ELECTRE II

# Study and Analysis of Development Strategies for Emergency Landing Sites or Alternative Airports For Commercial Aviation in Thailand Using the ELECTRE II Method

1,* 2

[1,2] สาขาวิชาวิศวกรรมโครงสร้างพื้นฐานและการบริหารงานก่อสร้าง ภาควิชาวิศวกรรมโยธา
สถาบันวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร กรุงเทพมหานคร
*Corresponding author; E-mail address: pptrue1994@gmail.com*

การเดินทางโดยสารทางอากาศที่ต้องมีความเชื่อถือจากนานาชาติในการเลือกใช้การเดินทางมายังประเทศไทยด้วยระบบขนส่งทางอากาศนั้น มีผลต่อการลงทุน การท่องเที่ยว และการพัฒนาประเทศ ในภาพรวม ในส่วนของอุบัติการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดกับการบินพาณิชย์ซึ่งเป็นการขนส่งสาธารณะนั้นจะสามารถสร้างความเสียหายทั้งทางตรงและทางอ้อมให้กับประเทศเป็นอย่างมาก แต่ถ้าหากมีการวางแผนสำหรับรองรับการเกิดเหตุต่าง ๆ เช่น อากาศยานเกิดอุบัติการณ์และจำเป็นต้องขอร่อนลงจอดฉุกเฉิน ความรุนแรงของอุบัติการณ์จะลดระดับลงได้อย่างมาก หากท่าอากาศยานที่เกิดเหตุมีแผนปฏิบัติการสำรองและสามารถควบคุมเหตุการณ์ไว้ได้ การมีพื้นที่ลงจอดฉุกเฉินหรือสนามบินสำรองเป็นแนวทางหนึ่งที่สามารถดำเนินการได้ การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ที่จะทำการพิจารณารูปแบบและแนวทางในการพัฒนาพื้นที่ลงจอดฉุกเฉินหรือสนามบินสำรองแห่งใหม่ที่อยู่ในเส้นทางการบินอากาศยานพาณิชย์เพื่อรองรับเหตุการณ์ฉุกเฉินต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม โดยผู้ศึกษาได้เลือกวิเคราะห์พื้นที่ซึ่งสามารถดำเนินการคือ จังหวัดอำนาจเจริญ จากการสร้างทางเลือกขึ้นด้วยวิธี Decision Tree Analysis ผ่านอาคารและแผนปฏิบัติการ พื้นที่สนามบิน และรูปแบบทางวิ่ง แล้วจึงศึกษาความเหมาะสมของทางเลือกด้วยวิธี ELECTRE II โดยวิเคราะห์จากปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจ 10 ประการ รวมถึงการวิเคราะห์ความอ่อนไหว

: , , ,
ELECTRE II

## Abstract

Domestic air travel and international trust in Thailand as a destination via air transportation significantly impact investment, tourism, and overall national development. Incidents involving commercial aviation, a form of public transportation, can cause extensive direct and indirect damage to the country. Proper planning to address such events, such as emergency landings due to unforeseen circumstances, can substantially mitigate the severity of these incidents. Airports with contingency plans and the ability to manage emergencies effectively can help reduce the impact. Establishing emergency landing sites or alternative airports is one potential solution. This study aims to identify and analyze suitable approaches for developing new emergency landing sites or alternative airports along commercial flight routes to appropriately address emergencies. The researcher selected Amnat-Charoen province for consideration. Decision Tree Analysis was employed to develop alternatives based on airport buildings and operational plans, airfield locations, and runway designs. These alternatives were then assessed using the ELECTRE II method, evaluating their suitability based on 10 decision-making factors, including sensitivity analysis.

**Keywords: Aviation Incident, Emergency Landing, Airport, ELECTRE II**

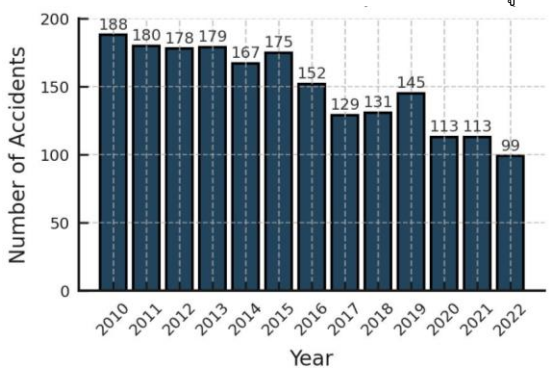
## 1.

ความจำเป็นและความสำคัญของการสร้างท่าอากาศยานสำรองฉุกเฉิน (Emergency Airport) ที่ประกอบด้วยส่วน Landside และ Airside ที่มีประสิทธิภาพ แต่ไม่จำเป็นต้องมีการออกแบบในส่วนต่างๆที่ซับซ้อน เพื่อรองรับกรณีอากาศยานประสบเหตุขัดข้องจำเป็นต้องร่อนลงฉุกเฉิน โดยเฉพาะเมื่อไม่สามารถใช้ท่าอากาศยานหลักได้เนื่องจากข้อจำกัดด้าน Schedule Flight Plan หรือความไม่พร้อมของระบบสนับสนุน เช่น การดับเพลิง กู้ชีพ และกู้ภัย ซึ่งอาจเพิ่มความเสี่ยงต่อความสูญเสียทั้งชีวิตและทรัพย์สิน การศึกษานี้จะวิเคราะห์ข้อดี ความเป็นไปได้ทางวิศวกรรม และมาตรฐานความปลอดภัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อเสนอแนวทางออกแบบท่าอากาศยานสำรองที่เหมาะสม สอดคล้องกับความต้องการฉุกเฉิน และเสริมสร้างความยืดหยุ่นให้ระบบการบินอย่างยั่งยืน

ประเทศต่างๆ ที่มีท่าอากาศยานต้องปฏิบัติตามข้อกำหนดขององค์การการบินพลเรือนระหว่างประเทศ (ICAO) อย่างไรก็ดี แม้แต่ในประเทศที่มีมาตรฐานด้านการคมนาคมทางอากาศที่สูง และมีงบประมาณมากเพียงพอก็ยังพบข้อจำกัดในการจัดการเหตุฉุกเฉินทางอากาศ เช่น เครื่องยนต์ขัดข้อง การก่อการร้ายบนอากาศยาน การพบว่ามีผู้ที่มีอาการของโรคส่วนตัวกำเริบเป็นผู้โดยสารแล้วต้องการรับการสนับสนุนทางการแพทย์อย่างเร่งด่วน ซึ่งนักบินจำเป็นต้องนำอากาศยานลงจอดอย่างปลอดภัยในเวลาจำกัด ปัจจุบันท่าอากาศยานส่วนใหญ่ขาดพื้นที่เฉพาะสำหรับรองรับเหตุการณ์ดังกล่าว ส่งผลให้ต้องใช้ทางวิ่ง-ทางขับของ

ท่าอากาศยานหลักที่มีเที่ยวบินตามกำหนดอยู่แล้ว ซึ่งอาจเพิ่มความเสี่ยงต่อความปลอดภัย งานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาปัจจัยในการออกแบบและพัฒนาปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจในการพิจารณาก่อสร้างท่าอากาศยานสำรองฉุกเฉินในประเทศไทย ซึ่งมีมาตรฐานความปลอดภัย ความเป็นไปได้ทางวิศวกรรม และประสิทธิภาพการบริหารจัดการ เพื่อเสริมสร้างความพร้อมรองรับเหตุการณ์ที่ไม่คาดคิดและลดผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นต่อระบบการบินพาณิชย์

จากสถิติของ Bureau of Aircraft Accidents Archives (B3A) ซึ่งเป็นหน่วยงานที่เก็บรวบรวมสถิติอุบัติเหตุของเครื่องบินโดยสารและขนส่งทางอากาศ พบว่า ตั้งแต่ปี ค.ศ. 2010-2022 มีแนวโน้มผันผวนของการเกิดอุบัติเหตุของอากาศยานและการขนส่งทางอากาศ ในช่วงปี ค.ศ. 2015 - 2019 และมีแนวโน้มลดลงตั้งแต่ปี ค.ศ. 2020 ดังแสดงในรูปที่ 1




จำนวนเหตุการณ์อุบัติการณ์ของอากาศยานปี ค.ศ. 2010 - 2022

จากแผนภูมิแท่งดังกล่าวจะแปลความหมายในส่วนแนวโน้มของการเกิดอุบัติเหตุของอากาศยานและการขนส่งทางอากาศที่มีค่านับจาก ปี ค.ศ. 2015 ถึง ค.ศ. 2019 ที่มากและลดน้อยลงในปี ค.ศ. 2020 แต่อย่างไรก็ตามการลดลงของจำนวนครั้งของอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นนั้นเป็นเพราะเกิดโรคระบาดของเชื้อ COVID-19 จึงทำให้มีการงดการบินเพื่อป้องกันประชาชนของประเทศต่างๆ และลดการแพร่เชื้อไวรัสดังกล่าวจากประเทศต้นทางไปยังประเทศปลายทางของการบิน

