

โปรแกรมหาระยะพื้นสิ่งกีดขวางของสนามบิน

An application for measuring the airport obstructive barrier

อติชาต อังโฆษาชนะวานิช และ พงษ์ฤทธิ์ นิตวงค์

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา กองการศึกษา โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทราชริราช

E-Mail : aticharta2936@gmail.com

บทคัดย่อ

Received: July 2, 2019

Revised: July 25, 2019

Accepted: September 16, 2019

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาโปรแกรมหาระยะพื้นสิ่งกีดขวางของสนามบิน โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel เพื่อใช้ตรวจสอบความถูกต้องของสิ่งก่อสร้างโดยรอบสนามบิน ทั้งสนามบินกองทัพอากาศดอนเมือง และท่าอากาศยานดอนเมือง ให้เป็นไปตามข้อกำหนดระยะพื้นสิ่งกีดขวาง ตามข้อบัญญัติของระเบียบกองทัพอากาศ และหลักมาตรฐานตามกฎการบินสากลขององค์การการบินพลเรือนระหว่างประเทศ (ICAO) โดยโปรแกรมถูกพัฒนาให้สามารถแสดงผลได้ทั้งแบบภาพสองมิติ และภาพสามมิติ เพื่อให้ผู้ใช้งานเกิดความเข้าใจได้มากขึ้น โปรแกรมนี้สามารถนำมาใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและอำนวยความสะดวกในการทำงานของกรมช่างโยธาทหารอากาศ ซึ่งมีหน้าที่รับผิดชอบในการออกแบบ คู่มือ เพื่อให้สนามบินสามารถรองรับภารกิจของกองทัพอากาศได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการตรวจสอบการขออนุญาตปลูกสร้างสิ่งต่าง ๆ โดยรอบสนามบินกองทัพอากาศ เพื่อให้เกิดความปลอดภัยต่อการทำการบิน จากการตรวจสอบความถูกต้องในการคำนวณของโปรแกรม พบว่ามีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยทางราบ 0.34 เมตร และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.06 เมตร และความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยทางตั้ง 0.00205 เมตร และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.00409 เมตร ซึ่งเป็นค่าความคลาดเคลื่อนที่สามารถยอมรับได้

คำสำคัญ : ระยะพื้นสิ่งกีดขวางสนามบิน

Abstract

The purpose of this research is to develop a computer program to calculate a safe distance of buildings from the obstacle limitation surface of the airport using Microsoft Excel. This program is capable of inspecting the buildings around the air base, both the Air Force base and Don Mueang International airport to meet the requirements of the obstacle clearance specified by the Royal Thai Air Force and the International Civil Aviation Organization (ICAO) regulations. To accommodate the interpretation of users, the program was developed to display both in 2 and 3 dimensional images. The program can help the Directorate of Civil Engineering of the Royal Thai Air Force to improve the inspection process for building permits around the air base. The directorate is responsible for the safety of the air base and surrounding area for aviation. The testing for accuracy of the program indicated that the error in the horizontal direction was 0.34 meters with the standard deviation of 0.06 meters and the vertical direction was 0.00205 meters with the standard deviation of 0.00409 meters. The discrepancies are in acceptable ranges.

Keywords : Obstacle limitation surfaces of airport

1. บทนำ

ปัจจุบัน เทคโนโลยีมีความก้าวหน้าและมีบทบาทอย่างมากในงานด้านต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งด้านวิศวกรรม ดังจะเห็นได้จากการนำคอมพิวเตอร์มาใช้เพื่อเพิ่มความสะดวก เพิ่มประสิทธิภาพ และความรวดเร็วในการทำงาน

กรมช่างโยธาทหารอากาศเป็นหน่วยงานที่ต้องรับผิดชอบในการควบคุมดูแลให้สนามบินอยู่ในสภาพพร้อมรองรับภารกิจของกองทัพอากาศ และหนึ่งในภารกิจสำคัญของกรมช่างโยธาทหารอากาศ คือ การตรวจสอบและควบคุมการก่อสร้างอาคารบ้านเรือนในบริเวณใกล้เคียง โดยรอบสนามบินให้เป็นไปตามข้อกำหนดระยะพ้นสิ่งกีดขวางของสนามบินซึ่งบัญญัติไว้ในระเบียบกองทัพอากาศ และหลักมาตรฐานตามกฎหมายการบินสากลขององค์การการบินพลเรือนระหว่างประเทศ (ICAO) ซึ่งมีขั้นตอนการปฏิบัติหลายขั้นตอน ทำให้มีความล่าช้าและอาจเกิดข้อผิดพลาดได้ ดังนั้นการนำเอาเทคโนโลยี สร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการตรวจสอบ จะช่วยเพิ่มความสะดวกและประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานได้มากขึ้น

2. วัตถุประสงค์

เพื่อพัฒนาโปรแกรมสำหรับตรวจสอบความถูกต้องของสิ่งก่อสร้างในบริเวณพื้นที่โดยรอบสนามบินให้เป็นไปตามข้อกำหนดระยะพ้นสิ่งกีดขวางซึ่งบัญญัติไว้ในระเบียบกองทัพอากาศ และหลักมาตรฐานตามกฎหมายการบินสากลขององค์การการบินพลเรือนระหว่างประเทศ (ICAO)

