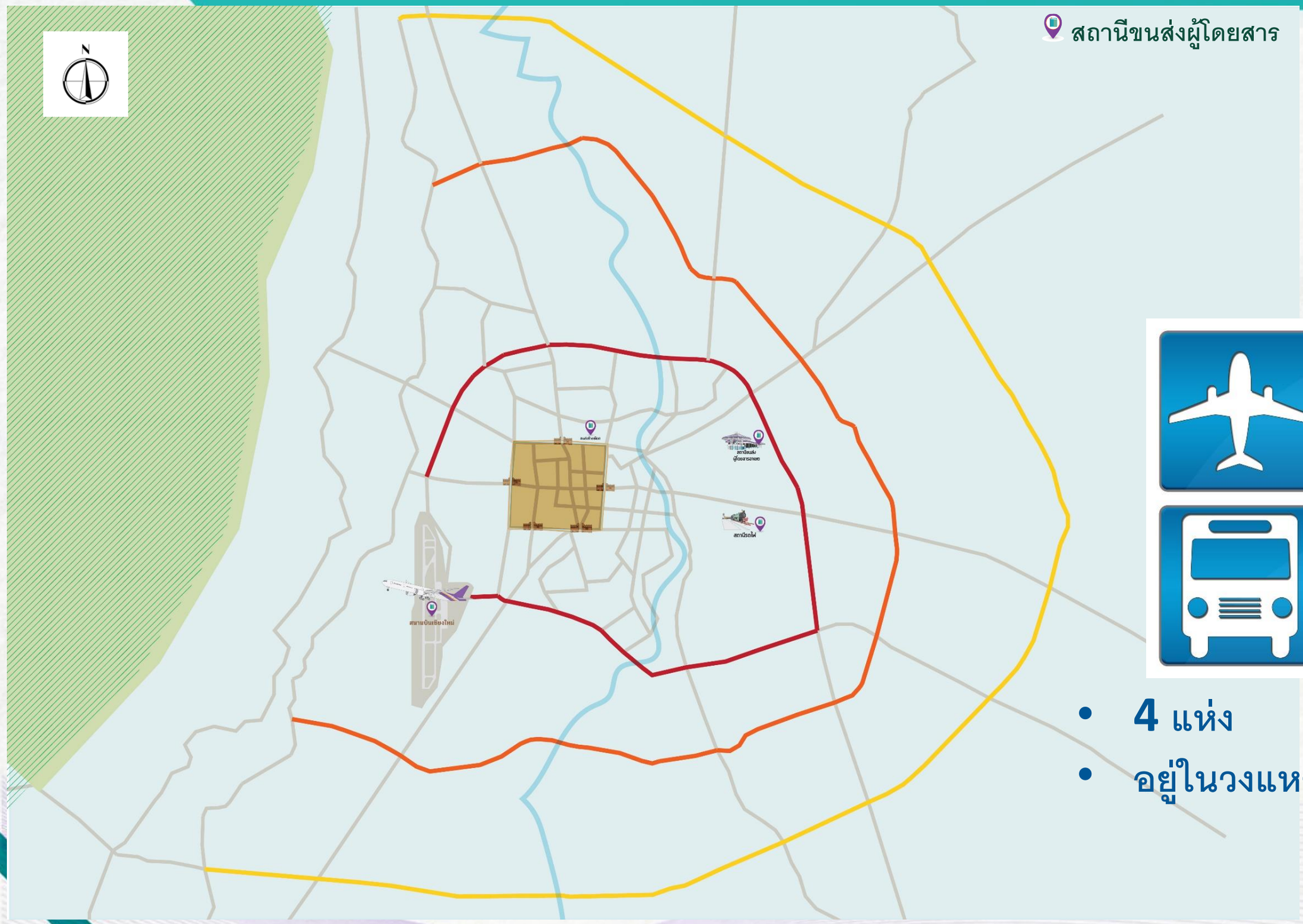
การนำเสนอการคัดเลือก
โครงข่ายระบบขนส่งสาธารณะ

หัวข้อการชี้แจง

- ข้อมูลจังหวัดเชียงใหม่
- แบบจำลอง 4 Step
- การคัดเลือกโครงข่ายระบบขนส่งสาธารณะ

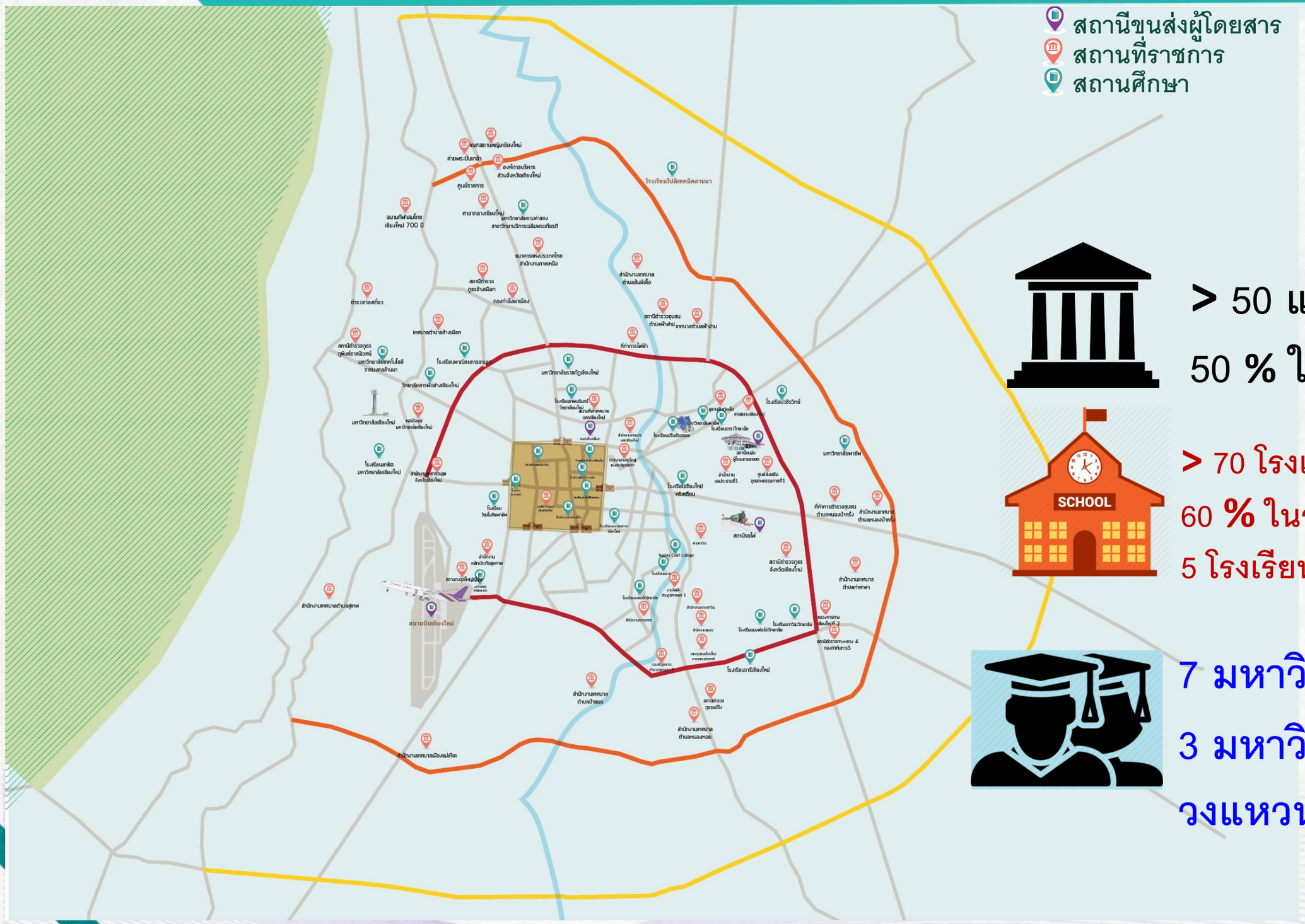
ข้อมูลจังหวัดเชียงใหม่

จังหวัดเชียงใหม่



- **4** แห่ง
- อยู่ในวงแหวนมหิดลทั้งหมด

จังหวัดเชียงใหม่



> 50 แห่ง

50 **%** ในวงแหวนมหิดล

> 70 โรงเรียนและวิทยาลัย

60 **%** ในวงแหวนมหิดล

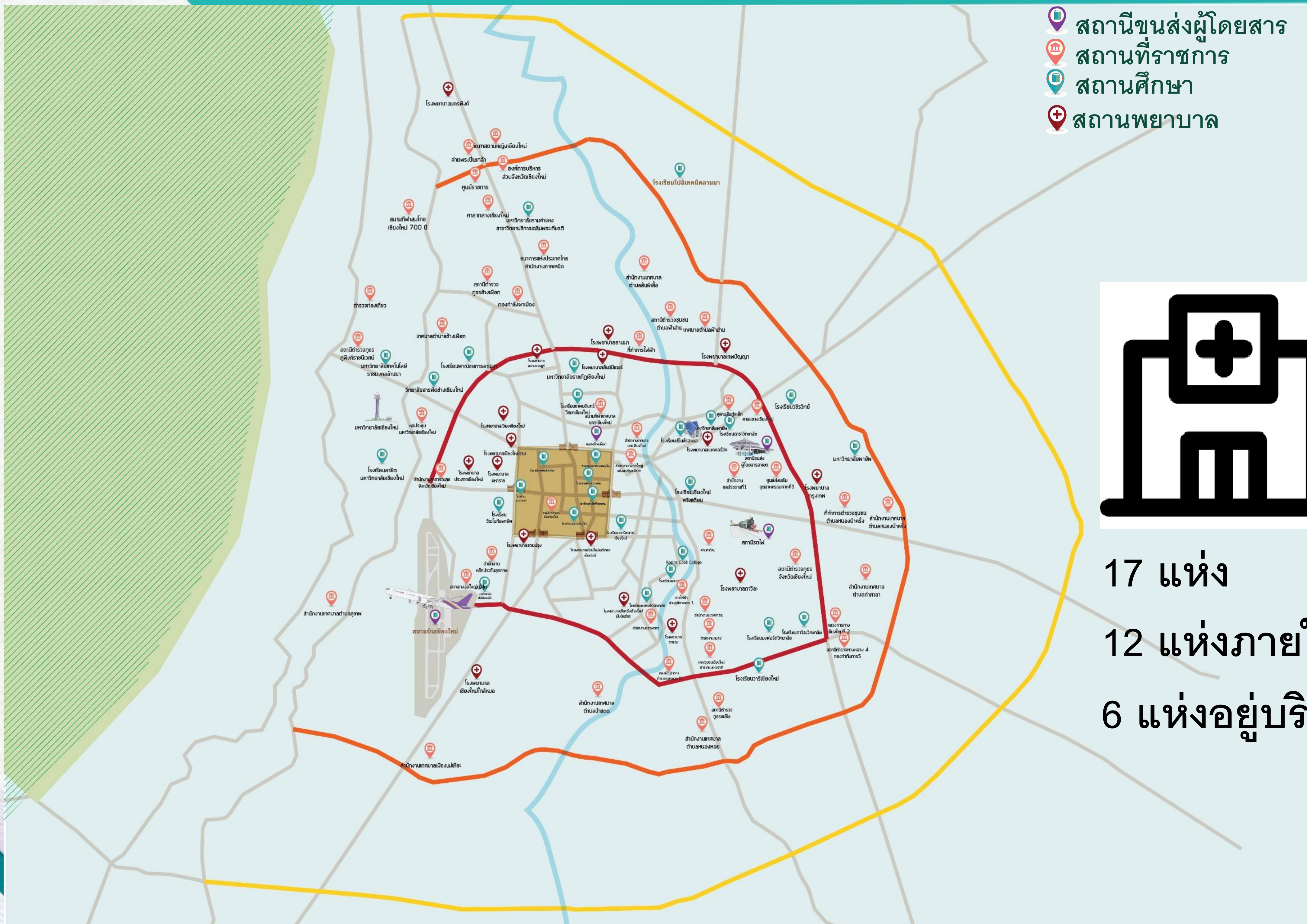
5 โรงเรียนและวิทยาลัยในคูเมือง

7 มหาวิทยาลัย

3 มหาวิทยาลัยใน

วงแหวนมหิดล

จังหวัดเชียงใหม่

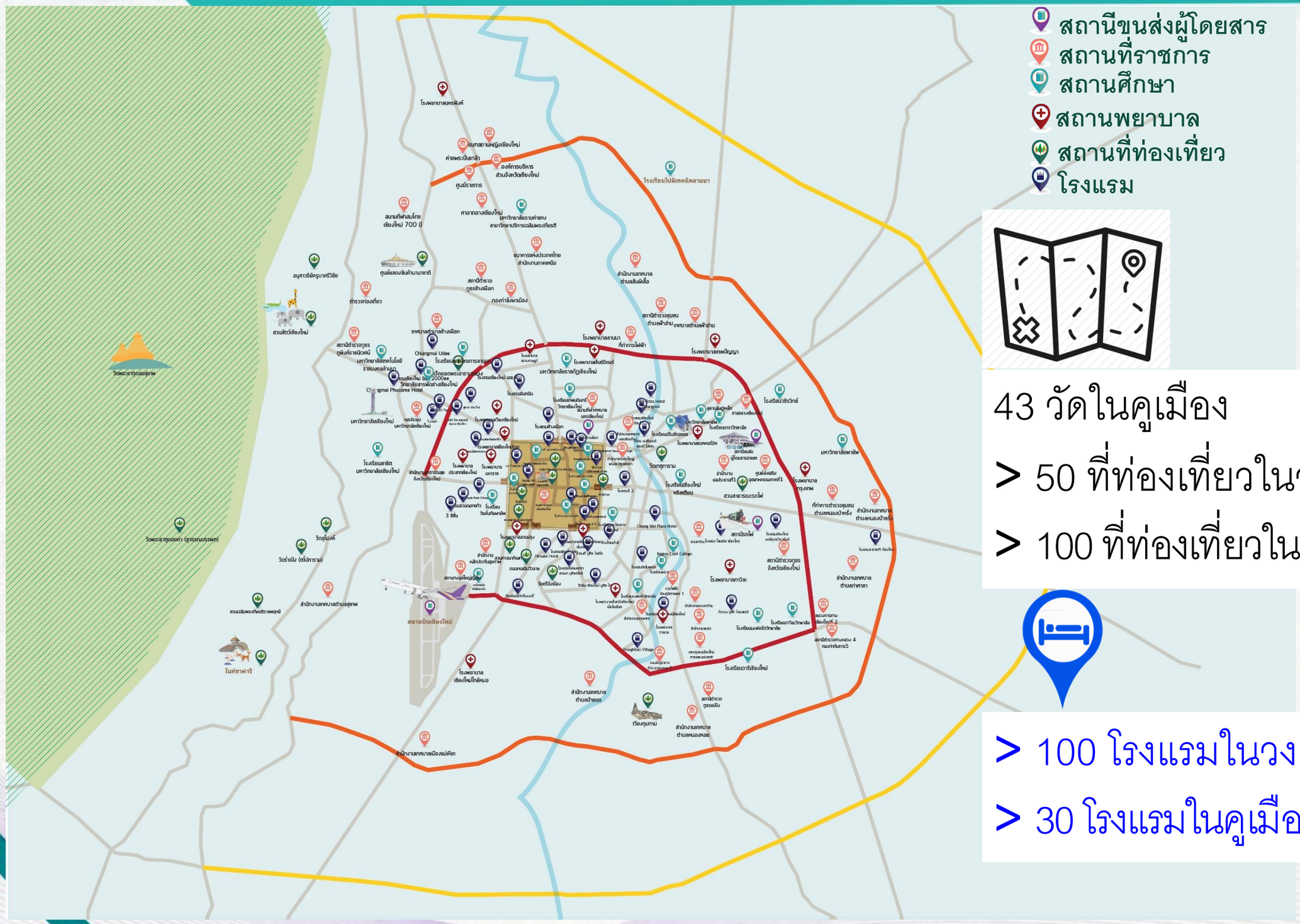


17 แห่ง

12 แห่งภายในวงแหวนมหิดล

6 แห่งอยู่บริเวณรอบคูเมือง

จังหวัดเชียงใหม่



43 วัดในคูเมือง

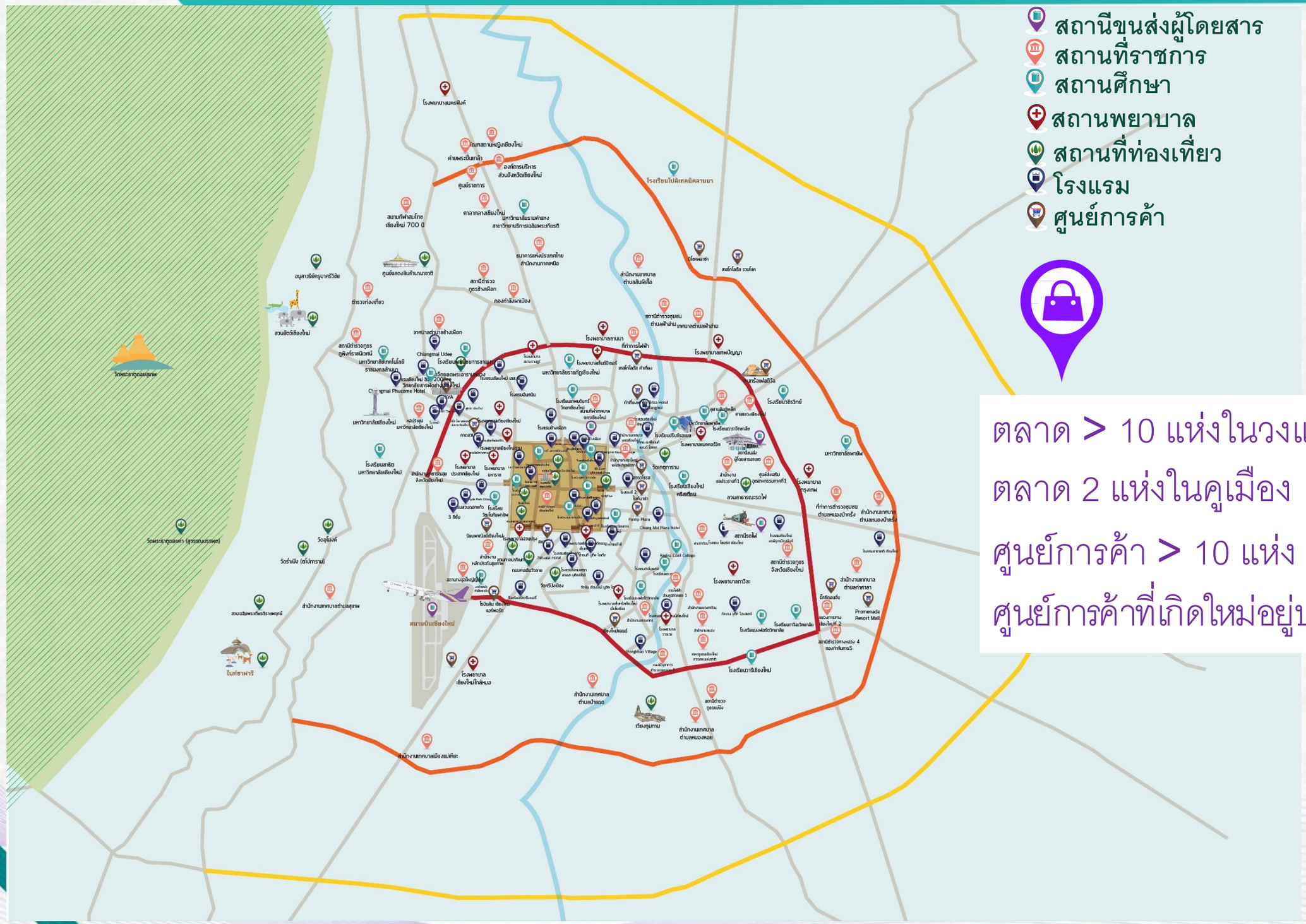
> 50 ที่ท่องเที่ยวในวงแหวนมหิดล

> 100 ที่ท่องเที่ยวในวงแหวนรอบกลาง

> 100 โรงแรมในวงแหวนมหิดล

> 30 โรงแรมในคูเมือง

จังหวัดเชียงใหม่



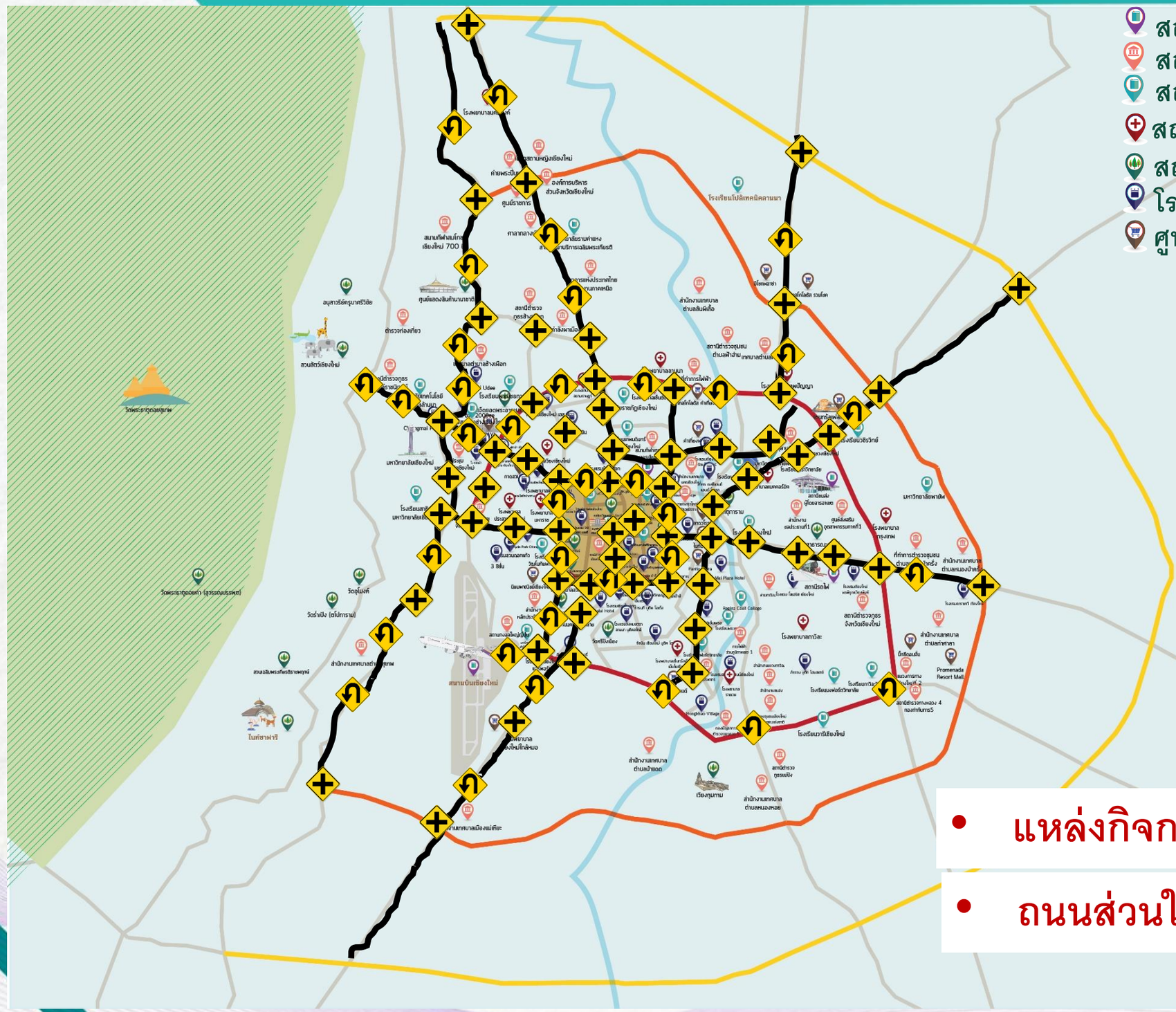
ตลาด > 10 แห่งในวงแหวนมหิดล

ตลาด 2 แห่งในคูเมือง

ศูนย์การค้า > 10 แห่ง

ศูนย์การค้าที่เกิดใหม่อยู่บริเวณถนนวงแหวน

จังหวัดเชียงใหม่



- แหล่งกิจกรรมกระจุกตัวในวงแหวนมหิดล
- ถนนส่วนใหญ่แคบ และมีทางแยกมากมาย

ข้อมูลประชากร และนักท่องเที่ยว

ประชากร	นักท่องเที่ยว	ต่างด้าว
1.8 ล้านคน	9 ล้านคนต่อปี	1.4 แสนคน
เพิ่ม 1% ต่อปี	เพิ่ม 13% ต่อปี	เพิ่ม ???

ข้อมูลการเดินทางชาวเชียงใหม่

เดินทาง 3 เที่ยวต่อวัน

49%

7-9 am

15%

4-6 pm

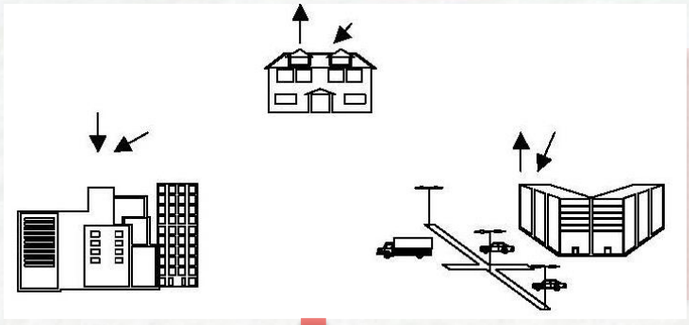
ความเร็วเฉลี่ย 8 กม/ชม

ข้อมูลการเดินทางชาวเชียงใหม่

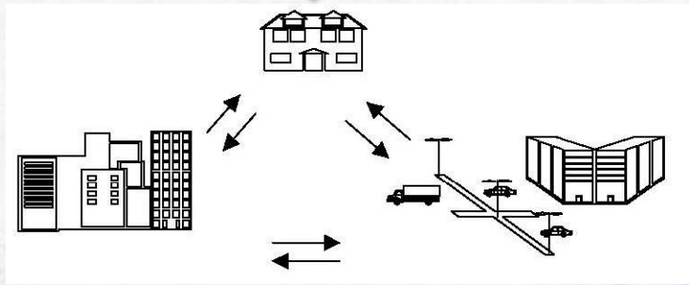
	สัดส่วน	อุบัติเหตุ	RIP
	37%	1 ราย/วัน	1 ราย/เดือน
	50%	>40 ราย/วัน	**1 ราย/วัน**
	4%	<1 ราย/วัน	--

แบบจำลอง 4 step

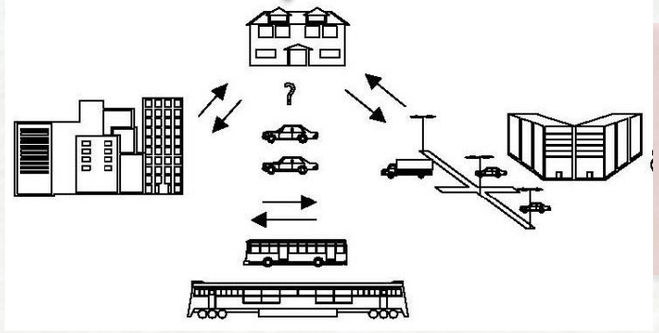
แบบจำลอง 4 Step



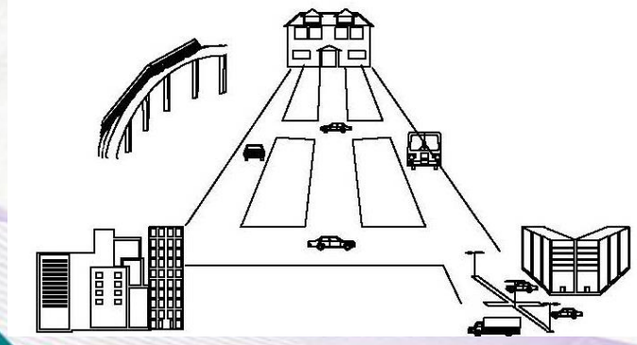
- แบบจำลองการเกิดการเดินทาง (Trip Generation Model)
  ➔ จำนวนการเดินทางออกจากพื้นที่ และจำนวนการเดินทางดึงดูดสู่พื้นที่



- แบบจำลองกระจายการเดินทาง (Trip Distribution Model)
  ➔ ปริมาณการเดินทางระหว่างคู่พื้นที่



- แบบจำลองเลือกรูปแบบการเดินทาง (Modal Split Model)
  ➔ การเลือกวิธีการเดินทางระหว่างจุดเริ่มต้น และจุดปลายทางของการเดินทาง

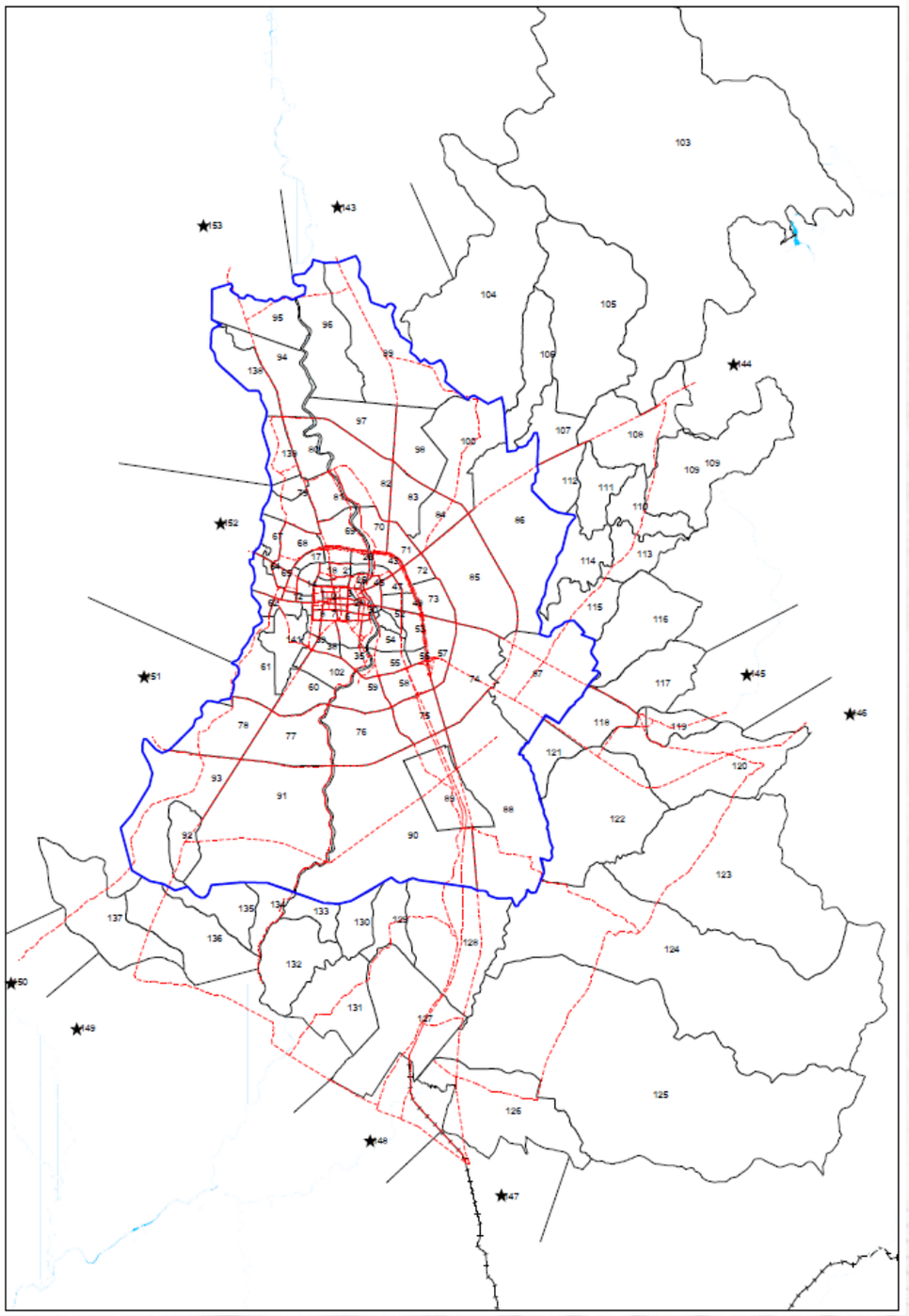


- แบบจำลองการเลือกเส้นทางเดินทาง (Trip Assignment Model)
  ➔ การเลือกเส้นทางเดินทางระหว่างจุดเริ่มต้นและจุดปลายทางภายในระบบขนส่ง

