การวางแผนเพื่อพัฒนาโครงข่าย M-MAP2

นโยบายการพัฒนา

การเสนอแนะและคัดกรองแนวเส้นทาง

การจัดลำดับความสำคัญ

Planning Study

นโยบายการพัฒนา

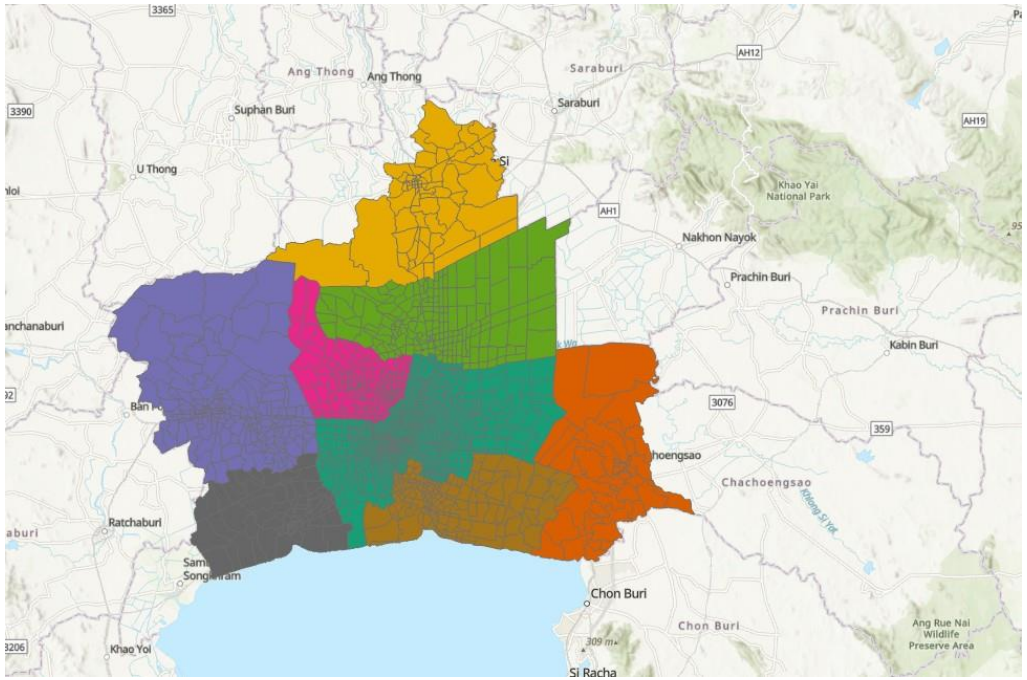
ทิศทางนโยบายของ MMAP2

M-MAP2

ปีฐาน 2019

ปีเป้าหมาย

- ระยะสั้น 2023 – 2025
- แผนระยะกลาง 2026 – 2030
- แผนระยะยาว 2031 - 2040



พื้นที่เป้าหมาย : กรุงเทพมหานครและปริมณฑลรวมถึงพื้นที่บางส่วนของอยุธยาและฉะเชิงเทรา

รูปแบบของการขนส่ง :

1. ระบบขนส่งมวลชนหนัก (Heavy Rail) 2. รถไฟฟ้าระบบรางเดี่ยว (Monorail) 3. ระบบการขนส่งใหม่ (AGT) 4. ระบบขนส่งมวลชน (LRT) 5. รถราง (Tram)

ประเด็นในการวางแผนพัฒนาโครงข่ายระบบขนส่งมวลชนทางราง

เพื่อสร้างสังคมการขนส่งสาธารณะเพื่อสนับสนุนการพัฒนาที่ยั่งยืนของภูมิภาค

การวิเคราะห์เพื่อกำหนดประเด็นในการวางแผนพัฒนาโครงข่าย

นโยบายที่ 1 : เพื่อบรรเทาปัญหาจราจร (Capacity)

เป้าหมายการพัฒนา

บรรเทาปัญหาการจราจร (เพิ่มความจุราง)

มาตรการ

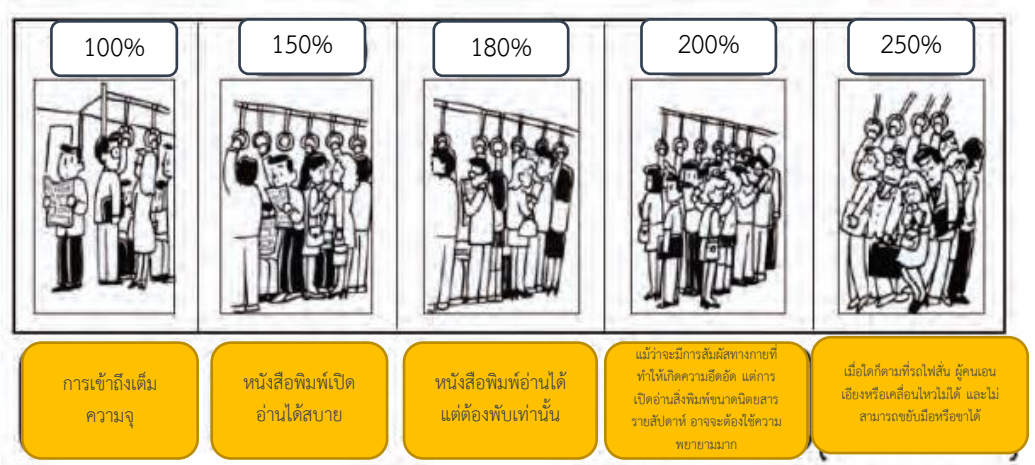
- เพิ่มเส้นทางระบบรางเพื่อบรรเทาความแออัด
- เพิ่มมาตรฐานการให้บริการภายในสถานีและภายในขบวนรถ

ตัวชี้วัด

- สัดส่วนการเลือกเดินทาง Modal Share (By rail)
- ความหนาแน่นภายในขบวนรถไฟ

หมายเหตุ:

เส้นทางทางเลือกจะได้รับการประเมินในแบบจำลองทางเลือกเส้นทางรถไฟเมื่อใดก็ตามที่เส้นทางหลักมีความอิ่มตัวมากเกินไป



Source: MMAP Blueprint

การวิเคราะห์เพื่อกำหนดประเด็นในการวางแผนพัฒนาโครงข่าย

นโยบายที่ 2 : เพื่อเพิ่มความสามารถในการเข้าถึงระบบขนส่งมวลชนทางรางในพื้นที่ปิดล้อมขนาดใหญ่และรองรับการขยายตัวของเมืองในอนาคต (Coverage)

เป้าหมายการพัฒนา

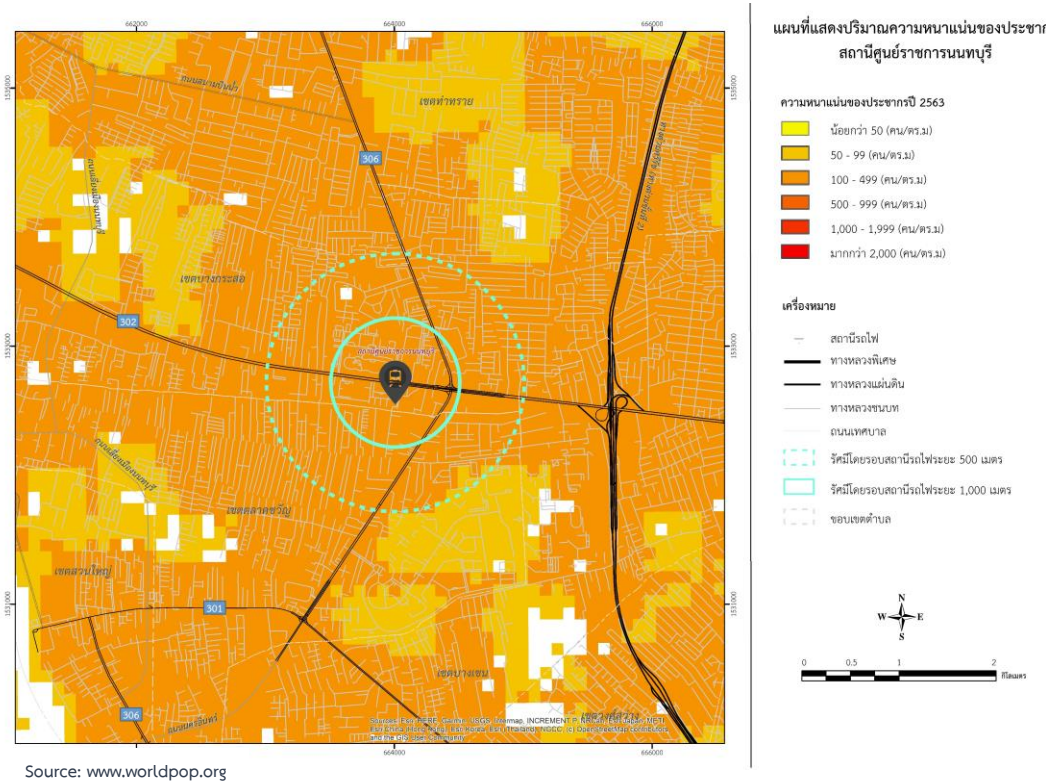
เพิ่มพื้นที่ครอบคลุมการเข้าถึงระบบขนส่งมวลชนทางรางในเขตเมืองที่มีอยู่ปัจจุบันและอนาคต

มาตรการ

- เพิ่มโครงข่ายระบบรางให้ครอบคลุมพื้นที่ที่มีผู้อาศัยหนาแน่น
- พัฒนา TOD

ตัวชี้วัด

จำนวนประชากรทั้งที่มีชื่อและไม่มีชื่ออยู่ในทะเบียนบ้านในพื้นที่ครอบคลุม (800 เมตร)



Source: www.worldpop.org

การวิเคราะห์เพื่อกำหนดประเด็นในการวางแผนพัฒนาโครงข่าย

นโยบายที่ 3 : เพื่อพัฒนาโครงข่ายรวมและการกระจายการเดินทางเพิ่มเติม (Connectivity)

