# ปัจจัยที่ควรคำนึงถึงในการออกแบบสนามบินที่ส่งผลต่อความยั่งยืนของสนามบิน

# Factors considered in airport design affecting airport sustainability

**วรวิทย์ จุลเจิม[1,*] และ จักรพงษ์ พงษ์เพ็ง[2]**

*[1,2]ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร*
**Corresponding author; E-mail address: 63601139@kmitl.ac.th*

## บทคัดย่อ

ในปัจจุบันการพัฒนาธุรกิจของแต่ละประเทศมีการขยายตัวอย่างมาก ทำให้มีการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานหลาย ๆ หลายประเภท โดยโครงสร้างพื้นฐานหนึ่งที่จำเป็นคือ สนามบิน อย่างไรก็ตามในการพัฒนาสนามบินทรัพยากรธรรมชาติจะถูกใช้ไปในปริมาณมากซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงการพัฒนาที่ไม่ยั่งยืน จุดเริ่มต้นที่สำคัญสำหรับการพัฒนาสนามบินอย่างยั่งยืนก็คือ การออกแบบสนามบิน ซึ่งสามารถรวบรวมแนวทางเพื่อความยั่งยืนที่หลากหลาย รวมถึงกิจกรรมปรับปรุง ซ่อมแซมหรือเปลี่ยนอุปกรณ์ เพื่อการใช้งานและการบำรุงรักษาที่มีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตามจากการทบทวนวรรณกรรมยังไม่พบงานวิจัยใดที่แนะนำ ปัจจัยที่ควรคำนึงถึงในการออกแบบสนามบินที่ส่งผลต่อความยั่งยืนของสนามบิน ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์แบบจำลองสมการโครงสร้าง (SEM) และหาระดับความมีอิทธิพลของปัจจัย โดยใช้วิธีการวิจัยเชิงสำรวจ ข้อมูลสำหรับงานวิจัยนี้ถูกรวบรวมโดยใช้แบบสอบถามกับผู้ที่เกี่ยวข้องกับการปฏิบัติงานในสนามบิน ผู้บริหารเชิงกลยุทธ์ของบริษัทท่าอากาศยาน ผู้ที่ทำงานเกี่ยวกับด้านออกแบบ และผู้ที่เคยรับจ้างก่อสร้างสนามบิน ข้อมูลที่ได้จะถูกวิเคราะห์ เพื่อ (1) ทดสอบโครงสร้างปัจจัย และ (2) หาระดับความมีอิทธิพลของปัจจัยที่มีต่อความยั่งยืนของสนามบิน โดยใช้แบบจำลองสมการโครงสร้าง ผลการตรวจสอบแบบจำลองสมการโครงสร้างมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงสังเกต โดยพิจารณาจากค่าดัชนีต่าง ๆ ผลการวิเคราะห์นี้แสดงให้เห็นว่าปัจจัยทั้งหมดสามารถจัดโครงสร้างได้ 5 กลุ่มปัจจัยหลัก พร้อมน้ำหนักความสำคัญ ดังนี้ “ปัจจัยที่เกี่ยวกับทางวิ่ง-ทางขับ” (22.09%) “ปัจจัยที่เกี่ยวกับส่วนซ่อมบำรุง” (20.67%) “ปัจจัยที่เกี่ยวกับตำแหน่งที่ตั้ง” (19.48%) “ปัจจัยที่เกี่ยวกับอาคารผู้โดยสาร” (19.00%) และ “ปัจจัยที่เกี่ยวกับบริเวณโดยรอบ” (18.76%) ส่วนปัจจัยที่บ่งชี้ความยั่งยืนสนามบิน พร้อมน้ำหนักความสำคัญ ดังนี้ “เศรษฐกิจ” (34.56%) “สังคม” (33.18%) และ “สิ่งแวดล้อม” (32.26%) และระดับความมีอิทธิพลของปัจจัยที่ควรคำนึงถึงในการออกแบบสนามบินที่มีต่อความยั่งยืนสนามบิน เท่ากับ 0.80 ผลที่ได้จากการวิจัยนี้สามารถใช้เป็นแนวทางให้กับผู้ออกแบบในการรวมปัจจัยที่ควรพิจารณาในการออกแบบสนามบิน แล้วช่วยสนับสนุนให้เกิดการพัฒนาสนามบินอย่างยั่งยืน

คำสำคัญ: การออกแบบ, สนามบิน, ความยั่งยืน, แบบจำลองสมการโครงสร้าง

## Abstract

At present, business development of each country has been greatly expanded, leading to various infrastructure development. Airport is one of the required infrastructures. Nevertheless, in the development, natural resources are consumed in large quantities, which reflected unsustainability. The vital beginning for airport development is airport design, which can include various sustainable approaches and activities such as improving and replacing equipment for effective usage and maintenance. However, from a literature review, there are few studies on factors considered in airport design affecting airport sustainability. Hence, the research aims to analyze a structural equation model and find influence levels of factors. The data were gathered through a questionnaire asking the opinions of airport practitioners, namely, strategic managers of airport companies, designers, and contractors. Then, the data were analyzed to (1) test the structure of factors and (2) find the influence of the factors on airport sustainability using structural equation modeling, SEM. The analysis of the structural equation model is in accordance with the observed data, by considering various criteria. The results showed that all the factors could be structured into 5 groups with their relative weights of importance: “factors related to taxiway-runway” (22.09%), “factors related to maintenance” (20.67%), “factors related to airport location” (19.48%), “factors related to terminal” (19.00%) and “factors related to surrounding area” (18.76%). Additionally, factors indicating airport sustainability were (with their weight) “economics” (34.56%), "society" (33.18%), and “environment” (32.26%). The level of influence of the design factors on airport is 0.80. The result of the research can be used as a guideline for

designers to include factors considered in airport design, which support sustainable airport development.

Keywords: design, airport, sustainability, structural equation modeling (SEM)

## 1. คำนำ

สนามบินต้องมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เพื่อรองรับการขยายตัวเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วของการคมนาคมขนส่งทางอากาศ และรองรับการขยายตัวทางเศรษฐกิจ ให้มีศักยภาพรองรับผู้โดยสารที่เพิ่มขึ้น เมื่อมีการพัฒนาสนามบินแหล่งทรัพยากรธรรมชาติถูกใช้ไปในปริมาณมาก สร้างผลกระทบที่เป็นลูกโซ่ต่อสิ่งแวดล้อม จนอาจเป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม การประเมินความยั่งยืนถูกนำมาใช้และพบว่าสามารถนำไปสู่ความสำเร็จของโครงการที่มีความยั่งยืน ดังนั้นการออกแบบและก่อสร้างที่มีความยืดหยุ่นในการใช้งาน สามารถใช้ประโยชน์พื้นที่ให้มีประสิทธิภาพและประโยชน์สูงสุดเหมาะสมการพัฒนา การออกแบบจะต้องคำนึงความสอดคล้องทางด้านสถาปัตยกรรม เทคโนโลยีที่ทันสมัย ควบคู่ไปกับคุณภาพการให้บริการ ประหยัดพลังงาน การออกแบบสามารถรวบรวมแนวทางที่ยั่งยืนได้หลากหลาย และยังสามารถนำมาใช้ประกอบของกิจกรรมปรับปรุงและซ่อมแซมในการพิจารณาเปลี่ยนอุปกรณ์ การใช้งานและการบำรุงรักษาให้มีประสิทธิภาพ การควบคุมต้นทุนเพื่อให้บรรลุเป้าหมายในการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยต้องมีการก่อสร้างที่รวดเร็วและส่งผลกระทบต่อการดำเนินงานสนามบิน และสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด การนำเอาเทคโนโลยีที่ดี และเหมาะสมที่ดีที่สุดมาใช้งาน เพื่อประโยชน์สูงสุดทำให้สนามบินเป็นองค์กรที่ยั่งยืนและบรรลุวัตถุประสงค์

