บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

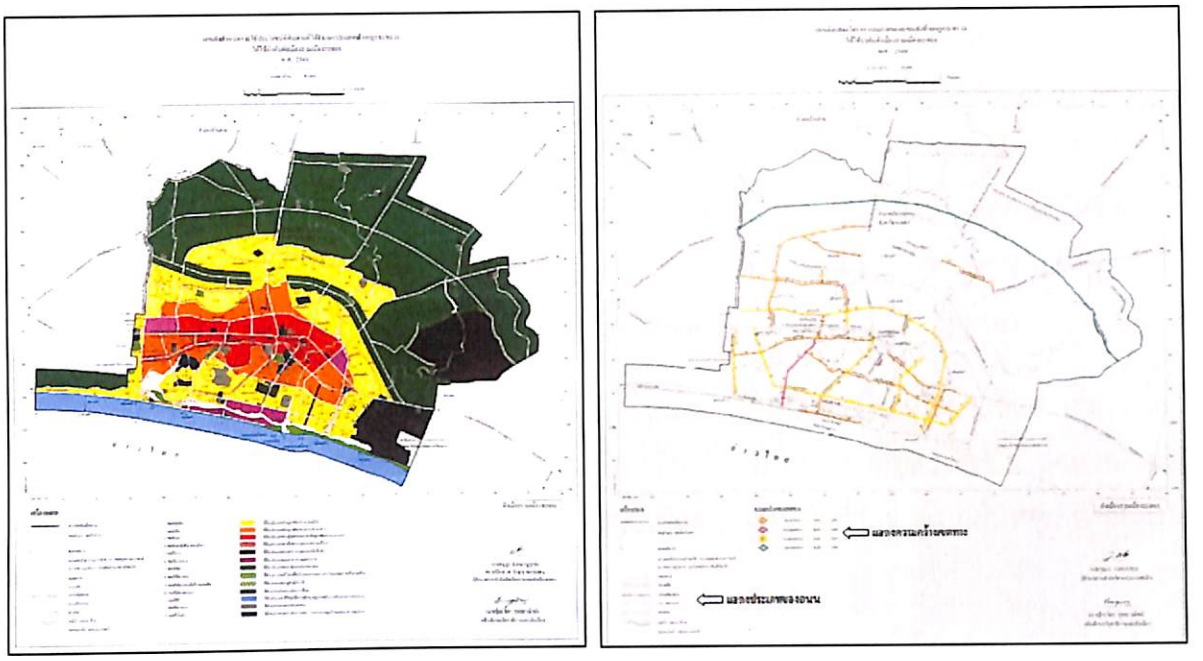
การวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายหลักเพื่อสร้างแบบจำลองเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ถนนสายหลักกับปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการวางผังเมืองรวม มีได้กำหนดกรอบแนวคิด ความหมาย องค์ประกอบและขั้นตอนการจัดทำผังเมืองรวม ปัจจัยที่มีผลต่อต่อการวางและจัดผังเมืองรวม ระบบถนนโครงข่ายที่มีสัมพันธ์กับการพัฒนาเมือง และ การวิเคราะห์ปัจจัยและการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นในการสร้างแบบจำลอง ดังรายละเอียดต่อไปนี้

2.1 ความหมาย องค์ประกอบ และขั้นตอนการจัดทำผังเมืองรวม

2.1.1 ความหมายและองค์ประกอบของผังเมืองรวม

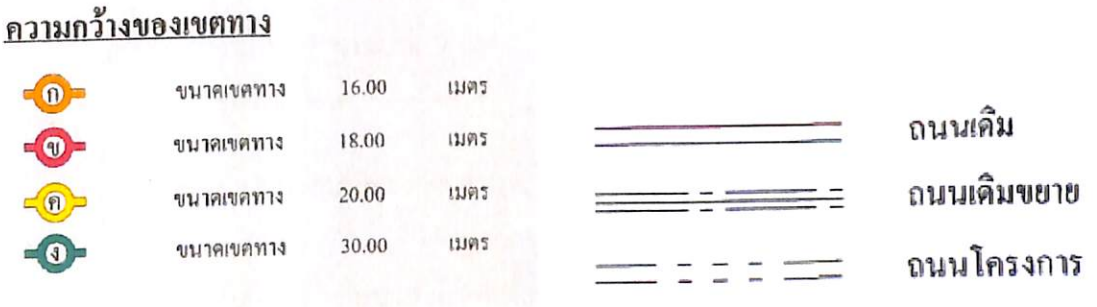
ผังเมืองรวม หมายถึง แผนผัง นโยบายและโครงการ รวมทั้งมาตรการควบคุมโดยทั่วไป เพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาและดำรงรักษาเมืองและบริเวณที่เกี่ยวข้องหรือชนบท ในด้านการใช้ประโยชน์ในทรัพย์สิน การคมนาคมและขนส่ง การสาธารณูปโภค บริการสาธารณะและสภาพแวดล้อม เพื่อบรรลุวัตถุประสงค์ของการผังเมือง (กรมโยธาธิการและผังเมือง, 2549) และจากการอาศัยอำนาจตามพระราชบัญญัติการผังเมือง พ.ศ.2518 ทำให้สามารถออกกฎกระทรวงให้ใช้บังคับผังเมืองรวมเมือง/ชุมชนในแต่ละท้องที่ได้ ซึ่งผังเมืองรวมเมือง/ชุมชนจะเป็นเครื่องมือที่ใช้ควบคุมการใช้ประโยชน์ที่ดินได้ตามกฎหมาย ผังเมืองรวมตามพระราชบัญญัติการผังเมือง พ.ศ.2518 มาตรา 17 มีการกำหนดให้มีแผนผังพร้อมข้อกำหนดจำนวน 4 แผนผัง ดังนี้ (ก) แผนผังกำหนดการใช้ประโยชน์ที่ดินตามที่ได้จำแนกประเภท (ข) แผนผังแสดงที่โล่ง (ค) แผนผังแสดงโครงการคมนาคมและขนส่ง (ง) แผนผังแสดงโครงการกิจการสาธารณูปโภค [10] โดยแผนผังหลักที่มีผลต่อการพัฒนาเมืองแบบเชิงรุก คือ แผนผังกำหนดการใช้ประโยชน์ที่ดินตามที่ได้จำแนกประเภท และ แผนผังแสดงโครงการคมนาคมและขนส่ง

การกำหนดการใช้ประโยชน์ที่ดินตามกฎกระทรวงบังคับใช้ผังเมืองรวมเมือง/ชุมชน จะมีหลายประเภท (มากกว่า 10 ประเภทต่อ 1 ผังโดยประมาณ) โดยประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินหลักประกอบด้วย พื้นที่พาณิชยกรรม พื้นที่พักอาศัย พื้นที่อุตสาหกรรมและคลังสินค้า และ พื้นที่ชนบทและเกษตรกรรม ส่วนการกำหนดประเภทและขนาดของถนนโครงข่ายจะกำหนดขนาดเขตทางตั้งแต่ 12 เมตรขึ้นไป ซึ่งอาจเป็นถนนเดิมกำหนดให้ขยายเขตทาง หรือ ถนนโครงการกำหนดให้ก่อสร้างใหม่ก็ได้ ดังแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ตัวอย่างแผนผังแสดงการใช้ประโยชน์ที่ดิน และ แผนผังแสดงโครงการด้านคมนาคมและขนส่งผังเมืองรวมเมืองระยอง พ.ศ.2549

ที่มา: กระทรวงมหาดไทย



รูปที่ 2.2 สัญลักษณ์แสดงความกว้างเขตทางและประเภทของถนนในแผนผังแสดงโครงการด้านคมนาคมและขนส่ง

ที่มา: กระทรวงมหาดไทย

ประเภทของถนนในแผนผังแสดงโครงการด้านคมนาคมและขนส่งดังแสดงในรูปที่ 2.1-2 มี 3 ประเภท คือ ถนนเดิม ถนนเดิมขยาย และ ถนนโครงการ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

- ถนนเดิม หมายถึง ถนนที่มีแนวอยู่แล้วในปัจจุบัน โดยมีความกว้างของเขตทางเพียงพอแล้ว ไม่จำเป็นต้องขยายในอนาคต การขยายผิวจราจรบนถนนเดิมโดยไม่มีการขยายเขตทางก็จัดอยู่ในถนนประเภทนี้เช่นกัน