เป้าหมายการพัฒนา

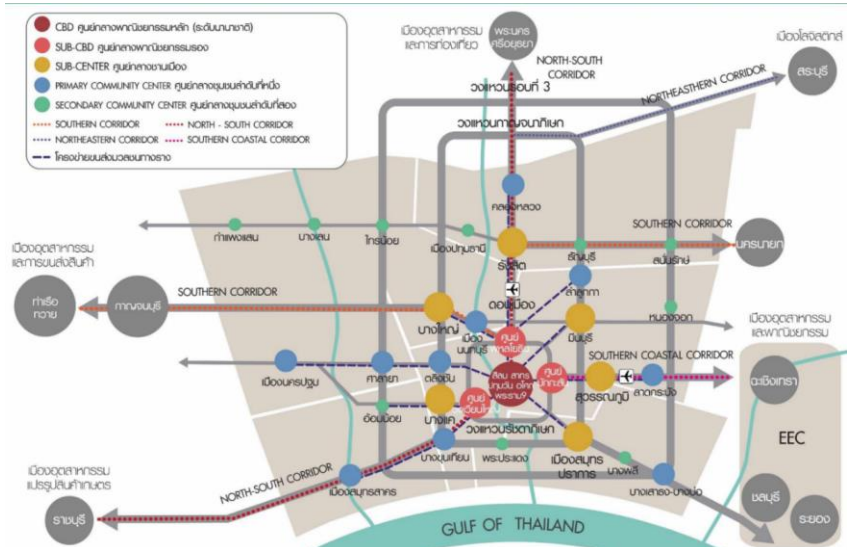
เพิ่มการเชื่อมต่อการเดินทางในกรุงเทพและปริมณฑล

มาตรการ

- เพิ่มเติมโครงข่ายระบบรางให้มีความเชื่อมต่อให้มีประสิทธิภาพและ ลด Missing Link
- เพิ่มเติมระบบ Feeder

ตัวชี้วัด

- ผลรวมของมูลค่าเวลาและค่าใช้จ่ายในการเดินทาง โดยระบบขนส่งมวลชนทางราง เป็นรายคู่ O-D
- ร้อยละของเที่ยวการเดินทางในระบบขนส่งมวลชนทางรางโดยตรง (ที่ไม่มีการเปลี่ยนถ่าย) ต่อเที่ยวการเดินทางทั้งหมด



ที่มา : กรมโยธาธิการและผังเมือง

ความสำคัญของเมืองตามผังกรุงเทพและปริมณฑล

	Bangkok (Current)	Beijing	Delhi	Moscow	London	New York	Seoul

การวิเคราะห์เพื่อกำหนดประเด็นในการวางแผนพัฒนาโครงข่าย

นโยบายที่ 4 : ปรับปรุงรูปแบบค่าโดยสารให้เหมาะสมและเป็นธรรมมากขึ้น (Affordable and Equitable)

เป้าหมายการพัฒนา

โครงสร้างค่าโดยสารที่สมเหตุสมผลและเป็นระบบ และมีการส่งเสริมให้ผู้เดินทางเข้ามาเดินทางมากขึ้น

มาตรการ

- ศึกษาโครงสร้างอัตราค่าโดยสารที่เหมาะสม
- ศึกษามาตรการสนับสนุนการเดินทาง

มาตรการ / ตัวชี้วัด

- การกระจายต้นทุนการเดินทางด้วยรถไฟต่อผู้โดยสารต่อวันตามแหล่งกำเนิดการเดินทาง
- ความแตกต่างของค่าเดินทางโดยรถไฟระหว่างต้นทางโดยต้นทาง - ปลายทาง

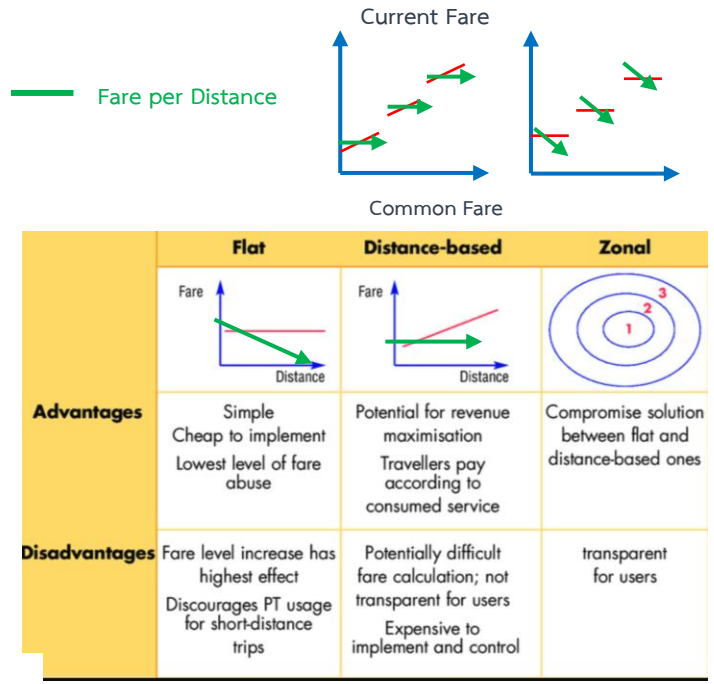


Figure 1. Spatial fare structures and their dis-/advantages. Table adjusted from material in Vuchic (2005)

Table 1. Spatial Fare structure among cities for pay-as-you-go tickets

City ; Structure used for pay-per-ride tickets	Flat fare	Zone-based (≤2hour)	+ time limits	Distance-based
Amsterdam	✔		✔	✔
Athens	✔		✔	
Barcelona		✔	✔	
Berlin Brandenburg		✔	✔	✔
Budapest	✔		✔	
East Austria		✔		✔
Helsinki		✔	✔	
London	bus	metro	(✔)1	rail
Madrid		✔		✔
Montreal region	✔	✔	✔	
Movia region		✔	✔	
Oslo		✔	✔	
Prague		✔	✔	
Stockholm		✔	✔	✔
Torino		✔	✔	✔
Vilnius			✔	
Warsaw		✔	✔	
Kyoto	bus, citycenter			metro; bus, suburb

Source: Schmöcker et al (2016) Determining Fare Structures: Evidence and Recommendations from a Qualitative Survey among Transport Authorities. Public Transport Fares. Kyoto University. October 2016.

การวิเคราะห์เพื่อกำหนดประเด็นในการวางแผนพัฒนาโครงข่าย

นโยบายที่ 5 : เพื่อความสอดคล้องและเชื่อมต่อกับการขนส่งรูปแบบอื่น (Intermodal)

เป้าหมายการพัฒนา

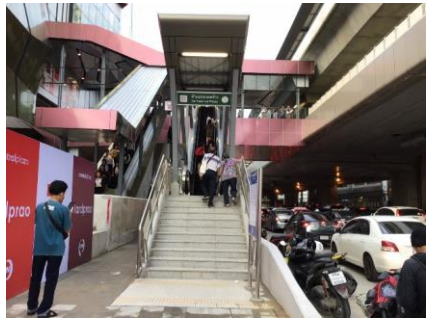
มีสิ่งอำนวยความสะดวกการเดินทางเพื่อเชื่อมต่อการเดินทางที่เหมาะสม

มาตรการ

- พัฒนาทางเท้า/ทางจักรยาน
- พัฒนาพื้นที่จอดแล้วจร
- ปรับปรุงเส้นทางรถโดยสารประจำทางและระบบขนส่งสาธารณะอื่น ๆ

ตัวชี้วัด

- อัตราส่วนระหว่างจำนวนสายรถประจำทางและรถตู้สาธารณะที่เชื่อมต่อกับระบบขนส่งมวลชนทางรางกับจำนวนสายของรถโดยสารสาธารณะและรถตู้ทั้งหมด
- อัตราส่วนระหว่างจำนวนท่าเทียบเรือที่เชื่อมต่อกับระบบขนส่งมวลชนทางรางกับจำนวนท่าเทียบเรือทั้งหมด
- อัตราส่วนระหว่างจำนวนสถานีที่มีที่จอดและจรกับจำนวนสถานีทั้งหมด
- เวลาเข้า/ออก (ชั่วโมงผู้โดยสารโดยโหมดเข้า/ออก) ไปยังสถานีรถไฟ เช่น ภายใน 15 และ 30 นาที เป็นต้น สำหรับสถานีในเขตเมืองและชานเมืองตามลำดับ
- อัตราส่วนของสิ่งอำนวยความสะดวกในการใช้ทางเท้าที่มีการใช้งานสูงภายในพื้นที่ครอบคลุมจากสถานีในเขตเมืองและชานเมืองตามลำดับ (ทางเลือก)



การวิเคราะห์เพื่อกำหนดประเด็นในการวางแผนพัฒนาโครงข่าย

สรุปตัวชี้วัด

นโยบาย	ตัวชี้วัด
1. บรรเทาปัญหาการจราจร (Capacity)	- การเลือกรูปแบบการเดินทาง Modal Share (โดยรถไฟ) *** - อัตราส่วนความแออัดภายในรถรถไฟ
2. เพิ่มการเข้าถึงระบบขนส่งมวลชนทางรางในพื้นที่ปิดขนาดใหญ่ และรองรับการขยายตัวของเมืองในอนาคต (Coverage)	- ประชากรที่ลงทะเบียนและไม่ได้ลงทะเบียนในพื้นที่ครอบคลุม (หมายเหตุ: ระยะทางที่เข้าถึงได้คือ 800 เมตรสำหรับการเดิน และระยะทางไกลกว่าสำหรับโหมดอื่น แต่อยู่ในระยะประมาณครึ่งระหว่างสถานี)
3. พัฒนาเครือข่ายรวมและกระจายการเดินทางเพิ่มเติม (Connectivity)	- ผลรวมของระยะเวลาในการเดินทางและการประหยัดค่าใช้จ่าย (โดยรถไฟด้วยวิธีการจับคู่ O-D) - % ของการเดินทางโดยตรง (ไม่มีการเปลี่ยนถ่าย) ต่อการเดินทางทั้งหมด
4. ปรับปรุงรูปแบบค่าโดยสารให้เหมาะสมและเป็นธรรมมากขึ้น (Affordable and Equitable)	- การกระจายต้นทุนการเดินทางด้วยรถไฟต่อผู้โดยสารต่อวันตามแหล่งกำเนิดการเดินทาง - ความแตกต่างของค่าเดินทางโดยรถไฟระหว่างต้นทางโดยต้นทาง - ปลายทาง