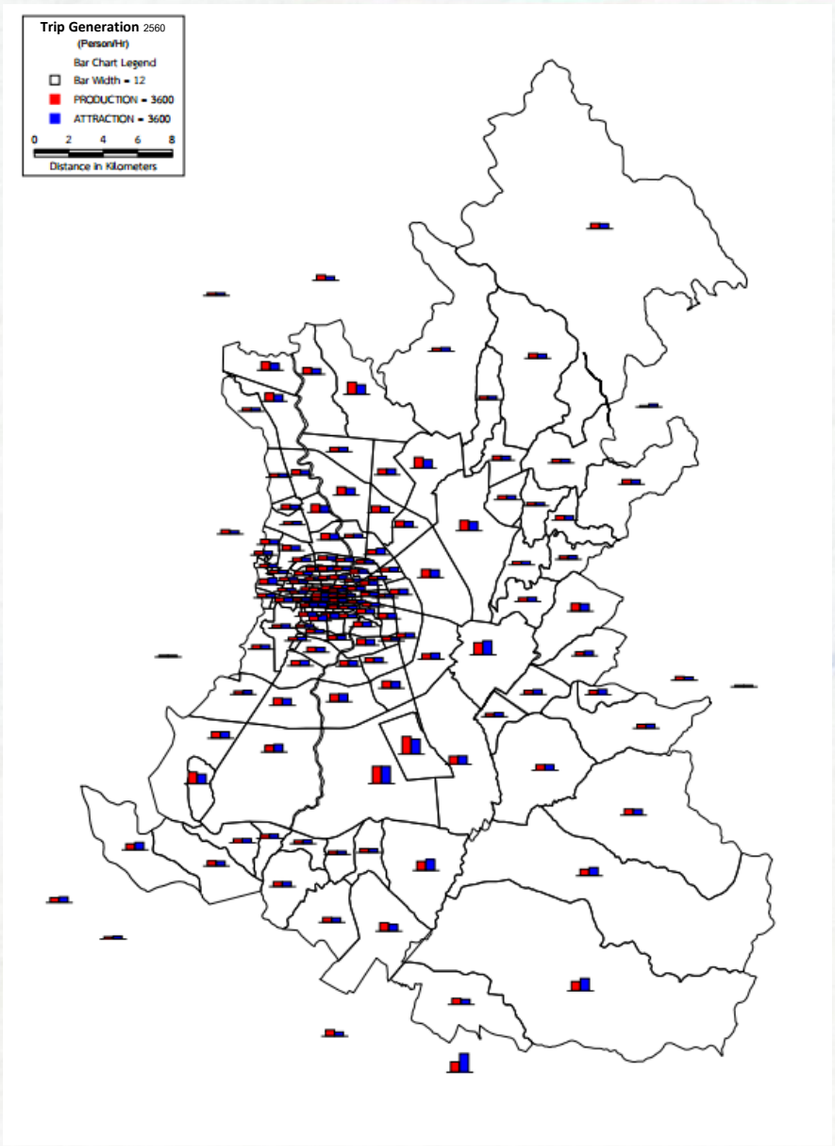
Trip Generation

แบบจำลอง Trip Generation เป็นรูปแบบที่เรียกว่า Cross-Sectional Model แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนการเดินทาง เข้า-ออกจากพื้นที่ย่อยกับตัวแปรอิสระที่คาดว่ามีผลต่อการเดินทาง

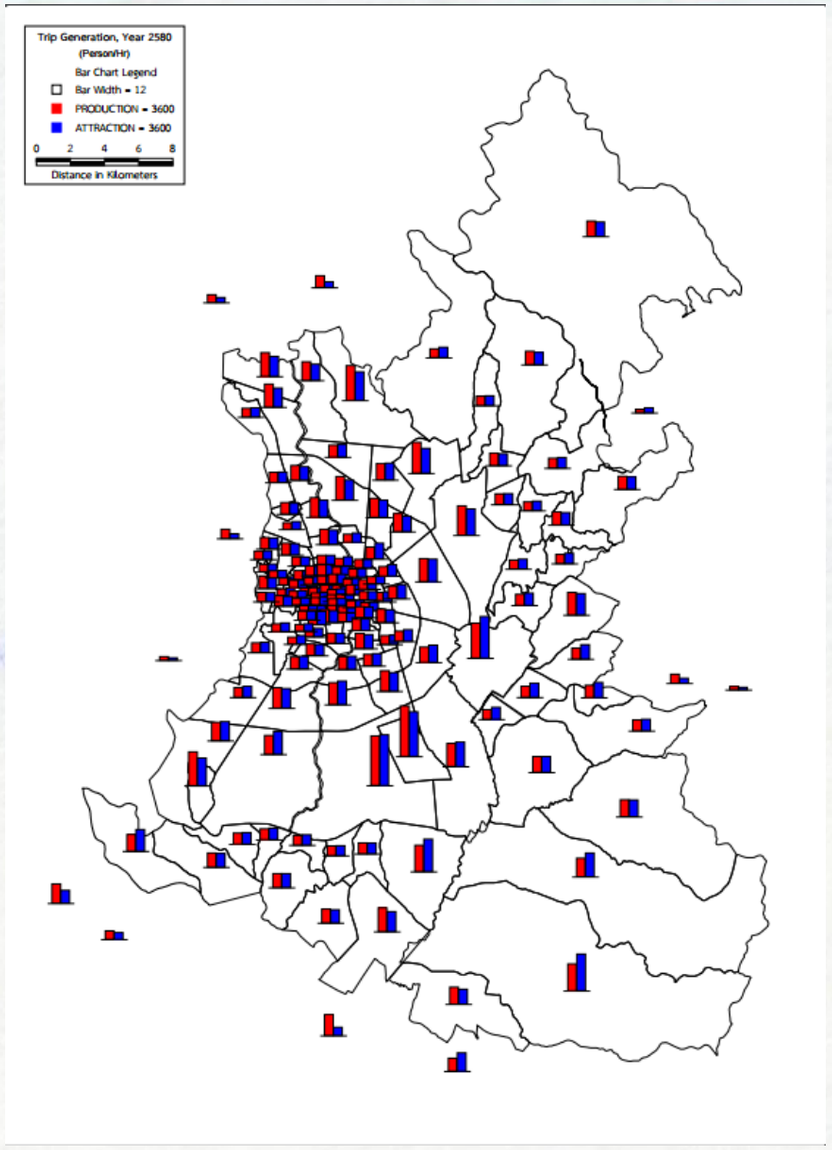
- สร้างจากข้อมูลการเดินทางของคนอาศัยในพื้นที่ศึกษาที่ได้จากการสัมภาษณ์ที่บ้าน
- ใช้ประยุกต์สำหรับคาดคะเน FutureTravel Demand ของคนในพื้นที่
- การประยุกต์ต้องทราบค่าตัวแปรอิสระในอนาคตซึ่งหาจากสภาพแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงในอดีด



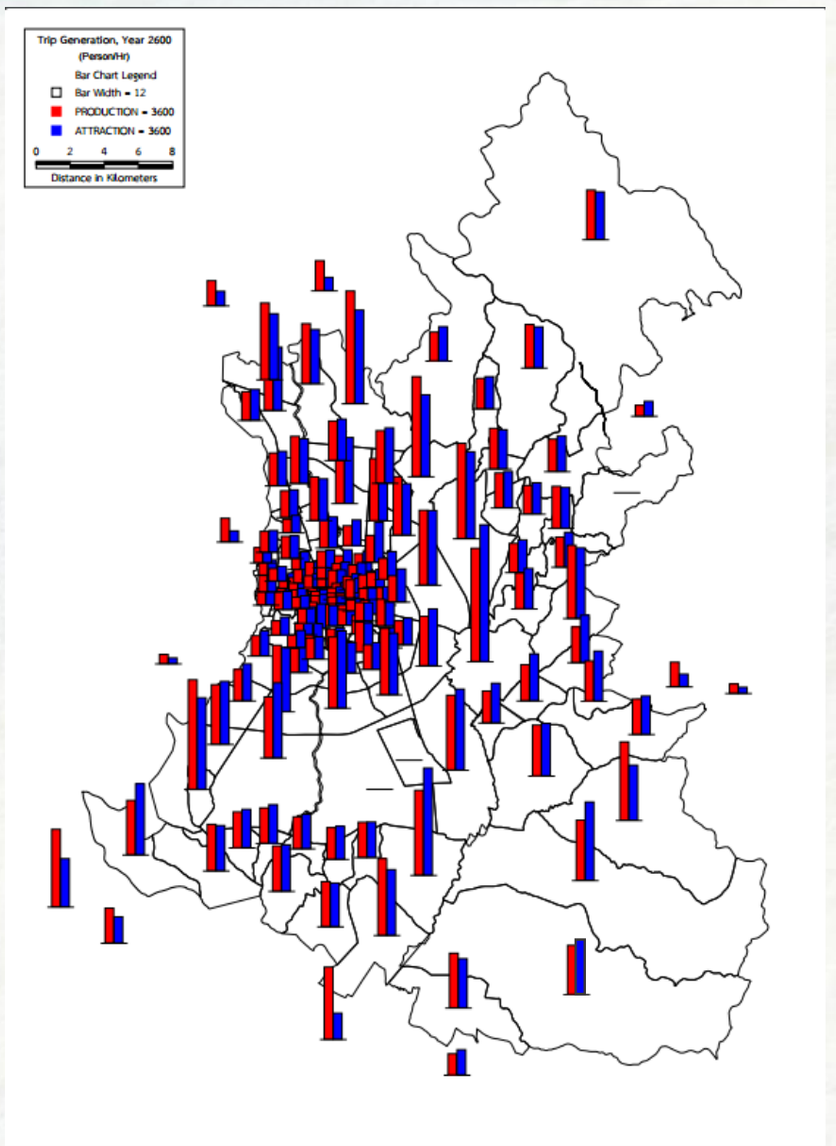
ผลลัพธ์ของ Future Travel Demand (P,A)



2560



2580

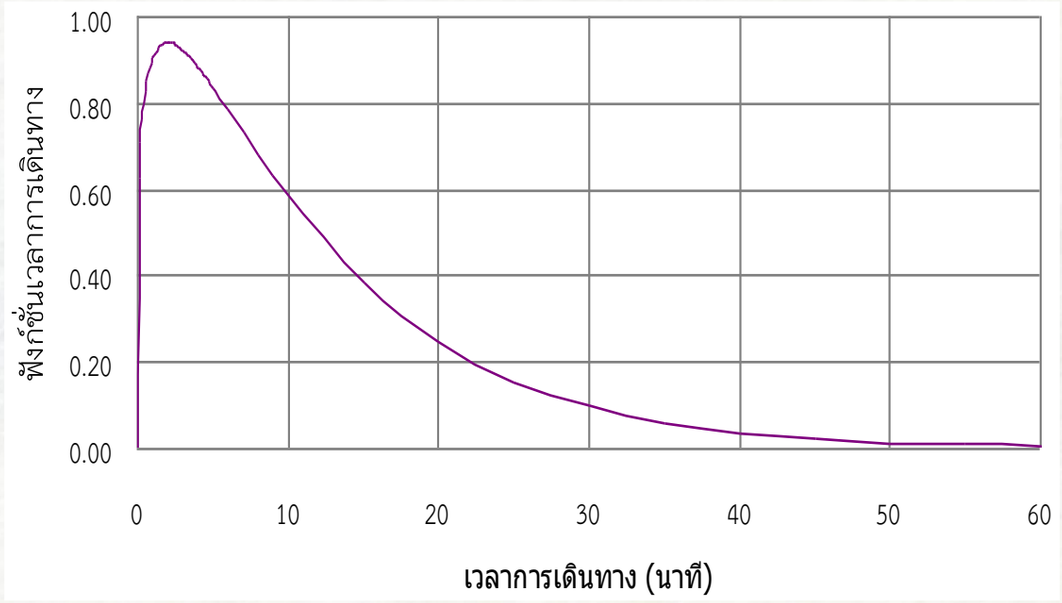


2600

Trip Distribution

ใช้วิเคราะห์หาปริมาณการเดินทางระหว่างคู่โซนจากค่า P,A (Production, Attraction) ด้วยแบบจำลอง Gravity Model :

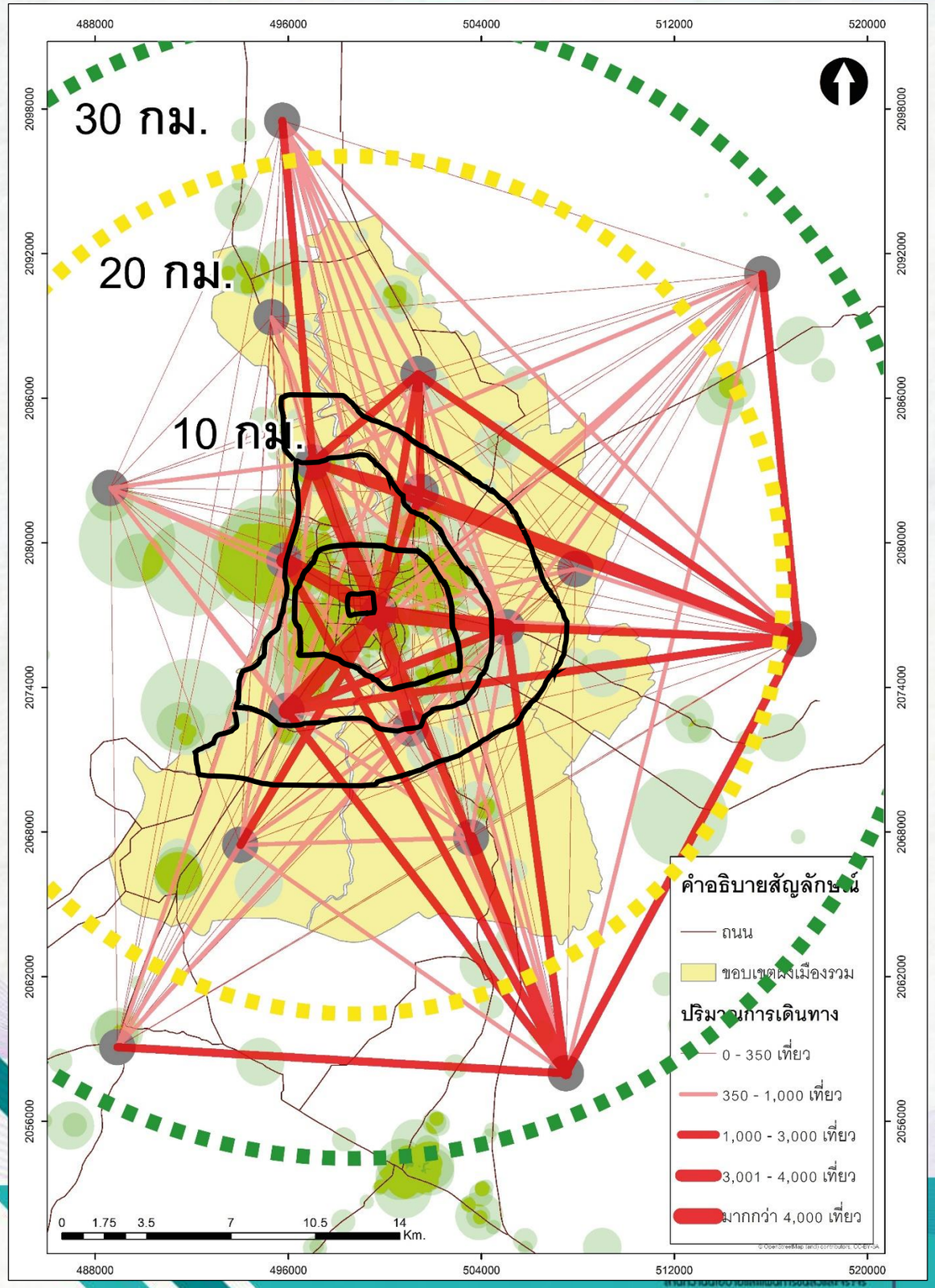
$$T_{ij} = \alpha_i \beta_j P_i A_j F(t_{ij})$$



Trip Length Frequency

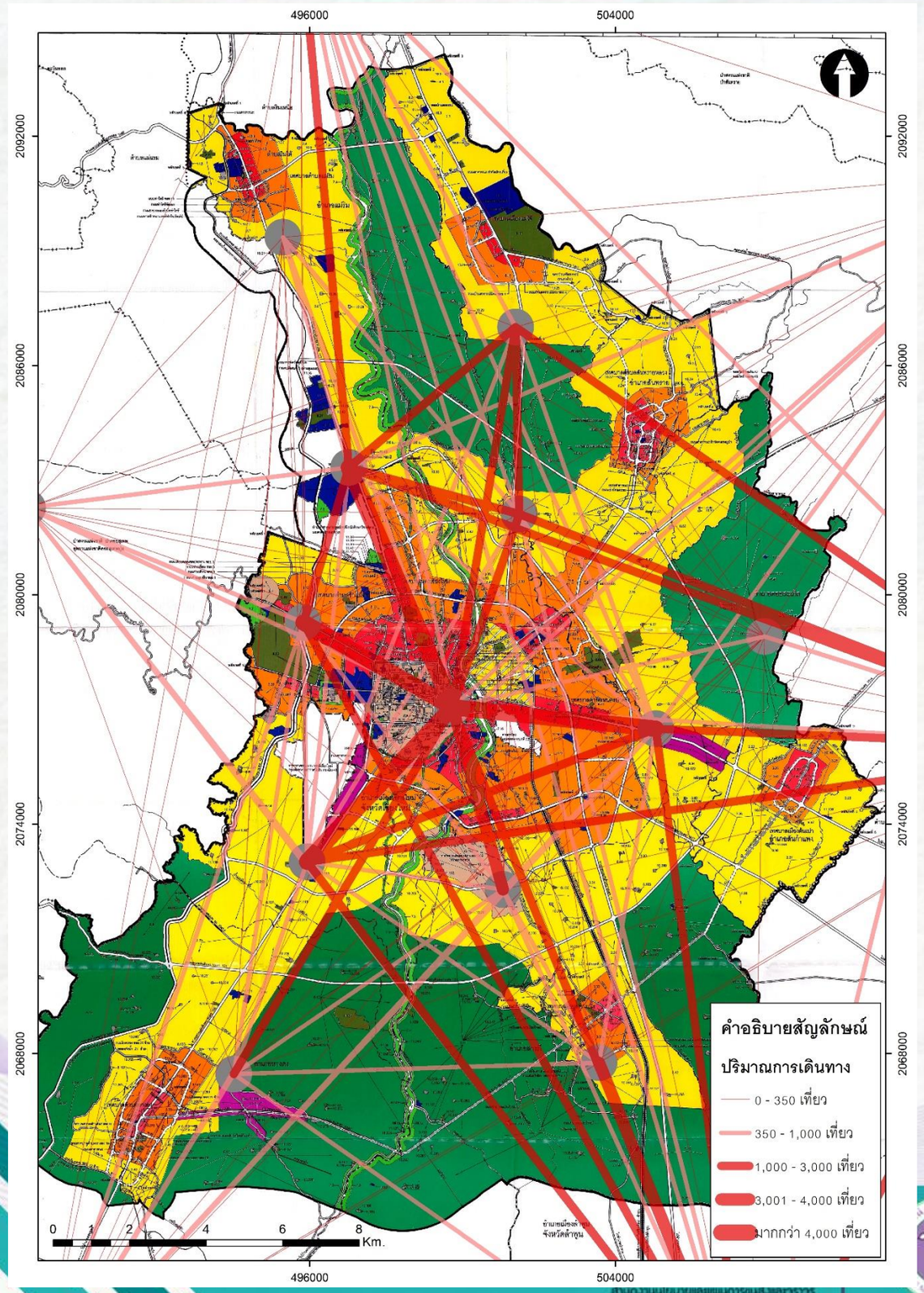
$$F\left(t_{ij}\right) = t_{ij}^{0.2} \exp\left(-0.1 t_{ij}\right)$$

ผลลัพธ์ของ Trip Distribution



- มีการเดินทางระหว่างอำเภอ/จังหวัดที่ผ่านจังหวัดเชียงใหม่บางส่วน
- มีปริมาณการเดินทางค่อนข้างสูงภายในเขตวงแหวนรอบกลาง
- มีปริมาณการเดินทางที่หนาแน่นในเขตวงแหวนมหิดล
- มีปริมาณการเดินทางที่หนาแน่นมากระหว่างพื้นที่คูเมืองและพื้นที่โดยรอบ

ผลลัพธ์ของ Trip Distribution (ต่อ)



ผลลัพธ์ของจาก Trip Distribution สอดคล้องกับผังเมือง

Modal Split

แบบจำลอง Multinomial Logit เป็นแบบจำลองวิเคราะห์สัดส่วนการเลือกรูปแบบการเดินทางที่ได้รับความนิยมสูงสุด สามารถแสดงเป็นสมการได้ดังนี้

$$P_m(i) = \frac{e^{U_m}}{\sum_{m'} e^{U_{m'}}}$$

โดย

$$U_m = \beta_m + \sum_j \beta_j x_{mj}$$

x_{mj} ตัวแปรอิสระ ประกอบด้วย ค่าใช้จ่ายในการเดินทาง ระยะเวลาในการเดินทาง และระยะในการรอใช้บริการ

β_m ค่าคงที่ในแต่ละรูปแบบการขนส่ง

β_j ค่าสัมปสิทธิ์ของแต่ละตัวแปรอิสระ

ผลการปรับเทียบ Modal Split

	ค่าคงที่/ตัวแปร	รูปแบบการเดินทาง	ค่าสัมประสิทธิ์
ค่าคงที่ β_m	AC_Mc	รถจักรยานยนต์	0
	AC_Pc	รถยนต์ส่วนบุคคล	0.300
	AC_Para	รถสองแถว	-0.368
	AC_ Hpm	ขนส่งสาธารณะ ROW A	0.210
	AC_ Lpm	ขนส่งสาธารณะ ROW B/C	0.169
ค่าสัมประสิทธิ์ β_j	ค่าใช้จ่ายในการเดินทาง B_C	ทุกรูปแบบการเดินทาง	-0.043
	ระยะเวลาในการเดินทาง B_T	ทุกรูปแบบการเดินทาง	-0.127
	ระยะเวลารอใช้บริการ B_W	ขนส่งสาธารณะ	-0.073

ค่าคงที่ของแต่ละรูปแบบการขนส่งบ่งบอกถึงแนวโน้มในการเลือกรูปแบบการเดินทางของประชาชน เมื่อเปรียบเทียบระหว่างระบบขนส่งสาธารณะ พบว่า ประชาชนมีแนวโน้มในการเลือกใช้ระบบขนส่งสาธารณะที่มี ROW A มากกว่าระบบขนส่งสาธารณะที่มี ROW B และ C

Trip Assignment

เป็นแบบจำลองการแจกแจงการเดินทางมีวัตถุประสงค์เพื่อแจกแจงปริมาณยานพาหนะเดินทางระหว่างคู่พื้นที่ไปยังโครงข่ายการคมนาคมของแต่ละรูปแบบการเดินทาง จนถึงจุดสมดุล (Equilibrium) ซึ่งสามารถแสดงในรูปสมการคณิตศาสตร์ได้ ดังนี้

$$\min \sum_{a \in A} \int_0^{v_a} x_a(\omega) d\omega$$

s.t.

$$\sum_{r \in R_{ij}} f_r^{ij} = q_{ij} \quad \forall ij \in IJ$$

$$f_r^{ij} \geq 0 \quad \forall r \in R_{ij}, ij \in IJ$$

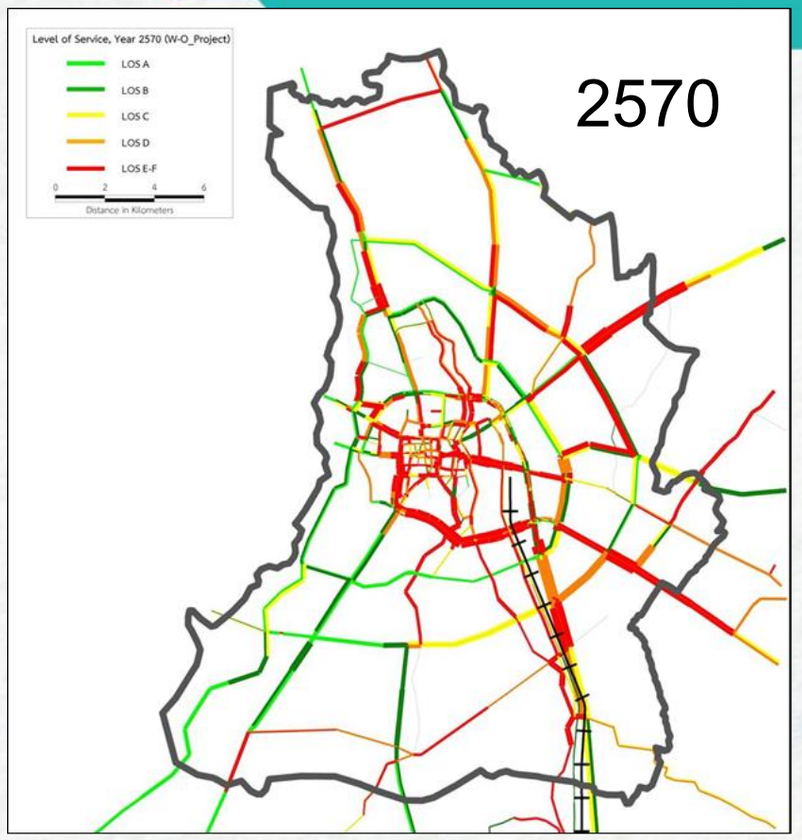
โดยที่ f_r^{ij} คือ ปริมาณจราจรบนเส้นทางระหว่าง Origin-Destination ij บนเส้นทาง r

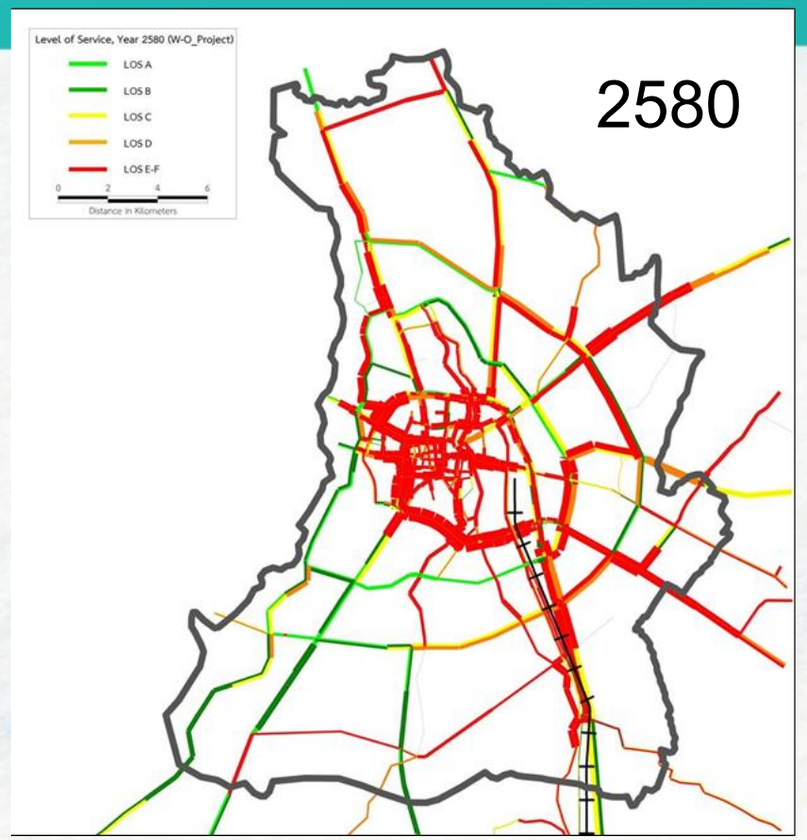
q_{ij} คือ ปริมาณความต้องการการเดินทางระหว่าง Origin-Destination ij

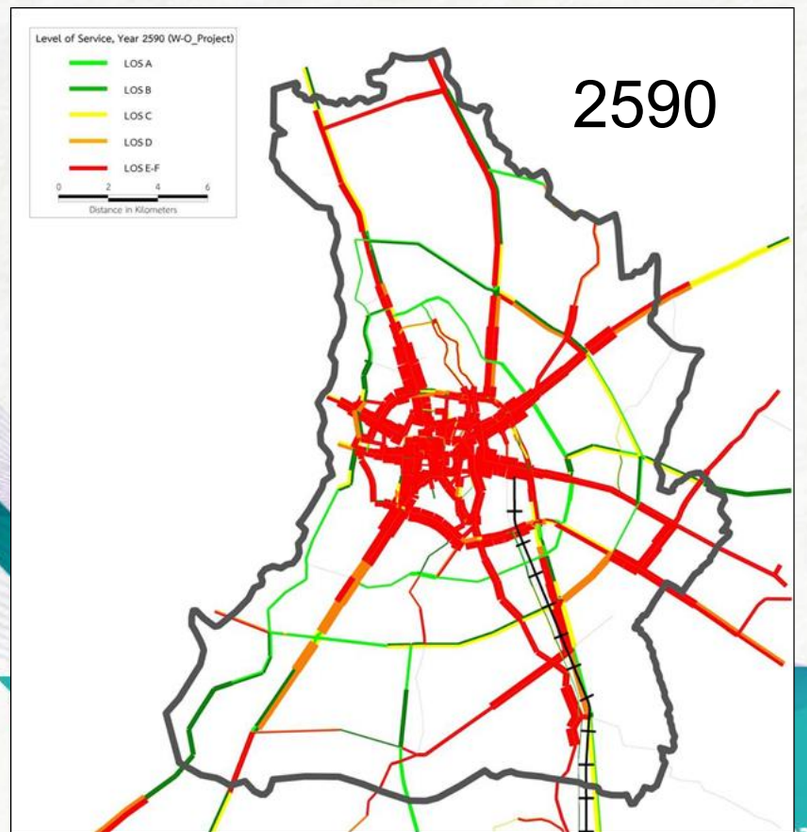
x_a คือ ระยะเวลา/ค่าใช้จ่ายในการเดินทางบน Link a

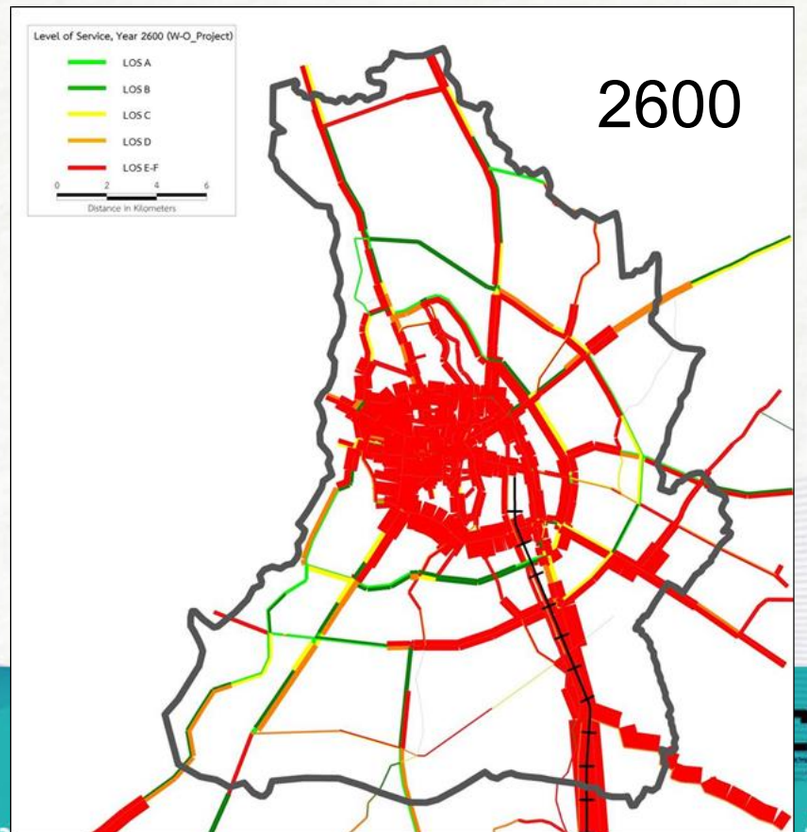
v_a คือ ปริมาณจราจรบน Link a

ผลของ Trip Assignment กรณี Do Nothing









- การจราจรติดขัดเพิ่มขึ้นทุกปี
- V/C บนถนนสายหลักเฉลี่ยสูงกว่า 1 โดยเฉพาะบริเวณคูเมือง
- ในปี 2600 การจราจรจะติดขัดเข้าขั้นวิกฤต ความเร็วเฉลี่ยต่ำกว่า 4 กม/ชม ในหลายพื้นที่