- ถนนเดิมขยาย หมายถึง ถนนที่มีแนวอยู่แล้วในปัจจุบัน แต่ถูกกำหนดให้ขยายความกว้างของเขตทางออกไปจากเดิมในอนาคต โดยต้องมีการขยายเขตทางกว้างเท่ากับความกว้างของเขตทางที่ระบุไว้ในสัญลักษณ์ (สาย ก1 ข2 หรือ ค1 เป็นต้น)
- ถนนโครงการ หมายถึง ถนนที่ก่อสร้างใหม่ทั้งหมดโดยไม่มีแนวถนนเดิมอยู่ก่อนเลย ทำให้ที่ดินตามแนวถนนโครงการต้องถูกกันแนวไว้เพื่อการก่อสร้างถนนในอนาคต โดยต้องมีการกันเขตทางกว้างเท่ากับความกว้างของเขตทางที่ระบุไว้ในสัญลักษณ์ (สาย ก1 ข2 หรือ ค1 เป็นต้น)

ประชาชนที่มีกรรมสิทธิ์ในที่ดินตามแนวถนนโครงข่ายที่บรรจุในแผนผังแสดงโครงการด้านคมนาคมและขนส่งจะถูกจำกัดสิทธิในการก่อสร้างเพื่อเตรียมพื้นที่ไว้สำหรับก่อสร้างถนนในอนาคต ต้องพิจารณาถึงข้อกำหนดที่มีอยู่ 2 ระดับ คือ ข้อกำหนดแบบเข้มงวด และ ข้อกำหนดแบบยืนหยุ่น ดังข้อความดังนี้

ข้อที่ ... การใช้ประโยชน์ที่ดินตามแผนผังแสดงโครงการคมนาคมและขนส่งท้ายข้อกำหนดนี้ได้เป็นไปดังต่อไปนี้

(1) ที่ดินในบริเวณแนวถนนโครงการสาย ... ให้ใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อกิจการตามที่กำหนดดังต่อไปนี้

1.1 การก่อสร้างถนนและการสาธารณูปโภคและสาธารณูปการที่เกี่ยวข้อง

1.2 การเกษตรกรรมหรือเกี่ยวข้องกับเกษตรกรรม ซึ่งมิใช่อาคารขนาดใหญ่ และมีความสูงของอาคารไม่เกิน 9 เมตร

1.3 รั้วหรือกำแพง

(2) ที่ดินในบริเวณแนวถนนโครงการสาย ... ให้ใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อกิจการตามที่กำหนดดังต่อไปนี้เท่านั้น

2.1 การก่อสร้างถนนและการสาธารณูปโภคและสาธารณูปการที่เกี่ยวข้อง

2.2 การเกษตรกรรมหรือเกี่ยวข้องกับเกษตรกรรม ซึ่งมิใช่อาคารขนาดใหญ่ และมีความสูงของอาคารไม่เกิน 9 เมตร

2.3 การอยู่อาศัย ซึ่งมิใช่อาคารขนาดใหญ่ และมีความสูงของอาคารไม่เกิน 9 เมตร

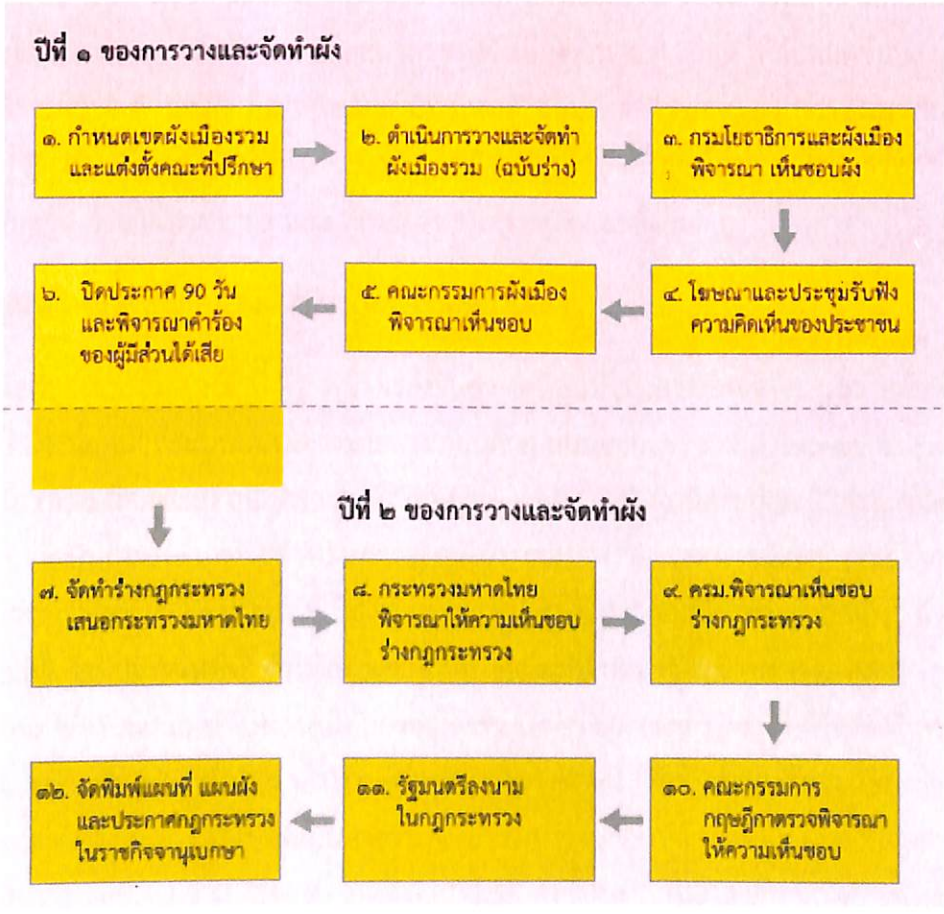
2.4 การอยู่อาศัย ซึ่งมิใช่ห้องแถวตึกแถว หรือบ้านแถว

2.5 การอยู่อาศัย ซึ่งมิใช่เป็นส่วนหนึ่งของการจัดสรรที่ดิน

2.6 รั้วหรือกำแพง

2.1.2 ขั้นตอนการวางและจัดทำผังเมืองรวม

ขั้นตอนการจำทำผังเมืองรวมจำแนกออกได้เป็น 12 ขั้นตอนหลักๆ โดยขั้นตอนที่ (1) ถึง (6) เป็นขั้นตอนการวางและจัดทำผังร่าง และ ขั้นตอนที่ (7) ถึง (12) เป็นขั้นตอนการจัดทำร่างผังเมืองรวมให้เป็นกฎหมาย ดังรายละเอียดต่อไปนี้ (สำนักผังเมืองรวม กรมโยธาธิการและผังเมือง, 2559) ซึ่งมีเป้าหมายในการดำเนินการในระยะเพียง 2 ปีเท่านั้น คือ ปีที่ 1 ให้ดำเนินการในขั้นตอนการวางและจัดทำผังร่างให้แล้วเสร็จ ส่วนปีที่ 2 ให้ดำเนินการจัดทำร่างผังเมืองรวมให้เป็นกฎกระทรวง แต่อย่างไรก็ตามในทางปฏิบัติจะไม่สามารถดำเนินการจัดทำผังเมืองรวมได้ในเวลาเพียง 2 ปี เช่น กฎกระทรวงให้บังคับใช้ผังเมืองรวมเมืองสมุทรสงคราม พ.ศ.2558 ได้มีการเริ่มดำเนินการตั้งแต่ปี พ.ศ.2550 แต่ประกาศเป็นกฎกระทรวงปี พ.ศ.2558 ซึ่งใช้ระยะเวลาดำเนินการนานถึง 8 ปี



รูปที่ 2.3 ขั้นตอนการจัดทำผังเมืองรวมตาม พรบ.การผังเมือง พ.ศ.2518
ที่มา: สำนักผังเมืองรวม กรมโยธาธิการและผังเมือง

ในขั้นตอนที่ 3 “กรมโยธาธิการและผังเมืองพิจารณาเห็นชอบผัง” ซึ่งคณะกรรมการผังเมืองได้มีคำสั่งเมื่อปี พ.ศ.2557 เปลี่ยนชื่อเป็น “การประชุมประกอบการให้ความเห็นด้านผังเมือง กรมโยธาธิการและผังเมือง” ขั้นตอนที่ 3 ถือว่าเป็นขั้นตอนที่สำคัญเนื่องจากผังเมืองรวมฉบับร่างที่ผ่านขั้นตอนนี้จะมีความชัดเจน มากขึ้นเพราะมีการกำหนดโครงสร้างและแนวคิดในการวางผังเมืองรวมอย่างชัดเจน และยัง

ได้รับการพิจารณาความเหมาะสมของร่างผังเมืองรวมครบทุกปัจจัย เช่น ปัจจัยทางด้านวิชาการ ปัจจัยจากความเห็นของประชาชน ปัจจัยจากนโยบายภาครัฐ เป็นต้น เมื่อร่างผังเมืองรวมผ่านขั้นตอนที่ 3 แล้วส่วนใหญ่จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างและแนวคิดหลักของผังเมืองรวมแล้ว แต่อาจมีการเปลี่ยนแปลงในรายละเอียดได้บ้างตามที่คณะกรรมการผังเมืองเห็นชอบ