นักวิจัยหลายกลุ่มได้ทำการศึกษาถึงการพัฒนาสนามบินไว้ เช่น Santa et al. (2020) [1] เสนอแบบจำลองสนามบินแบบยั่งยืน โดยการวิเคราะห์แยกออกเป็นหมวดหมู่ที่เกี่ยวข้องกับอาคารผู้โดยสาร, ทางวิ่งขึ้น-ลงเครื่องบิน และลานจอดเครื่องบิน เพื่อให้ได้ตรงตามวัตถุประสงค์จึงนำวิธีการอธิบายมาใช้ เพื่อที่จะสร้างคุณสมบัติของสนามบินอย่างยั่งยืน ผลที่ได้คือ การค้นพบ 10 ตัวชี้วัดหลัก และ 58 ตัวชี้วัดย่อย ขณะที่วัตถุประสงค์ทางกลยุทธ์ได้ถูกระบุเพื่อเป็นแนวทางในการทำให้ประสบผลสำเร็จ หรือประเมินแต่ละตัวชี้วัด ดังนั้นจึงสามารถนำแนวทางที่แตกต่างกันมาใช้ให้เป็นผลกับการประยุกต์ใช้ตัวชี้วัดเหล่านั้น Oto et al. (2012) [2] เน้นที่การบรรยายการศึกษาสิ่งแวดล้อมทางด้านจริยธรรมเพื่อการวางแผน การก่อสร้าง และการดำเนินงานในสนามบินอย่างยั่งยืน ได้อธิบายแนวโน้มที่เกี่ยวข้องกับสนามบินที่ยั่งยืน ในปัจจุบันและอนาคตของสนามบินในตุรกีและสนามบินนานาชาติในหลาย ๆ ประเทศ งานวิจัยมีกรณีศึกษา ประเด็นการศึกษาเพื่อความยั่งยืน Education for sustainability (EfS) ของสนามบินนานาชาติ Esenboga (ESB) อังการา ประเทศตุรกี เพื่อให้มีความเข้าใจเกี่ยวกับ “การศึกษาสำหรับสนามบินที่ยั่งยืนดีขึ้น” จึงทบทวนวรรณกรรมรวบรวมการตรวจสอบเอกสารจากภาคการบินตลอดจนบทความทางวิชาการและหนังสือต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับความยั่งยืนของสนามบินและเอกสารการทำงานของโครงการสนามบินสีเขียว ESB ในช่วงปี 2009-2011 นอกจากนี้ยังใช้วิธีการสังเกตเพื่อรวบรวมข้อมูลปัจจุบัน (2011) ใน ESB Berry et al. (2008) [3] โครงการนี้ดำเนินการในนามของ TRB (Transportation Research Board) เกี่ยวกับแนวทางปฏิบัติด้านความยั่งยืนของสนามบินที่รวบรวมข้อมูลจากการทบทวนวรรณกรรมและการสำรวจทางเว็บ โดยมุ่งเป้าไปที่ผู้ประกอบการสนามบินโดยเฉพาะและกำหนดภาพรวมของแนวทางปฏิบัติด้านความยั่งยืนของสนามบินในประเด็นสำคัญ 1) ด้านสิ่งแวดล้อม 2) ด้านเศรษฐกิจ และ 3) ด้านสังคม มีการทบทวนวรรณกรรมเพื่อการพัฒนาแบบสำรวจสำหรับผู้ประกอบการสนามบิน โดยระบุแนวทางปฏิบัติด้านความยั่งยืนในปัจจุบัน หลังจากการสำรวจได้มีการทบทวนวรรณกรรมอีกครั้งเพื่อเสริมผลการสำรวจ แบบสำรวจบนเว็บประกอบด้วยคำถามที่เกี่ยวข้องกับการจัดการ แนวทางปฏิบัติด้านสิ่งแวดล้อม ด้านเศรษฐกิจ และด้านสังคมที่สนามบิน ปัจจัยที่ขับเคลื่อนและลำดับความสำคัญในปัจจุบันและอนาคต และอุปสรรคในการดำเนินการอย่างยั่งยืน Brown et al. (2008) [4] แสดงให้เห็นการนำหลักความยั่งยืนมาประยุกต์ใช้ในทุกด้านของการดำเนินงานสนามบิน ได้แก่ พื้นที่เขตการบิน พื้นที่นอกเขตการบิน อาคารผู้โดยสาร และโรงเก็บเครื่องบิน ในกรณีของอาคารใหม่ ทางวิ่งและทางขับ สิ่งอำนวยความสะดวกในการบำรุงรักษา และสัมปทาน การออกแบบสามารถรวมแนวทางที่ยั่งยืนได้หลากหลายรูปแบบ ความยั่งยืนยังสามารถนำมาใช้เป็นส่วนประกอบของกิจกรรมปรับปรุงและซ่อมแซมได้อีกด้วย ซึ่งเป็นประโยชน์สำหรับการผสมผสานแนวทางปฏิบัติที่ยั่งยืนภายในขั้นตอนการวางแผนและออกแบบของโครงการพัฒนาสนามบิน การพิจารณาเปลี่ยนอุปกรณ์ การใช้งาน และการบำรุงรักษา นอกจากนี้ ค่าใช้จ่ายของเทคโนโลยีที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ถูกมองว่าเป็นข้อเสียเนื่องจากค่าใช้จ่ายที่ลงทุนสูง อายุการใช้งานต่ำกว่าเมื่อเทียบกับระบบแบบเดิม และในบางกรณี เช่น แผนการใช้ที่ดินที่เหมาะสม การประหยัดต้นทุนที่สำคัญสามารถเกิดขึ้นได้เมื่อมีการรวมแนวทางปฏิบัติที่ยั่งยืนแทนการปฏิบัติแบบดั้งเดิม Chen et al. (2016) [5] เสนอวิธีการประเมินเพื่อปรับปรุงการหาปริมาณของพลังงานและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของการออกแบบพื้นผิวทางวิ่งทางขับของสนามบินโดยใช้วิธีการประเมินวัฏจักรชีวิต พร้อมกันยังได้พัฒนาเครื่องมือ Life-cycle assessment (LCA) โดยใช้โปรแกรม Excel ในการประเมินการใช้พลังงานและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของพื้นผิวทาง ซึ่งสามารถใช้ได้กับการออกแบบทางวิ่ง-ทางขับของสนามบิน การประเมินผลมุ่งเน้นไปที่ความต้องการพลังงานสะสมและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขั้นตอนผลิตวัสดุ การก่อสร้าง และการบำรุงรักษาของอายุพื้นผิว ระเบียบวิธีการได้รับการพัฒนาขึ้นเพื่อพิจารณาส่วนประกอบที่เกี่ยวข้องกับเชื้อเพลิงในกระบวนการในการประเมินผลกระทบ ผลการวิจัยพบว่าอายุการใช้งานของผิวทางจลาจรและการบำรุงรักษามีผลต่อการเปรียบเทียบระหว่างยางมะตอยผสมร้อนกับพื้นคอนกรีตซีเมนต์ปอร์ต ทร มรอ