การคัดเลือกโครงข่าย
ระบบขนส่งสาธารณะ

แนวทางการดำเนินงาน

คณะกรรมการในคราวประชุม ครั้งที่ 1/2559 เมื่อวันที่ 9 มีนาคม 2559 ที่มีมติให้ที่ปรึกษาดำเนินการตามข้อเสนอแนะของกรรมการที่เสนอแนะการดำเนินงานให้ประชาชน**รับรู้และยอมรับ**แนวทางการ

พัฒนาระบบขนส่งสาธารณะจังหวัดเชียงใหม่

แนวทางการดำเนินงานในภาพรวม

นโยบายคณะกรรมการ ให้มีการดำเนินงาน
ร่วมกับภาคประชาชนอย่างใกล้ชิด

ควรมีการศึกษาและจัดทำแผนแม่บทร่วมกับภาคประชาชนให้มากที่สุด มีการประเมิน/คัดเลือกโครงข่ายและรูปแบบเทคโนโลยีในหลากหลายมิติให้มีความเอนเอียงต่ำที่สุด

ด้านการมีส่วนร่วม

ปรึกษาหารือร่วมกับผู้นำชุมชน และแกนนำ NGO
และหน่วยงาน/องค์กรที่เกี่ยวข้อง

การวางแผนและออกแบบโครงข่าย
ขนส่งสาธารณะร่วมกับภาคประชาชน

การศึกษาวิเคราะห์โครงข่าย
ขนส่งสาธารณะที่เหมาะสม

สัมมนาครั้งที่ 1

การวางโครงข่ายระบบขนส่งสาธารณะ
จังหวัดเชียงใหม่ร่วมกัน

Focus Group 5 ครั้ง

การวางโครงข่าย ระบบหลัก
ระบบรอง และระบบเสริม

สัมมนาครั้งที่ 2

ผลการวิเคราะห์ทางด้านวิศวกรรม
เศรษฐศาสตร์ การเงิน และสิ่งแวดล้อม

วิเคราะห์โครงข่ายทางเลือก

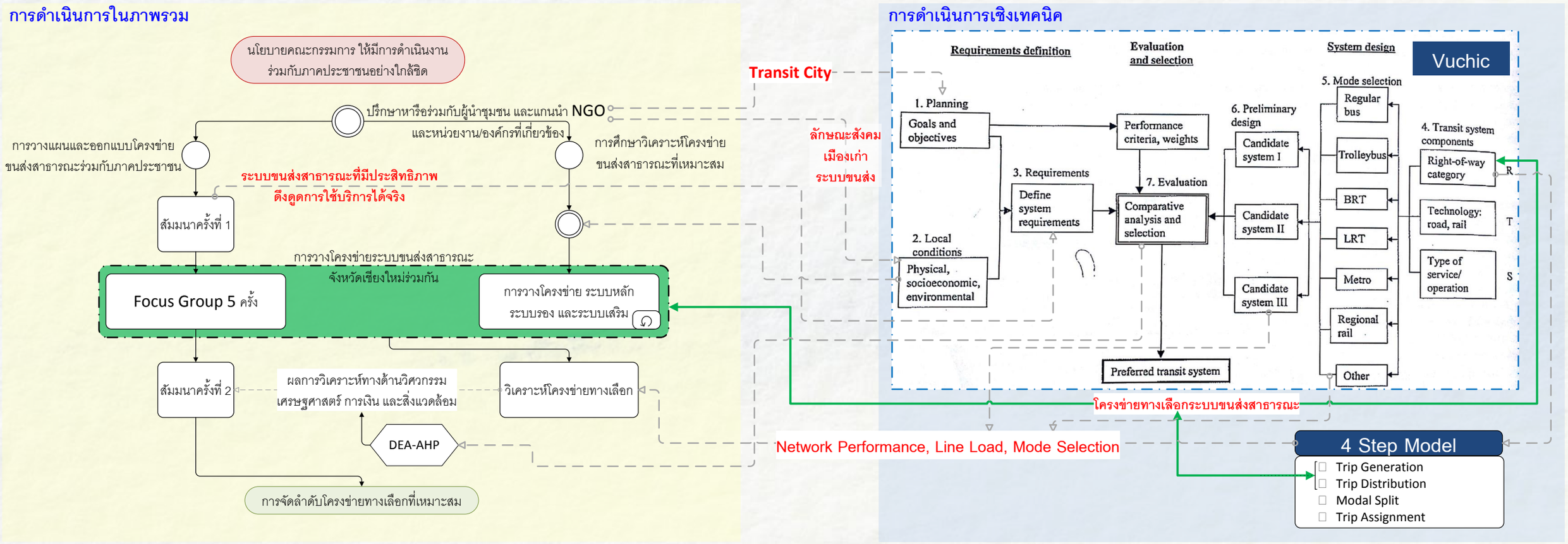
DEA-AHP

การประเมินที่เอนเอียงต่ำ

การจัดลำดับโครงข่ายทางเลือกที่เหมาะสม

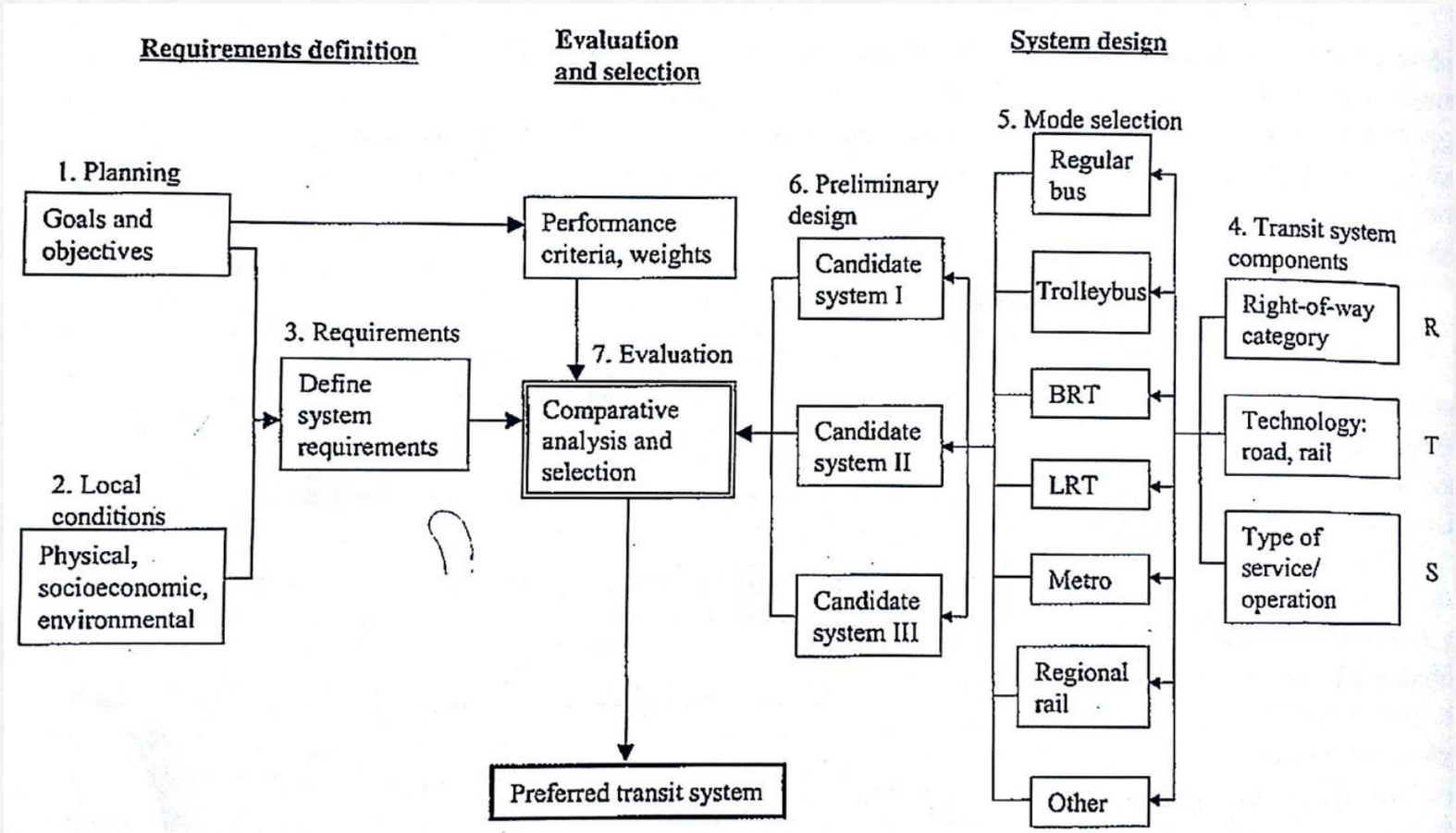
ด้านเทคนิค

แนวทางการดำเนินงานทั้งหมด



ที่มา: Vuchic, V. R. (2002). Urban public transportation systems. University of Pennsylvania, Philadelphia, PA, USA.

แนวทางการดำเนินงานด้านเทคนิค



1. การกำหนดเป้าหมาย
2. การวิเคราะห์ลักษณะพื้นที่
3. การวิเคราะห์ความต้องการระบบขนส่งสาธารณะ
4. การวางโครงข่ายทางเลือกและกำหนดประเภทเขตทาง
5. การคัดเลือกรูปแบบเทคโนโลยีขนส่งสาธารณะ
6. การวิเคราะห์ประสิทธิภาพโครงข่ายทางเลือกในหลายมิติ
7. การประเมินจัดลำดับโครงข่ายทางเลือกประกอบการพิจารณา

ที่มา: Vuchic, V. R. (2002). Urban public transportation systems. University of Pennsylvania, Philadelphia, PA, USA.

เป้าหมายการพัฒนาระบบขนส่งสาธารณะในจังหวัดเชียงใหม่

- การสัมมนารับฟังความคิดเห็นครั้งที่ 1
- การประชุมกลุ่มย่อย
- การประชุมหารือร่วมกับผู้นำชุมชนและแกนนำ NGO
- การสำรวจความคิดเห็น

จังหวัดเชียงใหม่เป็นจังหวัดที่มีการเดินทางพึ่งพาระบบขนส่งสาธารณะเป็นหลัก หรือ **Transit City** เพื่อแก้ไขปัญหาการจราจรแบบยั่งยืน

ระบบขนส่งสาธารณะที่ประชาชนต้องการ

- ระบบขนส่งสาธารณะที่มีประสิทธิภาพ
  - ปลอดภัย
  - รวดเร็วและแน่นอน
  - สะดวกสบาย
- ระบบขนส่งสาธารณะที่ดึงดูดการใช้บริการจากผู้ใช้ยานพาหนะส่วนบุคคลได้จริง
- ระบบขนส่งสาธารณะที่ไม่สร้างความขัดแย้งกับรถสองแถว (แดง)
- ระบบขนส่งสาธารณะที่ไม่บดบังทัศนียภาพ หรือ ไม่มีโครงสร้างยกระดับ

แนวทางการวางโครงข่ายขนส่งสาธารณะ

- โครงข่ายระบบขนส่งสาธารณะที่ครอบคลุมกิจกรรมในจังหวัดเชียงใหม่มากที่สุด
- โครงข่ายระบบขนส่งสาธารณะที่มีลำดับขั้น

  - ระบบหลัก มีความจุสูง เชื่อมโยงแหล่งกิจกรรมสำคัญ ในพื้นที่เขตวงแหวนรอบกลาง
  - ระบบรอง มีความจุปานกลาง เชื่อมโยงชุมชนอำเภอรอบนอกเข้ากับระบบหลัก
  - ระบบเสริม มีความจุต่ำ สนับสนุนการเชื่อมโยงแหล่งกิจกรรมย่อยเข้าสู่ระบบหลักในเขตเมือง

Feeder

ระบบ	ความเร็วเฉลี่ย
หลัก	25-80 กม./ชม.
รอง	15-25 กม./ชม.
เสริม	<20 กม./ชม.

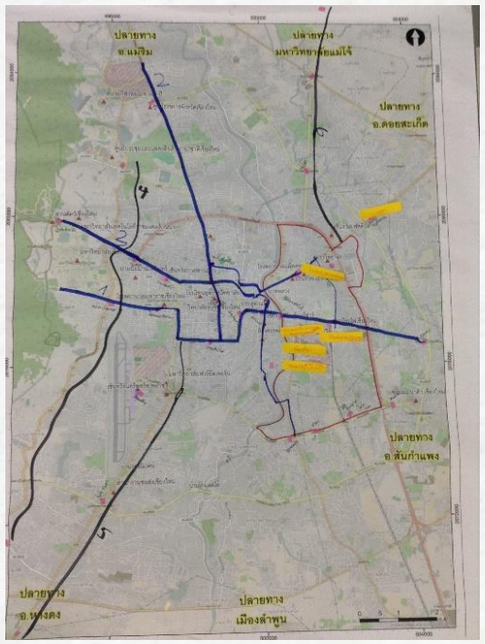
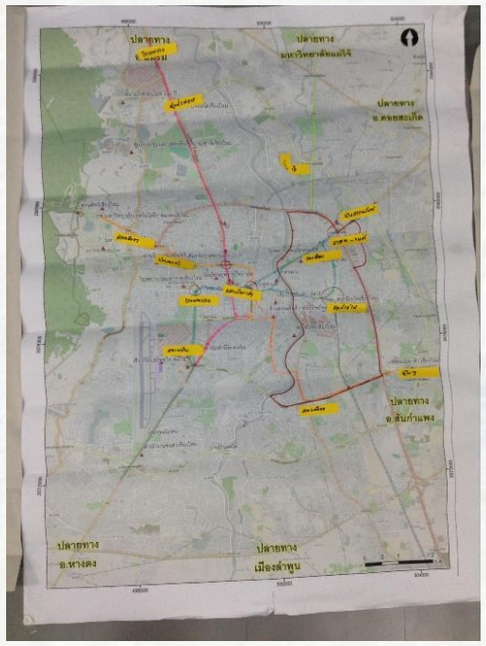
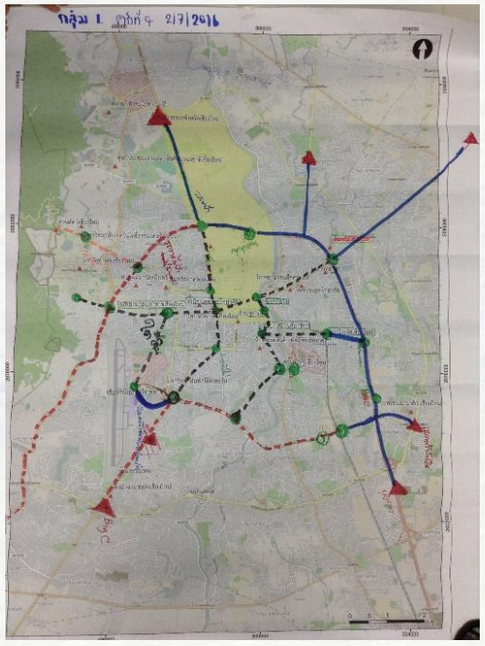
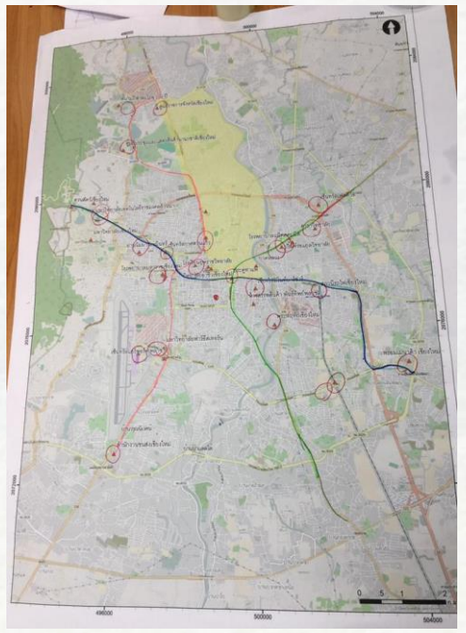
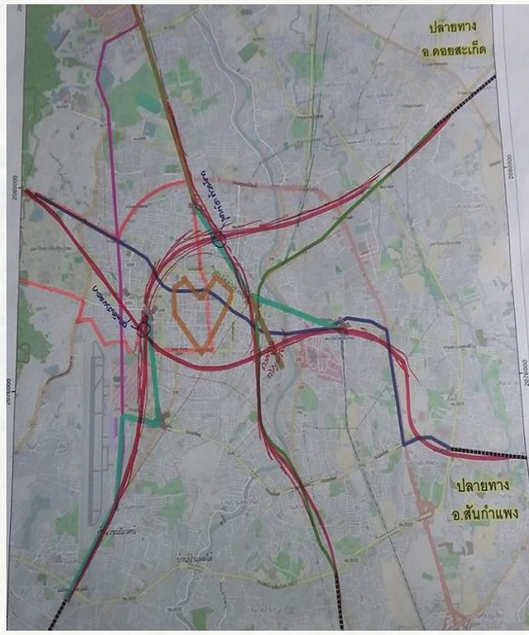
ที่มา Jian et al. (2012); State of New South Wales, 2012. NSW Long Term Transport Master Plan.

แนวทางการวางโครงข่ายขนส่งสาธารณะ (ต่อ)

- กำหนดประเภทของเขตทาง
  - **ROW A** มีเขตทางวิ่งเฉพาะตลอดสายทาง สามารถให้บริการด้วยความเร็ว และกำหนดเวลาเดินทางได้แน่นอน ผู้ใช้บริการมีแนวโน้มในการเชื่อมต่อระหว่างระบบสูง
  - **ROW B** มีเขตทางวิ่งเฉพาะบางช่วง โดยสัดส่วนของทางวิ่งเฉพาะ ส่งผลต่อความเร็วในการให้บริการ การกำหนดเวลาและแนวโน้มการเชื่อมต่อระหว่างระบบ
  - **ROW C** วิ่งร่วมกับการจราจรปกติ ความเร็วในการให้บริการขึ้นอยู่กับสภาพการจราจร เวลาในการเดินทางกำหนดได้ลำบาก ผู้ใช้บริการมีแนวโน้มในการเชื่อมต่อระหว่างระบบต่ำ

การวางโครงข่ายขนส่งสาธารณะร่วมกับภาคประชาชน

- **ข้อเสนอแนะโครงข่ายระบบขนส่งสาธารณะจากการประชุมกลุ่มย่อย**

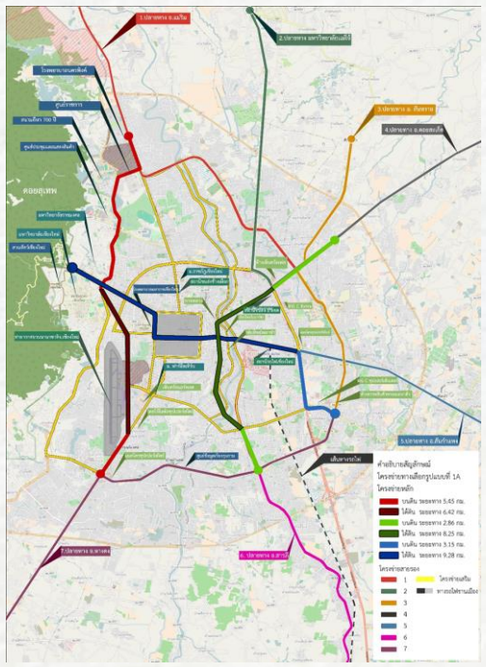






ตัวอย่างข้อเสนอแนะโครงข่ายฯ

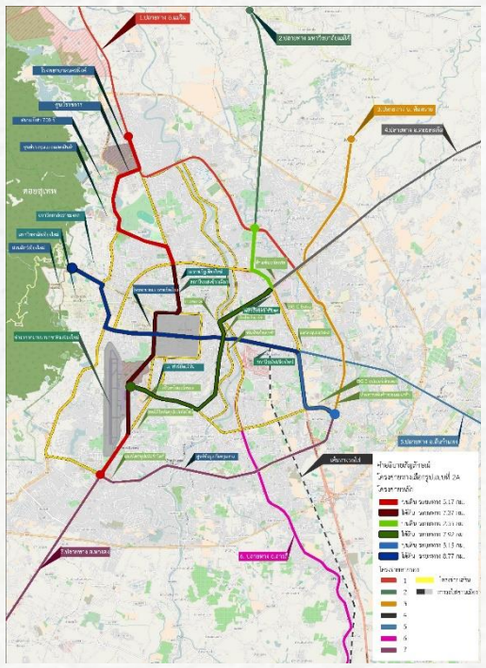
แต่ละข้อเสนอแนะมีโครงข่ายระบบขนส่งสาธารณะที่ครอบคลุมกิจกรรมหลักด้วยแนวสายทางที่แตกต่างกัน

โครงข่ายทางเลือก

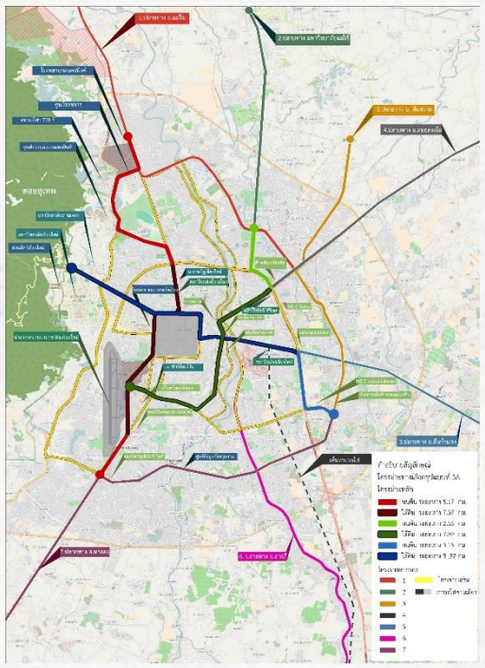
ผลจากการนำข้อเสนอแนะจากภาคประชาชน วิเคราะห์ร่วมกับข้อมูลความต้องการการเดินทาง และประชุมหารือร่วมกับผู้นำชุมชนและแกนนำ NGO



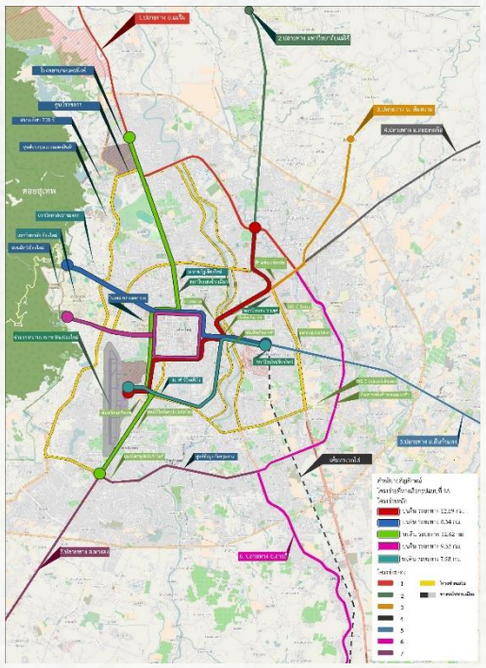
โครงข่ายทางเลือกที่ 1



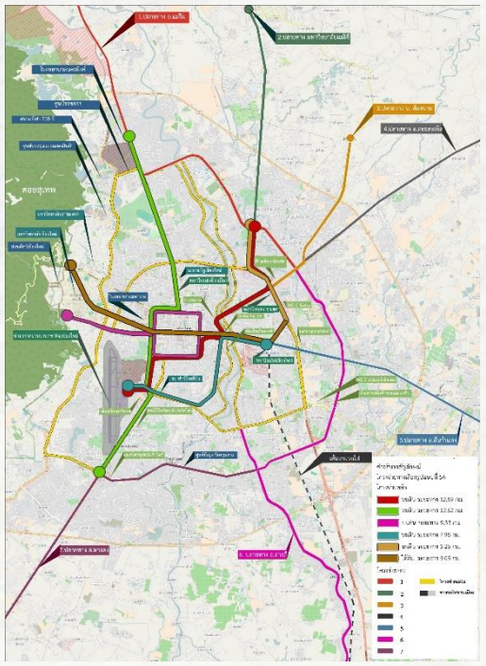
โครงข่ายทางเลือกที่ 2



โครงข่ายทางเลือกที่ 3



โครงข่ายทางเลือกที่ 4



โครงข่ายทางเลือกที่ 5

แนวคิดโครงข่ายทางเลือก

แนวคิดในการให้ระบบขนส่งสาธารณะสามารถแข่งขันกับระบบขนส่งส่วนบุคคลได้จริง และขัดแย้งกับรถสองแถว (แดง) น้อยที่สุด

- โครงข่ายทางเลือกที่ 1
- โครงข่ายทางเลือกที่ 2
- โครงข่ายทางเลือกที 3

→
- ระบบหลักมี **ROW A**
- ระบบรองมี **ROW B**
- ระบบเสริมมี **ROW C**

แนวคิดในการให้ระบบขนส่งสาธารณะมีมูลค่าการลงทุนน้อย (ภาครัฐมีข้อจำกัดด้านงบประมาณ)

- โครงข่ายทางเลือกที่ 4

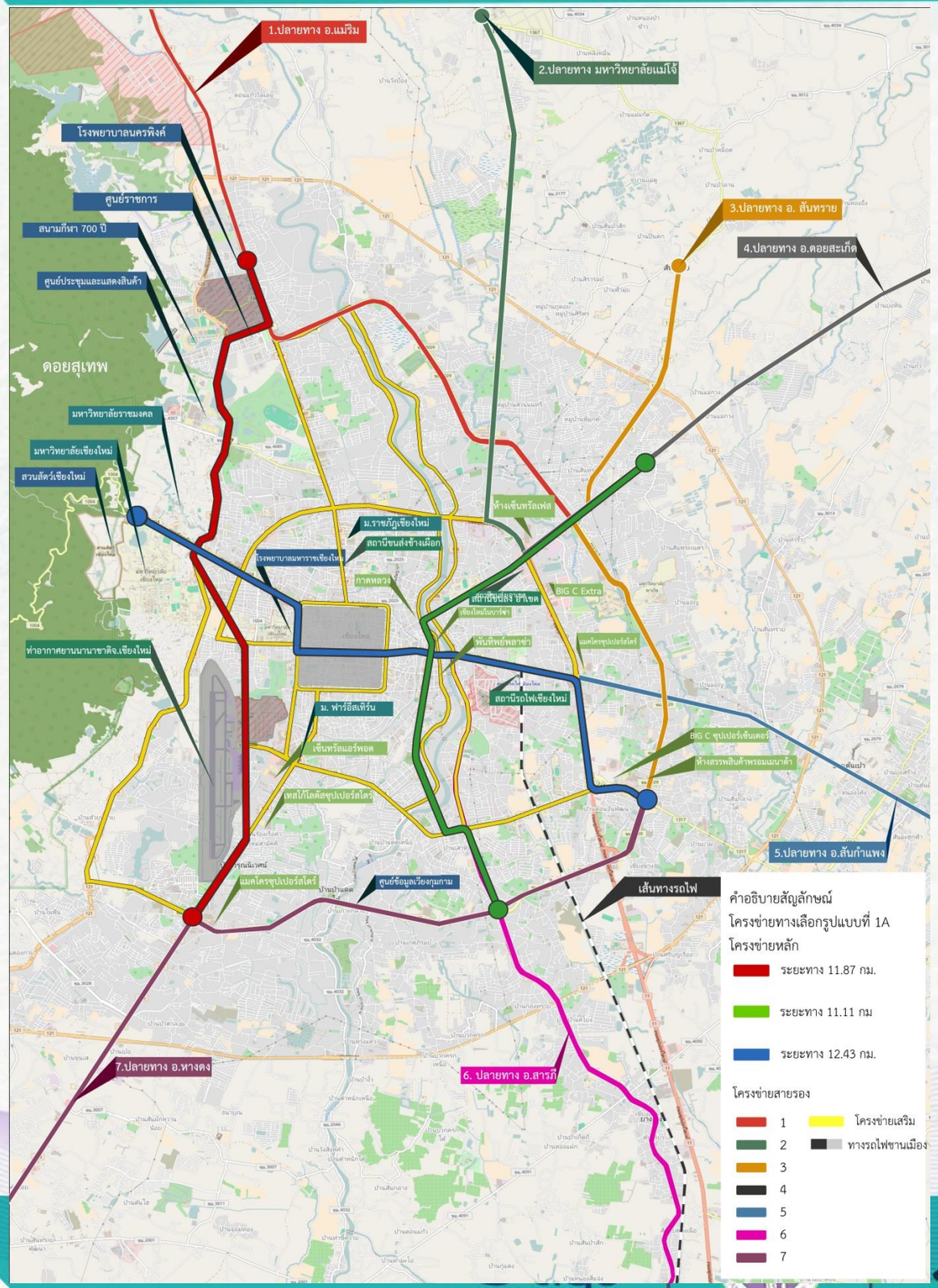
→
- ระบบหลักมี **ROW C**
- ระบบรองมี **ROW B**
- ระบบเสริมมี **ROW C**

แนวคิดผสมผสาน

- โครงข่ายทางเลือกที่ 5

→
- ระบบหลักมี **ROW A** และ **ROW C**
- ระบบรองมี **ROW B**
- ระบบเสริมมี **ROW C**

