



Transportation Planning & Traffic Engineering

โดย

ดร.พีรพล สิทธิวิจารณ์





Topics

- Concepts for Transport Planning and Traffic Engineering
- Transport & Traffic Data and Modeling
- Public and Non-motorized Transport





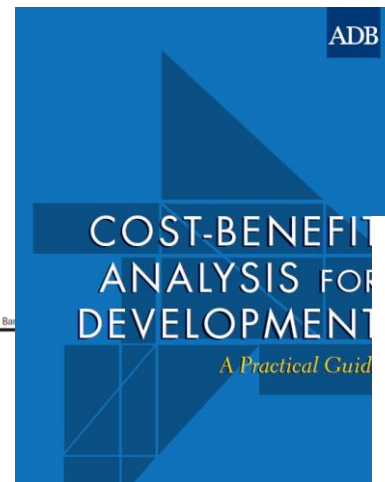
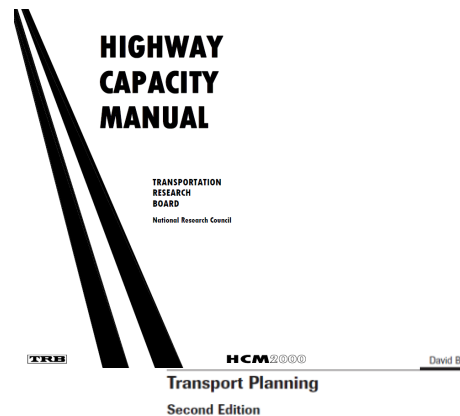
Concepts for Transport Planning and Traffic Engineering

TRANSPORTATION PLANNING HANDBOOK FOURTH EDITION

Institute of Transportation Engineers

Michael D. Meyer

WILEY

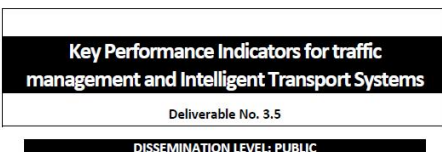


conduits

Imperial College
London

7th Framework Programme
Theme 7: TRANSPORT (including AERONAUTICS)
CONDUITS, Coordination Of Network Descriptors
for Urban Intelligent Transport Systems
Contract n° Z18636

I. Kaparias, M.G.H. Bell
conduits@imperial.ac.uk
Reviewed by:
M. Tomassini





Concepts for Transport Planning and Traffic Engineering

- Roles of Transport Planning
- Transportation Planning Processes
- Traffic Engineering
- Evaluation of Transportation Projects





Roles of Transport Planning

Properly serve travel demand and support economic and social growth

- Derived demand from economic and social activities
- However, transport infrastructure can also induce other activities and change land use pattern
- Travelling purposes e.g. working, education, recreation, goods delivering





Roles of Transport Planning

Balance between the positive and negative impacts of providing transportation

- Positive effects e.g. accessibility, land value creation, convenience
- Negative effects e.g. accidents, pollution (CO, No_x, PM), noise and vibration, stress and anxiety, severance, loss of land

Demand management	Access control measures; traffic calming measures; park-and-ride
Promotion of green modes and public transport	Bus only roads and routes; cycle routes, pedestrian priority; hybrid and electric vehicles.
Area based strategies	Clear zones and areas – only accessible to clean vehicles and green modes (cycle and walk); pedestrian friendly zones; car free housing; home zones





Roles of Transport Planning

Equity, fairness and justice (EFJ)

- Ensure a fair distribution of resources according to clearly established political priorities and that this distribution allows all people to gain access to the facilities which they need

	Equalization of outcomes	Equalization of opportunity
Horizontal equity – Formal equity	Service distribution according to demand Service provided according to commercial criteria Market based with no subsidy	Equality in service distribution Service provided to all communities at a similar level Standards or minimum levels of service
Vertical equity – Substantive equity	Service distribution according to need Travel concessions for elderly, young, disabled and other need groups Subsidy provided to the user	Positive discrimination for particular disadvantaged groups Special services Subsidy provided to the service



Roles of Transport Planning

Funding of transport investment

- All by public funding

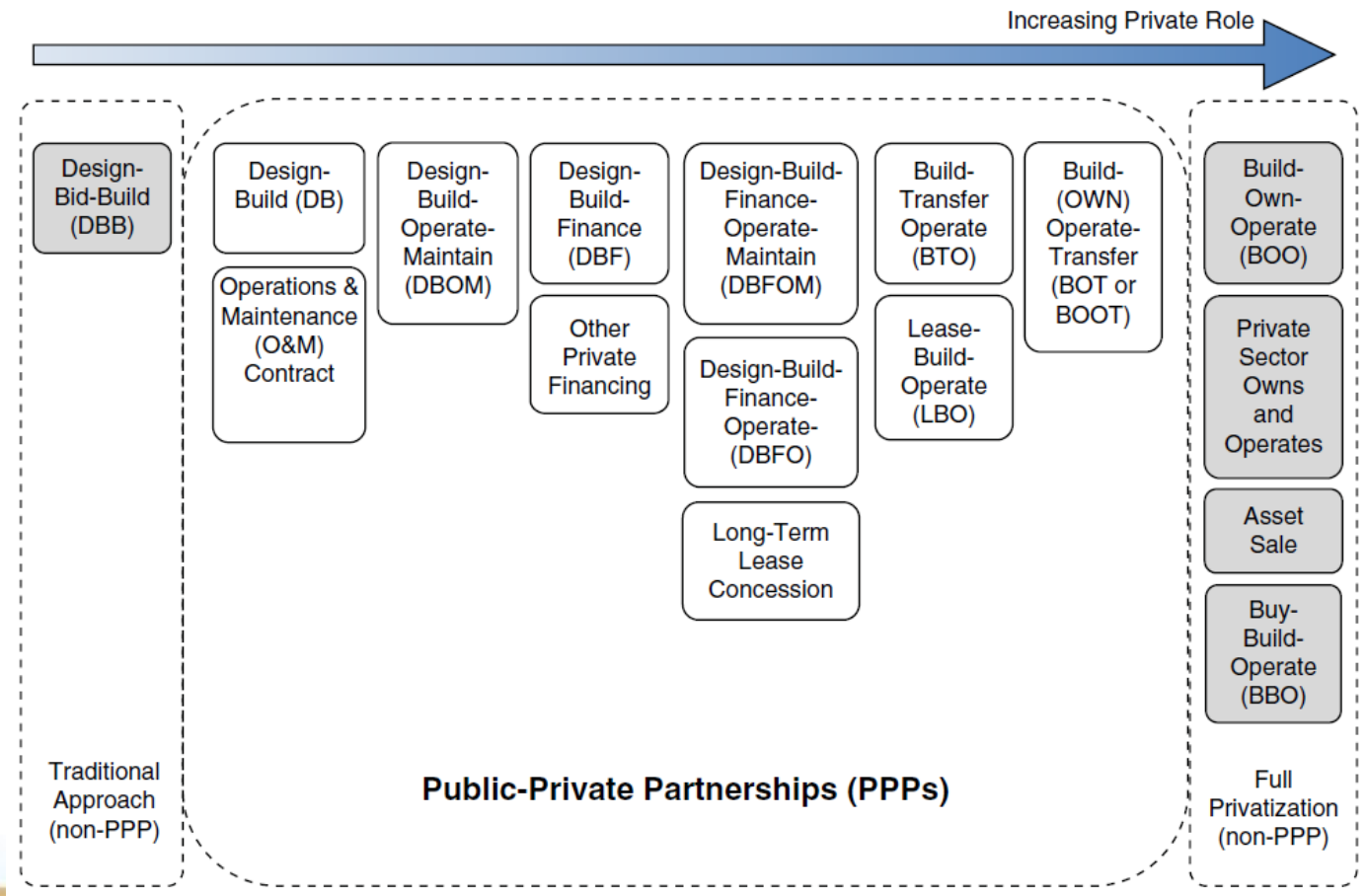
-
- 1 Long periods between the start of the investment and financial returns to investors – negative cash flows during both the construction and initial operating phases (5–10 years).
 - 2 Irreversibility of the investment, often involving substantial sunk costs – it is costly to withdraw from a project once it has been started.
 - 3 Financial returns do not flow until the whole infrastructure is completed.
 - 4 Political influences are still manifest in the production of transport goods and services – uncertainty increased through delays from political, legislative or environmental interventions.
 - 5 Long amortization periods in transport projects when loan repayments are required over a much shorter period – the life span of many transport projects range from 20 to over 100 years.
-



Roles of Transport Planning

Funding of transport investment

- Joint between public and private

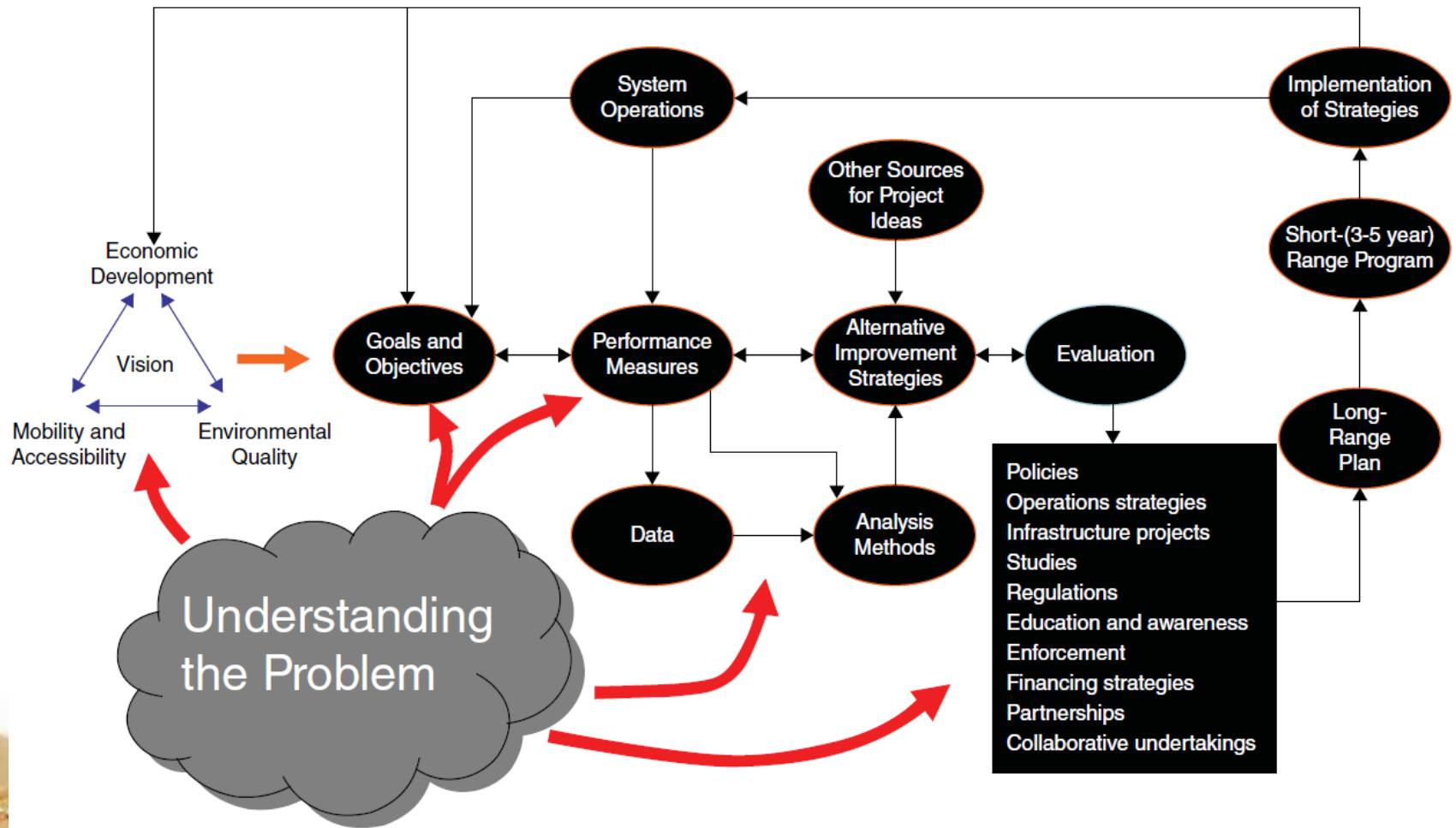




Transportation Planning Processes

- Starts with understanding the problems/requirements and ending with proper solutions

Transportation Planning Handbook, ITE, 2016





Transportation Planning Processes

- Understanding of the socio-demographic, land-use, and economic context within which a transportation system operates. This is followed by becoming aware of the problems, challenges, opportunities, and deficiencies of transportation system performance
- Developing a study area vision. Interaction among desired states of economic prosperity, environmental quality, and social equity/ community quality of life.
- Defining goals and objectives that provide overall direction to the planning process. Not only help define the purposes of the planning process, but can also help evaluating different transportation system options and alternatives.





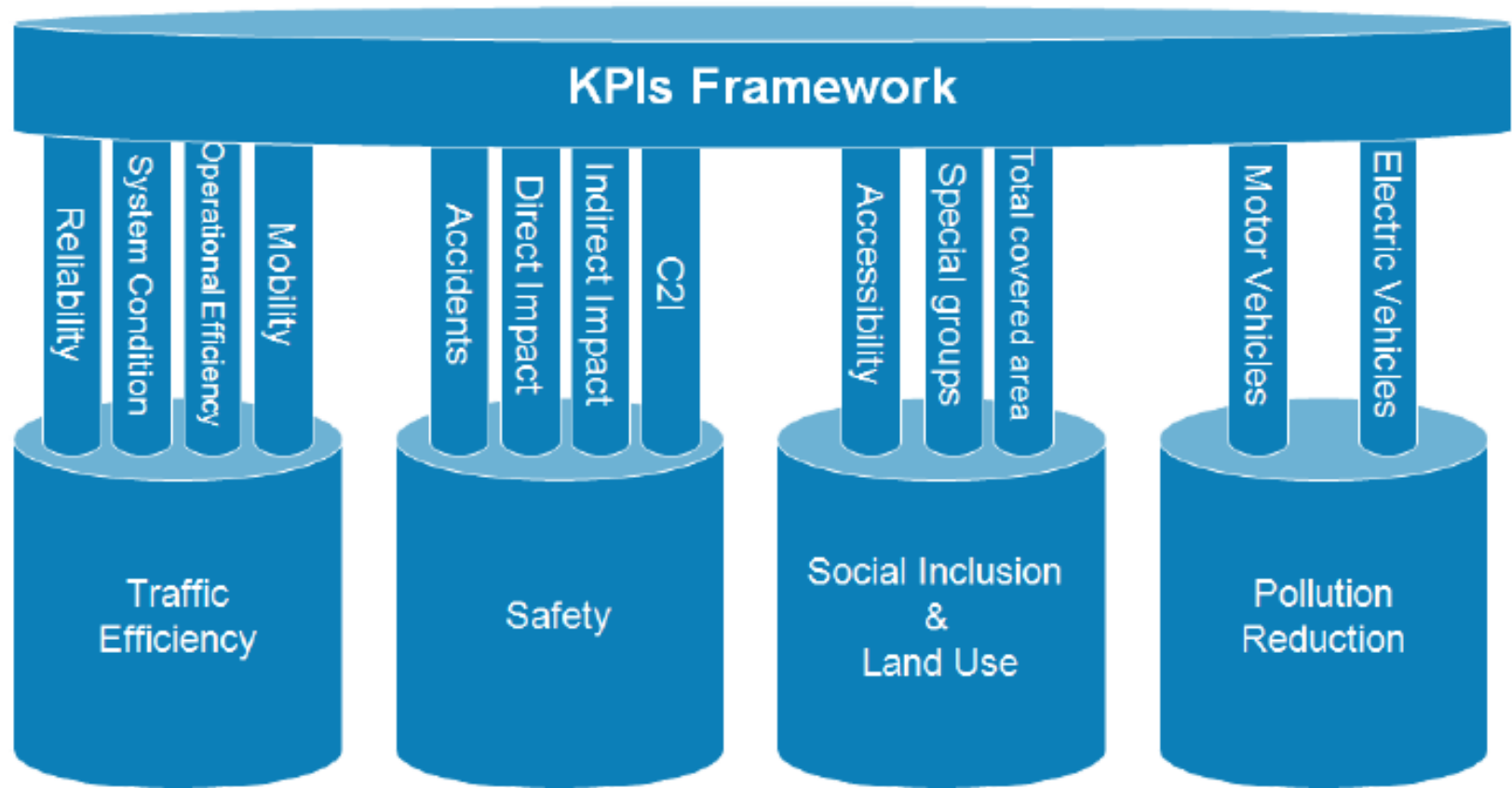
Transportation Planning Processes

- Identification of system performance measures. Using measures to monitor the performance of the transportation system based on goals and objectives





Sustainable Transport Performance Indicators



Kaparias et al. (2011), Key performance indicators for traffic management and intelligent transport systems



Traffic Efficiency

Ability/how fast for people to move from an origin to a destination via different modes

Mobility

how easy/accurate for people to perform their trips

Reliability

how well to organize resources to produce an acceptable level of transportation

**Operational
Efficiency**

how good physical condition of the transport infrastructure and equipment

**Physical
condition**



Traffic Efficiency

Mobility

- avg. speed (KMs/hr) สำหรับรถส่วนบุคคลในพื้นที่/บนถนนสายหลัก
- avg. total travel time (in-transit, waiting time, transfer time) for public transport ต่อเส้นทางบริการหรือระหว่างจุดต้นทาง-ปลายทางหลัก
- public transport supply (capacity-kilometers)
- average distance/time between transfer of PT (KMs/mins)
- total number of lane-kilometers of roads
- % utilization of each mode of transport
- % of non-motorized trips



Traffic Efficiency

Reliability

- **variance of travel time during peak periods**
- average delay/stopping time at intersections
- **average waiting time for PT modes**
- **% on-time arrival of public transport modes due to the schedules**
- **access time/distance to first leg of PT (mins/Kms)**
- % of transfer with distance less than “X” meters and time less than “Y” mins
- frequency of PT modes (นาที/คัน)



Traffic Efficiency

Operational Efficiency

- **avg. costs of PT operations for each mode**
- avg. costs of travel by private mode (VOC)
- avg. cost per constructed lane-mile
- vehicle-kilometer-travelled
- average delay/stopping time at intersections
- **% of green transport mode** (PT, walking, cycling)



Traffic Efficiency

Physical condition

- % main line highway rated good
- age distribution of PT vehicle
- % of PT environmentally friendly vehicle





Traffic Safety

frequency, severity of accidents
by transport mode

Accident

**Direct
Impact**

travelers' risky behaviors that
directly prone to accidents e.g.
violating red light

travelers' behaviors that
indirectly prone to accidents e.g.
increasing travel time or no. of
trips

**Indirect
Impact**

**Car-to-
Infrastructure**

how well infrastructure is
designed and implemented to
avoid accidents



Traffic Safety

Accident

frequency, severity of accidents by
transport mode

Direct Impact

- number of red light violation
- number of speed limit violation





Traffic Safety

Indirect Impact

- avg. distance travel
- avg. travel time

Car-to- Infrastructure

- no. of black spot in an area
- no. of equipment helping to reduce severity/frequency of accident





Social Inclusion and Land Use

Accessibility

Special groups

Covered area

- how well people can access to transport system
- how well elderly and disabled people can access to transport system
- accessible area covered by transport system



Social Inclusion and Land Use

Accessibility

- access time/distance to first leg of PT (mins/Kms)

Special groups

- no. of disabled person travelled (passenger-Kms)

Covered area

- no. of PT vehicle designed for disable/elderly people
- ratio between road space and total area
- ration between PT covered service area and total area



Pollution Reduction

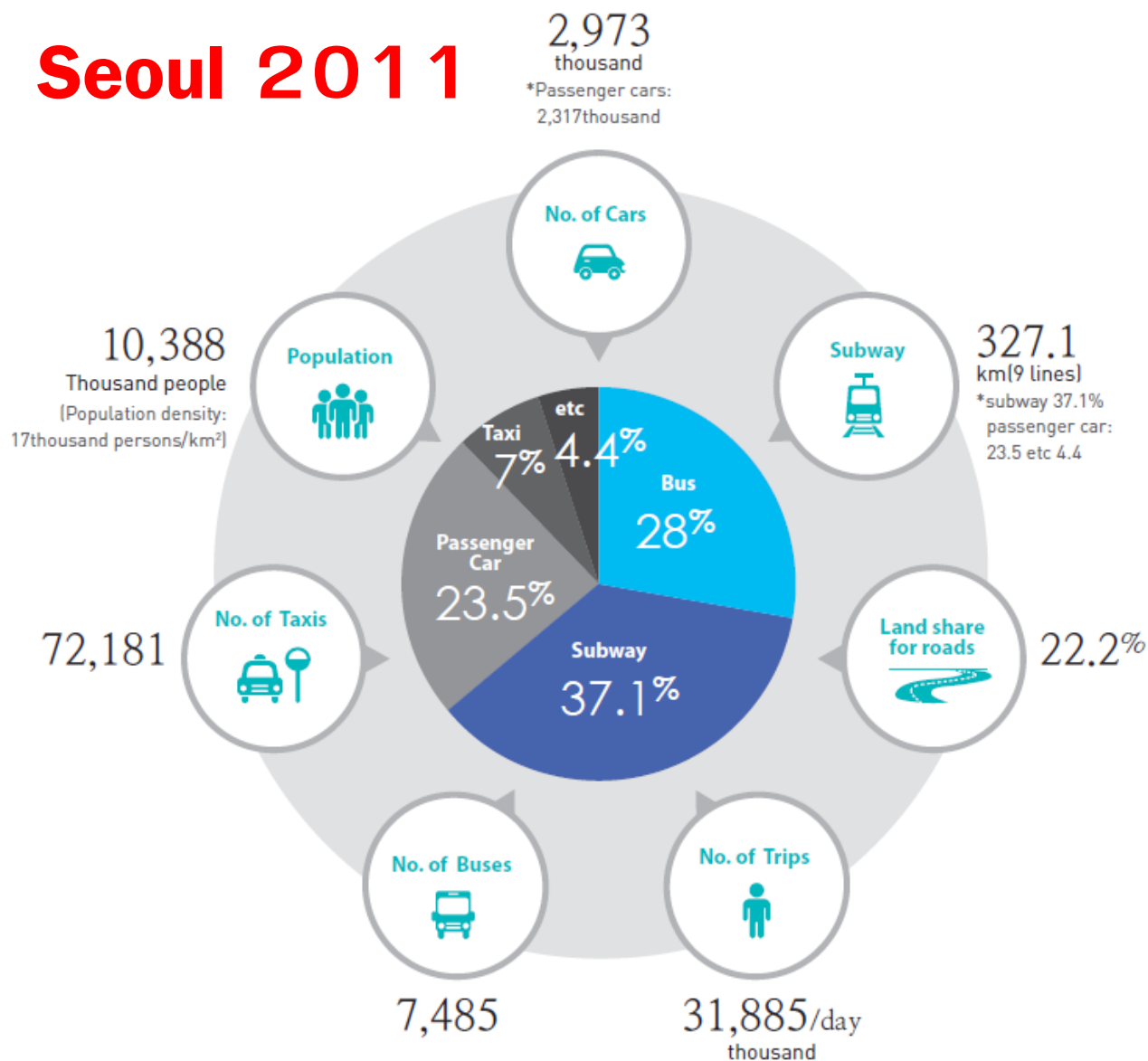
- % (electrical vehicle, hybrid vehicle) / total no. of vehicle
- Emission of GHG from travelled vehicle (CO₂ tons/year)





Seoul Transport Statistics

Seoul 2011

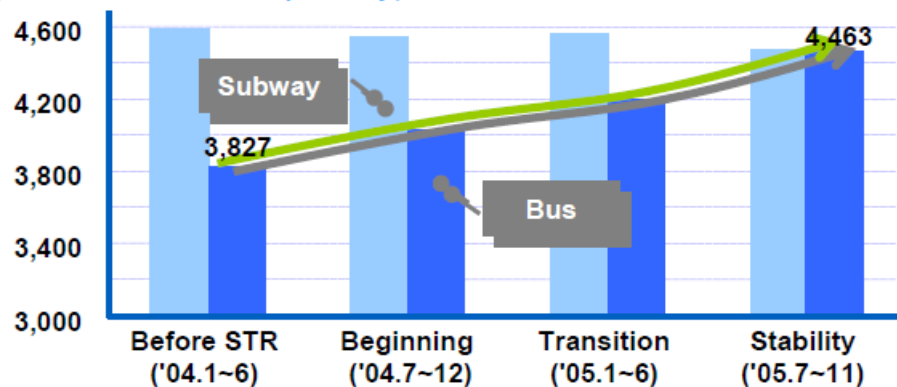




Seoul Transport Statistics

Increase in Passengers

(Thousand Persons per day)



Increase in Speed

(Km/hour)

		Before Jun 2004	After Dec 2004	Difference
Dobong-Mia Road	Bus	11.0	22.0	11.0↑
	Car	18.5	21.6	3.1↑
Susaek-Seongsan Road	Bus	13.1	21.5	8.4↑
	Car	20.3	22.3	2.0↑
Kangnam Road	Bus	13.0	17.3	4.3↑
	Car	18.0	18.6	0.6↑



Seoul Transport Statistics

On-time Operation

	Before	After
Headway	5 ~ 15 Min	5 ~ 15 Min
Punctuality (Variation Coefficient)	0.537	0.493

Air Pollution

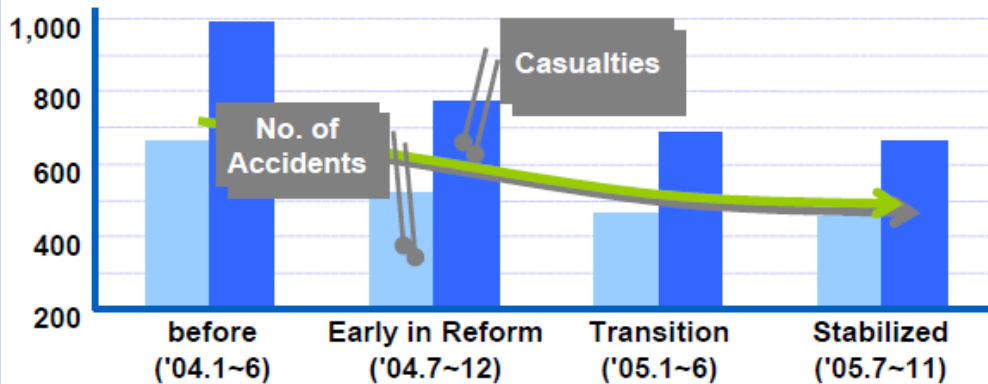
	2003	2004	2005
CO(Ton)	748.3	623.8	488.0
NO _x (Ton)	2,074.6	1,799.7	1,694.1
HC(Ton)	356.6	358.6	332.4
PM(Ton)	45.1	36.2	27.3



Seoul Transport Statistics

Traffic Accidents

(No. per Month)



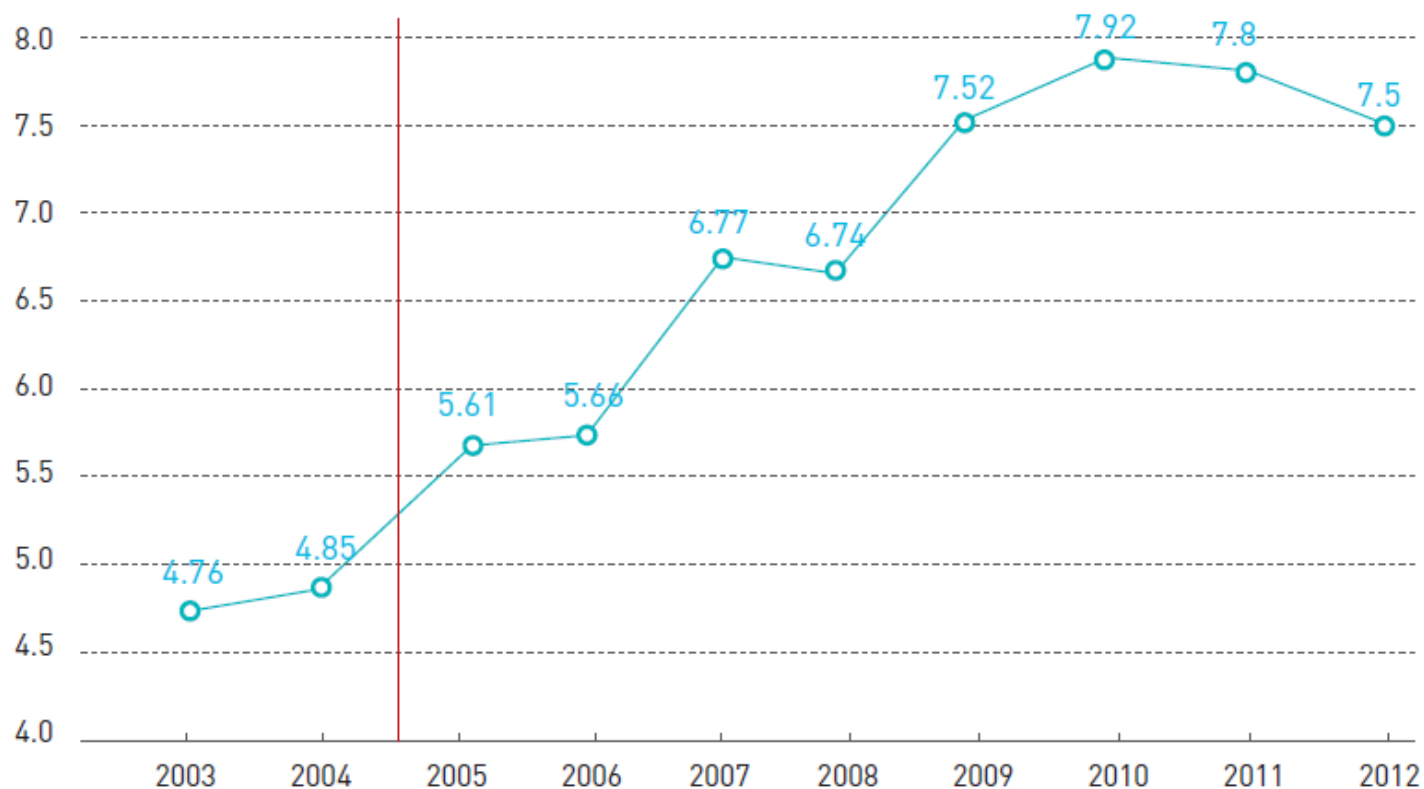
Fuel Consumption

		2003	2004	2005
Diesel	Usage(1,000ℓ)	148,059	126,485	118,783
CNG	Usage(1,000㎥)	33,955	41,731	44,671
Total Fuel Cost (KRW M)		64,816	58,685	56,033
Difference of Cost(%)		-	□9.5	□4.5



Seoul Transport Statistics

Bus System Satisfaction



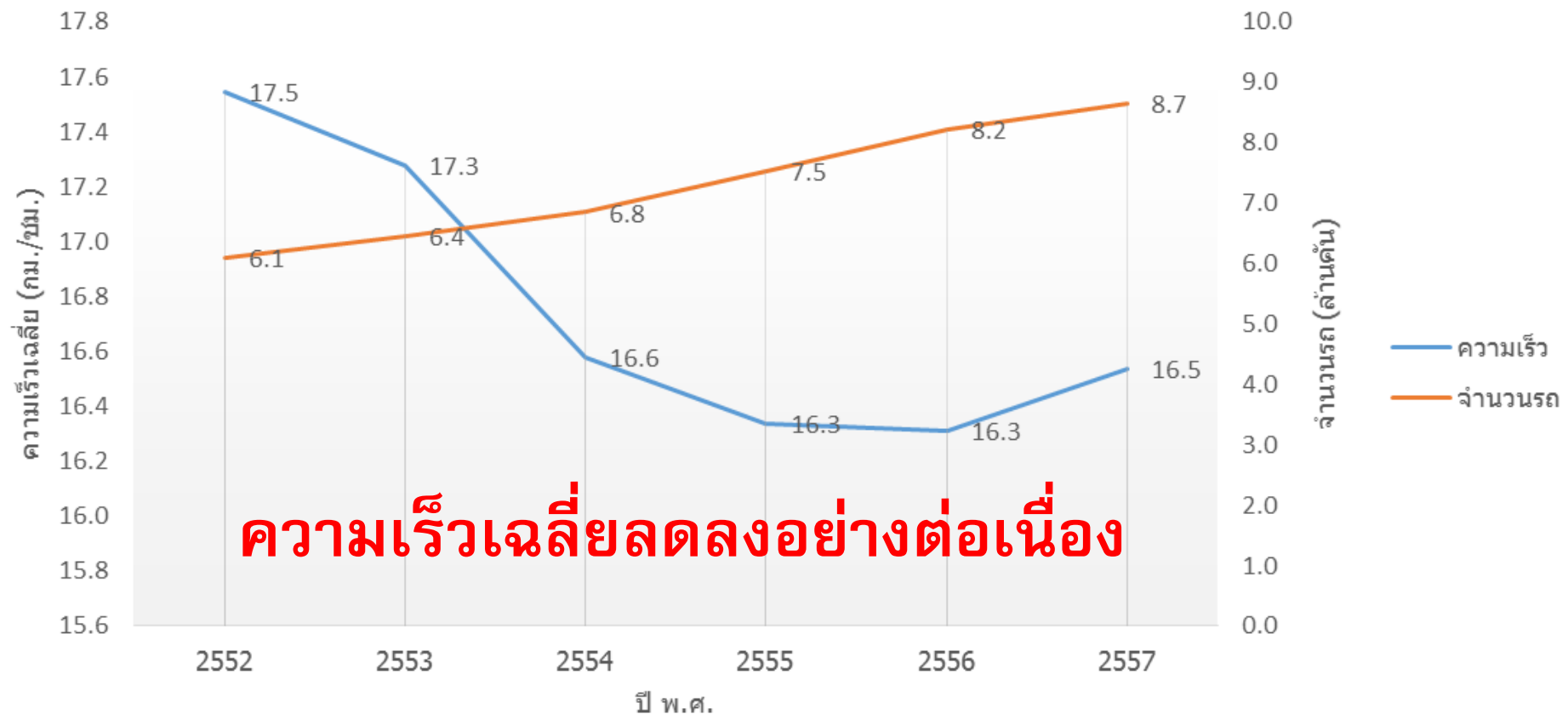
*Rating is based on a scale of 0 to 10.

Source: 2012 Seoul Survey



Traffic Efficiency

ความเร็วเฉลี่ยในช่วงเวลาเร่งด่วนในเขตกรุงเทพมหานครชั้นใน
และจำนวนรถที่จดทะเบียนสะสมในกรุงเทพมหานคร



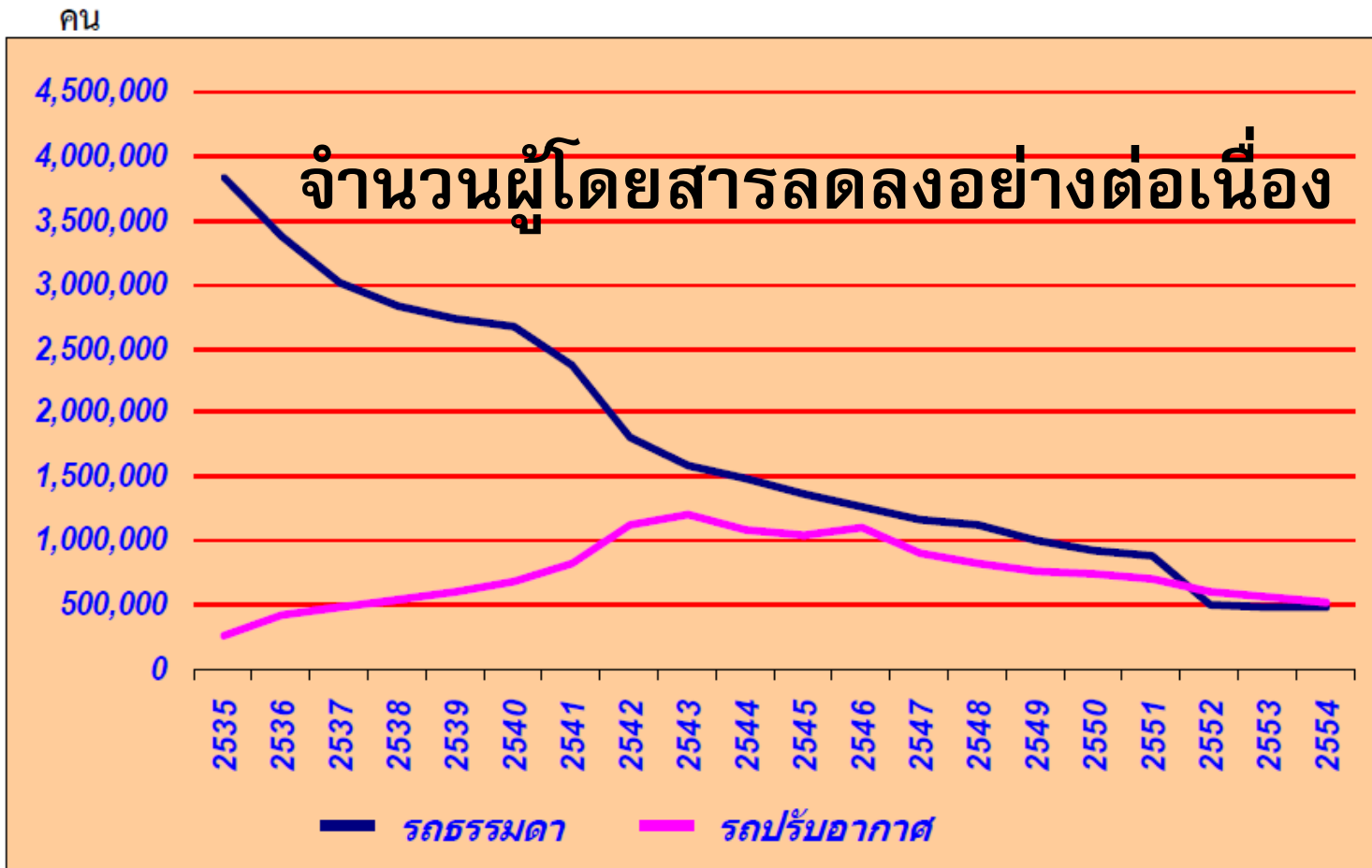
ความเร็วเฉลี่ยลดลงอย่างต่อเนื่อง





Traffic Efficiency

จำนวนผู้โดยสารระบบรถโดยสารประจำทางของ ขสมก.

