



Chapter 2

Data Collection and Analysis

by Assist. Prof. Thaned Satiennam





เนื้อหา (Content)



- Overview of information needs
- Classification Schemers for data collection
- Step of survey planning
- Sampling procedure
- Determination of sample size



Overview of information needs



- Information needs in “Urban Transportation Modeling System, UTMS” or “Travel-demand forecasting” divided into four broad categories, as follows;

- Study Area
- Urban Activity
- Transportation System
- Travel

Source: Transportation Engineering, Khisty



Overview of information needs



ข้อมูลจำเป็นที่ต้องรวบรวมเพื่อใช้ในระบบแบบจำลองขนส่งในเมือง (Urban Transportation Modeling System, UTMS) หรือ กระบวนการทำนายความต้องการการเดินทาง (Travel-demand forecasting process) ถูกแบ่งออกเป็นกลุ่มใหญ่ๆ ดังนี้

- พื้นที่ศึกษา (Study Area)
- กิจกรรมบนพื้นที่ศึกษา (Urban Activity)
- ระบบขนส่ง (Transportation System)
- การเดินทาง (Travel)

Source: Transportation Engineering, Khisty



Overview of information needs



Study Area

- Defining boundaries
 - Clearly define exact area to be considered
 - Generally, this planning area includes all developed land plus undeveloped land that urban area will encompass in next 20 to 30 years
 - Cordon line used to demarcate the boundary of planning area

Source: Transportation Engineering, Khisty



ข้อมูลที่ใช้ในการวางแผนการขนส่ง

พื้นที่ศึกษา



กำหนดพื้นที่ศึกษา โดยระบุ ขอบเขตพื้นที่ศึกษา (Boundary)

- นักวางแผนระบบขนส่ง ต้องระบุพื้นที่ศึกษาให้ชัดเจนก่อนการดำเนินการเดินทางในพื้นที่เมือง
- โดยปกติ พื้นที่ศึกษาจะถูกพิจารณาจาก การครอบคลุมพื้นที่เมืองและ พื้นที่ที่ยังไม่พัฒนาแต่คาดว่าจะถูกพัฒนาเป็นเมืองใน 20-30 ปีในอนาคต (Future growth) การแบ่งเขตการปกครอง (political jurisdiction) การแบ่งเขต สำมะโนประชากร (census area boundary) และ สภาพภูมิประเทศ (natural boundary)
- ขอบเขตพื้นที่ศึกษาจะถูกครอบคลุมโดย *cordon line*

Source: Transportation Engineering, Khisty



Overview of information needs



Study Area

- Subdividing area for forecasting
 - Study area divided into analysis units, known as *zones*, where planner enable to link information about activities, travel, and transportation to physical locations in study area.
 - Zones vary in size depending on density or nature of urban development, such as in CBD, zones may be as small as a single block, and in undeveloped area, zones may be much more larger
 - Criteria for dividing zones
 - Zones attempt to bound homogeneous urban activities, such as, all residential, all commercial, all industrial
 - Zones should also consider natural boundaries and census designations

Source: Transportation Engineering, Khisty



ข้อมูลที่ใช้ในการวางแผนการขนส่ง

พื้นที่ศึกษา

การแบ่งพื้นที่ศึกษาเป็นพื้นที่ย่อย

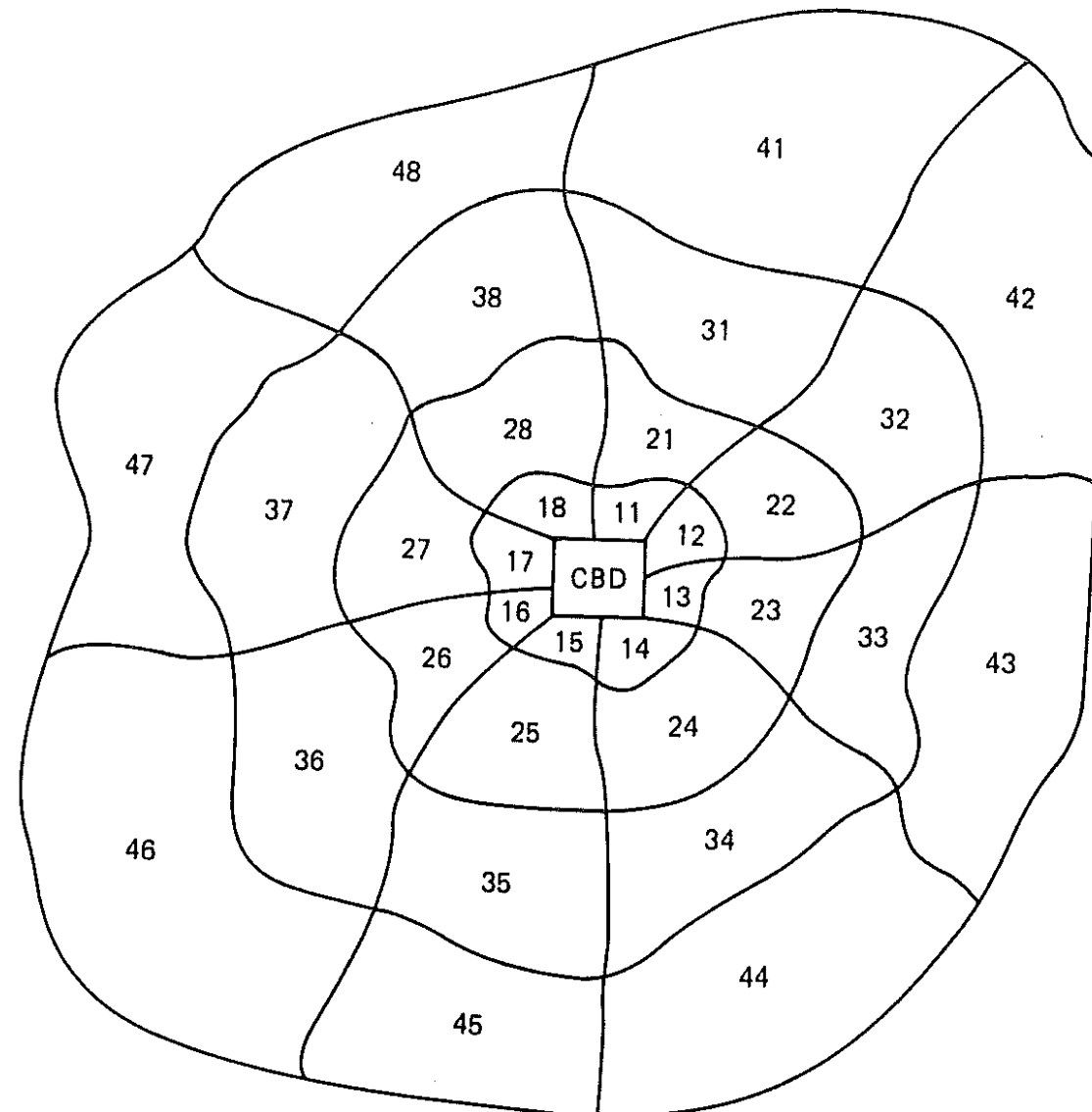
- พื้นที่ศึกษาจะถูกแบ่งเป็นพื้นที่ย่อยเพื่อการวิเคราะห์ ถูกเรียกว่า “โซน (zone)” เพื่อให้ นักวิเคราะห์สามารถเชื่อมข้อมูลเกี่ยวกับกิจกรรม การเดินทาง และระบบขนส่ง ลงบนพื้นที่
- ขนาดของโซนจะแตกต่างกันไปตามความหนาแน่นหรือธรรมชาติของการพัฒนาเมือง เช่น ใน เขตพื้นที่ย่านธุรกิจ (CBD) ขนาดของโซนอาจจะเล็กเท่ากับหนึ่งช่วงถนน แต่ในเขตพื้นที่ที่ยังไม่ พัฒนาเป็นเมือง ขนาดของโซนอาจจะมีขนาดใหญ่มาก
- หลักเกณฑ์ในการแบ่งโซนมีดังนี้
 - ในโซนเดียวกันควรมีกิจกรรมเหมือนกัน (homogeneous urban activity) เช่น โซนเป็นเขต ที่พักอาศัย เขตการค้า หรือเขตอุตสาหกรรม
 - แบ่งตาม โครงข่ายถนน เช่น ตามตารางช่วงถนน เขตการปกครองหรือสำมะโนประชากร หรือขอบเขตภูมิประเทศ เช่น แม่น้ำ เป็นต้น