## 2.

### *2.1 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย*

2.1.1 เพื่อศึกษาและวิเคราะห์แนวทาง การสร้างท่าอากาศยานฉุกเฉินสำรองที่มีความพร้อมในการรองรับเหตุการณ์อากาศยานที่เกิดข้อขัดข้องในรูปแบบต่างๆ รวมถึงการพัฒนาการแนวทางเลือกในการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเพื่อรองรับอุบัติการณ์ทางอากาศยานสำหรับสายการบินพาณิชย์และอากาศยานที่ต้องการร่อนลงฉุกเฉินที่วิเคราะห์ด้วยวิธี ELECTRE II

2.1.2 เพื่อสร้างทางเลือกในการตัดสินใจสำหรับการพัฒนาขีดความสามารถการรองรับสถานการณ์อุบัติการณ์ของอากาศยานที่ขอลงจอดฉุกเฉินให้แก่ท่าอากาศยานปลายทาง และท่าอากาศยานสำรองฉุกเฉินได้อย่างปลอดภัยที่วิเคราะห์ด้วยวิธี ELECTRE II

2.1.3 เพื่อศึกษาและวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลกระทบในการตัดสินใจดำเนินการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเพื่อรองรับเหตุการณ์อุบัติการณ์ทางอากาศยานสำหรับสายการบินพาณิชย์ และอากาศยานที่ต้องการร่อนลงฉุกเฉินที่วิเคราะห์ด้วยวิธี ELECTRE II

### *2.2 ขอบเขตของงานวิจัย*

2.2.1 วิเคราะห์ลำดับความสำคัญของแนวทางเลือกที่นำเสนอด้วยวิธี ELECTRE II โดยพิจารณาแนวทางเลือกจากปัจจัยที่มีปัจจัยเกี่ยวข้องในด้านเศรษฐศาสตร์และไม่ได้เกี่ยวข้องในด้านเศรษฐศาสตร์

2.2.2 การวิเคราะห์เป็นการนำจังหวัดยังไม่มีท่าอากาศยาน และยังเป็นจังหวัดที่มีพื้นที่ใกล้กับท่าอากาศยานของจังหวัดใกล้เคียง เพื่อให้การสร้างท่าอากาศยานสำรองฉุกเฉินนั้นมีประโยชน์สูงสุดโดยนำจังหวัดอำนาจเจริญมาทำการศึกษา

## 3.

### *3.1 ทฤษฎีของงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง*

สนามบินมีเขตการบิน ทางวิ่ง-ทางขับ ลานจอดเป็นเพียงแค่ส่วนหนึ่งของท่าอากาศยานและยังเป็นส่วนที่สำคัญที่สุดในท่าอากาศยานต้องมีกฎระเบียบข้อบังคับ มีมาตรฐานตั้งแต่กระบวนการสำรวจเพื่อการออกแบบการออกแบบให้เหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศ และสภาพภูมิประเทศ รวมไปถึงการตอบสนองการใช้งานของประเภทของอากาศยานที่จะมาใช้บริการการสร้างสนามบินจะต้องมีการตรวจสอบวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างตามหลักวิศวกรรม ท่าอากาศยานมีองค์ประกอบเป็น 2 เขต ดังนี้

3.1.1 เขตการบิน (Airside, Aerodrome) เป็นเขตพื้นที่ที่มีการใช้งานในการขึ้นและลงของอากาศยาน รวมไปถึงการขับเคลื่อน การจอดของอากาศยาน เขตการบินเป็นเขตที่ต้องมีการควบคุมเป็นพื้นที่เฉพาะหวงห้ามเพื่อให้การจัดการดำเนินการของเขตการบินเป็นไปได้ด้วยความเรียบร้อย

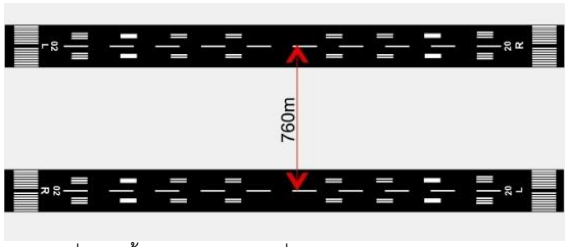
การออกแบบทางวิ่งในเขตการบิน และการออกแบบทางขับในเขตการบินมีปัจจัยในการกำหนดที่เป็นเงื่อนไขในการออกแบบได้แก่ สภาพลมที่มีทิศทางแตกต่างกัน สภาพภูมิประเทศ สภาพภูมิศาสตร์ สภาพภูมิอากาศ ประเภทของอากาศยานที่ต้องการมาใช้งาน ซึ่งปัจจัยเหล่านี้ต้องอาศัยการสำรวจและการเก็บค่าทางสถิติจากผู้เชี่ยวชาญชำนาญการ รวมถึงการการวางแผนการใช้งานอากาศยานจากหน่วยงานผู้เกี่ยวข้อง ตัวอย่างรูปแบบของทางวิ่งในเขตการบินเช่น

ทางวิ่งเดี่ยว (Single Runway) เป็นทางวิ่งที่มีการออกแบบและการสร้างที่ไม่ซับซ้อน แต่อย่างไรก็ตามมีเงื่อนไขในการกำหนดการในการออกแบบในรูปแบบการออกแบบทางวิ่งเดี่ยวนี้คือการออกแบบนี้เหมาะสมกับภูมิประเทศที่มีทิศทางลมจากทิศตะวันตก ไม่มีปัญหาปัจจัยของการเกิดเสียงของอากาศยานมากนัก และสิ่งสำคัญที่สุดคือพื้นที่ที่ใช้ในการก่อสร้างจริงจะต้องมีพื้นที่ที่มีความยาวที่มากพอในการสร้าง โดยการออกแบบรูปแบบนี้นิยมสร้างทางวิ่งและทางขับแบบเส้นทางเดียวในสนามบินโดยมีความยาวมาก




การออกแบบทางวิ่งแบบเดี่ยว (Single Runway)
ที่มา:https://www.stantec.com/en/ideas/topic/mobility/crazy-airport-runways-landing-on-half-a-runway-why-it-s-business-as-usual-in-alaska

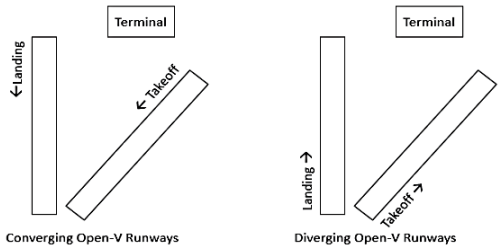
ทางวิ่งคู่ขนาน (Parallel Runway) เป็นทางวิ่งรูปแบบที่ลอกเลียนคล้ายกับทางวิ่งแบบทางวิ่งเดี่ยว เพียงแค่เพิ่มทางวิ่งอีกเส้นทางวิ่งหนึ่ง หรือมากกว่าขึ้นมาเพิ่มเติมเพื่อให้มีลักษณะทางกายภาพขนานกันในเขตสนามบิน หรือท่าอากาศยานเดียวกัน โดยการออกแบบโครงสร้างชั้นฐานอาจจะเหมือนหรือแตกต่างกันก็ได้แต่ต้องอยู่ภายใต้เงื่อนไขที่สามารถรองรับการออกแบบรวมไปถึงค่า ACR (Aircraft Classification Rating) ของลักษณะอากาศยานที่มาขอใช้บริการได้




ทางวิ่งของทั้ง 2 สายถนนทางวิ่งขนานกันมีระยะห่างกันน้อยกว่า 2,500 ฟุตหรือประมาณ 760 เมตร

ที่มา: https://caasref.wordpress.com/spo/

ทางวิ่งแบบตัวอักษรวี (Open V-Runways) ทางวิ่งรูปแบบนี้ถูกออกแบบให้มีลักษณะแบบมุมมองด้านมุมดิ่ง(Top View) เป็นอักษรภาษาอังกฤษตัว V แต่จะไม่มีการตัดกัน จะมีการเว้นบริเวณมุมของอักษรตัวอักษร V กล่าวคือเหมือนการแยกแบ่งครึ่งตัว V ออกจากกัน \ / ซึ่งทางวิ่งทั้ง 2 เส้นทางวิ่งนี้สามารถใช้งานพร้อมกันได้หากมีลมมาในทิศทางเดียวและกระแสลมน้อยหรือจนกระทั่งไม่มีลม




ทางวิ่งแบบตัวอักษรวี (Open V-Runways)

ที่มา:https://docs.lib.purdue.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1507&context=open_access_theses