ห ม วห

วางแผนสนามบิน Greer et al. (2020) [6] การวิจัยเน้นการวิเคราะห์การปล่อย Global Greenhouse Gas (GHG) จากพื้นผิวทางจลาจรของสนามบินและกลยุทธ์การจัดการพลังงานสำหรับอาคารสนามบิน การวิจัยเกี่ยวกับการอนุรักษ์น้ำ ความยืดหยุ่นต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและการจัดการของเสียที่มีข้อจำกัด ซึ่งบ่งชี้ว่าด้านสิ่งแวดล้อมของสนามบินจำเป็นต้องมีการวิเคราะห์มากขึ้น มีความพยายามเชื่อมต่อระหว่างการวิจัยและการปฏิบัติงานที่ดำเนินการโดยสนามบิน แนวทางปฏิบัติที่มีประสิทธิภาพ เช่น การจัดหาไฟฟ้าที่ปล่อยมลพิษต่ำและการขนส่งภาคพื้นดินด้วยไฟฟ้าและอุปกรณ์ในสนามบิน สามารถช่วยเหลือการก้าวไปสู่เป้าหมายด้านความยั่งยืนในระยะสั้น การวิจัยในอนาคตจะต้องเน้นย้ำถึงการมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย การประเมินอายุการใช้งาน การเชื่อมโยงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมกับผลลัพธ์ในการดำเนินงาน และความท้าทายระดับโลก (เช่น ความยืดหยุ่น การปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ การบรรเทาโรคติดเชื้อ) Yilmaz and Bakis (2015) [7] ได้ศึกษาถึงความยั่งยืนในการก่อสร้าง โดยการรวบรวมวรรณกรรมและตั้งสมมติฐานเกี่ยวกับความยั่งยืนในการก่อสร้าง ทั้งในด้านสิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจ และสังคม และรวบรวมกลยุทธ์การพัฒนาอย่างยั่งยืนในภาคการก่อสร้าง ทั้งในระดับประเทศ และระดับโลก ซึ่งจากการศึกษานี้ทำให้ได้ปัจจัยที่ส่งผลต่อการพัฒนาอย่างยั่งยืนในภาคการก่อสร้าง บุณวัทน์ ศรีขวัญ (2020) [8] นำเสนอแนวคิดการพัฒนาสนามบินพาณิชย์ของไทยอย่างยั่งยืน โดยอาศัยกระบวนการศึกษา วิเคราะห์ สังเคราะห์ และสกัดประเด็นจากข้อมูลทุติยภูมิจากเอกสาร บทวิเคราะห์ วรรณกรรมและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องทั้งในและต่างประเทศ ผลการศึกษา พบว่าแนวคิดการพัฒนาท่าอากาศยานพาณิชย์ของไทยอย่างยั่งยืน ประกอบด้วย 1) การเพิ่มศักยภาพการจัดการท่าอากาศยานพาณิชย์ 2) การพัฒนาคุณภาพการบริการของท่าอากาศยานพาณิชย์ และ 3) การสร้างความยั่งยืนของท่าอากาศยานพาณิชย์ โดยแนวคิดสามารถนำไปเป็นข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย เชิงปฏิบัติการ และเชิงวิชาการที่สำคัญที่สามารถตอบสนองความต้องการของผู้ใช้บริการ เพื่อความยั่งยืนของท่าอากาศยานพาณิชย์ของไทย ให้สอดคล้องกับบริบทการพัฒนาการส่งเสริมการท่องเที่ยวเมืองหลักและเมืองรองและการส่งเสริมการท่องเที่ยวในระดับฐานรากของรัฐบาล โดยนำข้อมูลที่ได้มาสกัดประเด็นสำคัญที่สามารถคาดการณ์และชี้แนะแนวทางยกระดับประเทศไทยเป็นจุดหมายสำคัญในการขนส่งและโลจิสติกส์ทางอากาศที่แข็งแกร่งในภูมิภาคอาเซียนในอนาคตได้อย่างมีประสิทธิผล Ferrulli (2016) [9] ศึกษาเชิงลึกเกี่ยวกับผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการดำเนินงานและโครงสร้างพื้นฐานของสนามบิน มีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนากรอบกำกับดูแลเพื่อจัดการและปรับปรุงการลงทุนสำหรับโครงสร้างพื้นฐานเพื่อการพัฒนา โดยการประเมินจะข้ามทุกด้านที่มีผลต่อกระบวนการตัดสินใจออกแบบโครงการ วิธีการประเมินการออกแบบสนามบินสีเขียว และเครื่องมือที่เกี่ยวข้องจะมีส่วนช่วยในการบรรลุเป้าหมายการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานของสนามบินอย่างยั่งยืน โดยจัดให้มีกรอบระเบียบวิธีในการวัดและตรวจสอบสิ่งแวดล้อมมีประสิทธิภาพและการสร้างโอกาสใหม่ให้กับองค์กรกำกับดูแลการบินและเจ้าของสนามบินในการกำหนดรูปแบบธุรกิจและกลยุทธ์เพื่อยกระดับการออกแบบโครงสร้างพื้นฐานสนามบินอย่างยั่งยืนภายในเครือข่ายการขนส่งระดับภูมิภาค

จากการทบทวนวรรณกรรมข้างต้น พบว่างานวิจัยที่ผ่านมาได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับกลุ่มปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับโครงสร้างพื้นฐานของสนามบิน ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และแนวคิดการพัฒนาสนามบินพาณิชย์ อย่างยั่งยืน แต่ยังไม่พบการศึกษาถึงปัจจัยที่สำคัญ คือ ปัจจัยที่ควรคำนึงถึงในการออกแบบเพื่อการพัฒนาสนามบิน ที่ส่งผลกระทบต่อความยั่งยืนของสนามบิน ดังนั้นงานวิจัยนี้ได้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์แบบจำลองสมการโครงสร้าง (SEM) ของปัจจัยที่ควรคำนึงถึงในการออกแบบสนามบินที่ส่งผลต่อความยั่งยืนของสนามบิน และหาระดับความมีอิทธิพลของปัจจัย