โครงข่ายทางเลือกที่ 1



ระบบหลัก

เส้นทาง	ระยะทาง (กม.)	
	11.87	ROW A
	11.11	
	12.43	

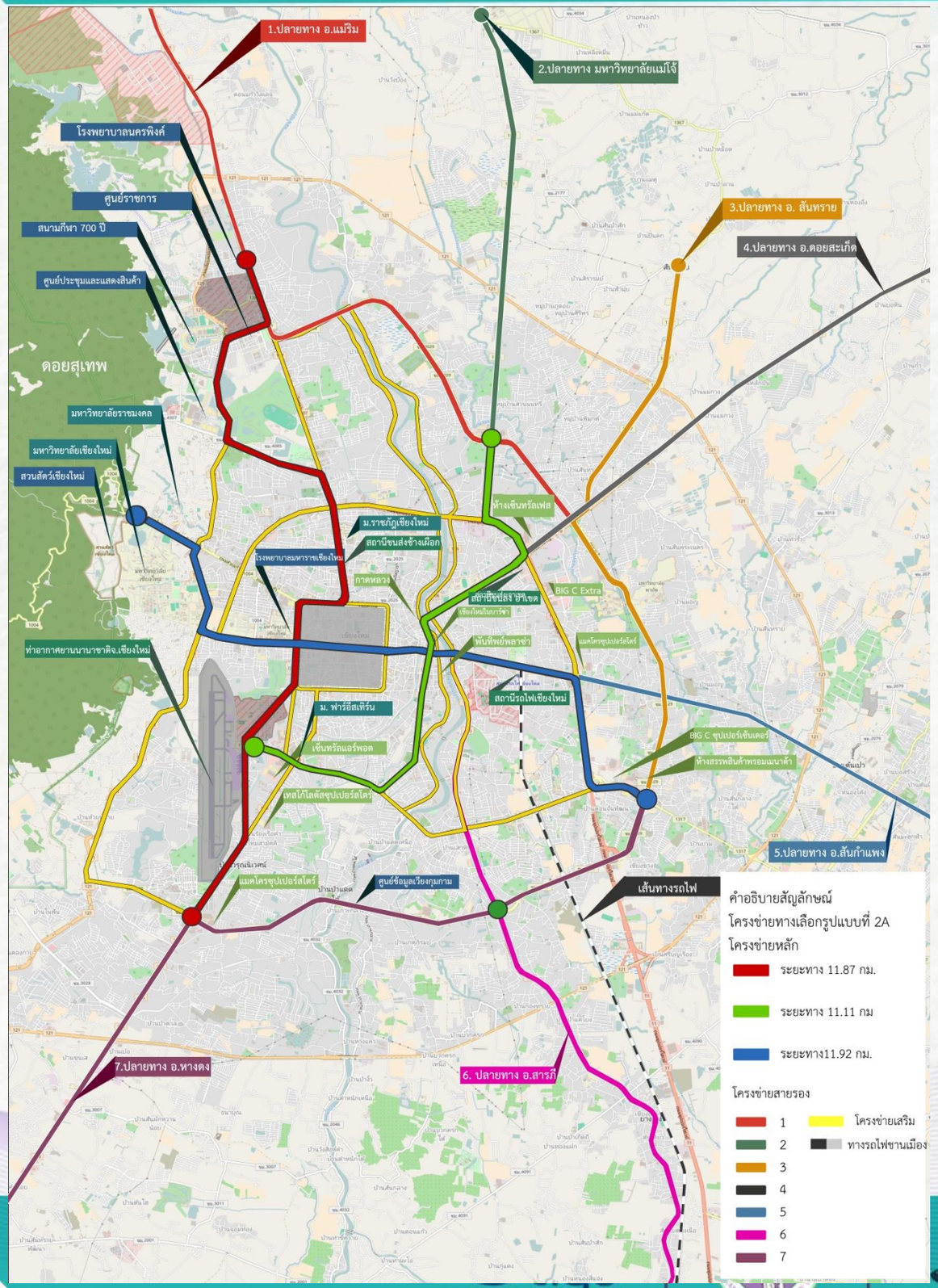
ระบบรอง

7 เส้นทาง 89.12 ROW B

ระบบเสริม

7 เส้นทาง 74.82 ROW C

โครงข่ายทางเลือกที่ 2



ระบบหลัก

เส้นทาง	ระยะทาง (กม.)	
	12.54	ROW A
	10.47	
	11.92	

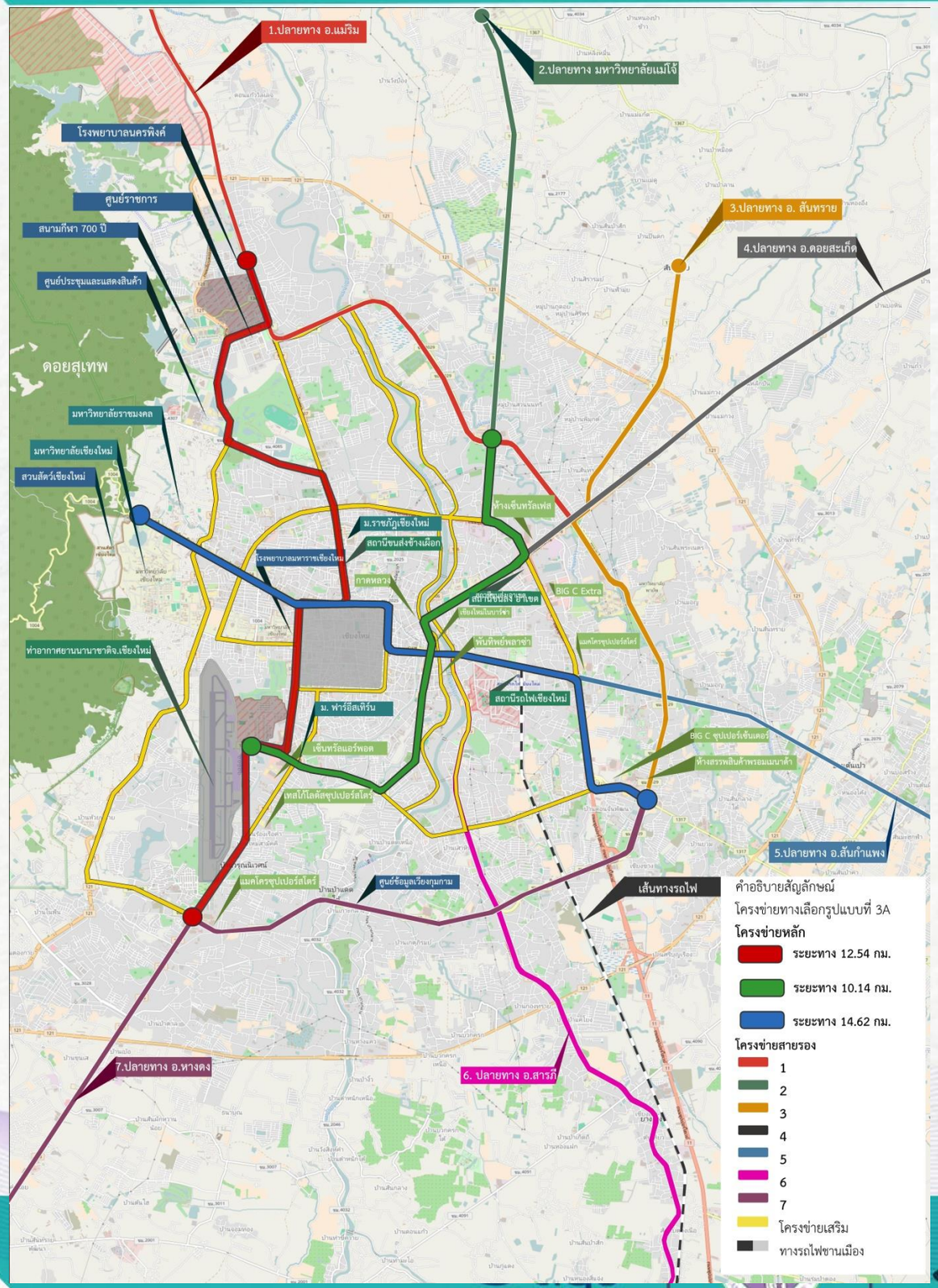
ระบบรอง

7 เส้นทาง 97.24 ROW B

ระบบเสริม

7 เส้นทาง 74.82 ROW C

โครงข่ายทางเลือกที่ 3



ระบบหลัก

เส้นทาง	ระยะทาง (กม.)	
	12.54	ROW A
	10.47	
	12.07	

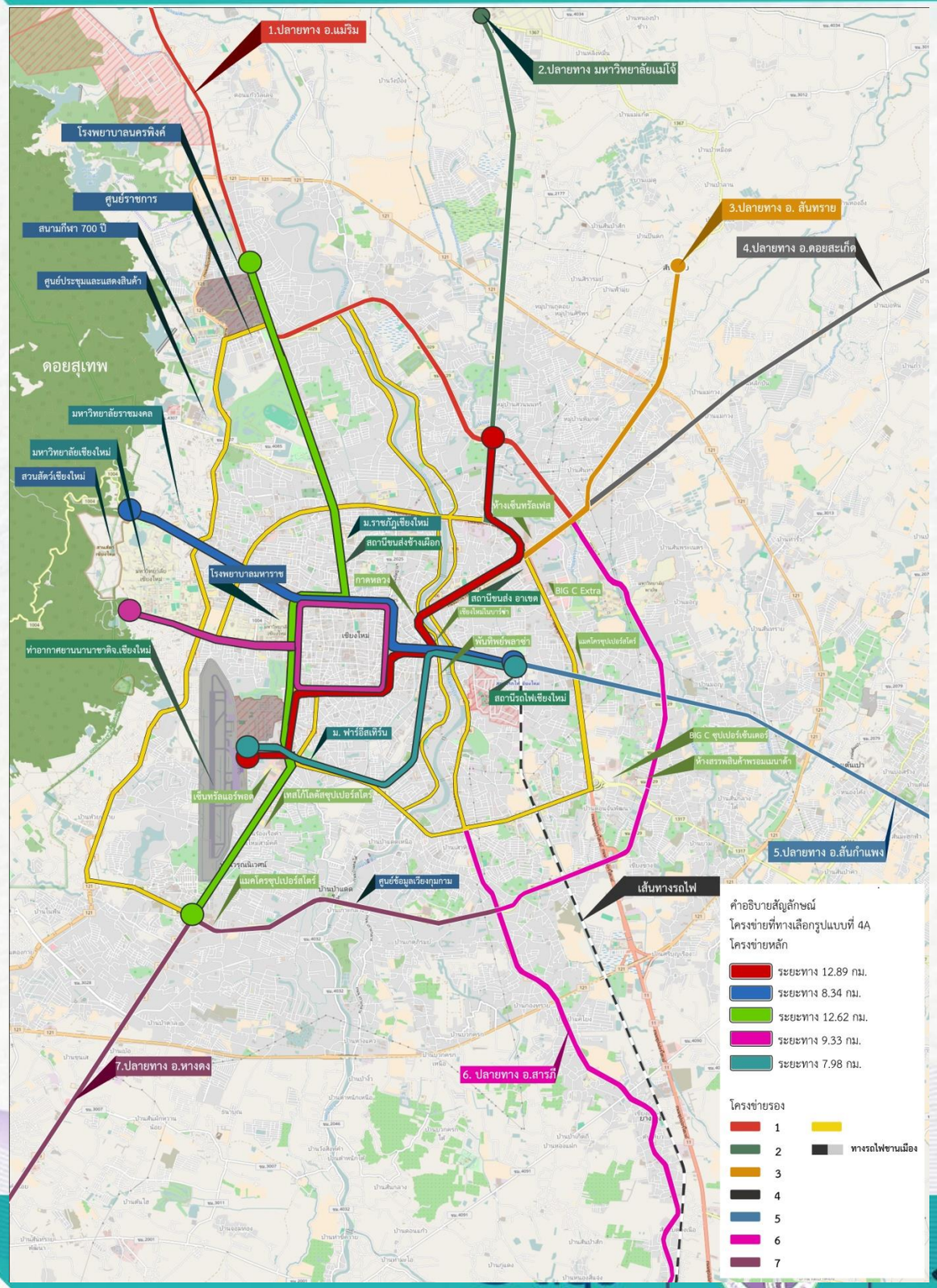
ระบบรอง

7 เส้นทาง 97.59 **ROW B**

ระบบเสริม

7 เส้นทาง 69.05 **ROW C**

โครงข่ายทางเลือกที่ 4



ระบบหลัก

เส้นทาง	ระยะทาง (กม.)	
	12.89	
	8.34	
	12.62	ROW C
	9.33	
	7.98	

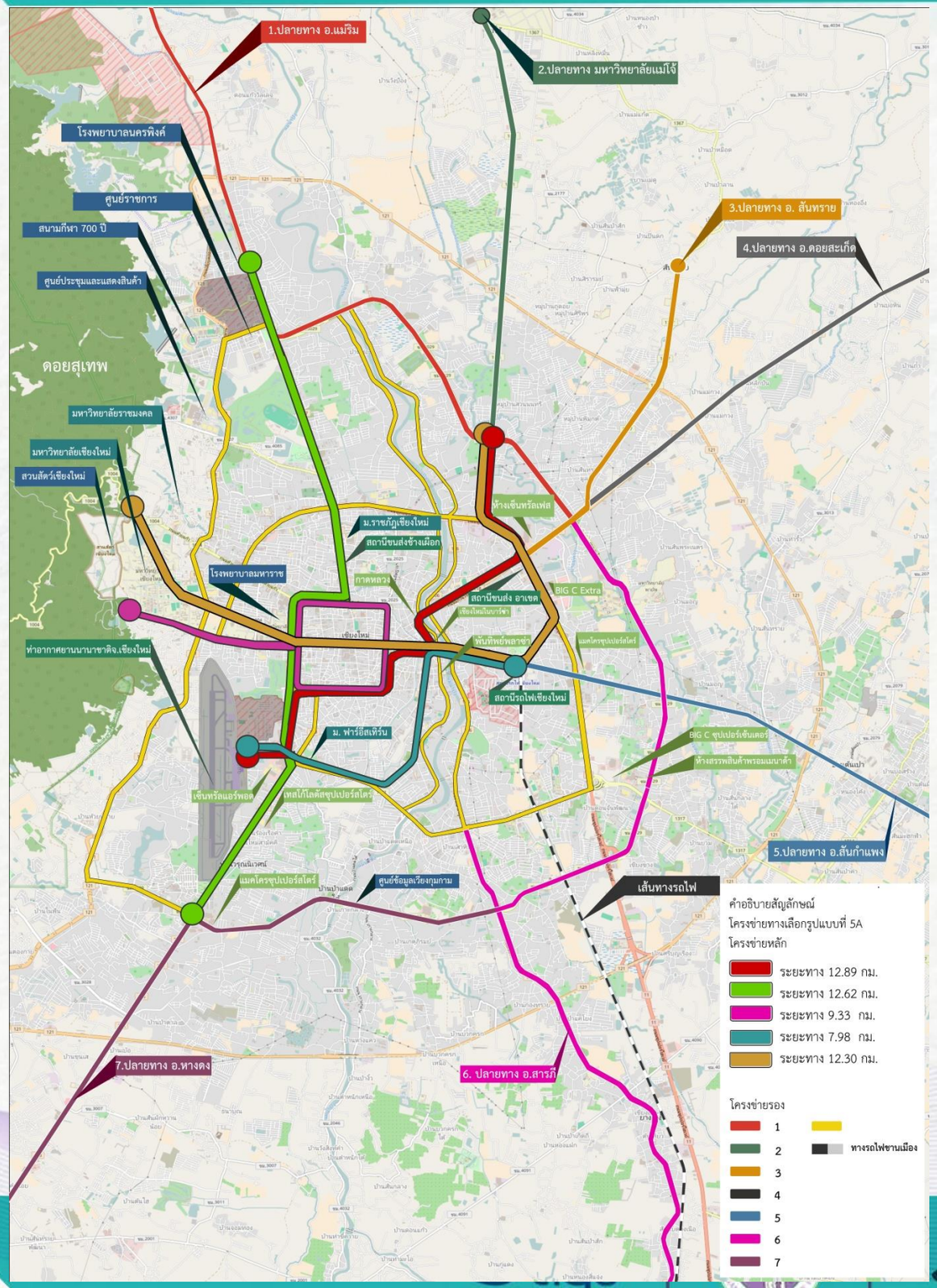
ระบบรอง

7 เส้นทาง	89.61	ROW B

ระบบเสริม

5 เส้นทาง	53.66	ROW C

โครงข่ายทางเลือกที่ 5



ระบบหลัก

เส้นทาง	ระยะทาง (กม.)	
	12.89	ROW C
	12.62	
	9.33	
	7.98	
	12.30	ROW A

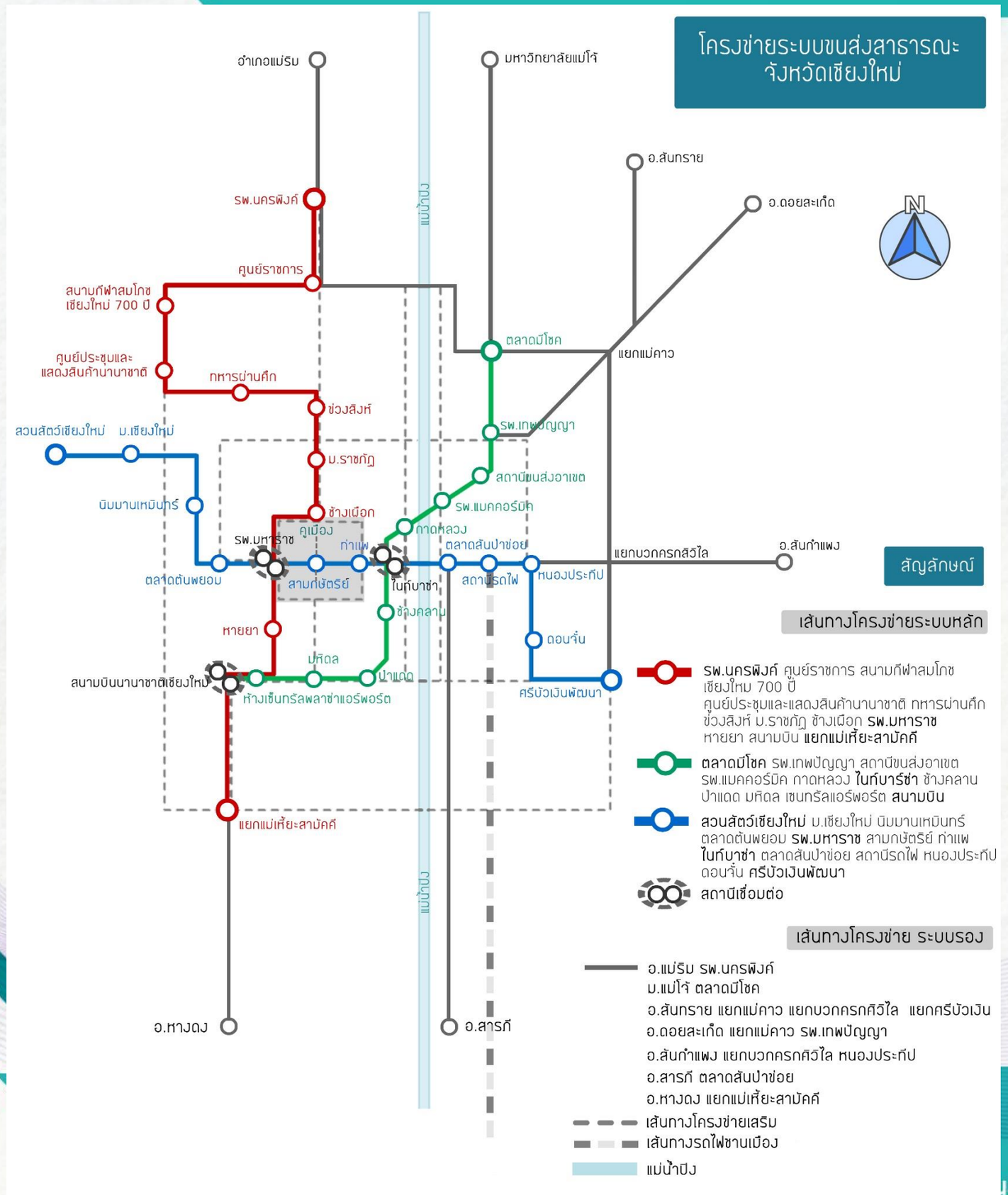
ระบบรอง

7 เส้นทาง	92.23	ROW B

ระบบเสริม

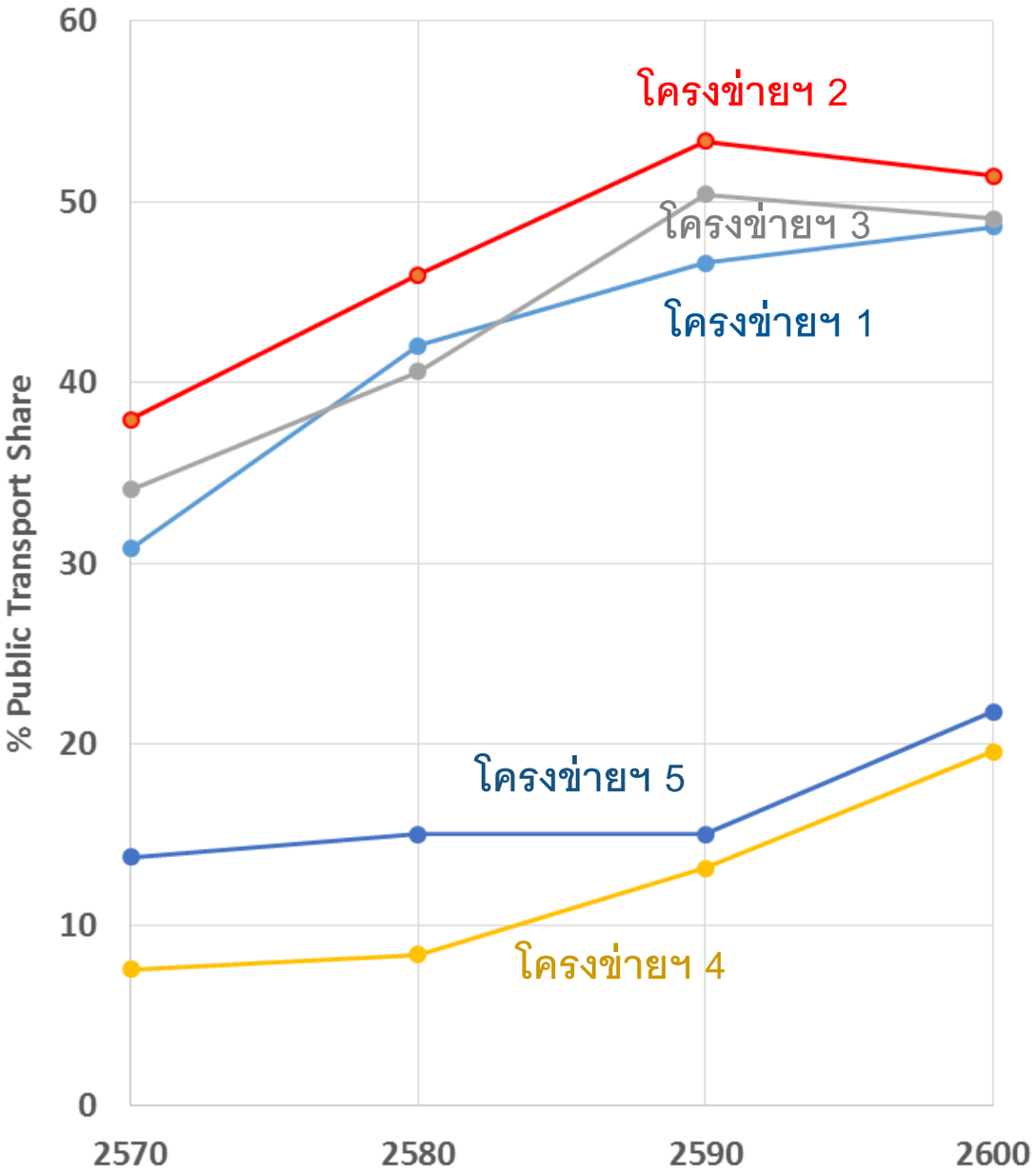
5 เส้นทาง	47.82	ROW C

สมมติฐานในการวิเคราะห์แบบจำลอง 4 Step



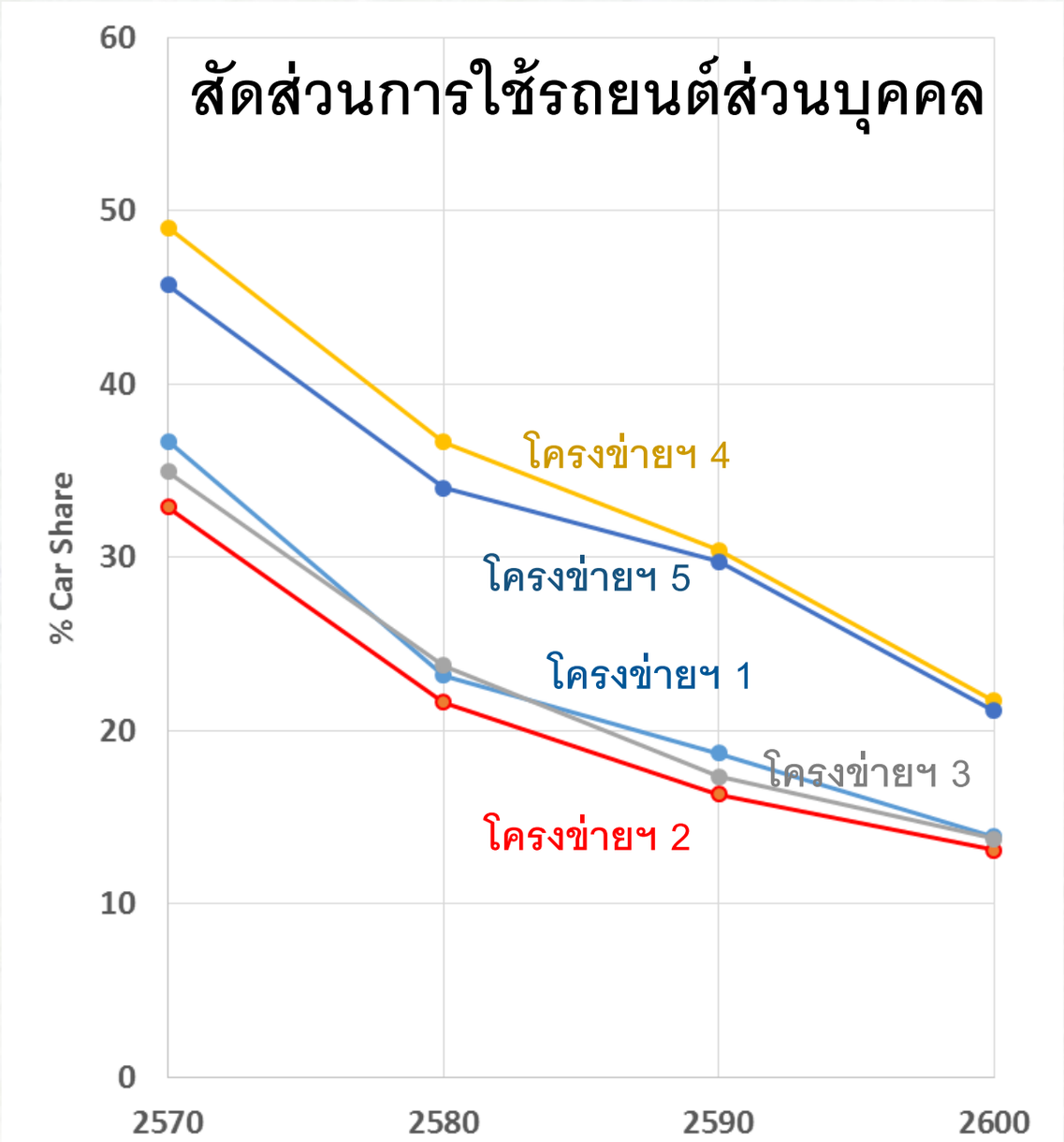
- ระบบขนส่งสาธารณะ (ระบบหลัก ระบบรอง และระบบเสริม) มีการเชื่อมต่ออย่างมีประสิทธิภาพ
- อัตราค่าบริการ 10+1 บาท/กม. (อัตราแข่งขันได้กับยานพาหนะส่วนบุคคล)
- เปิดให้บริการทุกสายทางในปี 2570

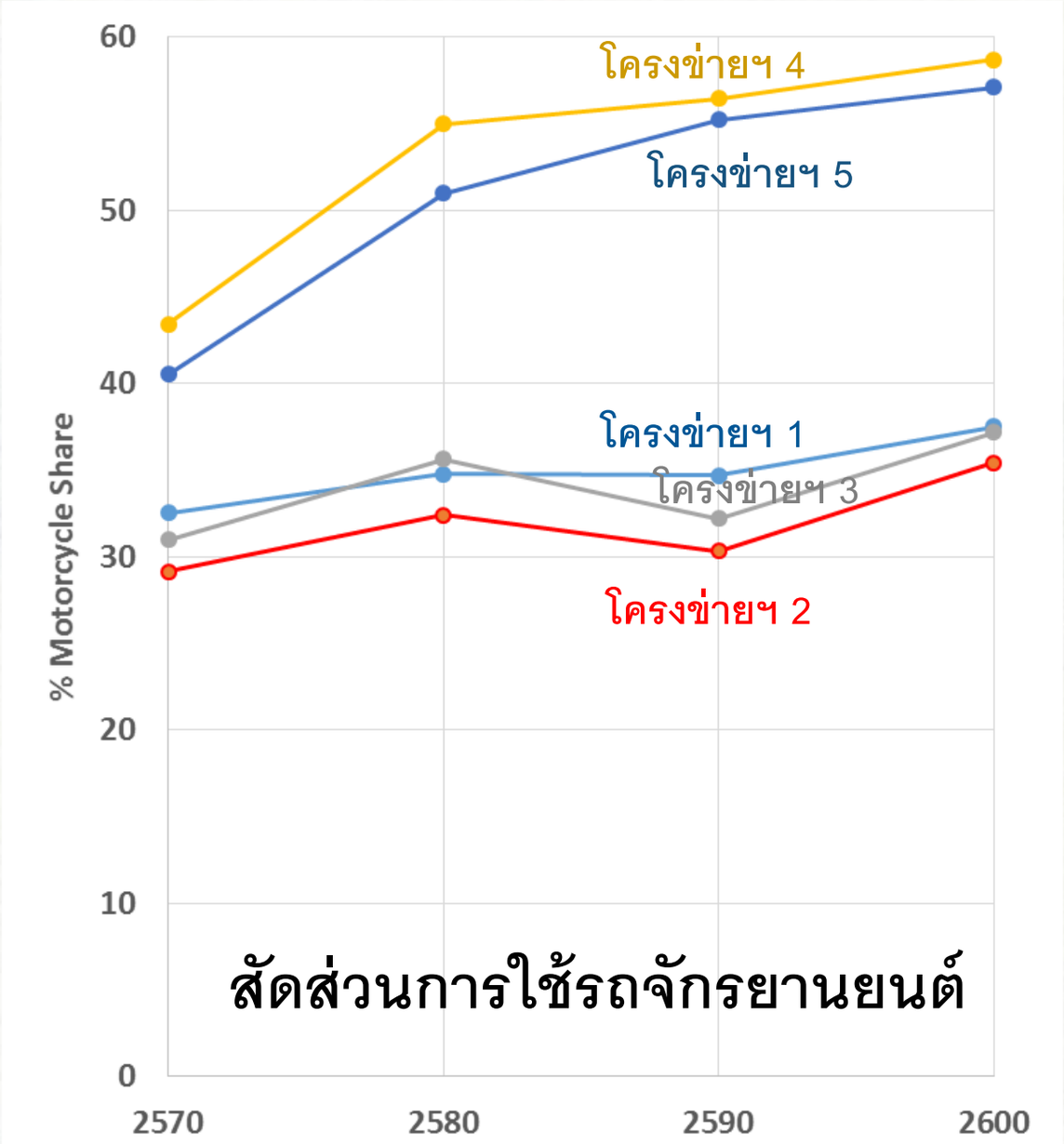
เปรียบเทียบสัดส่วนการใช้ระบบขนส่งสาธารณะ



- โครงข่ายทางเลือกที่ 1-3 มี **Public Transit Mode Share** สูงเนื่องจากระบบหลักที่มี **ROW A**
- เมื่อเปรียบเทียบระหว่างโครงข่ายทางเลือกที่ 1-3 โครงข่ายทางเลือกที่ 2 มี **Public Transit Mode Share** สูงที่สุดในแต่ละปี ตั้งแต่ 2570-2600