3. ขอบเขตการวิจัย

ขอบเขตของงานวิจัยนี้ ประกอบด้วย

3.1 โปรแกรมนี้ใช้ตรวจสอบสิ่งปลูกสร้างและสิ่งกีดขวางในบริเวณพื้นที่โดยรอบสนามบินกองทัพอากาศดอนเมือง และท่าอากาศยานดอนเมืองเท่านั้น

3.2 เงื่อนไข ข้อกำหนดที่ใช้ในโปรแกรมนี้ เป็นไปตามข้อบัญญัติที่ระบุในระเบียบกองทัพอากาศและกฎการบินสากลของ ICAO

4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

โปรแกรมหาระยะพ้นสิ่งกีดขวางของสนามบินที่พัฒนาขึ้น สามารถใช้เป็นเครื่องมือช่วยคำนวณในการตรวจสอบ และกำหนดความสูงของอาคารบ้านเรือนในบริเวณพื้นที่โดยรอบสนามบินให้เป็นไปตามข้อกำหนดในระเบียบกองทัพอากาศ และ ICAO เพื่อสนับสนุนภารกิจของกรมช่างโยธาทหารอากาศ ต่อไป

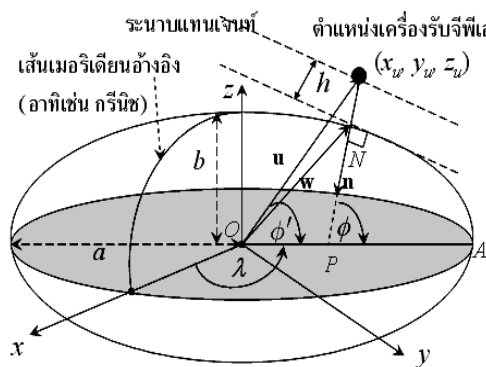
5. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ระบบพิกัด (Coordinate System) สำหรับใช้อ้างอิงในการกำหนดหรือบอกตำแหน่งพื้นโลกที่นิยมใช้กับแผนที่ในปัจจุบัน ประกอบด้วย

5.1 ระบบพิกัดภูมิศาสตร์ (Geographic Coordinate System) เป็นระบบพิกัดที่กำหนดตำแหน่งบนพื้นโลก ด้วยวิธีการบอกตำแหน่งเป็นค่าระยะเชิงมุมของละติจูด (Latitude) และ ลองจิจูด (Longitude) ตามระยะเชิงมุมที่ห่างจากศูนย์กำเนิด (Origin) ของละติจูดและลองจิจูดที่กำหนดขึ้น สำหรับศูนย์กำเนิดของละติจูด (Origin of Latitude) นั้นกำหนดขึ้นจากแนวระดับเส้นศูนย์สูตร (Equator) ซึ่งแบ่งโลกออกเป็นซีกโลกเหนือและซีกโลกใต้ ฉะนั้นค่าระยะเชิงมุมของละติจูด จะเป็นค่าเชิงมุมที่เกิดจากมุมที่ศูนย์กลางของโลก กับแนวระดับฐานกำเนิดมุมที่เส้นศูนย์สูตร ที่วัดค่าของมุมออกไปทั้งซีกโลกเหนือและซีกโลกใต้ ค่าของมุมจะสิ้นสุดที่ขั้วโลกเหนือและขั้วโลกใต้ มีค่าเชิงมุม 90 องศาพอดี ดังนั้นการใช้ค่าระยะเชิงมุมของละติจูดอ้างอิงบอกตำแหน่งต่าง ๆ นอกจากจะกำหนดเรียกค่าวัดเป็นองศาลิปดาและฟิลิปดา และจะบอกซีกโลกเหนือหรือใต้กำกับด้วยเสมอ

5.2 ระบบพิกัด UTM (Universal Transverse Mercator Coordinate System) เป็นระบบตารางกริดที่ใช้ช่วยในการกำหนดตำแหน่งและใช้อ้างอิงในการบอกตำแหน่งที่นิยมใช้กับแผนที่ในกิจการทหาร ตารางกริดมีขนาดรูปร่างเท่ากันทุกตารางและมีวิธีการกำหนดบอกค่าพิกัด

ที่ง่ายและถูกต้อง เป็นระบบกริดที่นำเอาเส้นโครงแผนที่แบบ Universal Transverse Mercator Projection ของ Gauss -Krueger มาใช้ดัดแปลงการแสดงรายละเอียดของพื้นผิวโลกโดยให้รูปทรงกระบอก Mercator Projection อยู่ในตำแหน่งที่แกนของรูปทรงกระบอกทับกับแนวเส้นศูนย์สูตรและตั้งฉากกับแนวแกนของขั้วโลก ประเทศไทยได้นำเอาเส้นโครงแผนที่แบบ UTM มาใช้ในการทำแผนที่ เป็นชุด L 7018 ในปัจจุบัน ระบบพิกัด UTM ของประเทศไทยอ้างอิงพื้นหลักฐาน World Geodetic System 1984 (WGS 84) ซึ่งเป็นแบบจำลองโลกในรูปทรงรี (ทรงไข่) ที่กำหนดให้รัศมีในแนวเส้นผ่านศูนย์กลางโลก (a) มีค่า 6,378.137 กิโลเมตร และรัศมีในแนวขั้วโลก (b) มีค่า 6,356.7523142 กิโลเมตร ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 แบบจำลองโลกตามพื้นหลักฐาน WGS 84