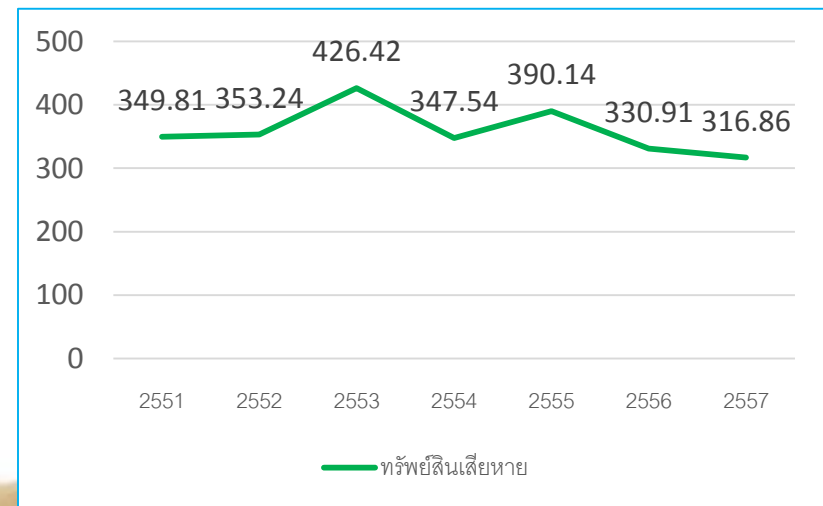
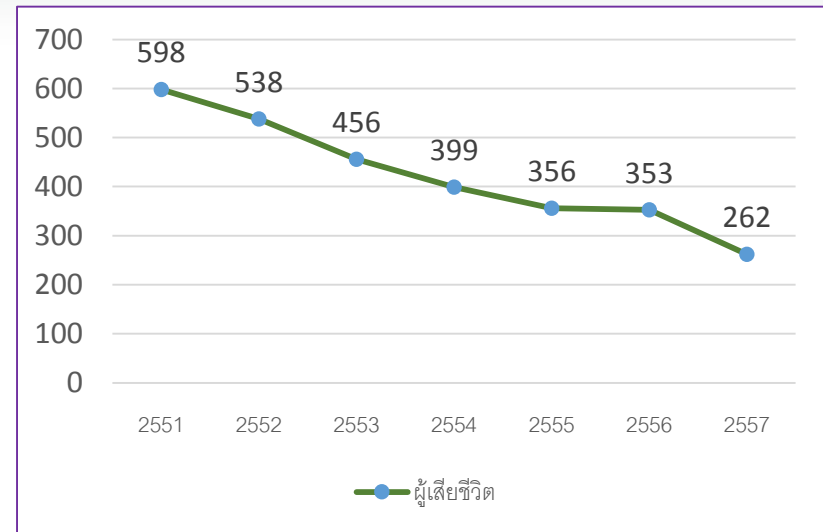
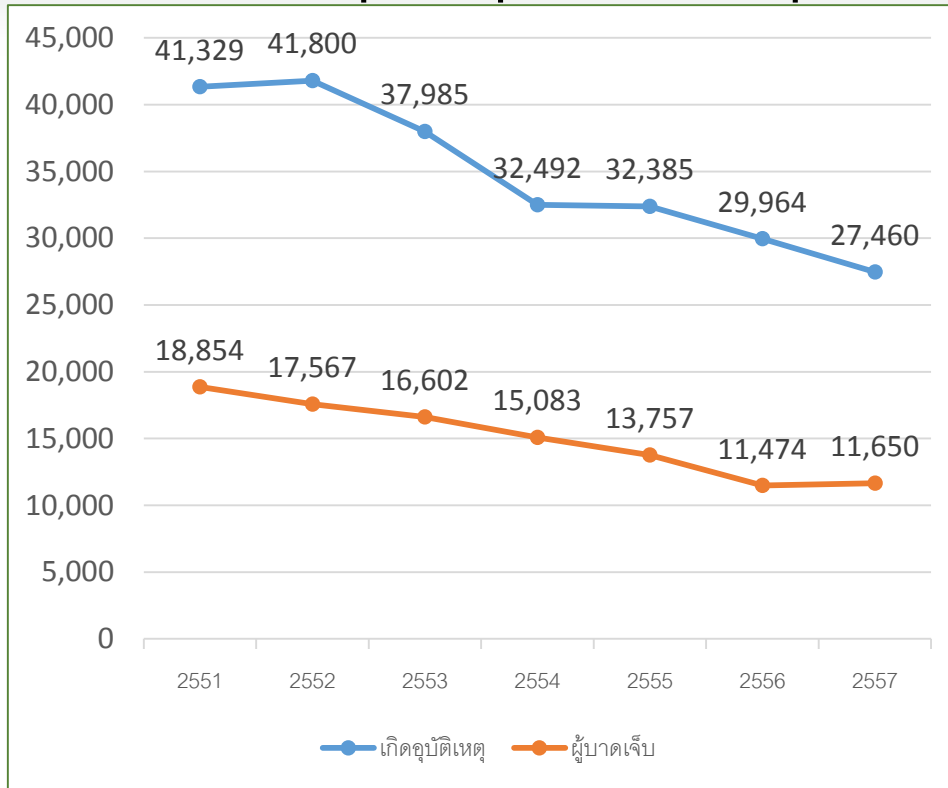


แหล่งข้อมูล : องค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ



Traffic Safety

สถิติอุบัติเหตุจราจรในเขตกรุงเทพมหานคร ปี พ.ศ.2551 - 2557



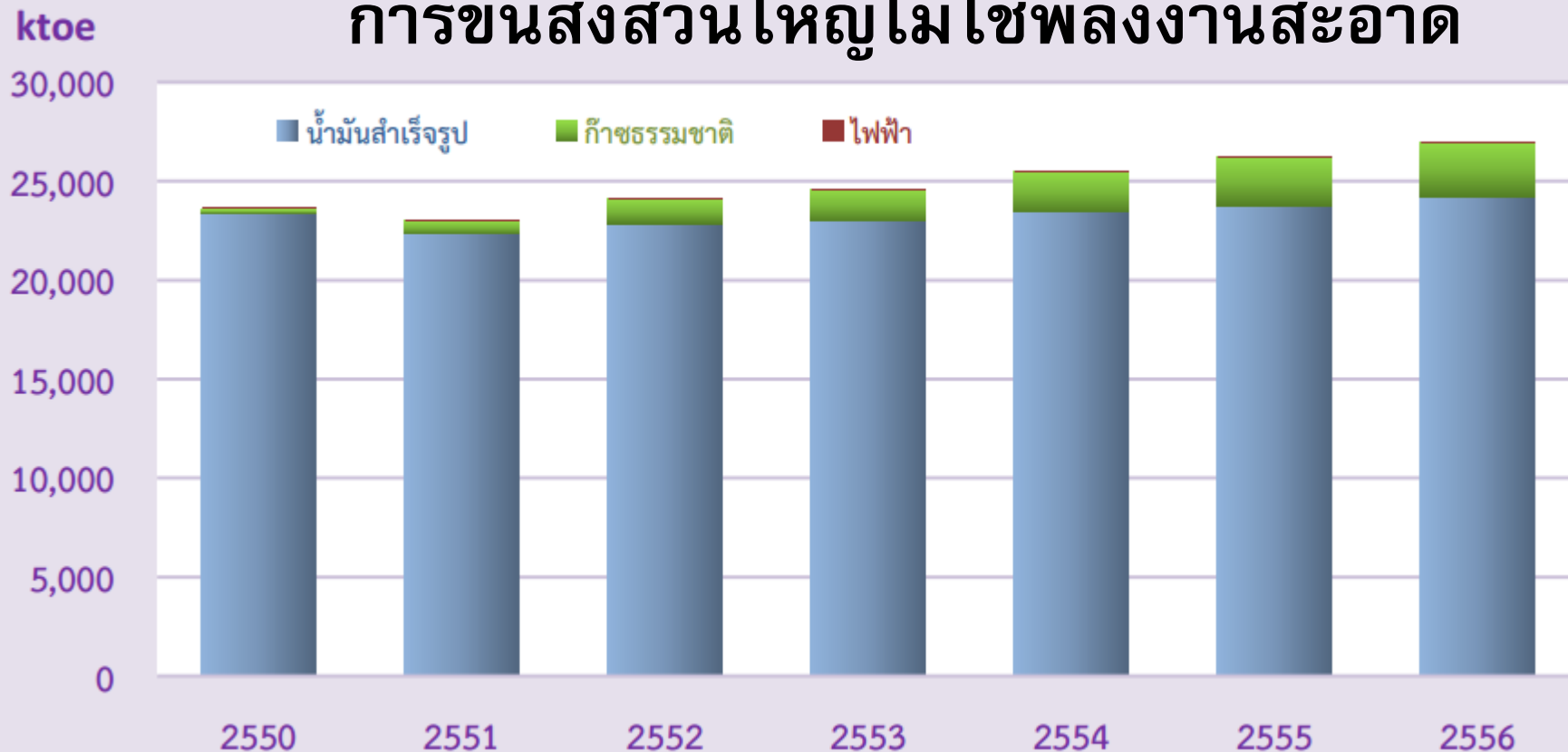
ที่มา: กองบังคับการตำรวจจราจร สำนักงานตำรวจแห่งชาติ



Pollution Reduction

ปริมาณพลังงานแต่ละประเภทที่ใช้ในการขนส่ง

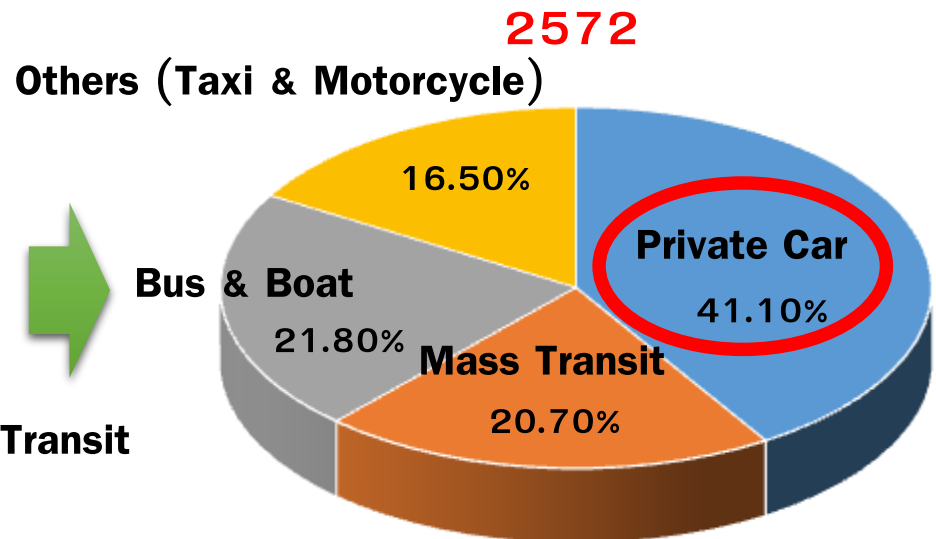
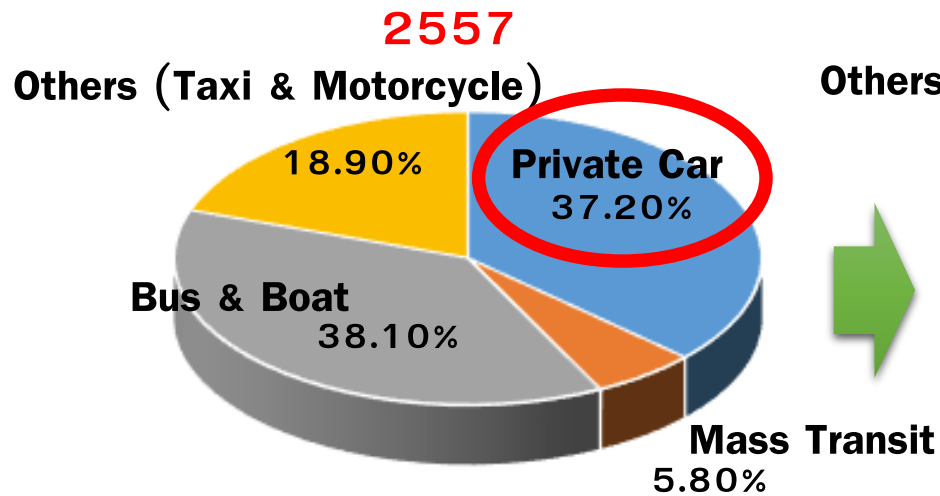
การขนส่งส่วนใหญ่ไม่ใช้พลังงานสะอาด



ที่มา: กระทรวงพลังงาน



PT Utilization



ที่มา: โครงการศึกษาปรับแผนแม่บทระบบขนส่งมวลชนทางรางในเขตกรุงเทพและปริมณฑล (2553) โดย สนช.



Transportation Planning Processes

- Collecting and analyzing data, to understand the problems and potential challenges facing the transportation system. This analysis process primarily focuses on understanding how a transportation system and its components work and how changes to the system will alter its performance





Transportation Planning Processes

- Evaluation is the process of synthesizing the information produced during the analysis step (benefits, costs, and impacts of different alternatives) so that judgments can be made concerning the relative merits of different actions
- Focus on the decisions being faced by decision makers.
- Relate the consequences of alternatives to goals and objectives.
- Determine how different groups are affected by transportation proposals.
- Be sensitive to the time period in which project impacts are likely to occur.
- In the case of regional transportation planning, aggregate information in a way that allows planners to assess the likely effects of alternatives at varying levels.
- Analyze the implementation requirements of each alternative.
- Assess the financial feasibility of plan recommendations.
- Provide information on the value of alternatives in a readily understandable form and timely fashion for decision makers.



Traffic Engineering

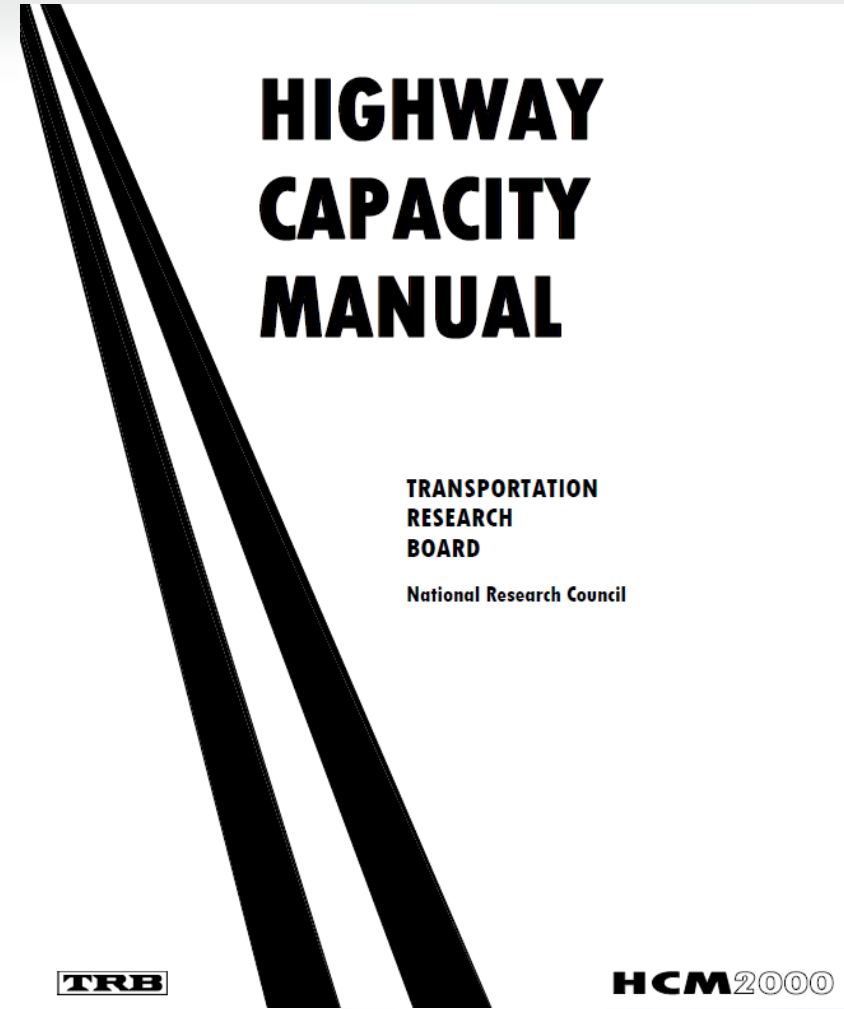
- Definition by Institute of Transportation Engineers (ITE)
- “Traffic Engineering is the sub-discipline of transportation engineering that addresses the *planning, design and operation of streets and highways, their networks, adjacent land uses and interaction with other modes of transportation* and their terminals”





Highway Capacity Manual (HCM)

- Develop by Transportation Research Board (TRB)
- Use worldwide as a manual for planning, design and operation of streets and highways





Highway Capacity Manual (HCM)

CONTENTS

PREFACE.....	vii
CONTRIBUTORS AND ACKNOWLEDGMENTS.....	ix
PART I: OVERVIEW	
1. INTRODUCTION	1-1
2. CAPACITY AND LEVEL-OF-SERVICE CONCEPTS.....	2-1
3. APPLICATIONS.....	3-1
4. DECISION MAKING	4-1
5. GLOSSARY	5-1
6. SYMBOLS.....	6-1
PART II: CONCEPTS	
7. TRAFFIC FLOW PARAMETERS	7-1
8. TRAFFIC CHARACTERISTICS.....	8-1
9. ANALYTICAL PROCEDURES OVERVIEW.....	9-1
10. URBAN STREET CONCEPTS	10-1
11. PEDESTRIAN AND BICYCLE CONCEPTS.....	11-1
12. HIGHWAY CONCEPTS.....	12-1
13. FREEWAY CONCEPTS	13-1
14. TRANSIT CONCEPTS	14-1
PART III: METHODOLOGIES	
15. URBAN STREETS.....	15-1
16. SIGNALIZED INTERSECTIONS	16-1
17. UNSIGNALIZED INTERSECTIONS	17-1
18. PEDESTRIANS.....	18-1
19. BICYCLES	19-1
20. TWO-LANE HIGHWAYS	20-1
21. MULTILANE HIGHWAYS	21-1
22. FREEWAY FACILITIES.....	22-1
23. BASIC FREEWAY SEGMENTS	23-1
24. FREEWAY WEAVING	24-1
25. RAMPS AND RAMP JUNCTIONS	25-1
26. INTERCHANGE RAMP TERMINALS.....	26-1
27. TRANSIT.....	27-1
PART IV: CORRIDOR AND AREAWIDE ANALYSES	
28. ASSESSMENT OF MULTIPLE FACILITIES.....	28-1
29. CORRIDOR ANALYSIS.....	29-1
30. AREAWIDE ANALYSIS	30-1
PART V: SIMULATION AND OTHER MODELS	
31. SIMULATION AND OTHER MODELS	31-1



Basic Concepts of Traffic Flow Analysis

- Uninterrupted flow
- Interrupted flow





Uninterrupted flow

- Motorway or highway almost without intersection
 - Volume—the total number of vehicles that pass over a given point or section of a lane or roadway during a given time interval; volumes can be expressed in terms of annual, daily, hourly, or subhourly periods.
 - Flow rate—the equivalent hourly rate at which vehicles pass over a given point or section of a lane or roadway during a given time interval of less than 1 h, usually 15 min.

$$PHF = \frac{\text{Hourly volume}}{\text{Peak flow rate (within the hour)}}$$

$$PHF = \frac{V}{4 \times V_{15}}$$

PHF = peak-hour factor,

V = hourly volume (veh/h), and

V_{15} = volume during the peak 15 min of the peak hour (veh/15 min).

$$v = \frac{V}{PHF}$$

v = flow rate for a peak 15-min period (veh/h),

V = peak-hour volume (veh/h), and

PHF = peak-hour factor.



Uninterrupted flow

- Speed

Speed is defined as a rate of motion expressed as distance per unit of time, generally as kilometers per hour (km/h).

$$S = \frac{nL}{\sum_{i=1}^n t_i} = \frac{L}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i} = \frac{L}{t_a}$$

S = average travel speed (km/h),

L = length of the highway segment (km),

t_i = travel time of the i th vehicle to traverse the section (h),

n = number of travel times observed, and

$t_a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i$ = average travel time over L (h).

Space mean speed—A statistical term denoting an average speed based on the average travel time of vehicles to traverse a segment of roadway. It is called a space mean speed because the average travel time weights the average to the time each vehicle spends in the defined roadway segment or space.

Time mean speed—The arithmetic average of speeds of vehicles observed passing a point on a highway; also referred to as the average spot speed. The individual speeds of vehicles passing a point are recorded and averaged arithmetically.

Free-flow speed—The average speed of vehicles on a given facility, measured under low-volume conditions, when drivers tend to drive at their desired speed and are not constrained by control delay.



Uninterrupted flow

- Speed

Speed is defined as a rate of motion expressed as distance per unit of time, generally as kilometers per hour (km/h).

$$S = \frac{nL}{\sum_{i=1}^n t_i} = \frac{L}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i} = \frac{L}{t_a}$$

S = average travel speed (km/h),

L = length of the highway segment (km),

t_i = travel time of the i th vehicle to traverse the section (h),

n = number of travel times observed, and

$t_a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i$ = average travel time over L (h).

Space mean speed—A statistical term denoting an average speed based on the average travel time of vehicles to traverse a segment of roadway. It is called a space mean speed because the average travel time weights the average to the time each vehicle spends in the defined roadway segment or space.

Time mean speed—The arithmetic average of speeds of vehicles observed passing a point on a highway; also referred to as the average spot speed. The individual speeds of vehicles passing a point are recorded and averaged arithmetically.

Free-flow speed—The average speed of vehicles on a given facility, measured under low-volume conditions, when drivers tend to drive at their desired speed and are not constrained by control delay.



Uninterrupted flow

- Density

Density is the number of vehicles (or pedestrians) occupying a given length of a lane or roadway at a particular instant. For the computations in this manual, density is averaged over time and is usually expressed as vehicles per kilometer (veh/km) or passenger cars per kilometer (pc/km).

$$D = \frac{v}{S}$$

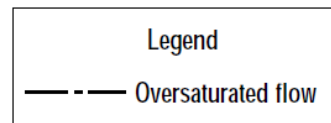
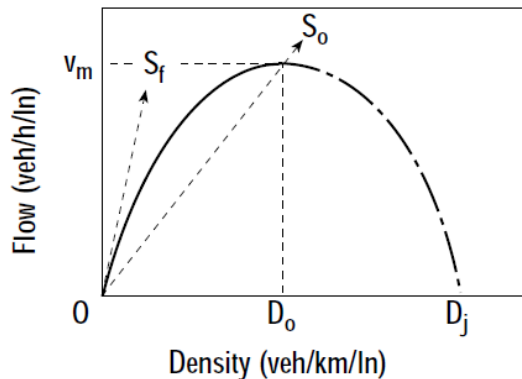
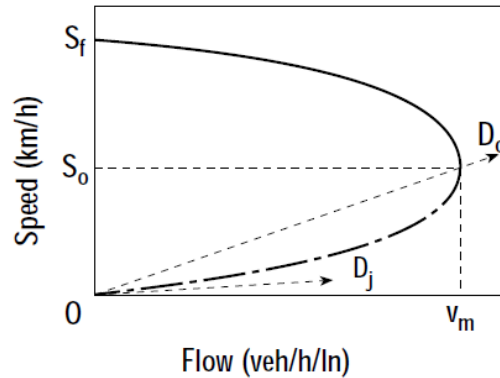
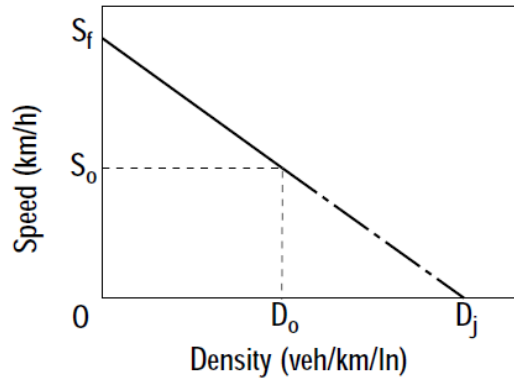
- v = flow rate (veh/h),
- S = average travel speed (km/h), and
- D = density (veh/km).





Uninterrupted flow

- Relationship among basic parameters



$$\hat{t} = t_0 \left(1 + a \cdot \left(\frac{q}{q_{\max}} \right)^b \right).$$

q : flow [veh];

$q_{\max}$: capacity [veh/h];

t : travel time [s];

$\hat{t}$: theoretical travel time computed with VDF [s].

(parameters $a = 1$ and $b = 2$),



Uninterrupted flow

- Capacity

The capacity of a facility is the maximum hourly rate at which persons or vehicles reasonably can be expected to traverse a point or a uniform section of a lane or roadway during a given time period under prevailing roadway, traffic, and control conditions.

- Highway having more than 2 lanes

$$C = 2,200 \times R_L \times R_C \times R_N \times R_I \times R_J \times N$$

R_I = Correction rate of highway capacity by roadside situation

- Highway having 2 lanes

$$C = 2,500 \times R_L \times R_C \times R_N \times R_I \times R_J$$

R_L = Correction rate of highway capacity by lane width

$$R_L = 1.00 \text{ when } W_L \geq 3.25 \text{ m.}$$

$$R_L = 0.24 \times W_L + 0.27 \text{ when } W_L < 3.25 \text{ m.}$$

R_N = Correction rate of highway capacity by mixed with two-wheel vehicle

$$R_N = \frac{100}{100 + 0.75 \times Mc}$$

When Mc = Percent of the traffic volume of motorcycle per all types of vehicles.

R_C = Correction rate of highway capacity by lateral clearance

$$R_C = 1.00 \text{ when } W_C \geq 0.75 \text{ m.}$$

$$R_C = 0.18 \times W_C + 0.86 \text{ when } W_C < 0.75 \text{ m.}$$

When

$R_I = 0.90$ On highway out of Bangkok Metropolitan Area

$R_I = 0.70$ On highway in Bangkok Metropolitan Area

R_J = Correction rate of highway capacity by percentage of heavy vehicle

$$R_J = \frac{1}{\left(1 - \frac{HV}{100}\right) \times 1 + \left(\frac{HV}{100} \times 2\right)}$$

When HV = Percentage of heavy vehicle and annual average daily traffic



Uninterrupted flow

- Level of Service (LOS)

Level of Service	Description	V/C ^b
A	Free-flow conditions with unimpeded maneuverability. Stopped delay at signalized intersection is minimal.	0.00 to 0.60
B	Reasonably unimpeded operations with slightly restricted maneuverability. Stopped delays are not bothersome.	0.61 to 0.70
C	Stable operations with somewhat more restrictions in making mid-block lane changes than LOS B. Motorists will experience appreciable tension while driving.	0.70 to 0.80
D	Approaching unstable operations where small increases in volume produce substantial increases in delay and decreases in speed.	0.80 to 0.90
E	Operations with significant intersection approach delays and low average speeds.	0.90 to 1.00
F	Operations with extremely low speeds caused by intersection congestion, high delay, and adverse signal progression.	Greater Than 1.00

^a For arterials that are multilane divided or undivided with some parking, a signalized intersection density of four to eight per mile, and moderate roadside development.

^b Volume-to-capacity ratio.

≥ greater than or equal to.

< less than.



Interrupted flow

- Highways with frequent intersection
- Delay

Delay is a critical performance measure on interrupted-flow facilities. There are several types of delay, but in this manual, control delay is the principal service measure for evaluating LOS at signalized and unsignalized intersections.

LOS A describes operations with low control delay, up to 10 s/veh. This LOS occurs when progression is extremely favorable and most vehicles arrive during the green phase. Many vehicles do not stop at all. Short cycle lengths may tend to contribute to low delay values.

LOS B describes operations with control delay greater than 10 and up to 20 s/veh. This level generally occurs with good progression, short cycle lengths, or both. More vehicles stop than with LOS A, causing higher levels of delay.

LOS C describes operations with control delay greater than 20 and up to 35 s/veh. These higher delays may result from only fair progression, longer cycle lengths, or both. Individual cycle failures may begin to appear at this level. Cycle failure occurs when a given green phase does not serve queued vehicles, and overflows occur. The number of vehicles stopping is significant at this level, though many still pass through the intersection without stopping.

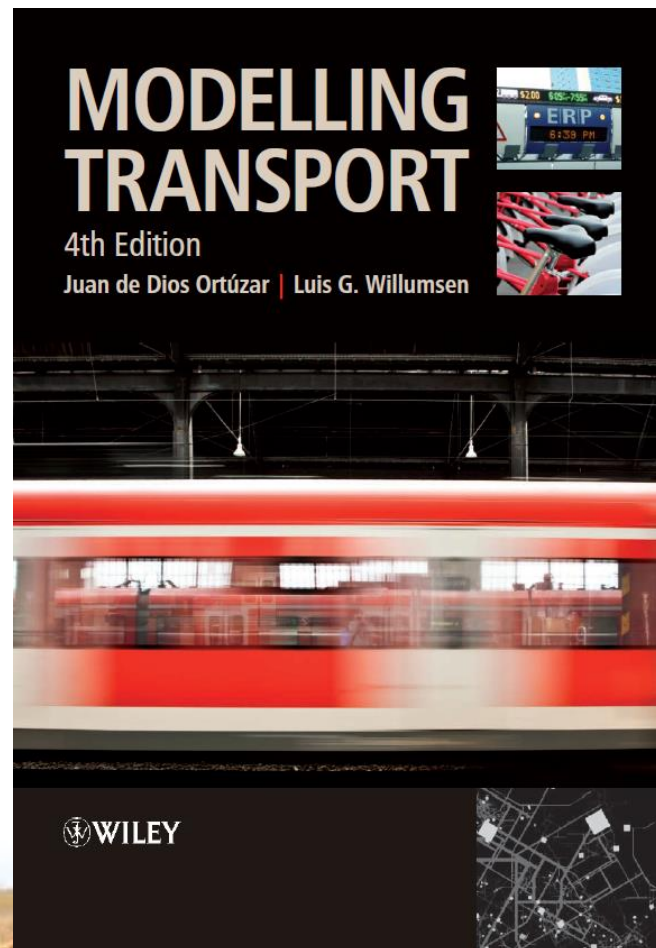
LOS D describes operations with control delay greater than 35 and up to 55 s/veh. At LOS D, the influence of congestion becomes more noticeable. Longer delays may result from some combination of unfavorable progression, long cycle lengths, and high v/c ratios. Many vehicles stop, and the proportion of vehicles not stopping declines. Individual cycle failures are noticeable.

LOS E describes operations with control delay greater than 55 and up to 80 s/veh. These high delay values generally indicate poor progression, long cycle lengths, and high v/c ratios. Individual cycle failures are frequent.

LOS F describes operations with control delay in excess of 80 s/veh. This level, considered unacceptable to most drivers, often occurs with oversaturation, that is, when arrival flow rates exceed the capacity of lane groups. It may also occur at high v/c ratios with many individual cycle failures. Poor progression and long cycle lengths may also contribute significantly to high delay levels.



Transport & Traffic Data and Modeling





Transport & Traffic Data and Modeling

- Models and Their Roles
- Transport and Traffic Data and Collection
- Travel Demand Models





Models and Their Roles

- A model is a simplified representation of a part of the real world—the system of interest—which focuses on certain elements and their interaction considered important from a particular point of view.
- Models can be used to develop understanding of the system under study
- Models can be used to test the impact of policy measures on performance indicators
- Macroscopic/strategic model : look from top view of a very large system such as transport system of a city or even nation
- Microscopic model : look at individual component of the system such as queueing model for an intersection





General Steps of Modeling Project

- Defining problem and gathering data
- Formulating mathematical model
- Deriving solutions from the model
- Testing the model
- Preparing to apply model
- Implementation





Transport and Traffic Data and Collection

- Data is required for model formulation, verification and validation
- Physical characteristic data: highway pavement data, traffic volume, speed, port physical characteristics and so on
- Behavior data: transport mode choice behavior, origin-destination, travelling distance and so forth





Sampling Data

- From Central Limit Theorem

$$se(\bar{x}) = \sqrt{(N - n)\sigma^2 / [n(N - 1)]}$$

$$se(\bar{x}) = \sqrt{(N - n)s^2 / nN}$$

$$se(\bar{x}) = \frac{s}{\sqrt{n}}$$

$$n' = \frac{s^2}{se(\bar{x})^2}$$

$$n = \frac{n'}{1 + \frac{n'}{N}}$$

$se(\bar{x})$ = standard error of mean

σ^2 = population variance

s^2 = sample variance

N = number of population

n = number of sample





Sampling Data

- If the question asks yes or no, distribution of answer would be Bernoulli distribution

Taro Yamane (ทาโร ยามาเนะ) ซึ่งมีสมมติฐานการกระจายตัวของข้อมูลแบบ Bernoulli distribution และสามารถคำนวณหาจำนวนตัวอย่างที่เหมาะสมได้ ดังนี้

$$n = \frac{N}{1 + N(e)^2}$$

สมการ 1

เมื่อ	n	แทน	ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง
N	แทน	ขนาดของประชากร	
e	แทน	ค่าความคลาดเคลื่อนของการสุ่มตัวอย่าง	
แทนค่า N	=	ไม่ทราบจำนวนประชากร	
e	=	0.05 หรือที่ระดับความเชื่อมั่น 95%	

ซึ่งในกรณีนี้จะได้กลุ่มตัวอย่างต่ำที่สุดประมาณ 400 ตัวอย่างเช่นกัน



Sampling Data

- If the question is about mean of numbers e.g. number of travel per day, average transport cost then it can be assumed normally distributed

$$N = (z_{1-\alpha/2} + z_{1-\beta})^2 \left(\frac{\sigma}{\delta} \right)^2$$

โดย

N คือ จำนวนกลุ่มตัวอย่างต่ำสุด (minimum sample size)

Z คือ ค่า critical value จาก standard normal distribution

α คือ ความเสี่ยงที่จะ ~~reject~~ ~~accept~~ ~~reject~~ ~~accept~~ hypothesis

β accept false hypothesis

σ คือ population standard deviation ของประชากร

δ คือ confidence interval ของค่า mean ที่ยอมรับได้

โดยในที่นี้ที่ปรึกษาได้กำหนดให้ confidence interval เท่ากับ 95 % และค่า confidence interval เท่ากับ 5 % ของค่า mean ทำให้สามารถคำนวณค่า minimum sample size ได้เท่ากับ 385 ตัวอย่าง



Standard Questionnaire

• Travel behavior survey

ส่วนที่ 1 ข้อมูลพื้นฐานทั่วไป

โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงใน □ หน้าข้อความที่ตรงกับความเป็นจริงมากที่สุด

1.01 เพศ

☐ ชาย

☐ หญิง

1.02 อายุ

☐ ≤ 20 ปี

☐ 31 – 40 ปี

☐ 51 – 60 ปี

☐ 21 – 30 ปี

☐ 41 – 50 ปี

☐ > 60 ปี

1.03 การศึกษา

☐ ต่ำกว่าระดับปริญญาตรี

☐ ระดับปริญญาโท

☐ ระดับปริญญาตรี

☐ ระดับปริญญาเอก

1.04 อาชีพ

☐ นักเรียน/นักศึกษา

☐ พนักงานเอกชน/ลูกจ้างบริษัท

☐ เกษตรกร

☐ ตัวแทนขายสินค้า

☐ อื่น ๆ ระบุ.....

☐ ข้าราชการ/พนักงานรัฐวิสาหกิจ

☐ ค้าขาย/ธุรกิจส่วนตัว

☐ รับจ้าง

☐ แม่บ้าน/พ่อบ้าน

1.05 รายได้เฉลี่ยต่อเดือน

☐ ≤ 5,000 บาท

☐ 10,001 – 15,000 บาท

☐ 20,001 – 25,000 บาท

☐ 30,001 – 35,000 บาท

☐ 40,001 – 45,000 บาท

☐ > 50,000 บาท

☐ 5,001 – 10,000 บาท

☐ 15,001 – 20,000 บาท

☐ 25,001 – 30,000 บาท

☐ 35,001 – 40,000 บาท

☐ 45,001 – 50,000 บาท

1.06 การครอบครองยานพาหนะ (เป็นเจ้าของรถ และไม่นับเช่า)

1) รถจักรยานยนต์ จำนวน.....คัน

2) รถยนต์ จำนวน.....คัน (ไม่ใช่อุปกรณ์ รถตู้โดยสาร รถบรรทุก)

3) รถจักรยานยนต์ จำนวน.....คัน (ไม่ใช่อุปกรณ์ รถตู้โดยสาร รถบรรทุก)

4) รถตู้โดยสาร จำนวน.....คัน (ไม่ใช่อุปกรณ์ รถจักรยานยนต์ รถบรรทุก)

5) ไม่มียานพาหนะ

ส่วนที่ 2 รายละเอียดการเดินทาง

จุดเริ่มต้นการเดินทาง

จุดสิ้นสุดการเดินทาง

วัตถุประสงค์ของการเดินทาง (A)

แม่บ้าน/เจ้าพระยา

☐ เรือด่วนปรับอากาศตรงแดง

☐ เรือด่วนพิเศษธงเขียว

☐ เรือด่วนพิเศษธงเหลือง

☐ เรือด่วนพิเศษธงส้ม

☐ เรือท่องเที่ยวธงฟ้า (Hop In-Hop Off)

☐ เรือเช่าเหมาลำ

☐ เรือข้ามฟาก

☐ เรืออื่น ๆ ระบุ.....

คลอง

☐ เรือหางยาว

☐ เรือดีเซล

☐ เรือไฟฟ้าไม่ปรับอากาศ

☐ เรืออื่น ๆ ระบุ.....