3.1.2 เขตนอกการบิน, เขตให้บริการนอกเหนือการบิน (Landside) เป็นพื้นที่หรือเขตภายในท่าอากาศยาน ที่ไม่ใช้เขตการบิน เขตนี้หากเป็นท่าอากาศยานเอกชน หรือท่าอากาศยานที่เปิดให้เข้า-ออกได้อิสระจะไม่มีการควบคุมหรือตรวจสอบเข้มงวด แต่หากเป็นท่าอากาศยานทหารก็จะยังคงมีการควบคุม ตรวจสอบไม่ให้ผู้ที่ไม่เกี่ยวข้องเข้ามาในเขตนี้ได้ ในที่นี้จะอธิบายในวงกว้างส่วนของเอกชนซึ่งจะมีส่วนประกอบต่างๆต่อไปนี้

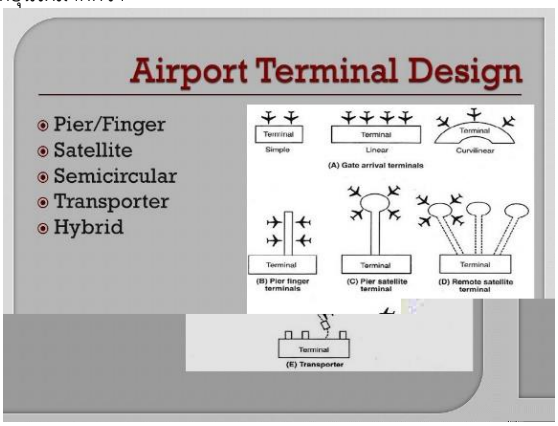
อาคารผู้โดยสาร (Passenger Terminal) เป็นอาคารหลักที่มีให้เพื่อผู้โดยสารขาเข้าและขาออก สามารถแบ่งออกตามรูปแบบ เช่น

แนวคิดแบบเรียบง่ายทั่วไป (Simple Concept) อาคารรูปแบบนี้เป็นอาคารชั้นเดียวของพื้นที่รอผู้โดยสารและจำหน่ายตั๋วโดยสาร มีทางออกเพื่อไปลานจอดอากาศยานพื้นที่เดียว อากาศยานจะจอดบนลานจอดเป็นลักษณะมุมแหลมทำให้มีเสียงดังทั้งขาเข้าและขาออก การออกแบบอาคารแบบนี้เหมาะสำหรับพื้นที่เล็ก มีความหนาแน่นของอากาศยานต่ำ

แนวคิดแบบเส้นตรง (Linear Concept) อาคารของท่าอากาศยานแนวคิดการออกแบบรูปแบบนี้เป็นการขยายขนาดอาคารผู้โดยสารออกไปเป็นแนวเส้นตรงเพิ่มเติมจากแนวคิดแบบเรียบง่ายทั่วไป เพื่อทำให้เกิดพื้นที่ที่มากขึ้นในส่วนลานจอดของอากาศยาน โดยอากาศยานจะถูกจอดไว้แต่ละด้าน (Gate) ของอาคารของท่าอากาศยาน การเกิดเสียงรบกวนที่ดังเข้ามาภายในส่วนอาคารจะเข้ามาเพียงด้านเดียวเท่านั้น เมื่อลานจอดอากาศยานเต็ม อากาศยานจะถูกเคลื่อนย้ายไปในตำแหน่งของลานจอดที่ไม่ใช้ชายขอบของอาคาร

แนวคิดแบบท่าเรือที่ยื่นออกไปในลานจอดอากาศยาน ซึ่งมีอีกชื่อหนึ่งคือรูปแบบนิ้วมือ (Pier Concept) ลักษณะของอาคารแบบท่าเรือที่ยื่นออกไปในลานจอดอากาศยาน ซึ่งมีอีกชื่อหนึ่งคือรูปแบบนิ้วมือโดยทั่วไปอาคารหลักจะถูกใช้บริการสำหรับจำหน่ายตั๋วโดยสาร และรวบรวมระบบขนส่งเสบียง(กระเป๋า) การเดินไปสู่อากาศยาน และการขึ้นอากาศยานจะมีประตูระหว่างด้านทั้งสองส่วนอาคารที่ยื่นออกจากอาคารไป อากาศยานจะถูกจอดอยู่แต่ละด้านของอาคารที่ยื่นออกไป การเกิดเสียงจะเข้ามาทั้งสองด้านของอาคาร ลักษณะเด่นของอาคารรูปแบบนี้นั้นจะทำให้เกิดประสิทธิภาพกับผู้โดยสารที่ต้องต่อเที่ยวบินต่อไป เนื่องจากทางออกมีระยะทางไม่ไกล แต่ในส่วนของอากาศยานอาคารรูปแบบนี้ไม่ได้เพิ่มประสิทธิภาพแต่อย่างใด

แนวคิดแบบการขนส่งหรือยานพาหนะขนส่ง (Transporter Concept) การใช้งานของแนวคิดแบบการขนส่งหรือยานพาหนะขนส่งจะดำเนินการด้วยการที่อากาศยานจะถูกจอดในบริเวณลานจอดอากาศยานระยะไกล และจะต้องใช้รถโดยสารในการขนส่งสิ่งของ สัมภาระ และผู้โดยสารไปขึ้นอากาศยาน ในส่วนข้อดีของการออกแบบแนวคิดแบบการขนส่งหรือยานพาหนะขนส่งนั้นคืออากาศยานสามารถจอดใกล้ทางวิ่ง ทางขับ (Runway and Taxi way) ได้ลดการเคลื่อนที่ของอากาศยาน ทั้งยังมีความยืดหยุ่นได้มากกว่า




แบบอาคารผู้โดยสารรูปแบบต่างๆ

ที่มา: Airport Terminals and Ground Access Hong Kong Airport

3.1.3 รูปแบบและทฤษฎีที่ใช้ในการวิเคราะห์

Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA) กระบวนการวิเคราะห์และตัดสินใจในสถานการณ์ที่มีหลายเกณฑ์ (หลายปัจจัย) ที่ต้องพิจารณาพร้อมกัน เช่น การประเมินโครงการ การจัดลำดับความสำคัญ เป็นต้น

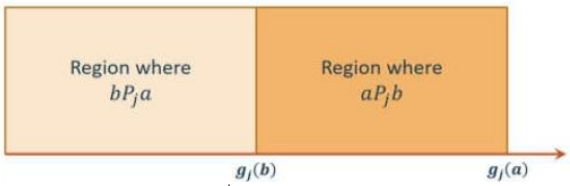
พิจารณาหลายเกณฑ์พร้อมกัน (ไม่ใช่ดูแค่เกณฑ์เดียว) โดยการนำข้อมูล ความสำคัญ (น้ำหนัก) และผลการประเมินแต่ละทางเลือกมาคำนวณรวมใช้วิธีการต่างๆ เพื่อเปรียบเทียบ จัดอันดับ หรือเลือกตัวเลือกที่เหมาะสมที่สุด

ELECTRE II คือเทคนิคย่อยหนึ่งของ MCDA เป็นวิธีการคัดออกและคัดเลือกทางเลือกในการตัดสินใจโดยพิจารณาปัจจัยรอบด้าน ซึ่งยังมีทางเลือกของวิธีการดำเนินการที่มีความแตกต่างกันในรายละเอียดอยู่หลายวิธี แต่ในงานวิจัยนี้ จะกล่าวถึงเพียง ELECTRE II ซึ่งกล่าวโดยรวมคือวิธีการในการเลือกทางเลือกที่ดีที่สุดหรือดีกว่า และบางทีสามารถจัดลำดับความสำคัญของทางเลือกได้ สำหรับการวิเคราะห์ด้วยวิธี ELECTRE นั้น

ผลการวิเคราะห์โดยรวมจะถูกนำมาใช้บ่งชี้ข้อสรุปได้ 4 รูปแบบสำหรับการพิจารณาทางเลือก *a* และ *b* คือ

- *a* ได้เปรียบ *b* และ *a* ไม่เสียเปรียบ *b* ซึ่งแทนด้วยสัญลักษณ์ว่า *aPb*
- *b* ได้เปรียบ *a* และ *b* ไม่เสียเปรียบ *a* ซึ่งแทนด้วยสัญลักษณ์ว่า *bPa*
- *a* ไม่แตกต่างกับ *b* กล่าวคือไม่มีทางเลือกใดได้เปรียบและเสียเปรียบกันซึ่งแทนด้วยสัญลักษณ์ว่า *aIb*
- *a* นั้นไม่สามารถเปรียบเทียบกับ *b* ได้ ซึ่งแทนด้วยสัญลักษณ์ว่า aRb