ตำแหน่งตามระบบ WGS 84 ประกอบด้วย

5.2.1 จีโอดิติก ละติจูด (Geodetic Latitude, ϕ) เป็นมุมที่วัดจากระนาบเส้นผ่านศูนย์กลางโลกไปยังเส้นตรงที่ตั้งฉากกับพื้นผิวทรงรี (มีค่าเป็นบวกเมื่อวัดไปทางซีกโลกเหนือ และเป็นลบเมื่อวัดไปทางซีกโลกใต้)

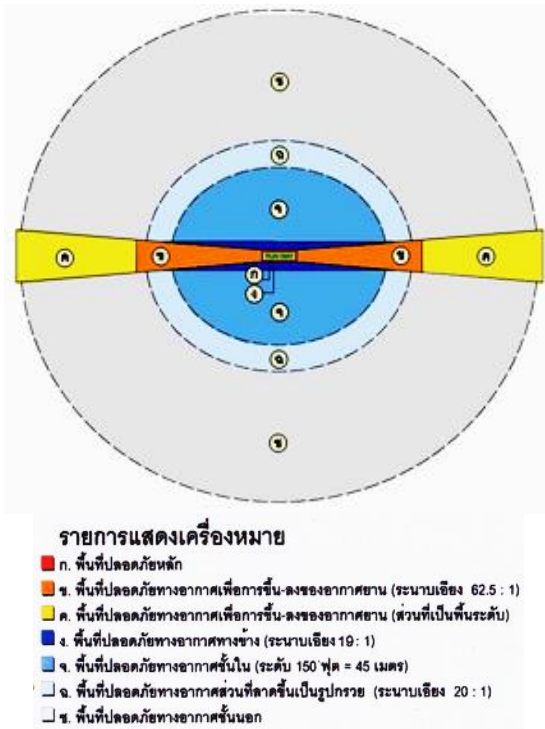
5.2.2 จีโอดิติก ลองจิจูด (Geodetic Longitude, λ) เป็นมุมที่วัดบนระนาบเส้นผ่านศูนย์กลางโลก โดยกวาดจากเส้นเมริเดียนอ้างอิงไปยังตำแหน่ง P (มีค่าเป็นบวกเมื่อวัดจากเส้นเมริเดียนอ้างอิงไปทางตะวันออก)

5.2.3 ความสูง (Geodetic Height, h) วัดจากตำแหน่งเครื่องรับจีพีเอสไปยังพื้นผิวของทรงรีตามเส้นตรงที่ตั้งฉากกับพื้นผิวทรงรี

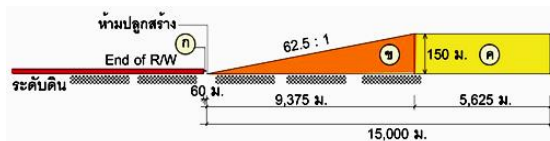
จากรูปที่ 1 สังเกตได้ว่าเวกเตอร์ u ซึ่งเป็นเวกเตอร์ที่ระบุตำแหน่งของเครื่องรับจีพีเอสโดยอ้างอิงกับจุดศูนย์กลางโลก O (ที่ใช้ในระบบพิกัด ECEF หรือ ECI) เมื่อแปลงเวกเตอร์ u โดยอ้างอิงกับ WGS 84 พิกัดละติจูดจะไม่อ้างอิงกับจุดศูนย์กลางโลก (O) แต่จะอ้างอิงกับเส้นตรงที่ตั้งฉากกับพื้นผิวทรงรี การคำนวณหาค่า (ϕ, λ, h) หาได้จากค่าทางด้านแผนที่และวิศวกรรมสำรวจ

6. การดำเนินงานวิจัย

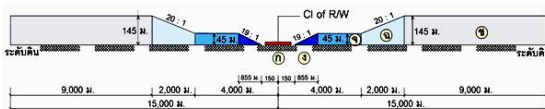
6.1 ศึกษาข้อมูลและหลักการออกแบบสนามบินในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการขออนุญาตปลูกสร้างอาคารและสิ่งก่อสร้างในเขตปลอดภัยในราชการทหารของ ทอ. การปฏิบัติต่อสิ่งปลูกสร้างและสิ่งกีดขวางที่อยู่ในพื้นที่ทางอากาศเพื่อความปลอดภัยทางการบินของสนามบินทหาร ตามที่ระบุในพระราชกฤษฎีกากำหนดบริเวณเขตปลอดภัยในราชการทหารกำหนดบริเวณเขตปลอดภัยในราชการทหารแห่ง ทอ. และประกาศกระทรวงคมนาคม เรื่อง กำหนดเขตบริเวณใกล้เคียงสนามบินดอนเมือง กรุงเทพมหานคร เป็นเขตปลอดภัยในการเดินอากาศ พ.ศ.2540 รวมทั้งศึกษาหลักมาตรฐานตามกฎหมายการบินสากลขององค์การการบินพลเรือนระหว่างประเทศ (ICAO) มีข้อมูลสำคัญตามแสดงในรูปที่ 2 – 7



