# แบบจำลองการประเมินความยั่งยืนสำหรับการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐาน

# SUSTAINABILITY ASSESSMENT MODEL FOR INFRASTRUCTURE DEVELOPMENT

ธนชนม์ กระจ่างศรี
THANACHON KRAJANGSRI

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2561

KMITL-2018-EN-D-098-151

# แบบจำลองการประเมินความยั่งยืนสำหรับการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐาน

# SUSTAINABILITY ASSESSMENT MODEL FOR INFRASTRUCTURE DEVELOPMENT

**ธนชนม์ กระจ่างศรี**

THANACHON KRAJANGSRI

**วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต**

**สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา**

**คณะวิศวกรรมศาสตร์**

**สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง**

**พ.ศ.2561**

KMITL-2018-EN-D-098-151

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# แบบจำลองการประเมินความยั่งยืนสำหรับการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐาน

# SUSTAINABILITY ASSESSMENT MODEL FOR INFRASTRUCTURE DEVELOPMENT


**ธนชนม์ กระจ่างศรี**

THANACHON KRAJANGSRI


**วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต**

**สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา**

**คณะวิศวกรรมศาสตร์**

**สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง**

**พ.ศ.2561**


KMITL-2018-EN-D-098-151



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# SUSTAINABILITY ASSESSMENT MODEL FOR INFRASTRUCTURE DEVELOPMENT

THANACHON KRAJANGSRI

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

DOCTOR OF ENGINEERING IN CIVIL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2018

KMITL-2018-EN-D-098-151

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2018

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | |
|---|---|
| **หัวข้อวิทยานิพนธ์** | แบบจำลองการประเมินความยั่งยืนสำหรับการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐาน |
| **นักศึกษา** | นายธนชนม์ กระจ่างศรี |
| **รหัสประจำตัว** | 56601060 |
| **ปริญญา** | วิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต |
| **สาขาวิชา** | วิศวกรรมโยธา |
| **พ.ศ.** | 2561 |
| **อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์** | รศ.ดร.จักรพงษ์ พงษ์เพ็ง |

## บทคัดย่อ

เป้าหมายหนึ่งของการพัฒนาแบบดั้งเดิมในหลายๆประเทศคือการเพิ่มความเติบโตทางเศรษฐกิจ ในระหว่างขั้นตอนการพัฒนานี้แหล่งทรัพยากรธรรมชาติจึงถูกใช้ไปในปริมาณมาก สร้างผลกระทบที่เป็นลูกโซ่ต่อสิ่งแวดล้อม เนื่องจากอุตสาหกรรมก่อสร้างมีส่วนสนับสนุนในการพัฒนาประเทศ อุตสาหกรรมก่อสร้างจึงมีบทบาทสำคัญในการตอบสนองความต้องการและปรับปรุงคุณภาพชีวิตของผู้คนในสังคมปัจจุบันและอนาคตทั่วโลก อย่างไรก็ตามกิจกรรมก่อสร้างโดยเฉพาะงานโครงสร้างพื้นฐานจำเป็นต้องใช้ทรัพยากรธรรมชาติปริมาณมากจนอาจเป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมได้ แนวคิดเรื่องการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานที่ยั่งยืนจึงเกิดขึ้นจากความจำเป็นดังกล่าวนี้ และเพื่อให้เกิดความเข้าใจและใช้งานโครงสร้างพื้นฐานที่ยั่งยืนได้อย่างมีประสิทธิภาพ การประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐานจึงเป็นสิ่งแรกที่จำเป็นต้องทำ โดยมีการศึกษาพบว่าการประเมินความยั่งยืนสามารถนำไปสู่ความสำเร็จของโครงการที่มีความยั่งยืนมากขึ้นรวมถึงผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการด้วย ซึ่งแสดงให้เห็นว่ามีความสัมพันธ์ที่เป็นไปได้ระหว่างการประเมินโครงสร้างพื้นฐานที่ยั่งยืนกับความสำเร็จของโครงการก่อสร้างและผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการ ถึงแม้งานวิจัยก่อนหน้านี้จะมีความพยายามระบุเกณฑ์การประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐาน เกณฑ์การวัดความสำเร็จของการก่อสร้าง และเกณฑ์การวัดผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการ แต่ยังไม่มีงานวิจัยใดพิสูจน์ความสัมพันธ์ดังกล่าวนี้ การวิจัยนี้จึงเป็นการศึกษาเพื่อยืนยันความสัมพันธ์และอิทธิพลที่การประเมินโครงสร้างพื้นฐานที่ยั่งยืนมีต่อความสำเร็จของโครงการก่อสร้างและผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการด้วยการวิเคราะห์แบบจำลองสมการโครงสร้าง

นอกจากนี้การตัดสินใจด้วยการใช้แบบจำลองการประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐานนั้นต้องอาศัยการรักษาสมดุลของเกณฑ์เชิงคุณภาพและเชิงปริมาณจำนวนมาก อีกทั้งยังมีทางเลือกที่เป็นไปได้และผู้มีส่วนได้เสียจำนวนมากเกี่ยวข้องในกิจกรรมเหล่านี้ทำให้ขั้นตอนการตัดสินใจมีความซับซ้อนยิ่งขึ้น การตัดสินใจด้วยการพิจารณาหลายเกณฑ์ (Multi-criteria decision analysis, MCDA) จึงถูกนำมาใช้สำหรับแบบจำลองการประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐานเนื่องจากสามารถช่วยให้เกิดกรอบแนวคิดที่มีระบบ เชื่อถือได้และมีความชัดเจนในการตัดสินใจเรื่องซับซ้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างการประเมินความยั่งยืน ถึงแม้จะมีการใช้แบบจำลองการประเมินความยั่งยืนที่มีพื้นฐานอยู่บนการวิเคราะห์การตัดสินใจหลายเกณฑ์ในการก่อสร้างโครงสร้างพื้นฐานมาแล้ว แต่แบบจำลองปัจจุบันก็ยังมีข้อจำกัดคือ 1) แบบจำลองปัจจุบันไม่มีความยืดหยุ่นที่เพียงพอต่อการเปลี่ยนแปลงและปรับเปลี่ยนเกณฑ์และน้ำหนักความสำคัญให้สอดคล้องกับชนิดและบริบทท้องถิ่นที่โครงสร้างพื้นฐานตั้งอยู่ 2) แบบจำลองปัจจุบันไม่ได้พิจารณาความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นจากความไม่แน่นอนในการประเมิน 3) แบบจำลองปัจจุบันไม่เปิดโอกาสให้ผู้มีส่วนได้เสียเข้าร่วมในการประเมิน การวิจัยนี้จึงมุ่งหมายที่จะพัฒนาแบบจำลองการประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐานที่ 1) มีความยืดหยุ่นต่อการเปลี่ยนแปลงเกณฑ์และน้ำหนักความสำคัญตามชนิดโครงการและบริบทท้องถิ่นของโครงสร้างพื้นฐานผ่านการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ 2) รวมความเสี่ยงที่เกิดขึ้นจากความไม่แน่นอนไว้ในการพิจารณาตัดสินใจและ 3) ส่งเสริมให้ผู้มีส่วนได้เสียมีส่วนร่วมในการประเมิน แบบจำลองที่พัฒนาขึ้นนี้จะเป็นเครื่องมือใหม่ที่ช่วยส่งเสริมให้การประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐานมีความสามารถมากขึ้น

ข้อมูลในงานวิจัยนี้ถูกรวบรวมผ่านแบบสอบถามที่ถูกจัดส่งให้กลุ่มตัวอย่างในอุตสาหกรรมก่อสร้างที่เกี่ยวข้องกับโครงสร้างพื้นฐานทั้งภาครัฐและเอกชนโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับเกณฑ์ในการประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐาน ความสำเร็จของโครงการก่อสร้าง และผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการ แบบสอบถามจะถูกตรวจสอบตรวจสอบความเชื่อมั่น (Reliability) ของทุกข้อคำถามด้วยการใช้สัมประสิทธิ์อัลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha) และพบว่าแบบสอบถามในส่วนของการประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐาน ความสำเร็จของโครงการก่อสร้าง และ ผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการ มีค่าสัมประสิทธิ์อัลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha) อยู่ที่ 0.969, 0.962 และ 0.988 ตามลำดับ แบบสอบถามทั้งหมดจำนวน 500 ชุดถูกนำส่งและได้รับการตอบกลับจำนวน 371 ชุดหรือร้อยละ 74 ถือเป็นอัตราตอบรับที่ดีเยี่ยม จากนั้นข้อมูลที่ได้จึงถูกนำมาวิเคราะห์ความสอดคล้องกับแบบจำลองสมการโครงสร้างด้วยโปรแกรม Amos โดยเริ่มจากการวิเคราะห์ปัจจัยเชิงยืนยัน (Confirmatory Factor Analysis) ในแบบจำลองการวัดเพื่อยืนยันความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตุได้และตัวแปรแฝงตามทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง แล้วจึงทำการตรวจสอบความสอดคล้องของแบบจำลองสมการโครงร้างกับข้อมูลเชิงประจักษ์ (Goodness-of-fit) โดยพิจารณาจากค่าดัชนีต่างๆ และหากแบบจำลองไม่มีความสอดคล้องจะทำการปรับแบบจำลองจนสอดคล้องเพื่อหาค่าความถดถอย (Regression Analysis) ว่าตัวแปรต้นมีอิทธิพลต่อตัวแปรตามมากน้อยเพียงใด รวมถึงอิทธิพลทางตรงและทางอ้อมตามสมมติฐานที่ตั้งไว้หรือไม่ซึ่งผลการวิเคราะห์พบว่าการประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐานมีอิทธิพลโดยตรงต่อความสำเร็จของโครงการก่อสร้าง ที่ค่าน้ำหนักความถดถอยมาตรฐานเท่ากับ 0.84 และการประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐานมีอิทธิพลโดยตรงต่อผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการ ที่ค่าน้ำหนักความถดถอยมาตรฐานเท่ากับ 0.63 และความสำเร็จของโครงการก่อสร้างมีอิทธิพลโดยตรงต่อผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการ ที่ค่าน้ำหนักความถดถอยมาตรฐานเท่ากับ 0.26 และการประเมิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐานมีอิทธิพลทางอ้อมกับผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการผ่านทางความสำเร็จของโครงการก่อสร้างที่ค่าน้ำหนักความถดถอยมาตรฐานเท่ากับ 0.85 ตามลำดับซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานและวัตถุประสงค์ของการวิจัยที่ตั้งไว้

เมื่อพิจารณาในส่วนการประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐานสำหรับใช้จัดทำแบบจำลองการประเมินในขั้นตอนต่อไปผลกระทบสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ข้างเคียงถูกมองว่าเป็นเกณฑ์สำคัญที่สุดเพราะการพัฒนาที่ยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐานควรครอบคลุมองค์ประกอบพื้นฐานสามประการ คือ สังคม สิ่งแวดล้อมและเศรษฐกิจ ซึ่งเห็นได้ชัดเจนว่าเกณฑ์ด้านผลกระทบสิ่งแวดล้อมเป็นองค์ประกอบของโครงสร้างพื้นฐานที่ยั่งยืน ที่ผู้ตอบแบบสอบถามทุกคนให้ความสนใจเนื่องจากสามารถสะท้อนให้เห็นความยั่งยืนของโครงการได้ ส่วนการคมนาคมซึ่งมีความสำคัญเทียบเท่าผลกระทบสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ข้างเคียงนั้นเป็นเพราะในทางปฏิบัติการคมนาคมสามารถส่งผลดีและผลเสียที่เป็นรูปธรรมต่อความสำเร็จของโครงการและผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการตลอดอายุโครงการได้ การพิจารณาประเด็นเหล่านี้จึงควรทำอย่างรอบตอบตั้งแต่ช่วงแรกของการวางแผนดำเนินโครงการ และถึงแม้เกณฑ์ด้านวัสดุและทรัพยากร และการจัดการของเสียจะมีน้ำหนักความสำคัญสัมพัทธ์ต่ำที่สุดก็ไม่ควรถูกละเลยในช่วงการวางแผนเช่นกัน

จากนั้นเกณฑ์การประเมินความยั่งยืนจะถูกสร้างขึ้นเป็นแบบจำลองการประเมินด้วยโปรแกรม Visual Basic ใน Microsoft Excel โดยมีคุณลักษณะสำคัญที่แบบจำลองการประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐานในปัจจุบันยังไม่มีคือ 1) มีความยืดหยุ่นต่อการเปลี่ยนแปลงให้เหมาะกับชนิดและบริบทท้องถิ่นของโครงการ 2) สามารถรวมความเสี่ยงจากความไม่แน่นอนในการประเมินไว้ในการตัดสินใจได้ และ 3) รองรับการใช้งานของผู้ตัดสินใจหลายคนได้ผ่านทาง Userforms ที่ถูกออกแบบให้มีความเป็นมิตรและตอบโต้กับต่อผู้ใช้งานได้ ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัยนี้คือ 1) ช่วยสร้างความตระหนักรู้ถึงความจำเป็นของการพัฒนาที่ยั่งยืนทั้งในระดับท้องถิ่นและระดับประเทศ 2) แบบจำลองสมการโครงสร้างแสดงให้เห็นเกณฑ์การประเมินความยั่งยืนที่สามารถใช้เป็นในแนวทางในการพัฒนาที่ยั่งยืนได้ 3) ผลลัพธ์จากการวิเคราะห์แบบจำลองสมการโครงสร้างช่วยยืนยันความสัมพันธ์ที่เป็นไปได้ระหว่างการประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐานกับความสำเร็จของโครงการก่อสร้างและผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการ 4) จากผลลัพธ์นี้จะช่วยเพิ่มความมั่นใจให้เจ้าของโครงการในการตัดสินใจดำเนินโครงการที่มีความยั่งยืนได้ และ 5) การประเมินความยั่งยืนของโครงการโครงสร้างพื้นฐานจะมีความสะดวกขึ้นด้วยการใช้แบบจำลองการประเมินผ่านโปรแกรม Visual Basic ใน Microsoft Excel

**คำสำคัญ**: โครงสร้างพื้นฐาน แบบจำลอง การประเมิน แบบจำลองสมการโครงสร้าง ความยั่งยืน ความสำเร็จ โครงการก่อสร้าง ผลประโยชน์ เจ้าของโครงการ การตัดสินใจ การพิจารณาหลายเกณฑ์ ความเสี่ยง ความไม่แน่นอน การมีส่วนร่วม ผู้มีส่วนได้เสีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | |
|---|---|
| **Thesis** | Sustainability Assessment Model for Infrastructure Development |
| **Student** | Mr.Thanachon Krajangsri |
| **Student ID.** | 56601060 |
| **Degree** | Doctor of Engineering |
| **Program** | Civil Engineering |
| **Year** | 2018 |
| **Thesis Advisor** | Assoc.Prof.Dr. Jakrapong Pongpeng |


# ABSTRACT

One goal in traditional development in several countries has been to increase economic growth. During the development period, a large amount of natural resources are used, causing long-term environmental damages. Since construction industry is one mechanism of the country's development, it also has a major role in responding to the people's needs and to improve their quality of life both at present and in the future worldwide. However, the construction industry, especially the infrastructure development, requires huge quantity of natural resources and has become harmful to the environment. Therefore, sustainable infrastructure concept was conceived from this necessity. To create understanding and use of infrastructures efficiently, sustainability assessment of infrastructure is the first step to take. Previous studies showed that sustainability assessment of infrastructure could lead to construction project success and owner benefits, indicating possible relationships between sustainability assessment of infrastructure and construction project success and owner's benefits. Although previous studies have tried to identiy criteria in sustainability assessment of infrastructure, criteria in measuring construction project success and criteria in measuring project owner's benefits, but their relationships have not been proved. This study was aimed to examine the relationships and influences between sustainability assessment of infrastructure and construction project success and owner's benefits by structural equation modeling (SEM) method.

In addition, making decision through sustainability assessment of infrastructure model requires balancing between various qualitative and quantitative decision-


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

making criteria. Thus, multi-criteria decision analysis (MCDA) has been used as a foundation in building a sustainability assessment model. MCDA offers a systematic, reliable and distinct framework, which is suitable for complex issues in the sustainability assessment. However, the current sustainability assessment models still have some limitations: 1) The models are not flexible enough to cope with change and adaptation to suit the infrastructure's types and local contexts. 2) The models do not take risks arising from uncertainties into account. 3) The models do not allow participation of various project stakeholders. This study was additionally aimed to develop the sustainability assessment model with the following characteristics: 1) Be flexible enough for change to suit the infrastructure's type and local contexts. 2) Be able to take risks arising from uncertainties into consideration. 3) Be able to support participation of various project stakeholders. This newly developed model will contribute to the knowledge of sustainable infrastructure assessment.

The data in this study were collected by questionnaire sent to sample groups in private and public sectors in Thai construction industry such as project owners, design and consultant firms, contractors. The questionnaire was then tested for reliability using Cronbach's Alpha and it was found that the Cronbach's Alpha of sustainability assessment of infrastructure, construction project success, and owner's benefits were 0.969, 0.962, and 0.988 respectively. Of 500 questionnaires sent, 371 were returned, giving a response rate of 74%, which is regarded as excellent. After that, the data were analyzed by Amos program to determine if the sample covariance matrix fits the covariance matrix in the theoretical model. From the final SEM model, it was found that sustainability assessment of infrastructure directly influences construction project success with standardized regression weight of 0.84 and sustainability assessment of infrastructure directly influences owner's benefits with standardized regression weight of 0.63 and construction project success directly influences owner's benefits with standardized regression weight of 0.26 and sustainability assessment of infrastructure indirectly influences owner's benefits through construction project success with standardized regression weight of 0.85 The results confirmed all of the study's hypotheses.

From the final SEM model, it was found that the environmental impacts on surrounding areas criteria have the highest weight of relative importance. This is because sustainable development should cover three aspects of sustainability,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

namely social, environmental, and economic aspects. Most respondents considered environmental impacts criteria as the basic components of the sustainable infrastructure because the criteria reflect the sustainability of the project. Transportation criteria also have the highest weight of relative importance because transportation can positively or negatively affect construction project success and owner's benefits during the project's life cycle. Hence, these criteria should be considered carefully from the initial phase of the project. Although either waste management or materials and resources criteria have the lowest and the second lowest weights of relative importance, they should be considered carefully from the initial phase of the project as well.

Next, all criteria from the sustainability assessment of infrastructure were used to develop an assessment model written in Visual Basic program in Microsoft Excel. The model was designed with distinctive features not found in the current assessment model as the followings. 1) The model is flexible enough for change in criteria and their weights to suit the infrastructure's type and local contexts. 2) The model takes risks arising from uncertainties into consideration. 3) The model supports participation of various project stakeholders through interactive and user-friendly Userforms.

In conclusion, this study provides several benefits comprising: 1) The study can raise awareness for sustainable development both locally and internationally. 2) The SEM model illustrates criteria and subcriteria which can be used as guidelines in sustainable development. 3) Results from SEM analysis confirm the relationships between sustainability assessment of infrastructure and construction project success and owner's benefits. 4) The analysis results can increase confidence for the project owner in developing more sustainable projects. 5) The sustainability assessment of infrastructure projects can be done easier by using the computer-based assessment model.

***Keywords:*** Infrastructure, model, assessment, structural equation modeling (SEM), sustainability, success, construction project, benefits, owner, decision-making, multi-criteria, risk, uncertainty, participation, stakeholders

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.จักรพงษ์ พงษ์เพ็ง ที่ให้ความช่วยเหลือ ให้คำชี้แนะ ช่วยแก้ปัญหาตลอดจนให้ความรู้และประการณ์ที่ดีแก่ข้าพเจ้า

ขอขอบพระคุณกรรมการสอบหัวข้อและโครงร่างวิทยานิพนธ์ทุกท่านที่ได้กรุณาให้คำแนะนำตลอดจนข้อชี้แนะในการทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้

ขอขอบพระคุณผู้มีอุปการะคุณจาก กรุงเทพมหานคร กรมทางหลวง กรมทางหลวงชนบท และกรมโยธาธิการ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการเก็บข้อมูลและข้อเสนอแนะในการจัดทำและปรับปรุงแบบสอบถาม

ขอขอบคุณมิตรสหายทุกท่านจากบริษัท เอพซิลอน จำกัด และบริษัท ช.การช่าง จำกัด (มหาชน) ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการเก็บข้อมูลและความช่วยเหลือในเรื่องต่างๆ

สำหรับคุณค่าและคุณงามความดีอันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบให้กับคุณพ่อวินิต กระจ่างศรี และคุณแม่พรรณี กระจ่างศรี บิดา มารดา ผู้เป็นที่รักและเคารพยิ่งตลอดมาและตลอดไป รวมถึงครูอาจารย์ที่เคารพทุกท่านที่ได้ถ่ายทอดวิชาความรู้และประสบการณ์ที่ดีให้แก่ข้าพเจ้า

ธนชนม์ กระจ่างศรี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ


หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... IV

กิตติกรรมประกาศ..... VII

สารบัญ..... VIII

สารบัญตาราง..... XI

สารบัญรูป..... XIII

นิยามคำศัพท์..... XIV

บทที่ 1 บทนำ..... 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 4

1.3 สมมติฐานของงานวิจัย..... 4

1.4 ขอบเขตของการวิจัย..... 5

1.5 ขั้นตอนของการวิจัย..... 6

1.6 ผลลัพธ์ของการวิจัย..... 7

1.7 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย..... 7

1.8 บทความที่ได้รับการตีพิมพ์จากงานวิจัยนี้..... 8

บทที่ 2 การประเมินความยั่งยืนของโครงการก่อสร้าง ความสำเร็จของโครงการ และผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการ..... 9

2.1 บทนำ..... 9

2.2 นิยาม แนวคิด ของการพัฒนาที่ยั่งยืน..... 9

2.3 นิยาม แนวคิด เกณฑ์การประเมินหลักและเกณฑ์การประเมินรองของอาคารเขียว..... 11

2.4 นิยาม แนวคิด เกณฑ์การประเมินหลักและเกณฑ์การประเมินรองของโครงสร้างพื้นฐานที่ยั่งยืน..... 19

2.5 นิยาม แนวคิด เกณฑ์การประเมินหลักและเกณฑ์การประเมินรองของความสำเร็จของโครงการก่อสร้าง..... 52

2.6 นิยาม แนวคิด เกณฑ์การประเมินหลักและเกณฑ์การประเมินรองของผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการ..... 77

2.7 สรุป..... 81


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ (ต่อ)


บทที่ 3 แนวคิด หลักการที่ใช้สร้างแบบจำลองสมการโครงสร้างและแบบจำลองการตัดสินใจด้วยการพิจารณาหลายเกณฑ์..... 83

3.1 บทนำ..... 83

3.2 แบบจำลองสมการโครงสร้าง..... 83

3.3 การตัดสินใจโดยพิจารณาหลายเกณฑ์ (Multi-criteria Decision Analysis) ..... 99

3.4 แบบจำลองการตัดสินใจสำหรับใช้จัดทำแบบจำลองการประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐานในการวิจัยนี้..... 104

3.5 สรุป..... 105

บทที่ 4 การวิเคราะห์แบบจำลองสมการโครงสร้างและผลลัพธ์..... 106

4.1 บทนำ..... 106

4.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง..... 106

4.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย..... 108

4.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล..... 110

4.5 การวิเคราะห์ข้อมูล..... 110

4.6 สมมติฐานของการวิจัย..... 112

4.7 การเก็บข้อมูลและสถานภาพผู้ตอบแบบสอบถาม..... 120

4.8 ผลการวิเคราะห์แบบจำลองสมการโครงสร้าง..... 121

4.9 อภิปรายผลการวิเคราะห์แบบจำลองสมการโครงสร้าง..... 132

4.10 สรุปผลการวิเคราะห์แบบจำลองสมการโครงสร้าง..... 135

บทที่ 5 แบบจำลองการประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐานด้วยวิธีพิจารณาการตัดสินใจหลายเกณฑ์..... 138

5.1 บทนำ..... 138

5.2 การออกแบบและเขียนโปรแกรมแบบจำลองการประเมินโครงสร้างพื้นฐานที่ยั่งยืน..... 138

5.3 การตรวจสอบและยืนยันแบบจำลองการประเมินโครงสร้างพื้นฐานที่ยั่งยืน..... 148



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ (ต่อ)


บทที่ 6 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ..... 156
6.1 บทนำ..... 156
6.2 สรุปผลการวิจัย..... 158
6.3 ข้อเสนอแนะ..... 160

บรรณานุกรม..... 163
ภาคผนวก ก. แบบสอบถาม..... 175
ภาคผนวก ข. บทความที่ 1 ที่ได้รับการตีพิมพ์ในวารสารวิชาการระดับนานาชาติ..... 189
ภาคผนวก ค. บทความที่ 2 ที่ได้รับการตีพิมพ์ในการประชุมวิชาการระดับนานาชาติ..... 202
ภาคผนวก ง. บทความที่ 3 ที่ได้รับการตีพิมพ์ในการประชุมวิชาการระดับนานาชาติ..... 207

ประวัติผู้เขียน..... 212



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง


ตารางที่ หน้า

2.1 เกณฑ์การประเมินหลักของ TREES..... 14

2.2 เกณฑ์การประเมินหลักของ BREEAM..... 16

2.3 เกณฑ์การประเมินหลักของ CASBEE..... 17

2.4 เกณฑ์การประเมินหลักของ LEED BD+C..... 18

2.5 เกณฑ์การประเมินหลักของ CEEQUAL V.4..... 22

2.6 เกณฑ์การประเมินหลักของ Envision..... 24

2.7 เกณฑ์การประเมินหลักของ GreenLITES..... 30

2.8 เกณฑ์การประเมินหลักของ Greenroads..... 34

2.9 เกณฑ์การประเมินหลักและรองในงานวิจัยของ Ugwu and Haupt..... 37

2.10 เกณฑ์การประเมินหลักและรองในงานวิจัยของ Fernandez-Sanchez and Rodriguez-Lopez..... 41

2.11 เกณฑ์การประเมินหลักและรองในงานวิจัยของ M'Ikiugu et al..... 45

2.12 สรุปการทบทวนวรรณกรรมสำหรับเกณฑ์การประเมินหลักและเกณฑ์การประเมินรองของการประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐาน..... 47

2.13 เกณฑ์การประเมินหลักและรองในงานวิจัยของ Tabish and Jha..... 53

2.14 เกณฑ์การประเมินหลักและรองในงานวิจัยของ Enshassi et al..... 56

2.15 เกณฑ์การประเมินหลักและรองในงานวิจัยของ Alzahrani and Emsley..... 60

2.16 เกณฑ์การประเมินหลักและรองในงานวิจัยของ Ali et al..... 62

2.17 เกณฑ์การประเมินหลักและรองในงานวิจัยของ Toor and Ogunlana..... 63

2.18 เกณฑ์การประเมินหลักและรองในงานวิจัยของ Pakseresht and Asgari..... 65

2.19 เกณฑ์การประเมินหลักและรองในงานวิจัยของ Gudiene et al..... 66

2.20 เกณฑ์การประเมินหลักและรองในงานวิจัยของ Pankaj and Bhangale..... 70

2.21 สรุปการทบทวนวรรณกรรมสำหรับเกณฑ์การประเมินหลักและเกณฑ์การประเมินรองของความสำเร็จของการก่อสร้าง..... 72

3.1 ดัชนีตรวจสอบความสอดคล้องของแบบจำลอง..... 95

4.1 ข้อมูลของผู้ตอบแบบสอบถาม..... 107

4.2 ดัชนีตรวจสอบความสอดคล้องของแบบจำลองการวัด..... 122

4.3 ผลการทดสอบสมมติฐาน..... 129



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่

4.4 ค่าน้ำหนักความถดถอยที่ปรับให้อยู่ในรูปมาตรฐานและน้ำหนักความสำคัญสัมพัทธ์..... 130

4.5 อิทธิพลของการประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐานที่มีต่อความสำเร็จของโครงการก่อสร้างและผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการ..... 131

4.6 ค่าน้ำหนักความถดถอยในรูปมาตรฐานและน้ำหนักความสำคัญสัมพัทธ์ของการประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐาน..... 131

5.1 สรุปผลการตรวจสอบผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองและการคำนวนด้วยมือ..... 148

5.2 การเปรียบเทียบผลการประเมินความยั่งยืนจากแบบจำลอง SIAM กับ GreenLITES..... 149

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญรูป


| รูปที่ | หน้า |
|---|---|
| 4.1 แบบจำลองการวัดเบื้องต้นของการประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐาน | 113 |
| 4.2 แบบจำลองการวัดเบื้องต้นของความสำเร็จของโครงการก่อสร้าง | 114 |
| 4.3 แบบจำลองการวัดเบื้องต้นของผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการ | 115 |
| 4.4 แบบจำลองโครงสร้างเบื้องต้นในการทดสอบสมมติฐาน | 119 |
| 4.5 แบบจำลองการวัดขั้นสุดท้ายของการประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐาน | 123 |
| 4.6 แบบจำลองการวัดขั้นสุดท้ายของความสำเร็จของโครงการก่อสร้าง | 124 |
| 4.7 แบบจำลองการวัดขั้นสุดท้ายของผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการ | 125 |
| 4.8 แบบจำลองสมการโครงสร้างขั้นสุดท้าย | 128 |
| 5.1 แบบจำลองการประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐาน | 139 |
| 5.2 แบบฟอร์มเลือกน้ำหนักผู้ประเมิน | 140 |
| 5.3 แบบฟอร์มทางเลือกเกณฑ์การประเมิน | 141 |
| 5.4 แบบฟอร์มเปลี่ยนน้ำหนักเกณฑ์การประเมิน | 142 |
| 5.5 แบบฟอร์มปรับเปลี่ยนเกณฑ์การประเมิน | 143 |
| 5.6 โค้งอรรถประโยชน์ที่แสดงให้เห็นทัศนคติต่อความเสี่ยง | 144 |
| 5.7 แบบฟอร์มให้ค่าอรรถประโยชน์ | 145 |
| 5.8 แบบฟอร์มรายงานผลความยั่งยืนของโครงการ | 147 |
| 5.9 โค้งอรรถประโยชน์ที่แสดงให้เห็นการให้ค่าอรรถประโยชน์ตามทัศนคติต่อความเสี่ยง | 154 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# นิยามคำศัพท์

ในการวิจัยนี้ได้กำหนดคำจำกัดความที่ใช้ในการศึกษาที่สำคัญไว้พอสังเขปดังต่อไปนี้

1.5.1 แบบจำลองสมการโครงสร้าง (Structural Equation Model, SEM) หมายถึง วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลหลายตัวแปรด้วยการนำวิธีการทางสถิติในวิเคราะห์หลายตัวแปรมาใช้ร่วมกัน เพื่อหาความสัมพันธ์และอิทธิพลที่มีระหว่างตัวแปรได้ผ่านการเขียนเป็นแผนภาพจำลองเพื่อช่วยให้เข้าใจได้ง่ายขึ้น

1.5.2 ตัวแปรสังเกตุได้ (Observed Variable) หมายถึง ตัวแปรที่สามารถถูกวัดค่าได้โดยตรง ผ่านทางเครื่องมือ เช่น แบบสอบถาม การสัมภาษณ์

1.5.3 ตัวแปรแฝง (Latent Variable) หมายถึง ตัวแปรที่ไม่สามารถถูกวัดค่าได้โดยตรง แต่จะถูกประเมินจากค่าของตัวแปรสังเกตุได้

1.5.4 ตัวแปรแฝงภายนอก (Exogenous Variable) หมายถึง ตัวแปรแฝงที่เป็นอิสระ เนื่องจากไม่มีตัวแปรอื่นในแบบจำลองที่มีอิทธิพลต่อตัวแปรนี้ ประกอบด้วย

1.5.4.1 การประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐาน หมายถึง การประเมินประสิทธิภาพของสิ่งก่อสร้างหรือแบบแผนที่ตอบสนองความต้องการในชีวิตประจำวันของผู้คนในสังคมตั้งแต่ขั้นตอนการออกแบบ ก่อสร้างและบำรุงรักษาว่าส่งผลกระทบทั้งด้านบวกและลบต่อปัจจัยเชิงสังคม, สิ่งแวดล้อมและเศรษฐกิจในพื้นที่ๆสิ่งก่อสร้างนั้นตั้งอยู่หรือถูกนำแผนไปปฏิบัติ และพื้นที่แวดล้อมอย่างไร โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อรักษาสมดุลระหว่างปัจจัยเชิงสังคม, สิ่งแวดล้อมและเศรษฐกิจไว้ให้ได้ สามารถถูกอธิบายได้จากตัวแปรแฝง 9 ตัว คือ การจัดการโครงการ ทำเลที่ตั้ง พลังงาน น้ำ วัสดุและทรัพยากร การจัดการของเสีย การคมนาคม ผลกระทบสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ข้างเคียง และชุมชน

1.5.4.1.1 การจัดการโครงการ (Project Management) หมายถึงการจัดเตรียมมาตรการต่างๆที่จะทำให้โครงการดำเนินงานได้อย่างราบรื่น ซึ่งจะถูกวัดค่าจากตัวแปรสังเกตุได้ประกอบด้วย การจัดทำแผนจัดการสิ่งแวดล้อม แผนความปลอดภัย แผนคุณภาพ การมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนได้เสียในโครงการ และการพิจารณาผสานโครงการใหม่เข้ากับโครงการเดิมในพื้นที่

1.5.4.1.2 ทำเลที่ตั้ง (Location) หมายถึงการเลือกทำเลที่ตั้งให้เหมาะกับการดำเนินโครงการ ซึ่งจะถูกวัดค่าจากตัวแปรสังเกตุได้ประกอบด้วย การเลือกทำเลที่ตั้งให้เหมาะสมกับชนิดโครงการ การพิจารณาความเสี่ยงจากอุทกภัย การป้องกันผลกระทบสิ่งแวดล้อมต่อระบบนิเวศ การหลีกเลี่ยงพื้นที่ไม่เหมาะสมทางกายภาพ การจัดการน้ำฝนไหลล้นจากโครงการ และการอนุรักษ์พื้นที่สีเขียวในโครงการ

1.5.4.1.3 พลังงาน (Energy) หมายถึงการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงในการดำเนินโครงการได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งจะถูกวัดค่าจากตัวแปรสังเกตุได้ประกอบด้วย การจัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาตรการลดการใช้พลังงาน การจัดทำมาตรการลดการปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ การพิจารณาใช้พลังงานหมุนเวียน การจัดทำมาตรการติดตามการใช้พลังงาน ระหว่างก่อสร้างและใช้งานโครงการ และการใช้อุปกรณ์ที่ประหยัดพลังงาน

1.5.4.1.4 น้ำ (Water) หมายถึงการใช้น้ำในการดำเนินโครงการได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งจะถูกวัดค่าจากตัวแปรสังเกตุได้ประกอบด้วย การจัดทำแผนอนุรักษ์แหล่งน้ำ การจัดทำมาตรการลดการใช้น้ำ การพิจารณานำน้ำกลับมาใช้ใหม่และการใช้น้ำฝน การจัดทำมาตรการติดตามการใช้น้ำระหว่างก่อสร้างและใช้งานโครงการ และการพิจารณาปรับปรุงแหล่งน้ำบริเวณโครงการ

1.5.4.1.5 วัสดุและทรัพยากร (Materials and Resources) หมายถึงการใช้วัสดุและทรัพยากรในการดำเนินโครงการได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งจะถูกวัดค่าจากตัวแปรสังเกตุได้ประกอบด้วย การใช้วัสดุพื้นถิ่น การนำโครงสร้างเดิมกลับมาใช้ใหม่ การผสานแนวคิดเรื่องความทนทานและบำรุงรักษาต่ำไว้ในการออกแบบ การใช้วัสดุรีไซเคิล และการประเมินวงจรชีวิตของวัสดุก่อสร้าง

1.5.4.1.6 การจัดการของเสีย (Waste Management) หมายถึงการจัดการของเสียที่เกิดขึ้นระหว่างดำเนินโครงการได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งจะถูกวัดค่าจากตัวแปรสังเกตุได้ประกอบด้วย การจัดทำแผนจัดการของเสีย การจัดทำแผนลดของเสีย การจัดทำแผนคัดแยกของเสีย และการลดปริมาณดินขุดที่ต้องนำออกจากโครงการ

1.5.4.1.7 การคมนาคม (Transport) หมายถึงการสัญจรภายในพื้นที่โครงการและพื้นที่แวดล้อมของผู้คนและวัสดุ อุปกรณ์ระหว่างดำเนินโครงการได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งจะถูกวัดค่าจากตัวแปรสังเกตุได้ประกอบด้วย การพิจารณาถึงความสอดคล้องกับระบบคมนาคมปัจจุบัน การจัดทำแผนจัดการจราจรระหว่างก่อสร้าง การส่งเสริมคมนาคมทางเลือก และการปรับปรุงการเข้าถึงและความปลอดภัยของการสัญจรในพื้นที่โครงการ

1.5.4.1.8 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ข้างเคียง (Environmental Impacts on Surrounding Areas) หมายถึงการพิจารณาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในพื้นที่โครงการและพื้นที่ใกล้เคียงและจัดทำมาตรการเพื่อลดผลกระทบดังกล่าวให้เหลือน้อยที่สุดได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งจะถูกวัดค่าจากตัวแปรสังเกตุได้ประกอบด้วย การจัดทำมาตรการลดผลกระทบจากเสียง มลภาวะทางอากาศ ความสั่นสะเทือน แสงไฟรบกวน ทั้งระหว่างก่อสร้างและใช้งานโครงการ และการจัดทำมาตรการลดปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมือง (Heat Island Effect)

1.5.4.1.9 ชุมชน (Community) หมายถึงการพิจารณาความเป็นอยู่ของผู้คนในชุมชนที่โครงการตั้งอยู่และในพื้นที่แวดล้อมและจัดทำมาตรการเพื่อส่งเสริมคุณภาพชีวิตและลดผลกระทบที่เกิดจากการดำเนินโครงการได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งจะถูกวัดค่าจากตัวแปรสังเกตุได้ประกอบด้วย การส่งเสริมเศรษฐกิจชุมชนให้เติบโต การส่งเสริมความปลอดภัยและสุขอนามัยชุมชน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การส่งเสริมการสัญจรและเข้าถึงชุมชน การอนุรักษ์และส่งเสริมทัศนียภาพของชุมชน การเพิ่มพื้นที่สันทนาการ และการอนุรักษ์มรดกทางประวัติศาสตร์และวัฒนธรรม

1.5.5 ตัวแปรแฝงภายใน (Endogenous Variable) หมายถึง ตัวแปรแฝงที่ได้รับอิทธิพลจากตัวแปรแฝงอื่นในแบบจำลองและสามารถเป็นตัวแปรคั่นกลาง (Intermediating Variable) ได้เช่นกัน ประกอบด้วย

1.5.5.1 ความสำเร็จของโครงการก่อสร้าง หมายถึง การที่ผลลัพธ์จากการดำเนินงานโครงการของผู้รับจ้างเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของโครงการ สอดคล้องกับความคาดหวังของผู้ว่าจ้าง สามารถถูกอธิบายได้จากตัวแปรแฝงได้ 6 ตัว คือ เวลา ค่าใช้จ่าย คุณภาพ ความปลอดภัย ความพึงพอใจของลูกค้าและชุมชน และสิ่งแวดล้อม

1.5.5.1.1 เวลา หมายถึง ระยะเวลาที่ใช้วางแผน ออกแบบและก่อสร้างโครงการได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งจะถูกวัดค่าจากตัวแปรสังเกตุได้ประกอบด้วย ระยะเวลาการส่งมอบพื้นที่โครงการ ระยะเวลาในแผนงานสอดคล้องกับสัญญา ระยะเวลาก่อสร้างตามสัญญาและระยะเวลาแก้ไขเปลี่ยนแปลงงาน

1.5.5.1.2 ค่าใช้จ่าย หมายถึง ค่าใช้จ่ายที่ใช้วางแผน ออกแบบและก่อสร้างโครงการได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งจะถูกวัดค่าจากตัวแปรสังเกตุได้ประกอบด้วย ค่าจัดเตรียมสถานที่ก่อสร้างโครงการ ค่าจัดจ้างบุคคลากรดำเนินการโครงการ ค่าจัดซื้อจัดหาเครื่องจักร อุปกรณ์ดำเนินโครงการ และค่าจัดซื้อ จัดหาวัสดุและทรัพยากรดำเนินโครการ

1.5.5.1.3 คุณภาพ หมายถึง คุณภาพของงานออกแบบและก่อสร้างเป็นไปตามวัตถุประสงค์และข้อกำหนดได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งจะถูกวัดค่าจากตัวแปรสังเกตุได้ประกอบด้วย ผลงานเป็นไปตามแบบและข้อกำหนด การทำงานสอดคล้องกับแผนคุณภาพ ผลงานตรงตามวัตถุประสงค์ และมีการรับประกันผลงานตามระยะเวลาที่เหมาะสม

1.5.5.1.4 ความปลอดภัย หมายถึง การจัดทำแผนและมาตรการส่งเสริมความปลอดภัยระหว่างดำเนินงานโครงการได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งจะถูกวัดค่าจากตัวแปรสังเกตุได้ประกอบด้วย การจัดทำแผนและคู่มือความปลอดภัย การปฏิบัติตามแผนและคู่มือความปลอดภัยของบุคลากร สภาพสถานที่ก่อสร้างสอดคล้องกับข้อกำหนดในคู่มือความปลอดภัย สภาพเครื่องจักรกับข้อกำหนดในคู่มือความปลอดภัย

1.5.5.1.5 ความพึงพอใจของลูกค้าและชุมชน หมายถึง ความรู้สึกและความคิดเห็นที่ลูกค้าเจ้าของโครงการและชุมชนที่โครงการตั้งอยู่มีต่อบริการของผู้รับจ้าง ซึ่งจะถูกวัดค่าจากตัวแปรสังเกตุได้ประกอบด้วย ลูกค้าเจ้าของโครงการและชุมชนที่โครงการตั้งอยู่มีทัศนคติที่ดีต่อบริการของผู้รับจ้าง ลูกค้าเจ้าของโครงการและชุมชนที่โครงการตั้งอยู่มีความเชื่อมั่นต่อบริการของผู้รับจ้าง ลูกค้าเจ้าของโครงการและชุมชนที่โครงการตั้งอยู่มีความพึงพอใจต่อบริการของผู้รับจ้าง และลูกค้าเจ้าของโครงการและชุมชนที่โครงการตั้งอยู่ไม่มีข้อขัดแย้งกับผู้รับจ้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5.5.1.6 สิ่งแวดล้อม หมายถึง การพิจารณาถึงผลกระทบที่สิ่งแวดล้อมในพื้นที่โครงการและพื้นที่ใกล้เคียงจะได้รับจากการดำเนินโครงการตั้งแต่ขั้นตอนการออกแบบ ก่อสร้าง และใช้งานโครงการ ซึ่งจะถูกวัดค่าจากตัวแปรสังเกตุได้ประกอบด้วย การจัดทำแผนลดผลกระทบสิ่งแวดล้อม การดำเนินงานเป็นไปตามแผนลดผลกระทบสิ่งแวดล้อม โครงการมีส่วนช่วยปรับปรุงสิ่งแวดล้อมปัจจุบันให้ดีขึ้น และการไม่มีข้อพิพาทกับชุมชนเรื่องสิ่งแวดล้อม

1.5.5.2 ผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการ หมายถึง ผลตอบแทนทั้งที่เป็นรูปธรรมและนามธรรมที่เจ้าของโครงการจะได้รับจากการดำเนินโครงการโครงสร้างพื้นที่ฐานที่ยั่งยืน สามารถถูกอธิบายได้จากตัวแปรแฝงได้ 3 ตัว คือ ผลประโยชน์ด้านสังคม ผลประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อม และผลประโยชน์ด้านเศรษฐกิจ

1.5.5.2.1 ผลประโยชน์ด้านสังคม หมายถึง ผลตอบแทนทั้งที่เป็นรูปธรรมและนามธรรมที่เจ้าของโครงการได้รับจากการรับรู้ของผู้คนในสังคมที่โครงสร้างพื้นฐานที่ยั่งยืนและ/หรือองค์กรเจ้าของโครการนั้นตั้งอยู่ ซึ่งจะถูกวัดค่าจากตัวแปรสังเกตุได้ประกอบด้วย การส่งเสริมภาพลักษณ์ให้องค์กร การส่งเสริมภาพลักษณ์ให้ประเทศ การสร้างความพึงพอใจให้ผู้ใช้โครงการ การได้รับการยอมรับจากชุมชนแวดล้อมโครงการ

1.5.5.2.2 ผลประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อม หมายถึง การปรับปรุงหรือการเปลี่ยนแปลงในทางบวกที่เกิดขึ้นกับสิ่งแวดล้อมในพื้นที่โครงการและพื้นที่แวดล้อมที่ได้รับจากการดำเนินโครงการ ซึ่งจะถูกวัดค่าจากตัวแปรสังเกตุได้ประกอบด้วย การปรับปรุงความสามารถในการต้านทานภัยธรรมชาติ การลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากโครงการ การปกป้องทรัพยากรธรรมชาติและระบบนิเวศ และการเป็นกรณีศึกษาด้านสิ่งแวดล้อม

1.5.5.2.3 ผลประโยชน์ด้านเศรษฐกิจ หมายถึง ผลตอบแทนและ/หรือโอกาสทางการเงินที่เพิ่มขึ้นขณะที่ค่าใช้จ่ายลดลงโดยที่องค์กรเจ้าของโครงการจะได้รับจากการดำเนินโครงการโครงสร้างพื้นที่ฐานที่ยั่งยืน ซึ่งจะถูกวัดค่าจากตัวแปรสังเกตุได้ประกอบด้วย การลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน การลดค่าใช้จ่ายด้านน้ำ การลดค่าดำเนินงานและค่าบำรุงรักษา และการเพิ่มโอกาสเข้าถึงแหล่งเงินทุน

1.5.6 การพัฒนาที่ยั่งยืน หมายถึง การพัฒนาที่ตอบสนองความต้องการของคนในรุ่นปัจจุบันโดยไม่ทำให้ความสามารถของคนในรุ่นอนาคตเสื่อมถอยไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1
# บทนำ

## 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เป้าหมายหนึ่งของการพัฒนาแบบดั้งเดิมในหลายๆประเทศคือการเพิ่มความเติบโตทางเศรษฐกิจ ระหว่างขั้นตอนการพัฒนานี้แหล่งทรัพยากรธรรมชาติได้ถูกใช้ไปในปริมาณมาก สร้างผลกระทบที่เป็นลูกโซ่ต่อสิ่งแวดล้อม กิจกรรมหลายประเภทของมนุษย์ยังอาจเป็นอันตรายต่อระบบนิเวศจนเป็นผลเสียต่อสภาพความเป็นอยู่และทำให้การเติบโตทางเศรษฐกิจลดลงอีกด้วย เนื่องจากอุตสาหกรรมก่อสร้างมีส่วนสนับสนุนการพัฒนาประเทศ อุตสาหกรรมก่อสร้างจึงมีบทบาทสำคัญในการตอบสนองความต้องการและปรับปรุงคุณภาพชีวิตของผู้คนในสังคมทั้งปัจจุบันและอนาคตทั่วโลก (Tam et al., 2004) อย่างไรก็ตามกิจกรรมก่อสร้าง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในโครงการโครงสร้างพื้นฐานจำเป็นต้องใช้ทรัพยากรธรรมชาติปริมาณมากจนอาจเป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมได้ นี่จึงเป็นสิ่งสำคัญในการสร้างความตระหนักรู้ให้กับสังคมและหาหนทางที่จะทำให้โครงการก่อสร้างโครงสร้างพื้นฐานเป็นไปในลักษณะที่มีความยั่งยืนมากกว่าเดิม (Forsberg and von Malmborg 2004) แนวคิดเรื่องการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานที่ยั่งยืนจึงเกิดขึ้นจากความจำเป็นเหล่านี้

การศึกษาก่อนหน้านี้ได้นำเสนอนิยามที่หลากหลายของโครงสร้างพื้นฐานที่ยั่งยืน Community Research Connections (2006) นิยามโครงสร้างพื้นฐานที่ยั่งยืนว่าเป็นขั้นตอนการออกแบบ ก่อสร้างและใช้งานสิ่งก่อสร้างที่รวมถึงถนน สะพาน ทางรถไฟ สนามบิน ท่อน้ำมัน เขื่อน โรงบำบัดน้ำเสีย และโครงสร้างโยธาอื่นๆที่ให้บริการกิจกรรมประจำวันของมนุษย์และสังคมที่มนุษย์อาศัยอยู่โดยไม่ทำให้สมดุลของสภาพสังคม สิ่งแวดล้อมและเศรษฐกิจเสียไป United Nations (Economic and Social Commission for Asia and the Pacific) ESCAP (2007) อธิบายว่าโครงสร้างพื้นฐานที่ยั่งยืนคือชุดของสิ่งก่อสร้างที่มีความสอดคล้องกับการอนุรักษ์ความยั่งยืนทางสิ่งแวดล้อมและเศรษฐกิจ Benedict and McMahon (2002) เสนอว่าโครงสร้างพื้นฐานที่ยั่งยืนคือแผนการที่ทำให้ได้มาซึ่งความยั่งยืนทางสังคม สิ่งแวดล้อมและเศรษฐกิจ ในขณะที่ M'Ikiugu et al. (2012) ให้นิยามของโครงสร้างพื้นฐานที่ยั่งยืนว่าเป็นโครงข่ายของระบบนิเวศตามธรรมชาติหรือฝีมือมนุษย์และวิธีการที่ส่งเสริมการพัฒนาที่ดินโดยให้ความสนใจไปที่ผลประโยชน์ของมนุษย์และธรรมชาติ ปัจจุบันยังไม่มีคำนิยามที่เป็นสามัญของโครงสร้างพื้นฐานที่ยั่งยืน กระนั้นการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานที่ยั่งยืนก็เป็นสิ่งสำคัญเพราะโครงสร้างพื้นฐานที่ยั่งยืนสามารถสร้างผลกระทบครั้งใหญ่ต่อความยั่งยืนของสังคม, สิ่งแวดล้อมและเศรษฐกิจได้ (Huang and Yeh, 2008) การศึกษาของ Agenor and Moreno-Dodson (2006) พบว่า โครงสร้างพื้นฐานที่ยั่งยืนมีความจำเป็นต่อระบบการศึกษาและระบบสุขภาพของสังคม โครงสร้างพื้นฐานที่ยั่งยืนยังเป็นปัจจัยทางเศรษฐกิจสำคัญที่ช่วยลดค่าใช้จ่ายในการผลิตและเพิ่มผลผลิตได้ (Mamatzakis, 2008) นอกจากนี้ โครงสร้างพื้นฐานที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยั่งยืนสามารถถูกใช้เป็นเครื่องมือในการพัฒนาภูมิภาคเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของกิจกรรมทางสังคม-เศรษฐกิจและกำลังการผลิต และใช้ในการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติได้ด้วย (Nijkamp, 1986)

ด้วยความสำคัญดังกล่าวนี้ โครงสร้างพื้นฐานที่ยั่งยืนจึงกลายเป็นหนึ่งในปัจจัยสำคัญที่จะช่วยให้บรรลุเป้าหมายของการพัฒนาที่ยั่งยืน หลายเมืองใหญ่ทั่วโลกกำลังพยายามปรับปรุงโครงสร้างพื้นฐานของตนให้มีความยั่งยืนมากขึ้นเนื่องจากความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างพื้นฐานที่ยั่งยืนและการพัฒนาที่ยั่งยืนมีความเด่นชัดขึ้น เพื่อให้เกิดความเข้าใจและใช้งานโครงสร้างพื้นฐานที่ยั่งยืนได้อย่างมีประสิทธิภาพ การประเมินความยั่งยืนจึงเป็นสิ่งจำเป็นแรกที่ต้องทำ ปัจจุบันมีระบบประเมินที่ถูกจัดทำขึ้นแล้วและอยู่ระหว่างจัดทำเพื่อประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐาน และเกณฑ์ต่างๆ ที่นักวิจัยหลายท่านเสนอว่าสามารถใช้เป็นเครื่องมือประเมินได้ด้วย มีการศึกษาพบว่าการนำระบบประเมินที่พิจารณาความยั่งยืนร่วมด้วย เช่น การจัดการโครงการ การมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนได้เสีย และการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมมาใช้ในโครงการก่อสร้างจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพจนนำไปสู่ความสำเร็จของโครงการแบบยั่งยืนได้ นอกจากนี้การประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐานยังสามารถถูกใช้เป็นเครื่องมือติดตามและเป็นแนวทางการดำเนินงานโครงการแบบดั้งเดิมที่ประสบความสำเร็จให้ประสบความสำเร็จในลักษณะที่มีความยั่งยืนได้ด้วย Herzig and Schaltegger (2006) ทำการศึกษาประสิทธิภาพด้านความยั่งยืนขององค์กรและพบว่าการนำเกณฑ์การประเมินความยั่งยืนมาใช้จะช่วยเพิ่มผลประโยชน์ให้กับองค์กร อาทิ การได้รับการยอมรับจากสาธารณชนมากขึ้น ชื่อเสียงองค์กรดีขึ้น ความสามารถในการแข่งขันสูงขึ้น ความโปร่งใสมากขึ้น และพนักงานมีแรงจูงใจมากขึ้น ผลการศึกษาเหล่านี้แสดงให้เห็นว่ามีความสัมพันธ์ที่เป็นไปได้ระหว่างการประเมินโครงสร้างพื้นฐานที่ยั่งยืนกับความสำเร็จของโครงการก่อสร้างและผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการ (Litman, 2007)

ถึงแม้นักวิจัยหลายท่านได้เสนอเกณฑ์ที่แตกต่างกันสำหรับการวัดความสำเร็จของการก่อสร้าง แต่โดยทั่วไปปัจจัยด้านเวลา ค่าใช้จ่ายและคุณภาพจะถูกใช้เป็นหลักในการประเมินความสำเร็จของโครงการก่อสร้าง (Chan et al. 2002; Liu et al. 2016; Nassar and AbouRizk 2014; Xia et al. 2016; Zavadskas et al. 2014) Pankaj and Bhangale (2013) เสนอว่าโครงการก่อสร้างที่ประสบความสำเร็จสามารถสร้างผลประโยชน์ให้เจ้าของโครงการหลายด้านเพื่อช่วยให้เจ้าของโครงการสามารถดำเนินงานได้ต่อไป โดยเมื่อพิจารณาทางด้านเศรษฐกิจ ผลตอบแทนทางการเงินของโครงการควรมีพอที่จะส่งเสริมสถานะทางการเงินขององค์กรเจ้าของโครงการได้ ดังนั้นการบรรลุความสำเร็จในโครงการก่อสร้างจึงเป็นสิ่งสำคัญมากสำหรับผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการ Turner and Muller (2003) พิจารณาผลประโยชน์ที่ได้จากโครงการก่อสร้างว่าเป็นการปรับปรุงเชิงกลยุทธ์เพื่อบรรลุเป้าหมายองค์กรด้วยการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพในช่วงเวลาจำเพาะ ขณะที่ Shenhar et al. (1997) ศึกษามิติของความสำเร็จของโครงการและพบว่า โครงการก่อสร้างที่ประสบความสำเร็จให้ผลประโยชน์ระยะสั้น เช่น รายได้และผลกำไรที่เพิ่มขึ้น และผลประโยชน์ระยะยาว เช่น โอกาสทางการตลาดและศักยภาพองค์กรที่เพิ่มขึ้น ผลการวิจัยเหล่านี้ก็

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสดงให้เห็นว่ามีความสัมพันธ์ที่เป็นไปได้ระหว่างความสำเร็จของโครงการก่อสร้างและผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการเช่นกัน

อย่างไรก็ตามการตัดสินใจผ่านการใช้แบบจำลองการประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐานนั้นต้องอาศัยการรักษาสมดุลของเกณฑ์เชิงคุณภาพและเชิงปริมาณจำนวนมาก อีกทั้งยังมีทางเลือกที่เป็นไปได้และผู้มีส่วนได้เสียจำนวนมากที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมเหล่านี้ ทำให้ขั้นตอนการตัดสินใจมีความซับซ้อนยิ่งขึ้น (Janic, 2003) ทางออกของปัญหาในการตัดสินใจลักษณะนี้สามารถกระทำได้ด้วยวิธีวิเคราะห์การตัดสินใจหลายเกณฑ์ (Multi-criteria decision analysis, MCDA) ซึ่งสามารถใช้เป็นพื้นฐานสำหรับแบบจำลองการประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐานได้ (Barbier, 1987) Bryce et al. (2014) เสนอว่าการพัฒนาที่ยั่งยืนควรถูกปฏิบัติเสมือนเป็นปัญหาที่ต้องตัดสินใจหลายเกณฑ์ โดยที่ผู้ตัดสินใจมีทางเลือกพร้อมผลลัพธ์ที่เป็นไปได้จำนวนมาก ในขณะที่ Browne and Ryan (2011) พบว่าการวิเคราะห์การตัดสินใจหลายเกณฑ์ถูกใช้อย่างแพร่หลายเพื่อตัดสินใจในประเด็นที่เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมเนื่องจากวิธีดั้งเดิมไม่เพียงพอที่จะจัดการกับผลกระทบที่เกิดขึ้นในวงกว้างได้ การวิเคราะห์การตัดสินใจหลายเกณฑ์ยังสามารถพิจารณาประเด็นด้านสังคม สิ่งแวดล้อมและเศรษฐกิจได้พร้อมกันจนสามารถใช้เป็นแนวคิดหลักในการประเมินความยั่งยืนได้ (Munda, 2006) Cinelli et al. (2014) พบว่าในทางปฏิบัติแล้วการวิเคราะห์การตัดสินใจหลายเกณฑ์ช่วยให้เกิดกรอบแนวคิดที่มีระบบ เชื่อถือได้และมีความชัดเจนเหมาะกับการตัดสินใจที่มีความซับซ้อนอย่างการประเมินความยั่งยืน

แต่ถึงแม้จะมีการใช้แบบจำลองการประเมินความยั่งยืนที่มีพื้นฐานอยู่บนการวิเคราะห์การตัดสินใจหลายเกณฑ์ในโครงการก่อสร้างโครงสร้างพื้นฐานมาแล้ว แบบจำลองปัจจุบันเหล่านี้ก็ยังมีข้อจำกัดคือ 1) แบบจำลองขาดความยืดหยุ่นมากพอต่อการเปลี่ยนแปลงและปรับแต่งให้สอดคล้องกับชนิดและบริบทท้องถิ่นที่โครงสร้างพื้นฐานนั้นตั้งอยู่ 2) Scholten et al. (2015) พบว่ามีความเสี่ยงเกิดขึ้นจากความไม่แน่นอนในการดำเนินการโครงสร้างพื้นฐาน แต่แบบจำลองการประเมินความยั่งยืนที่มีพื้นฐานอยู่บนการวิเคราะห์การตัดสินใจหลายเกณฑ์ไม่ได้พิจารณาความเสี่ยงนี้อย่างชัดเจน 3) แบบจำลองการประเมินในปัจจุบันไม่เปิดโอกาสให้ผู้มีส่วนได้เสียเข้าร่วมการประเมินความยั่งยืน ถึงแม้การมีส่วนร่วมนี้จะมีประโยชน์ต่อขั้นตอนการตัดสินใจและคุณค่าของโครงการ (Illinois Department of Transportation (IDOT), 2010) เพื่อขจัดข้อจำกัดเหล่านี้ในขั้นตอนการประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐาน การวิจัยนี้จึงมุ่งหมายที่จะพัฒนาแบบจำลองการประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐานที่ 1) มีความยืดหยุ่นต่อการเปลี่ยนแปลงของเกณฑ์และน้ำหนักความสำคัญต่อชนิดโครงการและบริบทท้องถิ่นของโครงสร้างพื้นฐานผ่านการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ 2) สามารถรองรับความเสี่ยงที่เกิดขึ้นจากความไม่แน่นอนในการประเมินได้ และ 3) ส่งเสริมให้ผู้มีส่วนได้เสียมีส่วนร่วมในการประเมิน โดยที่แบบจำลองนี้จะสามารถช่วยผู้มีส่วนได้เสียในการประเมินทางเลือกที่เกี่ยวข้องกับความยั่งยืนของโครงการในขั้นตอนการออกแบบได้ แบบจำลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่พัฒนาขึ้นนี้จะเป็นเครื่องมือประเมินใหม่ที่ช่วยสร้างความตระหนักรู้และกระตุ้นให้ผู้มีส่วนได้เสียผสานแนวคิดด้านความยั่งยืนไว้ในการพัฒนาโครงการโครงสร้างพื้นฐานได้อย่างรอบด้านต่อไป

จากที่กล่าวมาข้างต้นพบว่า ถึงแม้งานวิจัยต่างๆก่อนหน้านี้ได้พยายามระบุเกณฑ์การประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐาน เกณฑ์การวัดความสำเร็จของการก่อสร้าง และเกณฑ์วัดผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการ แต่ยังไม่มีการพัฒนาแบบจำลองสมการโครงสร้างเพื่อตรวจสอบว่าการประเมินโครงสร้างพื้นฐานที่ยั่งยืนมีผลกระทบต่อความสำเร็จของโครงการก่อสร้างและผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการอย่างไร การวิจัยนี้จึงเป็นการศึกษาความสัมพันธ์และอิทธิพลที่การประเมินโครงสร้างพื้นฐานที่ยั่งยืนมีต่อความสำเร็จของโครงการก่อสร้างและผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการด้วยการพัฒนาแบบจำลองสมการโครงสร้างเพื่อทดสอบความสัมพันธ์ดังกล่าว และนำไปสู่การพัฒนาแบบจำลองการประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐานด้วยโปรแกรม Visual Basic ใน Microsoft Excel ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อไปในภายภาคหน้าและสร้างแรงจูงใจให้เกิดการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานที่ยั่งยืนได้อย่างเป็นรูปธรรมมากขึ้น

## 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาแบบจำลองสมการโครงสร้างเกณฑ์การประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐาน การประเมินความสำเร็จของโครงการก่อสร้าง และการประเมินผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการเพื่อนำผลที่ได้ไปจัดทำแบบจำลองการประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐานด้วยวิธีการวิเคราะห์การตัดสินใจหลายเกณฑ์ โดยมีวัตถุประสงค์ดังต่อไปนี้

1.2.1 เพื่อศึกษาปัจจัยของเกณฑ์การประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐาน การประเมินความสำเร็จของโครงการก่อสร้าง และการประเมินผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการและหาความสัมพันธ์และเส้นทางอิทธิพลทางตรงและทางอ้อมระหว่างเกณฑ์การประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐาน การประเมินความสำเร็จของโครงการก่อสร้าง และการประเมินผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการ

1.2.2 เพื่อจัดทำแบบจำลองการประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐานด้วยวิธีการวิเคราะห์การตัดสินใจหลายเกณฑ์โดยใช้โปรแกรม Visual Basic ใน Microsoft Excel ที่มีความยืดหยุ่นต่อการเปลี่ยนแปลงและรวมความเสี่ยงที่เกิดขึ้นจากความไม่แน่นอนของการดำเนินโครงการไว้ในการพิจารณา อีกทั้งยังเปิดโอกาสให้ผู้มีส่วนได้เสียเข้าร่วมในการประเมินด้วย

## 1.3 สมมติฐานของการวิจัย

การทดสอบสมมติฐานเป็นการทดสอบทางสถิติเพื่อพิจารณาว่าสมมติฐานของการวิจัยที่ตั้งขึ้นมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์เพียงใดด้วยการศึกษาวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องเพื่อกำหนดตัวแปรสังเกตุได้และตัวแปรแฝงของแบบจำลองการวัดของเกณฑ์การประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐาน การประเมินความสำเร็จของโครงการก่อสร้าง และการประเมินผลประโยชน์ต่อเจ้าของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงการเพื่อนำมาประกอบกันเป็นแบบจำลองสมการโครงสร้าง โดยมีการกำหนดสมมติฐานไว้ดังต่อไปนี้

1.3.1 เกณฑ์การประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐานมีอิทธิพลโดยตรงต่อความสำเร็จของโครงการก่อสร้าง

1.3.2 เกณฑ์การประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐานมีอิทธิพลโดยตรงต่อผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการ

1.3.3 ความสำเร็จของโครงการก่อสร้างมีอิทธิพลโดยตรงต่อผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการ

1.3.4 มีความสัมพันธ์ทางอ้อมระหว่างเกณฑ์การประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐานกับ ผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการ

## 1.4 ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยนี้ถูกกำหนดขอบเขตไว้ดังต่อไปนี้

1.4.1 ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นบุคลากรทางวิชาชีพที่เกี่ยวข้องกับงานก่อสร้าง อาทิ สถาปนิก วิศวกร ผู้เชี่ยวชาญ ช่าง ในองค์กรที่เกี่ยวข้องกับงานก่อสร้างโครงสร้างพื้นฐาน งานก่อสร้างโครงการขนาดใหญ่ และการบริหารงานก่อสร้างทั้งจากภาครัฐและภาคเอกชน โดยขนาดกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยนี้มีจำนวน 500 คน

1.4.2 ตัวแปรที่ใช้ในการวิเคราะห์แบบจำลองสมการโครงสร้างตามสมมติฐานของการวิจัยจะมี 2 ชนิดคือ ตัวแปรสังเกตุได้และตัวแปรแฝง โดยที่ตัวแปรแฝงยังสามารถแบ่งได้อีก 3 ชนิด คือ ตัวแปรแฝงภายนอก ตัวแปรแฝงภายในและตัวแปรแฝงคั่นกลาง ตัวแปรแฝงแต่ละตัวสามารถเป็นได้มากกว่า 1 ชนิดขึ้นอยู่กับความสัมพันธ์ในแบบจำลองสมการโครงสร้างที่จัดทำขึ้น เมื่อพิจารณาแบบจำลองสมการโครงสร้างสำหรับงานวิจัยนี้จะประกอบด้วยตัวแปรแฝงดังต่อไปนี้

1.4.2.1 ตัวแปรแฝงภายนอกลำดับที่ 1 มี 1 ตัวแปร คือ 1) เกณฑ์การประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐาน

1.4.2.1.1 ตัวแปรแฝงภายนอกลำดับที่ 2 มี 9 ตัวแปร คือ 1) การจัดการโครงการ 2) ทำเลที่ตั้ง 3) พลังงาน 4) น้ำ 5) วัสดุและทรัพยากร 6) การจัดการของเสีย 7) การคมนาคม 8) ผลกระทบสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ข้างเคียง 9) ชุมชน

1.4.2.2 ตัวแปรแฝงคั่นกลางลำดับที่ 1 มี 1 ตัวแปร คือ1) ความสำเร็จของโครงการก่อสร้าง

1.4.2.2.1 ตัวแปรแฝงคั่นกลางลำดับที่ 2 มี 6 ตัวแปร คือ 1) เวลา 2) ค่าใช้จ่าย 3) คุณภาพ 4) ความปลอดภัย 5) ความพึงพอใจของลูกค้าและชุมชน 6) สิ่งแวดล้อม

1.4.2.3 ตัวแปรแฝงภายในลำดับที่ 1 มี 1 ตัวแปร คือ 1) ผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4.2.3.1 ตัวแปรแฝงภายในลำดับที่ 2 มี 3 ตัวแปร คือ 1) ผลประโยชน์ด้านสังคม 2) ผลประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อม 3) ผลประโยชน์ด้านเศรษฐกิจ

1.4.3 ถึงแม้แบบจำลองการประเมินความยั่งยืนของโครงการก่อสร้างจะถูกออกแบบให้สามารถใช้ได้กับการประเมินโครงสร้างพื้นฐานหลายชนิด แต่การวิจัยนี้จะถูกกำหนดขอบเขตไว้กับการประเมินความยั่งยืนของโครงการก่อสร้างถนน เนื่องจากถนนเป็นองค์ประกอบพื้นฐานของการพัฒนา ถนนช่วยให้เกิดการคมนาคมของแรงงาน, วัสดุและอุปกรณ์ อันจะนำไปสู่การพัฒนาโครงการชนิดอื่นต่อไป นอกจากนี้ถนนยังช่วยอำนวยความสะดวกให้กับการใช้ชีวิตประจำวันของประชากรส่วนใหญ่ได้

## 1.5 ขั้นตอนของการวิจัย

1.5.1 ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาที่ยั่งยืน เกณฑ์การประเมินความยั่งยืนของอาคาร เกณฑ์การประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐาน องค์ประกอบในการประเมินความสำเร็จของโครงการก่อสร้าง และองค์ประกอบในประเมินผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการ เพื่อกำหนดปัจจัยในการจัดทำแบบจำลองสมการโครงสร้าง

1.5.2 กำหนดตัวแปรแฝงและตัวแปรสังเกตุได้เพื่อสร้างแบบจำลองการวัดของการประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐาน ความสำเร็จของโครงการก่อสร้าง และผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการ

1.5.3 สร้างแบบจำลองสมการโครงสร้างเพื่อหาความสัมพันธ์และอิทธิพลระหว่างตัวแปรต่างๆตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

1.5.4 สร้างแบบสอบถามเพื่อสำรวจระดับความสำคัญของแต่ละปัจจัยและส่งให้ผู้เชี่ยวชาญช่วยตรวจสอบความเที่ยงตรงและความครอบคลุมเชิงเนื้อหา (Content validity) และนำแบบสอบถามมาตรวจสอบตรวจสอบความเชื่อมั่น (Reliability) ของทุกข้อคำถามด้วยการใช้สัมประสิทธิ์อัลฟาของครอนบาค (Cronbach’s Alpha)

1.5.5 ส่งแบบสอบถามเพื่อเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างในอุตสาหกรรมก่อสร้าง

1.5.6 นำแบบสอบถามได้รับกลับมาวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม Amos เพื่อหาความสอดคล้องของแบบจำลองกับข้อมูลเชิงประจักษ์

1.5.7 ปรับแบบจำลองจนกระทั่งมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์และตรวจสอบความสัมพันธ์และอิทธิพลระหว่างตัวแปรต่างๆว่าเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้หรือไม่

1.5.8 นำแบบจำลองการวัดของการประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐานที่ได้จากแบบจำลองสมการโครงสร้างขั้นสุดท้ายไปจัดทำเกณฑ์การประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐานด้วยการเขียนโปรแกรม Visual Basic ใน Microsoft Excel

1.5.9 ส่งโปรแกรมแบบจำลองการประเมินให้ผู้ใช้งานที่เป็นตัวแทนของเจ้าของโครงการ ผู้ออกแบบและที่ปรึกษา ผู้รับเหมาก่อสร้าง และชุมชน ทำการตรวจสอบ (Model verification) และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยืนยัน (Model validation) ด้วยการใช้แบบจำลองประเมินโครงการโครงสร้างพื้นฐานในประเทศไทย 4 โครงการ

## 1.6 ผลลัพธ์ของการวิจัย

1.6.1 ผลการวิเคราะห์แบบจำลองสมการโครงสร้างแสดงให้เห็นว่าการประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐานมีอิทธิพลโดยตรงต่อความสำเร็จของโครงการก่อสร้าง ที่ค่าน้ำหนักความถดถอยมาตรฐานเท่ากับ 0.84

1.6.2 การประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐานมีอิทธิพลโดยตรงต่อผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการ ที่ค่าน้ำหนักความถดถอยมาตรฐานเท่ากับ 0.63

1.6.3 ความสำเร็จของโครงการก่อสร้างมีอิทธิพลโดยตรงต่อผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการ ที่ค่าน้ำหนักความถดถอยมาตรฐานเท่ากับ 0.26

1.6.4 มีความสัมพันธ์ทางอ้อมระหว่างการประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐานและผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการผ่านตัวกลางความสำเร็จของโครงการก่อสร้าง ที่ค่าน้ำหนักความถดถอยมาตราฐานเท่ากับ 0.85

1.6.5 แบบจำลองการประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐานที่พัฒนาขึ้นมีความยืดหยุ่นต่อการเปลี่ยนแปลง พิจารณาความเสี่ยงที่เกิดขึ้นจากความไม่แน่นอนไว้ในการประเมินและรองรับการมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนได้เสียหลายฝ่ายให้เข้าร่วมประเมินได้

## 1.7 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1.7.1 เกณฑ์การประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐานที่จัดทำขึ้นจะช่วยสร้างความตระหนักรู้ถึงความจำเป็นสำหรับการพัฒนาที่ยั่งยืนทั้งในระดับท้องถิ่นและระดับประเทศ

1.7.2 แบบจำลองสมการโครงสร้างชี้ให้เห็นองค์ประกอบที่สามารถใช้เป็นในแนวทางในการพัฒนาที่ยั่งยืนจากเส้นทางอิทธิพลและน้ำหนักที่แต่ละปัจจัยมีต่อกันและกันได้อย่างเป็นรูปธรรมและผลลัพธ์ที่จะเกิดขึ้นจากแนวทางการพัฒนานี้

1.7.3 ผลลัพธ์จากการวิเคราะห์แบบจำลองสมการโครงสร้างช่วยยืนยันถึงความสัมพันธ์ที่เป็นไปได้ระหว่างการประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐานกับความสำเร็จของโครงการก่อสร้างและผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการ ซึ่งช่วยเพิ่มความสามารถที่จะตัดสินใจดำเนินโครงการโครงสร้างพื้นฐานที่ยั่งยืนได้มากขึ้น

1.7.4 แบบจำลองการประเมินโครงสร้างพื้นฐานที่ยั่งยืนผ่านโปรแกรม Visual Basic ใน Microsoft Excel ที่ถูกพัฒนาขึ้นนี้จะเป็นเครื่องมือใหม่ที่สามารถนำไปใช้ในการประเมินและเป็นแนวทางในการออกแบบโครงสร้างพื้นฐานที่มีความยั่งยืนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ยืดหยุ่นและเป็นมิตรต่อผู้ใช้งาน ได้อย่างรอบด้านมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1.8 บทความที่ได้รับการตีพิมพ์จากงานวิจัยนี้

1.8.1 Krajangsri, T., Pongpeng, J., (2017). “Effect of Sustainable Infrastructure Assessments on Construction Project Success Using Structural Equation Modeling.” J. Manage. Eng. 33, 3, DOI: 10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000509.

1.8.2 Krajangsri, T., Pongpeng, J., (2018). “The Role of Infrastructure Sustainability and Success of Construction Projects on Owner Benefits.”, The 4th International Conference on Engineering, Applied Sciences and Technology DOI: 10.1051/matecconf/201819202026.

1.8.3 Krajangsri, T., Pongpeng, J., (2018). “A Comparison of Green Building Assessment Systems.”, The 4th International Conference on Engineering, Applied Sciences and Technology, DOI: 10.1051/matecconf/201819202027.