ความสัมพันธ์พื้นฐานการวิเคราะห์ทางเลือกด้วยวิธี ELECTRE II นั้น ขอบเขตการตรวจสอบในการวิเคราะห์ด้วยวิธี ELECTRE II ถูกกำหนดให้มี 3 ระดับ และขอบเขตการตรวจสอบความไม่สอดคล้อง (Discordance Threshold) ให้มี 2 ระดับ เพื่อการตรวจสอบความเหนือกว่า (Dominance) ได้อย่างละเอียดและแม่นยำมากขึ้น นอกจากนั้น การวิเคราะห์แบบ ELECTRE II เป็นวิธีการวิเคราะห์เปรียบเทียบทางเลือกที่พัฒนาขีดความสามารถในการวิเคราะห์ด้วยวิธี ELECTRE I ที่ไม่สามารถใช้ในการจัดลำดับความสำคัญของทางเลือกให้สามารถจัดลำดับทางเลือกได้โดยตรง ELECTRE II ได้เพิ่มกรอบวิธีในการพิจารณาความได้เปรียบของทางเลือกเพื่อใช้ในการจัดลำดับ ทางเลือกโดยกำหนด ให้วิเคราะห์ด้วยการเลือกทางเลือกที่ได้เปรียบที่สุด ไปยังด้อยที่สุดเรียกว่า การวิเคราะห์ขาลง (Rank Descending) และการเลือกทางเลือกที่ด้อยที่สุดไปยังทางเลือกที่ได้เปรียบที่สุด ซึ่งเรียกว่าการวิเคราะห์ขาขึ้น (Rank Ascending)




ขอบเขตเงื่อนไขพิจารณาของ ELECTRE II

ที่มา: สื่อการสอน ผศ.ดร.วัชระ สัตยาประเสริฐ

รายวิชา Project Evaluation Methods For Engineering

โดยที่ $aI_jb \leftrightarrow g_j(a) = g_j(b)$ (1)

$aP_jb \leftrightarrow g_j(a) > g_j(b)$ (2)

$bP_ja \leftrightarrow g_j(a) > g_j(a)$ (3)

เมื่อ I คือ ความสัมพันธ์แบบไม่แตกต่างกัน (Equivalent)

และ P คือ ความสัมพันธ์แบบเหนือกว่า (Preference)

การวิเคราะห์แบบ ELECTRE II ยังประกอบด้วยตัวแปรต่างๆที่สำคัญต่อการใช้ในการคิดคำนวณ การวิเคราะห์ การเปรียบเทียบทางเลือกหนึ่งกับอีกทางเลือกหนึ่ง การถ่วงค่าน้ำหนักของปัจจัยต่างๆที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ ความสอดคล้อง-ความไม่สอดคล้องของทางเลือกและปัจจัยที่มีผลต่อกันและกัน ค่าบ่งชี้ความเหนือกว่า-ด้อยกว่าของทางเลือก ลำดับของทางเลือกที่จะทำการวิเคราะห์ รวมไปถึงมีค่าขอบเขตในการตรวจสอบความถูกต้องและความไม่ถูกต้องของความสอดคล้องของข้อมูล เพื่อให้เข้าใจตัวแปรต่างๆได้จึงขอแจกแจงตัวแปรต่างๆและความหมายตามรูปของตารางตัวแปรในการวิเคราะห์ ELECTRE II

**1** ตัวแปรในการวิเคราะห์ ELECTRE II

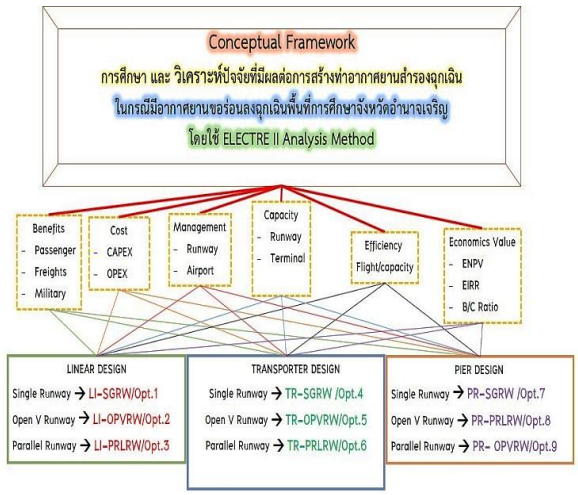
| | |
|---|---|
| $a_i$ | i |
| $g_i$ | j |
| $g_{i(a_i)}$ | i j |
| $Ng_{i(a_i)}$ | i j normalize Normalized Score) |
| $w_j$ | j normalize Normalized Weight) |
| $Nw_j$ | → |
| $C_{ik}(a_i,a_k)$ | i k (Concordance) |
| $d_{ik}(a_i,a_k)$ | i k (Discordance) |
| $S_{ik}(a_i,a_k)$ | Strongly Dominate) |
| $F_{ik}(a_i,a_k)$ | Strongly Dominate) |
| $f_{ik}(a_i,a_k)$ | Weakly Dominate) |
| $p^-,p^0$ $p^+$ | Concordance) $0.5 \le p^- \le p^0 \le p^+ \le 1.0$ |
| $q^-$ $q^+$ | Discordance) $0 \le q^- \le q^+ \le 1.0$ |

ลักษณะของ เมทริกซ์ประสิทธิภาพ (Performance Matrix) ที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์ด้วยวิธี ELECTRE II ควรจะทำการปรับค่าให้เป็นค่าปกติ (Normalized Value) ก่อนทำการวิเคราะห์เช่นเดียวกัน และการสร้างเมทริกซความสอดคล้อง (Concordance Matrix) และ เมทริกซความไม่สอดคล้อง (Discordance Matrix) เพื่อนำมาพิจารณาเปรียบเทียบ โดยมีขั้นตอนที่สำคัญในการวิเคราะห์ด้วยตาราง เมทริกซ์ประสิทธิภาพ (Performance Matrix) คือ ขั้นตอนการสร้าง เมทริกซความเชื่อถือ (Credibility Matrix) ซึ่งในการคำนวณเพื่อสร้าง Credibility Matrix นั้น การบ่งชี้ว่าทางเลือก a เหนือกว่าทางเลือก *b* อย่างหนักแน่น (หรือแทนด้วย *aPjFb*) ให้พิจารณาว่า ค่าความสอดคล้อง (Concordance) ≥ *p+* และค่าความไม่สอดคล้อง (Discordance) ≤ *q-* หรือพิจารณาว่า ค่าความสอดคล้อง (Concordance) ≥ *p0* และค่าความไม่สอดคล้อง (Discordance)≤ *q+* และ ค่าความสอดคล้อง (Concordance) (*a,b*) ≥ ค่าความสอดคล้อง (Concordance) (*b,a*) และการบ่งชี้ว่าทางเลือก a เหนือกว่าทางเลือก b อย่างไม่หนักแน่น (หรือแทนด้วย *aPjfb*) ให้พิจารณาว่า ค่าความสอดคล้อง (Concordance)≥ *p-* และค่าความไม่สอดคล้อง (Discordance) ≤ *q+* และ ค่าความสอดคล้อง (Concordance) (*a,b*) ≥ ค่าความสอดคล้อง (Concordance) (*b,d*)

เมทริกซความเชื่อถือ (Credibility Matrix) สำหรับพิจารณาสรุปทางเลือกที่ได้เปรียบในการวิเคราะห์ประเมินด้วยวิธี ELECTRE II นั้น จะต้องระบุว่าความสัมพันธ์ระหว่างทางเลือกนั้นเป็นการ เหนือกว่ากันอย่างหนักแน่น (Strong Dominance) หรือ เหนือกว่ากันอย่างไม่หนักแน่น (Weak Dominance) ด้วยเพื่อการสรุปวิเคราะห์ลำดับความสำคัญของทางเลือกได้อย่างละเอียดถูกต้องและง่ายมากขึ้น ซึ่งการวิเคราะห์เพื่อสรุปทางเลือกที่ได้เปรียบ จะวิเคราะห์ลำดับทางเลือกขาลง (Descending) ซึ่งพิจารณาตามหลักในแนวตั้งของเมทริกซ และการวิเคราะห์ลำดับทางเลือกขาขึ้น(Ascending) จะพิจารณาตามแถวในแนวนอนของเมทริกซ ซึ่งวิธีพิจารณาสรุปทางเลือกที่ได้เปรียบด้วยวิธี ELECTRE II จะต้องวิเคราะห์ 2 ครั้ง (2 ทิศทางการวิเคราะห์) เพื่อเปรียบเทียบกันด้วยวิธีการวิเคราะห์จากปัจจัยเหนือกว่า → ด้อยกว่า และการวิเคราะห์จากปัจจัยด้อยกว่า → เหนือกว่า สามารถทำได้ดังอธิบายในรูปของตาราง