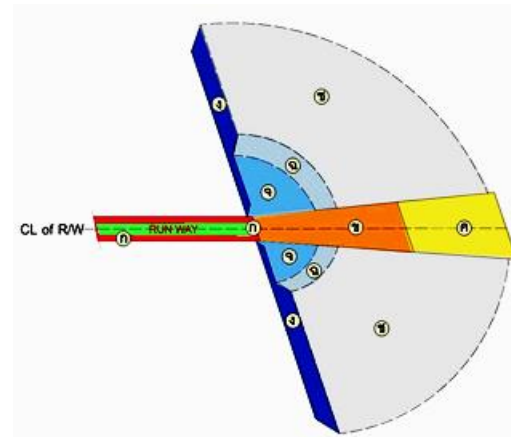
รูปที่ 2 พื้นที่ปลอดภัยทางวิ่งตามข้อกำหนด ทอ.



รูปที่ 3 พื้นที่ปลอดภัยทางวิ่งพื้นที่ปลอดภัยทางวิ่งตามข้อกำหนด ทอ. (รูปตัดตามแนวขาว)



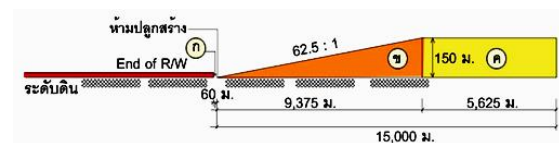
รูปที่ 4 พื้นที่ปลอดภัยทางวิ่งพื้นที่ปลอดภัยทางวิ่งตามข้อกำหนด ทอ. (รูปตัดตามแนวขาว)



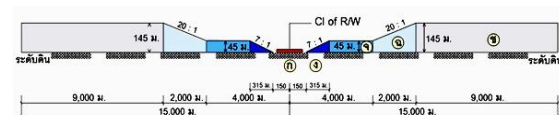
รายการแสดงเครื่องหมาย

- ก. พื้นที่ปลอดภัยหลัก
- ข. พื้นที่ปลอดภัยทางอากาศเพื่อการขึ้น-ลงของอากาศยาน (ระนาบเอียง 62.5 : 1)
- ค. พื้นที่ปลอดภัยทางอากาศเพื่อการขึ้น-ลงของอากาศยาน (ส่วนที่เป็นพื้นระดับ)
- ง. พื้นที่ปลอดภัยทางอากาศทางข้าง (ระนาบเอียง 7 : 1)
- จ. พื้นที่ปลอดภัยทางอากาศชั้นใน (ระดับ 150 ฟุต = 45 เมตร)
- ฉ. พื้นที่ปลอดภัยทางอากาศชั้นนอก (ระดับ 150 ฟุต = 45 เมตร)
- ฎ. พื้นที่ปลอดภัยทางอากาศส่วนที่ลาดชันเป็นรูปกรวย (ระนาบเอียง 20 : 1)
- ข. พื้นที่ปลอดภัยทางอากาศชั้นนอก

รูปที่ 5 พื้นที่ปลอดภัยทางวิ่งตามข้อกำหนด ICAO



รูปที่ 6 พื้นที่ปลอดภัยทางวิ่งตามข้อกำหนด ICAO (รูปตัดตามแนวขาว)



รูปที่ 7 พื้นที่ปลอดภัยทางวิ่งตามข้อกำหนด ICAO (รูปตัดตามแนวขาว)

ขั้นตอนการหาระยะพื้นที่กีดขวางนั้น เริ่มด้วยการสร้างฐานข้อมูลพิกัด (X, Y) ของสนามบิน ซึ่งกำหนดแกน X ตั้งฉากกับทางวิ่ง และแกน Y ขนานกับทางวิ่ง และจุดกึ่งกลางของทางวิ่งมีพิกัด $X = 0$ และ $Y = 0$ จากนั้นตรวจสอบตำแหน่งของวัตถุหรือสิ่งปลูกสร้างว่าอยู่ในบริเวณพื้นที่ปลอดภัยใด แล้วจึงคำนวณระยะพื้นที่กีดขวางตามข้อกำหนดระยะสูงปลอดภัยของพื้นที่นั้น ๆ เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับ

ความสูงของวัตถุหรือสิ่งปลูกสร้าง และแสดงผลการคำนวณ พร้อมภาพ 2 และ 3 มิติ ซึ่งแสดงตำแหน่งวัตถุบนสนามบิน

การหาระยะพื้นสิ่งกีดขวางตามข้อกำหนดระยะสูงปลอดภัยของพื้นที่ปลอดภัยส่วนต่าง ๆ มีรายละเอียดดังนี้