2.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการกำหนดถนนโครงข่ายในการวางและจัดทำผังเมืองรวม

การคมนาคมและขนส่งกับเมืองมีผลซึ่งกันและกันและมีความสัมพันธ์กันแบบซับซ้อนและเปลี่ยนแปลงได้ตามช่วงเวลา เช่น ถ้าไม่มีการพัฒนาระบบถนนโครงข่ายและระบบขนส่งสาธารณะก็ไม่มีทางที่ให้บริการประชาชนได้อย่างเพียงพอ การก่อสร้างถนนเข้าไปยังพื้นที่สีเขียวก็อาจทำให้เมืองมีการเติบโตแบบไม่มิทิศทาง หรือ การจัดระบบการใช้ประโยชน์ที่ดินให้เหมาะสมอาจลดความต้องการเดินทางด้วยพาหนะได้ (Cervero, 2001) เกณฑ์และมาตรฐานผังเมืองรวม พ.ศ.2549 ได้กำหนดข้อมูลระดับภายในเขตผังเมืองรวมไว้ 9 ด้านหลัก คือ ลักษณะภูมิประเทศ ขอบเขตการปกครอง การคมนาคมขนส่งและเส้นทางสัญจร การใช้ประโยชน์ที่ดิน กรรมสิทธิ์ที่ดิน การใช้ประโยชน์อาคาร บริการสาธารณะและโครงสร้างพื้นฐาน จำนวนประชากร และ ลักษณะทางเศรษฐกิจและสังคม

2.3 ระบบถนนโครงข่ายที่มีความสัมพันธ์กับการพัฒนาเมือง

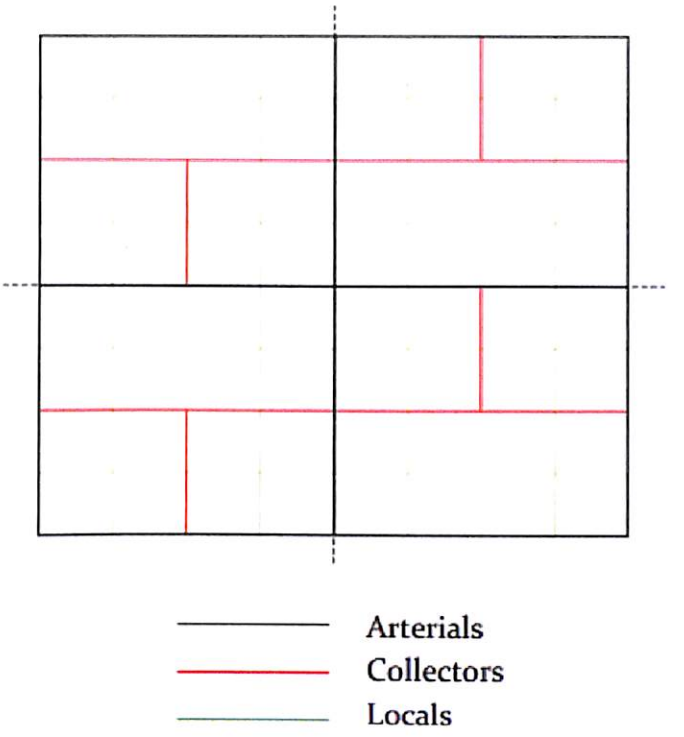
หน้าที่ของถนนมี 2 หน้าที่ คือ หน้าที่รองรับการเคลื่อนที่ของกระแสจราจร และ หน้าที่รองรับการเข้าถึงพื้นที่ข้างทาง หน้าที่ระบบถนนโครงข่ายประกอบด้วย ถนนสายประธาน (Freeway or Expressway) ถนนสายหลัก (Arterial road) ถนนสายรอง (Collector road) และ ถนนสายย่อย (Local road) โดยถนนสายประธานจะเป็นถนนให้บริการสำหรับการเชื่อมโยงระหว่างเมืองและการเดินทางระยะไกลเป็นหลัก พาหนะสามารถใช้อัตราเร็วได้เป็นพิเศษเนื่องจากมีการควบคุมจุดเข้าออกเส้นทางตลอดแนว ถนนสายหลัก (Arterial road) จะเป็นถนนที่มี ทำให้ถนนสายหลักจะมีปริมาณจราจรผ่านจำนวนมาก (High traffic volume) และ พาหนะเคลื่อนที่บนถนนได้อย่างรวดเร็ว (High average speed) ดังแสดงในตารางที่ 2.1 การพิจารณาระยะห่างของถนนแต่ละประเภทพบว่า โครงข่ายของถนนสายหลักจะระยะห่างมากกว่าโครงข่ายถนนสายรอง และ โครงข่ายถนนสายรองจะมีระยะห่างมากกว่าโครงข่ายถนนสายย่อย ดังแสดงในรูปที่ 2.4 (US Department of Transportation, 2013) ดังนั้นระบบถนนสายหลักจึงมีผลกระทบต่อการเดินทางในเมืองมากกว่าถนนสายรองและถนนสายย่อย เนื่องจากถนนสายรองและถนนสายย่อยจะมีทางเลือกในการเดินทางมากกว่า มีพื้นที่ถนนรวมมากกว่าถนนสายหลัก แต่ปริมาณจราจรน้อยกว่าถนนสายหลักมาก

ตารางที่ 2.1 ความสัมพันธ์ของหน้าที่ถนนและลักษณะการเดินทาง

หน้าที่ถนน	ระยะทางให้บริการ	จุดเชื่อมต่อ	ความเร็ว	ระยะระหว่างถนน	การใช้ประโยชน์ (AADT และ DVMT)	ความสำคัญ	จำนวนช่องจราจร
สายหลัก	ยาวที่สุด	น้อย	สูง	ห่างมาก	มาก	ประเทศ	มาก
สายรอง	ปานกลาง	ปานกลาง	ปานกลาง	ปานกลาง	ปานกลาง	เมือง	ปานกลาง
สายย่อย	สั้นที่สุด	มาก	ต่ำ	ห่างน้อย	น้อย	ท้องถิ่น	น้อย

ขนาดเขตทางของโครงข่ายถนนสายหลักที่เหมาะสมต่อการพัฒนาเมืองประกอบด้วย 2 ปัจจัยหลัก คือ ขนาดของเขตทางแต่สายควรกว้างระหว่าง 25-30 เมตร และ ระยะห่างของถนนสายหลักในรูปแบบตารางควรมีระยะไม่เกิน 800-1,000 เมตรโดยประมาณ เพื่อแก้ไขปัญหาพื้นที่ปิดล้อมขนาดใหญ่ (Super block) (George et al., 2008)

สัดส่วนการเดินทางของระบบถนนนอกชุมชนและระบบถนนในชุมชนที่ใช้ปัจจัยของ ระยะที่พาหนะเดินทาง (Vehicle Mile Travel, VMT) และระยะทางของถนนโครงข่าย (Road Mile) เป็นเกณฑ์แสดงในตารางที่ 2.2 ตามลำดับ (FHWA, 1989) พบว่าถนนสายหลักจะมีสัดส่วนของระยะที่พาหนะเดินทางสูงถึงร้อยละ 30 ถึงร้อยละ 80 โดยประมาณ ในขณะที่มีระยะทางของถนนให้บริการเพียงร้อยละ 2 ถึงร้อยละ 25 เท่านั้น โดยสัดส่วนนี้จะเหมาะสมสำหรับเมืองขนาดเล็ก ดังแสดงในตารางที่ 2.2



รูปที่ 2.4 แผนผังแสดงความเชื่อมโยงของระบบถนนโครงข่าย

ที่มา: US Department of Transportation (2013)

ตารางที่ 2.2 ข้อแนะนำสำหรับระบบถนนโครงข่ายนอกเขตชุมชน

ระบบ	Rural functional system		Urban functional system	
	Range VMT	(Percent) Miles	Range VMT	(Percent) Miles
Principal arterial system	30-35	2-4	40-65	5-10
Principal arterial plus minor arterial road system	45-75	6-12*	65-80	15-25
Collector road system	20-35	20.25	5-10	5-10
Local road system	5-20	65-75	10-30	65-80

* with most states falling into 7-10 percent range

2.4 การวิเคราะห์ปัจจัยและการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นในการสร้างแบบจำลอง

การวิเคราะห์ปัจจัยจะช่วยลดจำนวนตัวแปรให้น้อยลงได้ด้วยการจัดเป็นกลุ่มข้อมูล โดยยังรักษาสารสนเทศของข้อมูลแต่ละตัวแปรไว้ได้ และ สามารถสร้างคะแนนปัจจัย (Factor score) ซึ่งมีค่าเป็นตัวเลข ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์สมการถดถอยสหสัมพันธ์ (Multiple regression analysis) การวิเคราะห์ตัวแปรสามารถหาความสัมพันธ์ได้มากถึง 20 ตัวแปร และยังบ่งชี้ได้ว่าตัวแปรแต่ละตัวแปรจะมีค่าน้ำหนักในการวิเคราะห์เท่าไร (Brown, 2015)