การวิเคราะห์เพื่อกำหนดประเด็นในการวางแผนพัฒนาโครงข่าย

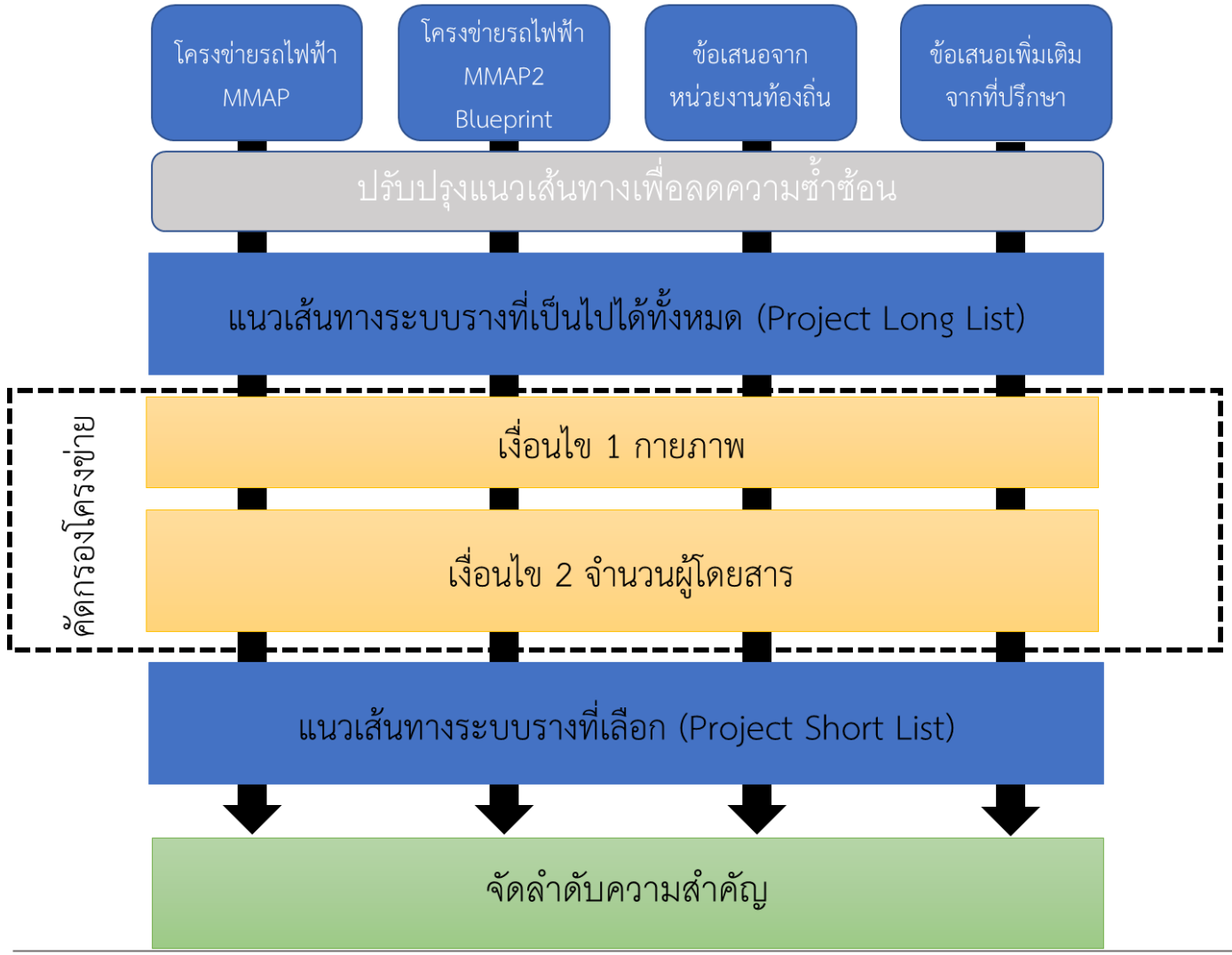
สรุปตัวชี้วัด

นโยบาย	ตัวชี้วัด
5. ความสม่ำเสมอและการเชื่อมต่อกับรูปแบบการขนส่งอื่นๆ (Intermodal) และโครงสร้างพื้นฐานอื่นๆ เพื่อส่งเสริมการใช้การขนส่งทางราง (Accessibility)	- อัตราส่วนระหว่างจำนวนสายรถประจำทางและรถตู้สาธารณะที่เชื่อมต่อกับระบบขนส่งทางรางกับจำนวนสายของรถโดยสารสาธารณะและรถตู้ทั้งหมด - อัตราส่วนระหว่างจำนวนท่าเรือเฟอร์รี่ที่เชื่อมต่อกับระบบขนส่งทางรางกับจำนวนท่าเรือทั้งหมด - อัตราส่วนระหว่างจำนวนสถานีที่มีที่จอดและจรกับจำนวนสถานีทั้งหมด - เวลาเข้า/ออก (ชั่วโมงผู้โดยสารโดยโหมดเข้า/ออก) ไปยังสถานีรถไฟ เช่น ภายใน 15 และ 30 นาที เป็นต้น สำหรับสถานีในเขตเมืองและชานเมืองตามลำดับ - อัตราส่วนของสิ่งอำนวยความสะดวกในการใช้ทางเท้าที่มีการใช้งานสูงภายในพื้นที่ครอบคลุมจากสถานีในเขตเมืองและชานเมืองตามลำดับ (ทางเลือก)

การวางแผนเพื่อพัฒนาโครงข่าย M-MAP2

การเสนอแนะและคัดกรองแนวเส้นทาง

การเสนอแนะและคัดกรองแนวเส้นทาง



ขั้นตอนการดำเนินงาน

สถานะปัจจุบัน

การเสนอแนะและคัดกรองแนวเส้นทาง

แนวทางการคัดกรอง

เงื่อนไข 1 กายภาพ → พิจารณาจากสภาพพื้นที่ทางกายภาพที่ระบบรางวิ่งผ่าน ความยากง่ายในการก่อสร้าง ขนาดของพื้นที่ว่าง โดยมุ่งเน้นการเวนคืนพื้นที่ให้น้อยที่สุด

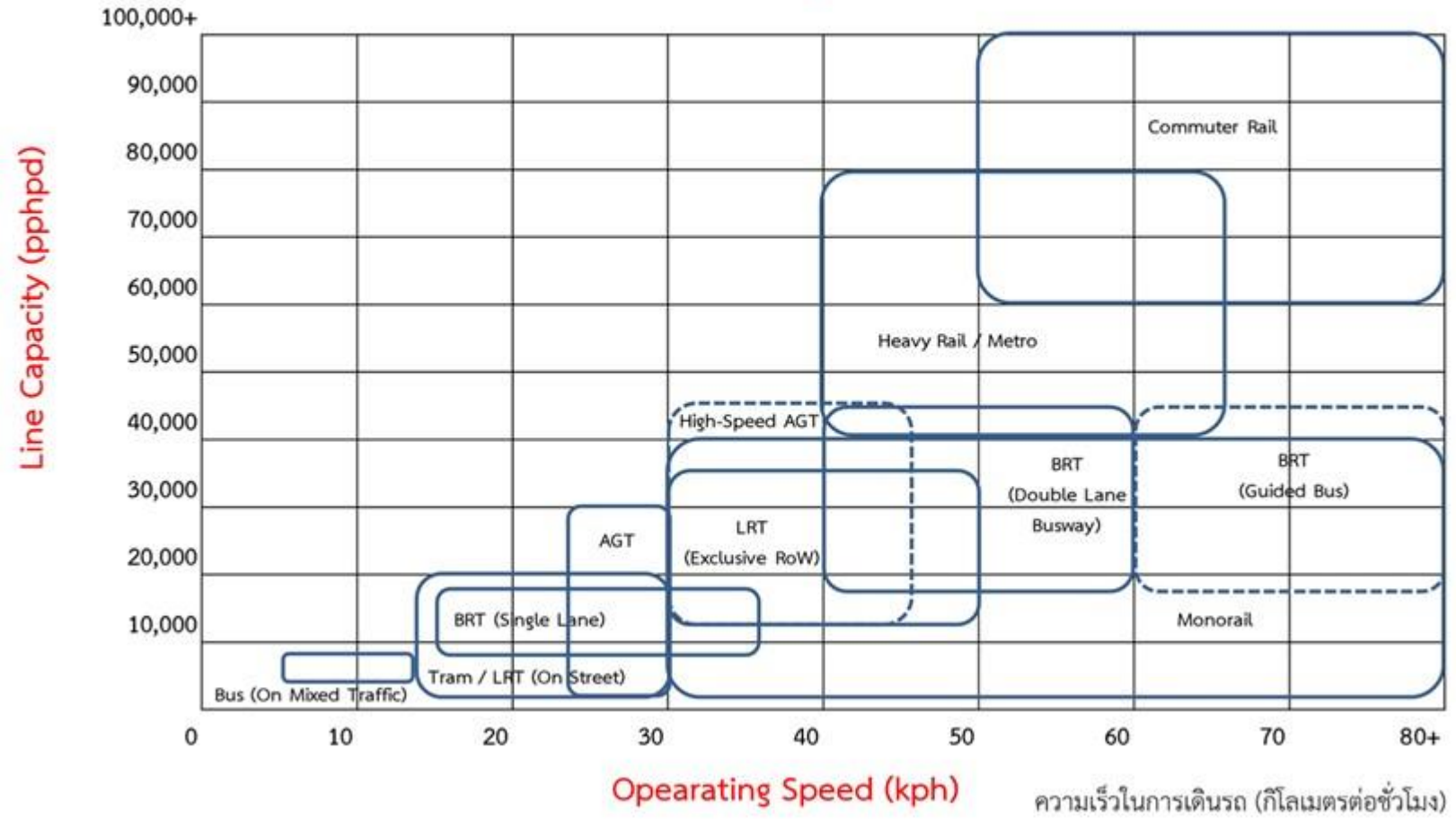
เงื่อนไข 2 จำนวนผู้โดยสาร → พิจารณาจากปริมาณผู้โดยสารในแต่ละช่วง จากการคาดการณ์โดยแบบจำลองการเดินทางที่จัดทำขึ้น