6.1.1 พื้นที่ปลอดภัยหลัก (ก.) เมื่อตำแหน่งวัตถุอยู่ในช่วง $X \leq 150$ และ $Y \leq 1860$ มีระยะพื้นสิ่งกีดขวางเท่ากับ 0 ตามข้อกำหนดของ ทอ. และ ICAO

6.1.2 พื้นที่ปลอดภัยทางอากาศเพื่อการขึ้น-ลงของอากาศยานส่วนระนาบเอียง (ข.) และพื้นระดับ (ค.) ตามข้อกำหนด ทอ. และ ICAO เมื่อตำแหน่งวัตถุอยู่ในช่วง $X \leq 150 + 0.15 (Y-1860)$ และ $1860 < Y \leq 16860$ แสดงระยะพื้นสิ่งกีดขวางในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ระยะสูงปลอดภัยของพื้นที่ปลอดภัย ข.และ ค.

พื้นที่ปลอดภัย	ตำแหน่งวัตถุ	ระยะพื้นสิ่งกีดขวาง
ข.ส่วนระนาบเอียง	$Y-1860 \leq 9375$	$(X-1860)/62.5$
ค.ส่วนพื้นระดับ	$Y-1860 > 9375$	150

6.1.3 พื้นที่ปลอดภัยทางอากาศทางข้าง (ง.) พื้นที่ปลอดภัยทางอากาศยานชั้นใน (จ.) พื้นที่ปลอดภัยทางอากาศยานส่วนที่ลาดขึ้นเป็นรูปกรวย (ฉ.) และพื้นที่ปลอดภัยทางอากาศยานชั้นนอก (ช.) ตามข้อกำหนด ทอ. igrณีที่ 1 เมื่อตำแหน่งวัตถุอยู่ในช่วง $X \leq 15000$ และ $Y \leq 16860$ แสดงระยะพื้นสิ่งกีดขวางในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ระยะพื้นสิ่งกีดขวางของพื้นที่ปลอดภัย

ง. จ. ฉ.และ ช. ตามข้อกำหนด ทอ. igrณีที่ 1

พื้นที่ปลอดภัย	ตำแหน่งวัตถุ	ระยะพื้นสิ่งกีดขวาง
ง.ส่วนทางข้าง	$X \leq 1005$	$(X-150)/19$
จ.ส่วนชั้นใน	$1005 < X \leq 4000$	45
ฉ.ส่วนที่ลาดขึ้นเป็นรูปกรวย	$4000 < X \leq 6000$	$45+(X-4000)/20$
ช.ส่วนชั้นนอก	$X > 4000$	145

กรณิที่ 2 เมื่อตำแหน่งวัตถุอยู่ในช่วง $X > 150 + 0.15 (Y-1860)$ และ $Y > 16860$ ซึ่งมีค่า $L = ((X-150)^2 + (Y-1860)^2)^{1/2}$ แสดงระยะพื้นสิ่งกีดขวางในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ระยะพื้นสิ่งกีดขวางของพื้นที่ปลอดภัย

ง. จ. ฉ.และ ช. ตามข้อกำหนด ทอ.สำหรับกรณิที่ 2

พื้นที่ปลอดภัย ง. จ. ฉ. และ ช.	ตำแหน่งวัตถุ	ระยะพื้น สิ่งกีดขวาง
ง.ส่วนทางข้าง	$(X-150)^2 + (Y-1860)^2 \leq 855^2$	$L/19$
จ.ส่วนชั้นใน	$855^2 < (X-150)^2 + (Y-1860)^2 \leq 4000^2$	45
ฉ.ส่วนที่ลาดขึ้นเป็นรูปกรวย	$4000^2 < (X-150)^2 + (Y-1860)^2 \leq 6000^2$	$45+(L-4000)/20$
ช.ส่วนชั้นนอก	$6000^2 < (X-150)^2 + (Y-1860)^2 \leq 15000^2$	145

6.1.4 พื้นที่ปลอดภัยทางอากาศทางข้าง (ง.) พื้นที่ปลอดภัยทางอากาศยานชั้นใน (จ.) พื้นที่ปลอดภัยทางอากาศยานส่วนที่ลาดขึ้นเป็นรูปกรวย (ฉ.) และพื้นที่ปลอดภัยทางอากาศยานชั้นนอก (ช.) ของ ICAO igrณีที่ 1 เมื่อตำแหน่งวัตถุอยู่ในช่วง $X \leq 15000$ และ $Y \leq 16860$ แสดงระยะพื้นสิ่งกีดขวางในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ระยะพื้นสิ่งกีดขวางของพื้นที่ปลอดภัย

ง. จ. ฉ.และ ช.ตามข้อกำหนด ICAO สำหรับกรณิที่ 1

พื้นที่ปลอดภัย ง. จ. ฉ. และ ช.	ตำแหน่งวัตถุ	ระยะพื้น สิ่งกีดขวาง
ง.ส่วนทางข้าง	$X \leq 465$	$(X-150)/7$
จ.ส่วนชั้นใน	$465 < X \leq 4000$	45
ฉ.ส่วนที่ลาดขึ้นเป็นรูปกรวย	$4000 < X \leq 6000$	$45+(X-4000)/20$
ช.ส่วนชั้นนอก	$X > 4000$	145