**4** ทางเลือกที่จะนำปัจจัยมาวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบและประกอบการตัดสินใจด้วยวิธี ELECTRE II

| Alternative/ Option | รูปแบบการออกแบบและก่อสร้างอาคารผู้โดยสาร | รูปแบบการออกแบบ และก่อสร้าง ทางวิ่ง ทางขับ และลานจอดของอากาศยาน |
|---|---|---|
| LI-SGRW/Opt.1 | LINEAR | Single Runway |
| LI-OPVRW/Opt.2 | | Open-V Runway |
| LI-PRLRW/Opt.3 | | Parallel Runway |
| TR-SGRW /Opt.4 | TRANSPORTER | Single Runway |
| TR-OPVRW/Opt.5 | | Open-V Runway |
| TR-PRLRW/Opt.6 | | Parallel Runway |
| PR-SGRW /Opt.7 | PIER | Single Runway |
| PR-PRLRW/Opt.8 | | Open-V Runway |
| PR-OPVRW/Opt.9 | | Parallel Runway |




Conceptual Framework

ตามแผนผังที่ 2 Conceptual Framework นั้นมีการสร้างปัจจัยเพื่อนำไปสู่การวิเคราะห์ในการเปรียบเทียบในทางเลือกของการออกแบบก่อสร้างอาคารผู้โดยสาร และรูปแบบทางวิ่ง-ทางขับ โดยมี 10 ทางเลือกในการวิเคราะห์ แต่ในส่วนของปัจจัยจะประกอบไปด้วย

Criteria A: Capacity Runway
Criteria B: Capacity Terminal
Criteria C: Management Runway
Criteria D: Management Airport
Criteria E: Efficiency Flight/capacity
Criteria F: Cost (CAPEX)
Criteria F: Cost (OPEX)
Criteria G: Economics Value (ENPV)
Criteria H: Economics Value (EIRR)
Criteria I: Economics Value (B/C)

จาก Criteria G ถึง Criteria I นั้นค่าจากการประเมินเชิงเศรษฐศาสตร์ (Economics Value) ซึ่งก็คือความคุ้มค่าในการลงทุนแบ่งเป็นค่า ENPV, EIRR และ B/C Ratio ซึ่งได้จากการวิเคราะห์จาก COST BENEFIT ANALYSIS (CBA) อันเป็นการวิเคราะห์การคำนวณและวิเคราะห์ด้วยข้อมูลของเที่ยวบิน มูลค่าที่จะสูญเสียหากเกิดอุบัติการณ์ทั้งเวลาและมูลค่าเงิน โอกาสความเสี่ยงของเหตุการณ์และข้อมูลที่สำคัญอื่นๆที่เกี่ยวข้อง และส่วนของทางเลือก 9 ทางเลือก มีทางเลือกตามตารางที่ 4 ดังนี้

การลำดับทางเลือก (Alternatives) ผู้วิจัยได้ทำการกำหนดลำดับทางเลือกมาให้ค่าของคะแนนของทางเลือก i ภายใต้ปัจจัยของ j (gi(ai)) ซึ่งจะได้การแทน ค่าต่างๆได้ดังนี้

ลำดับทางเลือกที่ **LI-SGRW/Opt.1** รูปแบบการออกแบบ และก่อสร้างอาคารผู้โดยสาร *LINEAR* รูปแบบการออกแบบ และก่อสร้าง ทางวิ่ง ทางขับ และลานจอดของอากาศยาน *Single Runway*

ลำดับทางเลือกที่ **LI-OPVRW/Opt.2** รูปแบบการออกแบบ และก่อสร้างอาคารผู้โดยสาร *LINEAR* รูปแบบการออกแบบ และก่อสร้าง ทางวิ่ง ทางขับ และลานจอดของอากาศยาน *Open-V Runway*

ลำดับทางเลือกที่ **LI-PRLRW/Opt.3** รูปแบบการออกแบบ และก่อสร้างอาคารผู้โดยสาร *LINEAR* รูปแบบการออกแบบ และก่อสร้าง ทางวิ่ง ทางขับ และลานจอดของอากาศยาน *Parallel Runway*

ลำดับทางเลือกที่ **TR-SGRW /Opt.4** รูปแบบการออกแบบ และก่อสร้างอาคารผู้โดยสาร *TRANSPORTER* รูปแบบการออกแบบ และก่อสร้าง ทางวิ่ง ทางขับ และลานจอดของอากาศยาน *Single Runway*

ลำดับทางเลือกที่ **TR-OPVRW/Opt.5** รูปแบบการออกแบบ และก่อสร้างอาคารผู้โดยสาร *TRANSPORTER* รูปแบบการออกแบบ และก่อสร้าง ทางวิ่ง ทางขับ และลานจอดของอากาศยาน *Open-V Runway*

ลำดับทางเลือกที่ **TR-PRLRW/Opt.6** รูปแบบการออกแบบ และก่อสร้างอาคารผู้โดยสาร *TRANSPORTER* รูปแบบการออกแบบ และก่อสร้าง ทางวิ่ง ทางขับ และลานจอดของอากาศยาน *Parallel Runway*

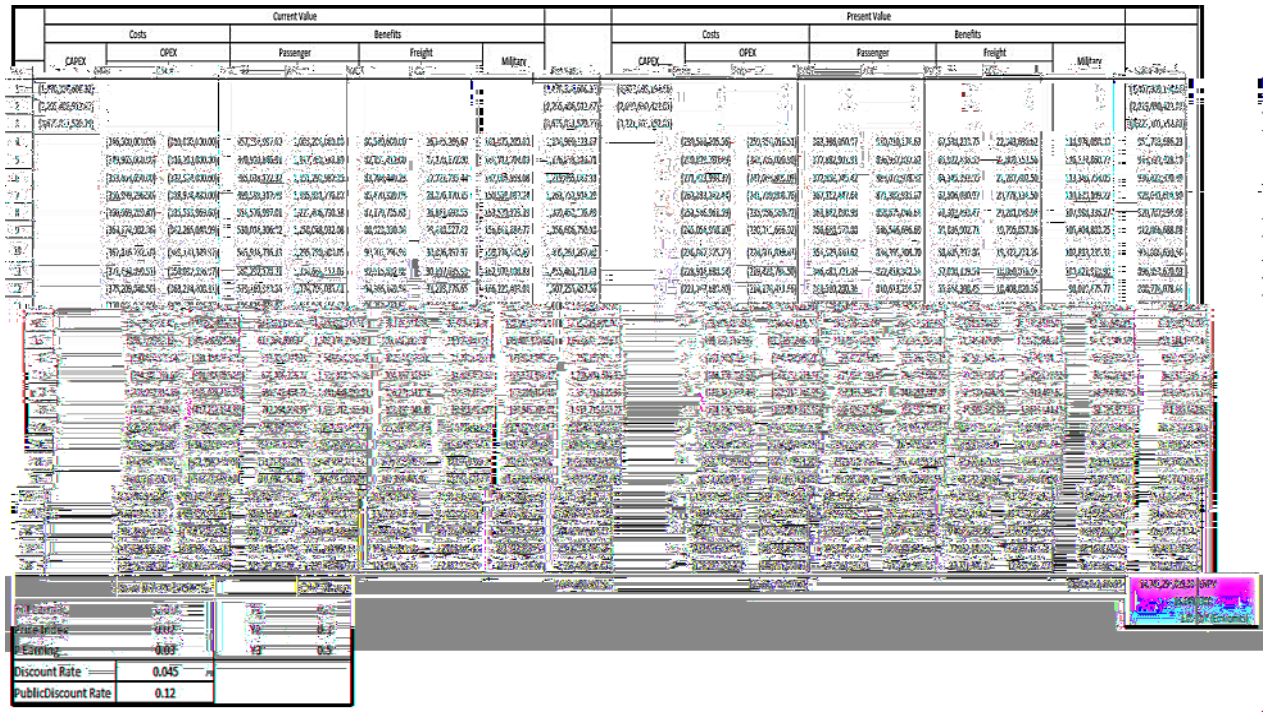
ลำดับทางเลือกที่ **PR-SGRW /Opt.7** รูปแบบการออกแบบ และก่อสร้างอาคารผู้โดยสาร *PIER* รูปแบบการออกแบบ และก่อสร้าง ทางวิ่ง ทางขับ และลานจอดของอากาศยาน *Single Runway*

ลำดับทางเลือกที่ **PR-PRLRW/Opt.8** รูปแบบการออกแบบ และก่อสร้างอาคารผู้โดยสาร *PIER* รูปแบบการออกแบบ และก่อสร้าง ทางวิ่ง ทางขับ และลานจอดของอากาศยาน *Open-V Runway*

ลำดับทางเลือกที่ **PR- OPVRW/Opt.9** รูปแบบการออกแบบ และก่อสร้างอาคารผู้โดยสาร *PIER* รูปแบบการออกแบบ และก่อสร้าง ทางวิ่ง ทางขับ และลานจอดของอากาศยาน *Parallel Runway*