การเดินทาง ช่วงที่	จุดต้นทาง	จุดปลายทาง	วิธี การเดินทาง (B)	เวลาเริ่ม เดินทาง	เวลาถึง จุดปลายทาง	กรณีใช้รถส่วนตัว	กรณีใช้ระบบ ขนส่งสาธารณะ
						จำนวนผู้ร่วม เดินทาง	ค่าผ่านทาง (บาท)
						ค่าที่จอดรถ รวม (บาท)	ค่าโดยสาร (บาท)
	ชื่อสถานที่	ชื่อสถานที่					
	เลขที่	เลขที่					
	ซอย	ซอย					
	ถนน	ถนน					
	แขวง/ตำบล	แขวง/ตำบล					
	เขต/อำเภอ	เขต/อำเภอ					
	จังหวัด	จังหวัด					
	สถานที่อ้างอิงบริเวณใกล้เคียง						

ส่วนที่ 3 ความพึงพอใจต่อการให้บริการเดินทางภายในครั้ง

3.01 สาเหตุที่ท่านไม่พอใจต่อการเดินทางภายในครั้ง (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

- ☐ ระยะทางเดินทางไกลเกินไป
☐ ค่าใช้จ่ายในการเดินทางสูงเกินไป
☐ สะดวกสบาย
☐ บริการดีเยี่ยม
☐ บริการดีเยี่ยมกว่าบริการอื่น

3.02 โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องคะแนนความพึงพอใจ (1 น้อยที่สุด → 10 มากที่สุด)

รายการ	1 น้อย ที่สุด	2	3	4	5	6	7	8	9	10 มาก ที่สุด
1. พหุบริการ										
1.1 บริการรถโดยสารประจำทาง										
1.2 บริการรถโดยสารประจำทาง										
1.3 บริการรถโดยสารประจำทาง										
1.4 บริการรถโดยสารประจำทาง										
1.5 บริการรถโดยสารประจำทาง										
2. การให้บริการโดยรถ										
2.1 บริการรถโดยสารประจำทาง										
2.2 บริการรถโดยสารประจำทาง										
2.3 บริการรถโดยสารประจำทาง										
2.4 บริการรถโดยสารประจำทาง										
2.5 บริการรถโดยสารประจำทาง										
2.6 บริการรถโดยสารประจำทาง										
2.7 บริการรถโดยสารประจำทาง										
2.8 บริการรถโดยสารประจำทาง										
2.9 บริการรถโดยสารประจำทาง										
2.10 บริการรถโดยสารประจำทาง										
2.11 บริการรถโดยสารประจำทาง										
2.12 บริการรถโดยสารประจำทาง										
3. การให้บริการโดยรถ										
3.1 บริการรถโดยสารประจำทาง										
3.2 บริการรถโดยสารประจำทาง										
3.3 บริการรถโดยสารประจำทาง										

ส่วนที่ 4 ปัญหาอุปสรรคหรือข้อจำกัดของการเดินทางภายในครั้ง

4.01 โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องข้อความที่ตรงกับความเป็นจริงมากที่สุด

ข้อความ	ข้อความอุปสรรคหรือข้อจำกัด
1. พหุบริการ	
1.1 บริการรถโดยสารประจำทาง	
1.2 บริการรถโดยสารประจำทาง	
1.3 บริการรถโดยสารประจำทาง	
1.4 บริการรถโดยสารประจำทาง	
1.5 บริการรถโดยสารประจำทาง	
2. การให้บริการโดยรถ	
2.1 บริการรถโดยสารประจำทาง	
2.2 บริการรถโดยสารประจำทาง	
2.3 บริการรถโดยสารประจำทาง	
2.4 บริการรถโดยสารประจำทาง	
2.5 บริการรถโดยสารประจำทาง	
2.6 บริการรถโดยสารประจำทาง	
2.7 บริการรถโดยสารประจำทาง	
2.8 บริการรถโดยสารประจำทาง	
2.9 บริการรถโดยสารประจำทาง	
2.10 บริการรถโดยสารประจำทาง	
2.11 บริการรถโดยสารประจำทาง	
2.12 บริการรถโดยสารประจำทาง	
3. การให้บริการโดยรถ	
3.1 บริการรถโดยสารประจำทาง	
3.2 บริการรถโดยสารประจำทาง	
3.3 บริการรถโดยสารประจำทาง	



Standard Questionnaire

• Transport mode choice

(ร่าง) แบบสำรวจการเลือกรูปแบบการเดินทาง (Stated Preference : SP)

โครงการศึกษาจัดทำแผนพัฒนาการเดินทางทางน้ำ
ในกรุงเทพมหานครและปริมณฑล และการเชื่อมต่อการเดินทางรูปแบบอื่น กรุงเทพมหานคร
สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร

ตำแหน่งผู้สำรวจ : ผู้สำรวจ : วันที่ : เวลา : แผ่นที่ :

ข้อมูลผู้ให้สัมภาษณ์:

เพศ

1. ชาย

2. หญิง

อายุ :

จุดต้นทาง	จุดปลายทาง	วัตถุประสงค์	ระดับรายได้/เดือน	อาชีพ	ความถี่ในการเดินทาง	ข้อมูลประเภทรูปแบบการเดินทาง	จำนวนผู้ร่วมเดินทาง (ไม่รวมผู้ให้สัมภาษณ์)
ตำบล	ตำบล	1. ทำงาน	1. น้อยกว่า 5,000	1. ข้าราชการ	1. ทุกวัน	1. รถยนต์ส่วนบุคคล	คน
อำเภอ	อำเภอ	2. ศึกษา	2. 5,000 - 10,000	2. พนักงานรัฐวิสาหกิจ	2. 3-4 ครั้ง/สัปดาห์	2. รถจักรยานยนต์ส่วนบุคคล	คน
จังหวัด	จังหวัด	3. พึ่งพิง	3. 10,001 - 15,000	3. พนักงานบริษัทเอกชน	3. 1-2 ครั้ง/สัปดาห์	3. รถจักรยานยนต์รับจ้าง	คน
		4. ซื้อของ	4. 15,001 - 20,000	4. ค้าขาย/ธุรกิจส่วนตัว	4. 2-3 ครั้ง/เดือน	4. รถจักรยาน	บาท/คน
		5. ส่งของ	5. 20,001 - 25,000	5. นักเรียน/นักศึกษา	5. 1 ครั้ง/เดือน	5. เดิน	บาท/คน
		6. ส่งผู้โดยสาร	6. 25,001 - 30,000	6. รับจ้างทั่วไป	6. 5-6 ครั้ง/ปี	6. รถตุ๊ก	บาท/คน
		7. งานสังคม	7. 35,001 - 40,000	7. วางงาน/เกษียณอายุ	7. 3-4 ครั้ง/ปี	7. รถประจำทางไม่ปรับอากาศ	1. เบิกบริษัท/ต้นสังกัด
		8. ดูรถส่วนตัว	8. 40,001 - 45,000	8. พ่อบ้าน/แม่บ้าน	8. 1-2 ครั้ง/ปี	8. รถประจำทางปรับอากาศ	2. จ่ายเอง
		9. เปลี่ยนรูปแบบการเดินทาง	9. 45,001 - 50,000	9. อื่น ๆ	9. น้อยกว่า 1 ครั้ง/ปี	9. รถไฟฟ้า	
		10. อื่น ๆ	10. 50,001 - 100,000		10. อื่น ๆ	10. รถไฟฟ้า	
			11. มากกว่า 100,000			11. เรือ	
						12. อื่น ๆ	

ปัจจัย	จุดต้นทาง -> สถานีปลายทาง	ขึ้นรถ	สถานีปลายทาง 1 -> สถานีปลายทาง 1	ขึ้นรถ	สถานีปลายทาง 2 -> สถานีปลายทาง 2	ขึ้นรถ	สถานีปลายทาง 3 -> สถานีปลายทาง 3	ขึ้นรถ	สถานีปลายทาง -> จุดปลายทาง
รูปแบบการเดินทาง		-		-		-		-	
ระยะเวลา (นาที)									
ค่าใช้จ่าย (บาท)		-		-		-		-	

กรณีที่ การเดินทางภายในรัศมี 15 กิโลเมตร

สถานการณ์ที่ 1.

ประเภท	รถยนต์ส่วนบุคคล	ระบบขนส่งสาธารณะและเรือโดยสาร
ค่าใช้จ่ายเดินทาง (บาท)	40	15
ระยะเวลาเดินทางรวดเร็ว (นาที)	60	45
จำนวนครั้งที่เปลี่ยนถ่าย	N/A	1
รูปแบบท่าเรือ	N/A	ปรับปรุง
รูปแบบเรือ	N/A	ปรับปรุง
รูปแบบการเดินทางที่เลือก	☐	☐



วันที่สำรวจ (DATE) _____
 จุดสำรวจ (Location) _____

ชื่อผู้สำรวจ _____
เบอร์โทร _____

[illegible]



Travel Demand Models

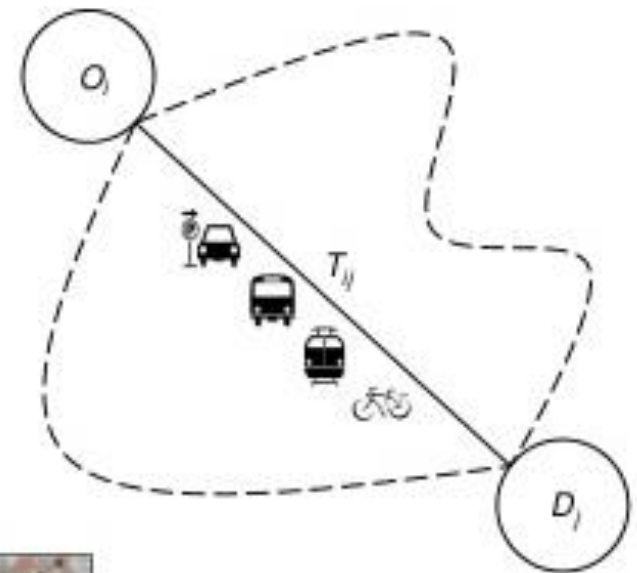
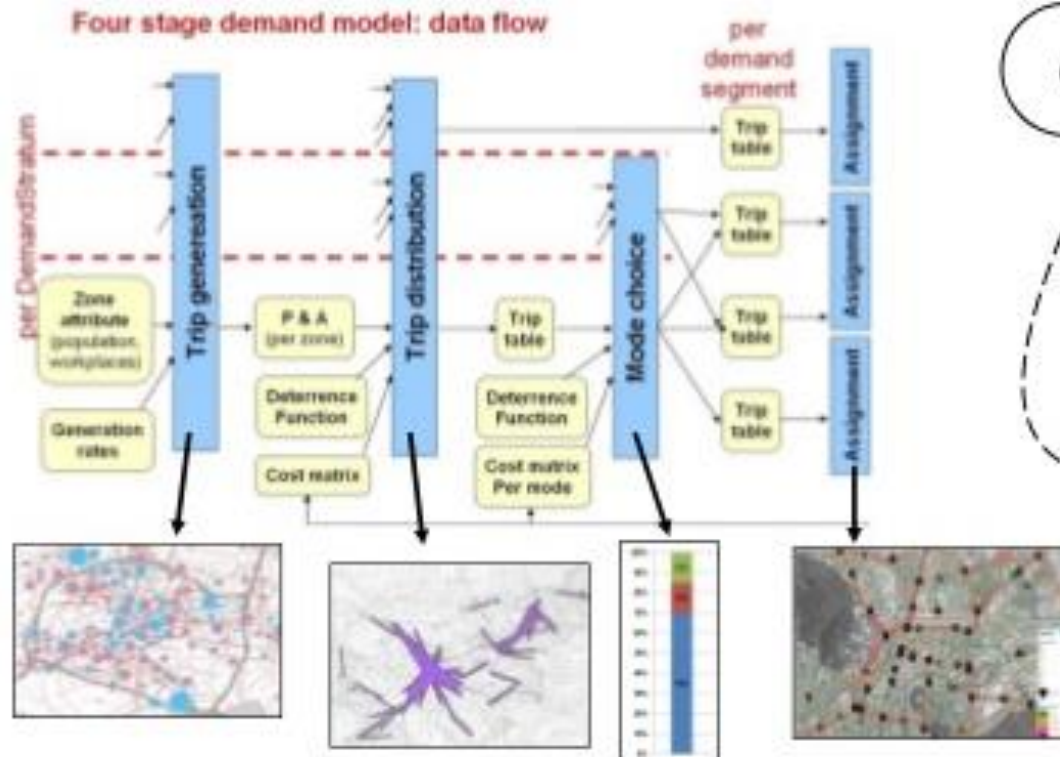
Conventional 4 step model

trip generation

trip distribution,

mode split

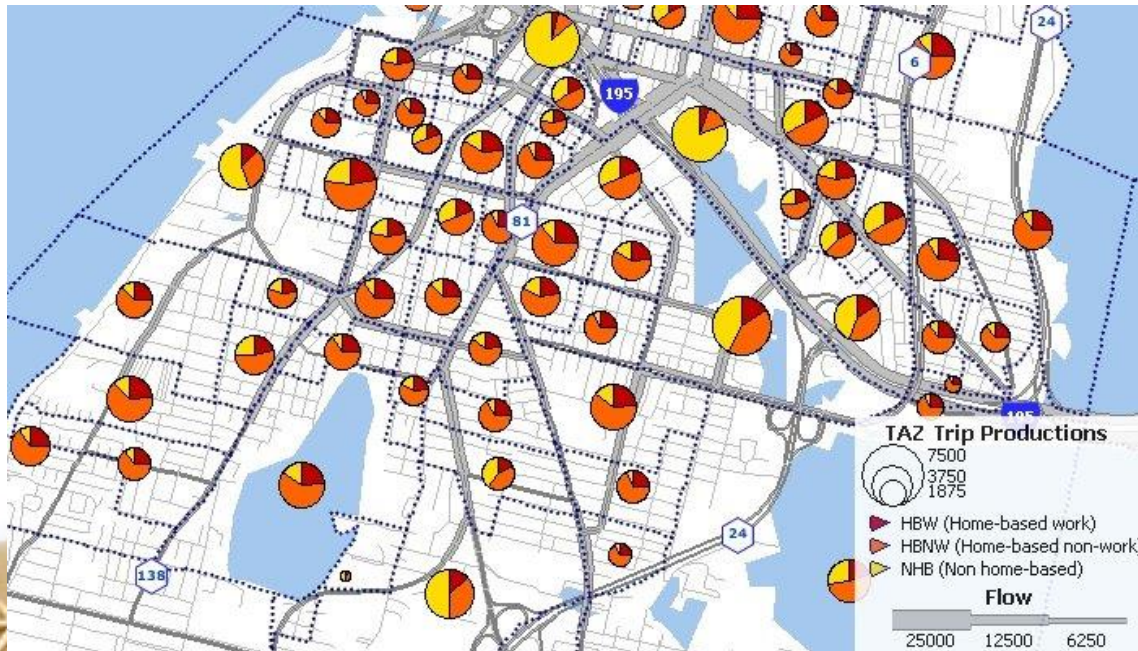
PV and PT network assignment





trip generation

- Predicting trip production and attraction in each traffic analysis zone (TAZ)
- Production based on population and household
- Attraction based on employment



	trip production	trip attraction
HBW	$P_{HBW} = 1.13.pop$	$A_{HBW} = 1.62.emp$
HBE	$P_{HBE} = 0.41.pop$	$A_{HBE} = 1.72.stu$
HBO	$P_{HBO} = 0.31.pop$	$A_{HBO} = 0.44.pop$
NHB	$P_{NHB} = 0.15.pop$	$A_{NHB} = 0.17.emp$

TAZ	1	2	3	4	5	Sum
1						2,000
2						2,500
3						2,780
4						3,420
5						1,250
sum	3,240	1,830	1,257	5,234	3,471	

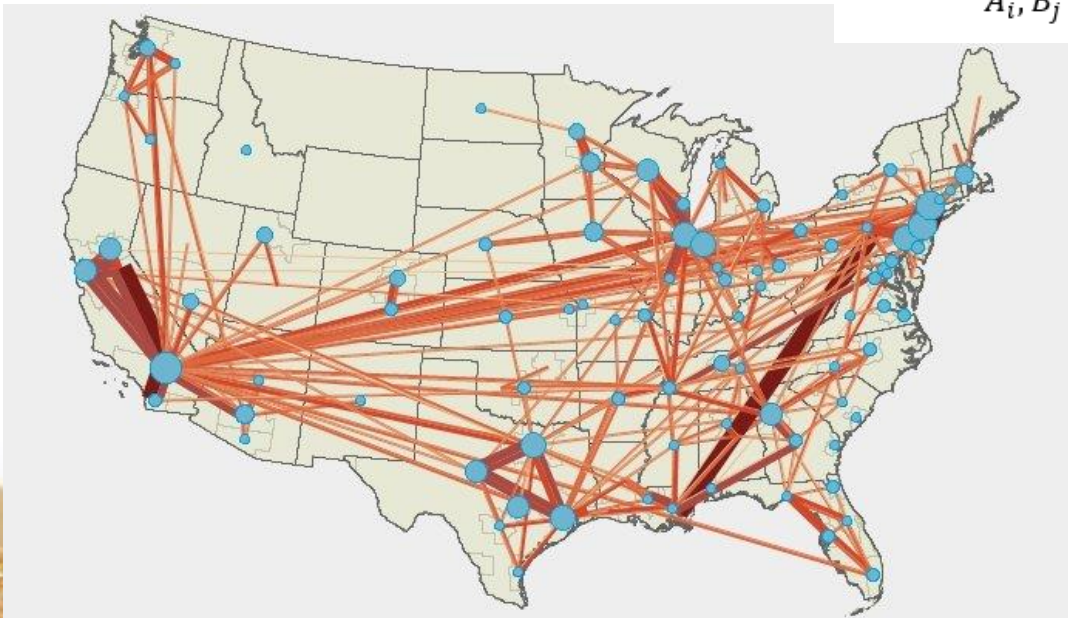


Trip Distribution

- Predict the travel demand between zone based on the concept of gravity force
- E.g. living to working/education

$$T_{ij} = A_i O_i B_j D_j f(C_{ij})$$

โดย T_{ij} = ความต้องการเดินทางระหว่างพื้นที่ย่อย i และพื้นที่ย่อย j
 O_i = ความต้องการเดินทางออกจากพื้นที่ย่อย i
 D_j = ความต้องการเดินทางเข้าสู่พื้นที่ย่อย j
 $f(C_{ij})$ = frictional factor ระหว่างพื้นที่ย่อย i และพื้นที่ย่อย j
 A_i, B_j = balancing factor



TAZ	1	2	3	4	5	sum
1	300	368	541	542	364	2,000
2	273	700	273	364	874	2,500
3	641	941	297	614	541	2,780
4	297	214	264	364	265	3,420
5	1221	2145	254	257	247	1,250
sum	3,240	1,830	1,257	5,234	3,471	



Mode Choice

- Probability of individuals choosing a given option is a function of their socioeconomic characteristics and the relative attractiveness of the option.
- Random utility theory $U_{jq} = V_{jq} + \varepsilon_{jq}$
 - a measurable, systematic or representative part V_{jq} which is a function of the measured attributes $\mathbf{x}$; and
 - a random part ε_{jq} which reflects the idiosyncrasies and particular tastes of each individual, together

$$U_{jq} \geq U_{iq}, \forall A_i \in \mathbf{A}(q)$$

$$P_{jq} = \text{Prob}\{\varepsilon_{iq} \leq \varepsilon_{jq} + (V_{jq} - V_{iq}), \forall A_i \in \mathbf{A}(q)\}$$

$$V_{jq} - V_{iq} \geq \varepsilon_{iq} - \varepsilon_{jq}$$

- Random part have probability distribution if assumed Gumbel

Logit

$$P_1 = \frac{\exp(V_1)}{\exp(V_1) + \exp(V_2)}$$



- To derived utility function
- Collect data using revealed preference (RP) or stated preference (SP) techniques
- Parameter estimation using maximum likelihood method
- Tools e.g. real-stat excel plugin, or R (mlogit)



Home Free Download Basics Distributions ANOVA Miscellaneous Regression

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T		
2							Coefficients			MLogitRSquare			MLogitTest			MLogitPred						
3																						
4	Dosage	Gender	Dead	Cured	Sick		Sick	Dead		LL	-66.5051		LL	-66.5051		Dosage	Gender	Dead	Cured	Sick		
5	20	0	13	0	8		-21.157	-8.59434		LL0	-163.386		LL0	-163.386		24	1	0.248257	0.603586	0.148157		
6	21	0	60	6	30		0.919103	0.367839		R-sq (L)	0.106948		Chi-square	193.7612		24	0	0.211568	0.521142	0.26729		
7	22	0	61	13	40		-0.01305	-0.74998		R-sq (CS)	0.201726		df	4		24.5	1	0.179633	0.691519	0.128849		
8	23	0	49	60	25					R-sq (N)	0.229663		p-value	8.24E-41		24.5	0	0.155795	0.607633	0.236572		
9	24	0	8	29	15					AIC	1625.974											
10	25	0	4	20	8					BIC	1645.002					MLogitPredC						
11	20	1	16	4	2																	
12	21	1	67	9	8		Multinomial Logistic Regression (Cured + Dead)											Dosage	Gender	Dead	Cured	Sick
13	22	1	55	20	14											24	1	0.248257	0.603586	0.148157		
14	23	1	49	55	20		coeff b	s.e.	Wald	p-value	exp(b)	lower	upper			24	0	0.211568	0.521142	0.26729		
15	24	1	12	36	15		Intercept	-21.157	1.801491	137.9253	7.57E-32	6.48E-10				24.5	1	0.179633	0.691519	0.128849		
16	25	1	6	18	5		Dosage	0.919103	0.079329	134.2331	4.86E-31	2.507041	2.1460312	2.92878		24.5	0	0.155795	0.607633	0.236572		
17			400	270	190		Gender	-0.01305	0.175598	0.005525	0.940748	0.987033	0.6996206	1.392517								
18																						
19							Multinomial Logistic Regression (Sick + Dead)															
20																						
21							coeff b	s.e.	Wald	p-value	exp(b)	lower	upper									
22							Intercept	-8.59434	1.726559	24.77775	6.43E-07	0.000185										
23							Dosage	0.367839	0.077489	22.53369	2.06E-06	1.444609	1.2410559	1.681548								
24							Gender	-0.74998	0.186069	16.24628	5.56E-05	0.472375	0.3280237	0.680251								



PV and PT assignment Models

- To assign travel demand (PCU for PV and person for PT) onto highway network (for PV) or public transport network
- PV assignment based on travel time (TT), travel cost (TC), capacity of highway network
- For PV assignment , people change their routes to reduce their generalized cost (TT+TC) until they cannot further do that e.g. reaching equilibrium state

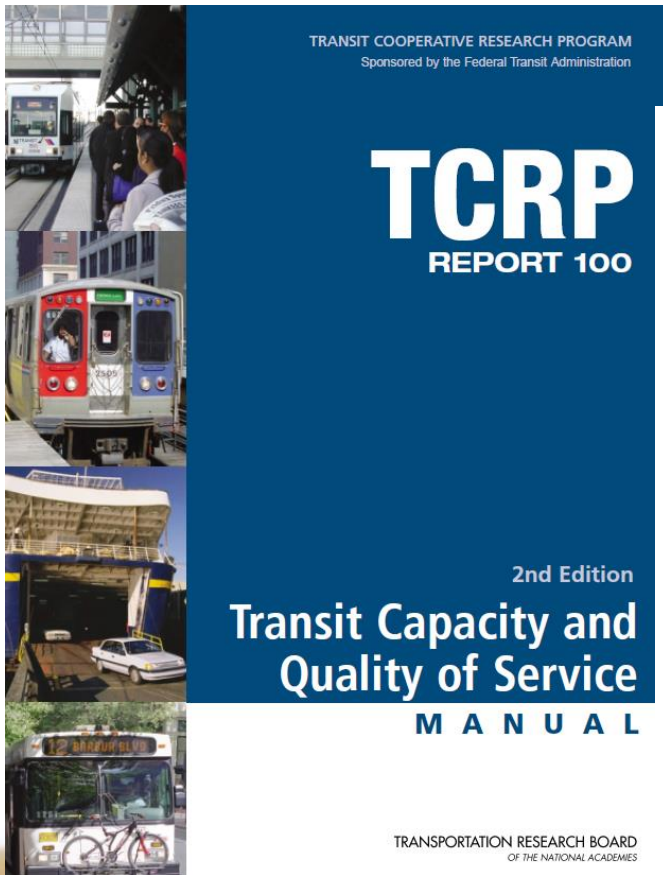
$$\hat{t} = t_0 \left(1 + a \cdot \left(\frac{q}{q_{\max}} \right)^b \right).$$

- For PT assignment, people choose the combination of public transport routes which provide maximum utility for their origin-destination





Public and Non-motorized Transport



TCRP REPORT 88

A Guidebook for
Developing a Transit
Performance-Measurement
System

TRANSPORTATION RESEARCH BOARD
OF THE NATIONAL ACADEMIES

TRANSIT
COOPERATIVE
RESEARCH
PROGRAM

Sponsored by
the Federal
Transit Administration

Division 44
Water, Energy, Transport



Measuring Public Transport Performance
Lessons for Developing Cities

Sustainable Urban Transport Technical Document # 9

Information	Stockholm	Oslo	Helsinki	Copenhagen	Geneva
Easy to get the info needed when planning a trip	74%	74%	81%	73%	71%
Info is good when traffic problems occur	22%	21%	28%	31%	48%
Information is good in stops and terminals	37%	51%	45%	43%	81%



Public and Non-motorized Transport

- Transit Planning
- Transit Capacity and Quality of Services
- Pedestrian and bicyclist





Transit Planning

- Network planning: try to connect main origin-destination points as efficient as possible
- Based on constraints: physical, financial, social, service quality
- Hierarchical network: main/trunk line, feeder line (to gain accessibility)

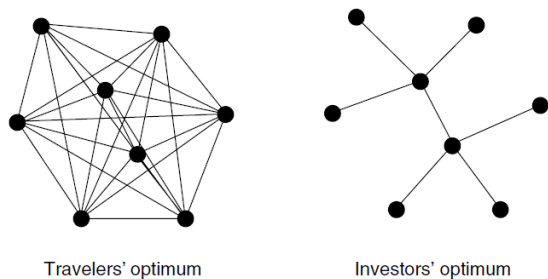
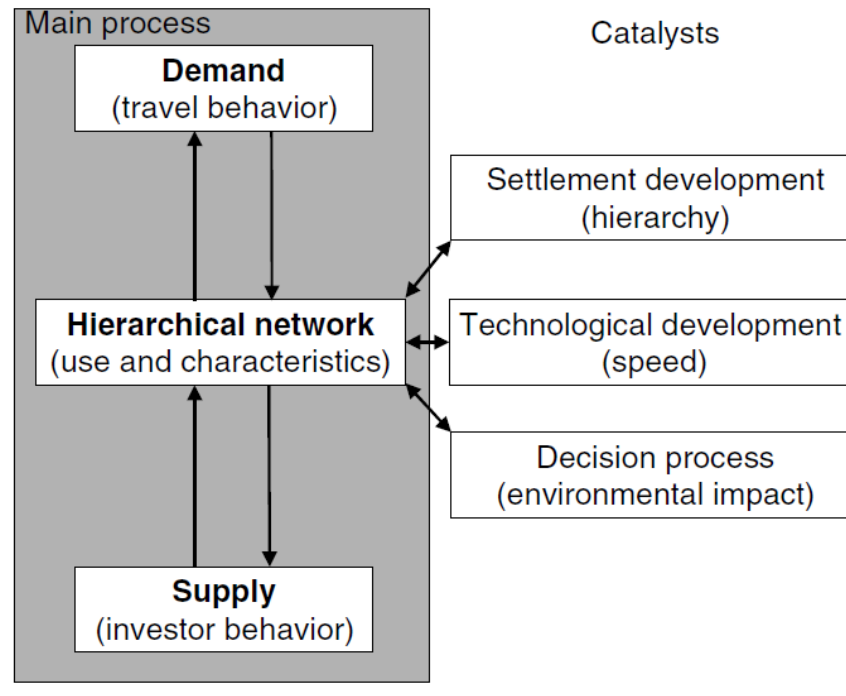
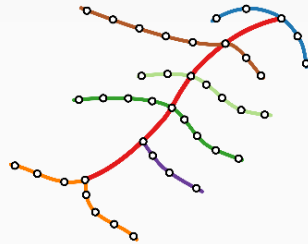


FIGURE 2.7 Illustration of the difference in optimal network structures between the traveler's and the investor's point of view.

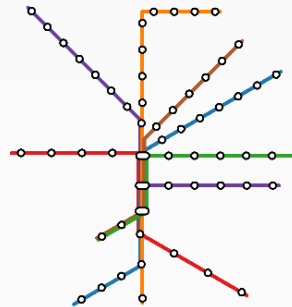




Transit Planning



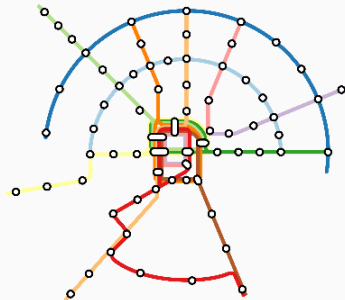
Transportation Network
Linear Secantial Feeder



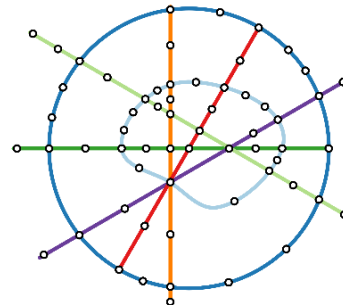
Transportation Network
Linear Trunk Diameter



Transportation Network
Linear Trunk Radial



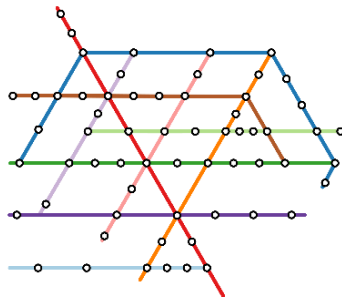
Transportation Network
Polar Radial Lacial Centre



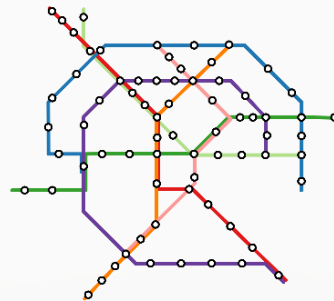
Transportation Network
Polar Diameter-Circumferential



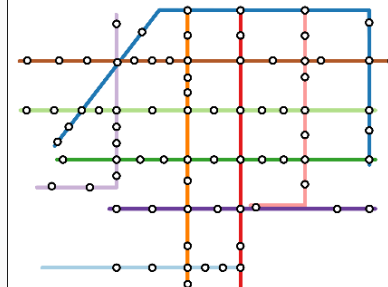
Transportation Network
Grid Arcantial



Transportation Network
Grid Triangular



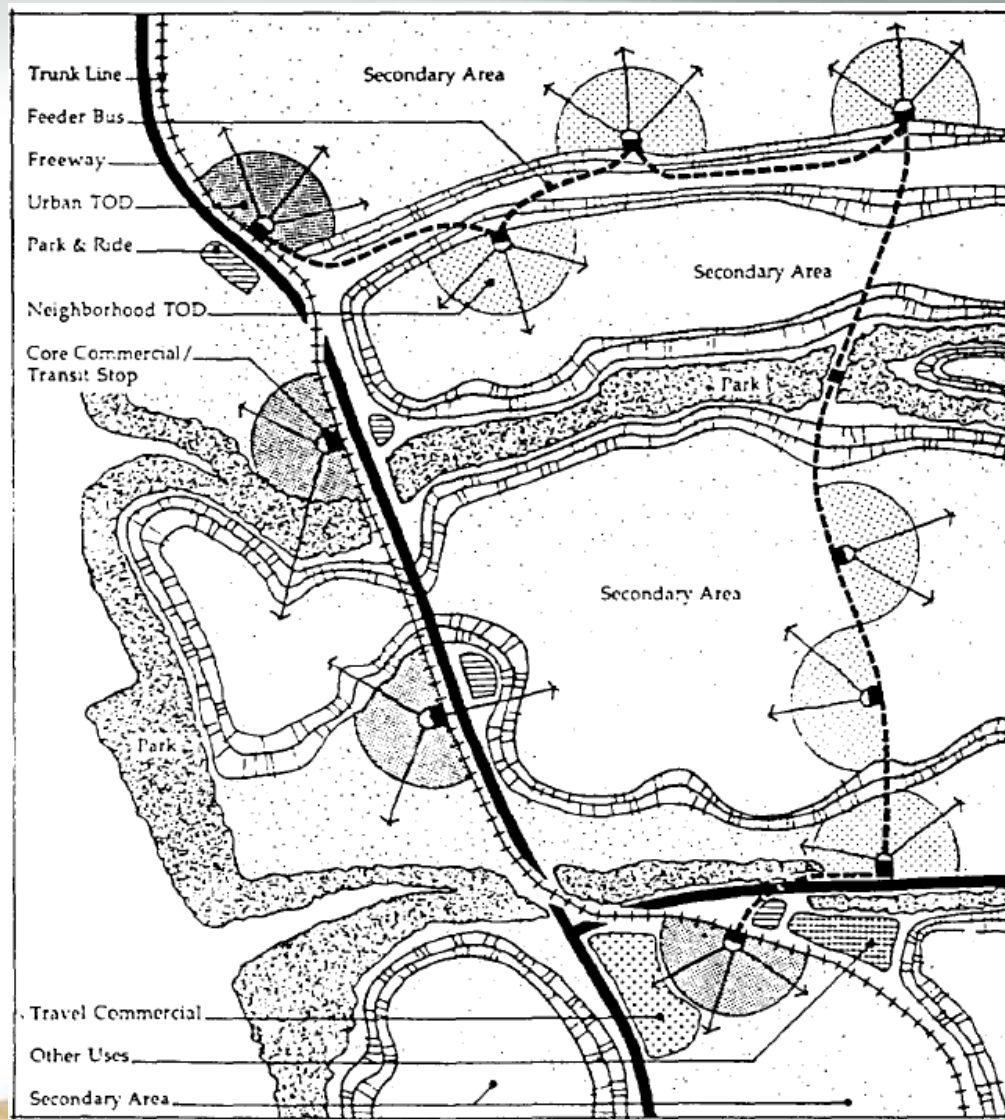
Transportation Network
Grid Diffuse

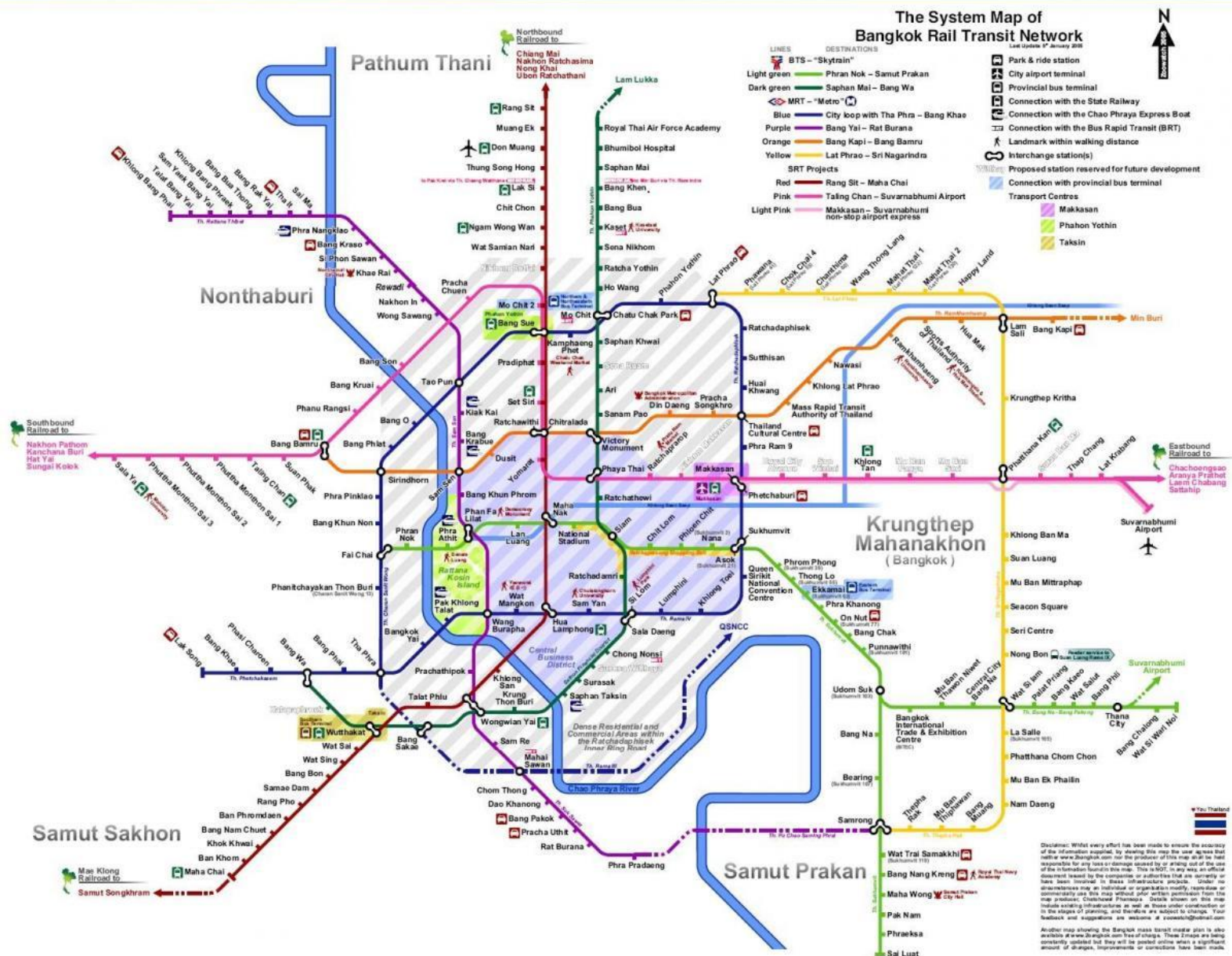


Transportation Network
Grid Square



Transit Planning

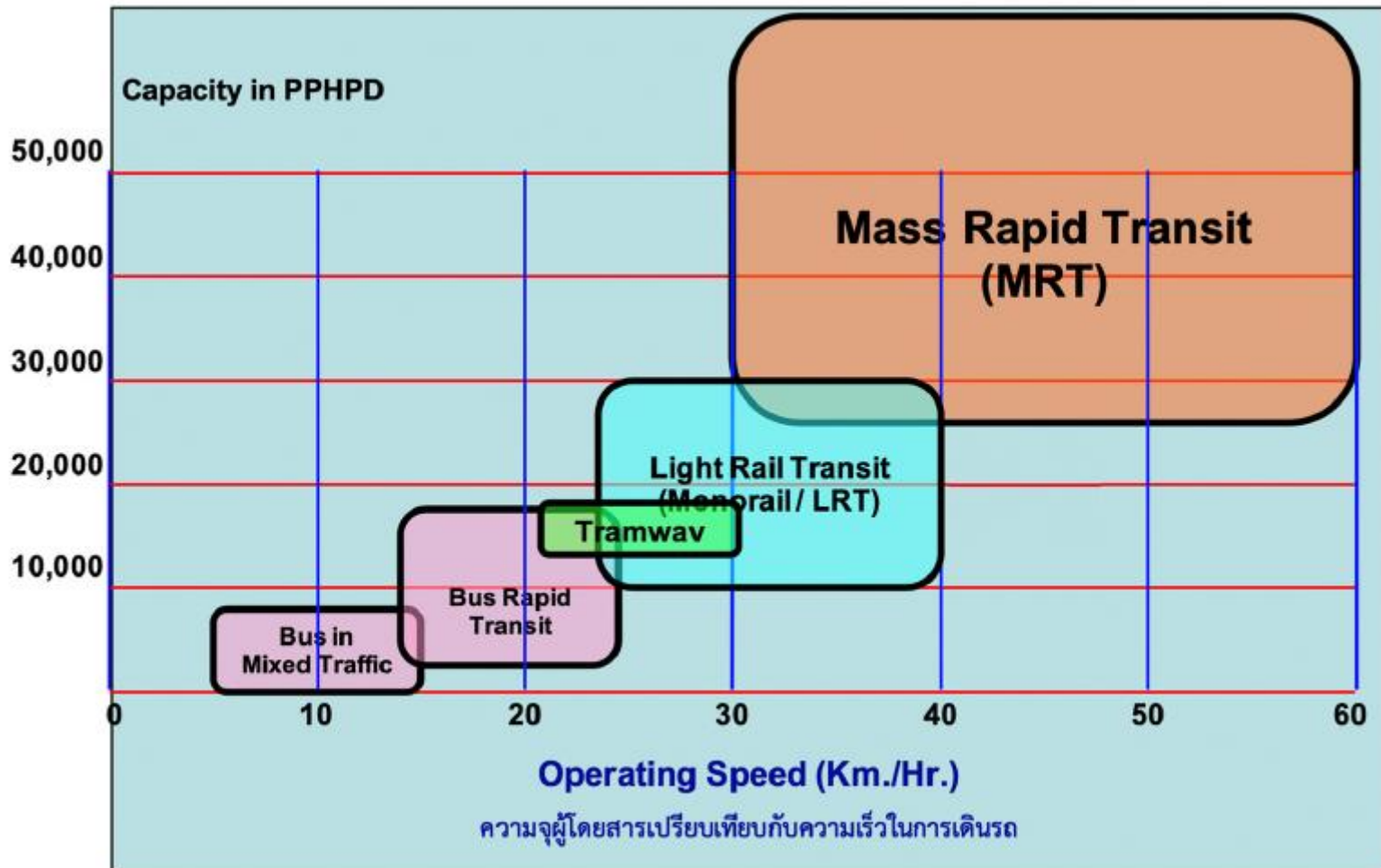






Transit Planning

- Capacity planning (passenger per hour per direction)





