854731	59538.9475	48.3079237
20	226	309773.912	50.0269304	61954.7824	48.3493811
19	222	326687.96	50.082343	65337.5921	48.4047937
18	218	689146.411	50.860381	137829.282	49.1828317
17	214	726966.195	50.9160682	145393.239	49.2385189
16	210	766946.131	50.9718705	153389.226	49.2943212
15	207	399208.733	50.2913063	79841.7466	48.6137569
14	203	421227.671	50.3472674	84245.5343	48.6697181
13	199	444488.072	50.4032919	88897.6144	48.7257425

ตารางที่ 7.4 แสดงข้อมูลทางแสงตามการติดตั้งตามข้อกำหนด 7.2.1(ต่อ)



รูปที่ 7.2 กราฟแสดงดัชนีแสงจ้าที่ระดับความสูงต่างๆของทางวิ่งแบบ Non Instrument

7.2.2 Runway Type : Non Precision

Approach Light System : FAA ALSF2 Approach

Threshold Light : ICAO Threshold Type A

Runway Edge Light : Installed

Runway Centerline Light: 15 meter maximum distance

Runway PAPI : Installed

Runway End Light : ICAO Runway End Type A

Runway Stopway Light : Installed

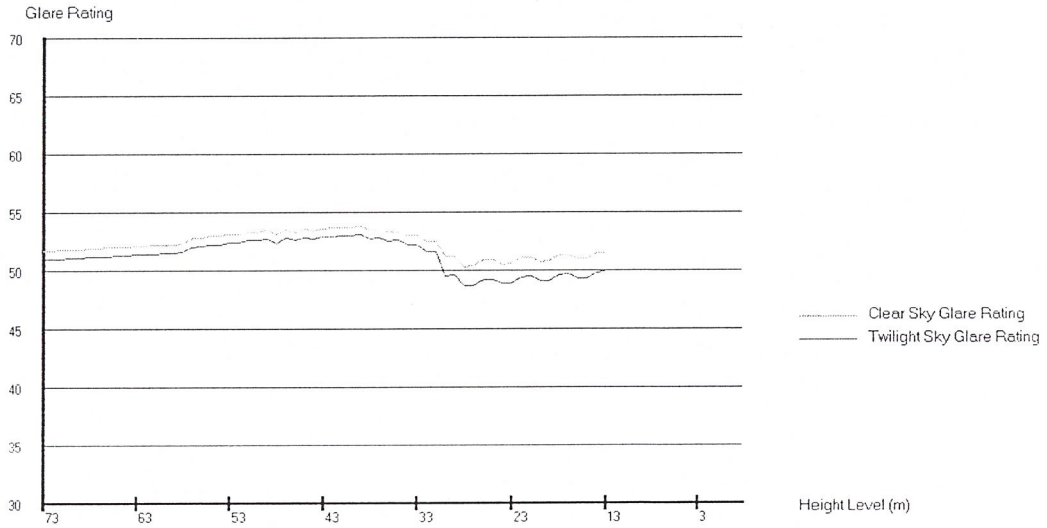
The Luminance and Glare details

Height Level (m)	RVR (m)	Clear Sky L(Cd/sq.m)	Glare Rating	Twilight Sky L(Cd/sq.m)	Glare Rating
73	429	1502060.53	51.6724936	751030.265	50.9500124
72	425	1563664.81	51.714389	781832.405	50.9919079
71	421	1627618.73	51.7562929	813904.363	51.0338117
70	417	1694059.82	51.7982003	847294.911	51.0757192
69	413	1764108.28	51.8401064	882054.141	51.1176253
68	409	1836466.87	51.8820058	918233.437	51.1595247
67	406	1892662.88	51.9134226	946331.439	51.1909414
66	402	1970246.41	51.9552966	985123.203	51.2328155
65	398	2050965.18	51.9971477	1025482.59	51.2746666
64	394	2134930.67	52.0389694	1067465.34	51.3164883
63	390	2222256.32	52.0807549	1111128.16	51.3582737
62	386	2313057.29	52.1224968	1156528.64	51.4000156
61	383	2383518.83	52.1537701	1191754.42	51.4312889
60	379	2480673.09	52.1954173	1240336.55	51.4729361
59	375	2581636.23	52.236999	1290818.12	51.5145178
58	371	2686517.44	52.2785066	1343258.72	51.5560254
57	367	4286335.42	52.7654644	2143167.71	52.0429832
56	363	4362767.25	52.7838867	2181383.62	52.0614056
55	359	5143965.36	52.9555753	2571982.68	52.2330941
54	356	5194584.89	52.9657822	2597292.45	52.243301
53	352	6051478.95	53.1249298	3025739.48	52.4024487
52	348	6181209.77	53.1470388	3090604.88	52.4245576
51	344	7128819.98	53.2957067	3564409.99	52.5732255
50	340	7290389.01	53.3190663	3645194.5	52.5965852
49	336	8336511.16	53.4588288	4168255.58	52.7363477
48	333	5721028.21	53.0663992	2860514.1	52.3439181
47	329	8512670.35	53.4806247	4256335.17	52.7581435
46	325	7300391.13	53.3204954	3650195.56	52.5980142
45	321	9187734.86	53.560168	4593867.43	52.8376868
44	317	7875854.93	53.3995802	3937927.47	52.677099
43	313	9907321.66	53.6387637	4953660.83	52.9162826
42	310	10188529.9	53.6679674	5094414.93	52.9454863
41	306	10574154.1	53.7066591	5287077.05	52.9841779
40	302	10970923.1	53.7450537	5485461.56	53.0225725
39	298	11379149.7	53.7831341	5689574.85	53.0606529
38	294	8627751.66	53.4946212	4197682.44	52.7436803
37	290	8948577.28	53.5326769	4352160.78	52.7813496
36	287	7001951.05	53.2769943	3374195.69	52.5160631
35	283	7259812.01	53.3146855	3496584.66	52.5532006
34	279	5328006.26	52.9922158	2477050.94	52.1938942
33	275	5525360.35	53.0301264	2566020	52.2306749