## 2. วิธีการวิจัย

การดำเนินงานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงสำรวจ โดยใช้แบบสอบถามหาค่าระดับความสำคัญของแต่ละปัจจัย แบ่งระดับความสำคัญออกเป็น 5 ระดับ (1: ระดับความสำคัญของปัจจัยนั้นอยู่ในระดับ **ต่ำมาก** หรือไม่มีความสำคัญ 5: ระดับความสำคัญของปัจจัยนั้นอยู่ในระดับ **สูงมาก)** โดยสอบถามผู้ที่เกี่ยวข้องกับการปฏิบัติงานในสนามบิน ผู้ที่บริหารเชิงกลยุทธ์ของบริษัทท่าอากาศยาน ผู้ที่ทำงานเกี่ยวกับด้านออกแบบ และผู้ที่เคยรับจ้างก่อสร้างสนามบินโดยตรง มีลำดับขั้นตอนการดำเนินการ มีดังนี้

2.1 ทบทวนวรรณกรรม วารสารที่เกี่ยวข้อง เช่น [1-9]

2.2 วางกรอบแนวความคิดหลัก เกี่ยวกับอิทธิพลของปัจจัยที่ควรคำนึงถึงในการออกแบบสนามบินที่ส่งผลต่อความยั่งยืนของสนามบิน

2.3 สร้างแบบสอบถามตามกรอบแนวความคิด อาศัยพื้นฐานจากวรรณกรรมทั้งปัจจัยที่ควรคำนึงถึงในการออกแบบสนามบินที่ส่งผลต่อความยั่งยืนสนามบิน โดยแบบสอบถาม (Questionnaire) เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูล แบ่งองค์ประกอบเป็น 3 ส่วนหลัก ๆ ดังนี้

- ส่วนที่ 1 สอบถามข้อมูลส่วนบุคคล ของผู้ตอบแบบสอบถาม
- ส่วนที่ 2 สอบถามถึงความคิดเห็นของผู้ตอบแบบสอบถาม เกี่ยวกับปัจจัยที่ควรคำนึงถึงในการออกแบบสนามบินที่ส่งผลต่อความยั่งยืนของสนามบิน ซึ่งประกอบด้วยคำถามตามกลุ่มปัจจัย 5 กลุ่ม
- ส่วนที่ 3 สอบถามถึงทัศนคติหรือความคิดเห็นของผู้ตอบแบบสอบถาม เกี่ยวกับระดับความสำคัญของปัจจัยที่บ่งชี้ความยั่งยืนของสนามบิน ซึ่งประกอบด้วยคำถามตามกลุ่มปัจจัย 3 กลุ่ม

2.4 ทดสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) ของแบบสอบถาม ทำการทดสอบกับผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ที่มีประสบการณ์ด้านออกแบบและการจัดการด้านสนามบินไม่น้อยกว่า 10 ปี เพื่อให้แบบสอบถามมีเนื้อหาถูกต้อง ตรงประเด็น และครอบคลุม โดยเชี่ยวชาญเห็นด้วยกับปัจจัยในแบบสอบถามทุกปัจจัย

2.5 ทดสอบความตรงเชิงโครงสร้าง (Construct Validity) โดยการวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ของ Spearman (The Spearman's Rank

Correlation Coefficient) ของทุกปัจจัยที่ควรคำนึงถึงในการออกแบบสนามบินที่ส่งผลต่อความยั่งยืนของสนามบิน ซึ่งผลที่ได้จากการตรวจสอบ ปัจจัยทุกตัวมีความสัมพันธ์กันแสดงว่าปัจจัยทั้งหมดมีความตรงต่อความยั่งยืนสนามบิน [10]

2.6 ทดสอบความเชื่อถือได้ของสเกล (Reliability) จากการวิเคราะห์ข้อมูลโดยวิธีการหาค่าสัมประสิทธิ์ Cronbach's Alpha ซึ่งปัจจัยที่ควรคำนึงถึงในการออกแบบสนามบินที่ส่งผลต่อความยั่งยืนของสนามบิน เท่ากับ 0.911 และปัจจัยที่บ่งชี้ความยั่งยืนของสนามบินเท่ากับ 0.784 ซึ่งทั้งสองส่วนมีค่ามากกว่า 0.7 แสดงว่า ปัจจัยที่สร้างขึ้นมีความน่าเชื่อถือได้ของสเกล [11]

2.7 รวบรวมข้อมูลจากแบบสอบถาม กลุ่มตัวอย่างที่ทำการเก็บข้อมูลมีทั้งสิ้น 250 ชุด ได้รับการตอบ กลับจำนวน 177 ชุด คิดเป็น 70.80% ซึ่งถือว่าดี [12] โดยกลุ่มตัวอย่างประกอบด้วยผู้บริหาร 50 คน (28.25%) ที่ปรึกษาโครงการ 33 คน (18.65%) ผู้ออกแบบ 45 คน (25.42%) อื่น ๆ 49 คน (27.68%) มีประสบการณ์ทำงานระยะเวลาเฉลี่ย คือ 7.35 ปี

2.8 วิเคราะห์ข้อมูลจากการสำรวจ มีรายละเอียดดังนี้

(1) ทดสอบโครงสร้างปัจจัยโดยการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (Confirmatory Factor Analysis, CFA) โดยวิเคราะห์กลุ่มปัจจัยตามกรอบแนวความคิด ปัจจัยที่ควรคำนึงถึงในการออกแบบสนามบินที่ส่งผลต่อความยั่งยืนของสนามบิน หลังจากนั้นวิเคราะห์ องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับหนึ่งและอันดับสอง (1st and 2nd Order CFA) ด้วยโปรแกรม Amos

(2) หาน้ำหนักความมีอิทธิพลของโครงสร้างปัจจัยที่ควรคำนึงถึงในการออกแบบสนามบินที่ส่งผลต่อความยั่งยืนของสนามบินโดยการ วิเคราะห์แบบจำลองสมการโครงสร้าง (Structural Equations Modeling, SEM) ด้วยโปรแกรม Amos และหาน้ำหนักความสำคัญจากค่าน้ำหนักถดถอย (Regression Weight) จากแบบจำลองสมการโครงสร้าง

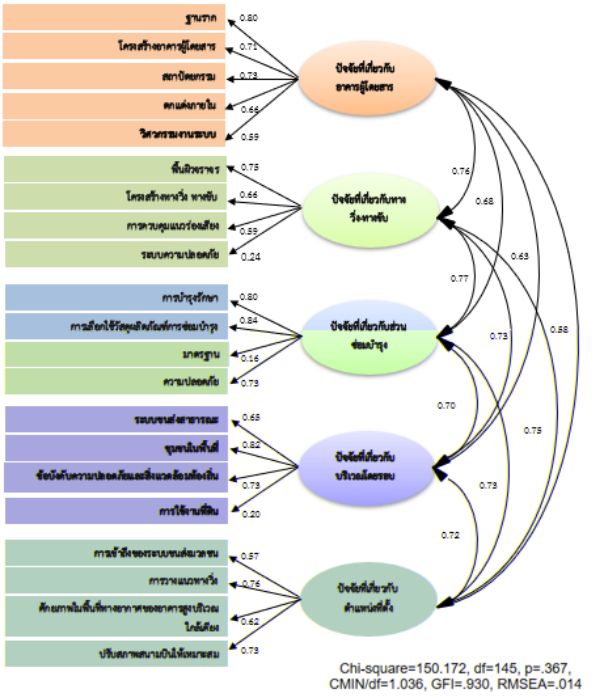
## 3. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