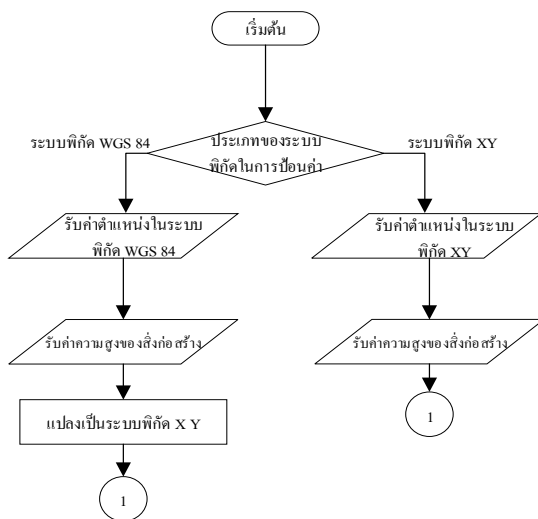
กรณิที่ 2 เมื่อตำแหน่งวัตถุอยู่ในช่วง $X > 150 + 0.15 (Y-1860)$ และ $Y > 16860$ ซึ่งมีค่า $L = ((X-150)^2 + (Y-1860)^2)^{1/2}$ แสดงระยะพื้นสิ่งกีดขวางในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ระยะพื้นที่กีดขวางของพื้นที่ปลอดภัย

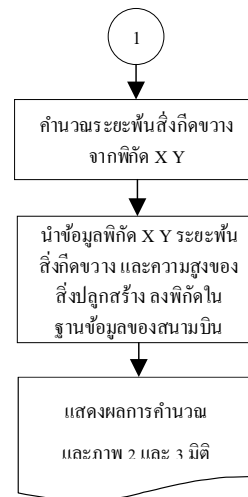
ง. จ. ฉ. และ ช. ตามข้อกำหนด ICAO สำหรับกรณีที่ 2

พื้นที่ปลอดภัย ง. จ. ฉ. และ ช.	ตำแหน่งวัตถุ	ระยะพื้นที่ กีดขวาง
ง. ส่วนทางข้าง	$(X-150)^2 + (Y-1860)^2 \leq 315^2$	$L/7$
จ. ส่วนชั้นใน	$315^2 < (X-150)^2 + (Y-1860)^2 \leq 4000^2$	45
ฉ. ส่วนที่ลาดขึ้น เป็นรูปกรวย	$4000^2 < (X-150)^2 + (Y-1860)^2 \leq 6000^2$	$45 + (L-4000)/20$
ช. ส่วนชั้นนอก	$6000^2 < (X-150)^2 + (Y-1860)^2 \leq 15000^2$	145

6.2 ออกแบบและพัฒนาโปรแกรมคำนวณหาระยะพื้นที่กีดขวางของสนามบินด้วยโปรแกรม Microsoft Excel บนระบบปฏิบัติการ Window โดยให้สามารถรับค่าตำแหน่งพิกัดวัตถุหรือสิ่งปลูกสร้างได้ทั้งแบบระบบพิกัด UTM ที่อ้างอิงพื้นหลักฐาน WGS 84 และแบบระยะห่าง (X,Y) จากปลายทางวิ่งของสนามบินหรือตั้งฉากกับสนามบิน โดยมีแผนผังลำดับขั้นตอนการประมวลผล ดังแสดงในรูปที่ 8