1.8.4 Krajangsri, T., Pongpeng, J., “Sustainable Infrastructure Assessment Model: An Application to Road Projects”, KSCE Journal of Civil Engineering (accepted).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 2
# การประเมินความยั่งยืนของโครงการก่อสร้าง ความสำเร็จของโครงการ และผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการ

## 2.1 บทนำ

ในบทที่ 2 จะเป็นการศึกษา วิเคราะห์หลักการ แนวคิดของการประเมินโครงสร้างพื้นฐานที่ยั่งยืน การประเมินความสำเร็จของโครงการก่อสร้าง และการประเมินผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการ โดยเริ่มต้นจากแนวคิดของการพัฒนาที่ยั่งยืน ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นไปสู่การประเมินอาคารที่มีความยั่งยืนหรืออาคารเขียว เพื่อวางรากฐานของการวิจัยให้เห็นถึงการพัฒนาต่อยอดไปสู่การประเมินโครงสร้างพื้นฐานที่ยั่งยืน โดยศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในและต่างประเทศ อย่างไรก็ตามพบว่าแนวคิดของการพัฒนาที่ยั่งยืนและการประเมินโครงการก่อสร้างที่มีความยั่งยืนในประเทศไทยนั้นยังอยู่ในช่วงเริ่มต้น จึงมีเอกสาร งานวิจัยที่มีรายละเอียดและเป็นแนวทางชัดเจนไม่มากนัก และการประเมินโครงสร้างพื้นฐานที่ยั่งยืนในประเทศไทยนั้นก็ยังไม่เคยมีการจัดทำมาก่อนขณะที่แนวคิดนี้ได้รับความสนใจมากขึ้นในต่างประเทศมาเป็นเวลาหลายปี โดยมีหัวข้อวรรณกรรมในการทบทวนดังนี้ 1) นิยาม แนวคิด ของการพัฒนาที่ยั่งยืน 2) นิยาม แนวคิด เกณฑ์การประเมิน องค์ประกอบและตัวบ่งชี้ของการก่อสร้างอาคารเขียว 3) นิยาม แนวคิด เกณฑ์การประเมิน องค์ประกอบและตัวบ่งชี้ของการก่อสร้างโครงสร้างพื้นฐานที่ยั่งยืน 4) นิยาม แนวคิด เกณฑ์การประเมิน องค์ประกอบและตัวบ่งชี้ของความสำเร็จของโครงการก่อสร้าง 5) นิยาม แนวคิด เกณฑ์การประเมิน องค์ประกอบและตัวบ่งชี้ของผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการ

## 2.2 นิยาม แนวคิด ของการพัฒนาที่ยั่งยืน

The Brundtland Commission Report จากการประชุม United Nations World Commission on Environment and Development ที่ถูกตีพิมพ์ในปี คศ. 1987 ให้คำจำกัดความของการพัฒนาที่ยั่งยืนไว้ว่าเป็น “การพัฒนาที่ตอบสนองความต้องการของคนรุ่นปัจจุบันโดยไม่ลดทอนความสามารถของคนรุ่นอนาคตที่จะตอบสนองความต้องการของตนเอง”John Elkington (1994) บัญญัติคำว่า Triple Bottom Line เพื่อสื่อให้เห็นถึงเสาหลักของการพัฒนาที่ยั่งยืน 3 ด้านที่ต้องถูกนำมาพิจารณาร่วมกันคือ ด้านสิ่งแวดล้อม สังคมและเศรษฐกิจ ซึ่งแตกต่างจากเป้าหมายการพัฒนาขององค์กรแบบเดิมที่พิจารณาแต่ผลประกอบการหรือเศรษฐกิจเพียงอย่างเดียว แผนปฏิบัติการ 21 ที่ได้รับอนุมัติจากที่ประชุมในการประชุมสหประชาชาติว่าด้วยสิ่งแวดล้อมและการพัฒนา (The United Nations Conference on Environment and Development) ที่นครริโอ เดอจาเนโร ประเทศบราซิลในปีคศ. 1992 ให้เป็นแผนแม่บทของโลกสำหรับการพัฒนาที่ยั่งยืนทั้งในด้าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สังคม เศรษฐกิจ และสิ่งแวดล้อมถูกแบ่งออกเป็น 4 ส่วนหลักคือ มิติด้านสังคมและเศรษฐกิจ การอนุรักษ์และจัดการทรัพยากรเพื่อการพัฒนา การส่งเสริมบทบาทของกลุ่มที่สำคัญ และวิธีการดำเนินงาน คณะกรรมการการพัฒนาที่ยั่งยืนแห่งสหราชอาณาจักรชี้ให้เห็นว่าการพัฒนาที่ยั่งยืนมีเป้าหมายมากกว่าแค่เรื่องสิ่งแวดล้อม แต่ยังเป็นเรื่องของการทำให้สังคมมีความมั่นคงและมั่งคั่ง มีการตอบสนองความต้องการของคนในชุมชนทั้งปัจจุบันและอนาคต ส่งเสริมความกลมเกลียวและสร้างโอกาสที่เท่าเทียมกัน การพัฒนาที่ยั่งยืนถือเป็นตัวแทนของการหลอมรวมอย่างสมดุลของเป้าหมายทางสังคมและสิ่งแวดล้อมเข้ากับการพัฒนาทางเศรษฐกิจ ซึ่งสังคม, สิ่งแวดล้อมและเศรษฐกิจคือเสาหลักของการพัฒนาที่ยั่งยืน (United Nations, 2002) สำนักงานคณะกรรมการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ (แผนพัฒนาฯ พศ.2548) เลือกใช้มิติด้านเศรษฐกิจ, สังคมและสิ่งแวดล้อมเป็นกรอบการพัฒนาตัวชี้วัดการพัฒนาที่ยั่งยืนโดยทั้งการพัฒนาทั้งสามมิติต้องส่งเสริมและไม่ขัดแย้งกันเอง สหภาพยุโรปถือว่าการพัฒนาที่ยั่งยืนเป็นพื้นฐานและเป้าหมายรวมที่ถูกผนวกไว้ในพันธะสัญญาโดยมีจุดหมายเพื่อปรับปรุงคุณภาพชีวิตของคนรุ่นปัจจุบันและรุ่นอนาคตอย่างต่อเนื่อง (Council of the European Union, 2006) UNESCO (2010) ให้คำอธิบายเพิ่มเติมถึง 3 เสาหลักของการพัฒนาที่ยั่งยืนไว้ว่า มิติด้านสังคมคือความเข้าใจของสถาบันทางสังคมต่างๆและบทบาทของตนในการเปลี่ยนแปลงและพัฒนา รวมถึงระบบการมีส่วนร่วมที่ให้โอกาสในการแสดงความคิดเห็น, เลือกตั้งรัฐบาล, การลงประชามติและการแก้ไขความขัดแย้ง มิติด้านสิ่งแวดล้อมคือการตระหนักถึงแหล่งทรัพยากรและความเปราะบางทางกายภาพ และผลกระทบที่มีต่อกิจกรรมและการตัดสินใจของมนุษย์โดยตั้งใจรวมประเด็นด้านสิ่งแวดล้อมไว้ในการจัดทำนโยบายทางสังคมและเศรษฐกิจด้วย มิติด้านเศรษฐกิจคือทักษะในการหาเลี้ยงชีพและความไวต่อขีดจำกัดและศักยภาพของการเติบโตทางเศรษฐกิจและผลกระทบที่มีต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม โดยมีความตั้งที่จะประเมินระดับการบริโภคของบุคคลและสังคมในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อมและความเป็นธรรมทางสังคมด้วย Marten (2001) กล่าวว่าการพัฒนาที่ยั่งยืนมิได้หมายถึงเพียงการรักษาการเติบโตทางเศรษฐกิจ เพราะเป็นไปไม่ได้หากต้องใช้ทรัพยากรมากขึ้นจากระบบนิเวศที่มีปริมาณจำกัด และการพัฒนาที่ยั่งยืนก็ไม่ใช่เรื่องฟุ่มเฟือยที่จะทำหลังบรรลุการพัฒนาทางเศรษฐกิจและประเด็นสำคัญอื่นๆ เช่น ความเป็นธรรมในสังคม ระบบนิเวศที่ถูกทำลายจนเสียความสามารถในการตอบสนองความต้องการพื้นฐานของมนุษย์จะปิดโอกาสในการพัฒนาทางเศรษฐกิจและสร้างความเป็นธรรมในสังคมอยู่ดี สังคมที่มีความสุขจะให้ความสนใจความยั่งยืนของระบบนิเวศ, การพัฒนาทางเศรษฐกิจและความเป็นธรรมในสังคมอย่างเท่าเทียมกันเพราะประเด็นเหล่านี้เกื้อหนุนกัน Berke and Manta (1999) อธิบายว่าการพัฒนาที่ยั่งยืนเป็นขั้นตอนต่อเนื่องที่เชื่อมโยงประเด็นระดับท้องถิ่นและระดับโลกเข้าด้วยกันเพื่อที่จะตอบสนองความต้องการของคนรุ่นปัจจุบันและอนาคต Zheng et al (2014) ให้ความเห็นว่าแนวคิดการพัฒนาที่ยั่งยืนไม่อยู่นิ่งและการพัฒนานี้ไม่มีที่สิ้นสุด แนวคิดสามารถเปลี่ยนแปลงได้และมีความซับซ้อนในตัวเอง จากการศึกษาของ World Commission on Environment and Development ในปี 1987 พบว่าการพัฒนาที่ยั่งยืนได้รับความสำคัญมากขึ้นเรื่อยๆในการวางแผนพัฒนาเขตเมือง โดยมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุดหมาย 3 ประการ คือ 1) ปรับปรุงคุณภาพชีวิตของผู้อยู่อาศัยในเขตเมือง 2) ขยายการพัฒนาทางเศรษฐกิจและส่งเสริมการเติบโตของเศรษฐกิจในเขตเมือง 3) เพิ่มมาตรการปกป้องสิ่งแวดล้อมในพื้นที่พัฒนา การนำแนวคิดการพัฒนาที่ยั่งยืนมาใช้ในการวางผังเมืองและโครงการก่อสร้างต่างๆจึงเป็นสิ่งจำเป็น แนวคิดการพัฒนาที่ยั่งยืนยังเป็นหนทางในการแสดงออกของสังคมถึงความต้องการสำหรับการตัดสินใจอย่างรอบด้าน และเป็นหนทางแบบใหม่ในการแสดงออกถึงการกระทำการอย่างมีความรับผิดชอบ, เป็นธรรม, มีประสิทธิภาพ, ละเอียดอ่อนและมองภาพในระยะยาว (FIDIC, 2012) จากการประชุมสหประชาชาติว่าด้วยสิ่งแวดล้อมและการพัฒนา (The United Nations Conference on Environment and Development) ที่นครริโอ เดอ จาเนโร ประเทศบราซิลในปีคศ.1992 ที่กล่าวไว้ข้างต้น แนวคิดการพัฒนาที่ยั่งยืนจึงถูกนำไปใช้ตามเมืองต่างๆทั่วโลกโดยเริ่มจากการก่อสร้างงานอาคารและงานโยธาเพื่อให้เกิดเป็นการก่อสร้างที่ยั่งยืน (Fernandez-Solis, 2006; Fernandez Sanchez and Rodriguez Lopez, 2010) ในช่วงเวลาเดียวกันนี้ภาคการก่อสร้างเองก็เริ่มตระหนักถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากกิจกรรมของตนที่มีต่อการพัฒนาที่ยั่งยืน เนื่องจากการก่อสร้างเป็นหนึ่งในกิจกรรมที่สร้างผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอย่างมาก ทรัพยากรส่วนใหญ่ที่ถูกนำมาใช้ในการก่อสร้างเป็นทรัพยากรที่ใช้แล้วหมดไป ระหว่างการก่อสร้างและใช้งานอาคารก็อาจสร้างผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมซึ่งเป็นหนึ่งในเสาหลักของการพัฒนาที่ยั่งยืนได้ (Haapio and Viitaniemi, 2008; Griffith , 1995) Shi et al (2012) พบว่าอุตสาหกรรมก่อสร้างก่อให้เกิดผลกระทบสำคัญต่อสิ่งแวดล้อมและสังคม และเป็นหนึ่งในภาคอุตสาหกรรมหลักที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการบรรลุความยั่งยืน การเปลี่ยนแปลงจากการก่อสร้างแบบดั้งเดิมไปเป็นการก่อสร้างที่ยั่งยืนจึงได้รับความสนใจจากทั่วโลก Smith et al. (2006) เสนอว่าขณะที่หลายภาคอุตสาหกรรมเริ่มตระหนักถึงผลกระทบจากกิจกรรมของตนที่มีต่อสิ่งแวดล้อมและพยายามเปลี่ยนแปลงครั้งใหญ่เพื่อลดผลกระทบภาคก่อสร้างก็เช่นกัน จึงส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในการออกแบบ ก่อสร้างและใช้งานอาคาร โดยแนวคิดอาคารเขียวได้รับความสนใจนำไปประยุกต์ใช้มากขึ้นเพื่อรับมือกับผลกระทบดังกล่าว (Chan et al., 2009) ลำดับต่อไปจะเป็นการทบทวนวรรณกรรมของแนวทางการก่อสร้างที่ยั่งยืนในภาคอาคารหรือแนวคิดอาคารเขียวเพื่อวางรากฐานความคิดและชี้ให้เห็นความสัมพันธ์และการพัฒนาต่อยอดสำหรับการก่อสร้างโครงสร้างพื้นฐานที่ยั่งยืน

## 2.3 นิยาม แนวคิด เกณฑ์การประเมินหลักและเกณฑ์การประเมินรองของอาคารเขียว

US Environmental Protection Agency: USEPA (2009) ให้คำจำกัดความของ “อาคารเขียว” ว่าเป็นแนวทางปฏิบัติในการก่อสร้างและใช้ขั้นตอนที่รับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม และมีประสิทธิภาพทางทรัพยากรตลอดอายุการใช้งานอาคาร ตั้งแต่การเลือกทำเลที่ตั้ง ออกแบบ ก่อสร้าง ใช้งาน บำรุงรักษา ปรับปรุงและรื้อถอนอาคาร US Green Building Council (2014) ให้คำจำกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความว่าอาคารเขียวเป็นแนวคิดองค์รวมที่เริ่มต้นจากความเข้าใจว่าการก่อสร้างอาจส่งผลกระทบที่ลึกซึ้งทั้งในแง่บวกและลบต่อสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติ รวมทั้งผู้คนที่อาศัยอยู่ในอาคารเหล่านั้นทุกวัน อาคารเขียวจึงเป็นความพยายามที่จะเพิ่มผลกระทบแง่บวกและลดผลกระทบแง่ลบเหล่านี้ตลอดอายุการใช้งานอาคาร Glucklich (2005) กล่าวว่าอาคารที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมควรจะอำนวยความสะดวกให้การอยู่อาศัยและการทำงานของมนุษย์ และช่วยให้มนุษมีความพอใจในความจำเป็นทางสังคมและวัฒนธรรมโดยไม่ทำให้สิ่งแวดล้อมเสียสมดุลในระยะยาว Omer (2008) ชี้ให้เห็นถึงความจำเป็นของการพัฒนาการก่อสร้างที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมจากการที่พบว่าประมาณร้อยละ 40 ของการใช้พลังงานทั้งหมดของโลกเกี่ยวข้องกับอาคาร Dirlich (2011) ยังพบว่าระหว่างการใช้งานอาคารผลกระทบยิ่งมีมากขึ้นเนื่องจากความต้องการใช้พลังงาน, น้ำและกระแสไฟฟ้า รวมไปถึงการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ Clements-Croome (2004) กล่าวว่ามีหลายความพยายามที่จะพัฒนาระบบประเมินประสิทธิภาพทางสิ่งแวดล้อมของอาคารตลอดอายุการใช้งาน ระบบเหล่านี้ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อประเมินความสำเร็จของการพัฒนาโครงการเมื่อเทียบกับความสมดุลของการใช้พลังงานการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม และระบบนิเวศ โดยพิจารณาประเด็นทางสังคมและเทคโนโลยีของโครงการด้วย จากแนวคิดดังกล่าวนี้พบว่ามีความพยายามที่จะปรับปรุงวิธีการก่อสร้างเพื่อลดผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติเนื่องจากประสิทธิภาพของอาคารกลายเป็นประเด็นสำคัญของผู้เกี่ยวข้องในวงการก่อสร้าง) โดยการประเมินประสิทธิภาพทางสิ่งแวดล้อมของอาคารเป็นหนึ่งในประเด็นสำคัญของการก่อสร้างที่ยั่งยืน (Cole, 1999; Cooper, 1999; Crawley and Aho, 1999; Holmes and Hudson, 2000) ระบบหรือเกณฑ์ประเมินอาคารเขียวจำนวนมากถูกพัฒนาขึ้นเพื่อตอบสนองต่อความต้องการที่จะประเมินและกำหนดระดับของความสำเร็จของอาคารตามแนวคิดอาคารเขียวตั้งแต่ช่วงปี 1990 เป็นต้นมา (Yudelson, 2008, 2010) ระบบประเมินเหล่านี้ให้ความสนใจไปที่การใช้พลังงานในอาคาร, อาการเจ็บป่วยจากการใช้อาคาร, สภาวะแวดล้อมภายในอาคาร, วัสดุก่อสร้างอาคาร และประเด็นอื่นๆที่เกี่ยวข้อง (Forsberg and Malmborg, 2004) เมื่อพิจารณาความสำคัญของอาคารเขียวที่มีต่อการก่อสร้างที่ยั่งยืนแล้ว จึงมีความจำเป็นที่ต้องแนะนำให้สถาปนิก, วิศวกรและผู้พัฒนาโครงการรู้จักระบบประเมินประสิทธิภาพทางสิ่งแวดล้อมเพื่อที่จะนำไปใช้ตลอดระยะเวลาก่อสร้างอาคาร (Amirhosein et al, 2013) การที่ระบบประเมินมีจำนวนมากขึ้นและแตกต่างกันในรูปแบบของการพิจารณา Reijnders and Roekel (1999) จึงจัดกลุ่มระบบปรับปรุงประสิทธิภาพทางสิ่งแวดล้อมของอาคารออกเป็น 2 กลุ่มหลักคือ ระบบที่เป็นข้อกำหนดของรัฐ และระบบที่เป็นแนวทางในการก่อสร้าง โดยระบบที่เป็นแนวทางในการก่อสร้างนี้ยังสามารถแบ่งย่อยได้เป็นอีก 2 กลุ่มคือระบบที่มีพื้นฐานอยู่บนการให้คะแนนตามเกณฑ์ประเมิน และระบบที่ใช้การพิจารณาวงจรชีวิตทางกายภาพของอาคารร่วมกับข้อมูลอินพุทและเอาท์พุทของพลังงานและวัสดุที่ใช้

ระบบที่เป็นที่รู้จักและยอมรับในระดับนานาชาติเช่น Building Research EstablishmentEnvironmental Assessment Method (BREEAM) จากสหราชอาณาจักร Leadership in Energy and Environmental Design (LEED) จากสหรัฐอเมริกา,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency (CASBEE) จากญี่ปุ่น Energy Performance of Buildings Directive (EPBD) จากสหภาพยุโรป Building Environmental Performance Assessment Criteria (BEPAC) จากแคนาดา Green Building Certification Criteria (KGBCC) จากเกาหลี BCA Green Mark จากสิงคโปร์ และคู่มือสำหรับเกณฑ์การประเมินความยั่งยืนทางพลังงานและสิ่งแวดล้อมไทย (TREES) ของสถาบันอาคารเขียวไทย วัตถุประสงค์หลักของเกณฑ์เหล่านี้คือเพื่อลดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากการออกแบบก่อสร้าง ใช้งาน บำรุงรักษาและรื้อถอนอาคารในระดับท้องถิ่นและระดับภูมิภาค ลำดับต่อไปจะเป็นการทบทวนวรรณกรรมของระบบประเมินอาคารเขียวที่ถูกใช้เป็นพื้นฐานในการสร้างกรอบแนวคิดสำหรับการศึกษาครั้งนี้

### 2.3.1 คู่มือสำหรับเกณฑ์การประเมินความยั่งยืนทางพลังงานและสิ่งแวดล้อมไทย (TREES)

เกณฑ์การประเมินความยั่งยืนทางพลังงานและสิ่งแวดล้อมไทย หรือ TREES (Thai's Rating of Energy and Environmental Sustainability) ที่จัดทำโดยสถาบันอาคารเขียวไทยในปี พศ. 2555 โดยมุ่งหวังที่จะให้เกณฑ์นี้มีส่วนร่วมในการแก้ปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการออกแบบก่อสร้างและใช้งานอาคารได้อย่างครอบคลุม ซึ่งสามารถใช้ได้กับอาคารเก่าและใหม่ แต่เน้นไปที่การก่อสร้างและปรับปรุงโครงการใหม่เป็นหลัก อาคารที่เหมาะสมในการประเมินคืออาคารที่ถูกออกแบบและก่อสร้างใหม่หมด หรืออาคารเก่าที่มีการปรับปรุงครั้งใหญ่ เช่น การเปลี่ยนแปลงเปลือกอาคารแต่ยังคงโครงสร้างเดิมไว้ การปรับปรุงอาคารบางส่วนก็สามารถนำเข้าร่วมการประเมินได้ แต่อาจไม่สามารถทำคะแนนได้ในบางหัวข้อซึ่งจะส่งผลต่อระดับรางวัลที่จะได้รับ โดยวัตถุประสงค์แล้ว เกณฑ์ TREES ถูกออกแบบมาให้เหมาะกับสภาพแวดล้อมของประเทศไทย ทั้งในแง่ของการใช้งานคู่มือประเมิน ขั้นตอนการประเมิน ความสะดวกในการประสานงานกับสถาบันฯอัตราค่าธรรมเนียม โดยพิจารณาประเด็นทางสิ่งแวดล้อมและเศรษฐกิจตามบริบทของประเทศไทยเป็นหลัก แต่ยังไม่มีการพิจารณาประเด็นทางสังคม TREES แบ่งหมวดการประเมินออกเป็น 8 หมวดหลัก ดังแสดงในตารางที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 2.1** เกณฑ์การประเมินหลักของ TREES

| ลำดับ | เกณฑ์การประเมินหลัก | คะแนนเต็ม | ร้อยละของคะแนนรวม |
|---|---|---|---|
| 1 | การบริหารจัดการอาคาร (Building Management) | 3 | 4 |
| 2 | ผังบริเวณและภูมิทัศน์ (Site and Landscape) | 16 | 19 |
| 3 | การประหยัดน้ำ (Water Conservation) | 6 | 7 |
| 4 | พลังงานและบรรยากาศ (Energy and Atmosphere) | 20 | 23 |
| 5 | วัสดุและทรัพยากรในการก่อสร้าง (Materials and Resources) | 13 | 15 |
| 6 | คุณภาพของสภาวะแวดล้อมภายในอาคาร (Indoor Environmental Quality) | 17 | 20 |
| 7 | การป้องกันผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Environmental Protection) | 5 | 6 |
| 8 | นวัตกรรม (Green Innovation) | 5 | 6 |
| | รวมคะแนน | 85 | 100 |

การประเมินตามเกณฑ์ TREES จะมีการให้คะแนนอยู่ 2 ประเภทคือ คะแนนหัวข้อบังคับ (Prerequisite) ซึ่งโครงการที่เข้าประเมินต้องทำคะแนนผ่านทั้ง 9 หัวข้อบังคับในกลุ่มนี้มิฉะนั้นจะถือว่าไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินเลย อีกประเภทคือ คะแนนที่วัดตามระดับความสำเร็จในการปฏิบัติตามเกณฑ์ซึ่งมีคะแนนรวม 85 คะแนน TREES จัดระดับการให้รางวัลเป็น 4 ระดับคือ

Platinum 81 คะแนน ขึ้นไป
Gold 46-60 คะแนน
Silver 38-45 คะแนน
Certified 30-37 คะแนน

ทุกระดับต้องผ่านคะแนนข้อบังคับ (Prerequisite) 9 ข้อ

TREES ได้กำหนดเกณฑ์ขั้นต่ำในการเข้าร่วมประเมินสำหรับการก่อสร้างและปรับปรุงโครงการใหม่ซึ่งทุกโครงการต้องผ่านคุณสมบัติดังต่อไปนี้

1. ต้องเป็นอาคารที่ถูกกฎหมาย
2. ต้องเป็นอาคารถาวรที่ไม่มีวัตถุประสงค์เคลื่อนย้ายไปสถานที่อื่น
3. ต้องเป็นโครงการที่มีพื้นที่ขอบเขตเหมาะสมและชัดเจน
4. พื้นที่ใช้สอยภายในอาคารต้องไม่น้อยกว่า 100 ตารางเมตร
5. ต้องมีผู้ใช้อาคารประจำอย่างน้อย 1 คน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. พื้นที่ใช้สอยภายในอาคารต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 5 ของพื้นที่โครงการ

7. เกณฑ์ TREES ไม่สามารถใช้ประเมินบ้านพักหรืออาคารที่มีความสูงน้อยกว่า 3 ชั้นได้

### 2.3.2 Building Research Establishment Environmental Assessment Methodology (BREEAM)

Building Research Establishment Environmental Assessment Methodology หรือ BREEAM ที่จัดทำโดย Building Research Establishment (BRE) สหราชอาณาจักรในปีคศ. 1990 เพื่อกระตุ้นให้ผู้เกี่ยวข้องกับโครงการก่อสร้าง อาทิ ผู้พัฒนาโครงการ เจ้าของโครงการ วิศวกร สถาปนิก ผู้รับเหมาก่อสร้าง เลือกใช้แนวทางการก่อสร้างที่ยั่งยืนเพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากโครงการ BREEAM พิจารณาประเด็นทางสิ่งแวดล้อมและความยั่งยืนโดยครอบคลุมเป็นวงกว้างช่วยให้ผู้เกี่ยวข้องกับโครงการดังกล่าวสามารถสื่อความรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อมของตนผ่านทางอาคารถึงลูกค้า ผู้ใช้อาคารและผู้เกี่ยวข้องอื่นๆได้ ด้วยการใช้ระบบให้คะแนนที่โปร่งใส ยืดหยุ่นและเข้าใจง่าย อันจะส่งผลดีต่อการออกแบบ ก่อสร้างและบริหารอาคารได้

BREEAM พิจารณาการประเมินตลอดอายุของโครงการตั้งแต่ขั้นตอนการออกแบบ ก่อสร้าง ใช้งานอาคารและปรับปรุงอาคาร โดยครอบคลุมการประเมินอาคารทุกชนิด อาทิ อาคารพักอาศัย โรงเรียน สถานพยาบาล อาคารสำนักงาน อาคารอุตสาหกรรม และบ้านพักอาศัย BREEAM UK จัดกลุ่มประเภทการประเมินเป็น 6 กลุ่มใหญ่ คือ

1. BREEAM UK New Construction
2. BREEAM UK Communities
3. BREEAM In-Use
4. EcoHomes
5. Code for Sustainable Homes
6. BREEAM UK Refurbishment

อย่างไรก็ตามในการศึกษาครั้งนี้จะให้ความสนใจไปที่ BREEAM International ซึ่งมีการจัดกลุ่มประเภทการประเมินเป็น 4 กลุ่มใหญ่ คือ

1. BREEAM International New Construction
2. BREEAM International Refurbishment and Fit-Out
3. BREEAM In-Use International
4. BREEAM Communities Bespoke International

โดยจะพิจารณาเกณฑ์ BREEAM International New Construction ที่มีจุดมุ่งหมายหลักในการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของอาคารก่อสร้างใหม่และปรับปรุงผลกระทบเชิงบวกของอาคารต่อสภาพสังคมและเศรษฐกิจตลอดอายุการใช้งานของอาคารโดยนำบริบทของท้องถิ่นที่โครงการตั้งอยู่มาร่วม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิจารณาด้วย BREEAM International New Construction แบ่งหมวดการประเมินออกเป็น 10 หมวดหลักดังแสดงในตารางที่ 2.2

**ตารางที่ 2.2** เกณฑ์การประเมินหลักของ BREEAM

| ลำดับ | เกณฑ์การประเมินหลัก | คะแนนเต็ม | ร้อยละของคะแนนรวม |
|---|---|---|---|
| 1 | การจัดการ (Management) | 22 | 17 |
| 2 | สุขอนามัย (Health and Wellbeing) | 10 | 8 |
| 3 | พลังงาน (Energy) | 30 | 23 |
| 4 | คมนาคม (Transport) | 9 | 7 |
| 5 | น้ำ (Water) | 9 | 7 |
| 6 | วัสดุ (Materials) | 12 | 9 |
| 7 | ของเสีย (Waste) | 7 | 5 |
| 8 | การใช้ที่ดินและระบบนิเวศ (Land Use and Ecology) | 10 | 8 |
| 9 | มลภาวะ (Pollution) | 13 | 18 |
| 10 | นวัตกรรม (Innovation) | 10 | 10 |
| | รวมคะแนน | 132 | 100 |

BREEAM จัดระดับการให้รางวัลเป็น 6 ระดับคือ

| | |
|---|---|
| Outstanding | มากกว่าหรือเท่ากับ 85 คะแนน |
| Excellent | มากกว่าหรือเท่ากับ 70 คะแนน |
| Very good | มากกว่าหรือเท่ากับ 50 คะแนน |
| Good | มากกว่าหรือเท่ากับ 45 คะแนน |
| Pass | มากกว่าหรือเท่ากับ 30 คะแนน |
| Unclassified | น้อยกว่า 30 คะแนน |

### 2.3.3 Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency (CASBEE)

Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency หรือ CASBEE เป็นวิธีในการประเมินและจัดลำดับประสิทธิภาพทางสิ่งแวดล้อมของอาคารและสิ่งก่อสร้างที่จัดทำโดย Japan GreenBuild Council (JaGBC)/Japan Sustainable Building Consortium (JSBC) ประเทศญี่ปุ่นในปี 2001 ซึ่งจัดประเภทของการประเมินเป็น 5 กลุ่มใหญ่คือ

1. CASBEE for Building (New Construction)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. CASBEE for Market Promotion

3. CASBEE for Urban Development

4. CASEBEE for Home

5. CASBEE for Cities

ความแตกต่างของ CASBEE จากระบบอื่นคือ การแยกพิจารณาประสิทธิภาพของอาคาร (Built Environment Quality: Q) ออกจากผลกระทบสิ่งแวดล้อม (Load: L) โดยในส่วนประสิทธิภาพของอาคารจะเป็นการประเมินผลการปรับปรุงอุปกรณ์อำนวยความสะดวกภายในอาคารสำหรับผู้ใช้อาคารภายในพื้นที่ปิดล้อมของอาคาร ส่วนผลกระทบสิ่งแวดล้อม (L) จะเป็นการประเมินผลกระทบเชิงลบที่เกิดจากอาคารต่อพื้นที่ภายนอกอาคาร CASBEE แบ่งหมวดการประเมินออกเป็น 6 หมวดหลักดังแสดงในตารางที่ 2.3

**ตารางที่ 2.3** เกณฑ์การประเมินหลักของ CASBEE

| ลำดับ | เกณฑ์การประเมินหลัก | คะแนนเต็ม |
|---|---|---|
| Q1 | สภาวะแวดล้อมภายในอาคาร (Indoor Environment) | 5 |
| Q2 | คุณภาพของการบริการ (Quality of Services) | 5 |
| Q3 | สภาพแวดล้อมภายนอกอาคารบนพื้นที่ก่อสร้าง (Outdoor Environment on Site) | 5 |
| L1 | พลังงาน (Energy) | 5 |
| L2 | ทรัพยากรและวัสดุ (Resources andMaterials) | 5 |
| L3 | สภาพแวดล้อมนอกพื้นที่ก่อสร้าง (Off-site Environment) | 5 |

ในการคิดคะแนนจะใช้คะแนนรวมที่ได้จากส่วน Q หารด้วยส่วน L ค่าที่ได้จะเรียกว่าค่า Built Environment Efficiency (BEE) โดย CASBEE จัดระดับการให้รางวัลเป็น 5 ระดับคือ

Excellent BEE มากกว่าหรือเท่ากับ 3.0 และ Q มากกว่าหรือเท่ากับ 50 คะแนน

Very good BEE น้อยกว่า 3.0 แต่มากกว่าหรือเท่ากับ 1.5 คะแนน

Good BEE น้อยกว่า 1.5 แต่มากกว่าหรือเท่ากับ 1.0 คะแนน

Slightly poor BEE น้อยกว่า 1.0 แต่มากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 คะแนน

Poor BEE น้อยกว่า 0.5 คะแนน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.3.4 Leadership in Energy and Environmental Design (LEED)

Leadership in Energy and Environmental Design หรือ LEED ถูกจัดทำโดย U.S. Green Building Council (USGBC) สหรัฐอเมริกาในปี 1996 โดยทำหน้าที่เสมือนแนวทางและกลไกในการออกแบบ ก่อสร้างและใช้งานอาคารและชุมชนที่มีประสิทธิภาพทางสิ่งแวดล้อมสูง เพื่อแก้ปัญหาผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เป็นผลมาจากการก่อสร้างด้วยการประเมินประสิทธิภาพทางสิ่งแวดล้อมของอาคารและส่งเสริมการพัฒนาที่ยั่งยืนโดยสามารถใช้ได้กับอาคารพาณิชย์ สถาบันอาคารพักอาศัย และการพัฒนาชุมชน LEED พยายามหาแนวทางในการใช้ทรัพยากรธรรมชาติให้เกิดประโยชน์สูงสุด ส่งเสริมกลยุทธ์ในการปรับปรุงและนำกลับมาใช้ใหม่ และลดผลกระทบต่อสุขอนามัยของผู้ใช้อาคารเพื่อให้เกิดสภาพแวดล้อมภายในอาคารที่ดี LEED ยังเน้นย้ำเรื่องการออกแบบที่ผสานงานต่างๆเข้าด้วยกัน การเลือกใช้เทคโนโลยีในปัจจุบันให้เหมาะสมเพื่อส่งเสริมความก้าวหน้าในด้านอาคารเขียว นอกจากเป็นระบบประเมินที่เป็นสากลแล้ว LEED ยังถูกใช้เป็นต้นแบบในการพัฒนาระบบประเมินอาคารเขียวของประเทศอื่นๆด้วย LEED จัดประเภทของการประเมินเป็น 5 กลุ่มใหญ่ คือ

1. Building Design + Construction
2. Interior Design + Construction
3. Building Operations + Maintenance
4. Neighborhood Development
5. Homes

ในการศึกษาครั้งนี้จะพิจารณาเกณฑ์ LEED V.4 Building Design + Construction เป็นหลักซึ่งเป็นเกณฑ์การประเมินสำหรับอาคารก่อสร้างใหม่ หรือเป็นการปรับปรุงครั้งใหญ่ โดยหมวดการประเมินถูกแบ่งออกเป็น 9 หมวดหลัก ดังแสดงในตารางที่ 2.4

**ตารางที่ 2.4** เกณฑ์การประเมินหลักของ LEED BD+C

| ลำดับ | เกณฑ์การประเมินหลัก | คะแนนเต็ม | ร้อยละของคะแนนรวม |
|---|---|---|---|
| 1 | การทำงานเป็นองค์รวม (Integrative Process) | 1 | 1 |
| 2 | ที่ตั้งและการคมนาคม (Location and Transportation) | 16 | 15 |
| 3 | สถานที่ก่อสร้างที่ยั่งยืน (Sustainable Sites) | 10 | 9 |
| 4 | ประสิทธิภาพการใช้น้ำ (Water Efficiency) | 11 | 10 |
| 5 | พลังงานและบรรยากาศ (Energy and Atmosphere) | 33 | 30 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 2.4** (ต่อ)

| ลำดับ | เกณฑ์การประเมินหลัก | คะแนนเต็ม | ร้อยละของคะแนนรวม |
|---|---|---|---|
| 6 | วัสดุและทรัพยากร (Materials and Resources) | 13 | 12 |
| 7 | คุณภาพของสภาวะแวดล้อมภายในอาคาร (Indoor Environmental Quality) | 16 | 15 |
| 8 | นวัตกรรม (Innovation) | 6 | 5 |
| 9 | ความสำคัญต่อภูมิภาค (Regional Priority) | 4 | 4 |
| | รวมคะแนน | 110 | 100 |

LEED Building Design + Construction จัดระดับการให้รางวัลเป็น 4 ระดับคือ

Platinum 80 คะแนน ขึ้นไป

Gold 60-79 คะแนน

Silver 50-59 คะแนน

Certified 40-49 คะแนน

ทุกระดับต้องผ่านคะแนนข้อบังคับ (Prerequisite) 16 ข้อ

นอกจากนี้ LEED Building Design + Construction ยังได้กำหนดเกณฑ์ขั้นต่ำในการเข้าร่วมประเมินสำหรับการก่อสร้างและปรับปรุงโครงการใหม่ซึ่งทุกโครงการต้องผ่านคุณสมบัติดังต่อไปนี้

1. ต้องเป็นอาคารถาวรที่ไม่มีวัตถุประสงค์เคลื่อนย้ายไปสถานที่อื่น
2. ต้องเป็นโครงการที่มีพื้นที่ขอบเขตเหมาะสมและชัดเจน
3. ต้องมีพื้นที่ใช้สอยภายในอาคารอย่างน้อย 1,000 ตารางฟุต (93 ตารางเมตร)

## 2.4 นิยาม แนวคิด เกณฑ์การประเมินหลักและเกณฑ์การประเมินรองของโครงสร้างพื้นฐานที่ยั่งยืน

ในช่วงเวลาที่ประเทศไทยกำลังมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องในโครงสร้างพื้นฐานด้านทางรถไฟ ทางถนนทางน้ำ ทางอากาศ และระบบรถไฟฟ้าในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑลตามยุทธศาสตร์การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานด้านคมนาคมขนส่ง(พศ. 2558-2565) เพื่อรองรับการเจริญเติบโตในภาคเศรษฐกิจ อุตสาหกรรม เกษตรกรรม และบริการของประเทศ ส่งผลให้เกิดการใช้พลังงาน มลพิษทางอากาศ และปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมตามมาอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ (กระทรวงคมนาคม, 2557) กอรปกับปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม สังคมและเศรษฐกิจที่เกิดขึ้นจากการพัฒนาในด้านอื่นทั้งในระดับท้องถิ่นและระดับประเทศ แนวคิดเรื่องโครงสร้างพื้นฐานที่ยั่งยืนจึงเป็นประเด็นที่กำลังได้รับความสนใจโดยเฉพาะในต่างประเทศที่มุ่งมั่นจะแก้ปัญหาดังกล่าวที่เกิดจากการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานอย่างจริงจังและยั่งยืน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายงาน The Brundtland Commission Report จากการประชุม United Nations World Commission on Environment and Development ที่ถูกตีพิมพ์ในปี คศ. 1987 ให้คำจำกัดความของการพัฒนาอย่างยั่งยืนไว้ว่าเป็น “การพัฒนาที่ตอบสนองความต้องการของคนในปัจจุบันโดยไม่ลดทอนความสามารถของคนในอนาคตที่จะตอบสนองความต้องการของตนเอง” เป้าหมายของการพัฒนาแบบดั้งเดิมในหลายประเทศส่วนใหญ่เป็นการปรับปรุงการเติบโตทางเศรษฐกิจ แหล่งทรัพยากรธรรมชาติถูกใช้เป็นจำนวนมาส่งผลให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมซึ่งมนุษย์และสิ่งมีชีวิตอื่นๆต้องพึ่งพาเป็นวงกว้าง กิจกรรมต่างๆของมนุษย์ยังส่งผลเสียต่อระบบนิเวศและก่อให้เกิดผลกระทบที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ต่อสังคมและการเติบโตทางเศรษฐกิจตามมาด้วย ในฐานะปัจจัยหนึ่งที่สนับสนุนการพัฒนาประเทศ อุตสาหกรรมก่อสร้างมีบทบาทสำคัญในการตอบสนองและปรับปรุงคุณภาพชีวิตของสังคมในปัจจุบันและอนาคต (Tam et al., 2004) อย่างไรก็ตาม กิจกรรมในงานก่อสร้าง โดยเฉพาะในงานโครงสร้างพื้นฐานต้องใช้ทรัพยากรธรรมชาติเป็นจำนวนมากและสามารถส่งผลเสียต่อสภาพแวดล้อมได้ ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องปลุกจิตสำนึกให้สังคมตระหนักถึงปัญหานี้และหาหนทางที่จะทำให้งานก่อสร้างต่างๆมีความยั่งยืนมากขึ้น (Forsberg et al., 2014) แนวคิดเรื่องการก่อสร้างโครงสร้างพื้นฐานจึงเกิดขึ้นจากความจำเป็นนี้

มีงานวิจัยหลายชิ้นพยายามให้คำนิยามของโครงสร้างพื้นฐานที่ยั่งยืน อาทิเช่น Community Research Connections (2006) ระบุว่าโครงสร้างพื้นฐานที่ยั่งยืนคือการออกแบบ ก่อสร้างและใช้งานสิ่งก่อสร้างที่รวมถึงถนน สะพาน ทางรถไฟ สนามบิน ท่อส่งน้ำมัน เขื่อน โรงงานบำบัดน้ำเสียและสิ่งก่อสร้างทางโยธาอื่นๆ ที่ตอบสนองความต้องการประจำวันของมนุษย์และสังคมโดยไม่ทำให้ความสมดุลระหว่างสังคม สิ่งแวดล้อมและเศรษฐกิจเสียไป United Nations ESCAP (2007) อธิบายว่าโครงสร้างพื้นฐานที่ยั่งยืนคือสิ่งก่อสร้างที่มีความสอดคล้องกับการรักษาความยั่งยืนทางเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อม Benedict และ McMahon (2002) ให้ความเห็นว่าโครงสร้างพื้นฐานที่ยั่งยืนคือแผนในการพัฒนาที่จะบรรลุความยั่งยืนทางสิ่งแวดล้อม, สังคมและเศรษฐกิจ M’Ikiugu et al. (2012) นิยามโครงสร้างพื้นฐานที่ยั่งยืนว่าเป็นโครงข่ายของระบบนิเวศธรรมชาติและที่มนุษย์สร้างขึ้นและวิธีการที่จะส่งเสริมการพัฒนาที่ดินโดยให้ความสำคัญกับมนุษย์และประโยชน์ของธรรมชาติ World Economic Forum (2010) พิจารณาว่าโครงสร้างพื้นฐานเป็นหนึ่งในปัจจัยสำคัญต่อการปรับปรุงและรักษาผลผลิตของชาติ โครงสร้างพื้นฐานที่มีประสิทธิภาพเป็นองค์ประกอบที่จำเป็นต่อการเติบโตทางเศรษฐกิจ ระบบคมนาคมที่มีประสิทธิภาพจะช่วยขนส่งสินค้า แรงงานและประชากรไปยังที่หมายได้อย่างปลอดภัยและรวดเร็ว ระบบน้ำประปา ระบบบำบัดน้ำเสียและระบบผลิตกระแสไฟฟ้าที่เชื่อถือได้จะช่วยให้ประชากรและอุตสาหกรรมต่างๆมีน้ำและกระแสไฟฟ้าใช้ได้อย่างเพียงพอและปลอดภัย ระบบโทรคมนาคมที่ครอบคลุมจะช่วยเชื่อมต่อธุรกิจและประชากรเข้าด้วยกันได้ ซึ่งการแลกเปลี่ยนข้อมูลที่มีความคล่องตัวเป็นสิ่งจำเป็นต่อธุรกิจการค้า

ในปัจจุบันนี้ยังไม่มีนิยามที่เป็นที่ยอมรับโดยทั่วไปของโครงสร้างพื้นฐานที่ยั่งยืน กระนั้นการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานที่ยั่งยืนก็เป็นเรื่องสำคัญที่สามารถส่งผลกระทบครั้งใหญ่ต่อความยั่งยืนของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สังคม สิ่งแวดล้อมและเศรษฐกิจได้ (Huang and Yeh, 2008) อาทิ โครงสร้างพื้นฐานที่ยั่งยืนเป็นปัจจัยสำคัญในการกระจายการศึกษาและบริการทางการแพทย์สู่สังคม (Agenor and Moreno-Dodson, 2006) โครงสร้างพื้นฐานที่ยั่งยืนเป็นปัจจัยทางเศรษฐกิจที่สำคัญซึ่งช่วยลดค่าใช้จ่ายในการผลิตและปรับปรุงผลผลิตได้ (Mamatzakis, 2008) และโครงสร้างพื้นฐานที่ยั่งยืนสามารถถูกใช้เป็นเครื่องมือในการพัฒนาภูมิภาคเพื่อส่งเสริมกิจกรรมทางสังคมและเศรษฐกิจ กำลังการผลิตและการอนุรักษ์แหล่งทรัพยากรธรรมชาติได้ (Nijkamp, 1986) เป็นต้น

เนื่องจากความสำคัญดังกล่าวนี้ โครงสร้างพื้นฐานที่ยั่งยืนจึงกลายเป็นหนึ่งในองค์ประกอบที่ช่วยให้บรรลุเป้าหมายของการพัฒนาที่ยั่งยืนได้ (M'Ikiugu et al., 2012) เมืองใหญ่หลายเมืองทั่วโลกจึงเริ่มปรับปรุงโครงสร้างพื้นฐานของตนให้มีความยั่งยืนมากขึ้นขณะที่ความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างพื้นฐานที่ยั่งยืนและการพัฒนาที่ยั่งยืนเด่นชัดขึ้น ดังนั้นเพื่อระบุและวัดความสำเร็จในการพัฒนาที่ยั่งยืนผ่านโครงสร้างพื้นฐานจึงจำเป็นที่ต้องมีการประเมินความยั่งยืนของโครงการ ก่อนหน้านี้เกณฑ์การประเมินความยั่งยืนของการก่อสร้างส่วนใหญ่มุ่งเน้นไปที่งานอาคาร เกณฑ์การประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐานและงานวิจัยจำนวนหนึ่งเพิ่งถูกจัดทำขึ้นเพื่อให้ความสำคัญกับโครงสร้างพื้นฐานซึ่งเกณฑ์การประเมินดังกล่าวนี้ถือเป็นเครื่องมือสำคัญที่จะสนับสนุนให้เกิดการเปลี่ยนแปลงไปสู่การพัฒนาที่ยั่งยืนได้ (Pope et al., 2004) ลำดับต่อไปจะเป็นการศึกษาเกณฑ์การประเมินองค์ประกอบและตัวบ่งชี้ของโครงสร้างพื้นฐานที่ยั่งยืนที่ถูกพัฒนาขึ้นโดยสถาบันและนักวิจัยต่างๆและอยู่ระหว่างใช้งานในปัจจุบันเพื่อเป็นแนวทางกำหนดองค์ประกอบและตัวบ่งชี้ของแบบจำลองการวัดสำหรับการประเมินโครงสร้างพื้นฐานที่ยั่งยืน

### 2.4.1 Civil Engineering Environmental Quality Assessment and Awards Scheme(CEEQUAL)

Civil Engineering Environmental Quality Assessment and Awards Scheme หรือ CEEQUAL เป็นระบบประเมิน จัดระดับและให้รางวัลในด้านความยั่งยืนทางสิ่งแวดล้อมของโครงสร้างพื้นฐานที่เป็นผลงานจากความร่วมมือระหว่างสถาบันวิศวกรโยธาและรัฐบาลของสหราชอาณาจักร CEEQUAL ถูกนำมาใช้งานครั้งแรกในปี คศ. 2003 โดยมีเป้าหมายเพื่อส่งเสริมการตระหนักถึงประสิทธิภาพความยั่งยืนสำหรับโครงการหรือสัญญา ชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของการวางกลยุทธ์ที่เน้นเรื่องความยั่งยืน ส่งเสริมการปรับปรุงประสิทธิภาพด้านความยั่งยืน และเพื่อให้บรรลุประสิทธิภาพทางสังคม สิ่งแวดล้อมและเศรษฐกิจที่ดียิ่งขึ้นของโครงสร้างพื้นฐาน จากขอบเขตและเป้าหมายในการดำเนินงาน CEEQUAL สามารถมีส่วนช่วยในการวางแผนและการจัดทำแบบจำลองทางเศรษฐกิจและการเงินได้ด้วยซึ่งผู้ที่สามารถนำไปใช้งานได้รวมถึงเจ้าของโครงการภาครัฐและภาคเอกชน บริษัทออกแบบ และผู้รับเหมาก่อสร้าง CEEQUAL ถูกจัดทำเป็นสองรูปแบบคือ CEEQUAL for Projects สำหรับประเมินการก่อสร้างงานโยธา, โครงสร้างพื้นฐาน, ภูมิสถาปัตยกรรมและพื้นที่สาธารณะ และ CEEQUAL for Term Contracts สำหรับประเมินการก่อสร้างงานโยธาและพื้นที่สาธารณะที่อยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภายใต้สัญญาเป็นเวลาหลายปีในการศึกษานี้จะพิจารณาเฉพาะรูปแบบ CEEQUAL for ProjectsVersion 4 โดยหมวดการประเมินถูกแบ่งออกเป็น 12 หมวดหลัก ดังแสดงในตารางที่ 2.5

**ตารางที่ 2.5** เกณฑ์การประเมินหลักของ CEEQUAL V.4

| ลำดับ | เกณฑ์การประเมินหลัก | คะแนนเต็ม | ร้อยละของคะแนนรวม |
|---|---|---|---|
| 1 | การจัดการโครงการ (Project Management) | 20 | 10.9 |
| 2 | การใช้ที่ดิน (Land Use) | 19 | 7.9 |
| 3 | ภูมิสถาปัตยกรรม (Landscape Issues) | 15 | 7.4 |
| 4 | ระบบนิเวศและความหลากหลายทางชีวภาพ (Ecology and Biodiversity) | 15 | 8.8 |
| 5 | สภาพแวดล้อมทางประวัติศาสตร์ (The Historic Environment) | 16 | 6.7 |
| 6 | แหล่งน้ำธรรมชาติและสภาพแวดล้อมแหล่งน้ำ (Water Resources and the Water Environment) | 15 | 8.5 |
| 7 | พลังงานและคาร์บอน (Energy and Carbon) | 16 | 9.5 |
| 8 | การใช้วัสดุ (Material Use) | 26 | 9.4 |
| 9 | การจัดการของเสีย (Waste Management) | 20 | 8.4 |
| 10 | การคมนาคม (Transport) | 14 | 8.1 |
| 11 | ผลกระทบต่อพื้นที่แวดล้อม (Effects on Neighbors) | 18 | 7.0 |
| 12 | ความสัมพันธ์กับชุมชนท้องถิ่นและผู้มีส่วนได้เสีย (Relations with the Local Community and Other Stakeholders) | 14 | 7.4 |
| รวมคะแนน | | | 100 |

ในการประเมินโครงสร้างพื้นฐานด้วย CEEQUAL จะมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. คณะทำงานโครงการ (เจ้าของโครงการ, ผู้ออกแบบและที่ปรึกษา) สมัครเข้าร่วมการประเมินความยั่งยืนของโครงการ และแต่งตั้งผู้ประเมินซึ่งผ่านการอบรมและรับรองจาก CEEQUAL
2. ผู้ประเมินปรึกษากับผู้ตรวจสอบซึ่งได้รับการแต่งตั้งจาก CEEQUAL เพื่อเลือกเกณฑ์ประเมินที่เกี่ยวของสำหรับประเมินโครงการ
3. ผู้ประเมินทำการประเมินโครงการด้วยการให้คะแนนเกณฑ์การประเมินที่เลือกไว้โดยคณะทำงานโครงการจัดทำหลักฐานสนับสนุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. คะแนนของโครงการจะถูกรวมโดยใช้สมการต่อไปนี้:

$$\text{คะแนนรวม} = \sum_{i=1}^{q} y_i \qquad (2.1)$$

โดยที่ $Y_i$ คือคะแนนของเกณฑ์การประเมินรองIสำหรับ i = 1ถึง q; q คือจำนวนของเกณฑ์การประเมิน

5. ผู้ตรวจสอบทบทวนคะแนนที่ผู้ประเมินให้พร้อมกับหลักฐานสนับสนุน จากนั้นจึงสรุปคะแนนรวมขั้นสุดท้ายพร้อมข้อเสนอแนะ (ถ้ามี)

6. คะแนนรวมที่ได้จะถูกแปลงเป็นร้อยละด้วยสมการต่อไปนี้:

$$\text{ร้อยละของคะแนนรวมที่ได้} = \frac{\text{คะแนนรวมที่ได้}}{\text{คะแนนรวมทั้งหมด}} \times 100\% \qquad (2.2)$$

7. CEEQUAL จะจัดระดับการให้รางวัลจากร้อยละของคะแนนรวมที่ได้เป็น 4 ระดับคือ

| | |
|---|---|
| Excellent | มากกว่าร้อยละ 75 |
| Very good | มากกว่าร้อยละ 60 |
| Good | มากกว่าร้อยละ 40 |
| Pass | มากกว่าร้อยละ 25 |

การนำ CEEQUAL มาใช้ประเมินโครงการก่อให้เกิดประโยชน์หลายด้าน เช่น เป็นการแสดงให้เห็นความมุ่งมั่นต่อการพัฒนาที่ยั่งยืน, เป็นการปรับปรุงประสิทธิภาพโครงการด้วยการใช้วิธีออกแบบก่อสร้างที่ดีที่สุด, เป็นการส่งเสริมภาพลักษณ์ให้องค์กร, ช่วยประหยัดค่าใช้จ่าย, ส่งเสริมความสัมพันธ์ภายในองค์กร และเป็นการสร้างความภูมิใจต่อความสำเร็จให้ผู้เกี่ยวข้องกับโครงการทั้งหมด

### 2.4.2 Envision Rating System for Sustainable Infrastructure

ด้วยความพยายามที่จะพัฒนาระบบที่มีหลักการสำหรับการประเมินโครงสร้างพื้นฐาน ในปี 2012 Zofnass Program for Sustainable Infrastructure ของ Harvard University's Graduate School of Design และ the Institute for Sustainable Infrastructure ได้ร่วมกันจัดทำ Envision Rating System for Sustainable Infrastructure เป็นระบบประเมินโครงสร้างพื้นฐานที่ยั่งยืนขึ้นเพื่อเป็นแนวทางและสิ่งกระตุ้นให้มีการปรับปรุงประสิทธิภาพและความยืดหยุ่นของโครงสร้างพื้นฐานต่อสภาพแวดล้อม Envision เป็นระบบแรกที่ถูกจัดทำให้เป็นกรอบการทำงานที่มีความครอบคุลมรอบด้านและประหยัดค่าใช้จ่ายเพื่อประเมินผลประโยชน์ด้านสังคม สิ่งแวดล้อมและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เศรษฐจกิจของโครงสร้างพื้นฐานทุกชนิดและทุกขนาด ตั้งแต่ ถนน สะพาน ท่อน้ำมัน ทางรถไฟ เขื่อน คันกั้นน้ำ โรงบำบัดน้ำเสีย และงานก่อสร้างโยธาอื่นๆ Envision ถูกออกแบบให้เป็นมากกว่าระบบประเมินโครงสร้างพื้นฐาน การนำระบบไปใช้กับโครงการนอกจากช่วยลดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมแล้วยังช่วยปกป้องคุณภาพชีวิตของผู้มีส่วนได้เสียของโครงการด้วย คุณลักษณะเด่นของ Envision คือ 1) มีการขยายขอบเขตของการทำงานเพื่อให้บรรลุความยั่งยืนด้วยการพิจารณาความเหมาะสมของชนิดโครงการและวิธีการก่อสร้าง 2) มีการหลีกเลี่ยงการยึดติดอยู่กับทรัพยากร, รูปแบบ และมาตรฐานการออกแบบ ก่อสร้าง 3) มีการขยายโอกาสและเป้าหมายเพื่อให้บรรลุประสิทธิภาพที่สูงขึ้น 4) ส่งเสริมการอนุรักษ์ทรัพยากร 5) ส่งเสริมความก้าวหน้าทางนวัตกรรมด้านความยั่งยืน 6) มีแนวทางรับมือกับสภาพแวดล้อมการทำงานที่เปลี่ยนไป 7) ส่งเสริมความรู้และการศึกษาด้านความยั่งยืน Envision แบ่งการประเมินออกเป็น 5 กลุ่ม, 14 เกณฑ์การประเมินหลักและ 60 เกณฑ์การประเมินรอง ดังแสดงในตารางที่ 2.6

**ตารางที่ 2.6** เกณฑ์การประเมินหลักและรองของ Envision

| กลุ่ม | เกณฑ์การประเมินหลัก | เกณฑ์การประเมินรอง | คะแนนเต็ม |
|---|---|---|---|
| คุณภาพชีวิต (Quality of life) | วัตถุประสงค์ (Purpose) | การปรับปรุงคุณภาพชีวิตชุมชน (Improve community quality of life) | 20 |
| | | การกระตุ้นการเติบโตและการพัฒนาที่ยั่งยืน (Stimulate sustainable growth and development) | 13 |
| | | การพัฒนาทักษะและความสามารถของท้องถิ่น (Develop local skills and capabilities) | 12 |
| | ความเป็นอยู่ (Wellbeing) | การส่งเสริมสุขอนามัยและความปลอดภัยสาธารณะ (Enhance public health and safety) | 16 |
| | | การลดเสียงและความสั่นสะเทือน (Minimize noise and vibration) | 8 |
| | | การลดมลภาวะจากแสง (Minimize light pollution) | 8 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 2.6** (ต่อ)

| กลุ่ม | เกณฑ์การประเมินหลัก | เกณฑ์การประเมินรอง | คะแนนเต็ม |
|---|---|---|---|
| คุณภาพชีวิต (Quality of life) | | การปรับปรุงการสัญจรและเข้าถึงชุมชน (Improve community mobility and access) | 14 |
| | | การสนับสนุนรูปแบบคมนาคมทางเลือก (Encourage alternative modes of transportation) | 12 |
| | | การปรับปรุงการเข้าถึง, ความปลอดภัย และการค้นหา (Improve accessibility, safety and wayfinding) | 12 |
| | ชุมชน (Community) | การอนุรักษ์มรดกทางประวัติศาสตร์และวัฒนธรรม (Preserve historic and cultural resources) | 13 |
| | | การอนุรักษ์ทัศนียภาพและคุณลักษณะท้องถิ่น (Preserve views and local character) | 11 |
| | | การเพิ่มพื้นที่สาธารณะ (Enhance public space) | 11 |
| | นวัตกรรม (innovate or exceed credit requirements) | | 8 |
| ภาวะผู้นำ (Leadership) | ความร่วมมือ (Collaboration) | ความเป็นผู้นำที่มีประสิทธิภาพและความยึดมั่น (Provide effective leadership and commitment) | 17 |
| | | การจัดตั้งระบบจัดการความยั่งยืน (Establish a sustainability management system) | 14 |
| | | การสร้างเสริมความร่วมมือและการทำงานเป็นทีม (Foster collaboration and teamwork) | 15 |
| | | การมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนได้เสีย (Provide for stakeholder involvement) | 14 |
| | การจัดการ (Management) | เสาะหาโอกาสจากผลิตภัณฑ์พลอยได้ (Pursue by-product synergy opportunities) | 12 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 2.6** (ต่อ)

| กลุ่ม | เกณฑ์การประเมินหลัก | เกณฑ์การประเมินรอง | คะแนนเต็ม |
|---|---|---|---|
| ภาวะผู้นำ (Leadership) | | การปรับปรุงการผสานโครงสร้างพื้นฐาน (Improve infrastructure integration) | 13 |
| | การวางแผน (Planning) | การวางแผนติดตามและบำรุงรักษาระยะยาว (Plan long-term maintenance and monitoring) | 10 |
| | | การแก้ไขข้อกำหนดและนโยบายที่ขัดแย้ง (Address conflicting regulations and policies) | 8 |
| | | ยืดอายุการใช้งาน (Extend useful life) | 12 |
| | นวัตกรรม (innovate or exceed credit requirements) | | |
| การจัดสรรทรัพยากร (Resource allocation) | วัสดุ (Materials) | การลดพลังงานสะสมรวม (Reduce net embodied energy) | 18 |
| | | การส่งเสริมการจัดหาที่ยั่งยืน (Support sustainable procurement practices) | 9 |
| | | การใช้วัสดุรีไซเคิล (Use recycled materials) | 14 |
| | | การใช้วัสดุพื้นถิ่น (Use regional materials) | 10 |
| | | การเบี่ยงเบนของเสียจากพื้นที่ถมดิน (Divert waste from landfills) | 11 |
| | | การลดดินขุดที่นำออกนอกพื้นที่ก่อสร้าง (Reduce excavated materials taken off site) | 6 |
| | | การรื้อถอนและการรีไซเคิล (Provide for deconstruction and recycling) | 12 |
| | พลังงาน (Energy) | การลดใช้พลังงาน (Reduce energy consumption) | 18 |
| | | การใช้พลังงานหมุนเวียน (Use renewable energy) | 16 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 2.6** (ต่อ)

| กลุ่ม | เกณฑ์การประเมินหลัก | เกณฑ์การประเมินรอง | คะแนนเต็ม |
|---|---|---|---|
| การจัดสรรทรัพยากร (Resource allocation) | | การใช้งานและติดตามระบบพลังงาน (Commission and monitor energy systems) | 11 |
| | น้ำ (Water) | การปกป้องแหล่งน้ำจืด (Protect fresh water availability) | 17 |
| | | การลดใช้น้ำประปา (Reduce potable water consumption) | 17 |
| | | การติดตามระบบน้ำประปา (Monitor water systems) | 11 |
| | นวัตกรรม (innovate or exceed credit requirements) | | |
| โลกธรรมชาติ (Natural world) | ทำเลที่ตั้ง (Siting) | การอนุรักษ์พื้นที่อยู่อาศัยหลัก (Preserve prime habitat) | 14 |
| | | การอนุรักษ์พื้นที่ชุ่มน้ำและน้ำผิวดิน (Preserve wetlands and surface water) | 14 |
| | | การอนุรักษ์พื้นที่เกษตรกรรมหลัก (Preserve prime farmland) | 12 |
| | | การหลีกเลี่ยงสภาพธรณีวิทยาที่ไม่เหมาะสม (Avoid adverse geology) | 5 |
| | | การรักษาหน้าที่ของที่ราบน้ำท่วมถึง (Preserve floodplain functions) | 14 |
| | | การหลีกเลี่ยงการพัฒนาที่ไม่เหมาะสมบนเนินชัน (Avoid unsuitable development on steep slopes) | 6 |
| | | การอนุรักษ์พื้นที่สีเขียว (Preserve greenfields) | 15 |
| | ที่ดินและน้ำ (Land and water) | การจัดการน้ำฝนไหลล้น (Manage stormwater) | 17 |
| | | การลดผลกระทบจากยาฆ่าแมลงและปุ๋ย (Reduce pesticides and fertilizer impacts) | 9 |
| | | การป้องกันการปนเปื้อนของน้ำผิวดินและน้ำใต้ดิน (Prevent surface and groundwater contamination) | 14 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 2.6** (ต่อ)

| กลุ่ม | เกณฑ์การประเมินหลัก | เกณฑ์การประเมินรอง | คะแนนเต็ม |
|---|---|---|---|
| โลกธรรมชาติ (Natural world) | ความหลากหลายทางชีวภาพ (Biodiversity) | การอนุรักษ์ความหลากหลายของสปีชีส์ (Preserve species biodiversity) | 13 |
| | | การควบคุมสปีชีส์คุกคาม (Control invasive species) | 9 |
| | | การฟื้นสภาพดิน (Restore disturbed soils) | 8 |
| | | การรักษาการทำงานของน้ำในพื้นที่ชุ่มน้ำและน้ำผิวดิน (Maintain wetland and surface water functions) | 15 |
| | นวัตกรรม (innovate or exceed credit requirements) | | |
| สภาพอากาศและความเสี่ยง (Climate and risk) | การปล่อยก๊าซ (Emissions) | การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Reduce greenhouse gas emissions) | 18 |
| | | การลดการปล่อยมลภาวะในอากาศ (Reduce air pollutant emissions) | 12 |
| | การปรับตัว (Resilience) | การประเมินภัยคุกคามของสภาพอากาศ (Assess climate threat) | 15 |
| | | การหลีกเลี่ยงกับดักและจุดอ่อน (Avoid traps and vulnerabilities) | 16 |
| | | การเตรียมตัวสำหรับการปรับตัวระยะยาว(Prepare for long-term adaptability) | 16 |
| | | การเตรียมตัวสำหรับภัยระยะสั้น (Prepare for short-term hazards) | 17 |
| | | การจัดการปรากฏการเกาะความร้อนเมือง (Manage heat island effects) | 6 |
| | นวัตกรรม (innovate or exceed credit requirements) | | |

ในการประเมินโครงสร้างพื้นฐานด้วย Envision จะมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. คณะทำงานโครงการ (เจ้าของโครงการ ผู้ออกแบบ และที่ปรึกษา) สมัครเข้าร่วมการประเมินความยั่งยืนของโครงการ และแต่งตั้งผู้ประเมินซึ่งผ่านการอบรมและรับรองจาก Envision

2. ผู้ประเมินให้คะแนนโครงการตามระดับความยั่งยืน 5 ระดับ คือ improved enhanced superior conserving และ restorative โดยคณะทำงานโครงการจัดทำหลักฐานสนับสนุน โดยใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคิดคะแนนส่วนใหญ่โครงการต้องบรรลุความสำเร็จในระดับต่ำกว่าก่อนถึงจะทำคะแนนในระดับสูงขึ้นไปได้ อาทิ ถ้าโครงการจะบรรลุความสำเร็จในระดับ Conserving โครงการต้องทำคะแนนในระดับ Improved Enhanced และ Superior ให้ได้ก่อน อย่างไรก็ตามบางหัวข้อคะแนนก็ไม่ได้มีระดับความสำเร็จถึง 5 ระดับ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับธรรมชาติของหัวข้อคะแนนและความสามารถในการสร้างความแตกต่างระหว่างระดับคะแนนนอกจากนี้ Envision ยังต้องการกระตุ้นให้เกิดนวัตกรรมที่ช่วยผลักดันโครงสร้างพื้นฐานที่ยั่งยืนหรือมีการแสดงประสิทธิภาพที่สูงกว่าข้อกำหนดการให้คะแนน ในแต่ละหัวข้อจึงมีการให้คะแนนด้านนวัตกรรมหรือประสิทธิภาพที่สูงกว่าข้อกำหนดการให้คะแนนไว้ด้วย โดยคะแนนในหัวข้อนี้ถือเป็นคะแนนพิเศษที่จะช่วยเพิ่มคะแนนรวมได้ Envision แบ่งนวัตกรรมออกเป็น 3 แบบคือ

2.1 การบรรลุประสิทธิภาพในระดับโดดเด่น ประสิทธิภาพในระดับโดดเด่นคือประสิทธิภาพในหนึ่งในหัวข้อคะแนนหลักหรือมากกว่าที่ก่อให้เกิดประสิทธิผลในระดับสูง

2.2 การเอาชนะอุปสรรคสำคัญหรือขีดจำกัด เป็นการแสดงให้เห็นถึงการกำจัดอุปสรรคสำคัญที่เคยมีมาในอดีตต่อการใช้ทรัพยากร เทคโนโลยี ขั้นตอนหรือวิธีการที่จะช่วยปรับปรุงประสิทธิผลหรือความยั่งยืนของโครงการได้

2.3 การสร้างทางเลือกที่วัดได้และหรือส่งต่อได้ เป็นการแสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพที่ผ่านการปรับปรุงแล้วหรือปัญหาและอุปสรรคที่ได้รับการแก้ไขแล้วสามารถถูกชี้วัดได้สำหรับโครงการทุกขนาดและหรือถูกนำไปใช้และถ่ายทอดให้โครงสร้างพื้นฐานหลายชนิดในหลายภาคส่วน

3. คะแนนของโครงการจะถูกรวมโดยใช้สมการต่อไปนี้:

$$\text{คะแนนรวม} = \sum_{i=1}^{q} y_i \qquad (2.3)$$

โดยที่ $Y_i$ คือคะแนนของเกณฑ์การประเมินรอง I สำหรับ i = 1 ถึง q; q คือจำนวนของเกณฑ์การประเมิน

4. ผู้ตรวจสอบทบทวนคะแนนที่ผู้ประเมินให้พร้อมกับหลักฐานสนับสนุน จากนั้นจึงสรุปคะแนนรวมขั้นสุดท้ายพร้อมข้อเสนอแนะ (ถ้ามี)

5. คะแนนรวมที่ได้จะถูกแปลงเป็นร้อยละด้วยสมการต่อไปนี้:

$$\text{ร้อยละของคะแนนรวมที่ได้} = \frac{\text{คะแนนรวมที่ได้}}{\text{คะแนนรวมทั้งหมด}} \times 100\% \qquad (2.4)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. Envision จะจัดระดับการให้รางวัลจากร้อยละของคะแนนรวมที่ได้เป็น 4 ระดับคือ

| | |
|---|---|
| Platinum | ร้อยละ 50 |
| Gold | ร้อยละ 40 |
| Silver | ร้อยละ 30 |
| Bronze | ร้อยละ 20 |

**2.4.3 GreenLITES**

New York State Department of Transportation จัดทำเกณฑ์ GreenLITES (Leadership in Transportation and Environmental Sustainability) โดยระยะแรกเริ่มต้นในปี 2008 เพื่อช่วยผสานความยั่งยืนไว้ในงานก่อสร้างระบบคมนาคมโดยใช้เกณฑ์อาคารเขียว LEED เป็นต้นแบบ การที่ GreenLITES รวมแนวคิด Triple Bottom Line ในประเด็นทางสังคม สิ่งแวดล้อมและเศรษฐกิจไว้ด้วยทำให้สามารถนำไปใช้ได้ตั้งแต่ขั้นตอนการวางแผน ประเมินความยั่งยืนของโครงการ การพิจารณาวิธีการทำงานและบำรุงรักษาจนถึงการลงทุนในโครงการ GreenLITES เป็นเกณฑ์ที่ใช้ประเมินด้วยตนเองตามแนวทาง Triple Bottom Line เพื่อให้เกิดการประเมินประสิทธิภาพโครงการได้อย่างต่อเนื่องและเป็นการส่งเสริมวิธีการทำงานที่เหมาะสมที่สุดโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ

1. อนุรักษ์และส่งเสริมสิ่งแวดล้อม
2. อนุรักษ์พลังงานและทรัพยากรธรรมชาติ
3. อนุรักษ์และส่งเสริมคุณลักษณะทางประวัติศาสตร์, ทัศนียภาพและความสวยงามของโครงการ
4. ส่งเสริมการมีส่วนร่วมของสาธารณชนในการวางแผนระบบคมนาคม
5. ผสานการเติบโตอย่างชาญฉลาดและแนวทางการใช้ที่ดินแบบอื่นๆ
6. กระตุ้นให้เกิดนวัตกรรมและแนวทางใหม่ๆในการออกแบบที่ยั่งยืน

GreenLITES แบ่งการประเมินออกเป็น 5 เกณฑ์การประเมินหลักและ 18 เกณฑ์การประเมินรองดังแสดงในตารางที่ 2.7

**ตารางที่ 2.7** เกณฑ์การประเมินหลักและรองของ GreenLITES

| เกณฑ์การประเมินหลัก | เกณฑ์การประเมินรอง | คะแนนเต็ม |
|---|---|---|
| สถานที่ก่อสร้างที่ยั่งยืน (Sustainable Sites) | การเลือกแนวสายทาง (Alignment selection) | 2 |
| | การแก้ไขบริบทที่อ่อนไหว (Context sensitive solutions) | 2 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 2.7** (ต่อ)

| เกณฑ์การประเมินหลัก | เกณฑ์การประเมินรอง | คะแนนเต็ม |
|---|---|---|
| | การใช้ที่ดินและการวางแผนชุมชน (Land use/community planning) | 2 |
| | การอนุรักษ์, ส่งเสริมและฟื้นฟูที่อยู่ของสัตว์ป่า (Protect, enhance or restore wildlife hatitat) | 3 |
| | การอนุรักษ์, ปลูกและลดการตัดต้นไม้ (Protect, plant or mitigate for removal of tree and plant communities | 2 |
| คุณภาพน้ำ (Water quality) | การจัดการน้ำฝนไหลล้น (Stormwater management) | 2 |
| | การลดปริมาณน้ำฝนไหลล้นและมลภาวะที่เกี่ยวข้อง (Reduce runoff and associated pollutants) | 2 |
| วัสดุและทรัพยากร (Materials and Resources) | การนำวัสดุกลับมาใช้ใหม่ (Reuse of materials) | 2 |
| | ปริมาณวัสดุรีไซเคิล (Recycled content) | 2 |
| | วัสดุพื้นถิ่น (Locally provided materials) | 2 |
| | เทคนิควิศวกรรมชีวภาพ (Bioengineering techniques) | 2 |
| | การลดวัสดุอันตราย (Hazardous material minimization) | 2 |
| พลังงานและบรรยากาศ (Energy and Atmosphere) | การเพิ่มการไหลของจราจร (Improve traffic flow) | 3 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 2.7** (ต่อ)

| เกณฑ์การประเมินหลัก | เกณฑ์การประเมินรอง | คะแนนเต็ม |
|---|---|---|
| พลังงานและบรรยากาศ (Energy and Atmosphere) | การลดใช้กระแสไฟฟ้า (Reduce electrical consumption) | 2 |
| | การลดใช้น้ำมันปิโตรเลียม (Reduce petroleum consumption) | 3 |
| | ปรับปรุงสิ่งอำนวยความสะดวกผู้ใช้จักรยานและคนเดินเท้า (Improve bicycle and pedestrian facilities) | 3 |
| | การลดเสียงรบกวน (Noise abatement) | 2 |
| | การลดแสงรบกวน (Stray light reduction) | 2 |
| นวัตกรรม (innovation) | | 4 |

ในการประเมินโครงสร้างพื้นฐานด้วย GreenLITES จะมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ก่อนเปิดประมูลโครงการ NYSDOT จะประเมินการออกแบบของโครงการเพื่อให้มั่นใจว่าวิธีการปฏิบัติที่ยั่งยืนได้ถูกรวมไว้ในการออกแบบของโครงการ

2. โครงการจะถูกประเมินตามเกณฑ์ที่จัดทำในรูปแบบ Microsoft Excel Spreadsheet และคะแนนที่ได้จะถูกรวมโดยใช้สมการต่อไปนี้:

$$\text{คะแนนรวม} = \sum_{i=1}^{q} y_i \qquad (2.5)$$

โดยที่ $Y_i$ คือคะแนนของเกณฑ์การประเมินรอง I สำหรับ i = 1ถึง q; q คือจำนวนของเกณฑ์การประเมิน

3. คะแนนรวมที่ได้จะถูกแปลงเป็นร้อยละด้วยสมการต่อไปนี้:

$$\text{ร้อยละของคะแนนรวมที่ได้} = \frac{\text{คะแนนรวมที่ได้}}{\text{คะแนนรวมทั้งหมด}} \times 100\% \qquad (2.6)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. GreenLITES จัดระดับการให้รางวัลเป็น 4 ระดับคือ

| | |
|---|---|
| Evergreen | มากกว่าร้อยละ 98 |
| Gold | ร้อยละ 90 - 98 |
| Silver | ร้อยละ 67 - 90 |
| Certified | ร้อยละ 33 - 67 |
| Non-certified | น้อยกว่าร้อยละ 33 |

นอกจาก GreenLITES จะเป็นเกณฑ์ที่ใช้ประเมินด้วยตนเองโดยเน้นไปที่โครงการระบบคมนาคมและการดำเนินการโดยมีพื้นฐานอยู่บนขอบเขตที่โครงการรวมทางเลือกที่ยั่งยืนไว้มากเพียงใดแล้ว GreenLITES ยังเป็นเสมือนระบบจัดการภายในของ NYSDOT ที่จะใช้ประเมินประสิทธิภาพการทำงาน ส่งเสริมวิธีการปฏิบัติงานที่ดีและแก้ไขจุดบกพร่อง รวมถึงเป็นวิธีในการสื่อสารให้สาธารณชนเห็นถึงความก้าวหน้าด้านการปฏิบัติงานอย่างยั่งยืนของ NYSDOT ด้วย

**2.4.4 Greenroads**

Greenroads เป็นระบบประเมินแบบสมัครใจโดยหน่วยงานอิสระที่ถูกจัดทำโดย University of Washington และบริษัท CH2M HILL ในปี 2011 เพื่อรับรองและให้รางวัลโครงการก่อสร้างถนนที่มีประสิทธิภาพทางสิ่งแวดล้อม สังคมและเศรษฐกิจสูงกว่าที่สาธารณชนทั่วไปคาดหวัง โครงการที่ผ่านการประเมินจะแสดงให้เห็นถึงความเป็นเลิศในด้านความยั่งยืนที่สูงกว่าถนนแบบดั้งเดิม ซึ่งสามารถถูกถ่ายทอดให้ผู้มีส่วนได้เสียในโครงการรับทราบได้ถึงความสำเร็จนี้ โดยหลักการ Greenroads สามารถช่วยตรวจวัดองค์ประกอบด้านความยั่งยืนของโครงการถนนซึ่งสามารถถูกนำไปใช้ประโยชน์ได้ดังต่อไปนี้

1. ระบุว่าคุณลักษณะใดส่งผลต่อความยั่งยืนของโครงการ
2. ช่วยรับผิดชอบในความยั่งยืนของโครงการถนน
3. วัดผลและติดตามเป้าหมายความยั่งยืนตามระยะเวลา
4. จัดการและปรับปรุงความยั่งยืนของถนน
5. กระตุ้นให้เกิดนวัตกรรมและแนวทางใหม่
6. นำเสนอความได้เปรียบทางการแข่งขันและแรงจูงใจทางเศรษฐกิจหรือการตลาดสำหรับความยั่งยืน
7. สื่อสารแนวคิดความยั่งยืนให้ผู้มีส่วนได้เสียโดยเฉพาะสาธารณชนให้เข้าใจได้โดยง่าย

Greenroads แบ่งการประเมินออกเป็น 7 เกณฑ์การประเมินหลักและ 50 เกณฑ์การประเมินรอง ดังแสดงในตารางที่ 2.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 2.8** เกณฑ์การประเมินหลักและรองของ Greenroads

| เกณฑ์การประเมินหลัก | เกณฑ์การประเมินรอง | คะแนนเต็ม |
|---|---|---|
| ข้อกำหนดโครงการ (Project requirements) | ขั้นตอนการทบทวนสิ่งแวดล้อม (Environmental review process | บังคับ |
| | การวิเคราะห์มูลค่าวงจรชีวิต (Lifecycle cost analysis) | บังคับ |
| | การบันทึกวงจรชีวิต(Lifecycle inventory) | บังคับ |
| | แผนควบคุมคุณภาพ (Quality control plan) | บังคับ |
| | แผนลดเสียงรบกวน (Noise mitigation plan) | บังคับ |
| | แผนจัดการของเสีย (Waste management plan) | บังคับ |
| | แผนป้องกันมลภาวะ (Pollution prevention plan) | บังคับ |
| | การพัฒนาที่มีผลกระทบต่ำ (Low impact development) | บังคับ |
| | ระบบจัดการทางเท้า (Pavement management system) | บังคับ |
| | แผนจัดการสถานที่ก่อสร้าง (Site management plan) | บังคับ |
| | การส่งเสริมการศึกษา (Educational outreach) | บังคับ |
| สิ่งแวดล้อมและน้ำ (Environment and Water) | ระบบจัดการสิ่งแวดล้อม (Environmental management system) | 2 |
| | การควบคุมน้ำฝนไหลล้น (Runoff flow control) | 3 |
| | คุณภาพน้ำฝนไหลล้น (Runoff quality) | 3 |
| | การวิเคราะห์มูลค่าน้ำฝนไหลล้น (Stormwater cost analysis) | 1 |
| | พืชพันธุ์สถานที่ก่อสร้าง (Site vegetation) | 3 |
| | การฟื้นฟูที่อยู่อาศัย (Habitat restoration) | 3 |
| | การเชื่อมต่อทางนิเวศ (Ecological connectivity) | 3 |
| | มลภาวะทางแสง (Light pollution) | 3 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 2.8** (ต่อ)

| เกณฑ์การประเมินหลัก | เกณฑ์การประเมินรอง | คะแนนเต็ม |
|---|---|---|
| การเข้าถึงและความเท่าเทียม (Access and Equity) | การตรวจประเมินความปลอดภัย (Safety audit) | 2 |
| | ระบบจัดการจราจรอัจฉริยะ (Intelligent transportation systems) | 5 |
| | ทางออกที่เปราะบางต่อบริบท (Context sensitive solutions) | 5 |
| | การลดการปล่อยก๊าซจากการจราจร (Traffic emissions reduction) | 5 |
| | ทางเท้า (Pedestrian access) | 2 |
| | ทางจักรยาน (Bicycle access) | 2 |
| | การเข้าถึงการขนส่ง(Transit access) | 5 |
| | ทัศนียภาพ (Scenic views) | 2 |
| | การส่งเสริมวัฒนธรรม (Cultural outreach) | 2 |
| กิจกรรมก่อสร้าง (Construction Activities) | ระบบจัดการคุณภาพ (Quality management system) | 2 |
| | การอบรมด้านสิ่งแวดล้อม (Environmental training) | 1 |
| | แผนการรีไซเคิล (Site recycling plan) | 1 |
| | การลดใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล (Fossil fuel reduction) | 2 |
| | การลดการปล่อยก๊าซของอุปกรณ์ (Equipment emissions reduction) | 2 |
| | การลดการปล่อยก๊าซของผิวทาง (Paving emissions reduction) | 1 |
| | การติดตามการใช้น้ำ (Water tracking) | 2 |
| | การรับประกันของผู้รับเหมา (Contractor warranty) | 3 |
| วัสดุและทรัพยากร (Materials and Resources) | การประเมินวงจรชีวิต (Lifecycle assessment) | 2 |
| | การนำทางเท้ากลับมาใช้ใหม่ (Pavement reuse) | 5 |
| | การรักษาสมดุลงานดิน (Earthwork balance) | 1 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 2.8** (ต่อ)

| เกณฑ์การประเมินหลัก | เกณฑ์การประเมินรอง | คะแนนเต็ม |
|---|---|---|
| วัสดุและทรัพยากร (Materials and Resources) | วัสดุรีไซเคิล (Recycled materials) | 5 |
| | วัสดุพื้นถิ่น (Regional materials) | 5 |
| | ประสิทธิภาพการใช้พลังงาน (Energy efficiency) | 5 |
| เทคโนโลยีผิวทาง (Pavement technologies) | ผิวทางที่มีความทนทาน (Long-life pavement) | 5 |
| | ผิวทางพรุน (Permeable pavement) | 3 |
| | แอสฟัลท์ผสมอุ่น (Warm mix asphalt) | 3 |
| | ผิวทางเย็น (Cool pavement) | 5 |
| | ผิวทางเก็บเสียง (Quiet pavement) | 3 |
| | การติดตามประสิทธิภาพผิวทาง (Pavement performance tracking) | 1 |
| คะแนนพิเศษ (Custom credits) | คะแนนพิเศษ 1 (Custom credit 1) | 5 |
| | คะแนนพิเศษ 2 (Custom credit 2) | 5 |

ในการประเมินโครงสร้างพื้นฐานด้วย Greenroads จะมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. คณะทำงานโครงการสมัครขอประเมินโครงการ โดยโครงการที่จะได้รับการประเมินต่อเมื่อผ่านข้อกำหนดเบื้องต้นก่อน

2. คณะทำงานโครงการเลือกประเมินโครงการตามเกณฑ์ที่สมัครใจและเกณฑ์พิเศษเพื่อให้ได้คะแนนเพิ่มขึ้นพร้อมนำเสนอหลักฐานสนับสนุน

3. คะแนนที่ได้จะถูกรวมโดยใช้สมการต่อไปนี้:

$$\text{คะแนนรวม} = \sum_{i=1}^{q} y_i \qquad (2.7)$$

โดยที่ $Y_i$ คือคะแนนของเกณฑ์การประเมินรอง I สำหรับ i = 1ถึง q; q คือจำนวนของเกณฑ์การประเมิน

4. Greenroads จัดระดับการให้รางวัลเป็น 4 ระดับคือ

| | |
|---|---|
| Evergreen | 64 คะแนนขึ้นไป |
| Gold | 54 - 63 คะแนน |
| Silver | 43 - 53 คะแนน |
| Certified | 32 - 42 คะแนน |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Greenroads ถูกออกแบบมาให้ส่งเสริมการทำงานที่ยั่งยืนภายในกรอบข้อกำหนดของรัฐ โดยมีพื้นฐานอยู่บนการปฏิบัติงานมาตรฐานของหน่วยงานด้านสิ่งแวดล้อมของสหรัฐอเมริกา คะแนนต่างๆ ถูกออกแบบมาให้ส่งอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกทางเลือกที่ยั่งยืนมากขึ้น Greenroads จะช่วยกระตุ้นให้องค์กรพิจารณาใช้กลยุทธ์ที่ยั่งยืนกับการดำเนินงานแต่ละวันในลักษณะที่เป็นเครื่องมือช่วยตัดสินใจมากกว่าจะเป็นข้อกำหนดตายตัว

### 2.4.5 งานวิจัยเรื่องเกณฑ์การประเมินโครงสร้างพื้นฐานที่ยั่งยืนของ Ugwu and Haupt

Ugwu and Haupt (2007) ทำการศึกษาเพื่อระบุดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพสำหรับโครงสร้างพื้นฐานที่ยั่งยืนจากมุมมองของอุตสาหกรรมก่อสร้างในประเทศอัฟริกาใต้ (SUSAIP) สำหรับใช้เป็นแนวทางในการออกแบบและจัดทำข้อกำหนดการก่อสร้างสำหรับโครงสร้างพื้นฐานที่ยั่งยืนให้สอดคล้องกับนโยบายด้านความยั่งยืนของประเทศได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพที่ Ugwu and Haupt พบจากการศึกษาถูกจัดแบ่งเป็น 3 ระดับดังแสดงไว้ในตารางที่ 2.9

**ตารางที่ 2.9** เกณฑ์การประเมินหลักและรองในงานวิจัยเรื่องเกณฑ์ประเมินโครงสร้างพื้นฐานที่ยั่งยืนของ Ugwu and Haupt

| กลุ่ม | เกณฑ์การประเมินหลัก | เกณฑ์การประเมินรอง |
|---|---|---|
| เศรษฐกิจ (Economy) | ค่าใช้จ่ายทางตรง (Direct cost) | ค่าใช้จ่ายเบื้องต้น (Initial cost) |
| | | ค่าใช้จ่ายตลอดวงจรชีวิต (Life cycle cost) |
| | ค่าใช้จ่ายทางอ้อม (Indirect cost) | ค่าโยกย้ายประชากร (Resettling cost of people) |
| | | ค่าฟื้นฟูระบบนิเวศ (Rehabilitation cost of ecosystem) |
| | | มูลค่าผลกระทบเชิงลบต่อการท่องเที่ยว (Adverse impact on tourism values) |
| | | การจ้างงาน (Employment of labour) |
| สิ่งแวดล้อม (Environment) | การใช้ที่ดิน (Land use) | ขอบเขตการเวนคืนที่ดิน (Extent of land acquisition) |
| | | ขอบเขตการตัดต้นไม้ (Extent of tree felling) |
| | | ขอบเขตการสูญเสียที่อยู่อาศัยหรือพื้นที่หาอาหาร (Extent of loss of habitat or feeding grounds) |
| | น้ำ (Water) | การประเมินผลกระทบภายใต้ EIAR (Impact as to assessment under EIAR) |
| | | การนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ (Water reuse) |
| | อากาศ (Air) | การประเมินผลกระทบภายใต้ EIAR (Impact as to assessment under EIAR) |
| | | การออกแบบช่องปล่อยอากาศ (Air outlet design) |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 2.9** (ต่อ)

| กลุ่ม | เกณฑ์การประเมินหลัก | เกณฑ์การประเมินรอง |
|---|---|---|
| สิ่งแวดล้อม (Environment) | อากาศ (Air) | การออกแบบการระบายอากาศระหว่างก่อสร้าง (Ventilation design-during construction) |
| | | การออกแบบการระบายอากาศระหว่างใช้งาน (Ventilation design-service stage) |
| | เสียง (Noise) | การประเมินผลกระทบภายใต้ EIAR (Impact as to assessment under EIAR) |
| | | ความยืดหยุ่นในการออกแบบตามมาตรการลดเสียง (Design flexibility towards noise reduction measures) |
| | นิเวศวิทยา (Ecology) | การประเมินผลกระทบภายใต้ EIAR (Impact as to assessment under EIAR) |
| | | การนำที่อยู่กลับคืน (Reprovision of habitat) |
| | ผลกระทบต่อทัศนียภาพ (Visual impact) | การประเมินผลกระทบภายใต้ EIAR (Impact as to assessment under EIAR) |
| | | มุมมองจากผู้ประเมิน (View from assessor) |
| | | ความสอดคล้องกับสิ่งแวดล้อม (Harmony with surrounding) |
| | การจัดการของเสีย (Waste management) | ของแข็ง-วัสดุก่อสร้าง (Solid-construction material) |
| | | ของแข็ง-ดินขุด (Solid-dredged/excavated material) |
| | | ของเหลว-มีพิษ (Liquid waste-toxic) |
| | | ของเหลว-ไม่มีพิษ (Liquid-non-toxic) |
| | | ขอบเขตของการรุกพื้นที่ๆเกี่ยวข้อง (Extent of encroachment upon concerned areas) |
| สังคม (Society) | มรดกทางวัฒนธรรม (Cultural heritage) | ผลกระทบของโครงการในสถานที่โบราณคดี (Footprint of project in archaeological site) |
| | | การร้องเรียนจากชุมชนท้องถิ่น (Complaints from local parties/villages) |
| | | ขอบเขตของการเบี่ยงเบน (Extent of diversion) |
| | การเข้าถึงของสาธารณะ (Public access) | ขอบเขตของการปิดกั้น (Extent of blockage) |
| | | ขอบเขตของความแออัด (Extent of congestion) |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 2.9** (ต่อ)

| กลุ่ม | เกณฑ์การประเมินหลัก | เกณฑ์การประเมินรอง |
|---|---|---|
| สังคม (Society) | ความเข้าใจของสาธารณะ (Public perception) | ยูบานตู (Ubantu) |
| | | เส้นทางขนส่งของเสีย (Route(s) for waste disposal) |
| การใช้ทรัพยากร (Resource utilization) | การเข้าถึงสถานที่ก่อสร้าง (Site access) | เส้นทางสำหรับการก่อสร้าง (Route(s) for construction traffic) |
| | | ความพร้อมใช้ของวัสดุก่อสร้าง (Availability e construction material) |
| | ความพร้อมใช้ของวัสดุ (Material availability) | การใช้วัสดุพื้นถิ่น (Use of local materials) |
| | | ผลพลอยได้จากวัสดุที่เลือกใช้ (Those associated/complementary with the chosen materials) |
| | ชนิด (Type) | วัสดุสำเร็จ (Prefabricated material) |
| | | วัสดุนวัตกรรม (Innovative material) |
| | ความสามารถในการก่อสร้าง (Constructibility) | การมีส่วนร่วมของผู้รับเหมาตั้งแต่แรก (Early contractors' involvement) |
| | | การมีส่วนร่วมของผู้ค้าตั้งแต่แรก (Early suppliers' involvement) |
| | ความสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ (Reusability) | การนำแบบหล่อกลับมาใช้ใหม่ (Reusability of moulds, formwork, etc.) |
| | | มูลค่าหลังหมดอายุ (Scrap value after decommissioning) |
| | การประกันคุณภาพ (Quality assurance) | ความง่ายของการควบคุมคุณภาพ (Ease of quality control) |
| สุขอนามัยและความปลอดภัย (Health and safety) | การประกอบอาชีพ (Occupational) | สุขอนามัยระยะสั้น (Short-term health) |
| | | สุขอนามัยระยะยาว (Long-term health) |
| | | อุบัติเหตุ, การบาดเจ็บ, เสียชีวิต ฯลฯ (Accidents, injuries, fatalities, etc.) |
| | | ระบบการจัดการ (Management systems) |
| | สาธารณะ (Public) | สุขภาพ (Health) |
| | | ความปลอดภัย (Safety) |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 2.9** (ต่อ)

| กลุ่ม | เกณฑ์การประเมินหลัก | เกณฑ์การประเมินรอง |
|---|---|---|
| การจัดการ/บริหารโครงการ (Project management/administration | สัญญา (Contract) | ชนิดของสัญญา (Type of contract) |
| | | การรวมวรรคที่เกี่ยวกับความยั่งยืนไว้ในข้อกำหนดโครงการ (Inclusion of sustainability related clauses in project specification) |
| | | ระยะเวลาโครงการ (Project duration) |
| | | ความซับซ้อนของโครงการ (Project complexity) |
| | | ปริมาณงานเอกสาร (Amount of paperwork) |
| | วิธีการจัดหา (Procurement method) | แนวทาง/เกณฑ์สำหรับผู้รับเหมา (Approach/criteria towards contractors) |
| | | แนวทาง/เกณฑ์สำหรับผู้ค้า (Approach/criteria towards suppliers) |
| | | ทางเลือกของระบบนำส่ง (Choice of delivery system) |

ในการประเมินโครงสร้างพื้นฐานด้วย SUSAIP จะมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. คณะทำงานโครงการเลือกเกณฑ์การประเมินที่เหมาะสมสำหรับทางเลือกต่างๆของโครงการ

2. ผู้ประเมินให้คะแนนทางเลือกต่างๆตามความเหมาะสมกับลักษณะของเกณฑ์การประเมิน อาทิ วิธีการให้คะแนนเหมาะสำหรับเกณฑ์การประเมินที่ยากในการระบุปริมาณ การเปรียบเทียบคะแนนเหมาะสำหรับเกณฑ์การประเมินที่มีคะแนนสูงสุดและต่ำสุด การตัดสินจากความพึงพอใจเหมาะสำหรับเกณฑ์การประเมินที่ต้องใช้วิจารณญาณของผู้ประเมินเอง

3. ผู้ประเมินจะกำหนดน้ำหนักให้เกณฑ์การประเมินขึ้นอยู่กับความสำคัญของเกณฑ์ต่อความยั่งยืนตามที่ระบุไว้ในแนวทางต่างๆเช่น นโยบายของภาครัฐ, ประสบการณ์ของผู้จัดการโครงการ

4. คะแนนที่ได้จะถูกรวมโดยใช้สมการต่อไปนี้:

$$\text{คะแนนรวม} = \sum_{i=1}^{q} y_i \qquad (2.8)$$

โดยที่ $Y_i$ คือคะแนนของเกณฑ์การประเมินรอง I สำหรับ i = 1 ถึง q; q คือจำนวนของเกณฑ์การประเมิน

5. โครงการที่ได้คะแนนสูงสุดจะได้รับการคัดเลือก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.4.6 งานวิจัยเรื่องโครงสร้างพื้นฐานที่ยั่งยืนของ Fernandez-Sanchez and Rodriguez-Lopez

Fernandez-Sanchez and Rodriguez-Lopez (2010) ทำการศึกษาเพื่อจัดทำขั้นตอนเชิงวิธีการในการระบุและคัดเลือกตัวบ่งชี้ความยั่งยืน (Sustainability indicators) เพื่อใช้ประเมินความยั่งยืนของการก่อสร้างโครงสร้างพื้นฐานในประเทศสเปนเพื่อให้สอดรับกับแนวคิดเรื่องการพัฒนาที่ยั่งยืนในปฏิญญา 21 จากการประชุม Earth Summit ปี 1992 โดยพิจารณาตัวบ่งชี้ความยั่งยืนว่าเป็นโอกาสหรือความเสี่ยงเชิงบวกของโครงการในขณะที่พยายามสร้างสมดุลระหว่างผลกระทบที่เกิดขึ้นตลอดอายุโครงการกับประโยชน์ทางด้านสังคม เศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อมด้วย ขั้นตอนเชิงวิธีการถูกแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม 19 เกณฑ์การประเมินหลักและ 30 เกณฑ์การประเมินรอง ดังแสดงในตารางที่ 2.10