### *3.1 การทดสอบโครงสร้างปัจจัย*

การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (Confirmatory Factor Analysis, CFA) ด้วยโปรแกรม Amos เพื่อตรวจสอบความถูกต้องขององค์ประกอบเชิงสำรวจตามกรอบแนวความคิดของการวิจัยที่วางไว้ว่าโครงสร้างปัจจัยมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงสังเกต [13] คือ (1) ค่าระดับความน่าจะเป็นของไคสแควร์, ค่า p > 0.05 (2) ค่าดัชนีวัดความสอดคล้อง , ค่า GFI มีค่าเข้าใกล้ 1 ยิ่งดี [14] (3) ค่าไคสแควร์สัมพัทธ์, ค่า CMIN/DF < 3 และ (4) ค่าดัชนีรากที่สองของค่าเฉลี่ยกำลังสองของการประมาณค่าความคลาดเคลื่อน, ค่า RMSEA < 0.08 การวิเคราะห์แบ่งออกตามรายละเอียดดังนี้

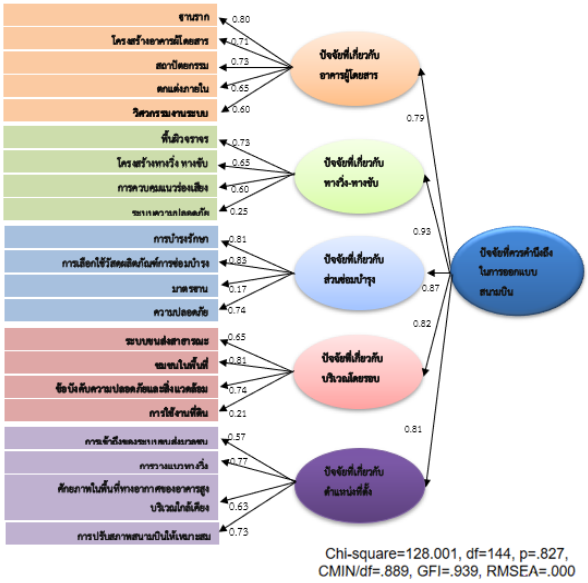
*3.1.1 ปัจจัยที่ควรคำนึงถึงในการออกแบบสนามบิน*

**(1)** การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับที่หนึ่ง (1st Order CFA) เพื่อยืนยันความสัมพันธ์ ระหว่างกลุ่มปัจจัยที่ควรคำนึงถึงในการออกแบบสนามบิน ดังรูปที่ 1 ผลการวิเคราะห์ที่ได้ ค่า p = 0.367 มีค่ามากกว่า 0.05, ค่า CMIN/DF = 1.036 มีค่าน้อยกว่า 3, ค่า GFI = 0.930 มีค่าใกล้เคียง 1, ค่า RMSEA = 0.014 มีค่าน้อยกว่า 0.08 ค่าผลลัพธ์ที่ได้มีค่าผ่านเกณฑ์ทั้งหมด แสดงว่าโครงสร้างของกลุ่มปัจจัยที่ได้พัฒนาขึ้นมีความสัมพันธ์กันและสอดคล้องกับข้อมูลเชิงสังเกต และแสดงว่าปัจจัยเหล่านี้ร่วมกันเป็นปัจจัยที่ควรคำนึงถึงในการออกแบบสนามบิน




**รูปที่ 1** การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับที่หนึ่ง (1st Order CFA) จากโปรแกรม Amos (ปัจจัยที่ควรคำนึงถึงในการออกแบบสนามบิน)

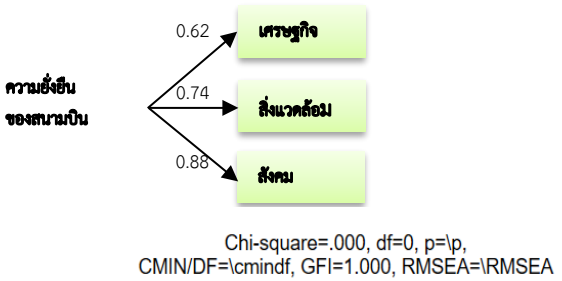
**(2)** การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับที่สอง (2nd Order CFA) เพื่อยืนยันโครงสร้างปัจจัย ดังรูปที่ 2 ผลการวิเคราะห์พบว่า ค่า p = 0.827 มีค่ามากกว่า 0.05, ค่า CMIN/DF = 0.889 มีค่าน้อยกว่า 3, ค่า GFI = 0.939 มีค่าใกล้เคียง 1, ค่า RMSEA = 0.000 มีค่าน้อยกว่า 0.08 ค่าผลลัพธ์ที่ได้มีค่าผ่านเกณฑ์ทั้งหมด แสดงว่าโครงสร้างของกลุ่มปัจจัยที่ได้พัฒนาขึ้นมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงสังเกต และแสดงว่าปัจจัยเหล่านี้สะท้อนให้เห็นถึงปัจจัยที่ควรคำนึงถึงในการออกแบบสนามบิน




**รูปที่ 2** การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับที่สอง (2ndOrder CFA) จากโปรแกรม Amos (ปัจจัยที่ควรคำนึงถึงในการออกแบบสนามบิน)

*3.1.2 ความยั่งยืนของสนามบิน*

การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับที่หนึ่ง (1st Order CFA) เพื่อยืนยันโครงสร้างปัจจัย ดังรูปที่ 3 ผลการวิเคราะห์พบว่าโปรแกรม Amos ไม่แสดงค่า p, CMIN/DF, และ RMSEA แต่จะแสดงค่า GFI = 1.000, IFI = 1.000 ซึ่งเกณฑ์ที่ผ่านคือ $0.90 \le IFI \le 1.00$ [15] RMR = 0.000 ซึ่งเกณฑ์ที่ผ่านคือ $0 \le RMR \le 0.05$ [16] ซึ่งการผ่านเกณฑ์ทั้งสามนี้พอประมาณการได้ว่า โครงสร้างของกลุ่มปัจจัยที่ได้พัฒนาขึ้นมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงสังเกตในระดับหนึ่ง และแสดงว่ากลุ่มปัจจัยเหล่านี้สะท้อนให้เห็นถึงความยั่งยืนของสนามบิน




**รูปที่ 3** การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับที่หนึ่ง (1st Order CFA) จากโปรแกรม Amos (ปัจจัยที่บ่งชี้ความยั่งยืนของสนามบิน)