ตารางที่ 7.5 แสดงข้อมูลทางแสงตามการติดตั้งตามข้อกำหนด 7.2.2

32	271	3208969.46	52.4637312	1397568.01	51.5973379
31	267	3331211.12	52.5026995	1447850.93	51.6341805
30	264	942855.948	51.1871064	188571.19	49.5095571
29	260	992606.599	51.2407034	198521.32	49.5631541
28	256	418079.377	50.3394478	83615.8753	48.6618984
27	252	440320.191	50.3934721	88064.0381	48.7159228
26	248	695754.711	50.8703283	139150.942	49.192779
25	245	723533.808	50.9111352	144706.762	49.2335859
24	241	508287.898	50.5430928	101657.58	48.8655435
23	237	535712.332	50.597866	107142.466	48.9203167
22	233	847073.799	51.0754471	169414.76	49.3978978
21	229	893084.213	51.1305786	178616.843	49.4530293
20	226	619547.824	50.7494116	123909.565	49.0718623
19	222	653375.921	50.8048242	130675.184	49.1272749
18	218	1033719.62	51.2830054	206743.923	49.6054561
17	214	1090449.29	51.3386926	218089.859	49.6611433
16	210	766946.131	50.9718705	153389.226	49.2943212
15	207	798417.466	51.0137874	159683.493	49.3362381
14	203	1263683.01	51.492373	252736.603	49.8148237
13	199	1333464.22	51.5483974	266692.843	49.8708481

ตารางที่ 7.5 แสดงข้อมูลทางแสงตามการติดตั้งตามข้อกำหนด 7.2.2 (ต่อ)



รูปที่ 7.3 กราฟแสดงดัชนีแสงจ้าที่ระดับความสูงต่างๆของทางวิ่งแบบ Non Precision

7.2.3Runway Type : Category I

Approach Light System	: FAA ALSF2 Approach
Threshold Light	: ICAO Threshold Type A
Runway Edge Light	: Installed
Runway Centerline Light	: 15 meter maximum distance
Runway PAPI	: Installed
Runway End Light	: ICAO Runway End Type A
Runway Stopway Light	: Installed