Source: Transportation Engineering, Khisty



Example of structuring zones



Examples of:

Zones: 17, 31, 44

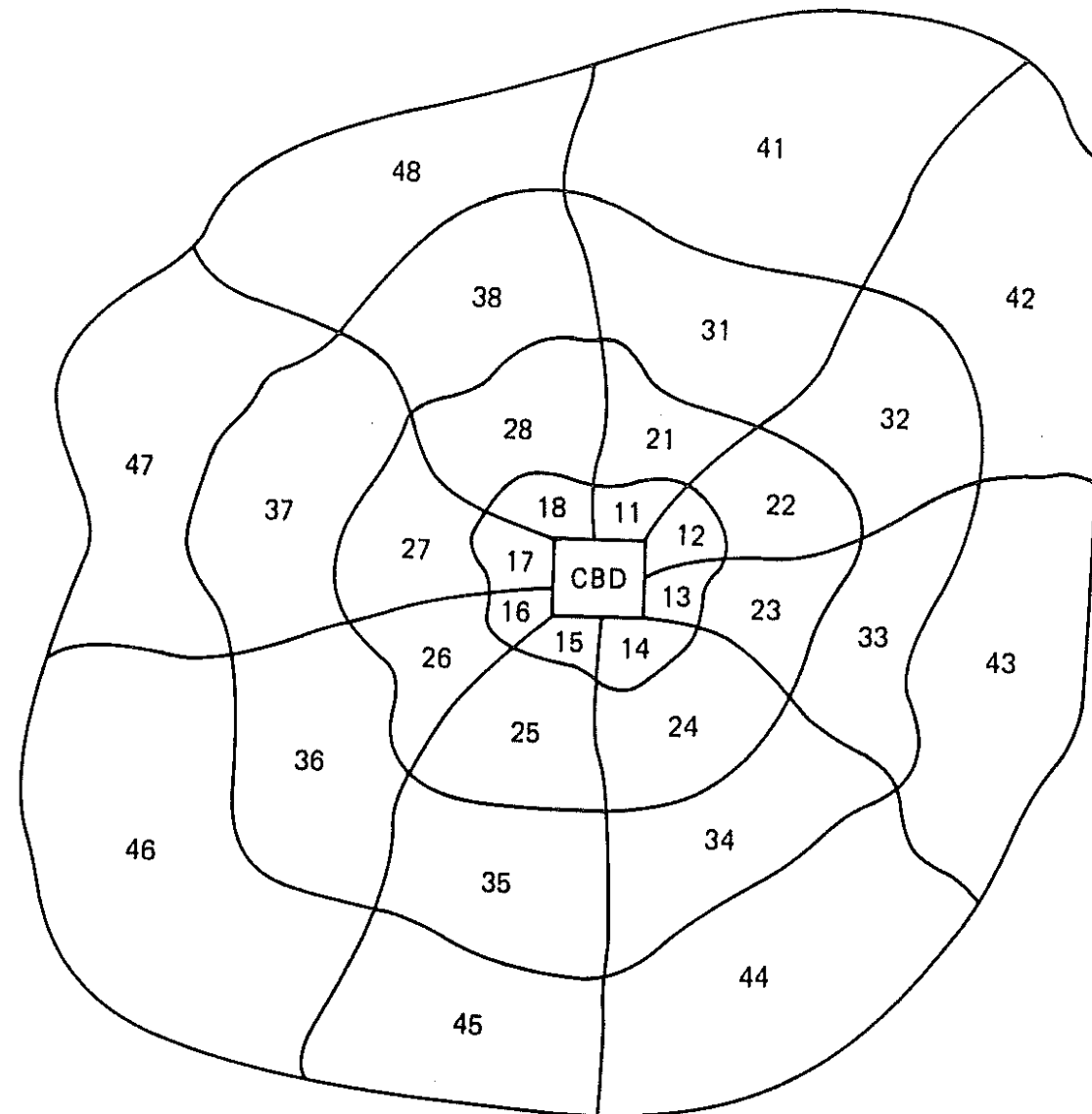
Rings: Zones 31 through 38

Sectors: Zones 18, 28, 38, 48

Figure 11-5 Structures of Zones, Rings, and Sectors.