**ตารางที่ 2.10** เกณฑ์การประเมินหลักและรองในงานวิจัยเรื่องโครงสร้างพื้นฐานที่ยั่งยืนของ Fernandez-Sanchez and Rodriguez-Lopez

| กลุ่ม | เกณฑ์การประเมินหลัก | เกณฑ์การประเมินรอง |
|---|---|---|
| สิ่งแวดล้อม (Environment) | ดิน (Soil) | มูลค่าทางนิเวศ (Ecological value) |
| | | แผนควบคุมการกัดเซาะและตกตะกอน (Erosion and sedimentation control plan) |
| | | การใช้ดิน (Soil consumption) |
| | น้ำ (Water) | การประหยัดน้ำ (Water saving) |
| | | การใช้น้ำ (Water consumption) |
| | | การปกป้องแหล่งน้ำ (Protection of water resources) |
| | | การควบคุมและติดตามการใช้น้ำ (Control and monitor consumption) |
| | บรรยากาศ (Atmosphere) | การระบายอากาศ (Ventilation) |
| | | เสียง (Noise) |
| | | การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (GHG emissions) |
| | | ฝุ่นละออง (Particulate emissions and dust) |
| | | กลิ่น (Odors) |
| | | คุณภาพอากาศ (Air quality) |
| | | การปล่อยไนโตรเจนออกไซด์และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (NOx and $SO_2$ emissions) |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 2.10** (ต่อ)

| กลุ่ม | เกณฑ์การประเมินหลัก | เกณฑ์การประเมินรอง |
|---|---|---|
| สิ่งแวดล้อม (Environment) | ความหลากหลายทางชีวภาพ (Biodiversity) | ผลกระทบสิ่งแวดล้อม (Impacts on environment) |
| | | การปกป้องพืชและสัตว์ (Protection of fauna and flora) |
| | | การกีดขวางของโครงการ (Barrier effect of the project) |
| | | มรดกทางธรรมชาติ (Natural heritage) |
| | | รอยเท้าทางนิเวศ (Ecological footprint) |
| | ภูมิทัศน์ (Landscape) | ผลกระทบทางทัศนียภาพ (Visual impact) |
| | ทรัพยากร (Resources) | การใช้ทรัพยากรให้เกิดประโยชน์สูงสุด (Optimization of resources) |
| | | วัสดุ (Materials with CE) |
| | | เครื่องจักรและวัสดุที่ได้รับฉลากเขียว (Equipment and materials with ecological label) |
| | | การใช้วัสดุพื้นถิ่น (Use of regional materials) |
| | | วัสดุที่มีความเสี่ยงต่อสุขภาพต่ำ (Materials with low health risks) |
| | | การใช้วัสดุที่มีความทนทาน (Use of durable materials) |
| | ของเสีย (Waste) | การจัดการของเสีย (Waste management) |
| | พลังงาน (Energy) | การใช้พลังงาน (Energy consumption) |
| | | พลังงานหมุนเวียน (Renewable energy) |
| | | การประหยัดและประสิทธิภาพการใช้พลังงาน (Savings and energy efficiency) |
| | | มลภาวะทางแสง (Light pollution) |
| | ความเสี่ยง (Risks) | การลดผลกระทบของน้ำท่วมและความแห้งแล้ง (Mitigating the effects of floods and droughts) |
| | | การปรับตัวและความเสียหายที่อาจเกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ (Adaptation and vulnerability to climate change) |
| | | การควบคุมโครงสร้างพื้นฐาน – การจัดการความเสี่ยง (Infrastructure control - risk management) |
| สังคม (Social) | วัฒนธรรรม (Culture) | มรดกทางวัฒนธรรม (Cultural heritage) |
| | | โบราณสถาน (Built heritage) |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 2.10** (ต่อ)

| กลุ่ม | เกณฑ์การประเมินหลัก | เกณฑ์การประเมินรอง |
|---|---|---|
| สังคม (Social) | วัฒนธรรรม (Culture) | ธรรมเนียมและความงามของสถานที่ (Respected customs and beauty of the place) |
| | การเข้าถึง (Accessibility) | เส้นทางสาธารณะ (Public access) |
| | | การเข้าถึงความหลากหลายของมนุษย์ (Human biodiversity access) |
| | การมีส่วนร่วมของทุกภาคส่วน (Participation of all actors) | การมีส่วนร่วมของสาธารณชนและการควบคุมโครงการ (Public participation and control over projects) |
| | | ข้อมูลสาธารณะ (Public information) |
| | | การมีส่วนร่วมของสมาคมและองค์กร (Participation of associations and organizations) |
| | | พหุวิทยาการ (Multidisciplinary) |
| | ความปลอดภัย (Security) | ความปลอดภัยและสุขอนามัยของคนงาน (Safety and health of workers) |
| | | ความปลอดภัยของผู้ใช้งาน (User security) |
| | | ผลกระทบต่อชุมชนโลก (Impact on the global community) |
| | | การฝึกสอนทางเทคนิคและสิ่งแวดล้อม (Technical and environmental training) |
| | | ความปลอดภัยของโครงสร้างพื้นฐาน (Security of infrastructure) |
| | สาธารณูปโภค (Public utility) | ความสนใจทั่วไปที่แสดงในโครงการ (Project declared of general interest) |
| | | ความพอใจของสังคม (Satisfaction of society) |
| | | ความสุข (Happiness) |
| | สาธารณูปโภค (Public utility) | ความสนใจทั่วไปที่แสดงในโครงการ (Project declared of general interest) |
| | | ความพอใจของสังคม (Satisfaction of society) |
| | | ความสุข (Happiness) |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 2.10** (ต่อ)

| กลุ่ม | เกณฑ์การประเมินหลัก | เกณฑ์การประเมินรอง |
|---|---|---|
| สังคม (Social) | การหลอมรวมของสังคม (Social integration) | การใช้คนงานท้องถิ่นระหว่างก่อสร้าง, ใช้งานและบำรุงรักษา (Local workers during construction, operation and maintenance) |
| | | การยกระดับการฝึกสอนและให้ข้อมูล (Raising levels of training and information) |
| | | การรณรงค์ด้านสิ่งแวดล้อม (Environmental campaign) |
| | | การผสานเข้ากับสังคม (Integration into the society) |
| | ความรับผิดชอบ (Responsibility) | ความรับผิดชอบต่อสังคมของผู้สนับสนุน (Corporate responsibility of the sponsor) |
| | | การตระหนักถึงสิ่งแวดล้อมและความยั่งยืน (Environmental and sustainable awareness) |
| | | ความจำเป็น/ความเร่งด่วนของงาน (Necessity/urgency of the work) |
| เศรษฐกิจ (Economy) | ค่าใช้จ่าย (Costs) | ค่าใช้จ่ายทางตรง (Direct costs) |
| | | ค่าใช้จ่ายทางอ้อม (Indirect costs) |
| | | ค่าใช้จ่าย/ประโยชน์ของสังคม (Cost/benefit of society) |
| | | ค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งาน (Life cycle cost) |
| | | ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นกับผู้ใช้ (Cost incurred to users) |
| | | เศรษฐกิจท้องถิ่น (Local economy) |
| | ข้อกำหนดทางเทคนิค (Technical requirements) | ความสามารถในการก่อสร้างได้ (Constructibility) |
| | | การควบคุมคุณภาพ (Quality control) |
| | | ความทนทาน (Durability) |
| | | การใช้งาน (Functionality) |
| | | นวัตกรรมในการออกแบบ (R+D/innovation in design) |
| | | การบำรุงรักษา (Plain maintenance) |
| | | คู่มือใช้งาน (Operating manual) |
| | | การออกแบบเพื่อการรื้อหรือเปลี่ยนการใช้งาน (Design for disassembly or change of use) |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 2.10** (ต่อ)

| กลุ่ม | เกณฑ์การประเมินหลัก | เกณฑ์การประเมินรอง |
|---|---|---|
| เศรษฐกิจ (Economy) | ข้อกำหนดทางเทคนิค (Technical requirements) | การรับรองการจัดการสิ่งแวดล้อม (Environmental management accreditation) |
| | | การรับรองการจัดการคุณภาพ (Quality management accreditation) |
| | | การผสานกับโครงการอื่น (Synergies with other projects) |
| | ระเบียบการทำงาน (Bureaucracy) | ชนิดของสัญญา (Types of contracts) |
| | | การผสานกับผู้เกี่ยวข้อง (Synergies with actors) |
| | | การรับประกัน (Product warranties, installations and set) |
| | | การจัดการโครงการ (Project management) |
| | | การควบคุมและการจัดการเชิงกลยุทธ์ของโครงการ (Governance and strategic management of projects) |

### 2.4.7 งานวิจัยเรื่องโครงสร้างพื้นฐานที่ยั่งยืนของ M'Ikiugu et al.

M'Ikiugu et al. (2012) ทำการศึกษาเพื่อจัดทำ Green Infrastructure Gauge (GIG) เพื่อส่งเสริมให้มีการผสานองค์ประกอบและหน้าที่ของโครงสร้างพื้นฐานสีเขียวไว้ในแผนแม่บทสำหรับการวางผังเมืองในอนาคตรวมถึงการประเมินสถานะและหน้าที่ของโครงสร้างพื้นฐานสีเขียวในปัจจุบันด้วย โดยทำการศึกษาในเขตเทศบาลต่างๆของกรุงโตเกียว ประเทศญี่ปุ่น หน้าที่ของโครงสร้างพื้นฐานสีเขียวที่ M'Ikiugu et al. พบจากการศึกษาดังแสดงไว้ในตารางที่ 2.11

**ตารางที่ 2.11** หน้าที่ของโครงสร้างพื้นฐานสีเขียวในงานวิจัยเรื่องโครงสร้างพื้นฐานที่ยั่งยืนของ M'Ikiugu et al.

| ลำดับ | หน้าที่ของโครงสร้างพื้นฐานสีเขียว |
|---|---|
| 1 | การส่งเสริมความหลากหลายทางชีวภาพ (Biodiversity promotion) |
| 2 | อัตลักษณ์ทางวัฒนธรรมและประวัติศาสตร์ (Cultural and historical identity) |
| 3 | การป้องกันและลดผลกระทบจากภัยธรรมชาติ (Disaster prevention and mitigation) |
| 4 | การประหยัดพลังงาน (Energy Saving) |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 2.11** (ต่อ)

| ลำดับ | หน้าที่ของโครงสร้างพื้นฐานสีเขียว |
|---|---|
| 5 | การสนับสนุนกิจกรรมทางเศรษฐกิจ (Economic activities support) |
| 6 | การให้การศึกษาด้านสิ่งแวดล้อม (Environmental education) |
| 7 | การผลิตอาหารและทรัพยากร (Food/resource production) |
| 8 | ความสวยงาม (Good aesthetics) |
| 9 | การปรับปรุงสภาพอากาศท้องถิ่น (Improvement of local climate) |
| 10 | การอนุรักษ์ธรรมชาติ (Nature conservation) |
| 11 | การลดเสียงรบกวน (Noise reduction) |
| 12 | ส่วนของโครงข่ายสีเขียวที่ใหญ่กว่า (Part of larger green network) |
| 13 | การวางแผนโครงสร้าง (Planning structure) |
| 14 | การกรองมลภาวะ (Pollutants filtration) |
| 15 | การส่งเสริมกิจกรรมชุมชน (Promotes communal activities) |
| 16 | การส่งเสริมสาธารณสุข (Public health promotion) |
| 17 | การเก็บน้ำฝนไว้ใช้งาน (Rainwater harvesting) |
| 18 | โอกาสในการสันทนาการ (Recreation opportunity) |
| 19 | การลดแก๊สเรือนกระจก (Reduction of green house gases) |
| 20 | การลดค่าใช้จ่ายโครงสร้างพื้นฐานสาธารณะ (Reduce public infrastructure cost) |
| 21 | การจัดการน้ำฝนไหลล้น (Stormwater management) |

งานวิจัยทั้งหมดนี้จะถูกนำมาสังเคราะห์เพื่อกำหนดองค์ประกอบที่จะทำหน้าที่เป็นตัวแปรแฝงและตัวแปรสังเกตุได้ในการจัดทำแบบจำลองการวัดสำหรับความสำเร็จของเกณฑ์การประเมินโครงสร้างพื้นฐานที่ยั่งยืนตามหลักของแบบจำลองสมการโครงสร้างที่จะถูกกล่าวถึงในบทที่ 3 ดังแสดงในตารางที่ 2.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 2.12** สรุปการทบทวนวรรณกรรมสำหรับเกณฑ์การประเมินหลักและเกณฑ์การประเมินรองของการประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐาน

| เกณฑ์การประเมินหลัก | เกณฑ์การประเมินรอง | Envision | CEEQUAL | Greeroads | GreenLITES | Ugwu and Haupt (2007) | Fernandez-Sanchez and Rodriguez-Lopez (2010) | M'Ikiugu et al. (2012) | ความถี่ของเกณฑ์การประเมินรอง | รวมความถี่ในเกณฑ์การประเมินหลัก |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ชุมชน (Community) | การเติบโตทางเศรษฐกิจและการพัฒนา (Economic growth and development) | √ | √ | | | √ | √ | √ | 5 | 35 |
| | สาธารณสุขและความปลอดภัย (Public health and safety) | √ | √ | √ | √ | √ | √ | | 6 | |
| | การเข้าถึงชุมชน (Community access) | √ | √ | √ | √ | √ | √ | | 6 | |
| | มรดกทางประวัติศาสตร์และวัฒนธรรม (Historic and cultural heritage) | √ | √ | √ | | √ | √ | √ | 6 | |
| | พื้นที่สันทนาการและทัศนียภาพ (Public recreation spaces and Aesthetics) | √ | √ | | √ | √ | √ | √ | 6 | |
| | การมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนได้เสีย (Stakeholders involvement) | √ | √ | √ | √ | | √ | √ | 6 | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 2.12** (ต่อ)

| เกณฑ์การประเมินหลัก | เกณฑ์การประเมินรอง | Envision | CEEQUAL | Greeroads | GreenLITES | Ugwu and Haupt (2007) | Fernandez-Sanchez and Rodriguez-Lopez (2010) | M'Ikiugu et al. (2012) | ความถี่ของเกณฑ์การประเมินรอง | รวมความถี่ในเกณฑ์การประเมินหลัก |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ผลกระทบสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ข้างเคียง (Environmental impacts on surrounding areas) | การควบคุมเสียงและความสั่นสะเทือน (Noise and vibration control) | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ | 7 | 23 |
| | คุณภาพอากาศ (Air quality) | √ | √ | √ | | √ | √ | √ | 6 | |
| | การควบคุมแสง (Light control) | √ | √ | √ | √ | | | | 4 | |
| | ผลกระทบต่อทัศนียภาพและความเรียบร้อย (Visual impact and Tidiness) | | √ | √ | √ | √ | √ | | 5 | |
| การคมนาคม (Transport) | การคมนาคมทางเลือก (Alternative modes of transport) | √ | √ | √ | √ | | | | 4 | 9 |
| | การจัดการจราจร (Traffic management) | √ | √ | √ | √ | √ | | | 5 | |
| วัสดุและทรัพยากร (Materials and resources) | การใช้วัสดุพื้นถิ่น (Regional material Use) | √ | √ | √ | √ | √ | √ | | 6 | 14 |
| | วัสดุรีไซเคิล (Recycled material) | √ | √ | √ | √ | | | | 4 | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 2.12** (ต่อ)

| เกณฑ์การประเมินหลัก | เกณฑ์การประเมินรอง | Envision | CEEQUAL | Greeroads | GreenLITES | Ugwu and Haupt (2007) | Fernandez-Sanchez and Rodriguez-Lopez (2010) | M'Ikiugu et al. (2012) | ความถี่ของเกณฑ์การประเมินรอง | รวมความถี่ในเกณฑ์การประเมินหลัก |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| วัสดุและทรัพยากร (Materials and resources) | การประเมินวงจรชีวิต (Life cycle assessment) | √ | | √ | | √ | √ | | 4 | |
| การจัดการของเสีย (Waste management) | การจัดการของเสีย (Waste management) | √ | √ | √ | √ | √ | √ | | 6 | 6 |
| พลังงาน (Energy) | การใช้พลังงานและประสิทธิภาพ (Energy consumption and Efficiency) | √ | √ | √ | √ | | √ | √ | 6 | 10 |
| | พลังงานหมุนเวียน (Renewable energy) | √ | √ | | | | √ | √ | 4 | |
| น้ำ (Water) | การใช้น้ำและประสิทธิภาพ (Water consumption and efficiency) | √ | √ | √ | | √ | √ | | 5 | 15 |
| | การนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ (Water reuse) | √ | √ | √ | | √ | | √ | 5 | |
| | ทรัพยากรน้ำ (Water resource) | √ | √ | √ | √ | | √ | | 5 | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 2.12** (ต่อ)

| เกณฑ์การประเมินหลัก | เกณฑ์การประเมินรอง | Envision | CEEQUAL | Greeroads | GreenLITES | Ugwu and Haupt (2007) | Fernandez-Sanchez and Rodriguez-Lopez (2010) | M'Ikiugu et al. (2012) | ความถี่ของเกณฑ์การประเมินรอง | รวมความถี่ในเกณฑ์การประเมินหลัก |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ทำเลที่ตั้ง (Location) | การใช้ที่ดิน (Land use) | √ | | | √ | √ | √ | | 4 | 33 |
| | ความเสี่ยงอุทกภัย (Flood risk) | √ | √ | | | | √ | √ | 4 | |
| | การจัดการน้ำฝนไหลล้น (Storm water management) | √ | √ | √ | √ | | | √ | 5 | |
| | ระบบนิเวศและความหลากหลายทางชีวภาพ (Ecology and Biodiversity) | √ | √ | √ | √ | √ | | √ | 6 | |
| | การสร้างที่อยู่ (Habitat creation) | √ | √ | √ | √ | | | √ | 5 | |
| | การปล่อยแก๊สเรือนกระจก (Greenhouse gas emission) | √ | √ | √ | | | | √ | 4 | |
| | ปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมือง (Urban heat island effect) | √ | | | √ | | √ | | 3 | |
| | การอนุรักษ์พันธุ์ไม้ (Plants protection) | | | | √ | | | √ | 2 | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 2.12** (ต่อ)

| เกณฑ์การประเมินหลัก | เกณฑ์การประเมินรอง | Envision | CEEQUAL | Greeroads | GreenLITES | Ugwu and Haupt (2007) | Fernandez-Sanchez and Rodriguez-Lopez (2010) | M'Ikiugu et al. (2012) | ความถี่ของเกณฑ์การประเมินรอง | รวมความถี่ในเกณฑ์การประเมินหลัก |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| การจัดการโครงการ (Project Manage Ment) | การจัดการโครงการ (Project management) | | √ | | | √ | √ | | 3 | 13 |
| | รูปแบบสัญญา (Contract type) | | √ | | | √ | √ | | 3 | |
| | การจัดการคุณภาพ (Quality management) | | | √ | | √ | √ | | 3 | |
| | การจัดการสิ่งแวดล้อม (Environ Mental management) | √ | √ | √ | | | √ | | 4 | |
| นวัตกรรมและเทคโนโลยี (Innovation and Technology) | นวัตกรรม (Innovation) | √ | | | √ | | | | 2 | 4 |
| | เทคโนโลยีผิวทาง (Pavement technologies) | | | √ | √ | | | | 2 | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 2.12 พบว่าเกณฑ์สำหรับเกณฑ์การประเมินโครงสร้างพื้นฐานที่ยั่งยืนที่ได้จากการสังเคราะห์วรรณกรรมประกอบด้วย 10 เกณฑ์การประเมินหลักและ 35 เกณฑ์ฑการประเมินรอง ซึ่งจะทำหน้าที่เป็นตัวแปรแฝงและตัวแปรสังเกตุได้ตามลำดับ สำหรับการศึกษาครั้งนี้เกณฑ์การประเมินหลักที่มีคะแนนความถี่รวมน้อยที่สุดจะถูกตัดออกจึงเหลือเพียง 9 เกณฑ์สำหรับจัดทำแบบจำลองการวัดของเกณฑ์การประเมินโครงสร้างพื้นฐานที่ยั่งยืน ดังต่อไปนี้

เกณฑ์ที่ 1 ชุมชน (Community)

เกณฑ์ที่ 2 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ข้างเคียง (Environmental impacts on Surrounding areas)

เกณฑ์ที่ 3 การคมนาคม (Transport)

เกณฑ์ที่ 4 วัสดุและทรัพยากร (Materials and resources)

เกณฑ์ที่ 5 การจัดการของเสีย (Waste management)

เกณฑ์ที่ 6 พลังงาน (Energy)

เกณฑ์ที่ 7 น้ำ (Water)

เกณฑ์ที่ 8 ทำเลที่ตั้ง (Location)

เกณฑ์ที่ 9 การจัดการโครงการ (Project management)

## 2.5 นิยาม แนวคิด เกณฑ์การประเมินหลักและเกณฑ์การประเมินรองของความสำเร็จของโครงการก่อสร้าง

ความสำเร็จของโครงการก่อสร้างเป็นหัวข้อที่ได้รับการศึกษาวิจัยอย่างกว้างขวาง แต่ก็ยังไม่มีนิยามที่ตายตัวหรือเป็นที่ยอมรับทั่วไปเพราะความสำเร็จของโครงการก่อสร้างมีความหมายแตกต่างกันไปสำหรับผู้มีส่วนได้เสียต่างๆกันในโครงการ โครงการก่อสร้างที่ดูประสบความสำเร็จในสายตาของผู้ว่าจ้างอาจถูกมองว่าไม่ประสบความสำเร็จในสายตาของผู้รับเหมาก่อสร้างหรือผู้ใช้งานจริง (Toor and Ogunlana, 2008) อย่างไรก็ตาม นักวิจัยหลายท่านได้พยายามให้คำนิยามของความสำเร็จของโครงการก่อสร้างไว้ อาทิ Ashley et al. (1987) อธิบายว่าความสำเร็จของโครงการก่อสร้างคือสิ่งที่เกิดขึ้นเมื่อผลลัพธ์ที่ได้ดีกว่าที่คาดไว้หรือดีกว่าปกติในแง่ของค่าใช้จ่าย กำหนดการ คุณภาพและความพึงพอใจของผู้ร่วมงาน ในขณะที่ Tuman (1986) พบว่าโครงการก่อสร้างประสบความสำเร็จเมื่อผลลัพธ์ทุกอย่างออกมาตามที่คาดหวังและตรงตามข้อกำหนดของโครการและมีทรัพยากรเพียงพอใช้งานได้ในเวลาที่เหมาะสม ในขณะที่ de Wit (1988) ให้ความเห็นว่าโครงการจะได้รับการพิจารณาว่าประสบความสำเร็จในภาพรวมก็ต่อเมื่อโครงการบรรลุข้อกำหนดทางเทคนิคและ/หรือจุดมุ่งมายที่กำหนดไว้ รวมไปถึงได้รับความพึงพอใจระดับสูงต่อผลลัพธ์ของโครงการในหมู่ผู้บริหารของบริษัทผู้บริหารโครงการและลูกค้าด้วย Al-Tmeemy et al. (2011) กล่าวว่าความสำเร็จของโครงการคือแนวคิดทางการจัดการกลยุทธ์ที่ความพยายามของโครงการต้องสอดคล้องกับเป้าหมายระยะสั้นและยาวขององค์กร Lehtiranta et al. (2012) กล่าวว่าความสำเร็จของโครงการขึ้นอยู่กับหน่วยงานต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่เกี่ยวข้องกับโครงการและมีการร่วมมือกันทำงานจนได้ผลออกมาเป็นที่น่าพอใจการประเมินความสำเร็จของโครงการก่อสร้างตามแนวคิดดั้งเดิมจะใช้ระยะเวลา ค่าใช้จ่าย และคุณภาพเป็นเกณฑ์ในการตัดสิน (Atkinson, 1999) หากโครงการแล้วเสร็จตามเวลาที่กำหนด ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นอยู่ภายใต้งบประมาณและได้คุณภาพตามข้อกำหนดจะถือว่าโครงการนั้นประสบความสำเร็จ อย่างไรก็ตามการใช้เพียงระยะเวลา ค่าใช้จ่ายและคุณภาพอาจไม่เพียงพอสำหรับสถานการณ์ปัจจุบันเมื่อความยั่งยืนเริ่มเข้ามามีส่วนในโครงการก่อสร้าง มีการวิจัยหลายชิ้นที่เสนอให้เพิ่มเกณฑ์การประเมินความสำเร็จของโครงการก่อสร้างที่เกี่ยวข้องกับความยั่งยืนเข้าไว้ด้วย อาทิ ความปลอดภัย ความพอใจของลูกค้า และสิ่งแวดล้อม การรวมเกณฑ์เหล่านี้ไว้ในการประเมินจะช่วยเพิ่มโอกาสในความสำเร็จของโครงการตามแนวทางการพัฒนาที่ยั่งยืน ดังนั้นการประเมินความสำเร็จของโครงการก่อสร้างจึงควรพิจารณาองค์รวมของโครงการซึ่งมีองค์ประกอบอื่นๆมากกว่าเพียงแค่ระยะเวลา ค่าใช้จ่ายและคุณภาพ (Gudiene et al., 2013; Tabish and Jha, 2011)

ลำดับต่อไปจะเป็นการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสำเร็จของโครงการก่อสร้างเพื่อเป็นแนวทางกำหนดองค์ประกอบและตัวบ่งชี้ของแบบจำลองการวัด สำหรับการประเมินความสำเร็จของโครงการก่อสร้าง

### 2.5.1 งานวิจัยเรื่องความสำเร็จของโครงการก่อสร้างของ Tabish and Jha

Tabish and Jha (2011) ได้ศึกษาถึงปัจจัยที่สำคัญต่อความสำเร็จของโครงการก่อสร้างภาครัฐและอธิบายว่าในโครงการก่อสร้างภาครัฐจะมีผู้เกี่ยวข้องหลายราย เช่น ผู้ออกแบบ ผู้รับเหมาก่อสร้างหน่วยงานเจ้าของโครงการ ซึ่งมีมุมมองต่อความสำเร็จของโครงการแตกต่างกันไป การที่จะบริหารงานโครงการให้สำเร็จได้นั้นต้องพิจารณามากกว่าแค่ระยะเวลาก่อสร้าง ค่าใช้จ่ายและคุณภาพ โดยต้องตอบสนองต่อความต้องการด้านอื่น อาทิ การหลีกเลี่ยงข้อขัดแย้ง และการปฏิบัติตามกฎความปลอดภัยด้วย Tabish and Jha (2011) พบว่ามี 24 ปัจจัยที่มีผลต่อความสำเร็จของโครงการ ซึ่งสามารถถูกนำมาจัดทำเป็นเกณฑ์การประเมินหลักและเกณฑ์การประเมินรอง ดังแสดงในตารางที่ 2.13

**ตารางที่ 2.13** เกณฑ์การประเมินหลักและรองในงานวิจัยเรื่องความสำเร็จของโครงการก่อสร้างของ Tabish and Jha

| ลำดับ | เกณฑ์การประเมินหลัก | เกณฑ์การประเมินรอง |
|---|---|---|
| 1 | ระยะเวลา (Schedule) | ไม่มีการแทรกแซงจากภาครัฐ (No bureaucratic interference) |
| | | ความต้องการของเจ้าของโครงการได้รับการระบุและเข้าใจอย่างถ่องแท้ (Owner's need thoroughly understood and defined) |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 2.13** (ต่อ)

| ลำดับ | เกณฑ์การประเมินหลัก | เกณฑ์การประเมินรอง |
|---|---|---|
| 1 | ระยะเวลา (Schedule) | มีความไว้วางใจระดับสูงในหมู่ผู้มีส่วนร่วมของโครงการ (A high degree of trust shared by project participants) |
| | | ผู้บริหารระดับสูงตัดสินใจได้ในเวลาที่เหมาะสม (Timely and valuable decision from top management) |
| | | ความพร้อมของทรัพยากรตามที่วางแผนไว้ตลอดระยะเวลาโครงการ (Availability of resources as planned throughout the project) |
| 2 | ค่าใช้จ่าย (Cost) | ไม่มีการแทรกแซงทางสังคมและการเมือง (No social and political interference) |
| | | มีความไว้วางใจระดับสูงในหมู่ผู้มีส่วนร่วมของโครงการ (A high degree of trust shared by project participants) |
| | | มีความเข้าใจอย่างถ่องแท้ในขอบเขตของงานสำหรับผู้จัดการโครงการและผู้รับเหมาก่อสร้าง (Thorough understanding of scope and the part of project manager and contractor) |
| | | มีการสำรวจพื้นที่ก่อสร้างก่อนยื่นประกวดราคา (Comprehensive pretender site investigation) |
| 3 | คุณภาพ (Quality) | ความพร้อมของทรัพยากรตามที่วางแผนไว้ตลอดระยะเวลาโครงการ (Availability of resources as planned throughout the project) |
| | | มีการสนับสนุนจากผู้บริหารระดับสูง (Top management's support) |
| | | มีการติดตามและตอบสนองจากผู้บริหารระดับสูงอย่างสม่ำเสมอ (Regular monitoring and feedback by top management) |
| | | มีกิจกรรมควบคุมคุณภาพและประกันคุณภาพอย่างสม่ำเสมอ (Regular quality control and quality assurance activities) |
| | | ความต้องการของเจ้าของโครงการได้รับการระบุและเข้าใจอย่างถ่องแท้ (Owner's need thoroughly understood and defined) |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 2.13** (ต่อ)

| ลำดับ | เกณฑ์การประเมินหลัก | เกณฑ์การประเมินรอง |
|---|---|---|
| 4 | ความปลอดภัย (Safety) | มีการสนับสนุนจากผู้บริหารระดับสูง (Top management's support) |
| | | ความพร้อมของทรัพยากรตามที่วางแผนไว้ตลอดระยะเวลาโครงการ (Availability of resources as planned throughout the project) |
| | | การติดตามและตอบสนองจากผู้บริหารระดับสูงอย่างสม่ำเสมอ (Regular monitoring and feedback by top management) |
| | | ขอบเขตของงานถูกระบุอย่างชัดเจน (Clearly articulated scope of work) |
| | | การติดตามและตอบสนองจากเจ้าของโครงการอย่างสม่ำเสมอ (Regular monitoring and feedback by owner) |
| 5 | การไม่มีข้อขัดแย้ง (No dispute) | ผู้บริหารระดับสูงตัดสินใจได้ในเวลาที่เหมาะสม (Timely and valuable decision from top management) |
| | | ความพร้อมของทรัพยากรตามที่วางแผนไว้ตลอดระยะเวลาโครงการ (Availability of resources as planned throughout the project) |
| | | มีการสื่อสารที่เพียงพอระหว่างผู้มีส่วนร่วมในโครงการ (Adequate communication among all project participants) |
| | | มีการติดตามและตอบสนองจากผู้บริหารระดับสูงอย่างสม่ำเสมอ (Regular monitoring and feedback by top management) |
| | | ความต้องการของเจ้าของโครงการได้รับการระบุและเข้าใจอย่างถ่องแท้ (Owner's need thoroughly understood and defined) |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.5.2 งานวิจัยเรื่องความสำเร็จของโครงการก่อสร้างของ Enshassi et al.**

Enshassi et al. (2009) ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อความสำเร็จของโครงการก่อสร้างในฉนวนกาซ่า ปาเลสไตน์ซึ่งประสบปัญหาต่างๆมากมาย อาทิ ความไม่สงบ เสถียรภาพทางเศรษฐกิจ โดยทำการศึกษาจากความคิดเห็นของผู้มีส่วนร่วมในโครงการ 3 กลุ่มหลักคือ เจ้าของโครงการ บริษัทที่ปรึกษาและผู้รับเหมาก่อสร้าง และพบว่ามีทั้งหมด 63 ปัจจัยที่ส่งผลต่อความความสำเร็จของโครงการก่อสร้างในหลายมิติ ซึ่งสามารถถูกนำมาจัดทำเป็นเกณฑ์การประเมินหลักและเกณฑ์การประเมินรองดังแสดงในตารางที่ 2.14

**ตารางที่ 2.14** เกณฑ์การประเมินหลักและรองในงานวิจัยเรื่องความสำเร็จของโครงการก่อสร้างของ Enshassi et al.

| ลำดับ | เกณฑ์การประเมินหลัก | เกณฑ์การประเมินรอง |
|---|---|---|
| 1 | ค่าใช้จ่าย (Cost) | ส่วนแบ่งตลาดขององค์กร (Market share of organization) |
| | | สภาพคล่องขององค์กร (Liquidity of organization) |
| | | กระแสเงินสดของโครงการ (Cash flow of project) |
| | | อัตรากำไรของโครงการ (Profit rate of project) |
| | | ร้อยละค่าโสหุ้ยของโครงการ (Overhead percentage of project) |
| | | ค่าออกแบบโครงการ (Project design cost) |
| | | ค่าวัสดุและเครื่องจักร (Material and equipment cost) |
| | | ค่าแรงงาน (Project labour cost) |
| | | ค่าล่วงเวลา (Project overtime cost) |
| | | โบนัส (Motivation cost) |
| | | ค่าทำงานใหม่ (Cost of rework) |
| | | ค่าเปลี่ยนแปลงงาน (Cost of variation order) |
| | | อัตราของเสียสำหรับวัสดุ (Waste rate of materials) |
| | | การปรับปรุงงบประมาณโครงการเป็นประจำ (Regular project budget update) |
| | | ระบบควบคุมคุณภาพ (Cost control system) |
| | | การขึ้นราคาของวัสดุ (Escalation of material prices) |
| | | ความแตกต่างของค่าเงิน (Differentiation of currency prices) |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 2.14** (ต่อ)

| ลำดับ | เกณฑ์การประเมินหลัก | เกณฑ์การประเมินรอง |
|---|---|---|
| 2 | เวลา (Time) | เวลาเตรียมสถานที่ก่อสร้าง (Site preparation time) |
| | | ระยะเวลาก่อสร้างโครงการตามแผน (Planned time for project construction) |
| | | ร้อยละของคำสั่งล่าช้า (Percentage of orders delivered late) |
| | | เวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนแปลงงาน (Time needed to implement variation orders) |
| | | เวลาที่ใช้แก้ไขข้อบกพร่อม (Time needed to rectify defects) |
| | | ความล่าช้าโดยเฉลี่ยของการอนุมัติเคลม (Average delay in claim approval) |
| | | ความล่าช้าโดยเฉลี่ยของการจ่ายเงินจากเจ้าของโครงการให้ผู้รับเหมาก่อสร้าง (Average delay in payment from owner to contractor) |
| | | การขาดแคลนทรัพยากรตามที่วางแผนไว้ตลอดระยะเวลาโครงการ (Unavailability of resources as planned through project duration) |
| | | ความล่าช้าโดยเฉลี่ยเนื่องจากวัสดุขาดแคลน (Average delay because of closures leading to materials shortage) |
| 3 | คุณภาพ (Quality) | ความสอดคล้องกับข้อกำหนด (Conformance to specification) |
| | | การขาดแคลนบุคลากรที่มีประสบการณ์และคุณสมบัติสูง (Unavailability of personals with high experience and qualifications) |
| | | การมีส่วนร่วมของระดับบริหารในการตัดสินใจ (Participation of managerial levels with decision-making) |
| | | ระบบประเมินคุณภาพในองค์กร (Quality assessment system in organization) |
| | | การอบรม/ประชุมคุณภาพ (Quality training/meeting) |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 2.14** (ต่อ)

| ลำดับ | เกณฑ์การประเมินหลัก | เกณฑ์การประเมินรอง |
|---|---|---|
| 4 | ผลผลิต (Productivity) | ความซับซ้อนของโครงการ (Project complexity) |
| | | จำนวนโครงการใหม่ต่อปี (Numbers of new projects/year) |
| | | ความสัมพันธ์ระหว่างฝ่ายบริหารกับแรงงาน (Management-labour relationship) |
| | | อัตราการขาดงานตลอดโครงการ (Absenteeism rate through project) |
| | | ลำดับการทำงานตามกำหนดการ (Sequencing of work according to schedule) |
| 5 | ความพึงพอใจของลูกค้า (Client satisfaction) | การประสานข้อมูลระหว่างเจ้าของโครงการและฝ่ายต่างๆ ในโครงการ (Information coordination between owner and project parties) |
| | | ทักษะผู้นำสำหรับผู้จัดการโครงการ (Leadership skills for project manager) |
| | | ความเร็วและความน่าเชื่อถือของบริการต่อเจ้าของโครงการ (Speed and reliability of service to owner) |
| | | จำนวนข้อขัดแย้งระหว่างเจ้าของโครงการและฝ่ายต่างๆ ในโครงการ (Number of disputes between owner and project parties) |
| | | จำนวนงานที่แก้ไขใหม่ (Number of reworks) |
| 6 | ความพึงพอใจของชุมชน (Number of regular and community satisfaction) | ค่าใช้จ่ายในการปฏิบัติตามข้อกำหนด (Cost of compliance to regulators requirements) |
| | | จำนวนของหัวข้อที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด (Number of non-compliance to regulation) |
| | | คุณภาพและความพร้อมของเอกสารข้อกำหนด (Quality and availability of regulator documentation) |
| | | ปัญหากับชุมชนแวดล้อมและสถานที่ก่อสร้าง (Neighbors and site problems) |
| 7 | ประชาชน (People) | ทัศนคติของลูกจ้างในโครงการ (Employee attitude in project) |
| | | การระดมคนและการพัฒนาความสามารถของลูกจ้าง (Recruitment and competence development between employees) |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 2.14** (ต่อ)

| ลำดับ | เกณฑ์การประเมินหลัก | เกณฑ์การประเมินรอง |
|---|---|---|
| 7 | ประชาชน (People) | แรงจูงใจของลูกจ้าง (Employee motivation) |
| | | ความเป็นเจ้าของงาน (Belonging to work) |
| 8 | สุขอนามัยและความปลอดภัย (Health and safety) | การใช้มาตรการสุขอนามัยและความปลอดภัยในองค์กร (Application of health and safety factors in organization) |
| | | ความง่ายในการเข้าถึงสถานที่ก่อสร้าง-ที่ตั้งโครงการ (Easiness to reach the site-location of project) |
| | | อัตราการเกิดอุบัติเหตุในโครงการ (Reportable accidents rate in project) |
| | | อัตรารับประกันของโครงการ (Assurance rate of project) |
| 9 | นวัตกรรมและการเรียนรู้ (Innovation and learning) | การเรียนรู้จากประสบการณ์ตนเองและอดีตที่ผ่านมา (Learning from own experience and past history) |
| | | การเรียนรู้จากวิธีปฏิบัติและประสบการณ์ของผู้อื่น (Learning from best practice and experience of others) |
| | | การฝึกอบรมบุคลากรให้มีทักษะที่จำเป็นสำหรับโครงการ (Training the human resources in the skills demanded by the project) |
| | | กลุ่มงาน (Work group) |
| | | ทบทวนความผิดพลาดและแก้ไข (Review of failures and solving them) |
| 10 | สิ่งแวดล้อม (Environment) | คุณภาพอากาศ (Air quality) |
| | | ระดับเสียง (Noise level) |
| | | ของเสียบริเวณสถานที่ก่อสร้าง (Waste around the site) |
| | | สภาพอากาศ (Climate conditions) |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.5.3 งานวิจัยเรื่องความสำเร็จของโครงการก่อสร้างของ Alzahrani and Emsley**

Alzahrani and Emsley (2013) ได้ศึกษาถึงผลกระทบจากคุณสมบัติของผู้รับเหมาก่อสร้างที่ส่งผลต่อความสำเร็จของโครงการก่อสร้างโดยพิจารณาในช่วงการประเมินผลงานหลังการก่อสร้างจากมุมมองของลูกค้า บริษัทที่ปรึกษาและผู้รับเหมาก่อสร้างที่อยู่ในวงการก่อสร้างโครงสร้างพื้นฐานอาคารพักอาศัยและอาคารพาณิชย์ในสหราชอาณาจักร โดยพบว่ามี 29 ปัจจัยที่ส่งผลต่อความสำเร็จของโครงการ ซึ่งสามารถถูกนำมาจัดทำเป็นเกณฑ์การประเมินหลักและเกณฑ์การประเมินรอง ดังแสดงในตารางที่ 2.15

**ตารางที่ 2.15** เกณฑ์การประเมินหลักและรองในงานวิจัยเรื่องความสำเร็จของโครงการก่อสร้างของ Alzahrani and Emsley

| ลำดับ | เกณฑ์การประเมินหลัก | เกณฑ์การประเมินรอง |
|---|---|---|
| 1 | สุขอนามัย, ความปลอดภัยและคุณภาพ (Heath, safety and quality) | นโยบายคุณภาพ (Quality policy) |
| | | การประกันคุณภาพ (Quality assurance) |
| | | อัตราการบริหารความปลอดภัยทางอาชีพและสุขอนามัย (Occupational safety and health administration rate) |
| | | บันทึกสุขอนามัยและความปลอดภัย (Health and safety records) |
| | | การจัดอันดับการปรับเปลี่ยนประสบการณ์ (Experience modification rating) |
| 2 | ประสบการณ์ในอดีต (Past experience) | ค่าใช้จ่ายเกินมูลค่าสัญญา (Contract cost overruns) |
| | | การทำงานเกินระยะสัญญา (Contract time overruns) |
| | | บันทึกข้อขัดแย้งในอดีต (Past record of conflict and disputes) |
| | | ความล้มเหลวในการปฏิบัติตามสัญญา (Failure to have completed a contract) |
| 3 | สิ่งแวดล้อม (Environment) | การกำจัดของเสียระหว่างก่อสร้าง (Waste disposal during construction) |
| | | แผนสิ่งแวดล้อมระหว่างก่อสร้าง (Environmental plan during construction) |
| | | วัสดุและสสารที่ใช้ในโครงการ (Materials and substances used in the project) |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 2.15** (ต่อ)

| ลำดับ | เกณฑ์การประเมินหลัก | เกณฑ์การประเมินรอง |
|---|---|---|
| 4 | การจัดการและประเด็นทางเทคนิค (Management and technical aspects) | ความสามารถของฝ่ายบริหาร (Management capability) |
| | | การจัดการสถานที่ก่อสร้าง (Site organization) |
| | | ความรู้ในวิธีการก่อสร้างจำเพาะ (Knowledge of particular construction method) |
| | | การวางแผนการทำงาน (Work programming) |
| 5 | ทรัพยากร (Resources) | ความเพียงพอของแรงงาน (Adequacy of labour resources) |
| | | ความเพียงพอของแหล่งพันธุ์พืช (Adequacy of plant resources) |
| 6 | การจัดองค์กร (Organization) | ขนาดของบริษัท (Size of the company) |
| | | ภาพลักษณ์ของบริษัท (Company image) |
| | | ระยะเวลาในธุรกิจ (Age in business) |
| 7 | ประสบการณ์ (Experience) | ประสบการณ์ในภูมิภาค (Experience in region) |
| | | ระยะเวลาในธุรกิจ (Length of time in business) |
| 8 | ขนาด/ชนิดของโครงการที่ผ่านมา (Size/type of previous project) | ชนิดของโครงการที่ผ่านมาที่แล้วเสร็จ (Type of past project completed) |
| | | ขนาดของโครงการที่ผ่านมาที่แล้วเสร็จ (Size of past project completed) |
| 9 | การเงิน (Finance) | ประวัติผลประกอบการ (Turnover history) |
| | | ประวัติสินเชื่อ (Credit history) |
| | | การพยากรณ์กระแสเงินสด (Cash flow forecast) |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.5.4 งานวิจัยเรื่องความสำเร็จของโครงการก่อสร้างของ Ali et al.**

Ali et al. (2013) ศึกษาดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพของบริษัทรับเหมาก่อสร้างโดยพิจารณาจากการวัดประสิทธิภาพของบริษัทรับเหมาก่อสร้างอาคารในประเทศซาอุดิอาระเบียเพื่อระบุดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพที่ผู้บริหารบริษัทนำไปใช้ประเมินประสิทธิภาพของตนซึ่งจะส่งผลต่อความสำเร็จของโครงการก่อสร้าง ผู้วิจัยได้คัดเลือกดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพที่สำคัญที่สุด 10 อันดับแรกจากทั้งหมด 47 อันดับซึ่งสามารถถูกนำมาจัดทำเป็นเกณฑ์การประเมินหลักและเกณฑ์การประเมินรอง ดังแสดงในตารางที่ 2.16

**ตารางที่ 2.16** เกณฑ์การประเมินหลักและรองในงานวิจัยเรื่องความสำเร็จของโครงการก่อสร้างของ Ali et al.

| ลำดับ | เกณฑ์การประเมินหลัก | เกณฑ์การประเมินรอง |
|---|---|---|
| 1 | การเงิน (Finance) | กำไร (Profitability) |
| | | การเติบโต (Growth) |
| | | เสถียรภาพทางการเงิน (Financial stability) |
| | | กระแสเงินสด (Cash flow) |
| 2 | ลูกค้า (Customer) | คุณภาพของบริการและผลงาน (Quality of service and work) |
| | | ความพอใจของลูกค้าภายนอก (External customer satisfaction) |
| | | ส่วนแบ่งตลาด (Market share) |
| 3 | ธุรกิจภายใน (Internal business) | ความปลอดภัย (Safety) |
| | | ประสิทธิภาพทางธุรกิจ (Business efficiency) |
| | | ประสิทธิภาพในการวางแผน (Effectiveness of planning) |

**2.5.5 งานวิจัยเรื่องความสำเร็จของโครงการก่อสร้างของ Toor and Ogunlana**

Toor and Ogunlana (2009) ศึกษาถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อความสำเร็จของโครงการก่อสร้างขนาดใหญ่ซึ่งมีความท้าทายหลายประการ จากการศึกษาก่อนหน้า ผู้วิจัยพบว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อความสำเร็จของโครงการก่อสร้างจะแตกต่างกันไปในแต่ละประเทศและวัฒนธรรม งานวิจัยนี้พยายามที่จะระบุปัจจัยดังกล่าวสำหรับโครงการก่อสร้างขนาดใหญ่จากมุมมองของบุคคลากรระดับบริหารในวงการก่อสร้างของประเทศไทยเป็นหลักและพบว่ามีทั้งหมด 39 ปัจจัยซึ่งสามารถถูกนำมาจัดทำเป็นเกณฑ์การประเมินได้ ดังแสดงในตารางที่ 2.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 2.17** เกณฑ์การประเมินในงานวิจัยเรื่องความสำเร็จของโครงการก่อสร้างของ Toor and Ogunlana

| ลำดับ | เกณฑ์การประเมิน |
|---|---|
| 1 | การวางแผนและควบคุมโครงการที่มีประสิทธิภาพ (Effective project planning and control) |
| 2 | ทรัพยากรที่เพียงพอ (Sufficient resources) |
| 3 | สัญญาเป็นลายลักษณ์อักษรชัดเจน (Clear and detailed contract) |
| 4 | เป้าหมายของผู้มีส่วนได้เสียถูกกำหนดไว้ชัดเจน (Clearly defined goals and priorities of all stakeholders) |
| 5 | ผู้จัดการโครงการมีความสามารถ (Competent project manager) |
| 6 | มีการสื่อสารที่เพียงพอระหว่างผู้เกี่ยวข้อง (Adequate communication among related parties) |
| 7 | สมาชิกในทีมมีความสามารถ (Competent team members) |
| 8 | การรู้ความต้องการแท้จริงของลูกค้า (Knowing what client really wants) |
| 9 | การตอบสนองของลูกค้า (Responsiveness of client) |
| 10 | การทำสัญญากับผู้ออกแบบ/ผู้รับเหมาก่อสร้างที่เหมาะสม (Awarding bids to the right designers/contractors |
| 11 | ผลงานมีคุณภาพสูง (High quality workmanship) |
| 12 | การปรึกษาลูกค้าเป็นประจำ (Regular client consultation) |
| 13 | การสนับสนุนของผู้บริหารระดับสูง (Top management sponsorship) |
| 14 | การเรียนรู้จากประสบการณ์ที่ผ่านมา (Learning from previous experiences) |
| 15 | การสร้างทีมที่สมดุลและมีความสามารถ (Building a balanced and winning team) |
| 16 | การที่ลูกค้ายอมรับแผน (Client acceptance of plans) |
| 17 | การประมาณราคาที่เชื่อถือได้ (Reliable estimates by quantity surveyors) |
| 18 | วัฒนธรรมองค์กรที่ส่งเสริมการจัดการโครงการอย่างมีประสิทธิภาพ (Positive organizational culture for effective project management) |
| 19 | ลูกค้ากำหนดความสำคัญของเป้าหมายโครงการอย่างชัดเจน (Clear prioritization of projects goals by the client) |
| 20 | การใช้ข้อเท็จจริงและข้อมูลเพื่อสนับสนุนการทำงานในทุกระดับของการตัดสินใจ (Requiring the use of facts and data to support actions at all levels of decision making) |
| 21 | การสร้างความรับผิดชอบ ความคาดหวัง บทบาทสำหรับองค์กร (Creating accountabilities, expectations, roles, and responsibilities for the organization) |
| 22 | ความสามารถในการตอบสนองในระบบ (Feedback capabilities in the system) |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 2.17** (ต่อ)

| ลำดับ | เกณฑ์การประเมิน |
|---|---|
| 23 | การกำหนดขอบเขตความรับผิดชอบชัดเจน (Clearly written lines of responsibility) |
| 24 | ความไว้วางใจกันระหว่างผู้มีส่วนได้เสีย (Mutual trust among project stakeholders) |
| 25 | การวางเป้าหมายโครงการให้สอดคล้องกับผลประโยชน์ของผู้มีส่วนได้เสีย (Strategic alignment of project goals with stakeholders' interests) |
| 26 | วิธีจัดการโครงการและจัดซื้อที่ผ่านการพิสูจน์แล้ว (Proven methodology that includes a vision process of project management and project procurement) |
| 27 | การติดตามและยืนยันความก้าวหน้าของโครงการอย่างสม่ำเสมอ (Conducting regular reviews to assure and verify progress on project) |
| 28 | มีเงื่อนไขการแก้ปัญหาความขัดแย้งอย่างเหมาะสมระบุไว้ในสัญญา (Proper dispute resolution clauses incorporated in the contract) |
| 29 | มีการประชุมระหว่างผู้มีส่วนได้เสียบ่อยครั้งเพื่อประเมินประสิทธิภาพโดยรวม (Frequent meetings among various stakeholders to evaluate overall performance) |
| 30 | ความสามารถในการแก้ปัญหาได้รวดเร็วในระบบ (Fast trouble-shooting capabilities in the system) |
| 31 | มีการเชื่อมต่อ WBS กับ OBS อย่างเพียงพอ (Adequate WBS linked with OBS) |
| 32 | งานทางเทคนิคถูกออกแบบและประสานงานอย่างชัดเจน (Clearly designed and coordinated technical tasks) |
| 33 | สถานที่ทำงานปราศจากขั้นตอนที่ซับซ้อน (Absence of bureaucracy from the work place) |
| 34 | การจัดการความเปลี่ยนแปลงที่มีประสิทธิภาพ (Effective change management) |
| 35 | กลไกในการควบคุมโครงการที่มีประสิทธิภาพ (Effective project control mechanics) |
| 36 | การสร้างความสัมพันธ์ฉันท์มิตรกับผู้มีส่วนได้เสีย (Developing positive friendly relationships with project stakeholders) |
| 37 | โครงสร้างพื้นฐานของซอฟท์แวร์มาตรฐานและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่เพียงพอ (Standard software infrastructure and adequate use of IT) |
| 38 | การเทียบประสิทธิภาพของบริษัทของโครงการที่ประสบความสำเร็จ (Benchmarking firm's performance against successful projects) |
| 39 | การใช้เทคโนโลยีล่าสุดและระบบอัตโนมัติสำหรับงานก่อสร้าง (Using up to date technology and automation for construction work) |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.5.6 งานวิจัยเรื่องความสำเร็จของโครงการก่อสร้างของ Pakseresht and Asgari**

Pakseresht and Asgari (2012) ศึกษาและจัดอันดับปัจจัยที่ส่งผลต่อความสำเร็จในโครงการก่อสร้างของบริษัท Pars Garma Company เพื่อนำผลที่ได้ไปช่วยในการวางแผนเชิงกลยุทธ์ของบริษัทซึ่งเป็นผู้รับเหมางานก่อสร้างระบบสาธารณูปโภคขนาดใหญ่ในประเทศอิหร่าน ผู้วิจัยพบว่ามีทั้งหมด 26 ปัจจัย ซึ่งสามารถถูกนำมาจัดทำเป็นเกณฑ์การประเมินหลักและเกณฑ์การประเมินรอง ดังแสดงในตารางที่ 2.18

**ตารางที่ 2.18** เกณฑ์การประเมินหลักและรองในงานวิจัยเรื่องความสำเร็จของโครงการก่อสร้างของ Pakseresht and Asgari

| ลำดับ | เกณฑ์การประเมินหลัก | เกณฑ์การประเมินรอง |
|---|---|---|
| 1 | การจัดการโครงการ (Project management) | การวางแผนกลยุทธ์โครงการ (Project strategic planning) |
| | | การจัดการโครงการ (Project control management) |
| | | กลไกการตัดสินใจได้ทันท่วงที (On-time decision making mechanism) |
| | | การที่ผู้บริหารใช้ดัชนีของ Project Management Body of Knowledge (PMBOK) (Executive application of indexes of Project Management Body of Knowledge (PMBOK)) |
| | | การใช้มาตรฐานด้านความปลอดภัย, สุขอนามัยและสิ่งแวดล้อมที่มีประสิทธิภาพ (Effective implementation of safety, health and environment standards) |
| 2 | โลจิสติกส์ (Logistics) | การประเมินข้อมูลทางเทคนิคและเศรษฐกิจของทรัพยากรที่จำเป็นสำหรับโครงการ (Technical and economic assessment of the project required resources) |
| | | กลไกการจัดตั้งทีมที่ปรึกษาด้านเทคนิค-กฎหมายที่มีประสบการณ์ตลอดระยะสัญญา (Mechanism of forming an experienced technical-legal team at the time of contract) |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 2.18** (ต่อ)

| ลำดับ | เกณฑ์การประเมินหลัก | เกณฑ์การประเมินรอง |
|---|---|---|
| 3 | ผู้ว่าจ้าง (Employer) | ผู้ว่าจ้างกำหนดวัตถุประสงค์โครงการชัดเจนและแม่นยำ (Clear and precise definition of project objectives) |
| | | ลูกค้าหรือตัวแทนสามารถตัดสินใจได้ทันท่วงที (Capability of on-time decision making (Employer's agent in project) |
| | | การใช้ที่ปรึกษาผู้เชี่ยวชาญในการออกแบบและเตรียมแผนที่สำหรับผู้บริหาร (Using experts consultants to design and prepare the project executive maps) |
| | | กลไกในการจ่ายเงินที่เกี่ยวข้องกับพันธกิจและแผนของโครงการ (Mechanism of financial payment in relation to the project commitments and plan) |
| 4 | ทีมออกแบบ (Design team) | ประสบการณ์ของทีมที่ปรึกษาออกแบบ (Experience of consultant design team) |
| | | จำนวนการศึกษาในขั้นตอนศึกษาความเป็นไปได้เพื่อลดปัญหาโครงการในอนาคต (The amount of graduate studies in feasibility stage to decrease the future project problems) |
| | | ความแม่นยำของการวิเคราะห์แผนและประเมินโดยทีมออกแบบ (The accuracy of plan analysis and evaluation by design team) |
| | | การลดความผิดพลาดและความไม่สอดคล้องของแผนระยะที่สองของโครงการ (Reducing the errors and inconsistencies of the plan of project's second phase) |
| 5 | ผู้รับเหมาก่อสร้าง (Contractor) | ประสบการณ์ของผู้บริหารของผู้รับเหมาก่อสร้างเกี่ยวกับเนื้อหาโครงการ (Executive experiences of contractor team about the project subject) |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 2.18** (ต่อ)

| ลำดับ | เกณฑ์การประเมินหลัก | เกณฑ์การประเมินรอง |
|---|---|---|
| 5 | ผู้รับเหมาก่อสร้าง (Contractor) | กลไกของการประเมินและยืนยันความสามารถของผู้รับเหมาช่วงก่อนลงนามสัญญา (Mechanism of evaluating and confirming the competence of the sub-contractors before signing the contract) |
| | | กลไกในการระบุและบริหารความเสี่ยงของโครงการ (Mechanism of identification and management of project risks) |
| | | กลไกของการใช้ประโยชน์ที่เหมาะสมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องจักรและเครื่องมือของโครงการ (Mechanism of appropriate utilization to increase the efficiency of project machineries and equipment) |
| 6 | ผู้จัดการโครงการ (Project manager) | ประสบการณ์ของผู้จัดการโครงการ (Experience and executive records of project manager) |
| | | ความสามารถในการประสานงานและข้อตกลงหลักกับที่ปรึกษาและตัวแทนเจ้าของโครงการในการประชุม (Ability of coordination and principled agreements with consultant and employer's agent in meetings) |
| | | อำนาจการตัดสินใจเรื่องการเงินและการควบคุมค่าใช้จ่ายให้สอดคล้องกับประเภทและขนาดของโครงการ (Authorizations in financial decision makings and cost control considering project type and size) |
| 7 | สิ่งแวดล้อมและสิ่งแวดล้อมทางธุรกิจ (Environment and business environment) | การจัดเตรียมสภาพการทำงานที่ปลอดภัยให้ลูกจ้าง (Providing a safe working environment for employees) |
| | | การพิจารณาเงินเฟ้อและวิกฤติเศรษฐกิจในการวางแผนและประเมินผลทางการเงิน (Taking inflation and economic crisis in financial programming and evaluating into consideration) |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 2.18** (ต่อ)

| ลำดับ | เกณฑ์การประเมินหลัก | เกณฑ์การประเมินรอง |
|---|---|---|
| 7 | สิ่งแวดล้อมและสิ่งแวดล้อมทางธุรกิจ (Environment and business environment) | การอนุรักษ์และปรับปรุงแหล่งทรัพยากรธรรมชาติและการลดมลภาวะในพื้นที่โครงการ (Preserving and improving the natural resources and decreasing the environmental pollution of the project stage) |

### 2.5.7 งานวิจัยเรื่องความสำเร็จของโครงการก่อสร้างของ Gudiene et al.

Gudiene et al. (2013) ทำการวิจัยเพื่อพัฒนาแบบจำลองปัจจัยที่ส่งผลต่อความสำเร็จของโครงก่อสร้างในประเทศลิทัวเนียโดยพบว่ามีทั้งสิ้น 41 ปัจจัย ซึ่งสามารถถูกนำมาจัดทำเป็นเกณฑ์การประเมินหลักและเกณฑ์การประเมินรอง ดังแสดงในตารางที่ 2.19

**ตารางที่ 2.19** เกณฑ์การประเมินหลักและรองในงานวิจัยเรื่องความสำเร็จของโครงการก่อสร้างของ Gudiene et al.

| ลำดับ | เกณฑ์การประเมินหลัก | เกณฑ์การประเมินรอง |
|---|---|---|
| 1 | ปัจจัยภายนอก (External factors) | สภาพแวดล้อมทางเศรษฐกิจ (Economic environment) |
| | | สภาพแวดล้อมทางสังคม (Social environment) |
| | | สภาพแวดล้อมทางการเมือง (Political environment) |
| | | สภาพแวดล้อมทางกฎหมาย (Legal environment) |
| | | สภาพแวดล้อมทางวัฒนธรรม (Cultural environment) |
| | | สภาพแวดล้อมทางนิเวศ (Nature ecological environment) |
| 2 | ปัจจัยทางสถาบัน (Institutional factors) | ใบอนุญาติก่อสร้าง (Construction permits) |
| | | กฎหมายด้านการก่อสร้าง (Construction regulations) |
| | | การรับรองผลิตภัณฑ์และบริการ (Product and services certification) |
| | | มาตรฐาน (Standards) |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 2.19** (ต่อ)

| ลำดับ | เกณฑ์การประเมินหลัก | เกณฑ์การประเมินรอง |
|---|---|---|
| 3 | ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับโครงการ (Project related factors) | มูลค่า (Value) |
| | | ขนาด (Size) |
| | | เป้าหมาย/วัตถุประสงค์ที่ชัดเจนและสมเหตุผล (Clear and realistic goals/objectives) |
| | | การทำกำไร (Profitability) |
| | | ความเสี่ยง (Risk) |
| | | แหล่งทุน/ทรัพยากรที่เพียงพอ (Adequate funds/resources) |
| 4 | ปัจจัยที่เกี่ยวกับการจัดการโครงการ/สมาชิกทีม (Project management/team members related factors) | ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้อง (Relevant past experience) |
| | | ความสามารถ (Competence) |
| | | การแก้ปัญหา (Troubleshooting) |
| | | การระบุความเสี่ยงและการผ่องถ่าย (Risk identification and allocation) |
| | | ความสามารถทางเทคนิค (Technical capability) |
| | | ประเด็นส่วนบุคคล (Personal issues) |
| 5 | ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับผู้จัดการโครงการ (Project manager related factors) | ความสามารถ (Competence) |
| | | ประสบการณ์ (Experience) |
| | | ความสามารถทางเทคนิค (Technical capability) |
| | | การมอบอำนาจและความรับผิดชอบ (Delegation of authority and responsibility) |
| | | ความเข้าใจบทบาทและความรับผิดชอบ (Perception of role and responsibilities) |
| | | ความไว้ใจ (Trust) |
| | | การจัดการสัญญา (Contract management) |
| 6 | ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับลูกค้า (Client related factors) | ประสบการณ์ (Experience) |
| | | ประเภท (ภาครัฐ หรือ เอกชน) (Type (private vs. public)) |
| | | ขนาด (Size) |
| | | เป้าหมาย/วัตถุประสงค์ที่ชัดเจนและแม่นยำ (Clear and precise goals/objectives) |
| | | ทัศนคติต่อความเสี่ยง (Risk attitude) |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 2.19** (ต่อ)

| ลำดับ | เกณฑ์การประเมินหลัก | เกณฑ์การประเมินรอง |
|---|---|---|
| 6 | ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับลูกค้า (Client related factors) | ความสามารถในการมีส่วนร่วมตลอดช่วงต่างๆ ของโครงการ (Ability to participate in different phases of project) |
| 7 | ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับผู้รับเหมาก่อสร้าง (Contractor related factors) | ลักษณะของบริษัท (Company characteristics) |
| | | ความสามารถทางเทคนิคและวิชาชีพ (Technical and professional capability) |
| | | ประสบการณ์ (Experience) |
| | | สภาพการทำงาน (Work conditions) |
| | | เทคโนโลยีล้ำหน้า (Advanced technologies) |
| | | ขอบเขตของการทำสัญญาช่วง (Extent of subcontracting) |

### 2.5.8 งานวิจัยเรื่องความสำเร็จของโครงการก่อสร้างของ Pankaj and Bhangale

Pankaj and Bhangale (2013) เสนอแนะว่าโครงการก่อสร้างเป็นงานที่มีความซับซ้อนและเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาจึงต้องการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อความสำเร็จและล้มเหลวของโครงการเพื่อให้การบริหารงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและลดความผิดพลาด ซึ่งสามารถถูกนำมาจัดทำเป็นเกณฑ์การประเมินหลักและเกณฑ์การประเมินรอง ดังแสดงในตารางที่ 2.20

**ตารางที่ 2.20** เกณฑ์การประเมินหลักและรองในงานวิจัยเรื่องความสำเร็จของโครงการก่อสร้างของ Pankaj and Bhangale

| ลำดับ | เกณฑ์การประเมินหลัก | เกณฑ์การประเมินรอง |
|---|---|---|
| 1 | เวลา (Time) | ระยะเวลาก่อสร้าง (Schedule) |
| 2 | ค่าใช้จ่าย (Cost) | แผนงบประมาณ (Budget plan) |
| | | การประมาณราคาที่เหมาะสม (Proper cost estimation) |
| 3 | คุณภาพ (Quality) | คุณภาพของผลงาน (Product quality) |
| | | การจัดการคุณภาพ (Quality management) |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 2.20** (ต่อ)

| ลำดับ | เกณฑ์การประเมินหลัก | เกณฑ์การประเมินรอง |
|---|---|---|
| 4 | การควบคุมโครงการ (Project control) | การควบคุมเวลา (Time control) |
| | | การควบคุมค่าใช้จ่าย (Cost control) |
| | | การควบคุมคุณภาพ (Quality control) |
| 5 | ขอบเขตโครงการ (Project scope) | ขอบเขตโครงการมีรายละเอียดชัดเจน (Detailed project scope) |
| | | โครงการมีเป้าหมายและวัตถุประสงค์ชัดเจน (Cleary defined goals and objectives) |
| 6 | การเปลี่ยนแปลงงาน (Project change) | ขอบเขตการเปลี่ยนแปลงงานที่ชัดเจน (Clear scope of change) |
| 7 | ความพึงพอใจของผู้มีส่วนได้เสีย (Stakeholders' satisfaction) | ความพึงพอใจของผู้มีส่วนได้เสียในองค์กร (Internal stakeholders' satisfaction) |
| | | ความพึงพอใจของผู้มีส่วนได้เสียนอกองค์กร (External stakeholders' satisfaction) |
| 8 | ทีมโครงการ (Project team) | ทีมงานที่มีความสามารถ (Competent project team) |
| 9 | การสนับสนุนของฝ่ายบริหารระดับสูง (Top management support) | การสนับสนุนของฝ่ายบริหารระดับสูง (Top management support) |

งานวิจัยทั้งหมดข้างต้นจะถูกนำมาสังเคราะห์เพื่อกำหนดองค์ประกอบที่จะทำหน้าที่เป็นตัวแปรแฝงและตัวแปรสังเกตุได้ในการจัดทำแบบจำลองการวัดสำหรับความสำเร็จของโครงการก่อสร้างตามหลักของแบบจำลองสมการโครงสร้างที่จะถูกกล่าวถึงในบทที่ 3 ดังแสดงในตารางที่ 2.21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 2.21** สรุปการทบทวนวรรณกรรมสำหรับเกณฑ์การประเมินหลักและเกณฑ์การประเมินรองของความสำเร็จของการก่อสร้าง

| เกณฑ์การประเมินหลัก | เกณฑ์การประเมินรอง | Tabish and Jha (2011) | Enshassi et al. (2009) | Toor and Ogunlana (2009) | Alzahrani and Emsley (2012) | Ali et al. (2012) | Pakseresht and Asgari (2012) | Gudiene et al., (2013) | Pankaj and Bhangale (2013) | Zavadkas et al. (2014) | ความถี่ของเกณฑ์การประเมินรอง | รวมความถี่ในเกณฑ์การประเมินหลัก |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| เวลา (Time) | ระยะเวลาวางแผน (Planning period) | | √ | | | | √ | √ | | | 3 | 29 |
| | ขอบเขตและเป้าหมายโครงการชัดเจน (Clear project scope and goals) | √ | | | | | √ | √ | √ | | 4 | |
| | ระยะเวลาตัดสินใจ (Decision-making time) | √ | | | | | √ | √ | | | 3 | |
| | แผนการทำงานโดยละเอียด (Detailed project schedule) | | | | | | | | √ | | 1 | |
| | ระยะเวลาเตรียมสถานที่ก่อสร้าง (Site preparation time) | | √ | | | | | | | | 1 | |
| | ระยะเวลาก่อสร้าง (Construction time) | | | √ | | | | | √ | √ | 5 | |
| | ความพร้อมของทรัพยากร (Resources availability) | √ | √ | | √ | √ | √ | | | | 6 | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 2.21** (ต่อ)

| เกณฑ์การประเมินหลัก | เกณฑ์การประเมินรอง | Tabish and Jha (2011) | Enshassi et al.(2009) | Toor and Ogunlana (2009) | Alzahrani and Emsley (2012) | Ali et al. (2012) | Pakseresht and Asgari (2012) | Gudiene et al., (2013) | Pankaj and Bhangale (2013) | Zavadkas et al. (2014) | ความถี่ของเกณฑ์การประเมินรอง | รวมความถี่ในเกณฑ์การประเมินหลัก |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| เวลา (Time) | การจัดการการเปลี่ยนแปลงงาน (Changes management) | | √ | | | | | | √ | | 2 | |
| | ระยะเวลาแก้ไขข้อบกพร่อง (Defects rectification time) | √ | √ | | | | | | | | 2 | |
| | ระยะเวลาจัดหา (Procurement time) | √ | | | | | √ | | | | 2 | |
| ค่าใช้จ่าย (Cost) | ค่าสำรวจสถานที่ก่อสร้าง (Site investigation cost) | √ | | | | | | | | | 1 | 15 |
| | ค่าแรง (Labour cost) | | √ | | | | | | | | 1 | |
| | ค่าวัสดุ (Material cost) | | √ | | | | | | | | 1 | |
| | ค่าก่อสร้าง (Construction cost) | | | √ | | | | | √ | √ | 6 | |
| | สถานะทางเศรษฐกิจและการเงิน (Economic and financial situation) | | | | | √ | | √ | | | 2 | |
| | ผลกำไร (Profitability) | | √ | | | √ | | √ | | √ | 4 | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 2.21** (ต่อ)

| เกณฑ์การประเมินหลัก | เกณฑ์การประเมินรอง | Tabish and Jha (2011) | Enshassi et al.(2009) | Toor and Ogunlana (2009) | Alzahrani and Emsley (2012) | Ali et al. (2012) | Pakseresht and Asgari (2012) | Gudiene et al., (2013) | Pankaj and Bhangale (2013) | Zavadkas et al. (2014) | ความถี่ของเกณฑ์การประเมินรอง | รวมความถี่ในเกณฑ์การประเมินหลัก |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| คุณภาพ (Quality) | การควบคุมคุณภาพ (Quality control) | √ | √ | | √ | √ | | √ | √ | | 7 | 20 |
| | การรับประกันคุณภาพ (Quality assurance) | √ | | | √ | | | | | | 3 | |
| | ความสอดคล้องกับข้อกำหนด (Conformance to specifications) | | √ | √ | | | | | | | 2 | |
| | การปราศจากข้อบกพร่อง (Defects free) | | | √ | | √ | √ | | | | 4 | |
| | ประสบการณ์ที่ผ่านมา (Past experience) | | | | √ | | √ | √ | | | 3 | |
| | ผลผลิต (Productivity) | | √ | | | | | | | | 1 | |
| ความปลอดภัย (Safety) | การติดตามกิจกรรม (Activities monitoring) | √ | | | | | | | | | 1 | 16 |
| | ความเสี่ยงส่วนบุคคล (Personal risk) | | | | | | | | | √ | 1 | |
| | จำนวนอุบัติเหตุ (Number of accidents) | | √ | | | | | | | √ | 3 | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 2.21** (ต่อ)

| เกณฑ์การประเมินหลัก | เกณฑ์การประเมินรอง | Tabish and Jha (2011) | Enshassi et al. (2009) | Toor and Ogunlana (2009) | Alzahrani and Emsley (2012) | Ali et al. (2012) | Pakseresht and Asgari (2012) | Gudiene et al., (2013) | Pankaj and Bhangale (2013) | Zavadkas et al. (2014) | ความถี่ของเกณฑ์การประเมินรอง | รวมความถี่ในเกณฑ์การประเมินหลัก |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ความปลอดภัย (Safety) | การจัดการความปลอดภัย (Safety management) | | √ | √ | | √ | √ | √ | | | 8 | |
| | สภาพการทำงานที่ปลอดภัย (Safe working environment) | | √ | | | | √ | √ | | | 3 | |
| ความพึงพอใจของลูกค้าและชุมชน (Client and Community Satisfaction | ความร่วมมือ (Coordination) | √ | | | | | | √ | | | 2 | 16 |
| | การสื่อสาร (Communication) | | | | | | | √ | | | 2 | |
| | การไม่มีข้อขัดแย้ง (No disputes) | √ | √ | √ | | | | | | | 3 | |
| | การยอมรับผลงาน(Work Acceptance) | | √ | | | √ | | | | | 2 | |
| | ความสอดคล้องกับความคาดหวัง (Meet expectations) | | | √ | | | | | √ | | 4 | |
| | ไม่มีปัญหาในงานก่อสร้าง (No construction aggravation) | | | √ | | | | | | | 1 | |
| | ความไว้ใจ (Trust) | √ | | | | | | √ | | | 2 | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 2.21** (ต่อ)

| เกณฑ์การประเมินหลัก | เกณฑ์การประเมินรอง | Tabish and Jha (2011) | Enshassi et al. (2009) | Toor and Ogunlana (2009) | Alzahrani and Emsley (2012) | Ali et al. (2012) | Paksereshtand Asgari (2012) | Gudiene et al., (2013) | Pankaj and Bhangale (2013) | Zavadkas et al. (2014) | ความถี่ของเกณฑ์การประเมินรอง | รวมความถี่ในเกณฑ์การประเมินหลัก |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| สิ่งแวดล้อม (Environment) | การปรับปรุงทรัพยากรธรรมชาติ (Natural resources improvement) | | | | | | √ | | | | 2 | 10 |
| | การควบคุมมลภาวะ (Pollution control) | | √ | | | | | | | | 1 | |
| | แผนสิ่งแวดล้อม (Environmental Plan) | | | | √ | √ | √ | | | | 3 | |
| | ความสอดคล้องกับสิ่งแวดล้อม (Harmony with surrounding) | | | | | | | √ | | | 1 | |
| | การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม (Environmental impact assessment) | | | | | | | √ | | √ | 3 | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 2.21 พบว่าเกณฑ์สำหรับการประเมินความสำเร็จของโครงการก่อสร้างที่ได้จากการสังเคราะห์วรรณกรรมประกอบด้วย 6 เกณฑ์หลัก และ 18 เกณฑ์รอง ซึ่งจะทำหน้าที่เป็นตัวแปรแฝงและตัวแปรสังเกตุได้ตามลำดับ โดยทุกเกณฑ์มีความถี่รวมอยู่ในระดับสูง ในการศึกษานี้จึงใช้ทุกเกณฑ์สำหรับจัดทำแบบจำลองการวัดของการประเมินความสำเร็จของโครงการก่อสร้าง ดังต่อไปนี้

เกณฑ์ที่ 1 เวลา (Time)
เกณฑ์ที่ 2 ค่าใช้จ่าย (Cost)
เกณฑ์ที่ 3 คุณภาพ (Quality)
เกณฑ์ที่ 4 ความปลอดภัย (Safety)
เกณฑ์ที่ 5 ความพึงพอใจของลูกค้าและชุมชน (Client and community satisfaction)
เกณฑ์ที่ 6 สิ่งแวดล้อม (Environment)

## 2.6 นิยาม แนวคิด เกณฑ์การประเมินหลักและเกณฑ์การประเมินรองของผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการ

ในการวางแผนเพื่อริเริ่มโครงการต่างๆนั้น โครงการที่มีโอกาสผ่านการคัดเลือกและได้รับอนุมัติให้ดำเนินการก่อสร้างล้วนมีหนึ่งในคุณสมบัติสำคัญร่วมกันคือ เป็นโครงการที่สามารถให้ผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการได้ ซึ่งผลประโยชน์ควรมีมากพอที่จะหล่อเลี้ยงและผลักดันให้องค์กรก้าวต่อไปข้างหน้าได้ Ward and Daniel (2006) กล่าวว่าผลประโยชน์คือความได้เปรียบที่เกิดขึ้นกับผู้มีส่วนได้เสียคนใดคนหนึ่งหรือทั้งกลุ่ม ในขณะที่ Turner and Müller (2003) เสนอว่าผลประโยชน์จากโครงการคือการปรับปรุงทางกลยุทธ์ที่ดีขึ้นต่อวัตถุประสงค์ขององค์กรอันเกิดจากการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพในช่วงเวลาจำเพาะ Badewi (2015) กล่าวว่าผลประโยชน์จากโครงการคือความได้เปรียบที่สามารถวัดได้สำหรับกลุ่มผู้มีส่วนได้เสียซึ่งเกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงสภาพปัจจุบันด้วยขั้นตอนการจัดการโครงการ Zwikael and Smyrk (2011) ให้ความเห็นว่าผลประโยชน์ซึ่งสามารถถูกมองว่าเป็นการปรับปรุงต่างๆขององค์กร เกิดขึ้นจากการเพิ่มขึ้นของมูลค่าทางธุรกิจ ไม่เพียงแต่จากมุมมองของผู้ถือหุ้นแต่จากมมุมมองของลูกค้า คู่ค้าหรือแม้แต่สังคมด้วย ในขณะที่ Iranni and Love (2002) กล่าวว่าผลประโยชน์อาจอยู่ในรูปที่เป็นนามธรรมหรือรูปธรรม วัดปริมาณได้หรือไม่ได้ เช่น ผลประโยชน์ที่อยู่ในรูปการเงินหรือไม่อยู่ในรูปการเงิน อย่างไรก็ตามผลประโยชน์ที่ไม่ได้อยู่ในรูปการเงินอย่างเช่น ชื่อเสียงขององค์กรจะถูกวัดได้ยากกว่าหากไม่นำมาเปรียบเทียบว่าผลประโยชน์เหล่านี้มีผลกระทบต่อผลประโยชน์ทางการเงินเพียงใด (Lin and Pervan, 2003) ซึ่งทำให้เห็นว่าความสามารถในการประเมินผลประโยชน์ให้เป็นรูปธรรมได้เป็นหนึ่งในสิ่งจำเป็นสำหรับการบริหารติดตามและควบคุมโครงการให้ประสบความสำเร็จ (Lebas, 1995) เพราะในมุมมองของเจ้าของโครงการ ผลประโยชน์ควรมีมากพอที่จะเกื้อหนุนให้องค์กรดำเนินงานต่อไปได้และตอบสนองความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้องการของผู้มีส่วนได้เสียทั้งหมด สำหรับโครงการก่อสร้างที่ยั่งยืน เจ้าของโครงการนับว่ามีบทบาทสำคัญในการตัดสินใจและกระตุ้นให้ผู้มีส่วนได้เสียทั้งหมดยอมรับและนำแนวคิดนี้ไปปฏิบัติ ความเต็มใจและความต้องการของเจ้าของโครงการที่จะนำแนวคิดของการพัฒนาที่ยั่งยืนมารวมไว้ในโครงการตั้งแต่เริ่มจึงมีผลต่อการดำเนินโครงการและถือเป็นการส่งเสริมแนวคิดนี้ (Abidin and Pasquire, 2007; Pitt et al., 2009) ดังนั้นเพื่อใช้ผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการเป็นแรงจูงใจที่จะพัฒนาโครงการที่ยั่งยืน จึงควรมีเกณฑ์ในการประเมินผลประโยชน์ว่ามีมากน้อยเพียงใด และเพื่อให้การประเมินให้สอดคล้องกับแนวคิดของการพัฒนาที่ยั่งยืนที่ให้ความสำคัญกับความสมดุลของเสาหลักสามด้านคือ สังคม เศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อม การประเมินผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการจึงจะแบ่งกลุ่มตาม 3 ประเด็นหลักนี้เช่นกันเพื่อจัดทำแบบจำลองการวัดคือ

เกณฑ์ที่ 1 ผลประโยชน์ด้านสังคม (Social benefits)

เกณฑ์ที่ 2 ผลประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อม (Environmental benefits)

เกณฑ์ที่ 3 ผลประโยชน์เศรษฐกิจ (Economic benefits)

**2.6.1 ผลประโยชน์ด้านสังคม**

Brightman (2001) กล่าวว่าผลประโยชน์ด้านสังคมจากการออกแบบ ก่อสร้างอาคารที่ยั่งยืนจะช่วยปรับปรุงคุณภาพชีวิต สุขอนามัยและความเป็นอยู่ให้ดีขึ้น ตั้งแต่ในระดับอาคารไปจนถึงระดับชุมชนและระดับสังคมโดยรวม โดยพบว่าผลประโยชน์ที่ได้รับในระดับคือ ผู้ใช้อาคารมีสุขอนามัยที่ดีขึ้น ผู้ใช้อาคารมีความสบายและความพอใจมากขึ้น ผู้ใช้อาคารมีความปลอดภัยมากขึ้น ส่วนผลประโยชน์ที่ได้รับในระดับชุมชนและสังคมโดยรวมคือ สามารถใช้เป็นตัวอย่างเพื่อส่งเสริมให้โครงการอื่นๆนำแนวคิดการออกแบบ ก่อสร้างที่ยั่งยืนไปปฏิบัติตาม เป็นการปรับปรุงคุณภาพสิ่งแวดล้อมโครงการ การฟื้นฟูสภาพชุมชน และการลดความเสี่ยงต่อสุขภาพจากมลภาวะที่เกิดขึ้นจากการใช้งานอาคาร Institute for Sustainable Infrastructure (2012) เสนอว่าผลประโยชน์ด้านสังคมที่ได้จากการนำระบบ Envision ของตนมาใช้ในการออกแบบ ก่อสร้างโครงสร้างพื้นฐานที่ยั่งยืนจะช่วยปรับปรุงคุณภาพชีวิต ส่งเสริมให้ชุมชนมีการเติบโตและพัฒนา ช่วยพัฒนาทักษะของแรงงานในชุมชน ปรับปรุงความเป็นอยู่และความปลอดภัยของชุมชน เพิ่มความร่วมมือและการมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนได้เสียในโครงการ เพิ่มความพึงพอใจให้ผู้มีส่วนได้เสีย และส่งเสริมการอนุรักษ์วัฒนธรรมชุมชน ในการศึกษาผลประโยชน์ของโครงการก่อสร้างที่ใช้กลไกพัฒนาที่ยั่งยืนในการดำเนินงาน Olsenand Fenhann (2008) พบว่าโครงการสร้างผลประโยชน์ต่อสังคมได้หลายประการ เช่น การก่อให้เกิดการจ้างงานใหม่ การปรับปรุงสุขอนามัยและความปลอดภัยของชุมชน การปรับปรุงคุณภาพชีวิต และการส่งเสริมความรู้และการศึกษาด้านความยั่งยืน Najeti et al. (2010) ศึกษาข้อได้เปรียบและข้อจำกัดของการพัฒนาที่ยั่งยืนที่มีต่อองค์กรธุรกิจและพบว่าการพัฒนาที่ยั่งยืนให้ผลประโยชน์ด้านสังคมคือ ช่วยเพิ่มชื่อเสียงให้องค์กร ช่วยเพิ่มทักษะของทรัพยากรมนุษย์ ช่วยดึงดูดพนักงานที่มีคุณสมบัติสูงขึ้น และช่วยเพิ่มความพึงพอใจให้ลูกค้า Lee et al. (2014) ศึกษากลยุทธ์องค์กรสำหรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บริษัทรับเหมาก่อสร้างเพื่อส่งเสริมการก่อสร้างที่ยั่งยืนเสนอว่าผลประโยชน์ด้านสังคมที่จะได้รับคือ การปรับปรุงคุณภาพชีวิต การแก้ปัญหาความยากจน การปรับปรุงสุขอนามัยและความสบายของชุมชน การอนุรักษ์วัฒนธรรมชุมชน การเป็นตัวอย่างทางการศึกษาด้านความยั่งยืน และการเพิ่มความพึงพอใจให้ลูกค้า Guarnieri (2008) ศึกษาแนวคิดการพัฒนาที่ยั่งยืนและเสนอว่าผลประโยชน์ด้านสังคมที่จะได้รับคือ การปรับปรุงคุณภาพชีวิต สุขอนามัยและความสบายของชุมชนและผู้ใช้โครงการ การปรับปรุงคุณภาพอากาศ เสียงและอุณหภูมิ และการลดภาระของโครงสร้างพื้นฐานในชุมชน Elmqvist et al. (2015) ศึกษาผลประโยชน์ที่ได้จากการฟื้นฟูระบบนิเวศในเขตเมืองและพบว่าผลประโยชน์ทางสังคมที่ได้รับคือ การปรับปรุงคุณภาพชีวิตและการเพิ่มความกลมเกลียวในชุมชน ในการศึกษาเพื่อระบุผลประโยชน์ของอาคารเขียว Kwong (2004) เสนอว่าผลประโยชน์ทางสังคมที่ได้รับคือ การเพิ่มผลผลิตของผู้ใช้อาคาร การปรับปรุงคุณภาพชีวิตของผู้ใช้อาคาร และการส่งเสริมภาพลักษณ์โครงการ เมื่อพิจารณาผลประโยชน์ทางสังคมทั้งหมดจากการศึกษาที่ผ่านมาเหล่านี้ซึ่งส่วนใหญ่เกี่ยวกับอาคาร การวิจัยนี้จะเลือกเฉพาะผลประโยชน์ทางสังคมที่ถูกกล่าวถึงหลายครั้งที่สุดและสามารถถูกนำมาประยุกต์ให้เหมาะกับลักษณะของงานโครงสร้างพื้นฐาน เพื่อใช้อธิบายผลประโยชน์ทางสังคมต่อเจ้าของโครงการในแบบจำลองสมการโครงสร้างได้ ประกอบด้วย การส่งเสริมภาพลักษณ์ให้เจ้าของโครงการ การส่งเสริมภาพลักษณ์ให้ประเทศ การสร้างความพึงพอใจให้ผู้ใช้โครงการ การได้รับการยอมรับจากชุมชนแวดล้อมโครงการ

**2.6.2 ผลประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อม**

Institute for Sustainable Infrastructure (2012) เสนอว่าผลประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อมที่ได้จากการนำระบบ Envision ของตนมาใช้ในการออกแบบ ก่อสร้างโครงสร้างพื้นฐานที่ยั่งยืนจะช่วยลดการใช้พลังงานและน้ำ ลดความเสี่ยงจากภัยธรรมชาติ ช่วยอนุรักษ์ระบบนิเวศ ลดมลภาวะทางอากาศ ลดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติและผลกระทบต่อระบบนิเวศ และเพิ่มความสามารถในการต้านทานการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและภัยธรรมชาติ ในการศึกษาผลประโยชน์ของโครงการก่อสร้างที่ใช้กลไกพัฒนาที่ยั่งยืนในการดำเนินงาน Olsen and Fenhann (2008) พบว่าโครงการสร้างผลประโยชน์ต่อสิ่งแวดล้อมได้หลายประการ เช่น การปรับปรุงคุณภาพอากาศ การลดการปล่อยแก๊สพิษ การปรับปรุงคุณภาพน้ำ และการปกป้องทรัพยากรธรรมชาติ Siebel (1996) พิจารณาว่าผลประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อมของการพัฒนาที่ยั่งยืนคือแนวทางในการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากการก่อสร้าง ใช้งานและบำรุงรักษาโครงการให้เหลือน้อยที่สุด ซึ่งรวมถึงการลดมลภาวะทางอากาศ การลดปริมาณของเสีย การลดใช้ทรัพยากรธรรมชาติ และการลดผลกระทบต่อระบบนิเวศ Elmqvist et al. (2015) ศึกษาผลประโยชน์ที่ได้จากการฟื้นฟูระบบนิเวศในเขตเมืองและพบว่าผลประโยชน์ทางสิ่งแวดล้อมที่ได้รับคือ การปรับปรุงคุณภาพอากาศและน้ำ การเพิ่มความสามารถในการต้านทานภัยธรรมชาติและการเป็นตัวอย่างทางการศึกษาด้านสิ่งแวดล้อม Guarnieri (2008) ศึกษาแนวคิดการพัฒนาที่ยั่งยืนและเสนอว่าผลประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อมที่จะได้รับคือ การปกป้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบนิเวศ การปรับปรุงคุณภาพน้ำและอากาศ การลดปริมาณของเสีย และการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ Lee et al. (2014) ศึกษากลยุทธ์องค์กรสำหรับบริษัทรับเหมาก่อสร้างเพื่อส่งเสริมการก่อสร้างที่ยั่งยืนเสนอว่าผลประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อมที่จะได้รับคือ การปรับปรุงคุณภาพน้ำและอากาศ การปกป้องทรัพยากรธรรมชาติและระบบนิเวศ การลดปริมาณของเสีย และการลดมลภาวะทางอากาศเมื่อพิจารณาผลประโยชน์ทางสิ่งแวดล้อมทั้งหมดจากการศึกษาที่ผ่านมาเหล่านี้ซึ่งส่วนใหญ่เกี่ยวกับอาคาร การวิจัยนี้จะเลือกเฉพาะผลประโยชน์ทางสิ่งแวดล้อมที่ถูกกล่าวถึงบ่อยครั้งที่สุดและสามารถถูกนำมาประยุกต์ให้เหมาะกับลักษณะของงานโครงสร้างพื้นฐาน เพื่อใช้อธิบายผลประโยชน์ทางสิ่งแวดล้อมต่อเจ้าของโครงการในแบบจำลองสมการโครงสร้าง ประกอบด้วย การปรับปรุงความสามารถในการต้านทานกับภัยธรรมชาติ การลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากโครงการการปกป้องทรัพยากรธรรมชาติและระบบนิเวศ และการเป็นกรณีศึกษาด้านสิ่งแวดล้อม