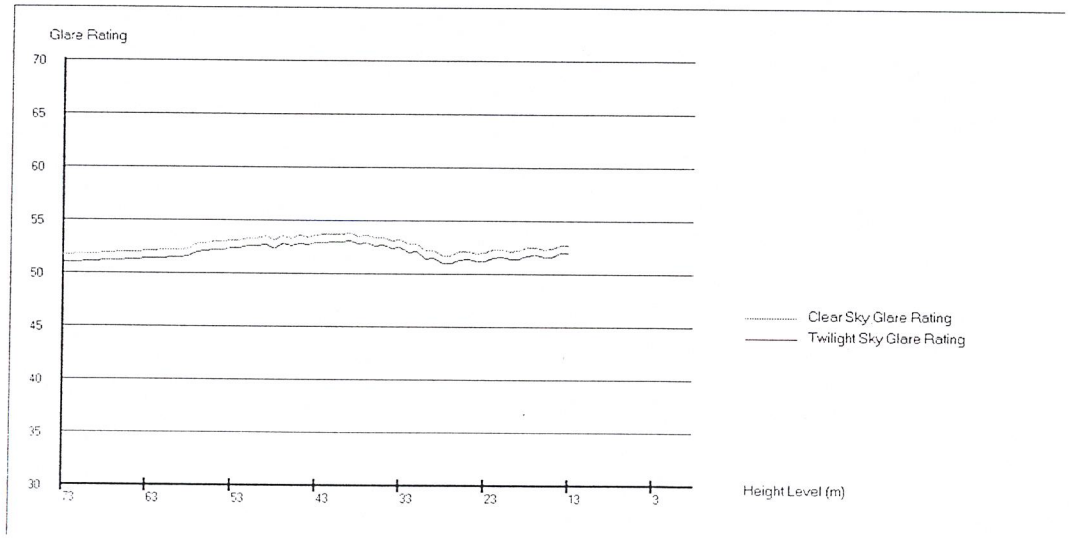
The Luminance and Glare details

Height Level (m)	RVR (m)	Clear Sky L(Cd/sq.m)	Glare Rating	Twilight Sky L(Cd/sq.m)	Glare Rating
73	429	1502060.53	51.6724936	751030.265	50.9500124
72	425	1563664.81	51.714389	781832.405	50.9919079
71	421	1627808.73	51.7562929	813904.363	51.0338117
70	417	1694589.82	51.7982003	847294.911	51.0757192
69	413	1764108.28	51.8401064	882054.141	51.1176253
68	409	1836466.87	51.8820058	918233.437	51.1595247
67	406	1892662.88	51.9134226	946331.439	51.1909414
66	402	1970246.41	51.9552966	985123.203	51.2328155
65	398	2050965.18	51.9971477	1025482.59	51.2746666
64	394	2134930.67	52.0389694	1067465.34	51.3164883
63	390	2222256.32	52.0807549	1111128.16	51.3582737
62	386	2313057.29	52.1224968	1156528.64	51.400015€
61	383	2383508.83	52.1537701	1191754.42	51.4312889
60	379	2480673.09	52.1954173	1240336.55	51.4729361
59	375	2581636.23	52.236999	1290818.12	51.5145178
58	371	2686517.44	52.2785066	1343258.72	51.5560254
57	367	4286335.42	52.7654644	2143167.71	52.0429832
56	363	4362767.25	52.7838867	2181383.62	52.0614056
55	359	5143965.36	52.9555753	2571982.68	52.2330941
54	356	5194564.89	52.9657822	2597292.45	52.243301
53	352	6051478.95	53.1249298	3025739.48	52.4024487
52	348	6181209.77	53.1470388	3090604.88	52.4245576
51	344	7128819.98	53.2957067	3564409.99	52.5732255
50	340	7290389.01	53.3190663	3645194.5	52.5965852
49	336	8336511.16	53.4588288	4168255.58	52.7363477
48	333	5721028.21	53.0663992	2860514.1	52.3439181
47	329	8512670.35	53.4806247	4256335.17	52.7581435
46	325	7300391.13	53.3204954	3650195.56	52.5980142
45	321	9187734.86	53.560168	4593867.43	52.8376868
44	317	7875854.93	53.3995802	3937927.47	52.677099
43	313	9907321.66	53.6387637	4953660.83	52.916282€
42	310	10188829.9	53.6679674	5094414.93	52.9454863
41	306	10574154.1	53.7066591	5287077.05	52.9841779
40	302	10970923.1	53.7450537	5485461.56	53.0225725
39	298	11379149.7	53.7831341	5689574.85	53.0606529
38	294	9015062.95	53.5403925	4507531.48	52.8179113
37	290	9400902.71	53.584075	4700451.36	52.8615938
36	287	7518552.61	53.3511872	3759276.3	52.6287061
35	283	7852351.31	53.396465	3926175.66	52.6739838
34	279	6158904.87	53.1432708	3079452.43	52.4207896
33	275	6454033.4	53.1920579	3227016.7	52.4695768