2.4.1 การวิเคราะห์ปัจจัย (Factor Analysis)

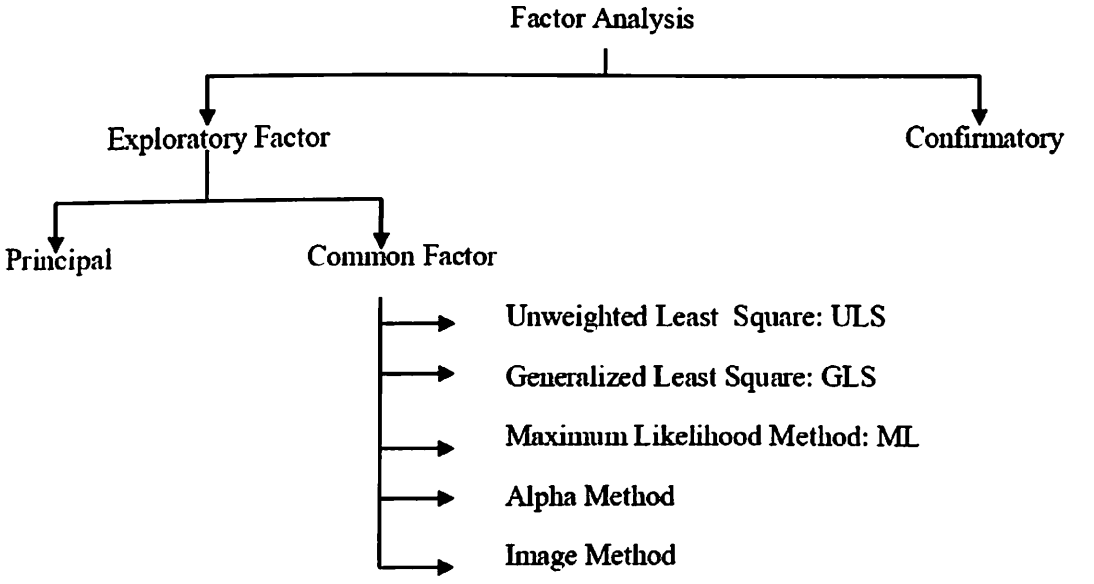
เป็นวิธีการวิเคราะห์หลายตัวแปรที่ไม่มีการแบ่งตัวแปรออกเป็นตัวแปรตาม ตัวแปรอิสระ เป็นเทคนิควิธีทางสถิติในการจัดกลุ่มหรือรวมกลุ่มหรือรวมตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กันไว้ในกลุ่มเดียวกัน ตัวแปรภายในปัจจัย (Factor) เดียวกันจะมีความสัมพันธ์กันมาก ส่วนตัวแปรต่างปัจจัยจะสัมพันธ์กันน้อยหรือไม่สัมพันธ์กัน สามารถนำไปใช้ได้ทั้งเพื่อพัฒนาทฤษฎีใหม่ และทดสอบหรือยืนยันทฤษฎีเดิม แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่

1) การวิเคราะห์ปัจจัยเชิงสำรวจ (Exploratory Factor Analysis)

ใช้ในกรณีที่ผู้ศึกษาไม่ทราบ หรือทราบโครงสร้างความสัมพันธ์ของตัวแปรน้อยมาก เพื่อศึกษาปัจจัยร่วมที่สามารถอธิบายความสัมพันธ์ร่วมกันระหว่างตัวแปรต่างๆ โดยที่จำนวนปัจจัยร่วมที่หาได้จะมีจำนวนน้อยกว่าจำนวนตัวแปรนั้น

2) การวิเคราะห์ปัจจัยเชิงยืนยัน (Confirmatory Factor Analysis)

ใช้ในกรณีที่ผู้ศึกษาทราบโครงสร้างความสัมพันธ์ของตัวแปร หรือคาดได้ว่าโครงสร้างความสัมพันธ์ของตัวแปรควรจะเป็นรูปแบบใด ใช้เพื่อตรวจสอบหรือยืนยันความถูกต้องของโครงสร้างของตัวแปรว่าเป็นไปตามทฤษฎี หรือตามที่ผู้วิจัยคาดไว้หรือไม่



รูปที่ 2.5 หลักการพื้นฐานของ Factor Analysis

ที่มา: www.nitiphong.com/paper_pdf/phd/FactorAnalysis_concept.pdf

ประโยชน์ของเทคนิคการวิเคราะห์ปัจจัยหรือ Factor Analysis มีดังนี้

1) ลดจำนวนตัวแปรที่มีจำนวนมาก ด้วยการสร้างปัจจัย (Factor) ที่ใช้เป็นตัวแทนของตัวแปรหลายๆ ตัว ที่มีความสัมพันธ์กัน ด้วยการรวมหลายตัวแปรอยู่ในปัจจัยเดียวกัน กลายเป็นตัวแปรใหม่ที่สามารถหาค่าได้ เรียกว่า "Factor Score" และนำปัจจัยดังกล่าวไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิคทางสถิติต่อไป เช่น การวิเคราะห์ความถดถอยและสหสัมพันธ์ (Regression and Correlation Analysis) การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) การทดสอบสมมติฐาน T-test หรือ Z-test หรือการวิเคราะห์จำแนกกลุ่ม (Discrimination Analysis) เป็นต้น

2) ใช้แก้ปัญหาเมื่อตัวแปรอิสระของการวิเคราะห์ความถดถอยมีความสัมพันธ์กัน (Multicollinearity) ด้วยการรวมตัวแปรอิสระที่มีความสัมพันธ์กันไว้ด้วยกันเพื่อสร้างเป็นตัวแปรใหม่ (ปัจจัย) ด้วยเทคนิค Factor Analysis แล้วจึงนำปัจจัยดังกล่าวไปเป็นตัวแปรอิสระในการวิเคราะห์ความถดถอย

3) ชี้ให้เห็นโครงสร้างความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ศึกษา เนื่องจาก Factor Analysis จะหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation) ของตัวแปรทีละคู่ แล้วรวมตัวแปรที่สัมพันธ์กันมากไว้ในปัจจัยเดียวกัน ทำให้อธิบายความหมายของแต่ละปัจจัยได้จากความหมายของตัวแปรต่างๆ ที่อยู่ในปัจจัย จึงสามารถนำไปใช้ในการวางแผนได้

เงื่อนไขของการใช้ Factor analysis คือ

1) ข้อมูลที่เก็บมาเป็นข้อมูลหลายตัวแปร (Multivariate data)
2) ตัวแปรที่เลือกมาเป็นตัวแปรเชิงปริมาณ
3) ความสัมพันธ์ระหว่าง factor และ variable ต้องอยู่ในรูปแบบเชิงเส้น (Linear) เท่านั้น
4) factor และ error เป็นอิสระต่อกัน
5) จำนวนข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์ต้องมากกว่าจำนวนตัวแปร โดยไม่น้อยกว่า 5 เท่าของตัวแปร

ลักษณะข้อมูลที่ใช้ Factor analysis

1) ข้อมูลที่จะวิเคราะห์ ค่าวัดตัวแปรต้องเป็นข้อมูลระดับ Interval scale หรือ Ratio scale ถ้าเป็นระดับต่ำกว่า คือเป็นระดับ Normal scale หรือ Ordinary scale ต้องแปลงให้เป็น Dummy variable ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0 หรือ 1 เสียก่อน
2) ข้อมูลต้องมาจากการแจกแจงปกติ