Source: Consultant

ขั้นตอนการคัดเลือกระบบ

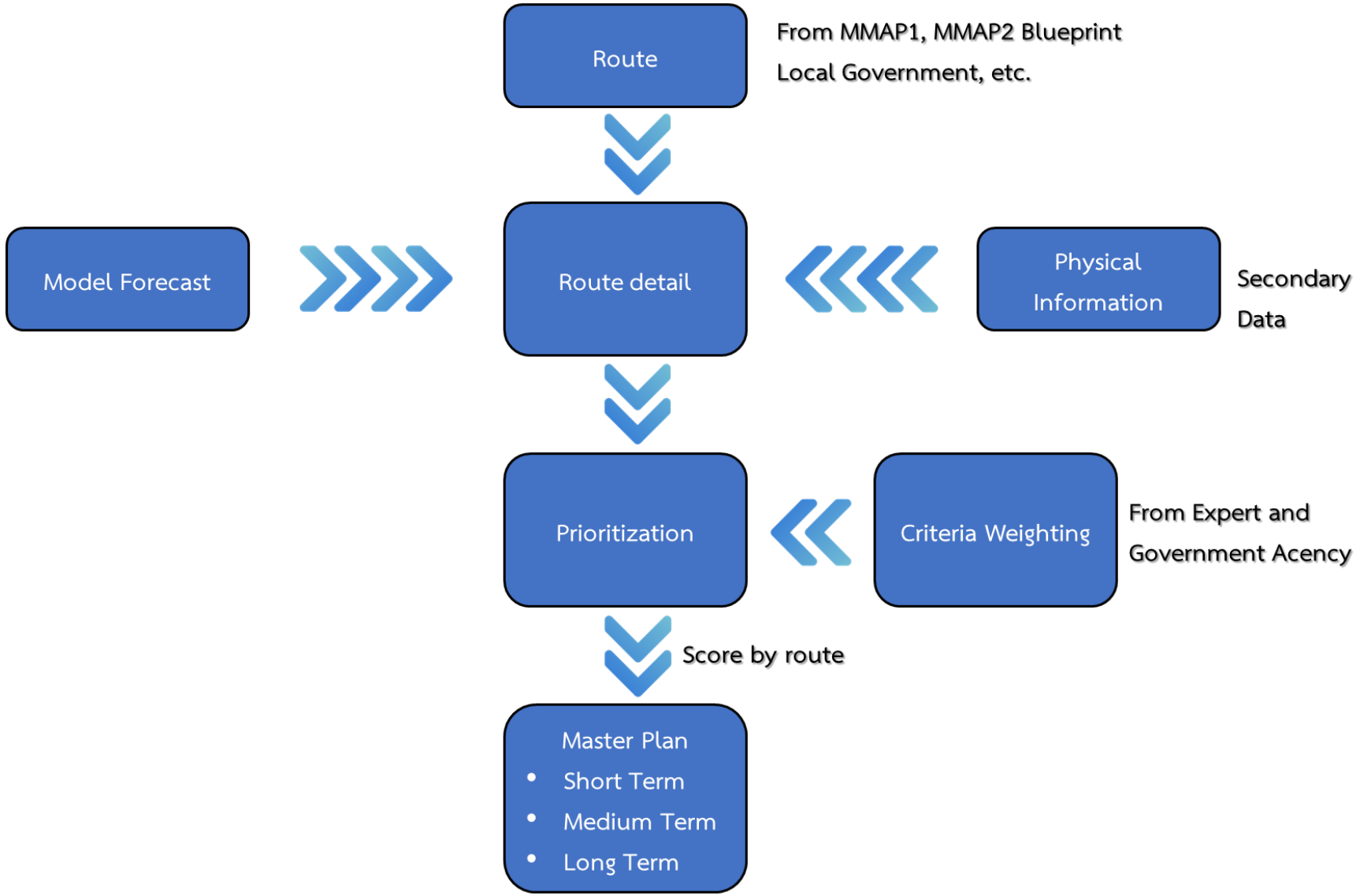
ความจุสูงสุดในชั่วโมงเร่งด่วน
(ผู้โดยสารต่อชั่วโมงต่อทิศทาง)

Source: Sirikijpanichkul, A. (2021) 01203475 Urban Mass Transportation Planning. Kasetsart University



การวางแผนเพื่อพัฒนาโครงข่าย M-MAP2

การจัดลำดับความสำคัญ


Route
From MMAP1, MMAP2 Blueprint
Local Government, etc.
Model Forecast
Route detail
Physical Information
Secondary Data
Prioritization
Criteria Weighting
From Expert and Government Acency
Score by route
Master Plan
Short Term
Medium Term
Long Term

Prioritization Methods

A Early Period

Multi-Criteria Analysis (MCA)

A1 Cost Effectiveness Analysis (CEA)

$$\text{CE ratio} = \frac{\text{cost}_{\text{new strategy}} - \text{cost}_{\text{current practice}}}{\text{effect}_{\text{new strategy}} - \text{effect}_{\text{current practice}}}$$

For years, the most common form of evaluation in transport related decisions was Cost Effectiveness Analysis (CEA)

(Department for Communities and Local Government, 2009).

Prioritization Methods

Early Period

A Multi-Criteria Analysis (MCA)

A2 Cost Benefit Analysis (CBA)

Also widely used (still), mainly in transport and health and safety decision-making, is Cost Benefit Analysis (CBA), which is based on the calculation of the total cost of the examined project, policy or measure on one hand and benefits on the other.

(Department for Communities and Local Government, 2009).

$$\text{Benefit-Cost Ratio} = \frac{\text{PV of Benefit Expected from the Project}}{\text{PV of the Cost of the Project}}$$

Drawbacks of MCA

- The difficulty to objectively and adequately value all the costs and impacts of the examined alternatives in monetary terms. Some impacts which, due to their nature (such as deaths or injuries saved by a safety improvement), cannot objectively be quantified in monetary terms.
- Relevant data may not be available, or it may be too expensive to collect.
- Disagreements among the different involved actors about the scope of the project, the procedure to be followed, the objectives or the relative importance of the criteria. (Basbas and Makridakis, 2007)

Yannis et al. (2020)

Prioritization Methods

Trending

B

Multi-Criteria Decision-Making (MCDM) or Multiple-Criteria Decision Analysis (MCDA)

A sub-discipline of Operations Research that explicitly considers Multiple Criteria, both Quantitative and Qualitative, in decision-making between several solutions (Yannis et al., 2020). The aim of any MCDM technique used in transport sector is to provide help and guidance to the decision-maker to discover his/her most desired solution to the problem, which best achieves his/her goals (Stewart, 1992).

Benefits of MCDM / MCDA

+ Better-considered, justifiable, explainable and transparent decisions, since it allows the often conflicting and contradictory views to be addressed simultaneously and transparently.
+ Organize, manage and in many ways simplify the immense amount of technical information and data, which is often available in transport sector problems.
+ The process can be fully controlled: Scores and Weights are given based on established techniques, the values may also be cross-referenced to other sources of information and the possibility for modifications at a further stage is given, if it is felt that the decision model, the options considered, or the data provided are not adequate (Flexible / Modifiable).

(Basbas and Makridakis, 2007; Ha et al., 2019; Tripathyet al., 2019; Wang et al., 2019)

Prioritization Methods

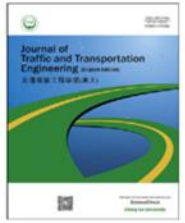
MCDA in Transport Sectors

JOURNAL OF TRAFFIC AND TRANSPORTATION ENGINEERING (ENGLISH EDITION) 2020; 7 (4): 413–431

Available online at www.sciencedirect.com

ScienceDirect

journal homepage: www.keaipublishing.com/jtte



Review Article

State-of-the-art review on multi-criteria decision-making in the transport sector

George Yannis [a,*], *Angeliki Kopsacheili* [b], *Anastasios Dragomanovits* [a], *Virginia Petraki* [a]

[a] Department of Transportation Planning and Engineering, National Technical University of Athens, Zografou 15773, Greece
[b] Attiko Metro S.A., Athens 11525, Greece

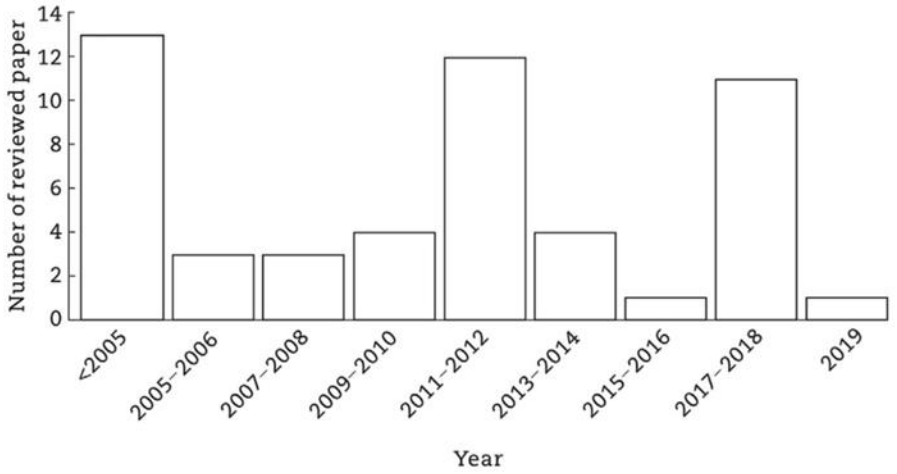


Fig. 1 – Reviewed papers per year of publication.

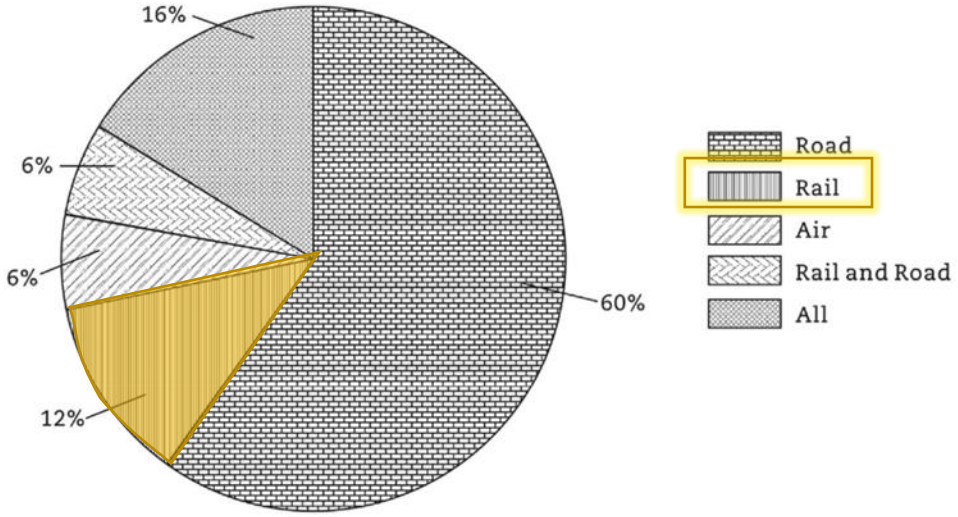


Fig. 2 – Reviewed papers per transport sector.