ตารางที่ 7.6 แสดงข้อมูลทางแสงตามการติดตั้งตามข้อกำหนด 7.2.3

32	271	4243553.07	52.7550086	2121776.54	52.0325274
31	267	4480471.71	52.8116352	2240235.85	52.089154
30	264	2388568.4	52.1559803	1194284.2	51.4334991
29	260	2580777.16	52.2366521	1290388.58	51.5141709
28	256	1532957.71	51.6937164	766478.857	50.9712352
27	252	1614507.37	51.7477408	807253.683	51.0252596
26	248	2164570.21	52.0533406	1082285.11	51.3308594
25	245	2250994.07	52.0941475	1125497.04	51.3716664
24	241	1863722.29	51.8973615	931861.147	51.1748803
23	237	1964278.55	51.9521347	982139.275	51.2296535
22	233	2635340.71	52.2584594	1317670.35	51.5359782
21	229	2778484.22	52.3135909	1389242.11	51.5911097
20	226	2271675.36	52.1036802	1135837.68	51.3811991
19	222	2395711.71	52.1590928	1197855.85	51.4366117
18	218	3216016.59	52.4660177	1608008.29	51.7435365
17	214	3392508.91	52.5217049	1696254.46	51.7992237
16	210	2812135.81	52.3261391	1406067.91	51.603658
15	207	2927530.71	52.3680561	1463765.35	51.6455749
14	203	3931458.27	52.6753853	1965729.13	51.9529041
13	199	4148555.34	52.7314097	2074277.67	52.0089285

ตารางที่ 7.6 แสดงข้อมูลทางแสงตามการติดตั้งตามข้อกำหนด 7.2.3 (ต่อ)