ตัวอย่างการแบ่งโซนพื้นที่ศึกษา



Examples of:

Zones: 17, 31, 44

Rings: Zones 31 through 38

Sectors: Zones 18, 28, 38, 48

Figure 11-5 Structures of Zones, Rings, and Sectors.



Overview of information needs



Urban Activity

- Collecting information about activities in zones that might influence travel in urban area.



ข้อมูลที่ใช้ในการวางแผนการขนส่ง



กิจกรรมบนพื้นที่ศึกษา (Urban Activity)

- รวบรวมและสำรวจข้อมูลเกี่ยวกับกิจกรรมต่างๆ บนพื้นที่ย่อย ที่ส่งผลต่อการเดินทางในพื้นที่ศึกษา



Overview of information needs



Network Geometry

- Transportation system consists of networks representing available modes (auto or transit)
 - Road network
 - Transit network
- Components of transportation system network
 - Intersections, called *Nodes*
 - Segments between nodes, call *Links* or *Lines* in transit networks
 - Centers of activity called *Zone Centroids*, are used as points at which trips are loaded onto network
 - Zone centroids connected to nodes by imaginary links called *Centroid Connectors*



ข้อมูลที่ใช้ในการวางแผนการขนส่ง

โครงข่ายระบบขนส่ง

- ระบบขนส่ง ประกอบด้วย โครงข่ายกายภาพที่ยานพาหนะประเภทต่างๆ (รถ (auto) หรือรถขนส่งสาธารณะ (transit)) ถูกใช้ในการเดินทางในเมือง
 - โครงข่ายถนน (Road network)
 - โครงข่ายระบบขนส่งสาธารณะ (Transit network)
- ส่วนประกอบของโครงข่ายระบบขนส่ง
- *Nodes* แสดงถึง ทางแยก
- *Links or Lines* แสดงถึง ส่วนเชื่อมต่อระหว่าง *Nodes* ใน โครงข่ายถนน และ ระบบขนส่งสาธารณะ
- *Zone Centroids* แสดงถึง จุดศูนย์กลางของกิจกรรม เป็นจุดที่จะนำเข้าการเดินทางส่งโครงข่าย โดยมี *Centroid Connectors* (imaginary links) เชื่อมไปยัง *Nodes*

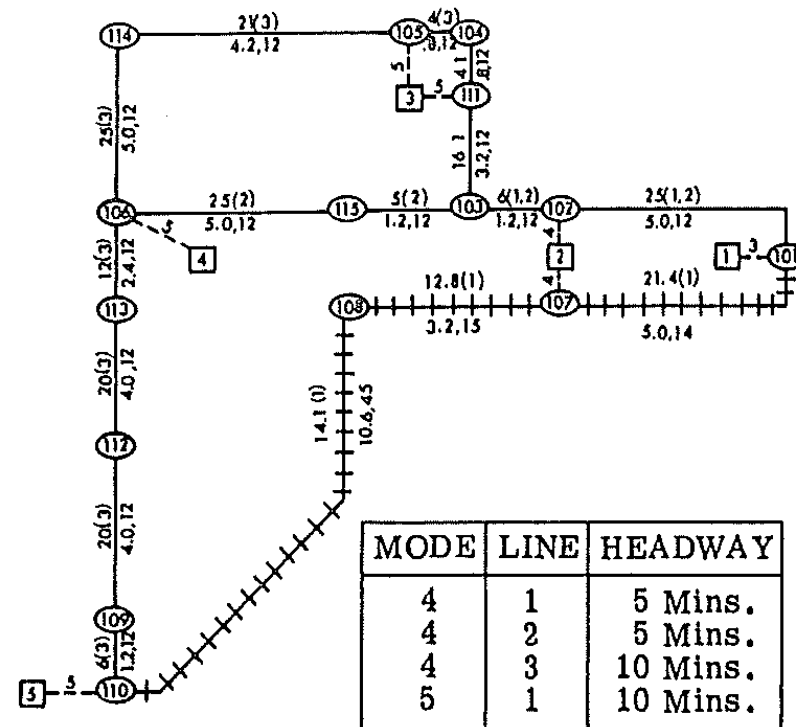




Overview of information needs



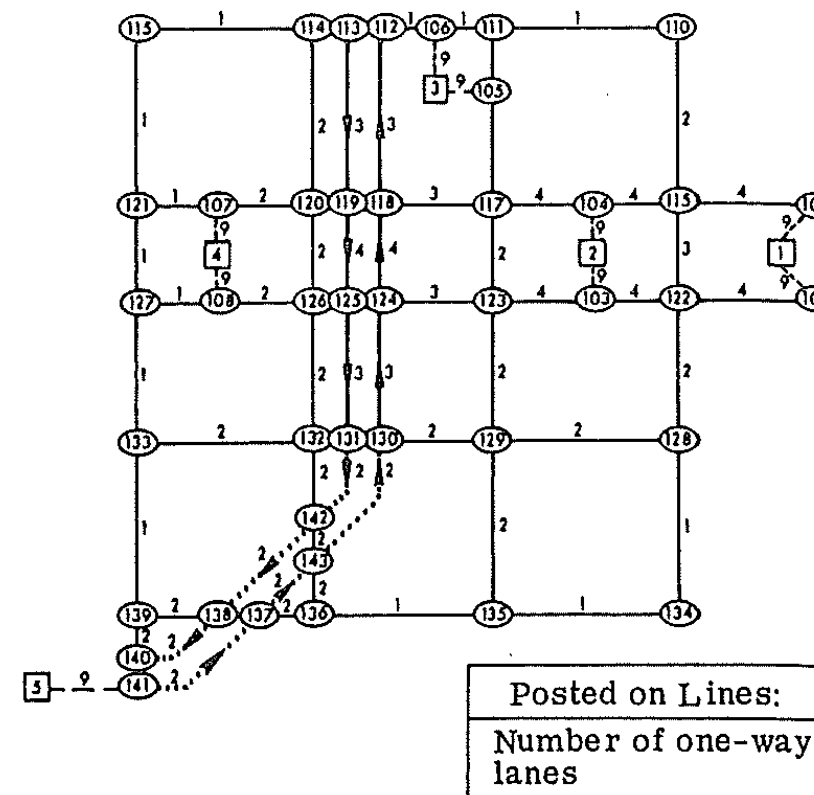
Figure...Example of Transportation Networks for Small City (FHWA, 1977)