Transit Planning

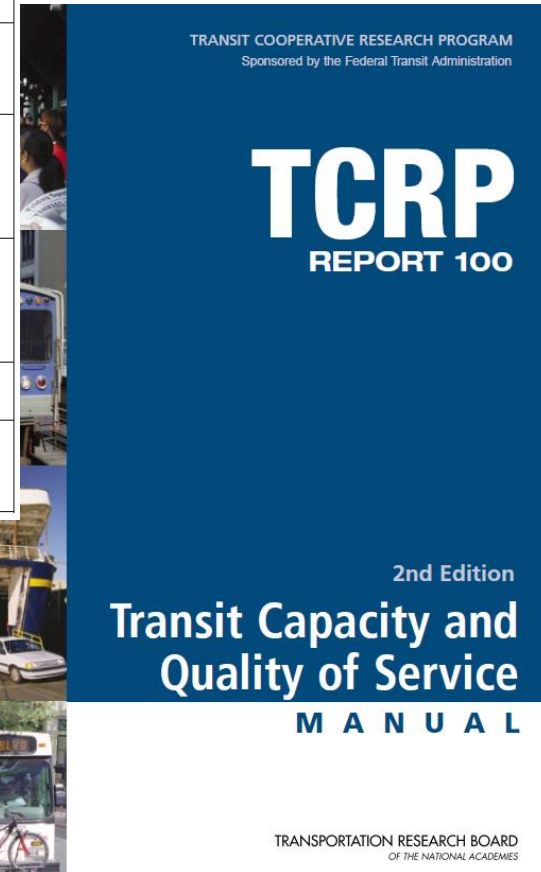
• Capacity planning (passenger per hour per direction)

รายการ	รถโดยสารประจำทาง	รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ	รถไฟฟ้ารางเดี่ยว	รถราง	รถไฟฟ้ารางเบา	รถไฟฟ้ารางหนัก
						
ความจุ (คน/ชม./ทิศทาง)	500-3,000	2,000-8,000	5,000-30,000	5,000-13,000	10,000-30,000	20,000-50,000
ราคา ล้านบาท/กม.	10	50-100	1,200-1,800	600-800	1,200-1,800	2,000-5,000
รัศมีวงเลี้ยว (เมตร)	10-15	10-15	100	25	120	150
ข้อดี	- ลงทุนต่ำ - ใช้ถนนและเขตทางเดิมได้ - กำหนดเส้นทางได้ง่าย - บริการให้บริการได้ง่าย	- ควบคุมความเร็ว/เวลาได้ง่าย - การลงทุนต่ำกว่ารถรางใน - ความจุที่ใกล้เคียงกัน - ค่าลงทุนยังไม่สูงมากนัก	- รองรับการเดินทางได้สูง - ใช้เขตทางน้อย - มีความสวยงาม - มีตารางเดินรถที่แน่นอน	- รองรับการเดินทางได้ปานกลาง - ใช้เขตทางร่วมกับรถยนต์ได้	- รองรับการเดินทางได้สูง - มีตารางเดินรถที่แน่นอน	- รองรับการเดินทางได้สูงมาก - มีตารางเดินรถที่แน่นอน - เหมาะกับเมืองขนาดใหญ่
ข้อเสีย	- ความเร็วต่ำตามกระแสจราจร - การควบคุมเวลายาก	- ทำให้ความจุถนนเดิมลดลง - ต้องการถนนที่มีอย่างน้อย 4-6 ช่องจราจร	- ต้องมีเขตทางเฉพาะ - ลงทุนค่อนข้างสูง/ค่าบำรุงรักษาสูง - ผู้ผลิตน้อยราย - มักจะต้องมีการเวนคืน	- ต้องมีทางวิ่งเฉพาะถ้าจะควบคุมตารางเดินรถ - ลงทุนค่อนข้างสูง - ถ้าใช้สายไฟเหนือรางจะมีปัญหาทัศนียภาพ	- ต้องมีเขตทางเฉพาะ - ลงทุนสูง/ค่าบำรุงรักษาสูง - บดบังทัศนียภาพ - ต้องมีการเวนคืน	- ต้องมีเขตทางเฉพาะ - ลงทุนสูงมาก/ค่าบำรุงรักษาสูงมาก - บดบังทัศนียภาพ - ต้องมีการเวนคืน



Transit Quality of Services

Availability	Extent of the service offered in terms of geography, time (operating hours) frequency and transport mode
Accessibility	Access and egress to/from the public transport system including interface with other transport modes
Information	Systematic provision of knowledge about the system to assist the planning and execution journeys
Time	Aspects of time relevant to the planning and execution of passenger and train journeys, including journey time, punctuality and reliability
Customer Care	Service elements introduced to match the requirements of any individual customer, including staff reaction to customer complaints and kindness of staff
Comfort	Including crowding, cleanliness and service elements introduced for the purpose of making public transport journeys as comfortable as is reasonably possible.
Security	Offering safety and security to customers for the whole journey
Environmental Impact	Effect on the environment resulting from the provision of a public transport service (pollution and noise)





Transit Quality of Services

LOS	Avg. Headway (min)	veh/h	Comments
A	<10	>6	Passengers do not need schedules
B	10-14	5-6	Frequent service, passengers consult schedules
C	15-20	3-4	Maximum desirable time to wait if bus/train missed
D	21-30	2	Service unattractive to choice riders
E	31-60	1	Service available during the hour
F	>60	<1	Service unattractive to all riders

LOS	Hours of Service	Comments
A	19-24	Night or "owl" service provided
B	17-18	Late evening service provided
C	14-16	Early evening service provided
D	12-13	Daytime service provided
E	4-11	Peak hour service only or limited midday service
F	0-3	Very limited or no service

LOS	% TSA Covered	Comments
A	90.0-100.0%	Virtually all major origins & destinations served
B	80.0-89.9%	Most major origins & destinations served
C	70.0-79.9%	About $\frac{3}{4}$ of higher-density areas served
D	60.0-69.9%	About two-thirds of higher-density areas served
E	50.0-59.9%	At least $\frac{1}{2}$ of the higher-density areas served
F	<50.0%	Less than $\frac{1}{2}$ of higher-density areas served



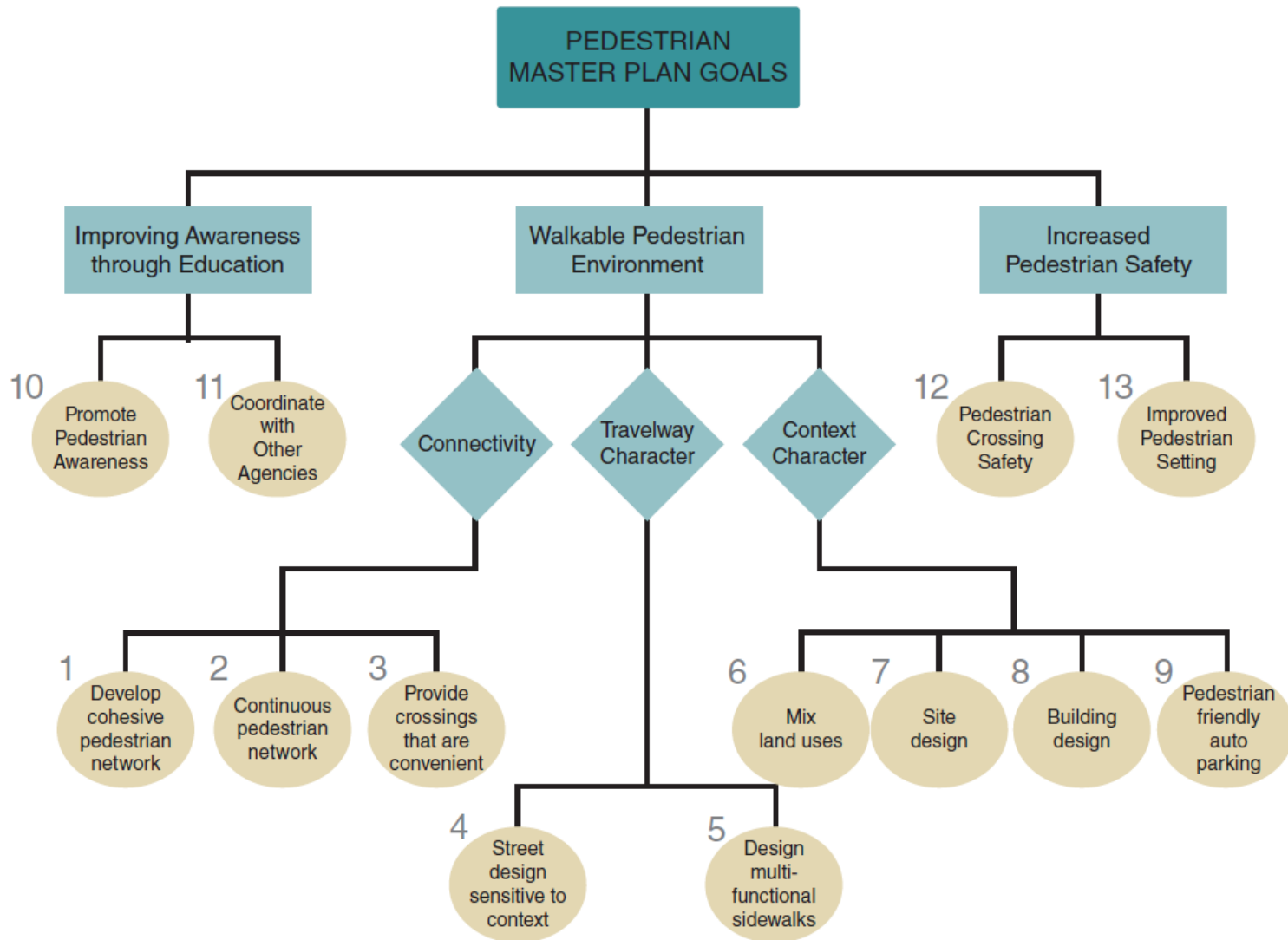
Transit Quality of Services

LOS	Load Factor	Standing Passenger Area		Comments
	(p/seat)	(ft ² /p)	(m ² /p)	
A	0.00-0.50	>10.8†	>1.00†	No passenger need sit next to another
B	0.51-0.75	8.2-10.8†	0.76-1.00†	Passengers can choose where to sit
C	0.76-1.00	5.5-8.1†	0.51-0.75†	All passengers can sit
D	1.01-1.25*	3.9-5.4	0.36-0.50	Comfortable standee load for design
E	1.26-1.50*	2.2-3.8	0.20-0.35	Maximum schedule load
F	>1.50*	<2.2	<0.20	Crush load

LOS	Travel Time Difference (min)	Comments
A	≤0	Faster by transit than by automobile
B	1-15	About as fast by transit as by automobile
C	16-30	Tolerable for choice riders
D	31-45	Round-trip at least an hour longer by transit
E	46-60	Tedious for all riders; may be best possible in small cities
F	>60	Unacceptable to most riders



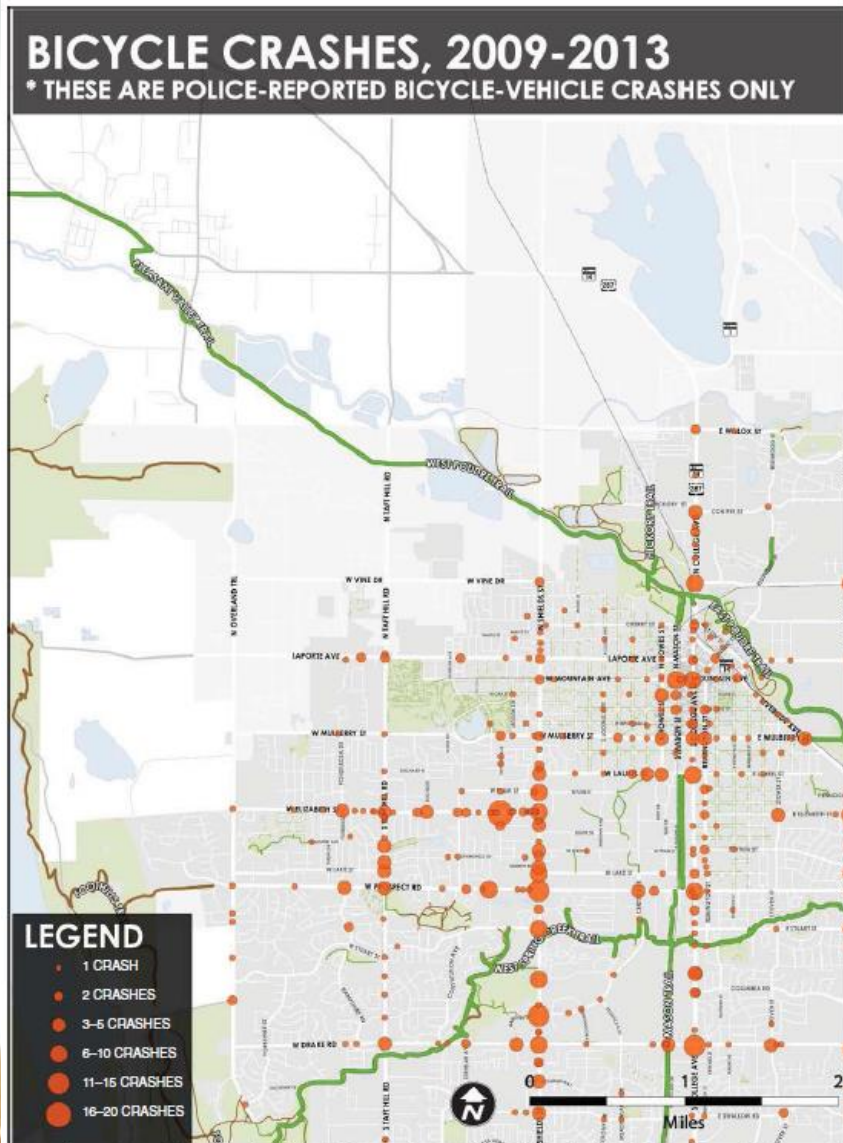
Pedestrian and bicyclist



Source: City of Sacramento, 2006



Pedestrian and bicyclist



Source: http://www.fcgov.com/bicycling/pdf/appendix_b_state_of_bicycling_in_fort_collins.pdf

Figure 13-2. Bicycle Network Gaps Analysis, Seattle, Washington

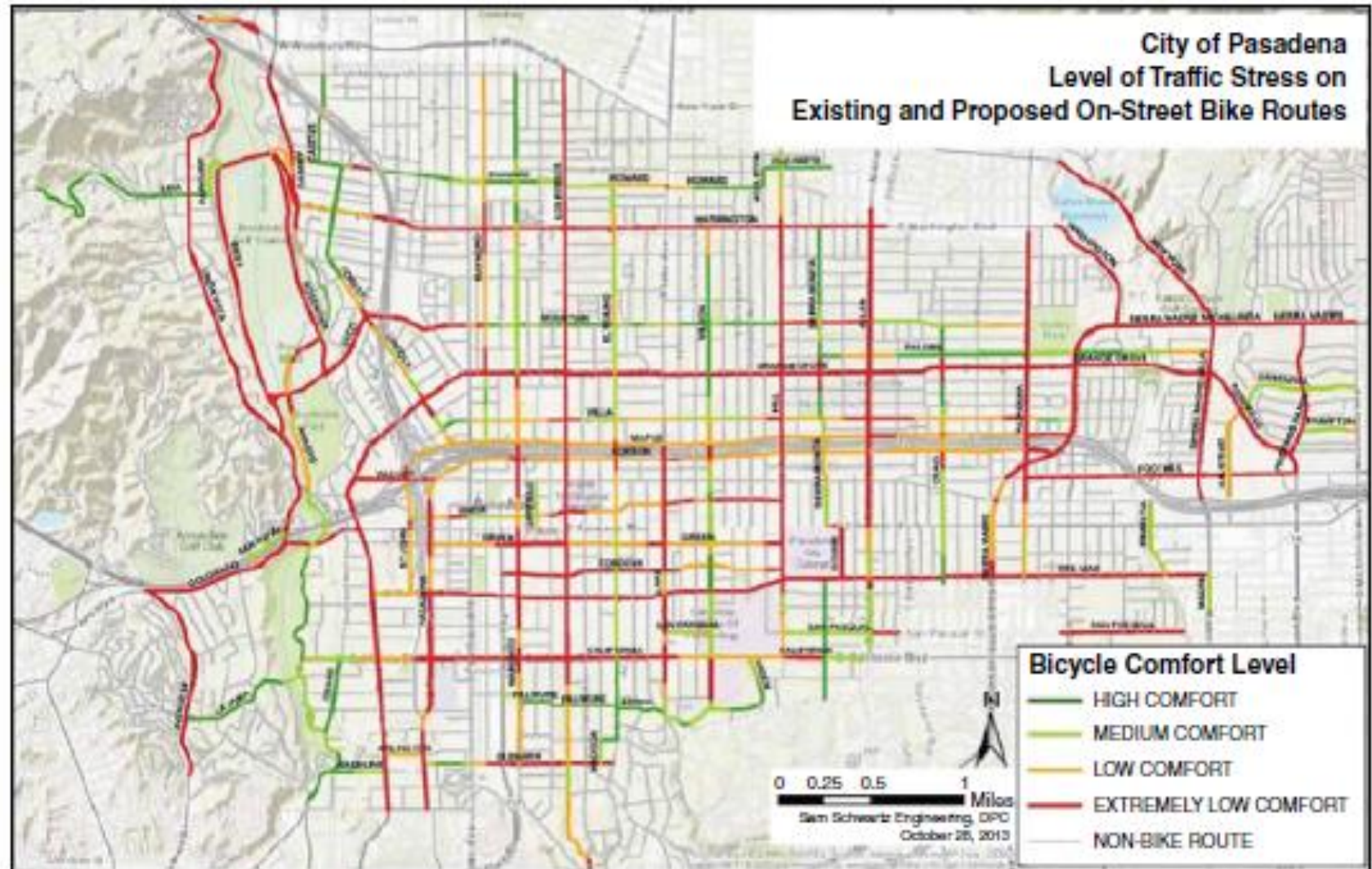


Source: City of Seattle, 2012



Pedestrian and bicyclist

Figure 13-4. Application Traffic Stress Level Data In Defining Bicyclist Comfort Level, Pasadena, California



Source: City of Pasadena, 2015



Artificial Intelligence (AI) & Big Data Analytics For Transport Planning

โดย

ดร.พีรพล สิทธิวิจารณ์





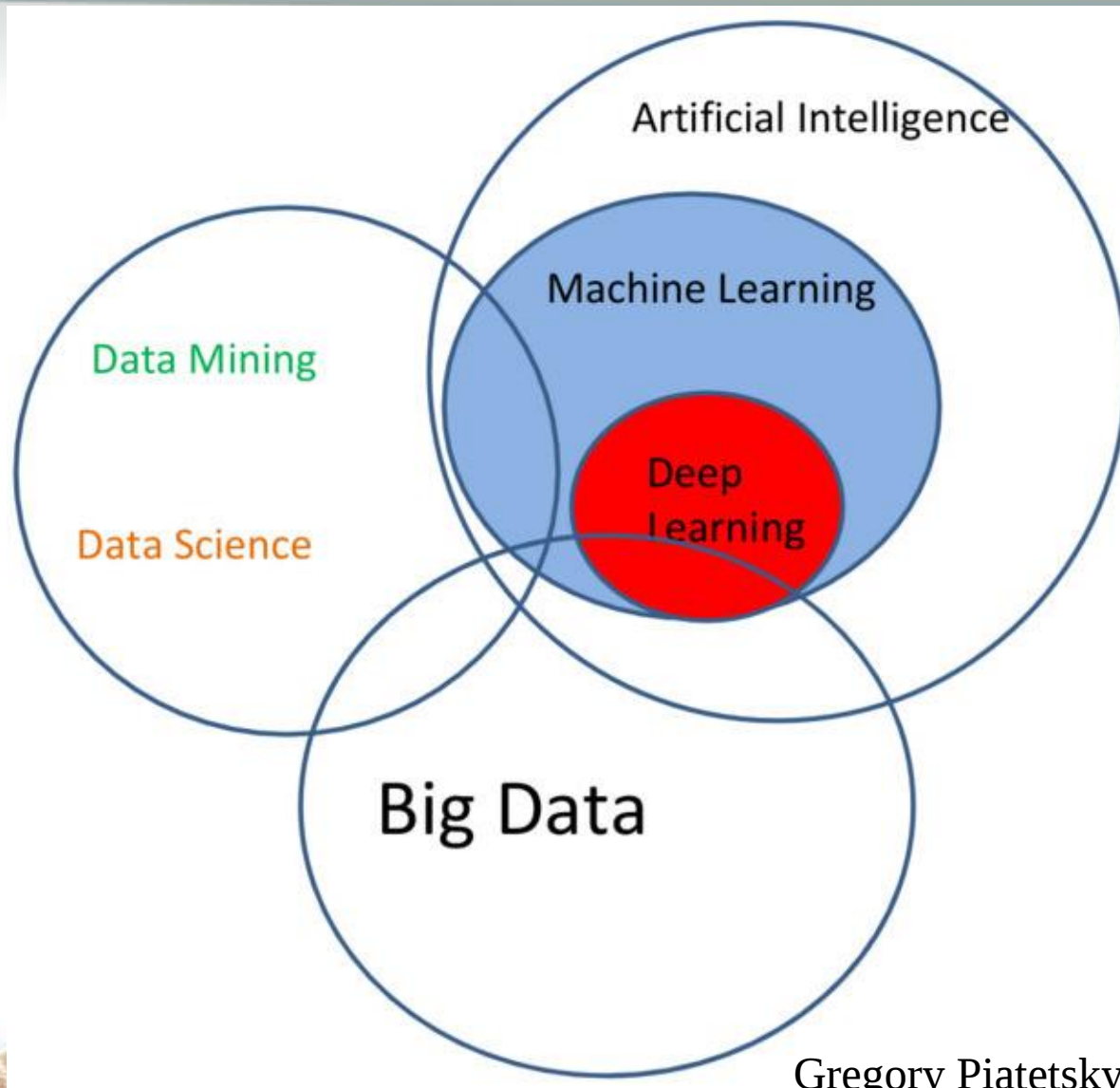
Topics

- AI and Big Data Analytics
- Applications in Transportation





AI, ML and Big Data



Gregory Piatetsky-Shapiro, 2016



Big Data

- Data sets whose size or type is beyond the ability of traditional relational databases to capture, manage, and process
- High volume, high velocity, or high variety
- Allows business to make better and faster decisions using data that was previously inaccessible or unusable

Source: IBM, 2018





Machine Learning

“A computer program is said to learn from experience with respect to some class of tasks and performance measure, if its performance at tasks improves with more experience”,
Mitchell (1997)





Artificial intelligence (AI) model

-John McCarthy first coined the term artificial intelligence in 1956

-Definition by Amazon “the field of computer science dedicated to *solving cognitive problems commonly associated with human intelligence*, such as learning, problem solving, and *pattern recognition*”





Efficiency of AI models

Google AlphaGo Zero Beat 18-time world champion Lee Sedol





Efficiency of AI models

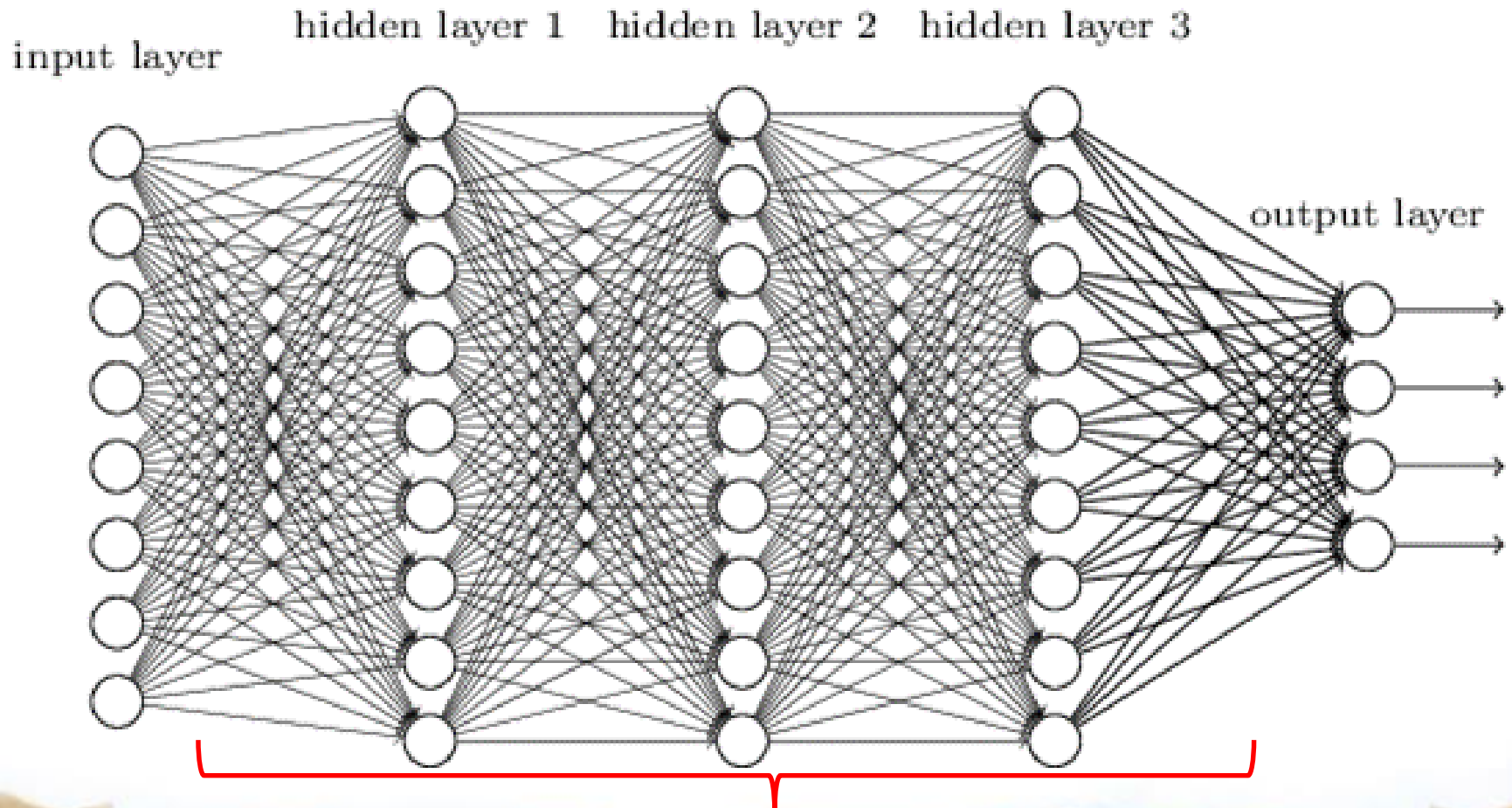
- AI Can Diagnose Heart Disease and Lung Cancer More Accurately Than Doctors (Futurism, 2018)
- AI Beats Doctors at Cancer Diagnoses (USNEWS, 2018)





Basic AI Model

Deep Learning Feed Forward Network



If depth is enough, DLN can represent any function



XOR function

XOR

x	y	$x \oplus y$
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0



XOR function

$$f(x_1, x_2) = c_0 + c_1x_1 + c_2x_2$$

$$c_0 = 0.5$$

$$c_1 = 0$$

$$c_2 = 0$$



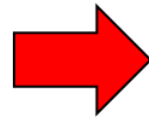


XOR function

XOR		
x	y	$x \oplus y$
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Input Unit

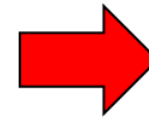
0	0
0	1
1	0
1	1



$$W = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}$$
$$c = \begin{bmatrix} 0 \\ -1 \end{bmatrix}$$

hidden Unit

0	0
1	0
1	0
2	1



$$w = \begin{bmatrix} 1 \\ -2 \end{bmatrix}$$
$$b = 0$$

Output Unit

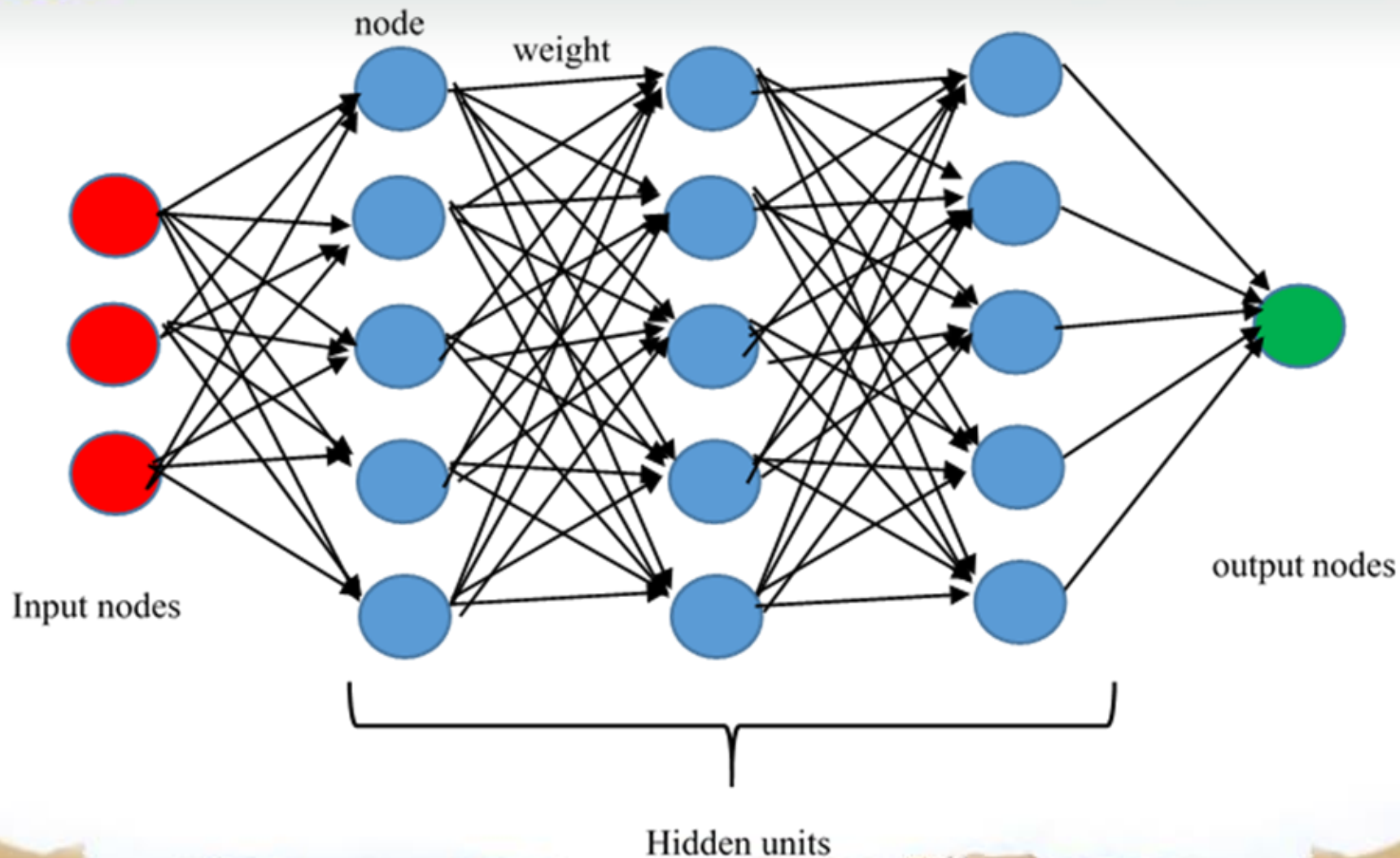
0
1
1
0

$$\max\{0, W^T x + c\}$$

$$w^T \max\{0, W^T x + c\} + b$$



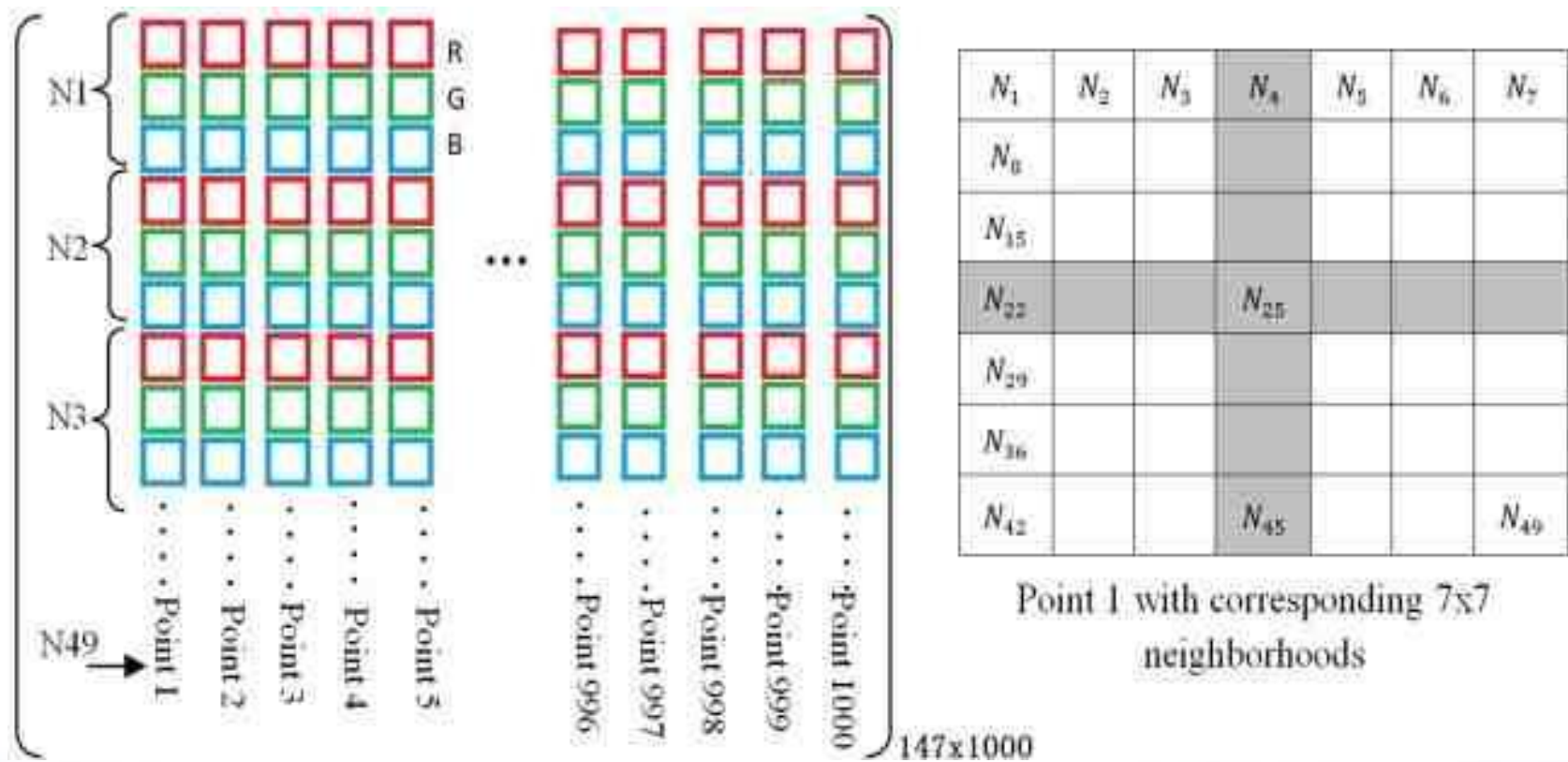
Fully Connected Multi-layer Perceptron





Fully Connected Multi-layer Perceptron

- Input Layer : เป็นส่วนที่รับข้อมูลนำเข้าสู่แบบจำลอง FC โดยข้อมูลนำเข้าจะต้องถูกแปลงให้อยู่ในรูป Vector ที่มีขนาด 1 มิติเสมอ (Vectorization)





Fully Connected Multi-layer Perceptron

- Output Layer : เป็นชั้นสุดท้ายของ FC โดย Node ใน Output Layer จะรับข้อมูลจาก Node ใน Hidden Layer เพื่อนำมาแปลงเป็นผลลัพธ์ (Output)
- Hidden layer : เป็น layer ระหว่าง input และ output layer
- Activation Function : เป็น function ที่ถูกกำหนดไว้ใน hidden node และ output node โดยใช้ร่วมกับ weight ของ input แต่ละตัวที่เข้ามาใน node นั้น เพื่อใช้ในการคำนวณค่า output จาก node นั้น



Activation Function

- Rectified Linear Unit (ReLU)

$$h = g(W^T x + b)$$

h คือ ผลลัพธ์ (Output) ที่ได้จาก Rectified Linear Unit

g คือ Rectified Linear Unit Activation Function

W คือ Weight ของ Input Node แต่ละ Node

x คือ vector ของข้อมูล Input

b คือ ค่าคงที่สำหรับ Rectified Linear Unit Function



Activation Function

- Maxout unit

$$g(x)_i = \max_{j \in G^{(i)}} x_j$$

g คือ Maxout Unit Activation Function

$\max_{j \in G^{(i)}}$ คือ Operation ที่เลือกข้อมูลที่มีค่าสูงสุดในกลุ่มข้อมูล $G^{(i)}$

x คือ ข้อมูล input

x_j คือ กลุ่มของข้อมูล input j ที่ถูกแบ่งให้อยู่ในกลุ่ม $G^{(i)}$

W คือ Weight ของ Input Node แต่ละ Node



Activation Function

- Logistics sigmoid (2-class classification)