รูปที่ 7.4 กราฟแสดงดัชนีแสงจ้าที่ระดับความสูงต่างๆของทางวิ่งแบบ Category I

7.2.4Runway Type : Category II

Approach Light System : FAA ALSF2 Approach

Threshold Light : ICAO Threshold Type A

Runway Edge Light : Installed

Runway Centerline Light : 15 meter maximum distance

Runway PAPI : Installed

Runway End Light : ICAO Runway End Type A

Runway Stopway Light : Installed

Runway Touchdown Zone Light : Installed

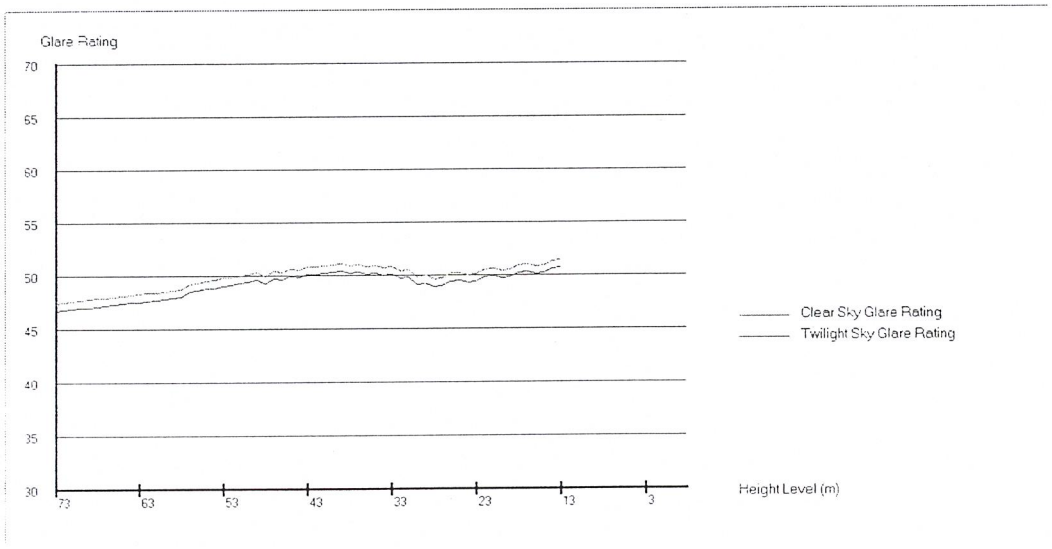
The Luminance and Glare details

Height Level (m)	RVR (m)	Clear Sky L(Cd/sq.m)	Glare Rating	Twilight Sky L(Cd/sq.m)	Glare Rating
73	429	25508.4878	47.4244331	12754.2439	46.7019519
72	425	27705.322	47.5105425	13852.661	46.7880614
71	421	30096.3574	47.5968254	15048.1787	46.8743442
70	417	32699.2621	47.6832841	16349.6311	46.960803
69	413	35533.3617	47.7699212	17766.6808	47.0474401
68	409	38619.799	47.8567393	19309.8995	47.1342581
67	406	41114.0613	47.921973	20557.0307	47.1994918
66	402	44699.0696	48.0091135	22349.5348	47.2866324
65	398	48603.4308	48.0964418	24302.7154	47.3739606
64	394	52862.8208	48.1839602	26431.4104	47.461479
63	390	57503.74	48.2716711	28751.87	47.54919
62	386	62563.7899	48.3595769	31281.8949	47.6370958
61	383	66657.209	48.4256356	33328.6045	47.7031544
60	379	72546.8311	48.5138879	36273.4156	47.7914067
59	375	78972.0458	48.6023411	39486.0329	47.8798599
58	371	85983.135	48.6909973	42991.5525	47.9685162
57	367	143573.634	49.2253919	71786.817	48.5029107
56	363	152982.045	49.2915506	76491.0223	48.5690694
55	359	188884.343	49.5112866	94442.1716	48.7888054
54	356	197492.881	49.5577403	98746.4403	48.8352592
53	352	241057.382	49.7655085	120528.691	49.0430274
52	348	258067.995	49.8365824	129033.998	49.1141012
51	344	312053.236	50.0345718	156026.618	49.3120906
50	340	334707.912	50.1076222	167353.956	49.385141
49	336	401571.585	50.2974574	200785.792	49.5749762
48	333	285764.228	49.9428406	142882.114	49.2203594
47	329	446430.816	50.4078377	223215.408	49.6853565
46	325	402126.516	50.2988968	201063.258	49.5764156
45	321	531780.164	50.5901871	265890.082	49.8677059
44	317	479195.202	50.4816585	239597.601	49.7591773
43	313	633944.214	50.7733548	316972.107	50.0508736
42	310	677260.901	50.8422476	338630.45	50.1197664
41	306	739774.621	50.934273	369887.311	50.2117918
40	302	808203.286	51.026485	404101.643	50.3040038
39	298	883113.368	51.1188762	441556.684	50.396395
38	294	721069.818	50.9075796	360534.909	50.1850984
37	290	791124.821	51.0042233	395562.411	50.2817421
36	287	652034.52	50.8026821	326017.26	50.0802009
35	283	716394.298	50.900799	358197.149	50.1783178
34	279	596003.739	50.709029	298001.87	49.9865479
33	275	656206.304	50.8093297	328103.152	50.0868485

ตารางที่ 7.7 แสดงข้อมูลทางแสงตามการติดตั้งตามข้อกำหนด 7.2.4

32	271	441068.906	50.395243	220534.453	49.6727618
31	267	487897.372	50.5004172	243948.686	49.777936
30	264	260924.036	49.8480544	130462.018	49.1255732
29	260	292348.388	49.9665837	146174.194	49.2441026
28	256	214177.285	49.6422741	107088.642	48.9197929
27	252	235460.609	49.741023	117730.305	49.0185418
26	248	350369.456	50.1552874	175184.728	49.4328063
25	245	376396.755	50.2299755	188198.378	49.5074943
24	241	306214.744	50.0148853	153107.372	49.2924041
23	237	337192.616	50.1153313	168596.308	49.3928501
22	233	502579.282	50.5313202	251289.641	49.8088391
21	229	553924.364	50.6327116	276962.182	49.9102305
20	226	440542.188	50.3939975	220271.094	49.6715163
19	222	485943.526	50.4962347	242971.763	49.7737535
18	218	725549.188	50.9140346	362774.594	50.1915534
17	214	801076.662	51.0172532	400538.331	50.294772
16	210	654045.729	50.8058922	327022.865	50.083411
15	207	704941.133	50.8840005	352470.566	50.1615194
14	203	1054397.12	51.3036491	527198.562	50.581168
13	199	1166219.53	51.4087131	583109.764	50.6862319

ตารางที่ 7.7 แสดงข้อมูลทางแสงตามการติดตั้งตามข้อกำหนด 7.2.4 (ต่อ)



รูปที่ 7.5 กราฟแสดงดัชนีแสงจ้าที่ระดับความสูงต่างๆของทางวิ่งแบบ Category II

7.2.5Runway Type : Category III

Approach Light System	: FAA ALSF2 Approach
Threshold Light	: ICAO Threshold Type A
Runway Edge Light	: Installed
Runway Centerline Light	: 15 meter maximum distance
Runway PAPI	: Installed
Runway End Light	: ICAO Runway End Type A
Runway Stopway Light	: Installed
Runway Touchdown Zone Light	: Installed