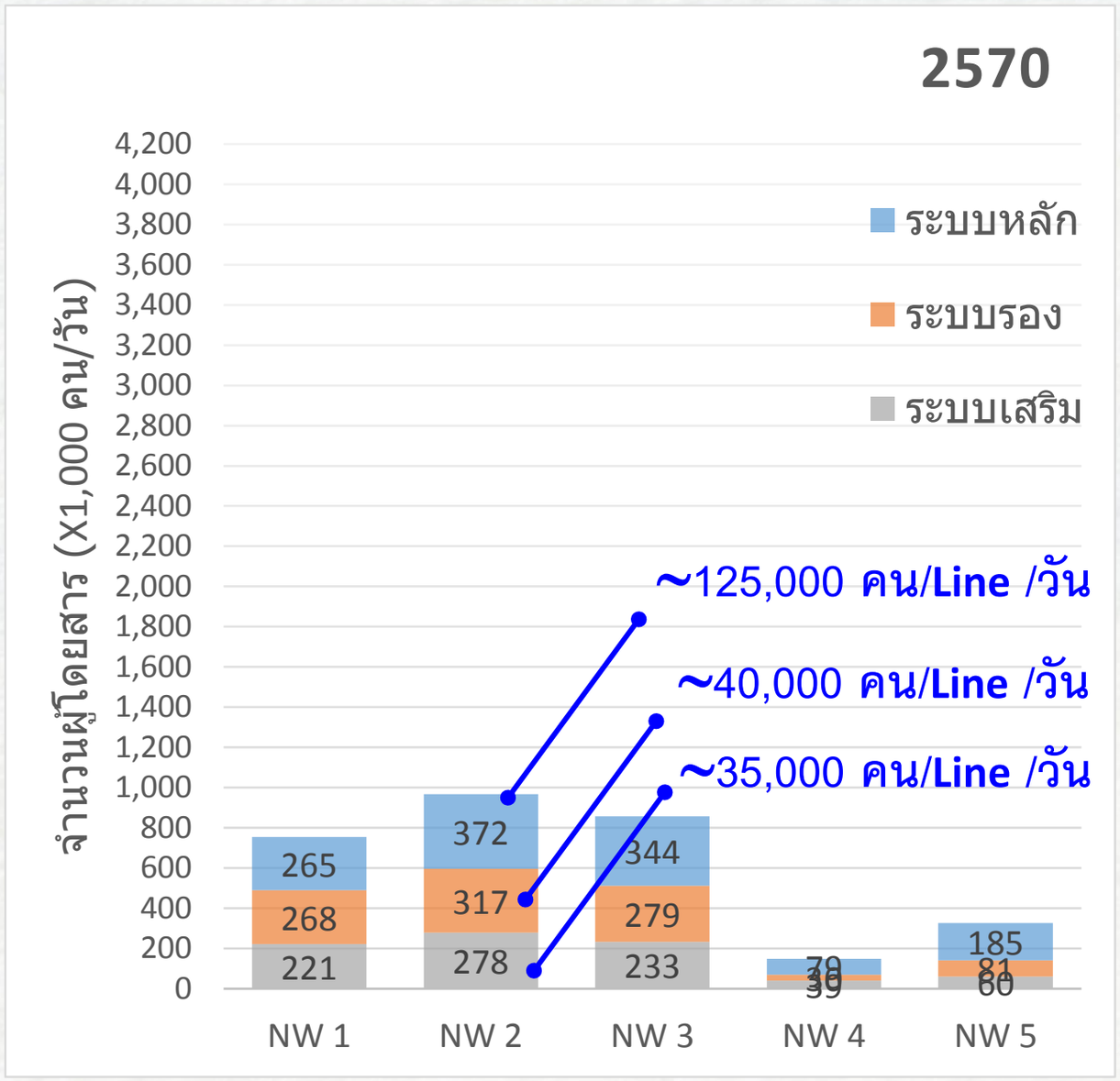
เปรียบเทียบสัดส่วนการใช้ยานพาหนะส่วนบุคคล

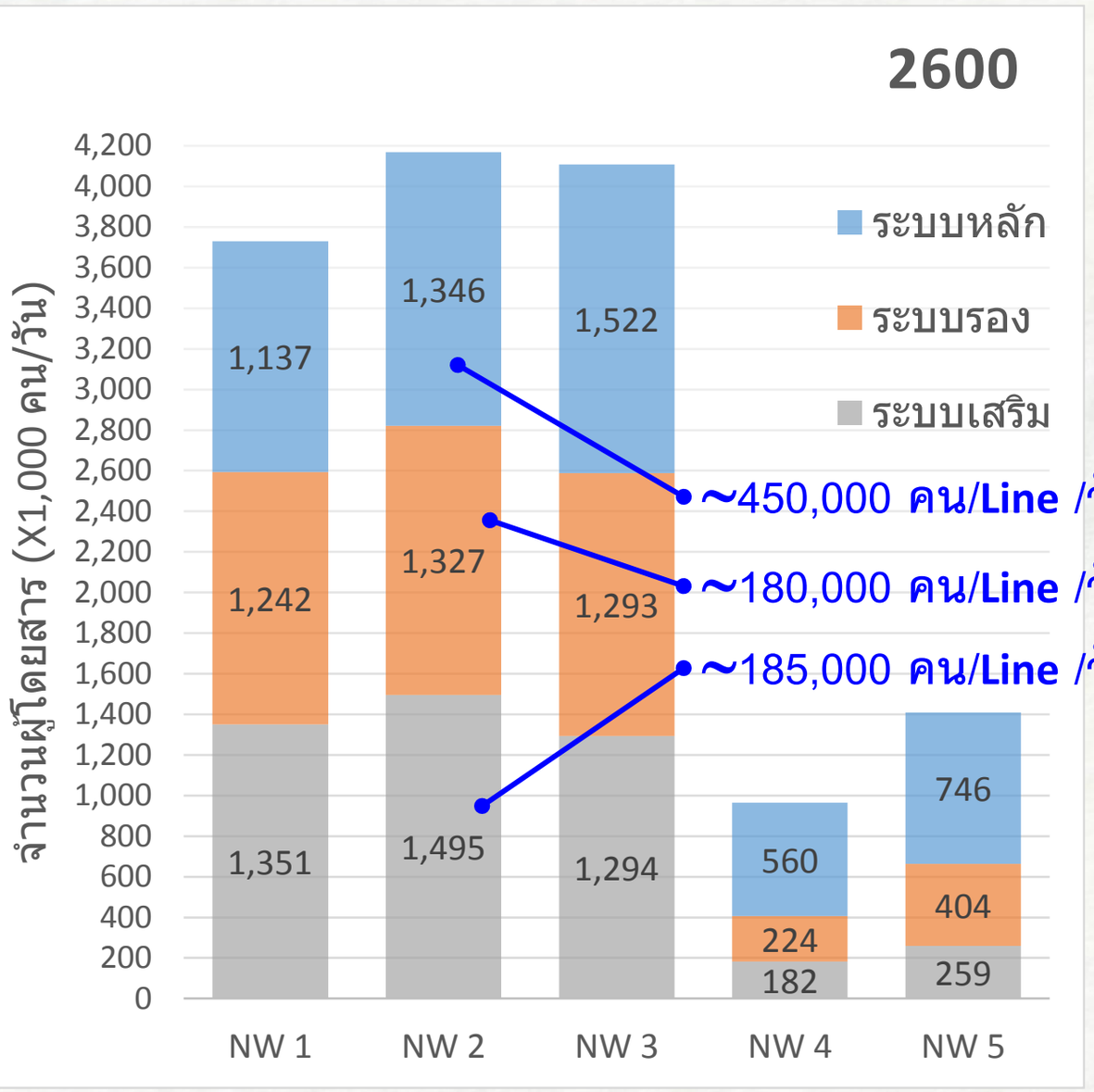




โครงข่ายทางเลือกที่ 2 มีสัดส่วนการใช้ยานพาหนะส่วนบุคคลต่ำที่สุด

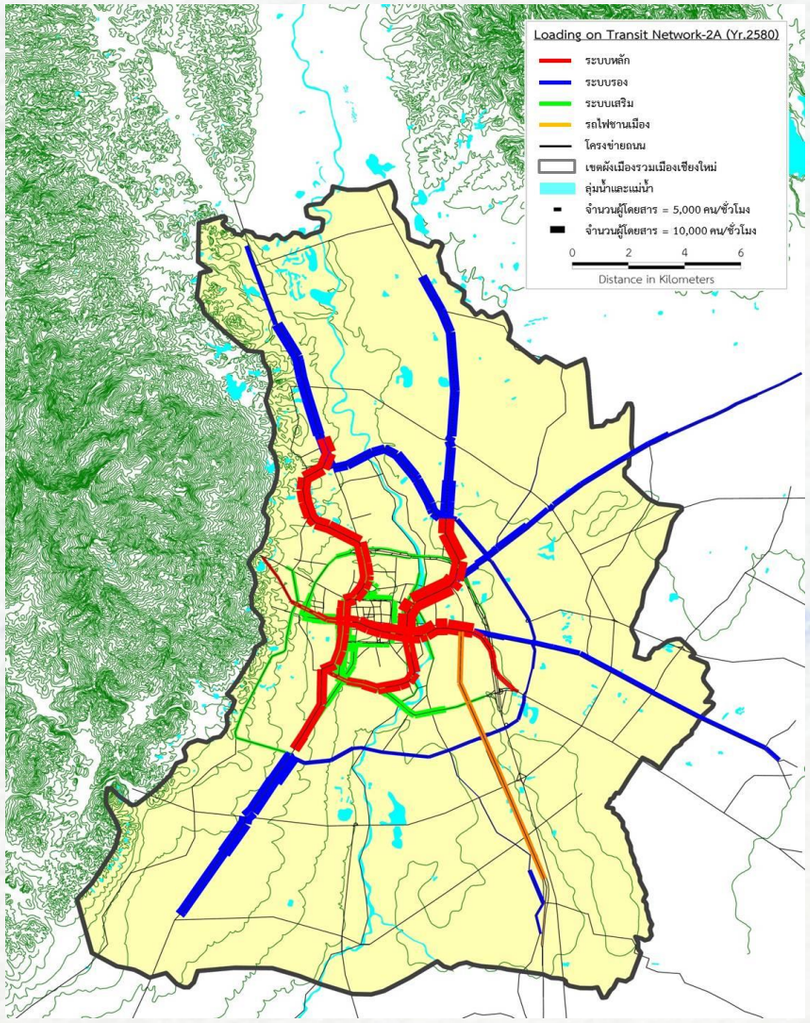
เปรียบเทียบ Ridership

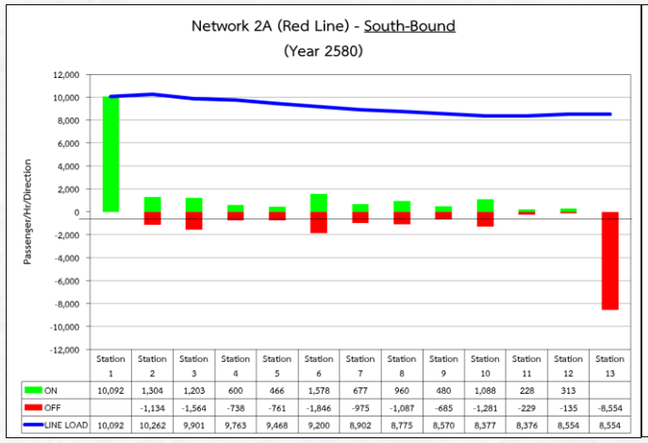




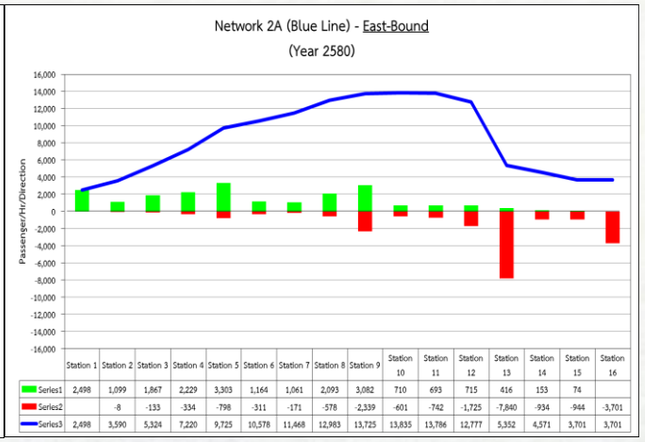
โครงข่ายทางเลือกที่ 2 มี **Ridership** สูงสุดบนระบบหลัก ระบบรอง และระบบเสริม

การคัดเลือกรูปแบบเทคโนโลยี

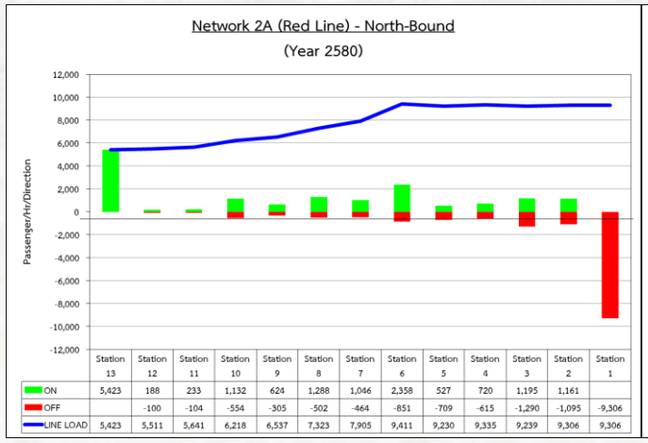




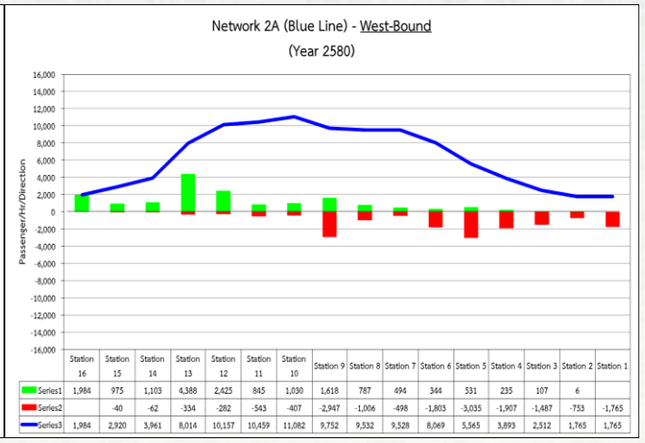
	Station 1	Station 2	Station 3	Station 4	Station 5	Station 6	Station 7	Station 8	Station 9	Station 10	Station 11	Station 12	Station 13
ON	10,092	1,304	1,203	600	466	1,578	677	960	480	1,088	228	313	
OFF		-1,134	-1,564	-738	-761	-1,846	-975	-1,087	-685	-1,281	-229	-135	-8,554
LINE LOAD	10,092	10,262	9,901	9,763	9,468	9,200	8,902	8,775	8,570	8,377	8,376	8,554	8,554



	Station 1	Station 2	Station 3	Station 4	Station 5	Station 6	Station 7	Station 8	Station 9	Station 10	Station 11	Station 12	Station 13	Station 14	Station 15	Station 16
Series1	2,498	1,099	1,867	2,229	3,303	1,164	1,061	2,093	3,082	710	693	715	416	153	74	
Series2		-8	-133	-334	-798	-311	-171	-578	-2,339	-601	-742	-1,725	-7,840	-934	-944	-3,701
Series3	2,498	3,590	5,324	7,220	9,725	10,578	11,468	12,983	13,725	13,835	13,786	12,777	5,352	4,571	3,701	3,701



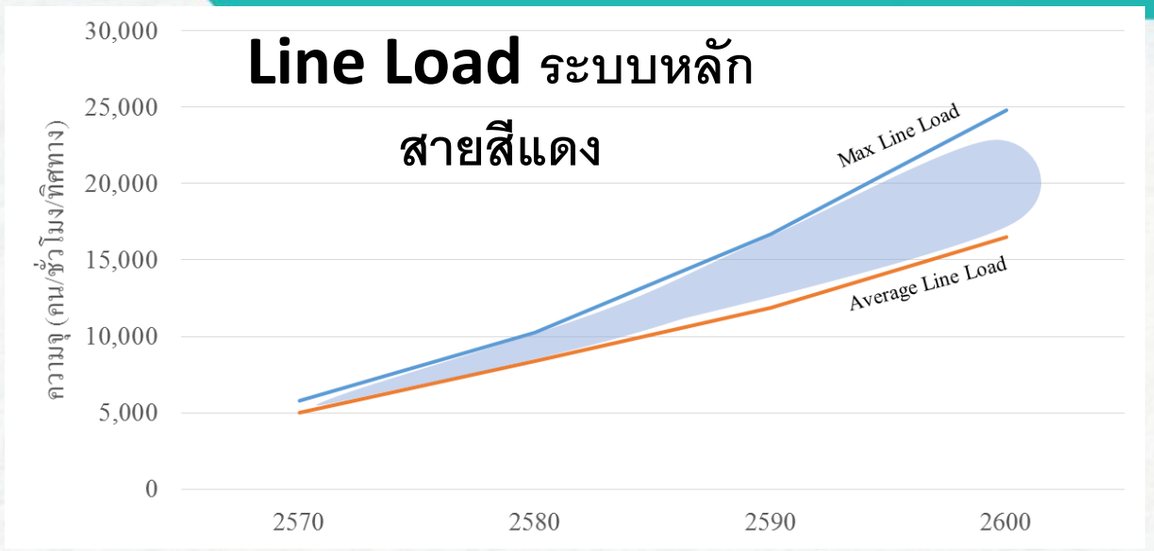
	Station 13	Station 12	Station 11	Station 10	Station 9	Station 8	Station 7	Station 6	Station 5	Station 4	Station 3	Station 2	Station 1
ON	5,423	188	233	1,132	624	1,288	1,046	2,358	527	720	1,195	1,161	
OFF		-100	-104	-554	-305	-502	-464	-851	-709	-615	-1,290	-1,095	-9,306
LINE LOAD	5,423	5,511	5,641	6,218	6,537	7,323	7,905	9,411	9,230	9,335	9,239	9,306	9,306

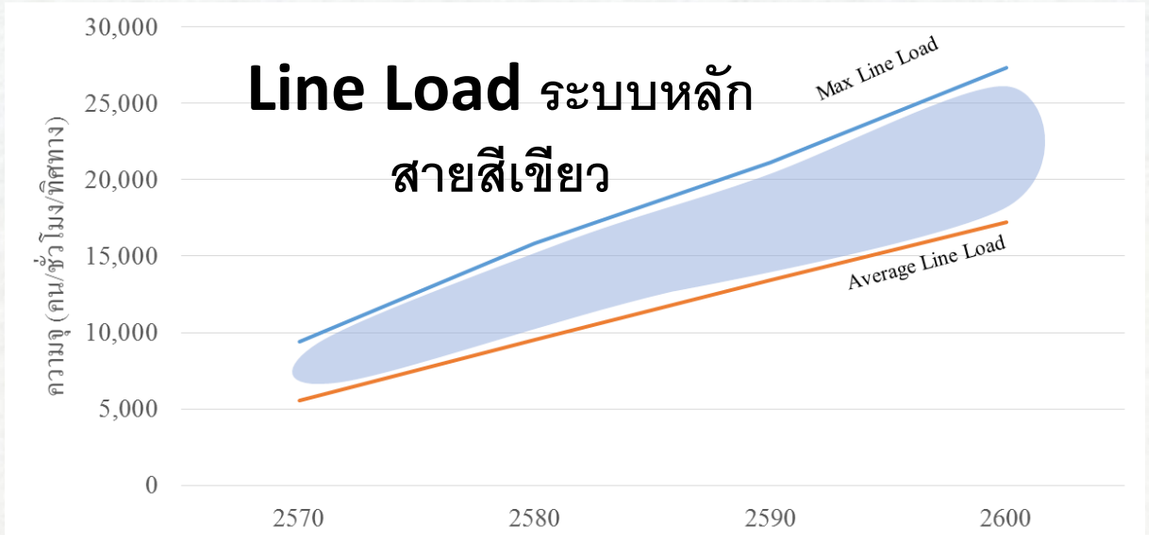


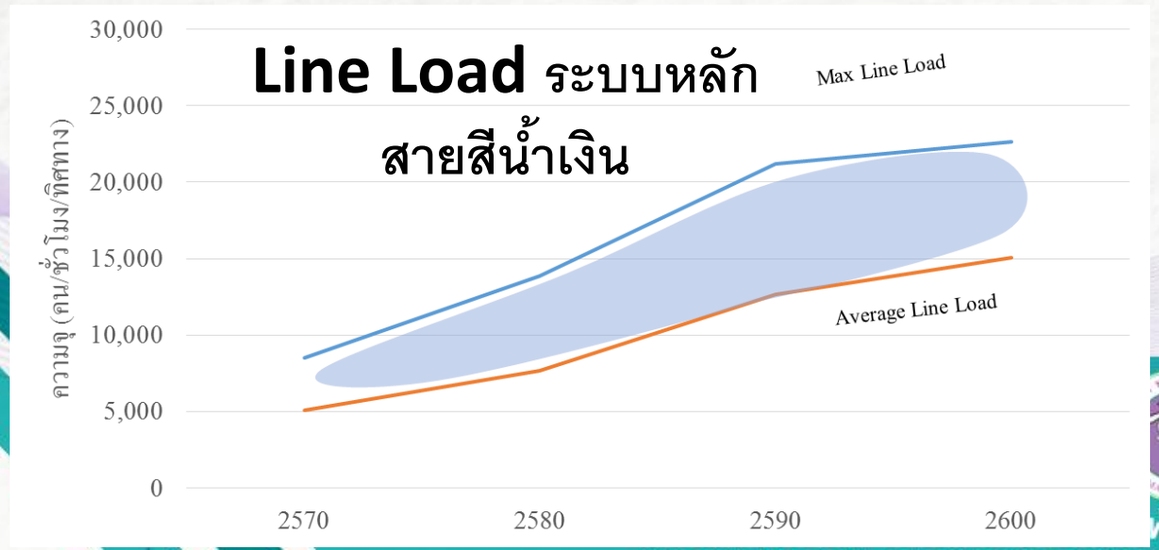
	Station 16	Station 15	Station 14	Station 13	Station 12	Station 11	Station 10	Station 9	Station 8	Station 7	Station 6	Station 5	Station 4	Station 3	Station 2	Station 1
Series1	1,984	975	1,103	4,388	2,425	845	1,030	1,618	787	494	344	531	235	107	6	
Series2		-40	-62	-334	-282	-543	-407	-2,947	-1,006	-498	-1,803	-3,035	-1,907	-1,487	-753	-1,765
Series3	1,984	2,920	3,961	8,014	10,157	10,459	11,082	9,752	9,532	9,528	8,069	5,565	3,893	2,512	1,765	1,765

- จำนวนผู้โดยสารถูกนำมาวิเคราะห์หา **Line Load** ในแต่ละเส้นทางของระบบหลัก ระบบรอง และระบบเสริม เพื่อทำการพิจารณารูปแบบเทคโนโลยีที่เหมาะสม
- รูปแบบเทคโนโลยีของแต่ละระบบเป็นรูปแบบเดียวกัน เพื่อใช้ทรัพยากรร่วมกันได้

สรุป Line Load โครงข่ายฯ 2







- ระบบหลักมี **Line Load** ระหว่าง 5,000-25,000 คน/ทิศทาง/ชั่วโมง
- ระบบรองและระบบเสริมมี **Line Load** อยู่ระหว่าง 1,000-10,000 คน/ทิศทาง/ชั่วโมง

รูปแบบ Technology ทางเลือก

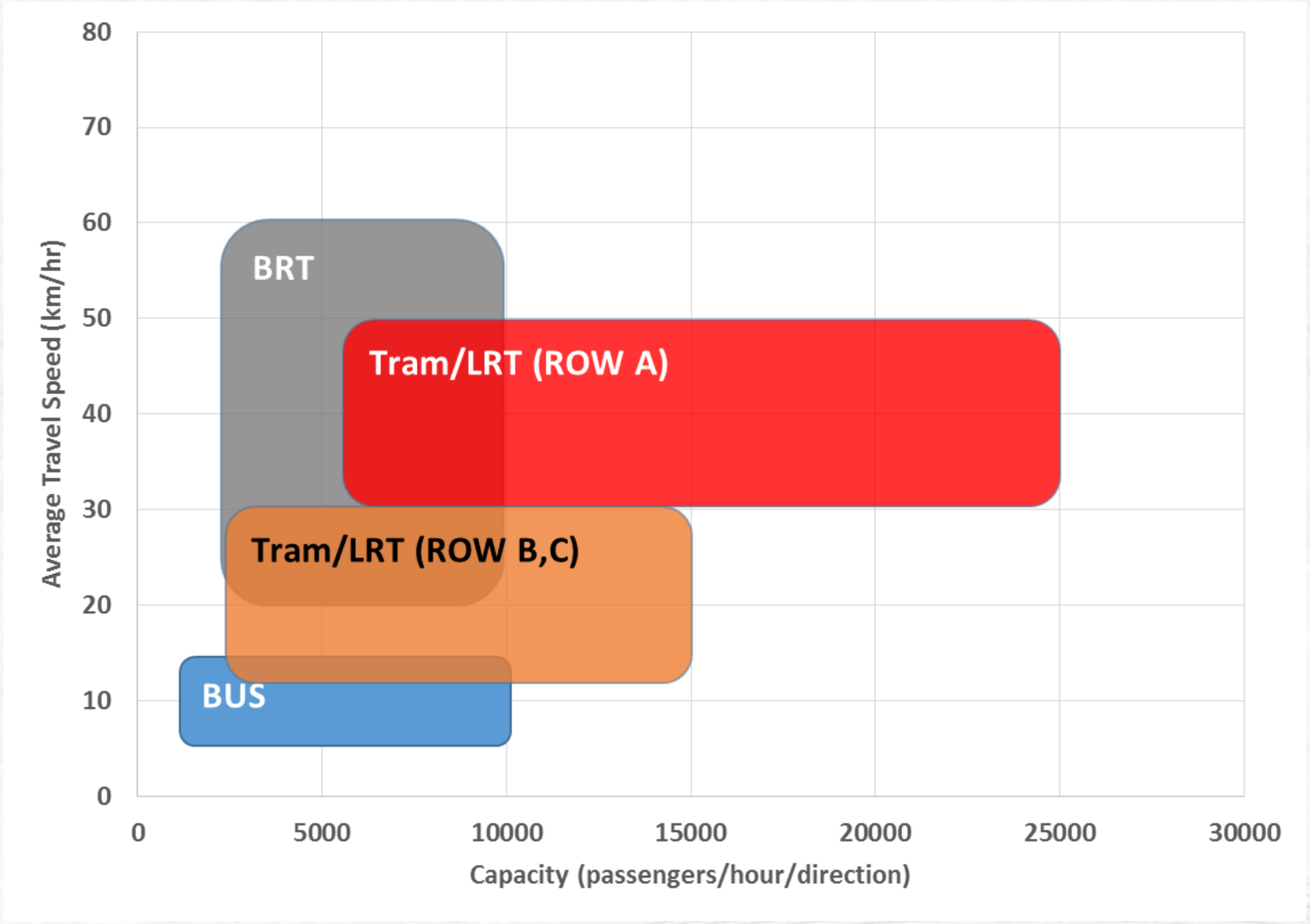
- **Bus** มีลักษณะการให้บริการบนถนน ใช้เขตทางวิ่งร่วมกับการจราจรปกติ หรืออาจมีทางวิ่งเฉพาะในบางส่วน

- **BRT** มีลักษณะการให้บริการบนทางเฉพาะ 2-4 ช่องทาง หรือสามารถใช้เขตทางวิ่งร่วมกับการจราจรปกติได้ในบางส่วน

- **Tram** มีลักษณะการให้บริการบนทางเฉพาะหรือใช้เขตทางวิ่งร่วมกับการจราจรปกติ

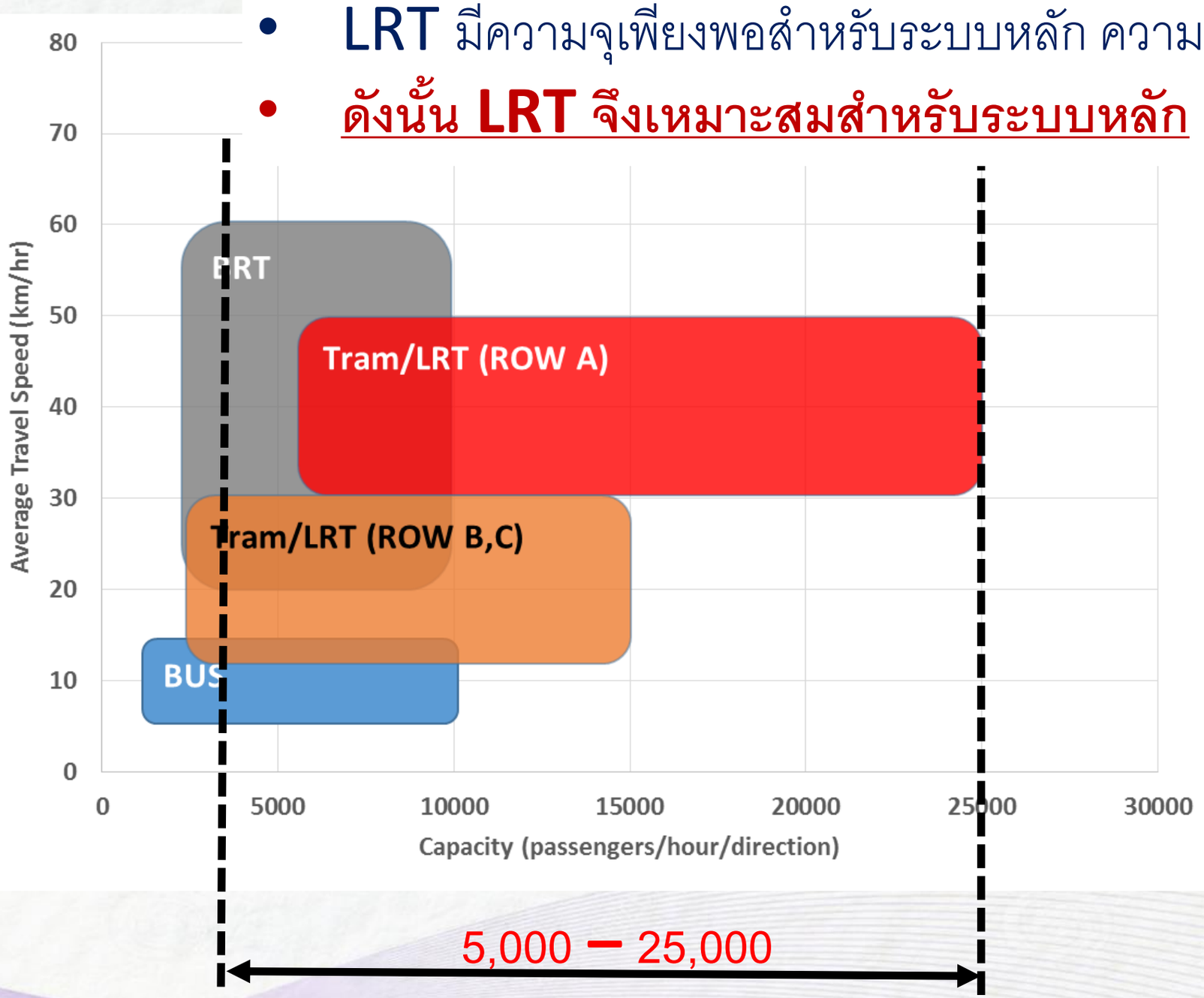
- **LRT** หรือ **Modern Tram** มีลักษณะการให้บริการคล้ายกับ **Tram** แต่มีระบบเทคโนโลยีที่ทันสมัยกว่า

ความจุของแต่ละรูปแบบ Technology



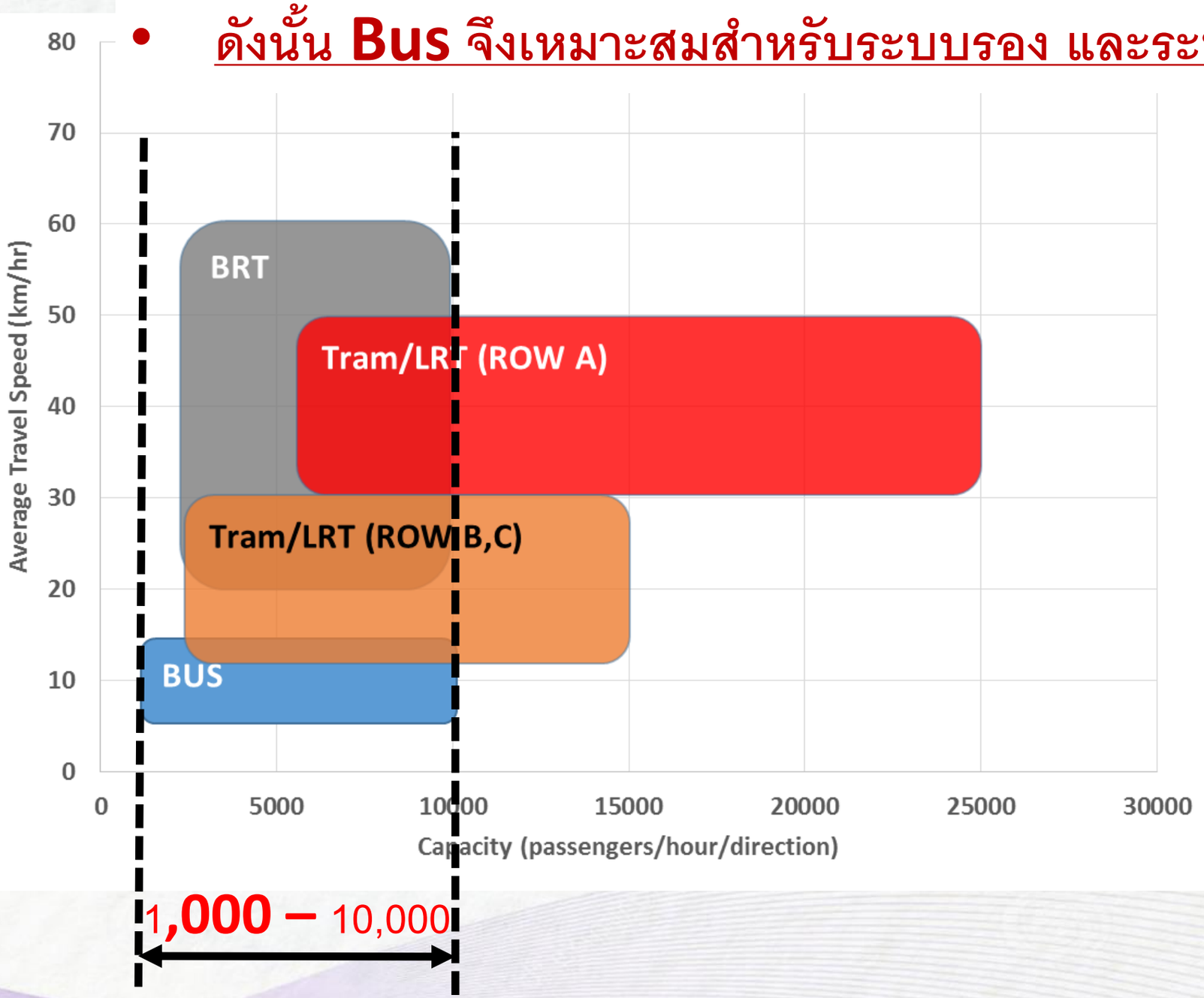
รูปแบบ Technology ของระบบหลัก

- BRT มีความจุไม่เพียงพอสำหรับระบบหลัก
- LRT มีความจุเพียงพอสำหรับระบบหลัก ความจุอยู่
- **ดังนั้น LRT จึงเหมาะสมสำหรับระบบหลัก**