LEGEND	
-----	Mode 1 (Walk)
TIME (LINES)	Mode 4 (Bus)
DIST. SPEED	
TIME (LINE)	
DIST. SPEED	Mode 5 (Express Bus)

UTOWN TRANSIT NETWORK DISTANCES, SPEED, TIMES, AND HEADWAYS

(a)



LEGEND	
-----	Centroid Conn.
-----	2-Way Arterial
----->	Expressway
.....>	Freeway

UTOWN HIGHWAY NETWORK

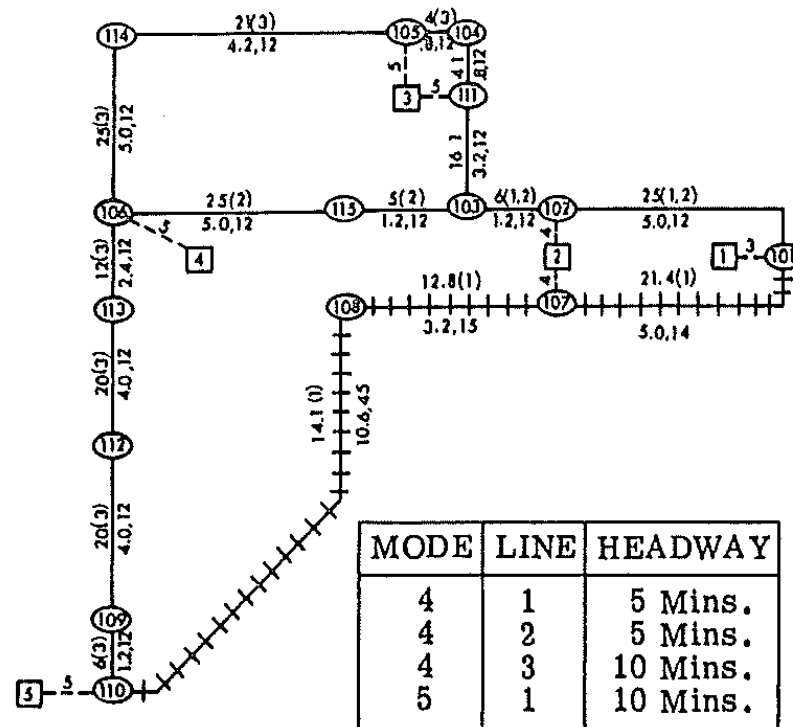
(b)



ข้อมูลที่จำเป็นการวางแผนการขนส่ง



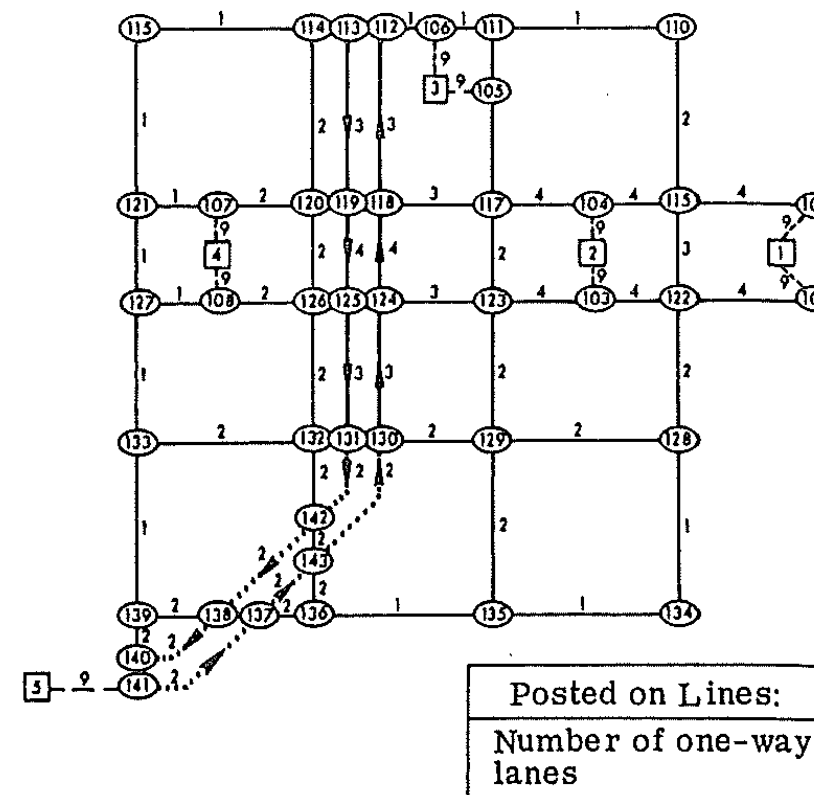
Figure...ตัวอย่างโครงข่ายระบบขนส่งของเมืองเล็ก (FHWA, 1977)



LEGEND	
-----	Mode 1 (Walk)
TIME (LINES)	Mode 4 (Bus)
DIST. SPEED	
TIME (LINE)	
DIST. SPEED	Mode 5 (Express Bus)

UTOWN TRANSIT NETWORK DISTANCES, SPEED, TIMES, AND HEADWAYS

(a)



LEGEND	
-----	Centroid Conn.
-----	2-Way Arterial
----->	Expressway
.....>	Freeway

UTOWN HIGHWAY NETWORK

(b)



Classification Schemes for Data Collection



- Planners often grouping data by geographic location or type of transportation facility
- Several criteria for dividing zones
 1. Achieving homogeneous socioeconomic characteristics for each zone's population
 2. Minimizing number of intrazonal trips
 3. Recognizing physical and political boundaries
 4. Devising a zonal system in which number of households, population, area, or trips generated and attracted are nearly equal in each zone
 5. Basing zonal boundaries on census zones