Prioritization Methods

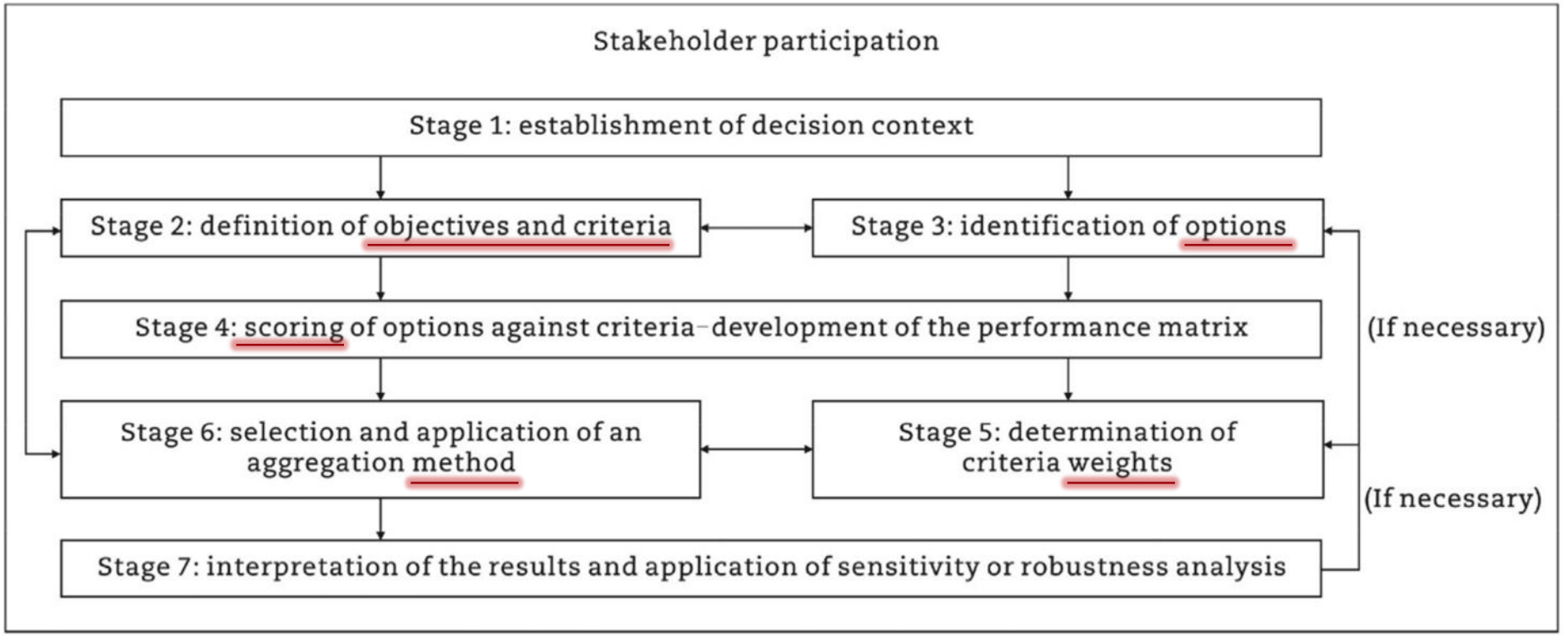


Fig. 3 – Typical procedure of MCDM in the transport sector.

Yannis et al. (2020)

Prioritization Methods

Classification of MCDM Methods in Transport Sectors based on

Set of Options

- Discrete / Finite
- Continuous / Infinite

Yannis et al. (2020)

Prioritization Methods

Classification of MCDM Methods in Transport Sectors based on

Form of Solutions

- Ranking (The most common form in transport sector problems) (such as SAW, MAUT/MAVT, etc.) provide a total performance score for each option, comparable between options, and therefore a degree of “how much better is one option from another”.

- Pairwise comparisons between options (such as AHP or outranking methods - ELECTRE, PROMETHEE, etc.) and a ranking of all options can be obtained indirectly by successive comparisons between every pair of options.

Yannis et al. (2020)

Prioritization Methods

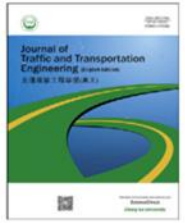
MCDA in Transport Sectors

JOURNAL OF TRAFFIC AND TRANSPORTATION ENGINEERING (ENGLISH EDITION) 2020; 7 (4): 413–431

Available online at www.sciencedirect.com

ScienceDirect

journal homepage: www.keaipublishing.com/jtte



Review Article

State-of-the-art review on multi-criteria decision-making in the transport sector

George Yannis [a,*], *Angeliki Kopsacheili* [b], *Anastasios Dragomanovits* [a], *Virginia Petraki* [a]

[a] *Department of Transportation Planning and Engineering, National Technical University of Athens, Zografou 15773, Greece*
[b] *Attiko Metro S.A., Athens 11525, Greece*

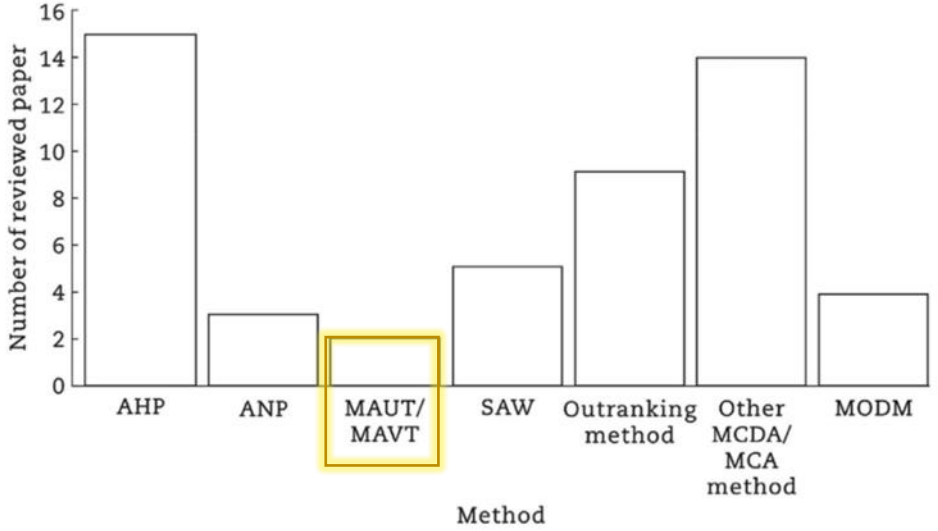


Fig. 4 – Reviewed papers per MCDM method.

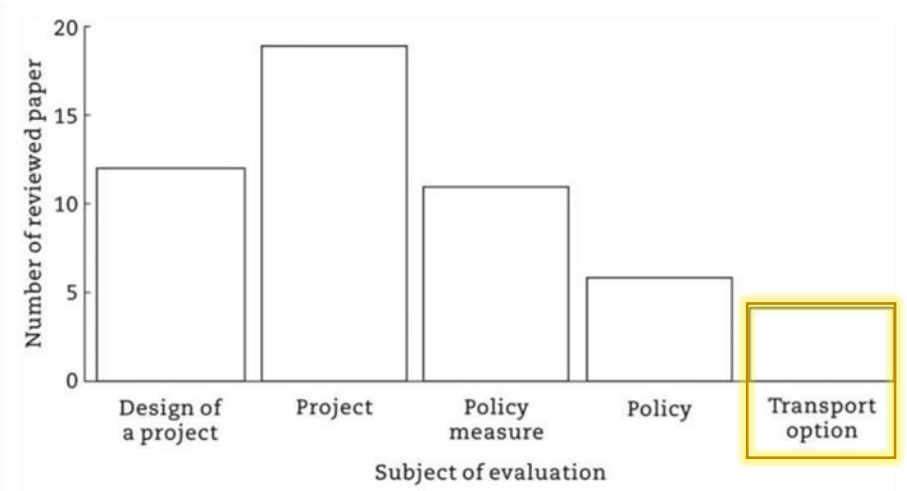


Fig. 5 – Reviewed papers per subject of evaluation in the transport sector.

Prioritization Methods

Table 1 – Suitability of MCDM techniques for transport sector applications.

MCDM technique	Transport sector application		
	Pros	Cons	Applicability
AHP and similar methods	• Easy/simple to use • Scalable • Hierarchy structure can easily adjust to fit many sized problems • Not data intensive	• Cannot handle interdependence between criteria and alternatives • Can lead to inconsistencies between judgment and criteria rank reversal	Suitable for transport problems that can be solved by pairwise comparisons (i.e., when optimization is not pursued, resources are not restricted, and interdependencies do not exist)
ANP	• General approach for any kind of problem • Precise definitions/detailed structure • Allows for complex interactions and feedback among decision levels	• Many questions to be answered • Network not always clear • Time consuming in large problems • Might need specific software to work well	Suitable for more complicated transport problems (with interdependencies among criteria and/or alternatives)
SAW	• Ability to compensate among criteria • Intuitive to decision-makers • Calculation is simple	• Estimates revealed do not always reflect the real situation • Results obtained may not be logical	Suitable when criteria are mutually preference independent
MAUT/MAVT	• Takes uncertainty into account • Can incorporate preferences	• Data consuming • Preferences need to be precise (stronger assumptions required)	• Suitable for transport problems with a significant level of uncertainty • Can handle problems with mixed type of data (quantitative and qualitative data)
Outranking methods (ELECTRE, PROMETHEE, REGIME, etc.)	• Ability to deal with uncertainty, imprecision and ill-determined data • Allow the introduction of new criteria or alternatives at any time during the analysis or the adjustment of the values of their thresholds	• Process and outcomes not always easy/clear to decision-maker • Do not provide a clear method by which to assign weights—not suitable for inexperienced decision-makers	• Suitable for transport decision-making problems under conflicting criteria • Best when encountering few criteria and a large number of alternatives, because it offers a clearer view of the alternatives by eliminating the less favorable ones

Yannis et al. (2020)

Prioritization Methods

Table A1 – (continued)

Category of method	Author	Year	Context/application	Transport sector	Subject of evaluation					MCDM method	Form of data		Criteria							
					Design of a project	Project	Policy measure	Policy	Transport option		Quantitative	Qualitative	Logistics/ technical	Economic	Environ- mental	Time	Social	Safety	Land use	Other
			policies																	
MAUT/MAVT and SAW	Zietsman et al.	2006	Decision on widening of freeways in Tshwane, South Africa and Houston, Texas	Road		×				MAUT	×			×	×			×		×
	Ensor	2003	Road pricing strategies for the Kuala Lumbur metropolitan area	Road			×			RPDAT software (based on SAW)	×	×			×	×	×		×	×
	Guhnemann et al.	2011	Projects for the national secondary road network in Ireland	Road		×				SAW in conjunction with CBA for scoring	×	×	×	×	×			×	×	×
	Tsamboulas and Mikroudis	2000	Agios Konstantinos-Kamena Vourla section of PATHE motorway in Greece	Road	×					SAW and CBA (named "EFECT")	×	×		×	×					
	Zia et al.	2012	Metropolitan transportation planning scenarios in Chittenden County, Vermont	Road				×		Participatory SAW	×			×		×	×		×	
	Deshmukh et al.	2018	Impact of ride-sharing on growth of US vehicle fleet size	Road				×		MAUT	×		×			×	×			×
	Kanugantia et al.	2017	Quantification of road safety in India	Road				×		SAW, AHP and fuzzy AHP	×	×	×							

Yannis et al. (2020)

Centroid Weights in Additive Multi-criteria Decision Analysis

Surrogate – meaning substitute – weights are often used in **Multi-Criteria (or Multi-Attribute) Decision Analysis** when only incomplete, purely ordinal information about the relative importance of the weights is available, often expressed as a ranking. Using surrogate weights thus means substituting default values to the weights.