2.4.1.1 คำจำกัดความของคำศัพท์ใน Factor analysis

- Common Factor หรือ ปัจจัยร่วมกัน หมายถึง ปัจจัยที่ประกอบด้วยตัวแปร 2 ตัวขึ้นไป โดยปัจจัยร่วมมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) มาก จะเป็นปัจจัยที่มีความหมาย
- Specific Factor หรือ ปัจจัยเฉพาะ หมายถึง ปัจจัยที่มีตัวแปรเพียงตัวเดียว
- Communalities หรือ ความร่วมกัน หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรหนึ่งกับตัวแปรที่เหลือ มีค่าอยู่ระหว่าง 0 กับ 1 ตัวแปรที่มีค่าต่ำจะถูกตัดออก ค่านี้ดูจาก initial statistic หรือค่าทแยงมุมของ Reproduced Correlation Matrix
- Factor Loading หรือ น้ำหนักปัจจัย เป็นค่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร (variance) กับปัจจัย (factor) ควรมีค่ามากกว่า 0.3 ในโปรแกรม SPSS น้ำหนักของแต่ละปัจจัยดูได้จากตาราง Component Matrix ก่อนการหมุนแกน หรือดูได้จากเส้นทแยงมุมของแมทริกซ์ของค่าไอเกน (Eigen Value)
- Factor Score หรือ คะแนนปัจจัย เป็นคะแนนที่ได้จากน้ำหนักปัจจัยและค่าของตัวแปรในนั้น เพื่อใช้เป็นค่าของตัวแปรใหม่ เรียก "ปัจจัย" โดยคะแนนปัจจัยอาจมีความสัมพันธ์กันบ้างหากจัดจำนวนปัจจัยไว้มาก กล่าวคือ ตัวแปรเดียวกันอาจอยู่ในหลายปัจจัยตามน้ำหนัก ใน SPSS คะแนนปัจจัยคำนวณจากทุกตัวแปรในแต่ละปัจจัยตามความมากน้อยของน้ำหนัก
- ค่าไอเกน (Eigen Value) เป็นค่าความผันแปรของตัวแปรทั้งหมดในแต่ละปัจจัย Common Factor ที่ได้เป็นปัจจัยแรก จะเป็นปัจจัยที่แยกความผันแปรของตัวแปรออกมาจากปัจจัยอื่นได้มากที่สุด จึงมีตัวแปรร่วมอยู่มากที่สุด และปัจจัยร่วมที่มีตัวแปรร่วมอยู่มากจะมีค่าไอเกนมากตามไปด้วย ใน SPSS กำหนดค่าไอเกนเป็น 1 (default=1) ค่าไอเกนจะเท่ากับจำนวนตัวแปร จึงมีค่าต่ำกว่า 1 ไม่ได้ สูตรหาค่าไอเกน คือ

$$\text{Eigen value} = (\text{ผลรวมของน้ำหนักขององค์ประกอบของแต่ตัวแปรในองค์ประกอบนั้น})^2$$

(นิรนาม, มปป. http://www.nitiphong.com/paper_pdf/phd/FactorAnalysis_concept.pdf; แสงหล้า, 2554; บุญชม, มปป.)

2.4.1.2 ขั้นตอนของการวิเคราะห์ปัจจัย (แสงหล้า, 2554)

1) วิเคราะห์ปัญหาการวิจัย
   - ต้องใช้ Exploratory หรือ Confirmatory Factor Analysis
   - เป็นการสรุปข้อมูลและระบุโครงสร้างความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร (Data summarization & Identifying structure) หรือเป็นวิธีการลดจำนวนตัวแปร (Data reduction) เพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์ทางสถิติอื่นๆ ต่อไป

2) การออกแบบการวิเคราะห์

2.1 เลือกตัวแปร

- ต้องเข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับตัวแปรที่ใช้ในการวิเคราะห์และสามารถระบุปัจจัยที่เป็นไปได้จากคุณลักษณะของตัวแปร เช่น ผู้วิจัยต้องการปัจจัยด้านภาพลักษณ์ของร้านค้า แต่ไม่มีคำถามด้านคุณลักษณะของร้านค้า เช่นนี้การทำ Factor analysis จะระบุปัจจัยนี้ไม่ได้
- ไม่ควรให้มีตัวแปรจำนวนมาก แล้วคาดหวังว่า Factor analysis จะหาปัจจัยให้

2.2 เลือกชนิดของการวิเคราะห์ Factor analysis

- R-type เป็นเมทริกสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร
- Q-type เป็นเมทริกสหสัมพันธ์ระหว่างหน่วยตัวอย่าง (individual) เป็นการจัดกลุ่มของหน่วยตัวอย่างที่มีรูปแบบคล้ายคลึงกันในแต่ละตัวแปร (ทางเลือก Cluster analysis ที่จัดกลุ่มตัวอย่างโดยอาศัยระยะห่าง)

2.3 ประเภทและจำนวนตัวแปร

- ส่วนมากใช้กับตัวแปรเชิงปริมาณ (metric) ที่อาจมีตัวแปร dummy ปะปนบ้าง
- ในงานที่ต้องการหาโครงสร้างของปัจจัย ควรให้มีตัวแปรอย่างน้อย 5 ตัวแปร ในปัจจัยหนึ่งๆ

2.4 ขนาดตัวอย่าง

- จำนวนตัวอย่างควรมีมากกว่าตัวแปร
- ควรมีจำนวนตัวอย่างน้อยที่สุด 50 ตัวอย่าง ที่เหมาะสมควรมีมากกว่า 100 ตัวอย่าง
- ควรมีจำนวนตัวอย่าง 5 ตัวอย่าง ต่อ 1 ตัวแปร

3) การตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้น

3.1 มีกรอบแนวคิดสนับสนุนข้อตกลงเกี่ยวกับการมีโครงสร้างความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่นำมาวิเคราะห์ ผู้วิจัยต้องแน่ใจว่ารูปแบบที่สังเกตได้นั้นถูกต้องและเหมาะสมที่จะวิเคราะห์ด้วย Factor analysis รวมทั้งต้องแน่ใจว่ากลุ่มตัวอย่างมีความคล้ายคลึงกัน (Homogenous) ในโครงสร้างของปัจจัยที่ศึกษา

3.2 ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรมีมากพอที่จะใช้ Factor analysis ซึ่งสามารถทดสอบได้โดย

- Bartlett test of sphericity: เป็นการทดสอบสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรโดยภาพรวม ถ้ามีนัยสำคัญแสดงว่าเมทริกสหสัมพันธ์มีนัยสำคัญระหว่างตัวแปรบางตัว
- Measure of sampling adequacy (MSA): เป็นค่าที่ใช้วัดระดับของสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ซึ่งควรเป็นค่าที่มากกว่า 0.5 ทั้งในการทดสอบโดยรวม และทีละตัวแปร ตัวแปรใดมีค่าน้อยกว่า 0.5 ควรตัดทิ้ง โดยตัดทิ้งครั้งละ 1 ตัว โดยเลือกตัดตัวที่ให้ค่าน้อยที่สุด

4) การวิเคราะห์

4.1 เลือกวิธีสกัดปัจจัย (Factor extraction)

- เลือกระหว่างการสกัดปัจจัยที่พิจารณาค่าแปรปรวนทั้งหมด (Total variance) หรือพิจารณาเฉพาะความแปรปรวนที่ร่วมกัน (Common variance)
- วิธีพิจารณา Total variance เรียก การสกัดปัจจัยด้วยวิธีองค์ประกอบ (Component analysis or Principal component analysis: PCA) ส่วนวิธีพิจารณา Common variance เรียก การสกัดปัจจัยด้วยวิธี Common factor analysis: CFA
- Total variance แบ่งออกเป็น 3 ลักษณะ ดังนี้
  - Common variance เป็นความแปรปรวนที่ตัวแปรทุกตัวร่วมกัน โดยค่า Communality เป็นค่าประมาณของการร่วมกันของความแปรปรวนระหว่างตัวแปรที่ใช้เป็นตัวแทนของปัจจัยนั้น
  - Specific variance (unique variance) เป็นความแปรปรวนเฉพาะของตัวแปรนั้นๆ ซึ่งไม่สามารถอธิบายได้จากสหสัมพันธ์กับตัวแปรอื่นๆ
  - Error variance เป็นค่าความแปรปรวนที่เกิดจากความไม่น่าเชื่อถือของการเก็บข้อมูล ความผิดพลาดในการวัด หรือการสุ่ม
- ปัจจัยพิจารณาการเลือกระหว่าง PCA และ CFA
  - PCA เหมาะกับงานวิจัยที่เน้นการลดจำนวนตัวแปร โดยต้องการปัจจัยจำนวนน้อยที่สามารถอธิบายความแปรปรวนรวมของตัวแปรเดิมได้มากที่สุด และคาดการณ์ได้ว่าความแปรปรวนในส่วน specific และ error มีสัดส่วนค่อนข้างน้อย เมื่อเทียบกับ total variance
  - CFA สำหรับงานที่ต้องการระบุ Latent dimension or constructs ที่อยู่ในตัวแปรเดิม โดยมีทฤษฎีสนันสนุนที่ดี และผู้วิจัยมีความรู้น้อยเกี่ยวกับปริมาณของความแปรปรวนในส่วน specific และ error

4.2 เลือกจำนวนปัจจัย: ควรพิจารณาหลายเกณฑ์ประกอบกัน

- ค่า Eigen มากกว่า 1
- กำหนดจำนวนปัจจัยไว้ล่วงหน้า จากวัตถุประสงค์การศึกษาหรืองานวิจัยที่เคยทำมา
- ค่าร้อยละของความแปรปรวนสะสมที่อธิบายได้ ควรมากกว่า 60
- พิจารณา Scree plot ที่ plot ระหว่างจำนวนปัจจัยกับค่า Eigen โดยเลือกจำนวนปัจจัยที่ให้ค่า common variance มากกว่า unique variance นั่นคือ เลือกจำนวนปัจจัย ณ จุดหักศอก