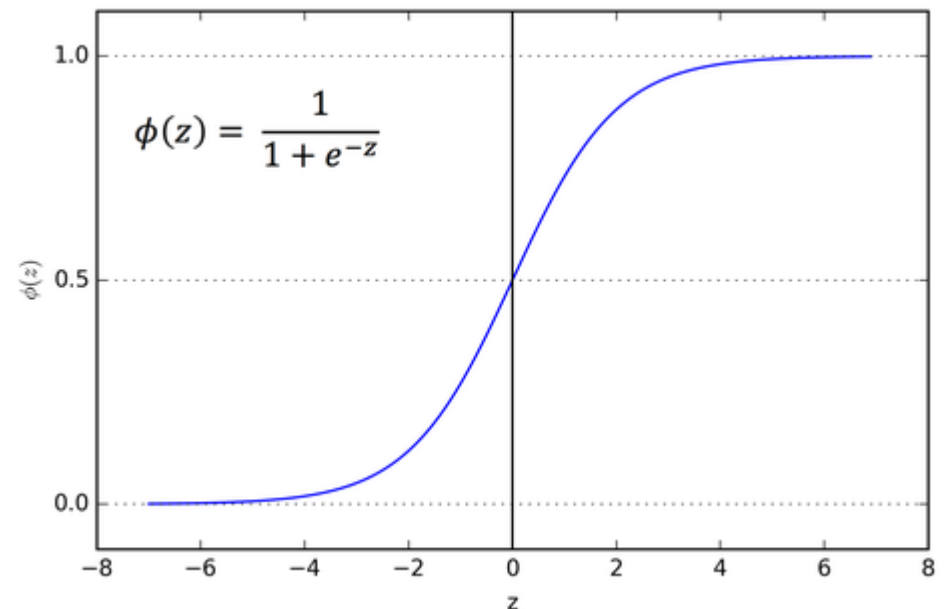
$$g(x) = \frac{1}{1 + e^{-wx}}$$

g คือ Logistics Sigmoid Activation Function

x คือ ข้อมูล input

W คือ Weight ของ Input Node แต่ละ Node

e คือ Natural Logarithm





Activation Function

- Softmax (n-class classification)

$$g(x) = \frac{e^{wx_i}}{\sum_{j=1}^n e^{wx_j}}$$

g คือ Softmax Unit Activation Function

x คือ ข้อมูล input

W คือ Weight ของ Input Node แต่ละ Node

e คือ Natural Logarithm



Loss Function

- คำนวณเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองปัญญาประดิษฐ์กับข้อมูลจริงที่ใช้ในการ Train แบบจำลอง
- เพื่อให้ความแตกต่างระหว่างผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองกับข้อมูลจริงมีค่าน้อยที่สุด

- ค่า Mean Squared Error (MSE) = $\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2$

- ค่า Root Mean Squared Error (RMSE) = $\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2}$

- ค่า Mean Absolute Error (MAE) = $\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |Y_i - \hat{Y}_i|$

- ค่า Mean Absolute Percentage Error (MAPE) = $\frac{100\%}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{Y_i - \hat{Y}_i}{Y_i} \right|$



Back Propagation

- วิธีการที่ใช้ในการปรับค่า Weight ของ แต่ละ Input Node
- เพื่อลด Loss ระหว่างผลลัพธ์จากแบบจำลองและข้อมูลจริง
- เริ่มทำจาก Output Layer ย้อนกลับไปหา Input Layer โดยใช้หลักการของ Gradient Descent



Back Propagation

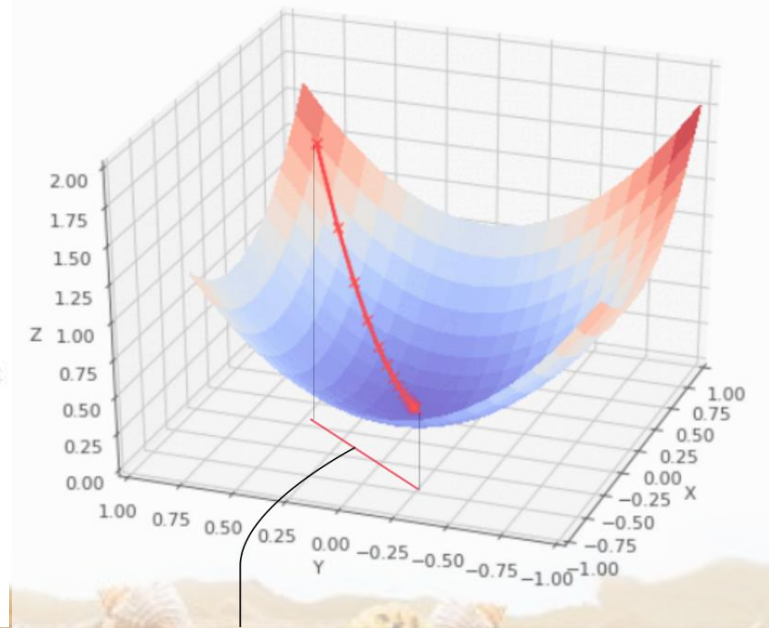
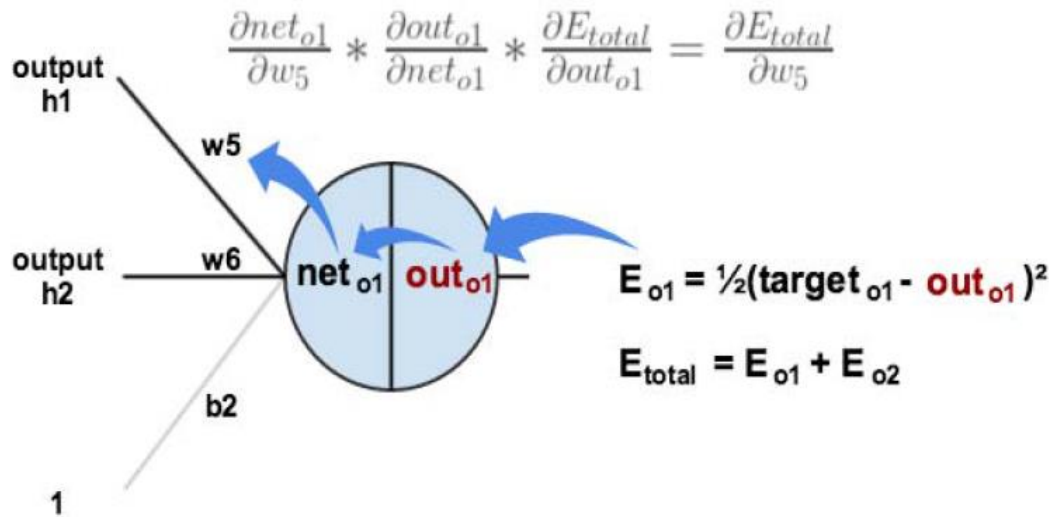
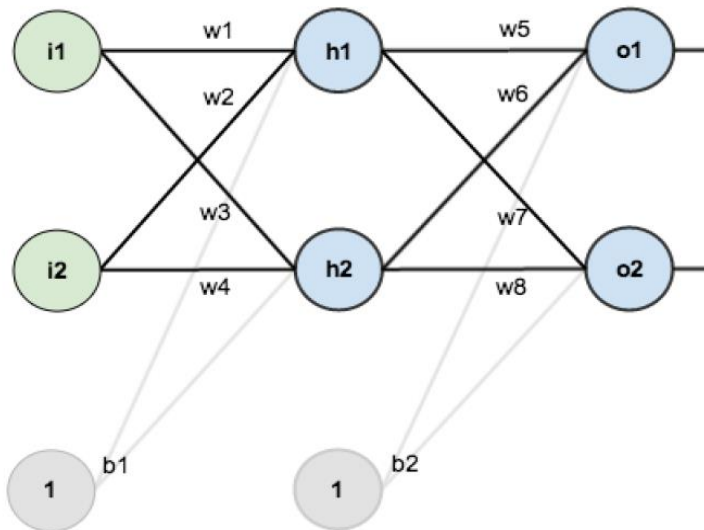
Summary: the equations of backpropagation

$$\delta^L = \nabla_a C \odot \sigma'(z^L) \quad (\text{BP1})$$

$$\delta^l = ((w^{l+1})^T \delta^{l+1}) \odot \sigma'(z^l) \quad (\text{BP2})$$

$$\frac{\partial C}{\partial b_j^l} = \delta_j^l \quad (\text{BP3})$$

$$\frac{\partial C}{\partial w_{jk}^l} = a_k^{l-1} \delta_j^l \quad (\text{BP4})$$

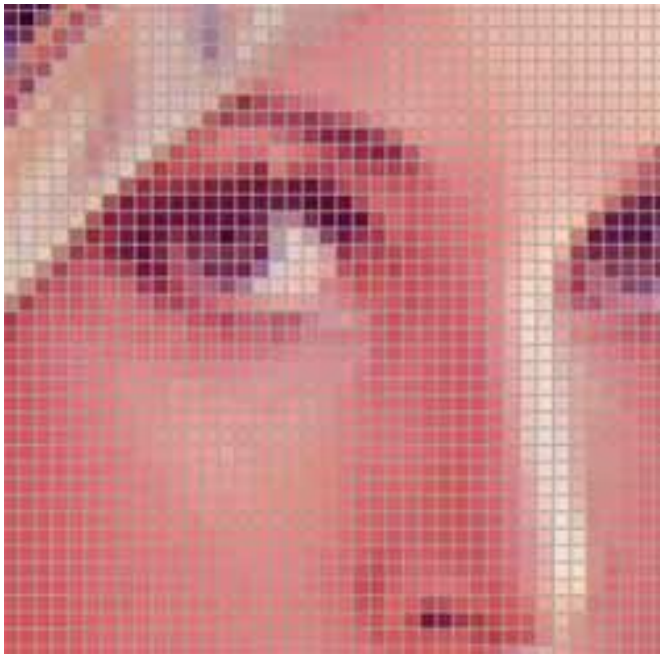


Real Trajectory of G.D.



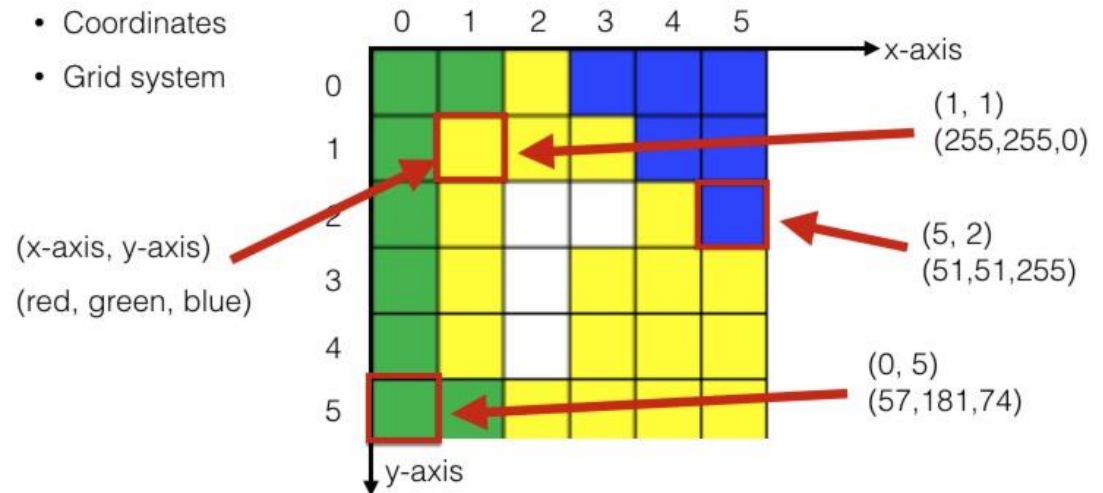
Convolution Neural Network (CNN)

- Image data



Understanding the pixel grid

- Coordinates
- Grid system





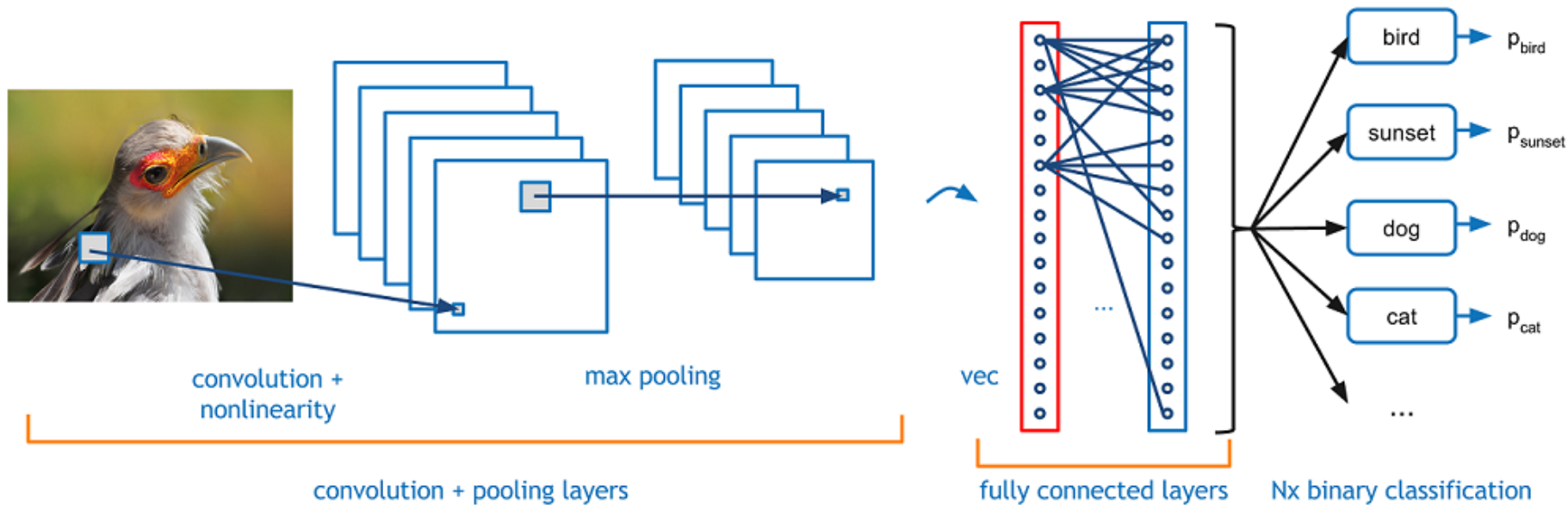
Convolution Neural Network (CNN)



What We See

```
08 02 22 97 38 15 00 40 00 75 04 05 07 78 52 12 50 77 31 08
49 49 99 40 17 81 18 57 60 87 17 40 98 43 69 48 04 56 62 00
81 49 31 73 55 79 14 29 99 71 40 67 53 88 30 03 49 13 34 65
52 70 95 23 04 60 11 42 69 24 68 56 01 32 56 71 37 02 34 91
22 31 16 71 51 67 63 89 41 92 36 54 22 40 40 28 66 33 13 80
24 47 32 60 99 03 45 02 44 75 33 53 78 36 84 20 35 17 12 30
32 98 81 28 64 23 67 10 24 38 40 67 59 54 70 66 18 38 64 70
67 26 20 68 02 62 12 20 95 63 94 39 63 08 40 91 66 49 94 21
24 55 58 05 66 73 99 26 97 17 78 78 96 83 14 88 34 89 63 72
21 36 23 09 75 00 76 44 20 45 35 14 00 61 33 97 34 31 33 95
78 17 53 28 22 75 31 67 15 94 03 80 04 62 16 14 09 53 56 92
16 39 05 42 96 35 31 47 55 58 88 24 00 17 54 24 36 29 85 57
86 56 00 48 35 71 89 07 05 44 46 37 44 60 21 58 51 54 17 58
19 80 81 68 05 94 47 69 28 73 92 13 86 52 17 77 04 89 55 40
04 52 08 83 97 35 99 16 07 97 57 32 16 26 26 79 33 27 98 66
88 36 68 87 57 62 20 72 03 46 33 67 46 55 12 32 63 93 53 69
04 42 16 73 38 25 39 11 24 94 72 18 08 46 29 32 40 62 76 36
20 69 36 41 72 30 23 88 34 62 99 69 82 67 59 85 74 04 36 16
20 73 35 29 78 31 90 01 74 31 49 71 48 86 81 16 23 57 05 54
01 70 54 71 83 51 54 69 16 92 33 48 61 43 52 01 89 19 67 48
```

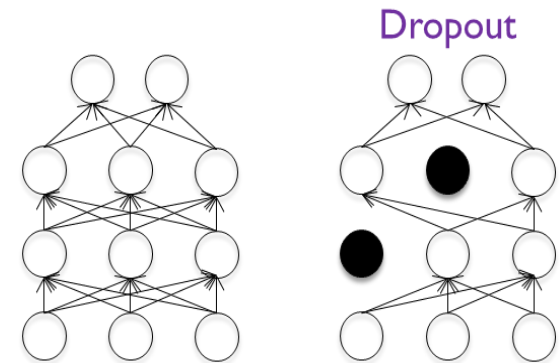
What Computers See





Convolution Neural Network (CNN)

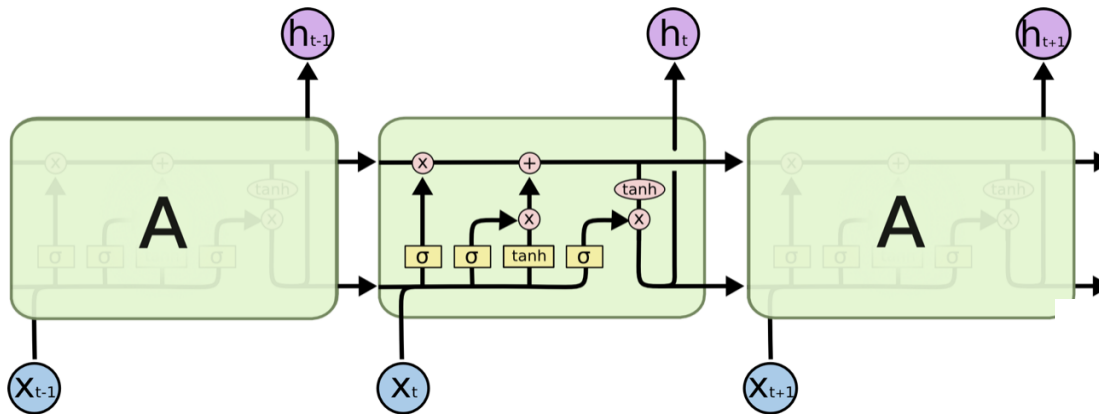
- ชั้น Convolution : ประมวลผลข้อมูลด้วยการใช้เคอร์เนลแบบหลายมิติ โดยหากเป็นข้อมูลภาพจะใช้เคอร์เนลขนาด 2 มิติ หรืออาจเรียกว่าหน้าต่างเพื่อสกัดคุณลักษณะที่สำคัญของข้อมูลในบริเวณใกล้เคียง
- ชั้น Pooling : สรุปค่าจากชั้นก่อนหน้าให้เหลือเพียงค่าเดียวในหน้าต่างหนึ่ง ๆ โดยใช้ค่าทางสถิติ เช่น การใช้ค่าที่มากที่สุดหรือค่าเฉลี่ยในการแทนค่ากลุ่มนั้น
- ชั้น Dropout : การละการคำนวณของโหนดบางโหนดออกไปแบบสุ่มในแต่ละรอบการประมวลผล เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหา Overfitting
- ชั้น Softmax เพื่อ classify ข้อมูล output



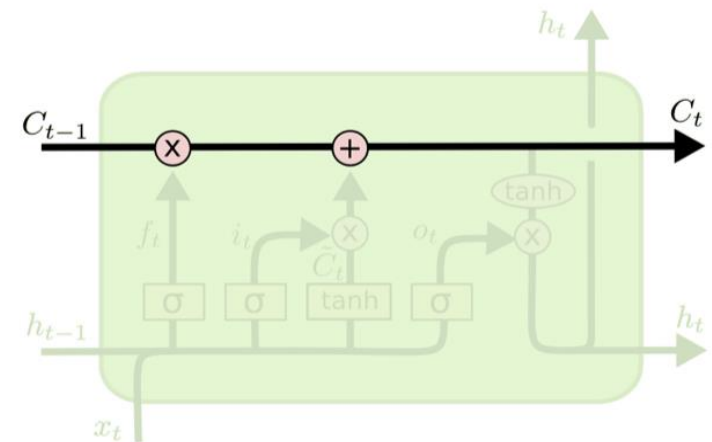


Long-short Term Memory (LSTM)

- นิยมนำมาใช้กับข้อมูลที่มีลำดับของเวลา (Sequential Data) เข้ามาเกี่ยวข้อง
- สามารถนำข้อมูลในอดีตมาประมวลผลเก็บไว้ในหน่วยความจำ ภายในแบบจำลองได้อย่างมีประสิทธิภาพ หน่วยความจำดังกล่าวจะถูกเรียกขึ้นและนำไปประกอบกับข้อมูลปัจจุบัน



The repeating module in an LSTM contains four interacting layers.



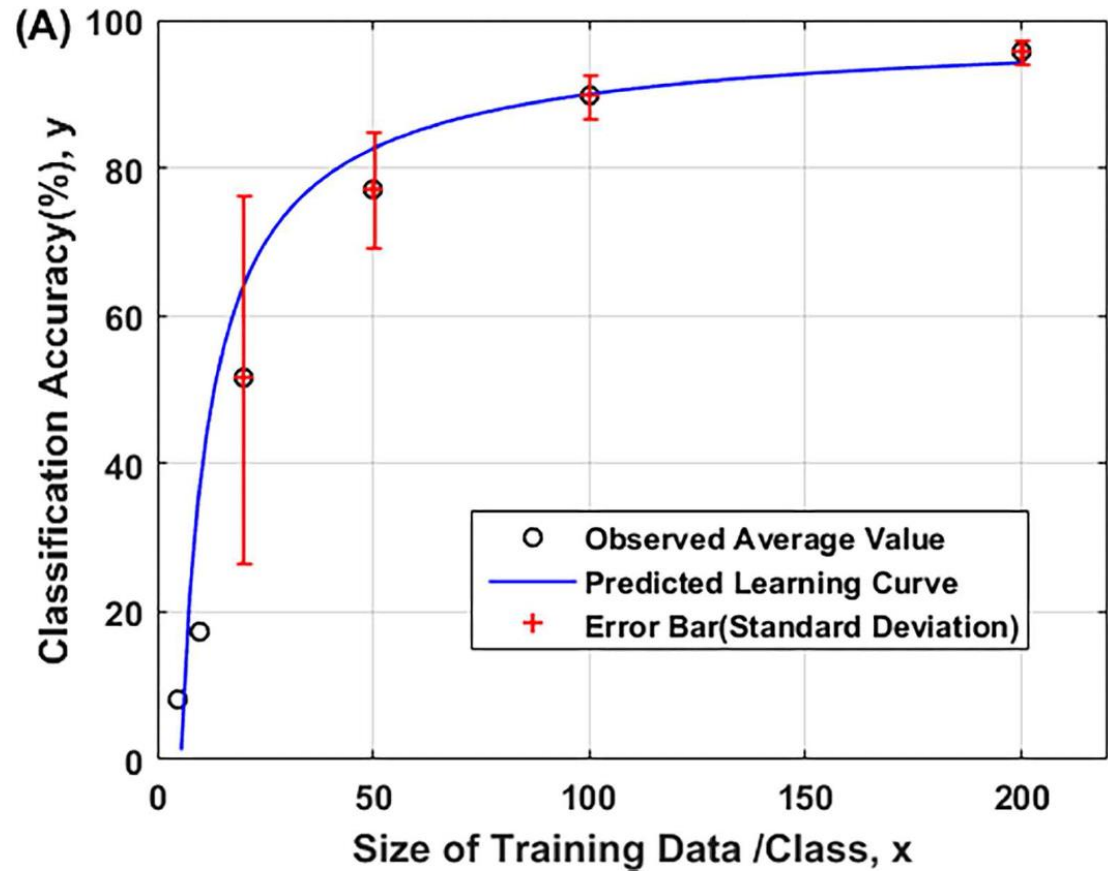
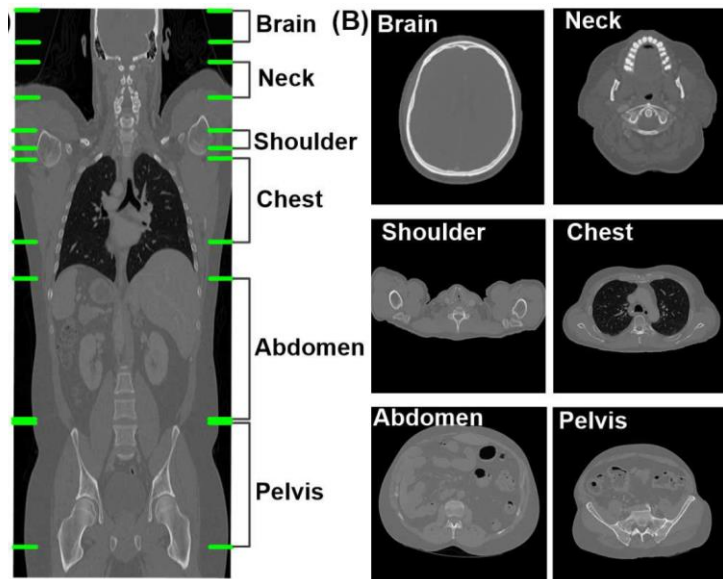


Long-short Term Memory (LSTM)

- 1) แบบจำลอง LSTM สร้างขึ้นโดยมีข้อมูลตั้งต้น (Input) คือ X ซึ่งเป็นข้อมูลที่มีลำดับของเวลา (Sequential data หรือ Time series data) และต้องการผลลัพธ์ (Output) คือ h ซึ่งเป็นข้อมูลที่มีลำดับของเวลาเช่นเดียวกัน เช่น ปริมาณฝนที่ตกในวันนี้ และตัวอย่างของข้อมูล h คือ ปริมาณฝนที่จะตกวันถัดไป เป็นต้น
- 2) สร้างกลุ่มประมวลผลย่อย (Block หรือ Module) ขึ้นตามจำนวนของเวลา (Time Steps) ที่ต้องการจะให้แบบจำลองเรียนรู้
- 3) ข้อมูลตั้งต้นจะเข้าไปใน Module แรก และถูกนำไปรวมกับผลลัพธ์ของหน่วยก่อนหน้า (h_{t-1}) ถ้าเป็นหน่วยแรก จะไม่มีข้อมูลผลลัพธ์จาก Module ก่อนหน้า ($h_{t-1} = 0$) และไม่มีหน่วยความจำก่อนหน้า ($C_{t-1} = 0$)
- 4) ในช่วง Training ค่าผลลัพธ์ที่ได้จาก Module ทั้งหมดจะถูกนำไปรวม และเปรียบเทียบกับค่าจริง เพื่อคำนวณปรับค่า Weights จนกว่าจะได้ค่า Weights ที่ทำให้ค่าผลลัพธ์ที่ได้จาก Module มีความใกล้เคียงกับค่าจริง



Size of Training Data and Accuracy





Applications in Transportation



Deep multi-view spatial-temporal network for taxi demand prediction (2018)

วัตถุประสงค์

- คาดการณ์ความต้องการเรียกใช้บริการรถแท็กซี่ในระยะเวลา 30 นาทีในอนาคต

ข้อมูล big data

- ข้อมูลการเรียกใช้บริการรถแท็กซี่ผ่าน application Didi Chuxing (คล้ายกับ Uber), ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศ, สภาพอากาศ

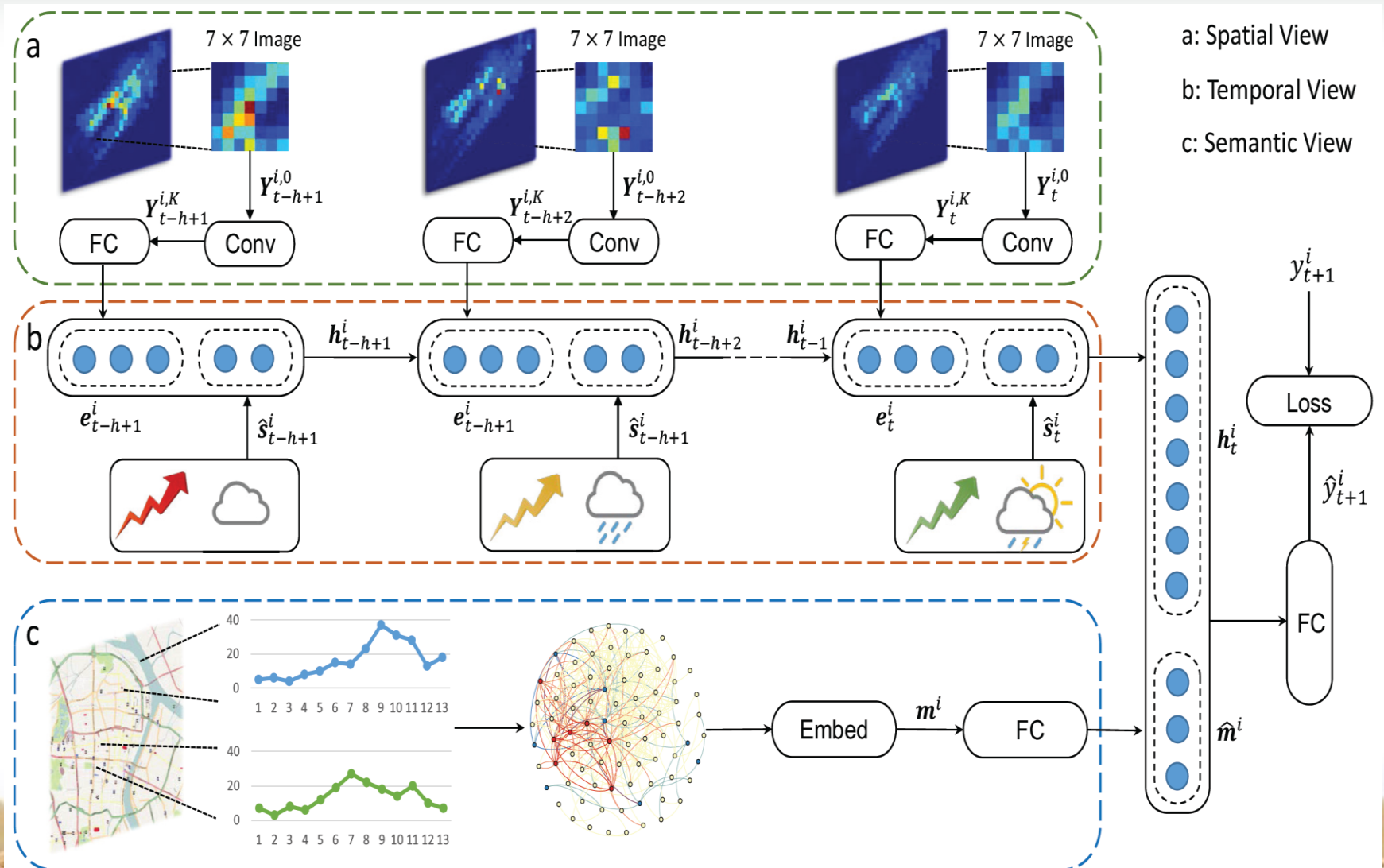
แบบจำลอง AI

- Combination of CNN + LSTM + Semantic model





Deep multi-view spatial-temporal network for taxi demand prediction (2018)





The station-free sharing bike demand forecasting with a deep learning approach and large-scale datasets (2018)

วัตถุประสงค์

- การพยากรณ์ trip production และ trip attraction สำหรับความต้องการใช้งานจักรยานใน traffic analysis zones (TAZs) ซึ่งมีทั้งหมด 118 โซนในเมือง Nanjing ในแต่ละวัน

ข้อมูล big data

- ข้อมูลจาก application การเช่าใช้จักรยานสาธารณะในเมือง Nanjing ประเทศจีน, land use, สภาพอากาศ, คุณภาพอากาศ

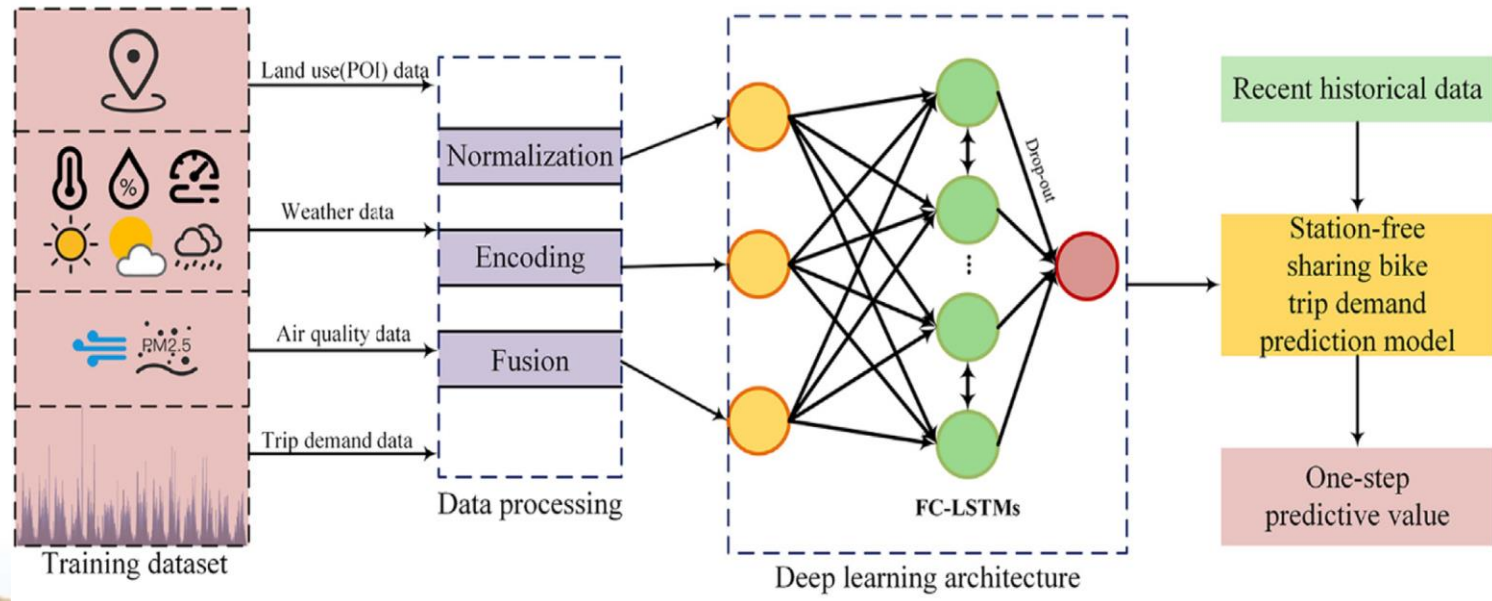
แบบจำลอง AI

- LSTM





The station-free sharing bike demand forecasting with a deep learning approach and large-scale datasets (2018)





Combining time-series and textual data for taxi demand prediction in event areas: A deep learning approach (2019)

วัตถุประสงค์

- พยากรณ์ความต้องการการใช้รถแท็กซี่ในเมือง New York City

ข้อมูล big data

- ข้อมูลการเรียกใช้บริการรถแท็กซี่เป็นข้อมูลที่ได้จาก NYC Taxi & Limousine Commission ระหว่างเดือนมกราคม ปี ค.ศ. 2009 ถึง เดือนมิถุนายน ค.ศ. 2016 โดยจำนวนข้อมูลทั้งหมดเท่ากับ 1.1 พันล้านครั้งของการเรียกใช้บริการรถแท็กซี่ (taxi trips), ข้อมูลงานแสดงต่าง ๆ ในเมือง New York (text)

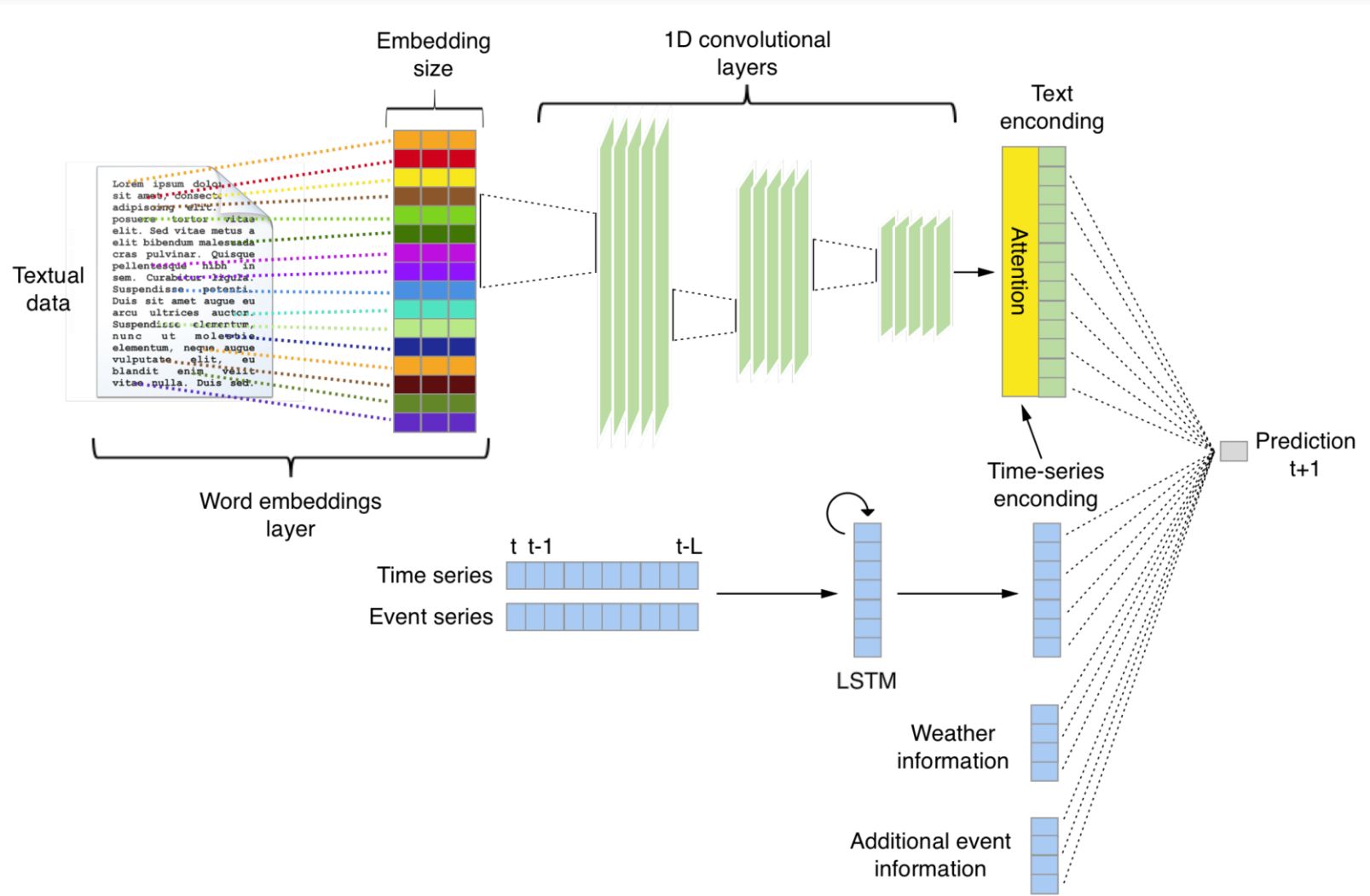
แบบจำลอง AI

- LSTM and fully connected DNN



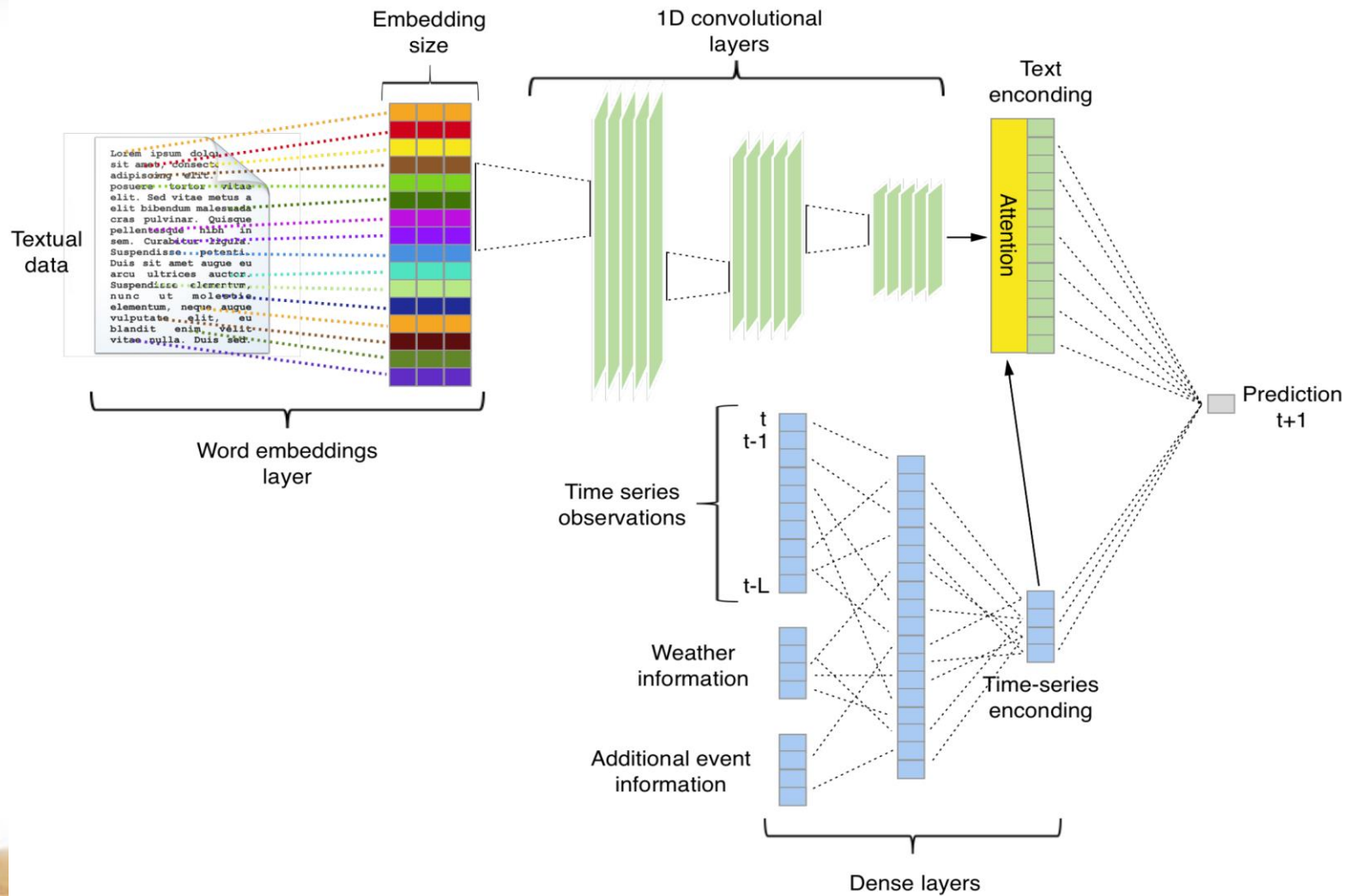


Combining time-series and textual data for taxi demand prediction in event areas: A deep learning approach (2019)