จากการที่ผู้วิจัยได้อธิบายทางเลือก (Alternatives) จาก ลำดับทางเลือกที่ **LI-SGRW/Opt.1** ถึง ลำดับทางเลือกที่ **PR- OPVRW/Opt.9** ให้เป็นทางเลือก i ภายใต้ปัจจัยของ j (gi(ai))

สำหรับปัจจัยต่างๆที่นำมาวิเคราะห์จะมีปัจจัยบางประการที่ยังไม่สามารถนำวิเคราะห์ได้ทันทีเนื่องจากต้องนำไปคัดกรองเป็นข้อมูลที่มีความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ก่อนซึ่งผู้วิจัยได้นำหลักการ CBA (Costs Benefits Analysis) มาทำการวิเคราะห์ โดยขอยกตัวอย่างของการวิเคราะห์ตามรูปที่ 7




ตัวอย่างตารางการวิเคราะห์ด้วย CBA

จากรูปที่ 7 จะเป็นการคำนวณและวิเคราะห์ให้ทราบถึงความคุ้มค่าในการลงทุนและร้อยละของประโยชน์ที่จะได้รับซึ่งอยู่ในระยะการก่อสร้าง 3 ปี และอยู่ในระยะเปิดโครงการ 25 ปี คิดจาก CAPEX (ค่าใช้จ่ายในการลงทุนเพื่อซื้อหรือปรับปรุงสินทรัพย์ถาวร เช่น อาคาร, เครื่องจักร, อุปกรณ์ที่มีอายุการใช้งานยาวนาน เพื่อเพิ่มศักยภาพหรือขยายการดำเนินงานของธุรกิจ) และ OPEX (ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานประจำวันของธุรกิจ เช่น ค่าจ้าง, ค่าสาธารณูปโภค, ค่าบำรุงรักษา ซึ่งเกิดขึ้นเป็นประจำและไม่เพิ่มมูลค่าสินทรัพย์ถาวรโดยตรง) ซึ่งจะบ่งบอกค่าของ ENPV, EIRR และ B/C Ratio ทั้งนี้ค่าของ iVOT คือ Incident Value of time เป็นค่าที่บ่งบอกถึงอุบัติเหตุที่ไม่รุนแรง ถ้าเกิดขึ้นแล้วจะมีมูลค่าที่จะต้องเสียโดยประมาณการแล้วที่กี่บาท และ ACC คือ Accident เป็นค่าที่บ่งบอกถึงอุบัติเหตุที่รุนแรง มีการบาดเจ็บสาหัดและเสียชีวิตรวมไปถึงมีความเสียหายส่งผลกระทบวงกว้างเมื่อเกิดขึ้นแล้วจะมีมูลค่าที่จะต้องเสียโดยประมาณการกี่บาท โดยจากการวิเคราะห์มีการวิเคราะห์ 9 ทางเลือก ผู้วิจัยได้นำผลมาสรุป ผลของการวิเคราะห์ตามตารางที่ 5

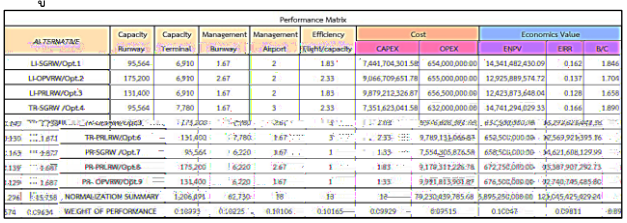
ผลการวิเคราะห์ค่าของ ENPV, EIRR และ B/C Ratio

| Alternative/Opt. | ENPV Value (THB) | EIRR Value | B/C Ratio |
|---|---|---|---|
| LI-SGRW/Opt.1 | 14,341,482,430.09 | 16.25% | 1.85 |
| LI-OPVRW/Opt.2 | 12,925,889,574.72 | 13.73% | 1.70 |
| LI-PRLRW/Opt.3 | 12,423,873,648.04 | 12.84% | 1.66 |
| TR-SGRW /Opt.4 | 14,741,294,029.33 | 16.64% | 1.89 |
| TR-OPVRW/Opt.5 | 13,292,623,443.38 | 14.02% | 1.74 |
| TR-PRLRW/Opt.6 | 12,569,921,395.16 | 12.98% | 1.67 |
| PR-SGRW /Opt.7 | 14,621,688,129.99 | 16.30% | 1.88 |
| PR-PRLRW/Opt.8 | 13,387,907,292.73 | 13.92% | 1.75 |
| PR-OPVRW/Opt.9 | 12,740,745,458.80 | 12.94% | 1.69 |

หลักการโดยสรุปในอ่านการวิเคราะห์ ENPV, EIRR และ B/C Ratio หาก ENPV เป็นบวก แสดงว่าโครงการมีมูลค่าทางเศรษฐกิจที่คุ้มค่า หากเป็นลบ แสดงว่าโครงการไม่คุ้มค่า หาก EIRR สูงกว่าอัตราคิดลดที่กำหนด แสดงว่าโครงการมีความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ หาก B/C Ratio มากกว่า 1 แสดงว่าโครงการมีผลประโยชน์มากกว่าต้นทุน และคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ

ทั้งนี้ผลจากการวิเคราะห์จากตารางที่ 2 ยังไม่สามารถนำไปสู่การตัดสินใจในการเลือกทางเลือกใดทางเลือกหนึ่งได้เนื่องจากยังคงมีข้อมูลอื่นๆที่ไม่เกี่ยวข้องการค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ที่ต้องนำมาใช้ในการวิเคราะห์ ผู้วิจัยจึงต้องนำผลที่ได้ไปใช้วิเคราะห์ใน MCDA (Multi-Criteria Decision Analysis) ในรูปแบบวิธี ELECTRE II ต่อไป

จากนั้นนำปัจจัยที่นำมาแปลความเหมาะสมข้อมูลเชิงอรรถในการตัดสินใจของปัจจัยนั้น รวมถึงปัจจัยที่มีค่าของตัวเลขที่แน่นอนอยู่แล้ว ไม่มีการเบี่ยงเบนนำมารวมข้อมูลกันจะได้นำเข้าสู่ตารางรวบรวมข้อมูล Performance Matrix แล้วนำตัวเลขและค่าต่างๆที่ได้มาทำการให้ค่าน้ำหนักเพื่อการให้การวิเคราะห์มีผลต่อการตัดสินใจได้ใกล้เคียงและดีที่สุดตามรูปที่ 8




Performance Matrix ที่ดำเนินการให้ค่าน้ำหนักเพื่อการวิเคราะห์

ต่อไปนำข้อมูลตัวเลขที่ไม่เกี่ยวข้องกับการให้ค่าน้ำหนักเพื่อการวิเคราะห์มารวบรวมในแนวแถวของปัจจัยเพื่อนำค่ารวมของแต่ละปัจจัยไปสร้างตาราง Normalization ดังรูปที่ 9 การ Normalization ของข้อมูล Performance Matrix




การ Normalization ของข้อมูล Performance Matrix

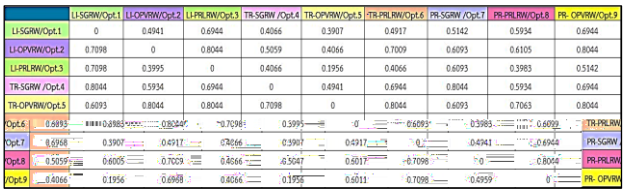
หลังจากได้การ Normalization ของข้อมูล Performance Matrix แล้วก็จะนำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดไปทำการสร้างเมทริกซ์ความสอดคล้อง (Concordance Matrix) และ เมทริกซ์ความไม่สอดคลอง (Discordance Matrix) เพื่อนำมาพิจารณาเปรียบเทียบ ต่อไปจะต้องใช้เมทริกซ์ความเชื่อถือ (Credibility Matrix) สำหรับพิจารณาสรุปทางเลือกที่ไดเปรียบในการวิเคราะห์ประเมินด้วย ELECTRE II ต้องระบุว่าความสัมพันธ์ระหว่างทางเลือกนั้นเป็นการ เหนือกว่ากันอย่างหนักแน่น (Strong Dominance; Ss) หรือ เหนือกว่ากันอย่างไมหนักแน่น (Weak Dominance; Ws) เพื่อการสรุปวิเคราะห์ลำดับความสำคัญของทางเลือกไดอย่างละเอียดถูกต้องและง่ายมากขึ้น ซึ่งการวิเคราะห์เพื่อสรุปทางเลือกที่ไดเปรียบ จะวิเคราะห์ลำดับทางเลือกขาลง (Descending) ซึ่งพิจารณาตามหลักในแนวตั้งของเมทริกซ์ และการวิเคราะห์ลำดับทางเลือกขาขึ้น (Ascending) จะพิจารณาตามแถวในแนวนอนของเมทริกซ์ ซึ่งวิธีพิจารณาสรุปทางเลือกที่ได้เปรียบด้วยวิธี ELECTRE II จะต้องวิเคราะห์ 2 ครั้ง (2 ทิศทางการวิเคราะห์) เพื่อเปรียบเทียบกันด้วยวิธีการวิเคราะห์จากปัจจัยเหนือกว่า ⟶ ด้อยกว่า และการวิเคราะห์จากปัจจัยด้อยกว่า ⟶ เหนือกว่า