- ควรพิจารณาเลือกจำนวนปัจจัยที่น้อยกว่า หรือมากกว่า 1 ปัจจัย จากจำนวนที่คิดว่าเหมาะสม เพื่อให้แน่ใจว่าได้ผลดีที่สุด

5) การหมุนแกนและการตีความหมาย

5.1 การหมุนแกนปัจจัย (Factor rotation)

- Orthogonal factor rotation แกนการหมุนทำมุม 90 องศา
  เป็นวิธีที่นิยมใช้ เหมาะกับวัตถุประสงค์ของงานคือ การลดจำนวนตัวแปร โดยตัวแปรเหล่านั้นไม่มีความสัมพันธ์กัน เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ทางสถิติต่อไป มีหลายวิธีการให้เลือกได้แก่
  - Varimax การพยายามทำให้ column ของ factor matrix มีค่า 0 หรือ 1 กล่าวคือ เป็นวิธีการที่พยายามทำให้ผลรวมของความแปรปรวนของปัจจัยมีค่ามากที่สุด
  - Quartimax พยายามทำให้ตัวแปรแต่ละตัวมี loading สูงเพียงใน 1 ปัจจัยเท่านั้น ส่วนปัจจัยอื่นๆ ให้มีค่าต่ำสุดเท่าที่จะทำได้
  - Equimax เป็นวิธีการผสมผสานระหว่าง varimax และ quartimax (ไม่เป็นที่นิยม)
- Oblique factor rotation

  ใช้เมื่อปัจจัยมีความสัมพันธ์กัน เหมาะสำหรับงานที่ต้องการปัจจัย หรือ constructs ที่มีความหมายเชิงทฤษฎี เนื่องจากในความเป็นจริง constructs มักจะมีความสัมพันธ์กัน มีหลายวิธี แต่ในโปรแกรมสำเร็จรูปค่อนข้างมีจำกัด เช่น ใน SPSS มีเพียง Oblimin และ Promax เท่านั้น

5.2 การตีความหมาย

- ตรวจสอบความมีนัยสำคัญของ Factor loading
  - เชิงปฏิบัติ
    - Factor loading มีค่าระหว่าง ± 0.3 - ± 0.4 เท่ากับ ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ ค่ามากกว่า ± 0.5 เท่ากับ มีนัยสำคัญเชิงปฏิบัติ
    - ต้องการ loading ที่มีค่าน้อยลง เมื่อขนาดตัวอย่างมีขนาดใหญ่ หรือมีจำนวนตัวแปรที่ต้องการวิคราะห์เป็นจำนวนมาก
    - ต้องการ loading ที่มีค่ามากขึ้น เมื่อจำนวนปัจจัยมีจำนวนมากขึ้น
  - เชิงสถิติ: การทดสอบความมีนัยสำคัญเชิงสถิติของ factor loading ค่อนข้างจะ conservative กล่าวคือ ไม่ค่อยปฏิเสธ H_0 และควรใช้เป็นแค่แนวทางพื้นฐานเท่านั้น

- ตรวจสอบ communality ของตัวแปร ค่าดังกล่าวจะแสดงปริมาณของความแปรปรวนของแต่ละตัวแปรที่อธิบายได้โดยปัจจัยต่างๆ ค่านี้ควรจะมากกว่า 0.5
- พิจารณาว่า ควรมีการกำหนดตัวแปรใหม่หรือไม่
  - มีตัวแปรที่ควรตัดทิ้งหรือไม่
  - ต้องเปลี่ยนจำนวนของปัจจัยหรือไม่
  - ต้องใช้วิธีหมุนแกนอื่นๆ หรือไม่

6) การตรวจสอบ Validation

ทำได้โดย

- Split/ multiple sample
- วิเคราะห์แต่ละกลุ่มแยกกันแล้วนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบ
- ระบุหน่วยที่มีอิทธิพล

7) การใช้ผลที่ได้ของ Factor analysis ในการวิเคราะห์อื่นๆ

- เลือกตัวแปรที่ใช้เป็นตัวแทนปัจจัย (Surrogate variable)
  - เลือกตัวแปรที่ให้ค่า loading สูงสุด เป็นตัวแทนของปัจจัยนั้นๆ
  - เป็นวิธีที่ง่ายในการคำนวณและตีความ แต่ไม่ได้เป็นตัวแทนของทุกด้าน facets ของปัจจัย และยังมีแนวโน้มที่จำเกิดความคลาดเคลื่อนของการวัด
- สร้างสเกลผลรวม (Summated scales)
  - รวมค่าของหลายๆ ตัวแปรที่มีค่า loading สูง เข้าด้วยกัน ให้กลายเป็นค่าวัดเดียว โดยอาจจะใช้ค่ารวมหรือค่าเฉลี่ย โดยก่อนใช้ต้องตรวจสอบ reliability และ validity
  - สเกลที่ได้ไม่จำเป็นต้องเป็นอิสระต่อกัน
- คะแนนปัจจัย (Factor scores)
  - คำนวนจาก factor loading ของทุกๆ ตัวแปร
  - เหมาะสำหรับกลุ่มตัวอย่างเดิม และคะแนนที่เป็นอิสระต่อกัน
  - ยากในการตีความและทำซ้ำ

2.4.2 การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นหลายตัวแปร (Multiple Regression Analysis)

การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นเป็นการหาความสัมพันธ์ในรูปแบบการทำนายตัวแปรตาม (Dependent variable) 1 ตัวแปร ที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรต้น (Independent variables) หลายตัวแปร โดยมีกรอบเบื้องต้นในการทำนาย คือ ตัวแปรตามและตัวแปรต้นควรมีความสัมพันธ์กับแบบเชิงเส้น ข้อมูลมีการกระจายแบบปกติ ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนมีค่าคงที่ และ ไม่เกิด Multicollinearity

สมการความสัมพันธ์สามารถเขียนได้ดังนี้

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + ... + \beta_n X_n + e$$

โดยที่ Y คือ ตัวแปรตาม (Dependent Variable)

X คือ ตัวแปรอิสระ (Independent Variable)

β_0 คือ ระยะตัดแกน y หรือค่าเริ่มต้นของเส้นสมการถดถอย

β_1-β_n คือ สัมประสิทธิ์การถดถอย (Coefficient) ตัวที่ 1 ถึงตัวที่ n

e คือ ความคลาดเคลื่อนอย่างสุ่ม

โดยที่ค่า β_i เป็นค่าที่แสดงว่าเมื่อตัวแปรอิสระเปลี่ยนไป 1 หน่วย จะทำให้ตัวแปรตามเปลี่ยนแปลงไปเท่าใด ขณะที่ตัวแปรอิสระตัวอื่นๆ มีค่าคงที่

2.4.2.2 ค่าทางสถิติที่อธิบายความสอดคล้องของสมการความถดถอย

ในการวิเคราะห์ความถดถอยจะเป็นการประมาณความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระ X ต่อตัวแปรตาม Y โดยทำการสร้างสมการความถดถอยเพื่อใช้ในการทำนายตัวแปรตาม หรือสิ่งที่สนใจศึกษา ซึ่งในการตรวจสอบว่าสมการความถดถอยนั้นสามารถอธิบายความสัมพันธ์ได้ดีหรือไม่ ต้องดูที่สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2)

1) สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Coefficient of Determination: R Square)

R^2 หมายถึงสัดส่วนที่ตัวแปร X สามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงของตัวแปร Y ได้ ดังนั้น ถ้า R^2 มีค่ามากแสดงว่า Y และ X มีความสัมพันธ์กันมาก หรือแสดงว่าตัวแปรอิสระของสมการความถดถอยนั้นสามรถอธิบายการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตามได้มาก โดย ถ้า R^2 มีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่าเปอร์เซ็นต์ที่ X สามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลง Y มีค่ามากหรือ X และ Y มีความสัมพันธ์กันมาก แต่ถ้า R^2 มีค่าเข้าใกล้ 0 แสดงว่าเปอร์เซ็นต์ที่ X สามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงของ Y มีค่าน้อย

2) การตรวจสอบเงื่อนไขของการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้น

เงื่อนไขของการวิเคราะห์มี 4 ข้อ ซึ่งเกี่ยวกับความคลาดเคลื่อน (error or residual) ในการนำสมการไปประยุกต์ใช้งาน ผู้ใช้จะต้องตรวจสอบความถูกต้องของสมการ โดยจะต้องตรวจสอบเงื่อนไขของการวิเคราะห์ความถดถอยกับค่าคลาดเคลื่อน คือ 1) ค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนต้องเท่ากับศูนย์ 2) ค่าคลาดเคลื่อนต้องมีการแจกแจงแบบปกติ 3) ค่าความคลาดเคลื่อนต้องเป็นอิสระกัน 4) ค่าแปรปรวนของ e คือ σ^2 ซึ่งต้องคงที่ทุกค่าของ X