*3.2 หาระดับความมีอิทธิพลของปัจจัย*

การหาค่าระดับความมีอิทธิพลของโครงสร้างปัจจัยที่บ่งชี้ความยั่งยืนของสนามบิน ทำโดยการวิเคราะห์แบบจำลองสมการโครงสร้าง (Structural Equation Modeling, SEM) ด้วยโปรแกรม Amos ดังรูปที่ 4 ผลจากการวิเคราะห์ได้จากโปรแกรม พบว่า ค่า p = 0.085 ค่ามากกว่า 0.05, ค่า CMIN/DF = 0.896 ค่าน้อยกว่า 3, ค่า GFI = 0.928 ค่าใกล้เคียง 1, ค่า RMSEA = 0.000 ค่าน้อยกว่า 0.08 ค่าผลลัพธ์ที่ได้ผ่านเกณฑ์ทั้งหมด แสดงว่าแบบจำลองสมการโครงสร้างของปัจจัยเหล่านี้มี ความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงสังเกต โดยโครงสร้างปัจจัยที่ควรคำนึงถึงในการออกแบบสนามบินนั้น ส่งผลต่อความยั่งยืนของสนามบิน เท่ากับ 0.80 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างสูง

จากการวิเคราะห์แบบจำลองโครงสร้าง สามารถหาน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยจากตารางที่ 1 และ ตารางที่ 2 จากการหาค่าน้ำหนักความสำคัญ ของกลุ่มปัจจัยและปัจจัย การคำนวณโดยใช้สมการที่ (1) และ (2)

$$\text{น้ำหนักความสำคัญของกลุ่มปัจจัย} = \frac{\text{ค่าน้ำหนักถดถอยของกลุ่มปัจจัยนั้น}}{\text{ผลรวมของค่าน้ำหนักถดถอยของทุกกลุ่มปัจจัย}} \times 100 \quad (1)$$

$$\text{น้ำหนักความสำคัญของปัจจัย} = \frac{\text{ค่าน้ำหนักถดถอยของปัจจัยนั้น}}{\text{ผลรวมของค่าน้ำหนักถดถอยของทุกปัจจัย}} \times 100 \quad (2)$$

ตารางที่ 1 ค่าน้ำหนักถดถอยและน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยที่ควรคำนึงถึงในการออกแบบสนามบิน

| ปัจจัยที่ควรคำนึงถึงในการออกแบบสนามบินที่ส่งผลต่อความยั่งยืน | น้ำหนักถดถอย | น้ำหนักความสำคัญ (%) |
|---|---|---|
| **ปัจจัยที่เกี่ยวกับทางวิ่ง ทางขับ** | **0.93** | **22.09** |
| - พื้นผิวจราจร | 0.72 | 32.43 |
| - โครงสร้างทางวิ่ง-ทางขับ | 0.65 | 29.28 |
| - การควบคุมแนวเส้นร่องเสียง | 0.61 | 27.48 |
| - ระบบความปลอดภัย | 0.24 | 10.81 |
| **ปัจจัยที่เกี่ยวกับส่วนซ่อมบำรุง** | **0.87** | **20.67** |
| - การบำรุงรักษา | 0.82 | 32.16 |
| - การเลือกใช้วัสดุผลิตภัณฑ์การซ่อมบำรุง | 0.82 | 32.16 |
| - มาตรฐาน | 0.17 | 6.66 |
| - ความปลอดภัย | 0.74 | 29.02 |
| **ปัจจัยที่เกี่ยวกับตำแหน่งที่ตั้ง** | **0.82** | **19.48** |
| - การเข้าถึงของระบบขนส่งมวลชน | 0.58 | 21.48 |
| - การวางแนวทางวิ่ง | 0.76 | 28.15 |
| - ศักยภาพในพื้นที่ทางอากาศของอาคารสูงบริเวณใกล้เคียง | 0.64 | 26.67 |
| - การปรับสภาพสนามบินให้เหมาะสม | 0.72 | 23.70 |
| **ปัจจัยที่เกี่ยวกับอาคารผู้โดยสาร** | **0.80** | **19.00** |
| - ฐานราก | 0.78 | 22.35 |
| - โครงสร้างอาคารผู้โดยสาร | 0.72 | 20.63 |
| - สถาปัตยกรรม | 0.73 | 20.92 |
| - ตกแต่งภายใน | 0.65 | 18.62 |
| - วิศวกรรมงานระบบ | 0.61 | 17.48 |
| **ปัจจัยที่เกี่ยวกับบริเวณโดยรอบ** | **0.79** | **18.76** |
| - ระบบขนส่งสาธารณะ | 0.65 | 27.08 |
| - ชุมชนในพื้นที่ | 0.79 | 32.92 |
| - ข้อบังคับความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อมท้องถิ่น | 0.75 | 31.25 |
| - การใช้งานที่ดิน | 0.21 | 8.75 |
| **รวม** | | **100** |

ตารางที่ 2 ค่าน้ำหนักถดถอยและน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยที่บ่งชี้ความยั่งยืนของสนามบิน

| ปัจจัยที่บ่งชี้ความยั่งยืนของสนามบิน | น้ำหนักถดถอย | น้ำหนักความสำคัญ (%) |
|---|---|---|
| เศรษฐกิจ | 0.75 | 34.56 |
| สังคม | 0.72 | 33.18 |
| สิ่งแวดล้อม | 0.70 | 32.26 |
| รวม | | 100 |