Table 1. Properties of four ordinal surrogate weights: formulas and links with simplex centroid when assuming uniform weight-vector distributions.

Surrogate technique	Simplex (rescaled for normalising EW&RS)	Surrogate formula	= Centroid vector?
Rank-Sum (RS)	$2/n \geq w_1 \geq \cdots \geq w_n \geq 0$	$W_i = 2(n+1-i)/n(n+1)$	Yes
Rank Order Centroid (ROC)	$1 \geq w_1 \geq \cdots \geq w_n \geq 0$; $\sum_{i=1}^{n} w_i = 1$	$W_i = 1/n \sum_{j=i}^{n} 1/j$	Yes
Equal Weights (EW)	$2/n \geq w_i \geq 0$	$W_i = 1/n$	Yes
Reciprocal of the weights (RR)	Same as ROC	$W_i = 1/i / \sum_{j=1}^{n} 1/j$	No

Table 2. Simulation of Kendall's tau for three different simplexes and four surrogate-weights methodologies. The best performances are indicated in bold.

Ordinal Surrogate	Not-normalised ranked			Normalised ranked			Not-normalised Not-ranked		
	MAX	MEAN	MIN	MAX	MEAN	MIN	MAX	MEAN	MIN
RS	**0.93**	**0.89**	**0.86**	0.84	0.80	0.77	0.66	0.58	0.54
ROC	0.86	0.80	0.76	**0.89**	**0.87**	**0.85**	0.58	0.49	0.43
EW	0.73	0.68	0.65	0.67	0.57	0.52	**0.74**	**0.69**	**0.66**
RR	*0.87*	*0.74*	*0.62*	*0.85*	*0.82*	*0.78*	*0.64*	*0.48*	*0.39*

Kunsch and Ishizaka (2019)

Real-world Practices

การรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนแห่งประเทศไทย
Mass Rapid Transit Authority of Thailand

ELSEVIER

Transportation Research Procedia
Volume 25, 2017, Pages 3736-3755

A multi-actor multi-criteria transit system selection model: A case study of Bangkok feeder system

Ackchai Sirikijpanichkul [a], Sarintorn Winyoopadit [b], Anchalee Jenpanitsub [c]

Show more

+ Add to Mendeley Share Cite

https://doi.org/10.1016/j.trpro.2017.05.228

Get rights and content

Under a Creative Commons license

Open access

Real-world Practices

การรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนแห่งประเทศไทย
Mass Rapid Transit Authority of Thailand

Table 7. Rank-order centroid (ROC) weights of decision factors under each decision criteria.

Decision criteria	Stakeholder	Decision factor	Priority	ROC Factor weight
1 Engineering	Designers and developers	1.1 Difficulty in construction	2	0.278
		1.2 Difficulty in utility relocation	3	0.111
		1.3 Flexibility in network expansion	1	0.611
2 Economic & financial	Financial institutes	2.1 Capital cost	1	0.750
		2.2 Operating & maintenance cost	2	0.250
3 Environmental	Communities	3.1 Air pollution	4	0.109
		3.2 Noise pollution	5	0.073
		3.3 Aesthetic impact	6	0.044
		3.4 Traffic impact	1	0.370
		3.5 Land acquisition	2	0.228
		3.6 Traffic safety	3	0.156
		3.7 Impact on other transit operators	7	0.020
4 Service	Operators and users	4.1 Effective capacity	1	0.293
		4.2 Distance between station	7	0.048
		4.3 Headway	8	0.034
		4.4 Convenience of access and transfer	6	0.065
		4.5 Equity	5	0.085
		4.6 Reliability	4	0.110
		4.7 Availability of spare parts	10	0.010
		4.8 Flexibility in operation plans	9	0.021
		4.9 Riding comfort & safety	2	0.193
		4.10 Evacuation readiness	3	0.143

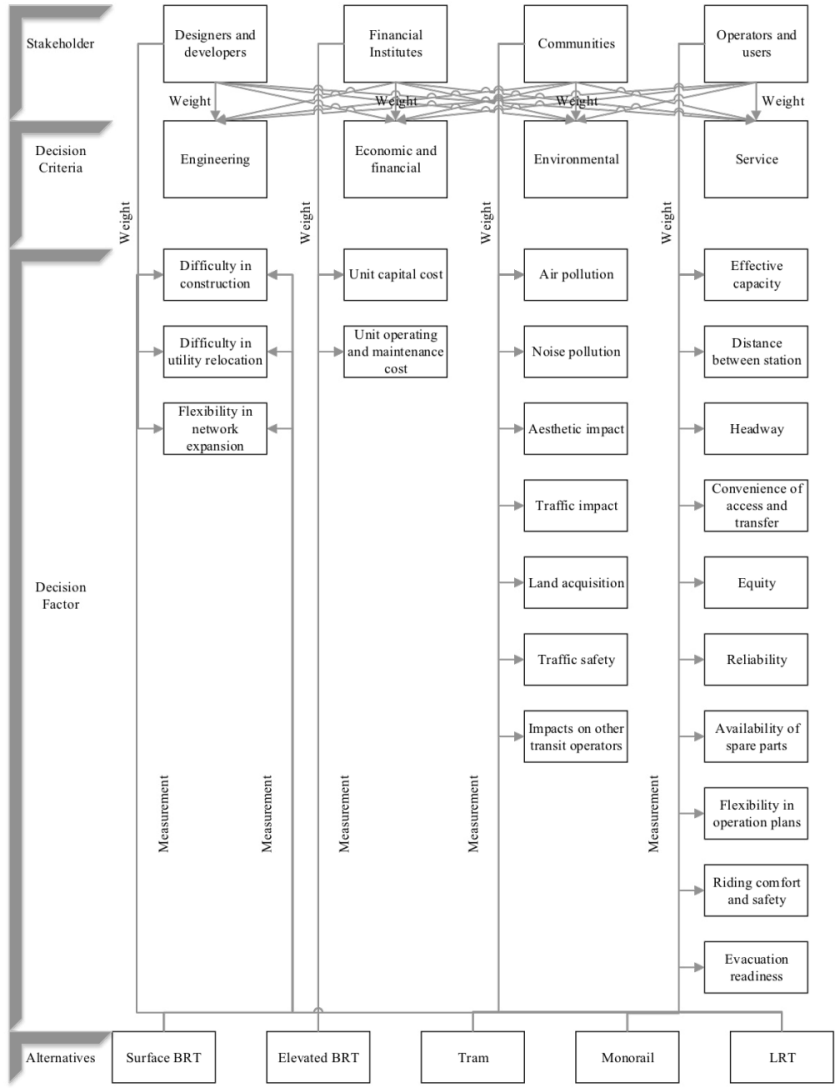


Fig. 3. Decision analysis process.

Real-world Practices

การรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนแห่งประเทศไทย
Mass Rapid Transit Authority of Thailand

Table 8. Weighted score of transit system alternative by decision criteria.

Decision criteria	Decision factor	ROC factor weight	Normalized score of decision factor by transit system alternative				
			Surface BRT	Elevated BRT	Tram	Monorail	Elevated LRT
1 Engineering	1.1 Difficulty in construction	0.278	0.67	0	1	0.33	0
	1.2 Difficulty in utility relocation	0.111	1	0	1	0	0
	1.3 Flexibility in network expansion	0.611	1	0	1	0.33	0
	Weighted score of engineering criteria		0.908	0	1	0.296	0
2 Economic & financial	2.1 Capital cost	0.750	1	0.76	0.59	0	0.12
	2.2 Operating & maintenance cost	0.250	0.95	0.65	1	0	0.33
	Weighted score of economic & financial criteria		0.988	0.735	0.691	0	0.170
3 Environmental	3.1 Air pollution	0.109	0	0.25	0.75	1	1
	3.2 Noise pollution	0.073	0	0.25	0.5	1	0.75
	3.3 Aesthetic impact	0.044	0.75	0	1	0.25	0
	3.4 Traffic impact	0.370	0	0.75	0.5	1	0.75
	3.5 Land acquisition	0.228	0	1	0	1	0.67
	3.6 Traffic safety	0.156	0	1	0	1	1
	3.7 Impact on other transit operators	0.020	0	1	0	1	1
	Weighted score of environmental criteria		0.033	0.727	0.347	0.967	0.769
4 Service	4.1 Effective capacity	0.293	0.25	0.78	0	0.92	1
	4.2 Distance between station	0.048	0.4	0	1	0	0.15
	4.3 Headway	0.034	0	1	1	1	1
	4.4 Convenience of access and transfer	0.065	0	1	0	1	1
	4.5 Equity	0.085	1	0.33	1	0	0
	4.6 Reliability	0.110	0.5	1	0	1	1
	4.7 Availability of spare parts	0.010	1	1	0.5	0	0
	4.8 Flexibility in operation plans	0.021	1	1	1	0.33	0
	4.9 Riding comfort & safety	0.193	0	0.33	0.33	1	1
	4.10 Evacuation readiness	0.143	1	1	1	0	0.33
	Weighted score of service criteria		0.406	0.703	0.399	0.678	0.748