Combining time-series and textual data for taxi demand prediction in event areas: A deep learning approach (2019)





Deep-learning architectures to forecast bus ridership at the stop and stop-to-stop levels for dense and crowded bus networks (2016)

วัตถุประสงค์

- คาดการณ์ความต้องการใช้บริการรถโดยสารสาธารณะ bus rapid transit ในกรุงโซล ในเส้นทางต่าง ๆ แต่ละวัน (daily ridership)

ข้อมูล big data

- ข้อมูล smart-card data จากระบบ bus rapid transit

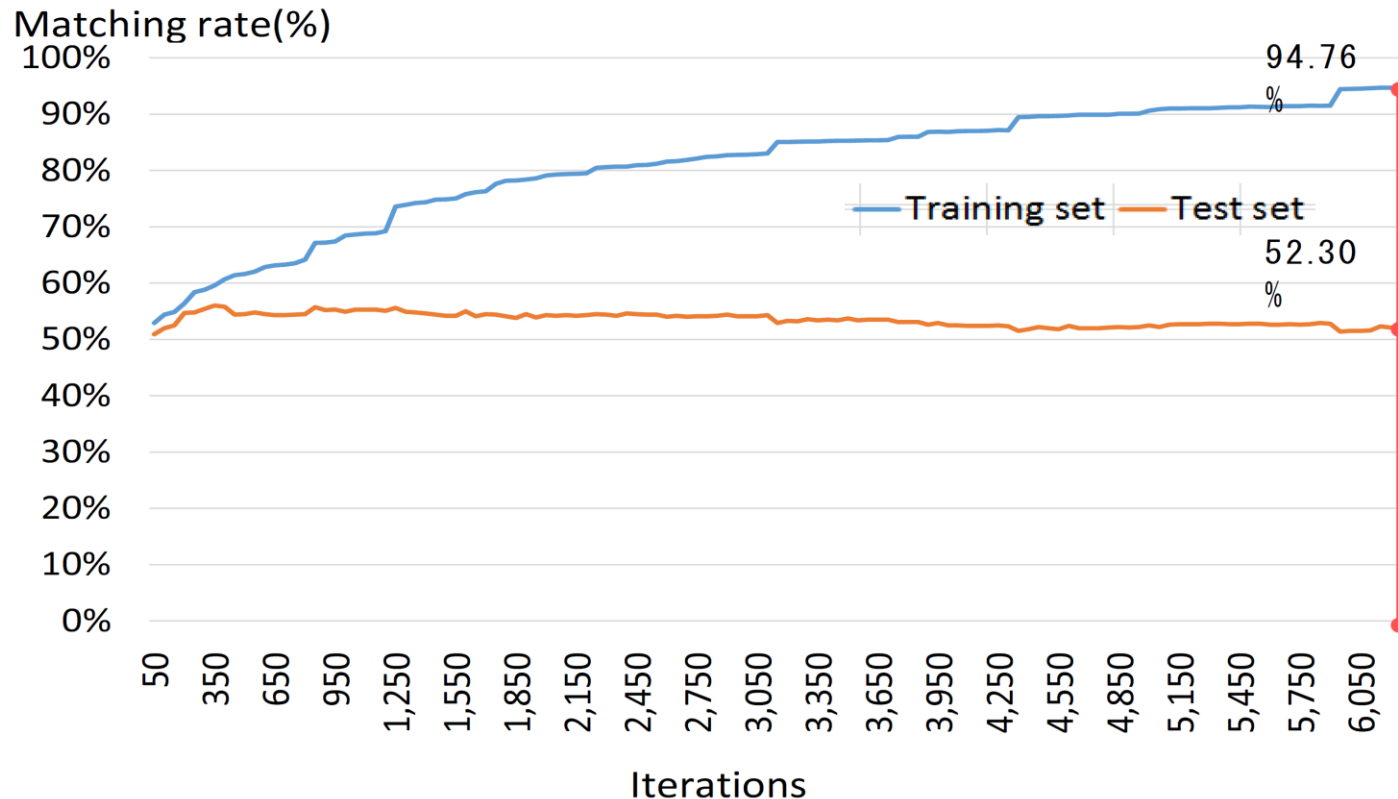
แบบจำลอง AI

- Fully connected DNN





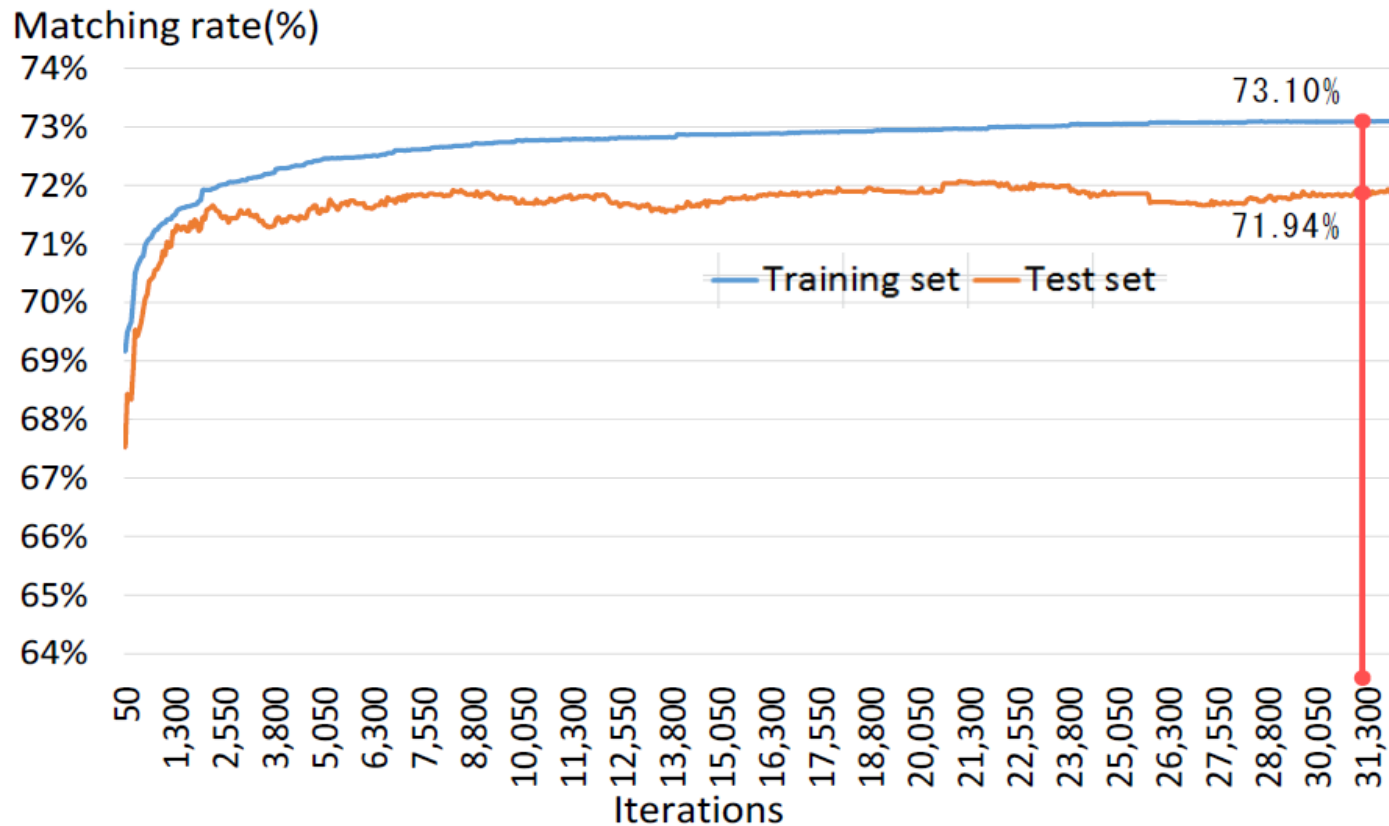
Deep-learning architectures to forecast bus ridership at the stop and stop-to-stop levels for dense and crowded bus networks (2016)



Stop level: Training data = 25,551 data points



Deep-learning architectures to forecast bus ridership at the stop and stop-to-stop levels for dense and crowded bus networks (2016)



Stop to stop : Training data = 457,525 data points



Forecasting the air transport demand for passengers with neural modelling (2002)

วัตถุประสงค์

- พยากรณ์จำนวนผู้โดยสารโดยเครื่องบินในประเทศ Brazil รายปี

ข้อมูล big data

- จำนวนผู้โดยสารในแต่ละเส้นทางบินระหว่างปี ค.ศ 1992-1997 รายได้จากการขายตั๋ว จำนวนครั้งที่ landing จำนวนปลายทางที่ให้บริการ

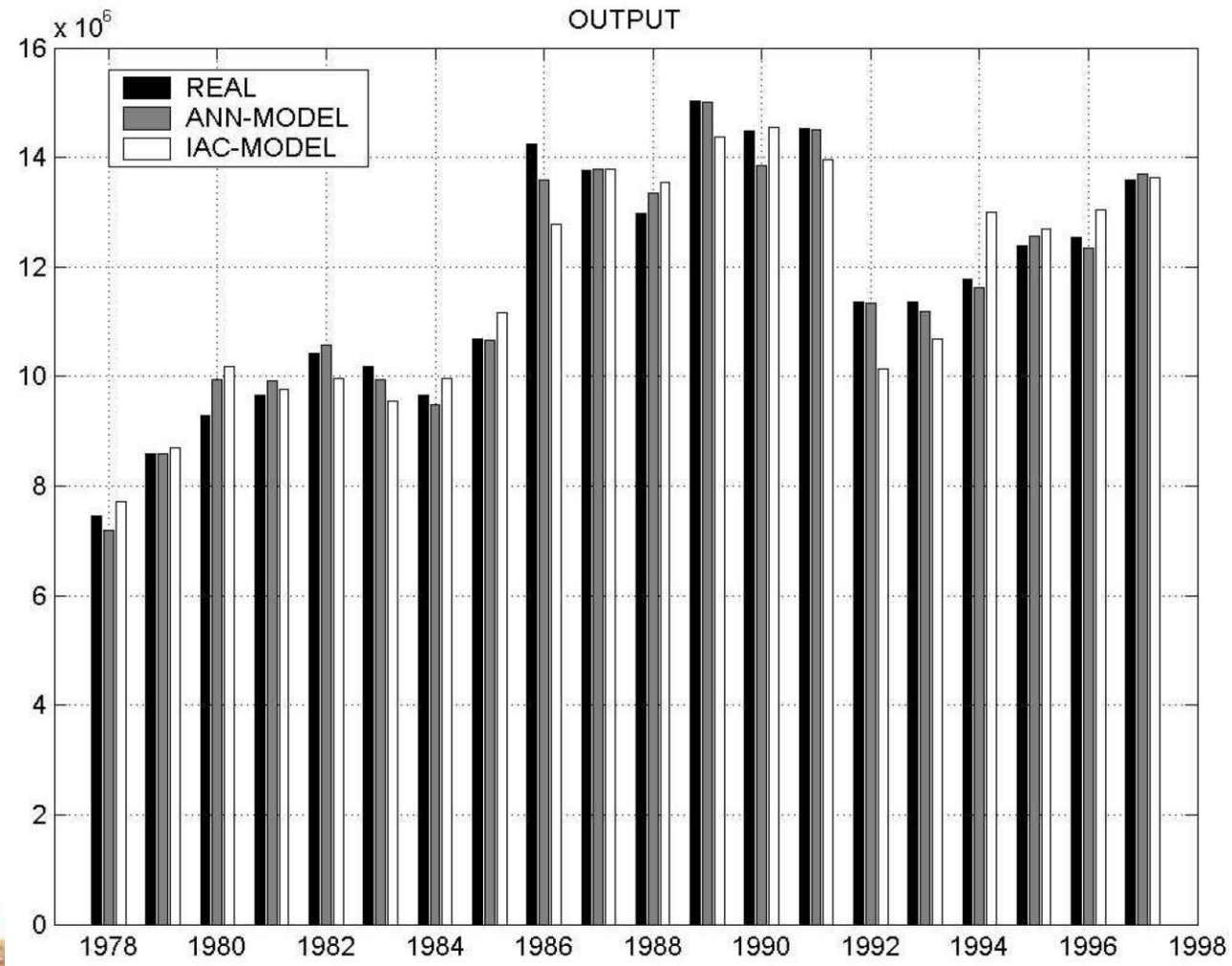
แบบจำลอง AI

- Neural network





Forecasting the air transport demand for passengers with neural modelling (2002)





A multi-pattern deep fusion model for short-term bus passenger flow forecasting (2017)

วัตถุประสงค์

- การคาดการณ์ปริมาณผู้โดยสารของรถโดยสารประจำทางรายวัน

ข้อมูล big data

- ข้อมูลจำนวนผู้โดยสารรายวันจาก automatic fare collection system

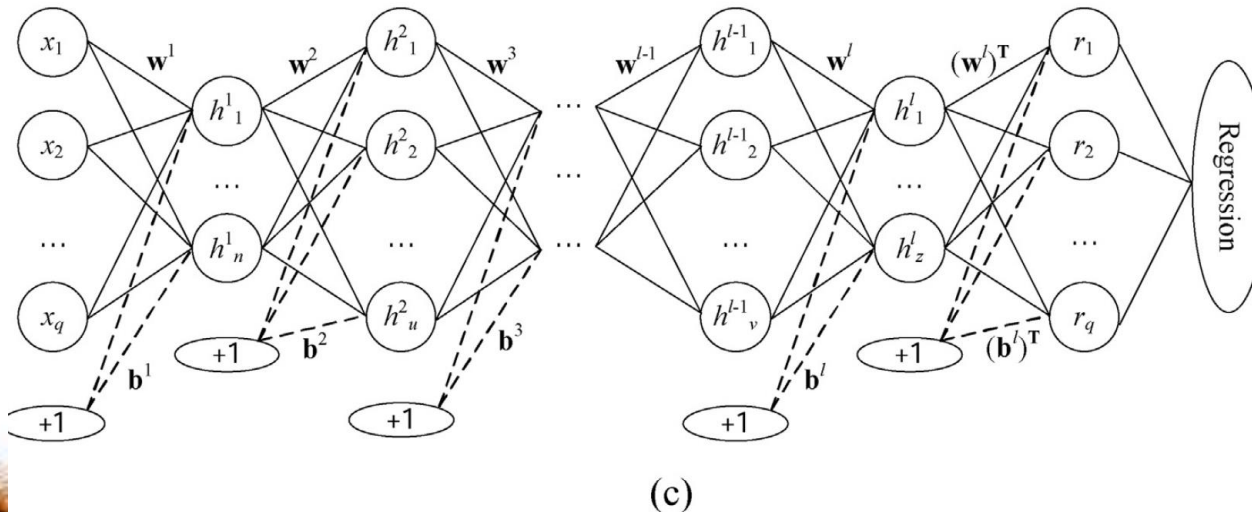
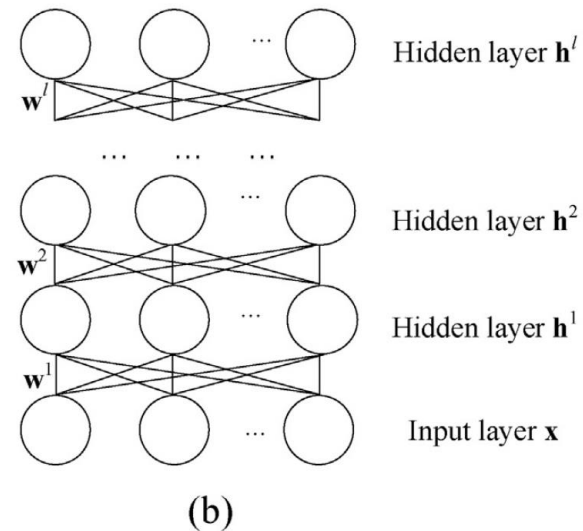
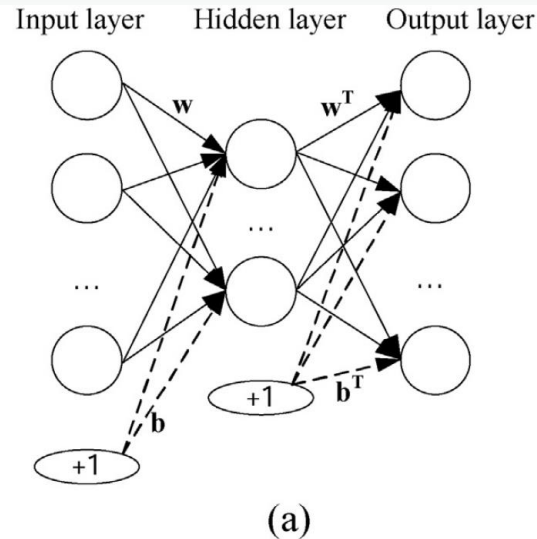
แบบจำลอง AI

- autoencoder (unsupervised) + deep belief network





A multi-pattern deep fusion model for short-term bus passenger flow forecasting (2017)





A novel passenger flow prediction model using deep learning methods (2017)

วัตถุประสงค์

- คาคการณ์จำนวนผู้โดยสารของระบบ bus rapid transit รายชั่วโมง

ข้อมูล big data

- จำนวนผู้โดยสารของระบบ bus rapid transit ในเมือง Xiamen ประเทศจีน ในแต่ละชั่วโมง จาก smart card system

แบบจำลอง AI

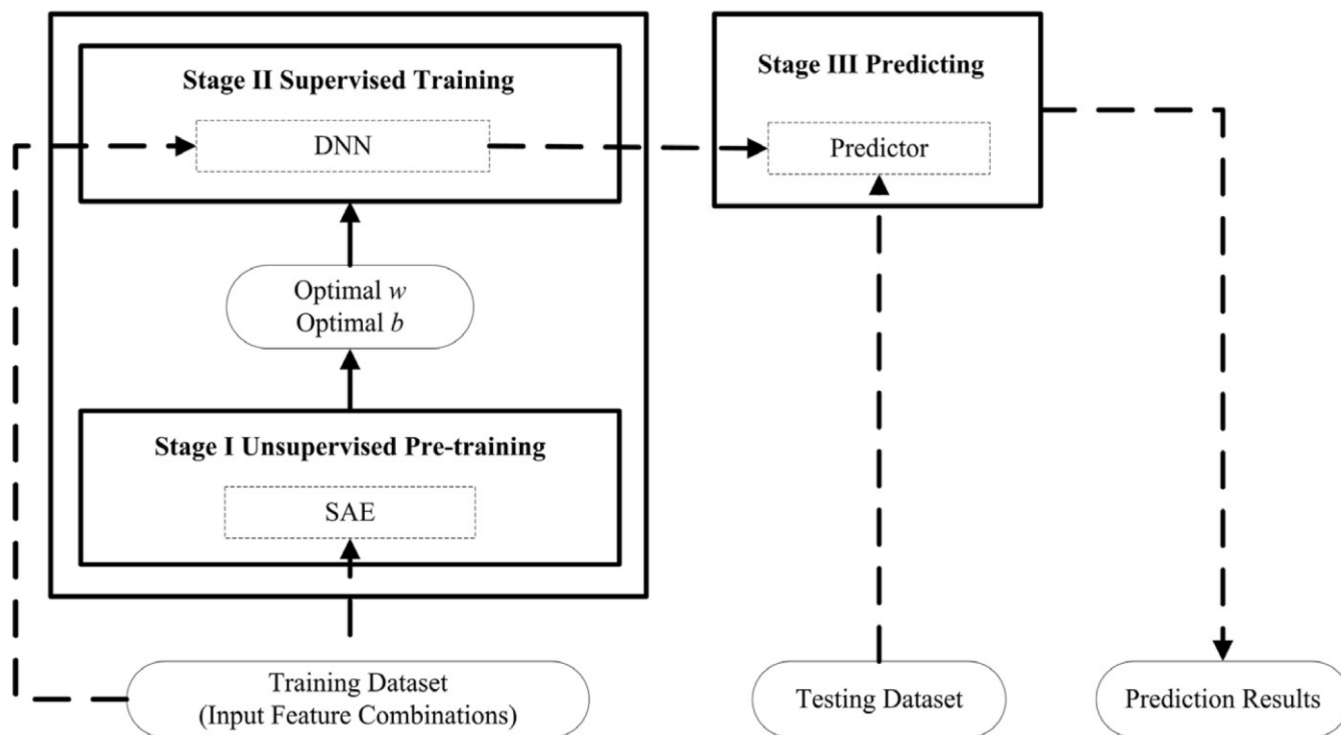
- Autoencoder + fully connected DNN





A novel passenger flow prediction model using deep learning methods (2017)

No.	Features	Code values	Descriptions
1	Holiday	0, 1	0: non-holiday; 1: holiday
2	Week	1-7	1-7 represent Monday-Sunday
3	Hour	0-23	0-23 represent the 24 h per day
4	Type	0, 1	0: card; 1: ticket
5	Direction	0, 1	0: inbound; 1: outbound
6	Average	Average value	Average hourly passenger flow under a specific situation
7	Number*	Real-time value	Real-time hourly passenger flow during the 84-day





Deep architecture for traffic flow prediction: deep belief networks with multitask learning (2014)

วัตถุประสงค์

- นำแบบจำลอง AI มาใช้ในการคาดการณ์ปริมาณจราจรระยะสั้นในช่วงเวลา 1 วัน จนถึง 1 อาทิตย์

ข้อมูล big data

- ข้อมูลปริมาณจราจรจาก Performance Measurement System (PeMS) ซึ่งได้จากจุดนับรถ loop detection ในรัฐแคลิฟอร์เนียมากกว่า 39,000 จุด ระบบดังกล่าวรับผิดชอบโดย California Department of Transport

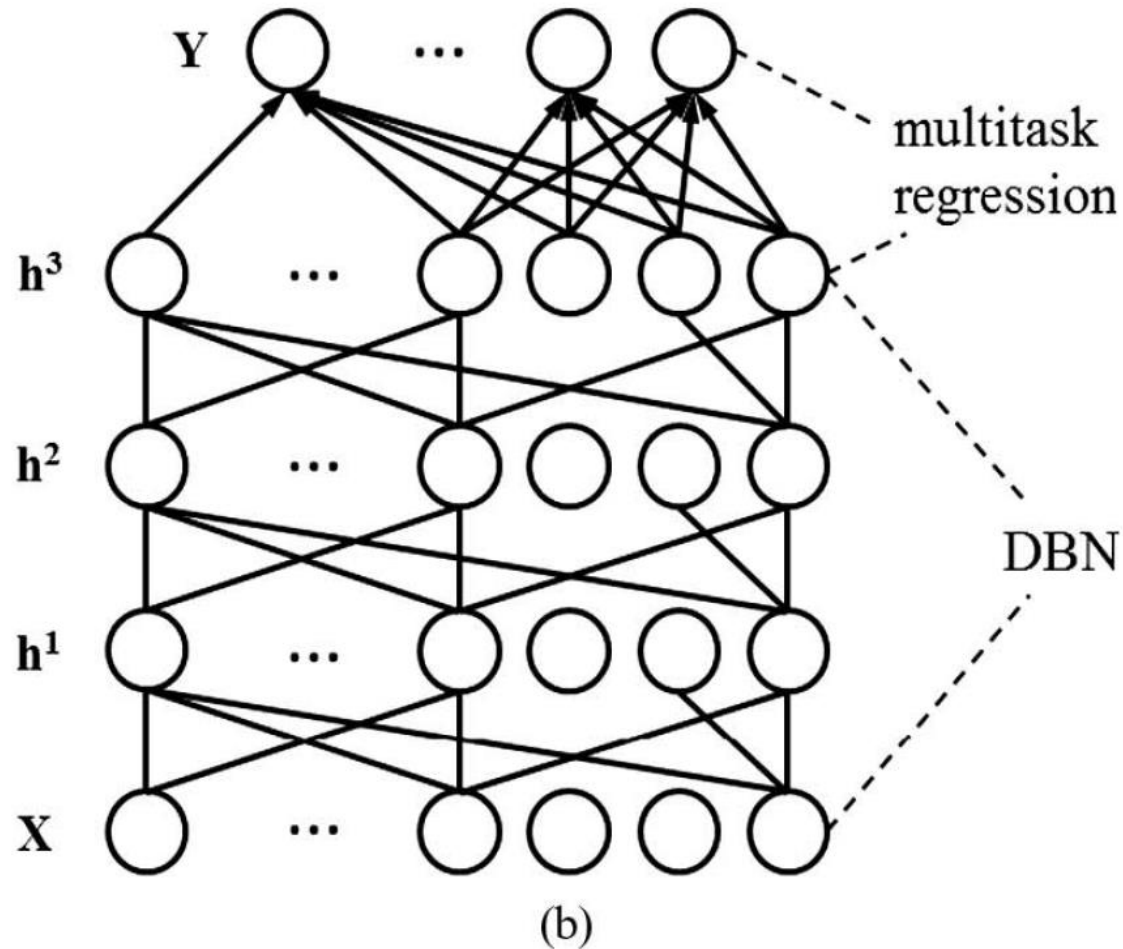
แบบจำลอง AI

- แบบจำลอง deep belief network (DBN) และ multitask learning (MTL)



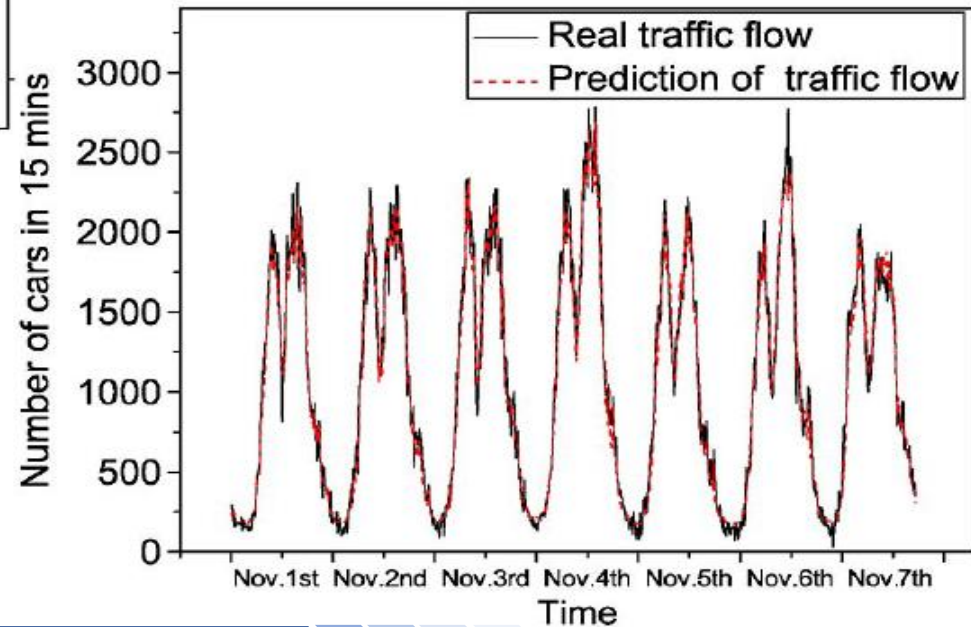
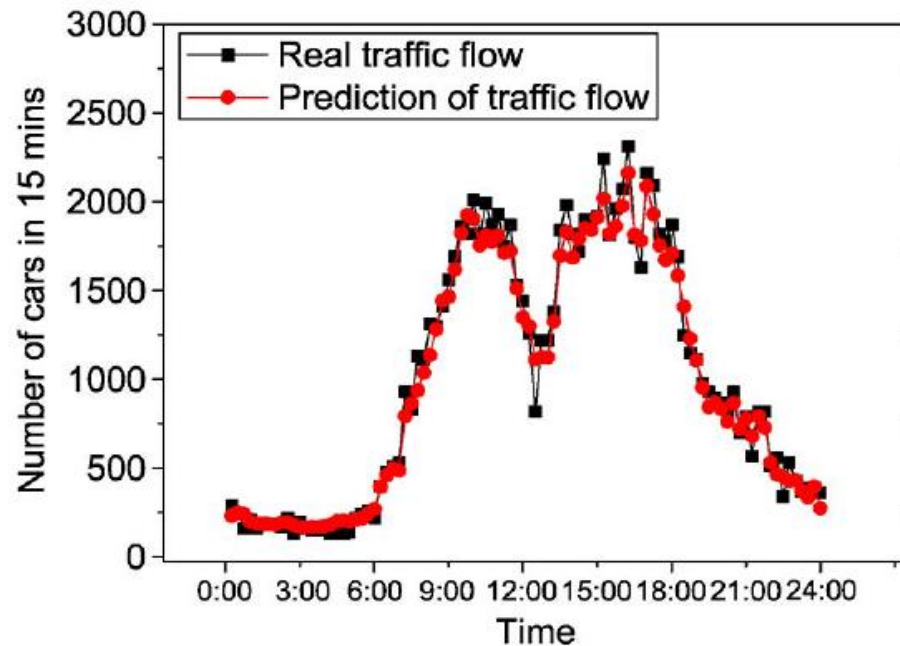


Deep architecture for traffic flow prediction: deep belief networks with multitask learning (2014)





Deep architecture for traffic flow prediction: deep belief networks with multitask learning (2014)





A hybrid deep learning based traffic flow prediction method and its understanding (2018)

วัตถุประสงค์

- คาดการณ์ปริมาณจราจรในระยะสั้นทุก ๆ 15 นาที ในอนาคต

ข้อมูล big data

- ข้อมูลปริมาณจราจรจาก Performance Measurement System (PeMS) ซึ่งได้จากจุดนับรถ loop detection ในรัฐแคลิฟอร์เนียมากกว่า 39,000 จุด ระบบดังกล่าวรับผิดชอบโดย California Department of Transport

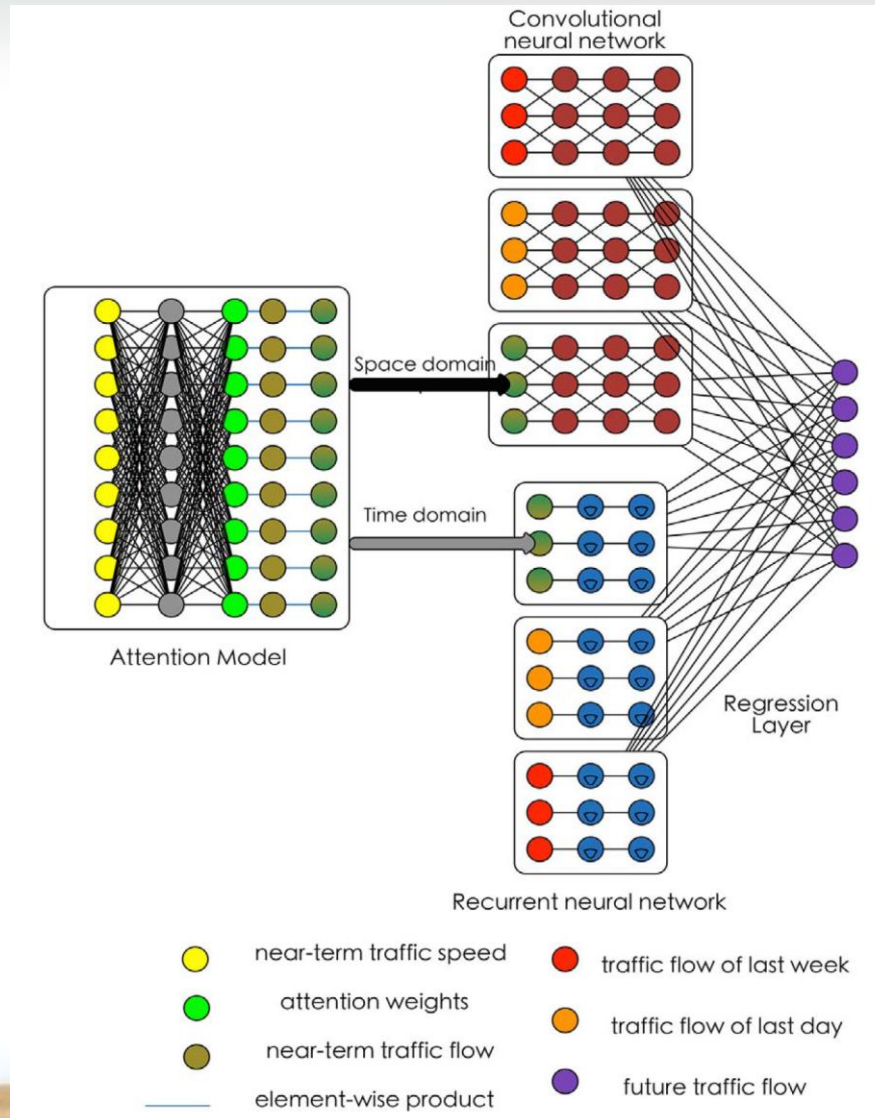
แบบจำลอง AI

- แบบจำลอง attention model, convolution neural network, recurrent neural network และ regression model





A hybrid deep learning based traffic flow prediction method and its understanding (2018)





A hybrid deep learning based traffic flow prediction method and its understanding (2018)

Time points	Error indexes	1	2	3	4	5	6	7	8	9
DNN-BTF	MAE	19.1264	20.8980	22.1413	22.5147	23.2682	23.8734	24.2935	24.8849	25.1895
	MRE	0.0700	0.0784	0.0787	0.0806	0.0819	0.0837	0.0856	0.0873	0.0896
	RMSE	27.9183	30.3107	32.1639	32.8138	33.7022	34.2854	34.8114	35.6132	36.0844
LASSO	MAE	22.3125	24.1387	25.3378	26.3254	27.0936	27.8473	28.5432	29.1087	29.5867
	MRE	0.0999	0.1074	0.1126	0.1171	0.1207	0.1245	0.1284	0.1317	0.1350
	RMSE	31.1657	34.2192	36.2820	37.9371	39.2922	40.6149	41.9039	42.9935	43.8450
BPNN	MAE	21.0675	22.3222	23.1900	23.6877	23.9638	24.28610	24.5079	24.9513	25.6721
	MRE	0.0782	0.0821	0.0850	0.0869	0.0892	0.0914	0.0930	0.0952	0.0983
	RMSE	30.1231	32.1101	33.3889	34.0898	34.5754	35.1769	35.6520	36.3148	37.2048
SAE	MAE	21.9578	23.0995	23.8966	24.6171	25.3099	25.6771	25.8733	26.7037	27.1733
	MRE	0.0890	0.0942	0.0992	0.0994	0.1001	0.1024	0.1045	0.1079	0.1082
	RMSE	31.4613	33.1703	34.2818	35.4368	36.4692	37.0338	37.2751	38.2572	38.8288
DeepST	MAE	21.4280	22.6632	23.3662	24.0226	24.6017	25.2731	25.8846	26.4139	27.1316
	MRE	0.0742	0.0773	0.0828	0.0849	0.0879	0.0932	0.0933	0.0954	0.0991
	RMSE	29.8473	31.7386	32.8924	33.8946	34.7322	35.6000	36.4113	37.1146	38.0519
StoS	MAE	22.2195	23.1367	23.8376	24.4685	25.0457	25.6200	26.1876	26.7975	27.5627
	MRE	0.0898	0.0942	0.0973	0.1013	0.1055	0.1093	0.1127	0.1158	0.1194
	RMSE	31.3893	32.6846	33.6911	34.4572	35.1251	35.7961	36.4985	37.2847	38.2864