**2.6.3 ผลประโยชน์ด้านเศรษฐกิจ**

ในการศึกษาเพื่อระบุผลประโยชน์ของอาคารเขียว Kwong (2004) เสนอว่าผลประโยชน์ทางเศรษฐกิจที่ได้รับคือ งบลงทุนเบื้องต้นลดลง ค่าสาธารณูปโภคลดลง ค่าบำรุงรักษาลดลง และมูลค่าประเมินสูงขึ้น Guarnieri (2008) ศึกษาแนวคิดการพัฒนาที่ยั่งยืนและเสนอว่าผลประโยชน์ด้านเศรษฐกิจที่จะได้รับคือ ค่าดำเนินการลดลง มูลค่าสินทรัพย์สูงขึ้น และอัตราผลผลิตของผู้ใช้โครงการสูงขึ้น Nejati et al. (2010) ศึกษาข้อได้เปรียบและข้อจำกัดของการพัฒนาที่ยั่งยืนที่มีต่อองค์กรธุรกิจและพบว่าการพัฒนาที่ยั่งยืนให้ผลประโยชน์ด้านเศรษฐกิจคือ การเพิ่มประสิทธิภาพให้องค์ก, ลูกค้ามีความพึงพอใจสูงขึ้น การเพิ่มโอกาสเข้าถึงแหล่งทุน และการเพิ่มรายได้ให้องค์กร Nalewaik and Venters (2008) ศึกษาค่าใช้จ่ายและผลประโยชน์ของการก่อสร้างที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและพบว่าผลประโยชน์ทางเศรษฐกิจที่จะได้รับคือ การลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน การลดค่าใช้จ่ายด้านน้ำ การลดค่าบำรุงรักษา ค่าก่อสร้างลดลงหรือเท่าเดิม และการเพิ่มผลผลิตของผู้ใช้อาคาร จากการศึกษาการก่อสร้างที่ยั่งยืนเพื่อวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายและผลประโยชน์ Dobson et al. (2013) เสนอว่าประโยชน์ทางเศรษฐกิจที่จะได้รับคือ ค่าดำเนินการลดลง ค่าสาธารณูปโภคลดลง และค่าบำรุงรักษาลดลง ในการศึกษาผลประโยชน์ของโครงการก่อสร้างที่ใช้กลไกพัฒนาที่ยั่งยืนในการดำเนินงาน Olsen and Fenhann (2008) พบว่าโครงการสร้างผลประโยชน์ด้านเศรษฐกิจได้หลายประการ เช่น การส่งเสริมการพัฒนาเศรษฐกิจ, การรักษาเสถียรภาพทางเศรษฐกิจ และการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงาน Lee et al. (2014) ศึกษากลยุทธ์องค์กรสำหรับบริษัทรับเหมาก่อสร้างเพื่อส่งเสริมการก่อสร้างที่ยั่งยืนเสนอว่าผลประโยชน์ด้านเศรษฐกิจที่จะได้รับคือ การลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน การลดค่าใช้จ่ายด้านน้ำ การเพิ่มการเติบโตทางเศรษฐกิจ การเพิ่มรายได้ และการลดค่าใช้จ่ายในการรักษาสิ่งแวดล้อม Bordass (2003) กล่าวเสริมว่าการออกแบบที่ยั่งยืนจะให้ผลประโยชน์ทางการเงินต่อเจ้าของโครงการ ซึ่งรวมถึง งบลงทุนเบื้องต้นลดลงหรือเท่าเดิม ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานลดลง ค่าใช้จ่ายด้านน้ำลดลง ค่าบำรุงรักษาลดลง และมูลค่าขายต่อสินทรัพย์สูงขึ้น Institute for

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sustainable Infrastructure (2012) เสนอว่าผลประโยชน์ด้านเศรษฐกิจที่ได้จากการนำระบบ Envision ของตนมาใช้ในการออกแบบ ก่อสร้างโครงสร้างพื้นฐานที่ยั่งยืนจะช่วยลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน ลดค่าใช้จ่ายด้านน้ำ ลดค่าบำรุงรักษา และลดค่าวัสดุก่อสร้าง เมื่อพิจารณาผลประโยชน์ทางสิ่งแวดล้อมทั้งหมดจากการศึกษาที่ผ่านมาเหล่านี้ซึ่งส่วนใหญ่เกี่ยวกับอาคาร การวิจัยนี้จะเลือกเฉพาะผลประโยชน์ทางเศรษฐกิจที่ถูกกล่าวถึงบ่อยครั้งที่สุดและสามารถถูกนำมาประยุกต์ให้เหมาะกับลักษณะของงานโครงสร้างพื้นฐาน เพื่อใช้อธิบายผลประโยชน์ทางเศรษฐกิจต่อเจ้าของโครงการในแบบจำลองสมการโครงสร้าง ประกอบด้วย การลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน การลดค่าใช้จ่ายด้านน้ำ การลดค่าดำเนินงานและค่าบำรุงรักษา และการเพิ่มโอกาสเข้าถึงแหล่งเงินทุน

## 2.7 สรุป

จากการทบทวนวรรณกรรมสามารถสรุปเกณฑ์การประเมินหลักที่จะถูกใช้เป็นตัวแปรแฝงเพื่อจัดทำแบบจำลองสมการโครงสร้างและเป็นแนวทางออกแบบข้อคำถามในแบบสอบถามได้ดังต่อไปนี้

2.7.1 การประเมินโครงสร้างพื้นฐานที่ยั่งยืน

เกณฑ์ที่ 1 ชุมชน (Community)

เกณฑ์ที่ 2 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ข้างเคียง (Environmental impacts on surrounding areas)

เกณฑ์ที่ 3 การคมนาคม (Transport)

เกณฑ์ที่ 4 วัสดุและทรัพยากร (Materials and resources)

เกณฑ์ที่ 5 การจัดการของเสีย (Waste management)

เกณฑ์ที่ 6 พลังงาน (Energy)

เกณฑ์ที่ 7 น้ำ (Water)

เกณฑ์ที่ 8 ทำเลที่ตั้ง (Location)

เกณฑ์ที่ 9 การจัดการโครงการ (Project management)

2.7.2 การประเมินความสำเร็จของโครงการก่อสร้าง

เกณฑ์ที่ 1 เวลา (Time)

เกณฑ์ที่ 2 ค่าใช้จ่าย (Cost)

เกณฑ์ที่ 3 คุณภาพ (Quality)

เกณฑ์ที่ 4 ความปลอดภัย (Safety)

เกณฑ์ที่ 5 ความพึงพอใจของลูกค้าและชุมชน (Client and community satisfaction)

เกณฑ์ที่ 6 สิ่งแวดล้อม (Environment)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.3 การประเมินผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการ

เกณฑ์ที่ 1 ผลประโยชน์ด้านสังคม (Social benefits)

เกณฑ์ที่ 2 ผลประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อม (Environmental benefits)

เกณฑ์ที่ 3 ผลประโยชน์เศรษฐกิจ (Economic benefits)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 3
# แนวคิด หลักการที่ใช้สร้างแบบจำลองสมการโครงสร้างและแบบจำลองการตัดสินใจด้วยการพิจารณาหลายเกณฑ์

## 3.1 บทนำ

ในบทที่ 3 จะเป็นการศึกษา วิเคราะห์ แนวคิด หลักการที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองการประเมินโครงสร้างพื้นฐานที่ยั่งยืน โดยเริ่มต้นจากแบบจำลองสมการโครงสร้าง (Structural Equation Modeling) ซึ่งเป็นเครื่องมือทางสถิติที่รวมการวิเคราะห์ปัจจัยเชิงยืนยัน (Confirmatory Factor Analysis), การวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุ (Multiple Regression Analysis) และการวิเคราะห์เส้นทาง (Path Analysis) เข้าไว้ด้วยกันเพื่อทดสอบสมมติฐานของความสัมพันธ์ทางตรงทางอ้อม และทิศทางอิทธิพลของตัวแปรสังเกตุได้ (Observed Variable) และตัวแปรแฝง (Latent Variable) ที่ผู้วิจัยตั้งขึ้นบนพื้นฐานของทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง โดยจัดทำเป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่สามารถทำการวิเคราะห์หลายความสัมพันธ์ของหลายตัวแปรได้ในเวลาเดียวกัน ซึ่งตัวแปรดังกล่าวจะได้จากการทบทวนวรรณกรรมด้านการประเมินความยั่งยืนของโครงการในบทที่ 2 เพื่อสร้างเกณฑ์สำหรับแบบจำลองการประเมินโครงสร้างพื้นฐานที่ยั่งยืนและหาอิทธิพลที่แบบจำลองการประเมินมีต่อความสำเร็จของโครงการ

อย่างไรก็ตามการตัดสินใจในการประเมินโครงสร้างพื้นฐานที่ยั่งยืนนั้นต้องรักษาความสมดุลระหว่างเกณฑ์ต่างๆทั้งที่เป็นเกณฑ์เชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ ซึ่งทำให้ยากที่จะจัดลำดับความสำคัญของเกณฑ์เหล่านี้ที่บางครั้งอาจมีจุดประสงค์ขัดแย้งกันไปพร้อมๆกันได้ ดังนั้นแนวคิดเรื่องการตัดสินใจแบบพิจารณาหลายเกณฑ์ (Multi-criteria Decision Analysis, MCDA) ซึ่งสามารถนำเสนอกรอบแนวคิดที่เป็นระบบ เชื่อถือได้ และชัดเจน เหมาะกับความซับซ้อนของการตัดสินใจที่ต้องพิจารณาหลายปัจจัยในการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานที่ยั่งยืนจึงถูกนำมาใช้เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวและเป็นรากฐานในการสร้างแบบจำลองเพื่อประเมินโครงสร้างพื้นฐานที่ยั่งยืนต่อไป

## 3.2 แบบจำลองสมการโครงสร้าง

### 3.2.1 ตัวแปรที่ใช้ในแบบจำลองสมการโครงสร้าง

ตัวแปรที่ใช้ในแบบจำลองสมการโครงสร้างสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ คือ ตัวแปรที่แบ่งตามลักษณะข้อมูล และตัวแปรที่แบ่งตามทิศทางความสัมพันธ์

3.2.1.1 ตัวแปรที่แบ่งตามลักษณะข้อมูล

1) ตัวแปรสังเกตุได้ (Observed Variable) บางครั้งเรียกตัวแปรวัดได้ (Measured Variable) หรือตัวแปรเด่นชัด (Manifest Variable) เป็นตัวแปรที่ถูกใช้บ่งชี้ กำหนด อธิบาย หรือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สื่อถึงตัวแปรแฝง (Latent variable) และมีข้อมูลที่ผู้วิจัยสามารถวัดได้โดยตรง ด้วยการทดสอบ หรือใช้แบบสอบถาม เช่น เกรดเฉลี่ย ความเร็ว เป็นต้น ในแบบจำลองสมการโครงสร้างจะใช้สัญลักษณ์สี่เหลี่ยม

2) ตัวแปรแฝง (Latent Variable) เป็นตัวแปรที่ผู้วิจัยสนใจแต่ไม่สามารถวัดข้อมูลได้โดยตรง แต่จะถูกบ่งชี้ กำหนด อธิบาย หรือสื่อถึงโดยตัวแปรสังเกตุได้สองตัวแปรขึ้นไป เช่น ความฉลาด ความสุข และแรงจูงใจ เป็นต้น ในแบบจำลองสมการโครงสร้างจะใช้สัญลักษณ์วงรีหรือวงกลม

3) ตัวแปรความคลาดเคลื่อนในการวัด (Measurement Error) เป็นตัวแปรที่แสดงถึงความคลาดเคลื่อนในเก็บข้อมูลของตัวแปรสังเกตุได้ ในแบบจำลองสมการโครงสร้างจะใช้สัญลักษณ์วงกลม

4) ตัวแปรความคลาดเคลื่อนของตัวแปรแฝง (Disturbance) เป็นตัวแปรที่แสดงถึงความคลาดเคลื่อนของตัวแปรแฝงที่เป็นตัวแปรภายใน ในแบบจำลองสมการโครงสร้างจะใช้สัญลักษณ์วงกลม

3.2.1.2 ตัวแปรที่แบ่งตามทิศทางความสัมพันธ์

1) ตัวแปรภายนอก (Exogenous Variable) เป็นตัวแปรอิสระ (Independent Variable) ที่ส่งอิทธิพลต่อตัวแปรอื่นในแบบจำลองสมการโครงสร้าง ตัวแปรภายนอกอาจเป็นตัวแปรสังเกตุได้หรือตัวแปรบ่งชี้ก็ได้

2) ตัวแปรภายใน (Endogenous Variable) เป็นตัวแปรตาม (Dependent Variable) และ/หรือตัวแปรคั่นกลาง (Mediating Variable) ที่ได้รับอิทธิพลจากตัวแปรอื่นในแบบจำลองสมการโครงสร้าง ตัวแปรภายในอาจเป็นตัวแปรสังเกตุได้หรือตัวแปรบ่งชี้ก็ได้

**3.2.2 องค์ประกอบของแบบจำลองสมการโครงสร้าง**

แบบจำลองสมการโครงสร้างประกอบด้วย 2 ส่วน ดังนี้

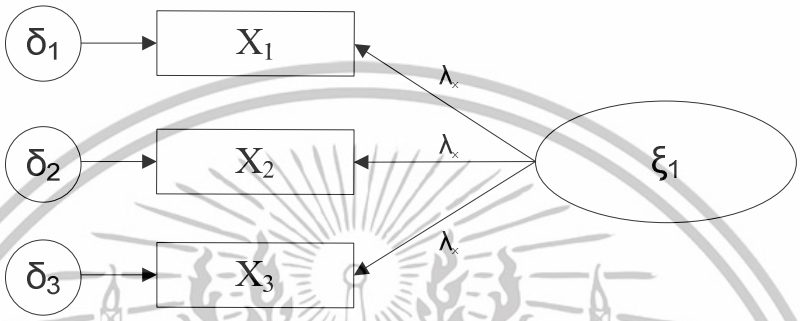
3.2.2.1 แบบจำลองการวัด (Measurement Model) เป็นแบบจำลองที่ประกอบด้วยตัวแปรแฝงและตัวแปรสังเกตุได้ซึ่งทำหน้าอธิบายตัวแปรแฝง ในการตรวจสอบว่าว่าตัวแปรสังเกตุได้ตัวใดบ้างที่ใช้อธิบายตัวแปรแฝงในแบบจำลองการวัดได้ จะใช้การวิเคราะห์ปัจจัย (Factor Analysis) แบบจำลองการวัดสามารถเขียนอธิบายเป็นสมการได้ดังต่อไปนี้ (Bollen, 1989):

$$x = \lambda_x \xi + \delta \quad (3.1)$$

$$y = \lambda_y \eta + \varepsilon \quad (3.2)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดย x คือเว็คเตอร์ของตัวแปรสังเกตุได้ภายนอก, $\lambda_x$ คือสัมประสิทธิ์เมตริกซ์ที่เชื่อมโยง x เข้ากับ เว็คเตอร์ของตัวแปรแฝงภายนอก $\xi$, $\delta$ คือเว็คเตอร์ของความคลาดเคลื่อนในการวัดของตัวแปรภายนอก, y คือเว็คเตอร์ของตัวแปรสังเกตุได้ภายใน, $\lambda_y$ คือสัมประสิทธิ์เมตริกซ์ที่เชื่อมโยง y เข้ากับตัวแปรสังเกตุได้และตัวแปรแฝงภายใน, $\eta$ คือเว็คเตอร์ของตัวแปรแฝงภายใน และ $\varepsilon$ คือเว็คเตอร์ของความคลาดเคลื่อนในการวัดของตัวแปรภายใน ตัวอย่างของแบบจำลองการวัดดังแสดงในรูปที่ 3.1



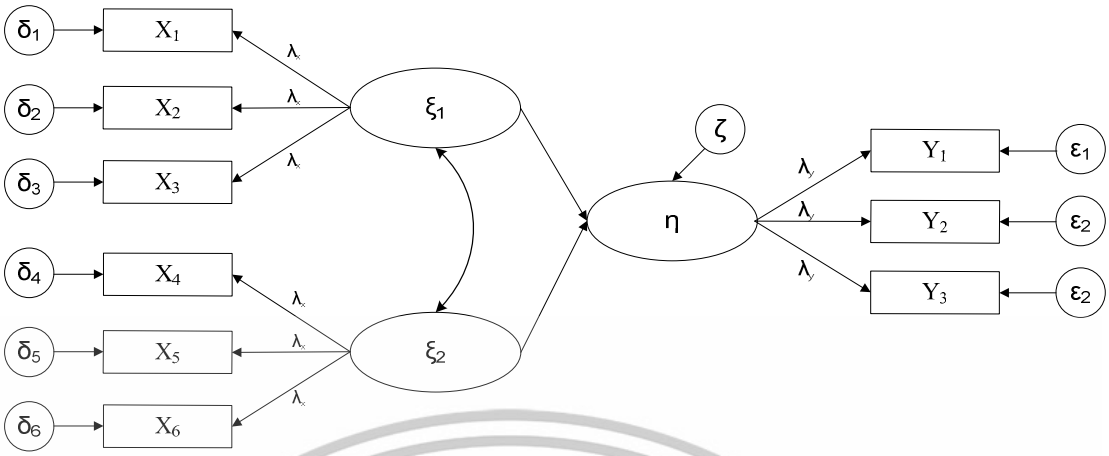

**รูปที่ 3.1** แบบจำลองการวัด

3.2.2.2 แบบจำลองโครงสร้าง (Structural Model) เป็นแบบจำลองที่เชื่อมความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝงทั้งหมดเข้าด้วยกันเพื่อหาอิทธิพลทั้งทางตรงและทางอ้อมระหว่างตัวแปรแฝงเหล่านั้น ในการตรวจสอบแบบจำลองการวัดจะใช้การวิเคราะห์ความถดถอย (Regression Analysis) แบบจำลองโครงสร้างสามารถเขียนอธิบายเป็นสมการได้ดังต่อไปนี้

$$\eta = \beta\eta + \Gamma\xi + \zeta \qquad (3.3)$$

โดย $\eta$ คือเว็คเตอร์ของตัวแปรแฝงภายใน, $\beta$ คือสัมประสิทธิ์เมตริกซ์ที่เชื่อมโยง $\eta$ เข้ากับ $\eta$, $\Gamma$ คือสัมประสิทธิ์เมตริกซ์ที่เชื่อมโยง $\xi$ เข้ากับ $\eta$, $\xi$ คือเว็คเตอร์ของตัวแปรแฝงภายนอก, $\zeta$ คือเว็คเตอร์ของความคลาดเคลื่อนในสมการ ตัวอย่างของแบบจำลองโครงสร้างดังแสดงในรูปที่ 3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 3.2** แบบจำลองโครงสร้าง

**3.2.3 วิธีการวิเคราะห์แบบจำลองสมการโครงสร้าง**

ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้นว่าแบบจำลองสมการโครงสร้างมีองค์ประกอบหลัก 2 ส่วน คือ แบบจำลองการวัดและแบบจำลองโครงสร้าง การวิเคราะห์แบบจำลองการวัดจะใช้การวิเคราะห์ปัจจัย ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 2 วิธีคือ การวิเคราะห์ปัจจัยเชิงสำรวจ (Exploratory Factor Analysis, EFA) ซึ่งเป็นการศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรสังเกตุได้โดยไม่ทราบโครงสร้างความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรเหล่านี้มาก่อน จึงต้องมีการวิเคราะห์เพื่อจัดกลุ่มหรือตัดตัวแปรที่ไม่เกี่ยวข้องออก ขณะที่การวิเคราะห์ปัจจัยเชิงยืนยัน (Confirmatory Factor Analysis, CFA) เป็นการวิเคราะห์เพื่อยืนยันกลุ่มตัวแปรที่ใช้เนื่องจากทราบโครงสร้างความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแล้วจากงานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง สำหรับการศึกษานี้จะใช้การวิเคราะห์ปัจจัยเชิงยืนยันเพื่อยืนยันความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตุได้และตัวแปรแฝงในแบบจำลองการวัด เนื่องจากมีงานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องรองรับอยู่แล้ว ในส่วนของแบบจำลองโครงสร้างนั้นจะใช้การวิเคราะห์ความถดถอย (Regression Analysis) เพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝงตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

3.2.3.1 การวิเคราะห์ปัจจัยเชิงยืนยัน (Confirmatory Factor Analysis)

การวิเคราะห์ปัจจัยเชิงยืนยันเป็นการทดสอบ เพื่อยืนยันความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตุได้และตัวแปรแฝงตามทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่นำมาใช้เป็นพื้นฐานในการจัดทำแบบจำลองการวัดว่าเป็นไปตามที่คาดหวังไว้หรือไม่โดยใช้วิธีความน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum Likelihood: ML) เพื่อประมาณค่าน้ำหนักปัจจัย (Factor Loading), ค่าแปรปรวนร่วมของค่าเฉพาะ (Unique Variance) และค่าแปรปรวนร่วมของปัจจัย โดยที่ตัวแปรสังเกตุได้ต้องเป็นตัวแปรเชิงปริมาณ ตัวอย่างมีขนาดใหญ่ประมาณ 20 ตัวอย่างต่อ 1 พารามิเตอร์ และมีการแจกแจงแบบปกติ (Kline, 2011) การวิเคราะห์ปัจจัยเชิงยืนยันสามารถแบ่งย่อยได้เป็น 2 ขั้นตอนคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) การวิเคราะห์ปัจจัยเชิงยืนยันอันดับ 1 เพื่อตรวจสอบว่าตัวแปรสังเกตุได้สามารถอธิบายตัวแปรแฝงที่เกี่ยวข้องได้หรือไม่

2) การวิเคราะห์ปัจจัยเชิงยืนยันอันดับ 2 เพื่อตรวจสอบว่าตัวแปรแฝงและตัวแปรสังเกตุได้จากการวิเคราะห์ปัจจัยเชิงยืนยันอันดับที่ 1 สามารถอธิบายตัวแปรแฝงที่เกี่ยวข้องในอันดับที่สูงขึ้นไปได้หรือไม่

การตรวจสอบความสอดคล้องของแบบจำลองกับข้อมูลเชิงประจักษ์จะใช้สถิติหลายตัว อาทิ Chi-Square, GFI, RMSEA, NFI, TLI

3.2.3.2 การวิเคราะห์ความถดถอย (Regression Analysis)

การวิเคราะห์ความถดถอยเป็นการตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไป เพื่อหาว่าตัวแปรต้นมีอิทธิพลต่อตัวแปรตามอย่างไร โดยที่ความสัมพันธ์นี้จะอยู่ในรูปเชิงเส้นหรือไม่ก็ได้ แต่ในการวิเคราะห์แบบจำลองสมการโครงสร้างจะเป็นการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ที่อยู่ในรูปเชิงเส้นเป็นหลักและมีตัวแปรต้นมากกว่า 1 ตัว (Multiple Regression Analysis) การวิเคราะห์ความถดถอยสามารถแบ่งย่อยได้เป็น 2 ประเภท คือ

1) การวิเคราะห์ความถดถอยอย่างง่าย (Simple Regression Analysis) เป็นการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้น 1 ตัวและตัวแปรตาม 1 ตัว โดยที่ตัวแปรทั้งสองเป็นตัวแปรเชิงปริมาณ

2) การวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุ (Multiple Regression Analysis) เป็นการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้นมากกว่า 1 ตัวและตัวแปรตาม 1 ตัว โดยที่ตัวแปรทั้งสองเป็นตัวแปรเชิงปริมาณ

การพิจารณาอิทธิพลที่ตัวแปรต้นมีต่อตัวแปรตามจะพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอย ($\beta$) และค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ ($R^2$)

**3.2.4 การจัดการข้อมูลสำหรับวิเคราะห์แบบจำลองสมการโครงสร้าง**

การจัดการข้อมูลเป็นขั้นตอนที่สำคัญมากเนื่องจากวิธีการวิเคราะห์หลายวิธีในแบบจำลองสมการโครงสร้างจะมีการกำหนดเงื่อนไขจำเพาะเกี่ยวกับการแจกแจงของข้อมูลซึ่งต้องได้รับการยึดถืออย่างเคร่งครัดเพื่อไม่ให้ผลลัพธ์ที่ได้มีความเบี่ยงเบน นอกจากนี้ปัญหาที่เกิดจากความผิดพลาดในการจัดเตรียมรูปแบบและกลั่นกรองข้อมูลอาจทำให้โปรแกมสำเร็จรูปคำนวนผลลัพธ์ออกมาไม่สมเหตุผลจนอาจทำให้ผู้วิจัยตีความว่าเกิดจากการจัดทำแบบจำลองที่ผิดพลาด

3.2.4.1 รูปแบบข้อมูล

ในการศึกษานี้จะใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Amos ซึ่งสามารถนำเข้าข้อมูลได้ 3 รูปแบบ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.4.1.1 แฟ้มข้อมูลดิบ (Raw Data File)

คือข้อมูลจริงของตัวแปรสังเกตุที่ผู้วิจัยเก็บมาได้ โดยปกติจะเป็นข้อมูลเชิงปริมาณของตัวแปรสังเกตุได้ การใช้แฟ้มข้อมูลดิบมีข้อดีคือสามารถตรวจสอบการแจกแจงแบบปกติและความครบถ้วนของข้อมูลได้ โปรแกรมสำหรับเร็จรูปสามารถรองรับข้อมูลที่เป็นแฟ้มข้อมูลดิบหรือเมตริกซ์ค่าแปรปรวนได้ ถ้าผู้วิจัยป้อนข้อมูลที่เป็นแฟ้มข้อมูลดิบ โปรแกรมจะสร้างเมตริกซ์ขึ้นมาเองและทำการวิเคราะห์จากเมตริกซ์นี้

3.2.4.1.2 ข้อมูลเมตริกซ์ค่าแปรปรวนร่วม (Covariance Matrix)

เป็นเมตริกซ์ค่าแปรปรวนร่วมของตัวแปรสังเกตุได้ โดยโปรแกรมสำเร็จรูปส่วนใหญ่ยอมรับค่าเมตริกซ์ที่อยู่ด้านล่างของเส้นทแยงมุม (Lower diagonal form) และค่าเมตริกซ์ควรมีความละเอียดถึงทศนิยมระดับที่ 4 เพื่อลดความคลาดเคลื่อนในการปัดเศษของโปรแกรม

3.2.4.1.3 ข้อมูลเมตริกซ์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Matrix)

เป็นเมตริกซ์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรสังเกตุได้ที่อยู่ด้านล่างของเส้นทแยงมุมเช่นเดียวกับเมตริกซ์ค่าแปรปรวนร่วม แต่การใช้เมตริกซ์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อาจมีปัญหาได้ถ้าเมตริกซ์นั้นไม่แสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) หรือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานถูกกำหนดไว้เท่ากับ 1 ซึ่งทำให้ข้อมูลทั้งหมดอยู่ในรูปมาตรฐาน (Standardized) ในขณะที่วิธีประมาณค่าพารามิเตอร์ที่นิยมใช้กันอย่างวิธีความควรจะเป็นสูงสุด (Maximum Likelihood, ML) จะถือว่าตัวแปรไม่อยู่รูปมาตรฐาน (Unstandardized) ทำให้การนำข้อมูลข้อมูลเมตริกซ์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มาใช้ต้องระวังประเด็นนี้ให้ดี

3.2.4.2 การกลั่นกรองข้อมูล (Data Screening)

ก่อนการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปควรมีการกลั่นกรองข้อมูลและหากพบว่าข้อมูลมีความผิดปกติไปจากเงื่อนไขของการวิเคราะห์ก็ควรปรับแก้ก่อนเพื่อป้องกันความผิดพลาดที่จะเกิดขึ้นกับผลการวิเคราะห์โดยมีประเด็นที่ควรพิจารณาดังต่อไปนี้

3.2.4.2.1 ความเป็นบวกแน่นอน (Positive Definite, PD)

ข้อมูลเมตริกซ์ที่จะนำมาใช้ในการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปต้องมีคุณสมบัติสำคัญที่เรียกว่า ความเป็นบวกแน่นอน (Positive Definite, PD) ซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับวิธีประมาณค่าพารามิเตอร์ส่วนใหญ่ หากเมตริกซ์ที่ใช้ไม่มีความเป็นบวกแน่นอน (Non-Positive Definite, NPD) จะทำให้ไม่สามารถวิเคราะห์ได้

3.2.4.2.2 สภาวะร่วมหลายตัวแปร (Multicollinearity)

สภาวะร่วมหลายตัวแปรเกิดขึ้นเมื่อตัวแปรต่างกันหลายตัววัดสิ่งเดียวกัน ทำให้เกิดการทำหน้าที่ทับซ้อนกัน ส่งผลให้ข้อมูลตกอยู่ในสภาวะ NPD สามารถตรวจสอบได้จากการคำนวนค่า Square Multiple Correlation ($R^2_{smc}$) ของตัวแปรสังเกตุได้แต่ละตัวกับตัวแปรสังเกตุได้อื่นๆ ถ้าผลลัพธ์มากกว่า 0.9 หรือคำนวนค่าสถิติ Tolerance น้อยกว่า 0.10 หรือค่าสถิติ Variance Inflation Factor (VIF) มากกว่า10 แสดงว่าเกิดสภาวะร่วมหลายตัวแปรอย่างรุนแรง ทำให้ต้องมีการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัดตัวแปรบางตัวที่มีความสัมพันธ์กันออกจากการวิเคราะห์ หรือนำผลบวกค่าเฉลี่ยของตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กันมากมาใช้ในการวิเคราะห์ การตรวจสอบสภาวะร่วมด้วยค่าสถิติเหล่านี้สามารถทำได้โดยใช้โปรแกรม SPSS

3.2.4.2.3 ข้อมูลที่มีค่าผิดปกติ (Outliers)

เป็นข้อมูลที่มีค่าสูงหรือต่ำมากจนแตกต่างกับข้อมูลที่เหลืออย่างเห็นได้ชัด อาจเกิดจากความผิดพลาด เช่น ความผิดพลาดในการสังเกตุ, การเก็บข้อมูลและการป้อนข้อมูล เป็นต้น ส่งผลให้ข้อมูลตกอยู่ในสภาวะ NPD ซึ่งสามารถตรวจสอบได้จากการพล็อตกราฟข้อมูล หรือหาค่าคะแนนมาตรฐาน z score ของตัวแปรหากมีค่ามากกว่า +3 หรือน้อยกว่า -3 ($|z| > 3.00$) แสดงว่าเป็นข้อมูลที่มีค่าผิดปกติ

3.2.4.2.4 ข้อมูลสูญหาย (Missing Data)

ในทางปฏิบัตินักวิจัยต้องการทำงานกับข้อมูลที่มีความครบถ้วน การป้องกันการสูญหายของข้อมูลจึงเป็นสิ่งควรกระทำตั้งแต่แรก การออกแบบแบบสอบถามที่ชัดเจน เข้าใจง่าย จะช่วยป้องกันข้อคำถามที่จะถูกข้ามไปรวมไปถึงการตรวจสอบแบบสอบถามที่เก็บมาได้ก่อนนำไปวิเคราะห์ การที่ข้อมูลสูญหายจะส่งผลให้ข้อมูลตกอยู่ในสภาวะ NPD วิธีรับมือกับข้อมูลสูญหายสามารถทำได้โดยการตัดตัวอย่างที่ข้อมูลสูญหายออก, การประมาณค่าข้อมูลที่สูญหายด้วยการหาค่าเฉลี่ยหรือค่าจากการวิเคราะห์ความถดถอย

3.2.4.2.5 การแจกแจงแบบปกติหลายตัวแปร (Multivariate Normality)

การประมาณค่าพารามิเตอร์ในแบบจำลองสมการโครงสร้างด้วยวิธีความน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum Likelihood, ML) ไม่สามารถวิเคราะห์ข้อมูลที่มีการสูญหายได้และจะถือว่าตัวแปรตามจะต้องมีการแจกแจงแบบปกติหลายตัวแปร ซึ่งหมายความว่าตัวแปรแต่ละตัวต้องมีการแจกแจงแบบปกติ, การแจกแจงร่วมของตัวแปรแต่ละคู่ใดก็ตามต้องเป็นแบบปกติ, ค่าการกระจายสองตัวแปรเป็นลักษณะเชิงเส้นและค่าความคลาดเคลื่อนคงที่ ข้อมูลที่ไม่มีการแจกแจงแบบปกติจะต้องถูกเปลี่ยนลักษณะข้อมูลด้วยวิธีการทางคณิตศาสตร์หรือเก็บข้อมูลตัวอย่างเพิ่มเติม

3.2.4.2.6 การแจกแจงแบบปกติตัวแปรเดี่ยว (Univariate Normality)

สามารถตรวจสอบได้จากค่าความเบ้ (Skewness) และค่าความโด่ง (Kurtosis) จากการพล็อตกราฟของข้อมูล ถ้าค่าทั้งสองเข้าใกล้ศูนย์มากหรือเท่ากับศูนย์จะถือว่าข้อมูลมีความสมมาตรและแจกแจงแบบปกติ หากข้อมูลมีการเบ้ซ้ายหรือเบ้ขวาและ/หรือความโด่งเป็นบวกหรือเป็นลบแสดงว่าข้อมูลมีการแจกแจงแบบไม่ปกติ ข้อมูลที่มีการแจกแจงแบบไม่ปกติจะต้องถูกเปลี่ยนลักษณะข้อมูลด้วยวิธีการทางคณิตศาสตร์ หรือเก็บข้อมูลตัวอย่างเพิ่มเติม

3.2.4.2.7 การเปลี่ยนลักษณะข้อมูล (Transformations)

เมื่อพบว่าข้อมูลมีการแจกแจงแบบไม่ปกติจากการตรวจสอบค่าความเบ้และค่าความโด่งแล้ว ผู้วิจัยอาจแก้ปัญหาด้วยการเก็บข้อมูลตัวอย่างเพิ่ม หรือด้วยการเปลี่ยนลักษณะของข้อมูลผ่านวิธีการทางคณิตศาสตร์เพื่อให้ข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติมากขึ้นด้วยวิธีการต่างๆ เช่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) หากข้อมูลเบ้บวก (Positive Skew) หรือเบ้ลบ (Negative Skew) ให้เปลี่ยนข้อมูลเป็นค่ารากที่สอง (เปลี่ยนจาก x เป็น $x^{1/2}$)

2) หากข้อมูลมีค่าผิดปกติทั้งสองด้าน ให้เปลี่ยนข้อมูลเป็นค่ารากที่สาม (เปลี่ยนจาก x เป็น $x^{1/3}$)

3) หากข้อมูลมีค่าความโด่งเป็นลบ (Negative Kurtosis) ให้เปลี่ยนข้อมูลเป็นค่ายกกำลังสาม (เปลี่ยนจาก x เป็น $x^{3}$)

วิธีการทางคณิตศาสตร์เหล่านี้จะช่วยปรับค่าผิดปกติให้เข้าใกล้ค่าเฉลี่ยมากขึ้นเพื่อให้มีการแจกแจงแบบปกติ แต่เมื่อเปลี่ยนแปลงข้อมูลแล้วผู้วิจัยจะต้องสามารถอธิบายความหมายของข้อมูลได้ด้วย

3.2.4.2.8 ความสัมพันธ์เชิงเส้นและความคงที่ของค่าความคลาดเคลื่อน (Linearity and Homoscedasticity)

เป็นองค์ประกอบสำคัญของการแจกแจงแบบปกติหลายตัวแปร การเกิดความไม่คงที่ของค่าความคลาดเคลื่อน (Heteroscedasticity) เป็นผลมาจากข้อมูลมีการแจกแจงแบบไม่ปกติ สามารถตรวจสอบได้ด้วยการพล็อตกราฟการกระจายตัว (Scatter Plot) หากข้อมูลมีค่าที่ผิดปกติ (Outlier) จะทำให้เกิดปัญหาความไม่คงที่ของค่าความคลาดเคลื่อน (Heteroscedasticity) ซึ่งสามารถแก้ไขได้ด้วยวิธีการเปลี่ยนลักษณะข้อมูลข้างต้น

3.2.4.2.9 ค่าความแปรปรวนสัมพัทธ์ (Relative Variance)

เมตริกซ์ค่าความแปรปรวนที่มีสัดส่วนระหว่างค่าความแปรปรวนสูงสุดและต่ำสุดมากกว่า 10 จะถือว่าเป็นเมตริกซ์ที่มีสัดส่วนไม่เหมาะสม ซึ่งอาจสร้างปัญหาในการวิเคราะห์แบบจำลองสมการโครงสร้างเนื่องจากวิธีการวิเคราะห์ส่วนใหญ่ในโปรแกรมสำเร็จรูปจะเป็นการทำซ้ำ (Iterative) เพื่อให้ได้ค่าประมาณที่ดีขึ้นในแต่ละรอบจนเข้าสู่ค่าคงที่แล้วโปรแกรมจึงจะหยุดการวิเคราะห์ หากเมตริกซ์ค่าความแปรปรวนมีค่าแตกต่างกันมากโปรแกรมอาจจะไม่สามารถทำการวิเคราะห์ได้ เพื่อป้องกันปัญหานี้ ตัวแปรที่มีค่าความแปรปรวนสูงหรือต่ำมากต้องถูกปรับสัดส่วนใหม่ด้วยการคูณด้วยค่าคงที่

3.2.4.3 การตรวจสอบความเชื่อถือได้ (Score Reliability)

คือขอบเขตของคะแนนในตัวอย่างจำเพาะที่ปราศจากความคลาดเคลื่อนในการวัดซึ่งถูกประมาณจากค่าสัดส่วนของความแปรปรวนที่สังเกตุได้ทั้งหมดนำไปลบออกจาก 1 ค่าที่ได้เรียกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อถือได้ (Reliability Coefficient) เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ $r_{xx}$ ค่าสถิติที่ใช้วัดค่าความเชื่อถือได้คือ Cronbach's Alpha ซึ่งใช้วัดความสอดคล้องภายในโดยดูว่าผู้ตอบแบบสอบถามสามารถตอบคำถามต่างๆกันในประเด็นเดียวกันสอดคล้องกันหรือไม่ แต่ในการวิเคราะห์ตัวแปรสังเกตุได้ยังไม่มีมาตรฐานกำหนดไว้ชัดเจนสำหรับค่าสัมประสิทธิ์ประสิทธิ์ความเชื่อถือได้ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0 (ไม่สอดคล้อง) ถึง 1 (สอดคล้องสมบูรณ์)อย่างไรก็ตามถ้าค่าสัมประสิทธิ์อยู่ประมาณ 0.9 จะถือว่ามีความสอดคล้องกันดีมาก ถ้ามีค่าอยู่ประมาณ 0.8 จะถือว่ามีความสอดคล้องดี และถ้ามีค่าอยู่ประมาณ 0.7 จะถือว่ามีความสอดคล้องเพียงพอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.4.4 การตรวจสอบความตรง (Score Validity)

เป็นการตรวจสอบว่าเครื่องมือวัดและผลลัพธ์ที่ได้ในการวิจัยสามารถช่วยให้ผู้วิจัยบรรลุเป้าหมายที่ต้องการได้หรือไม่ โดยพิจารณาประเด็นสำคัญคือ

1) ความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง (Construct Validity) เป็นการตรวจสอบว่าแบบสอบถามที่ใช้ครอบคลุมทุกองค์ประกอบของเรื่องที่ต้องการศึกษาตามทฤษฎีที่เกี่ยวข้องหรือไม่
2) ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) เป็นการตรวจสอบว่าแบบสอบถามที่ใช้แต่ละข้อครอบคลุมเนื้อหาสำคัญของสิ่งที่ต้องการวัดหรือไม่

**3.2.5 ขั้นตอนการทดสอบแบบจำลองสมการโครงสร้าง**

หลังจากทบทวนวรรณกรรมและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องจนสามารถตั้งสมมติฐานและเก็บข้อมูลตัวอย่างได้แล้ว ต่อไปคือการทดสอบแบบจำลองสมการโครงสร้าง สำหรับการศึกษานี้จะใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Amos ในการทดสอบโดยมีขั้นตอนดังแสดงในรูปที่ 3.3

**รูปที่ 3.3** ขั้นตอนการทดสอบแบบจำลองสมการโครงสร้าง

3.2.5.1 การกำหนดลักษณะของแบบจำลอง (Model Specification)

การกำหนดลักษณะของแบบจำลองเป็นการนำเสนอสมมติฐานโดยเขียนเป็นแผนภาพเส้นทางและใช้สัญลักษณ์แทนตัวแปรสังเกตุได้และตัวแปรแฝงเพื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหล่านี้ตามทฤษฎีหรืองานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ได้ทำการศึกษามาเพื่อตั้งสมมติฐาน ซึ่งโปรแกรมจะทำการคำนวนและวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ต่างๆจากข้อมูลตัวอย่างที่เก็บมา การกำหนดลักษณะของแบบจำลองถือเป็นขั้นตอนสำคัญที่สุดเนื่องจากผลลัพธ์จากขั้นต่อไปจะถือว่าได้คำนวนจากแบบจำลองที่ถูกต้องแล้วในขั้นนี้ (Kline, 2011)

3.2.5.2 ความสามารถในการระบุค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลอง (Model Identification)

แบบจำลองจะมีความสามารถในการระบุค่าพารามิเตอร์ได้เมื่อมีความเป็นไปได้ทางทฤษฎีที่โปรแกรมสำเร็จรูปจะสามารถหาค่าประมาณสำหรับพารามิเตอร์แต่ละตัวได้เพียงค่าเดียว ในการตรวจสอบเพื่อระบุค่าพารามิเตอร์จะพบว่าแบบจำลองสามารถปรากฏได้เป็น 3 ลักษณะคือ

1) แบบจำลองที่ระบุค่าพารามิเตอร์ไม่ได้ (Under-identified Model) เป็นแบบจำลองที่มีจำนวนพารามิเตอร์อิสระ (Free Parameters) มากกว่าจำนวนค่าแปรปรวนร่วมในเมตริกซ์ค่าแปรปรวนที่โปรแกรมสำเร็จรูปใช้ในการคำนวน (Observations) จำนวนค่าแปรปรวนร่วมที่ใช้ในการคำนวนหาได้จากสูตร $v(v+1)/2$ โดยที่ $v$ เท่ากับจำนวนตัวแปรสังเกตุได้ ผลต่างระหว่างจำนวนพารามิเตอร์อิสระกับจำนวนค่าแปรปรวนร่วมที่ใช้ในการคำนวนนี้เรียกว่า ค่าระดับความเป็นอิสระ (Degrees of Freedom, df) สำหรับแบบจำลองที่ระบุความเป็นค่าเดียวไม่ได้ จำนวนค่าระดับความเป็นอิสระจะติดลบ ($df < 0$) ส่งผลให้โปรแกรมไม่สามารถคำนวนต่อไปได้

2) แบบจำลองที่ระบุค่าพารามิเตอร์ได้พอดี (Just-identified Model) เป็นแบบจำลองที่มีจำนวนพารามิเตอร์อิสระ (Free Parameters) เท่ากับจำนวนค่าแปรปรวนร่วมในเมตริกซ์ค่าแปรปรวนที่โปรแกรมสำเร็จรูปใช้ในการคำนวน (Observations) ทำให้ค่าระดับความเป็นอิสระเท่ากับศูนย์ ($df = 0$) แต่จากมุมมองของการวิเคราะห์แบบจำลองลักษณะนี้ไม่น่าสนใจเนื่องจากมีความสอดคล้องกับข้อมูลอย่างสมบูรณ์และไม่สามารถทดสอบสมมติฐานจำเพาะบางอย่างได้

3) แบบจำลองที่ระบุค่าเป็นค่าพารามิเตอร์ได้มากกว่า (Over-identified Model) เป็นแบบจำลองที่มีจำนวนพารามิเตอร์อิสระ (Free Parameters) น้อยกว่าจำนวนค่าแปรปรวนร่วมในเมตริกซ์ค่าแปรปรวนที่โปรแกรมสำเร็จรูปใช้ในการคำนวน (Observations) ทำให้ค่าระดับความเป็นอิสระมากกว่าศูนย์ ($df > 0$) ถึงแม้แบบจำลองลักษณะนี้จะไม่สอดคล้องกับข้อมูลอย่างสมบูรณ์แบบเนื่องจากเกิดความเป็นไปได้ที่จะมีความแตกต่างระหว่างข้อมูลและแบบจำลอง แต่ Raykov and Marcoulides (2000) อธิบายว่าค่าระดับความเป็นอิสระแต่ค่าละเปรียบเสมือนโอกาสที่แบบจำลองจะถูกปฏิเสธ แบบจำลองที่มีค่าระดับความเป็นอิสระมากกว่าจึงผ่านโอกาสที่จะถูกปฏิเสธมากกว่ามาได้ ความเห็นนี้สอดคล้องกับหลักการเลือกสมมติฐานที่ง่ายกว่า (Parsimony Principle) ว่าถ้าแบบจำลองสองชุดสอดคล้องกับข้อมูลเดียวกัน แบบจำลองที่ซับซ้อนน้อยกว่าจะถูกเลือกตราบเท่าที่แบบจำลองมีความเป็นไปได้ทางทฤษฎี ในการทดสอบความสอดคล้องของแบบจำลองกับข้อมูลเชิงประจักษ์ที่รวบรวมมาได้จำเป็นต้องใช้แบบจำลองที่สามารถระบุค่าพารามิเตอร์ได้มากกว่า (Over-identified Model) หรือมีค่าระดับความเป็นอิสระมากกว่าศูนย์ หากแบบจำลองมีค่าระดับความเป็นอิสระเท่ากับหรือน้อยกว่าศูนย์ ผู้วิจัยจำเป็นต้องปรับปรุงแบบจำลองด้วยการตัดพารามิเตอร์ที่ไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทราบค่าออกหรือกำหนดค่าคงที่ให้พารามิเตอร์บางตัวเพื่อหาทางทำให้ค่าระดับความเป็นอิสระมากกว่าศูนย์ให้ได้

3.2.5.3 การประมาณค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลอง (Estimation)

ในขั้นตอนนี้จะเป็นการประมาณค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองโดยพิจารณาโปรแกรมสำเร็จรูปจะพยายามทำให้ผลต่างระหว่างเมตริกซ์ค่าแปรปรวน-ค่าแปรปรวนร่วมของข้อมูลเชิงประจักษ์ กับเมตริกซ์ค่าแปรปรวน-ค่าแปรปรวนร่วมของแบบจำลองเหลือน้อยที่สุด ด้วยการประมาณค่าพารามิเตอร์เบื้องต้นของแบบจำลองเทียบกับค่าพารามิเตอร์ของข้อมูลตัวอย่างและทำซ้ำเป็นรอบๆ จนค่าความแตกต่างเหลือน้อยที่สุดหรือไม่มีการเปลี่ยนแปลงจึงหยุดทำงาน วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองในโปรแกรม Amos มีหลายวิธีแต่สำหรับการศึกษานี้จะใช้วิธีความน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum Likelihood, ML) ซึ่งเป็นหลักการทางสถิติในการประมาณค่าพารามิเตอร์ โดยค่าพารามิเตอร์ที่ได้จะเป็นค่าที่ทำให้เกิดความน่าจะเป็นสูงสุดที่ข้อมูลจะถูกเลือกจากประชากรที่ศึกษา วิธีความน่าจะเป็นสูงสุดมีเงื่อนไขว่าข้อมูลของตัวแปรสังเกตุได้มีการแจกแจงแบบปกติหลายตัวแปรและตัวอย่างที่ใช้ควรมีขนาดใหญ่

3.2.5.4 การตรวจสอบความสอดคล้องของแบบจำลอง (Goodness-of-Fit)

ในขั้นตอนนี้จะเป็นการใช้โปรแกรมสำเร็จรูปวิเคราะห์ความสอดคล้องของแบบจำลองเพื่อดูว่าแบบจำลองสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์หรือสามารถใช้อธิบายข้อมูลเชิงประจักษ์ได้ดีเพียงใดซึ่งสามารถพิจารณาจากผลต่างระหว่างเมตริกซ์ค่าแปรปรวนร่วมของแบบจำลองกับเมตริกซ์ค่าแปรปรวนร่วมของข้อมูลเชิงประจักษ์ดังที่ได้กล่าวมา สำหรับแบบจำลองที่มีความสอดคล้องดีค่าความแตกต่างนี้จะน้อยมากหรือเป็นศูนย์ ดัชนีที่ใช้ตรวจสอบความสอดคล้องของแบบจำลองมีดังต่อไปนี้

1) Chi-Square ($\chi^2$) หรือ ในโปรแกรม Amos เรียกว่า CMIN คำนวนได้จากสูตร $\chi^2 = (n-1)F_{ML}$ โดยที่ n = ขนาดตัวอย่าง, $F_{ML}$ = ค่าสถิติในการตรวจสอบความสอดคล้องโดยวิธีความน่าจะเป็นสูงสุด โดยมีสมมติฐานในการทดสอบคือ

$H_0$: เมตริกซ์ค่าแปรปรวนร่วมของแบบจำลอง = เมตริกซ์ค่าแปรปรวนร่วมของข้อมูลเชิงประจักษ์

$H_1$: เมตริกซ์ค่าแปรปรวนร่วมของแบบจำลอง ≠ เมตริกซ์ค่าแปรปรวนร่วมของข้อมูลเชิงประจักษ์

โดยปกตินักวิจัยต้องการค่าไคสแควร์ที่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติเพื่อแสดงให้เห็นว่าแบบจำลองมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาจากสูตรจะพบว่าค่าไคสแควร์อ่อนไหวต่อจำนวนตัวอย่างเนื่องจากเมื่อจำนวนตัวอย่างเพิ่มขึ้น (มากกว่า 200) ค่าไคสแควร์มีแนวโน้มที่จะมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่เมื่อจำนวนตัวอย่างลดลง (น้อยกว่า 100) ค่าไคสแควร์มีแนวโน้มที่จะไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ข้อมูลตัวแปรสังเกตุได้ที่นำมาใช้ต้องมีการแจกแจงแบบปกติหลายตัวแปรด้วย (Schumacker

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

and Lomax, 2010) เพื่อป้องกันความผิดพลาดในการตีความผลการตรวจสอบผู้วิจัยควรพิจารณาค่าสถิติอื่นประกอบด้วย

2) Relative Chi-Square ($\chi^2$/df) หรือ ในโปรแกรม Amos เรียกว่า CMIN/DF เป็นสถิติไคสแควร์ที่ถูกปรับลดความอ่อนไหวต่อขนาดตัวอย่างโดยการนำค่าไคสแควร์หารด้วยค่าระดับความเป็นอิสระ อย่างไรก็ตามยังไม่มีแนวทางที่ชัดเจนในการตีความผลลัพธ์ที่ได้ว่ามีค่าเท่าใดถึงจะยอมรับได้ เช่น Carmines & McIver (1983) ระบุว่าหากค่า CMIN/DF ไม่เกิน 2 จะถือว่าแบบจำลองมีความสอดคล้อง ในขณะที่ Kline (1998) ระบุว่าหาค่า CMIN/DF ไม่เกิน 3 จะถือว่าแบบจำลองมีความสอดคล้อง

3) Goodness-of-Fit Index (GFI) ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อวัดความแปรปรวนและความแปรรวนร่วมในเมตริกซ์ค่าแปรปรวนร่วมของข้อมูลเชิงประจักษ์ซึ่งถูกทำนายด้วยเมตริกซ์ค่าแปรปรวนร่วมของแบบจำลอง GFI มีค่าอยู่ระหว่าง 0 (ไม่สอดคล้อง) ถึง 1.0 (สอดคล้องสมบูรณ์) คำนวนได้จากสูตร GFI = 1-[ $\chi^2_{model}/\chi^2_{ind}$] โดยที่ $\chi^2_{ind}$ คือค่าไคสแควร์ของแบบจำลองอิสระที่มีค่าระดับความเป็นอิสระ df เท่ากับ 15 (Joreskog and Sorbom, 1988; Schumacker and Lomax, 2010) อย่างไรก็ตาม GFI ก็มีข้อจำกัดที่ควรพิจารณาคือค่า GFI จะเพิ่มลดตามขนาดตัวอย่าง ในทางกลับกันเมื่อค่าระดับความเป็นอิสระมีค่าสูงเมื่อเทียบกับขนาดตัวอย่างจะทำให้ค่า GFI ต่ำ

4) Adjusted Goodness-of-Fit Index (AGFI) เป็นค่า GFI ที่ถูกปรับตามค่าระดับความเป็นอิสระของแบบจำลองให้สอดคล้องกับจำนวนของตัวแปร AGFI มีค่าอยู่ระหว่าง 0 (ไม่สอดคล้อง) ถึง 1.0 (สอดคล้องสมบูรณ์) คำนวนได้จากสูตร AGFI = 1-[(k/df)(1-GFI)] โดยที่ k คือจำนวนค่าแปรปรวนร่วมของตัวแปรสังเกตุได้ คำนวนจากสูตร k = v(v+1)/2 เมื่อ v = จำนวนตัวแปรสังเกตุได้

5) Comparative Fit Index (CFI) หรือ ดัชนีความสอดคล้องเปรียบเทียบเบนท์เลอร์ (Bentler Comparative Fit Index) เป็นดัชนีที่วัดความเปลี่ยนแปลงของความสอดคล้องที่เกิดขึ้นของแบบจำลองของนักวิจัยเทียบกับแบบจำลองพื้นฐานหรือแบบจำลองอิสระ (แบบจำลองที่ค่าแปรปรวนร่วมระหว่างตัวแปรสังเกตุได้เป็นศูนย์) มีค่าอยู่ระหว่าง 0 (ไม่สอดคล้อง) ถึง 1.0 (สอดคล้องสมบูรณ์) คำนวนได้จากสูตร

CFI = 1-[( $\chi^2_{model}$-$df_{model}$)/($\chi^2_{base}$-$df_{base}$)]

6) Normed Fit Index (NFI) เป็นดัชนีที่ปรับขอบเขตของค่าไคสแควร์ให้มีค่าอยู่ระหว่าง 0 (ไม่สอดคล้อง) ถึง 1.0 (สอดคล้องสมบูรณ์) ถูกใช้เพื่อเปรียบเทียบแบบจำลองพื้นฐานกับแบบจำลองเต็มรูปแบบหรือแบบจำลองตามสมมติฐาน คำนวนได้จากสูตร

NFI = ($\chi^2_{base}$-$\chi^2_{model}$)/$\chi^2_{base}$

NFI มีแนวโน้มที่จะมีค่าต่ำถ้าตัวอย่างมีขนาดเล็ก ในทางกลับกันแบบจำลองที่มีตัวแปรมากมีแนวโน้มที่ NFI จะมีค่าสูงกว่าแบบจำลองที่มีตัวแปรน้อยและซับซ้อนน้อยกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7) Incremental Fit Index (IFI) เป็นดัชนีที่ถูกปรับปรุงจาก NFI เพื่อลดผลกระทบจากขนาดตัวอย่าง มีค่าอยู่ระหว่าง 0 (ไม่สอดคล้อง) ถึง 1.0 (สอดคล้องสมบูรณ์) คำนวนได้จากสูตร $(\chi^2_{base}-\chi^2_{model})/(\chi^2_{base}-df_{model})$

8) Tucker-Lewis Index (TLI) ถูกจัดทำขึ้นสำหรับการวิเคราะห์ปัจจัยแต่ต่อมาถูกนำมาใช้กับแบบจำลองสมการโครงสร้าง มีค่าอยู่ระหว่าง 0 (ไม่สอดคล้อง) ถึง 1.0 (สอดคล้องสมบูรณ์) คำนวนได้จากสูตร
$[(\chi^2_{base}/df_{base})-(\chi^2_{model}/df_{model})]/[(\chi^2_{base}/df_{base})-1]$

9) Root Mean Square Error of Approximation (RMSEA) เป็นดัชนีที่วัดความไม่สอดคล้องเทียบกับค่าระดับความเป็นอิสระของแบบจำลอง แบบจำลองที่มีความสอดคล้องมากควรมีค่า RMSEA เข้าใกล้ศูนย์ เนื่องจาก RMSEA ไม่มีกำหนดเพดานค่าสูงสุด Schumacker and Lomax (2010) เสนอแนะว่า
   - ถ้า RMSEA ≤ 0.05 ถือว่าแบบจำลองมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์มาก
   - ถ้า 0.05 ≤ RMSEA ≤ 0.08 ถือว่าแบบจำลองมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์
   - ถ้า RMSEA > 0.08 ถือว่าแบบจำลองไม่มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์

ดัชนีตรวจสอบความสอดคล้องของแบบจำลอง (Goodness-of-Fit) ดังกล่าวสามารถสรุปได้ดังแสดงในตารางที่ 3.1

**ตารางที่ 3.1** ดัชนีตรวจสอบความสอดคล้องของแบบจำลอง

| ลำดับ | ดัชนีตรวจสอบความสอดคล้อง | ระดับที่ยอมรับได้ | การตีความผลลัพธ์ |
|---|---|---|---|
| 1 | Chi-Square ($\chi^2$) | 0 - ∞ | ค่า $\chi^2$ เข้าใกล้ 0 มากขึ้น แบบจำลองจะสอดคล้องมากขึ้น |
| 2 | Relative Chi-Square ($\chi^2$/df) | ≤ 3 | ค่า $\chi^2$/df ไม่เกิน 3 แสดงว่าแบบจำลองมีความสอดคล้อง |
| 3 | Goodness-of-Fit Index (GFI) | 0 (ไม่สอดคล้อง) ถึง 1 (สอดคล้องสมบูรณ์) | ค่า GFI เข้าใกล้ 1 มากขึ้น แบบจำลองจะสอดคล้องมากขึ้น |
| 4 | Adjusted Goodness-of-Fit Index (AGFI) | 0 (ไม่สอดคล้อง) ถึง 1 (สอดคล้องสมบูรณ์) | ค่า GFI เข้าใกล้ 1 มากขึ้น แบบจำลองจะสอดคล้องมากขึ้น |
| 5 | Comparative Fit Index (CFI) | 0 (ไม่สอดคล้อง) ถึง 1 (สอดคล้องสมบูรณ์) | ค่า CFI เข้าใกล้ 1 มากขึ้น แบบจำลองจะสอดคล้องมากขึ้น |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 3.1** (ต่อ)

| ลำดับ | ดัชนีตรวจสอบความสอดคล้อง | ระดับที่ยอมรับได้ | การตีความผลลัพธ์ |
|---|---|---|---|
| 6 | Normed Fit Index (NFI) | 0 (ไม่สอดคล้อง) ถึง 1 (สอดคล้องสมบูรณ์) | ค่า NFI เข้าใกล้ 1 มากขึ้น แบบจำลองจะสอดคล้องมากขึ้น |
| 7 | Incremental Fit Index (IFI) | 0 (ไม่สอดคล้อง) ถึง 1 (สอดคล้องสมบูรณ์) | ค่า IFI เข้าใกล้ 1 มากขึ้น แบบจำลองจะสอดคล้องมากขึ้น |
| 8 | Tucker-Lewis Index (TLI) | 0 (ไม่สอดคล้อง) ถึง 1 (สอดคล้องสมบูรณ์) | ค่า TLI เข้าใกล้ 1 มากขึ้น แบบจำลองจะสอดคล้องมากขึ้น |
| 9 | Root Mean Square Error of Approximation (RMSEA) | 0.05 – 0.08 | ▪ RMSEA ≤ 0.05 แบบจำลองสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์มาก<br>▪ 0.05 ≤ RMSEA ≤ 0.08 แบบจำลองสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์<br>▪ RMSEA > 0.08 แบบจำลองไม่สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ |

3.2.5.5 การตรวจสอบค่าพารามิเตอร์ในแบบจำลอง

Schumacker and Lomax (2010) แนะนำว่าเมื่อตรวจสอบความสอดคล้องของแบบจำลองกับข้อมูลเชิงประจักษ์จนสามารถสรุปได้ว่ามีความสอดคล้องแล้ว ควรมีการตรวจสอบค่าประเมินที่ได้ของพารามิเตอร์แต่ละตัวในแบบจำลองด้วย โดยมีขั้นตอนดังนี้

1) ตรวจสอบว่าค่าประเมินของพารามิเตอร์มีเครื่องหมายถูกต้องหรือไม่ (เป็นบวกหรือลบ)

2) ตรวจสอบว่าค่าประมาณของพารามิเตอร์อยู่นอกขอบเขตหรือเกินค่าที่คาดหวังไว้หรือไม่

3) ตรวจสอบนัยสำคัญทางสถิติของค่าประมาณของพารามิเตอร์ด้วยสถิติ Z หรือใน Amos เรียกค่า Critical Ratio (C.R.) ซึ่งเป็นค่าประมาณของพารามิเตอร์หารด้วยค่าคาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าประมาณของพารามิเตอร์

4) ทดสอบความไม่แปรปรวนของการวัดด้วยการกำหนดค่าประมาณของพารามิเตอร์ให้กลุ่มต่างๆกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.5.6 การปรับแบบจำลอง

หลังการตรวจสอบแบบจำลองแล้วพบว่าเมตริกซ์ค่าแปรปรวนร่วมของแบบจำลองไม่สอดคล้องกับเมตริกซ์ค่าแปรปรวนร่วมของข้อมูลเชิงประจักษ์ ผู้วิจัยอาจต้องปรับแบบจำลองแล้วตรวจสอบแบบจำลองที่ปรับใหม่จนกว่าจะมีความสอดคล้องและค่าพารามิเตอร์มีนัยสำคัญทางสถิติพอที่จะอธิบายความหมายได้ การปรับแบบจำลองมีข้อควรปฏิบัติดังนี้

1) ควรยึดถือแนวคิด ทฤษฎีที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองเป็นพื้นฐาน

2) เริ่มตรวจหาความไม่สอดคล้องแล้วปรับจากแบบจำลองการวัดก่อน แล้วจึงปรับแบบจำลองโครงสร้าง

3) ในการปรับแบบจำลองทุกรอบ ตรวจสอบค่าสัมประสิทธิ์ของพารามิเตอร์ว่าอยู่ในขอบเขตและมีทิศทางสอดคล้องกับที่คาดหวังหรือไม่

4) ตรวจสอบค่านัยสำคัญทางสถิติของพารามิเตอร์อิสระเพื่อดูว่าควรมีพารามิเตอร์ตัวใดถูกกำหนดค่าหรือไม่ (โดยปกติจะกำหนดเป็น 0 หรือ 1)

5) ตรวจสอบค่าดัชนีปรับเปลี่ยน (Modification Index, MI) ซึ่งเป็นค่าไคสแควร์ที่คาดว่าจะลดลงถ้าพารามิเตอร์ที่ถูกกำหนดค่าถูกเปลี่ยนเป็นพารามิเตอร์อิสระ เพื่อดูว่าพารามิเตอร์ที่ถูกกำหนดค่าตัวใดควรถูกเปลี่ยนเป็นพารามิเตอร์อิสระและประเมินค่าในแบบจำลองที่ปรับใหม่ เมื่อค่าไคสแควร์น้อยลงหรือเข้าสู่ศูนย์ แบบจำลองจะมีโอกาสสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์มากขึ้น ในโปรแกรม Amos สามารถทำได้โดยลากเส้นเชื่อมระหว่างตัวแปร 2 ตัวที่มีค่าดัชนีปรับเปลี่ยนสูงสุดจากการประเมินในแต่ละรอบ อย่างไรก็ตามมีประเด็นที่ต้องระวังในการใช้ค่าปรับเปลี่ยนคือ โปรแกรมอาจแสดงค่าปรับเปลี่ยนของตัวแปรผิดกฎ เช่น ค่าแปรปรวนร่วมระหว่างตัวแปรภายนอกกับค่าคลาดเคลื่อน ถ้าผู้วิจัยพยายามเพิ่มตัวแปรนั้นเข้าไปในการวิเคราะห์รอบต่อไป โปรแกรมอาจหยุดทำงาน อีกกรณีหนึ่งคือโปรแกรมอาจแสดงค่าปรับเปลี่ยนของตัวแปรที่เมื่อรวมไว้ในการวิเคราะห์แล้วอาจทำให้แบบจำลองไม่สามารถระบุค่าพารามิเตอร์ได้ (Underidentified Model)

6) หลังได้แบบจำลองที่ปรับจนมีความสอดคล้องในระดับที่น่าพอใจตามค่าสถิติทดสอบที่กล่าวมาแล้ว อาจทำการทดสอบเพิ่มเติมกับตัวอย่างใหม่ หรือใช้ตัวอย่างกลุ่มเดิมเพียงครึ่งเดียวและใช้ตัวอย่างอีกครึ่งหนึ่งตรวจสอบเทียบกัน

3.2.5.7 การแปลผลวิเคราะห์แบบจำลอง (Interpretation of Estimates)

หลังจากการปรับแบบจำลองจนได้ความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ในระดับที่น่าพอใจแล้ว ผู้วิจัยควรจะแปลผลการวิเคราะห์ด้วยการอธิบายความสอดคล้องของแบบจำลองในภาพรวม เส้นทางของอิทธิพลและความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ความหมายของค่าประมาณพารามิเตอร์แต่ละตัวซึ่งในโปรแกรม Amos จะแสดงค่าต่างๆ อาทิ สัมประสิทธิ์ความถดถอย (Regression Coefficient) สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) เป็นต้น เพื่อสรุปสมมติฐานการวิจัยที่ได้ตั้งไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**3.2.6 โปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับการวิเคราะห์แบบจำลองสมการโครงสร้าง**

โปรแกรมสำเร็จรูปเป็นเครื่องมือสำคัญในการวิเคราะห์แบบจำลองโครงสร้างที่สามารถช่วยลดระยะเวลาและความซับซ้อนในการดำเนินงานตามขั้นตอนการทดสอบแบบจำลองได้ การใช้โปรแกรมสำเร็จรูปช่วยให้ผู้วิจัยตรวจสอบผลการคำนวน ทำซ้ำและหาข้อผิดพลาดจนสามารถปรับปรุงแบบจำลองให้มีความสอดคล้องและสรุปผลตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ได้ดีกว่าคำนวนทุกขั้นตอนด้วยตนเอง ปัจจุบันมีโปรแกรมสำเร็จรูปจากผู้พัฒนาหลายรายซึ่งมีจุดเด่นแตกต่างกัน หรือบางโปรแกรมก็มีคุณสมบัติพิเศษสำหรับวิเคราะห์แบบจำลองในลักษณะต่างๆกัน โปรแกรมสำเร็จรูปที่นิยมใช้วิเคราะห์แบบจำลองสมการโครงสร้างในปัจจุบัน อาทิ Amos, EQS, CALIS/TCALIS procedures (SAS/STAT), LISREL, MPlus, Mx, RAMONA procedure (SYSTAT), SEPATH procedure (STATISTICA) ในการวิจัยนี้ใช้จะโปรแกรม Amos v.20 เนื่องจากความสะดวกในการใช้งาน โปรแกรมมีโมดูลวาดภาพที่ผู้วิจัยสามารถวาดแบบจำลองลงในโปรแกรมและควบคุมองค์ประกอบของการวิเคราะห์ต่างๆได้โดยตรง

อย่างไรก็ตามในการใช้โปรแกรมสำเร็จรูปช่วยวิเคราะห์ผู้วิจัยควรตระหนักไว้เสมอว่าโปรแกรมสำเร็จรูปเป็นเพียงเครื่องมือช่วยวิเคราะห์ ความรู้พื้นฐานทางสถิติและหลักการของแบบจำลองสมการโครงสร้างเป็นสิ่งจำเป็นกว่าและผู้วิจัยควรทำความเข้าใจให้ถ่องแท้ ในกรณีที่เกิดปัญหาในการวิเคราะห์ผู้วิจัยจะได้สามารถระบุสาเหตุและวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ของการวิจัยได้

**3.2.7 ประโยชน์ของแบบจำลองสมการโครงสร้าง**

แบบจำลองสมการโครงสร้างทำหน้าที่เหมือนการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุแต่ในแบบที่มีศักยภาพมากกว่า ด้วยความสามารถในการพิจารณาปัจจัยต่างๆพร้อมกันในการวิเคราะห์ เช่น ตัวแปรอิสระ ตัวแปรตาม ตัวแปรแฝง ตัวแปรบ่งชี้ ความสัมพันธ์หลากหลายที่เกี่ยวเนื่องกัน และความคลาดเคลื่อนของการวัด เป็นต้น จากนั้นใช้แบบจำลองที่ผ่านขั้นตอนการวิเคราะห์จนสมบูรณ์แล้วอธิบายความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้งหมดได้ แบบจำลองสมการโครงสร้างจึงช่วยให้ผู้วิจัยทดสอบสมมติฐานที่มีความซับซ้อนและมีจำนวนตัวแปรมากขึ้นได้ กอปรกับโปรแกรมสำเร็จรูปที่ได้รับการปรับปรุงให้เป็นมิตรต่อผู้ใช้มากขึ้นก็ช่วยเพิ่มความสะดวกในการวิเคราะห์มากขึ้น IŞIK (2009) เสนอว่าแบบจำลองโครงสร้างสามารถทำหน้าที่แทนการวิเคราะห์เส้นทาง การวิเคราะห์ปัจจัยและการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมได้ด้วย จุดเด่นอื่นๆของแบบจำลองสมการโครงสร้างที่เหนือกว่าการวิเคราะห์ความถดถอยมีดังนี้

1) ความยืดหยุ่นในการตั้งสมมติฐาน
2) ความสามารถของแบบจำลองสมการโครงสร้างที่จะใช้วิธีการวิเคราะห์ปัจจัยเชิงยืนยันเพื่อลดความผิดพลาดในการวัดด้วยการกำหนดตัวแปรบ่งชี้ที่เหมาะสมให้ตัวแปรแฝง
3) ความสามารถในการป้อนและแสดงข้อมูลเป็นรูปภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) ความสามารถในการทดสอบแบบจำลองด้วยตัวแปรตามหลายตัวแปร

5) ความสามารถในการทดสอบแบบจำลองที่มีตัวแปรคั่นกลาง แทนที่จะต้องทำเป็นแบบจำลองเสริม

6) หากมีการตีความผลการวิเคราะห์อันเนื่องมาจากการขึ้นรูปแบบจำลองผิด หลักการของแบบจำลองสมการโครงสร้างที่แนะนำให้เปรียบเทียบแบบจำลองต่างกันเพื่อประเมินความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ทำให้การวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองสมการโครงสร้างมีความน่าเชื่อถือมากกว่า

## 3.3 การตัดสินใจโดยพิจารณาหลายเกณฑ์ (Multi-criteria Decision Analysis)

การตัดสินใจโดยพิจารณาหลายเกณฑ์ (Multi-criteria Decision Analysis, MCDA) เป็นกลุ่มวิธีการเปรียบเทียบทางเลือกต่างๆด้วยการพิจารณาคุณลักษณะทั้งหมดของปัญหาที่เกี่ยวข้องกับผู้มีส่วนได้เสียหลายคน (Giove et al., 2009) Wang et al (2010) กล่าวว่า MCDA เหมาะสำหรับแก้ปัญหาที่มีความซับซ้อน มีความผันผวนและความเสี่ยงสูง มีเป้าหมายที่ขัดแย้งกัน มีข้อมูลหลากหลายชนิดและผู้มีส่วนได้เสียในปัญหาเหล่านี้มีมุมมอง ความเห็นที่แตกต่างกัน เกณฑ์การตัดสินใจและมาตรวัดประสิทธิภาพจะถูกนำมาใช้ในการตัดสินใจโดยพิจารณาหลายเกณฑ์เพื่อให้ได้มาซึ่งวิธีการที่เป็นระบบโดยคำนึงถึงความเสี่ยงและความไม่แน่นอนของวิธีการแก้ปัญหาต่างๆไปพร้อมกันด้วย (Khalili and Duecker, 2013)

ถึงแม้แบบจำลองสำหรับการตัดสินใจโดยพิจารณาหลายเกณฑ์จะมีอยู่มากมายในสาขา Operations Research แต่ส่วนใหญ่จะมีองค์ประกอบหนึ่งที่เหมือนกันคือ ทุกแบบจำลองต้องการอินพุทจากความพึงพอใจ (Subjective Input) ของผู้ตัดสินใจ Pongpeng and Liston (2003) จึงเสนอการจัดแบบจำลองสำหรับการตัดสินใจแบบพิจารณาหลายเกณฑ์ออกเป็น 2 กลุ่มขึ้นอยู่กับลำดับของการป้อนอินพุทจากความพึงพอใจคือ แบบจำลองที่ป้อนอินพุทจากความพึงพอใจก่อน (Pre-subjective input models) และแบบจำลองที่ป้อนอินพุทจากความพึงพอใจหลัง (Post-subjective input models)

### 3.3.1 แบบจำลองที่ป้อนอินพุทจากความพึงพอใจก่อน (Pre-subjective input models)

ในแบบจำลองที่รับอินพุทจากความพึงพอใจก่อน ผู้ตัดสินใจจะป้อนอินพุทจากความพึงพอใจก่อนหาวิธีแก้ที่ไม่ถูกครอบงำ (Non-dominated solutions) ซึ่งเป็นวิธีแก้ที่เป็นไปได้หลายวิธีโดยอาจมีประสิทธิภาพเท่ากันหรือดีกว่า สำหรับการตัดสินใจโดยพิจารณาหลายเกณฑ์ อินพุทจากความพึงพอใจสามารถถูกกำหนดได้หลายรูปแบบ เช่น วัตถุประสงค์ที่ระบุไว้ล่วงหน้า น้ำหนักและค่าอรรถประโยชน์ แบบจำลองที่ป้อนอินพุทจากความพึงพอใจก่อนมีดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.1.1 แบบจำลองโปรแกรมเป้าหมาย (Goal Programming Model)

ในแบบจำลองโปรแกรมเป้าหมาย ทุกเกณฑ์การตัดสินใจจะถูกรวมเข้าด้วยกันเป็นเกณฑ์เดียวโดยทำการกำหนดเป้าหมายของแต่ละเกณฑ์ไว้ล่วงหน้า วิธีแก้สุดท้ายจะถูกเลือกโดยตัดสินจากความสามารถร่วมกันในการลดระยะห่างระหว่างเป้าหมายที่ถูกกำหนดไว้ล่วงหน้ากับความสำเร็จจริง เป้าหมายที่เป็นไปได้มีอยู่สามชนิดคือ เป้าหมายข้างเดียวระดับต่ำ ซึ่งการทำได้ต่ำกว่าขีดจำกัดด้านล่างเป็นสิ่งไม่พึงปรารถนา เป้าหมายข้างเดียวระดับสูง ซึ่งการทำได้สูงกว่าขีดจำกัดด้านบนเป็นสิ่งไม่พึงปรารถนา และเป้าหมายสองด้าน ซึ่งการบรรลุเป้าหมายทั้งสองด้านเป็นสิ่งจำเป็น รูปแบบเชิงเส้นของโปรแกรมเป้าหมายสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้ (Zeleny, 1982; Daellenbach et al., 1983; Lapin, 1991):

$$(\min)Z = \sum_{i=1}^{L} W_i(d_i^+ + d_i^-) \qquad (3.4)$$

โดยที่ $d_i^+ = Z - \bar{z}$ หมายถึงการเบี่ยงเบนทางบวกเหนือเป้าหมายที่กำหนดไว้

$d_i^+ = \bar{z} - Z$ หมายถึงการเบี่ยงเบนทางลบใต้เป้าหมายที่กำหนดไว้

แบบจำลองโปรแกรมเป้าหมายยังถูกแบ่งได้เป็นสองกลุ่มคือ แบบจำลองโปรแกรมเป้าหมายป้องปราม (Pre-emptive goal programming) และแบบจำลองโปรแกรมเป้าหมายไม่ป้องปราม (Non pre-emptive goal programming) ในแบบจำลองโปรแกรมเป้าหมายป้องปรามนั้นมีการกำหนดลำดับความสำคัญของเป้าหมายต่างๆ เป้าหมายที่มีความสำคัญสูงกว่าจะถูกพิจารณาก่อนเป้าหมายที่มีความสำคัญต่ำกว่า ส่วนในแบบจำลองโปรแกรมเป้าหมายไม่ป้องปรามนั้น เป้าหมายทั้งหมดจะมีความสำคัญเท่ากันและถูกพิจารณาไปพร้อมกัน วิธีแก้สุดท้ายจะเป็นวิธีแก้ที่ไม่ถูกครอบงำหรือไม่ขึ้นอยู่กับชุดเป้าหมายที่ถูกกำหนดไว้ล่วงหน้า (Cohon, 1978; Zeleny, 1982; Pongpeng and Liston, 2010)

3.3.1.2 แบบจำลองถ่วงน้ำหนัก (Weighting method)

ในแบบจำลองถ่วงน้ำหนัก ผู้ตัดสินใจจะเปลี่ยนปัญหาที่ต้องพิจารณาหลายเกณฑ์การตัดสินใจเป็นปัญหาเกณฑ์การตัดสินใจเดียวเพื่อทำให้หาวิธีแก้ง่ายขึ้น แต่ละเกณฑ์จะถูกถ่วงน้ำหนักตามความสำคัญสัมพัทธ์ จากนั้นน้ำหนักจะถูกปรับเปลี่ยนเพื่อหาวิธีแก้ที่ไม่ถูกครอบงำด้วยการแก้สมการต่อไปนี้ (Haimes et al., 1975; Cohon, 1978; Goicoechea et al., 1982, de Neufville, 1990):

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$(\min)Z = \sum_{i=1}^{n} w_i z_i(x) \qquad (3.5)$$

โดยที่ $x \in X$

อย่างไรก็ตาม ผู้ตัดสินใจอาจไม่สามารถหาวิธีแก้ที่ไม่ถูกครอบงำได้ถ้าพื้นผิวของวิธีแก้ที่ไม่ถูกครอบงำค่อนข้างโค้ง (de Neufville, 1990; Pongpeng and Liston, 2010)

3.3.1.3 ฟังก์ชั่นอรรถประโยชน์ (Utility function)

Baird (1989) เสนอว่าคำว่าอรรถประโยชน์หมายถึงความพึงพอใจสัมพัทธ์ที่ผู้ตัดสินใจมีต่อผลลัพธ์จำเพาะ เมื่อฟังก์ชั่นทางคณิตศาสตร์ระหว่างผลลัพธ์ที่เป็นไปได้ทั้งหมดของแต่ละวิธีแก้และความพึงพอใจของผู้ตัดสินใจถูกสร้างขึ้น ฟังก์ชั่นนี้จะถูกเรียกว่า “ฟังก์ชั่นอรรถประโยชน์” ดังนั้นในแบบจำลองฟังก์ชั่นอรรถประโยชน์ ผู้ตัดสินใจจะใส่ค่าที่สามารถวัดได้ให้กับชุดวิธีแก้ที่เป็นไปได้ ความน่าจะเป็นของแต่ละวิธีแก้จะถูกคูณด้วยค่าที่ถูกกำหนดให้เพื่อสร้างเป็นชุดค่าอรรถประโยชน์ (Bryce et al., 2014) ฟังก์ชั่นอรรถประโยชน์สามารถแบ่งออกเป็นสองกลุ่มคือ ฟังก์ชั่นอรรถประโยชน์ตามลำดับ (Ordinal utility function) และฟังก์ชั่นอรรถประโยชน์ตามความสำคัญ (Cardinal utility function) ในฟังก์ชั่นอรรถประโยชน์ตามลำดับวิธีแก้จะได้รับความพึงพอใจเท่าเทียมกันจากผู้ตัดสินใจ การหาฟังก์ชั่นอรรถประโยชน์ตามลำดับซึ่งไม่มีการระบุระยะห่างของความพึงพอใจต่อกันและกันจะกระทำโดยเปรียบเทียบระหว่างเกณฑ์การตัดสินใจเพื่อสะท้อนให้เห็นค่าอรรถประโยชน์ที่เปลี่ยนไปมากเพียงใดเมื่อเลือกเกณฑ์แต่ละเกณ์ ในทางกลับกันระดับความพึงพอใจของผู้ตัดสินใจต่อวิธีแก้ในฟังก์ชั่นอรรถประโยชน์ตามความสำคัญจะมีความแตกต่างกัน สะท้อนให้เห็นว่าวิธีแก้หนึ่งได้รับความพึงพอใจมากกว่าอีกวิธีหนึ่ง ซึ่งในฟังก์ชั่นอรรถประโยชน์ตามความสำคัญนี้มีบทบาทสำคัญในการรับมือกับความเสี่ยงและความไม่แน่นอนเพราะสามารถดำเนินการทางคณิตศาสตร์ได้ ขณะที่ฟังก์ชั่นอรรถประโยชน์ตามลำดับทำไม่ได้ ดังนั้นการหาวิธีแก้สุดท้ายที่สามารถทำได้โดยวิธีการทางคณิตศาสตร์จึงใช้หลักการของฟังก์ชั่นอรรถประโยชน์ตามความสำคัญ วิธีแก้ที่มีค่าอรรถประโยชน์สูงสุด หรือที่เรียกว่าค่าอรรถประโยชน์คาดหวังจะถูกเลือกให้เป็นวิธีแก้สุดท้าย ด้วยการแก้สมการดังต่อไปนี้ (Haimes et al., 1975):

$$(\max)U(Z(x)) \qquad (3.6)$$

โดยที่ $x \in X$ และ $U$ คือฟังก์ชั่นอรรถประโยชน์

แบบจำลองฟังก์ชั่นค่าอรรถประโยชน์นี้จึงมีข้อได้เปรียบสำคัญเหนือแบบจำลองอื่นๆเนื่องจากสามารถรวมความเสี่ยงและความไม่แน่นอนไว้ในการพิจารณาตัดสินใจหาวิธีแก้ปัญหาแบบพิจารณาหลายเกณฑ์ได้ (Keeney, 1992; Pongpeng and Liston, 2010)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.1.4 ฟังก์ชั่นสวัสดิการสังคม (Social welfare function)

ในแบบจำลองการตัดสินใจส่วนใหญ่จะอนุมานว่าผู้ตัดสินใจมีเพียงคน ในขณะที่ความเป็นจริงมีผู้มีส่วนได้เสียหลายคนที่มีความพึงพอใจต่างกันเข้ามาเกี่ยวข้องในการตัดสินใจ หลายแนวทางถูกนำเสนอเพื่อรับมือกับกรณีนี้ อาทิ การรวมค่าอรรถประโยชน์ของผู้ตัดสินใจแต่ละคน การมอบอำนาจตัดสินใจให้ผู้มีอำนาจสูงสุดเพียงลำพัง และการพยากรณ์ผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการตัดสินใจ อย่างไรก็ตามยังไม่มีวิธีที่ได้รับการยอมรับทั่วไปสำหรับการตัดสินใจโดยพิจารณาหลายเกณฑ์ เพื่อให้เกิดความเสมอภาคตามสังคมประชาธิปไตย ฟังก์ชั่นสวัสดิการสังคมจึงถูกนำมาใช้เพื่อรวมค่าสวัสดิการของแต่ละบุคคล ซึ่งในกรณีนี้คือค่าอรรถประโยชน์ที่มีพื้นฐานอยู่บนการกระจายตัวของค่าอรรถประโยชน์ให้แต่ละบุคคลในกลุ่ม (Pongpeng and Liston, 2010) ฟังก์ชั่นสวัสดิการสังคมสามารถเขียนอธิบายได้โดยสมการต่อไปนี้ (Cohon, 1978; de Neufville, 1990):

$$(\max)U(w) = \sum_{k=1}^{m} w_k U_k \qquad (3.7)$$

โดยที่ U คือฟังก์ชั่นสวัสดิการสังคม, w คือเวคเตอร์ของน้ำหนัก, $w_k$ คือน้ำหนักที่เป็นบวกของค่าอรรถประโยขน์ของแต่ละบุคคล, $U_k$ คือฟังก์ชันค่าอรรถประโยชน์ของแต่ละบุคคล และ m คือจำนวนบุคคล

**3.3.2 แบบจำลองที่ป้อนอินพุทจากความพึงพอใจภายหลัง (Post-subjective input models)**

หลังได้วิธีแก้ที่ไม่ถูกครอบงำ (Non-dominated solutions) แล้ว ผู้ตัดสินใจจะป้อนอินพุทความพึงพอใจของตนระหว่างการคัดเลือกเพื่อเลือกวิธีแก้ที่ดีที่สุดด้วยการพิจารณาเกณฑ์ที่ผู้ตัดสินใจต้องการตัดออกเพื่อให้ได้อย่างน้อยเกณฑ์หนึ่งที่ดีกว่า แบบจำลองที่ป้อนอินพุทจากความพึงพอใจหลัง อาทิ การโปรแกรมประนีประนอม (Compromise programming) การโปรแกรมหลายวัตถุประสงค์เชิงเส้น (Linear multi-objective programming) อย่างไรก็ตาม แบบจำลองเหล่านี้จะถูกใช้โดยตรงกับเกณฑ์การตัดสินใจโดยไม่กำหนดเป้าหมายไว้ล่วงหน้าและให้ค่าน้ำหนักกับเกณฑ์การตัดสินใจซึ่งเป็นขั้นตอนที่กินเวลามากถ้าต้องมีการพิจารณาหลายคุณลักษณะ (Cohon, 1978; Pongpeng and Liston, 2010)

3.3.2.1 การโปรแกรมหลายวัตถุประสงค์เชิงเส้น (Linear multi-objective programming)