The Luminance and Glare details

Height Level (m)	RVR (m)	Clear Sky L(Cd/sq.m)	Glare Rating	Twilight Sky L(Cd/sq.m)	Glare Rating
73	429	1.32469812	37.1413397	1.32469812	37.1413397
72	425	1.57762427	37.32347	1.57762427	37.32347
71	421	1.87917479	37.505785	1.87917479	37.505785
70	417	2.23876852	37.6882881	2.23876852	37.6882881
69	413	2.66766399	37.8709831	2.66766399	37.8709831
68	409	3.17932218	38.0538736	3.17932218	38.0538736
67	406	3.6269497	38.1911721	3.6269497	38.1911721
66	402	4.32405706	38.3744142	4.32405706	38.3744142
65	398	5.15617082	38.5578626	5.15617082	38.5578626
64	394	6.14965727	38.7415216	6.14965727	38.7415216
63	390	7.3360799	38.9253955	7.3360799	38.9253955
62	386	8.75323448	39.1094887	8.75323448	39.1094887
61	383	9.99443041	39.2477052	9.99443041	39.2477052
60	379	11.9296326	39.4321932	11.9296326	39.4321932
59	375	14.2427167	39.6169134	14.2427167	39.6169134
58	371	17.0081636	39.8018707	17.0081636	39.8018707
57	367	31.1501077	40.4326038	31.1501077	40.4326038
56	363	36.4068376	40.5951421	36.4068376	40.5951421
55	359	49.3077059	40.9113025	49.3077059	40.9113025
54	356	55.2606362	41.0301066	55.2606362	41.0301066
53	352	73.9943152	41.3343884	73.9943152	41.3343884
52	348	86.9059694	41.5020336	86.9059694	41.5020336
51	344	115.294362	41.7966576	115.294362	41.7966576
50	340	135.68699	41.9664121	135.68699	41.9664121
49	336	178.632218	42.2530275	178.632218	42.2530275
48	333	136.292133	41.9710504	136.292133	41.9710504
47	329	233.671007	42.5329792	233.671007	42.5329792
46	325	231.016025	42.5210685	231.016025	42.5210685
45	321	335.339932	42.909497	335.339932	42.909497
44	317	331.73308	42.8982253	331.73308	42.8982253
43	313	481.842226	43.2873088	481.842226	43.2873088
42	310	552.181421	43.4293353	552.181421	43.4293353
41	306	662.385776	43.6190078	662.385776	43.6190078
40	302	794.855864	43.8090359	794.855864	43.8090359
39	298	954.152624	43.9994291	954.152624	43.9994291
38	294	882.075415	43.9175589	882.075415	43.9175589
37	290	1063.26568	44.112288	1063.26568	44.112288
36	287	973.774167	44.0206463	973.774167	44.0206463
35	283	1175.59014	44.2169632	1175.59014	44.2169632

ตารางที่ 7.8 แสดงข้อมูลทางแสงตามการติดตั้งตามข้อกำหนด 7.2.5

บทที่ 8
บทสรุปและข้อเสนอแนะ

8.1 บทสรุป

โครงงานนี้เป็นโปรแกรมที่ช่วยในการออกแบบและติดตั้งระบบแสงสว่างบนทางวิ่ง ซึ่งผู้ใช้จำเป็นที่จะต้องมีความรู้เกี่ยวกับสนามบินและเครื่องบินอยู่พอสมควร การประมวลผลของโปรแกรมจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนแรกเป็นส่วนของการประมวลผลเพื่อหาตำแหน่งติดตั้งของโคมไฟ โดยผู้ใช้จะต้องป้อนข้อมูลประกอบด้วย ประเภทของทางวิ่ง, ความยาวและความกว้างของทางวิ่ง, ทิศทางการขึ้นลงของเครื่องบิน, ชนิดของเครื่องบิน, ความสูงของสิ่งกีดขวางหน้าทางวิ่ง โดยในการคำนวณจะต้องให้ระยะห่างในการติดตั้งโคมไฟเป็นไปตามข้อกำหนดของมาตรฐาน ICAO โดยตำแหน่งในการติดตั้งขึ้นอยู่กับรูปแบบที่ใช้ในการติดตั้ง สำหรับชนิดของดวงโคมไฟที่ติดตั้งก็จะขึ้นอยู่กับประเภทของทางวิ่ง นอกจากนี้ลักษณะของสีของดวงโคมไฟจะกำหนดเป็นลักษณะของดวงโคมนั้น ๆ และทิศทางการขึ้นลงของเครื่องบิน ส่วนโคมไฟ PAPI จะมีการประมวลผลที่มีลักษณะพิเศษที่เพิ่มเติมจากโคมไฟชนิดอื่น ๆ คือ จะนำข้อมูลในส่วนของความสูงของสิ่งกีดขวาง ประเภทของเครื่องบิน และมุมในการร่อนลงของเครื่องบินมาพิจารณาเพิ่ม ส่วนที่สองเป็นส่วนของการประมวลผลเพื่อหาคุณภาพของแสง โดยจะพิจารณาค่าความเข้มแสง และค่าความส่องสว่าง ซึ่งข้อมูลส่วนนี้จะได้มาจากลักษณะของดวงโคมไฟชนิดนั้น ๆ ส่วนดัชนีแสงจ้าจะพิจารณาถึงระดับความสูงของเครื่องบิน โดยนำค่าความสูงมาคำนวณหาระยะในการมองเห็นของนักบินโดยมีช่วงในการมองเห็นคือ 150 เมตร โดยจะคำนวณค่าดัชนีแสงจ้าของโคมไฟภายในช่วงของการมองเห็น