An object-oriented neural network approach to short-term traffic forecasting (2001)

วัตถุประสงค์

- พยากรณ์ปริมาณจราจร และความเร็วเฉลี่ยของยานพาหนะในระยะสั้น ภายใน 15 นาทีในอนาคต

ข้อมูล big data

- เก็บข้อมูลเป็นระยะเวลา 5 ชั่วโมง ภายใน 2 วัน โดยการเก็บข้อมูลในแต่ละวัน จะแบ่งเป็นช่วงเวลาเร่งด่วน 2 ชั่วโมง และนอกช่วงเวลาเร่งด่วน 3 ชั่วโมง และนำข้อมูลมาเฉลี่ยทุก ๆ รอบ 20 วินาที ทำให้มีจำนวนข้อมูลที่สามารถนำมาใช้ได้ทั้งหมดจำนวน 5,000 ข้อมูล

Data set	Percentage of master data set (%)	Number of observations
Training	60	3000
Cross-validation	10	500
Testing	30	1500
Total	100	5000



An object-oriented neural network approach to short-term traffic forecasting (2001)

แบบจำลอง AI

- แบบจำลอง fully-connected neural network หรือ multi-layer perceptron (MLP), แบบจำลอง recurrent network (Recurrent), แบบจำลอง time-lagged recurrent network (TLRN) และแบบจำลอง hybrid network ซึ่งประกอบด้วยส่วนที่เป็น unsupervised learning โดยใช้ principal component analysis (PCA) และส่วนที่เป็น supervised learning โดยใช้ TLRN





An object-oriented neural network approach to short-term traffic forecasting (2001)

Network type	MSE			
	Training set	Cross-validation set	Test set	Average of three sets
MLP	0.0253	0.0261	0.0098	0.0204
Hybrid	0.0087	0.0075	0.0096	0.0086
Recurrent	0.0088	0.0077	0.0075	0.0080
TLRN	0.0073	0.0076	0.0086	0.0078

Prediction horizon	Prediction error (MSE) (10^{-4})			Average percent error (%) (testing set)
	Training set	Testing set	Average of two sets	
20 seconds	73	86	80	6
40 seconds	85	99	88	7
1 minutes	95	111	103	7
2 minutes	126	129	127	8
3 minutes	156	151	154	8
4 minutes	183	172	178	9
5 minutes	215	199	207	10
10 minutes	337	358	348	12
15 minutes	443	522	483	16



Traffic flow prediction with big data: a deep learning approach (2014)

วัตถุประสงค์

- การคาดการณ์ปริมาณจราจรในระยะสั้นตั้งแต่ 15 – 60 นาที

ข้อมูล big data

- ข้อมูลปริมาณจราจรจาก Performance Measurement System (PeMS) ซึ่งได้จากจุดนับรถ loop detection ในรัฐแคลิฟอร์เนียมากกว่า 39,000 จุด ระบบดังกล่าวรับผิดชอบโดย California Department of Transport

แบบจำลอง AI

- แบบจำลอง stacked autoencoders (SAEs) ซึ่งเป็น unsupervised learning

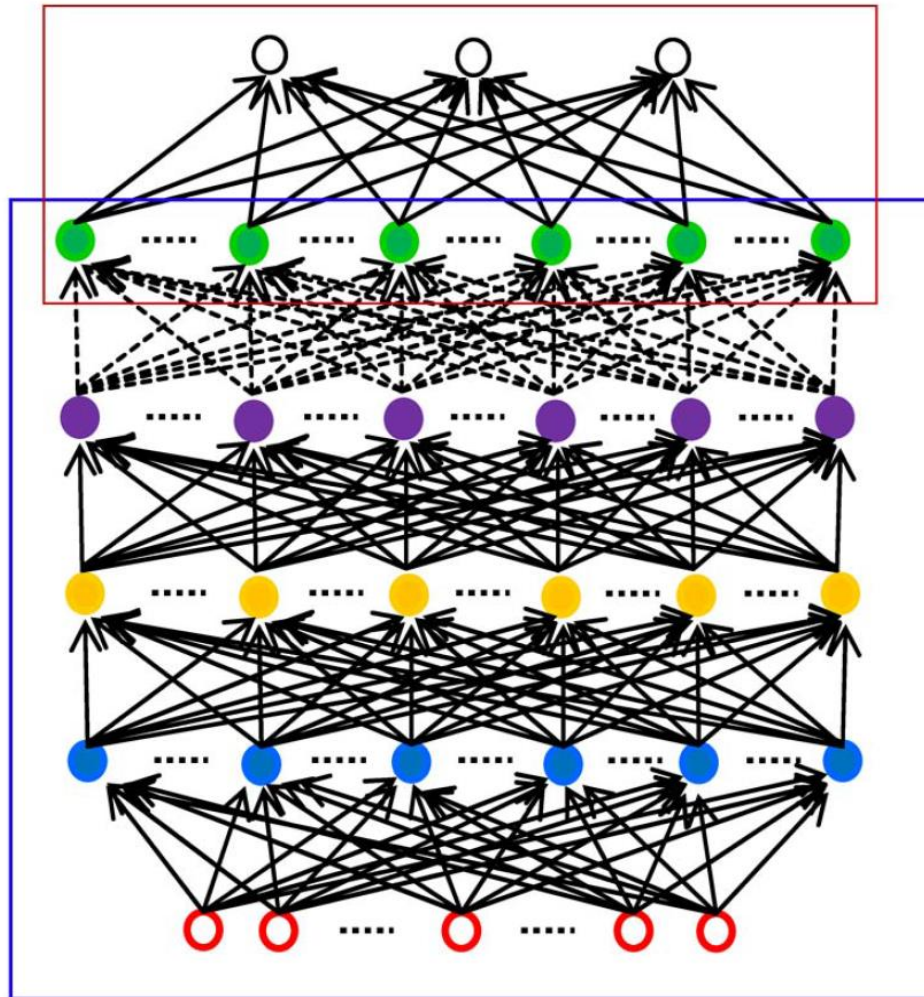




Traffic flow prediction with big data: a deep learning approach (2014)

Predictor

*Stacked
Autoencoder*





Traffic flow prediction with big data: a deep learning approach (2014)

Task	Stacked Autoencoders			BP Neural Network			RW			SVM			RBF		
	MAE	MRE (%)	RMSE	MAE	MRE (%)	RMSE	MAE	MRE (%)	RMSE	MAE	MRE (%)	RMSE	MAE	MRE (%)	RMSE
15-min traffic flow prediction	34.1	6.75	50.0	60.8	10.9	94.1	38.3	7.8	56.7	38.7	8.0	62.3	38.3	7.4	55.9
30-min traffic flow prediction	64.1	6.48	95.2	114.3	11.3	173.3	125.0	12.1	182.6	115.5	10.3	188.3	120.0	13.0	177.3
45-min traffic flow prediction	92.0	6.17	138.1	151.2	10.2	237.0	260.0	17.1	374.7	220.0	15.8	350.4	228.6	16.4	335.6
60-min traffic flow prediction	122.8	6.21	183.9	202.8	9.8	321.5	445.0	22.3	633.4	372.9	22.1	607.5	443.4	26.4	652.6



LSTM network: a deep learning approach for short-term traffic forecast (2017)

วัตถุประสงค์

- การคาดการณ์ปริมาณจราจรระยะสั้นในแต่ละวัน

ข้อมูล big data

- ข้อมูลปริมาณจราจรซึ่งเก็บบริเวณเมือง Beijing โดยมีจุดสำรวจทั้งหมด 500 จุด และเก็บข้อมูลทุก ๆ 5 นาที โดยใช้กล้องวิดีโอ ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม ค.ศ 2015 จนถึงวันที่ 30 มิถุนายน ค.ศ.2015

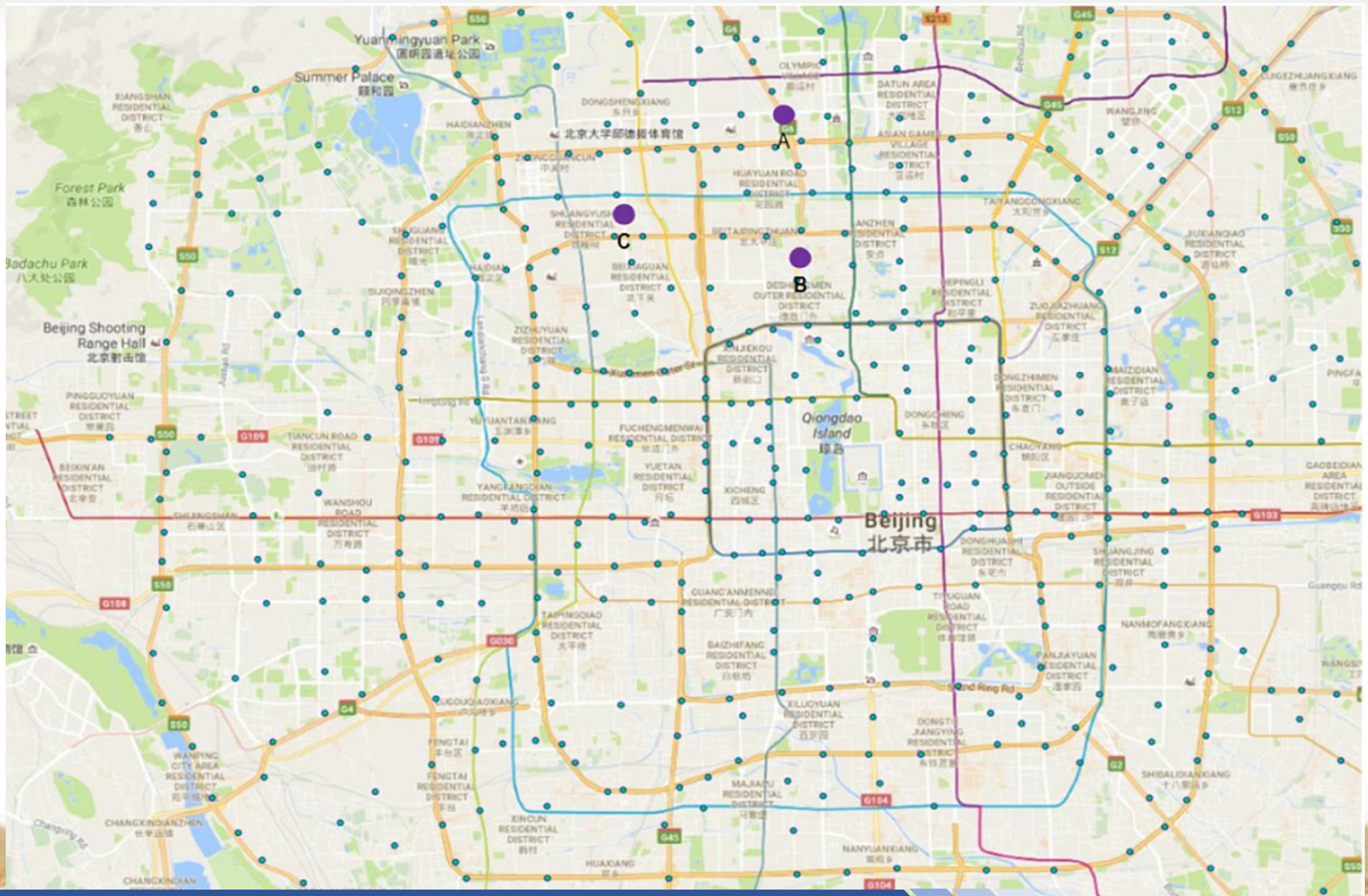
แบบจำลอง AI

- LSTM



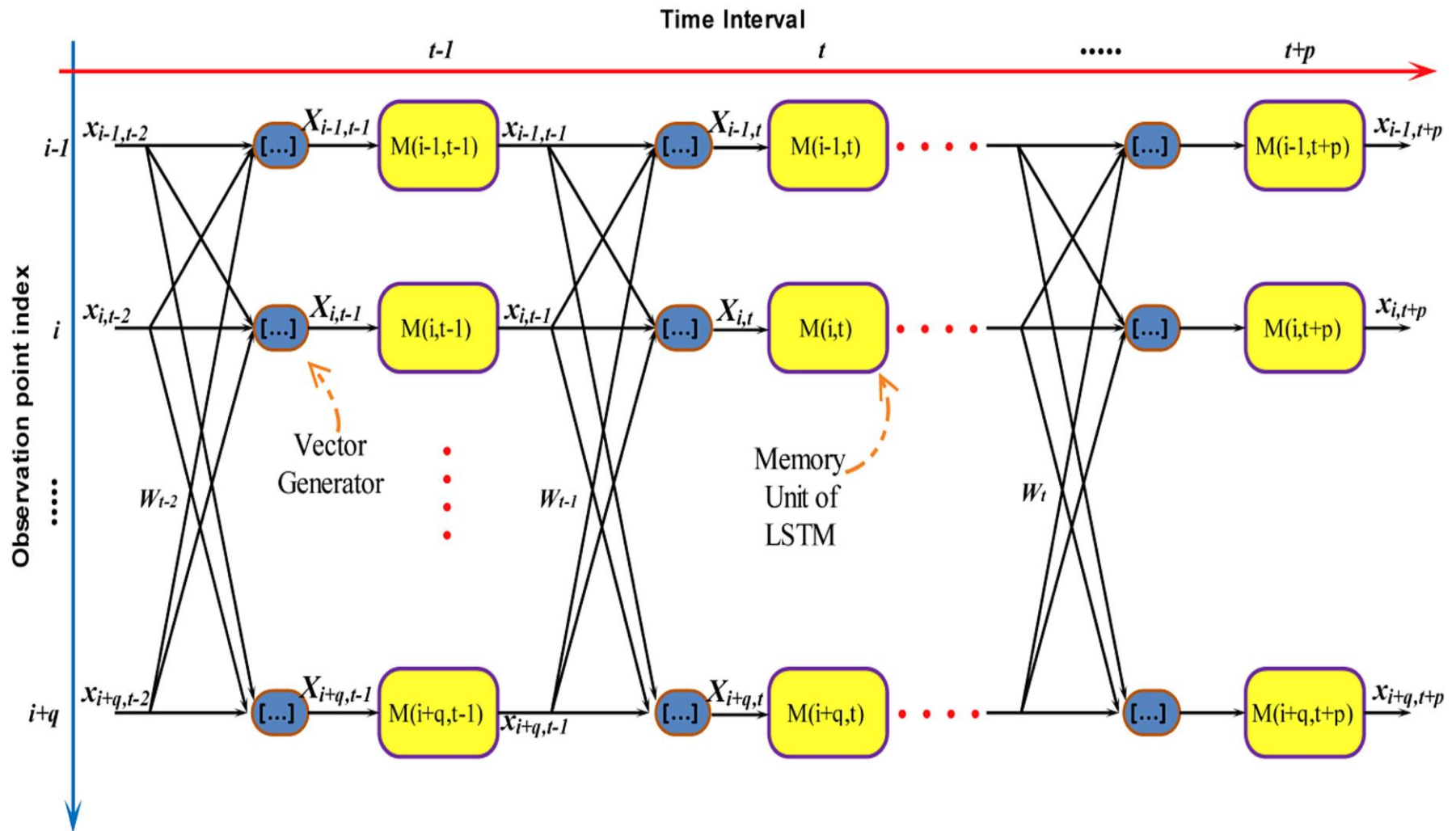


LSTM network: a deep learning approach for short-term traffic forecast (2017)





LSTM network: a deep learning approach for short-term traffic forecast (2017)





The promises of big data and small data for travel behavior analysis (2016)

วัตถุประสงค์

- แหล่งข้อมูล big data สำหรับการศึกษากิจกรรมและรูปแบบการเดินทาง

ข้อมูล big data

- เช่น ข้อมูลตำแหน่งของผู้ใช้โทรศัพท์มือถือ (mobile/smartphone data) ข้อมูลจากบัตรโดยสารผู้ใช้ระบบขนส่งสาธารณะ (transit card data) ข้อมูลจาก tag ของผู้ใช้ทางพิเศษ (toll tag data) และข้อมูลจาก social network เป็นต้น

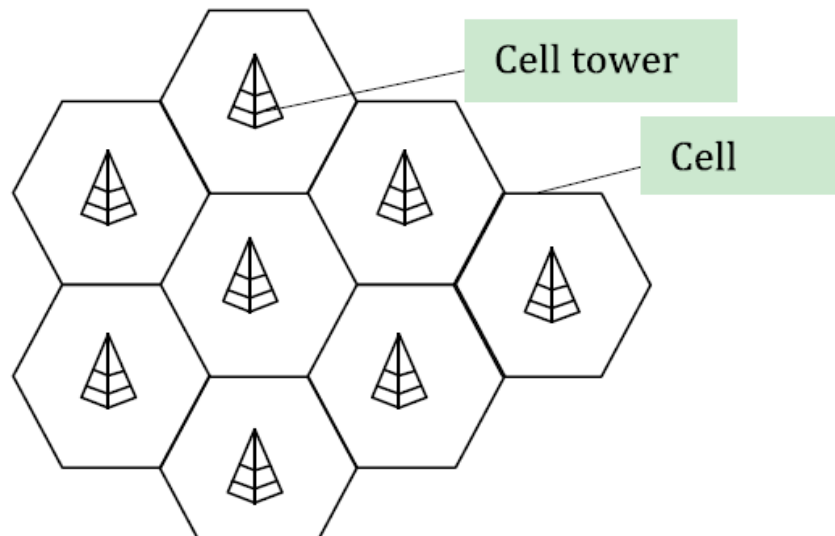




The promises of big data and small data for travel behavior analysis (2016)

ข้อมูล big data

- ข้อมูล Call Record Detail (CRD) เป็นข้อมูลที่ถูกบันทึกไว้ทุกครั้งที่มีการใช้งานโทรศัพท์มือถือในการโทรออกหรือรับสาย
- Sighting data เป็นข้อมูลตำแหน่งของผู้ใช้โทรศัพท์มือถือ เมื่อตัวรับสัญญาณโทรศัพท์มือถือเกิดการติดต่อกับ cell tower ของผู้ให้บริการ





The promises of big data and small data for travel behavior analysis (2016)

ข้อมูล Call Record Detail

X	Y	ID	Time	Duration (sec)
195925	32464	J000001	82141	81
195925	32464	J000001	82456	75
195018	31555	J000002	82100	140

^a XY coordinates are transferred from geographical coordinate system. A conversion can be made to convert them into the absolute latitude and longitude coordinates.

ข้อมูล sighting data

ID	Time ^a	Location ^b
3X35E90	1319242582	34.044162 -112.454400
3X35E90	1319242583	34.044059 -112.455550
3X35E90	1319301785	34.044392 -112.453519

^a Time is Unix timestamp—defined as the number of seconds that have elapsed since 00:00:00 Coordinated Universal Time, Thursday, 1 January 1970.

^b Location is the longitude and latitude coordinates of mobile phones.



Transport modelling in the age of big data (2017)

วัตถุประสงค์

- รวบรวมแหล่งข้อมูลประเภท big data ที่เป็นไปได้ในประเทศสิงคโปร์ เพื่อนำมาใช้ในการสร้างแบบจำลองด้านการจราจรและขนส่งที่มีความละเอียดและเป็นตัวแทนของรูปแบบการเดินทางที่เกิดขึ้น

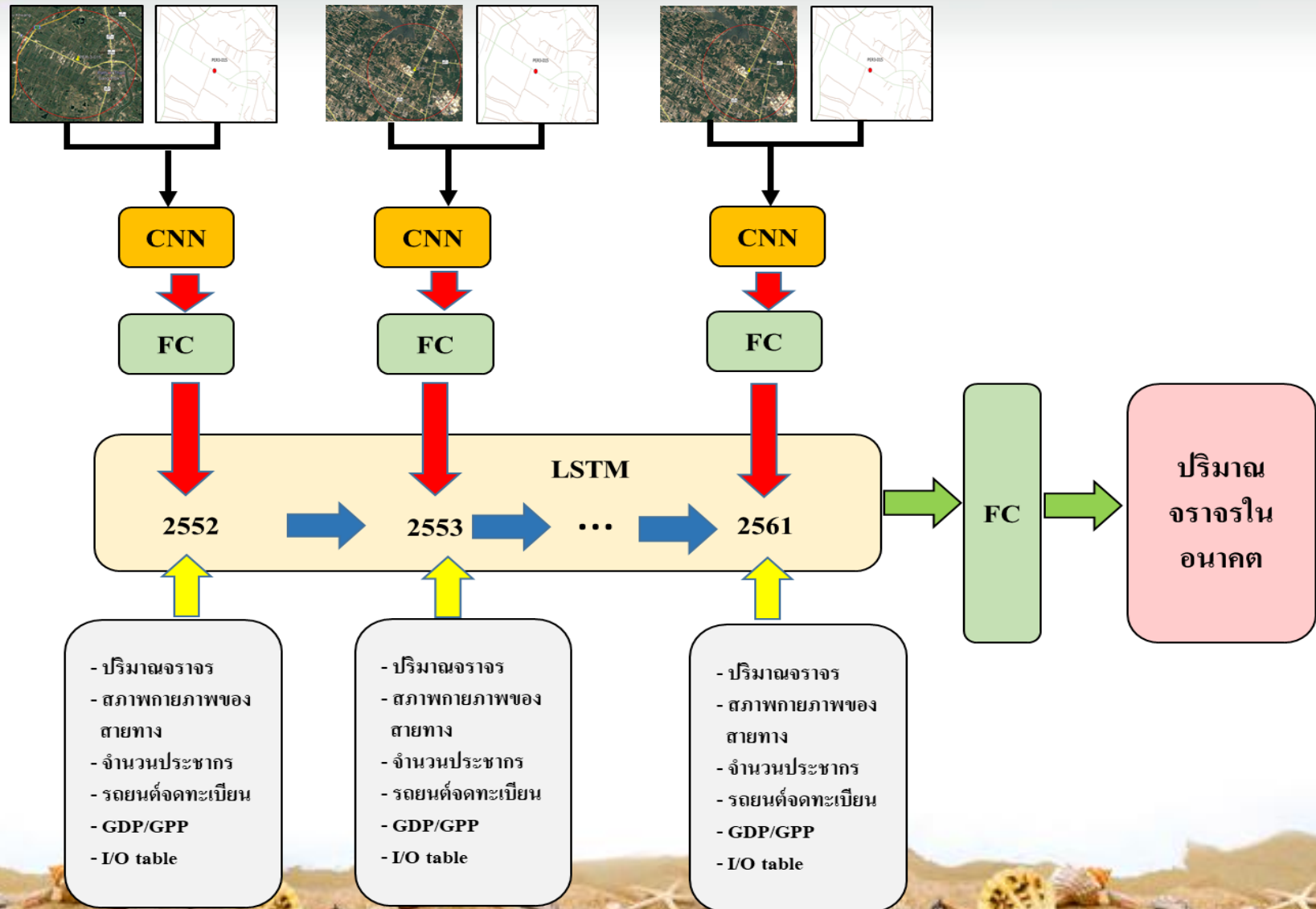
ข้อมูล big data

- smart card automatic fare collection (SC-AFC) จากระบบขนส่งสาธารณะประเภทต่าง ๆ
- ข้อมูลระบุตำแหน่งการใช้โทรศัพท์มือถือ (mobile phone data)
- ข้อมูล GPS-based จาก application ต่าง ๆ เช่น Google map และ Facebook





AI models for long-term demand forecast





ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณจราจรในอนาคต

- ปริมาณจราจรบนสายทางในอดีต
- สภาพกายภาพของถนน เช่น ความกว้างของช่องจราจร จำนวนช่องจราจร ไหล่ทาง เกาะกลาง เป็นต้น
- การเชื่อมต่อกับสายทางอื่น ๆ/โครงข่ายถนนบริเวณใกล้เคียง และปริมาณจราจรบนสายทางที่เชื่อมต่อ
- สภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณโดยรอบสายทาง
- ข้อมูลสภาพเศรษฐกิจ/สังคม (socio-economic data) ในพื้นที่ที่สายทางอยู่ เช่น จำนวนประชากร ข้อมูลผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัด และจำนวนรถยนต์จดทะเบียนในจังหวัด
- ข้อมูลสภาพเศรษฐกิจ/สังคม (socio-economic data) ในพื้นที่ที่สายทางอยู่ เช่น จำนวนประชากร ข้อมูลผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัด และจำนวนรถยนต์จดทะเบียนในระดับประเทศ



ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยและปริมาณจราจรในอนาคต

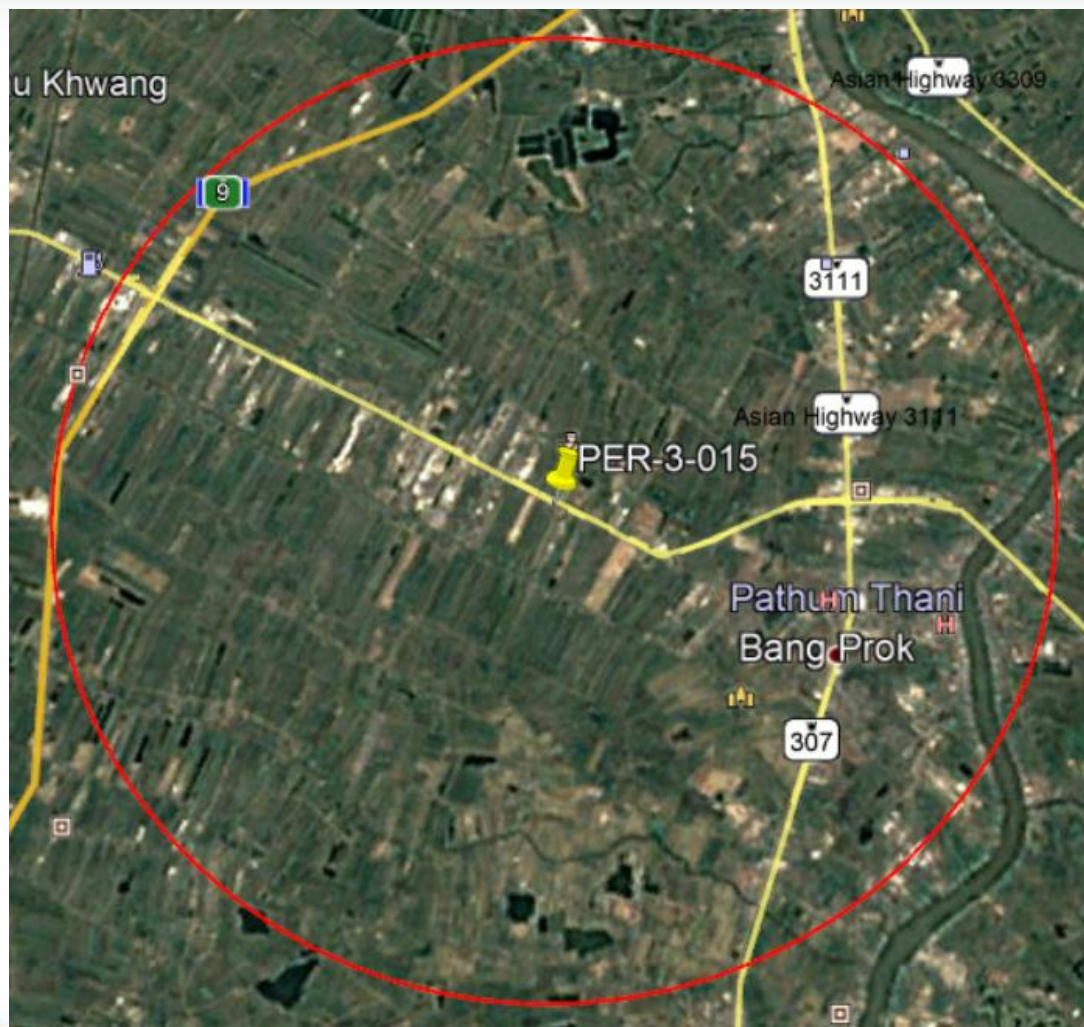
- ความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ (spatial relationship)
- ความสัมพันธ์ในเชิงเวลา (temporal relationship)

	AADT (PCUs/วัน)	
	พ.ศ. 2554	พ.ศ. 2561
ทางหลวง 346	64,763	79,731
ทางหลวง 302	143,113	168,851



ตัวอย่างของความสัมพันธ์ระหว่างการใช้ที่ดินและปริมาณจราจร

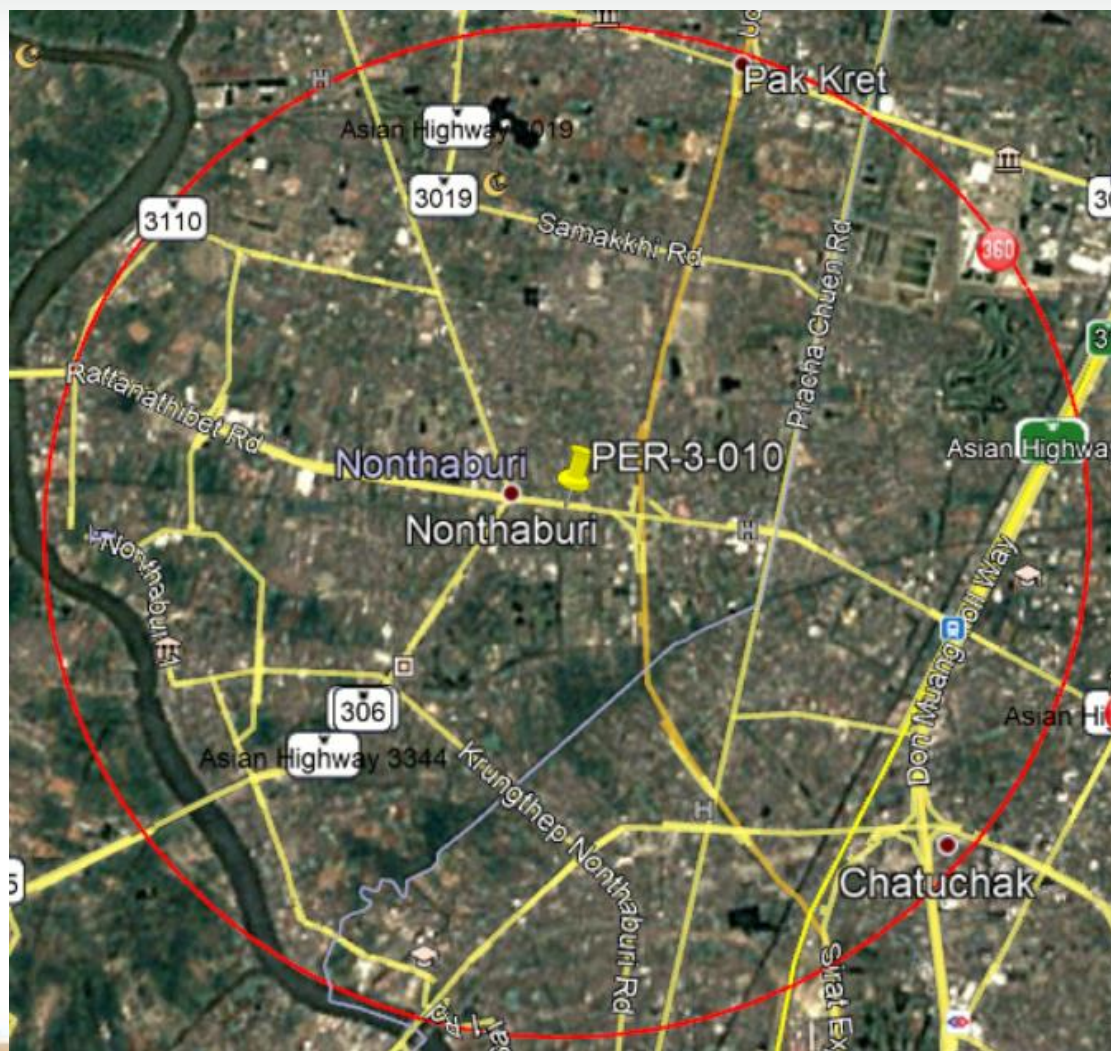
ทางหลวงหมายเลข 346 และการใช้ประโยชน์ที่ดินในปี พ.ศ. 2554





ตัวอย่างของความสัมพันธ์ระหว่างการใช้ที่ดินและปริมาณจราจร

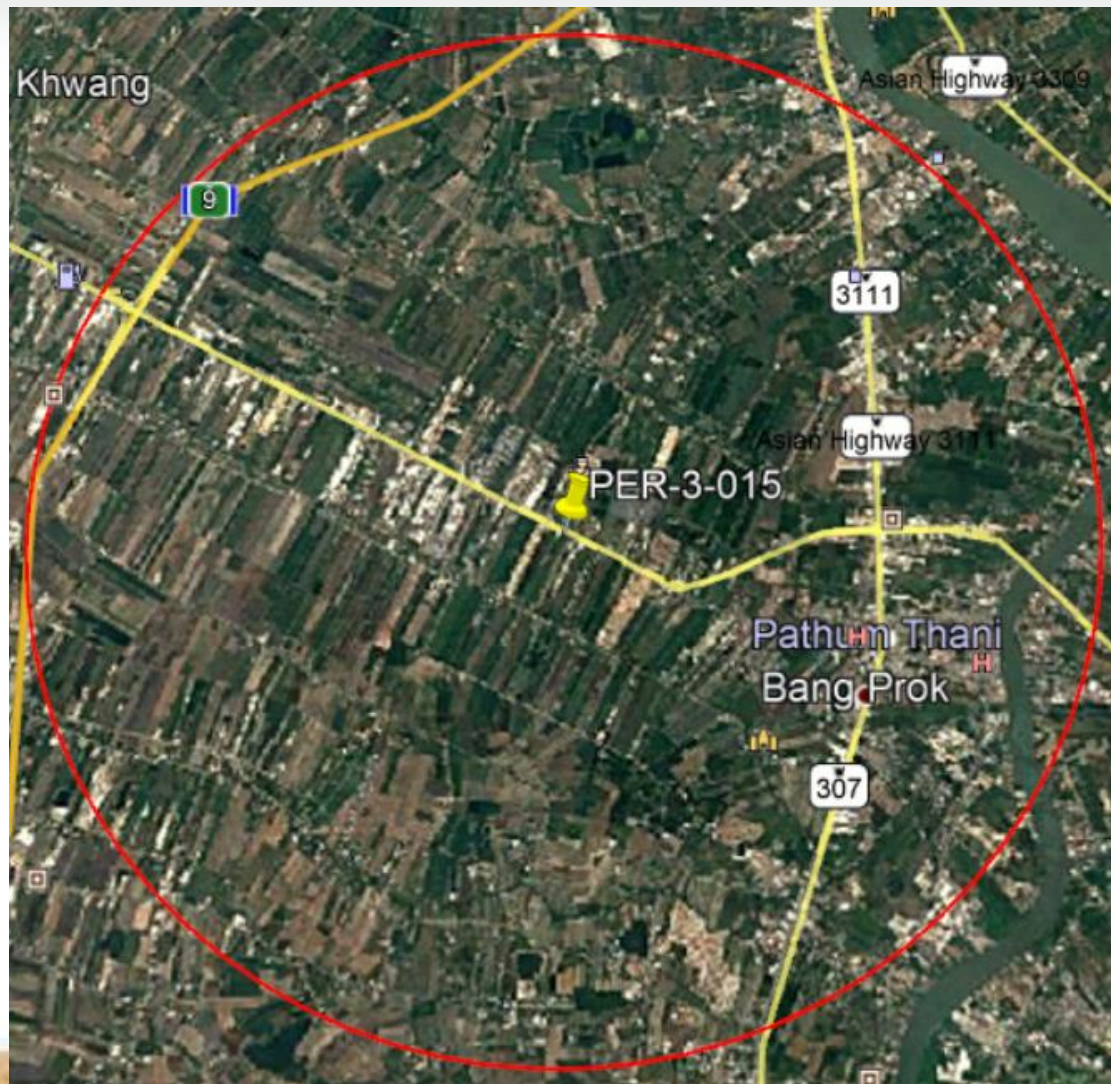
ทางหลวงหมายเลข 302 และการใช้ประโยชน์ที่ดินในปี พ.ศ. 2554





ตัวอย่างของความสัมพันธระหว่างการใช้ที่ดินและปริมาณจราจร

ทางหลวงหมายเลข 346 และการใช้ประโยชน์ที่ดินในปี พ.ศ. 2561





ตัวอย่างของความสัมพันธะระหว่างการใช้ที่ดินและปริมาณจราจร

ทางหลวงหมายเลข 302 และการใช้ประโยชน์ที่ดินในปี พ.ศ. 2561





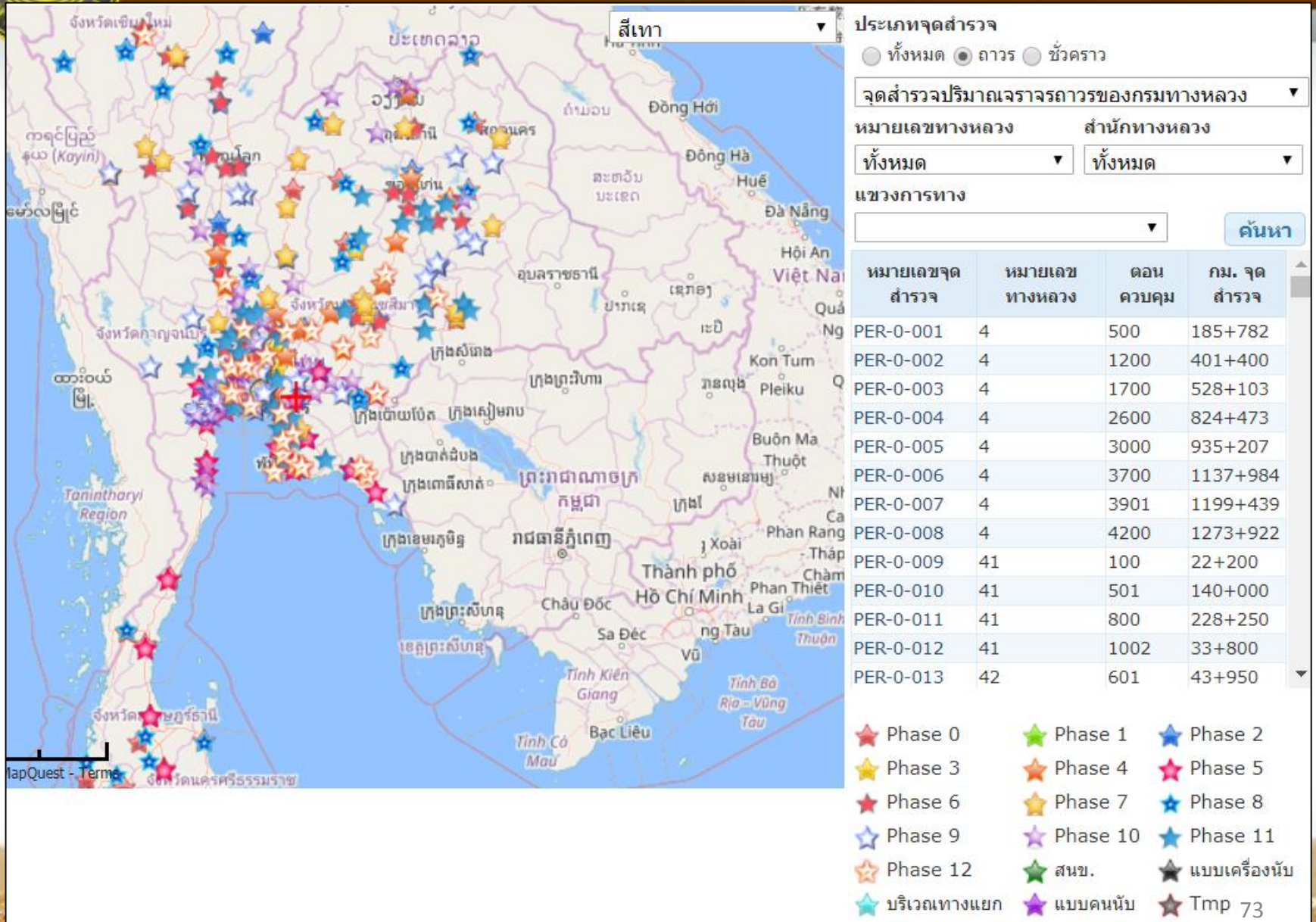
ข้อมูลปริมาณจราจรบนสายทางในอดีต

- ข้อมูลปริมาณจราจรบนสายทางของกรมทางหลวง จากสำนักอำนวยความปลอดภัย
- จัดเก็บจากจุดสำรวจปริมาณจราจรถาวรของกรมทางหลวง
- ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2553 จนถึงปี พ.ศ. 2561 รวมทั้งสิ้น 12 ระยะ
- จำนวนจุดนับปริมาณจราจรทั้งหมด 351 จุด
- ข้อมูลปริมาณจราจรต่อวัน (average daily traffic, ADT)
- ข้อมูลปริมาณจราจรเฉลี่ยทั้งวันตลอดทั้งปี (annual average daily traffic, AADT)