การแบ่งพื้นที่ศึกษาเป็นพื้นที่ย่อยเพื่อเก็บข้อมูล



นักวางแผน ปกติแบ่งพื้นที่ศึกษาตาม 1.สภาพภูมิประเทศ หรือ 2.ประเภทของระบบขนส่ง เช่น กรุงเทพมหานคร ถูกแบ่งเป็นพื้นที่ศึกษาย่อยๆ เพื่อวิเคราะห์กระแสจราจร (การเดินทางภายในพื้นที่ศึกษา เข้าสู่ และออกจากพื้นที่ศึกษา) โดยพื้นที่ศึกษายังถูกแบ่งเป็นพื้นที่ย่อย (โซน) ตามหลักเกณฑ์ ดังนี้

- ประชากรในแต่ละพื้นที่ย่อยมีลักษณะเศรษฐกิจและสังคมคล้ายๆ กัน
- มีการเดินทางภายในพื้นที่ย่อยต่ำที่สุด
- ใช้ลักษณะทางกายภาพ เช่น ถนน หรือการแบ่งเขตการปกครอง เป็นขอบเขตของพื้นที่ศึกษา
- แบ่งพื้นที่ย่อยให้จำนวนครัวเรือน ประชากร หรือ จำนวนการเดินทาง มีขนาดใกล้เคียงกัน
- อาจกำหนดพื้นที่ย่อยเบื้องต้น ตามเขตสำมะโนประชากร (Census zones)