2.4.2.3 การเลือกตัวแปรอิสระเข้าสมการความถดถอย

การวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุจะมีตัวแปรอิสระ X ในสมการตั้งแต่ 2 ตัวแปรขึ้นไป ซึ่งอาจเกิดปัญหาตัวแปรอิสระในสมการมีความสัมพันธ์ระหว่างกันสูง (Multicolinearity) วิธีการเลือกตัวแปรอิสระเข้าสมการมีหลายวิธี ผู้วิเคราะห์ต้องพิจารณาว่ามีตัวแปรอิสระตัวใดบ้างที่สัมพันธ์กับ Y โดยคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เชิงส่วนระหว่างตัวแปรตามกับตัวแปรอิสระทีละตัว แล้วเลือกตัวแปรอิสระที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามมากที่สุดเข้ามาในสมการความถดถอย เทคนิคการคัดเลือกมีทั้งหมด 5 วิธี ได้แก่ 1) การคัดเลือกเข้า (Enter) 2) การคัดเลือกออก (Remove) 3) การคัดเลือกเพิ่มแบบเดินหน้า (Forward) 4) การคัดเลือกถอยหลัง (Backward) และ 5) การคัดเลือกแบบขั้นตอน (Stepwise) ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

1) การคัดเลือกเข้า (Enter)

เป็นการคัดเลือกด้วยการวิเคราะห์ขั้นตอนเดียว ผู้วิเคราะห์ต้องคัดเลือกเองโดยพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) ระหว่างตัวแปรตามกับตัวแปรอิสระแต่ละคู่ เลือกตัวแปรที่มีค่า R^2 สูงๆ และมีนัยสำคัญ เมื่อเลือกได้แล้วจึงนำเข้าสมการเพื่อวิเคราะห์พร้อมกัน

2) การคัดเลือกออก (Remove)

เป็นการคัดเลือกตัวแปรอิสระออกจากสมการโดยมีการสร้างสมการถดถอยก่อน แล้วนำตัวแปรอิสระที่มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดออกจากสมการ วิธีนี้ต้องใช้คู่กับวิธี Enter

3) การคัดเลือกเพิ่มแบบเดินหน้า (Forward)

เป็นการคัดเลือกด้วยการนำตัวแปรอิสระเข้ามาในสมการครั้งละ 1 ตัว โดยนำตัวแปรอิสระที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามสูงสุดและมีนัยสำคัญที่ทดสอบด้วย t หรือ F เข้าสมการก่อน จากนั้นคัดเลือกตัวแปรอิสระที่เหลือเข้าสมการ โดยคำนวณ R^2 บางส่วนของตัวแปรตามและตัวแปรอิสระที่เหลือแล้วทดสอบนัยสำคัญ ตัวแปรอิสระใดที่มีนัยสำคัญก็เลือกเข้าสมการ

4) การคัดเลือกแบบถอยหลัง (Backward)

เป็นการคัดเลือกด้วยการนำตัวแปรอิสระทุกตัวเข้ามาในสมการก่อน แล้วจึงตัดตัวแปรอิสระที่ไม่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามออกจากสมการครั้งละตัว ทดสอบสมมติฐานโดยใช้สถิติทดสอบ t หรือ F ทำไปเรื่อยๆ จนไม่สามารถตัดตัวแปรอิสระได้

5) การคัดเลือกแบบขั้นตอน (Stepwise)

เป็นการคัดเลือกแบบผสมระหว่างวิธี Forward กับ Backward และเป็นวิธีที่เป็นที่นิยม ด้วยการเริ่มจากคัดเลือกตัวแปรอิสระตัวแรกเข้าสมการด้วยวิธี Forward นำตัวแปรอิสระเข้า

สมการทีละตัว จากนั้นใช้เกณฑ์ของ Backward และ Forward ในการพิจารณานำตัวแปรอิสระเข้าสมการและพิจารณาตัวแปรอิสระในสมการว่าควรนำออกหรือไม่ ทำเช่นนนี้ไปเรื่อยๆ จนไม่สามารถนำตัวแปรอิสระเข้าหรือตัดตัวแปรอิสระออกจากสมการได้อีก (ดวงดาว, 2553)

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จรัสโรจน์ (2544) ใช้ factor analysis ในการทดสอบความเที่ยงตรงและความเชื่อถือได้ของเครื่องมือวัดระดับการตั้งถิ่นฐานของชุมชน พบว่า อัตราความถูกต้องในการจำแนกกลุ่มชุมชนเมืองและชุมชนชนบทเท่ากับร้อยละ 96 แสดงว่าเครื่องมือวัดที่สร้างขึ้นมีความเที่ยงตรงและเชื่อถือได้ ผลการวิเคราะห์ปัจจัยความเป็นเมืองคือ 1) กิจกรรมที่มีความหนาแน่นในศูนย์กลาง และ 2) ประชากรในพื้นที่ สรุปได้ว่า การให้ความหมายชุมชนเมืองที่ยึดเขตการปกครอง (เขตเทศบาล) เป็นหลักเพียงประการเดียวไม่อาจให้ความหมายทางประชากรเมืองได้อย่างสอดคล้องกับความเป็นจริง ทำให้ความเข้าใจบิดเบี้ยวและถูกมองข้ามไป

Nosoohi and Zeinal (2011) ใช้ factor analysis ในการวิเคราะห์หลายตัวแปร (multivariate analysis) ด้วยการสร้างปัจจัยแฝง (latent factor) เพื่อศึกษาเปรียบเทียบศักยภาพของเทศบาล (performance of regional municipalities) ในการปรับเปลี่ยนเพื่อรองรับการบริการประชาชนที่เพิ่มขึ้นของเมือง Isfahan ซึ่งเป็นเมืองหลักของประเทศอิหร่าน ผลการวิเคราะห์พบว่า จากตัวแปรจำนวนมากของแต่ละพื้นที่ สามารถสกัดได้ประเด็นหลักที่สำคัญเพียง 2 ประเด็น คือ สถานะของสวัสดิการสังคม (common welfare situation) และสถานะของการพัฒนา (development situation) ด้วยเทคนิควิธี factor analysis สามารถชี้ให้เห็นถึงปัจจัยที่มีความสำคัญมากกว่าในแต่ะพื้นที่ และแนวทางที่แต่ละเทศบาลจะกำหนดนโยบายที่คุ้มค่าที่สุดเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของเทศบาลเอง

Gao and Chik (2012) ศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของการให้บริการของเมือง (urban services) จากอุปสงค์ อุปทาน สภาพแวดล้อมเชิงสถาบัน (Institutional environment) และการรวมกลุ่มเชิงพื้นที่ (Spatial agglomeration) ด้วยการวิเคราะห์การถดถอยสหสัมพันธ์เชิงเส้น พบว่า นอกจากความเป็นเมือง (Urbanization) และการแบ่งงานกันทำ (division of labor) แล้ว ตัวแปรอิสระอื่นๆ ได้แก่ การกำหนดโครงสร้างภายในปัจจัยการผลิตในการให้บริการเมือง (internal configuration structure of producing factors in urban services) ระดับความเป็นอุตสาหกรรม (industrialization level) แรงงานในการให้บริการของเมือง (labor in urban services) การรวมกลุ่มการให้บริการเมืองเชิงพื้นที่ (urban services spatial agglomeration) การลงทุนทางกายภาพในการให้บริการของเมือง (physical capital investment in urban services) ระดับรายได้เฉลี่ยต่อบุคคล (per capita income level) ระดับเสรีภาพทางเศรษฐกิจ (economic openness level) และระดับระบบเศรษฐกิจแบบตลาด (economic market level) มีผลในเชิงบวกต่อการเจริญเติบโตของการให้บริการของเมืองในประเทศจีน

Yang et al. (2013) ใช้ factor analysis ในการวิเคราะห์หาโครงสร้างพื้นฐานที่เป็นกุญแจสำคัญ (key infrastructure) สำหรับการสร้างเมืองยูบิควิตัส (Ubiquitous city หรือ U-city: เมืองที่ถูกพัฒนาด้วยการเชื่อมโยงไอซีที) ผลของการวิเคราะห์พบว่า การปรับปรุงถนน (roadway facilities) เป็นสิ่งสำคัญอันดับแรก (highest priority) และเมื่อวิเคราะห์ต่อไปพบว่า ปัจจัยการบริหาร 9 ปัจจัย (core management factors) ที่มีส่วนสำคัญ สามารถจัดความสำคัญตามลำดับได้คือ การจัดตั้งระบบยูบิควิตัส (establishment of a ubiquitous system) การวิเคราะห์ระบบอัตโนมัติ (analysis of an automation system) จัดตั้ง Factor Technology และการระดมสมองเพื่อให้ได้แนวความคิดใหม่ของเมืองที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม (ideation of eco-friendly city)