Table 10. Weight normalized score and ROC criteria weight of decision criteria by stakeholder and transit system alternative

Decision criteria	Weighted normalized score					ROC criteria weight			
	Surface BRT	Elevated BRT	Tram	Monorail	LRT	Designers and developers	Financial institutes	Communities	Operators and users
1 Engineering	0.908	0.000	1.000	0.296	0.000	0.521	0.271	0.146	0.063
2 Economic & financial	0.988	0.735	0.691	0.000	0.170	0.063	0.521	0.063	0.271
3 Environmental	0.033	0.727	0.347	0.967	0.769	0.146	0.063	0.521	0.146
4 Service	0.406	0.703	0.399	0.678	0.748	0.271	0.146	0.271	0.521

Table 11. Final weighted score by stakeholder and transit system alternative

Transit system alternative	Stakeholder							
	Designers and developers		Financial institutes		Communities		Operators and users	
	Final weighted score	Rank order	Final weighted score	Rank order	Final weighted score	Rank order	Final weighted score	Rank order
Surface BRT	0.6501	2	0.8219	1	0.3220	5	0.5410	3
Elevated BRT	0.3430	4	0.5315	3	0.6157	2	0.6717	1
Tram	0.7235	1	0.7113	2	0.4787	4	0.5091	5
Monorail	0.4791	3	0.2401	5	0.7307	1	0.5130	4
Elevated LRT	0.3258	5	0.2463	4	0.6142	3	0.5482	2

Real-world Practices

การเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารโครงการย่อยของทางหลวง

Performance Enhancement of Highway Subproject Management

วิทยา ศรีสมบูรณ์[1] นรงค์ฤทธิ์ ว่องไว[2,*] ศุภวุฒิ มาลัยกฤษณะชลี[3] และ โสภณ วีระวัลยนิ่งยง[4]

[1]คณะวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร เชียงเครือ เมืองสกลนคร สกลนคร 47000

[2]คณะวิศวกรรมศาสตร์ศรีราชา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา ทุ่งสุขลา ศรีราชา ชลบุรี 20230

[3]คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ลาดยาว จตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900

[4]สำนักแผนงาน กรมทางหลวง ทุ่งพญาไท ราชเทวี กรุงเทพมหานคร 10400

Wittaya Srisomboon[1] Narongrit Wongwai[2,*], Suphawut Malaikrisanachalee[3] and Sopon Weravattanayingyong[4]

[1]Faculty of Science and Engineering, Kasetsart University Chalermphrakiat Sakon Nakhon Province Campus, Chiang Khruea, Mueang Sakon Nakhon, Sakon Nakhon, 47000, Thailand

[2]Faculty of Engineering at Sriracha, Kasetsart University Sriracha Campus, Thung Sukhla, Sriracha, Chonburi, 20230, Thailand.

[3]Faculty of Engineering, Kasetsart University, Lat Yao, Chatuchak, Bangkok, 10900, Thailand

[4]Bureau of Planning, Department of Highways, Thung Phaya Thai, Ratchathewi, Bangkok, 10400, Thailand

***Corresponding Author E-mail:** narongrit@eng.src.ku.ac.th

Received: Aug 19,2021; **Revised:** Aug 30, 2021; **Accepted:** Aug 30, 2021

บทคัดย่อ

โครงการย่อยของทางหลวงมีกิจกรรมก่อสร้างหลายประเภททำให้เกิดความยุ่งยากในการพิจารณาจัดสรรงบประมาณ ปัจจุบันเกณฑ์จัดลำดับความสำคัญโครงการยังคงต้องปรับปรุงให้สอดคล้องตามหลักเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมเพื่อให้การจัดสรรงบประมาณตอบสนองกับความต้องการของประชาชนอย่างแท้จริง งานวิจัยนี้ประยุกต์การวิเคราะห์การตัดสินใจแบบพหุเกณฑ์สำหรับพัฒนาการจัดลำดับความสำคัญของโครงการเพื่อวิเคราะห์แผนงานโครงการย่อยระยะ 10 ปี เกณฑ์/ปัจจัยตัดสินใจถูกกำหนดให้สอดคล้องกับยุทธศาสตร์กระทรวงและหน่วยงาน ยุทธศาสตร์เชิงพื้นที่ และยุทธศาสตร์เฉพาะของรัฐบาล น้ำหนักความสำคัญของแต่ละเกณฑ์/ปัจจัยตัดสินใจถูกคำนวณด้วยหลักการจัดลำดับค่าน้ำหนักศูนย์กลาง ระบบฐานข้อมูลและเว็บแอพพลิเคชั่นถูกพัฒนาขึ้นสำหรับรวบรวมประเด็นปัญหาจากแขวงทางหลวงทั้ง 18 เขตทั่วประเทศและเชื่อมโยงข้อมูลจากฐานข้อมูลที่เกี่ยวข้องเพื่อวิเคราะห์ค่าคะแนนมาตรฐานด้วยวิธีการซ้อนทับของข้อมูลและทฤษฎีอรรถประโยชน์พหุลักษณ์ การจัดสรรงบประมาณประจำปีถูกพิจารณาตามคะแนนความสำคัญโดยการพิจารณาค่าเกณฑ์คะแนนและค่าเผื่อของคะแนน วิธีที่นำเสนอสามารถทำให้ประหยัดงบประมาณแผ่นดินได้สูงถึง 16,324 ล้านบาท (17%) เกิดประโยชน์ต่อประชาชน 199,975 ครัวเรือน พัฒนาศูนย์กลางชุมชน 4,503 แห่ง ปัญหาได้รับการแก้ไข 5,477 ปัญหา และพัฒนาเส้นทางยุทธศาสตร์ 2,890 เส้นทาง

คำสำคัญ: โครงการย่อยของทางหลวง, การวิเคราะห์การตัดสินใจแบบพหุเกณฑ์, การจัดลำดับความสำคัญ, เส้นทางยุทธศาสตร์

รูปที่ 1 กรอบยุทธศาสตร์ที่ดำเนินการศึกษา

$$u_{(j,k,p)} = \frac{1}{z}\sum_{s=p}^{z}\frac{1}{r_{(j,k,p,s)}} \quad (1)$$

$$v_{(j,k)} = \frac{1}{n}\sum_{h=k}^{n}\frac{1}{r_{(j,k,h)}} \quad (2)$$

$$u'_{(j,k,p)} = \frac{r_{(j,k,p,s)} - \min\{r_{(j,k,p,s)}\}}{\max\{r_{(j,k,p,s)}\} - \min\{r_{(j,k,p,s)}\}} \quad (3)$$

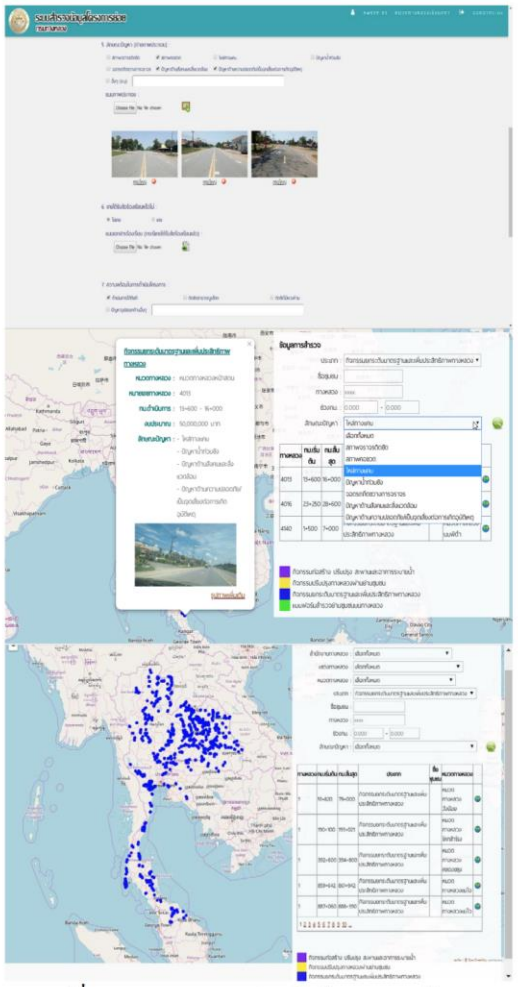
$$w_{(j)} = \frac{1}{m}\sum_{q=j}^{m}\frac{1}{r_{(j,q)}} \quad (4)$$

$$y_{(i,j,k,p)} = \frac{x_{(i,j,k,p)} - \min\{x_{(i,j,k,p)}\}}{\max\{x_{(i,j,k,p)}\} - \min\{x_{(i,j,k,p)}\}} \quad (5)$$

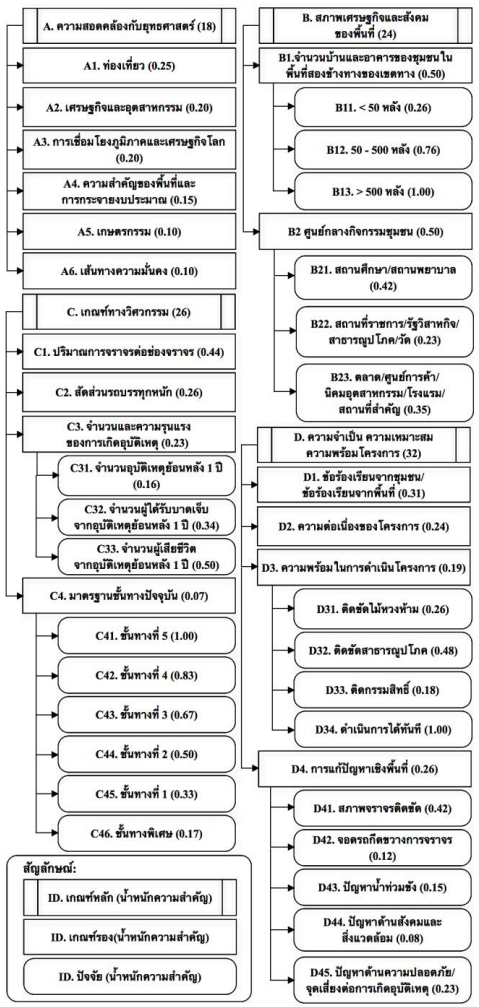
$$y'_{(i,j,k,p)} = \frac{\max\{x_{(i,j,k,p)}\} - x_{(i,j,k,p)}}{\max\{x_{(i,j,k,p)}\} - \min\{x_{(i,j,k,p)}\}} \quad (6)$$

$$S_{(i)} = \sum_{j=1}^{m} w_{(j)} \cdot \sum_{k=1}^{n} v_{(j,k)} \cdot \sum_{p=1}^{z}\left(u_{(j,k,p)} \cdot y_{(i,j,k,p)}\right) \quad (7)$$