การโปรแกรมหลายวัตถุประสงค์เชิงเส้นเป็นความพยายามที่จะหาวิธีแก้ที่ไม่ถูกครอบงำร่วมกับวิธีหลายวัตถุประสงค์อย่างง่าย (Zeleny, 1982) การโปรแกรมแบบนี้ถูกใช้โดยตรงกับแต่ละวัตถุประสงค์เพื่อหาว่าวิธีแก้สุดเขตเป็นวิธีแก้ที่ไม่ถูกครอบงำหรือไม่ วิธีนี้จะถูกใช้ซ้ำกับวิธีแก้ปัญหาสุดเขตอื่นๆทั้งหมดจนกระทั่งได้ชุดของวิธีแก้ที่ไม่ถูกครอบงำ จากนั้นวิธีแก้ที่น่าพอใจกว่าจะถูกคัดเลือก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากชุดวิธีแก้ที่ไม่ถูกครอบงำโดยใช้ความพึงพอใจของผู้ตัดสินใจ โดยขั้นตอนการแก้ปัญหาจะเริ่มจากสำรวจวิธีแก้สุดเขตที่เป็นไปได้ทั้งหมด จากนั้นจึงพยายามหาวิธีแก้ที่ไม่ถูกครอบงำจากวิธีสุดเขตทั้งหมดนี้ เมื่อพบวิธีแก้ที่ไม่ถูกครอบงำแรกการก็จะทำซ้ำไปจนกระทั่งได้ชุดของวิธีแก้ที่ไม่ถูกครอบงำ จากนั้นผู้ตัดสินใจจะต้องหาข้อดีข้อเสียของวิธีแก้ที่ไม่ถูกครอบงำเหล่านี้เพื่อเลือกวิธีแก้สุดท้าย โปรแกรมหลายวัตถุประสงค์เชิงเส้นสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังต่อไปนี้ (Zeleny, 1974, 1982):

$$(\min)Z = \sum_{i=1}^{L} \sum_{j=1}^{n} c_{ij}\, x_j \qquad (3.8)$$

ค่าคงที่ $$g_r(x) = \sum_{r=1}^{m} \sum_{j=1}^{n} a_{rj}\, x_j = b_r \qquad (3.9)$$

โดยที่ $Z = (Z_1,\ldots Z_L)^T$ คือเวคเตอร์ของเกณฑ์

$x = (x_1,\ldots,x_n)^T$ คือเวคเตอร์ของตัวแปรการตัดสินใจ

$X$ คือชุดค่าที่เป็นไปได้สำหรับตัวแปร $x$ ($x \in X$)

$C_{ij}$ คือค่าสัมประสิทธิ์

$a_{rj}$ คือค่าสัมประสิทธิ์ที่แสดงให้เห็นว่าทรัพยากร $r^{th}$ ต้องถูกใช้มากแค่ไหนสำหรับแต่ละหน่วยที่เพิ่มขึ้นใน $x_j$

L คือจำนวนฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์

n คือจำนวนตัวแปรตัดสินใจ

$b_r$ คือค่าของทรัพยากร $r^{th}$ ที่มี

m คือจำนวนของฟังก์ชั่นค่าคงที่

3.3.2.2 การโปรแกรมประนีประนอม (Compromise programming)

การโปรแกรมประนีประนอมเป็นการพัฒนาต่อของการโปรแกรมหลายวัตถุประสงค์เชิงเส้น โดยพื้นฐานแล้วการโปรแกรมทั้งสองจะมีรูปแบบเหมือนกัน แต่การหาวิธีแก้ในอุดมคติในฐานะจุดอ้างอิงจะถูกกำหนดไว้เพื่อช่วยทำให้ขั้นตอนการคัดเลือกง่ายขึ้น แต่ขั้นตอนการคัดเลือกก็ยังขึ้นอยู่กับความพึงพอใจของผู้ตัดสินใจ การโปรแกรมประนีประนอมจะใช้สมการรูปแบบเดียวกับการโปรแกรมหลายวัตถุประสงค์เชิงเส้น โดยขั้นตอนการแก้ปัญหาจะเริ่มจากการวิเคราะห์หาทางเลือกที่เป็นไปได้ทั้งหมดจากการวิเคราะห์ทางเลือกที่เป็นไปได้เพื่อหาชุดวิธีแก้ที่ไม่ถูกครอบงำ จากนั้นทางเลือกในอุดมคติจะถูกกำหนดขึ้นด้วยการรวมค่าสุดเขตจากวิธีแก้ที่ไม่ถูกครอบงำต่างๆ ทางเลือกที่น่าพอใจจะถูกตัดสินใจจากการเลือกวิธีแก้ที่ไม่ถูกครอบงำที่มีระยะทางถึงทางเลือกในอุดมคติสั้นที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 3.4 แบบจำลองการตัดสินใจสำหรับใช้จัดทำแบบจำลองการประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐานในการวิจัยนี้

จากแนวคิดของฟังก์ชั่นอรรถประโยชน์ที่ว่าผู้ตัดสินใจแต่ละคนประเมินคุณค่าของสิ่งเดียวกันต่างกัน นั่นเป็นเพราะผู้ตัดสินใจแต่ละคนมีความพึงพอใจในสิ่งเดียวกันต่างกันขึ้นอยู่กับทัศนคติที่มีต่อความเสี่ยงที่เกิดขึ้นจากความไม่แน่นอนของเหตุการณ์ในอนาคต ความพึงพอใจเหล่านี้จึงสามารถถูกจัดแบ่งได้เป็นสองกลุ่ม คือ 1) ความพึงพอใจที่มีต่อเกณฑ์การตัดสินใจซึ่งมีผลต่อการเลือกเกณฑ์และการให้น้ำหนักต่อเกณฑ์การตัดสินใจ ความพึงพอใจดังกล่าวนี้ทำให้ผู้ตัดสินใจสามารถเปลี่ยนเกณฑ์และน้ำหนักของเกณฑ์การตัดสินใจได้ขึ้นอยู่กับสถานการณ์ที่แตกต่างกัน 2) ความพึงพอใจที่ผู้ตัดสินใจมีต่อเกณฑ์การตัดสินใจหลังพิจารณาผลลัพธ์ที่ไม่แน่นอนของทางเลือกแล้วจะเป็นตัวกำหนดค่าอรรถประโยชน์ของเกณฑ์การตัดสินใจ ในการวิจัยนี้ฟังก์ชั่นอรรถประโยชน์คือสมการทางคณิตศาสตร์ของความพึงพอใจที่ผู้ตัดสินใจมีต่อเกณฑ์การตัดสินใจที่ชี้ให้เห็นถึงความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐาน โครงสร้างพื้นฐานที่มีค่าอรรถประโยชน์สูงยิ่งมีความยั่งยืนสูง สมการในรูปแบบผลรวมค่าถ่วงน้ำหนัก (weighted additive) จึงถูกนำมาใช้อธิบายการให้ค่าอรรถประโยชน์ดังต่อไปนี้ (Zeleny, 1982)

$$U(x) = \sum_{j=1}^{p} w_j \, U_j \, (X_j) \qquad (3.10)$$

โดยที่ x คือเวคเตอร์ของเกณฑ์การตัดสินใจ; $x_j$ คือเกณฑ์การตัดสินใจ; $w_j$ คือน้ำหนักความสำคัญสัมพัทธ์ของเกณฑ์ j; $u_j(x_j)$ คือฟังก์ชั่นอรรถประโยชน์ของเกณฑ์ $x_j$; U(x) คือฟังก์ชั่นอรรถประโยชน์รวมและ p คือจำนวนเกณฑ์การตัดสินใจ

ในแบบจำลองสำหรับการประเมินความยั่งยืนในปัจจุบัน โดยส่วนใหญ่มักถูกอนุมานว่าผู้ประเมินเป็นผู้พัฒนาแบบจำลองเอง เช่นเดียวกับแบบจำลองการตัดสินใจโดยพิจารณาหลายเกณฑ์ที่มักถูกอนุมานว่าผู้ตัดสินใจมีเพียงคนเดียว ซึ่งในความเป็นจริงมีผู้มีส่วนได้เสียหลายคนในขั้นตอนการตัดสินใจแต่ยังไม่มีแบบจำลองใดที่แก้ปัญหาโดยพิจารณาหลายเกณฑ์และรองรับการตัดสินใจของผู้มีส่วนได้เสียหลายคนได้ (de Neufville, 1990) เพื่อรับมือกับปัญหานี้และสนับสนุนการมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนได้เสียหลายคน ฟังก์ชั่นสวัสดิการสังคม (Social welfare function) ซึ่งรวมค่าอรรถประโยชน์จากผู้มีส่วนได้เสียหลายคนเพื่อหาวิธีแก้ที่ดีที่สุดสำหรับทุกคน จึงถูกนำมาใช้ในการแก้ปัญหาโดยพิจารณาหลายเกณฑ์ ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$SU(w) = \sum_{k=1}^{m} w_k U_k \qquad (3.11)$$

โดยที่ SU(w) คือฟังก์ชั่นสวัสดิการสังคม, w คือเวคเตอร์ของน้ำหนัก, $w_k$ คือน้ำหนักที่เป็นบวกของค่าอรรถประโยชน์ของผู้ตัดสินใจแต่ละคน, $U_k$ คือฟังก์ชั่นค่าอรรถประโยชน์ของผู้ตัดสินใจแต่ละคน และ m คือจำนวนผู้ตัดสินใจ

## 3.5 สรุป

จากการทบทวนวรรณกรรมของแบบจำลองการตัดสินใจโดยพิจารณาหลายเกณฑ์พบว่าแบบจำลองในกลุ่มที่ต้องป้อนอินพุทจากความพึงพอใจหลัง (Post-subjective input models) ต้องใช้การคำนวนเป็นอย่างมากเนื่องจากแต่ละเกณฑ์จะถูกพิจารณาโดยตรงเพื่อหาวิธีแก้ที่ไม่ถูกครอบงำ ในขณะที่ความซับซ้อนนี้จะลดน้อยลงหากใช้แบบจำลองในกลุ่มที่ต้องป้อนอินพุทจากความพึงพอใจก่อน (Pre-subjective input models) ซึ่งจะรวมการพิจารณาหลายเกณฑ์ไว้เป็นเกณฑ์เดียว นอกจากนี้แบบจำลองฟังก์ชั่นค่าอรรถประโยชน์ยังสามารถใช้พิจารณาความเสี่ยงและความไม่แน่นอนที่เกิดขึ้นจากการหาวิธีแก้ที่ดีที่สุดจากชุดของวิธีแก้ที่ไม่ถูกครอบงำได้

แบบจำลองฟังก์ชั่นค่าอรรถประโยชน์จึงถูกใช้เป็นพื้นฐานในการสร้างแบบจำลองการประเมินความยั่งยืนของการวิจัยครั้งนี้ และเพื่อให้สอดคล้องกับสภาพความเป็นจริงที่ในการประเมินความยั่งยืนจะมีผู้ส่วนได้เสียหลายคนเข้าร่วมตัดสินใจ แบบจำลองฟังก์ชั่นสวัสดิการสังคมจึงถูกนำมารวมกับแบบจำลองฟังก์ชั่นค่าอรรถประโยชน์เพื่อให้แบบจำลองการประเมินสามารถพิจารณาความเสี่ยงที่เกิดขึ้นจากการดำเนินโครงการในขั้นตอนการประเมินและรองรับการตัดสินใจของผู้มีส่วนได้เสียหลายคนได้พร้อมกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 4
# การวิเคราะห์แบบจำลองสมการโครงสร้างและผลลัพธ์

## 4.1 บทนำ

ในบทนี้จะเป็นการวิเคราะห์แบบจำลองสมการโครงสร้างที่สร้างขึ้นจากการทบทวนวรรณกรรมตามแนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับโครงสร้างพื้นฐานที่ยั่งยืน ความสำเร็จของโครงการก่อสร้าง และผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการเพื่อแสดงความสัมพันธ์และทิศทางอิทธิพลของการประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐานที่มีต่อความสำเร็จของโครงการก่อสร้างและผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการ แบบจำลองสมการโครงสร้างถูกใช้พิสูจน์สมมติฐานที่ตั้งขึ้นด้วยการเปรียบเทียบความสอดคล้องของแบบจำลองกับข้อมูลเชิงประจักษ์ เมื่อได้แบบจำลองโครงสร้างสุดท้ายที่ผ่านการปรับแต่งจนมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์แล้วจึงนำผลการวิจัยที่ได้ไปจัดทำแบบจำลองการประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐานต่อไป การวิเคราะห์แบบจำลองสมการโครงสร้างในบทนี้มีจุดมุ่งหมายคือ 1) เพื่อบรรยายรูปแบบของความสัมพันธ์และทิศทางอิทธิพลระหว่างตัวแปรที่ต้องทดสอบสมมติฐาน ด้วยการใช้แบบจำลองที่ไม่ซับซ้อน 2) เพื่อยืนยันหรือปฏิเสธความสัมพันธ์และทิศทางอิทธิพลระหว่างตัวแปรตามแนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องที่มีอยู่เดิม 3) เพื่อนำผลการวิจัยที่ได้ไปเป็นพื้นฐานในการจัดทำแบบจำลองการประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐาน

## ส่วนที่ 1 วิธีทดสอบสมมติฐานด้วยแบบจำลองสมการโครงสร้าง

## 4.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

### 4.2.1 ประชากร

เนื่องจากการวิจัยนี้เป็นการทดสอบแบบจำลองสมการโครงสร้างเพื่อหาความสัมพันธ์และทิศทางอิทธิพลระหว่างการประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐานและความสำเร็จของโครงการก่อสร้างและผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการ ดังนั้นประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นบุคลากรทางวิชาชีพที่เกี่ยวข้องกับงานก่อสร้าง อาทิ สถาปนิก วิศวกร ผู้เชี่ยวชาญ ช่าง เป็นต้น จากองค์กรที่เกี่ยวข้องกับงานก่อสร้างโครงสร้างพื้นฐาน งานก่อสร้างโครงการขนาดใหญ่และการบริหารงานก่อสร้าง จำนวน 500 คน โดยสามารถจำแนกได้เป็น หน่วยงานราชการที่เป็นเจ้าของโครงสร้างพื้นฐานคือ กรุงเทพมหานคร, กรมทางหลวงชนบท, กรมโยธาธิการ และการรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนแห่งประเทศไทย จำนวน 170 คน จากบริษัทผู้ให้บริการโครงสร้างพื้นฐานคือ บริษัท รถไฟฟ้ากรุงเทพ จำกัด (มหาชน) บริษัท บีเอ็มซีแอล และบริษัท เซาท์อีส เอเชีย เอนเนอร์จี จำกัด จำนวน 70 คนจากบริษัทที่ปรึกษา ออกแบบและควบคุมงานก่อสร้างคือ บริษัท เอพซิลอน จำกัด และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บริษัท เอเชี่ยน เอนจิเนียริ่ง คอนซัลแทนส์ จำกัด จำนวน 50 คน จากบริษัทผู้รับเหมาก่อสร้างคือ บริษัท ช.การช่าง จำกัด (มหาชน) และบริษัท อิตาเลี่ยนไทย ดีเวลอปเมนท์ จำกัด (มหาชน) จำนวน 120 คน จากคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จำนวน 50 คน และจากบริษัท แสนสิริ จำกัด (มหาชน) จำนวน 40 คน ข้อมูลของผู้ตอบแบบสอบถามถูกจำแนกไว้ดังแสดงในตารางที่ 4.1

**ตารางที่ 4.1 ข้อมูลของผู้ตอบแบบสอบถาม**

| คุณสมบัติ | เกณฑ์ | จำนวนผู้ตอบ | ร้อยละของผู้ตอบ |
|---|---|---|---|
| ประสบการณ์ทำงานที่เกี่ยวข้องกับโครงสร้างพื้นฐาน | น้อยกว่า 5 ปี | 154 | 41.51 |
| | 6 – 10 ปี | 92 | 24.80 |
| | 11 – 15 ปี | 49 | 13.21 |
| | 16 – 20 ปี | 31 | 8.36 |
| | มากกว่า 20 ปี | 45 | 12.13 |
| ประสบการณ์ในโครงการที่ยั่งยืน | น้อยกว่า 5 ปี | 170 | 45.82 |
| | 6 – 10 ปี | 89 | 22.91 |
| | 11 – 15 ปี | 44 | 11.86 |
| | 16 – 20 ปี | 39 | 10.51 |
| | มากกว่า 20 ปี | 33 | 8.89 |
| ลักษณะองค์กร | เจ้าของโครงสร้างพื้นฐาน | 196 | 52.83 |
| | ผู้รับเหมาก่อสร้าง | 98 | 26.42 |
| | บริษัทที่ปรึกษา | 59 | 15.90 |
| | บริษัทออกแบบ | 70 | 18.87 |
| | องค์กรอื่นๆ | 26 | 7.01 |
| มูลค่าโครงการ | 1 – 100 ล้านบาทต่อปี | 53 | 14.29 |
| | 101 – 500 ล้านบาทต่อปี | 45 | 12.31 |
| | 501 – 1,000 ล้านบาทต่อปี | 53 | 14.29 |
| | มากกว่า 1,001 ล้านบาทต่อปี | 220 | 59.30 |

**4.2.2 กลุ่มตัวอย่าง**

วิธีการวิเคราะห์แบบจำลองสมการโครงสร้างเพื่อประมาณค่าสถิติต่างๆดังที่ได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 3 โดยโปรแกรมสำเร็จรูปใหญ่จะใช้วิธีความน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum Likelihood) ซึ่งต้องการตัวอย่างทีมีขนาดใหญ่เพื่อให้ผลลัพธ์ที่ได้มีความเที่ยงตรงและลดโอกาสผิดพลาดในการตีความหมาย Jackson (2003) เสนอหลักการ N:q ในการกำหนดขนาดตัวอย่าง โดยที่ N คือจำนวนตัวอย่างน้อยที่สุดสำหรับการวิเคราะห์ และ q คือจำนวนของพารามิเตอร์ที่ต้องประมาณค่า ซึ่งสัดส่วนที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการวิเคราะห์จะอยู่ที่ 20:1 ขณะที่สัดส่วน 10:1 ยังอยู่ในระดับที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยอมรับได้ สำหรับการวิจัยครั้งนี้มีจำนวนพารามิเตอร์ทั้งหมด 57 พารามิเตอร์ หากใช้สัดส่วน 10:1 จะทำให้ได้ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 570 คน อย่างไรก็ตาม Kline (2011) แนะนำว่าขนาดกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ได้ทั่วไปสำหรับแบบจำลองที่ไม่ซับซ้อนมากและใช้วิธีความน่าจะเป็นสูงสุดในการวิเคราะห์อยู่ที่ประมาณ 200 ตัวอย่าง ในการวิจัยครั้งนี้จึงทำการเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง 500 คน

## 4.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ผู้วิจัยได้กำหนดรูปแบบของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยและแนวทางการจัดทำเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยไว้ดังต่อไปนี้

### 4.3.1 รูปแบบเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นแบบสอบถาม ซึ่งแบ่งออกเป็น 5 ส่วนดังนี้

ส่วนที่ 1 เป็นแบบตรวจสอบรายการ (Check List) เพื่อสอบถามเกี่ยวกับข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ได้แก่ตำแหน่ง หน้าที่ ประสบการณ์โดยรวม ประสบการณ์เกี่ยวกับโครงสร้างพื้นฐาน ประสบการณ์เกี่ยวกับโครงการที่ยั่งยืน คุณวุฒิการศึกษา ลักษณะองค์กร ประเภทโครงสร้างพื้นฐานที่ดำเนินงาน และมูลค่าโดยเฉลี่ยของโครงการ มีจำนวน 9 ข้อ

ส่วนที่ 2 เป็นแบบมาตรส่วนประเมินค่า (Rating Scale) เพื่อสอบถามเกี่ยวกับปัจจัยในการประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐาน ได้แก่ การจัดการโครงการ ทำเลที่ตั้ง ประสิทธิภาพการใช้น้ำ ประสิทธิภาพการใช้พลังงาน วัสดุและทรัพยากร การจัดการของเสีย การคมนาคม ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และชุมชน มีจำนวน 54 ข้อ

ส่วนที่ 3 เป็นแบบมาตรส่วนประเมินค่า (Rating Scale) เพื่อสอบถามเกี่ยวกับปัจจัยในการประเมินความสำเร็จของโครงการก่อสร้าง ได้แก่ ระยะเวลาก่อสร้าง ค่าใช้จ่าย คุณภาพ ความพึงพอใจของผู้ว่าจ้าง ความปลอดภัย และสิ่งแวดล้อม มีจำนวน 31 ข้อ

ส่วนที่ 4 เป็นแบบมาตรส่วนประเมินค่า (Rating Scale)เพื่อสอบถามเกี่ยวกับปัจจัยในการประเมินผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการ ได้แก่ ด้านสังคม ด้านเศรษฐกิจ และด้านสิ่งแวดล้อม มีจำนวน 15 ข้อ

ส่วนที่ 5 เป็นแบบมาตราส่วนประเมินค่า (Rating Scale) เพื่อสอบถามเกี่ยวกับปัจจัยในการประเมินความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มปัจจัยหลักทั้ง 3 กลุ่มคือ การประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐาน ความสำเร็จของโครงการก่อสร้าง และผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการ มีจำนวน 3 ข้อ

เกณฑ์ในการกำหนดค่าน้ำหนักของการประเมินความสำคัญของปัจจัยแบ่งเป็น 5 ระดับตามวิธีของ Likert คือ

| <u>ระดับความสำคัญ</u> | <u>ค่าน้ำหนักคะแนนของปัจจัย</u> |
|---|---|
| ต่ำมาก | กำหนดให้มีค่า 1 คะแนน |
| ต่ำ | กำหนดให้มีค่า 2 คะแนน |
| ปานกลาง | กำหนดให้มีค่า 3 คะแนน |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | |
|---|---|
| สูง | กำหนดให้มีค่า 4 คะแนน |
| สูงมาก | กำหนดให้มีค่า 5 คะแนน |

**4.3.2 แนวทางการจัดทำเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย**

แนวทางการจัดทำเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยมีขั้นตอนดังนี้

1) ศึกษาวิธีการจัดทำแบบสอบถามและสร้างกรอบแนวคิดของการวิจัย
2) ศึกษาแนวคิด ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาที่ยั่งยืน การพัฒนาโครงการ โครงสร้างพื้นฐาน ความสำเร็จของการก่อสร้าง และผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการ รวมถึงการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญเพื่อใช้เป็นแนวทางในการสร้างคำถามของแบบสอบถาม
3) กำหนดขอบเขตและประเด็นของคำถามสำหรับตัวแปรสังเกตุได้ทุกตัวในตัวแปรแฝงแต่ละตัวโดยคำนึงถึงความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์และประโยชน์ที่ได้จากการวิจัย
4) จัดทำแบบสอบถามฉบับร่างพร้อมแบบประเมินเพื่อส่งให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่านช่วยตรวจสอบความเที่ยงตรงและความครอบคลุมเชิงเนื้อหาและการใช้ภาษาที่ชัดเจนเหมาะสม เข้าใจง่าย

**4.3.3 การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย**

การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยมีขั้นตอนดังนี้

1) ส่งแบบสอบถามฉบับร่างพร้อมแบบประเมินเพื่อส่งให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่านช่วยตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) โดยผู้วิจัยจะนำแบบประเมินที่ได้รับกลับจากผู้เชี่ยวชาญไปคำนวนหาค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาและความเหมาะสมของภาษา คำถามที่ได้คะแนนต่ำกว่าค่าเฉลี่ยจะถูกตัดออกจากแบบสอบถาม
2) ตรวจสอบความเชื่อมั่น (Reliability) ของทุกข้อคำถามด้วยการใช้สัมประสิทธิ์อัลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha) ค่าสัมประสิทธิ์ที่ถือว่ามีความเหมาะสมควรอยู่ระหว่าง 0.7 - 1.0 โดยค่าที่เข้าใกล้ 1.0 มากถือว่ายิ่งมีความน่าเชื่อถือมาก คำถามที่มีค่าสัมประสิทธิ์อัลฟาของครอนบาคน้อยกว่า 0.7 จะถูกตัดออกจากแบบสอบถาม ซึ่งผลการตรวจสอบความเชื่อมั่นของคำถามในส่วนที่ 2 การประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐาน ส่วนที่ 3 ความสำเร็จของโครงการก่อสร้าง และส่วนที่ 4 ผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการ มีค่าสัมประสิทธิ์อัลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha) อยู่ที่ 0.969, 0.962 และ 0.988 ตามลำดับ
3) นำผลการตรวจสอบคุณภาพและคำแนะนำที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญมาปรับปรุงแก้ไขแบบสอบถามก่อนนำไปใช้จริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวมรวมข้อมูลตามขั้นตอนดังนี้

1) ผู้วิจัยขอหนังสือรับรองจากคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังเพื่อแจ้งให้กลุ่มตัวอย่างทราบวัตถุประสงค์ในการส่งแบบสอบถามและขอความอนุเคราะห์ในการตอบแบบสอบถาม
2) ผู้วิจัยประสานงานและติดต่อกับผู้คับบัญชาของหน่วยงานที่ต้องการขอความอนุเคราะห์ในการตอบแบบสอบถามทางโทรศัพท์เพื่อชี้แจงวัตถุประสงค์และอธิบายข้อมูลเบื้องต้นของการวิจัย
3) ผู้วิจัยนำส่งหนังสือถึงหน่วยงานที่ต้องการขอความอนุเคราะห์พร้อมแบบสอบถามด้วยตนเองและขอนัดเวลาในการรับแบบสอบถามคืนภายใน 15 วัน
4) ผู้วิจัยนำแบบสอบถามที่ได้รับกลับมาตรวจสอบความสมบูรณ์ โดยได้รับแบบสอบถามคืนทั้งสิ้นจำนวน 371 ฉบับ คิดเป็นร้อยละ 74 ซึ่งถือว่าเป็นอัตราตอบรับที่ดีเยี่ยม (Babbie, 1989)
5) ผู้วิจัยนำแบบสอบถามไปวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS และ Amos

## 4.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้จะใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS สำหรับการตรวจสอบเครื่องมือ วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติเบื้องต้น วิเคราะห์สถิติเชิงพรรณาสำหรับตัวอย่าง และใช้โปรแกรมสำเร็จรูปAmos สำหรับการวิเคราะห์แบบจำลองสมการโครงสร้างเพื่อทดสอบสมมติฐาน การวิเคราะห์จึงถูกแบ่งเป็น 2 ส่วน ดังนี้

### 4.5.1 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS

1) ตรวจสอบความเชื่อมั่น (Reliability) ของทุกข้อคำถามในแบบสอบถามด้วยสัมประสิทธิ์อัลฟาของครอนบาค (Cronbach’s Alpha) ค่าสัมประสิทธิ์ยิ่งสูงถือว่ามีความเชื่อมั่นได้มาก โดยค่าที่ได้ควรอยู่ระหว่าง 0.70 – 1.00 (SPSS Training Document, 1998)
2) วิเคราะห์สถิติเชิงพรรณาเพื่อแสดงข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถามจากแบบสอบถามส่วนที่ 1 ซึ่งเป็นแบบตรวจสอบรายการ (Check List) จะใช้วิธีคำนวนหาความถี่แล้วสรุปออกมาเป็นค่าร้อยละ
3) วิเคราะห์ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความเบ้และความโด่งของข้อมูลเพื่อตรวจสอบรูปแบบการกระจายของข้อมูลและหาระดับความสำคัญของปัจจัยต่างๆในเกณฑ์การประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) วิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในการจัดลำดับความสำคัญของปัจจัยต่างๆในเกณฑ์การประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐานแยกตามประเภทของกลุ่มตัวอย่าง

### 4.5.2 การวิเคราะห์ความสอดคล้องของแบบจำลองสมการโครงสร้างด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Amos Version 20

1) การวิเคราะห์ปัจจัยเชิงยืนยัน (Confirmatory Factor Analysis) เพื่อยืนยันความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตุได้และตัวแปรแฝงตามทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่นำมาใช้เป็นพื้นฐานในการจัดทำแบบจำลองการวัดว่าเป็นไปตามที่คาดหวังไว้หรือไม่

2) การตรวจสอบความสอดคล้องของแบบจำลองกับข้อมูลเชิงประจักษ์ (Goodness-of-fit) โดยพิจารณาจากค่าดัชนีต่างๆ และหากแบบจำลองไม่มีความสอดคล้องจะทำการปรับแบบจำลองตามขั้นตอนที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 3 แต่ยังให้อยู่ภายในกรอบแนวคิดทฤษฎีที่ใช้สร้างแบบจำลอง โดยค่าดัชนีที่ใช้ตรวจสอบคือ

- p-value
- Chi-Square ($\chi^2$)
- Relative Chi-Square ($\chi^2$/df)
- Goodness-of-Fit Index (GFI)
- Comparative Fit Index (CFI)
- Incremental Fit Index (IFI)
- Tucker-Lewis Index (TLI)
- Root Mean Square Error of Approximation (RMSEA)

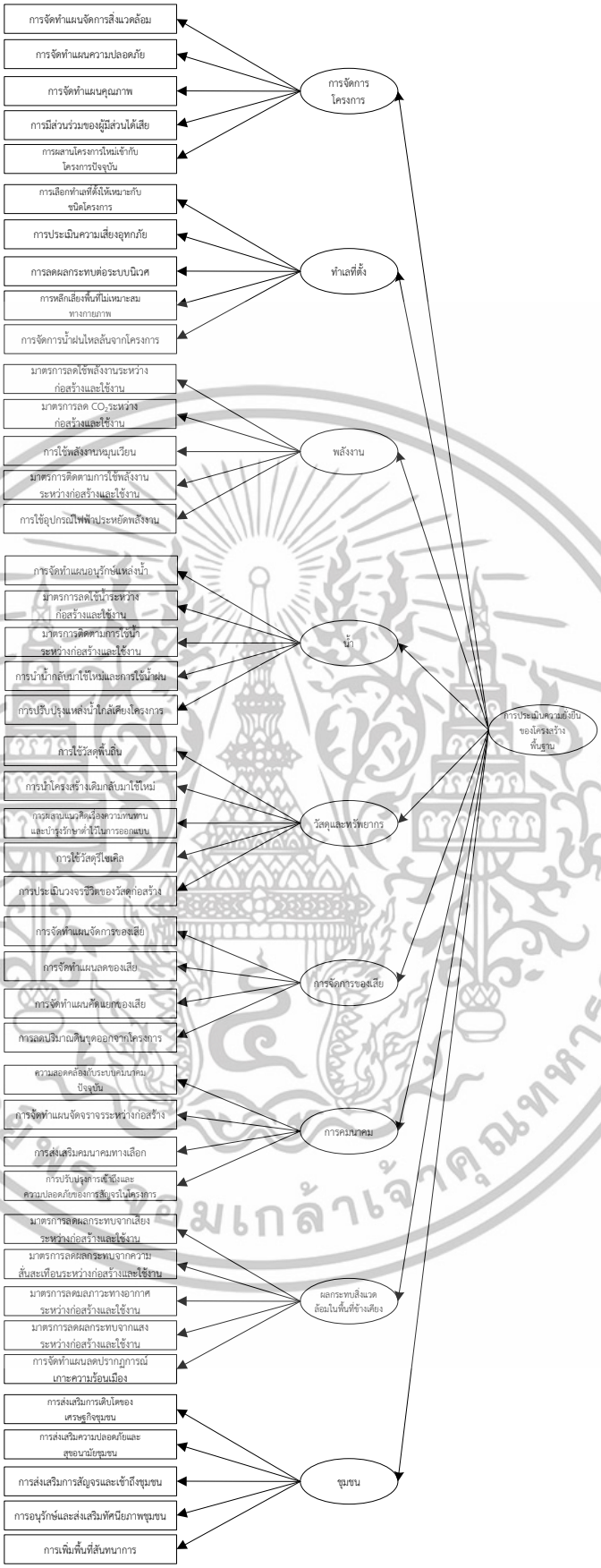
3) การวิเคราะห์ความถดถอย (Regression Analysis) เพื่อหาว่าตัวแปรต้นมีอิทธิพลต่อตัวแปรตามมากน้อยเพียงใดทั้งอิทธิพลทางตรงและทางอ้อมและเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้หรือไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.6 สมมติฐานของการวิจัย

จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องทั้งหมดในบทที่ 2 พบว่า การประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐานเป็นแนวทางสำคัญในการปรับปรุงการออกแบบ ก่อสร้างโครงสร้างพื้นฐานทั้งในปัจจุบันและอนาคตให้สอดคล้องกับแนวคิดการพัฒนาที่ยั่งยืนและเติมเต็มช่องว่างจากแนวคิดอาคารเขียวซึ่งแพร่หลายมากขึ้นในปัจจุบัน การจัดทำแบบจำลองการวัดเพื่อทดสอบสมมติฐานจะประกอบด้วย 9 หัวข้อหลักหรือตัวแปรแฝง 9 ตัวแปร คือ การจัดการโครงการ ทำเลที่ตั้ง น้ำ พลังงาน วัสดุและทรัพยากร การจัดการของเสีย การคมนาคม ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโครงการ และชุมชน พร้อมด้วย 35 หัวข้อรอง หรือตัวแปรสังเกตุได้ 35 ตัวแปร ซึ่งสามารถเขียนเป็นแบบจำลองการวัดเบื้องต้นสำหรับการประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐานได้ดังแสดงใน
รูปที่ 4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 4.1** แบบจำลองการวัดเบื้องต้นของการประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในขณะที่ความสำเร็จของโครงการก่อสร้างนั้นยังไม่มีนิยามตายตัวเพราะความสำเร็จมีความหมายแตกต่างกันไปสำหรับผู้มีส่วนได้เสียต่างๆกันในโครงการ แต่จากมุมมองดั้งเดิมจะพิจารณาความสำเร็จของโครงการจาก เวลา ค่าใช้จ่ายและคุณภาพ อย่างไรก็ตามจากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องพอสรุปได้ว่าความสำเร็จของโครงการที่ยั่งยืนจะต้องถูกพิจารณามากกว่านั้น การจัดทำแบบจำลองการวัดเพื่อทดสอบสมมติฐานจะประกอบด้วยตัวแปรแฝง 6 ตัวแปร คือ เวลา ค่าใช้จ่าย คุณภาพ ความปลอดภัย ความพึงพอใจของลูกค้าและชุมชน และสิ่งแวดล้อมพร้อมด้วย 18 ตัวแปรสังเกตุได้ ซึ่งสามารถเขียนเป็นแบบจำลองการวัดเบื้องต้นสำหรับความสำเร็จของโครงการก่อสร้างได้ดังแสดงในรูปที่ 4.2

**รูปที่ 4.2** แบบจำลองการวัดเบื้องต้นของความสำเร็จของโครงการก่อสร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างไรก็ตามดังที่ได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 1 ว่าถึงแม้จะมีความสัมพันธ์ที่เป็นไปได้ระหว่างการประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐานและความสำเร็จของโครงการก่อสร้างและผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการ แต่ความสัมพันธ์เหล่านี้ยังไม่เคยได้รับการยืนยัน Lim (2009) ทำการศึกษาโครงสร้างพื้นฐานด้านถนนในประเทศออสเตรเลียและพบว่าการนำเกณฑ์การประเมินความยั่งยืนมาใช้กับโครงการก่อสร้างถนนสามารถสร้างประโยชน์ได้หลายประการ อาทิ ช่วยลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมได้ ลดการรบกวนสาธารณชนและความเสี่ยงต่อสุขภาพ เพิ่มการยอมรับจากสาธารณชน บรรลุเป้าหมายโครงการ อนุรักษ์มรดกทางวัฒนธรรม เพิ่มอายุการใช้งานโครงการ ปกป้องระบบนิเวศ จากการศึกษาของ Ugwu& Haupt (2007) ยังพบว่าการนำเกณฑ์การประเมินความยั่งยืนมาใช้กับการก่อสร้างโครงสร้างพื้นฐานก็ส่งผลดีหลายประการ เช่น ช่วยเพิ่มความสามารถในการตัดสินใจ ปรับปรุงสุขอนามัยและความปลอดภัยสาธารณะ และลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เป็นต้น การจัดทำแบบจำลองการวัดเพื่อทดสอบสมมติฐานจะประกอบด้วยตัวแปรแฝง 3 ตัวแปร คือ ผลประโยชน์ด้านสังคม ผลประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อม และผลประโยชน์ด้านเศรษฐกิจซึ่งสามารถเขียนเป็นแบบจำลองการวัดเบื้องต้นสำหรับผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการได้ดังแสดงในรูปที่ 4.3

**รูปที่ 4.3** แบบจำลองการวัดเบื้องต้นของผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และเพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างการประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐานกับความสำเร็จของโครงการและผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการ จึงมีการตั้งสมมติฐานดังต่อไปนี้:

H1: การประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐานมีอิทธิพลโดยตรงต่อความสำเร็จของโครงการก่อสร้าง

จากนั้นเพื่อทำการตรวจสอบการประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐานจึงมีการตั้งสมมติฐานดังต่อไปนี้:

H2: การจัดการโครงการจะถูกพิจารณาในการประเมินโครงสร้างพื้นฐานที่มีแนวโน้มความยั่งยืนสูงกว่า

H3: ทำเลที่ตั้งจะถูกพิจารณาในการประเมินโครงสร้างพื้นฐานที่มีแนวโน้มความยั่งยืนสูงกว่า

H4: พลังงานจะถูกพิจารณาในการประเมินโครงสร้างพื้นฐานที่มีแนวโน้มความยั่งยืนสูงกว่า

H5: น้ำจะถูกพิจารณาในการประเมินโครงสร้างพื้นฐานที่มีแนวโน้มความยั่งยืนสูงกว่า

H6: วัสดุและทรัพยากรจะถูกพิจารณาในการประเมินโครงสร้างพื้นฐานที่มีแนวโน้มความยั่งยืนสูงกว่า

H7: การจัดการของเสียจะถูกพิจารณาในการประเมินโครงสร้างพื้นฐานที่มีแนวโน้มความยั่งยืนสูงกว่า

H8: การคมนาคมจะถูกพิจารณาในการประเมินโครงสร้างพื้นฐานที่มีแนวโน้มความยั่งยืนสูงกว่า

H9: ผลกระทบสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ข้างเคียงจะถูกพิจารณาในการประเมินโครงสร้างพื้นฐานที่มีแนวโน้มความยั่งยืนสูงกว่า

H10: ชุมชนจะถูกพิจารณาในการประเมินโครงสร้างพื้นฐานที่มีแนวโน้มความยั่งยืนสูงกว่า

และเพื่อตรวจสอบความสำเร็จของโครงการก่อสร้างจึงมีการตั้งสมมติฐานดังต่อไปนี้:

H11: เวลาจะถูกใช้เป็นเครื่องมือวัดโครงการก่อสร้างที่มีแนวโน้มประสบความสำเร็จสูงกว่า

H12: ค่าใช้จ่ายจะถูกใช้เป็นเครื่องมือวัดโครงการก่อสร้างที่มีแนวโน้มประสบความสำเร็จสูงกว่า

H13: คุณภาพจะถูกใช้เป็นเครื่องมือวัดโครงการก่อสร้างที่มีแนวโน้มประสบความสำเร็จสูงกว่า

H14: ความพึงพอใจของลูกค้าจะถูกใช้เป็นเครื่องมือวัดโครงการก่อสร้างที่มีแนวโน้มประสบความสำเร็จสูงกว่า

H15: ความปลอดภัยจะถูกใช้เป็นเครื่องมือวัดโครงการก่อสร้างที่มีแนวโน้มประสบความสำเร็จสูงกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

H16: สิ่งแวดล้อมจะถูกใช้เป็นเครื่องมือวัดโครงการก่อสร้างที่มีแนวโน้มประสบความสำเร็จสูงกว่า

และเพื่อตรวจสอบผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการจึงมีการตั้งสมมติฐานดังต่อไปนี้:

H17: ผลประโยชน์ด้านสังคมจะถูกใช้เป็นเครื่องมือวัดโครงการที่มีแนวโน้มให้ผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการสูงกว่า

H18: ผลประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อมจะถูกใช้เป็นเครื่องมือวัดโครงการที่มีแนวโน้มให้ผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการสูงกว่า

H19: ผลประโยชน์ด้านเศรษฐกิจจะถูกใช้เป็นเครื่องมือวัดโครงการที่มีแนวโน้มให้ผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการสูงกว่า

การปรับปรุงโครงสร้างพื้นฐานให้มีความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและมีความยั่งยืนมากขึ้นกลายเป็นประเด็นสำคัญสำหรับเจ้าของโครงการเพราะการละเลยประเด็นทางสังคมและสิ่งแวดล้อมสามารถส่งผลเสียต่อภาพลักษณ์ของเจ้าโครงการและผลประโยชน์ในระยะยาวได้ การนำเกณฑ์การประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐานมาใช้ในโครงการสามารถช่วยลดผลเสียเหล่านี้ได้ในขณะเดียวกันก็ช่วยเพิ่มโอกาสทางธุรกิจ, ความสามารถในการแข่งขันและภาพลักษณ์ให้เจ้าของโครงการได้ (Cruz et al., 2006; Nejati et al., 2010) นอกจากนี้ Lee et al. (2014) ยังพบว่าโครงการก่อสร้างที่ยั่งยืนสามารถสร้างผลประโยชน์ทางเศรษฐกิจและสังคมได้ในขณะที่ยังสามารถอนุรักษ์คุณลักษณะทางสิ่งแวดล้อมของโครงการไว้ได้ ถึงแม้การศึกษาเหล่านี้จะแสดงให้เห็นความสัมพันธ์ที่เป็นไปได้ระหว่างการประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐานและผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการ ยังไม่มีการศึกษาใดที่ยืนยันความสัมพันธ์นี้ เพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์นี้จึงมีการตั้งสมมติฐานว่า:

H20: การประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐานที่มีอิทธิพลโดยตรงกับผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการ

ในการศึกษาประสิทธิภาพทางความยั่งยืนขององค์กร Herzig &Schaltegger (2006) พบว่าการนำเกณฑ์การประเมินความสำเร็จที่ยั่งยืนมาใช้ส่งผลดีต่อองค์กรหลายประการ เช่น ช่วยเพิ่มการยอมรับจากสาธารณชน ส่งเสริมภาพลักษณ์องค์กร เพิ่มความสามารถในการแข่งขัน เพิ่มความโปร่งใส สร้างแรงจูงใจให้พนักงาน ทำหน้าที่เป็นบรรทัดฐานให้องค์กรและเป็นเครื่องมือประเมินผลประโยชน์ทางธุรกิจให้องค์กรจากการทำกิจกรรมด้านความยั่งยืน Shenhar et al. (1997) กล่าวเสริมว่าโครงการที่ประสบความสำเร็จจะสร้างผลประโยชน์ระยะสั้น เช่น การเพิ่มรายได้และกำไร และผลประโยชน์ระยะยาว เช่น โอกาสทางการตลาด และความสามารถขององค์กรที่เพิ่มขึ้น ในขณะที่ Al-Tmeemy et al. (2011) พัฒนาเกณฑ์การประเมินความสำเร็จของโครงการก่อสร้างอาคารพบว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงการที่ประสบความสำเร็จสร้างประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการได้หลายประการ เช่น ความสามารถในการแข่งขันเพิ่มขึ้น, ชื่อเสียงองค์กรเพิ่มขึ้น, รายได้และกำไรเพิ่มขึ้น และส่วนแบ่งทางการตลาดเพิ่มขึ้น การศึกษาเหล่านี้แสดงให้เห็นว่าอาจมีความสัมพันธ์ระหว่างความสำเร็จของโครงการก่อสร้างและผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการ ดังนั้นเพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์นี้ จึงมีการตั้งสมมติฐานว่า:

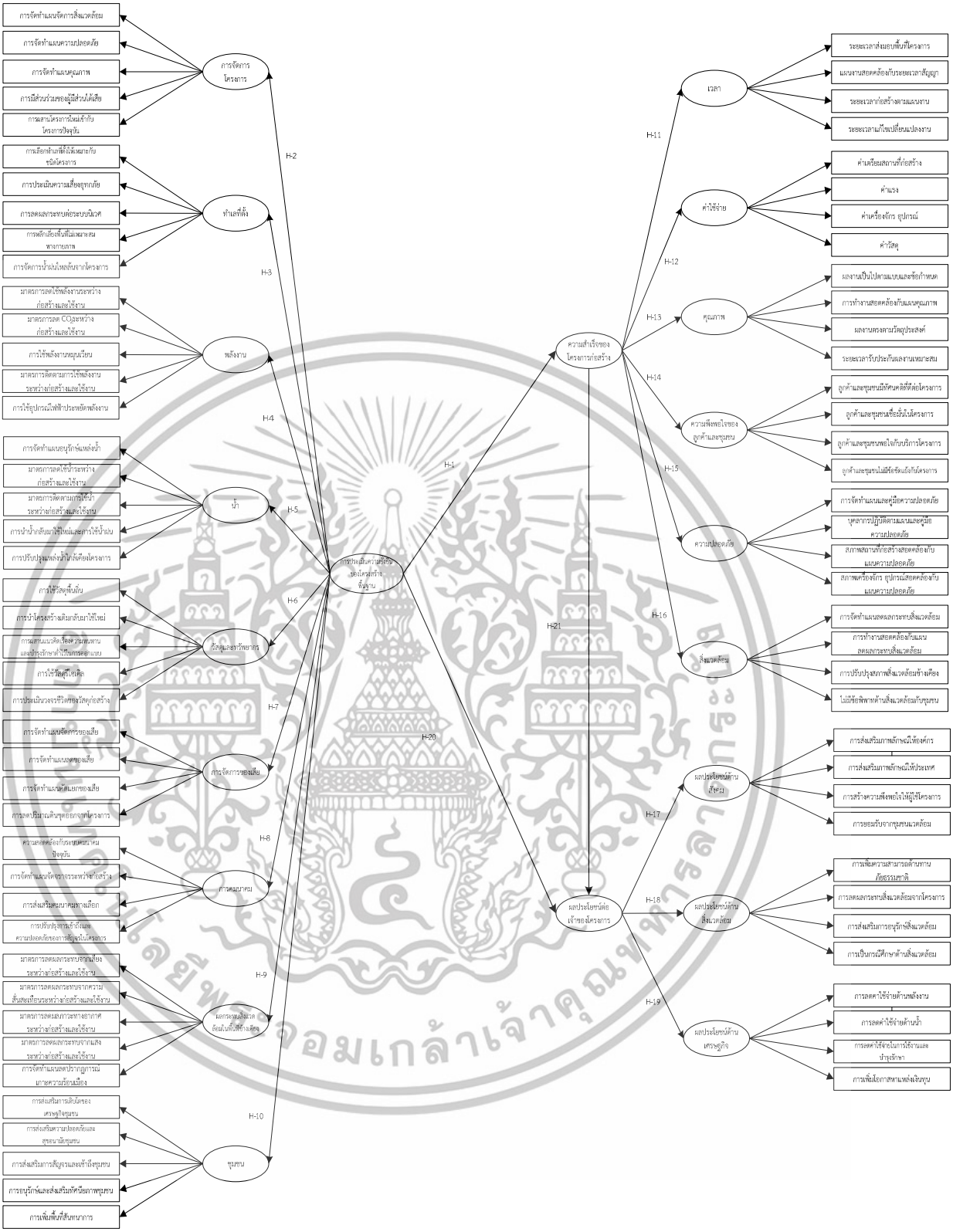
H21: ความสำเร็จของโครงการก่อสร้างมีอิทธิพลโดยตรงกับผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการ

จากการศึกษาของนักวิจัยหลายท่านชี้ให้เห็นว่าโครงการก่อสร้างที่ยั่งยืนและประสบความสำเร็จสามารถสร้างผลประโยชน์ทางตรงและทางอ้อมให้กับเจ้าของโครงการได้ ผลประโยชน์ทางตรง อาทิ ผลกระทบสิ่งแวดล้อมลดลง ค่าดำเนินการเบื้องต้นลดลงหรือเท่าเดิม ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานและน้ำลดลง ในขณะที่ผลประโยชน์ทางอ้อมคือ สุขอนามัยและความปลอดภัยของผู้ใช้โครงการดีขึ้น ผู้ใช้โครงการมีความสบายและความพึงพอใจมากขึ้น ผลผลิตเพิ่มขึ้น อายุการใช้งานโครงการนานขึ้น และภาพลักษณ์โครงการดีขึ้น (Brightman, 2001; Bordass, 2003) ทั้งหมดนี้แสดงให้เห็นว่าอาจมีความสัมพันธ์ทางอ้อมระหว่างโครงการก่อสร้างที่ยั่งยืนและผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการผ่านทางตัวกลางอย่างความสำเร็จของโครงการก่อสร้าง ดังนั้นเพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์นี้จึงมีการตั้งสมมติฐานว่า:

H22: มีความสัมพันธ์ทางอ้อมระหว่างการประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐานและผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการผ่านบทบาทตัวกลางของความสำเร็จของโครงการก่อสร้าง

เมื่อได้ตัวแปรแฝงและตัวแปรสังเกตุได้ครบถ้วนพร้อมเส้นทางอิทธิพลตามที่ตั้งสมมติฐานไว้แบบจำลองสมการโครงสร้างเบื้องต้นเพื่อทดสอบสมมติฐานข้างต้นจึงถูกจัดทำขึ้นดังแสดงในรูปที่ 4.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 4.4** แบบจำลองโครงสร้างเบื้องต้นในการทดสอบสมมติฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.7 การเก็บข้อมูลและสถานภาพผู้ตอบแบบสอบถาม

การเก็บข้อมูลเชิงปริมาณสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การทำแบบสำรวจ การสังเกตุ หรือการทดลอง การเลือกวิธีการที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับเกณฑ์ 3 ประการคือ วัตถุประสงค์ของการวิจัย คุณลักษณะของตัวอย่างเป้าหมาย และข้อจำกัดด้านเวลาและทรัพยากร ในการวิจัยนี้การทำแบบสำรวจและการทดลองไม่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัยด้านคุณลักษณะของตัวอย่างเป้าหมายและข้อจำกัดด้านเวลาและทรัพยากร อีกทั้งข้อมูลที่ต้องการนำมาวิเคราะห์ก็ไม่สามารถเก็บได้จากการสังเกตุหรือการทดลอง ดังนั้นการทำแบบสำรวจจึงถูกเลือกใช้เป็นวิธีการเก็บข้อมูล การทำแบบสำรวจยังสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การส่งแบบสอบถาม การสอบถามทางโทรศัพท์ และการสัมภาษณ์ Erdos and Morgan (1970) ให้ความเห็นว่าการทำแบบสำรวจมีข้อได้เปรียบหลายประการ เช่น มีการกระจายตัวมากกว่า มีความเบี่ยงบายของการกระจายตัวน้อยกว่า ปราศจากอคติในการสัมภาษณ์ มีโอกาสได้รับคำตอบที่เป็นจริงและรอบคอบ ประหยัดเวลาและค่าใช้จ่าย ดังนั้นการทำแบบสำรวจด้วยตนเองจึงถูกนำมาใช้ในการวิจัยนี้เพื่อเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างผ่านทางแบบสอบถาม ซึ่งสามารถเก็บข้อมูลได้มากพอสำหรับวิเคราะห์แบบจำลองสมการโครงสร้าง

ผู้ตอบแบบสอบถามจะถูกขอให้ระบุระดับความสำคัญของแต่ละเกณฑ์ตามมาตราส่วนประเมินค่าตามวิธีของ Likert ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 1 ถึง 5 ดังที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 3 ข้างต้น ก่อนที่แบบสอบถามจะถูกแจกจ่าย จะมีการศึกษานำร่อง (Pilot Study) กับผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่านเพื่อทดสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) ของแบบสอบถาม โดยผู้เชี่ยวชาญสองท่านแรกเป็นเจ้าหน้าที่ระดับสูงของหน่วยงานราชการที่มีประสบการณ์ทำงานกับโครงสร้างพื้นฐานกว่า 20 ปี ผู้เชี่ยวชาญอีกสองท่านเป็นผู้บริหารระดับรองกรรมการผู้จัดการใหญ่ของบริษัทที่ปรึกษาและออกแบบที่มีประสบการณ์ทำงานกับโครงสร้างพื้นฐานกว่า 20 ปีและ 15 ปีตามลำดับ และผู้เชี่ยวชาญท่านสุดท้ายเป็นผู้ช่วยกรรมการผู้จัดการใหญ่ของบริษัทรับเหมาก่อสร้างชั้นนำของประเทศที่มีประสบการณ์ทำงานกับโครงสร้างพื้นฐานกว่า 20 ปี แบบสอบถามจะถูกปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ อาทิ การตัดเกณฑ์การประเมินรองบางเกณฑ์ออก (การรักษาต้นไม้ และการตรวจสอบค่าดำเนินงานสถานที่ก่อสร้าง) ในขณะที่เกณฑ์การประเมินรองบางเกณฑ์จะถูกเพิ่มเข้ามา (การใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าประหยัดพลังงาน และการลดปริมาณดินขุด) เพื่อให้สอดคล้องกับสภาพแวดล้อมของการออกแบบ ก่อสร้างโครงสร้างพื้นฐานในประเทศไทย องค์กรที่เป็นกรอบสำหรับสุ่มเลือกกลุ่มตัวอย่างจะมาจากหน่วยงานราชการที่ระบุไว้ในนามสงเคราะห์ส่วนราชการไทย, บริษัทที่ปรึกษาและออกแบบที่มีรายชื่ออยู่ในสมาคมวิศวกรที่ปรึกษาแห่งประเทศไทย และบริษัทผู้รับเหมาก่อสร้างที่มีรายชื่ออยู่ในสมาคมอุตสาหกรรมก่อสร้างไทยในพระบรมราชูปถัมภ์

ตัวอย่างที่ถูกสุ่มเลือกมาทั้งหมดจะต้องมีประสบการณ์เกี่ยวข้องกับโครงสร้างพื้นฐานและการพัฒนาที่ยั่งยืนโดยจะถูกแบ่งกลุ่มออกเป็น 4 กลุ่มคือ ภาครัฐเจ้าของโครงการ ผู้ออกแบบ วิศวกรที่ปรึกษา และผู้รับเหมาก่อสร้าง โดยกลุ่มตัวอย่างเป้าหมายจะเป็นระดับผู้บริหารหน่วยงาน หัวหน้าฝ่าย ผู้จัดการโครงการ วิศวกรโครงการ วิศวกรและสถาปนิก อย่างไรก็ตามโครงสร้างพื้นฐานใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประเทศไทยเกือบทั้งหมดเป็นของภาครัฐทำให้จำนวนผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่มาจากภาครัฐมากกว่าบริษัทผู้ออกแบบ วิศวกรที่ปรึกษาและผู้รับเหมาก่อสร้างในภาคเอกชน

ค่าความเชื่อมั่นของข้อมูลถูกตรวจสอบยืนยันด้วยการใช้สัมประสิทธิ์อัลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha) โดยการประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐานมีค่าอยู่ที่ 0.969 ความสำเร็จของโครงการก่อสร้างมีค่าอยู่ที่ 0.962 และผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการมีค่าอยู่ที่ 0.988 ซึ่งมากกว่า 0.7 จึงถือว่ายอมรับได้ (SPSS Training Department, 1998) และแสดงให้เห็นถึงระดับความเชื่อมั่นที่น่าพอใจ นอกจากนี้แบบสอบถามยังถูกทดสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาด้วยการใช้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของสเปียร์แมน (Spearman Rank Correlation Coefficient) และพบว่าเกณฑ์การประเมินรองทั้งหมดของการประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐานและความสำเร็จของโครงการก่อสร้างมีความสัมพันธ์กัน แสดงให้เห็นถึงความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบสอบถาม (Nunnally, 1967)

แบบสอบถามจำนวน 500 ชุดถูกนำส่งด้วยมือให้กลุ่มตัวอย่างเป้าหมาย และสามารถเก็บกลับมาได้ทั้งหมด 371 ชุด คิดเป็นอัตราตอบกลับร้อยละ 74 ซึ่งถือว่าเป็นอัตราตอบกลับที่ดีเลิศ (Babbie, 1989) เมื่อพิจารณาจากประเภทขององค์กรที่ตอบกลับพบว่าร้อยละ 52.83 มาจากภาครัฐเจ้าของโครงการ ร้อยละ 26.42 มาจากผู้รับเหมาก่อสร้าง ร้อยละ 15.90 มาจากวิศวกรที่ปรึกษา ร้อยละ 18.87 มาจากผู้ออกแบบ และร้อยละ 7.01 เป็นหน่วยงานประเภทอื่น (ผู้ตอบแบบสอบถามสามารถเลือกที่ระบุประเภทองค์กรของตนเองได้มากกว่าหนึ่งประเภท) กระนั้นผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่จะมาจากภาครัฐเจ้าของโครงการซึ่งสะท้อนให้เห็นสัดส่วนที่หนักไปทางเจ้าของโครงการซึ่งช่วยยืนยันผลการทดสอบได้ในระดับหนึ่ง นอกจากนี้ผู้ตอบแบบสอบถามร้อยละ 14.29 เคยดำเนินโครงการที่มีมูลค่า 30 ถึง 99 ล้านบาทต่อปี ร้อยละ 12.31 เคยดำเนินโครงการที่มีมูลค่า 100 ถึง 499 ล้านบาทต่อปี ร้อยละ 14.29 เคยดำเนินโครงการที่มีมูลค่า 500 ถึง 999 ล้านบาทต่อปี และร้อยละ 59.30 เคยดำเนินโครงการที่มีมูลค่าตั้งแต่ 1,000 ล้านบาทขึ้นไปต่อไป

## 4.8 ผลการวิเคราะห์แบบจำลองสมการโครงสร้าง

ขั้นแรกในการวิเคราะห์แบบจำลองสมการโครงสร้างคือการยืนยันแบบจำลองการวัดเบื้องต้นสำหรับเกณฑ์การประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐานและการประเมินความสำเร็จของโครงการก่อสร้างด้วยการใช้วิธีเคราะห์ปัจจัยเชิงยืนยัน (Confirmatory factor analysis, CFA) ในโปรแกรม Amos Version 20 ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ปัจจัยเชิงยืนยันลำดับที่ 2 เพื่อยืนยันความถูกต้องของแบบจำลองการวัดเบื้องต้นด้วยการใช้ข้อมูลที่เก็บได้ สำหรับแบบจำลองการวัดสำหรับการประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐานประกอบด้วยตัวแปรแฝง 9 ตัวแปร คือ การจัดการโครงการทำเลที่ตั้ง น้ำ พลังงาน วัสดุและทรัพยากร การจัดการของเสีย การคมนาคม ผลกระทบสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ข้างเคียง และ ชุมชนและตัวแปรสังเกตุได้ที่เกี่ยวข้อง 35 ตัวแปร และแบบจำลองการวัดสำหรับความสำเร็จของโครงการก่อสร้าง ประกอบด้วยตัวแปรแฝง 6 ตัวแปร คือ เวลา ค่าใช้จ่าย คุณภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความปลอดภัย ความพึงพอใจของลูกค้าและชุมชน และสิ่งแวดล้อมและตัวแปรสังเกตุได้ที่เกี่ยวข้อง 18 ตัวแปร และแบบจำลองการวัดสำหรับความผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการ ประกอบด้วยตัวแปรแฝง 3 ตัว คือ ผลประโยชน์ด้านสังคม ผลประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อม และผลประโยชน์ด้านเศรษฐกิจ และตัวแปรสังเกตุได้ที่เกี่ยวข้อง 9 ตัวแปร

ในระหว่างขั้นตอนการวิเคราะห์ปัจจัยเชิงยืนยัน ตัวแปรใดที่ถูกพบว่าไม่มีนัยสำคัญทางสถิติจะถูกตัดออก และแบบจำลองเบื้องต้นจะถูกทดสอบและปรับแต่งจนกระทั่งค่าดัชนีของแบบจำลองอยู่ในพิสัยของดัชนีตรวจสอบความสอดคล้อง (Goodness-of-fit Indices) ดังแสดงในตารางที่ 4.2

**ตารางที่ 4.2** ดัชนีตรวจสอบความสอดคล้องของแบบจำลองการวัด

| ลำดับ | ดัชนีตรวจสอบความสอดคล้อง | ค่าที่แนะนำ | แบบจำลองการวัด | | | แบบจำลองโครงสร้างขั้นสุดท้าย |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | การประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐาน | ความสำเร็จของการก่อสร้าง | ผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการ | |
| 1 | p-value | $0.05 < p \leq 1.00$ | 0.110 | 0.094 | 0.338 | 0.261 |
| 2 | Relative chi-square ($\chi^2$/df) | $0 \leq \chi^2/df \leq 2$ | 1.109 | 1.187 | 1.103 | 1.031 |
| 3 | Goodness-of-fit index (GFI) | $0.09 \leq GFI \leq 1.00$ | 0.950 | 0.996 | 0.999 | 0.909 |
| 4 | Comparative fit index (CFI) | $0.09 \leq CFI \leq 1.00$ | 0.996 | 0.996 | 0.987 | 0.998 |
| 5 | Incremental fit index (IFI) | $0.9 \leq IFI \leq 1.00$ | 0.996 | 0.996 | 0.999 | 0.998 |
| 6 | Tucker-Lewis index (TLI) | $0.9 \leq TLI \leq 1.00$ | 0.994 | 0.995 | 0.998 | 0.998 |
| 7 | Root mean square error of approximation (RMSEA) | $0 \leq RMSEA \leq 0.08$ | 0.017 | 0.022 | 0.017 | 0.009 |

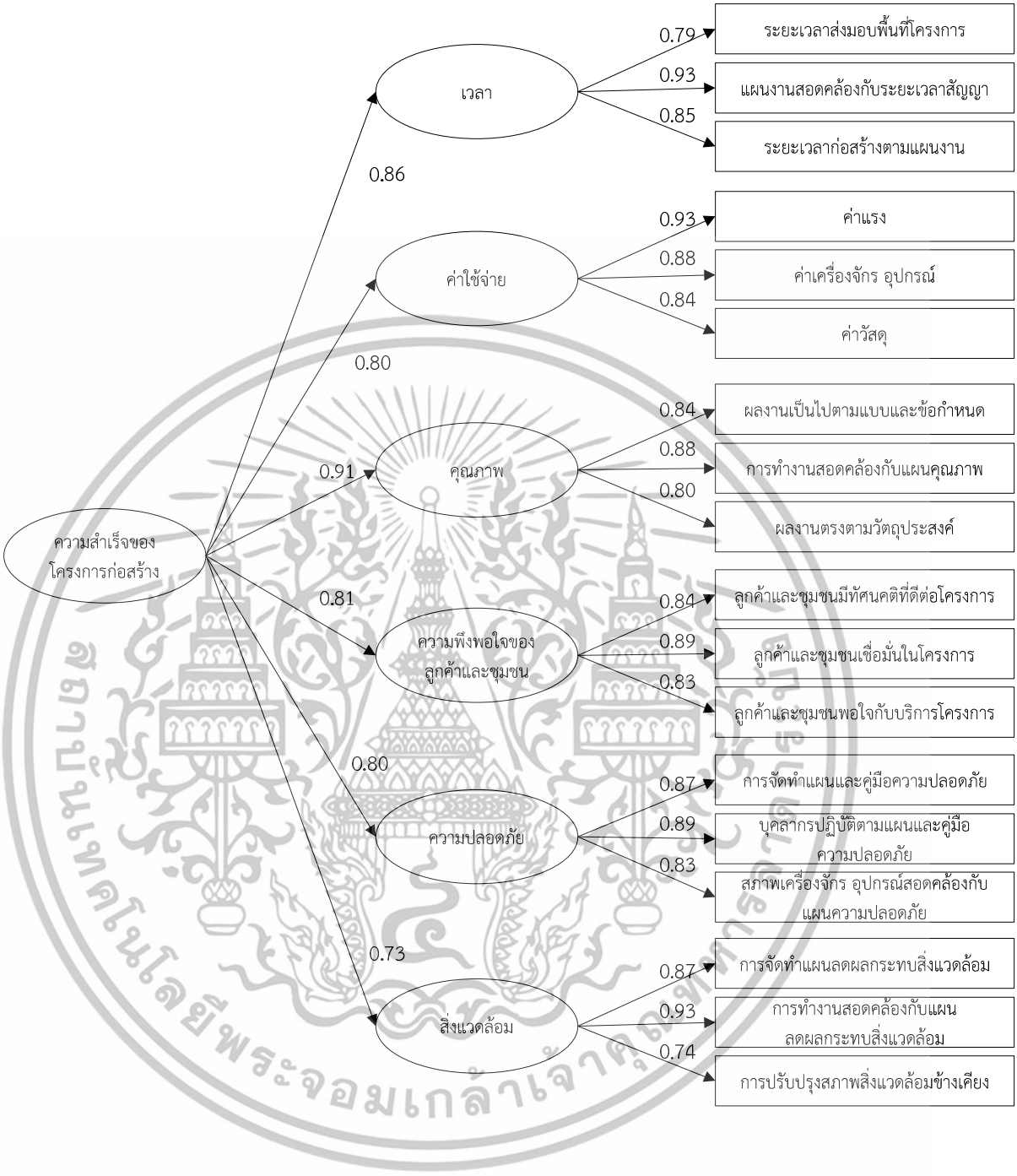
ดัชนีเหล่านี้ถูกเลือกมาใช้ในการตรวจสอบเนื่องจากเป็นดัชนีที่ไม่ขึ้นอยู่กับขนาดตัวอย่าง ค่าของดัชนีตรวจสอบความสอดคล้องที่ได้จากแบบจำลองการวัดที่ผ่านการปรับแต่งแล้วอยู่ในพิสัยของค่าดัชนีที่แนะนำดังระบุอยู่ในตารางที่ 4.2 ชี้ให้เห็นว่าแบบจำลองการวัดขั้นสุดท้ายสำหรับการประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐาน แบบจำลองการวัดขั้นสุดท้ายสำหรับความสำเร็จของโครงการก่อสร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และแบบจำลองการวัดขั้นสุดท้ายสำหรับผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ดังแสดงในรูปที่ 4.5 – 4.7 ตามลำดับ

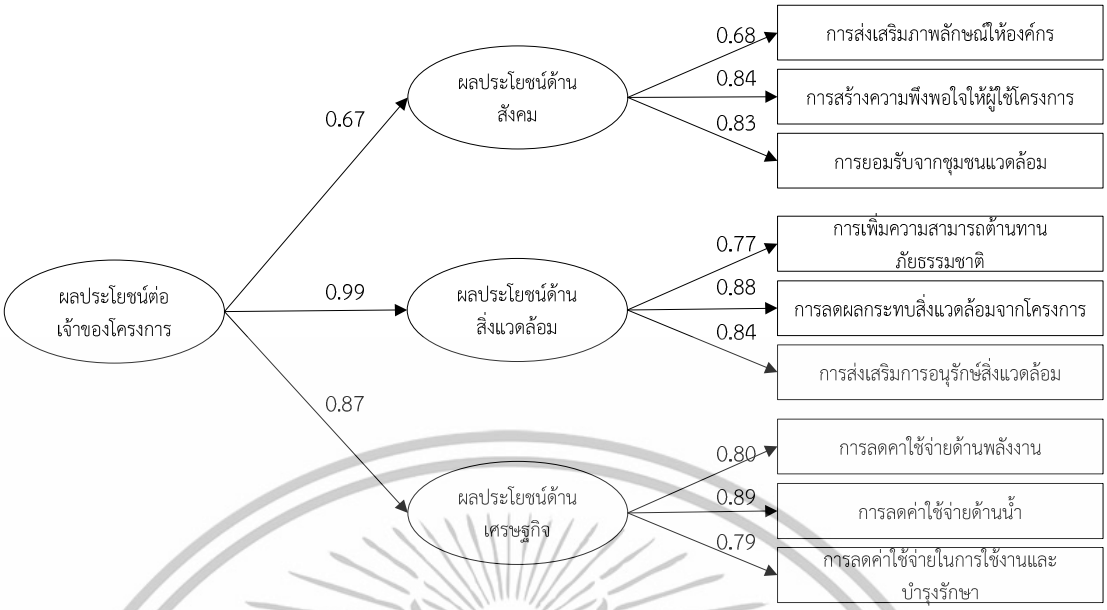
**รูปที่ 4.5** แบบจำลองการวัดขั้นสุดท้ายของการประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 4.6** แบบจำลองการวัดขั้นสุดท้ายของความสำเร็จของโครงการก่อสร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 4.7** แบบจำลองการวัดขั้นสุดท้ายของผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการ

แบบจำลองการวัดขั้นสุดท้ายของการประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐานประกอบด้วย 8 ตัวแปรแฝงคือ การจัดการโครงการทำเลที่ตั้งพลังงานและน้ำ วัสดุและทรัพยากร การจัดการของเสีย การคมนาคม ผลกระทบสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ข้างเคียง และชุมชนพร้อมตัวแปรสังเกตุได้ที่เกี่ยวข้อง จากที่แสดงในแบบจำลองจะเห็นว่าตัวแปรแฝงพลังงานและตัวแปรแฝงน้ำถูกรวมเข้าด้วยกันในขั้นตอนการยืนยันแบบจำลองการวัดเนื่องจากตัวแปรทั้งสองเป็นทรัพยากรที่จำเป็นสำหรับการดำเนินงานและบำรุงรักษาโครงสร้างพื้นฐาน อีกทั้งยังมีคุณลักษณะร่วมกันคือ เป็นทรัพยากรที่มีจำกัดมีความจำเป็นในการอนุรักษ์ และมีขั้นตอนการผลิตที่สามารถส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสังคมได้ นอกจากนี้เกณฑ์การประเมินที่สำคัญอย่างเช่น CEEQUAL (2012) และ Envision (ISI, 2012) ยังจัดพลังงานและน้ำไว้ในกลุ่มทรัพยากรเดียวกันด้วย ดังนั้นสมมติฐาน H4 และ H5 จึงถูกรวมเข้าด้วยกันเป็นสมมติฐาน H4 และ 5

H4 และ 5: พลังงานและน้ำจะถูกพิจารณาในการประเมินโครงสร้างพื้นฐานที่มีแนวโน้มความยั่งยืนสูงกว่า

แบบจำลองการวัดขั้นสุดท้ายสำหรับความสำเร็จของโครงการก่อสร้างประกอบด้วย 6 ตัวแปรแฝงคือเวลา ค่าใช้จ่าย คุณภาพ ความปลอดภัย ความพึงพอใจของลูกค้าและชุมชน และสิ่งแวดล้อมพร้อมด้วยตัวแปรสังเกตุได้ที่เกี่ยวข้องแบบจำลองการวัดขั้นสุดท้ายสำหรับผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการประกอบด้วย 3 ตัวแปรแฝงคือ ผลประโยชน์ด้านสังคม ผลประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อม และผลประโยชน์ด้านเศรษฐกิจ พร้อมตัวแปรสังเกตุได้ที่เกี่ยวข้อง หลังแบบจำลองการวัดผ่านการยืนยันแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการยืนยันแบบจำลองโครงสร้างพื้นฐานเบื้องต้น ด้วยการทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมมติฐาน H1 ถึง H22 ดัชนีตรวจสอบความสอดคล้อง (Goodness-of-fit Indices), ค่าดัชนีที่แนะนำและขั้นตอนการปรับแต่งแบบจำลองที่ใช้ในขั้นตอนยืนยันแบบจำลองสมการโครงสร้างจะเหมือนกับที่ใช้ในขั้นตอนยืนยันแบบจำลองการวัดดังแสดงในตารางที่ 3.1 แบบจำลองสมการโครงสร้างขั้นสุดท้ายที่ผ่านการปรับแต่งจนมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ถูกแสดงดังรูปที่ 4.8



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**รูปที่ 4.8** แบบจำลองสมการโครงสร้างขั้นสุดท้าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากแบบจำลองสมการโครงสร้างขั้นสุดท้ายนี้แสดงให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างการประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐานและความสำเร็จของโครงการก่อสร้าง ตามสมมติฐาน H1 ที่ถูกแสดงด้วยลูกศรที่ชี้จากการประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐานไปยังความสำเร็จของโครงการก่อสร้าง เพื่อแสดงถึงทิศทางของอิทธิพลมีค่าน้ำหนักความถดถอย เท่ากับ 0.84 ความสัมพันธ์ระหว่างการประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐานและผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการ ตามสมมติฐาน H20 ที่ถูกแสดงด้วยลูกศรที่ชี้จากการประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐานไปยังผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการเพื่อแสดงถึงทิศทางของอิทธิพลมีค่าน้ำหนักความถดถอย เท่ากับ 0.63 ความสัมพันธ์ระหว่างความสำเร็จของโครงการก่อสร้างและผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการตามสมมติฐาน H21 ที่ถูกแสดงด้วยลูกศรที่ชี้จากความสำเร็จของโครงการก่อสร้างไปยังผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการเพื่อแสดงถึงทิศทางของอิทธิพล มีค่าน้ำหนักความถดถอย เท่ากับ 0.26 ความสัมพันธ์ทางอ้อมระหว่างการประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐานและผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการ ตามสมมติฐาน H22 มีค่าน้ำหนักความถดถอยที่ได้จากการคำนวนเท่ากับ 0.85 โดยที่แบบจำลองสมการโครงสร้างที่มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์เนื่องจากค่า p-value น้อยกว่า 0.05 ซึ่งชี้ให้เห็นว่าสมมติฐานมีนัยสำคัญทางสถิติ

ดังนั้นสมมติฐานที่ว่าการประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐานมีอิทธิพลโดยตรงต่อความสำเร็จของโครงการก่อสร้างจึงเป็นไปตามที่ตั้งไว้ ค่า Squared Multiple Correlation ($R^2$) ของแบบจำลองสมการโครงสร้างขั้นสุดท้ายมีค่าเท่ากับ 0.69 แสดงให้เห็นว่าร้อยละ 69 ของค่าความแปรปรวนในความสำเร็จของโครงการก่อสร้างได้รับอิทธิพลมาจากการประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐานและสมมติฐานที่ว่าการประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐานมีอิทธิพลโดยตรงต่อผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการก็เป็นไปตามที่ตั้งไว้ ค่า Squared Multiple Correlation ($R^2$) ของแบบจำลองสมการโครงสร้างขั้นสุดท้ายมีค่าเท่ากับ 0.74 แสดงให้เห็นว่าร้อยละ 74 ของค่าความแปรปรวนในผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการได้รับอิทธิพลมาจากการประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐานและความสำเร็จของโครงการก่อสร้าง รวมไปถึงสมมติฐานที่ว่ามีความสัมพันธ์ทางอ้อมระหว่างการประเมินความยั่งขืนของโครงสร้างพื้นฐานและผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการผ่านทางบทบาทตัวกลางของความสำเร็จของการก่อสร้างก็เป็นไปตามที่ตั้งไว้เช่นกัน ผลการทดสอบสมมติฐาน H1 ถึง H22 ถูกสรุปรวมและแสดงไว้ในตารางที่ 4.3 – 4.5 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 4.3** ผลการทดสอบสมมติฐาน

| สมมติฐาน | ค่าน้ำหนักความถดถอยในรูปมาตรฐาน | p-value | ผลการทดสอบทางสถิติ |
|---|---|---|---|
| H1: การประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐานมีอิทธิพลโดยตรงต่อความสำเร็จของโครงการก่อสร้าง | 0.83 | < 0.001 | มีนัยสำคัญ |
| H2: การจัดการโครงการจะถูกพิจารณาในการประเมินโครงสร้างพื้นฐานที่มีแนวโน้มความยั่งยืนสูงกว่า | 0.72 | < 0.001 | มีนัยสำคัญ |
| H3: ทำเลที่ตั้งจะถูกพิจารณาในการประเมินโครงสร้างพื้นฐานที่มีแนวโน้มความยั่งยืนสูงกว่า | 0.73 | < 0.001 | มีนัยสำคัญ |
| H4&5: พลังงานและน้ำจะถูกพิจารณาในการประเมินโครงสร้างพื้นฐานที่มีแนวโน้มความยั่งยืนสูงกว่า | 0.77 | < 0.001 | มีนัยสำคัญ |
| H6: วัสดุและทรัพยากรจะถูกพิจารณาในการประเมินโครงสร้างพื้นฐานที่มีแนวโน้มความยั่งยืนสูงกว่า | 0.58 | < 0.001 | มีนัยสำคัญ |
| H7: การจัดการของเสียจะถูกพิจารณาในการประเมินโครงสร้างพื้นฐานที่มีแนวโน้มความยั่งยืนสูงกว่า | 0.68 | < 0.001 | มีนัยสำคัญ |
| H8: การคมนาคมจะถูกพิจารณาในการประเมินโครงสร้างพื้นฐานที่มีแนวโน้มความยั่งยืนสูงกว่า | 0.84 | < 0.001 | มีนัยสำคัญ |
| H9: ผลกระทบสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ข้างเคียงจะถูกพิจารณาในการประเมินโครงสร้างพื้นฐานที่มีแนวโน้มความยั่งยืนสูงกว่า | 0.84 | < 0.001 | มีนัยสำคัญ |
| H10: ชุมชนจะถูกพิจารณาในการประเมินโครงสร้างพื้นฐานที่มีแนวโน้มความยั่งยืนสูงกว่า | 0.78 | < 0.001 | มีนัยสำคัญ |
| H11: เวลาจะถูกใช้เป็นเครื่องมือวัดโครงการก่อสร้างที่มีแนวโน้มประสบความสำเร็จสูงกว่า | 0.83 | < 0.001 | มีนัยสำคัญ |
| H12: ค่าใช้จ่ายจะถูกใช้เป็นเครื่องมือวัดโครงการก่อสร้างที่มีแนวโน้มประสบความสำเร็จสูงกว่า | 0.82 | < 0.001 | มีนัยสำคัญ |
| H13: คุณภาพจะถูกใช้เป็นเครื่องมือวัดโครงการก่อสร้างที่มีแนวโน้มประสบความสำเร็จสูงกว่า | 0.87 | < 0.001 | มีนัยสำคัญ |
| H14: ความพึงพอใจของลูกค้าจะถูกใช้เป็นเครื่องมือวัดโครงการก่อสร้างที่มีแนวโน้มประสบความสำเร็จสูงกว่า | 0.79 | < 0.001 | มีนัยสำคัญ |
| H15: ความปลอดภัยจะถูกใช้เป็นเครื่องมือวัดโครงการก่อสร้างที่มีแนวโน้มประสบความสำเร็จสูงกว่า | 0.85 | < 0.001 | มีนัยสำคัญ |
| H16: สิ่งแวดล้อมจะถูกใช้เป็นเครื่องมือวัดโครงการก่อสร้างที่มีแนวโน้มประสบความสำเร็จสูงกว่า | 1.00 | < 0.001 | มีนัยสำคัญ |
| H17: ผลประโยชน์ด้านสังคมจะถูกใช้เป็นเครื่องมือวัดโครงการที่มีแนวโน้มให้ผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการสูงกว่า | 0.76 | < 0.001 | มีนัยสำคัญ |
| H18: ผลประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อมจะถูกใช้เป็นเครื่องมือวัดโครงการที่มีแนวโน้มให้ผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการสูงกว่า | 0.92 | < 0.001 | มีนัยสำคัญ |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 4.3** (ต่อ)

| สมมติฐาน | ค่าน้ำหนักความถดถอยในรูปมาตรฐาน | p-value | ผลการทดสอบทางสถิติ |
|---|---|---|---|
| H19: ผลประโยชน์ด้านเศรษฐกิจจะถูกใช้เป็นเครื่องมือวัดโครงการที่มีแนวโน้มให้ผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการสูงกว่า | 0.89 | < 0.001 | มีนัยสำคัญ |
| H20: การประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐานที่มีอิทธิพลโดยตรงกับผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการ | 0.63 | < 0.001 | มีนัยสำคัญ |
| H21: ความสำเร็จของโครงการก่อสร้างมีอิทธิพลโดยตรงกับผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการ | 0.26 | < 0.001 | มีนัยสำคัญ |
| H22: มีความสัมพันธ์ทางอ้อมระหว่างการประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐานและผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการผ่านทางบทบาทตัวกลางของความสำเร็จของการก่อสร้าง | 0.85 | < 0.001 | มีนัยสำคัญ |

**ตารางที่ 4.4** ค่าน้ำหนักความถดถอยที่ปรับให้อยู่ในรูปมาตรฐานและน้ำหนักความสำคัญสัมพัทธ์

| ตัวแปรแฝงและตัวแปรสังเกตุได้ | ค่าน้ำหนักความถดถอยในรูปมาตรฐาน | น้ำหนักความสำคัญสัมพัทธ์ (ร้อยละ) |
|---|---|---|
| **การประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐาน** | | |
| ผลกระทบสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ข้างเคียง | 0.84 | 14.10 |
| การควบคุม | 0.84 | 14.10 |
| ชุมชน | 0.78 | 13.15 |
| พลังงานและน้ำ | 0.77 | 12.95 |
| ที่ตั้ง | 0.73 | 12.26 |
| การจัดการโครงการ | 0.72 | 12.10 |
| การจัดการของเสีย | 0.69 | 11.52 |
| วัสดุและทรัพยากร | 0.59 | 9.82 |
| **ความสำเร็จของการก่อสร้าง** | | |
| สิ่งแวดล้อม | 1.00 | 19.42 |
| คุณภาพ | 0.87 | 16.89 |
| ความปลอดภัย | 0.86 | 16.70 |
| เวลา | 0.83 | 16.12 |
| ค่าใช้จ่าย | 0.80 | 15.53 |
| ความพึงพอใจของลูกค้าและชุมชน | 0.79 | 15.34 |
| **ผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการ** | | |
| ผลประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อม | 0.92 | 35.80 |
| ผลประโยชน์ด้านเศรษฐกิจ | 0.89 | 34.63 |
| ผลประโยชน์ด้านสังคม | 0.76 | 29.57 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 4.5** อิทธิพลของการประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐานที่มีต่อความสำเร็จของโครงการก่อสร้างและผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการ

| อิทธิพลของตัวแปรแฝง | ค่าน้ำหนักความถดถอยในรูปมาตรฐาน | | |
|---|---|---|---|
| | อิทธิพลทางตรง | อิทธิพลทางอ้อม | อิทธิพลรวม |
| การประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐานต่อผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการ | 0.63 | 0.22 | 0.85 |
| การประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐานตอความสำเร็จของการก่อสร้าง | 0.84 | - | - |
| ความสำเร็จของการก่อสร้างต่อผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการ | 0.26 | - | - |

ผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นถึงอิทธิพลที่การประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐานมีต่อความสำเร็จของโครงการก่อสร้างและผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการได้ชัดเจนขึ้น และสามารถเป็นเครื่องมือช่วยพัฒนาแนวทางสำหรับการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานให้มีความยั่งยืนได้ เพื่อช่วยให้การตีความผลการวิเคราะห์แบบจำลองโครงสร้างขั้นสุดท้ายสำหรับการประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐานได้ง่ายขึ้น ค่าน้ำหนักความถดถอยของแต่ละตัวแปรแฝงจะถูก normalize ให้เป็นค่าน้ำหนักความสำคัญสัมพัทธ์สำหรับเกณฑ์การประเมินหลักและเกณฑ์การประเมินรองเพื่อใช้ในการจัดทำแบบจำลองการประเมินต่อไป ดังแสดงในตารางที่ 4.6

**ตารางที่ 4.6** ค่าน้ำหนักความถดถอยในรูปมาตรฐานและน้ำหนักความสำคัญสัมพัทธ์ของการประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐาน

| ตัวแปรแฝงและตัวแปรสังเกตุได้ | ค่าน้ำหนักความถดถอยในรูปมาตรฐาน | น้ำหนักความสำคัญสัมพัทธ์ (ร้อยละ) |
|---|---|---|
| **ผลกระทบสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ข้างเคียง** | **0.84** | **14.10** |
| ■ การจัดทำมาตรการลดผลกระทบจากเสียงระหว่างก่อสร้างและใช้งานโครงการ | 0.92 | 27.13 |
| ■ การจัดทำมาตรการลดผลกระทบจากความสั่นสะเทือนระหว่างก่อสร้างและใช้งานโครงการ | 0.90 | 26.33 |
| ■ การจัดทำมาตรการลดผลกระทบจากมลภาวะทางอากาศระหว่างก่อสร้างและใช้งานโครงการ | 0.87 | 25.54 |
| ■ การจัดทำมาตรการลดผลกระทบจากแสงระหว่างก่อสร้างและใช้งานโครงการ | 0.71 | 21.01 |
| **การคมนาคม** | **0.84** | **14.10** |
| ■ การพิจารณาความสอดคล้องกับระบบคมนาคมปัจจุบัน | 0.79 | 25.30 |
| ■ แผนจัดการจราจรระหว่างก่อสร้าง | 0.83 | 26.41 |
| ■ การส่งเสริมคมนาคมทางเลือก | 0.71 | 22.64 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 4.6** (ต่อ)

| ตัวแปรแฝงและตัวแปรสังเกตุได้ | ค่าน้ำหนักความถดถอยในรูปมาตรฐาน | น้ำหนักความสำคัญสัมพัทธ์ (ร้อยละ) |
|---|---|---|
| ▪ การปรับปรุงการเข้าถึงและความปลอดภัยของการสัญจรในพื้นที่โครงการ | 0.80 | 25.65 |
| **ชุมชน** | **0.78** | **13.15** |
| ▪ การส่งเสริมเศรษฐกิจชุมชนให้เติบโต | 0.84 | 25.90 |
| ▪ การส่งเสริมความปลอดภัยและสุขอนามัยชุมชน | 0.86 | 26.40 |
| ▪ การส่งเสริมการสัญจรและเข้าถึงชุมชน | 0.79 | 24.33 |
| ▪ การอนุรักษ์ทัศนียภาพของชุมชน | 0.76 | 23.37 |
| **พลังงานและน้ำ** | **0.77** | **12.95** |
| ▪ การจัดทำมาตรการลดการปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ | 0.84 | 28.12 |
| ▪ การจัดทำมาตรการติดตามการใช้พลังงานระหว่างก่อสร้างและใช้งานโครงการ | 0.86 | 28.69 |
| ▪ การจัดทำมาตรการลดการใช้น้ำระหว่างก่อสร้างและใช้งานโครงการ | 0.64 | 21.88 |
| ▪ การจัดทำมาตรการติดตามการใช้น้ำระหว่างก่อสร้างและใช้งานโครงการ | 0.66 | 21.31 |
| **ทำเลที่ตั้ง** | **0.73** | **12.26** |
| ▪ การประเมินความเสี่ยงจากอุทกภัย | 0.77 | 36.10 |
| ▪ การป้องกันผลกระทบสิ่งแวดล้อมต่อระบบนิเวศ | 0.76 | 36.00 |
| ▪ การจัดการน้ำฝนไหลล้นจากโครงการ | 0.59 | 27.90 |
| **การจัดการโครงการ** | **0.72** | **12.10** |
| ▪ การจัดทำแผนจัดการสิ่งแวดล้อม | 0.77 | 31.43 |
| ▪ การจัดทำแผนความปลอดภัย | 0.86 | 35.33 |
| ▪ การจัดทำแผนคุณภาพ | 0.81 | 33.24 |
| **การจัดการของเสีย** | **0.69** | **11.52** |
| ▪ การจัดทำแผนจัดการของเสีย | 0.91 | 34.48 |
| ▪ การจัดทำแผนลดของเสีย | 0.93 | 34.93 |
| ▪ การจัดทำแผนคัดแยกของเสีย | 0.81 | 30.59 |
| **วัสดุและทรัพยากร** | **0.59** | **9.82** |
| ▪ การนำโครงสร้างเดิมกลับมาใช้ใหม่ | 0.59 | 26.46 |
| ▪ การใช้วัสดุรีไซเคิล | 0.81 | 36.21 |
| ▪ การประเมินวงจรชีวิตของวัสดุก่อสร้าง | 0.84 | 37.33 |

## 4.9 อภิปรายผลการวิเคราะห์แบบจำลองสมการโครงสร้าง

แบบจำลองสมการโครงสร้างพื้นฐานขั้นสุดท้ายแสดงให้เห็นว่าตัวแปรแฝงสองตัวคือผลกระทบสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ข้างเคียงและการคมนาคมมีน้ำหนักความสำคัญสัมพัทธ์สูงที่สุดเท่ากันที่ร้อยละ 14.10 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ข้างเคียงถูกอธิบายด้วย 4 เกณฑ์การประเมินรองคือการควบคุมเสียงระหว่างก่อสร้างและใช้งานโครงการที่น้ำหนักความสำคัญสัมพัทธ์ร้อยละ 27.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การควบคุมความสั่นสะเทือนระหว่างก่อสร้างและใช้งานโครงการที่น้ำหนักความสำคัญสัมพัทธ์ร้อยละ 26.33 การควบคุมมลภาวะทางอากาศระหว่างก่อสร้างและใช้งานโครงการที่น้ำหนักความสำคัญสัมพัทธ์ร้อยละ 25.54 และการควบคุมแสงรบกวนระหว่างก่อสร้างและใช้งานโครงการที่น้ำหนักความสำคัญสัมพัทธ์ร้อยละ 21.01

ผลกระทบสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ข้างเคียงถูกมองว่าน่าจะเป็นตัวแปรสำคัญที่สุดเพราะการพัฒนาที่ยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐานควรครอบคลุมองค์ประกอบพื้นฐาน 3 ประการ คือ สังคม สิ่งแวดล้อมและเศรษฐกิจ ซึ่งเห็นได้ชัดเจนว่าตัวแปรด้านผลกระทบสิ่งแวดล้อมเป็นคุณลักษณะพื้นฐานของโครงสร้างพื้นฐานที่ผู้ตอบแบบสอบถามทุกคนให้ความสนใจ เกณฑ์การประเมินรองด้านมลภาวะทางอากาศ เสียง ความสั่นสะเทือนและการรบกวนของแสงระหว่างการก่อสร้างและใช้งานโครงการนั้นสามารถส่งผลเสียต่อความยั่งยืนของโครงการและผู้อยู่อาศัยรอบๆโครงการได้ ซึ่งสอดคล้องกับเกณฑ์ประเมิน CEEQUAL (2012) และ Envision (ISI, 2012) ที่ได้รวมประเด็นด้านสิ่งแวดล้อมไว้เป็นหัวข้อของเกณฑ์ประเมินที่สำคัญในการประเมินความยั่งยืนของโครงการด้วย Shen et al. (2011) ยังพบว่าผลกระทบสิ่งแวดล้อมต่างๆ เช่น คุณภาพอากาศและมลภาวะผิวดินยังเป็นปัจจัยสำคัญที่สะท้อนความยั่งยืนของโครงการได้ ดังนั้นกฎหมายต่างๆจึงถูกจัดทำขึ้นในหลายประเทศเพื่อควบคุมประเด็นด้านสิ่งแวดล้อมเหล่านี้ ข้อกำหนดรายละเอียดการก่อสร้างและเงื่อนไขของสัญญาส่วนใหญ่ก็ได้รวมประเด็นด้านสิ่งแวดล้อมเหล่านี้ไว้เป็นข้อบังคับระหว่างก่อสร้างด้วย

ตัวแปรแผงการคมนาคมซึ่งมีความสำคัญเทียบเท่าผลกระทบสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ข้างเคียงถูกอธิบายด้วย 4 เกณฑ์การประเมินรองคือ ความเข้ากันได้กับระบบคมนาคมปัจจุบันที่น้ำหนักความสำคัญสัมพัทธ์ร้อยละ 25.30 แผนจัดการจราจรที่น้ำหนักความสำคัญสัมพัทธ์ร้อยละ 26.41 การส่งเสริมให้ใช้การคมนาคมทางเลือกที่น้ำหนักความสำคัญสัมพัทธ์ร้อยละ 22.64 และการปรับปรุงการเข้าถึงและความปลอดภัยจราจรที่น้ำหนักความสำคัญสัมพัทธ์ร้อยละ 25.65 นั้นในทางปฏิบัติแล้วการคมนาคมสามารถส่งผลกระทบอย่างเป็นรูปธรรมต่อความสำเร็จของโครงการตลอดอายุโครงการได้ เช่น ระยะเวลาก่อสร้าง ค่าใช้จ่าย และคุณภาพของงานมีโอกาสได้รับผลดีหรือผลเสียจากประสิทธิภาพของการขนส่งทั้งในและรอบพื้นที่โครงการได้ ความเข้ากันได้กับระบบคมนาคมปัจจุบันและการปรับปรุงการเข้าถึงและความปลอดภัยจราจรควรได้รับการพิจารณาตั้งแต่แรกเพื่อลดผลเสียต่างๆและเพิ่มประโยชน์ใช้สอยของโครงสร้างพื้นฐานปัจจุบันและที่กำลังจะก่อสร้างใหม่ นอกจากนี้เมืองใหญ่ในปัจจุบันต่างประสบปัญหาการจราจรติดขัดมานานหลายสิบปี แผนจัดการจราจรที่มีประสิทธิภาพควรถูกนำมาใช้ระหว่างก่อสร้างและส่งเสริมการคมนาคมทางเลือกเพื่อช่วยลดปัญหาจราจรเหล่านี้ซึ่งสอดคล้องกับเกณฑ์การประเมินใน GreenLITES ที่แนะนำว่าการใช้แผนจัดการจราจรและปรับปรุงระบบไฟสัญญาณจราจรจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการสัญจรของยานพาหนะและลดมลภาวะที่เกิดขึ้นจากยานพาหนะได้ (NYSDOT, 2012)

ตัวแปรแผงวัสดุและทรัพยากร และการจัดการของเสียมีน้ำหนักความสำคัญสัมพัทธ์ต่ำที่สุดที่ร้อยละ 9.82 และ 11.52 ตามลำดับ ตัวแปรแผงวัสดุและทรัพยากรถูกอธิบายด้วย 3 เกณฑ์การ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประเมินรอง คือ การนำโครงสร้างปัจจุบันมาใช้ใหม่ที่น้ำหนักความสำคัญสัมพัทธ์ร้อยละ 26.46 การใช้วัสดุรีไซเคิลที่น้ำหนักความสำคัญสัมพัทธ์ร้อยละ 36.21 และการประเมินวงจรชีวิตที่น้ำหนักความสำคัญสัมพัทธ์ร้อยละ 37.33 นั้นพบว่าถึงแม้ตัวแปรแฝงวัสดุและทรัพยากรจะมีน้ำหนักความสำคัญสัมพัทธ์ต่ำที่สุดแต่ก็ยังเป็นเกณฑ์ที่สำคัญสำหรับการประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐานซึ่งพอจะอธิบายได้ว่าถึงแม้ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ตระหนักถึงประโยชน์ของการนำโครงสร้างปัจจุบันมาใช้ใหม่และการใช้วัสดุรีไซเคิล ผู้ตอบแบบสอบถามยังมีความเชื่อว่าวัสดุใหม่มีคุณภาพดีและทนทานกว่าวัสดุรีไซเคิล ตัวแปรแฝงการจัดการของเสียถูกอธิบายด้วย 3 เกณฑ์การประเมินรอง คือ แผนจัดการของเสียที่น้ำหนักความสำคัญสัมพัทธ์ร้อยละ 34.48 แผนลดของเสียที่น้ำหนักความสำคัญสัมพัทธ์ร้อยละ 34.93 และแผนคัดแยกของเสียที่น้ำหนักความสำคัญสัมพัทธ์ร้อยละ 30.59 ชี้ให้เห็นว่าการจัดการของเสียถูกมองว่ามีความสำคัญน้อยที่สุดเป็นลำดับสองเพราะผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่มองว่าวิธีจัดการของเสียที่ทันสมัยมีค่าใช้จ่ายสูงเกินไปและเลือกที่จะใช้วิธีจัดการของเสียแบบเดิมที่มีค่าใช้จ่ายต่ำกว่า เช่น การนำของเสียไปทิ้งนอกสถานที่ก่อสร้างตามลานทิ้งขยะหรือนำไปถมที่ดิน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Ugwu and Haupt (2007) ที่ใช้การจัดการของเสียและการใช้ทรัพยากรเป็นเครื่องมือควบคุมและแนวทางในการก่อสร้างโครงสร้างพื้นฐานที่ยั่งยืน นอกจากนี้ระบบประเมินต่างๆยังรวมเกณฑ์การประเมินด้านวัสดุและทรัพยากร และ/หรือการจัดการของเสียเข้าไว้ในเกณฑ์ของตนด้วย (Envision (ISI, 2012); CEEQUAL 2012; Greenroads, 2011; GreenLITES (NYSDOT, 2012))

ในส่วนของความสำเร็จของโครงการก่อสร้าง เมื่อพิจารณาตัวแปรแฝงที่วัดความสำเร็จของโครงการก่อสร้าง อาทิ สิ่งแวดล้อมที่น้ำหนักความสำคัญสัมพัทธ์ร้อยละ 19.42 คุณภาพที่น้ำหนักความสำคัญสัมพัทธ์ร้อยละ 16.89 ความปลอดภัยที่น้ำหนักความสำคัญสัมพัทธ์ร้อยละ 16.70 เวลาที่น้ำหนักความสำคัญสัมพัทธ์ร้อยละ 16.12 ค่าใช้จ่ายที่น้ำหนักความสำคัญสัมพัทธ์ร้อยละ 15.53 และความพึงพอใจของลูกค้าที่น้ำหนักความสำคัญสัมพัทธ์ร้อยละ 15.34 พบว่าการประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐานไม่เพียงแต่มีอิทธิพลต่อความสำเร็จของโครงการในรูปแบบเดิมซึ่งพิจารณาเฉพาะประเด็นเวลาค่าใช้จ่าย และคุณภาพ แต่ยังส่งผลไปยังการวัดความสำเร็จของโครงการจากประเด็นอื่นด้วย เช่น สิ่งแวดล้อม ความปลอดภัย และความพึงพอใจของลูกค้า ในระดับที่มีความสำคัญเกือบเท่ากัน

สำหรับผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการ ผลการวิจัยพบว่าผลประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อมที่น้ำหนักความสำคัญสัมพัทธ์สูงสุดที่ร้อยละ 35.80 ตามด้วยผลประโยชน์ด้านเศรษฐกิจที่น้ำหนักความสำคัญสัมพัทธ์ร้อยละ 34.63 และผลประโยชน์ด้านสังคมที่น้ำหนักความสำคัญสัมพัทธ์ร้อยละ 29.57 บ่งชี้ว่าเหตุผลที่ผลประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อมมีความสำคัญสูงสุดอาจเป็นเพราะผลประโยชน์อย่างเช่น การปรับปรุงความสามารถในการต้านทานกับภัยธรรมชาติ การลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากโครงการ การปกป้องทรัพยากรธรรมชาติและระบบนิเวศ สะท้อนถึงความเอาใจต่อธรรมชาติจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เจ้าของโครงการ ซึ่งความเอาใจใส่นี้จะช่วยเพิ่มผลประโยชน์ด้านสังคมและเศรษฐกิจให้เจ้าของโครงการด้วยจนนำไปสู่ความเติบโตขององค์กรเจ้าของโครงการได้อย่างยั่งยืน

เมื่อพิจารณาโดยรวมแล้วพบว่าเกณฑ์ด้านสิ่งแวดล้อมมีน้ำหนักความสำคัญสัมพัทธ์สูงที่สุดซึ่งเป็นสิ่งยืนยันว่าประเด็นด้านสิ่งแวดล้อมคือแกนหลักของการพัฒนาโครงการโครงสร้างพื้นฐานที่ยั่งยืนอันจะนำไปสู่ความสำเร็จของการก่อสร้างและผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการ

## 4.10 สรุปผลการวิเคราะห์แบบจำลองสมการโครงสร้าง

การประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐานช่วยให้ทุกฝ่ายที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับโครงการตระหนักได้ว่าโครงการมีการดำเนินงานอย่างยั่งยืนหรือไม่และเพียงใด และขั้นตอนการประเมินก็มีส่วนช่วยเพิ่มความสำเร็จให้กับการก่อสร้างซึ่งจะส่งผลถึงผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการ ดังนั้นจึงมีการตั้งสมมติฐานว่าการประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐานมีอิทธิพลโดยตรงต่อความสำเร็จของโครงการก่อสร้างและผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการ เพื่อทดสอบสมมติฐานนี้ แบบจำลองการวัด 3 แบบจำลอง และแบบจำลองสมการโครงสร้างเบื้องต้นจึงถูกสร้างขึ้นเพื่อศึกษาผลกระทบของการประเมินโครงสร้างพื้นฐานที่ยั่งต่อความสำเร็จของโครงการก่อสร้างและผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการ การวิเคราะห์ปัจจัยเชิงยืนยันถูกนำมาใช้เพื่อตรวจสอบยืนยันแบบจำลองการวัด ในการวิเคราะห์ปัจจัยเชิงยืนยันพบว่าการประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐานถูกอธิบายด้วย 8 ปัจจัย คือ ผลกระทบสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ข้างเคียง การคมนาคม ชุมชน พลังงานและน้ำ ทำเลที่ตั้ง การจัดการโครงการการจัดการของเสีย และ วัสดุและทรัพยากร ความสำเร็จของโครงการก่อสร้างถูกอธิบายด้วย 6 ปัจจัยคือ คุณภาพ ความปลอดภัย เวลา ค่าใช้จ่าย และความพึงพอใจของลูกค้า ผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการถูกอธิบายด้วย 3 ปัจจัยคือ ผลประโยชน์ด้านสังคม ผลประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อม และผลประโยชน์ด้านเศรษฐกิจ

แบบจำลองสมการโครงสร้างถูกวิเคราะห์และปรับแต่งจนกระทั่งแบบจำลองอยู่ในพิสัยของดัชนีตรวจสอบความสอดคล้อง (Goodness-of-fit Indices) ทั้งหมดที่นำมาใช้เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ผลการวิเคราะห์แบบจำลองสมการโครงสร้างแสดงให้เห็นว่าการประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐานมีอิทธิพลโดยตรงต่อความสำเร็จของโครงการก่อสร้าง ที่ค่าน้ำหนักความถดถอยมาตรฐานเท่ากับ 0.84 และการประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐานมีอิทธิพลโดยตรงต่อผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการ ที่ค่าน้ำหนักความถดถอยมาตรฐานเท่ากับ 0.63 และ ความสำเร็จของโครงการก่อสร้างมีอิทธิพลโดยตรงต่อผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการ ที่ค่าน้ำหนักความถดถอยมาตรฐานเท่ากับ 0.26 ตามลำดับ

แบบจำลองยังแสดงให้เห็นว่าผลกระทบสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ข้างเคียงและการคมนาคมมีค่าน้ำหนักความสำคัญสัมพัทธ์สูงที่สุดที่ร้อยละ 14.10 ดังนั้น ผลกระทบสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ข้างเคียงและการคมนาคมจึงเป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่สุดของการดำเนินงานโครงสร้างพื้นฐานที่ยั่งยืน นอกจากนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพื่อเติมเต็มช่องว่างองค์ความรู้ การวิจัยนี้ยังศึกษาอิทธิพลที่การประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐานมีต่อความสำเร็จของโครงการก่อสร้างและผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงซึ่งสามารถสรุปได้ว่า:

1) แบบจำลองสมการโครงสร้างขั้นสุดท้าย ซึ่งประกอบด้วย 8 เกณฑ์การประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐานสามารถช่วยเจ้าของโครงสร้างพื้นฐาน ผู้ออกแบบและวิศวกรที่ปรึกษารวมเกณฑ์การประเมินโครงสร้างพื้นฐานเหล่านี้ไว้ในเอกสารประกวดราคาซึ่งโครงการจะถูกประเมินตามเกณฑ์เหล่านี้ในระหว่างขั้นตอนการออกแบบ ก่อสร้าง และใช้งาน ผู้รับเหมาก่อสร้างเองก็จำเป็นต้องเตรียมทรัพยากรและเทคนิคการก่อสร้างให้สอดคล้องกับเกณฑ์เหล่านี้ด้วย
2) ค่าน้ำหนักความถดถอยที่พบระหว่างการประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐาน (ประกอบด้วย 8 เกณฑ์) และความสำเร็จของโครงการก่อสร้าง(ประกอบด้วย 6 เกณฑ์) พิสูจน์ให้เห็นว่าการประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐานมีอิทธิพลโดยตรงต่อความสำเร็จของโครงสร้างพื้นฐาน ผลลัพธ์ที่ได้นี้จะช่วยให้ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องกับโครงการ อาทิ เจ้าของโครงการ ผู้ออกแบบ วิศวกรที่ปรึกษา และผู้รับเหมาก่อสร้างมีความมั่นใจว่าการดำเนินการโครงสร้างพื้นฐานที่ยั่งยืนจะช่วยเพิ่มโอกาสให้ความสำเร็จของโครงการก่อสร้าง
3) ค่าน้ำหนักความถดถอยที่พบระหว่างการประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐาน (ประกอบด้วย 8 เกณฑ์) และผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการ(ประกอบด้วย 3 เกณฑ์) พิสูจน์ให้เห็นว่าการประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐานมีอิทธิพลโดยตรงต่อผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการ ผลลัพธ์ที่ได้นี้จะช่วยให้ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องกับโครงการ เช่น เจ้าของโครงการ มีความมั่นใจว่าการดำเนินการโครงสร้างพื้นฐานที่ยั่งยืนจะช่วยเพิ่มผลประโยชน์ต่อองค์กรของตนได้ในลักษณะที่มีความยั่งยืนมากขึ้น
4) เมื่อดำเนินการโครงสร้างพื้นฐานที่ยั่งยืน เกณฑ์สำคัญที่สุดที่จะถูกพิจารณาจากผู้มีส่วนเกี่ยวข้องกับโครงการคือผลกระทบสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ข้างเคียงและการคมนาคม ความเข้าใจที่มีต่อเกณฑ์ที่สำคัญที่สุดสำหรับการประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐานนี้จะเป็นแนวทางให้ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องกับโครงการจัดสรรทรัพยากรที่มีอยู่ของตนให้สอดคล้องกับลำดับความสำคัญตามเกณฑ์เพื่อเพิ่มโอกาสในความสำเร็จของโครงการก่อสร้าง เช่น การจัดเตรียมบุคลากร เครื่องจักร เครื่องมือ และเทคนิคการก่อสร้างให้เหมาะสมเพื่อป้องกันและลดผลกระทบด้านเสียงรบกวน ความสั่นสะเทือน มลภาวะทางอากาศและการรบกวนของแสงระหว่างก่อสร้างที่จะเกิดต่อพื้นที่ข้างเคียงโครงการ
5) เมื่อดำเนินการโครงสร้างพื้นฐานที่ยั่งยืน ระดับความสำเร็จของโครงการก่อสร้างจะแตกต่างกัน จากความเข้าใจที่มีต่อเกณฑ์สำคัญที่สุด อาทิ เกณฑ์ด้านสิ่งแวดล้อมและการจัดลำดับความสำคัญของเกณฑ์ที่สะท้อนให้เห็นความสำเร็จของโครงการผู้มีส่วนเกี่ยวข้องกับโครงการสามารถ 1) ให้ความสำคัญกับเกณฑ์ตามลำดับ 2) ระบุสาเหตุหลักที่ทำให้ความสำเร็จของโครงการอยู่ในระดับสูงหรือต่ำ และ 3) เลือกกลยุทธที่เหมาะเพื่อเพิ่มระดับความสำเร็จของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงการ อาทิ กิจกรรมต่างๆในโครงสร้างพื้นฐานทำให้ระดับความสำเร็จของโครงการลดลงในส่วนของเกณฑ์ด้านสิ่งแวดล้อมเพราะกิจกรรมเหล่านี้ก่อให้เกิดความสั่นสะเทือนที่รบกวนการใช้ชีวิตประจำวันปกติของผู้อาศัยอยู่ในพื้นที่ข้างเคียงโครงการ ผู้ดำเนินโครงการจึงอาจต้องยอมลดระดับความสำเร็จของโครงการในด้านค่าใช้จ่ายเพื่อลดความสั่นสะเทือนและยกระดับความสำเร็จของโครงการในด้านสิ่งแวดล้อมเพิ่มขึ้น เพราะเกณฑ์ด้านสิ่งแวดล้อมมีความสำคัญกว่าเกณฑ์ด้านค่าใช้จ่ายในการสะท้อนให้เห็นความสำเร็จของโครงการ

6) เมื่อดำเนินโครงสร้างพื้นฐานที่ยั่งยืน ระดับผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการจะแตกต่างกันโดยผลประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อมอยู่ในระดับสูงสุด สอดคล้องกับการประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐานและความสำเร็จของโครงการที่เกณฑ์ด้านสิ่งแวดล้อมมีความสำคัญสูงสุดเช่นกัน ซึ่งสามารถช่วยสร้างความมั่นใจให้เจ้าของโครงการได้ว่าหากมีการดำเนินโครงสร้างพื้นฐานที่ยั่งยืน นอกจากโครงการจะมีโอกาสประสบความสำเร็จมากขึ้นแล้ว ยังจะได้รับผลประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อม ซึ่งจะส่งผลถึงการได้รับผลประโยชน์ด้านเศรษฐกิจและสังคมร่วมด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 5
# แบบจำลองการประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐาน ด้วยวิธีพิจารณาการตัดสินใจหลายเกณฑ์

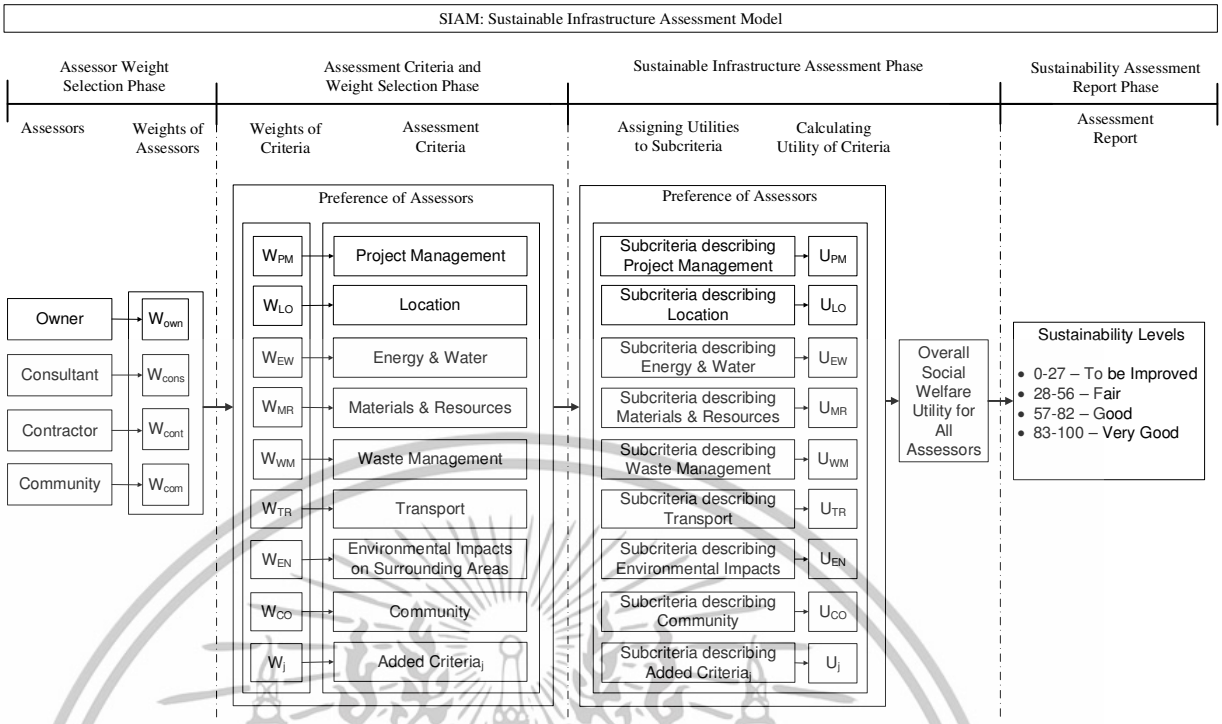
## 5.1 บทนำ

ในบทนี้จะเป็นการจัดทำแบบจำลองสำหรับประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐานด้วยการใช้ตัวแปรแฝงและตัวแปรสังเกตุได้จากแบบจำลองสมการโครงสร้างในบทที่ 4 เป็นเกณฑ์ในการประเมินโดยเชียนโปรแกรม Visual Basic ในโปรแกรม Microsoft Excel เพื่อสร้างเป็นแบบจำลอง โดยมีจุดมุ่งหมายคือ 1) สร้างแบบจำลองสำหรับการประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐานที่ใช้งานง่ายและยืดหยุ่นต่อการปรับแต่ง 2) สามารถรับมือกับความเสี่ยงและความไม่แน่นอนที่เกิดขึ้นจากการประเมินได้ 3) รองรับการใช้งานของผู้มีส่วนได้เสียหลายคนได้ 4) ใช้เป็นแนวทางในการออกแบบและบริหารโครงการได้ 5) ส่งเสริมการเรียนรู้และการมีส่วนร่วมในการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานที่ยั่งยืน

## 5.2 การออกแบบและเขียนโปรแกรมแบบจำลองการประเมินโครงสร้างพื้นฐานที่ยั่งยืน

แบบจำลองการประเมินโครงสร้างพื้นฐานที่ยั่งยืน (Sustainable Infrastructure Assessment Model, SIAM) ถูกพัฒนาโดยมีพื้นฐานอยู่บนแนวคิดทฤษฎีฟังก์ชั่นอรรถประโยชน์และฟังก์ชั่นสวัสดิการสังคม โดยจะถูกแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน ขั้นตอนแรกคือการเลือกน้ำหนักให้ผู้ประเมิน (หรือที่เรียกว่าผู้ตัดสินใจในแบบจำลองการตัดสินใจโดยพิจารณาหลายเกณฑ์) ขั้นตอนที่สองคือการเลือกเกณฑ์การประเมินและน้ำหนักที่เหมาะสม ขั้นตอนที่สามคือการประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐาน และขั้นตอนที่สี่คือการรายงานผลการประเมิน ดังแสดงในรูปที่ 5.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 5.1** แบบจำลองการประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐาน

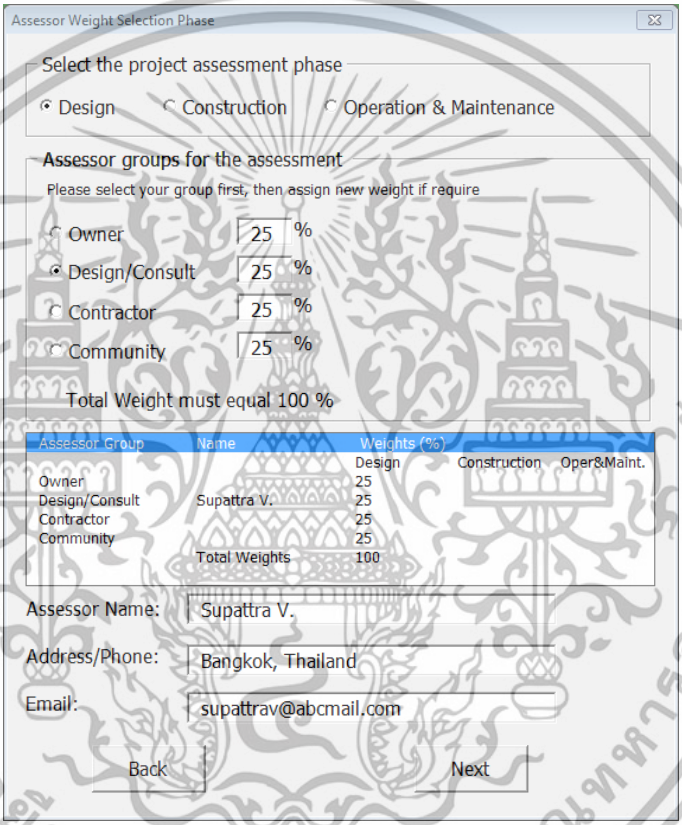
จากการออกแบบแบบจำลองดังแสดงในรูปที่ 5.1 แบบจำลองจะถูกสร้างขึ้นด้วยโปรแกรม Visual Basic ในโปรแกรม Microsoft Excel เนื่องจากว่าโปรแกรม Microsoft Excel นั้นใช้งานได้ไม่ยาก และมีความสามารถในการคำนวน ภาษา Visual Basic จึงถูกเขียนขึ้นเพื่อทำงานต่างๆแทนผู้ประเมินโดยอัตโนมัติ อาทิ การรับเข้าข้อมูล การคำนวน และการรายงานผลการประเมินผ่านทาง UserForms ที่มีปฏิสัมพันธ์กับผู้ประเมิน โดยจะถูกสร้างขึ้นให้สอดคล้องกับขั้นตอนการประเมินแต่ละขั้นตามที่แสดงในภาพ

### 5.2.1 ขั้นตอนที่ 1 การเลือกน้ำหนักให้ผู้ประเมิน

แบบจำลองนี้ถูกออกแบบให้เป็นแบบจำลองเพื่อประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐานด้วยตนเอง ซึ่งนำความพึงพอใจของผู้มีส่วนได้เสียหลายฝ่ายในโครงการเข้ามาพิจารณาในขั้นตอนการประเมิน Freeman (2010) อธิบายว่า ผู้มีส่วนได้เสียคือบุคคลหรือกลุ่มบุคคลที่มีอิทธิพลหรือได้รับผลกระทบจากความสำเร็จของการดำเนินโครงการ กลุ่มบุคคลเหล่านี้สามารถมีส่วนร่วมในการจัดทำนโยบายหรือวัตถุประสงค์เพื่อการดำเนินงานที่มีประสิทธิภาพของโครงการได้ Rangarajan et al. (2013) กล่าวว่าผู้มีส่วนได้เสียคือผู้รับผิดชอบในการตัดสินใจและสามารถเป็นผู้สนับสนุนอย่างแข็งขันต่อการพัฒนาและโครงสร้างพื้นฐานที่ยั่งยืนได้ โดยทั่วไปผู้มีส่วนได้เสียในโครงการก่อสร้างคือเจ้าของโครงการ ผู้ออกแบบ วิศวกร สถาปนิก ผู้รับเหมาก่อสร้าง ผู้ค้าวัสดุ และชุมชน เพื่อให้สะดวกในการทำแบบจำลอง การศึกษานี้จำแนกผู้มีส่วนได้เสียออกเป็น 4 กลุ่มหลักคือ เจ้าของโครงการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผู้ออกแบบและที่ปรึกษา ผู้รับเหมาก่อสร้าง และชุมชน แต่ละกลุ่มจะถูกขอให้ส่งตัวแทนมาเป็นผู้ประเมินโครงการ ถึงแม้ผู้มีส่วนได้เสียทุกคนจะมีความสำคัญ กระนั้นก็ยังมีความแตกต่างด้านอิทธิพล คุณลักษณะ ความรู้ ความมีส่วนร่วม และอำนาจในการตัดสินใจที่เกี่ยวข้องกับความยั่งยืนของโครงการ (Bal et al. 2013) ดังนั้นแบบจำลองนี้จึงรวมน้ำหนักความสำคัญของผู้ประเมินทั้งหมดซึ่งจะถูกกำหนดโดยฉันทามติระหว่างผู้ประเมินและจะถูกกรอกลงในแบบฟอร์มดังแสดงในรูปที่ 5.2 ในแบบฟอร์มนี้ ผู้ประเมินแต่ละคนจะต้องระบุขั้นตอนการประเมินของโครงการ กลุ่มที่ประเมินสังกัด และน้ำหนักของตน เมื่อกรอกแบบฟอร์มครบถ้วนแล้วให้คลิ๊กปุ่ม “Next” เพื่อเข้าสู่ขั้นตอนต่อไป




**รูปที่ 5.2** แบบฟอร์มเลือกน้ำหนักผู้ประเมิน

### 5.2.2 ขั้นตอนที่ 2 เกณฑ์การประเมินและการเลือกน้ำหนัก

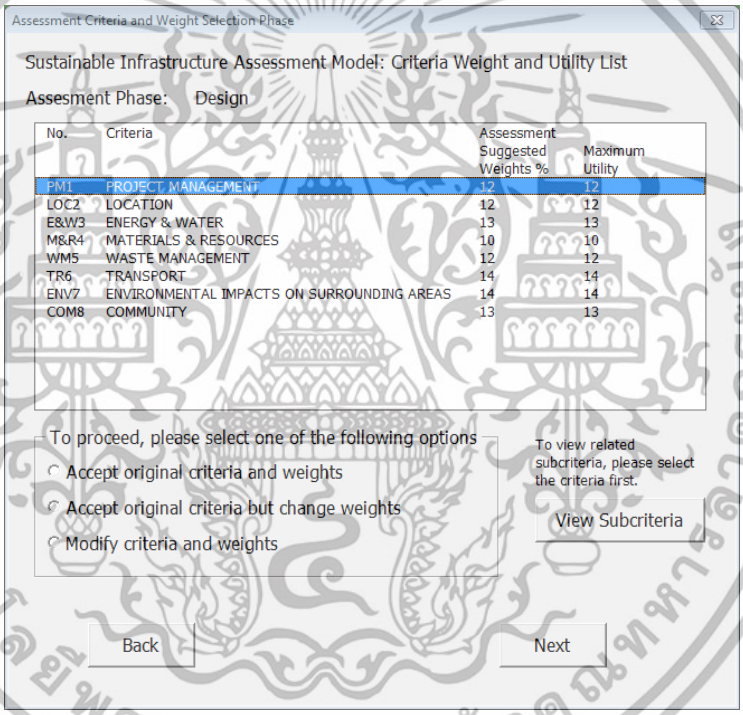
ในขั้นตอนนี้ แบบจำลองจะเสนอเกณฑ์การประเมินหลักพร้อมน้ำหนักและเกณฑ์รองที่ได้จากผลการวิเคราะห์แบบจำลองสมการโครงสร้างตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ในบทที่ 3 หัวข้อ 4 ดังนี้

- การจัดการโครงการ (12.10 %)
- ทำเลที่ตั้ง (12.26 %)
- พลังงานและน้ำ (12.95 %)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- วัสดุและทรัพยากร (9.82 %)
- การจัดการของเสีย (11.52 %)
- การคมนาคม (14.10 %)
- ผลกระทบสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ข้างเคียง (14.10 %)
- ชุมชน (13.15 %)

ในขั้นตอนนี้แบบจำลองจะมีความยืดหยุ่นต่อการเปลี่ยนแปลงและปรับแต่งของเกณฑ์การประเมินหลักและรองตามความเหมาะสมกับสภาพโครงการด้วยการนำเสนอทางเลือก 3 ทางให้กับผู้ประเมิน ดังแสดงในรูปที่ 5.3




**รูปที่ 5.3** แบบฟอร์มทางเลือกเกณฑ์การประเมิน

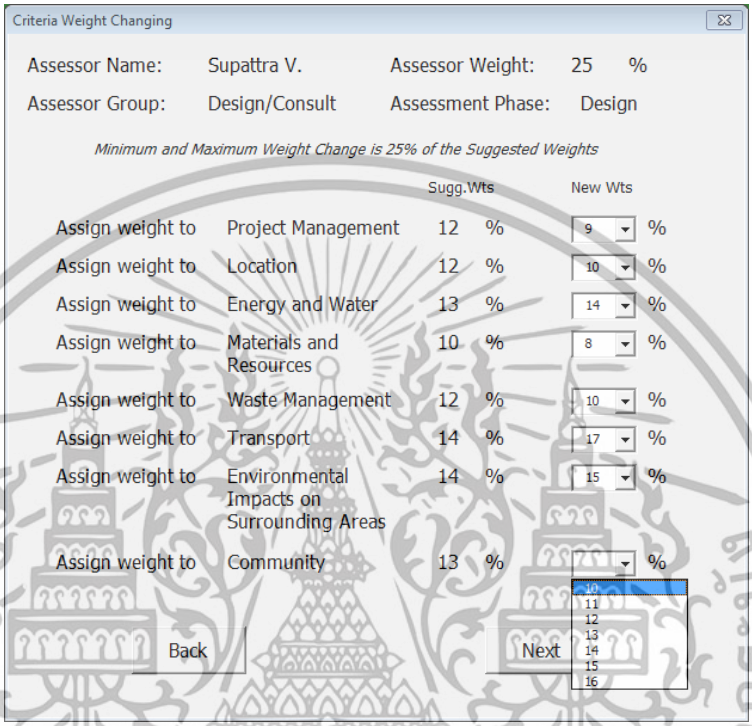
จากรูปที่ 5.3 ผู้ประเมินสามารถเลือก 1 ใน 3 ทางเลือกได้โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ทางเลือกที่ 1 - ยอมรับเกณฑ์การประเมินและน้ำหนักที่แบบจำลองแนะนำ ในทางเลือกนี้ผู้ประเมินพิจารณาเกณฑ์การประเมินและน้ำหนักที่แนะนำแล้วว่าเหมาะสมกับโครงการ ถ้าผู้ประเมินเลือกทางเลือกนี้ แบบจำลองจะนำผู้ประเมินเข้าสู่ขั้นตอนต่อไป

ทางเลือกที่ 2 - ยอมรับเกณฑ์การประเมินที่แนะนำแต่ต้องการเปลี่ยนน้ำหนัก ในทางเลือกนี้ผู้ประเมินพิจารณาเกณฑ์การประเมินที่แนะนำแล้วว่าเหมาะสมกับโครงการ แต่ต้องการเปลี่ยนน้ำหนักของเกณฑ์ (เนื่องด้วยประสบการณ์และความพึงพอใจส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

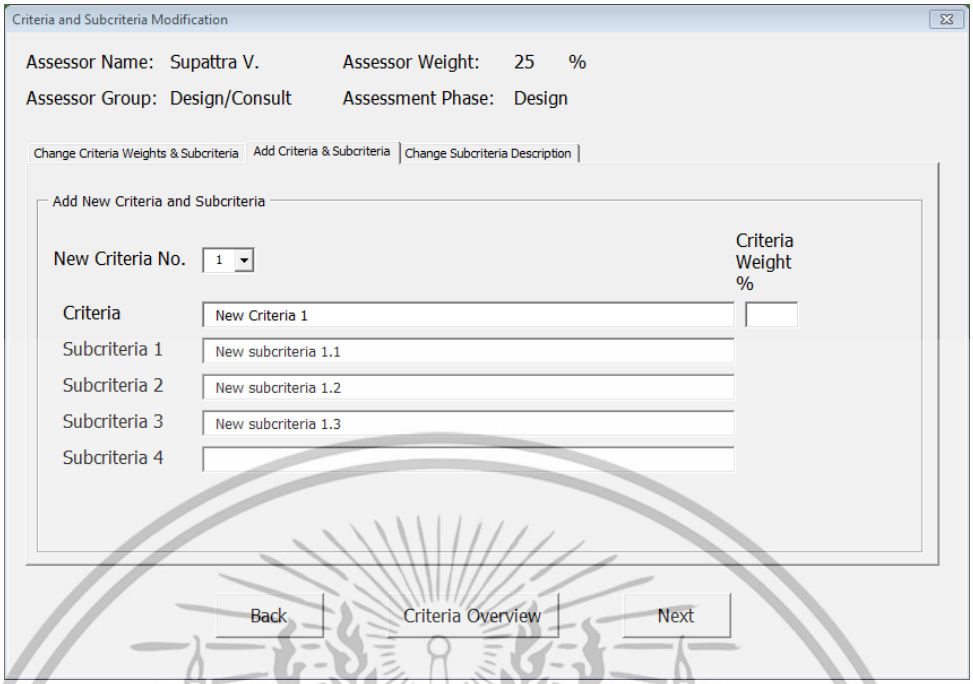
บุคคล) เพื่อให้สอดคล้องกับชนิดและสภาพแวดล้อมของโครงการ ถ้าประเมินเลือกทางเลือกนี้ แบบจำลองจะนำเสนอแบบฟอร์มเพื่อเปลี่ยนน้ำหนักของเกณฑ์การประเมินหลักดังแสดงในรูปที่ 5.4 เพื่อช่วยให้ผู้ประเมินเปลี่ยนน้ำหนักได้ตามต้องการ




**รูปที่ 5.4** แบบฟอร์มเปลี่ยนน้ำหนักเกณฑ์การประเมินหลัก

ทางเลือกที่ 3 - ปรับเปลี่ยนเกณฑ์การประเมินและน้ำหนัก ในทางเลือกนี้ผู้ประเมินพิจารณาเกณฑ์และน้ำหนักที่แนะนำแล้วพบว่าไม่สอดคล้องกับโครงการและต้องการปรับเปลี่ยนด้วยการเพิ่มเกณฑ์ใหม่หรือตัดเกณฑ์เดิมออกเพื่อให้สอดคล้องกับชนิดและสภาพแวดล้อมของโครงการ น้ำหนักของเกณฑ์จะถูกเปลี่ยนตามความประสบการณ์และความพึงพอใจของผู้ประเมิน แบบจำลองจะแสดงแบบฟอร์มเปลี่ยนเกณฑ์การประเมินเพื่อเพิ่มเกณฑ์หลักใหม่พร้อมด้วยเกณฑ์รองและน้ำหนักหรือตัดเกณฑ์เดิมออกดังแสดงในรูปที่ 5.5 เพื่อช่วยให้ผู้ประเมินปรับเปลี่ยนเกณฑ์ได้ตามต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 5.5** แบบฟอร์มปรับเปลี่ยนเกณฑ์การประเมิน

### 5.2.3 ขั้นตอนที่ 3 การประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐาน

หลังจากน้ำหนักของผู้ประเมิน, เกณฑ์การประเมินและน้ำหนักที่เกี่ยวข้องถูกคัดเลือกแล้ว น้ำหนักของเกณฑ์ทั้งหมดสำหรับผู้ประเมินหนึ่งคนจะถูก normalize ด้วยการแก้สมการ

$$W_{jk}^{Norm_Asor} = \frac{W_{jk}}{\sum_{j=1}^{p} W_{jk}} \times 100\% \qquad (5.1)$$

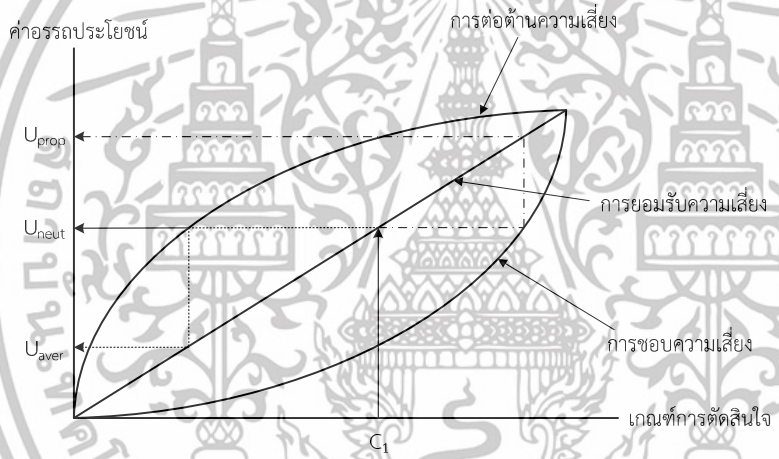
โดยที่ $W_{jk}^{Norm_Asor}$ คือน้ำหนักที่ถูก normalize ของเกณฑ์ j สำหรับผู้ประเมิน k, $W_{jk}$ คือน้ำหนักของเกณฑ์ j เมื่อ j = 1, 2, 3 ถึง p ที่ถูกกำหนดโดยผู้ประเมิน k และ p คือจำนวนของเกณฑ์ น้ำหนักที่ผ่านการ normalize ของเกณฑ์ทั้งหมดสำหรับผู้ประเมินทุกคนจะถูกคำนวนด้วยสมการ

$$W_{jk}^{Norm_AllAsor} = \sum_{k=1}^{r} W_k \cdot W_{jk}^{Norm_Asor} \times 100\% \qquad (5.2)$$

โดยที่ $W_j^{Norm_AllAsor}$ คือน้ำหนักที่ถูก normalize ของเกณฑ์ j เมื่อ j = 1, 2, 3 ถึง p สำหรับผู้ประเมินทั้งหมด, $W_k$ คือน้ำหนักของผู้ประเมิน k, ค่ารวมของ $W_k$ = 1.0 สำหรับ k =1, 2, 3 ถึง r, r คือจำนวนของผู้ประเมินทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำหนักที่ถูก normalize สำหรับผู้ประเมินทั้งหมด ($W_j^{Norm_AllAsor}$) ที่ถูกใช้เพื่อระบุค่าอรรถประโยชน์สูงสุดของเกณฑ์การประเมินค่าอรรถประโยชน์สูงสุดในเกณฑ์การประเมินสะท้อนให้เห็นน้ำหนักความสำคัญที่แตกต่างกันของแต่ละเกณฑ์ จากนั้นค่าอรรถประโยชน์สูงสุดของแต่ละเกณฑ์หลักจะถูกกระจายลงไปในเกณฑ์การประเมินรองเพื่อประเมินความยั่งยืน ก่อให้เกิดค่าอรรถประโยชน์สูงสุดของแต่ละเกณฑ์รองที่มีค่าตั้งแต่ 1 (ค่าต่ำสุด) ไปจนถึงค่าอรรถประโยชน์สูงสุด (ค่าสูงสุด) ผู้ประเมินไม่สามารถใส่ค่าอรรถประโยชน์ให้เกณฑ์รองเกินกว่าค่าสูงสุดได้ ค่าอรรถประโยชน์คือค่าที่สอดคล้องกับเกณฑ์รองที่ผู้ประเมินจะใส่ให้โดยมีพื้นฐานอยู่บนความพึงพอใจของผู้ประเมินซึ่งอาจรวมถึงทัศนคติของตนที่มีต่อความเสี่ยงและความไม่แน่นอนด้วย ในทางทฤษฎีฟังก์ชั่นอรรถประโยชน์ Zeleny (1982) จัดแบ่งทัศนคติที่มีต่อความเสี่ยงออกเป็น 3 ประเภท คือ การยอมรับความเสี่ยง (Risk neutrality), การต่อต้านความเสี่ยง (Risk aversion) และการชอบความเสี่ยง (Risk propensity) ดังแสดงในรูปที่ 5.6



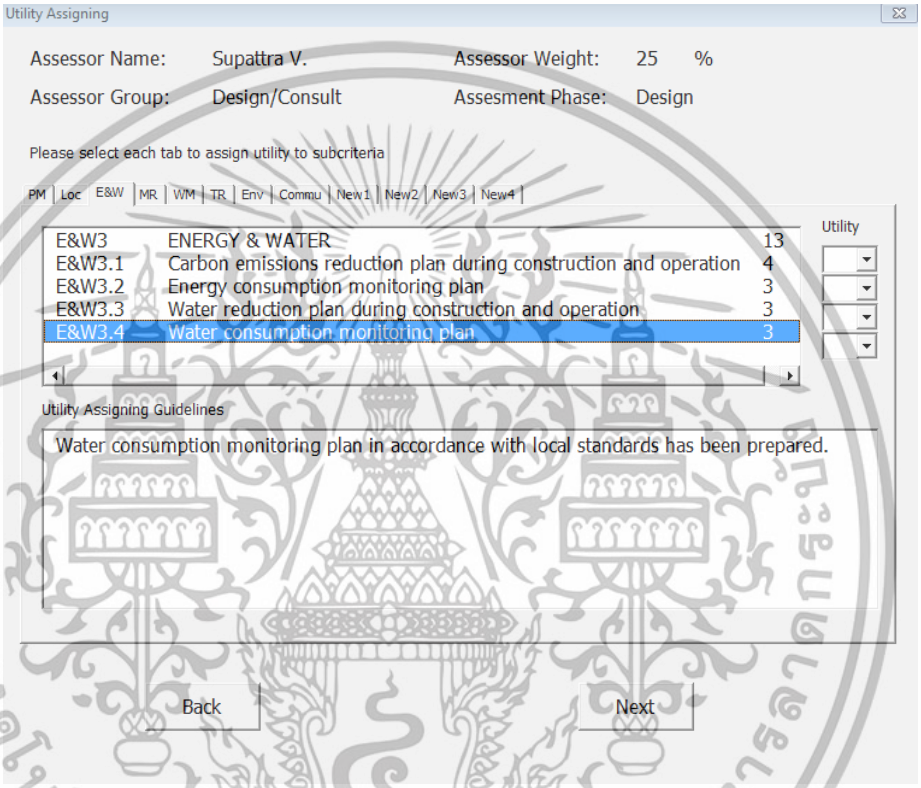

**รูปที่ 5.6** โค้งอรรถประโยชน์ที่แสดงให้เห็นทัศนคติต่อความเสี่ยง

ผู้ประเมินที่มีทัศนคติยอมรับความเสี่ยงจะให้ค่าอรรถประโยชน์กับเกณฑ์การประเมินรองในลักษณะเชิงเส้น เนื่องจากผู้ประเมินเห็นคุณค่าของเกณฑ์การประเมินรองเท่ากัน ไม่ว่าจำนวนเกณฑ์รองจะมีมากหรือน้อย (กราฟเส้นตรง) ผู้ประเมินที่มีทัศนคติต่อต้านความเสี่ยงจะให้ค่าอรรถประโยชน์กับเกณฑ์การประเมินรองต่ำกว่า ไม่ว่าจำนวนเกณฑ์รองจะมีมากหรือน้อย (กราฟเส้นโค้งคว่ำ) และผู้ประเมินที่มีทัศนคติชอบความเสี่ยงจะให้ค่าอรรถประโยชน์กับเกณฑ์การประเมินรองสูงกว่า ไม่ว่าจำนวนเกณฑ์รองจะมีมากหรือน้อย (กราฟเส้นโค้งหงาย) ด้วยการใช้ทฤษฎีฟังก์ชั่นอรรถประโยชน์ ขั้นตอนการประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐานจะดำเนินการดังต่อไปนี้

1) ขั้นแรก ผู้ประเมินทั้งหมด (เจ้าของโครงการ, ผู้ออกแบบและที่ปรึกษา, ผู้รับเหมาก่อสร้าง และชุมชน) ใส่ค่าอรรถประโยชน์ให้เกณ์การประเมินรองทั้งหมดโดยมีค่าตั้งแต่ 1 ถึงค่าสูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบจำลองจะแสดงแบบฟอร์มใส่ค่าอรรถประโยชน์ดังแสดงในรูปที่ 5.7 แบบฟอร์มนี้ประกอบด้วย 8 แถบสำหรับเกณฑ์การประเมินหลักที่แนะนำโดยแบบจำลอง และ 4 แถบสำหรับเกณฑ์การประเมินหลักที่เพิ่มเข้าไปใหม่โดยผู้ประเมิน ก่อนที่ผู้ประเมินจะใส่ค่าอรรถประโยชน์ของตนให้เกณฑ์การประเมินรอง แบบจำลองจะแสดงคำอธิบายของเกณฑ์รองต่างๆในกล่องคำอธิบายเกณฑ์การประเมินเพื่อช่วยให้ผู้ประเมินตัดสินใจใส่ค่าอรรถประโยชน์ของตนได้




**รูป 5.7** แบบฟอร์มให้ค่าอรรถประโยชน์

2) ขั้นที่สอง หลังผู้ประเมินทั้งหมดใส่น้ำหนักของตนแล้ว น้ำหนักของเกณฑ์หลักทั้งหมดจะถูกแปลงไปเป็นค่าอรรถประโยชน์สูงสุดของเกณฑ์รอง และค่าอรรถประโยชน์ของเกณฑ์การประเมินรองทั้งหมด แบบจำลองจะคำนวนค่าความยั่งยืนของโครงการสำหรับผู้ประเมินคนเดียวด้วยการใช้สมการ

$$U_{SusInf_k} = \sum_{j=1}^{p} \sum_{i=1}^{q_j} U_{ij} \qquad (5.3)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ $U_{SusInf_k}$ คือค่าอรรถประโยชน์ของโครงการที่ได้จากผู้ประเมิน k, $u_{ij}$ คือค่าอรรถประโยชน์ของเกณฑ์รอง i เมื่อ i = 1, 2, 3 ถึง $q_j$ เพื่ออธิบายเกณฑ์หลัก j และใส่ค่าโดยผู้ประเมิน k, $q_j$ คือจำนวนของเกณฑ์รองที่อธิบายเกณ์หลัก j, p คือจำนวนเกณฑ์หลัก

3) ขั้นที่สาม เพื่อแสดงให้เห็นความเท่าเทียมกันทางสังคม ฟังก์ชั่นสวัสดิการสังคมจะถูกนำมาใช้ในขั้นตอนนี้โดยที่น้ำหนักของผู้ประเมินทุกคน (เจ้าของโครงการ, ผู้ออกแบบและที่ปรึกษา, ผู้รับเหมาก่อสร้างและชุมชน) ในฐานะผู้มีส่วนได้เสียของโครงการและค่าอรรถประโยชน์ของเกณ์การประเมินรองที่ได้จากผู้ประเมินทั้งหมดจะถูกรวมเข้าไปในในการประเมินความยั่งยืนด้วยการใช้สมการ

$$U_{SusInf}^{AllAsor} = \sum_{k=1}^{r} W_k \cdot U_{SusInf_k} \qquad (5.4)$$

โดยที่ $U_{SusInf}^{AllAsor}$ คือค่าอรรถประโยชน์สวัสดิการสังคมทั้งหมดที่ได้จากผู้ประเมินทั้งหมด

**5.2.4 ขั้นตอนที่ 4 รายงานผลการประเมินความยั่งยืน**

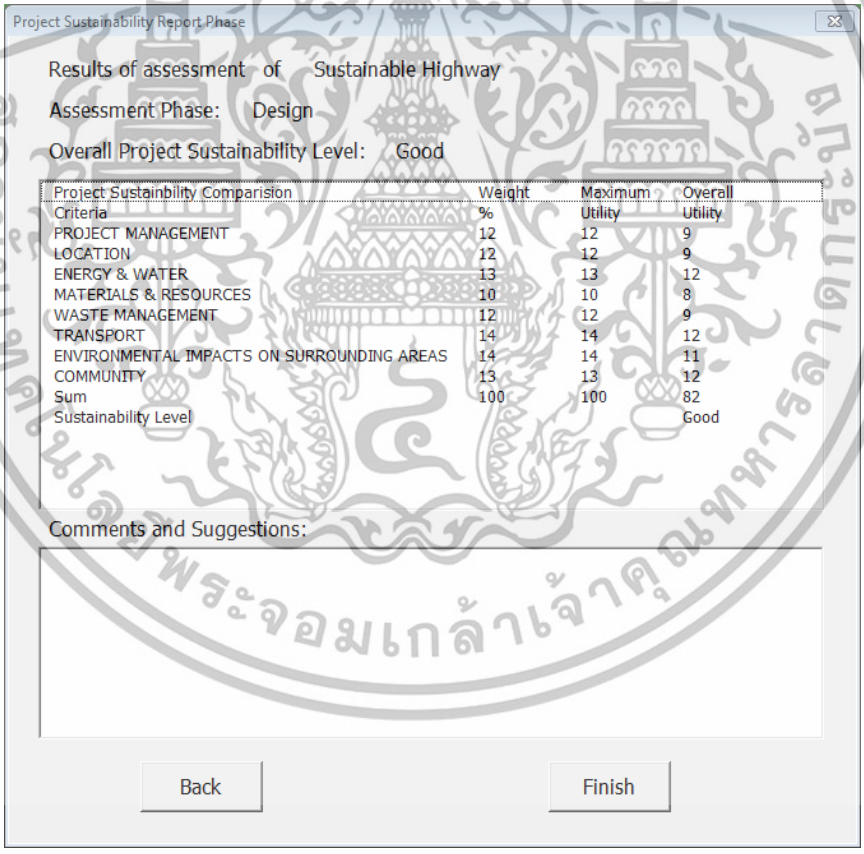
ค่าอรรถประโยชน์สวัสดิการสังคมทั้งหมด ($U_{SusInf}^{AllAsor}$) จากขั้นตอนที่ 3 จะถูกใช้จัดระดับของโครงการให้เข้า 1 ใน 4 ระดับของความยั่งยืน ระดับของความยั่งยืนถูกกำหนดโดยการแบ่งค่าอรรถประโยชน์สูงสุดของโครงการ (100 ค่าอรรถประโยชน์) ออกเป็น 4 ระดับคือ ต้องปรับปรุง พอใช้ ดี และดีมาก แบบจำลองประกอบด้วย 28 เกณฑ์การประเมินรอง และเกณฑ์รองส่วนใหญ่จะมีค่าอรรถประโยชน์ 4 ค่า คือ 1 (ต่ำสุด), 2, 3 และ 4 (สูงสุด) ถ้าโครงการได้รับค่าอรรถประโยชน์ต่ำสุด (1) สำหรับทุกเกณฑ์การประเมินรองทั้ง 28 เกณฑ์ ค่าอรรถประโยชน์รวมของโครงการคือ 28 ดังนั้น 28 จึงเป็นเส้นแบ่งระหว่างระดับที่ 1 และ 2 ถ้าค่าอรรถประโยชน์ 2 ถูกใส่ให้กับเกณฑ์การประเมินรองทั้ง 28 เกณฑ์ ค่าอรรถประโยชน์รวมของโครงการคือ 56 ค่า 56 จึงเป็นเส้นแบ่งสำหรับระดับที่ 2 และ 3 ส่วนระดับต่อไปจะพิจารณาในลักษณะเดียวกันเพื่อแบ่งเป็นระดับความยั่งยืนได้ดังนี้

1) 0 - 27 ค่าอรรถประโยชน์: ต้องปรับปรุง – ค่าอรรถประโยชน์ที่ได้รับระดับนี้แสดงให้เห็นว่าการออกแบบของโครงการอาจรวมทางเลือกที่ยั่งยืนเข้าไปบางส่วน แต่ยังไม่เพียงพอที่จะสร้างความยั่งยืนได้ ดังนั้นจึงต้องปรับปรุงการออกแบบ
2) 28 - 56 ค่าอรรถประโยชน์: พอใช้ – ค่าอรรถประโยชน์ที่ได้รับระดับนี้แสดงให้เห็นว่าการออกแบบของโครงการได้รวมทางเลือกที่ยั่งยืนจำนวนหนึ่งเข้าไป ก่อให้เกิดความยั่งยืนในระดับที่ยอมรับได้ หรือกระตุ้นให้เกิดการปฏิบัติงานที่ยั่งยืนได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) 57 - 82 ค่าอรรถประโยชน์: ดี – ค่าอรรถประโยชน์ที่ได้รับระดับนี้แสดงให้เห็นว่าการออกแบบของโครงการได้รวมทางเลือกที่ยั่งยืนหลายทางเข้าไป ก่อให้เกิดความยั่งยืนในระดับสูง หรือกระตุ้นให้เกิดการปฏิบัติงานที่ยั่งยืนได้
4) 83 - 100 ค่าอรรถประโยชน์: ดีมาก – ค่าอรรถประโยชน์ที่ได้รับระดับนี้แสดงให้เห็นว่าการออกแบบของโครงการได้รวมทางเลือกที่ยั่งยืนไว้มากที่สุดโดยมีทางเลือกหลายทางที่ก่อให้เกิดความยั่งยืนในระดับสูงมาก หรือกระตุ้นให้เกิดการปฏิบัติงานที่ยั่งยืนและนวัตกรรมในการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานที่ยั่งยืนได้

แบบจำลองจะแสดงผลการประเมินความยั่งยืนในสองส่วนหลักคือ 1) ระดับความยั่งยืนโดยรวมของโครงการ และ 2) ตารางและแผนภาพการเปรียบเทียบระดับความยั่งยืนแต่ละเกณฑ์การประเมินหลักของโครงการ ดังแสดงในรูปที่ 5.8 การเปรียบเทียบจะช่วยให้ผู้มีส่วนได้เสียระบุจุดอ่อนและจุดแข็งเพื่อปรับปรุงความยั่งยืนของโครงการได้




**รูปที่ 5.8** แบบฟอร์มรายงานผลความยั่งยืนของโครงการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 5.3 การตรวจสอบและยืนยันแบบจำลองการประเมินโครงสร้างพื้นฐานที่ยั่งยืน

เพื่อให้มั่นใจว่าแบบจำลองทำงานได้อย่างแม่นยำตามที่ต้องการ จึงต้องมีการตรวจสอบและยืนยันแบบจำลองก่อนนำไปใช้งาน

### 5.3.1 การตรวจสอบแบบจำลอง (Model Verification)

การตรวจสอบการเขียนโปรแกรมและการคำนวนของจำลองมีวัตถุประสงค์เพื่อขจัดข้อผิดพลาดในการเขียนโปรแกรมซึ่งกระทำโดยการเปรียบเทียบผลลัพธ์ (ค่าอรรถประโยชน์สวัสดิการสังคมของผู้ประเมินทุกคน) ที่ได้จากแบบจำลองกับการคำนวนด้วยมือ โครงการก่อสร้างโครงสร้างพื้นฐาน 4 โครงการถูกนำมาใช้สำหรับการตรวจสอบการเขียนโปรแกรมและการคำนวนของแบบจำลอง โครงการ A เป็นโครงการก่อสร้างทางหลวงระหว่างเมือง ความยาว 4 กิโลเมตร สะพาน 3 แห่ง และทางข้ามแยก 1 แห่ง โครงการ B เป็นโครงการก่อสร้างทางด่วน ยกระดับความยาว 17 กิโลเมตร ทางแยกต่างระดับ 3 แห่ง และด่านเก็บค่าผ่านทาง 10 แห่ง โครงการ C เป็นโครงการก่อสร้างถนนความยาว 4 กิโลเมตร สะพาน 2 แห่ง และทางแยกต่างระดับ 1 แห่ง โครงการ D เป็นโครงการก่อสร้างถนนความยาว 10 กิโลเมตร สะพาน 14 แห่ง และทางแยกต่างระดับ 1 แห่ง ผลการตรวจสอบถูกสรุปไว้ในตารางที่ 5.1 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผลลัพธ์จากแบบจำลองตรงกับผลลัพธ์จากการคำนวนด้วยมือ ยืนยันถึงความถูกต้องของการเขียนโปรแกรมและการคำนวนของแบบจำลอง

**ตารางที่ 5.1** สรุปผลการตรวจสอบผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองและการคำนวนด้วยมือ

| เกณฑ์หลักในการประเมิน | ค่าอรรถประโยชน์สูงสุดของเกณฑ์ | ค่าอรรถประโยชน์สวัสดิการสังคมรวม โครงการ A | | ค่าอรรถประโยชน์สวัสดิการสังคมรวม โครงการ B | | ค่าอรรถประโยชน์สวัสดิการสังคมรวม โครงการ C | | ค่าอรรถประโยชน์สวัสดิการสังคมรวม โครงการ D | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | แบบจำลอง | คำนวนมือ | แบบจำลอง | คำนวนมือ | แบบจำลอง | คำนวนมือ | แบบจำลอง | คำนวนมือ |
| Project Management | 12 | 6 | 6 | 9 | 9 | 9 | 9 | 5 | 5 |
| Location | 12 | 5 | 5 | 7 | 7 | 5 | 5 | 2 | 2 |
| Energy & Water | 13 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| Materials & Resources | 10 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Waste Management | 12 | 4 | 4 | 6 | 6 | 6 | 6 | 2 | 2 |
| Transportation | 14 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 7 | 7 |
| Environmental Imps on Sur. Areas | 14 | 7 | 7 | 12 | 12 | 11 | 11 | 4 | 4 |
| Community | 13 | 10 | 10 | 11 | 11 | 12 | 12 | 6 | 6 |
| รวมค่าอรรถประโยชน์ | 100 | 44 | 44 | 58 | 58 | 55 | 55 | 27 | 27 |
| ระดับความยั่งยืนของโครงการ | | Fair | Fair | Good | Good | Fair | Fair | To be Improved | To be Improved |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 5.3.2 การยืนยันแบบจำลอง (Model Validation)

เพื่อให้มั่นใจว่าแบบจำลองสามารถใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์ แบบจำลอง SIAM จึงถูกนำไปประเมินโครงสร้างพื้นฐานที่แล้วเสร็จในประเทศไทย ผลการประเมินที่ได้จะถูกนำไปเปรียบเทียบกับผลการประเมินที่จะได้จากแบบจำลอง GreenLITES เหตุผลที่ GreenLITES ถูกนำมาใช้ในเปรียบเทียบกับแบบจำลอง SIAM เพราะทั้งสองแบบจำลองเป็นชนิดประเมินด้วยตนเอง และเหตุผลที่เลือกโครงการแล้วเสร็จมาทำการทดสอบยืนยันเนื่องจากในประเทศไทยไม่มีการประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐานมาก่อนจึงไม่สามารถเก็บข้อมูลจริงจากโครงการที่ทำการประเมินมาตรวจสอบเทียบได้ ผู้ประเมิน 4 คนจะทำหน้าตัวเป็นตัวแทนเจ้าของโครงการ ผู้ออกแบบและที่ปรึกษา ผู้รับเหมาก่อสร้าง และชุมชนทำการประเมินโครงการก่อสร้างจริง 4 โครงการด้วยการใช้แบบจำลอง SIAM และ GreenLITES และพบว่าผลการประเมินความยั่งยืนของทั้ง 4 โครงการทั้ง 4 เป็นไปในแนวทางเดียวกัน ดังแสดงในตารางที่ 5.2

**ตารางที่ 5.2** การเปรียบเทียบผลการประเมินความยั่งยืนจากแบบจำลอง SIAM กับ GreenLITES

| **Sustainable Infrastructure Assessment Model Criteria** | | | | | | **Comparable Assessment Model Criteria from GreenLITES** | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Criteria | | Overall Utility of Projects | | | | Criteria | | **Score** | Overall Score of Projects | | | |
| | | A | B | C | D | | | | A | B | C | D |
| **PM1** | **PROJECT MANAGEMENT** | **6** | **9** | **9** | **6** | | | | | | | |
| PM1.1 | Environmental management plan | 2 | 3 | 3 | 2 | S-4 | Protect, Enhance or Restore Wildlife Habitat | **19** | 9 | 11 | 7 | 9 |
| PM1.2 | Safety management plan | 2 | 3 | 3 | 2 | M-5 | Hazardous Material Minimization | **6** | 0 | 0 | 0 | 0 |
| PM1.3 | Quality management plan | 2 | 3 | 3 | 2 | M-4 | Bio-engineering Techniques | **8** | 0 | 0 | 0 | 0 |
| **LOC2** | **LOCATION** | **6** | **7** | **6** | **3** | **Sustainable Sites (S)** | | | | | | |
| LOC2.1 | Flood risk assessment | 2 | 2 | 2 | 1 | S-1 | Alignment Selection | **13** | 9 | 9 | 9 | 6 |
| LOC2.2 | Ecological impact minimization | 2 | 3 | 2 | 1 | S-2 | Context Sensitive Solutions | **15** | 7 | 9 | 7 | 6 |
| LOC2.3 | Stormwater management plan | 2 | 2 | 2 | 1 | W-1 | Stormwater Management (Volume & Quantity) | **10** | 0 | 0 | 0 | 0 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 5.2** (ต่อ)

| Sustainable Infrastructure Assessment Model Criteria | | | | | | Comparable Assessment Model Criteria from GreenLITES | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Criteria | | Overall Utility of Projects | | | | Criteria | | Score | Overall Utility of Projects | | | |
| | | A | B | C | D | | | | A | B | C | D |
| **E&W3** | **ENERGY & WATER** | **0** | **0** | **0** | **0** | **Water Quality (W) and Energy & Atmosphere (E)** | | | | | | |
| E&W3.1 | Carbon emissions reduction plan during construction and operation | 0 | 0 | 0 | 0 | E-3 | Reduce Petroleum Consumption | **15** | 2 | 5 | 4 | 1 |
| E&W3.2 | Energy consumption monitoring plan | 0 | 0 | 0 | 0 | E-2 | Reduce Electrical Consumption | **10** | 4 | 4 | 4 | 2 |
| E&W3.3 | Water reduction plan during construction and operation | 0 | 0 | 0 | 0 | W-2 | Best Management Practices (BMPs) | **10** | 5 | 2 | 2 | 5 |
| E&W3.4 | Water consumption monitoring plan | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | | | |
| **M&R4** | **MATERIALS & RESOURCES** | **0** | **2** | **0** | **0** | **Materials & Resources (M)** | | | | | | |
| M&R4.1 | Reuse of existing structure | 0 | 0 | 0 | 0 | M-1 | Reuse of Materials | **32** | 15 | 15 | 15 | 8 |
| M&R4.2 | Use of recycled materials | 0 | 1 | 0 | 0 | M-2 | Recycled Content | **16** | 4 | 4 | 4 | 0 |
| M&R4.3 | Life cycle assessment of construction materials | 0 | 1 | 0 | 0 | M-3 | Local Materials | **4** | 4 | 4 | 4 | 1 |
| **WM5** | **WASTE MANAGEMENT** | **5** | **7** | **6** | **2** | | | | | | | |
| WM5.1 | Waste management plan | 2 | 3 | 2 | 1 | | | | | | | |
| WM5.2 | Waste reduction plan | 2 | 2 | 2 | 1 | | | | | | | |
| WM5.3 | Waste segregation plan | 1 | 2 | 2 | 0 | | | | | | | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 5.2** (ต่อ)

| Sustainable Infrastructure Assessment Model Criteria | | | | | | Comparable Assessment Model Criteria from GreenLITES | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Criteria | | Overall Utility of Projects | | | | Criteria | | Score | Overall Utility of Projects | | | |
| | | A | B | C | D | | | | A | B | C | D |
| **TR6** | **TRANSPORT** | **12** | **13** | **12** | **8** | | | | | | | |
| TR6.1 | Compatibility with current transport systems | 3 | 3 | 3 | 2 | | | | | | | |
| TR6.2 | Traffic management plan | 3 | 4 | 3 | 2 | E-1 | Improved Traffic Flow | **29** | 18 | 21 | 18 | 12 |
| TR6.3 | Encouragement of alternative modes of transport | 3 | 2 | 3 | 2 | E-4 | Improved Bicycle & Pedestrian Facilities | **35** | 5 | 9 | 12 | 9 |
| TR6.4 | Improvement of accessibility and traffic safety | 3 | 4 | 3 | 2 | | | | | | | |
| **ENV7** | **ENVIRONMENTAL IMPACTS ON SURROUNDING AREAS** | **8** | **12** | **11** | **4** | | | | | | | |
| ENV7.1 | Noise control during construction and operation | 2 | 4 | 3 | 1 | E-5 | Noise Abatement | **12** | 8 | 10 | 8 | 7 |
| ENV7.2 | Vibration control during construction and operation | 2 | 4 | 3 | 1 | | | | | | | |
| ENV7.3 | Air pollution control during construction and operation | 2 | 4 | 3 | 1 | | | | | | | |
| ENV7.4 | Light trespassing control during construction and operation | 2 | 0 | 2 | 1 | E-6 | Stray Light Reduction | **3** | 0 | 2 | 0 | 1 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 5.2** (ต่อ)

| Sustainable Infrastructure Assessment Model Criteria | | | | | | Comparable Assessment Model Criteria from GreenLITES | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Criteria | | Overall Utility of Projects | | | | Criteria | | Score | Overall Utility of Projects | | | |
| | | A | B | C | D | | | | A | B | C | D |
| **COM8** | **COMMUNITY** | **11** | **11** | **12** | **4** | | | | | | | |
| COM8.1 | Enhancement of community economy | 2 | 3 | 3 | 1 | | | | | | | |
| COM8.2 | Enhancement of community health and safety | 3 | 3 | 3 | 1 | | | | | | | |
| COM8.3 | Enhancement of community accessibility | 3 | 3 | 3 | 1 | S-3 | Land Use/ Community Planning | **20** | 14 | 18 | 18 | 7 |
| COM8.4 | Preservation of community scenery | 3 | 2 | 3 | 1 | S-5 | Protect, Plant or Mitigate for Removal of Trees & Plant Communities | **14** | 5 | 9 | 7 | 3 |
| Total Utility | | **48** | **61** | **56** | **27** | Total Score | | **271** | 109 | 132 | 119 | 77 |
| Sustainability Level | | Fair | Fair | Good | To be Improved | Sustainability Level (%) | | | Cert. (40) | Cert. (49) | Cert. (44) | Non Cert. (28) |

### 5.3.3 ความเป็นมิตรต่อผู้ใช้ (User-friendliness)

นอกเหนือจากการตรวจสอบและยืนยันแบบจำลองว่ามีความแม่นยำและสามารถใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์แล้ว แบบจำลองยังถูกออกแบบให้ง่ายต่อการใช้งานผ่านแบบฟอร์มผู้ใช้ (Userforms) ของ Visual Basic Application ในโปรแกรม Microsoft Excel แบบฟอร์มผู้ใช้ (Userforms) ถูกออกแบบให้สื่อถึงขั้นตอนการประเมินและนำเสนอปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้ประเมินและแบบจำลองพร้อมกล่องข้อความที่ให้คำแนะนำผู้ประเมินทุกขั้นตอนของการประเมิน นอกจากนี้แบบจำลองยังมีคำอธิบายเกณฑ์การประเมินรองทุกเกณฑ์เพื่อช่วยผู้ประเมินในการตัดสินใจใส่ค่าอรรถประโยชน์ของแต่ละเกณฑ์ด้วย ฟังก์ชั่นช่วยเหลือ (Help function) ถูกจัดเตรียมไว้เพื่อแนะนำการใช้งานแบบจำลองให้ผู้ใช้งาน นอกจากนี้แบบจำลองยังมีคำอธิบายโดยย่อของฟังก์ชั่นอรรถประโยชน์และฟังก์ชั่นสวัสดิการสังคมเพื่อสร้างความเข้าใจและมีปฏิสัมพันธ์กับผู้ใช้งานมากขึ้นระหว่างการประเมิน ซึ่ง Microsoft Excel จะทำหน้าที่คำนวนสมการต่างๆที่เกี่ยวข้อง ถึงแม้แบบจำลองจะแนะนำเกณฑ์การประเมินหลักและเกณฑ์การประเมินรองพร้อมกับน้ำหนักความสำคัญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบจำลองก็ยังมีความยืดหยุ่นมากพอต่อการปรับเปลี่ยนให้สอดคล้องกับประเภทโครงการและสภาพแวดล้อมท้องถิ่นด้วยการเสนอ 3 ทางเลือกให้ผู้ประเมิน คือ

ทางเลือกที่ 1 ยอมรับเกณฑ์การประเมินที่แนะนำ

ทางเลือกที่ 2 ยอมรับเกณฑ์การประเมินที่แนะนำแต่เปลี่ยนน้ำหนักความสำคัญ

ทางเลือกที่ 3 ปรับเปลี่ยนเกณฑ์การประเมินหลักและเกณฑ์การประเมินรอง

ทางเลือกเหล่านี้เหมาะสำหรับผู้ประเมินที่มีประสบการณ์ในการประเมินความยั่งยืนสำหรับประเภทโครงการและสภาพแวดล้อมของโครงสร้างพื้นฐานที่ต่างกันดังต่อไปนี้

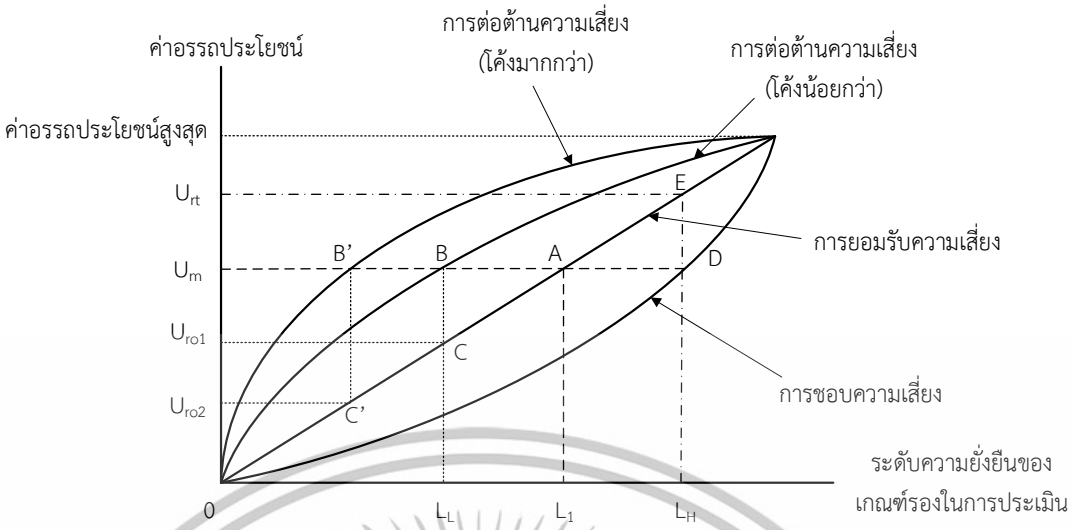
3.1 ผู้ประเมินมือใหม่ที่ไม่มีหรือมีประสบการณ์น้อยควรเลือกทางเลือกที่ 1 เป็นจุดเริ่มต้นโดยยอมรับเกณฑ์การประเมินและน้ำหนักความสำคัญตามที่แบบจำลองแนะนำซึ่งจะช่วยลดความเครียดที่เกิดจากการต้องระบุเกณฑ์การประเมินและน้ำหนักความสำคัญโดยไม่ทำให้ขั้นตอนการทำงานล่าช้า

3.2 ผู้ประเมินระดับปานกลางที่มีประสบการณ์สามารถเลือกทางเลือกที่ 2 ได้โดยยอมรับเกณฑ์การประเมินที่แบบจำลองแนะนำแต่ใช้ประสบการณ์ของตนในเรื่องการประเมินความยั่งยืนหรือการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานมาปรับเปลี่ยนน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์การประเมินให้สอดคล้องกับประเภทโครงการและสภาพแวดล้อมท้องถิ่นและความพึงพอใจของตน

3.3 ผู้ประเมินระดับอาวุโสที่มีประสบการณ์สูงในการประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐานมาหลายโครงสร้างสามารถเลือกทางเลือกที่ 3 เพื่อปรับเปลี่ยนเกณฑ์การประเมินและน้ำหนักความสำคัญให้สอดคล้องกับสภาพจำเพาะ ประเภทโครงการและสภาพแวดล้อมท้องถิ่นและความพึงพอใจของตนมากที่สุด

ในความเป็นจริงแล้วการประเมินความยั่งยืนที่มีหลายเกณฑ์การตัดสินใจต้องใช้การตัดสินใจตามความรู้สึกของผู้ประเมิน (Subjective judgement) ทางเลือกที่ 2 และ 3 จึงถูกจัดทำขึ้นโดยมีพื้นฐานอยู่บนความพึงพอใจแรกที่มีต่อการเลือกเกณฑ์การประเมินและน้ำหนักความสำคัญ ทั้งสองทางเลือกนี้จะช่วยอำนวยความสะดวกให้ผู้ประเมินได้มากขึ้น สำหรับขั้นตอนการให้ค่าอรรถประโยชน์ดังแสดงในรูปที่ 5.9 ถูกจัดทำขึ้นเพื่อรองรับความพึงพอใจที่สองในการให้ค่าอรรถประโยชน์ต่อเกณฑ์การประเมิน โค้งอรรถประโยชน์สามารถเปลี่ยนแปลงได้ขึ้นอยู่กับเหตุการณ์ในอนาคตและความน่าจะเป็นที่เหตุการณ์เหล่านั้นจะเกิดขึ้น อาทิ เมื่อพิจารณาว่ามีโอกาสสูงที่จะเกิดเหตุการณ์รุนแรงที่สร้างความเสียหายร้ายแรงต่อโครงสร้างสะพาน ผู้ประเมินประเภทต่อต้านความเสี่ยง (Risk opposition) จะมีโค้งอรรถประโยชน์ค่ำมากกว่าการประเมินโครงสร้างถนน ซึ่งมีโอกาสเกิดความเสียหายน้อยกว่า เพื่อให้เข้าใจยิ่งขึ้นขอให้พิจารณารูปที่ 5.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 5.9** โค้งอรรถประโยชน์ที่แสดงให้เห็นการให้ค่าอรรถประโยชน์ตามทัศนคติต่อความเสี่ยง

สมมติว่าโค้งอรรถประโยชน์ต่ำกว่าถูกใช้สำหรับเหตุการณ์ที่ส่งผลกระทบสูงกว่าและมีโอกาสเกิดมากกว่า และโค้งอรรถประโยชน์ต่ำน้อยกว่าถูกใช้สำหรับเหตุการณ์ที่ส่งผลกระทบต่ำกว่าและมีโอกาสเกิดน้อยกว่า ผู้ประเมินประเภทต่อต้านความเสี่ยงที่มีโค้งอรรถประโยชน์ต่ำกว่าจะให้ค่าอรรถประโยชน์ $U_{ro2}$ สำหรับระดับความยั่งยืน $L_1$ ของเกณฑ์การประเมินรองตามเส้นทาง $L_1$-A- B′-C′-$U_{ro2}$ ในขณะที่ค่าอรรถประโยชน์ $U_{ro1}$ จะถูกให้โดยผู้ประเมินประเภทต่อต้านความเสี่ยงที่มีโค้งอรรถประโยชน์ต่ำน้อยกว่าตามเส้นทาง $L_1$-A-B-C-$U_{ro1}$ ซึ่งเห็นได้ชัดว่า $U_{ro1}$ ที่ได้จากโค้งอรรถประโยชน์ต่ำน้อยกว่าหรือมีทัศนคติต่อความเสี่ยงต่ำว่าจะสูงกว่า $U_{ro2}$ ที่ได้จากโค้งอรรถประโยชน์ต่ำกว่าหรือมีทัศนคติต่อความเสี่ยงสูงกว่า

แบบจำลองถูกนำไปทดสอบกับผู้ใช้งาน 4 ท่าน โดยท่านแรกเป็นเจ้าหน้าที่ระดับสูงของหน่วยงานราชการที่มีประสบการณ์ทำงานกับโครงสร้างพื้นฐานกว่า 20 ปีทดลองใช้ในฐานะเจ้าของโครงสร้างพื้นฐาน ท่านที่สองเป็นผู้บริหารระดับรองกรรมการผู้จัดการใหญ่ของบริษัทที่ปรึกษาและออกแบบที่มีประสบการณ์ทำงานกับโครงสร้างพื้นฐานกว่า 20 ปีทดลองใช้ในฐานะผู้ออกแบบและที่ปรึกษา ท่านที่สามเป็นผู้ช่วยกรรมการผู้จัดการใหญ่ของบริษัทรับเหมาก่อสร้างชั้นนำของประเทศที่มีประสบการณ์ทำงานกับโครงสร้างพื้นฐานกว่า 20 ปีทดลองใช้ในฐานะผู้รับเหมาก่อสร้าง และท่านที่สี่เป็นผู้บริหารระดับรองกรรมการผู้จัดการใหญ่ของบริษัทพัฒนาอสังหาริมทรัพย์ที่มีประสบการณ์ทำงานกับโครงสร้างพื้นฐานกว่า 20 ปีทดลองใช้ในฐานะชุมชน ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 4 ท่านหลังการทดลองใช้ได้ถูกนำมาปรับแต่งแบบจำลองจนสร้างความพึงพอใจให้กับผู้ทดลองใช้งานทุกฝ่าย อาทิ การนำเสนอผลการประเมินในรูปกราฟพร้อมระดับความยั่งยืนของโครงการจะช่วยให้ผู้มีส่วนได้เสียตระหนักถึงระดับความยั่งยืนของโครงการของตนเพื่อทำให้เกิดการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง นอกจากนี้รายงานผลการประเมินยังทำการเปรียบเทียบระดับความยั่งยืนของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่ละเกณฑ์การประเมินเพื่อแสดงให้เห็นจุดแข็งและจุดอ่อนของโครงการเพื่อการปรับปรุงเฉพาะประเด็นได้อีกด้วย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 6
# สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

## 6.1 บทนำ

เป้าหมายหนึ่งของการพัฒนาในหลายประเทศคือการส่งเสริมความเติบโตทางเศรษฐกิจ ซึ่งอุตสาหกรรมก่อสร้างเป็นหนึ่งกลไกที่ช่วยสนับสนุนให้บรรลุเป้าหมายนี้ อย่างไรก็ตามการก่อสร้างโดยเฉพาะงานโครงสร้างพื้นฐานต้องใช้ทรัพยากรปริมาณมากจนอาจสร้างผลกระทบร้ายแรงต่อสิ่งแวดล้อม การสร้างความตระหนักรู้ถึงความจำเป็นในการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานที่มีความยั่งยืนขึ้นกว่าเดิมจึงเป็นสิ่งจำเป็นและสามารถช่วยให้บรรลุเป้าหมายของการพัฒนาที่ยั่งยืนในระดับสูงขึ้นไปได้ เพื่อสร้างความเข้าใจและรับรู้ถึงความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐาน การประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐานจึงเป็นสิ่งแรกที่จำเป็นต้องทำ ปัจจุบันมีแบบระบบประเมินความยั่งยืนที่ถูกจัดทำและอยู่ระหว่างจัดทำหลายระบบ การนำระบบประเมินความยั่งยืนเหล่านี้มาใช้ในโครงการโครงสร้างพื้นฐานสามารถช่วยให้โครงการประสบความสำเร็จและส่งผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการในลักษณะที่มีความยั่งยืนมากกว่าเดิม สะท้อนให้เห็นถึงความสัมพันธ์ที่เป็นไปได้ระหว่างการประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐานและความสำเร็จของโครงการก่อสร้างและผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการ ถึงแม้งานวิจัยก่อนหน้านี้จะมีความพยายามที่จะระบุเกณฑ์ในการประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐาน เกณฑ์ในการวัดความสำเร็จของการก่อสร้าง และเกณฑ์ในการวัดผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการ แต่ยังไม่มีงานวิจัยใดพิสูจน์ความสัมพันธ์และอิทธิพลระหว่างการประเมินความยั่งของโครงสร้างพื้นฐานและความสำเร็จของการก่อสร้างและผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการ

การวิจัยครั้งนี้จึงเป็นการศึกษาความสัมพันธ์และอิทธิพลระหว่างการประเมินความยั่งของโครงสร้างพื้นฐานและความสำเร็จของการก่อสร้างและผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการด้วยการใช้แบบจำลองสมการโครงสร้าง (Structural Equation Modeling, SEM) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาปัจจัยของเกณฑ์การประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐาน การประเมินความสำเร็จของโครงการก่อสร้าง และการประเมินผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการ 2) ศึกษาความสัมพันธ์และเส้นทางอิทธิพลทางตรงและทางอ้อมระหว่างเกณฑ์การประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐาน การประเมินความสำเร็จของโครงการก่อสร้าง และการประเมินผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการ 3) ตรวจสอบความสอดคล้องของแบบจำลองสมการโครงสร้างของการประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐาน การประเมินความสำเร็จของโครงการก่อสร้าง และการประเมินผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการกับข้อมูลเชิงประจักษ์

อย่างไรก็ตามระบบประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐานที่มีอยู่ในปัจจุบันยังขาดความยืดหยุ่นต่อการเปลี่ยนแปลงของเกณฑ์เพื่อให้สอดคล้องกับบริบทของโครงการ ความเสี่ยงจากความไม่แน่นอนที่อาจเกิดขึ้นในการประเมินไม่ได้ถูกนำมาพิจารณาอีกทั้งไม่เปิดโอกาสให้ผู้มีส่วนได้เสียใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงการเข้าร่วมการประเมิน การวิจัยครั้งนี้จึงมีจุดมุ่งหมายเพิ่มในการจัดทำแบบจำลองการประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐานด้วยวิธีพิจารณาการตัดสินใจหลายเกณฑ์ (Multi-criteria decision analysis) ที่รองรับความซับซ้อนในการตัดสินใจที่มีปัจจัยและผู้เกี่ยวข้องจำนวนมากได้ โดยใช้โปรแกรม Visual Basic ใน Microsoft Excel เพื่อให้ได้แบบจำลองใหม่สำหรับการประเมินที่มีความยืดหยุ่นต่อการเปลี่ยนแปลง รวมความเสี่ยงที่เกิดขึ้นจากความไม่แน่นอนของการประเมินไว้ในการพิจารณาและเปิดโอกาสให้ผู้มีส่วนได้เสียของโครงการเข้าร่วมการประเมินด้วย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นบุคลากรทางวิชาชีพที่เกี่ยวข้องกับงานก่อสร้าง อาทิ สถาปนิก วิศวกร ผู้เชี่ยวชาญ ช่าง จากองค์กรที่เกี่ยวข้องกับงานก่อสร้างโครงสร้างพื้นฐาน งานก่อสร้างโครงการขนาดใหญ่และการบริหารงานก่อสร้างทั้งภาครัฐและภาคเอกชน จำนวน 500 คน ซึ่งได้มาจากการเลือกกลุ่มตัวอย่างโดยวิธีการเลือกกลุ่มแบบเจาะจง (Purposive sampling)

เพื่อหาตัวแปรที่ใช้ในการวิจัยสำหรับจัดทำแบบจำลองสมการโครงสร้าง จึงมีการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องทั้งในและต่างประเทศด้านการพัฒนาที่ยั่งยืน ระบบประเมินความยั่งยืนของอาคาร ระบบประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐาน การพิจารณาความสำเร็จของโครงการก่อสร้าง และการพิจารณาผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการ จนสามารถระบุตัวแปรที่ใช้ในการวิจัยนี้ประกอบด้วย ตัวแปรแฝงภายนอกลำดับที่ 1 จำนวน 1 ตัวแปร คือ การประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐาน ซึ่งถูกอธิบายด้วยตัวแปรแฝงภายนอกลำดับที่ 2 จำนวน 9 ตัวแปรคือ 1) การจัดการโครงการ 2) ทำเลที่ตั้ง 3) พลังงาน 4) น้ำ 5) วัสดุและทรัพยากร 6) การจัดการของเสีย 7) การคมนาคม 8) ผลกระทบสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ข้างเคียง 9) ชุมชน ตัวแปรคั่นกลางลำดับที่ 1 จำนวน 1 ตัวแปรคือ ความสำเร็จของโครงการก่อสร้าง ซึ่งถูกอธิบายด้วยตัวแปรคั่นกลางลำดับที่ 2 จำนวน 6 ตัวแปร คือ 1) เวลา 2) งบประมาณ 3) คุณภาพ 4) ความปลอดภัย 5) ความพึงพอใจของลูกค้าและชุมชน 6) สิ่งแวดล้อม ตัวแปรแฝงภายในลำดับที่ 1 จำนวน 1 ตัวแปร คือ ผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการ ซึ่งถูกอธิบายด้วยตัวแปรแฝงภายในลำดับที่ 2 จำนวน 3 ตัวแปร คือ 1) ผลประโยชน์ด้านสังคม 2) ผลประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อม 3) ผลประโยชน์ด้านเศรษฐกิจ

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ แบบสอบถามซึ่งแบ่งออกเป็น 5 ส่วนได้แก่
ส่วนที่ 1 เป็นแบบตรวจสอบรายการ (Check List) เพื่อสอบถามเกี่ยวกับข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ส่วนที่ 2 เป็นแบบมาตรส่วนประเมินค่า (Rating Scale) เพื่อสอบถามเกี่ยวกับปัจจัยในการประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐาน ส่วนที่ 3 เป็นแบบมาตรส่วนประเมินค่า (Rating Scale) เพื่อสอบถามเกี่ยวกับปัจจัยในการประเมินความสำเร็จของโครงการก่อสร้าง ส่วนที่ 4 เป็นแบบมาตรส่วนประเมินค่า (Rating Scale) เพื่อสอบถามเกี่ยวกับปัจจัยในการประเมินผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการส่วนที่ 5 เป็นแบบมาตราส่วนประเมินค่า (Rating Scale) เพื่อสอบถามเกี่ยวกับปัจจัยในการประเมินความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มปัจจัยหลักทั้ง 3 กลุ่มคือ โครงสร้างพื้นฐานที่ยั่งยืน, ความสำเร็จของโครงการก่อสร้าง และผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการ โดยผลการตรวจสอบความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เชื่อมั่นของคำถามในส่วนที่ 2 ส่วนที่ 3 และส่วนที่ 4 ผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการ มีค่าสัมประสิทธิ์อัลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha) อยู่ที่ 0.969, 0.962 และ 0.988 ตามลำดับ

## 6.2 สรุปผลการวิจัย

การวิเคราะห์แบบจำลองสมการโครงสร้างเพื่อหาความสอดคล้องของแบบจำลองกับข้อมูลเชิงประจักษ์และผลของสมมติฐานที่ตั้งไว้ใช้โปรแกรม Amos Version 20 ซึ่งสามารถสรุปผลการวิจัยได้ว่าการประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐานช่วยให้ทุกฝ่ายที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับโครงการตระหนักได้ว่าโครงการมีการดำเนินงานอย่างยั่งยืนหรือไม่และเพียงใดและขั้นตอนการประเมินก็มีส่วนช่วยเพิ่มความสำเร็จให้กับการก่อสร้างซึ่งจะส่งผลถึงผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการ ดังนั้นจึงมีการตั้งสมมติฐานว่าการประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐานมีอิทธิพลโดยตรงต่อความสำเร็จของโครงการก่อสร้างและผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการ เพื่อทดสอบสมมติฐานนี้ แบบจำลองการวัด 3 แบบจำลอง และแบบจำลองสมการโครงสร้างเบื้องต้นจึงถูกสร้างขึ้นเพื่อศึกษาผลกรทบของการประเมินโครงสร้างพื้นฐานที่ยั่งต่อความสำเร็จของโครงการก่อสร้างและผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการ การวิเคราะห์ปัจจัยเชิงยืนยันถูกนำมาใช้เพื่อตรวจสอบยืนยันแบบจำลองการวัด ในการวิเคราะห์ปัจจัยเชิงยืนยันพบว่าการประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐานถูกอธิบายด้วย 8 ปัจจัย คือ ผลกระทบสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ข้างเคียง การคมนาคม ชุมชน พลังงานและน้ำ ทำเลที่ตั้ง การจัดการโครงการการจัดการของเสีย และ วัสดุและทรัพยากร ความสำเร็จของโครงการก่อสร้างถูกอธิบายด้วย 6 ปัจจัยคือ คุณภาพ ความปลอดภัย เวลา งบประมาณ และความพึงพอใจของลูกค้า ผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการถูกอธิบายด้วย 3 ปัจจัยคือ ผลประโยชน์ด้านสังคม ผลประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อม และผลประโยชน์ด้านเศรษฐกิจ

แบบจำลองสมการโครงสร้างถูกวิเคราะห์และปรับแต่งจนกระทั่งแบบจำลองอยู่ในพิสัยของดัชนีตรวจสอบความสอดคล้อง (Goodness-of-fit Indices) ทั้งหมดที่นำมาใช้เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ผลการวิเคราะห์แบบจำลองสมการโครงสร้างแสดงให้เห็นว่าการประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐานมีอิทธิพลโดยตรงต่อความสำเร็จของโครงการก่อสร้าง ที่ค่าน้ำหนักความถดถอยมาตรฐานเท่ากับ 0.84 และการประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐานมีอิทธิพลโดยตรงต่อผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการ ที่ค่าน้ำหนักความถดถอยมาตรฐานเท่ากับ 0.63 ความสำเร็จของโครงการก่อสร้างมีอิทธิพลโดยตรงต่อผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการ ที่ค่าน้ำหนักความถดถอยมาตรฐานเท่ากับ 0.26 และการประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐานมีอิทธิพลทางอ้อมต่อผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการผ่านทางความสำเร็จของโครงการก่อสร้าง ที่ค่าน้ำหนักความถดถอยมาตรฐานเท่ากับ 0.85 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาแบบจำลองโดยรวมพบว่าผลกระทบสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ข้างเคียงและการคมนาคมมีค่าน้ำหนักความสำคัญสัมพัทธ์สูงที่สุดที่ร้อยละ 14.10 ดังนั้น ผลกระทบสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ข้างเคียงและการคมนาคมจึงเป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่สุดของการดำเนินงานโครงสร้างพื้นฐานที่ยั่งยืน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจากได้ผลการวิเคราะห์ปัจจัย ความสัมพันธ์และเส้นทางอิทธิพลของตัวแปรตามที่ตั้งสมมติฐานไว้แล้วนั้น ตัวแปรแฝงและตัวแปรสังเกตุได้จากแบบจำลองการวัดของการประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐานได้ถูกนำมาใช้เป็นเกณฑ์จัดทำแบบจำลองการประเมินที่สามารถใช้งานได้จริงโดยใช้วิธีพิจารณาการตัดสินใจหลายเกณฑ์ (Multi-criteria decision analysis) เป็นกรอบแนวคิดในการจัดทำแบบจำลองผ่านการใช้โปรแกรม Visual Basic ใน Microsoft Excel ที่มีคุณสมบัติ 1) ใช้งานง่ายและยืดหยุ่นต่อการปรับแต่ง 2) สามารถรับมือกับความเสี่ยงและความไม่แน่นอนที่เกิดขึ้นจากการประเมินได้ 3) รองรับการใช้งานของผู้มีส่วนได้เสียหลายคนได้

แบบจำลองถูกออกแบบให้รองรับการเปลี่ยนแปลงเพื่อให้เกิดความสอดคล้องกับบริบทที่โครงการตั้งอยู่และประสบการณ์ของผู้ตัดสินใจโดยนำเสนอทางเลือก 3 ทางคือ 1) ยอมรับเกณฑ์การประเมินและน้ำหนักที่แบบจำลองแนะนำ 2) ยอมรับเกณฑ์การประเมินที่แนะนำแต่ต้องการเปลี่ยนน้ำหนัก 3) ปรับเปลี่ยนเกณฑ์การประเมินและน้ำหนัก แนวคิดเรื่องฟังก์ชั่นอรรถประโยชน์ได้ถูกนำมาใช้เป็นหลักในการประเมินเนื่องจากฟังก์ชั่นอรรถประโยชน์สามารถรวมทัศนคติหรือความพึงพอใจของผู้ตัดสินใจที่มีต่อความเสี่ยงที่เกิดขึ้นจากความไม่แน่นอนของการประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐาน และทัศนคติหรือความพึงพอใจของต่อเกณฑ์การประเมินตามน้ำหนักความสำคัญสัมพัทธ์ได้ ทัศนคติที่มีต่อความเสี่ยงในทฤษฎีฟังก์ชั่นอรรถประโยชน์จะถูกจัดแบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ การยอมรับความเสี่ยง (Risk neutrality) การต่อต้านความเสี่ยง (Risk aversion) และการชอบความเสี่ยง (Risk propensity) ซึ่งการให้ค่าอรรถประโยชน์ในการประเมินของผู้ตัดสินใจจะแตกต่างกันไปตามทัศนคติของตน และเพื่อให้แบบจำลองการประเมินสามารถรองรับการใช้งานของผู้ตัดสินใจหลายคนได้พร้อมกัน แนวคิดเรื่องฟังก์ชั่นสวัสดิการสังคมจะถูกนำมาใช้ร่วมกับฟังก์ชั่นอรรถประโยชน์ โดยค่าอรรถประโยชน์ที่ได้จะถูกรวมและคำนวนตามน้ำหนักของผู้ตัดสินใจที่ถูกกำหนดไว้ล่วงหน้าด้วยความสมัครใจก่อนการประเมินเพื่อสะท้อนให้เห็นถึงบทบาท ความรับผิดชอบ และอำนาจการตัดสินใจที่ผู้ตัดสินใจแต่ละคนมีต่อการดำเนินโครงการ ค่าอรรถประโยชน์ที่ได้จากผู้ตัดสินใจแต่ละคนจะถูกนำมารวมกันด้วยวิธี weighted additive เป็นค่าอรรถประโยชน์ขั้นสุดท้ายเพื่อระบุระดับความยั่งยืนโดยรวมของโครงการพร้อมด้วยตารางและแผนภาพการเปรียบเทียบระดับความยั่งยืนแต่ละเกณฑ์การประเมินหลักของโครงการ

แบบจำลองที่แล้วเสร็จถูกนำไปตรวจสอบด้วยการใช้แบบจำลองคำนวนผลการประเมินเทียบกับการคำนวนด้วยมือ ตรวจสอบความแม่นยำของแบบจำลองด้วยการให้ผู้ประเมิน 4 ท่านเป็นตัวแทนของผู้มีส่วนได้เสียในโครงการคือ เจ้าของโครงการ บริษัทผู้ออกแบบ/ที่ปรึกษา ผู้รับเหมาก่อสร้าง และชุมชนใช้แบบจำลองประเมินโครงการก่อสร้างถนน 4 โครงการ เทียบกับการประเมินด้วยแบบจำลองจาก GreenLITES จากนั้นแบบจำลองจะถูกตรวจสอบความเป็นมิตรต่อผู้ใช้งาน ผลการตรวจสอบพบว่าแบบจำลองมีความเที่ยงตรง แม่นยำและเป็นมิตรต่อผู้ใช้งานตามวัตถุประสงค์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 6.3 ข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาความสัมพันธ์และอิทธิพลระหว่างการประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐานและความสำเร็จของโครงการก่อสร้างและผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการ และนำผลการศึกษาความสัมพันธ์และอิทธิพลดังกล่าวมาสร้างแบบจำลองเพื่อประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐานด้วยโปรแกรม Visual Basic ใน Microsoft Excel จากผลการวิจัยที่ได้สามารถสรุปเป็นข้อเสนอแนะได้ 2 ส่วนคือ ข้อเสนอแนะเพื่อการนำผลวิจัยไปใช้ และข้อเสนอแนะเพื่อการทำวิจัยเพิ่มเติมดังนี้

### 6.3.1 ข้อเสนอแนะเพื่อการนำผลวิจัยไปใช้

6.3.1.1 จากผลการวิจัยพบว่าตัวแปรด้านผลกระทบสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ข้างเคียงและคมนาคมมีน้ำหนักความสำคัญสัมพัทธ์สูงสุด ดังนั้นสองประเด็นนี้จึงควรถูกพิจารณาตั้งแต่ช่วงแรกสุดของการวางแผนดำเนินโครงการ เพื่อกำหนดมาตรการและแนวทางการออกแบบ ก่อสร้างที่จะช่วยลดผลกระทบดังกล่าวให้เหลือน้อยที่สุด โดยมาตรการเหล่านี้ควรถูกนำไปปฏิบัติใช้ได้จริงมีความยืดหยุ่นพอที่จะรับมือกับความเปลี่ยนแปลงได้และควรมีการติดตามประเมินผลตลอดระยะเวลาโครงการเนื่องจากการก่อสร้างโครงสร้างพื้นฐานส่วนใหญ่ใช้เวลานานและโครงการมักมีขนาดใหญ่ การตั้งเป้าที่จะลดผลกระทบดังกล่าวนี้ตั้งแต่ระยะแรกสุดของการดำเนินโครงการอย่างมีแบบแผนจะช่วยลดโอกาสเกิดผลกระทบที่เกี่ยวเนื่องกันในด้านอื่นๆ อาทิ ทำเลที่ตั้ง ชุมชน ได้ด้วย

6.3.1.2 ถึงแม้ตัวแปรด้านวัสดุและทรัพยากร และการจัดการของเสียจะมีน้ำหนักความสำคัญสัมพัทธ์ต่ำที่สุดก็ไม่ควรถูกละเลยตั้งแต่ช่วงแรกของการวางแผนดำเนินโครงการเช่นกัน ควรมีการสร้างความตระหนักรู้และยอมรับในการเลือกใช้วัสดุที่ส่งผลต่อความยั่งยืน อาทิ วัสดุรีไซเคิลหรือการนำโครงสร้างกลับมาใช้ใหม่เพื่อลดภาระให้แหล่งทรัพยากรธรรมชาติ ขณะที่การจัดการของเสียอย่างมีระบบพร้อมทั้งการติดตามประเมินผลต่อเนื่อง มีการคัดแยกและมีแผนที่จะลดปริมาณของเสียจากโครงการจะช่วยผลกระทบที่เกิดขึ้นในพื้นที่โครงการ พื้นที่ข้างเคียงและพื้นที่ๆอาจมีการนำของเสียไปทิ้งได้อย่างมีประสิทธิภาพ

6.3.1.3 จากผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าการประเมินความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐานมีอิทธิพลต่อความสำเร็จของโครงการและผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการ เจ้าของโครงการจึงควรพิจารณาดำเนินโครงการที่รวมประเด็นด้านความยั่งยืนไว้ในการวางแผน ออกแบบและก่อสร้างโครงสร้างพื้นฐานซึ่งจะเพิ่มโอกาสในความสำเร็จโดยที่การพิจารณาวัดความสำเร็จของโครงการควรคำนึงถึงประเด็นที่ส่งเสริมความยั่งยืนอย่างประเด็นความปลอดภัย ความพึงพอใจของลูกค้าและชุมชนและสิ่งแวดล้อมเพิ่มเติมจากประเด็นดั้งเดิมอย่าง เวลา งบประมาณและคุณภาพด้วย ซึ่งจะส่งให้ได้รับผลประโยชน์ทั้งด้านสังคม สิ่งแวดล้อมและเศรษฐกิจสอดคล้องกับแนวทางการพัฒนาอย่างยั่งยืนในปัจจุบัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.3.1.4 จากการตรวจสอบความสอดคล้องของแบบจำลองสมการโครงสร้างกับข้อมูลเชิงประจักษ์พบว่ามีความสอดคล้องจึงสามารถนำตัวแปรแฝงและตัวแปรสังเกตุได้ไปเป็นแนวทางจัดทำข้อกำหนดในการออกแบบ ก่อสร้างโครงสร้างพื้นฐานเพื่อให้เกิดความยั่งยืนได้ และสามารถใช้เป็นแนวทางในการอบรมเพื่อสร้างความตระหนักรู้ถึงการออกแบบ ก่อสร้างโครงสร้างพื้นฐาน การประเมินความสำเร็จของโครงการ และผลประโยชน์ที่เจ้าของโครงการจะได้รับตามแนวคิดการพัฒนาที่ยั่งยืนได้ โดยตัวแปรที่มีน้ำหนักความสำคัญสัมพัทธ์สูงอาจได้รับการพิจารณาเป็นพิเศษแต่ไม่ควรละเลยตัวแปรที่มีน้ำหนักความสำคัญสัมพัทธ์น้อยกว่าเนื่องจากตัวแปรทั้งหมดมีความสัมพันธ์กันอย่างเป็นระบบเดียวกัน

6.3.1.5 ในส่วนของแบบจำลองการประเมินความยั่งยืนที่ถูกสร้างขึ้นด้วยโปรแกรม Visual Basic ใน Microsoft Excel นั้น คุณลักษณะสำคัญของแบบจำลองในการวิจัยนี้คือความยืดหยุ่นต่อการเปลี่ยนแปลงให้เข้ากับบริบทของโครงการ ความสามารถในการรวมความเสี่ยงไว้ในการประเมินและการใช้งานของผู้ตัดสินใจหลายคนได้ เพื่อให้การใช้งานแบบจำลองมีประสิทธิภาพตามวัตถุประสงค์ของผู้จัดทำ ผู้ร่วมตัดสินใจที่เป็นผู้มีส่วนได้เสียในโครงการควรหาฉันทามติถึงแนวทางการประเมิน เช่น การกำหนดน้ำหนักความสำคัญของผู้ตัดสินใจเพื่อสะท้อนให้เห็นอิทธิพลและความรับผิดชอบที่ผู้ตัดสินใจรายนั้นมีต่อโครงการ การเลือกทางเลือกที่แบบจำลองนำเสนอให้เหมาะสมโดยปราศจากอคติและคำนึงถึงประโยชน์ส่วนรวม

**6.3.2 ข้อเสนอแนะเพื่อการทำวิจัยเพิ่มเติม**

6.3.2.1 ถึงแม้การวิจัยครั้งนี้จะทำการทบทวนวรรณกรรมในระดับนานาชาติเป็นส่วนใหญ่ แต่การเก็บข้อมูลตัวอย่างก็ได้มาจากอุตสาหกรรมก่อสร้างในประเทศไทยทั้งหมด ดังนั้นหากจะมีการนำผลการวิจัยที่ได้ไปใช้ในต่างประเทศ ควรมีการเก็บข้อมูลเพื่อยืนยันความสอดคล้องด้วย

6.3.2.2 การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายที่จะศึกษาอิทธิพลของความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐานหลายชนิด อาทิ ถนน สะพาน อุโมงค์ สนามบิน ท่าเรือ โรงไฟฟ้า โรงบำบัดน้ำเสีย แต่กลุ่มตัวอย่างที่ทำการเก็บข้อมูลส่วนใหญ่มาจากภาครัฐและภาคเอกชนที่เกี่ยวข้องกับโครงสร้างพื้นฐานด้านคมนาคมและขนส่ง ดังนั้นควรมีการศึกษาเพิ่มเติมกับกลุ่มตัวอย่างที่เกี่ยวข้องกับโครงสร้างพื้นฐานประเภทอื่นด้วย

6.3.2.3 แบบจำลองการประเมินด้วยโปรแกรม Visual Basic ใน Microsoft Excel นั้นถึงจะมีข้อดีในแง่ความสามารถในการรับ เก็บ และประมวลผลข้อมูลแต่อาจไม่สะดวกเท่าโปรแกรม Standalone ที่ไม่จำเป็นต้องอาศัยโปรแกรมอื่นในการประมวลผลและลดขั้นตอนในการใช้งานโปรแกรมได้ จึงเป็นทางเลือกที่ควรพิจารณานำไปปรับปรุงเพิ่มเติม

6.3.2.4 ปัจจุบันมีการใช้อุปกรณ์สื่อสารไร้สายผ่านอินเตอร์เน็ตในงานวิศวกรรมอย่างแพร่หลาย การเพิ่มศักยภาพแบบจำลองให้สามารถใช้งานบนอุปกรณ์สื่อสารไร้สายผ่านอินเตอร์เน็ตได้รวมถึงการเก็บข้อมูลไว้ที่ส่วนกลางเพื่อให้สามารถเรียกดูประวัติการประเมินโครงการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่างๆย้อนหลังได้อาจทำให้การประเมินโครงสร้างพื้นฐานที่ยั่งยืนมีความสะดวกและแพร่หลายมากขึ้น ส่งผลให้เกิดโครงการที่มีความยั่งยืนและประสบความสำเร็จในการก่อสร้างและให้ผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการยิ่งขึ้น นี่จึงเป็นอีกทางเลือกที่ควรพิจารณานำไปปรับปรุงเพิ่มเติม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บรรณานุกรม

กัลยา วานิชย์บัญชา. 2556. การวิเคราะห์สมการโครงสร้าง (SEM) ด้วย AMOS. กรุงเทพ

ธานินทร์ ศิลป์จารุ. 2555. การวิจัยและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วย SPSS. กรุงเทพ

สถาบันอาคารเขียวไทย (Thai Green Building Institute) (http://www.tgbi.or.th)

สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2548). *แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 10 (พศ. 2550-2554).* กรุงเทพ, (http://www.nesdb.go.th).

Abidin, N. Z., and Pasquire, C. L., (2007). "Revolutionize value management: a mode towards sustainability." Int. J. Proj. Manage., 25, 275-282. DOI: 10.1016/j.ijproman.2006.10.005

Agénor, P. R. and Moreno-Dodson, B., (2006). "Public Infrastructure and Growth: New Channels and Policy Implications." *Banca d'Italia*, Italia.

Ali, H. A. E. M., Al-Sulaihi, I. A., and Al-Gahtani, K. S., (2013). "Indicators for measuring performance of building construction companies in Kingdom of Saudi Arabia." J. King Saud Univ. Eng. Sci., 25(2),125–134.

Al-Tmeemy, S. M. H. M., Abdul-Rahman, H., and Harun, Z., (2011). "Future criteria for success of building projects in Malaysia." Int. J. Proj. Manage,, 29(3), 337–348.

Alzahrani, J. I., and Emsley, M. W., (2013). "The impact of contractors' attributes on construction project success: A post construction evaluation." Int. J. Proj. Manage., 31(2), 313–322.

AmirHosein, G., Dahlan, N. D., Berardi, U., GhaffarianHoseini, A., Makaremi, N. and GhaffarianHoseini, M., (2013). "Sustainable energy performances of green buildings: A review of current theories, implementations and challenges."Renewable and Sustainable Energy Reviews., 25(2013), 1-17.

Amos version 20 [Computer software]. IBM, Armonk, NY.

Ashley, D., Jaselskis, E., Lurie, C.B., (1987). "The determinants of construction project success." Proj. Manag. J., 18 (2), 69–79.

Atkinson, R., (1999). "Project management: Cost, time and quality, two best guesses and a phenomenon, its time to accept other success criteria." Int. J. Proj. Manage., 17(6), 337–342.

Babbie, E. (1989). The practice of social research, 5th Ed., Wadsworth Publishing, Belmont, CA.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บรรณานุกรม (ต่อ)

Badewi, A., (2015). “The impact of project management (PM) and benefits management (BM) practices on project success: Towards developing a project benefits governance framework” Int. J. Proj. Manage, DOI: 10.1016/j.ijproman.2015.05.005.

Baird, B. F. (1989). *Managerial decisions under uncertainty: An introduction to the analysis of decision making*, Wiley, New York.

Bal, M., Bryde, D., Fearon, D. and Ochieng, E. (2013). “Stakeholder Engagement: Achieving Sustainability in the Construction Sector.” *Sustainability*, MDPI, 6, 695-710, DOI: 10.3390/su5020695.

Barbier, E. B., (1987). “The Concept of Sustainable Economic Development.” Environ. Conserv., 14(2), 101-110, DOI: 10.1017/S0376892900011449.

Benedict, M. A., and McMahon, E. T., (2002). “Green infrastructure: Smart conservation for the 21st century.” Renewable Resour., 20, 12–17.

Berke, P., Manta, M., (1999). “Planning for sustainable development: measuring progress in plans.” Lincoln Institute of Land policy (Working Paper)., p.3.

Bollen, K. A., (1987). “Total, direct, and indirect effects in structural equation model.” Sociol. Methodol., 17, 37–69.

Bordass, G., (2003). *The Economics Benefits of Sustainable Design.* http://www1.eere.energy.gov.femp/pdfs/buscase_section2.pdf

BRE Global, UK, (http://www.breeam.org).

Brightman, H. a. M., J.,(2001). *The Social Benefits of Sustainable Design.* http://www1.eere.energy.gov?femp/pdfs/buscase_section3.pdf.

Browne, D. and Ryan, L. (2011). “Comparative analysis of evaluation techniques for transport policies.” Environ. Impact Assess., Elsevier, Vol. 31, 226–233, DOI: 10.1016/j.eiar.2010.11.001.

Bryce, J. M., Flintsch, G. and Hall, R. P., (2014). “A multi criteria decision analysis technique for including environmental impacts in sustainable infrastructure management business practices.” *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, Elsevier, Vol. DTR. E. 32, 435–445, DOI: 10.1016/j.trd.2014.08.019.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บรรณานุกรม (ต่อ)

Carmines, E. G. and Mclever, J. P., (1983) “An Introduction to the Analysis of Models with Unobserved Variables.” Polit. Methodol., 9(1), 51-102.

CASBEE (Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency) (http://www.ibec.or.jp).

CEEQUAL (Civil Engineering Environmental Quality Assessment and Award Scheme). (2012). “Assessment manual for projects in the UK and Ireland.” (http://www.ceequal.com) (Jun. 24, 2014).

Chan, A. P. C., Scott, D., and Lam, E. W. M., (2002). “Framework of success criteria for design/build projects.” J. Manage. Eng., 120–128. DOI: 10.1061 /(ASCE)0742-597X(2002)18:3(120).

Chan, E. H. W., Qian, Q. K., Lam, P. T. I., (2009) “The market for green building in developed Asian cities—the perspectives of building designers.” Energ. Policy., 37(2009), 3061-3070.

Cinelli, M., Coles, S. R. and Kirwan, K. (2014). “Analysis of the potentials of multi criteria decision analysis methods to conduct sustainability assessment.” Ecol. Indic., Elsevier, Vol. 46, pp. 138–148. DOI: 10.1016/j.ecolind.2014.06.011.

Clements-Croome, D., (2004). *Intelligent Buildings Design, Management and Operation*, Thomas Telford, London.

Cole, R.J., (1999). *Building environmental assessment methods: clarifying intentions*. Build. Res. Inf, 27 (4/5), 230–246.

Cohon, J.L. (1978). *Multiobjective Programming and Planning*, Academic Press, New York, NY.

Cooper, I., (1999). “Which focus for building assessment methods - environmental performance or sustainability?” Build. Res. Inf., 27 (4/5), 321–331.

Community Research Connections. (2006). (http://www.crcresearch.org).

Council of the European Union, (2006). *Renewed EU Sustainable Development Strategy*, Brussels.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บรรณานุกรม (ต่อ)

Crawley, D., Aho, I., (1999). "Building environmental assessment methods: application and development trends." Build. Res. Inf, 27 (4/5), 300–308.

Cruz, L.B., Pedrozo, E.A., and Estivalete, V.F.B., (2006). ''Towards sustainable development strategies: a complex view following the contribution of Edgar Morin'', Manage. Decis., 44(7), 871-91.

Daellenbach, H.G., George, J.A. and McNickle, D.C., (1983), *Introduction to operation research techniques,* 2nd ed., USA, Allyn and Bacon.

de Wit, A. (1988). "Measurement of project success." Int. J. Proj. Manage., 6(3), 164-170.

de Neufville, R. (1990). *Applied Systems Analysis: Engineering Planning and Technology Management*, McGraw-Hill, New York, NY.

Dirlich, S., (2011). "A Comparison of Assessment and Certification Schemes for Sustainable Building and Suggestions for an International Standard System." The IMRE Journal., 5(1). Freiberg, Germany.

Dobson, D.W, Sourani, A., Sertyeilisik, B,., and Tunstall, A., (2013). "Sustainable construction: Analysis of its costs and benefits." *American Journal of Civil Engineering and Architecture*, VOl. 1(2), 32-38., DOI:10.12691/ajcea-1-2-2.

Elkington, J., (1997) *Cannibals with Forks: The Triple Bottom Line of 21st Century Business*, Capstone.

Elmqvist, T., Setala, H., Handel, S.N., van de Ploeg, S., Aronson, J., Blignaut, J.N., Gomez-Baggethun, E., Nowak, D.J., Kronenberg, J., and de Groot, R., (2015). "Benefits of restoring ecosystem services in urban areas." *Environmental Sustainability*, Vol. 14, 101-108., DOI: 10.1016/j.cosust.2015.05.001.

Enshassi, A., Mohamed, S., and Abushaban, S., (2009). "Factors affecting the performance of construction projects in the Gaza Strip." J. Civ. Eng. Manage., 15(3), 269–280.

Erdos, P. L., and Morgan, A. J. (1970). *Professional mail survey*, McGraw Hill, New York.

ESCAP (United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific). (2007). *Sustainable infrastructure in Asia*, United Nations Publications, Bangkok, Thailand.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บรรณานุกรม (ต่อ)

Fernandez-Sanchez, G., (2008). “Analisis de los Sistemas de Indicadores de Sostenibilidad. Planificacion urbana y proyectos de construccion”, Escuela Tecnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Universidad Politecnica de Madrid, Spain.

Fernandez-Sanchez, G., and Rodríguez-Lopez, F., (2010). “A methodology to identify sustainability indicators in construction project management: Application to infrastructure projects in Spain.” Ecol. Indic., 10(6), 1193–1201.

Fernandez-Solis J.L., (2006). *Is building construction approaching the threshold of becoming unsustainable? A system theoretic exploration towards a post forrester model for taming unsustainable exponentialoids.* Thesis, Georgia Institute of Technology.

FIDIC (2012). *State of the World Report 2012 Sustainable Infrastructure.*

Forsberg, A., and von Malmborg, F., (2004). “Tools for environmental assessment of the built environment.” Build. Environ., 39(2), 223–228.

Freeman, R. E. (2010). *Strategic management: A stakeholder approach*, Cambridge University Press, New York, NY.

Giove, S., Brancia, A., Satterstrom, F. K. and Linkov, I. (2009). *Decision support systems and environment: role of MCDA, Decision Support Systems for Risk-Based Management of Contaminated Sites,* Springer Science & Business Media.

Glücklich, D., (2005). Ökologisches Bauen. Von Grundlagen zu Gesamtkonzepten. München: Dt. Verlags-Anstalt.

Goicoechea, A., Hansen, D.R. and Duckstein, L., 1982, *Multiobjective decision analysis with engineering and business applications,* Canada, John Wiley & Sons.

Greenroads. (2011). *Greenroads abridged manual*. (http://www .greenroads.org/366/download-the-manual.html) (Jul. 3, 2014).

Griffith , A., (1995). *Environmental management in construction*. Macmillan.

Guarnieri, T.J., (2008). *The real cost of sustainable development*, AACE International Transactions.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บรรณานุกรม (ต่อ)

Gudiene, N., Ramelyte, L., and Banaitis, A., (2013). *An evaluation of critical success factors for construction projects using expert judgement*, (http://www.scienconf.com).

Haapio, A. and Viitaniemi, P., (2008) "A Critical Review of Building Environmental Assessment Tools", Environ. Impact Assess., 28(2008), Elsevier, 469-482.

Haimes, Y. Y. and Chankong, V., (1979), "Kuhn-Tucker multipliers as trade-offs in multiobjective decision making analysis," *Automatica,* 15: 59-72.

Herzig, C. and Schaltegger, S., (2006). "Corporate Sustainability Reporting. An Overview" *Sustainability Accounting and Reporting*, Dordrecht, Springer, 301-324. DOI: 10.1007/978-1-4020-4974-3_13.

Holmes, J., Hudson, G., (2000). *An evaluation of the objectives of the BREEAM scheme for offices: a local case study*. In Proceedings of Cutting Edge 2000, RICS Research Foundation, RICS, London.

Huang, R., and Yeh, C., (2008). "Development of an assessment framework for green highway construction." J. Chin. Inst. Eng., 31(4), 573–585.

Illinois Department of Transportation (IDOT) (2010). *Stakeholder involvement plan for agency and public involvement*, IDOT, Springfield, IL.

Irani, Z., Love, P.E., (2002). "Developing a frame of reference for ex-ante IT/IS investment evaluation." Eur. J. Inf. Syst., 11 (1), 74–82.

ISI (Institute for Sustainable Infrastructure). (2012). "Envision: A rating system for sustainable infrastructure." (http://www.sustainableinfrastructure.org).

IŞIK, Z. (2009). *A Conceptual Performance Measurement Framework for Construction Industry* . Ph.D Thesis, Middle East Technical University, Ankaran, Turkey.

Janic, M. (2003). "Multicriteria evaluation of high-speed rail, transrapid maglev and air passenger transport in Europe." Transport. Plan. Tech, Taylor & Francis, 26(6), 491–512, DOI:10.1080/0308106032000167373.

Joreskog, K. G., and Sorbom, D. (1988). *LISREL 7: A guide to the program and Applications*, Chicago: SPSS.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บรรณานุกรม (ต่อ)

Khalili, N. R. and Duecker, S. (2013). "Application of multi-criteria decision analysis in design of sustainable environmental management system framework." J. Clean. Prod., 47, 188-198, DOI: 10.1016/j.jclepro.2012.10.044.

Kline, R. B. (2011). *Principles and practice of structural equation modeling*, Guilford Press, New York.

Kwong, B., (2004). *Quantifying the benefits of sustainable buildings*, 2004 AACE International Transactions.

Lapin, L. L., (1991). *Quantitative methods for business decisions,* 5th ed., USA, Dryden Press.

Lebas, M.J., (1995). "Performance measurement and performance management." Int. J. Prod. Econ. 41 (1), 23–35.

Lee, K.H., Ahn, Y.H., Jeon, M., and Suh, M.J., (2014). *Organizational strategies to support sustainability in the construction company*, In the World SB14 Barcelona, October 28-30th, 2014.

LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) (http://www.new.usgbc.org)

Lehtiranta L., Kärnä S., Junnonen, J.-M. and Julin, P. (2012) "The role of multi-firm satisfaction in construction project success," *Construction Management and Economics*, 30, 463–475.

Lim, S. K. (2009). *Framework and processes for enhancing sustainability deliverables in Australian road infrastructure projects*, Ph.D. thesis, Queensland Univ. of Technology, QLD, Australia.

Lin, C. and Pervan, G., (2003). "The practice of IS/IT benefits management in large Australian organizations." Inf. Manag., 41 (1), 13–24.

Litman, T., (2007). "Developing indicators for comprehensive and sustainable transport planning." Transp. Res. Rec., 2017, 10–15.

Liu, J., Love, P. E., Smith, J., Matthews, J., and Sing, C. P., (2016). "Praxis of performance measurement in public-private partnership: Moving between the iron triangle." J. Manage. Eng., DOI:10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000433, 04016004.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บรรณานุกรม (ต่อ)

Mamatzakis, E. C. (2008). “Economic performance and public infrastructure: An application to Greek manufacturing.” Bull. Econ. Res., 60(3),307–326.

Marten, G., (2001). *Human Ecology – Basic Concept for Sustainable Development*, Earthscan Publications, UK.

M’Ikiugu, M. M., QianNa,W., and Kinoshita, I., (2012). “Green infrastructure gauge: A tool for evaluating green infrastructure inclusion in existing and future urban areas.” Procedia Soc. Behav. Sci., 68, 815–825.

Munda, G. (2006). *Social multi-criteria evaluation for urban sustainability policies*, *Land Use Policy*, Elsevier, 23(1), 86-94, DOI: 10.1016/j.landusepol.2004.08.012.

Nalewaik, A. and Venters, V., (2008). *Costs and benefits of building green*, 2008 AACE International Transactions.

Nassar, N., and AbouRizk, S. (2014). “Practical application for integrated performance measurement of construction projects.” J. Manage. Eng., DOI: 10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000287, 04014027.

Nejati, M., Shahbudin, A.S.B.M., and Amran, A.B., (2010). “Sustainable development: a competitive advantage or a threat?” *Business Strategy Series*, 11(2), 84-89. DOI:10.1108/17515631011026407.

Nijkamp, P., (1986). “Infrastructure and regional development: A multidimensional policy analysis.” Empir. Econ., 11(1), 1–21.

Nunnally, J. (1967). *Psychometric theory*, McGraw-Hill, New York.

NYSDOT (New York State Department of Transportation). (2012). *GreenLITES (Green Leadership in Transportation and Environmental Sustainability)*, (http://www.dot.ny.gov/programs/greenlites).

Olsen, K.H. and Fenhann, J., (2008). “Sustainable development benefits of clean development mechanism projects. A new methodology for sustainability assessment based on text analysis of the project design documents submitted for validation” *Energy Policy*, 36, 2819-1830. DOI:10.1016/j.enpol.2008.02.039.

Omer, A.M., (2008). “Energy, environment and sustainable development.” Renew. Sust. Energ. Rev., 12(9), 2265–300.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บรรณานุกรม (ต่อ)

Pakseresht, A., and Asgari, G. (2012). “Determining the critical success factors in construction projects: AHP approach.” Interdiscip. J. Contemp. Res. Bus., 4(8), 383–393.

Pankaj, A. J. J., and Bhangale, P., (2013). “To study critical factors necessary for a successful construction project.” Int. J. Innovat. Tech. Explor. Eng., 2(5), 331–335.

Pinto, J. K., and Slevin, D. P. (1988). “Critical success factors in effective project implementation.” *Project management handbook*, Van Nostrand Reinhold, New York.

Pitt, M., Tucker, M., Riley, M., and Longden, J. (2009).”Towards sustainable construction: promotion and best practices.” *Construction Innovation: Information, Process, Management*, 9, 201-224, DOI: 10.1108/14714170910950830.

Pongpeng, J. and Liston, J. (2010). “TenSeM: a multicriteria and multidecision-makers’ model in tender evaluation.” *Construction Management Economics*, Taylor & Francis, Vol. 21, 1, 21-30, DOI: 10.1080/0144619032000065090.

Pope, J., Annandale, D. and Morrison-Saunders, A. (2004). “Conceptualising Sustainability assessment.” Environ. Impact Assess., Elsevier, 24 (6), 595–616, DOI: 10.1016/j.eiar.2004.03.001.

Rangarajan, K., Long, S., Tobias, A. and Keister, M. (2013). “The role of stakeholder engagement in the development of sustainable rail infrastructure systems.” *Research in Transportation Business & Management*, Elsevier, 7, 106–113, DOI:10.1016/j.rtbm.2013.03.007.

Raykov, T., and Marcoulides, G. A. (2000). *A first course in structural equation modeling*, Mahwah, NJ: Erlbaum.

Reijnders, L., van Roekel, A., (1999). “Comprehensiveness and Adequacy of Tools for the Environmental Improvement of Buildings.” J. Clean. Prod., 7 (1999), Elsevier, 221-225.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บรรณานุกรม (ต่อ)

Scholten, L., Schuwirth, N., Reichert, P. and Lienert, J. (2015). "Tackling uncertainty in multicriteria decision analysis–an application to water supply infrastructure planning." Eur. J. Oper. Res., Elsevier, 242(1), 243–260., DOI: 10.1016/j.ejor.2014.09.044.

Schumacker, R. E. and Lomax, R. G., (2010). *A Beginner's Guide to Structural Equation Modeling*, Taylor & Francis Group.

Shen, L., Wu, Y., and Zhang, X. (2011). "Key assessment indicators for the sustainability of infrastructure projects." J. Constr. Eng. Manage., DOI: 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000315, 441–451.

Shenhar, A.J., Ofer, L., and Dvir, D., (1997). "Mapping the dimensions of project success." Proj Manag. J., Vol. 28(2), 5-13.

Shi, Q., Zuo, J., & Zillante, G. (2012). "Exploring the management of sustainable construction at the programme level: a Chinese case study". Constr. Manage. Econ.,, 30, 425-440. DOI: 10.1080/01446193.2012.683200.

Siebel, T., (1996). *The Social Benefits of Sustainable Design*. (http://www1.eere.energy.gov/femp/pdfs/buscase_section3.pdf).

Smith, T. M., Fischlein, M., Suh, S., Huelman, P., (2006). *Green building rating systems: A comparison of the LEED and Green Globe systems in the US*, University of Minnesota, USA.

SPSS Training Department. (1998). "Survey research using SPSS." SPSS, Inc., Chicago.

Tabish, S. Z. S., and Jha, K. N., (2011). "Important factors for success of public construction projects." Proc., 2nd Int. Conf., on Construction and Project Management, IACSIT Press, Singapore, 64–68.

Tam, C. M., Tam, Vivian, W. Y., and Tsui, W. S., (2004). "Green construction assessment for environmental management in the construction industry of HongKong." Int. J. Proj. Manage, 22, 563-571, DOI:10.1016/j.ijproman.2004.03.001.

Toor, S., and Ogunlana, S. O., (2008). "Critical COMs of success in large-scale construction projects: Evidence from Thailand construction industry." Int. J. Proj. Manage, 26(2008), 420-430, DOI:10.1016/j.ijproman.2007.08.003.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บรรณานุกรม (ต่อ)

Toor, S., and Ogunlana, S. O., (2009). “Construction professionals’ perception of critical success factors for large-scale construction projects.” Construct. Innovat., 9(2), 149–167.

Toor, S., and Ogunlana, S. O., (2010). “Beyond the ‘iron triangle’: Stakeholder perception of key performance indicators (KPIs) for large-scale public sector development projects.” Int. J. Proj. Manage., 28(3), 228–236.

Tuman, J., (1986). “Success modeling: a technique for building a winning project team.” Proc., Project management Institute, 29–34.

Turner, J.R., Müller, R., (2003). “On the nature of the project as a temporary organization.” Int. J. Proj. Manage, 21, 1–8.

Ugwu, O. O., and Haupt, T. C., (2007). “Key performance indicators and assessment methods for infrastructure sustainability: A South African construction industry perspective.” Build. Environ., 42(2), 665–680.

UNCED, (1992). United Nations Conference on Environment & Development Rio de Janerio, Brazil.

UN ESCAP, (2007). *Sustainable Infrastructure in Asia*. Economic and Social Commission for Asia and the Pacific. United Nations Publications.

UNESCO, (2010). *Education for Sustainable Development in Action*, UNESCO Education Sector.

United Nations, (2002). World Summit on Sustainable Development. Johannesburg. 2002, (http://www.johannesburg.org)

US Environmental Protection Agency, USA, (http://www/epa/gov).

U.S. Green Building Council, USA, (http://www.usgbc.org).

Vanegas, J. A., (2003). “Road map and principles for built environment sustainability.” Environ. Sci. Technol., 37(23), 5363–5372.

Wang, J. J., Jing, Y. Y., Zhang, C. F. and Zhao, J. H. (2010). “Review on multi-criteria decision analysis aid in sustainable energy decision-making.” Renew. Sust. Energ. Rev., Elsevier, 13(9), 2263–2278.

Ward, J. and Daniel, E., (2006). *Benefits Management: Delivering Value From IS & IT Investments*. Wiley, England.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บรรณานุกรม (ต่อ)

WCED, (1987). *Our Common Future*. World Commission on Environment and Development. Oxford University Press, Oxford.

World Economic Forum, (http://www.weforum.org)

Xia, B., Xiong, B., Skitmore, M.,Wu, P., and Hu, F., (2016). "Investigating the impact of project definition clarity on project performance: Structural equation modeling study." J. Manage. Eng., DOI: 10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000386, 04015022.

Yudelson, J. (2008). *The green building revolution.* Island Press.

Yudelson, J. (2010). *Greening existing buildings*. McGraw-Hill.

Zavadskas, E. K., Vilutiene, T., Turskis, Z., and Šaparauskas, J., (2014). "Multi-criteria analysis of projects' performance in construction." Arch. Civ. Mech. Eng., 14(1), 114–121.

Zeleny, M. (1974), *Linear multiobjective programming,* New York, Springer Verlag.

Zeleny, M. (1982). *Multiple Criteria Decision Making*, McGraw-Hill, New York, NY.

Zheng, H.W., Shen, G.Q., Wang, H., (2014). "A review of recent studies on sustainable urban renewal". Habitat Int. 41, 272–279.

Zwikael, O., Smyrk, J., (2011). *Project Management for the Creation of Organisational Value*, First ed., Springer-Verlag London Limited, London.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ก.

# แบบสอบถาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# แบบสอบถามงานวิจัยเพื่อการศึกษา

Sustainable Infrastructure Assessment Factors Affecting Project Performance and Project Owner Benefits

## การประเมินองค์ประกอบโครงสร้างพื้นฐานที่มีความยั่งยืนที่ส่งผลกระทบต่อผลสัมฤทธิ์ของโครงการและผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการ

หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร

## วัตถุประสงค์ของการเก็บข้อมูล

แบบสอบถามนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต ณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อเก็บข้อมูลเกี่ยวกับ

(1) ปัจจัยในการประเมินโครงสร้างพื้นฐานที่มีความยั่งยืน
(2) ปัจจัยในการการประเมินผลสัมฤทธิ์ของโครงการ
(3) ปัจจัยในการประเมินผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการ
(4) โครงสร้างพื้นฐานที่มีความยั่งยืนมีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ของโครงการก่อสร้าง
(5) โครงสร้างพื้นฐานที่มีความยั่งยืนมีอิทธิพลต่อผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการ
(6) ผลสัมฤทธิ์ของโครงการก่อสร้างมีอิทธิพลต่อผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการ

## ส่วนประกอบของแบบสอบถาม

แบบสอบถามนี้แบ่งเป็น 5 ส่วน ดังต่อไปนี้
ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม เป็นแบบตรวจสอบรายการ (Check List) มีจำนวน 9 ข้อ
ส่วนที่ 2 ปัจจัยในการประเมินโครงสร้างพื้นฐานที่มีความยั่งยืน เป็นแบบมาตราส่วนประเมินค่า (Rating Scale) มีจำนวน 54 ข้อ
ส่วนที่ 3 ปัจจัยในการประเมินผลสัมฤทธิ์ของโครงการ เป็นแบบมาตราส่วนประเมินค่า (Rating Scale) มีจำนวน 31 ข้อ
ส่วนที่ 4 ปัจจัยในการประเมินผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการ เป็นแบบมาตราส่วนประเมินค่า (Rating Scale) มีจำนวน 15 ข้อ
ส่วนที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มปัจจัยหลัก 3 กลุ่มคือ "ปัจจัยในการประเมินโครงสร้างพื้นฐานที่มีความยั่งยืน", "ปัจจัยในการประเมินผลสัมฤทธิ์ของโครงการ" และ "ปัจจัยในการประเมินผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการ" เป็นแบบมาตราส่วนประเมินค่า (Rating Scale) มีจำนวน 3 ข้อ

## กรุณาตอบแบบสอบถามให้เสร็จและส่งคืนภายในวันที่ 13 กุมภาพันธ์ 2558

ข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามของท่านจะถูกใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น และจะถูกเก็บไว้เป็นความลับ โดยไม่มีการระบุหรืออ้างอิงถึงท่านแต่อย่างใด หลังการศึกษานี้เสร็จสิ้นสมบูรณ์ ข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามของท่านจะถูกทำลายทิ้งทันที ขอขอบพระคุณในความกรุณาของท่านมา ณ โอกาสนี้ด้วย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## นิยาม

โครงสร้างพื้นฐานที่มีความยั่งยืน คือ โครงสร้างพื้นฐานที่ผ่านการออกแบบและก่อสร้างเพื่อให้เกิดการพัฒนาอย่างยั่งยืน โดยมีการปรับปรุงประสิทธิภาพและความยืดหยุ่นทางกายภาพของโครงสร้างเพื่อสร้างผลประโยชน์ที่สมดุลและเกื้อกูลกันทั้งด้านสังคม สิ่งแวดล้อม และเศรษฐกิจให้กับพื้นที่ตั้งโครงการทั้งในปัจจุบันและอนาคต

## ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

กรุณาเลือกคำตอบที่ตรงกับความเป็นจริงของท่าน

1. **1. ตำแหน่งในปัจจุบันของท่าน**

2. **2. หน้าที่ในปัจจุบันของท่าน**
*ทำเครื่องหมายเพียงหนึ่งช่อง*

- บริหารงานองค์กร
- ออกแบบงานโครงสร้าง
- ออกแบบงานระบบ
- ออกแบบงานสถาปัตยกรรม
- บริหารงานโครงการ
- ควบคุมงานก่อสร้าง
- อื่นๆ:

3. **3. ประสบการณ์ทำงานโดยรวมของท่าน**
*ทำเครื่องหมายเพียงหนึ่งช่อง*

- น้อยกว่า 5 ปี
- 6 - 10 ปี
- 11 - 15 ปี
- 16 - 20 ปี
- มากกว่า 20 ปี

4. **4. ประสบการณ์ทำงานที่เกี่ยวข้องกับโครงสร้างพื้นฐานของท่าน**
*ทำเครื่องหมายเพียงหนึ่งช่อง*

- น้อยกว่า 5 ปี
- 6 - 10 ปี
- 11 - 15 ปี
- 16 - 20 ปี
- มากกว่า 20 ปี
- อื่นๆ:



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. **5. ประสบการณ์ทำงานที่เกี่ยวข้องกับโครงการที่มีความยั่งยืนของท่าน**
*ทำเครื่องหมายเพียงหนึ่งช่อง*

- [ ] น้อยกว่า 5 ปี
- [ ] 6 - 10 ปี
- [ ] 11 - 15 ปี
- [ ] 16 - 20 ปี
- [ ] มากกว่า 20 ปี
- [ ] อื่นๆ:

6. **6. คุณวุฒิหรือสาขาการศึกษาของท่าน**
*ทำเครื่องหมายเพียงหนึ่งช่อง*

- [ ] วิศวกรรมโยธา
- [ ] วิศวกรรมเครื่องกล
- [ ] วิศวกรรมไฟฟ้า
- [ ] สถาปัตยกรรม
- [ ] อื่นๆ:

7. **7. ลักษณะองค์กรของท่าน**
ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ
*(เลือกได้มากกว่าหนึ่งช่อง)*

- [ ] องค์กรเจ้าของโครงสร้างพื้นฐาน
- [ ] บริษัทรับเหมาก่อสร้าง
- [ ] บริษัทที่ปรึกษาควบคุมงานก่อสร้าง
- [ ] บริษัทออกแบบ
- [ ] อื่นๆ:

8. **8. ประเภทโครงสร้างพื้นฐานที่องค์กรของท่านดำเนินงาน**
ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ
*(เลือกได้มากกว่าหนึ่งช่อง)*

- [ ] ถนน
- [ ] ทางยกระดับ
- [ ] สะพาน
- [ ] อุโมงค์
- [ ] ทางลอด
- [ ] ระบบราง
- [ ] สนามบิน
- [ ] ท่าเรือ
- [ ] อื่นๆ:



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. 9. **มูลค่าโดยเฉลี่ยของโครงสร้างพื้นฐานที่องค์กรของท่านดำเนินงานต่อปี**
*ทำเครื่องหมายเพียงหนึ่งช่อง*

- 1 ถึง 100 ล้านบาทต่อปี
- 101 ถึง 500 ล้านบาทต่อปี
- 501 ถึง 1,000 ล้านบาทต่อปี
- มากกว่า 1,001 ล้านบาทต่อปี

## ส่วนที่ 2 ปัจจัยในการประเมินโครงสร้างพื้นฐานที่มีความยั่งยืน

ประกอบด้วยกลุ่มปัจจัยหลัก 9 กลุ่ม (ข้อ 2.1 - 2.9) โดยแต่ละกลุ่มปัจจัยหลักประกอบด้วยปัจจัยย่อยต่างๆดังแสดงในหัวข้อคำถาม

คำแนะนำการตอบ: เพื่อแสดงถึงทัศนคติหรือความคิดเห็นที่เกิดจากประสบการณ์ของท่านที่มีต่อปัจจัยย่อย ที่มีความสำคัญต่อกลุ่มปัจจัยหลักเพื่อการประเมินโครงสร้างพื้นฐานที่มีความยั่งยืน กรุณาเลือกตัวเลข 1-5 ที่กำหนดให้เพียงหนึ่งตัวต่อหนึ่งปัจจัยย่อย โดยตัวเลขนี้หมายถึง

1 หมายถึง ระดับความสำคัญของปัจจัยย่อยนั้นต่ำมาก หรือไม่มีความสำคัญเลย
2 หมายถึง ระดับความสำคัญของปัจจัยย่อยนั้นต่ำ
3 หมายถึง ระดับความสำคัญของปัจจัยย่อยนั้นปานกลาง
4 หมายถึง ระดับความสำคัญของปัจจัยย่อยนั้นสูง
5 หมายถึง ระดับความสำคัญของปัจจัยย่อยนั้นสูงมาก

10. **2.1 การบริหารโครงการ**
ขอทราบความคิดเห็นของท่านที่มีต่อปัจจัยย่อยดังต่อไปนี้ว่ามีความสำคัญต่อกลุ่มปัจจัยหลักด้านการบริหารโครงการเพียงใด
*ทำเครื่องหมายแถวละหนึ่งช่องเท่านั้น*

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|---|
| 2.1.1 การจัดทำแผนจัดการสิ่งแวดล้อม | | | | | |
| 2.1.2 การจัดทำแผนจัดการความปลอดภัย | | | | | |
| 2.1.3 การจัดทำแผนจัดการคุณภาพ | | | | | |
| 2.1.4 การรับฟังความคิดเห็นของผู้มีส่วนได้เสียในโครงการ | | | | | |
| 2.1.5 การผสานโครงการเข้าโครงสร้างพื้นฐานเดิมในบริเวณโครงการ | | | | | |
| 2.1.6 อื่นๆ | | | | | |

11. โปรดระบุลงในช่องว่าง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

12. **2.2 ทำเลที่ตั้ง**

ขอทราบความคิดเห็นของท่านที่มีต่อปัจจัยย่อยดังต่อไปนี้ว่ามีความสำคัญต่อกลุ่มปัจจัยหลักด้านทำเลที่ตั้งเพียงใด
*ทำเครื่องหมายแถวละหนึ่งช่องเท่านั้น*

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|---|
| 2.2.1 การเลือกลักษณะทำเลที่ตั้งให้เหมาะสมกับประเภทโครงการ | | | | | |
| 2.2.2 การประเมินความเสี่ยงอุทกภัยที่อาจเกิดขึ้นกับโครงการและจากโครงการ | | | | | |
| 2.2.3 การป้องกันผลกระทบจากการก่อสร้างและใช้งานโครงการต่อระบบนิเวศในทำเลที่ตั้ง | | | | | |
| 2.2.4 การหลีกเลี่ยงพื้นที่ไม่เหมาะสมทางกายภาพ | | | | | |
| 2.2.5 การจัดการน้ำฝนไหลบ่าออกจากโครงการ | | | | | |
| 2.2.6 การอนุรักษ์และเพิ่มพื้นที่สีเขียวในโครงการ | | | | | |
| 2.2.7 อื่นๆ | | | | | |

13. โปรดระบุลงในช่องว่าง

14. **2.3 ประสิทธิภาพการใช้น้ำ**

ขอทราบความคิดเห็นของท่านที่มีต่อปัจจัยย่อยดังต่อไปนี้ว่ามีความสำคัญต่อกลุ่มปัจจัยหลักด้านประสิทธิภาพการใช้น้ำเพียงใด
*ทำเครื่องหมายแถวละหนึ่งช่องเท่านั้น*

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|---|
| 2.3.1 การจัดทำแผนควบคุมและป้องกันผลกระทบต่อแหล่งน้ำ | | | | | |
| 2.3.2 การจัดทำมาตรการลดการใช้น้ำประปาระหว่างก่อสร้างและใช้งานโครงการ | | | | | |
| 2.3.3 การจัดทำมาตรการติดตามประสิทธิภาพการใช้น้ำระหว่างก่อสร้างและใช้งานโครงการ | | | | | |
| 2.3.4 การจัดทำมาตรการนำน้ำที่ผ่านการใช้งานแล้วไปผ่านขั้นตอนเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ และการเก็บน้ำฝนไว้ใช้งาน | | | | | |
| 2.3.5 การพิจารณาปรับปรุงแหล่งน้ำบริเวณโครงการ ตั้งแต่ขั้นตอนการออกแบบและระหว่างก่อสร้าง | | | | | |
| 2.3.6 อื่นๆ | | | | | |

15. โปรดระบุลงในช่องว่าง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

16. **2.4 ประสิทธิภาพการใช้พลังงาน**

ขอทราบความคิดเห็นของท่านที่มีต่อปัจจัยย่อยดังต่อไปนี้ว่ามีความสำคัญต่อกลุ่มปัจจัยหลักด้าน ประสิทธิภาพการใช้พลังงานเพียงใด
*ทำเครื่องหมายแถวละหนึ่งช่องเท่านั้น*

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|---|
| 2.4.1 การจัดทำมาตรการเพื่อลดการใช้ไฟฟ้าระหว่างก่อสร้างและใช้งานโครงการ | | | | | |
| 2.4.2 การจัดทำมาตรการเพื่อลดการปล่อย CO2 ระหว่างก่อสร้างและใช้งานโครงการ | | | | | |
| 2.4.3 การพิจารณาใช้พลังงานหมุนเวียน | | | | | |
| 2.4.4 การจัดทำมาตรการติดตามประสิทธิภาพการใช้พลังงานระหว่างก่อสร้างและใช้งานโครงการ | | | | | |
| 2.4.5 การใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าประหยัดพลังงาน | | | | | |
| 2.4.6 อื่นๆ | | | | | |

17. โปรดระบุลงในช่องว่าง

18. **2.5 วัสดุและทรัพยากร**

ขอทราบความคิดเห็นของท่านที่มีต่อปัจจัยย่อยดังต่อไปนี้ว่ามีความสำคัญต่อกลุ่มปัจจัยหลักด้าน วัสดุและทรัพยากรเพียงใด
*ทำเครื่องหมายแถวละหนึ่งช่องเท่านั้น*

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|---|
| 2.5.1 การเลือกใช้วัสดุพื้นถิ่นเพื่อลดผลกระทบจากการขนส่ง | | | | | |
| 2.5.2 การพิจารณานำโครงสร้างเดิมกลับมาใช้ใหม่ตามความเหมาะสม | | | | | |
| 2.5.3 การออกแบบและจัดทำข้อกำหนดให้โครงสร้างมีความทนทานและต้องการบำรุงรักษาต่ำ | | | | | |
| 2.5.4 การจัดทำข้อกำหนดให้เลือกใช้วัสดุก่อสร้างที่มีส่วนผสมของวัสดุรีไซเคิล | | | | | |
| 2.5.5 การประเมินวงจรชีวิตวัสดุก่อสร้างหลักเพื่อดูผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากกระบวนการผลิตจนถึงการนำมาใช้งาน | | | | | |
| 2.5.6 อื่นๆ | | | | | |

19. โปรดระบุลงในช่องว่าง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

20. **2.6 การจัดการของเสีย**

ขอทราบความคิดเห็นของท่านที่มีต่อปัจจัยย่อยดังต่อไปนี้ว่ามีความสำคัญต่อกลุ่มปัจจัยหลักด้าน การจัดการของเสียเพียงใด
*ทำเครื่องหมายแถวละหนึ่งช่องเท่านั้น*

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|---|
| 2.6.1 การจัดทำแผนจัดการของเสียโดยพิจารณาตั้งแต่ขั้นตอนออกแบบก่อสร้างจนถึงใช้งาน | | | | | |
| 2.6.2 การจัดทำแผนการลดของเสียโดยพิจารณาตั้งแต่ขั้นตอนออกแบบก่อสร้างจนถึงใช้งาน | | | | | |
| 2.6.3 การกำหนดแนวทางคัดแยกของเสีย | | | | | |
| 2.6.4 การลดปริมาณดินขุดที่ต้องนำออกจากโครงการ | | | | | |
| 2.6.5 อื่นๆ | | | | | |

21. โปรดระบุลงในช่องว่าง

22. **2.7 การควบคุม**

ขอทราบความคิดเห็นของท่านที่มีต่อปัจจัยย่อยดังต่อไปนี้ว่ามีความสำคัญต่อกลุ่มปัจจัยหลักด้าน การควบคุมเพียงใด
*ทำเครื่องหมายแถวละหนึ่งช่องเท่านั้น*

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|---|
| 2.7.1 ความสอดคล้องกับระบบควบคุมปัจจุบัน | | | | | |
| 2.7.2 การจัดทำแผนจัดการจราจรระหว่างก่อสร้าง | | | | | |
| 2.7.3 การส่งเสริมควบคุมทางเลือก | | | | | |
| 2.7.4 การปรับปรุงการเข้าถึงและความปลอดภัยของการสัญจรในโครงการ | | | | | |
| 2.7.5 อื่นๆ | | | | | |

23. โปรดระบุลงในช่องว่าง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

24. **2.8 ผลกระทบต่อพื้นที่แวดล้อม**

ขอทราบความคิดเห็นของท่านที่มีต่อปัจจัยย่อยดังต่อไปนี้ว่ามีความสำคัญต่อกลุ่มปัจจัยหลักด้านผลกระทบต่อพื้นที่แวดล้อมเพียงใด
*ทำเครื่องหมายแถวละหนึ่งช่องเท่านั้น*

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|---|
| 2.8.1 การจัดทำมาตรการลดผลกระทบจากเสียง ระหว่างก่อสร้างและใช้งาน | | | | | |
| 2.8.2 การจัดทำมาตรการลดผลกระทบจากความสั่นสะเทือน ระหว่างก่อสร้างและใช้งาน | | | | | |
| 2.8.3 การจัดทำมาตรการลดผลกระทบต่อคุณภาพอากาศ ระหว่างก่อสร้างและใช้งาน | | | | | |
| 2.8.4 การลดแสงไฟส่องสว่างรบกวนระหว่างก่อสร้างและใช้งาน | | | | | |
| 2.8.5 การจัดทำมาตรการลดปรากฏการเกาะความร้อนเมือง | | | | | |
| 2.8.6 อื่นๆ | | | | | |

25. โปรดระบุลงในช่องว่าง

26. **2.9 ชุมชน**

ขอทราบความคิดเห็นของท่านที่มีต่อปัจจัยย่อยดังต่อไปนี้ว่ามีความสำคัญต่อกลุ่มปัจจัยหลักด้านชุมชนเพียงใด
*ทำเครื่องหมายแถวละหนึ่งช่องเท่านั้น*

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|---|
| 2.9.1 การส่งเสริมการเติบโตของเศรษฐกิจชุมชน | | | | | |
| 2.9.2 การส่งเสริมความปลอดภัยและสุขอนามัยชุมชน | | | | | |
| 2.9.3 การส่งเสริมการสัญจรและเข้าถึงชุมชน | | | | | |
| 2.9.4 การอนุรักษ์และส่งเสริมทัศนียภาพ | | | | | |
| 2.9.5 การเพิ่มพื้นที่สันทนาการ | | | | | |
| 2.9.6 การอนุรักษ์มรดกทางประวัติศาสตร์และวัฒนธรรม | | | | | |
| 2.9.7 อื่นๆ | | | | | |

27. โปรดระบุลงในช่องว่าง

## ส่วนที่ 3 ผลสัมฤทธิ์ของโครงการก่อสร้าง

ประกอบด้วยกลุ่มปัจจัยหลัก 6 กลุ่ม (ข้อ 3.1 - 3.6) โดยแต่ละกลุ่มปัจจัยหลักประกอบด้วยปัจจัยย่อยต่างๆดังแสดงในหัวข้อคำถาม

คำแนะนำการตอบ: เพื่อแสดงถึงทัศนคติหรือความคิดเห็นที่เกิดจากประสบการณ์ของท่านที่มีต่อปัจจัยย่อย ที่มีความสำคัญต่อกลุ่มปัจจัยหลักในการประเมินผลสัมฤทธิ์ของโครงการก่อสร้าง กรุณาเลือกตัวเลข 1-5 ที่กำหนดให้เพียงหนึ่งตัวต่อหนึ่งปัจจัยย่อย โดยตัวเลขนี้หมายถึง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1 หมายถึง ระดับความสำคัญของปัจจัยย่อยนั้นต่ำมาก หรือไม่มีความสำคัญเลย
2 หมายถึง ระดับความสำคัญของปัจจัยย่อยนั้นต่ำ
3 หมายถึง ระดับความสำคัญของปัจจัยย่อยนั้นปานกลาง
4 หมายถึง ระดับความสำคัญของปัจจัยย่อยนั้นสูง
5 หมายถึง ระดับความสำคัญของปัจจัยย่อยนั้นสูงมาก

28. **3.1 ระยะเวลาก่อสร้าง**

ขอทราบความคิดเห็นของท่านที่มีต่อปัจจัยย่อยดังต่อไปนี้ว่ามีความสำคัญต่อกลุ่มปัจจัยหลักด้าน ระยะเวลาก่อสร้างเพียงใด
*ทำเครื่องหมายแกวละหนึ่งช่องเท่านั้น*

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|---|
| 3.1.1 การส่งมอบพื้นที่ในระยะเวลาที่เหมาะสม | | | | | |
| 3.1.2 การวางแผนงานสอดคล้องกับระยะสัญญา | | | | | |
| 3.1.3 เวลาที่ใช้ในการก่อสร้างตามแผน | | | | | |
| 3.1.4 เวลาที่ใช้ในการแก้ไข เปลี่ยนแปลงงาน | | | | | |
| 3.1.5 เวลาที่ใช้จัดเตรียมทรัพยากรให้พร้อม | | | | | |
| 3.1.6 อื่นๆ | | | | | |

29. โปรดระบุลงในช่องว่าง

30. **3.2 งบประมาณ**

ขอทราบความคิดเห็นของท่านที่มีต่อปัจจัยย่อยดังต่อไปนี้ว่ามีความสำคัญต่อกลุ่มปัจจัยหลักด้าน งบประมาณเพียงใด
*ทำเครื่องหมายแกวละหนึ่งช่องเท่านั้น*

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|---|
| 3.2.1 ค่าเตรียมฉถานที่ก่อสร้างอยู่ในงบประมาณ | | | | | |
| 3.2.2 ค่าจ้างบุคลากรอยู่ในงบประมาณ | | | | | |
| 3.2.3 ค่าดำเนินการเครื่องจักรอยู่ในงบประมาณ | | | | | |
| 3.2.4 ราคาวัสดุก่อสร้างอยู่ในงบประมาณ | | | | | |
| 3.2.5 อื่นๆ | | | | | |

31. โปรดระบุลงในช่องว่าง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

32. **3.3 คุณภาพ**

ขอทราบความคิดเห็นของท่านที่มีต่อปัจจัยย่อยดังต่อไปนี้ว่ามีความสำคัญต่อกลุ่มปัจจัยหลักด้านคุณภาพก่อสร้างเพียงใด
*ทำเครื่องหมายแถวละหนึ่งช่องเท่านั้น*

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|---|
| 3.3.1 ผลงานเป็นไปตามแบบและข้อกำหนด | | | | | |
| 3.3.2 การทำงานสอดคล้องกับแผนคุณภาพ | | | | | |
| 3.3.3 ผลงานใช้งานได้ตรงตามวัตถุประสงค์ | | | | | |
| 3.3.4 มีการรับประกันผลงานตามระยะเวลาที่เหมาะสม | | | | | |
| 3.3.5 อื่นๆ | | | | | |

33. โปรดระบุลงในช่องว่าง

34. **3.4 ความพึงพอใจของผู้ว่าจ้าง**

ขอทราบความคิดเห็นของท่านที่มีต่อปัจจัยย่อยดังต่อไปนี้ว่ามีความสำคัญต่อกลุ่มปัจจัยหลักด้านความพึงพอใจของผู้ว่าจ้างเพียงใด
*ทำเครื่องหมายแถวละหนึ่งช่องเท่านั้น*

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|---|
| 3.4.1 ผู้ว่าจ้างมีทัศนคติที่ดีต่อผู้รับจ้าง | | | | | |
| 3.4.2 ผู้ว่าจ้างเชื่อมั่นในความสามารถของผู้รับจ้าง | | | | | |
| 3.4.3 ผู้ว่าจ้างพอใจในการให้บริการของผู้รับจ้าง | | | | | |
| 3.4.4 การไม่มีข้อขัดแย้งหรือคดีความ | | | | | |
| 3.4.5 อื่นๆ | | | | | |

35. โปรดระบุลงในช่องว่าง

36. **3.5 ความปลอดภัย**

ขอทราบความคิดเห็นของท่านที่มีต่อปัจจัยย่อยดังต่อไปนี้ว่ามีความสำคัญต่อกลุ่มปัจจัยหลักด้านความปลอดภัยเพียงใด
*ทำเครื่องหมายแถวละหนึ่งช่องเท่านั้น*

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|---|
| 3.5.1 การจัดทำแผนและคู่มือความปลอดภัย | | | | | |
| 3.5.2 บุคลากรปฏิบัติตามคู่มือความปลอดภัย | | | | | |
| 3.5.3 สภาพสถานที่ก่อสร้างเป็นไปตามคู่มือความปลอดภัย | | | | | |
| 3.5.4 สภาพเครื่องจักรเป็นไปตามคู่มือความปลอดภัย | | | | | |
| 3.5.5 อื่นๆ | | | | | |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

37. โปรดระบุลงในช่องว่าง

38. **3.6 สิ่งแวดล้อม**

ขอทราบความคิดเห็นของท่านที่มีต่อปัจจัยย่อยดังต่อไปนี้ว่ามีความสำคัญต่อกลุ่มปัจจัยหลักด้านสิ่งแวดล้อมเพียงใด
*ทำเครื่องหมายแถวละหนึ่งช่องเท่านั้น*

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|---|
| 3.6.1 การจัดทำแผนลดผลกระทบสิ่งแวดล้อม | | | | | |
| 3.6.2 การปฏิบัติงานเป็นไปตามแผนลดผลกระทบสิ่งแวดล้อม | | | | | |
| 3.6.3 โครงการมีส่วนปรับปรุงสิ่งแวดล้อมปัจจุบันให้ดีขึ้น | | | | | |
| 3.6.4 การไม่มีข้อพิพาทด้านสิ่งแวดล้อมจากชุมชน | | | | | |
| 3.6.5 อื่นๆ | | | | | |

39. โปรดระบุลงในช่องว่าง

## ส่วนที่ 4 ผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการ

ประกอบด้วยกลุ่มปัจจัยหลัก 3 กลุ่ม (ข้อ 4.1 - 4.3) โดยแต่ละกลุ่มปัจจัยหลักประกอบด้วยปัจจัยย่อยต่างๆดังแสดงในหัวข้อคำถาม

คำแนะนำการตอบ: เพื่อแสดงถึงทัศนคติหรือความคิดเห็นที่เกิดจากประสบการณ์ของท่าน ที่มีต่อปัจจัยย่อยที่มีความสำคัญต่อกลุ่มปัจจัยหลักในการประเมินผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการ กรุณาเลือกตัวเลข 1-5 ที่กำหนดให้เพียงหนึ่งตัวต่อหนึ่งปัจจัยย่อย โดยตัวเลขนี้หมายถึง

1 หมายถึง ระดับความสำคัญของปัจจัยย่อยนั้นต่ำมาก หรือไม่มีความสำคัญเลย
2 หมายถึง ระดับความสำคัญของปัจจัยย่อยนั้นต่ำ
3 หมายถึง ระดับความสำคัญของปัจจัยย่อยนั้นปานกลาง
4 หมายถึง ระดับความสำคัญของปัจจัยย่อยนั้นสูง
5 หมายถึง ระดับความสำคัญของปัจจัยย่อยนั้นสูงมาก

40. **4.1 ด้านสังคม**

ขอทราบความคิดเห็นของท่านที่มีต่อปัจจัยย่อยดังต่อไปนี้ว่ามีความสำคัญต่อกลุ่มปัจจัยหลักด้านสังคมเพียงใด
*ทำเครื่องหมายแถวละหนึ่งช่องเท่านั้น*

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|---|
| 4.1.1 การส่งเสริมภาพลักษณ์ให้องค์กร | | | | | |
| 4.1.2 การส่งเสริมภาพลักษณ์ให้ประเทศ | | | | | |
| 4.1.3 การสร้างความพอใจให้ผู้ใช้โครงการ | | | | | |
| 4.1.4 การยอมรับจากชุมชนแวดล้อม | | | | | |
| 4.1.5 อื่นๆ | | | | | |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

41. โปรดระบุลงในช่องว่าง

42. **4.2 ด้านเศรษฐกิจ**

ขอทราบความคิดเห็นของท่านที่มีต่อปัจจัยย่อยดังต่อไปนี้ว่ามีความสำคัญต่อกลุ่มปัจจัยหลักด้านเศรษฐกิจเพียงใด
*ทำเครื่องหมายแถวละหนึ่งช่องเท่านั้น*

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|---|
| 4.2.1 การลดค่าใช้จ่ายด้านน้ำ | | | | | |
| 4.2.2 การลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน | | | | | |
| 4.2.3 การลดค่าใช้จ่ายในการใช้งานและบำรุงรักษา | | | | | |
| 4.2.4 การเพิ่มโอกาสในการหาแหล่งเงินทุน | | | | | |
| 4.2.5 อื่นๆ | | | | | |

43. โปรดระบุลงในช่องว่าง

44. **4.3 ด้านสิ่งแวดล้อม**

ขอทราบความคิดเห็นของท่านที่มีต่อปัจจัยย่อยดังต่อไปนี้ว่ามีความสำคัญต่อกลุ่มปัจจัยหลักด้านสิ่งแวดล้อมเพียงใด
*ทำเครื่องหมายแถวละหนึ่งช่องเท่านั้น*

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|---|
| 4.3.1 การลดความเสียหายจากอุทกภัย | | | | | |
| 4.3.2 การลดมลภาวะจากโครงการ | | | | | |
| 4.3.3 การส่งเสริมการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม | | | | | |
| 4.3.4 การเป็นกรณีศึกษาสำหรับโครงการอื่นๆ | | | | | |
| 4.3.5 อื่นๆ | | | | | |

45. โปรดระบุลงในช่องว่าง

## ส่วนที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มปัจจัยหลักด้านต่างๆ

ประกอบด้วยกลุ่มปัจจัยหลัก 3 กลุ่มปัจจัย (ข้อ 5.1.1 - 5.1.3)

คำแนะนำการตอบ: เพื่อแสดงถึงทัศนคติหรือความคิดเห็นที่เกิดจากประสบการณ์ของท่าน ที่มีต่อกลุ่มปัจจัยหลัก กรุณาเลือกตัวเลข 1-5 ที่กำหนดให้เพียงหนึ่งตัวต่อหนึ่งปัจจัยหลัก โดยตัวเลขนี้หมายถึง

1 หมายถึง ระดับความมีอิทธิพลนั้นต่ำมาก หรือไม่มีอิทธิพลเลย
2 หมายถึง ระดับความมีอิทธิพลนั้นต่ำ
3 หมายถึง ระดับความมีอิทธิพลนั้นปานกลาง
4 หมายถึง ระดับความมีอิทธิพลนั้นสูง
5 หมายถึง ระดับความมีอิทธิพลนั้นสูงมาก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

46. **5.1 ความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มปัจจัยหลักด้านต่างๆ**

ขอทราบความคิดเห็นของท่านที่มีต่อความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มปัจจัยหลักด้านต่างๆ
*ทำเครื่องหมายแถวละหนึ่งช่องเท่านั้น*

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|---|
| 5.1.1 การก่อสร้างโครงสร้างพื้นฐานที่มีความยั่งยืน (ส่วนที่ 2) มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ของโครงการ (ส่วนที่ 3) | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ |
| 5.1.2 การก่อสร้างโครงสร้างพื้นฐานที่มีความยั่งยืน (ส่วนที่ 2) มีอิทธิพลต่อผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการ (ส่วนที่ 4) | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ |
| 5.1.3 ผลสัมฤทธิ์ของโครงการ (ส่วนที่ 3) มีอิทธิพลต่อผลประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการ (ส่วนที่ 4) | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ |

ขับเคลื่อนโดย
Google Forms



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ข.

## บทความที่ 1 ที่ได้รับการตีพิมพ์ในวารสารวิชาการระดับนานาชาติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Effect of Sustainable Infrastructure Assessments on Construction Project Success Using Structural Equation Modeling

Thanachon Krajangsri[1] and Jakrapong Pongpeng, Ph.D.[2]

Downloaded from ascelibrary.org by Jakrapong Pongpeng on 12/01/16. Copyright ASCE. For personal use only; all rights reserved.

**Abstract:** Sustainable infrastructure assessments can be used by the construction industry to develop sustainable infrastructure projects and achieve successful construction projects. However, the effect of sustainable infrastructure assessments on the success of construction projects has not been examined in previous studies, based on the authors' knowledge; therefore, this study examined this effect. A questionnaire was used to collect data on the importance of a range of criteria used to evaluate sustainable infrastructure assessments and construction project success. The data were then analyzed using structural equation modeling (SEM) to validate a structural model used to determine the effect of sustainable infrastructure assessments. The final SEM model shows the following: (1) sustainable infrastructure assessments can be described by eight criteria (i.e., environmental impacts on surrounding areas, transport, community, energy and water, location, project management, waste management, and materials and resources); (2) construction project success can be described by six criteria (i.e., environment, quality, safety, time, cost, and client satisfaction); and (3) sustainable infrastructure assessments directly affect construction project success (regression weight of 0.83). The results of this research inform how sustainable infrastructure assessments affect construction project success and could be used as a guideline for developing sustainable infrastructure projects. **DOI: 10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000509.** © *2016 American Society of Civil Engineers.*

**Author keywords:** Sustainable infrastructure; Assessment; Structural equation modeling; Construction project success.

## Introduction

One goal of traditional development in most countries has been to improve economic growth. During this development process, natural resources are extensively used, resulting in damage to the environment. Certain human activities may also harm ecological systems and decrease the well-being and economic growth of communities. Because the construction industry supports national development, it plays a significant role in increasing the well-being and economic growth of communities worldwide. However, construction activities, especially infrastructure projects, consume large amounts of natural resources and can harm the environment. Thus, it is necessary to raise societal awareness and identify methods for increasing the sustainability of infrastructure projects (Forsberg and von Malmborg 2004); the concept of sustainable infrastructure has been born out of such necessity.

Previous studies have presented a number of definitions for sustainable infrastructure. The United Nations (Economic and Social Commission for Asia and the Pacific) ESCAP (2007) described sustainable infrastructure as a set of structural elements that is congruent with the preservation of economic and environmental sustainability. Benedict and McMahon (2002) considered sustainable infrastructure to be a plan for obtaining environmental, social, and economic sustainability. M'Ikiugu et al. (2012) defined sustainable infrastructure as a network of natural or man-made ecosystems and methods that promote land development with a focus on the benefits to humans and nature.

Thus, a common definition of sustainable infrastructure is not available. Nevertheless, the development of sustainable infrastructure is important because it considerably affects the sustainability of societies, economies, and the environment (Huang and Yeh 2008). In addition, sustainable infrastructure can be used as a regional development tool to enhance socioeconomic activity, production capacity, and natural resource conservation (Nijkamp 1986), and it has become a significant factor in the achievement of sustainable development objectives (M'Ikiugu et al. 2012).

To understand and implement sustainable infrastructure, an assessment is first necessary. A number of assessment systems have recently been developed or are currently being developed to measure the sustainability of infrastructure projects. Additionally, researchers have suggested various criteria that can be used to assess sustainable infrastructure projects (Fernandez-Sanchez and Rodriguez-Lopez 2010; M'Ikiugu et al. 2012; Ugwu and Haupt 2007), including community, environmental impacts on surrounding areas, transport, materials and resources, waste management, and project management. Implementing this assessment process leads to successful sustainable projects (Lim 2009; Ugwu and Haupt 2007; Vanegas 2003). In addition, the assessment process can track and guide traditional project success towards sustainable project success (Litman 2007). These previous studies have shown a possible relationship between sustainable infrastructure assessments and construction project success. Traditionally, the factors of time, cost, and quality have been used to measure the success of a construction project. However, a variety of criteria have been suggested by different researchers for measuring construction project success (Chan et al. 2002; Liu et al. 2016; Nassar and AbouRizk 2014; Xia et al. 2016; Zavadskas et al. 2014).

[1]Doctor of Engineering Student, Dept. of Civil Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok 10520, Thailand.

[2]Associate Professor, Dept. of Civil Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok 10520, Thailand (corresponding author). E-mail: jakrapong.po@kmitl.ac.th

Note. This manuscript was submitted on June 29, 2016; approved on October 10, 2016; published online on November 30, 2016. Discussion period open until April 30, 2017; separate discussions must be submitted for individual papers. This paper is part of the ***Journal of Management in Engineering***, © ASCE, ISSN 0742-597X.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Although previous studies have attempted to identify the criteria for assessing infrastructure project sustainability and measuring construction project success, a model has not yet been developed to examine how sustainable infrastructure assessments affect construction project success. Therefore, the study examined the effect of sustainable infrastructure assessments on construction project success by developing and validating structural equation modeling (SEM).

## Literature Review

Different criteria for sustainable infrastructure assessments have been developed by a number of sustainability institutions and researchers. Similarly, many studies have suggested different criteria for measuring construction project success. However, these criteria are not commonly accepted. In this section, the criteria for sustainable infrastructure assessment and construction project success are reviewed to identify frequently suggested criteria, to identify research hypotheses, and to develop conceptual models, which are described in subsequent sections.

### Sustainable Infrastructure Assessments

In this section, certain leading systems for sustainable infrastructure assessments and several previous studies are reviewed to identify sustainability criteria and subcriteria that can be used to develop a conceptual structural equation model.

The Envision rating system for sustainable infrastructure was created by the Zofnass Program for Sustainable Infrastructure at Harvard University's graduate school of design and the Institute for Sustainable Infrastructure (ISI). Envision provides a framework and motivation for improving the efficiency and resiliency of infrastructure while addressing all of its social, environmental, and economic dimensions (ISI 2012). Envision uses a life-cycle assessment approach for the planning, designing, constructing, operating, and decommissioning phases to increase a project's sustainability. Envision suggests five main criteria for sustainable infrastructure assessments, i.e., quality of life, leadership, resource allocation, natural world, and climate and risk, along with 60 assessment subcriteria.

To improve their infrastructure, the institution of civil engineers and the United Kingdom government developed the civil engineering environmental quality assessment and award scheme (CEEQUAL), which is an assessment and award scheme for improving sustainability in infrastructure projects to achieve better social, environmental, and economic performance. CEEQUAL promotes sustainability awareness, executes sustainability-driven strategies for projects and contracts, improves the sustainability of projects and contracts, and improves social, environmental, and economic performance (CEEQUAL 2012). CEEQUAL suggests 12 assessment criteria, including project management, water resources and water environments, energy and carbon, material use, waste management, transport, relations with the local community and other stakeholders, along with 206 assessment subcriteria.

To improve its transportation network, the New York State Department of Transportation (NYSDOT) developed green leadership in transportation and environmental sustainability (GreenLITES), a self-assessment system that encourages and rewards transportation projects that incorporate sustainable methods and practices into their designs (NYSDOT 2012). GreenLITES suggests five assessment criteria, i.e., sustainable sites, water quality, materials and resources, energy and atmosphere, and innovation, along with 175 assessment subcriteria.

Fernandez-Sánchez and Rodriguez-Lopez (2010) developed a method for determining and selecting sustainability criteria with the participation of all stakeholders in Spain. Their method was based on risk management techniques for infrastructure projects. The sustainability criteria were considered opportunities or positive risks that could enhance the project's social, environmental and economic dimensions throughout its life cycle. Fernandez-Sánchez and Rodriguez-Lopez (2010) suggested 19 assessment criteria, including soil, water, atmosphere, biodiversity, landscape, resources, waste, energy, social integration, responsibility and cost, and outlined 30 assessment subcriteria.

MTkiugu et al. (2012) developed the Green Infrastructure Gauge as an assessment tool for integrating green infrastructure into current and future urban areas. The study was based on the green master plans (GMPs) of Japanese municipalities in the Tokyo region. Twenty-three green infrastructure criteria were identified within the three main dimensions of sustainability: social, environmental, and economic. To identify the key performance indicators (KPIs) for infrastructure project sustainability, Ugwu and Haupt (2007) developed a framework of KPIs for sustainability assessments in infrastructure using South Africa as a focal point. The KPIs were arranged into six sustainability assessment criteria, i.e., economy, environment, society, resource utilization, health and safety, and project management, and 61 assessment subcriteria.

The literature review indicated that comprehensive sustainable infrastructure assessments consist of the 10 assessment criteria (and corresponding subcriteria) shown in Table 1: community, environmental impacts on surrounding areas, transport, materials and resources, waste management, energy, water, location, project management, and innovation and technology. In this study, only nine criteria (excluding innovation and technology) were selected because of their high total frequency (i.e., more than five citations). These criteria were used to describe sustainable infrastructure assessments and to formulate the hypotheses and conceptual model for sustainable infrastructure assessments.

### Construction Project Success

Traditionally, a successful construction project is one that meets criteria related to time, cost, and quality (Atkinson 1999). Toor and Ogunlana (2010) argued that these traditional criteria for success were not sufficient to determine whether the project was successful; quantitative and qualitative criteria such as environmental regulations, building performance, and client satisfaction should also be considered. Pinto and Slevin (1988) also argued that the traditional approach of including factors related to time, cost, and quality as project success criteria was too simplistic, and they added customer satisfaction to the list of important criteria for assessing project success.

Sohail and Baldwin (2004) proposed five success criteria in their study of performance indicators for microprojects: time, cost, quality, cooperation and partnership, and socioeconomic content. Alzahrani and Emsley (2013) proposed nine success criteria categories to measure the impact of a contractor's attributes on the success of the project: health, safety and quality, past performance, the environment, management and technical aspects, resources, organization, experience, size, and type of previous projects and finances.

To measure the success of building projects in Malaysia, Al-Tmeemy et al. (2011) identified 13 criteria: cost, time, quality, safety, achievement scope, customer satisfaction, technical specifications, functional requirements, market share, competitive advantage, reputation, revenue and profits, and stakeholders' benefits. Enshassi et al. (2009) investigated construction projects in the Gaza



Downloaded from ascelibrary.org by Jakrapong Poppeng on 12/01/16. Copyright ASCE. For personal use only; all rights reserved.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Downloaded from ascelibrary.org by Jakrapong Poigpeng on 12/01/16. Copyright ASCE. For personal use only; all rights reserved.

© ASCE

**Table 1.** Sustainable Infrastructure Assessment Criteria and Subcriteria

| Sustainability criteria | Sustainability subcriteria | ISI (2012) | CEEQUAL (2012) | Greenroads (2011) | GreenLITES (2012) | Ugwu and Haupt (2007) | Fernandez-Sanchez et al. (2010) | M'Ikiugu et al. (2012) | Frequency | Total frequency |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Community | Economic growth and development | X | X | — | — | X | X | X | 5 | 35 |
| | Public health and safety | X | X | X | X | X | X | — | 6 | |
| | Community access | X | X | X | X | X | X | — | 6 | |
| | Historic and cultural heritage | X | X | X | — | X | X | X | 6 | |
| | Public recreation spaces and aesthetics | X | X | — | X | X | X | X | 6 | |
| | Stakeholder's involvement | X | X | X | X | — | X | X | 6 | |
| Environmental impacts on surrounding areas | Noise and vibration control | X | X | X | X | X | X | X | 7 | 22 |
| | Air quality | X | X | X | | X | X | X | 6 | |
| | Light control | X | X | X | X | | | | 4 | |
| | Visual impact and tidiness | — | X | X | X | X | X | — | 5 | |
| Transport | Alternative modes of transport | X | X | X | X | — | — | — | 4 | 9 |
| | Traffic management | X | X | X | X | X | — | — | 5 | |
| Materials and resources | Regional material use | X | X | X | X | X | X | — | 6 | 14 |
| | Recycled materials | X | X | X | X | | | — | 4 | |
| | Life-cycle assessment | X | — | X | | X | X | — | 4 | |
| Waste management | Waste management | X | X | X | X | X | X | — | 6 | 6 |
| Energy | Energy consumption and efficiency | X | X | X | X | — | X | X | 6 | 10 |
| | Renewable energy | X | X | — | — | — | X | X | 4 | |
| Water | Water consumption and efficiency | X | X | X | — | X | X | — | 5 | 15 |
| | Water reuse | X | X | X | | X | — | X | 5 | |
| | Water resources | X | X | X | X | | X | — | 5 | |
| Location | Land use | X | — | — | X | X | X | — | 4 | 33 |
| | Flood risk | X | X | — | — | | X | X | 4 | |
| | Storm water management | X | X | X | X | — | — | X | 5 | |
| | Ecology and biodiversity | X | X | X | X | X | — | X | 6 | |
| | Habitat creation | X | X | X | X | — | — | X | 5 | |
| | Greenhouse gas emissions | X | X | X | — | — | — | X | 4 | |
| | Urban heat island effect | X | — | — | X | — | X | — | 3 | |
| | Plant protection | — | — | — | X | — | — | X | 2 | |
| Project management | Project management | — | X | — | — | X | X | — | 3 | 13 |
| | Contract type | — | X | — | — | X | X | — | 3 | |
| | Quality management | — | — | X | — | X | X | — | 3 | |
| | Environmental management | X | X | X | — | — | X | — | 4 | |
| Innovation and technology | Innovation | X | — | — | X | — | — | — | 2 | 4 |
| | Pavement technology | — | — | X | X | — | — | — | 2 | |

Strip and identified 10 criteria for measuring their success: cost, time, quality, productivity, client satisfaction, community satisfaction, society, health and safety, innovation, and environment.

According to the literature review, the success of a construction project can be determined using criteria identified by various researchers, and the results are summarized in Table 2.

Table 2 shows that construction project success can be determined using six criteria: time, cost, quality, safety, client and community satisfaction, and environment. Based on their high total frequency in the group of criteria, these six criteria and their relevant subcriteria were used in this study to develop hypotheses and a conceptual model that describes construction project success.

## Research Hypotheses

Many countries have been increasing the sustainability of their infrastructure because sustainable infrastructure potentially supports the success of construction projects. Sustainable infrastructure was found to be a significant economic factor that helps reduce manufacturing costs and improve productivity (Mamatzakis 2008). Lim (2009) found in his study of sustainable road infrastructure projects that applying sustainable infrastructure assessment criteria to road projects can, for example, minimize the environmental impacts of these projects, increase public acceptance, provide safe construction sites, and reduce project delivery time.

To develop KPIs for sustainable infrastructure projects, Ugwu and Haupt (2007) found that applying sustainable infrastructure criteria can, for example, improve decision-making processes, help meet public health and safety goals, and reduce environmental impacts. Although previous studies have shown a possible relationship between sustainable infrastructure assessments and construction project success, this relationship has never been examined. Therefore, the following hypothesis on the relationship between sustainable infrastructure assessments and construction project success was formulated:

*H1:* Sustainable infrastructure assessments have a direct effect on construction project success.

To validate the criteria for sustainable infrastructure assessments and construction project success, the following hypotheses concerning sustainable infrastructure assessments were formulated:

*H2:* An infrastructure assessment with a higher level of sustainability considers project management.

*H3:* An infrastructure assessment with a higher level of sustainability considers location.

*H4:* An infrastructure assessment with a higher level of sustainability considers energy.

*H5:* An infrastructure assessment with a higher level of sustainability considers water.

*H6:* An infrastructure assessment with a higher level of sustainability considers materials and resources.

*H7:* An infrastructure assessment with a higher level of sustainability considers waste management.

*H8:* An infrastructure assessment with a higher level of sustainability considers transport.

*H9:* An infrastructure assessment with a higher level of sustainability considers the environmental impact on surrounding areas.

*H10:* An infrastructure assessment with a higher level of sustainability considers the community.

The following hypotheses concerning construction project success were formulated:

*H11:* A construction project with a higher degree of success is measured by time.

*H12:* A construction project with a higher degree of success is measured by cost.

*H13:* A construction project with a higher degree of success is measured by quality.

*H14:* A construction project with a higher degree of success is measured by client satisfaction.

*H15:* A construction project with a higher degree of success is measured by safety.

*H16:* A construction project with a higher degree of success is measured by the environment.

## Data Collection and Respondent Profiles

Several methods can be used to collect quantitative data, such as surveys, observations, or quasi experiments. Selecting the appropriate method depends on three criteria: the research purpose, the characteristics of targeted samples, and time and resource limitations. In this study, observations and quasi experiments do not comply with the last two criteria. Moreover, the necessary data for this study cannot be collected by observation or by experiment. Therefore, survey was selected as the research method. Survey research includes a variety of methods, such as mail (or self-administered), telephone, and interview surveys. Erdos and Morgan (1970) mentioned the following advantages of mail surveys: wider distribution, less distribution bias, no interview bias, better opportunity to obtain a truthful and thoughtful reply, and time and cost savings. Therefore, a self-administered (hand-delivered) survey was used to collect data from the samples using a questionnaire, which was able to collect the large number of data required for SEM analysis. The respondents were asked to identify the level of importance of each criterion using a Likert scale from 1 to 5. Before the questionnaire was distributed, a pilot study was conducted with five experts to test the content validity of the questionnaire. The first two experts were senior government officials with more than 20 years of experience in infrastructure projects. Two experts were vice presidents of leading design and consulting firms with 20 and 15 years of experience in infrastructure projects, and the last expert was a vice president of a leading construction firm with more than 20 years of experience in infrastructure projects. In addition, all the experts had experience with implementing sustainable development. The questionnaire was refined based on feedback from the experts: some subcriteria were removed (e.g., plant protection, site investigation costs) to be appropriate for local conditions, and some subcriteria were added (e.g., use of energy efficient electrical instruments and reduction of excavated materials).

The sampling frame was made from the government units listed in the Thai Governmental Organizational Directory, the design and consulting firms listed in the Consulting Engineers Association of Thailand, and the contractors listed in the Thai Contractors Association under His Majesty the King's Patronage. The sampling units all had involvement with both infrastructure projects and sustainability development. Then, the samples were randomly selected from this sampling frame, i.e., government owners, designers, consultants, and contractors. The targeted respondents were directors, department heads, project managers, project engineers, engineers, and architects who worked in the sampled organizations and had experience with infrastructure projects and sustainability development. Almost all infrastructure projects in Thailand are owned by the Thai government, which contains the largest proportion of the respondents (i.e., considerably more respondents were from the government owners than were designers, consultants, and contractors).



Downloaded from ascelibrary.org by Jakrapong Pongpeng on 12/01/16. Copyright ASCE. For personal use only; all rights reserved.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Downloaded from ascelibrary.org by Jakrapong Pongpeng on 12/01/16. Copyright ASCE. For personal use only; all rights reserved.

© ASCE

J. Manage. Eng. 04016056

04016056-5

J. Manage. Eng.

**Table 2.** Construction Project Success Criteria and Subcriteria

| Success criteria | Success subcriteria | Cheung et al. (2004) | Ugwu and Haupt (2007) | Enshassi et al. (2009) | Skibniewski and Ghosh (2009) | Toor and Ogunlana (2009) | Tabish and Jha (2011) | Alzhrani and Emsley (2013) | Ali et al. (2013) | Pakseresht and Asgari (2012) | Gudiene et al. (2013) | Pankaj and Bhangale (2013) | Zavadskas et al. (2014) | Frequency | Total frequency |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Time | Planning period | — | — | X | — | — | — | — | — | X | X | — | — | 3 | 29 |
| | Clear project scope and goals | — | — | — | — | — | X | — | — | X | X | X | — | 4 | |
| | Decision-making time | — | — | — | — | — | X | — | — | X | X | | — | 3 | |
| | Detailed project schedule | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | X | — | 1 | |
| | Site preparation time | — | — | X | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 1 | |
| | Construction time | X | — | — | X | X | — | — | — | — | — | X | X | 5 | |
| | Resource availability | — | X | X | — | — | X | X | X | X | — | — | — | 6 | |
| | Changes in management | — | — | X | — | — | — | — | — | — | — | X | — | 2 | |
| | Defect rectification time | — | — | X | — | — | X | — | — | — | — | — | — | 2 | |
| | Procurement time | — | — | — | — | — | X | — | — | X | — | — | — | 2 | |
| Cost | Site investigation cost | — | — | — | — | — | X | — | — | — | — | — | — | 1 | 15 |
| | Labor cost | — | — | X | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 1 | |
| | Material cost | — | — | X | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 1 | |
| | Construction cost | X | X | — | X | X | — | — | — | — | — | X | X | 6 | |
| | Economic and financial situation | — | — | — | — | — | — | — | X | — | X | — | — | 2 | |
| | Profitability | — | — | X | — | — | — | — | X | — | X | — | X | 4 | |
| Quality | Quality control | X | — | X | — | — | X | X | X | — | X | X | — | 7 | 20 |
| | Quality assurance | — | X | — | — | — | X | X | — | — | — | — | — | 3 | |
| | Conformance to specifications | — | — | X | — | X | — | — | — | — | — | — | — | 2 | |
| | Defect free | — | — | — | X | X | — | — | X | X | — | — | — | 4 | |
| | Past experience | — | — | — | — | — | — | X | — | X | X | — | — | 3 | |
| | Productivity | — | — | X | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 1 | |
| Safety | Activity monitoring | — | — | — | — | — | X | — | — | — | — | — | — | 1 | 16 |
| | Personal risk | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | X | 1 | |
| | Number of accidents | — | X | X | — | — | — | — | — | — | — | — | X | 3 | |
| | Safety management | X | X | X | X | X | — | — | X | X | X | — | — | 8 | |
| | Safe working environment | — | — | X | — | — | — | — | — | X | X | — | — | 3 | |
| Client and community satisfaction | Coordination | — | — | — | — | — | X | — | — | — | X | — | — | 2 | 16 |
| | Communication | X | — | — | — | — | — | — | — | — | X | — | — | 2 | |
| | No disputes | — | — | X | — | X | X | — | — | — | — | — | — | 3 | |
| | Work acceptance | — | — | X | — | — | — | — | X | — | — | — | — | 2 | |
| | Meets expectations | X | — | — | X | X | — | — | — | — | — | X | — | 4 | |
| | No construction aggravation | — | — | — | — | X | — | — | — | — | — | — | — | 1 | |
| | Trust | — | — | — | — | — | X | — | — | — | X | — | — | 2 | |
| Environment | Natural resource improvement | X | — | — | — | — | — | — | — | X | — | — | — | 2 | 10 |
| | Pollution control | — | — | X | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 1 | |
| | Environmental plan | — | — | — | — | — | — | X | X | X | — | — | — | 3 | |
| | Harmony with surroundings | — | — | — | — | — | — | — | — | — | X | — | — | 1 | |
| | Environmental impact assessment | — | — | — | — | — | — | — | — | — | X | — | X | 3 | |

The data reliability was verified using Cronbach's alpha, which returned values of 0.969 and 0.962 for sustainable infrastructure assessments and construction project success, respectively. Acceptable values of Cronbach's alpha are above 0.7 (SPSS Training Department 1998); therefore, the values for the questionnaire indicated satisfactory reliability. In addition, the construct validity of the questionnaire was tested using Spearman rank correlation coefficients, and all of the sustainable infrastructure assessment and construction project success subcriteria were correlated, ensuring the construct validity of the questionnaire (Nunnally 1967).

A total of 500 questionnaires were hand delivered to the targeted respondents. Of the distributed questionnaires, 371 were returned, giving a response rate of 74%, which is considered excellent (Babbie 1989). Of the types of organizations that responded, 52.83% were owners, 26.42% were contractors, 15.90% were consultants, 18.87% were designers and 7.01% were other types of organizations (note: respondents could select more than one type of organization). Thus, the largest percentage of the respondents were owners, which reflects the proportional representation of the targeted respondents, which is weighed to owners. This reflection helps to validate the results to a certain extent. In addition, 14.29% of the respondents had contracts that were valued at between 1 and 3 million dollars per year, 12.31% of the respondents had contracts that were valued at between 4 and 15 million dollars per year, 14.29% of the respondents had contracts that were valued at between 16 and 30 million dollars per year and 59.30% of the respondents had contracts that were valued at more than 30 million dollars per year.

## Structural Equation Modeling and Conceptual Models

The effect of sustainable infrastructure assessments on construction project success was examined using the SEM method through the maximum likelihood (ML) approach. The ML approach was chosen because when the sample size is large, the ML approach provides unbiased, efficient, and consistent estimates (Kline 2011). The SEM method uses a combination of path analyses and confirmatory factor analyses to describe relationships between observed variables and latent variables. Observed variables (referred to as subcriteria) are directly measured by researchers using, for example, a five-point Likert scale. Because latent variables are not directly measured, a model must be constructed to measure them using observed variables. Latent variables are divided into two types: endogenous latent variables and exogenous latent variables. In the SEM method, both endogenous and exogenous variables are indirectly measured. Endogenous variables are dependent variables that can be affected by both endogenous and exogenous variables, whereas exogenous variables are independent variables that can affect other variables. An SEM model consists of two main components: a measurement model and a structural model. The measurement model uses confirmatory factor analysis to determine how well the latent variables are measured by the relevant observed variables, whereas the structural model uses regression analysis and path analysis to identify relationships between latent variables. The measurement models for endogenous and exogenous latent variables can be written as follows (Bollen 1987):

$$x = \lambda_x \xi + \delta \tag{1}$$

$$y = \lambda_y \eta + \varepsilon \tag{2}$$

where $x$ = vector of the exogenous variables; $\lambda_x$ = coefficient matrix that links the observed variables and latent exogenous variables; $\xi$ = vector of the exogenous latent variables; $\delta$ = vector of the measurement errors in the exogenous variables; $y$ = vector of the endogenous variables; $\lambda_y$ = coefficient matrix that links the observed variables and latent endogenous variables; $\eta$ = vector of the endogenous latent variables; and $\varepsilon$ = vector of the measurement errors in the endogenous variables. The structural model can be expressed as follows (Bollen 1987):

$$\eta = \beta\eta + \Gamma\xi + \zeta \tag{3}$$

where $\eta$ = vector of the endogenous latent variables; $\xi$ = vector of the exogenous latent variables; $\zeta$ = vector of the latent errors in the equations; $\beta$ = coefficient matrix that maps the endogenous latent variables to the endogenous latent variables; and $\Gamma$ = coefficient matrix that maps the exogenous latent variables to the endogenous latent variables.

The conceptual measurement model for sustainable infrastructure assessments consists of nine latent variables, i.e., project management, location, energy, water, materials and resources, waste management, transport, environmental impacts on surrounding areas and community, and their observed variables. The conceptual measurement model for construction project success consists of six latent variables, i.e., time, cost, quality, client satisfaction, safety and environment, and their observed variables.

The conceptual SEM model for the relationship between sustainable infrastructure assessments and construction project success, which includes hypotheses H1 to H16, is shown in Fig. 1. In this figure, the latent variables are shown in ellipses, and the observed variables are shown in rectangles.

## Results

The first step in the analysis was to verify the conceptual measurement models for sustainable infrastructure assessments and construction project success using confirmatory factor analysis (CFA), which was performed using IBM SPSS *Amos* (version 20) software. A second order CFA was performed to validate both of the measurement models using the data that had been collected: (1) sustainable infrastructure assessment, which was measured using nine criteria: project management, location, energy, water, materials and resources, waste management, transport, environmental impacts on surrounding areas and community; and (2) construction project success, which was measured using six criteria: time, cost, quality, client satisfaction, safety, and environment.

During the validation process, any variables that were found to be statistically insignificant were removed, and the conceptual measurement models were tested and modified until their goodness-of-fit criteria met the recommend index values listed in Table 3; thus, the models corresponded to the data. The $p$-value, relative chi-square ($\chi^2/df$), goodness-of-fit index (GFI), normed fit index (NNFI), comparative fit index (CFI), incremental fit index (IFI), Tucker-Lewis index (TLI), and root mean square error of approximation (RMSEA) were used to test the validity of the measurement models with respect to the collected data (Marsh et al. 1988). These indices were chosen because they are independent of the sample size. The values of all of the indices for both of the modified measurement models shown in Table 3 satisfy the requirements of all of the criteria (recommended index values), which indicates that the measurement models fit the data well.

The final measurement model for sustainable infrastructure assessments consists of the eight latent variables, i.e., project management, location, water and energy, materials and resources, waste management, transport, environmental impacts on surrounding



Downloaded from ascelibrary.org by Jakrapong Poopreng on 12/01/16. Copyright ASCE. For personal use only; all rights reserved.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

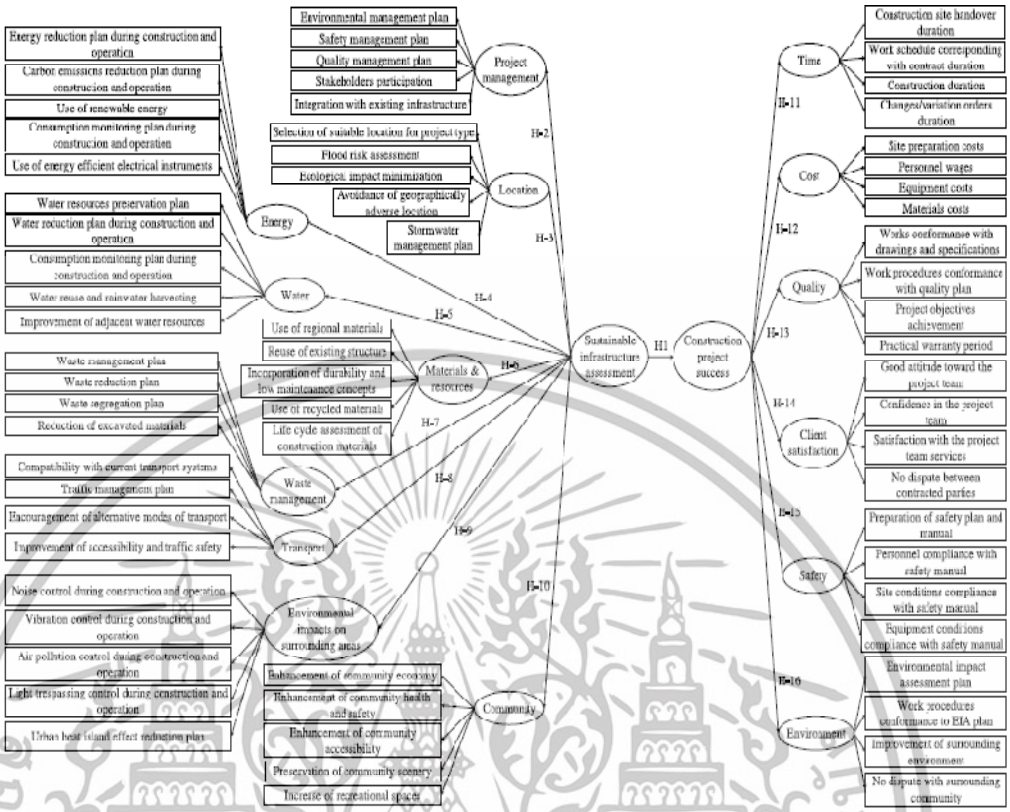



**Fig. 1.** Conceptual SEM model

**Table 3.** Goodness-of-Fit Criteria and Indices

| Number | Goodness-of-fit criteria | Recommended index values | Measurement models | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Sustainable infrastructure assessment | Construction project success | Final SEM model |
| 1 | $p$-Value | $0.05 < p \leq 1.00$ | 0.110 | 0.094 | 0.261 |
| 2 | Relative chi-square ($\chi^2/df$) | $0 \leq \chi^2/df \leq 2$ | 1.109 | 1.187 | 1.031 |
| 3 | Goodness-of-fit index (GFI) | $0.09 \leq GFI \leq 1.00$ | 0.950 | 0.996 | 0.909 |
| 4 | Comparative fit index (CFI) | $0.09 \leq CFI \leq 1.00$ | 0.996 | 0.996 | 0.998 |
| 5 | Incremental fit index (IFI) | $0.9 \leq IFI \leq 1.00$ | 0.996 | 0.996 | 0.998 |
| 6 | Tucker-Lewis index (TLI) | $0.9 \leq TLI \leq 1.00$ | 0.994 | 0.995 | 0.998 |
| 7 | Root mean square error of approximation (RMSEA) | $0 \leq RMSEA \leq 0.08$ | 0.017 | 0.022 | 0.009 |

areas, and community, and their relevant observed variables. In this measurement model, the latent variables of water and energy were merged during the validation process, likely because both variables are necessary resources for operating and maintaining infrastructure that have common characteristics, such as limited availability, conservation priorities, and production processes that affect the environment and society. To support this merger, the CEEQUAL (2012) and Envision (ISI 2012) assessment systems arrange water and energy in a group of physical resources. Therefore, hypothesis H4 was merged with hypothesis H5 into hypothesis H4 and 5:

*H4 and 5:* An infrastructure assessment with a higher level of sustainability considers energy and water.

The final measurement model for construction project success includes the six latent variables, i.e., time, cost, quality, client satisfaction, safety, and environment, and their relevant observed variables.

Once the measurement models were validated, the second step was to validate the conceptual SEM models by testing hypotheses H1–H16. The goodness-of-fit criteria, recommended index values, and modification procedures used in the SEM validation process were similar to those used to validate the measurement models (Table 3). The SEM's goodness-of-fit results and the final SEM model are shown in Table 3 and Fig. 2, respectively.

The hypothesized relationship (H1) is depicted by the arrow pointing from the sustainable infrastructure assessment to construction project success, indicating the direction of the effect. The regression weight for this effect (0.83) was obtained using an SEM-based analysis with a $p$-value of less than 0.05, which indicates that



Downloaded from ascelibrary.org by Jakrapong Pongpeng on 12/01/16. Copyright ASCE. For personal use only; all rights reserved.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

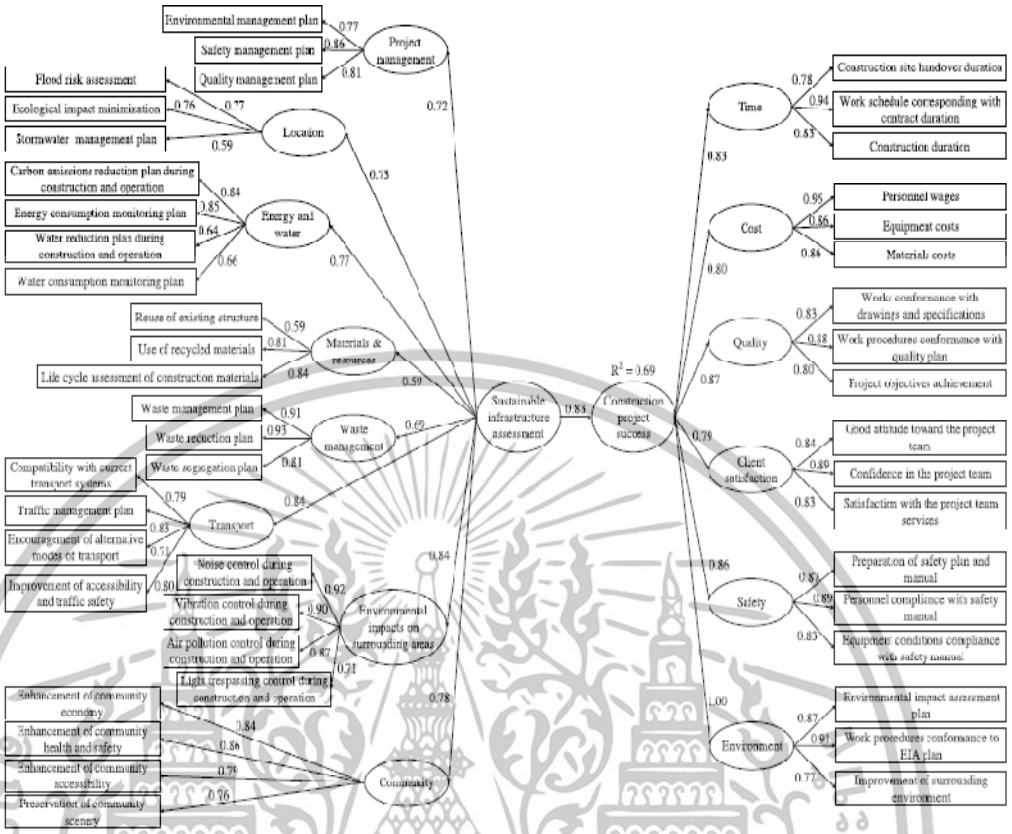



Fig. 2. Final SEM model

the hypothesis is statistically significant. Therefore, the hypothesis that sustainable infrastructure assessments directly affect construction project success is accepted. The squared multiple correlation ($R^2$) of the final SEM model was 0.69, indicating that 69% of the variance in construction project success was affected by sustainable infrastructure assessment. The results of testing hypotheses H1–H16 are shown in Table 4. All of the hypotheses were statistically significant and were therefore all accepted.

The results of this study provide a clearer understanding of the effect of sustainable infrastructure assessments on construction project success and can assist in developing a set of guidelines for sustainable infrastructure projects. To facilitate interpreting the results of the final SEM model for sustainable infrastructure assessments, the regression weight of each latent variable was normalized to the weights of relative importance for the criteria and subcriteria, as shown in Table 5.

## Discussion

The final SEM model revealed that two latent variables, i.e., environmental impacts on surrounding areas and transport, had the highest weights of relative of importance at 14.10 and 14.10%, respectively. The environmental impacts on surrounding areas was described by four subcriteria: noise control during construction and operation (weight of relative importance: 27.13%), vibration control during construction and operation (weight of relative importance: 26.33%), air pollution control during construction and operation (weight of relative importance: 25.54%) and light trespassing control during construction and operation (weight of relative importance: 21.01%). The environmental impact on surrounding areas has been considered the most important variable possibly because the sustainable development of infrastructure projects should cover three fundamental features, widely known as the triple bottom line: society, economics, and environment. Obviously, the environmental impact variable is a fundamental feature that all infrastructure project participants must consider. The subcriteria of air and noise pollution, vibration, and light trespassing during construction and operation can negatively impact infrastructure project sustainability and nearby residents. This finding agrees with Envision (ISI 2012) and CEEQUAL (2012), which include environmental issues as important criteria in their sustainability assessments. Shen et al. (2011) also found that environmental impacts such as air quality and land pollution are important factors that reflect project sustainability. Therefore, laws and regulations have been enacted in certain countries to control these environmental issues. Most construction specifications and contract conditions also include these environmental issues as obligations during construction.

The transport latent variable, which was as important as the environmental impacts on surrounding areas, was described by four subcriteria: compatibility with current transport systems (weight of relative importance: 25.30%), traffic management plan (weight of relative importance: 26.41%), encouragement of alternative modes



J. Manage. Eng., 04016056

Downloaded from ascelibrary.org by Jakrapong Pongpeng on 12/01/16. Copyright ASCE. For personal use only; all rights reserved.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Table 4.** Results of Testing the Hypotheses

| Hypotheses | Standardized regression weights | *p*-Value | Statistical results |
|---|---|---|---|
| Hypothesis for SEM | | | |
| H1: Sustainable infrastructure assessment has a direct effect on construction project success. | 0.83 | <0.001 | Significant |
| Hypotheses for sustainable infrastructure assessment | | | |
| H2: An infrastructure assessment with a higher level of sustainability considers project management. | 0.72 | <0.001 | Significant |
| H3: An infrastructure assessment with a higher level of sustainability considers location. | 0.73 | <0.001 | Significant |
| H4&5: An infrastructure assessment with a higher level of sustainability considers energy and water. | 0.77 | <0.001 | Significant |
| H6: An infrastructure assessment with a higher level of sustainability considers materials and resources. | 0.58 | <0.001 | Significant |
| H7: An infrastructure assessment with a higher level of sustainability considers waste management. | 0.68 | <0.001 | Significant |
| H8: An infrastructure assessment with a higher level of sustainability considers transport. | 0.84 | <0.001 | Significant |
| H9: An infrastructure assessment with a higher level of sustainability considers environmental impacts on surrounding areas. | 0.84 | <0.001 | Significant |
| H10: An infrastructure assessment with a higher level of sustainability considers community. | 0.78 | <0.001 | Significant |
| Hypotheses for construction project success | | | |
| H11: A construction project with a higher degree of success is measured by time. | 0.83 | <0.001 | Significant |
| H12: A construction project with a higher degree of success is measured by cost. | 0.82 | <0.001 | Significant |
| H13: A construction project with a higher degree of success is measured by quality. | 0.87 | <0.001 | Significant |
| H14: A construction project with a higher degree of success is measured by client satisfaction. | 0.79 | <0.001 | Significant |
| H15: A construction project with a higher degree of success is measured by safety. | 0.85 | <0.001 | Significant |
| H16: A construction project with a higher degree of success is measured by environment. | 1.00 | <0.001 | Significant |

Note: When a result is statistically significant ($p$-value < 0.05), the hypothesis is accepted.

**Table 5.** Standardized Regression Weights and Weights of Relative Importance

| Latent and observed variables | Standardized regression weights | Weights of relative importance (%) |
|---|---|---|
| **Environmental impacts on surrounding areas** | **0.84** | **14.10** |
| Noise control during construction and operation | 0.92 | 27.13 |
| Vibration control during construction and operation | 0.90 | 26.33 |
| Air pollution control during construction and operation | 0.87 | 25.54 |
| Light trespassing control during construction and operation | 0.71 | 21.01 |
| **Transport** | **0.84** | **14.10** |
| Compatibility with current transport systems | 0.79 | 25.30 |
| Traffic management plan | 0.83 | 26.41 |
| Encouragement of alternative modes of transport | 0.71 | 22.64 |
| Improvement of accessibility and traffic safety | 0.80 | 25.65 |
| **Community** | **0.78** | **13.15** |
| Enhancement of community economy | 0.81 | 25.90 |
| Enhancement of community health and safety | 0.86 | 26.40 |
| Enhancement of community accessibility | 0.79 | 24.33 |
| Preservation of community scenery | 0.76 | 23.37 |
| **Energy and water** | **0.77** | **12.95** |
| Carbon emissions reduction plan during construction and operation | 0.84 | 28.12 |
| Energy consumption monitoring plan during construction and operation | 0.86 | 28.69 |
| Water reduction plan during construction and operation | 0.64 | 21.88 |
| Water consumption monitoring plan during construction and operation | 0.66 | 21.31 |
| **Location** | **0.73** | **12.26** |
| Flood risk assessment | 0.77 | 36.10 |
| Ecological impact minimization | 0.76 | 36.00 |
| Storm water management plan | 0.59 | 27.90 |
| **Project management** | **0.72** | **12.10** |
| Environmental management plan | 0.77 | 31.43 |
| Safety management plan | 0.86 | 35.33 |
| Quality management plan | 0.81 | 33.24 |
| **Waste management** | **0.69** | **11.52** |
| Waste management plan | 0.91 | 34.48 |
| Waste reduction plan | 0.93 | 34.93 |
| Waste segregation plan | 0.81 | 30.59 |
| **Materials and resources** | **0.59** | **9.82** |
| Reuse of existing structures | 0.59 | 26.46 |
| Use of recycled materials | 0.81 | 36.21 |
| Life-cycle assessment of construction materials | 0.84 | 37.33 |

Note: Bold letters are latent variables and their weights.



Downloaded from ascelibrary.org by Jakrapong Pongpeng on 12/01/16. Copyright ASCE. For personal use only; all rights reserved.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

of transport (weight of relative importance: 22.64%), and improvement of accessibility and traffic safety (weight of relative importance: 25.65%). Practically, transport can have tangible impacts on a project's success throughout its life cycle. For example, construction time, cost, and quality can be positively or negatively affected by transport efficiency within and around a site. To minimize the negative impacts, compatibility with current transport systems and improved accessibility and traffic safety should be initially considered to maximize the usefulness of new and existing infrastructure projects. Because most modern cities have been plagued with traffic problems for decades, an efficient traffic management plan should be implemented during construction, and alternative modes of transport should be encouraged to reduce these problems. This finding is consistent with the assessment criteria in GreenLITES, which suggests that implementing a traffic management plan and improving traffic signal systems enhance traffic flow, thus reducing traffic-borne pollution (NYSDOT 2012).

The materials and resources variable and the waste management variable had the lowest weights of relative of importance at 9.82 and 11.52%, respectively. The materials and resources variable was described by three subcriteria: reuse of existing structure (weight of relative importance: 26.46%), use of recycled material (weight of relative importance: 36.21%) and life-cycle assessment (weight of relative importance: 37.33%). Although the materials and resources variable had the lowest weight of relative importance, it remained an important criterion for sustainable infrastructure assessments. One possible explanation for why this variable had the lowest importance is that most of the respondents were only marginally aware of the benefits of recycling materials and reusing structures. Participants in construction projects presume that new materials are of better quality and are more durable than recycled materials. The waste management variable was described by three subcriteria: waste management plan (weight of relative importance: 34.48%), waste minimization plan (weight of relative importance: 34.93%) and waste segregation plan (weight of relative importance: 30.59%). Waste management was considered the second lowest important criterion because many participants in construction projects still consider advanced methods of waste management too costly and usually choose a low-cost construction waste treatment method, such as conveying waste from the construction site to a waste disposal site or to an unfilled construction site. As important assessment criteria, this finding agrees with the suggestion of Ugwu and Haupt (2007) to use waste management and resource utilization to monitor and guide sustainable infrastructure construction. In addition, various assessment systems have included either the material and resources criterion or the waste management criterion [Envision (ISI 2012); CEEQUAL 2012; Greenroads 2011; GreenLITES (NYSDOT 2012)].

The latent variables that measure construction project success, i.e., environment, quality, safety, time, cost, and client satisfaction had weights of relative importance (with regression weights in parentheses) of 19.42% (1.00), 16.89% (0.87), 16.70% (0.86), 15.12% (0.83), 15.53% (0.80) and 15.34% (0.79), respectively. Clearly, implementing sustainable infrastructure assessments affects not only the traditional project success criteria (e.g., time, cost, quality) but also other meaningful project success criteria (e.g., environment, safety, client satisfaction) at nearly equal levels of importance. All the success criteria for construction project success have been suggested in other studies (Cheung et al. 2004; Enshassi et al. 2009; Gudiene et al. 2013)

## Conclusions and Implications

Sustainable assessments enable all of the parties involved in a construction project to determine whether the infrastructure project has been sustainably implemented, and the assessment process is likely to increase the success of a construction project. Therefore, sustainable infrastructure assessments were hypothesized to have a direct effect on construction project success. To test this hypothesis, two measurement models and a conceptual SEM model were constructed to investigate the effect of sustainable infrastructure assessments on construction project success. Then, CFA analysis was used to validate the measurement models. In the CFA analysis, the sustainable infrastructure assessments were described by environmental impacts on surrounding areas, transport, community, energy and water, location, project management, waste management, and materials and resources.

Construction project success is described by the environment, quality, safety, time, cost, and client satisfaction. After validating the measurement models, the SEM model was analyzed and modified until it met all of the goodness of fit criteria, indicating that the data supported the SEM model. The results of the SEM analysis showed that sustainable infrastructure assessments directly affect construction project success (with a standardized regression weight of 0.83) and indicated that environmental impacts on surrounding areas and transport carry the highest weights of relative importance at 14.10%. Therefore, environmental impacts on surrounding areas and transport are essential features of sustainable infrastructure.

To fill a knowledge gap, this study examined the effect of the sustainable infrastructure assessment element on the construction project success element. This effect clarified our understanding of both elements as follows:

- The regression weight found between the sustainable infrastructure assessment element (comprising eight criteria) and the construction project success element (comprising six criteria) proved that sustainable infrastructure assessments directly affect construction project success. This newfound effect makes infrastructure project participants (e.g., owners, designers, consultants, and contractors) confident that implementing sustainable infrastructure projects improves the construction project success.
- When sustainable infrastructure projects are implemented, the most important criteria considered by project participants are environmental impacts on surrounding areas and transport. Understanding the most important criteria (and the ranking of important criteria) for sustainable infrastructure assessments can guide infrastructure project participants to arrange their available resources according to the ranking of important criteria to increase the level of construction project success. For example, project participants should prepare resources such as specific staff, equipment, and techniques to prevent environmental impacts on surrounding areas to control noise, vibration, air pollution, and light trespassing during construction and operation.
- When implementing sustainable infrastructure, construction project success levels vary. By understanding the most important criterion (i.e., environmental criterion) and the ranking of important criteria that reflect project success, infrastructure project participants can: (1) focus on the ranking of important criteria; (2) identify the main causes of low-level project success; and (3) select appropriate strategies for improving project success levels. For instance, some infrastructure project activities reduce project success levels in terms of the environmental criterion because these activities cause vibrations that disturb the normal life activities of the surrounding residents. Project participants should sacrifice some level of project success in



Downloaded from ascelibrary.org by Jakrapong Pongpeng on 12/01/16. Copyright ASCE. For personal use only; all rights reserved.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

terms of cost to prevent vibration to obtain a higher level of project success in terms of the environmental criterion. This is because the environmental criterion is more important than the cost criterion for reflecting construction project success.

In addition, the final SEM model, which includes eight sustainable assessment criteria, can assist infrastructure owners, designers, and consultants to incorporate these sustainable assessment criteria into tender documents. Then, the infrastructure projects will be assessed based on these sustainable criteria during the design, construction, and operation stages. Contractors also need to prepare resources and construction techniques for project implementation in accordance with these assessment criteria. Considering these assessment criteria helps participants to ensure the sustainability of infrastructure projects.

## Limitations and Further Investigations

The results of this study should be interpreted with some limitations. First, although the conceptual framework of the SEM model was developed based on an international literature review, the data for examining the model were collected only from the Thai construction industry. In addition, the sustainable infrastructure assessment criteria may vary with the type and location of an infrastructure project. Thus, further investigation into various project types, local contexts and regions is required. Second, different project participants (i.e., owner, designers, consultants, and contractors) may have different opinions on sustainable assessment criteria. Therefore, the SEM model should be tested with data obtained from various types of project participants to find differences and similarities in the sustainable assessment criteria. Furthermore, a working model should be developed for assessing the sustainability of infrastructure projects that can adjust assessment criteria and their weights of relative importance according to different circumstances.

## Acknowledgments

The authors appreciate the constructive comments provided by the editor, associate editor, and reviewers, and all the questionnaire respondents.

## References

Ali, H. A. E. M., Al-Sulaihi, I. A., and Al-Gahtani, K. S., (2013). "Indicators for measuring performance of building construction companies in Kingdom of Saudi Arabia." *J. King Saud Univ. Eng. Sci.*, 25(2), 125–134.

Al-Tmeemy, S. M. H. M., Abdul-Rahman, H., and Harun, Z., (2011). "Future criteria for success of building projects in Malaysia." *Int. J. Proj. Manage.*, 29(3), 337–348.

Alzahrani, J. I., and Emsley, M. W., (2013). "The impact of contractors' attributes on construction project success: A post construction evaluation." *Int. J. Proj. Manage.*, 31(2), 313–322.

*Amos version 20* [Computer software]. IBM, Armonk, NY.

Atkinson, R., (1999). "Project management: Cost, time and quality, two best guesses and a phenomenon, its time to accept other success criteria." *Int. J. Proj. Manage.*, 17(6), 337–342.

Babbie, E. (1989). *The practice of social research*, 5th Ed., Wadsworth Publishing, Belmont, CA.

Benedict, M. A., and McMahon, E. T., (2002). "Green infrastructure: Smart conservation for the 21st century." *Renewable Resour.*, 20, 12–17.

Bollen, K. A., (1987). "Total, direct, and indirect effects in structural equation model." *Sociol. Methodol.*, 17, 37–69.

CEEQUAL (Civil Engineering Environmental Quality Assessment and Award Scheme). (2012). "Assessment manual for projects in the UK and Ireland." ⟨http://www.ceequal.com⟩ (Jun. 24, 2014).

Chan, A. P. C., Scott, D., and Lam, E. W. M., (2002). "Framework of success criteria for design/build projects." *J. Manage. Eng.*, 10.1061/(ASCE)0742-597X(2002)18:3(120), 120–128.

Cheung, S. O., Suen, H. C. H., and Cheung, K. K. W., (2004). "Ppms: a web-based construction project performance monitoring system." *Autom. Constr.*, 13(3), 361–376.

Enshassi, A., Mohamed, S., and Abushaban, S., (2009). "Factors affecting the performance of construction projects in the Gaza Strip." *J. Civ. Eng. Manage.*, 15(3), 269–280.

Erdos, P. L., and Morgan, A. J. (1970). *Professional mail survey*, McGraw Hill, New York.

ESCAP (United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific). (2007). "Sustainable infrastructure in Asia." United Nations Publications, Bangkok, Thailand.

Fernández-Sánchez, G., and Rodríguez-López, F., (2010). "A methodology to identify sustainability indicators in construction project management: Application to infrastructure projects in Spain." *Ecol. Indic.*, 10(6), 1193–1201.

Forsberg, A., and von Malmborg, F., (2004). "Tools for environmental assessment of the built environment." *Build. Environ.*, 39(2), 223–228.

Greenroads. (2011). "Greenroads abridged manual." ⟨http://www.greenroads.org/366/download-the-manual.html⟩ (Jul. 3, 2014).

Gudiene, N., Ramelyte, L., and Banaitis, A., (2013). "An evaluation of critical success factors for construction projects using expert judgement." ⟨http://www.scienconf.com⟩ (Sep. 4, 2014).

Huang, R., and Yeh, C., (2008). "Development of an assessment framework for green highway construction." *J. Chin. Inst. Eng.*, 31(4), 573–585.

ISI (Institute for Sustainable Infrastructure). (2012). "Envision: A rating system for sustainable infrastructure." ⟨http://www.sustainableinfrastructure.org⟩ (Jun. 16, 2014).

Kline, R., B. (2011). *Principles and practice of structural equation modeling*, Guilford Press, New York.

Lim, S. K. (2009). "Framework and processes for enhancing sustainability deliverables in Australian road infrastructure projects." Ph.D. thesis, Queensland Univ. of Technology, QLD, Australia.

Litman, T., (2007). "Developing indicators for comprehensive and sustainable transport planning." *Transp. Res. Rec.*, 2017, 10–15.

Liu, J., Love, P. E., Smith, J., Matthews, J., and Sing, C. P., (2016). "Praxis of performance measurement in public-private partnership: Moving between the iron triangle." *J. Manage. Eng.*, 10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000433, 04016004.

Mamatzakis, E. C. (2008). "Economic performance and public infrastructure: An application to Greek manufacturing," *Bull. Econ. Res.*, 60(3), 307–326.

Marsh, H. W., Balla, J. R., and McDonald, R. P. (1988). "Goodness-of-fit indices in confirmatory factor analysis: The effect of sample size." *Psychol. Bull.*, 103(3), 391–410.

M'Ikiugu, M. M., QianNa, W., and Kinoshita, I., (2012). "Green infrastructure gauge: A tool for evaluating green infrastructure inclusion in existing and future urban areas." *Procedia Soc. Behav. Sci.*, 68, 815–825.

Nassar, N., and AbouRizk, S. (2014). "Practical application for integrated performance measurement of construction projects." *J. Manage. Eng.*, 10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000287, 04014027.

Nijkamp, P., (1986). "Infrastructure and regional development: A multidimensional policy analysis." *Empir Econ.*, 11(1), 1–21.

Nunnally, J. (1967). *Psychometric theory*, McGraw-Hill, New York.

NYSDOT (New York State Department of Transportation). (2012). "GreenLITES (Green Leadership in Transportation and Environmental Sustainability)." ⟨http://www.dot.ny.gov/programs/greenlites⟩ (Aug. 6, 2015).

Pakseresht, A., and Asgari, G. (2012). "Determining the critical success factors in construction projects: AHP approach." *Interdiscip. J. Contemp. Res. Bus.*, 4(8), 383–393.

Pankaj, A. J. J., and Bhangale, P., (2013). "To study critical factors necessary for a successful construction project." *Int. J. Innovat. Tech. Explor. Eng.*, 2(5), 331–335.



Downloaded from ascelibrary.org by Jakrapong Pongpeng on 12/01/16. Copyright ASCE. For personal use only; all rights reserved.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pinto, J. K., and Slevin, D. P. (1988). "Critical success factors in effective project implementation." *Project management handbook*, Van Nostrand Reinhold, New York.

Shen, L., Wu, Y., and Zhang, X. (2011). "Key assessment indicators for the sustainability of infrastructure projects." *J. Constr. Eng. Manage.*, 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000315, 441–451.

Skibniewski, M. J., and Ghosh, S. (2009). "Determination of key performance indicators with enterprise resource planning systems in engineering construction firms." *J. Constr. Eng. Manage.*, 10.1061/(ASCE)0733-9364(2009)135:10(965), 965–978.

Sohail, M., and Baldwin, A. N. (2004). "Performance indicators for 'micro-projects' in developing countries." *Constr. Manage. Econ.*, 22(1), 11–23.

SPSS Training Department. (1998). "Survey research using SPSS." SPSS, Inc., Chicago.

Tabish, S. Z. S., and Jha, K. N., (2011). "Important factors for success of public construction projects." *Proc., 2nd Int. Conf., on Construction and Project Management*, IACSIT Press, Singapore, 64–68.

Toor, S., and Ogunlana, S. O., (2009). "Construction professionals' perception of critical success factors for large-scale construction projects." *Construct. Innovat.*, 9(2), 149–167.

Toor, S., and Ogunlana, S. O., (2010). "Beyond the 'iron triangle': Stakeholder perception of key performance indicators (KPIs) for large-scale public sector development projects." *Int. J. Proj. Manage.*, 28(3), 228–236.

Ugwu, O. O., and Haupt, T. C., (2007). "Key performance indicators and assessment methods for infrastructure sustainability: A South African construction industry perspective." *Build. Environ.*, 42(2), 665–680.

Vanegas, J. A., (2003). "Road map and principles for built environment sustainability." *Environ. Sci. Technol.*, 37(23), 5363–5372.

Xia, B., Xiong, B., Skitmore, M., Wu, P., and Hu, F., (2016). "Investigating the impact of project definition clarity on project performance: Structural equation modeling study." *J. Manage. Eng.*, 10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000386, 04015022.

Zavadskas, E. K., Vilutienė, T., Turskis, Z., and Šaparauskas, J., (2014). "Multi-criteria analysis of projects' performance in construction." *Arch. Civ. Mech. Eng.*, 14(1), 114–121.

Downloaded from ascelibrary.org by Jakrapong Pongpeng on 12/01/16. Copyright ASCE. For personal use only; all rights reserved.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ค.
# บทความที่ 2 ที่ได้รับการตีพิมพ์ในวารสารวิชาการระดับนานาชาติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MATEC Web of Conferences **192**, 02026 (2018) https://doi.org/10.1051/matecconf/201819202026
*ICEAST 2018*

# The role of infrastructure sustainability and success of construction projects on owner benefits

*Thanachon* Krajangsri[1,*] and *Jakrapong* Pongpeng[1]

[1]Civil Engineering Department, Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, Thailand

**Abstract.** The infrastructure sustainability and success of construction projects likely influence owner benefits. However, these influences have rarely been examined. Thus, the research aimed to examine such influences and intervening behavior of the success of construction projects between the sustainability of infrastructure and owner benefits using structural equation modeling (SEM). The study finds that there are a direct influence of the sustainability of infrastructure on owner benefits (regression weight: 0.63) and an indirect direct influence of that (regression weight: 0.22) through the intervening role of the success of construction projects. The findings ensure that implementation of infrastructure sustainability projects can enhance the success of construction projects and owner benefits.

## 1 Introduction

A successful construction project yields several benefits to an owner. The benefits should cover various terms to maintain an owner organization in business, society and community. In terms of economics, financial returns of the project should satisfy the owner company by supporting its financial viability. Therefore, accomplishing success in construction projects is crucial to the owner benefits [1]. Modern infrastructure projects need to concern about sustainable issues of sociality, environment and economics during their life cycle because achieving infrastructure sustainability can increase the owner competitiveness, reputation and business opportunities while conserving environmental characteristics of the projects [2].

Previous studies demonstrate possible relationships between sustainability of infrastructure and success of construction projects and owner benefits. However, these relationships have seldom been proved. This study was aimed to develop a model to examine (1) the influence between the infrastructure sustainability and owner benefits and (2) the intervening role of success of construction projects between the sustainability of infrastructure and owner benefits. The results from this study provide apparent understanding of the influence of the sustainability of infrastructure and success of construction projects on owner benefits.

## 2 Literature review

The literature on the three elements of owner benefits, sustainability of infrastructure and success of construction projects were reviewed to form research hypotheses and to develop conceptual models.

### 2.1 Owner benefits

To determine the owner benefits, the Triple Bottom Line concept of social, environment and economic aspects, was used as a framework for categorizing the benefits.

#### 2.1.1 Social benefits

Institute for Infrastructure Sustainability [3] proposed the social benefits as follows: improved quality of life, encouragement of community growth and development, development of community workforce skills, increased public health, safety and well-being, increased collaboration and involvement of stakeholders, higher stakeholders satisfaction, and preservation of cultural heritage. Guarnieri [4] suggested social benefits as follows: improved community quality of life and increased project users' health and comfort. Based on previous studies, the social benefits of sustainability in this study are described by: improved project owner's reputation, improved country's reputation, improved project users' quality of life, and improved community acceptance.

#### 2.1.2 Environmental benefits

ISI [3] suggested the following environmental benefits: reduced energy and water consumption, reduced risks from natural disasters, preservation of ecological systems, reduced air pollutants and harmful emissions, less use of natural resources and impacts on ecological systems, and increased resilience to climate change and natural disasters. Olsen and Fenhann [5] identified various sustainable environmental benefits as follows: improved air quality, reduced harmful emissions, improved water quality, and protection of natural

* Corresponding author: thanachon@hotmail.com

© The Authors, published by EDP Sciences. This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License 4.0 (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MATEC Web of Conferences **192**, 02026 (2018) https://doi.org/10.1051/matecconf/201819202026
*ICEAST 2018*

resources. Based on previous studies, the environmental benefits of sustainability in this study are indicated by: improved project resilience to natural disasters, reduced environmental impacts from the project, protection of natural resources and ecological systems, and provision of education opportunities on sustainability.

### 2.1.3 Economic benefits

Dobson et al. [6] suggested the following economic benefits: reduced operation costs, reduced utilities costs, and reduced maintenance costs. Lee et al. [7] found economic benefits as follows: reduced energy costs, reduced water costs, economic growth improvement, increased income, and lower environmental impact costs. ISI [3] proposed the following economic benefits: reduced energy costs, reduced water costs, reduced maintenance costs, and reduced construction material costs. Based on previous studies, the economic benefits of sustainability in this study are determined by: reduced energy costs, reduced water costs, reduced operation and maintenance costs, and improved access to budget.

### 2.2 Sustainability of infrastructure

The infrastructure sustainability assessment systems and related studies are reviewed in this section to determine criteria and sub-criteria to obtain and evaluate infrastructure sustainability. CEEQUAL suggested 9 criteria in the latest version 5, including project strategy, project management, people and communities, land use and landscape, the historic environment, ecology and biodiversity, the water environment, physical resources-use and management, and transport [8]. Envision proposed 5 major criteria for assessment including quality of life, leadership, resource allocation, natural world, and climate and risk [3]. Assessment criteria for GreenLITES were proposed as follows: sustainable sites, water quality, materials and resources, energy and atmosphere, and innovation [9]. Greenroads used 7 assessment criteria: project requirements (mandatory), environment and water, access and equity, construction activities, materials and resources, pavement technologies and custom credits [10].

The sustainability of infrastructure for this study was described by 9 criteria: project management, location, energy, water, materials and resources, waste management, transportation, environmental impacts on surrounding areas, and community as found in the study of Krajangsri and Pongpeng [11].

### 2.3 Success of construction projects

A construction project is considered successful if it meets traditional indicators of time, cost and quality [12]. Alzahrani and Emsley [13] identified nine categories of success indicators: health, safety and quality, past performance, environment, management and technical aspects, resources, organization, experience, size/type of previous projects, and finance. Tabish and Jha [14] suggested 24 success indicators which were grouped into 5 categories comprising time, cost, quality, safety and no-dispute. Enshassi et al. [15] found ten success indicators as follows: cost, time, quality, productivity, client satisfaction, community acceptance, society, health and safety innovation, and environment. The success of construction projects for this research was described by 6 indicators: time, cost, quality, safety, client and community satisfaction, and environment as found in the study undertaken by Krajangsri and Pongpeng [11].

### 2.4 Hypothesis of the research

Improving infrastructure projects to be more sustainable have become an important agenda for the owner because ignoring social and environmental issues can negatively affect the owner reputation and long-term benefits. Then, implementing infrastructure sustainability assessment of projects can minimize these negative effects while enhancing the owner business opportunities, competitiveness and status [3]. Although previous studies displayed a possible relationship between sustainability of infrastructure and owner benefits, the relationship has never been examined. Therefore, the hypothesis was formed:

H1: Sustainability of infrastructure directly influences owner benefits.

Krajangsri and Pongpeng [11] found that the sustainability of infrastructure directly influenced the success of construction projects. Based on these studies, the hypothesis was established:

H2: Sustainability of infrastructure directly influences success of construction projects.

Herzig and Schaltegger [16] found that adopting sustainable success criteria can improve public acceptance, increase reputation, enhance competitiveness, increase transparency, motivate employee, act as a benchmark for a company, and determine economic benefits from sustainable activities. Previous studies show that there may be a relationship between success measures of construction project and owner benefits. The hypothesis was formulated to test the relationship:

H3: Success of construction projects directly influences owner benefits.

Several studies suggested that successful sustainable construction creates both direct and indirect benefits to the owners. Direct benefits are minimized environmental impacts, lower or equal initial costs, reduced energy and water costs; while, indirect benefits are better health and safety of project users, improved comfort and satisfaction of project users, increased productivity, longer project lifespan, and improved project image [17-18]. From these studies, there may be an indirect relationship between sustainability of infrastructure and owner benefits through an intervening role of success of



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MATEC Web of Conferences **192**, 02026 (2018) https://doi.org/10.1051/matecconf/201819202026
*ICEAST 2018*

construction projects. The hypothesis was set to test this role:

H4: There is an indirect relationship between sustainability of infrastructure and owner benefits through an intervening role of success of construction projects.

## 3 Structural equation modelling and conceptual SEM model

Structural equation modeling (SEM) is a multivariate statistical tool combining confirmatory factor analysis, multiple regression analysis and path analysis to test a hypothesis on the (either direct and indirect or both) relationship of observed and latent (unobserved) variables. Observed variables carry the data that a researcher can directly measure. Whereas, latent variables carry the data that a researcher is interested but cannot directly measure. Variables in SEM can also be divided into exogenous and endogenous variables, depending on the direction of influence. Exogenous variables are independent variables that influence other variables. Endogenous are dependent variables that are influenced by other variables. In SEM, both exogenous and endogenous variables, which can be observed or latent, are considered [19].

## 4 Questionnaire for data collection

In order to test the hypotheses, 500 questionnaires were handed to samples in public and private sectors in Thai construction industry. 371 completed questionnaires were returned, translating to a response rate of 74 %, which is considered as excellent [20]. The samples were asked to rate the significance level of each criterion/indicator according to a Likert scale of 1 to 5.

## 5 Results and discussion

First, the measurement models were confirmed that they fit the sample data from the following goodness-of-fit criteria: p-value of 0.236 (more than the accpeted value of 0.05), relative chi square ($\chi^2$/df ) of 1.029, goodness-of-fit index (GFI) of 0.891 (more than the accepted value of 0.09), and root mean square error of approximation (RMSEA) of 0.009 (more thant the minimum value of 0) [21]. To validate the conceptual SEM model, hypotheses H1, H2 and H3 were tested to examine direct influences among the latent variables as shown in Fig. 2. H1 tested that sustainability of infrastructure directly influences owner benefits. H1 was accepted because the p-value was less than 0.05 with a regression weight of 0.63. H2 and H3 tested that sustainability of infrastructure directly influences the success of construction projects and that the success of construction projects directly influences owner benefits.

H2 and H3 were accepted because the p-values were less than 0.05 with regression weights of 0.84 and 0.26, respectively. Since H2 and H3 were accepted, this implied an existence of the indirect influence between sustainability of infrastructure on owner benefits via the success of construction projects. The indirect influence was calculated by multiplying a regression weight of 0.84 (derived from the path of sustainability of infrastructure to the success of construction projects) by that of 0.26 (derived from the path of the success of construction projects to owner benefits), resulting in a regression weight of 0.22. Then, the regression weight (representing the indirect influence on the path of sustainability of infrastructure to the success of construction projects to owner benefits) of 0.22 was added to the regression weight (representing the direct influence on the path of sustainability of infrastructure to owner benefit) of 0.63, producing the total regression weight (representing the total influence) of 0.85. Obviously, the total influence was more than the direct influence; thus, H4 was accepted. The influences of sustainability of infrastructure on the success of construction projects and on the owner benefits are shown in Fig. 1. (Details of observed variables describing latent variables of criteria can be seen in [11])

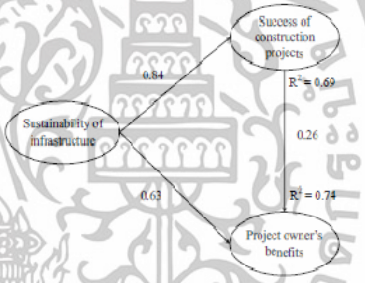



Fig. 1. Final SEM model

The results demonstrate that sustainability of infrastructure has higher direct influence on owner benefits (regression weight: 0.63) than that of the success of construction projects on owner benefits (regression weight: 0.26). This reinforces the belief that implementation of the infrastructure sustainability results in not only higher level of success of construction projects but also more owner benefits in terms of environment, economics and society. The owner, therefore, should incorporate sustainability concepts, such as preparation of flood risk assessment, waste management plan, and enhancement of community accessibility into the design of infrastructure. When the success of construction projects plays an intervening role between sustainability of infrastructure and owner benefits, the total influence was increased from 0.63 to 0.85 (a combination of direct influence (0.63) and indirect influence (0.22)). This demonstrates that successful construction projects, as an intervening variable, can generate long-term indirect benefits to the owner such as increased comfort and safety of project users, and improved reputation of the owner.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MATEC Web of Conferences **192**, 02026 (2018) https://doi.org/10.1051/matecconf/201819202026
*ICEAST 2018*

## 6 Conclusions

Infrastructure sustainability is one of key components in sustainable development strategy, which holistically consider social, environmental and economic dimensions. Although previous studies have suggested that sustainability of infrastructure enhances project success but the studies to examine the influence of the infrastructure sustainability on owner benefits were limited. Additionally, the intervening role of the success of construction projects between the sustainability of infrastructure and owner benefits has not been investigated. Therefore, the research was aimed to examine (1) the influence of sustainability of infrastructure on owner benefits and (2) whether the success of construction projects intervene between the sustainability of infrastructure and owner benefits. Then, hypotheses were formulated to test the influence and the intervening role. Questionnaires were used to collect the data from government and public agencies. After that, the data were used to validate the conceptual SEM model.

The SEM analysis results showed that all the hypotheses were accepted, meaning that the sustainability of infrastructure directly influenced the owner benefits. In addition, the total influence was significantly increased when the success of construction intervened between the sustainability of infrastructure and owner benefits, emphasizing its intervening behavior. The study originally contributes to examine the relationships between the infrastructure sustainability, success of construction projects and owner benefits. However, the relationships may alter depending on types and geographical locations of the infrastructure projects. Thus, further studies to examine the relationships based on the alternation are recommended.

## 7 References

1. Pankaj, A. J. J. and Bhangale, P., To Study Critical Factors Necessary for a Successful Construction Project, IJITEE , **2**, 5 (2013)
2. Levitt, R., CEM research for the next 50 years: Maximizing economic, environmental, and societal value of the built environment, J. Constr. Eng. M, ASCE **133**, 9 (2007)
3. ISI, *Envision: A Rating System for Infrastructure sustainability v.2.0*. Institute for Infrastructure Sustainability. Washington, DC, USA (2012)
4. Guarnieri, T.J., The real cost of sustainable development, *AACE International Transactions* (2008)
5. Olsen, K.H. and Fenhann, J., Sustainable development benefits of clean development mechanism projects. A new methodology for sustainability assessment based on text analysis of the project design documents submitted for validation, Energ. Policy. **36** (2008)
6. Dobson, D.W, Sourani, A., Sertyeilisik, B.,. and Tunstall, A., Sustainable construction: Analysis of its costs and benefits, Am. J. Civil. Eng., **1**, 2 (2013)
7. Lee, K.H., Ahn, Y.H., Jeon, M., and Suh, M.J., Organizational strategies to support sustainability in the construction company, *In the World SB14 Barcelona*, October 28-30th, 2014 (2014).
8. CEEQUAL, *Assessment Manual for Projects in the UK & Ireland v.4.1*, http://www.ceequal.com (2010)
9. NYSDOT, New York State Department of Transportation (2012) http://www.dot.ny.gov/programs/greenlites
10. Greenroads, *Greenroads Abridged Manual v1.5*, http://www.greenroads.org/366/download-the-manual.html (2011)
11. Krajangsri, T., Pongpeng, J.,. Effect of Sustainable Infrastructure Assessments on Construction Project Success Using Structural Equation Modeling. J. Manage. Eng. **33**, 3 (2017)
12. Atkinson, R., Project management: cost, time and quality, two best guesses and a phenomenon, its time to accept other success criteria, Int. J. Proj. Manag. **17** (1999)
13. Alzahrani, J. and Emsley, M. W., The impacts of contractors' attributes on success of construction projects: A post construction evaluation, Int. J. Proj. Manag. **31** (2013)
14. Tabish, S. Z. S. and Jha, K. N., "Important Factors for Success of Public Construction Projects." In *the2nd International Conference on Construction and Project Management, IPEDR*, 15. IACSIT Press, Singapore. (2011)
15. Enshassi, A., Mohamed, S., and Abushaban, S.,. Factors affecting the performance of construction projects in the Gaza Strip, J. Civ. Eng. Manag. **15**, 3 (2009)
16. Herzig, C. and Schaltegger, S., Corporate Sustainability Reporting. An Overview Sustain. Account. Rep. Dordrecht, Springer (2006)
17. Bordass, G., *The Economics Benefits of Sustainable Design* (2003) http://www1.eere.energy.gov/femp/pdfs/buscase_section2.pdf
18. Brightman, H. a. M., J., *The Social Benefits of Sustainable Design*. (2001) http://www1.eere.energy.gov?femp/pdfs/buscase_section3.pdf
19. Cho, K. M., Hong, T. H., and Hyun, C. T, Effect of project characteristics on project performance in construction projects based on structural equation model, Expert Syst. Appl. **36** (2009)
20. Babbie, E. R., *The practice of social research*. Belmont, CA: Wadsworth (1989)
21. Marsh, H. W., Balla, J. R., and McDonald, R. P. "Goodness-of-fit indices in confirmatory factor analysis: the effect of sample size." *Psychol. Bull.*, **103**, 3 (1988)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ง.
# บทความที่ 3 ที่ได้รับการตีพิมพ์ในวารสารวิชาการระดับนานาชาติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MATEC Web of Conferences **192**, 02027 (2018) https://doi.org/10.1051/matecconf/201819202027
*ICEAST 2018*

# A comparison of green building assessment systems

*Thanachon* Krajangsri[1,*] and *Jakraporn* Pongpeng[1]

[1]Civil Engineering Department, Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, Thailand

**Abstract.** Construction is one of industries that have negative impacts on the environment. Relevant organizations both in Thailand and other countries have been trying to minimize these impacts. Developing green building assessment systems is one of efforts in reducing environmental impacts and using natural resources efficiently. Currently, there are many green building assessment systems with different objectives and assessment scopes in some details. This could cause some confusion in selecting the suitable system for the project in accordance with its environmental, social and economical contexts. This study was aimed to compare and provide overview and components of these systems. The comparison results can be used as a guideline for further development of green building assessment systems. It is found that most major green building assessment systems still concern only environmental issues while newly developed systems have included social and economic issues in their criteria. Furthermore, the system which is developed in one environment could not be used with full capabilities in another. This will lead to more research in developing the assessment system that is more comprehensive and adaptable enough to be used effectively in various environment.

## 1 Introduction

Realizing environmental impacts from construction activities, relevant organizations in several countries developed building environmental assessment systems, also known as green building assessment systems, in early 1990s as guidelines for design, construction and performance assessment of green buildings. Leading systems are Building Research Establishment Environmental Assessment Method (BREEAM), developed by The Building Research Establishment Ltd. from the UK; Leadership in Energy and Environmental Design (LEED), developed by U.S. Green Building Council from the United States and Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency (CASBEE), developed by Japan Greenbuild Council/Japan Sustainable Building Consortium from Japan. These systems are widely used both in their origin countries and abroad. Responding to this growing movement, Thai Green Building Council developed Thai's Rating of Energy and Environmental Sustainability and National Housing Agency developed Ecovillage Criteria in 2012 to encourage sustainable construction practices in Thailand.

With different systems and their different objectives, assessment scopes, building types, users, life cycle assessment, environmental, social and economic issues, hesitation could occur in selecting the best system to be used for the project effectively. Therefore, efforts have been made by academics and relevant organizations in energy and environmental sectors to classify these systems.

For instance, ATHENA Institute [1] classifies building environmental assessment systems into 3 levels, while International Energy Agency [2] classifies them into 5 levels according to their scopes of assessment, such as product comparison tools, life cycle assessment tools and whole building performance assessment tools. Reijnders and van Roekel [3] divided the assessment tools into 2 groups as qualitative tools and quantitative tools. The qualitative tools were based on scores and criteria. The quantitative tools considered life cycle assessment, input and output of material uses and energy consumption [4].

Currently, there are increasing numbers of building environmental assessment systems both local and international. Each system has different objectives and assessment scopes. International systems are used either directly or as guidelines for green building assessment system development in some countries. Haapio and Viitaniemi [5] studied 14 building environmental assessment tools including quantitative, qualitative and life cycle assessment tools to classify them according to their scopes. They were compared within the same level with comparison factors: assessed building types, users of the tools, life cycle phases, database of the tools, forms of assessment results.

* Corresponding author: thanachon@hotmail.com

© The Authors, published by EDP Sciences. This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License 4.0 (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MATEC Web of Conferences **192**, 02027 (2018) https://doi.org/10.1051/matecconf/201819202027
*ICEAST 2018*

The research was concluded that:

1) The assessment tools were much different depending on needs and purposes of development. The comparison is therefore very difficult.
2) The tools users were unable to assess reliability of the tools and their results.
3) The tools covered different life cycle depending on guidelines and database used.
4) There should be an examination on factors affecting tools selection of the users.

Forsberg and von Malmborg [4] studied 5 quantitative environmental assessment tools and compared them to present their overviews and current status. Some of these tools are already available and some are under development. The comparison factors are: users of the tools, overall purpose, specific purpose, assessed building types, considered issues, research dimensions, basis of comparison, scope of tools, result presentation.

The research was concluded that:

1) The tools studied were developed from life cycle analysis of buildings and materials used.
2) Life cycle assessment still had difficulties in environmental impact assessment.
3) Selecting scope of the assessment tools was important depending of required results.
4) Development of qualitative environmental assessment tools based on life cycle analysis to be sustainability assessment tools should consider social and economic issues as well.

Ding [6] studied 20 environmental assessment tools to present overviews and analyzed assessment methods used in several countries. Their limitations were examined and would be used as basis for improvement. Analysis results were as follows:

1) Using environmental assessment tools as design tools – The tools were useful when used during design phase but will be more useful if use during pre-design phase.
2) Selecting appropriate project – The tools were less useful in selecting the project options than assessing the project design.
3) Financial issues – Financial issues should be considered along with environmental issues.
4) Regional variations – Most assessment tools were developed according to their regional environment. Currently there is no single tool that can be used effectively worldwide.
5) Complexity – Environmental assessment is a complex task. Developing a tool that has complete coverage but still simple enough to use was challenging.
6) Quantitative and qualitative data evaluation – Most quantitative evaluation was performed in comparison with collected data and standards. However environmental issues were mostly qualitative data. Obtaining accurate evaluation results was more complex.
7) Weighting – Weighting should be adjusted on project-by-project basis to reflect development objective.
8) Measurement scales – Measurement scales use a scoring system but there was no common basis in determining the score level of each assessment criterion.

With these limitations, there should be a development of assessment tool that could evaluate data in various dimensions. Since construction was an activity involving many complex decisions in environmental, social and economic issues. Developing sustainable indexes was an approach to address multiple criteria in decision-makings of the project. Reijinders and van Roekel [3] studied comprehensiveness and adequacy of environmental building improvement tools. The tools were divided into 2 main groups:

1) Requirement type instruments – Requirement type instruments of the public and private sectors currently had inadequate coverage on environmental issues. They tend to focus on energy and water consumption.
2) Guidance type instruments – Five guidance type instruments studied had more coverage on environmental issues.

However, from literature review it is found that there are few researches comparing components of leading green building assessment systems, which could give the readers more understanding and could be used as guidelines for further system development and improvement on a whole building. This study was aimed to compare green building assessment systems which could be used on a whole building. Six systems were selected for comparison to present their principles and main components. This comparison was expected to assist stakeholders in choosing the best system for the design and construction of green projects effectively in accordance with their environmental, social and economic conditions. It could also be used as a guideline in developing and improving the local green building assessment system.

## 2 Methodology

This research used a qualitative method by examining components of green building assessment systems obtained from previous research works [3-6] and websites of relevant organizations (i.e. manuals of green building assessment systems). Then, the data were verified with data triangulation method by consulting experts and practioners in this area whether the obtained contents are accurate. By examining the different sources of data, the result of data triangulation test showed that all the data from the three different sources (manuals of green building assessment systems, experts, and practitioners) were consistent, which verified the obtained data. After that, the verified data were analyzed with component analysis to compare contextual and methodological aspects. The processes are as follows:

1) Determining framework in selecting systems: For this study, ATHENA Institute classification of green building assessment tools were used as follows:
   - Level 1: Product comparison tools and information sources



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MATEC Web of Conferences **192**, 02027 (2018) https://doi.org/10.1051/matecconf/201819202027
*ICEAST 2018*

- Level 2: Whole building design or decision support tools
- Level 3: Whole building assessment frameworks or systems

The qualitative tools in Level 3 were tools were selected for this study according to Reijnders and van Roekel [3] concepts.

2) Selecting tools: Level 3 tools that could be used as whole building design and construction guidelines and assessment tools were selected.
3) Determining comparison aspects: From the assessment framework for environmental analysis proposed by Baumann and Cowell [7] as used by Forsberg and Malmborg [4] in their study covering contextual and methodological aspects were selected and improved for this study as follows:

Contextual Aspects

- Assessment system developers
- Assessment system users
- Assessment system categories
- Assessment building types
- Assessment system scopes

Methodological Aspects

- Assessment dimensions
- Main assessment criteria
- Assessment result ratings

4) Analyzing information: The related information and aspects were gathered and listed in comparison tables.
5) Summarizing the study.

## 3 Results

Green building assessment systems included in this study are used locally and internationally. BCA Green Mark, BEAM, and TREES are used at locally, mostly in Asian countries. BREEAM, CASBEE and LEED are used internationally as direct implements and guidelines for development of other systems. Results from research in their websites covering contextual and methodological aspects for comparison are shown in Tables 1.

## 4 Summary

From the study, it is found that green building concept has been practiced for more than 20 years to mitigate environmental problems from construction activities. The concept should be implemented in the project as early as possible, from planning to design, construction and operation phases to maximize its benefits. Green building assessment systems in this study have similar main assessment criteria, such as site, energy efficiency, water efficiency and indoor environmental quality. They are the core concepts of every system. The assessment procedures, users and types of building are also practically similar.

However, comparing these systems to determine which one is better is still difficult because their objectives, contextual and methodological contexts are different in details. The system that is developed to perform most effectively in one environment might not be as effective in another; due to environmental, social and economic differences.

Apparently, LEED is the most widely-used system in Thailand due to its popularity, coverage, proven environmental benefits and added marketability for the certified project. Selecting the right system for the project is quite complicated if the user starts to consider social and economic benefits in addition to environmental in his local condition. Currently, there is no single system that can be used effectively to assess sustainability of construction in all environmental, social and economic conditions. Further study is recommended to develop the system that is comprehensive and adaptable enough to be used with full capability in various environment as a solid guideline for sustainable construction.

## 5 References

1. Athena Sustainable Materials Institute. www.athenasmi.org
2. International Energy Agency, www.iea.org
3. L. Reijnders, A. van Roekel, Comprehensiveness and Adequacy of Tools for the Environmental Improvement of Buildings, J. Cleaner Prod. Elsevier, **7** (1999)
4. A. Forsberg, F. van Malmborg, Tools for Environmental Assessment of the Built Environment, Build. Environ. Elsevier, **39** (2004)
5. A. Haapio, P. Viitaniemi, A Critical Review of Building Environmental Assessment Tools, Environ. Impact Assess. Rev. Elsevier, **28** (2008)
6. G.K.C. Ding, Sustainable Construction – The Role of Environmental Assessment Tools, J. Environ. Manage. Elsevier, **86** (2007)
7. H. Baumann, S. Cowell, An Evaluative Framework for Conceptual and Analytical Approaches Used in Environment Management, Greener Management International, **26** (1999)
8. Building and Construction Authority, Singapore, www.bca.gov.sg
9. BEAM Society, Hong Kong, www.beamsociety.org.hk
10. BRE Global, UK, www.breeam.org
11. Japan GreenBuild Council (JaGBC)/Japan Sustainable Building Consortium (JSBC), Japan, www.ibec.or.jp
12. U.S. Green Building Council, USA, www.usgbc.org
13. Thai's Rating of Energy and Environmental Sustainability for New Construction and Major Renovation and Core and Shell Building, www.tgbi.or.th



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Table 1:** Comparison of Green Building Assessment Systems

| Assessment Systems | Comparison Aspects | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Contextual | | | | | | Methodological | |
| | Developers | Users | System Categories | Building Types | Scope | Assessment Dimensions | Main Criteria | Ratings |
| BCA Green Mark | Building and Construction Authority, Singapore, 2005 [8] | Owner, Developer, Designer, Contractor, Private sector | New Buildings, Existing Buildings, Beyond Buildings, Occupant-Centres | Residential, Non-residential, Landed house, Data centers, Healthcare, Schools, Offices, Restaurants, Retail, Super markets, Laboratories | Design, Construction, Operation | Environment | Climatic Responsive Design, Building Energy Performance, Resource Stewardship, Smart and Healthy Building, Advanced Green Efforts | Green Mark Platinum, Green Mark Gold$^{Plus}$, Green Mark Gold |
| BEAM | BEAM Society, Hong Kong, 1996 [9] | Owner, Developer, Designer, Contractor | New Buildings, Existing Buildings, Interior, Neighborhood, Bespoke | Residential, Commercial | Planning, Design, Construction, Management, Operation & Maintenance | Environment | Site Aspects, Materials Aspects, Energy Use, Water Use, Indoor Environmental Quality | Platinum, Gold, Silver, Bronze |
| BREEAM | BRE Global, UK, 1990 [10] | Owner, Developer, Designer, Contractor, Building Manager, Tenant, Researcher | Communities, Infrastructure, New Construction, In-use, Refurbishment & Fit-out | Office, Retail, Industrial, Data Centers, Education, Healthcare, Residential, Mixed Use, Other Buildings | Planning, Design, Construction, In-Use, Refurbishment | Environment | Management, Health and Wellbeing, Energy, Transport, Water, Waste, Materials, Land Use, Pollution, Innovation | Outstanding, Excellent, Very Good, Good, Pass, Acceptable |
| CASBEE | Japan GreenBuild Council (JaGBC)/Japan Sustainable Building Consortium (JSBC), Japan, 2001 [11] | Owner, Developer, Designer, Contractor, Private sector, Researcher | New Construction, Existing Buildings, Renovation, Market Promotion, Commercial Interiors, Temporary Construction, Heat Island, Urban Development, Cities, etc. | Residential, Commercial, Houses | Planning, Design, Construction, Management, Operation & Maintenance | Environment | Built Environment Quality; Indoor Environment; Quality of Service, Outdoor Environment Built Environment Load Energy, Resources and Materials, Off-site Environment | Excellent, Very Good, Good, Fairly Poor, Poor |
| LEED | U.S. Green Building Council, USA, 1996 [12] | Owner, Developer, Designer, Contractor, Private sector, Researcher | Building Design & Construction, Interior Design & Construction, Building Operation & Maintenance, Neighborhood Development, Homes | Residential, Commercial, Schools, Retail, Data Center, Warehouse, Hotel, Healthcare, Home, Commercial Interior, Building Core & Shell | Design, Construction, Operation & Maintenance | Environment, Society, Economy | Location and Transportation, Sustainable Site, Water Efficiency, Energy & Atmosphere, Materials & Resources, Indoor Environmental Quality, Innovation, Regional Priority | Platinum, Gold, Silver, Certified |
| TREES | Thai Green Building Council, 2012 [13] | Owner, Developer, Designer, Contractor, Private sector, Tenant, Researcher | New Buildings, Existing Buildings | Residential, Commercial | Design, Construction | Environment | Building Management, Site and Landscape, Water Conservation, Energy and Atmosphere, Materials and Resources, Indoor Environmental Quality, Environmental Protection, Green Innovations | Platinum, Gold, Silver, Certified |

# ประวัติผู้เขียน

**ชื่อ-สกุล:** ธนชนม์ กระจ่างศรี

**วัน เดือน ปีเกิด** 7 มกราคม 2512 กรุงเทพมหานคร

**ที่อยู่ปัจจุบัน:** 88/6 เพอร์เฟคเพลส ราชพฤกษ์ ถ.ราชพฤกษ์ อ.เมือง จ.นนทบุรี 11000

**ประวัติการศึกษา:** พศ. 2535 วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง
พศ. 2540 M.C.E, Construction Management
The Catholic University of America

**ประวัติการทำงาน:** พศ. 2535 - 2536 วิศวกรสนาม บมจ.อิตาเลี่ยนไทย ดีเวลอปเมนท์
พศ. 2536 - 2537 วิศวกรทดสอบ บริษัท เอสทีเอส เอ็นจิเนียริ่ง จำกัด
พศ. 2541 – 2547 วิศวกรโยธา บริษัท เอพซิลอน จำกัด
พศ. 2547 – 2561 ผู้จัดการส่วนประกวดราคา บมจ. ช.การช่าง

**บทความที่ได้รับการตีพิมพ์:**

1. Krajangsri, T., Pongpeng, J., (2017). “Effect of Sustainable Infrastructure Assessments on Construction Project Success Using Structural Equation Modeling.” J. Manage. Eng. 33, 3, DOI: 10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000509.
2. Krajangsri, T., Pongpeng, J., (2018). “The Role of Infrastructure Sustainability and Success of Construction Projects on Owner Benefits.”, The 4th International Conference on Engineering, Applied Sciences and Technology DOI: 10.1051/matecconf/201819202026.
3. Krajangsri, T., Pongpeng, J., (2018). “A Comparison of Green Building Assessment Systems.”, The 4th International Conference on Engineering, Applied Sciences and Technology, DOI: 10.1051/matecconf/201819202027.
4. Krajangsri, T., Pongpeng, J., “Sustainable Infrastructure Assessment Model: An Application to Road Projects”, KSCE Journal of Civil Engineering (accepted).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้