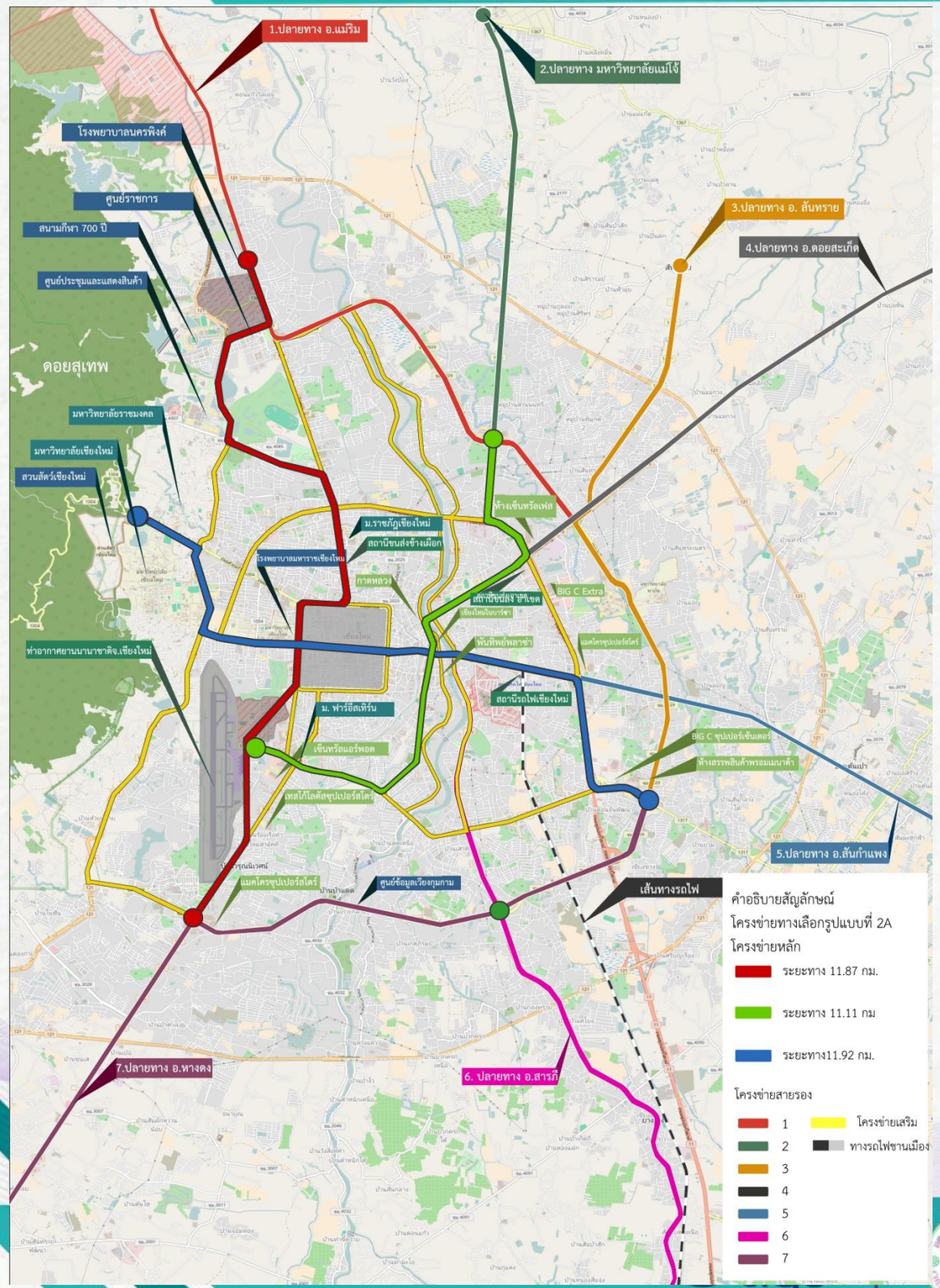


รูปแบบ Technology ของระบบรองและเสริม

- Bus มีความจุเพียงพอสำหรับระบบรอง และระบบเสริม
- **ดังนั้น Bus จึงเหมาะสมสำหรับระบบรอง และระบบเสริม**



โครงข่ายทางเลือกที่ 2



ระบบหลัก

เส้นทาง	ระยะทาง (กม.)		
	12.54	ROW A	LRT
	10.47		
	11.92		

ระบบรอง

7 เส้นทาง	97.24	ROW B	Bus

ระบบเสริม

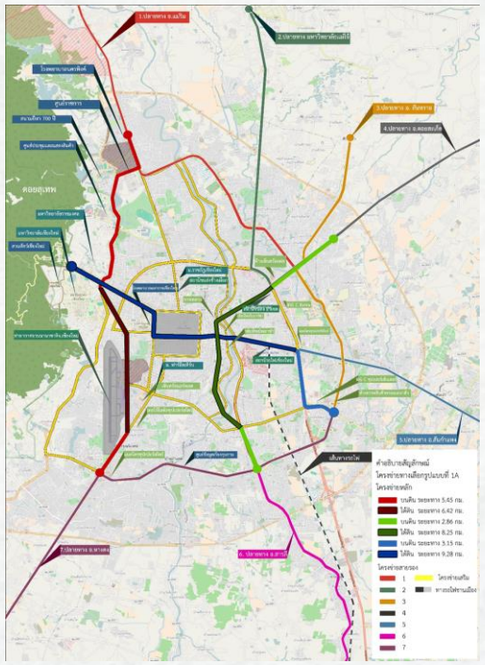
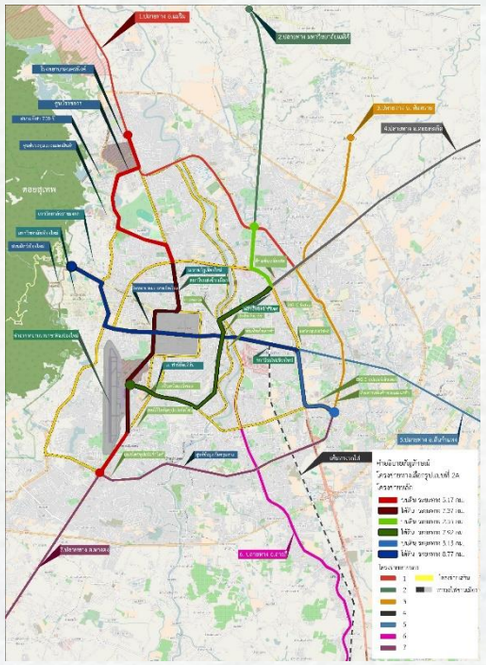
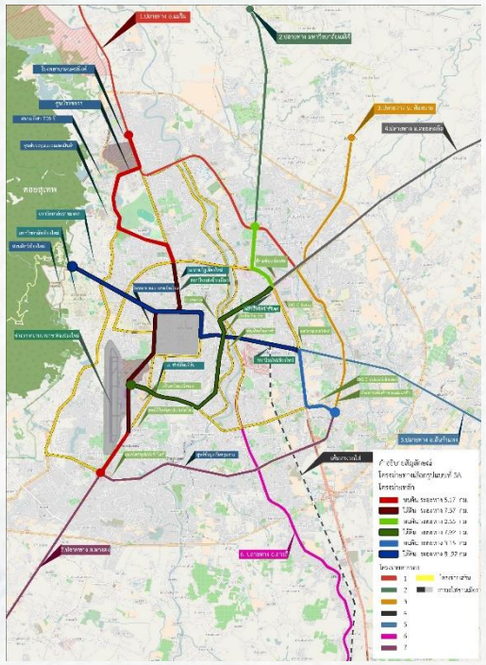
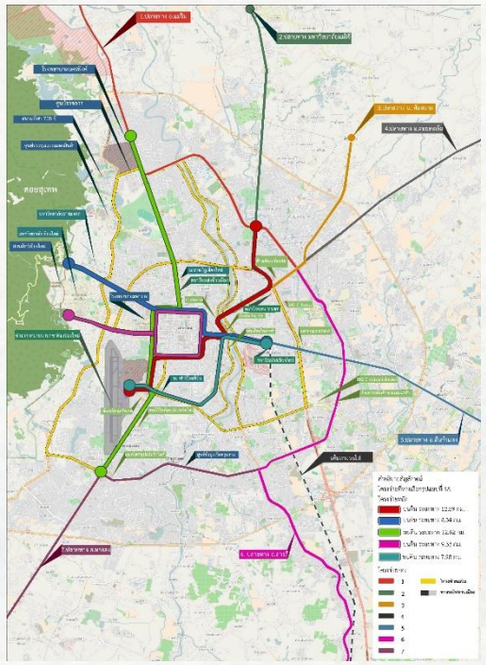
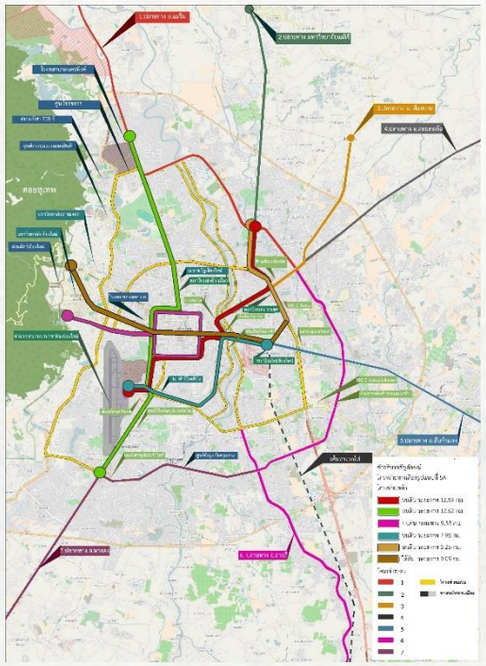
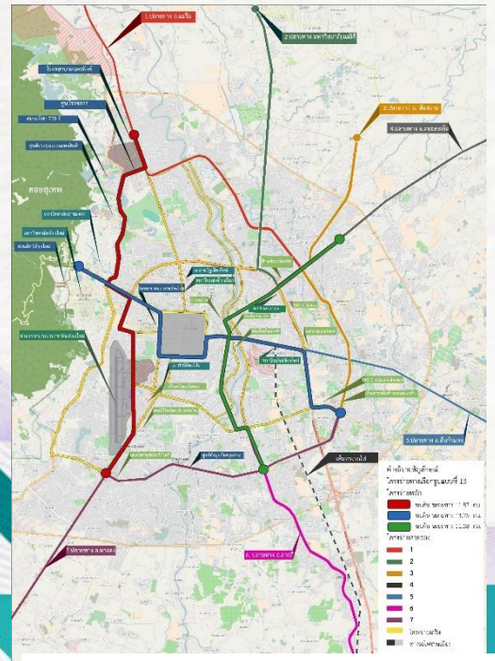
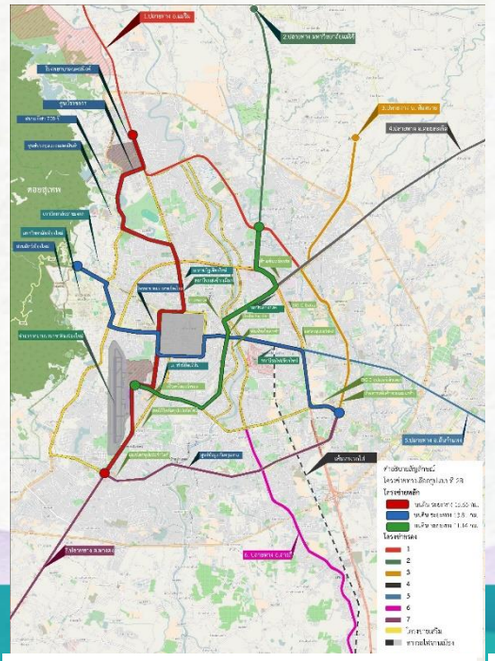
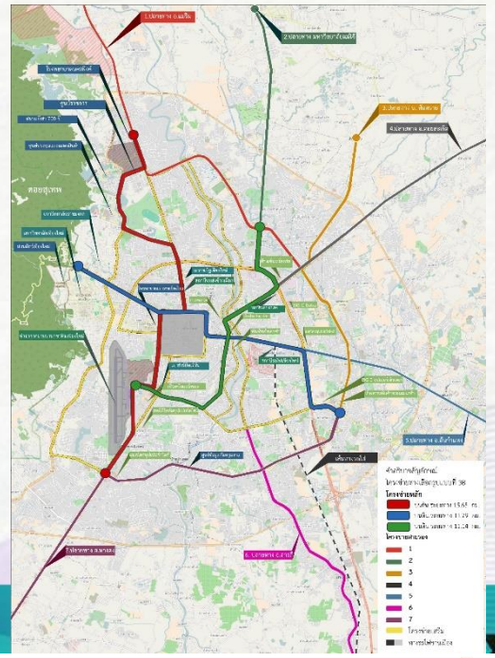
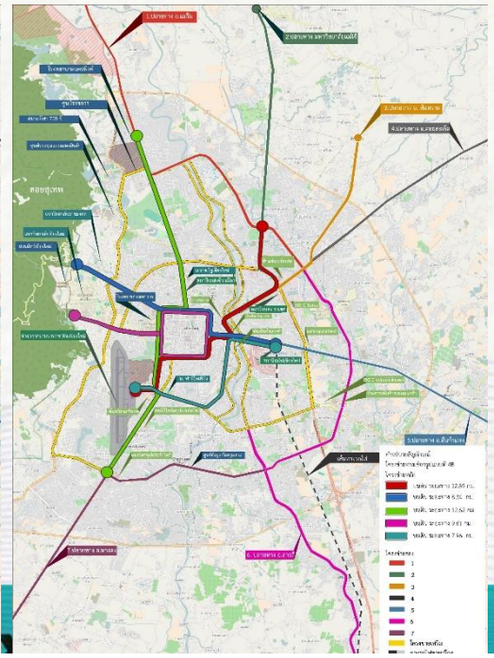
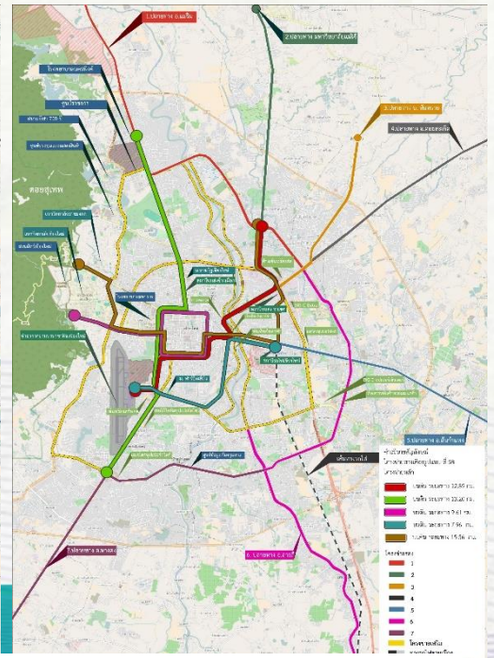
7 เส้นทาง	74.82	ROW C	Bus

การพิจารณาระบบหลักที่มี ROW B

คณะกรรมการในคราวประชุมครั้งที่ 5/2559 เมื่อวันที่ 22 พฤศจิกายน 2559 ได้มีมติให้ที่ปรึกษาดำเนินการตามข้อเสนอแนะของคณะกรรมการ โดยให้มีการเปรียบเทียบประเภทเขตทางของระบบหลักระหว่าง **ROW A** และ **ROW B**

โครงข่ายทางเลือก 1-5 และ 1B-5B

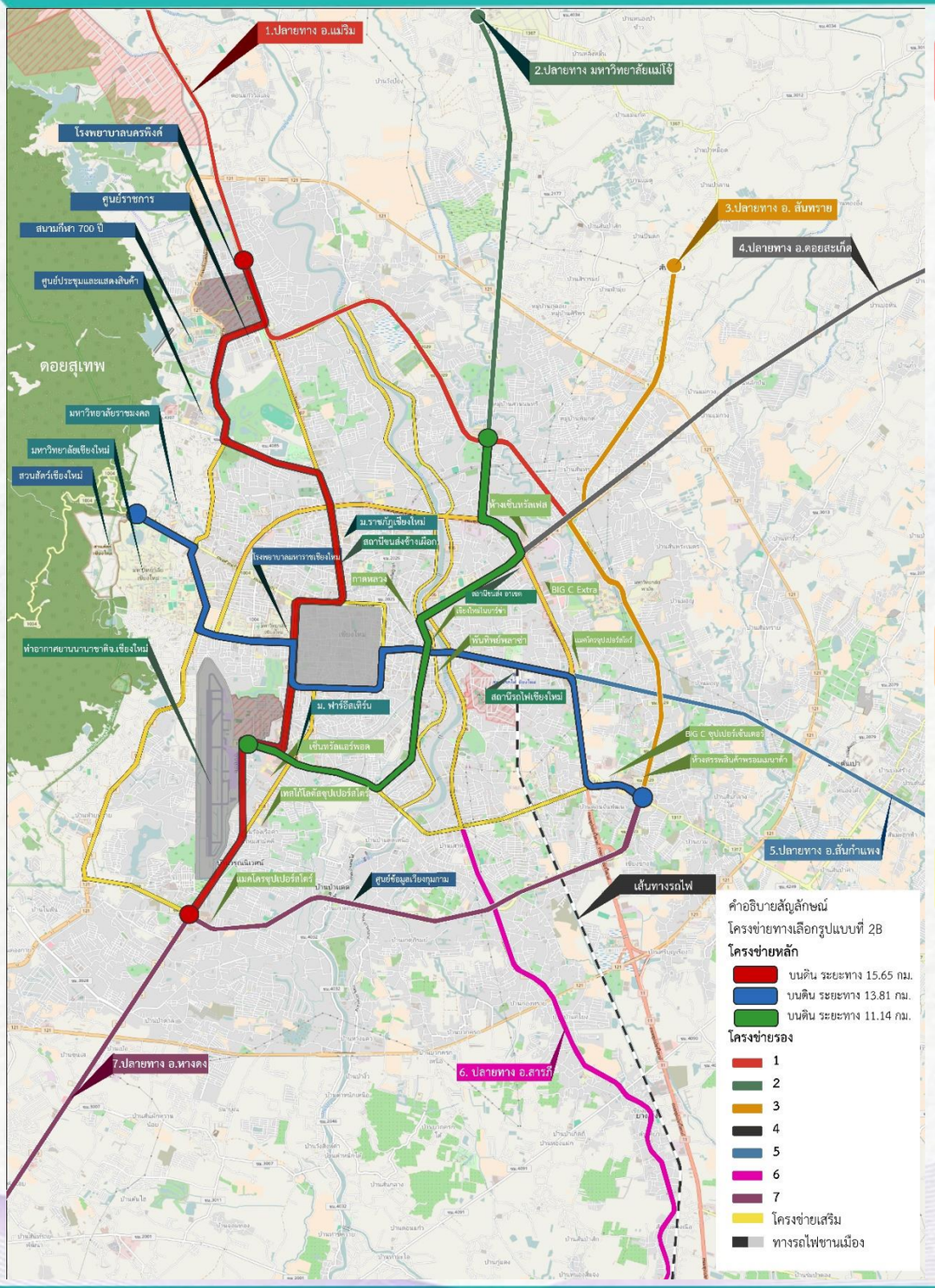
ระบบหลัก

โครงข่ายทางเลือกที่ 1	โครงข่ายทางเลือกที่ 2	โครงข่ายทางเลือกที่ 3	โครงข่ายทางเลือกที่ 4	โครงข่ายทางเลือกที่ 5
				
ROW A ↓ ROW B	ROW A ↓ ROW B	ROW A ↓ ROW B	ROW C ↓ ROW B	ROW A,C ↓ ROW B
				
โครงข่ายทางเลือกที่ 1B	โครงข่ายทางเลือกที่ 2B	โครงข่ายทางเลือกที่ 3B	โครงข่ายทางเลือกที่ 4B	โครงข่ายทางเลือกที่ 5B

สรุปโครงข่ายทางเลือก

โครงข่ายทางเลือก	ระบบหลัก	ระบบรอง	ระบบเสริม
1	ROW A	ROW B	ROW C
2			
3			
4	ROW C		
5	ROW A และ ROW C		
1B	ROW B		
2B			
3B			
4B			
5B			

โครงข่ายทางเลือกที่ 2B



ระบบหลัก

เส้นทาง	ระยะทาง (กม.)	
	15.65	ROW B
	11.14	
	13.81	

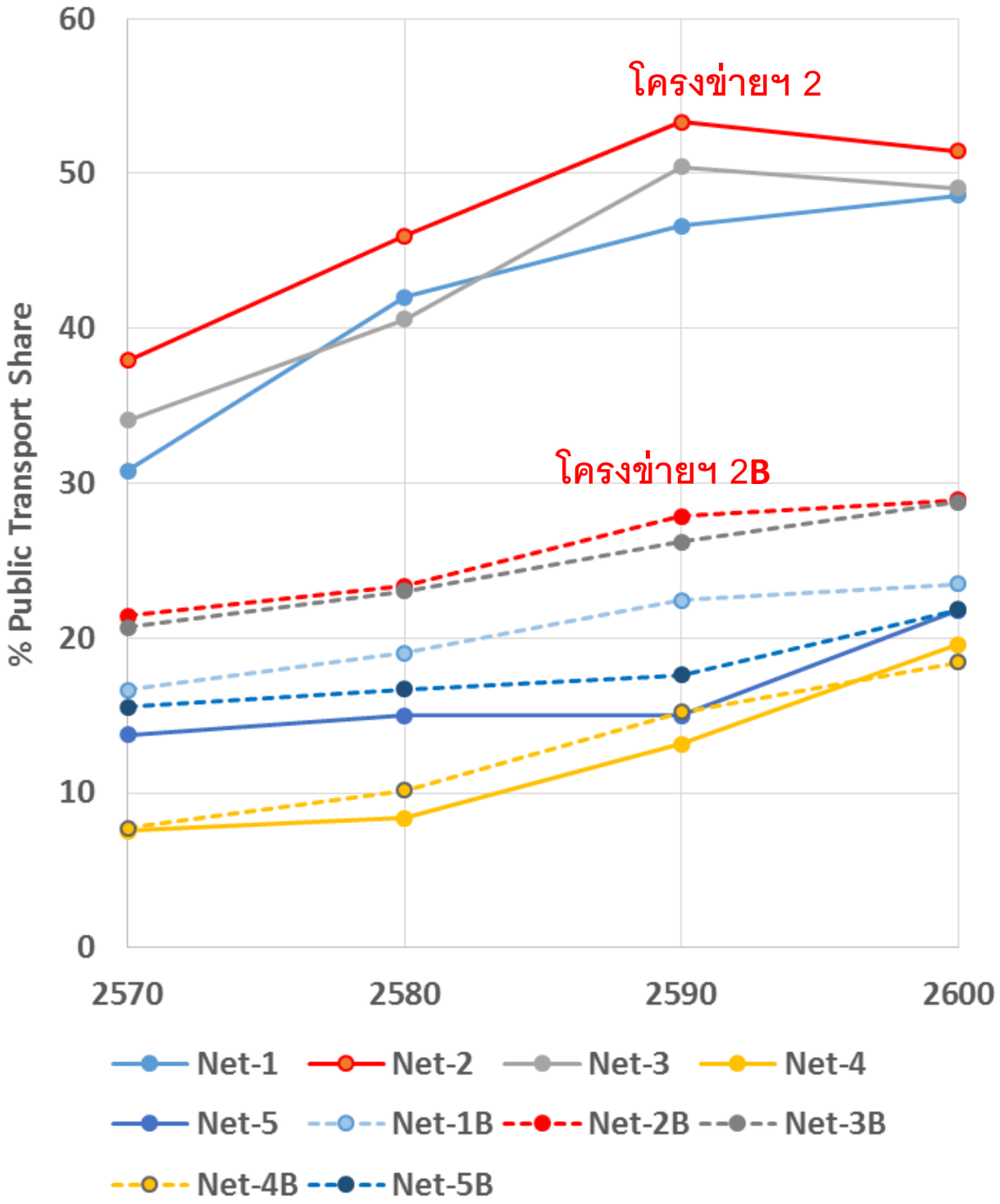
ระบบรอง

7 เส้นทาง 89.12 ROW B

ระบบเสริม

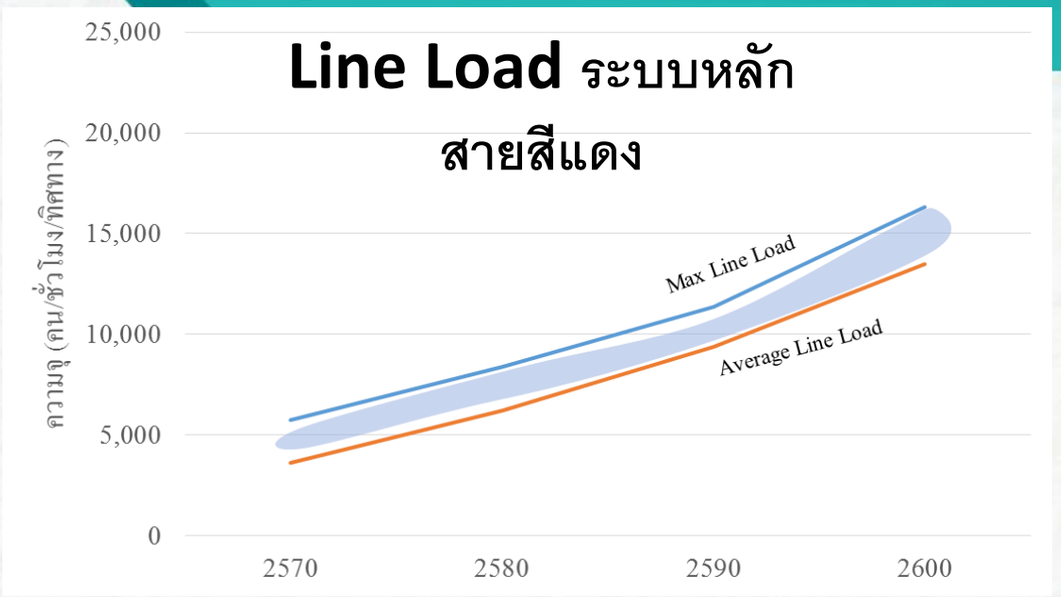
7 เส้นทาง 74.82 ROW C

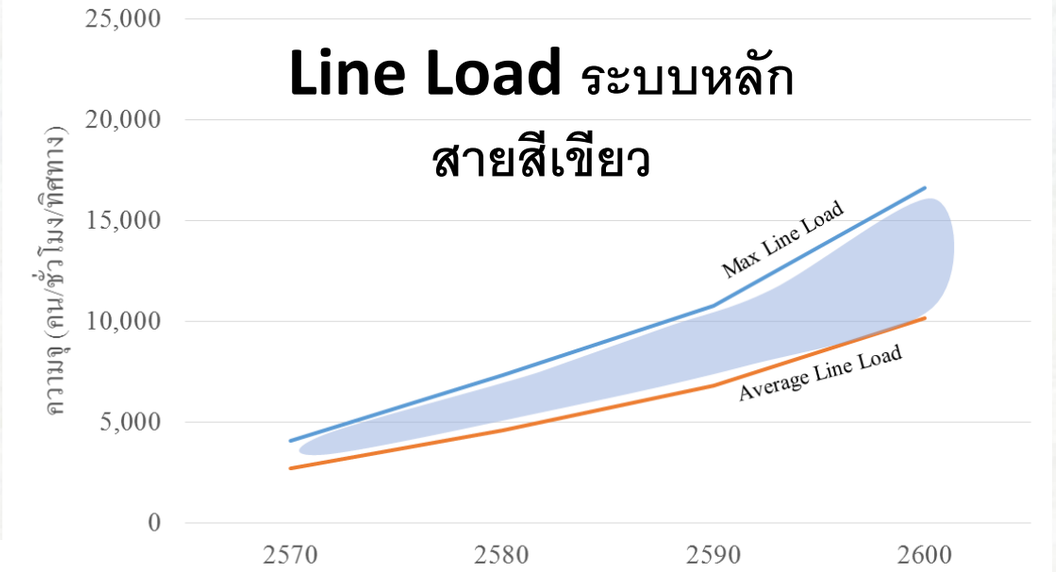
เปรียบเทียบสัดส่วนการใช้ระบบขนส่งสาธารณะ

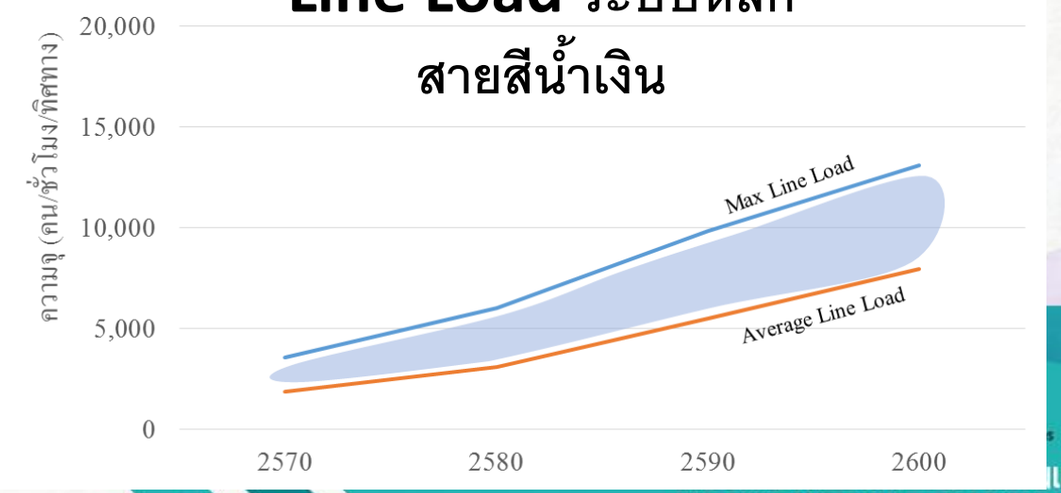


- โครงข่ายทางเลือกที่ 2B มี **Public Transit Mode Share** สูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับโครงข่ายฯ อื่น ที่ระบบหลักมี **ROW B**
- โครงข่ายทางเลือกที่ 2 มี **Public Transit Mode Share** สูงที่สุดในแต่ละปี ตั้งแต่ 2570-2600