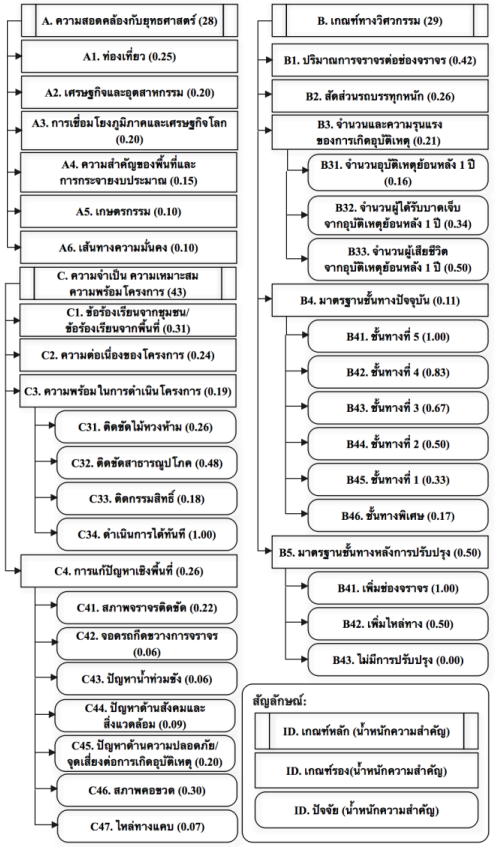
Real-world Practices



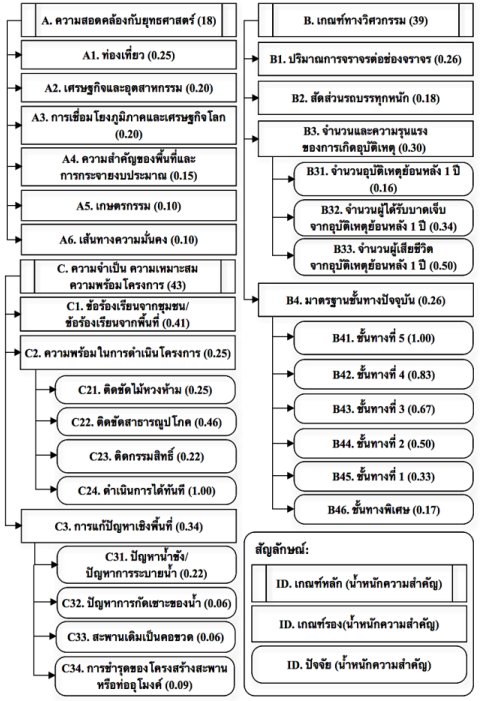
รูปที่ 4 ระบบสารสนเทศสำหรับเก็บรวมรวมข้อมูล



รูปที่ 6 เกณฑ์และน้ำหนักความสำคัญกิจกรรมประเภทที่ 1

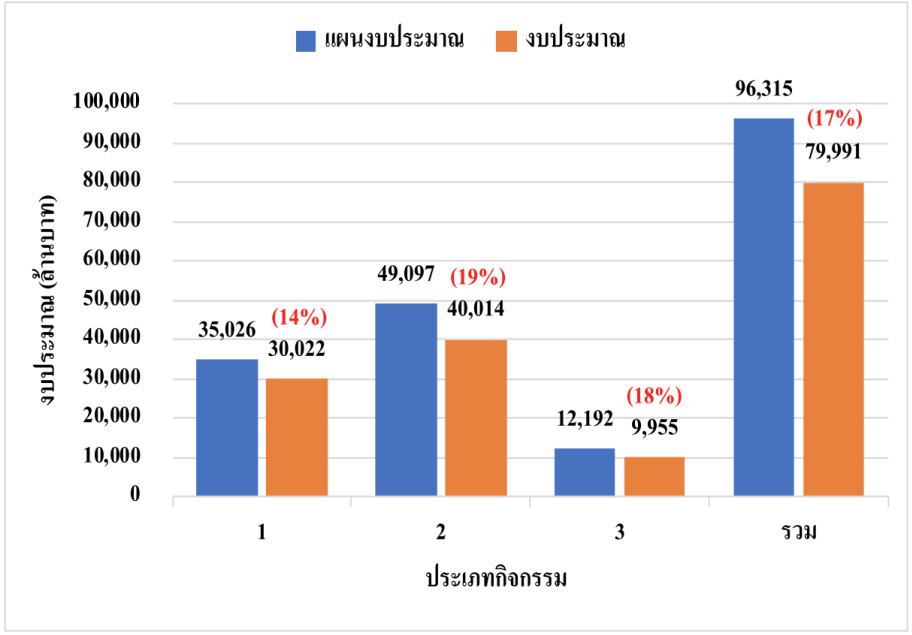


รูปที่ 7 เกณฑ์และน้ำหนักความสำคัญกิจกรรมประเภทที่ 2



รูปที่ 8 เกณฑ์และน้ำหนักความสำคัญกิจกรรมประเภทที่ 3

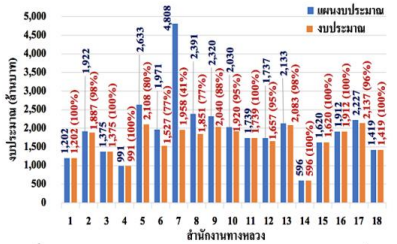
Real-world Practices



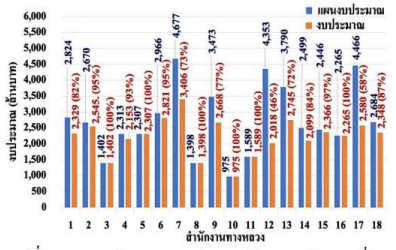
รูปที่ 17 แผนงบประมาณและงบประมาณระยะ 10 ปี

3.3.ผลการจัดทำแผนงานโครงการย่อยระยะ 10 ปี

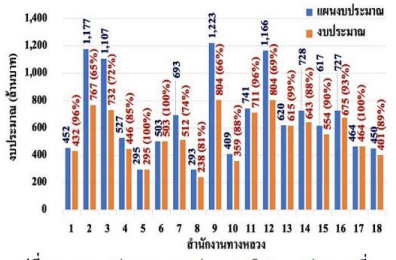
ผู้วิจัยได้วิเคราะห์และคำนวณตามแนวทางที่เสนอโดยเรียงลำดับแผนงานที่ได้คะแนนมากที่สุดไปหาน้อยที่สุด และแบ่งงบประมาณทั้งหมดของ 3 กิจกรรม ในแต่ละปีจำนวนเท่า ๆ กัน โดยอ้างอิงสถิติงบประมาณที่ได้รับของแต่ละกิจกรรมแสดงใน**รูปที่ 11–16**



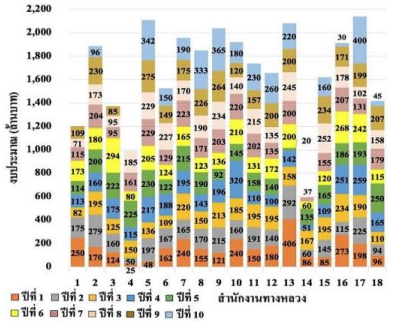
รูปที่ 11 แผนงบประมาณ/งบประมาณกิจกรรมประเภทที่ 1



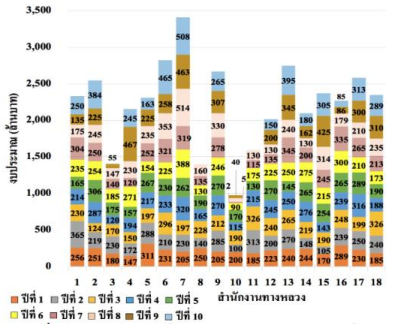
รูปที่ 12 แผนงบประมาณ/งบประมาณกิจกรรมประเภทที่ 2



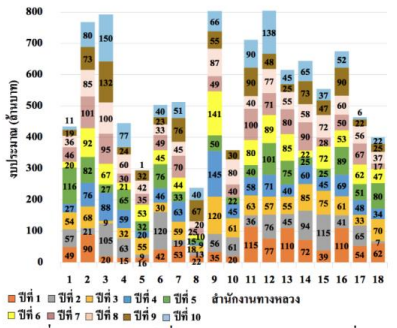
รูปที่ 13 แผนงบประมาณ/งบประมาณกิจกรรมประเภทที่ 3



รูปที่ 14 งบประมาณปีที่ 1–10 ของกิจกรรมประเภทที่ 1



รูปที่ 15 งบประมาณปีที่ 1–10 ของกิจกรรมประเภทที่ 2



รูปที่ 16 งบประมาณปีที่ 1–10 ของกิจกรรมประเภทที่ 3

Priority Process

MCDA Techniques + Weight + Scoring

- AHP
- MAUT
- Outranking
- etc.

Priority Factor

Factor	Score Analysis Guidelines
นโยบายด้านการวางแผน (Planning Policy)	Weighted Score of Measures (Capacity + Coverage + Connectivity + Intermodal and Accessibility)
ความพร้อมของโครงการ (Readiness)	สถานะโครงการในปัจจุบัน เห็นชอบในหลักการ อยู่ระหว่างการออกแบบรายละเอียดเบื้องต้น ผ่านการประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม เป็นต้น
ความยากง่ายในการดำเนินโครงการ (Ease of Implementation)	• มีเขตทางกว้างเพียงพอ • ต้องเวนคืนที่ดินเพิ่มเติม • การรื้อย้ายสาธารณูปโภค
ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ การเงิน และสังคม (Financial, Economic and Social Return)	• EIRR • FIRR
ผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม (Environment Impacts)	• แหล่งน้ำโดยรอบโครงการ (Number of surface water source intersections) • พื้นที่อ่อนไหว (Number of Sensitive Areas) เช่น สถาบันการศึกษา โรงพยาบาล โบราณสถานชุมชน ฯลฯ • จำนวนทางแยก • ปริมาณที่ดินและอาคารที่จะต้องถูกเวนคืน