Candas et al. (2015) วิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อราคาของที่พักอาศัยในเมือง ประเทศตุรกี ด้วยการประยุกต์ใช้การวิเคราะห์การถดถอยสหสัมพันธ์เชิงเส้น พบว่า 5 ตัวแปรอิสระ ได้แก่ จำนวนชั้น ระบบให้ความร้อน เขตแผ่นดินไหว ค่าเช่า และค่าที่ดิน ส่งผลกระทบต่อราคาของที่พักอาศัย โดยค่าเช่า และค่าที่ดิน ส่งผลกระทบมากที่สุด และแบบจำลองดังกล่าวสามารถนำไปใช้ประกอบการตัดสินใจลงทุนในอสังหาริมทรัพย์ได้

Rezai et al. (2016) ประเมินศักยภาพของการเกษตรในเมือง (Urban Agriculture) ต่อความมั่นคงทางอาหาร ผลจากการวิเคราะห์ปัจจัย พบปัจจัยที่เกี่ยวข้องได้แก่ หน่วยการบริโภคผักต่อวันที่เพิ่มขึ้น (growing daily basic vegetable intake) การเข้าถึงแหล่งอาหาร (accessibility) และสถานะโภชนบริโภค (nutritional intake status) นอกจากนั้น การเกษตรในเมืองช่วยลดค่าใช้จ่ายเรื่องอาหาร และเพิ่มความสามารถในการจับจ่ายสินค้าอื่น แต่ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า พบว่า มักจะพบความสัมพันธ์ระหว่างการเกษตรในเมืองกับความมั่นคงทางอาหารในครอบครัวที่มีรายได้ค่อนข้างสูง และส่วนใหญ่พบในคนรุ่นใหม่ที่อาศัยอยู่ในเมืองที่มีระดับการศึกษาค่อนข้างสูง

Li et al. (2017) ใช้ factor analysis ในการวิเคราะห์ข้อมูลระดับจังหวัดของจีน เพื่อการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานของเทศบาล ใช้วิธีการหมุนแบบ orthogonal และเลือกเฉพาะปัจจัยที่มีค่าไอเกนมากกว่า 1 ทำให้เลือกได้ทั้งหมด 4 ปัจจัย ที่มี total variance มากกว่าร้อยละ 65 ได้แก่ สภาพแวดล้อม (eco-environment factor), การสุขาภิบาล (sanitation factor), ถนนและการขนส่ง (road and transport factor) และ การก่อสร้างโครงพื้นฐานเพื่อการอยู่อาศัย (residence infrastructure construction factor) โดยปัจจัยแรกเป็นกลุ่มของข้อมูลสัดส่วนพื้นที่สีเขียว และความครอบคลุมของพื้นที่สีเขียว ปัจจัยที่ 2 เป็นกลุ่มของข้อมูลพื้นที่ถนนต่อหัว สัดส่วนท่อระบายน้ำต่อพื้นที่ และสัดส่วนห้องส้วมที่มีน้ำชำระ ปัจจัยที่ 3 เป็นกลุ่มของข้อมูลรถเมล์ต่อประชากรหมื่นคน และความหนาแน่นของถนนโครงข่าย ปัจจัยที่ 4 เป็นกลุ่มของข้อมูลการก่อสร้างโครงพื้นฐานเพื่อการอยู่อาศัย

Sreelekha et al. (2016) ได้วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม คือ road network development (กำหนดเป็นดัชนีหมายแบบ) และตัวแปรต้น คือ connectivity หรือ ความหนาแน่นของ

จุดเชื่อมต่อ (จุดต่อระยะทาง) และ coverage ประกอบด้วย ความยาวของถนนโครงข่าย (km.) และ ความยาวของถนนโครงข่ายต่อพื้นที่ศึกษา (km/sq.km.) ซึ่งเป็นตัวแปรเชิงกายภาพและใช้ระบบเทคโนโลยีสารสนเทศเป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์พร้อมทั้งหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามและตัวแปรต้นด้วยวิธีถดถอยสหสัมพันธ์ พบว่า ตัวแปรต้นคือ connectivity และ coverage มีความสัมพันธ์กันมาก โดยพื้นที่ในเขตเมืองจะมีความเข้มข้นของ connectivity และ coverage มากกว่านอกเขตเมือง

Zhao et al. (2017) ได้วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเติบโตของเมือง (Urban expansion, km^2 per year) กับ การชยายตัวของระบบถนนโครงข่าย (Road density, km/km^2) ของเมืองอตัวอย่าง 4 แห่ง คือ Newyork, London, Beijing and Chicaco ซึ่งพบว่าอัตราการขยายตัวของเมืองจะขึ้นกับการขยายตัวของระบบถนนโครงข่ายอย่างมาก โดยการิวเคราะห์ความสัมพันธ์จะใช้สมการถดถอยสหสัมพันธ์ (Regression analysis) ทำให้สามารถวิเคราะห์อัตราการขยายตัวของเมืองในเชิงปริมาณได้ แต่อย่างไรก็ตามการหาความสัมพ้นธ์ของอัตราการเติบโตเมืองที่ใช้เพียงระบบถนนโครงข่ายเพียงประการเดียวอาจไม่เพียงพอต่อการวิเคราะห์ด้านการเติบโตของเมือง

2.6 เอกลักษณ์และจุดเด่นของการวิจัย

ผังเมืองรวมเมือง/ชุมชนแต่ละแห่งอย่างน้อยต้องประกอบด้วย แผนผังแสดงการใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคต และ แผนผังแสดงโครงการด้านคมนาคมและขนส่ง ที่ต้องมีความสัมพันธ์กันและผ่านกระบวนการจัดทำผังเมืองรวมตามพระราชบัญญัติการผังเมือง พ.ศ.2518 (ปรับปรุง พ.ศ.2558) การกำหนดแผนผังแสดงโครงการด้านคมนาคมขนส่งไม่ใช่พิจารณาเพื่อรองรับตามทิศทางการเติบโตของเมืองเท่านั้น แต่ต้องมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องจำนวนมากมาเกี่ยวข้อง อาทิ ปัจจัยทางด้านกายภาพ ปัจจัยทางด้านเศรษฐกิจ ปัจจัยทางด้านประชากร ปัจจัยด้านระบบโครงสร้างพื้นฐาน ปัจจัยด้านการใช้ประโยชน์ที่ดิน เป็นต้น แต่จากการทบทวนผลงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าส่วนใหญ่จะกำหนดระดับการขยายตัวของเมือง/ชุมชนจะสัมพันธ์กับค่าความหนาแน่นของระบบถนนโครงข่าย โดยไม่ได้จำแนกประเภทของถนนโครงข่าย ถนนสายหลักจะมีปริมาณจราจรมากหรือถนนสายรอง ถนนสายย่อยจะมีปริมาณจราจรน้อยก็คิดปริมาณเป็นระยะทางเหมือนกันในเชิงความหนาแน่นของถนนโครงข่ายเท่านั้น (หน่วย km/km^2) และ ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเติบโตของเมืองกับความแน่นในการพัฒนาถนนจะเป็นแบบ Regression

การวิจัยนี้ได้กำหนดให้พื้นที่ของถนนสายหลักที่มีเขตทางตั้งแต่ 20 เมตรขึ้นไป (หน่วย ตารางเมตร/พื้นที่วางผังเมืองรวมเมืองหรือชุมชน) เป็นตัวแปรตาม เพราะถนนสายหลักจะส่งผลต่อการพัฒนาเมืองที่มีความหนาแน่นมากกว่าถนนสายรองหรือสายย่อยอย่างมีนัยสำคัญ จากนั้นได้กำหนดตัวแปรต้นที่มีผลต่อการกำหนดพื้นที่ถนนสายหลักออกเป็นหลายตัวแปร อาทิ ตัวแปรด้านกายภาพ ตัวแปรด้านประชากร ตัวแปรด้านเศรษฐกิจ ตัวแปรด้านการจราจร เป็นต้น โดยต้องมีการใช้หลักการวิเคราะห์ตัวแปร (Factor analysis) เข้ามาเพื่อจัดกลุ่มและลดจำนวนตัวแปรต้นสำหรับการวิเคราะห์ความสัมพันธ์แบบ Regression ต่อไป โดยทุกตัวแปรต้นยังมีน้ำหนักที่ส่งผลต่อพื้นที่ถนนตามเหมาะสมโดยไม่ได้มีการตัดตัวแปรออกไป