สุดท้ายก็จะได้ค่าลำดับของทางเลือกที่ดีที่สุด ดีลำดับรองลงมา และลำดับสุดท้ายคือทางเลือกที่เป็นทางเลือกนี้ในลำดับท้ายที่ควรจะเลือก

## 5.

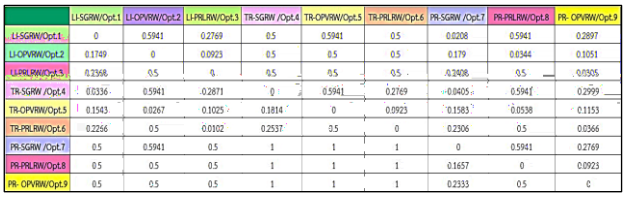
จากหัวข้อที่ 4 วิธีในการวิเคราะห์ (ในส่วนท้าย) นำมาสร้าง Concordance Matrix, Discordance Matrix, Credibility Matrix สำหรับพิจารณาสรุปทางเลือกที่ไดเปรียบในการวิเคราะห์ประเมินด้วยวิธี ELECTRE II เพื่อระบุว่าความสัมพันธ์ระหว่างทางเลือกนั้นว่าทางเลือกที่นำมาใช้เป็นการ เหนือกว่ากันอย่างหนักแน่น (Strong Dominance; Ss) หรือ เหนือกว่ากันอย่างไมหนักแน่น (Weak Dominance; Ws) และสรุปทางเลือกที่ได้เปรียบวิเคราะห์ลำดับทางเลือกขาลง (Descending) ซึ่งพิจารณาตามหลักในแนวตั้งของเมทริกซ์ และการวิเคราะห์ลำดับทางเลือกขาขึ้น (Ascending) จะพิจารณาตามแถวในแนวนอนของเมทริกซ์ ซึ่งวิธีพิจารณาสรุปทางเลือกที่ได้เปรียบด้วยวิธี ELECTRE II จะต้องวิเคราะห์ 2 ครั้ง (2 ทิศทางการวิเคราะห์) เพื่อเปรียบเทียบกันด้วยวิธีการวิเคราะห์จากปัจจัยเหนือกว่า ⟶ ด้อยกว่า และการวิเคราะห์จากปัจจัยด้อยกว่า ⟶ เหนือกว่า

จากการ Normalization ของข้อมูล Performance Matrix มาคำนวณเพื่อให้ได้ค่าในตาราง Concordance Matrix, Discordance Matrix และ Credibility Matrix จะได้ตามรูปที่ 10 รูปที่ 11 และ รูปที่ 12 ตามลำดับ



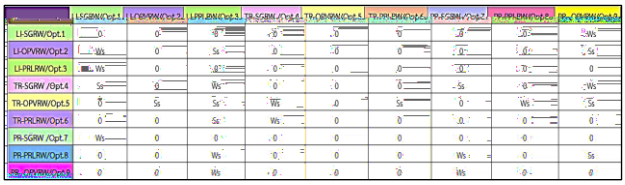
ค่าในตาราง Concordance Matrix

จาก Concordance Matrix นั้นพบว่า TR-OPVRW/Opt.5 มีค่าความสอดคล้องสูงกับหลายทางเลือก แสดงว่าเป็นทางเลือกที่ดีในเกณฑ์ส่วนใหญ่ เนื่องจาก TR-OPVRW/Opt.5 มีค่าความสอดคล้องสูงกับหลายทางเลือก (เช่น ค่า 0.8044 กับ LI-OPVRW/Opt.2, LI-PRLRW/Opt.3, TR-PRLRW/Opt.6, PR-OPVRW/Opt.9) แสดงว่า TR-OPVRW/Opt.5 เป็นทางเลือกที่ดีในหลายเกณฑ์



ค่าในตาราง Discordance Matrix

Discordance Matrix นั้น PR-SGRW /Opt.7 มีค่าความขัดแย้งสูงกับหลายทางเลือก แสดงว่ามีข้อเสียเปรียบในบางเกณฑ์ เนื่องจาก PR-SGRW /Opt.7 มีค่าความขัดแย้งสูงกับหลายทางเลือก (เช่น ค่า 1.0 กับ TR-SGRW /Opt.4, TR-OPVRW/Opt.5, TR-PRLRW/Opt.6) แสดงว่า PR-SGRW /Opt.7 มีข้อเสียเปรียบในหลายเกณฑ์



Credibility Matrix จำแนกความสัมพันธ์ระหว่างทางเลือก

เมื่อได้ค่าและความสัมพันธ์ระหว่างทางในส่วนของตารางคำนวณของ Concordance Matrix, Discordance Matrix และ Credibility Matrix ตามลำดับแล้วก็นำไป สร้างลำดับ (Ranking) ของผลในแต่ละทางเลือกที่ได้คะแนนโดยเฉลี่ยจากการสรุปทางเลือกที่ได้เปรียบวิเคราะห์ลำดับทางเลือกขาลง (Descending) ซึ่งพิจารณาตามหลักในแนวตั้งของเมทริกซ์ และการวิเคราะห์ลำดับทางเลือกขาขึ้น (Ascending) ดังตารางที่ 6

ลำดับ (Ranking) ของผลในแต่ละทางเลือกที่ได้คะแนน

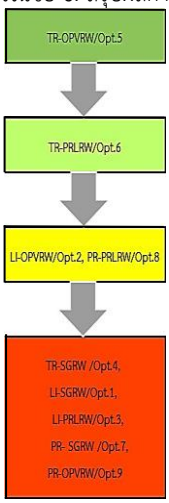
| ALTERNATIVE | Ascend. | Descend. | Average |
|---|---|---|---|
| LI-SGRW/Opt.1 | 4 | 4 | 4 |
| LI-OPVRW/Opt.2 | 3 | 2 | 2.5 |
| LI-PRLRW/Opt.3 | 4 | 4 | 4 |
| TR-SGRW /Opt.4 | 3 | 3 | 3 |
| TR-OPVRW/Opt.5 | 1 | 1 | 1 |
| TR-PRLRW/Opt.6 | 2 | 2 | 2 |
| PR-SGRW /Opt.7 | 4 | 4 | 4 |
| PR-PRLRW/Opt.8 | 3 | 2 | 2.5 |
| PR-OPVRW/Opt.9 | 4 | 4 | 4 |

เมื่อได้ลำดับทางเลือกขาลง (Descending) และลำดับทางเลือกขาขึ้น (Ascending) แล้วก็นำมาจัดเรียงลำดับเพื่อให้ทราบทางเลือกที่ดีที่สุดดังตารางที่ 7

การจัดเรียงลำดับเพื่อให้ทราบทางเลือกที่ดีที่สุด

| Alternative | Ascend. | Descend. | Average |
|---|---|---|---|
| The Best Alternative | | | |
| TR-OPVRW/Opt.5 | 1 | 1 | 1 |
| The Secondary Alternative | | | |
| TR-PRLRW/Opt.6 | 2 | 2 | 2 |
| To Avoid | | | |
| LI-OPVRW/Opt.2 | 3 | 2 | 2.5 |
| PR-PRLRW/Opt.8 | 3 | 2 | 2.5 |
| Should not be Choose | | | |
| TR-SGRW /Opt.4 | 3 | 3 | 3 |
| LI-SGRW/Opt.1 | 4 | 4 | 4 |
| LI-PRLRW/Opt.3 | 4 | 4 | 4 |
| PR-SGRW /Opt.7 | 4 | 4 | 4 |
| PR-OPVRW/Opt.9 | 4 | 4 | 4 |

หรือสามารถเรียงลำดับด้วยรูปภาพลำดับเชิงเส้นเพื่อให้ดูได้ง่ายดังรูปที่ 13 ซึ่งหากได้รูปที่ 13 แล้ว ในลำดับสุดท้ายให้ดำเนินการสรุปผลจากการวิเคราะห์ของรูปภาพตาราง และค่าต่างๆที่อยู่ในตารางเพื่อให้ทราบบทสรุปของการวิเคราะห์ซึ่งจะกล่าวในข้อ 6. สรุปผลการวิเคราะห์ เป็นลำดับถัดไป




การจัดเรียงลำดับเพื่อให้ทราบทางเลือกที่ดีที่สุดแบบลำดับเชิงเส้น

## 6.

จากการวิเคราะห์ความเหมาะสมของความจำเป็นและความสำคัญของการสร้างท่าอากาศยานสำรองฉุกเฉินพื้นที่ของจังหวัดอำนาจเจริญด้วยวิธีการวิเคราะห์ ELECTRE II ให้เริ่มจากการพิจารณาจากทางเลือกที่เหนือที่สุดของแต่ละปัจจัยเพื่อนำไปสู่การนำมาตัดสินใจและพิจารณาเลือกทางเลือกได้ตามความเหมาะสมตามภูมิอากาศ ภูมิประเทศ ความคุ้มค่าในส่วนของมูลค่าการลงทุน