ข้อมูลปริมาณจราจรบนสายทางในอดีต





ข้อมูลสภาพกายภาพของสายทางบริเวณจุดนับปริมาณจราจรถาวร

- จำนวนช่องจราจร
- ความกว้างช่องจราจร
- ขนาดความกว้างไหล่ทาง
- ประเภทและความกว้างของเกาะกลาง
- การควบคุมทางเข้าออก
- ถนนคู่ขนาน





ข้อมูลการเชื่อมต่อกับสายทางอื่น ๆ

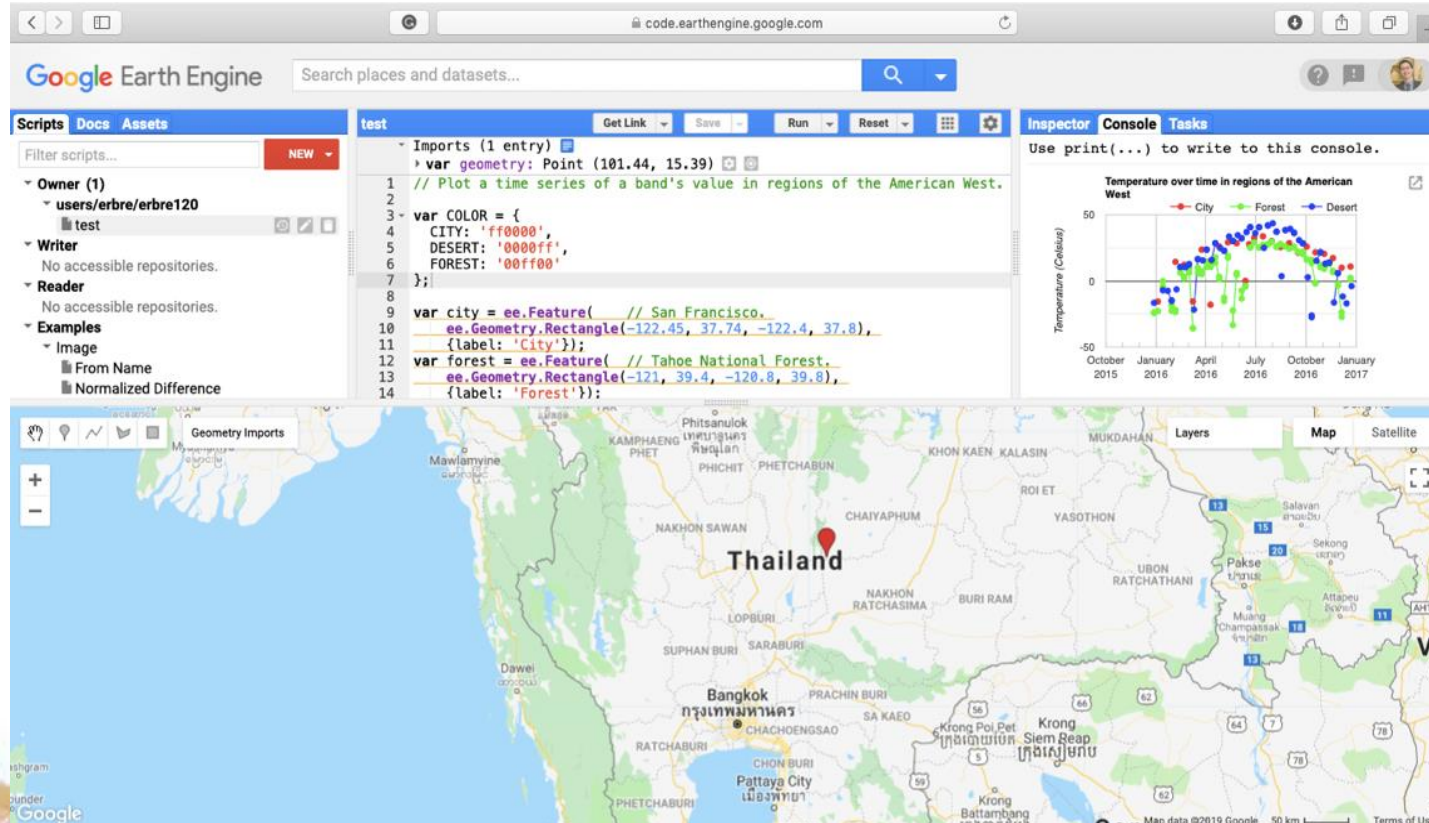
ข้อมูล geographic information system





สภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยรอบสายทาง

- ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม
- จาก Google Earth Engine (<https://earthengine.google.com/>)
- จำนวน 320 ประเภท และสามารถดูข้อมูลย้อนหลังได้ 40 ปี





สภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยรอบสายทาง





สภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยรอบสายทาง





สภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยรอบสายทาง





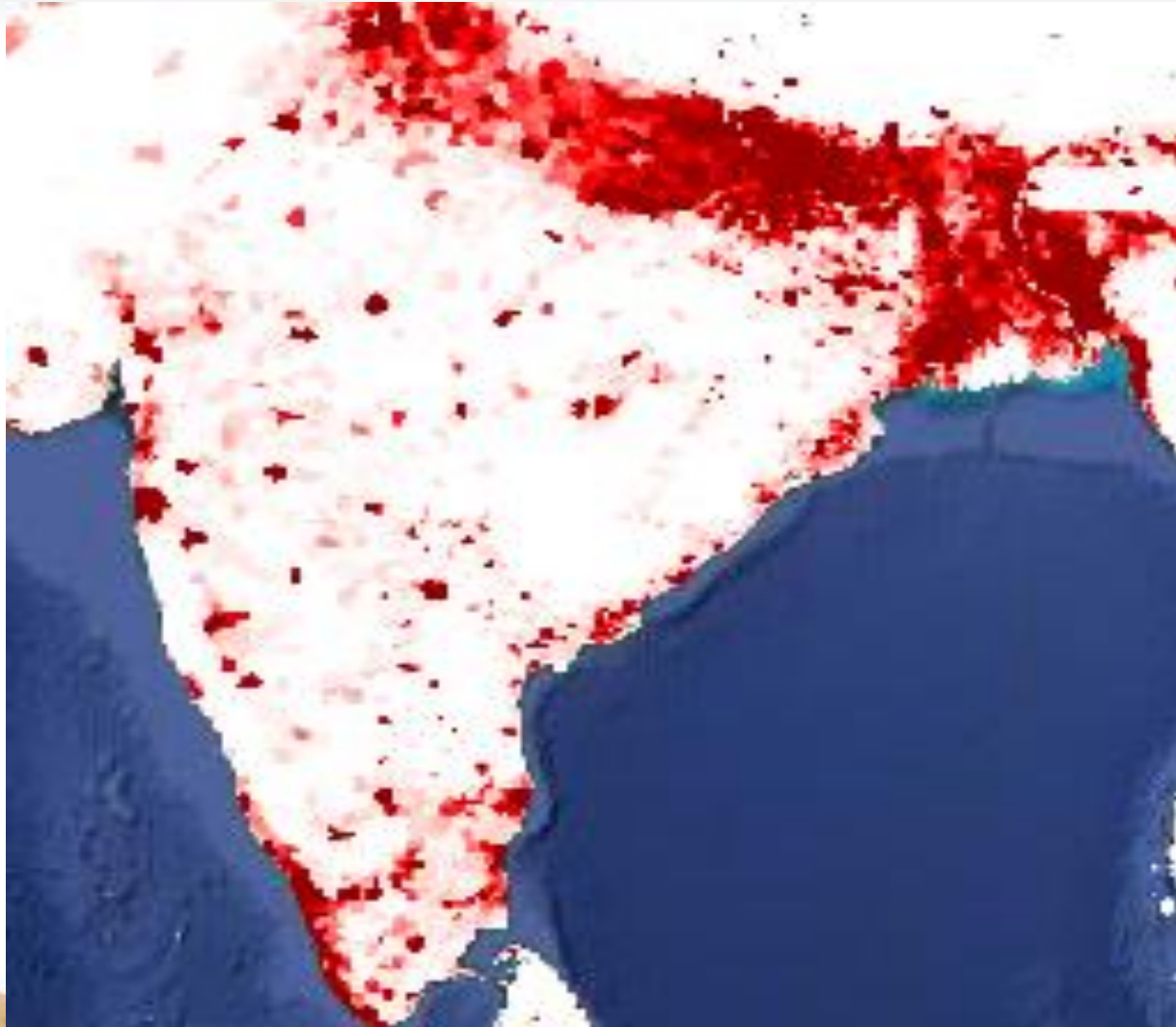
สภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยรอบสายทาง





สภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยรอบสายทาง

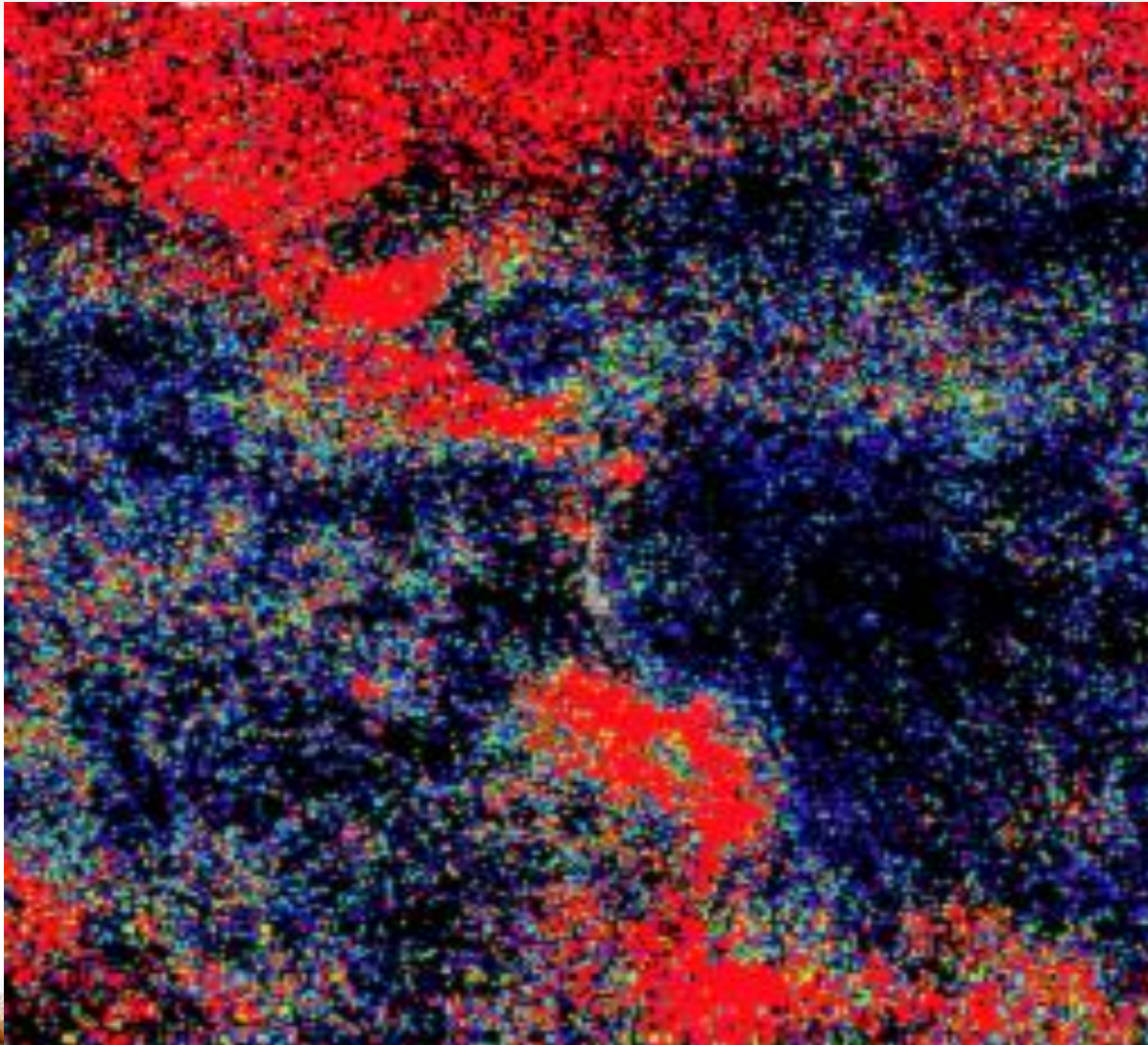
ข้อมูลภาพถ่ายตามความหนาแน่นจำนวนประชากร





สภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยรอบสายทาง

ข้อมูลภาพถ่ายตามจำนวนก๊าซ SO_2





ข้อมูลทางด้านเศรษฐกิจ-สังคม (socio-economic) ในระดับประเทศและจังหวัด

- ข้อมูลประชากรในระดับจังหวัดและประเทศ
- ข้อมูลจากระบบสถิติทางการทะเบียน ซึ่งพัฒนาโดยกรมการปกครอง กระทรวงมหาดไทย
- ข้อมูลตั้งแต่ปี พ.ศ. 2536 - 2561



สถิติประชากรและบ้าน - จำนวนประชากรแยกชายอายุ

ปี พ.ศ.

เลือกกระดานค้นหา : ☐ ระดับทั่วประเทศ ☒ ระดับจังหวัด ☐ ระดับอำเภอ ☐ ระดับตำบล

จังหวัด :

อำเภอ :

ตำบล :



ข้อมูลทางด้านเศรษฐกิจ-สังคม (socio-economic) ในระดับประเทศและจังหวัด

- ข้อมูลผลิตภัณฑ์มวลรวมในระดับจังหวัดและประเทศ
- ฐานข้อมูลของสำนักงานสภาพัฒนาการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ (สศช.)
- ข้อมูลตั้งแต่ปี พ.ศ. 2531 - 2561





ข้อมูลทางด้านเศรษฐกิจ-สังคม (socio-economic) ในระดับประเทศและจังหวัด

ข้อมูลผลิตภัณฑ์มวลรวมในระดับประเทศ

WHOLE KINGDOM

(Millions of Baht)

	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
Agriculture	162,393	156,095	184,755	173,646	167,026	177,535	204,529	252,341	279,944	272,937	317,084	348,128	320,047	383,198	458,975
Crops	104,245	98,725	119,681	110,441	103,533	104,240	120,755	157,783	175,233	157,947	181,917	197,058	156,857	199,533	250,557
Livestock	17,467	15,281	20,181	17,699	15,928	20,753	23,723	26,025	29,877	32,850	37,430	35,001	32,189	35,675	42,475
Fisheries	10,723	10,945	12,409	11,858	13,111	15,631	20,118	25,253	27,461	32,217	43,139	55,764	67,410	76,152	84,184
Forestry	9,692	8,842	9,337	9,693	9,495	9,986	11,048	10,486	8,516	7,373	7,110	6,705	6,452	6,021	8,016
Agricultural services	6,903	7,271	7,784	8,072	8,665	8,657	8,823	9,832	10,677	10,794	10,958	11,526	11,151	12,463	12,697
Simple agri.processing products	13,363	15,031	15,363	15,883	16,294	18,268	20,062	22,962	28,180	31,756	36,530	42,074	45,988	53,354	61,046
Mining and quarrying	11,207	13,415	14,103	18,542	25,965	19,753	22,222	26,599	31,883	34,835	39,372	42,306	44,261	48,667	50,322
Manufacturing	172,143	179,439	203,832	226,364	231,599	270,603	315,291	403,039	496,714	594,003	707,901	778,987	892,369	1,019,007	1,190,456
Construction	34,698	39,887	46,633	52,424	53,903	55,717	62,641	74,448	102,121	136,235	168,278	190,529	220,772	267,801	302,635
Electricity and water supply	10,815	15,602	17,089	18,604	24,957	28,889	33,280	35,292	42,466	47,743	53,461	65,506	77,310	84,793	101,231
Transportation and communication	41,647	54,350	56,608	65,074	78,073	88,201	99,344	116,608	138,085	156,565	177,239	205,216	237,753	269,704	302,970
Wholesale and retail trade	138,598	161,734	152,381	175,026	193,810	189,984	223,127	266,256	309,816	386,273	426,956	477,027	534,274	603,366	671,372
Banking, insurance and real estate	21,835	25,538	30,873	33,490	35,275	37,100	49,981	66,217	84,669	120,549	133,838	182,182	232,191	280,595	315,514
Ownership of dwellings	26,339	30,920	35,732	39,731	43,933	47,899	51,772	55,422	60,461	66,042	70,959	75,437	81,247	88,795	99,338
Public administration and defence	33,355	39,818	44,699	45,092	48,678	50,682	52,725	56,487	64,623	76,556	86,927	105,392	117,683	127,523	157,555
Services	107,321	124,758	134,266	140,071	153,282	167,030	185,007	207,087	246,211	291,804	324,612	360,206	407,279	455,892	535,844
G D P.	760,351	841,556	920,971	988,064	1,056,501	1,133,393	1,299,919	1,559,796	1,856,993	2,183,542	2,506,627	2,830,916	3,165,186	3,629,341	4,186,212
Per capita GDP.(Baht)	15,933	17,277	18,538	19,513	20,484	21,586	24,332	28,710	33,633	39,104	44,307	49,410	54,563	61,815	70,474
Population(1,000 persons)	47,721	48,711	49,679	50,636	51,577	52,506	53,424	54,330	55,214	55,839	56,574	57,294	58,010	58,713	59,401



ข้อมูลจำนวนรถยนต์จดทะเบียนในระดับประเทศและจังหวัด

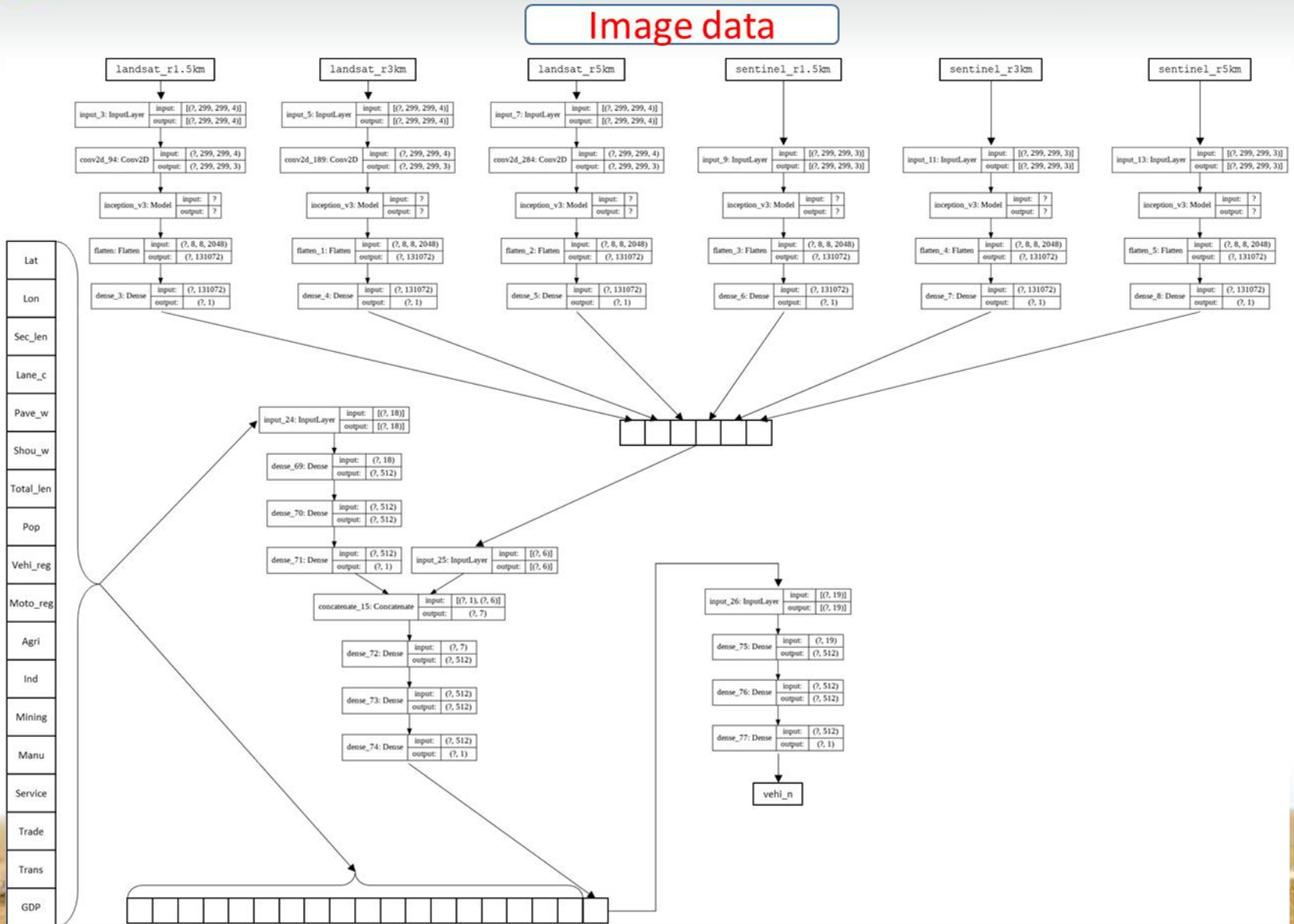
- ข้อมูลจำนวนรถยนต์จดทะเบียนจากกรมการขนส่งทางบก
- ข้อมูลตั้งแต่ปี พ.ศ. 2541 – 2561

จำนวนรถที่จดทะเบียนสะสมถึง วันที่ 31 ธันวาคม 2541 รายจังหวัด (Number of Vehicle Registered in Thailand as of 31 December 1998 by Provinces)							
ประเภทรถ (Type of Vehicle)	ทั่วประเทศ Whole Kingdom	กรุงเทพฯ Bangkok	ส่วนภูมิภาค Regional	รวมภาคกลาง Central	ชัยนาท Chai Nat	สิงห์บุรี Sing Buri	ลพบุรี Lop Buri
Grand Total							
ก. รวมรถตามกฎหมายว่าด้วยรถยนต์ Total Vehicle under Motor Vehicle Act	18,088,478	3,885,844	14,202,634	1,197,215	100,392	100,776	215,942
รถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คน Sedan (Not more than 7 Pa	1,974,345	1,231,899	742,446	123,880	3,770	4,650	12,957
รถยนต์นั่งส่วนบุคคลเกิน 7 คน Microbus & Passenger Van	554,851	317,013	237,838	51,980	1,263	2,136	4,192
รถยนต์บรรทุกส่วนบุคคล Van & Pick Up	2,779,328	594,617	2,184,711	206,416	12,317	14,086	33,749
รถยนต์สามล้อส่วนบุคคล Motortricycle	2,518	901	1,617	689	-	2	10
รถยนต์รับจ้างระหว่างจังหวัด Interprovincial Taxi	366	282	84	-	-	-	-
รถยนต์รับจ้างบรรทุกคนโดยสารไม่เกิน 7 คน Urban Taxi	58,811	56,451	2,360	451	8	-	16
รถยนต์สี่ล้อเล็กรับจ้าง Fixed Route Taxi	9,072	8,345	727	-	-	-	-
รถยนต์รับจ้างสามล้อ Motortricycle Taxi (Tuk Tuk)	47,211	7,406	39,805	6,021	64	21	178
รถยนต์บริการธุรกิจ Hotel Taxi	941	609	332	-	-	-	-
รถยนต์บริการทัศนาจร Tour Taxi	616	582	34	-	-	-	-
รถยนต์บริการให้เช่า Car For Hire	414	414	-	-	-	-	-
รถจักรยานยนต์ Motorcycle	12,464,499	1,646,738	10,817,761	782,550	81,572	79,032	149,642
รถแทรกเตอร์ Tractor	108,565	15,961	92,604	22,282	1,113	827	15,020
รถบดถนน Road Roller	8,011	3,843	4,168	460	16	4	64
รถใช้งานเกษตรกรรม Farm Vehicle	75,470	64	75,406	2,088	226	16	113



AI models for long-term demand forecast

Quantitative data





AI models for long-term demand forecast

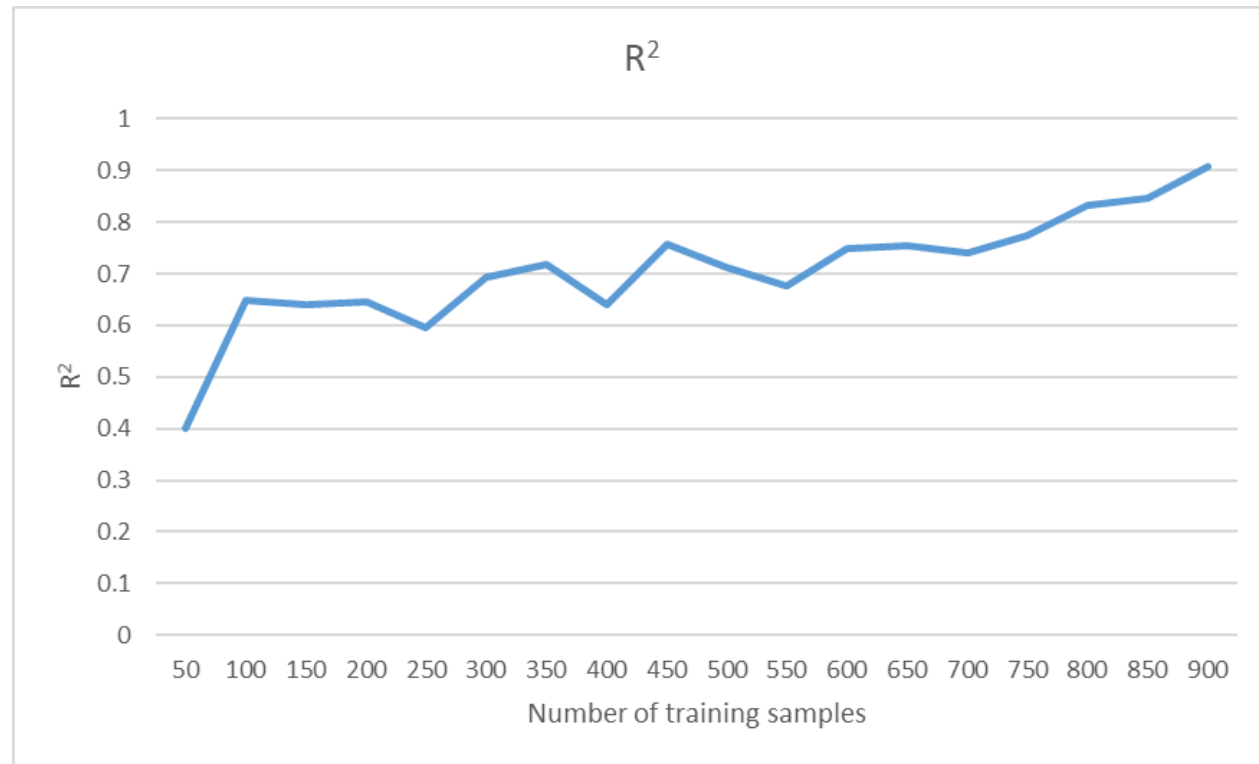
- การเปรียบเทียบผลการ
คาดการณ์ปริมาณจราจรกับ
ปริมาณจราจรจริงที่เก็บจาก
จุดนับปริมาณจราจร พบว่า
มีค่า coefficient of
determination (R^2)
เท่ากับ 0.88

	Sta	Year	predict	actual
0	PER-7-020	2557	29252.8	24984
1	PER-6-007	2557	19761.67	16336
2	PER-6-002	2560	41790.22	43387
3	PER-7-032	2559	21140.75	18972
4	PER-6-032	2559	24819.26	46361
5	PER-7-028	2558	17777.68	19888
6	PER-7-024	2560	27303.44	22256
7	PER-10-02	2560	34737.7	26068.5
8	PER-6-001	2561	25073.57	52515.6
9	PER-8-038	2558	21896.18	47216
10	PER-3-011	2554	179459.8	123492
11	PER-3-002	2556	154097	144068
12	PER-7-016	2558	13884.35	10959.33
13	PER-11-00	2561	18554.89	8927
14	PER-9-028	2559	79807.17	62576
15	PER-8-017	2560	18415.66	8008
16	PER-8-011	2558	8483.462	7722
17	PER-6-011	2561	18143.87	16789.73
18	PER-4-022	2560	57284.75	98417
19	PER-4-017	2559	49133.33	38878
20	PER-6-004	2561	12733.4	17745
21	PER-5-001	2559	95582.24	133538
22	PER-9-036	2561	23774.4	37007.67
23	PER-8-007	2561	5959.452	9202
24	PER-7-029	2558	33869.18	19705
25	PER-6-001	2558	36222.67	53216
26	PER-8-023	2558	7231.182	6499
27	PER-7-025	2560	26026.61	22527
28	PER-7-018	2557	21317.2	19141



AI models for long-term demand forecast

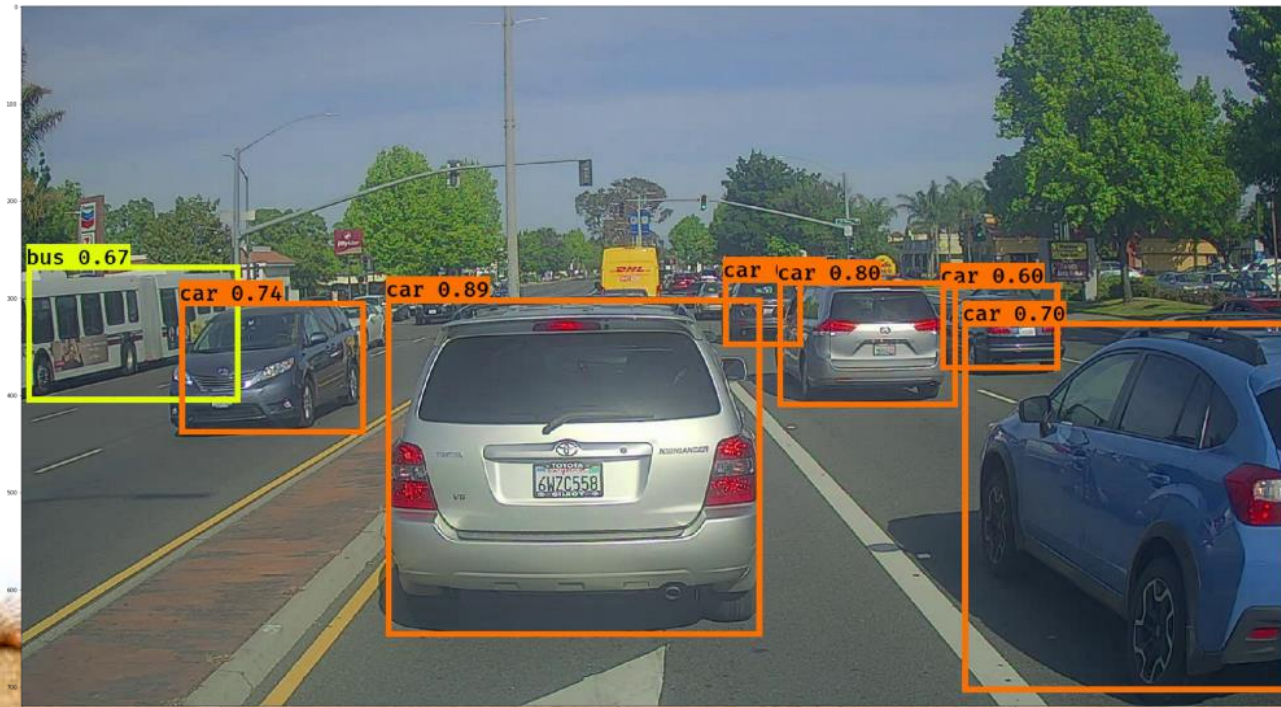
- กรณีที่มีข้อมูลนำเข้าเพื่อใช้ในการ train แบบจำลองเพิ่มมากขึ้นค่า R^2 ของแบบจำลองก็จะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ





AI Model for Traffic Counts

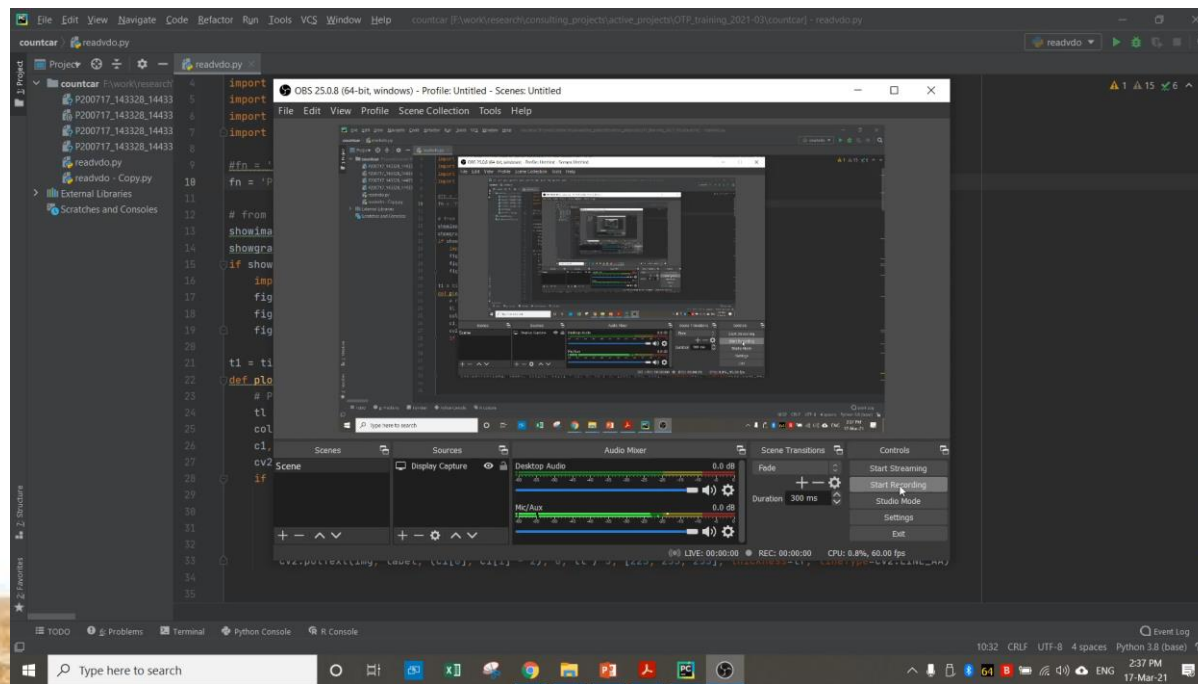
- จำเป็นต้องทำการสำรวจปริมาณจราจรเป็นจำนวนมากในเวลาที่มีจำกัด
- แบบจำลองปัญญาประดิษฐ์ object detection model ที่มีฐานมาจาก convolution neural network (CNN-based AI model)
- Detectron (โดย Facebook) แบบจำลอง Mask-RCNN และแบบจำลอง YOLO
- แบ่งประเภทรถ 3 ประเภท จักรยานยนต์ รถยนต์ รถบรรทุก





AI Model for Traffic Counts

- จำเป็นต้องทำการสำรวจปริมาณจราจรเป็นจำนวนมากในเวลาที่ย่ำกัด
- แบบจำลองปัญญาประดิษฐ์ object detection model ที่มีฐานมาจาก convolution neural network (CNN-based AI model)
- Detectron (โดย Facebook) แบบจำลอง Mask-RCNN และแบบจำลอง YOLO
- แบ่งประเภทรถ 3 ประเภท จักรยานยนต์ รถยนต์ รถบรรทุก





AI Model for license matching

- Optical character recognition (OCR) e.g. Tesseract (by Google)
- Train data by Labelme (MIT license)

```
Tesseract - OCR
naga@srmtech.com:~$ #Tesseract Installation
naga@srmtech.com:~$ #sudo apt-get install tesseract-ocr
naga@srmtech.com:~$ tesseract -v
tesseract 3.02.01
  leptonica-1.69
  libgif 4.1.6 : libjpeg 8b : libpng 1.2.49 : libtiff 4.0.2 : zlib 1.2.7
naga@srmtech.com:~$ tesseract input_image.tif output_text
Tesseract Open Source OCR Engine v3.02.01 with Leptonica
naga@srmtech.com:~$
```

Left 035-ES C1
2019.12.21 11:43:21.371 90.7 km/h

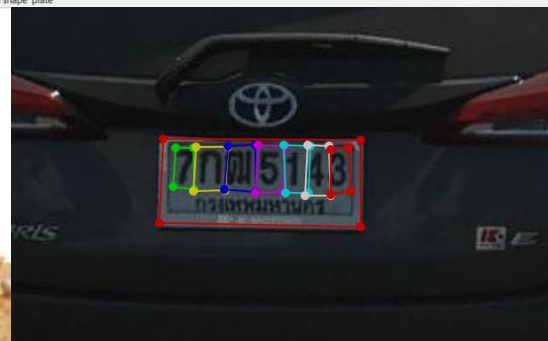


labelme - C:/Users/peerapol/Desktop/E20191221_114321.371_035-ES.jpg

File Edit View Help



Click & drag to move shape 'plate'



Polygon Labels

- ☒ plate ●
- ☒ 7 ●
- ☒ n ●
- ☒ 0 ●
- ☒ 5 ●
- ☒ 1 ●
- ☒ 4 ●
- ☒ 3 ●