สรุป Line Load โครงข่ายฯ 2B

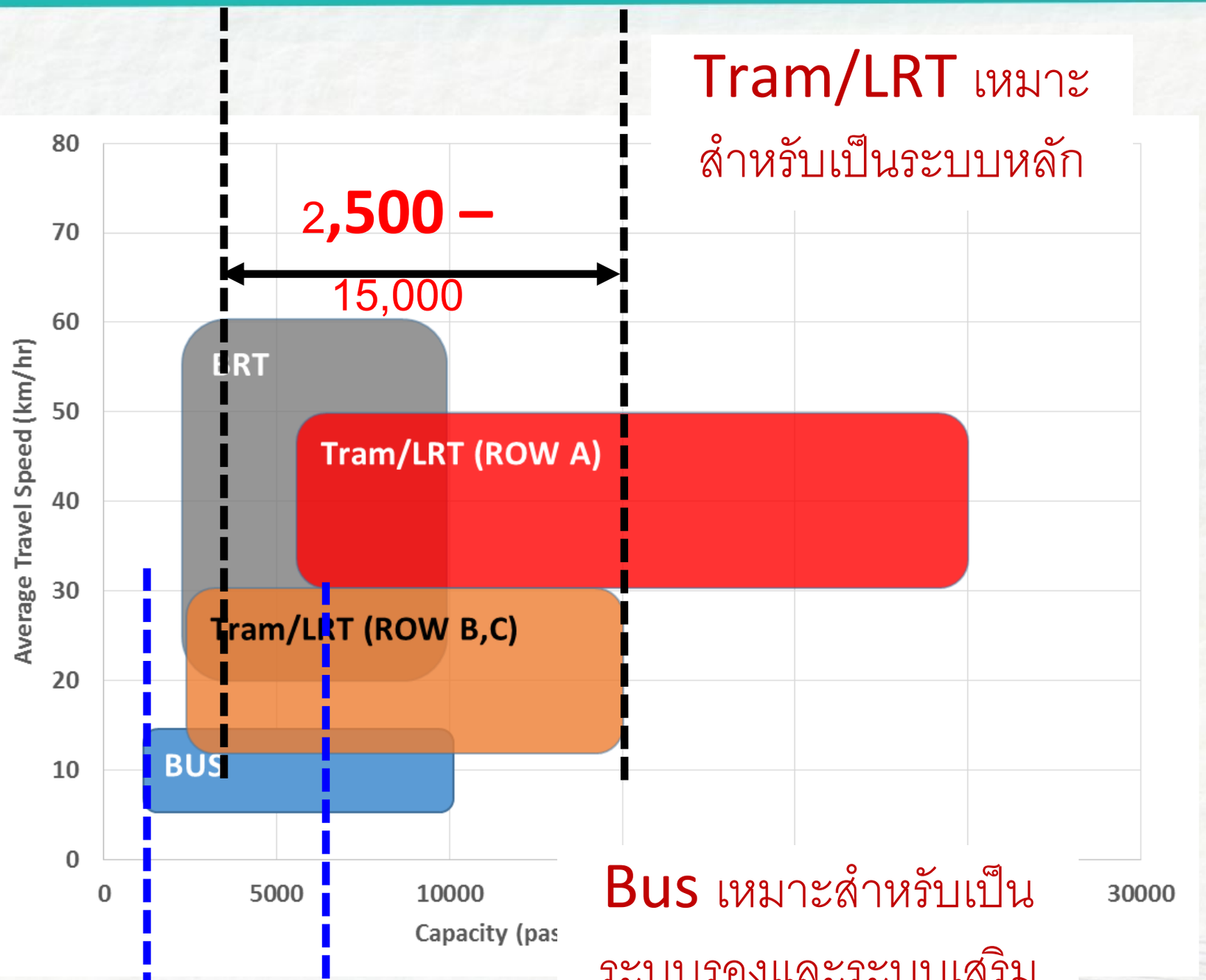




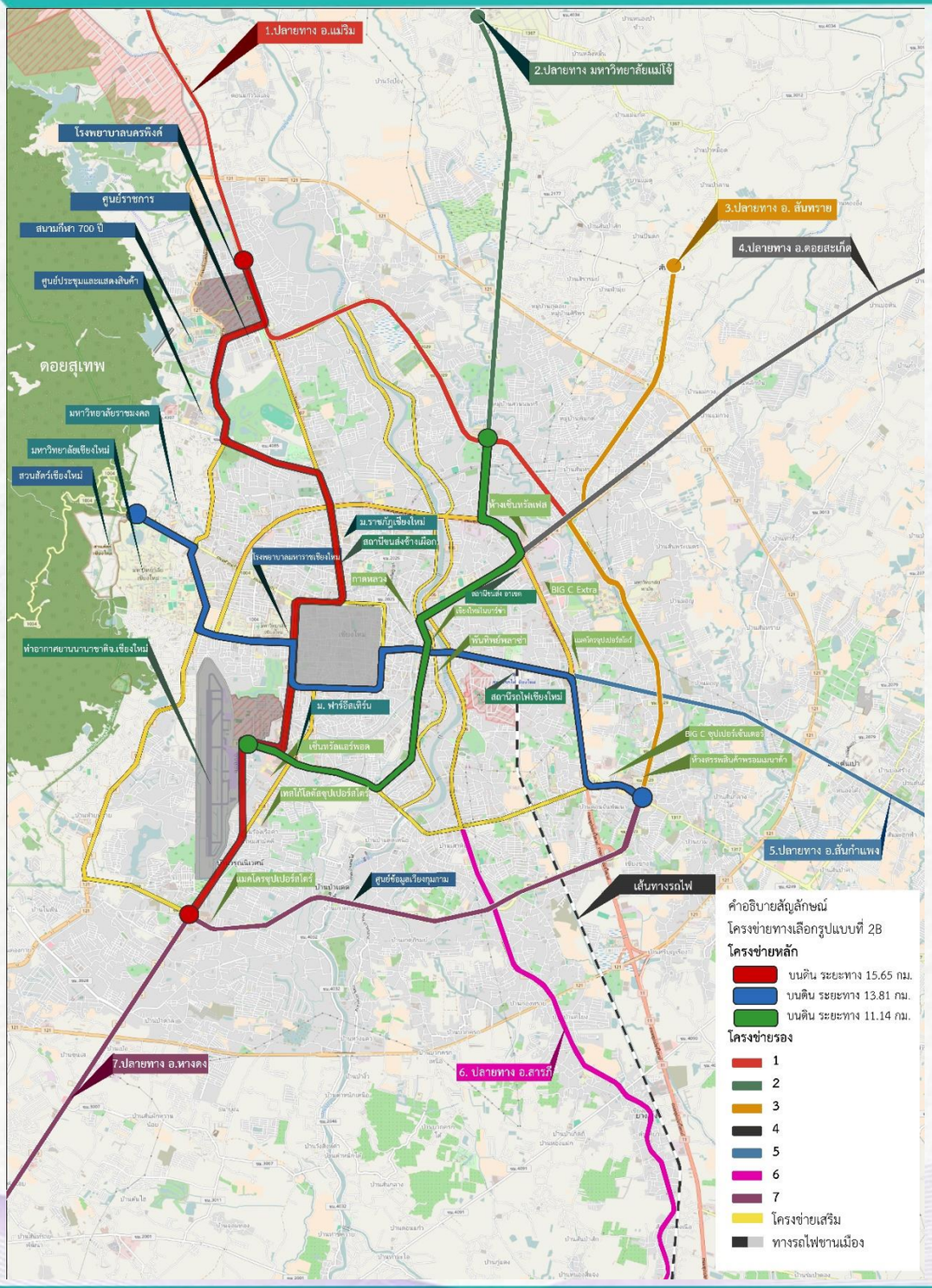


- ระบบหลักมี **Line Load** ระหว่าง 2,500-15,000 คน/ทิศทาง/ชั่วโมง
- ระบบรองและระบบเสริมมี **Line Load** อยู่ระหว่าง 500-6,000 คน/ทิศทาง/ชั่วโมง

ความจุของแต่ละรูปแบบ Technology



โครงข่ายทางเลือกที่ 2B



ระบบหลัก

เส้นทาง	ระยะทาง (กม.)		
	15.65		
	11.14	ROW B	Tram/LRT
	13.81		

ระบบรอง

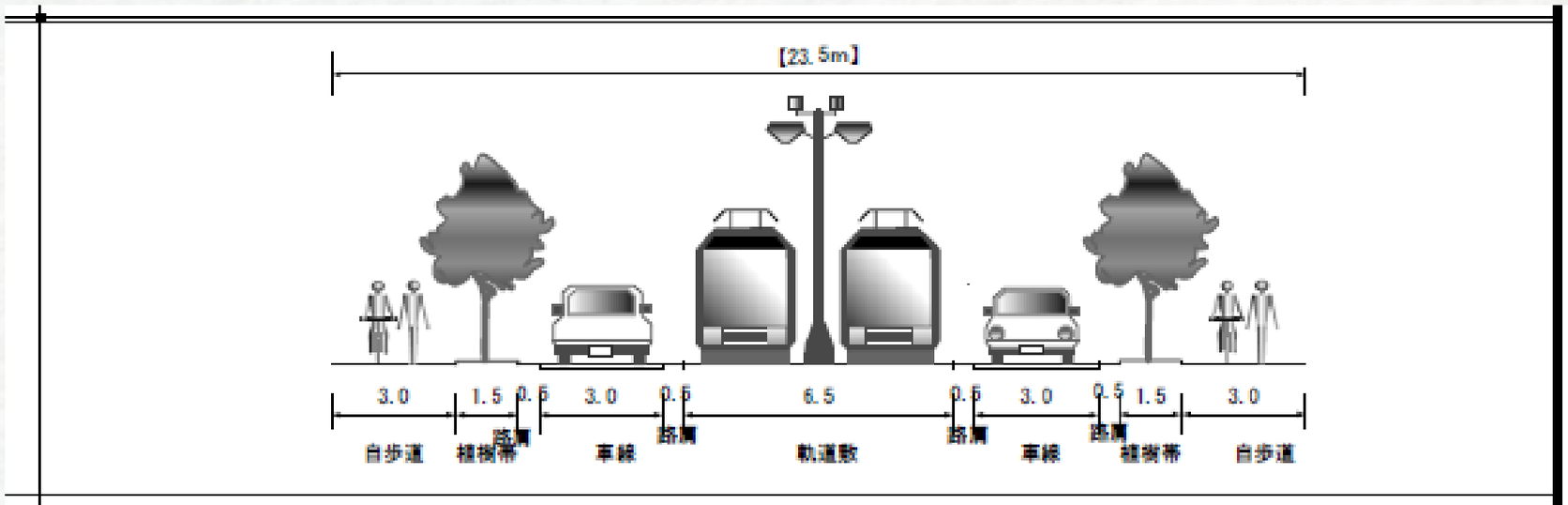
7 เส้นทาง 89.12 — ROW B — Bus

ระบบเสริม

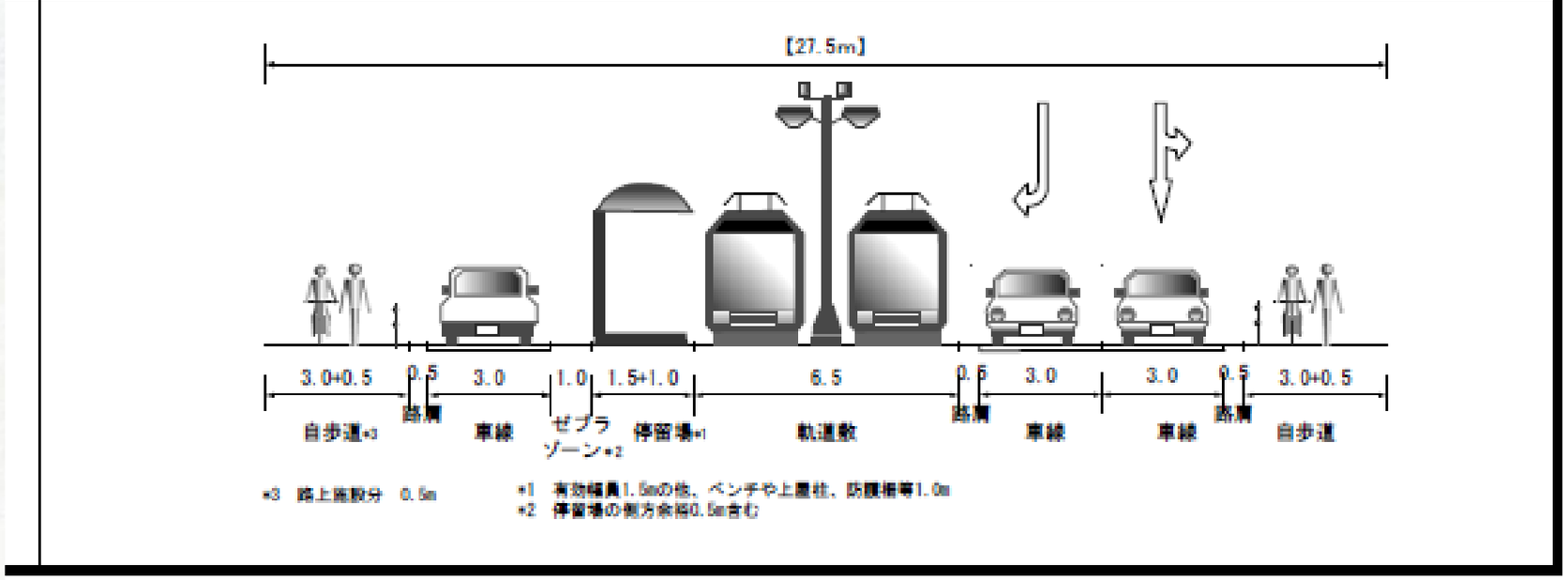
7 เส้นทาง 74.82 — ROW C — Bus

At-grade LRT

ทางวิ่ง



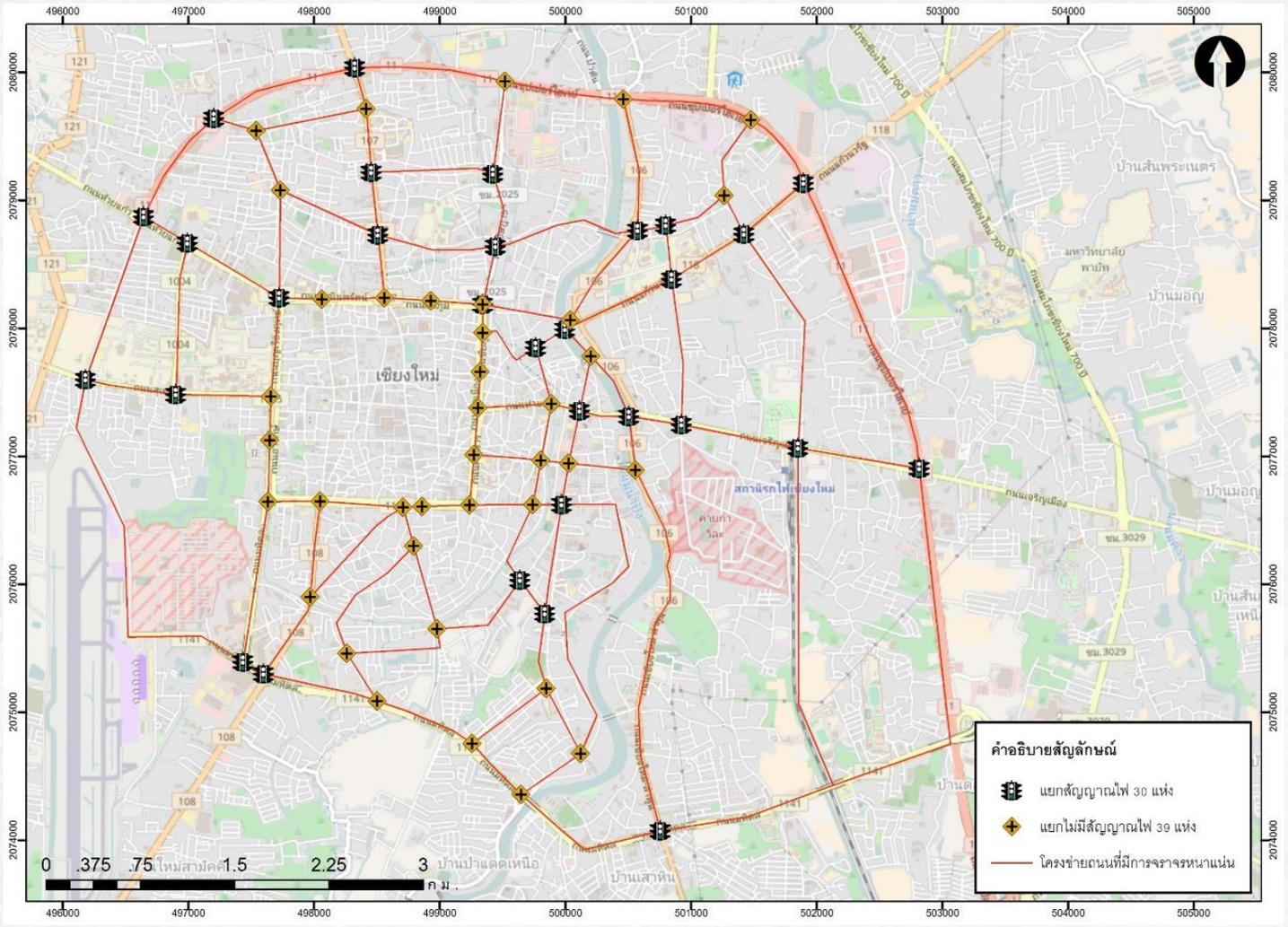
ทางแยก



โครงสร้างทางวิ่งของแต่ละประเภทเขตทาง

- **ROW C** โครงสร้างทางวิ่ง**ระดับดิน** เนื่องจากเป็นการวิ่งร่วมกับการจราจรปกติ
- **ROW B** โครงสร้างทางวิ่ง**ระดับดิน บริเวณเกาะกลางถนน** เนื่องจากมีบางส่วนเป็นทางวิ่งเฉพาะ และมีบางส่วนเป็นการวิ่งร่วมกับการจราจรปกติ เช่น บริเวณทางแยก

โครงสร้างทางวิ่งของแต่ละประเภทเขตทาง (ต่อ)

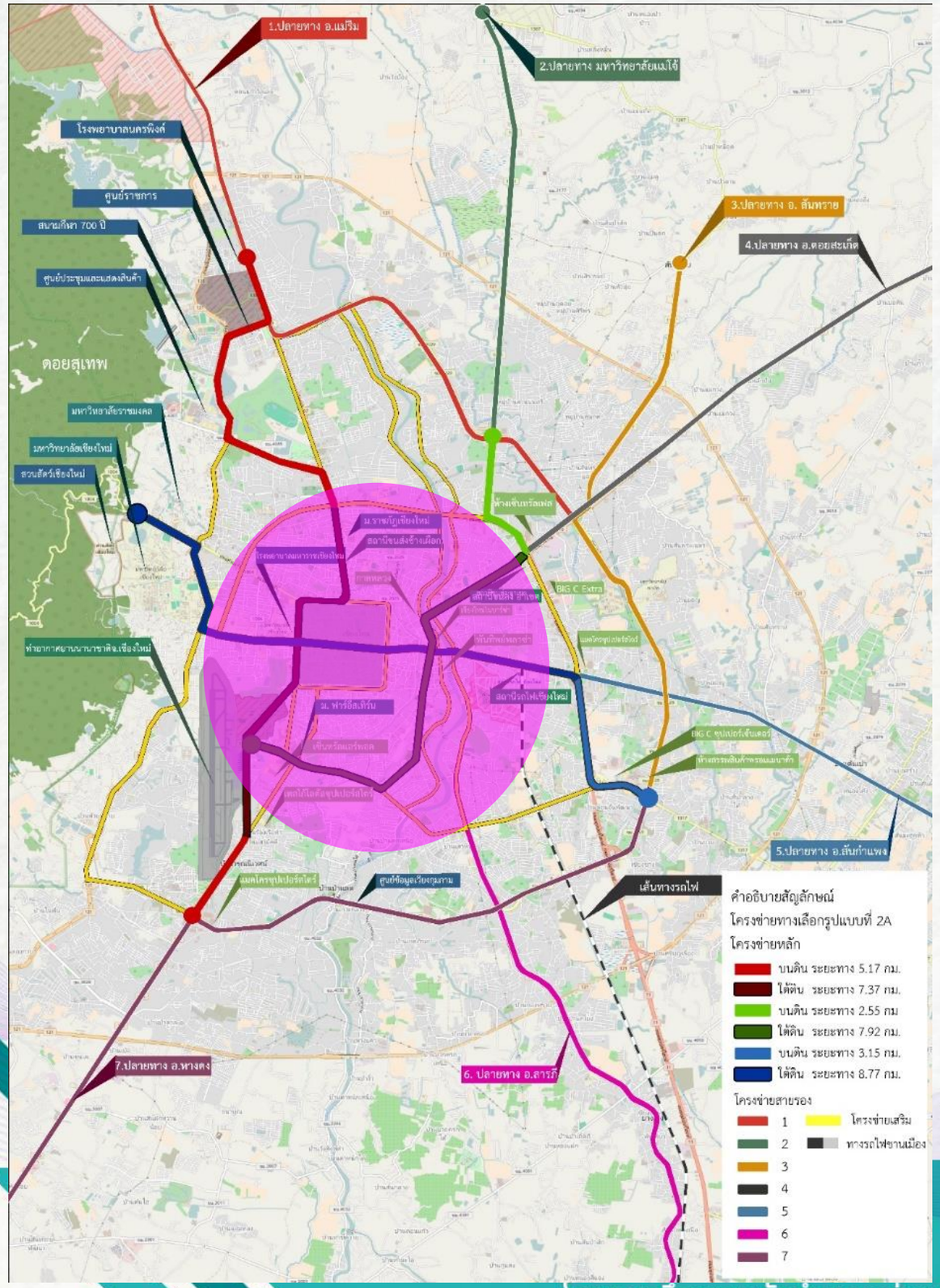


ROW A

- โครงสร้างทางวิ่งระดับดิน ภายนอกพื้นที่วงแหวนมหิดล
- โครงสร้างทางวิ่งใต้ดิน ภายในพื้นที่ในวงแหวนมหิดล

- ถนนส่วนใหญ่มี 2 ช่องจราจร
- จำนวนแยกบนถนนหลัก 69 แห่ง
- ซอยที่เชื่อมต่อถนนหลักโดยตรงจำนวนมาก

โครงข่ายทางเลือกที่ 2



ระบบหลัก

เส้นทาง	ระยะทาง (กม.)		
	12.54 (*7.37*)		
	10.47 (*7.92*)	ROW A	LRT
	11.92 (*8.77*)		

ระบบรอง

7 เส้นทาง	97.24	ROW B	Bus

ระบบเสริม

7 เส้นทาง	74.82	ROW C	Bus

สรุปโครงข่ายทางเลือก

โครงข่ายทางเลือก	ระบบหลัก	ระบบรอง	ระบบเสริม
1	ROW A [LRT] (ใต้ดินบางส่วน)	ROW B [Bus] (ระดับดิน)	ROW C [Bus] (ระดับดิน)
2			
3			
4	ROW C [Tram/LRT] (ระดับดิน)		
5	ROW A [LRT] (ใต้ดินบางส่วน) และ ROW C [Tram/LRT] (ระดับดิน)		
1B	ROW B [Tram/LRT] (ระดับดิน)		
2B			
3B			
4B			
5B			

การวิเคราะห์เปรียบเทียบด้านเศรษฐศาสตร์และการเงิน

<u>สมมติฐาน</u>

- **<u>ระบบหลัก โครงสร้างระดับดิน</u> มีมูลค่าการลงทุนอ้างอิงจาก โครงการศึกษาวิจัยความเหมาะสมและออกแบบรายละเอียดระบบขนส่งมวลชน เชียงใหม่ ลำพูน และลำปาง ของสำนักงานพัฒนาพิงคนคร (องค์การมหาชน) ปี 2558**
- **<u>ระบบหลัก โครงสร้างใต้ดิน</u> มีมูลค่าการลงทุนอ้างอิงจาก โครงการรถไฟฟ้าสายสีน้ำเงิน ช่วงหัวลำโพง – บางแค และ ช่วงบางซื่อ – ท่าพระ ของการรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนแห่งประเทศไทย ปี 2553**
- **<u>ระบบรองและระบบเสริมของทุกโครงข่ายทางเลือก</u> มีมูลค่าการลงทุนระบบรถโดยสารประจำทาง อ้างอิงจาก “โครงการจัดทำแผนแม่บทและออกแบบเพื่อก่อสร้างระบบขนส่งมวลชนเมืองเชียงใหม่” ของสำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร ปี 2549**

ข้อมูลประสิทธิภาพโครงข่ายทางเลือก

ปัจจัย	โครงข่ายทางเลือก									
	1	1B	2	2B	3	3B	4	4B	5	5B
ด้านการจราจร										
• ระยะทางทั้งหมดของโครงข่าย (กม.)	199.4	200.1	207.0	204.5	201.7	202.5	194.4	194.7	195.2	202.5
• การกีดขวางการจราจรระหว่างก่อสร้าง	9	9	9	9	9	9	3	9	7	9
• การรบกวนการจราจรปกติระหว่างการให้บริการ	2	7	2	7	2	7	9	7	6	7
• Ridership (เฉลี่ยต่อปี, ล้านคน)	1.89	0.73	2.13	0.94	1.94	0.88	0.35	0.48	0.62	0.71
ด้านเศรษฐกิจและการลงทุน										
• อัตราผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ (EIRR) (%)	27.92	23.00	30.31	27.01	27.95	26.80	29.42	18.25	25.72	20.00
• อัตราผลตอบแทนทางการเงิน (FIRR) (%)	4.36	6.81	5.21	8.67	4.25	8.39	2.36	0.52	0.27	2.92
ด้านสิ่งแวดล้อม										
• ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม	17.75	11	17.75	11	17.75	11	11	11	12.32	11

- **โครงข่ายฯ ที่ 2 มีจำนวนผู้โดยสารสูงสุด**
- **โครงข่ายฯ ที่ 2 มีผลตอบแทนทางด้านเศรษฐศาสตร์สูงสุด**
- **โครงข่ายฯ ที่ 2B มีผลตอบแทนทางด้านการเงินสูงสุด**

การจัดลำดับโครงข่ายทางเลือกจาก DEA-AHP

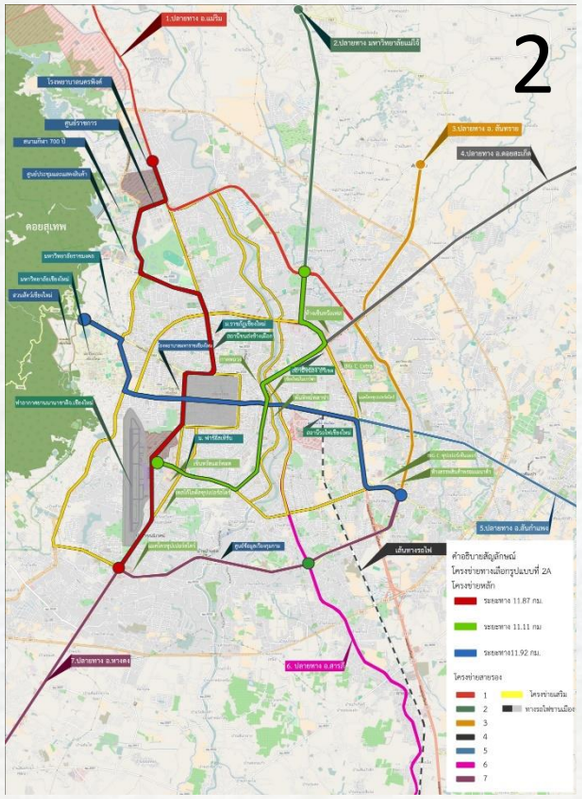
โครงข่าย	1	1B	2	2B	3	3B	4	4B	5	5B	เฉลี่ย*	ลำดับ
1	0.1193	0.1089	0.1230	0.1122	0.1194	0.1102	0.1204	0.1371	0.1255	0.1282	0.1204	3
1B	0.1067	0.0974	0.1002	0.0996	0.1072	0.0998	0.0841	0.0893	0.0886	0.0909	0.0964	6
2	0.1285	0.1287	0.1325	0.1240	0.1283	0.1250	0.1371	0.1528	0.1423	0.1414	0.1341	1
2B	0.1193	0.1097	0.1198	0.1122	0.1194	0.1122	0.1046	0.1050	0.1033	0.1045	0.1110	4
3	0.1193	0.1085	0.1232	0.1122	0.1194	0.1102	0.1208	0.1375	0.1259	0.1285	0.1205	2
3B	0.1193	0.1076	0.1168	0.1102	0.1194	0.1102	0.1018	0.1022	0.1007	0.1021	0.1090	5
4	0.0821	0.0960	0.0800	0.0888	0.0819	0.0897	0.0828	0.0670	0.0784	0.0783	0.0825	7
4B	0.0583	0.0731	0.0580	0.0715	0.0581	0.0722	0.0828	0.0670	0.0784	0.0696	0.0689	10
5	0.0745	0.0862	0.0730	0.0852	0.0743	0.0859	0.0828	0.0670	0.0784	0.0783	0.0786	9
5B	0.0729	0.0839	0.0734	0.0841	0.0727	0.0845	0.0828	0.0754	0.0784	0.0783	0.0786	8

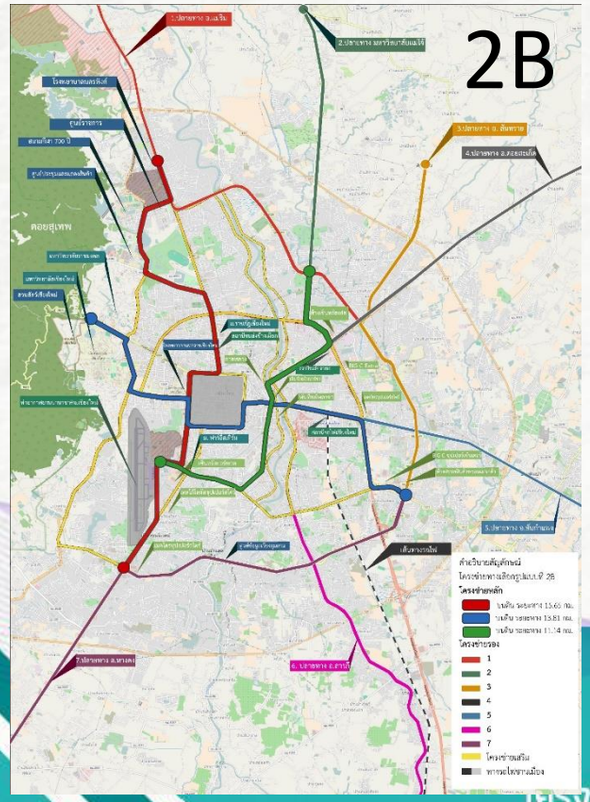
- อันดับ 1 ได้แก่ โครงข่ายทางเลือกที่ 2
- อันดับ 2 ได้แก่ โครงข่ายทางเลือกที่ 3
- อันดับ 3 ได้แก่ โครงข่ายทางเลือกที่ 1
- อันดับ 4 ได้แก่ โครงข่ายทางเลือกที่ 2B
- อันดับ 5 ได้แก่ โครงข่ายทางเลือกที่ 3B
- อันดับ 6 ได้แก่ โครงข่ายทางเลือกที่ 1B
- อันดับ 7 ได้แก่ โครงข่ายทางเลือกที่ 4
- อันดับ 8 ได้แก่ โครงข่ายทางเลือกที่ 5B
- อันดับ 9 ได้แก่ โครงข่ายทางเลือกที่ 5
- อันดับ 10 ได้แก่ โครงข่ายทางเลือกที่ 4B