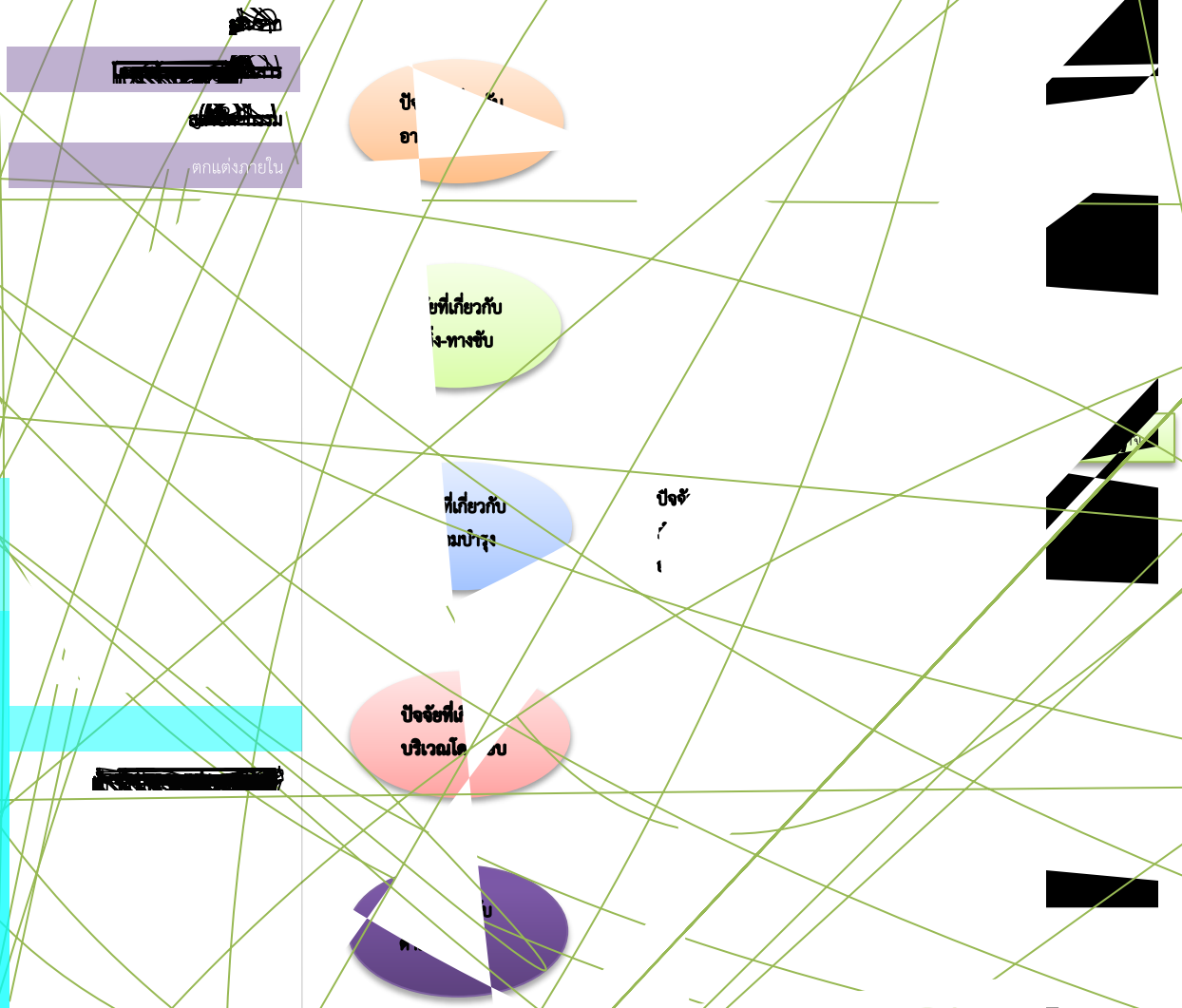
## 4. บทสรุป

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อวิเคราะห์แบบจำลองสมการโครงสร้าง (SEM) และหาระดับความมีอิทธิพลของปัจจัยที่ควรคำนึงถึงในการออกแบบสนามบินที่ส่งผลต่อความยั่งยืนของสนามบิน ซึ่งผลการวิเคราะห์แบบจำลองสมการโครงสร้างมีดังนี้

ค่าน้ำหนักความสำคัญในส่วนของโครงสร้างปัจจัยที่ควรคำนึงถึงในการออกแบบสนามบินที่ส่งผลต่อความยั่งยืนของสนามบิน ดังรูปที่ 4 มีดังนี้ กลุ่มปัจจัยแรก “ปัจจัยที่เกี่ยวกับทางวิ่ง-ทางขับ” มีค่าน้ำหนักถดถอย 0.93 (22.09%) กลุ่มปัจจัยที่สอง“ปัจจัยที่เกี่ยวกับส่วนซ่อมบำรุง” มีค่าน้ำหนักถดถอยและน้ำหนักความสำคัญเท่ากับ 0.87 (20.67%) กลุ่มปัจจัยที่สาม “ปัจจัยที่เกี่ยวกับตำแหน่งที่ตั้ง” มีค่าน้ำหนักถดถอยและน้ำหนักความสำคัญเท่ากับ 0.82 (19.48%) กลุ่มปัจจัยที่สี่ “ปัจจัยที่เกี่ยวกับอาคารผู้โดยสาร” มีค่าน้ำหนักถดถอยและน้ำหนักความสำคัญเท่ากับ 0.80 (19.00%) กลุ่มปัจจัยที่ห้า “ปัจจัยที่เกี่ยวกับบริเวณโดยรอบ” มีค่าน้ำหนักถดถอยและน้ำหนักความสำคัญเท่ากับ 0.79 (18.76%) จากการวิเคราะห์ข้างต้นพบว่าความสำคัญของปัจจัยที่ควรคำนึงถึงในการออกแบบสนามบินที่ส่งผลต่อความยั่งยืนของสนามบิน กลุ่มปัจจัยที่มีความสำคัญอันดับแรก คือ กลุ่ม “ปัจจัยที่เกี่ยวกับทางวิ่ง-ทางขับ” ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่ากิจกรรมที่เกิดจากการบินที่ส่งผลกระทบสิ่งแวดล้อมวงกว้าง ควรลดการใช้สารเคมีที่ทำความสะอาดพื้นผิวจราจรทางวิ่ง-ทางขับ เนื่องจากผิวยางของล้อเครื่องบินที่เสียดสีตกค้างพื้นผิวจราจรทำให้ลดมลพิษที่ตกข้างในแหล่งน้ำ ร่องเสียงควรมีมาตรการป้องกันไม่ให้มีเสียงรบกวนที่ก่อให้เกิดอันตรายหรือเกิดความรำคาญ ระบบความปลอดภัยการขึ้น-ลง ของอากาศยาน กลุ่มปัจจัยที่สอง“ปัจจัยที่เกี่ยวกับส่วนซ่อมบำรุง” การบำรุงรักษาอุปกรณ์ให้ได้ตามมาตรฐานเพื่อความปลอดภัยในการขึ้น-ลง ของอากาศยาน การเลือกใช้วัสดุที่สามารถนำกลับมาใช้ได้ใหม่หรือวัสดุที่สามารถรีไซเคิลได้เพื่อลดขยะที่จะเกิดขึ้นทำให้สามารถลดปริมาณการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ กลุ่มปัจจัยที่สาม“ปัจจัยที่เกี่ยวกับตำแหน่งที่ตั้ง” ทำเลที่ตั้งของสนามบินจะส่งผลกระทบหลาย ๆ ด้าน ดั้งนั้นตำแหน่งที่ตั้งสนามบินควรเป็นมิตรต่อสภาพแวดล้อมลดผลกระทบที่จะเกิดขึ้น เช่น ลดผลกระทบจากการบุกรุกพื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์ทางธรรมชาติ ลดผลกระทบอันเกิดจากการขยายตัวเมือง ลดมลภาวะอันเกิดจากการใช้ยานพาหนะ ลดผลกระทบจากมลภาวะทางแสงในเวลากลางคืน กลุ่มปัจจัยที่สี่ “ปัจจัยที่เกี่ยวกับอาคารผู้โดยสาร” การออกแบบอาคารผู้โดยสารต้องออกแบบอาคารที่เน้นเรื่องการใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างมีประสิทธิภาพ คุ้มค่า ที่ประหยัดพลังงานและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม โดยการตระหนักถึงผลกระทบของอาคารที่มีต่อสิ่งแวดล้อม ทั้งในช่วงการออกแบบ การก่อสร้าง และการเปิดใช้อาคารตลอดช่วงวัฏจักรชีวิตของอาคาร โดยมีเป้าคือการปรับปรุงคุณภาพน้ำและอากาศ มีการรักษาและใช้ทรัพยากรและพลังงานอย่างมีประสิทธิผลสูงสุด มีพื้นที่เปิดโล่งและพื้นที่สีเขียว กลุ่มปัจจัยที่ห้า “ปัจจัยที่เกี่ยวกับบริเวณโดยรอบ”ควรมีระบบขนส่งสาธารณะที่เข้าถึงได้สะดวกเพื่อลดมลภาวะทางอากาศ ลดการใช้พลังงานเชื้อเพลิงที่เกิดจากการใช้ยานพาหนะส่วนตัว ชุมชนพื้นที่ การใช้งานที่ดินหลีกเลียงการก่อสร้างอาคารบนพื้นที่ดินที่ไม่สมควรมีการพัฒนา ข้อบังคับความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อมท้องถิ่น