Example of divided zones of Metro

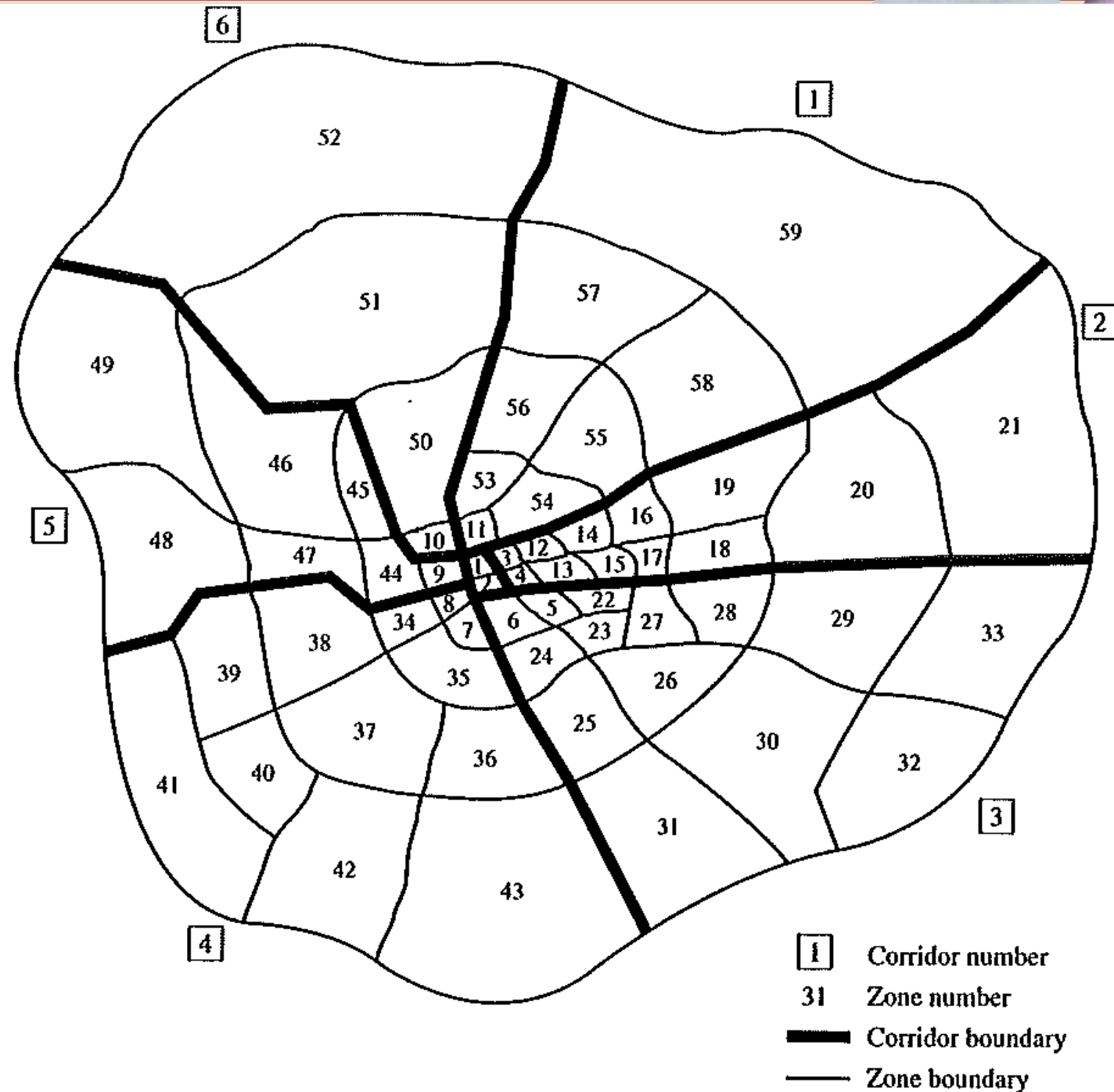


Figure 4.1 Typical zonal system for metropolitan transportation planning



ตัวอย่างการแบ่งพื้นที่ย่อยของเมืองใหญ่

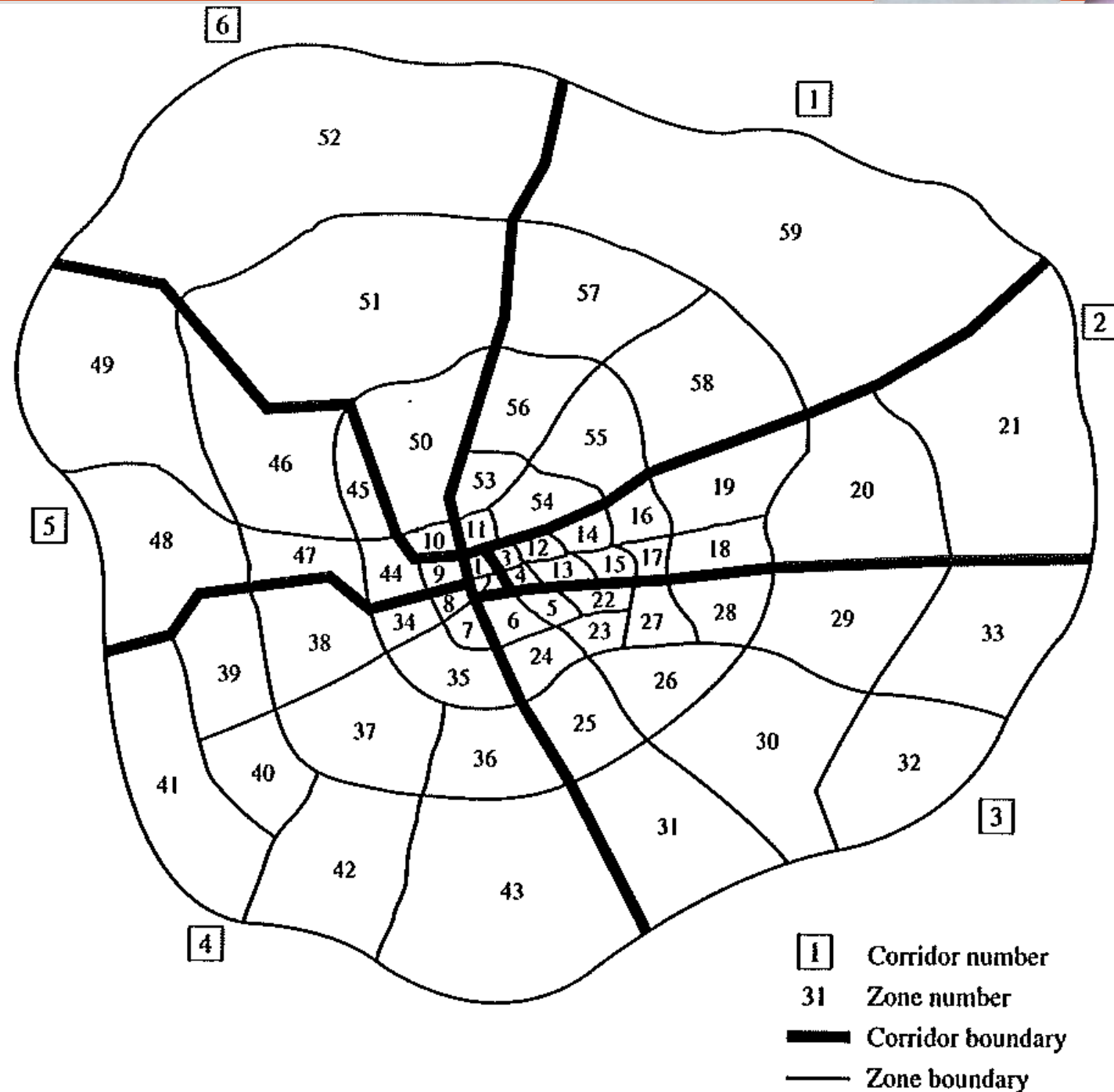
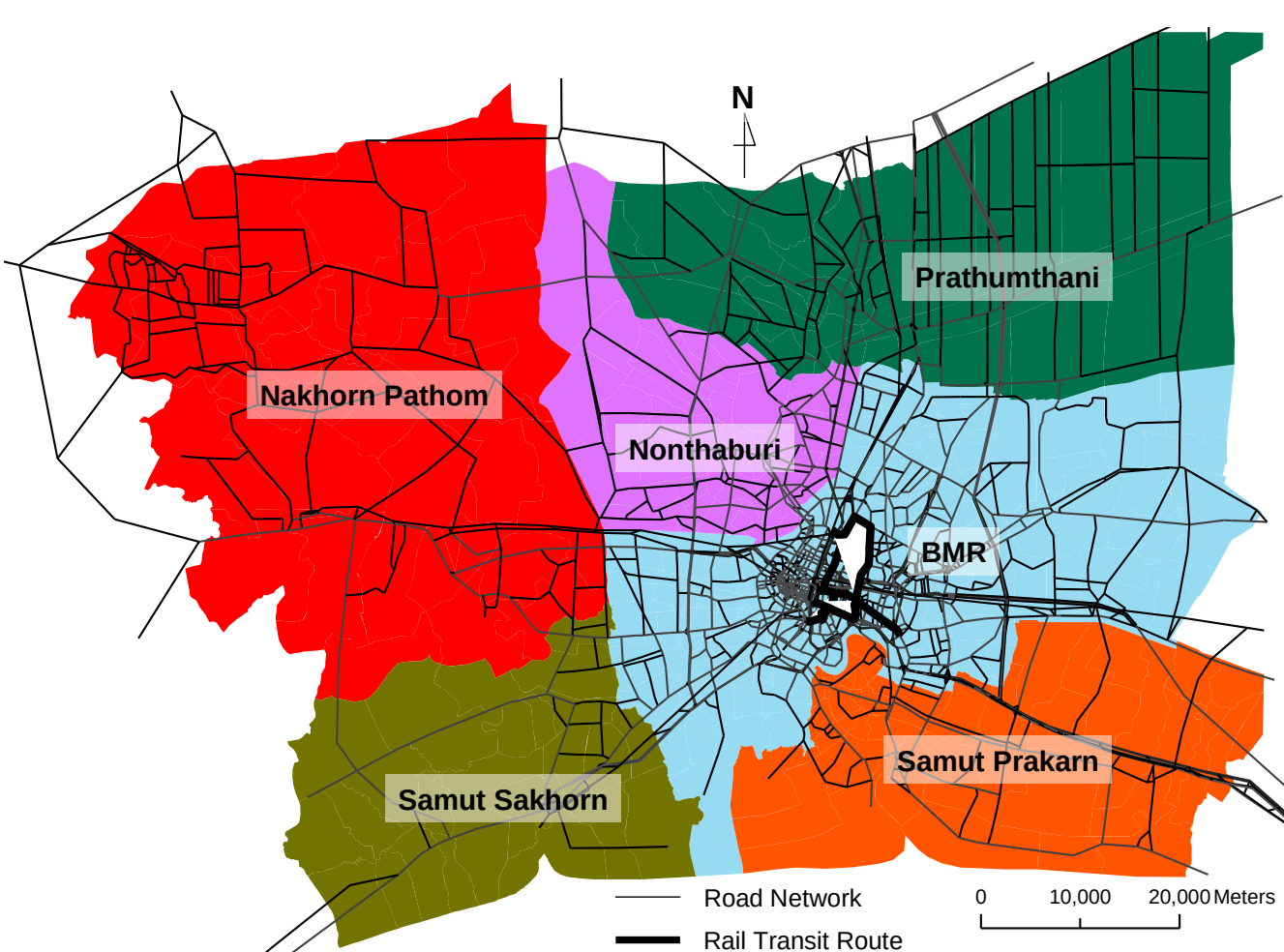