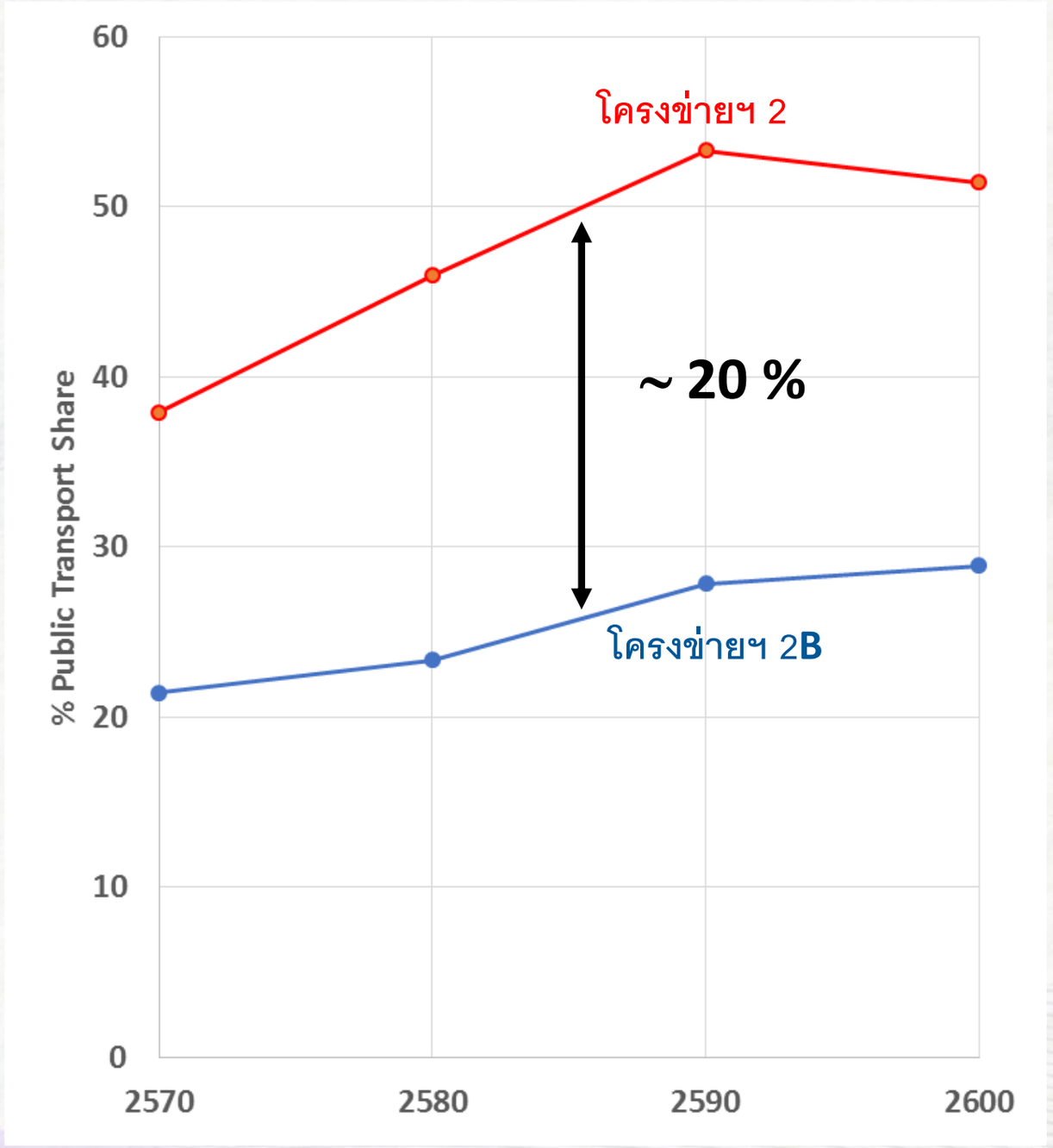
ระบบหลักมี ROW A

ระบบหลักมี ROW B

การเปรียบเทียบ Transit Mode Share โครงข่ายฯ 2 และ 2B

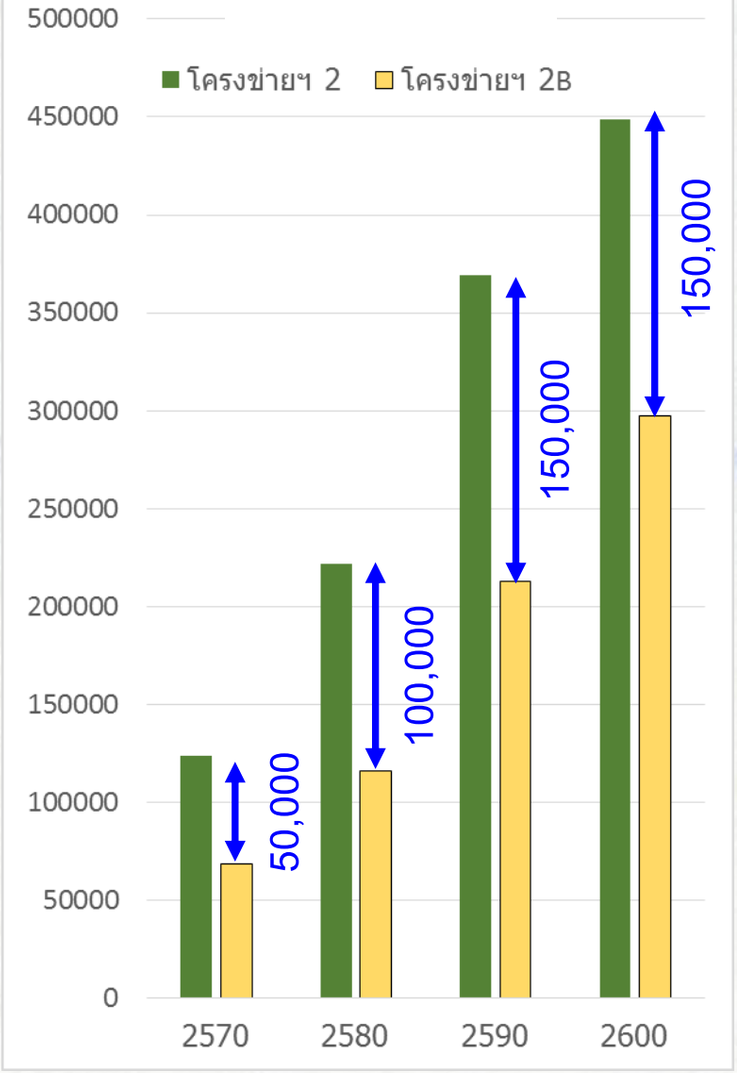




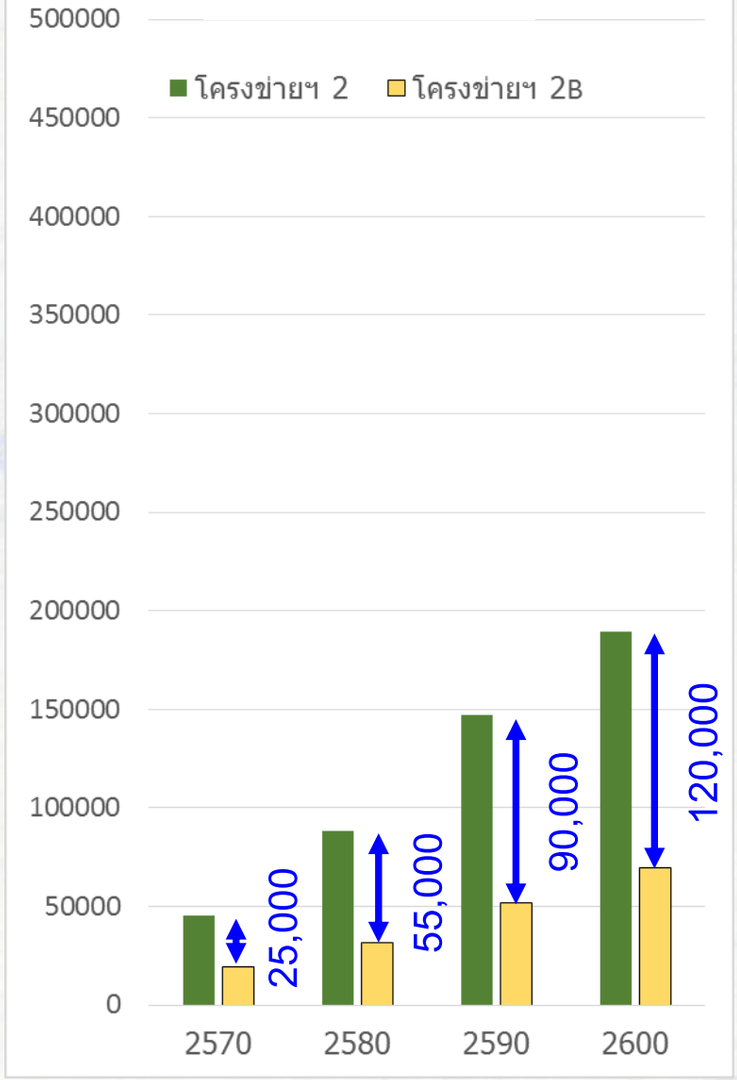


เปรียบเทียบ Ridership เฉลี่ย

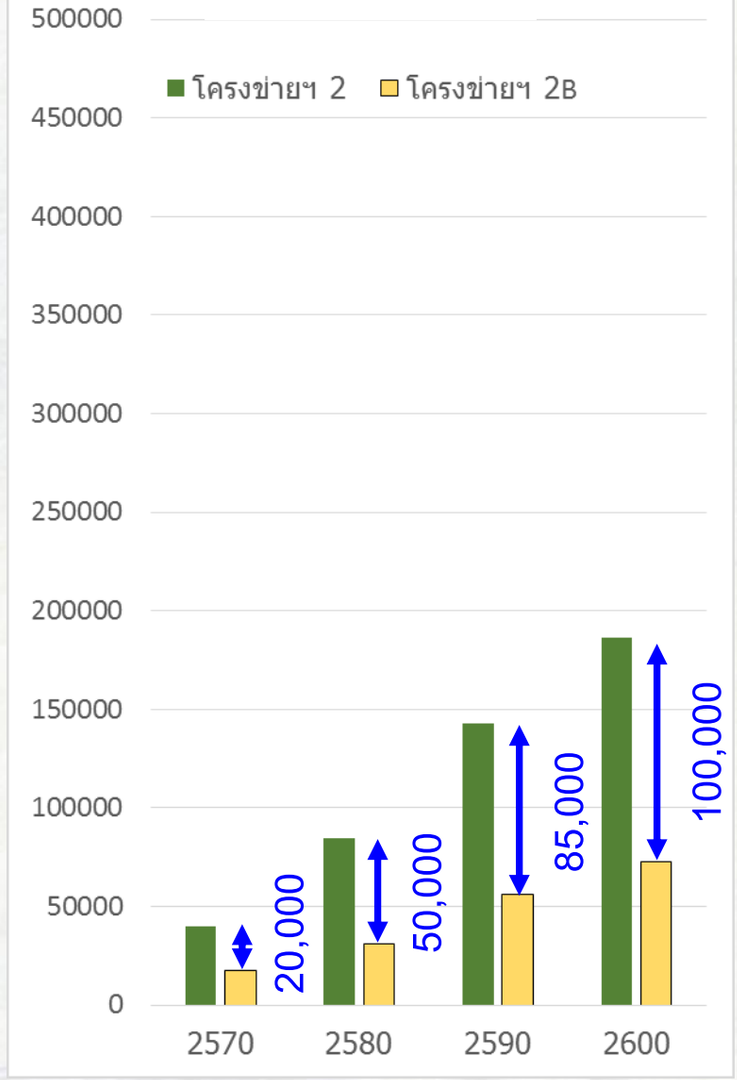
ระบบหลัก



ระบบรอง

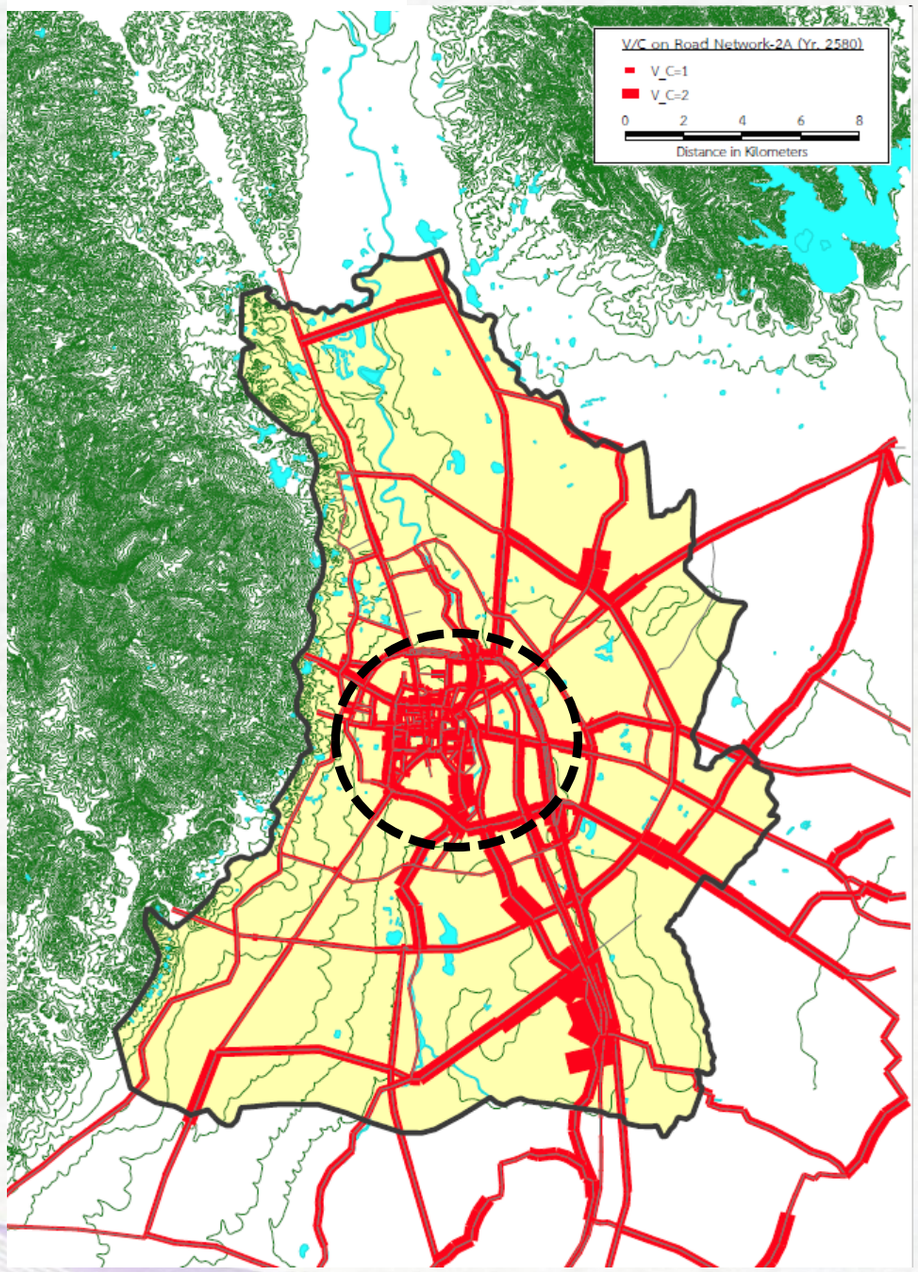


ระบบเสริม

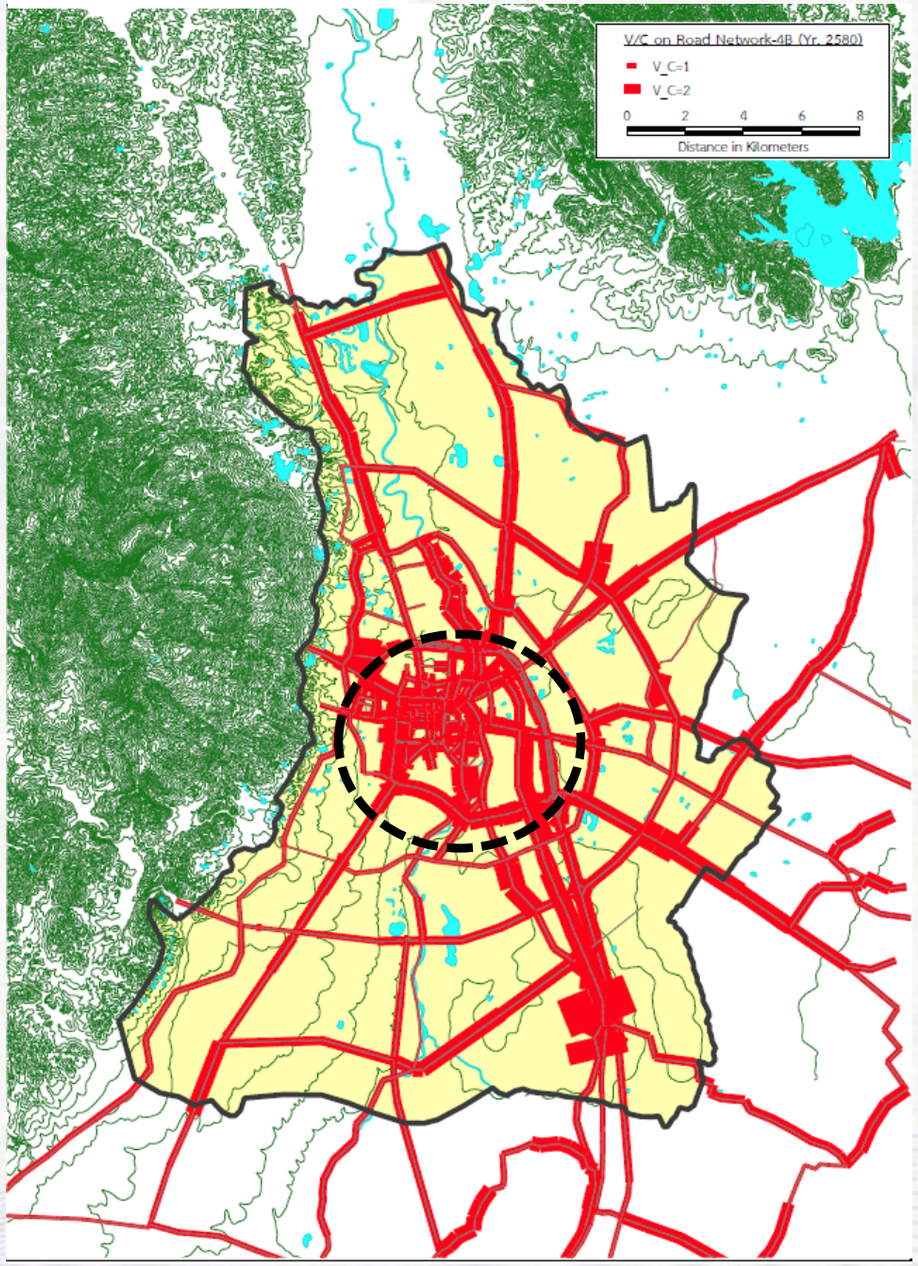


การวิเคราะห์เปรียบเทียบปริมาณการจราจร ปี 2580

โครงข่ายฯ 2

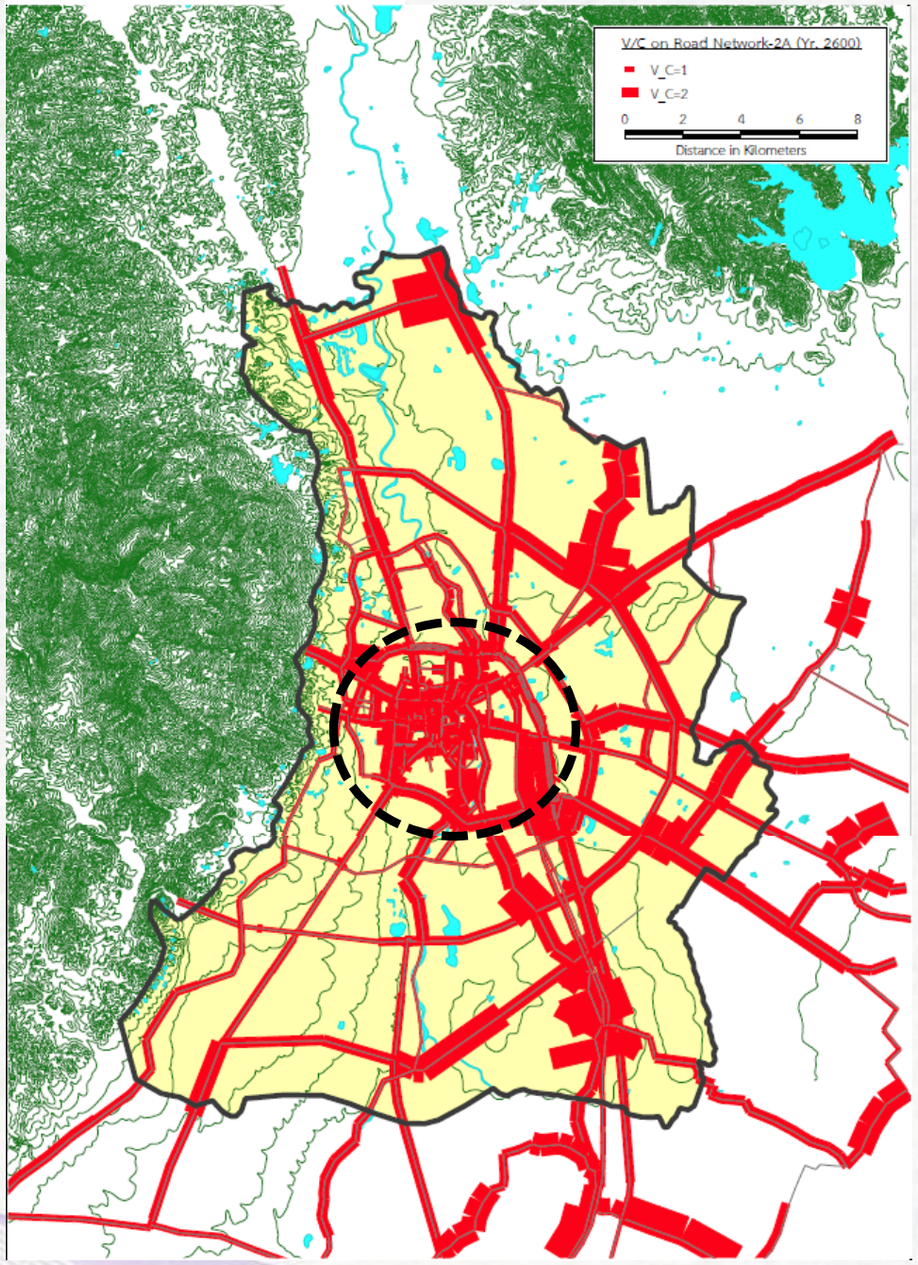


โครงข่ายฯ 2B

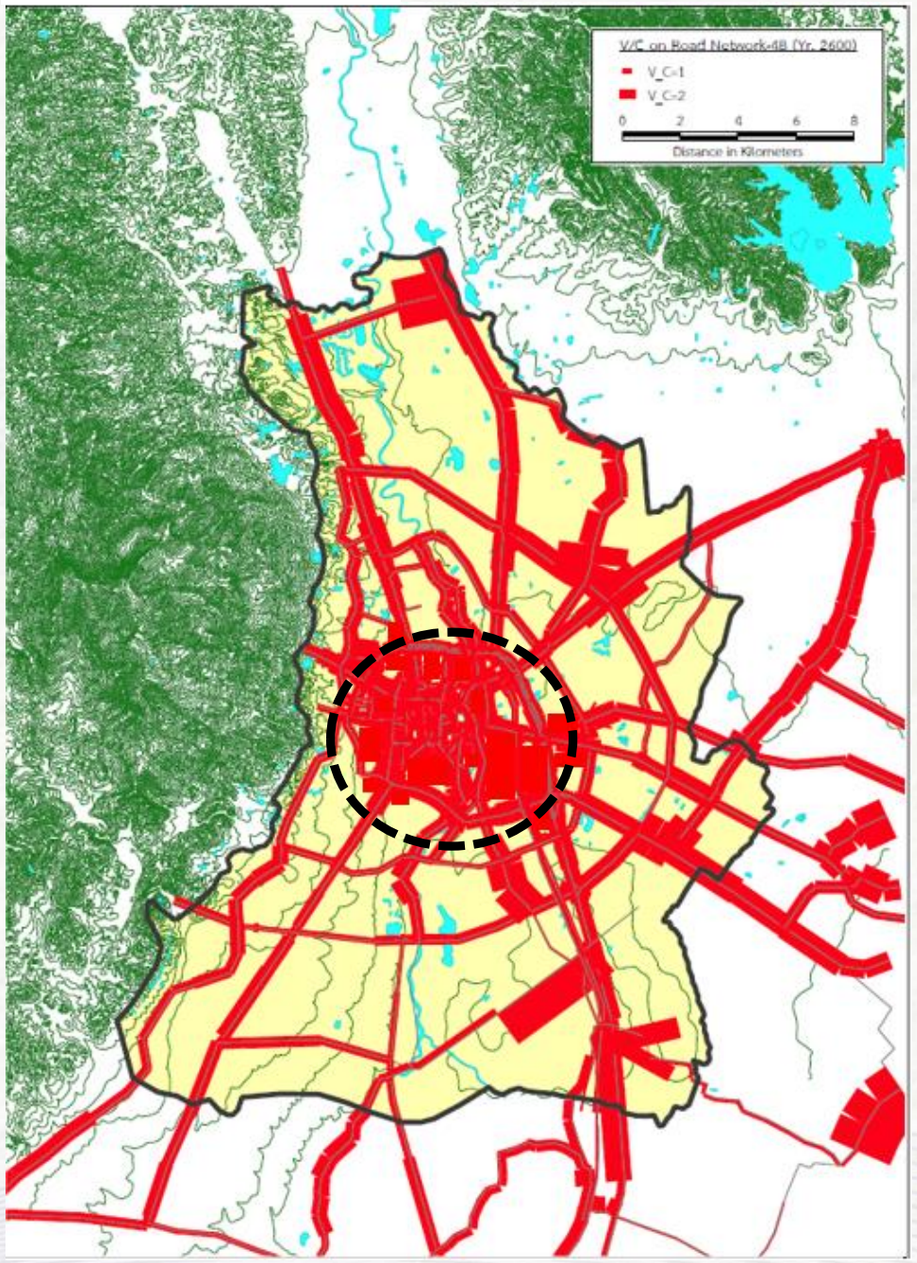


การวิเคราะห์เปรียบเทียบปริมาณการจราจร ปี 2600

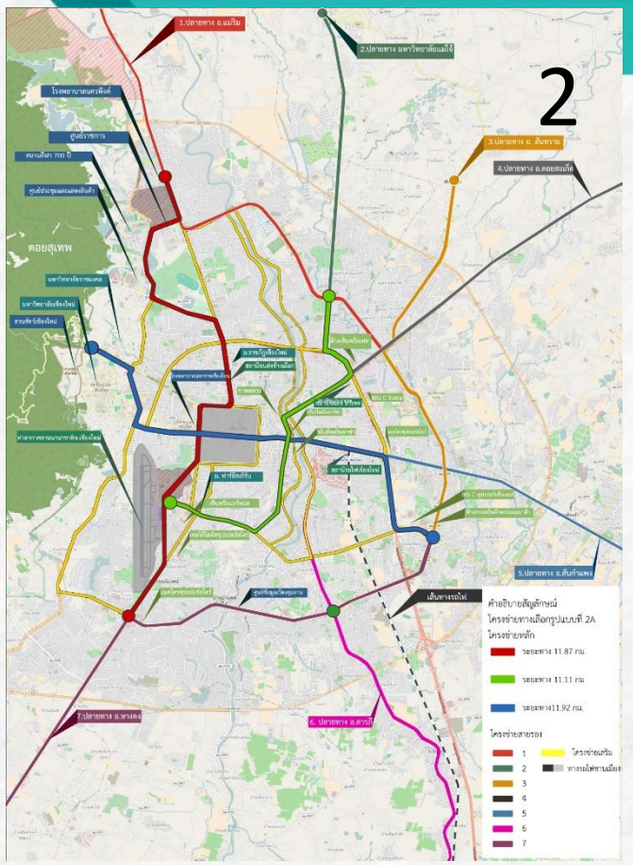
โครงข่ายฯ 2

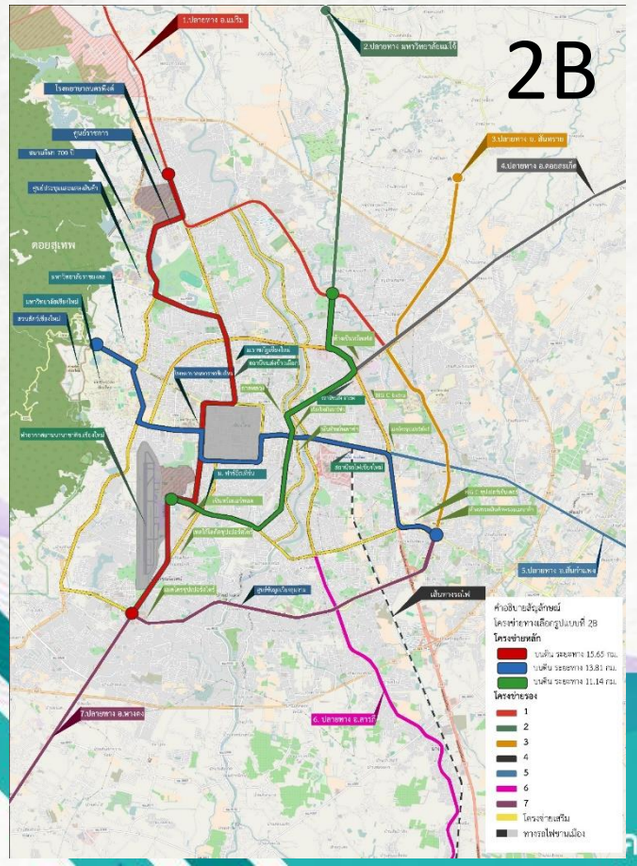


โครงข่ายฯ 2B



การเปรียบเทียบด้านเศรษฐกิจและการเงิน





โครงข่าย	มูลค่าการลงทุน (ล้านบาท) (เฉลี่ยเส้นทางระบบหลัก)	EIRR	FIRR
2	23,142	30.31%	5.21%
2B	7,320	27.01%	8.67%

การเปรียบเทียบเชิงสังคม

ประเด็น	โครงข่ายฯ 2	โครงข่ายฯ 2B
สภาพชุมชน 2 ข้างทาง	เชื่อมโยงกิจกรรมกันได้	เชื่อมโยงได้ในบริเวณสถานี และบริเวณทางแยก
TOD	สนับสนุนในระดับสูง	สนับสนุนในระดับปานกลาง
ผลกระทบระหว่างการก่อสร้าง	สูง – สูงมาก	ปานกลาง
การเวนคืนตามแนวสายทาง (กรณีใช้เขตทางถนนเดิม)	ส่วนใหญ่บริเวณสถานี และโครงสร้างพื้นฐานที่จำเป็น	บริเวณแนวสายทาง และบริเวณสถานี โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณที่ต้องการให้มีการสัญจรเดิมอยู่ด้วย เช่น การคงจำนวนช่องทางถนนอย่างน้อย 1 ช่องทางตลอดสายทางระบบขนส่งสาธารณะ
ความเสี่ยงในการดำเนินงานการให้บริการระบบขนส่งสาธารณะ	ส่วนใหญ่ Operator สามารถควบคุมปัจจัยต่างๆ ได้	มีปัจจัยรอบข้างหลากหลายปัจจัย โดยเฉพาะ**ด้านความปลอดภัย**ของผู้ใช้บริการที่อาจต้องข้ามถนนเพื่อเข้าสู่สถานี การข้ามถนนบริเวณสถานี ฯลฯ

สรุปการเปรียบเทียบระหว่างโครงข่ายฯ 2 และ 2B

- โครงข่ายทางเลือกที่ 2 สอดคล้องกับการสนับสนุนให้เมืองเชียงใหม่เป็น **Transit City** แก้ปัญหาการจราจรในระยะยาว สร้างโอกาสทางด้านเศรษฐกิจในระดับสูง **แต่** มีผลกระทบระหว่างการก่อสร้างมาก และต้องการการลงทุนที่สูง
- โครงข่ายทางเลือกที่ 2**B** เป็นทางเลือกที่ลดมูลค่าการลงทุนระบบขนส่งสาธารณะ มีผลกระทบระหว่างการก่อสร้างไม่สูงมาก **แต่** ไม่ได้แก้ปัญหาการจราจรของเชียงใหม่ในระยะยาว มีผลกระทบหลังการเปิดดำเนินงานทั้งทางด้านความเสี่ยงในการให้บริการและทางด้านสังคม