แม้ว่า TR-OPVRW/Opt.5 จะมีความโดดเด่นกว่าในหลายเกณฑ์ทางเลือก แต่ก็ยังมีทางเลือกอื่นๆที่น่าสนใจในการนำไปต่อยอดในการวิเคราะห์เพื่อศึกษา โดยสามารถนำปัจจัยอื่นๆที่เกี่ยวข้องนำมาเพิ่มเติมในส่วนของปัจจัยได้ แล้วนำมาวิเคราะห์ด้วย ELECTRE II อีกครั้งหนึ่งเพื่อให้การศึกษาและการวิเคราะห์มีความเข้มข้น ชัดเจน และสามารถลดข้อขัดแย้งของข้อมูล

เครื่องมือการวิเคราะห์ด้วย Multi-Criteria Decision Analysis ด้วย ELECTRE II มีประสิทธิภาพสำหรับการตัดสินใจที่สามารถช่วยให้ผู้ที่กำลังพิจารณาตัดสินใจเลือกทางเลือกที่ดีที่สุดจากตัวเลือกต่างๆนั้น ตามเกณฑ์ต่างๆ โดยที่ไม่จำเป็นจะต้องใช้ปัจจัยข้อมูลเชิงตัวเลขที่มาจากการคำนวณมาทำการวิเคราะห์เพียงอย่างเดียว แต่สามารถนำปัจจัยที่เป็นเชิงอรรถมาให้คะแนนแล้วทำการเฉลี่ย หรือนำค่าของปัจจัยเหล่านั้นมาทำการวิเคราะห์ร่วมกับปัจจัยข้อมูลเชิงตัวเลขที่มาจากค่าคำนวณ รวมไปถึงค่าจากการวัด

การศึกษาและวิเคราะห์แนวทางในการพัฒนาพื้นที่ลงจอดฉุกเฉินหรือสนามบินสำรองสำหรับการบินพาณิชย์ในประเทศไทย โดยการวิเคราะห์ทางเลือกด้วยวิธี ELECTRE II สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีด้วยความช่วยเหลือในส่วนต่างๆ ทั้งในเรื่องของการแนะนำ และการชี้แนะแนวทางในการดำเนินการของท่านอาจารย์ที่ปรึกษางานวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วัชระ สัตยาประเสริฐ ซึ่งนอกจะให้ความช่วยเหลือ การแนะนำและชี้แนะแนวทางแล้วยังคงให้ความรู้ที่เป็นองค์ความรู้ใหม่ที่สำคัญอย่างยิ่งต่องานวิจัยในครั้งนี้ อีกทั้งยังสามารถนำไปใช้ในการประกอบการงานได้

นอกจากอาจารย์ที่ปรึกษางานวิทยานิพนธ์แล้วยังมีคณะอาจารย์หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโครงสร้างพื้นฐานและการบริหารงานก่อสร้าง และคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานครที่ทำการสอนในศาสตร์ ในการศึกษานี้ต้องขอขอบพระคุณกองทัพอากาศ ผู้บังคับบัญชาที่อนุมัติให้กระผมมีโอกาสได้ศึกษาหลักสูตรภายในประเทศในครั้งนี้ ทั้งยังให้คำปรึกษาต่างๆ

ขอขอบพระคุณบิดา (พลอากาศโทภาณุวัชร์ เปี่ยมศรี อดีตเจ้ากรมช่างอากาศ) ที่ได้ล่วงลับไปแล้วที่ได้เป็นแบบอย่างที่ดีในการศึกษาหาความรู้ ขอขอบพระคุณมารดา (นางพรทิพย์ เปี่ยมศรี) ที่ได้สนับสนุนต่างๆที่ดี รวมถึงญาติพี่น้องที่ได้ให้กำลังใจ และแง่คิดที่ดี และขอบคุณภรรยา (นางจริยาภรณ์ เปี่ยมศรี) ที่ได้ให้ความเข้าใจและสนับสนุนที่ดีตลอดมา

สุดท้ายนี้หวังเป็นอย่างยิ่งว่างานวิจัยในวิทยานิพนธ์นี้จะเกิดประโยชน์ต่ออุตสาหกรรมการบิน หน่วยงานด้านการบินทุกภาคส่วน และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะเกิดประโยชน์ต่อผู้ที่ได้มาค้นคว้าและศึกษางานวิจัยในวิทยานิพนธ์นี้สืบต่อไปในอนาคต

[1] CONSTRUCTION SUPPORT TEAM DEFENCE ESTATES MINISTRY OF DEFENCE, Design and Maintenance Guide 27, 3RD EDITION – FEBRUARY 2011

[2] จำนวนเหตุการณ์อุบัติการณ์ของอากาศยาน, https://www.baaa-acro.com/Bureau of Aircraft Accidents Archives (B3A), สำนักงานสถิติอุบัติเหตุของเครื่องบินโดยสารและขนส่งทางอากาศ

[3] International Civil Aviation Organization, ICAO, Annex 14 Chapter 9, Aerodrome Emergency Plan 2024 EDITION

[4] สำนักงานการบินกองทัพอากาศ, คู่มือกองทัพอากาศ, หลักเกณฑ์มาตรฐาน สนามบินเกี่ยวกับการออกแบบสนามบินและการปฏิบัติการในสนามบิน, 1st Edition 24th August 2022

[5] Dempsey, Type of Airport Terminal Design Concept, 2000

[6] ประกาศกรมการบินพลเรือนฉบับที่ 37 เรื่อง มาตรฐานการออกแบบและการก่อสร้างสนามบิน

[7] กฤษณะ ชาลีวงศ์ หัวข้อการวิจัย การประเมินความแข็งแรงโครงสร้างชั้นทางของทางขับภายในท่าอากาศยาน และผลกระทบต่ออายุการใช้งานคงเหลือ จากการใช้งานอากาศยานที่มีค่า ACN เพิ่มขึ้น วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมโยธา) มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ (2561)

[8] ศิวาภรณ์ ดีดิษฐ์ การวิเคราะห์กระบวนการและการตัดสินใจนำเข้าสินค้าทางอากาศด้วยเทคนิคพลวัตระบบ กรณีบริษัทนำเข้าเครื่องดื่มแอลกอฮอล์แห่งหนึ่ง การจัดการงานวิศวกรรม ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการจัดการ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร (2563)

[9] ธนากร เอี่ยมปาน ความปลอดภัยทางการบิน การประชุมวิชาการระดับชาติและนานาชาติ มหาวิทยาลัยศรีปทุม ครั้งที่ 13 (2561)

[10] บดินทร์ ยืนชนม์ ปัจจัยที่มีผลต่อการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ควบคุมจราจรทางอากาศของกองทัพเรือ (FACTORS AFFECTING THE PERFORMANCE OF THE AIR TRAFFIC CONTROLLERS OF ROYAL THAI NAVY) หลักสูตรปริญญาการจัดการมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการการบิน สถาบันการบินพลเรือน สถาบันสมทบมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี (2558)

[11] Rachel Jayne Kennedy “Four runway configuration types and their relation to arrival delays” Part of the Management Sciences and Quantitative Methods Commons, and the Transportation Engineering Commons, Purdue University Indiana (A.D.2015) “การกำหนดค่าทางวิ่ง 4 ประเภทและความสัมพันธ์กับความล่าช้าในการมาถึงของอากาศยาน” (2558)

[12] ธัญปวีณ์ ชัยธัญวิวัฒน์ อุบัติเหตุเครื่องบินกับธุรกิจการบิน เศรษฐศาสตรมหาบัณฑิต (เศรษฐศาสตร์ธุรกิจ) มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ (2559)

[13] ธนากร เอี่ยมปาน การศึกษาการบริหารความเสี่ยงความปลอดภัยของเครื่องบินขณะลงสนามบินตามมาตรฐานองค์กรการบินพลเรือนระหว่างประเทศ กรณีศึกษา พื้นทางวิ่งเปียก วิทยาลัยการบินและคมนาคม มหาวิทยาลัยศรีปทุม (2565)

[14] วรวิทย์ จุลเจิม และ จักรพงษ์ พงษ์เพ็ง ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 27 (2565)

[15] สื่อการสอน วัชระ สัตยาประเสริฐ รายวิชา Project Evaluation Methods for engineering สาขาวิชาวิศวกรรมโครงสร้างพื้นฐานและการบริหารงานก่อสร้าง ภาควิชาวิศวกรรมโยธา สถาบันวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร