

# การคัดเลือกสถานที่เพื่อพัฒนาพื้นที่โดยรอบสถานี (TOD) ตามแนวเส้นทางระบบรถไฟฟ้า รางเบา (Light Rail Transit, LRT) โดยการบูรณาการวิธี Analytic Hierarchy Process (AHP), Fuzzy Scoring Method (FSM) และ Simple Additive Weight (SAW) The selection of Transit Oriented Development (TOD) locations along Light Rail Transit (LRT) Route using the integration of Analytic Hierarchy Process (AHP), Fuzzy Scoring Method (FSM) and Simple Additive Weight (SAW)

ณัฐพงษ์ ปัตตูลี (Nuthphong Pattulee)\* ดร.พนกฤษณ คลังบุญครอง (Dr.Pongrid Klungboonkrong)<sup>1\*\*</sup>

ณัฐพจน์ ฝ้ายบุญ (Natthapoj Faiboun)\*\*\* ดร.ชาติชาย ไวยสุระสิงห์ (Dr.Chattichai Waisurasingha)\*\*\*\*

สุรัตน์ ประมวลศักดิ์กุล (Surat Pramualsaktikul)\*\*\*\*\* ดร.มนสิชา เพชรานนท์ (Dr.Monsicha Bejrananda)\*\*\*\*\*

(Received: May 26, 2019; Revised: July 22, 2019; Accepted: July 25, 2019)

## บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาเพื่อคัดเลือกสถานที่สำหรับพัฒนาพื้นที่โดยรอบสถานี (TOD) ประเภทศูนย์กลางเมือง (Urban Center) ตามแนวเส้นทางระบบรถไฟฟ้ารางเบา (Light Rail Transit, LRT) พื้นที่ผังเมืองรวมขอนแก่น มีระยะทางรวม 22.8 กิโลเมตรและมีจุดจอดรับส่งผู้โดยสารทั้งหมด 16 สถานี ในการคัดเลือกพื้นที่ดังกล่าวได้ประยุกต์ใช้การบูรณาการวิธี กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (Analytic Hierarchy Process, AHP), Fuzzy Scoring Method (FSM) และ Simple Additive Weight (SAW) ในการคัดเลือกสถานที่เพื่อพัฒนาพื้นที่โดยรอบสถานี ตามแนวเส้นทางระบบรถไฟฟ้ารางเบา (LRT) ได้พิจารณาปัจจัยหลัก 2 ประการ ได้แก่ ปัจจัยด้านศักยภาพความพร้อมทางกายภาพและปัจจัยด้านศักยภาพการดึงดูดการลงทุนด้านที่ดินในอนาคต รวมทั้งปัจจัยรองที่เกี่ยวข้องอีกหลายปัจจัย ผลการวิเคราะห์พบว่า สถานีเช่นเตอร์พ้อยท์ มีค่าคะแนนมากที่สุด (0.777) รองลงมาคือสถานี ม.ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (0.766) และสถานีประตูเมือง (0.733) ตามลำดับ

## ABSTRACT

This article was conducted to evaluate the most appropriate Transit Oriented Development (TOD) construction site along LRT line in Khon Kaen city using the integration of Analytic Hierarchy Process (AHP) Fuzzy Scoring Method (FSM) and Simple Additive Weight (SAW). Various decision elements were determined including main decision elements (Physical readiness potential and Potential to attract investment in land) along with various minor decision elements. It was found that the top three TOD ranking sites are Center Point station (0.777) followed by North Eastern University station (0.766) and City gate station (0.733) respectively.

**คำสำคัญ:** กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (AHP) การพัฒนาพื้นที่โดยรอบสถานี การคัดเลือกสถานี

**Keywords:** Analytic hierarchy process, Transit oriented development, Site selection

<sup>1</sup>Corresponding author: ponklung@gmail.com

\*นักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

\*\*รองศาสตราจารย์ ศูนย์วิจัยและพัฒนาโครงสร้างมูลฐานอย่างยั่งยืน สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

\*\*\*นักวิจัยประจำศูนย์วิจัยและพัฒนาโครงสร้างมูลฐานอย่างยั่งยืน สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

\*\*\*\*ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

\*\*\*\*\*อาจารย์ สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

\*\*\*\*\*ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิชาการวางแผนภาคและเมือง คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

## บทนำ

เพื่อรองรับโครงการพัฒนาระบบโครงสร้างพื้นฐานด้านคมนาคมขนส่งของประเทศไทย ที่ผ่านจังหวัดขอนแก่น เช่น โครงการรถไฟทางคู่และรถไฟความเร็วสูง [1] จังหวัดขอนแก่นจึงต้องผลักดันให้มีการพัฒนาโครงการก่อสร้างระบบรถไฟฟ้ารางเบา (LRT) สายแรกเพื่อเป็นโครงการนำร่องคือ สายเหนือใต้ (สำราญ-ท่าพระ) ระยะทาง 22.8 กิโลเมตร มีจุดจอดรับส่งผู้โดยสารจำนวน 16 สถานี และเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด จำเป็นต้องมีการนำเอาแนวคิดการพัฒนาพื้นที่รอบสถานีขนส่งสาธารณะ (Transit-Oriented Development, TOD) เป็นต้นแบบในการพัฒนาพื้นที่เมืองและชุมชนรอบสถานีของระบบขนส่งสาธารณะซึ่ง Center for Transit-Oriented Development (CTOD) [2] ได้ให้คำจำกัดความของ การพัฒนาพื้นที่รอบสถานีขนส่งสาธารณะว่า TOD คือการผสมผสานประเภทของที่อยู่อาศัย ย่านพาณิชยกรรม ร้านค้าปลีกทั่วไป ในพื้นที่รอบสถานีขนส่งสาธารณะในระยะการเดินทางประมาณ 5 นาที หรือระยะทาง 500 เมตร นับจากขอบเขตพื้นที่พัฒนาไปจนถึงตัวสถานีขนส่งสาธารณะ [3] การวางแผนและออกแบบพัฒนาพื้นที่ TOD ให้ประสบผลสำเร็จ สิ่งสำคัญที่ต้องคำนึงถึงคือ การกำหนดประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินให้เหมาะสม การพัฒนารูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินแบบกะชับ (Compact city) ต้องกำหนดความหนาแน่นของการใช้ประโยชน์ที่ดินให้เหมาะสม เน้นการสัญจรด้วยการเดินเท้าและการใช้รถจักรยานมีการเชื่อมต่อและเข้าถึงได้ดี การออกแบบชุมชนเมือง (Urban design) ต้องมีคุณภาพ มีการบริการจัดการระบบการจราจรภายในพื้นที่ที่เหมาะสมและต้องทำให้พื้นที่ TOD เป็นพื้นที่ที่มีความหมายต่อเมืองและชุมชน (Place) [4]

เพื่อให้การพัฒนา TOD เกิดประสิทธิภาพและประสิทธิผลมากที่สุด กระบวนการในการคัดเลือกสถานที่สำหรับพัฒนา TOD จึงเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญอย่างยิ่ง เนื่องจากในแต่ละพื้นที่มีลักษณะที่แตกต่างกัน ทั้งการใช้ประโยชน์ที่ดิน ความหนาแน่น การออกแบบพื้นที่โดยรอบ และอื่น ๆ กระบวนการคัดเลือกสถานที่สำหรับพัฒนา TOD เป็นขั้นตอนที่ไม่มีโครงสร้างการตัดสินใจที่แน่นอน (Illed structure) เกี่ยวข้องกับปัจจัยที่หลากหลาย (Multiple criteria) และมีจำนวนทางเลือกที่แน่นอน ดังนั้นจึงเหมาะสมกับการประยุกต์ใช้วิธีการตัดสินใจที่พิจารณาปัจจัยที่หลากหลาย (Multiple Criteria Decision Making, MCDM) [5]

## บททวนวรรณกรรม

Wey [6] ได้คัดเลือกสถานที่สำหรับโครงการ Joint Development Station ร่วมกับสถานีรถไฟฟ้าใต้ดิน (MRT) ในเมืองไถจง ประเทศไต้หวัน 5 สถานี (S1-S5) เนื่องจากความหนาแน่นที่เพิ่มขึ้นของประชากรและการพัฒนาให้เป็นเขตศูนย์กลางธุรกิจ (CBD) โดยใช้วิธี AHP ซึ่งบูรณาการกับวิธี Data Envelopment Analysis (DEA) โดยปัจจัยที่ใช้พิจารณาจะเป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับพื้นที่โดยรอบสถานีในสภาพปัจจุบัน ได้แก่ (1) ข้อร้องเรียนเกี่ยวกับสถานี (2) การใช้ประโยชน์ที่ดินในปัจจุบัน (3) สภาพแวดล้อมโดยรอบของแต่ละพื้นที่ (4) ค่าใช้จ่ายและผลประโยชน์ของการพัฒนา (5) ความสะดวกในการโยกย้าย ซึ่งปัจจัย (4) มีค่าน้ำหนักมากที่สุด รองลงมาคือ (5), (2), (3) และ (1) ตามลำดับ ผลการศึกษาระบุว่าสถานี S5 เหมาะสมกับการพัฒนามากที่สุด นอกจากนี้ในการศึกษายังพบความไม่แน่นอนของข้อมูลเนื่องจากการพัฒนาในสภาพปัจจุบันก่อนการพัฒนา การเปลี่ยนรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคต อาจทำให้การศึกษามีความคลาดเคลื่อนได้

Wey [7] คัดเลือกสถานีขนส่งรถไฟฟ้าใต้ดิน (Metro transit station) 8 สถานี (LG1-LG8) ในเมืองไทเป ประเทศไต้หวัน ที่เหมาะสมที่สุดในการพัฒนาพื้นที่รอบสถานี (TOD) โดยใช้วิธี Fuzzy analytic hierarchy process (FAHP) ในการศึกษาได้นำหลักการพัฒนาของการเติบโตอย่างชาญฉลาด (Smart growth) มาบูรณาการกับการพัฒนา

TOD และมีตัวแปรที่ใช้ในการตัดสินใจได้แก่ (1) การใช้ที่ดินแบบผสมผสาน (2) การพัฒนาชุมชนที่มีอยู่ (3) การอนุรักษ์พื้นที่สีเขียว (4) อาคารขนาดกระชับ (5) มีความหลากหลายของกลุ่มอาคาร (6) ทางเดินเท้า/ทางจักรยาน (7) ทางเลือกในการเลือกระบบขนส่ง (8) การมีส่วนร่วมของชุมชน (9) การพัฒนาอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งปัจจัยที่มีค่าน้ำหนักมากที่สุดคือ (1) รองลงมาคือ (4), (2), (6), (9), (7), (3), (8), และ (5) ตามลำดับ ผู้เชี่ยวชาญให้เหตุผลว่าเมืองไทเปมีประชากรอยู่มาก รูปแบบการพัฒนาที่เหมาะสมคือการพัฒนาที่มีความหนาแน่นสูง (High density) สอดคล้องกับปัจจัยในลำดับแรก ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาให้เกิดความหนาแน่นสูง ผลการศึกษาพบว่าสถานี LG07 เหมาะสมที่สุดเนื่องจากสถานีดังกล่าวอยู่ใกล้กับ CBD ที่มีความพร้อมในการพัฒนา TOD

Wey [8] ได้ศึกษาเพิ่มเติมจากงานวิจัยก่อนหน้านี้โดยใช้พื้นที่ศึกษาและวัตถุประสงค์เดิม [7] โดยในการศึกษานี้ได้ประยุกต์ใช้วิธี Analytic Network Process (ANP) เนื่องจากในการศึกษาก่อนหน้านี้ ปัจจัยบางตัวมีความสัมพันธ์กันในการศึกษานี้จึงใช้ ANP ที่มีการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของแต่ละปัจจัย นั่นคือ ANP สามารถพิจารณาถึงผลกระทบแบบย้อนกลับ (Feedback effects) ได้ ในการศึกษาได้นำหลักการพัฒนาอย่างยั่งยืน (Sustainable Development) มาบูรณาการกับการพัฒนา TOD และมีตัวแปรที่ใช้ในการตัดสินใจได้แก่ (A) สังคม (B) เศรษฐกิจ และ (C) สิ่งแวดล้อม และมีปัจจัยรอง เช่น ภายใต้ปัจจัยหลัก (A) มีปัจจัยรอง ได้แก่ (A1) ความหนาแน่นประชากร (A2) ความหนาแน่นเชิงพาณิชย์ และ (A3) การออกแบบพื้นที่สำหรับคนเดินเท้า ซึ่งปัจจัยรองที่มีค่าน้ำหนักมากที่สุดคือ (B1) ชิดจำกัดความจุทางสิ่งแวดล้อม เนื่องจากการพื้นที่ศึกษาดังกล่าวเน้นไปที่การจัดการทางด้านสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืนเป็นหลัก ผลการศึกษาพบว่าสถานี Xinde Elementary มีความเหมาะสมมากที่สุดในการพัฒนา TOD นอกจากนี้ยังมีอีกหลายการศึกษาที่มีการคัดเลือกสถานีสำหรับพัฒนาพื้นที่รอบสถานี โดยประยุกต์ใช้วิธี AHP เช่นการศึกษาของ [9-13] เป็นต้น

มนสิชา [14] ได้ศึกษาและวิเคราะห์ศักยภาพเพื่อพัฒนาพื้นที่รอบสถานี ตามแนวเส้นทางระบบขนส่งสาธารณะรางเบาในจังหวัดขอนแก่น โดยอาศัยหลักการพื้นฐานในการจำแนกประเภท TOD และจัดยุทธศาสตร์สำหรับการประเมินศักยภาพพื้นที่รอบสถานีเมือง Portland ประเทศสหรัฐอเมริกา โดย CTOD [15] ซึ่งในการศึกษามีการใช้ปัจจัยหลักสำหรับวิเคราะห์ 2 ปัจจัยคือ ปัจจัยหลักที่ (1) ศักยภาพความพร้อมของพื้นที่ในการพัฒนา ตัวชี้วัดของปัจจัยนี้ได้แก่ ความหนาแน่นประชากร ความหนาแน่นของการจ้างงาน จำนวนของร้านค้าปลีกและสถานประกอบการในพื้นที่ ความหนาแน่นของบล็อกอาคาร ระยะทางการให้บริการระบบขนส่ง สาธารณะที่ผ่านเข้ามาในพื้นที่ และระยะทางรวมของเส้นทางเดินเท้าและทางจักรยาน และปัจจัยหลักที่ (2) ศักยภาพของพื้นที่ด้านตลาดอสังหาริมทรัพย์ ตัวชี้วัดของปัจจัยนี้ได้แก่ สัดส่วนการถือครองกรรมสิทธิ์ที่ดินโดยภาคเอกชน สัดส่วนพื้นที่ว่างที่ไม่มีการพัฒนา จำนวนแปลงที่ดินราคาที่ดินเฉลี่ยต่อแปลง และความดึงดูดของพื้นที่ในการลงทุน ในการวิเคราะห์แบ่งออกเป็น 9 จตุภาค (Quadrant) ตามระดับศักยภาพของพื้นที่ของแต่ละสถานี ซึ่งไม่สามารถจัดลำดับความสำคัญของสถานีสำหรับพัฒนา TOD ได้ เนื่องจากในการศึกษามีวัตถุประสงค์เพื่อจำแนกประเภทของการพัฒนา TOD

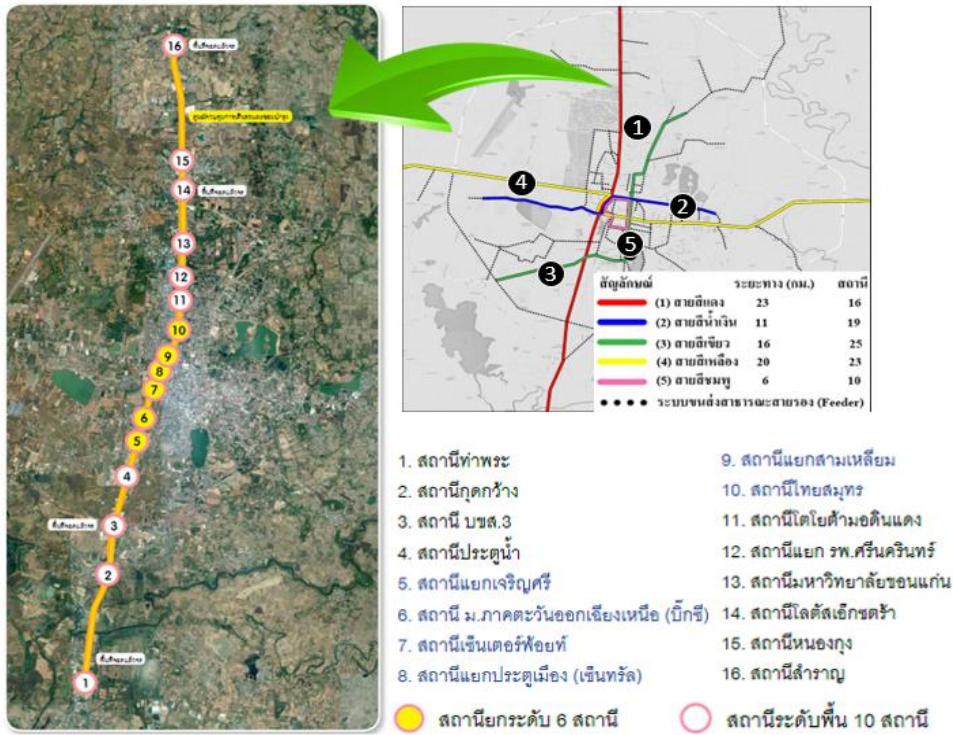
ในงานวิจัยได้นำหลักการและปัจจัยดังกล่าวมาศึกษาและวิเคราะห์เพื่อคัดเลือกพื้นที่รอบสถานีแบบศูนย์กลางเมืองที่มีศักยภาพของพื้นที่รอบสถานีมากที่สุด โดยประยุกต์ใช้การบูรณาการ AHP, FSM และ SAW ซึ่งจะเป็นการปรับปรุงจากการศึกษาที่ได้กล่าวมาข้างต้น เนื่องจากวิธีการที่ใช้สามารถจัดลำดับความสำคัญได้ มีโครงสร้างการตัดสินใจที่แน่นอนสามารถทำความเข้าใจได้ง่าย (Simplicity) อาศัยการตัดสินใจโดยใช้ดุลพินิจ (Judgment) ของผู้เชี่ยวชาญที่มีความรู้ความเข้าใจและสามารถวัดความสอดคล้อง (Consistency) ในการตัดสินใจ สามารถรวมค่าน้ำหนักในการตัดสินใจเป็นกลุ่ม (Group Decision Making) และยังสามารถวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity Analysis) ได้ [5]

## วัตถุประสงค์การวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อคัดเลือกสถานที่สำหรับพัฒนาพื้นที่รอบสถานี (TOD) ประเภทศูนย์กลางของกิจกรรมด้านเศรษฐกิจและแหล่งวัฒนธรรม (Urban Center) ตามแนวเส้นทางระบบรถไฟฟ้ารางเบา (LRT) ในจังหวัดขอนแก่น ที่มีศักยภาพในการพัฒนา TOD มากที่สุด โดยใช้การบูรณาการ AHP, FSM และ SAW

## พื้นที่ศึกษา

ผังเมืองขอนแก่นพื้นที่ผังเมืองขอนแก่นครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 228 ตร.กม. ตั้งอยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย มีแนวโน้มของผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัด (Gross Provincial Products, GPP) จำนวนของประชากรและจำนวนของรถนั่งส่วนบุคคลสูงขึ้นทุกปี ในขณะที่จำนวนการจ้างงานมีความผันผวนค่อนข้างมาก จังหวัดขอนแก่นมีแผนการพัฒนาโครงการขนาดใหญ่ โดยหนึ่งในนั้นคือโครงการก่อสร้างระบบขนส่งรถไฟฟ้ารางเบา (LRT) จำนวน 5 เส้นทาง ในงานวิจัยนี้จะพิจารณาพื้นที่ในรัศมี 500 เมตร ตามแนวเส้นทางสายเหนือใต้ (สำราญ-ท่าพระ) ระยะทางรวม 22.8 กิโลเมตร และมีจุดจอดรับส่งผู้โดยสารทั้งหมด 16 สถานี ดังแสดงในภาพที่ 1



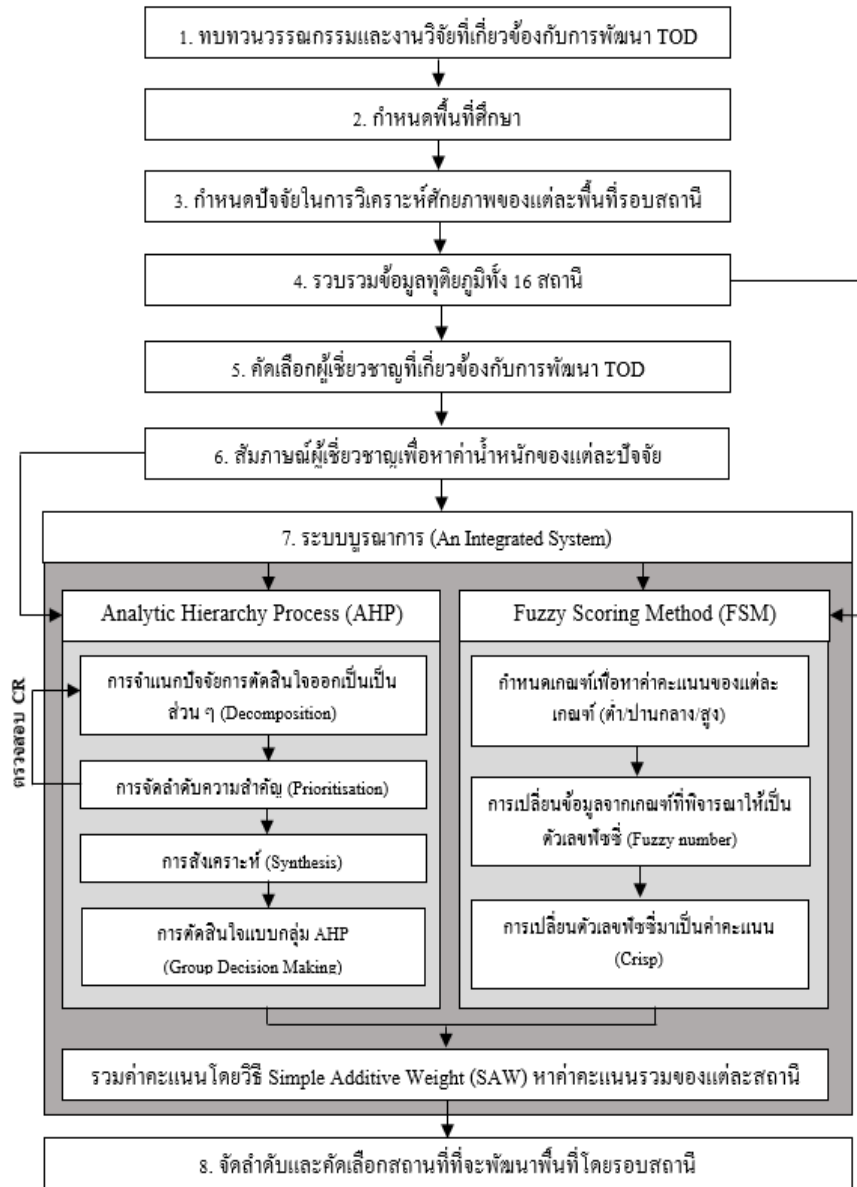
ภาพที่ 1 เส้นทางรถไฟฟ้ารางเบาสายเหนือใต้ (สำราญ – ท่าพระ) ในจังหวัดขอนแก่น [16]

## วิธีการวิจัย

ขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัย ได้แสดงไว้ในภาพที่ 2 โดยขั้นตอนต่าง ๆ สามารถอธิบายพอสังเขปได้ดังนี้

1. ทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาพื้นที่รอบสถานี (TOD)
2. กำหนดพื้นที่ศึกษา: ในการกำหนดพื้นที่ศึกษา ได้กล่าวไว้ในหัวข้อพื้นที่ศึกษา

3. กำหนดปัจจัยในการวิเคราะห์ศักยภาพของแต่ละพื้นที่รอบสถานี: ในการศึกษาได้นำปัจจัยบางส่วนของ มนสิชา เพชรานนท์ [14] เพื่อ และอีกบางส่วนได้จากการทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง การสัมภาษณ์ ผู้เชี่ยวชาญโดยตรง



ภาพที่ 2 ขั้นตอนการวิเคราะห์เพื่อคัดเลือกสถานที่สำหรับการพัฒนาพื้นที่รอบสถานี (TOD) ในเมืองขอนแก่น

4. รวบรวมข้อมูลทุกภูมิภาคทั้ง 16 สถานี: เพื่อใช้ในการกำหนดเกณฑ์ค่าคะแนนของแต่ละปัจจัย
5. คัดเลือกผู้เชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนา TOD: ในการศึกษาได้ การคัดเลือกผู้เชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนา TOD สำหรับให้ค่าน้ำหนักความสำคัญ 15 คน โดยแบ่งเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ (1) ผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมขนส่ง (2) ผู้เชี่ยวชาญด้านสถาปัตยกรรมและการออกแบบผังเมือง (3) ผู้เชี่ยวชาญด้านสิ่งแวดล้อม
6. สัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญเพื่อหาค่าน้ำหนักของแต่ละปัจจัย: หลังจากการกำหนดผู้เชี่ยวชาญได้แล้วขั้นต่อมาคือการสัมภาษณ์โดยตรงกับผู้เชี่ยวชาญเพื่อหาค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัย
7. การคัดเลือกสถานที่สำหรับพัฒนา TOD ได้จากการประยุกต์ใช้ระบบการบูรณาการ ซึ่งประกอบด้วย

7.1 AHP: ใช้สำหรับหาค่าน้ำหนักความสำคัญของแต่ละปัจจัย ตรวจสอบความสอดคล้องของการตัดสินใจของผู้เชี่ยวชาญ

7.2 FSM: ใช้สำหรับหาค่าคะแนนที่เป็นตัวเลขของ ตำแหน่งกลาง สูง

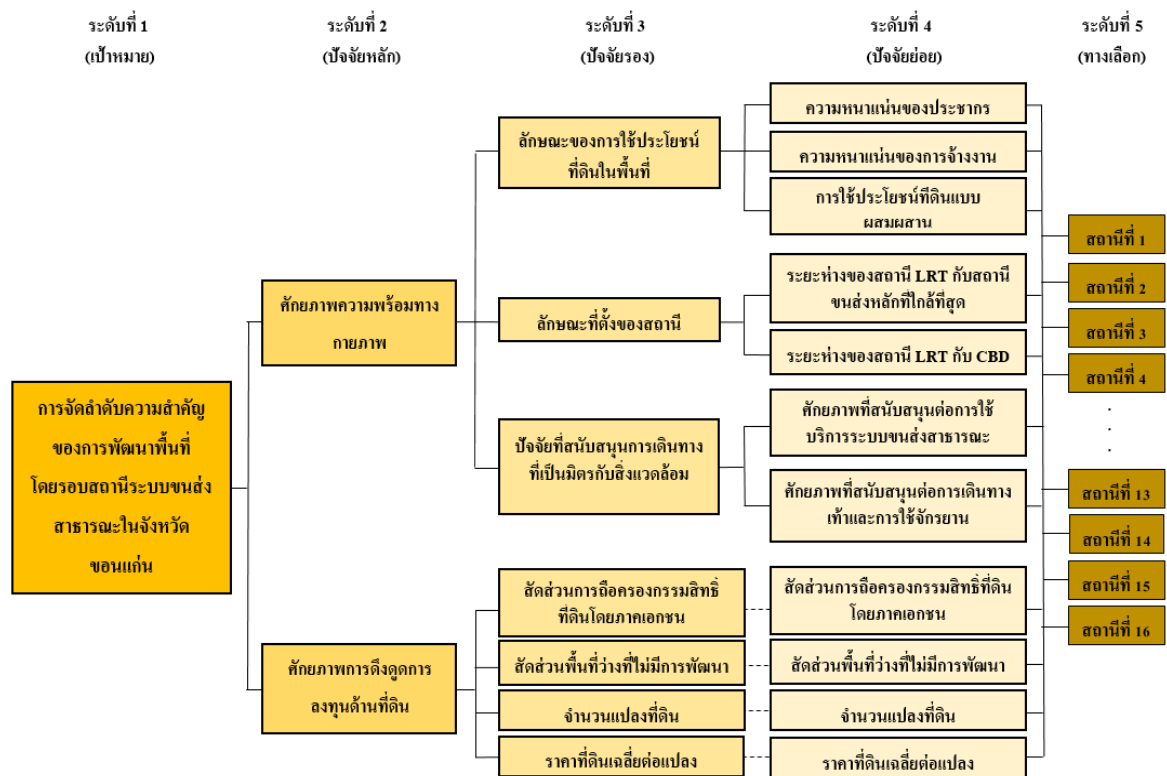
7.2 SAW: ใช้สำหรับการบูรณาการค่าคะแนนรวมของแต่ละสถานี เพื่อจัดลำดับความสำคัญของแต่ละสถานี

8. จัดลำดับความสำคัญทั้ง 16 สถานีสำหรับพัฒนา TOD และสรุปผลการศึกษา

**กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (Analytic Hierarchy Process, AHP)**

การดำเนินการของ AHP ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ (1) การจำแนกองค์ประกอบของการตัดสินใจออกเป็น ส่วนย่อย ๆ (Decomposition), (2) การจัดลำดับความสำคัญ (Prioritisation) และ (3) การสังเคราะห์ (Synthesis) [17]

(1) การจำแนกองค์ประกอบของการตัดสินใจออกเป็น ส่วนย่อย ๆ (Decomposition) ผู้ตัดสินใจมีการจำแนก ปัจจัยการตัดสินใจ ออกเป็นส่วนๆ เพื่อจัดรูปแบบ โครงสร้างการตัดสินใจ (Hierarchy structure) โดยมีความซับซ้อน แตกต่างกันไปตามความสัมพันธ์ของปัจจัยในการตัดสินใจ ซึ่งจะเกี่ยวข้องกันเป็นองค์ประกอบและ โครงสร้างลำดับ ชั้นในระดับบนจนถึงระดับล่าง ดังแสดงในภาพที่ 3 ซึ่งโครงสร้างดังกล่าวได้จากการทบทวนวรรณกรรม งานวิจัยและ จากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญโดยตรง



ภาพที่ 3 แผนภูมิโครงสร้างลำดับชั้นการตัดสินใจเพื่อคัดเลือกสถานีสำหรับพัฒนา TOD ในจังหวัดขอนแก่น

(2) การจัดลำดับความสำคัญ (Prioritisation) หลังจากการสร้างโครงสร้างลำดับชั้น ขึ้นตอนต่อไปเป็นกระบวนการพิจารณาคำนวณหาค่าน้ำหนักความสำคัญในแต่ละลำดับชั้นของโครงสร้าง ๆ และทำการแบ่งให้เป็นปัจจัย สำหรับการตัดสินใจหลักเดียวกันที่มีความสัมพันธ์กับปัจจัยในการตัดสินใจอื่น ๆ ที่อยู่ในลำดับถัดไป โดยใช้วิธีการให้

อัตราส่วน (Ratio scale) ซึ่งเป็นกระบวนการเปรียบเทียบปัจจัยเป็นคู่ภายใต้ปัจจัยในระดับเดียวกันของโครงสร้าง โดยมีอัตราส่วนตั้งแต่ 1 (สำคัญเท่ากัน) ไปถึง 9 (สำคัญสูงสุด) [18] ซึ่งในการศึกษาได้คัดเลือกผู้เชี่ยวชาญ 15 คน

ตารางเมตริกซ์การตัดสินใจที่ได้จากการเปรียบเทียบเป็นคู่ (Pairwise comparisons) ขององค์ประกอบการตัดสินใจในระดับชั้นเดียวกัน จากการเปรียบเทียบเป็นคู่เพื่อหาระดับความสำคัญ  $a_{ij} = w_i / w_j$  สำหรับทุกสมาชิกของปัจจัยการตัดสินใจ (ในระดับชั้นของแผนภูมิระดับชั้นเดียวกัน)  $a_{ji} = 1 / a_{ij}$  จะอยู่ในเมตริกซ์  $A = \{a_{ij}\}$  การแก้สมการโดยการวิเคราะห์ จากสมการ  $AW = \lambda_{max} W$  เพื่อหาน้ำหนักความสำคัญตามวิธีของ Normalised Principle Right Eigenvector  $W = \{w_1, w_2, \dots, w_n\}^T$  เมตริกซ์จัตุรัส  $A$  ที่ได้มาจากการวิเคราะห์สมการแล้วสามารถคำนวณหาค่าน้ำหนักความสำคัญสำหรับแต่ละองค์ประกอบการตัดสินใจได้ค่าของ  $\lambda_{max}$  ที่พบค่าที่ใกล้เคียงกับค่า  $n$  เมตริกซ์  $A$  ที่พิจารณาจะมีความสอดคล้อง ซึ่งเป็นเหตุผลที่ใช้  $\lambda_{max}$  เป็นตัวแปรสำคัญที่ใช้พิจารณาความไม่สอดคล้องที่เกิดขึ้นในการพิจารณาของเมตริกซ์  $A$  ดัชนีความสอดคล้อง (Consistency Index, CI) ซึ่งสามารถเขียนสมการคือ  $CI = (\lambda_{max} - n) / (n - 1)$  ต่อมาได้ถูกสร้างขึ้นเป็นดัชนีชี้วัดจากการทดสอบเมตริกซ์จัตุรัส เรียกว่า ดัชนีความสอดคล้องสุ่ม (Random Consistency Index, RCI) ค่าอัตราส่วนระหว่าง CI และ RCI เรียกว่า อัตราส่วนความสอดคล้อง (Consistency Ratio, CR) โดยทั่วไปค่า CR จะยอมรับได้เมื่อมีค่าน้อยกว่า 0.10 ซึ่งเป็นค่าที่บอกถึงความสอดคล้องของกระบวนการตัดสินใจ [17] ในตารางที่ 1 ถึง ตารางที่ 3 เป็นตัวอย่างการให้ค่าน้ำหนักความสำคัญแก่ปัจจัยหลัก ปัจจัยรองและปัจจัยย่อย โดยผู้เชี่ยวชาญคนที่ 1 มีค่า CR น้อยกว่า 0.1 และในงานวิจัยนี้ใช้วิธี Normalisation of the Geometric Mean of the Row (NGM) ในการคำนวณหา Principle Right Eigenvector ( $W$ ) และค่า Largest Eigenvalue ( $\lambda_{max}$ ) ของจัตุรัส  $A$  [5]

ตารางที่ 1 ตัวอย่างการให้ค่าน้ำหนักความสำคัญแก่ปัจจัยหลัก

ปัจจัยหลัก	(1)	(2)	ค่าน้ำหนัก
(1) สักยภาพความพร้อมทางกายภาพ	1	5	0.833
(2) สักยภาพการดึงดูดการลงทุนด้านที่ดิน	1/5	1	0.167

$\lambda_{max} = 2.000$ ,  $CI = 0.000$  และ  $CR = 0.000$

ตารางที่ 2 ตัวอย่างการให้ค่าน้ำหนักความสำคัญแก่ปัจจัยรอง ภายใต้ปัจจัยหลักด้านสักยภาพความพร้อมทางกายภาพ

ปัจจัยรอง	(1)	(2)	(3)	ค่าน้ำหนัก
(1) ลักษณะของการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่	1	1/3	2	0.230
(2) ลักษณะที่ตั้งของสถานี	3	1	5	0.648
(3) ปัจจัยที่สนับสนุนการเดินทางที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม	1/2	1/5	1	0.122

$\lambda_{max} = 3.004$ ,  $CI = 0.002$  และ  $CR = 0.004$

ตารางที่ 3 ตัวอย่างการให้ค่าน้ำหนักความสำคัญแก่ปัจจัยย่อย ภายใต้ปัจจัยรองด้านลักษณะของการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่

ปัจจัยย่อย	(1)	(2)	(3)	ค่าน้ำหนัก
(1) ความหนาแน่นของประชากร	1	2	5	0.582
(2) ความหนาแน่นของการจ้างงาน	1/2	1	3	0.309
(3) การใช้ประโยชน์ที่ดินแบบผสมผสาน	1/5	1/3	1	0.109

$\lambda_{max} = 3.004$ ,  $CI = 0.002$  และ  $CR = 0.004$

(3) การสังเคราะห์ (Synthesis) ขึ้นตอนหลังจากการจัดลำดับความสำคัญคือ เมื่อได้ค่าน้ำหนักความสำคัญของแต่ละปัจจัยทั้งหมดแล้ว ขึ้นตอนต่อไปคือการสังเคราะห์ โดยทั่วไป AHP จะใช้วิธี “Principle of Hierarchy Composition” ในการสังเคราะห์หาค่าน้ำหนักความสำคัญเป็นน้ำหนักความสำคัญสัมพัทธ์รวม (Global Relative Importance) สำหรับการพิจารณาหาทางเลือกที่ดีที่สุด [19-21]

(4) การตัดสินใจแบบกลุ่ม AHP (Group Decision Making) กระบวนการ AHP สามารถจัดการแก้ไขปัญหาในการตัดสินใจของกลุ่มได้โดยวิธีค่าเฉลี่ยเรขาคณิต (Geometric Mean Method, GMM) ซึ่งได้ถูกใช้ในการรวมผลการวินิจฉัยที่เป็นลักษณะของกลุ่มข้อมูล [5] ค่าเฉลี่ยเรขาคณิตได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการคำนวณหาค่าน้ำหนักความสำคัญสัมพัทธ์ของกลุ่ม ในโครงสร้างลำดับชั้นการตัดสินใจ

#### Fuzzy Scoring Method (FSM)

Chen and Hwang [22] ใช้วิธี Fuzzy Scoring Method ในการประมาณค่าคะแนนตัวเลขจริง จากตัวเลขฟัซซี่ทั้งด้านซ้ายและขวาของวิธีการหาค่าคะแนนแบบอรรถประโยชน์ (Utility Scoring Method) ในการหาค่าคะแนนรวมสำหรับตัวเลขฟัซซี่แต่ละค่า [23] ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 การประมาณอรรถประโยชน์รวมสำหรับ 3 ระดับคำพูด [22]

ตัวเลขฟัซซี่ M(i)	ต่ำ (Low)	ปานกลาง (Medium)	สูง (High)
ค่าคะแนนอรรถประโยชน์รวมที่ปรับแล้ว	0.20	0.60	1.00

### ผลการวิจัย

#### ค่าน้ำหนักความสำคัญของแต่ละปัจจัยจากวิธี AHP

ผลที่ได้จากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 15 คน ด้วยวิธี AHP สามารถคำนวณหาค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยหลัก ปัจจัยรองและปัจจัยย่อย ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ค่าน้ำหนักความสำคัญกลุ่มของปัจจัยที่ใช้ในการพิจารณาคัดเลือกสถานที่สำหรับพัฒนาพื้นที่รอบสถานี

ปัจจัยหลัก	ค่าน้ำหนัก	ปัจจัยรอง	ค่าน้ำหนัก	ปัจจัยย่อย	ค่าน้ำหนัก	
ศักยภาพความพร้อมทางกายภาพ	0.579 (1)	ลักษณะของการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่	0.241 (1)	ความหนาแน่นของประชากร	0.090 (5)	
				ความหนาแน่นของการทำงาน	0.060 (9)	
				การใช้ประโยชน์ที่ดินแบบผสมผสาน	0.092 (4)	
		ลักษณะที่ตั้งของสถานี	0.233 (2)	ระยะห่างของสถานี LRT กับสถานีขนส่งหลักที่ใกล้ที่สุด	0.081 (7)	
				ระยะห่างของสถานี LRT กับ CBD	0.152 (1)	
ปัจจัยที่สนับสนุนการเดินทางที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม	0.104 (5)		ศักยภาพที่สนับสนุนต่อการให้บริการระบบขนส่งสาธารณะ	0.062 (8)		
			ศักยภาพที่สนับสนุนต่อการเดินทางเท้าและการใช้จักรยาน	0.043 (10)		
ศักยภาพการดึงดูดการลงทุนด้านที่ดิน	0.421 (2)	สัดส่วนการถือครองกรรมสิทธิ์ที่ดินภาคเอกชน	0.086 (6)	สัดส่วนการถือครองกรรมสิทธิ์ที่ดินโดยภาคเอกชน	0.086 (6)	
				สัดส่วนพื้นที่ว่างที่ไม่มีการพัฒนา	0.137 (4)	สัดส่วนพื้นที่ว่างที่ไม่มีการพัฒนา
		จำนวนแปลงที่ดิน	0.051 (7)		จำนวนแปลงที่ดิน	0.051 (8)
					ราคาที่ดินเฉลี่ยต่อแปลง	0.147 (3)
รวม	1.000		1.000		1.000	

หมายเหตุ: ตัวเลขใน ( ) หมายถึงอันดับของปัจจัยภายใต้ปัจจัยในระดับเดียวกัน



### ค่าคะแนนของแต่ละปัจจัยจากวิธี FSM

การแบ่งเกณฑ์ช่วงคะแนนจะได้จากการรวบรวมข้อมูลทุกข้อมูมิทั้ง 16 สถานี และใช้วิธีทางสถิติจัดกลุ่มโดยวิธีการวิเคราะห์การจับกลุ่ม (Cluster Analysis) ในการแบ่งเกณฑ์ช่วงคะแนนที่เป็นคำพูดได้แก่ ต่ำ ปานกลาง และสูง ดังแสดงในตารางที่ 6 ซึ่งเกณฑ์ที่แบ่งนั้น จะถูกเปลี่ยนให้อยู่ในรูปแบบของค่าตัวเลขพีชคณิตแล้วแปลงให้เป็นค่าตัวเลขที่ชัดเจนโดยใช้วิธี FSM [24]

ตารางที่ 6 การแบ่งเกณฑ์ช่วงคะแนนแต่ละปัจจัยในการคัดเลือกคัดเลือกลำดับสถานที่สำหรับพัฒนาพื้นที่รอบสถานี

ปัจจัยย่อย	หน่วย	เกณฑ์ค่าคะแนน		
		ต่ำ	ปานกลาง	สูง
ความหนาแน่นของประชากร	คน / ตร.กม.	≤ 3,000	3,001-4,000	≥ 4,001
ความหนาแน่นของการจ้างงาน	งาน / ตร.กม.	≤ 1,000	1,001-2,000	≥ 2,001
การใช้ประโยชน์ที่ดินแบบผสมผสาน	-	≤ 0.45	0.46-0.55	≥ 0.56
ระยะห่างของสถานี LRT กับสถานีขนส่งหลักที่ใกล้ที่สุด	กม.	≥ 9.1	9.0-5.1	≤ 5.0
ระยะห่างของสถานี LRT กับ CBD	กม.	≥ 5.1	5.0-2.1	≤ 2.0
ศักยภาพที่สนับสนุนต่อการให้บริการระบบขนส่งสาธารณะ	เส้นทาง	≤ 5.0	6.0-10	≥ 11
ศักยภาพที่สนับสนุนต่อการเดินทางเท้าและการใช้จักรยาน	เมตร	≤ 5,000	5,001-8,000	≥ 8,001
สัดส่วนการถือครองกรรมสิทธิ์ที่ดินโดยภาคเอกชน	ร้อยละ	≤ 50	51-80	≥ 81
สัดส่วนพื้นที่ว่างที่ไม่มีการพัฒนา	ร้อยละ	≤ 25	26-35	≥ 36
จำนวนแปลงที่ดิน	ร้อยละ	≥ 1,201	1,200-701	≤ 700
ราคาที่ดินเฉลี่ยต่อแปลง	บาท/ตร.ว.	≤ 12,485	12,486-41,770	≥ 41,771

### การรวมค่าคะแนนโดยวิธี SAW

หลักจากได้ค่าน้ำหนักความสำคัญกลุ่มของปัจจัยในตารางที่ 5 โดย AHP และการใช้ทฤษฎี FSM หาค่าตัวเลขของค่าคะแนน ต่ำ ปานกลาง สูง ขึ้นตอนต่อมาก็คือการรวมค่าน้ำหนักความสำคัญกลุ่มกับค่าคะแนน ด้วยวิธี Simple Additive Weight (SAW) โดยประยุกต์ใช้ทฤษฎี Utility Theory [19] จะได้ค่าคะแนนของแต่ละสถานี (Composite Index, CI) จากสมการ  $CI_j = \sum_{i=1}^n (W_j \cdot S_{ij})$  โดยที่  $W_j$  คือค่าน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์  $j$ ,  $S_{ij}$  คือค่าน้ำหนักของค่าคะแนนของทางเลือก  $i$  เมื่อพิจารณาเกณฑ์  $j$  และ  $n$  คือ จำนวนเกณฑ์ที่พิจารณา ตัวอย่างการคำนวณค่าคะแนนของสถานีเซนต์เตอร์พ้อยท์คือ  $0.77 = (0.09 \cdot 0.2) + (0.06 \cdot 0.6) + (0.092 \cdot 1.0) + (0.081 \cdot 1.0) + (0.152 \cdot 1.0) + (0.052 \cdot 0.6) + (0.043 \cdot 0.2) + (0.086 \cdot 0.2) + (0.137 \cdot 1.0) + (0.051 \cdot 0.0) + (0.147 \cdot 1.0)$  ซึ่งในตารางที่ 7 จะเป็นผลการจัดอันดับสถานีสำหรับการพัฒนา TOD

### อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

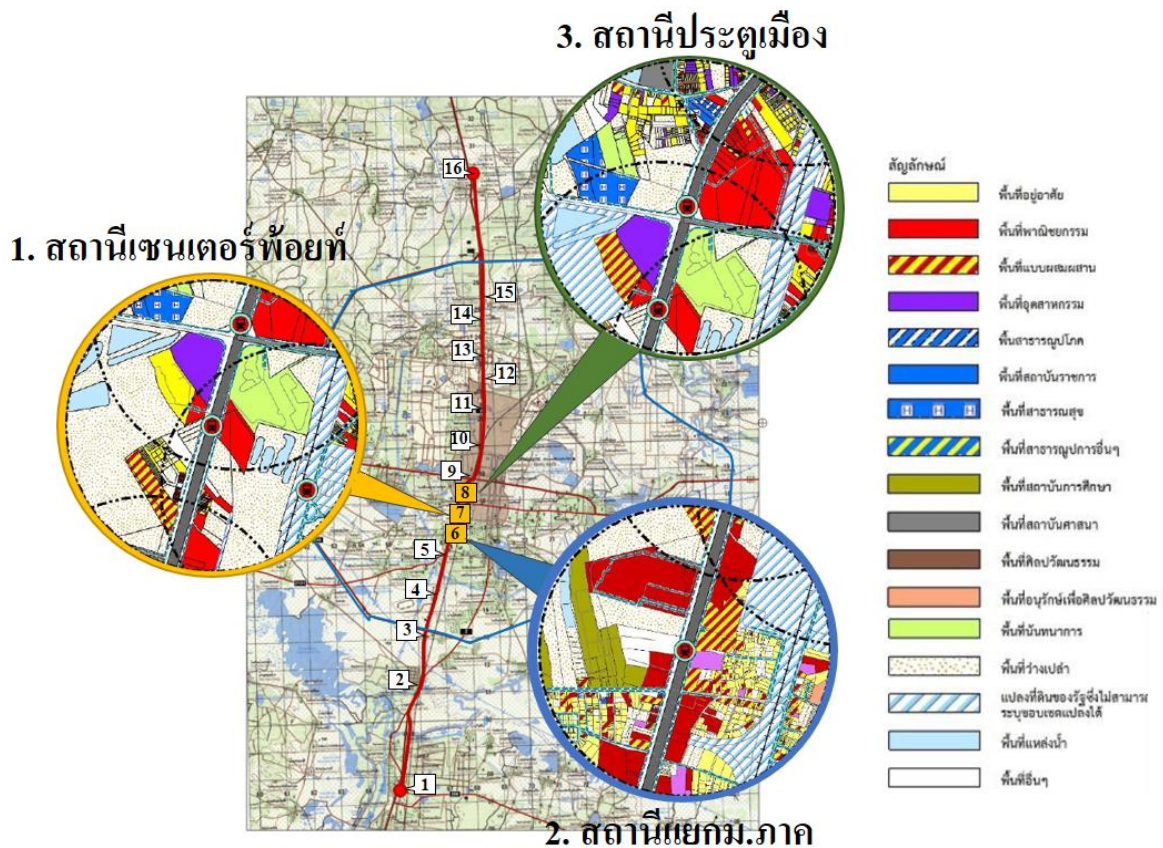
ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาและจัดลำดับความสำคัญของสถานีสำหรับพัฒนาพื้นที่โดยรอบสถานี (TOD) ตามแนวเส้นทางขนส่งรถไฟฟ้ารางเบา สายเหนือ-ใต้ (สำราญ-ท่าพระ) ในจังหวัดขอนแก่นระยะทางรวม 22.8 กม. มีจุดจอดทั้งสิ้นจำนวน 16 สถานีโดยประยุกต์ใช้การบูรณาการวิธีการต่าง ๆ ได้แก่ (1) AHP เพื่อใช้ในการคำนวณค่าน้ำหนักความสำคัญ ซึ่งปัจจัยย่อยที่มีค่าน้ำหนักความสำคัญมากที่สุด 3 อันดับแรกคือ ระยะห่างของสถานี LRT กับ CBD (0.152) ราคาที่ดินเฉลี่ยต่อแปลง (0.147) และสัดส่วนพื้นที่ว่างที่ไม่มีการพัฒนา (0.137) ตามลำดับ (2) FSM เพื่อหาค่าคะแนนที่เป็นตัวเลขจากค่าคะแนนที่เป็นคำพูด ได้แก่ ต่ำ ปานกลางและสูง (3) SAW ใช้รวมค่าน้ำหนักความสำคัญและ

ค่าคะแนนเพื่อจัดลำดับความสำคัญของสถานีสำหรับพัฒนา TOD ผลการจัดลำดับสถานีปรากฏว่า สถานีที่มีค่าคะแนนสูงสุด 3 อันดับแรกคือ สถานีเซนเตอร์พ้อยท์ สถานีแยกม. ภาค และสถานีประตูเมือง ตามลำดับดังแสดงในภาพที่ 4

เนื่องจากทฤษฎีของ AHP ที่ปัจจัยทุกตัวจะต้องเป็นอิสระต่อกัน แต่ในความเป็นจริงปัจจัยบางตัวมีความสัมพันธ์กัน ตัวอย่างเช่น ระยะห่างของ CBD ที่มีผลกับราคาที่ดิน เนื่องจากพื้นที่ที่อยู่ใกล้กับ CBD จะทำให้ราคาของที่ดินสูง ในการศึกษาในอนาคตผู้วิจัยเห็นว่าควรนำกระบวนการ โครงข่ายเชิงวิเคราะห์ (ANP) มาวิเคราะห์ เนื่องจาก ANP มีการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กันระดับเดียวกันหรือต่างระดับกัน นั่นคือ ANP สามารถพิจารณาถึงผลกระทบแบบย้อนกลับ (Feedback effects) ได้ [25]

ตารางที่ 7 การจัดอันดับสถานีสำหรับการพัฒนา TOD ของสถานีรถไฟฟ้าวางเบาสายเหนือ-ใต้จังหวัดขอนแก่น

อันดับ	สถานี	ค่าคะแนน	อันดับ	สถานี	ค่าคะแนน
1	สถานีเซนเตอร์พ้อยท์	0.777	9	สถานีตลาดประตูน้ำ	0.564
2	สถานีแยกม. ภาค	0.766	10	สถานีกุดกว้าง	0.536
3	สถานีประตูเมือง	0.733	11	สถานีไทยสมุทร	0.534
4	สถานีแยกสามเหลี่ยม	0.732	12	สถานีหนองสูง	0.518
5	สถานีขส. แห่งที่ 3	0.631	13	สถานีโลตัสเอกซ์ตร้า	0.490
6	สถานีแยกเจริญศรี	0.613	14	สถานีท่าพระ	0.468
7	สถานีโตโยต้า	0.588	15	สถานีบ้านสำราญ	0.419
8	สถานีศูนย์หัวใจสิริกิต	0.578	16	สถานีมหาวิทยาลัยขอนแก่น	0.401



ภาพที่ 4 รูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินรอบสถานีรถไฟฟ้าวางเบาที่มีคะแนนสูงสุด 3 อันดับแรก [16]

## กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทางด้านข้อมูลและเทคนิคอย่างดียิ่งจากศูนย์วิจัยและพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานอย่างยั่งยืน ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น และขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิที่พิจารณาบทความในครั้งนี้

## เอกสารอ้างอิง

1. Office of the National Economics and Social Development Council. the national economic and social development plan (NESDB), Vol 12; 2017, 144-162.
2. Center for Transit-Oriented Development (CTOD). Station area planning Manual. [Online] [Retrieved September 1,2015]. Available from [http://www.ctod.org/portal/sites/default/files/station\\_planning\\_manual\\_nov07.pdf](http://www.ctod.org/portal/sites/default/files/station_planning_manual_nov07.pdf)
3. Calthorpe P. The Next American metropolis: Ecology, community, and the American dream. New York: Princeton Architectural Press; 1993.
4. Cervero R, Kockelman K. Travel demand and the 3Ds: density, diversity, and design. *Transpn Res.-D*; 1997, 2(3): 199-219.
5. Klungboonkrong P. A decision support tool for the fuzzy multicriteria environmental sensitivity evaluation of urban road networks. *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*; 1997, 2(6): 1961-1980.
6. Wey WM. A comparative location study for the joint development station of a mass rapid transit system: a case in Taichung City in Taiwan. *Environment and Planning B: Planning and Design*; 2009, 36(1): 573-587.
7. Wey WM. Smart growth and transit-oriented development planning in site selection for a new metro transit station in Taipei, Taiwan. *Habitat International*; 2015, 47(1): 158-168.
8. Wey WM. Alternative transit-oriented development evaluation in sustainable built environment planning. *Habitat International*; 2016, 55(1): 109-123.
9. Taki H, Mahmoud M, Mohammed E. Re-Assessing TOD index in Jakarta Metropolitan Region (JMR). *Journal of Applied Geospatial Information*; 2017, 1(1): 26-35.
10. Mamdoohi A, Farzin I, Gholi H. Integrated TOD and Urban Land Use Planning: Evidence from Iran, Kashan. *Reviewed Paper Real Corp*; 2017, 301-309.
11. Menarin S, Iamtrakul P, Phonro W, Srivanit M. Alternative approach for GIS based evaluation of Transit Oriented Development: A case study of Saga city, Japan. *Journal of Society for Transportation and Traffic Studies*; 2011, 2(1): 27-45.
12. Kang S, Lee S. AHP-Based decision making process for construction of public transportation city model : Case study of Jeju, Korea. *Joint International Conference on Computing and Decision Making in Civil and Building Engineering*; 2006, 1976-1985.
13. Mohajeri N, Gholam R. Railway station site selection using analytical hierarchy process and data envelopment analysis. *Computers and Industrial Engineering*; 2010, 59(1): 107-114.



14. Bejrananda M. Spatial Capacity Analysis for Transit Oriented Development in Khon Kaen City. Built Environment Inquiry, Faculty of Architecture KhonKaen University. 2018; 17(2), 93-114.
15. Center for Transit-Oriented Development (CTOD). Transit-Oriented Development Strategic Plan. Metro TOD Program. Report for Metro TOD Program in Portland, OR; 2011 [Online] [Retrieved September 1, 2018]. Available from <http://ctod.org/pdfs/2011PortlandTODweb.pdf>.
16. Office of transport and Traffic Policy and Planning. Final Report of the study design details of the public transport system in Khon Kaen province, and environmental impact. Sustainable Infrastructure Research and Development Center; 2017
17. Klungboonkrong P. Sustainable Urban Transportation Planning: Principle and Practice. Sustainable infrastructure research and development center, Faculty of civil engineering KhonKaen University; 2018, 349-385.
18. Saaty TL. The analytic hierarchy process: planning, priority setting, resource allocation. New York; London: McGraw-Hill International Book Co; 1980. Boston, MA: Springer US; 2001.
19. Klungboonkrong P. A microcomputer-aided system for the multicriteria environment evaluation: The City of Unley case study, Australia. Journal of the Eastern Asia Society of Transportation Studies (EASTS): Environment and Safety; 1999, 3(1): 99-114.
20. Saaty TL, Vargas, L. G. Models, Methods, Concepts & Applications of the Analytic Hierarchy Process; 2001.
21. Saaty TL. How to make a decision: The analytic hierarchy process. Eur. J. Oper. Res; 1990, 48(1): 9-26.
22. Chen SJ, Hwang C. L. Fuzzy Multiple Attribute Decision Making vol. 375. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 1992.
23. Chen SH. Ranking fuzzy numbers with maximizing set and minimizing set. Fuzzy Sets and Systems; 1985, 17(2): 113-129
24. Zadeh LA. Fuzzy sets." Information and Control 8; 1965, 338-353.
25. Saaty TL. The analytic hierarchy process: planning, priority setting, resource allocation. New York; London: McGraw-Hill International Book Co; 1980. Boston, MA: Springer US; 2001.