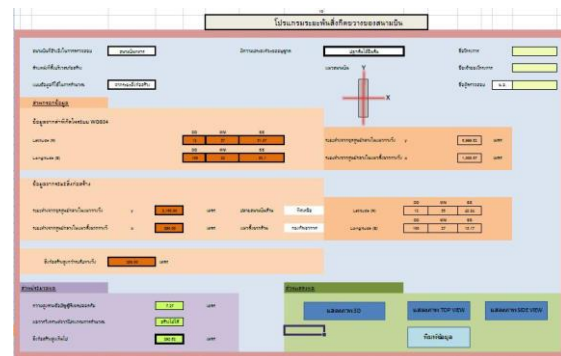


รูปที่ 8 ลำดับการประมวลผลของโปรแกรม

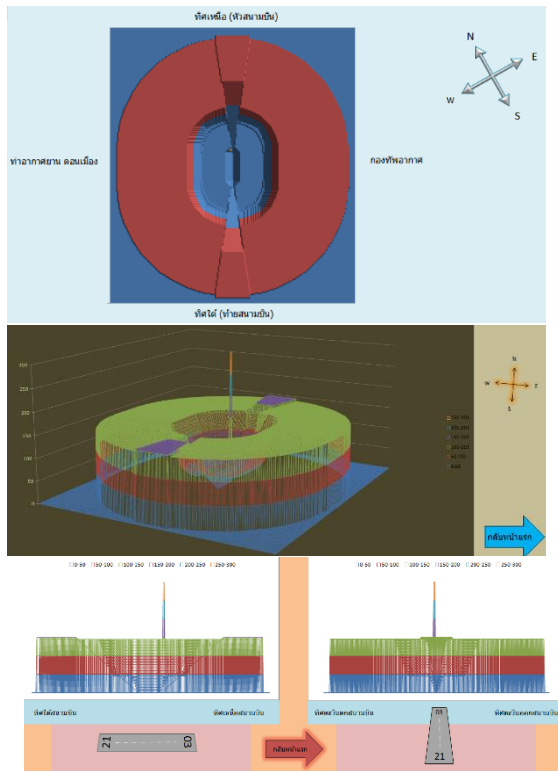


รูปที่ 8 (ต่อ) ลำดับการประมวลผลของโปรแกรม

โปรแกรมหาระยะพื้นที่กีดขวางของสนามบินนี้พัฒนาให้สามารถป้อนข้อมูลได้อย่างง่าย และแสดงผลการคำนวณพร้อมภาพทั้งแบบ 2 มิติ และ 3 มิติ ซึ่งเห็นตำแหน่งและความสูงของวัตถุหรือสิ่งปลูกสร้างที่เปรียบเทียบกับตำแหน่งและความสูงระยะพื้นที่กีดขวางของสนามบิน รวมทั้งให้มีคำสั่งพิมพ์รายงานผลการคำนวณเพื่ออำนวยความสะดวกต่อผู้ใช้งาน ดังแสดงในรูปที่ 9 – 11



รูปที่ 9 หน้าโปรแกรมสำหรับการป้อนข้อมูล



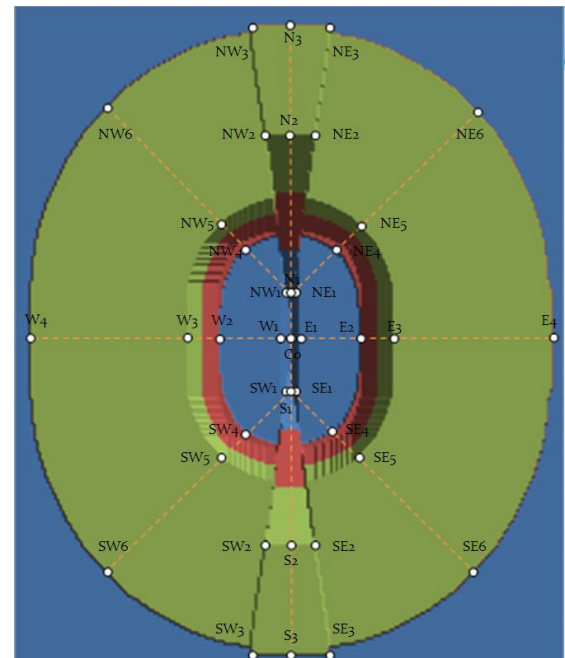
รูปที่ 10 การแสดงผลภาพ 2 มิติ และ 3 มิติ

รายการตรวจสอบโปรแกรมหาค่าระยะพื้นที่สิ่งกีดขวางของสนามบิน	
ชื่อผู้ตรวจสอบ	
ชื่อโครงการ	
ชื่ออาจารย์โครงการ	
ฝึกงานประจำสัปดาห์	
ผู้ฝึกสอน	
ตำแหน่งที่ตั้งของอาคาร	
ระยะทางจากปลายทางวิ่งด้านที่ใกล้ที่สุดในแนวขนานทางวิ่ง	= 2160.00 เมตร = 2.16 กม.
ระยะทางจากศูนย์กลางทางวิ่งในแนวตั้งฉาก	= 290.00 เมตร = 0.29 กม.
ค่าพิกัดในระบบ WGS84	
DD	3.01
Latitude(N)	13 55 43.84
Longitude(E)	100 37 15.17
สิ่งก่อสร้างสูงกว่าระดับทางวิ่ง	
	= 300 เมตร
ผลการตรวจสอบ	
บริเวณที่สามารถสร้างสิ่งก่อสร้างได้ไม่เกิน	7.365 เมตร คำนวณโดยผู้ฝึกงานสูงปลอดภัย
สิ่งก่อสร้าง ไม่สามารถสร้างได้	
สิ่งก่อสร้างสูงเกินไป	292.63 เมตร

รูปที่ 11 การแสดงผลรายการคำนวณ

6.3 ตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรมโดยกำหนดตำแหน่งจุดพิกัดภายในบริเวณพื้นที่ปลอดภัย จำนวน 39 จุด เพื่อใช้ตรวจสอบผลการคำนวณของโปรแกรมกับตำแหน่งพิกัดจริงและระยะพื้นที่สิ่งกีดขวาง ได้แก่ การหาค่าความคลาดเคลื่อนทางราบด้วยค่าเฉลี่ยของรากที่สองของกำลังสองของความคลาดเคลื่อน (Root Mean Square Error, RMSE) ซึ่งข้อมูลพิกัดที่ใช้ตรวจสอบแสดงใน รูปที่ 12 และการหาค่าความคลาดเคลื่อน