ส่วนปัจจัยที่บ่งชี้ความยั่งยืนสนามบินนั้น มีค่าน้ำหนักถดถอยและน้ำหนักความสำคัญตามลำดับดังนี้คือ ปัจจัยด้าน “เศรษฐกิจ” มีค่าน้ำหนักถดถอย 0.75 (34.56%) ปัจจัยที่สองด้าน “สังคม” มีค่าน้ำหนักถดถอย 0.72 (33.18%) และปัจจัยที่สามด้าน “สิ่งแวดล้อม” มีค่าน้ำหนักถดถอย 0.70 (32.26%) จากการวิเคราะห์ข้างต้นพบว่า ปัจจัยด้าน “เศรษฐกิจ” เป็นปัจจัยอันดับหนึ่งในการบ่งชี้ความยั่งยืนของสนามบิน อาจเป็นเพราะว่าในการสร้างความยั่งยืน ให้แก่สนามบิน ต้องมีการลงทุนเพื่อแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมระยะยาวและต่อเนื่อง และไม่เพียงแต่สิ่งแวดล้อม ปัจจัยด้านเศรษฐกิจ ยังมีส่วนร่วมในการพัฒนาสังคมอีกด้วย ซึ่งจะส่งผลให้สนามบินมีความยั่งยืนในระยะยาว

จากผลการวิเคราะห์แบบจำลองสมการโครงสร้างได้แสดงถึงระดับความมีอิทธิพลของปัจจัยที่ควรคำนึงถึงในการออกแบบสนามบินที่ส่งผลต่อความยั่งยืน โดยวิเคราะห์แบบจำลองสมการโครงสร้าง เท่ากับ 0.80 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ระดับที่สูง แสดงว่าโครงสร้างปัจจัยที่บ่งชี้ความยั่งยืนของสนามบินในงานวิจัยนี้มีอิทธิพลต่อความยั่งยืนค่อนข้างมาก ผลที่ได้จากงานวิจัยนี้สามารถใช้เป็นแนวทางในการออกแบบ และปรับปรุงซ่อมบำรุงให้กับสนามบินให้มีความยั่งยืนในระดับที่ดีขึ้น




รูปที่ 4 ผลการวิเ[illegible]บจำ[illegible]างสมการโครงสร้างปัจจั[illegible]รคำนึงถึงในออกแบบสน[illegible]ความยั่งยืนของสนามบิน

## กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณผู้เชียวชาญทั้ง 3 ท่าน ที่ให้คำแนะนำ ตรวจสอบเนื้อหา คำถาม และผู้ที่ตอบคำถามทุกท่านที่ได้กรุณาให้ข้อมูลโดยการตอบแบบสอบถาม ตามความเป็นจริงและครบถ้วน ผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้เป็นอย่างสูง

## เอกสารอ้างอิง

[1] Santa, S. L. B., Ribeiro, J. M. P., Mazon, G., Schneider J., Barcelos, R. L. and de Andrade Guerra, J. B. S. O., A Green Airport model: Proposition based on social and environmental management systems.

[2] Otoa, N., Cobanoglub, N. and Gerayc, C., (2016). Education for Sustainable Airports. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. 47, pp.1164 – 1173.

[3] Fiona B., Sarah G., and Jean R. (2008). ACRP Synthesis 10. Washington D.C. National Cooperative Highway Research Program. Retrieve September 27, 2021. From http:// www. National-academies.org/trb/bookstore

[4] Landrum & Brown Inc., Environmental Consulting Group Inc., Primera Engineers Ltd., and Muller & Muller Ltd. (2012). ACRP Report 80. Washington D.C. Airport Cooperative Research Program. Retrieve September 27, 2021. From http://www.National-academies.org/trb/bookstore

[5] Xiaodan C. and Chinmay T. (2016). Life-Cycle Assessment of Airport Pavement Design Alternatives for Energy and Environmental Impacts. Washington D.C. ACRP University Design Competition. Retrieve September 27, 2021.

[6] Greer, F., Rakas J. and Horvath A. (2020). Environmental Research Letters Airports and environmental sustainability: a comprehensive review. *Environmental Research Letters*, 15, pp.103007.

[7] Yilmaz, M. and Bakis, A. (2015). Sustainability in Construction Sector. *Procedia Social and Behavioral Sciences,* 195, pp.2253-2262.

[8] บุณวัทน์ ศรีขวัญ (2020). แนวคิดการพัฒนาท่าอากาศยานพาณิชย์ของไทยอย่างยั่งยืน, วารสารวิทยาการจัดการ, ปีที่ 7, ฉบับที่ 2, หน้า 239-265.

[9] Ferrulli, P. (2016). Green Airport Design Evaluation (GrADE)–methods and tools improving infrastructure planning. *The 6th Transport Research Arena*, 18-21 April 2016, Transportation Research Procedia, 14, pp.3781 – 3790.

[10] สุชาติ ประสิทธิ์รัฐสินธ์ (2546). *ระเบียบวิธีการวิจัยทางสังคมศาสตร์*. พิมพ์ครั้งที่ 12. บริษัทเฟื่องฟ้า พริ้นติ้ง จำกัด.

[11] SPSS Training. (2001). *SPSS Training Series*. Queensland University of Technology.

[12] Babbie, E. (1989). *The Practice of Social Research*. 5th ed.., Wadsworth Publishing, Belmont, C.A.

[13] กริช แรงสูงเนิน (2554). *การวิเคราะห์ปัจจัยด้วย SPSS และ AMOS เพื่อการวิจัย*. สำนักพิมพ์ซีเอ็ดยูเคชั่น.

[14] ธนินทร์ ศิลป์จารุ (2555). *การวิจัยและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วย SPSS และ AMOS.* พิมพ์ครั้งที่ 13. สำนักพิมพ์เอส. อาร์. พริ้นติ้ง แมสโปรดักส์.

[15] Harris, F. (1989). *Modern construction equipment and methods*. Longman Scientific & Technical, UK.

[16] Diamantopoulos, A. and Siguaw, J. A. (2000). *Introduction LISREL: A guide for the uninitiated.* Sage Publication London.