สำหรับส่วนของการแสดงผล ในส่วนของตำแหน่งการติดตั้งของโคมไฟจะแสดงผลออกมาเป็นรูปภาพโคมไฟที่ติดตั้งบนทางวิ่ง โดยมีสีบอกชนิดของดวงโคมและผู้ใช้สามารถที่จะสามารถที่จะพิจารณาตำแหน่งติดตั้งของดวงโคมไฟนั้น ๆ ในรูปภาพ นอกจากนี้ยังมีการแสดงผลข้อมูลตำแหน่งติดตั้งเป็นตารางโดยจะระบุ ชนิด, ประเภท, ตำแหน่งติดตั้ง,จำนวนของโคมไฟ ค่าความส่องสว่าง และค่าความเข้มแสงของดวงโคมไฟ ส่วนการแสดงผลของคุณภาพของแสงจะแบ่งการแสดงผลออกเป็น 2 ลักษณะคือที่ระดับความสูงเดียวและที่ทุกระดับความสูงภายในช่วงที่พิจารณา โดยการแสดงผลที่ทุกระดับความสูงจะแสดผลเป็นการเปรียบเทียบในรูปของตารางและกราฟ ซึ่งจากลักษณะของการทำงานของโปรแกรมที่กล่าวมาข้างต้นจะช่วยให้ผู้ออกแบบประหยัด

เวลาและสะดวกในการที่จะออกแบบซึ่งมีความถูกต้องและเป็นไปตามมาตรฐาน ซึ่งจะช่วยให้ผู้ออกแบบสามารถออกแบบระบบแสงสว่างบนทางวิ่งได้อย่างเหมาะสมที่สุด

8.2 ข้อเสนอแนะ

1. สำหรับการใช้งานโปรแกรมการออกแบบและติดตั้งระบบแสงสว่างบนทางวิ่ง ผู้ใช้โปรแกรมควรจะมีความรู้เกี่ยวกับสนามบินอยู่บ้าง เช่น ลักษณะทางกายภาพของสนามบิน ประเภทของทางวิ่ง และรูปแบบการติดตั้งโคมไฟในแต่ละมาตรฐานเป็นต้น

2. ในการประมวลผลของโปรแกรมจะไม่พิจารณาปัจจัยทางกายภาพคือ ลักษณะทางภูมิประเทศ ซึ่งข้อมูลที่ได้จากโปรแกรมการออกแบบต้องนำไปประยุกต์ใช้เพื่อให้เหมาะสมในทางปฏิบัติ

3. ในอนาคตข้างหน้ารูปแบบและข้อมูลในการติดตั้งโคมอาจจะมีการเปลี่ยนแปลงแก้ไข ดังนั้นโปรแกรมจำเป็นที่จะต้องปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงให้เหมาะสมกับสภาพการณ์ที่เปลี่ยนไปอยู่เสมอ

4. ข้อมูลตำแหน่งติดตั้งโคมไฟที่คำนวณได้จากโปรแกรมซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานของ ICAO เช่นระยะห่างของดวงโคมที่มีจุดทศนิยมที่ไม่เอื้อต่อการติดตั้งจะต้องปรับปรุงข้อมูบก่อนนำไปปฏิบัติงานจริง และอยู่ภายในข้อกำหนดตามมาตรฐาน ICAO

5. การที่จะนำข้อมูลการออกแบบในส่วนของรูแสดงตำแหน่งการติดตั้งของโคมไฟผู้ใช้ต้องเผื่อพื้นที่ในหน่วยความจำของคอมพิวเตอร์จำนวนมากเนื่องจากรูปภาพมีขนาดใหญ่ และใช้สกุล Bmp ซึ่งเป็นสกุลที่บังคับใช้โดยโปรแกรมภาษาเดลไฟ

6. ในการออกแบบเมื่อพิจารณาสิ่งกีดขวางที่อยู่หน้าทางวิ่งซึ่งใช้ในการคำนวณตำแหน่งการติดตั้งของโคมไฟ PAPI ถ้าหากสิ่งกีดขวางนั้นมีความสูงมากเกินความเป็นจริงจะทำให้ตำแหน่งติดตั้งของโคมไฟ PAPI ที่ได้จากโปรแกรมการออกแบบและติดตั้งจะไม่สามารถนำไปใช้งานได้จริง