ทางตั้งด้วยค่าเฉลี่ยของผลต่างของค่าระยะพื้นที่สิ่งกีดขวาง รวมถึงยังตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรมจากตัวอย่าง การก่อสร้างอาคารสิ่งปลูกสร้างจริงอีกด้วย



รูปที่ 12 ตำแหน่งจุดพิกัดสำหรับตรวจสอบความถูกต้อง

7. ผลการวิจัย

จากขั้นตอนการตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรมในหัวข้อที่ผ่านมา พบว่าในกรณีที่ใช้ตัวอย่างการขออนุญาตสร้างสิ่งปลูกสร้างที่แล้วมาแล้วเพื่อตรวจสอบผลการคำนวณด้วยโปรแกรม ผลที่คำนวณได้จากโปรแกรมมีค่าใกล้เคียงกับผลการคำนวณจากตัวอย่างจริง และ ผลการคำนวณที่ได้จากการกำหนดตำแหน่งจุดพิกัดเพื่อตรวจสอบค่าพิกัดทางราบและค่าที่คำนวณ พบว่าผลการคำนวณมีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยทางราบ 0.34 เมตร และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.06 เมตร และความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยทางตั้ง 0.00205 เมตร และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.00409 เมตร

8. สรุปผลการวิจัย

สามารถพัฒนาโปรแกรมวิเคราะห์ระยะพื้นที่สิ่งกีดขวางของสนามบินที่ให้ผลการคำนวณได้ โดยโปรแกรมสามารถตรวจสอบความสูงและตำแหน่งของวัตถุหรือ

สิ่งปลูกสร้างได้ทั้งวิธีการป้อนข้อมูลเป็นระยะห่างของวัตถุ เมื่อวัดจากปลายทางวิ่ง และตั้งฉากกับสนามบิน หรือการระบุตำแหน่งของวัตถุหรือสิ่งปลูกสร้างเป็นระบบพิกัด UTM ที่อ้างอิงพื้นหลักฐาน WGS 84 นอกจากนี้โปรแกรมยังสามารถแสดงผลการคำนวณได้ทั้งแบบ 2 มิติ และ 3 มิติ รวมทั้งยังมีคำสั่งสำหรับพิมพ์รายงานการคำนวณที่ได้อีกด้วย ผลตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรมด้วยการหาค่าความคลาดเคลื่อนทางราบด้วย RMSE พบว่ามีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย 0.34 เมตร และการหาค่าความคลาดเคลื่อนทางตั้งด้วยค่าเฉลี่ยของผลต่างของค่าความสูงปลอดภัย พบว่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย 0.00205 เมตร ซึ่งเป็นค่าความคลาดเคลื่อนที่สามารถยอมรับได้

9. ข้อเสนอแนะ

9.1 ฐานข้อมูลการสร้างภาพ 2 มิติ และ 3 มิติ กำหนดขึ้นจากเส้นกริดที่มีระยะห่างทาง X และ Y เท่ากับ 150 เมตร เพื่อต้องการให้การประมวลผลภาพมีความรวดเร็ว ทำให้การแสดงผลภาพเกิดความคลาดเคลื่อนบ้างในบางบริเวณ โดยเฉพาะส่วนโค้ง จึงควรกำหนดเส้นกริดให้มีระยะห่างทาง X และ Y น้อยกว่า 150 เมตร เพื่อให้การแสดงผลภาพดีขึ้น

9.2 พัฒนาโปรแกรมให้สามารถหาระยะพื้นสิ่งกีดขวางของสนามบินอื่น เพื่อให้ครอบคลุมสนามบินต่าง ๆ ของกองทัพอากาศ

10. กิตติกรรมประกาศ

ผู้ทำการวิจัยขอขอบพระคุณ อาจารย์ยรรยง ทรัพย์สุขอำนวย ที่ให้คำปรึกษาแนวทางการดำเนินงานวิจัยตลอดจนข้อมูล และขอขอบคุณแผนกผังแม่บทกองวิศวการ กรมช่างโยธาทหารอากาศ ที่ให้ข้อมูลคำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่อการวิจัย

11. เอกสารอ้างอิง

- [1] สมศักดิ์ บัวศรี. (2539). เอกสารประกอบการเรียนวิชา วิศวกรรมฐานบิน.
- [2] ยรรยง ทรัพย์สุขอำนวย. (2538). การสำรวจเส้นทาง. พิมพ์ครั้งที่ 9. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แม็ค.
- [3] ยรรยง ทรัพย์สุขอำนวย. (2542). เส้นโครงแผนที่. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล.
- [4] ระเบียบกองทัพอากาศ. (2534). การขออนุญาตปลูกสร้างอาคารและสิ่งก่อสร้างในเขตปลอดภัยในราชการทหารของ ทอ.
- [5] Horonjeff, R., McKelvey, F., Sproule, W., Young, S. (2010). **Planning and Design of Airports**. 5th Ed. New York : McGraw-Hill
- [6] ICAO. (2018). **Annex 14 Volume 1 Aerodrome Design and Operations**.