Figure 4.1 Typical zonal system for metropolitan transportation planning



Example of divided zones of Bangkok and its neighboring provinces



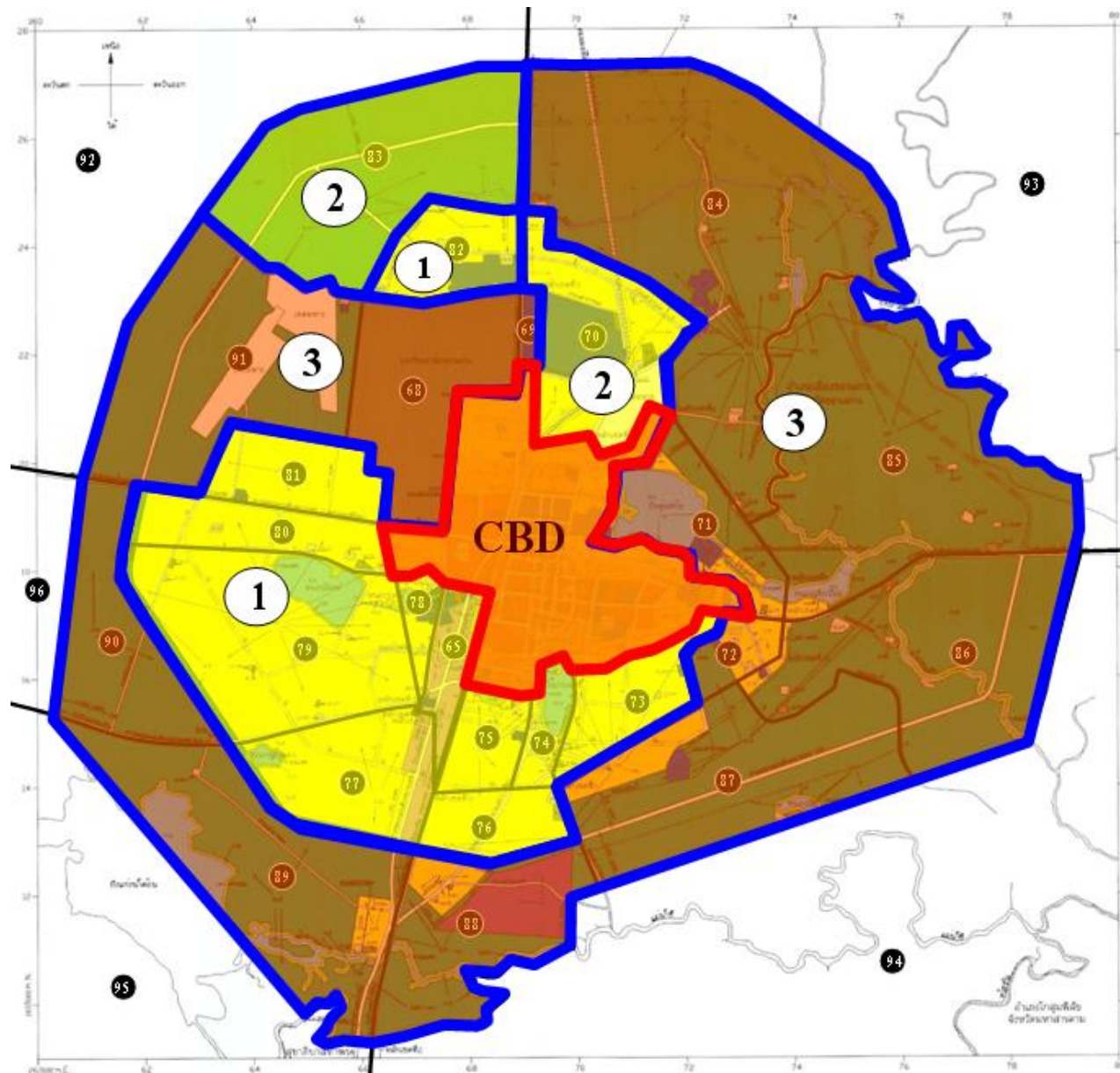
Totally 1,506 Zones

Source: Satiennam, 2007

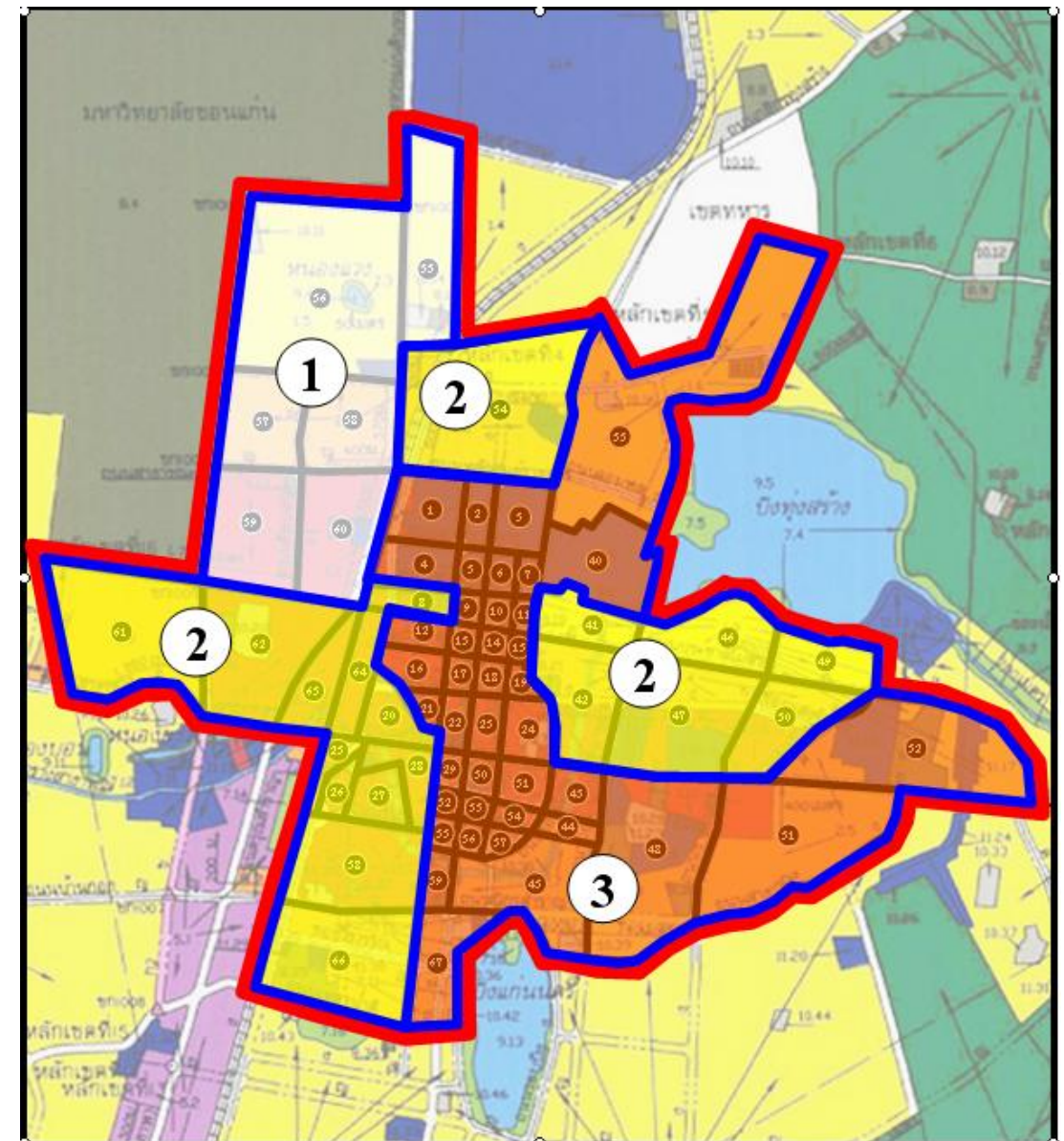
by Thaned Satiennam



Example of divided zones of Khon Kaen City



Totally 96 zones



Divided zones in CBD

Source: OTP, 2005

by Thaned Satiennam



Sampling Methods in Data Collection



- Usually transportation planning collects basic unit data, an individual household or a single-person trip, it is too costly to develop a database of every household or trip movement in a metropolitan area
- Therefore, developed methods to make reliable inferences about characteristics found in a carefully selected sample of households, being representative of characteristics of entire population

Source: Urban Transportation Planning

by Thaned Satiennam



วิธีการเก็บข้อมูลโดยกำหนดตัวอย่าง



- โดยปกติ การเก็บข้อมูลเพื่อวางแผนการขนส่ง จะเกี่ยวข้องกับการเก็บข้อมูลการเดินทางของแต่ละครัวเรือนหรือบุคคล ดังนั้น การสำรวจและวิเคราะห์ข้อมูลจะแพงและยุ่งยากเกินไปที่จะเก็บข้อมูลทุกครัวเรือนในพื้นที่เมืองมหานคร
- ดังนั้น การศึกษาที่ผ่านมาได้มีการเสนอวิธีการต่างๆ เพื่อคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างที่จะสำรวจเพื่อเป็นตัวแทนที่สะท้อนลักษณะของประชากรทั้งหมด



Sampling Methods in Data Collection(2)



Steps in planning and executing a survey

1. Establish a clear statement of survey objectives
2. Define sampled population and target groups
3. Identify specific data relevant for surveying purpose
4. Specify required degree of precision (how much error can be tolerated)
5. Determine used methods in obtaining survey results
6. Divide population into sampling units