7. ค่าของแสงจ้าจะขึ้นอยู่กับมุมการลงของเครื่องบิน เนื่องจากมุมการลงของเครื่องบินจะเป็นตัวบังคับทิศทางการมองของนักบิน ซึ่งในการลงของเครื่องบินจะกำหนดไว้ที่ 3 องศา แต่ในทางปฏิบัติมุมการลงของเครื่องบินอาจจะไม่เท่ากับ 3 องศา ซึ่งจะทำให้ค่าดัชนีแสงจ้าต่างไปจากการคำนวณ

เอกสารอ้างอิง

1. ADB, "AIRFIELD LIGHTING DESIGN MANUAL", VOLUME I, EDITION A,1994
2. ADB, "AIRFIELD LIGHTING DESIGN MANUAL", VOLUME II, EDITION A,1994
3. ICAO, "AERODROME DESIGN AND OPERATIONS", ANNEX 14, VOLUME I, SECOND EDITION , JULY 1995
4. ICAO , "AERODROME DESIGN MANUAL" , PART 4 VISUAL AIDS , SECOND EDITION, 1983.
5. ICAO, "AERODROME DESIGN MANUAL", PART 5 ELECTRICAL -SYSTEMS, (Doc 9157 – AN/901), FIRST EDITION, 1983.
6. CIE Std 112 – 1994 " ICE , GLARE EVALUATION SYSTEM WITHIN OUTDOOR SPORTS – AND AREA LIGHTING , 1994 "
7. รศ. ศุลี บรรจงจิตร " วิศวกรรมการส่องสว่าง " บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน) , 2537

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความอนุเคราะห์ของท่านต่างๆดังต่อไปนี้

1. รองศาสตราจารย์ ศุลี บรรจงจิตร
   ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า อาจารย์ที่ปรึกษาที่ให้คำแนะนำ ความรู้ทางวิชาการต่างๆจนนำมาซึ่งการทำโครงงานทางวิชาการนี้
2. อาจารย์ ชาย ชมภูอินไหว
   ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า อาจารย์ที่ปรึกษา และรุ่นพี่ที่แสนดี ให้คำปรึกษา หาข้อมูลมากมายให้กับกลุ่ม คอยให้กำลังใจ และดูแลโครงการของกลุ่มเป็นอย่างดี
3. นาวาอากาศโท เกษมชัย ทั่งนาค
   รองผู้อำนวยการกองไฟฟ้า กองไฟฟ้า ฝ่ายไฟฟ้าและเครื่องกล การท่าอากาศยานแห่งประเทศไทย เป็นผู้ที่ให้คำแนะนำ และความรู้ทางวิชาการต่างๆ
4. คุณ วีระชัย เจริญศรี
   ช่างเทคนิค 5 งานเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้า กองไฟฟ้า ฝ่ายไฟฟ้าและเครื่องกล ปฏิบัติหน้าที่ หัวหน้างานเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้า การท่าอากาศยานแห่งประเทศไทย เป็นผู้ที่ให้คำแนะนำ และความรู้ทางวิชาการต่างๆ และให้ข้อมูล ทั้งยังเป็นผู้ช่วยตรวจสอบข้อผิดพลาดของโปรแกรม
5. คุณ อพิบูลย์ โรจนทรัพย์
   วิศวกร 3 ฝ่ายไฟฟ้าและเครื่องกล การท่าอากาศยานแห่งประเทศไทย เป็นผู้ที่ให้คำแนะนำและความรู้ทางวิชาการต่างๆ

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ. ศุลี บรรจงจิตร

อ. ชาย ชมภูอินไหว

ผู้จัดทำโครงงาน

นาย พูลทรัพย์ โกวศัลย์ดิลก

ที่อยู่ : 60 ถ.สรรพสิทธิ์ ต.ในเมือง

อ.เมือง

จ.อุบลราชธานี 34000

โทร : (045) 243854

นาย ศรายุทธ โพธิ์โน

ที่อยู่ : 57 หมู่ 5 ต.ดอนหัน

อ.เมือง

จ.ขอนแก่น 40260

เบอร์เพจ : 152-449416

นาย สมชาย เกียรติปกรณ์

ที่อยู่ : 320/16 ถ.ประพัทธ์พัฒนา

ต.ในเมือง อ.บ้านไผ่

จ.ขอนแก่น 40110

โทร : (043) 329919

นาย สาธิต แดงยั่งยืน

ที่อยู่ : 49 หมู่ 2 ต.ท่าพระยา

อ.นครชัยศรี

จ.นครปฐม 73120

เบอร์เพจ : 152-185580