7. Select sampling procedure and sample size
8. Pretest survey and field methods
9. Determine procedure for analyzing and summarizing data

Source: Urban Transportation Planning

by Thaned Satiennam



วิธีการเก็บข้อมูลโดยกำหนดตัวอย่าง (2)



ขั้นตอนการวางแผนและดำเนินการสำรวจตัวอย่าง

1. กำหนดวัตถุประสงค์การสำรวจให้ชัดเจน
2. กำหนดประชากร และกลุ่มเป้าหมาย
3. กำหนดข้อมูลที่ต้องการสำรวจตามวัตถุประสงค์
4. กำหนดค่าความคลาดเคลื่อนขั้นต่ำที่ยอมรับได้ **degree of precision**
5. กำหนดวิธีในการสำรวจเพื่อได้รับผลข้อมูลที่ต้องการ
6. แบ่งประชากรออกเป็นกลุ่มตัวอย่าง
7. เลือกวิธีการสุ่มตัวอย่าง (**sampling procedure**) และกำหนดขนาดตัวอย่าง (**sample size**)
8. ทดสอบวิธีการสำรวจก่อนสำรวจจริง
9. กำหนดกระบวนการสำหรับวิเคราะห์ และสรุปผลการสำรวจข้อมูล

Source: Urban Transportation Planning

by Thaned Satiennam



Sampling Procedure (1)



- Selecting sampling procedures merits special attention
- Four major types of sampling procedures
 1. Simple random sampling
 2. Sequential sampling
 3. Stratified random sampling
 4. Cluster sampling
- Each procedure designed to reduce bias in results that might come from measurement error or unrepresentative sample selection
- In each case, cost of survey sampling is different and must be balanced against required degree of accuracy

Source: Urban Transportation Planning

by Thaned Satiennam



วิธีการสุ่มตัวอย่าง (1)



- การสุ่มตัวอย่าง ถูกออกแบบเพื่อลดผลการสำรวจที่อาจจะความคลาดเคลื่อน (Bias) ที่เกิดจาก measurement error, หรือ unrepresentative sample
- การสุ่มตัวอย่างที่นิยมใช้ 4 วิธี
 1. Simple random sampling
 2. Sequential sampling
 3. Stratified random sampling
 4. Cluster sampling
- โดยแต่ละวิธีการสุ่มตัวอย่างมีค่าใช้ใจในการสำรวจแตกต่างกันไป และต้องพิจารณาเปรียบเทียบความคุ้มค่ากับค่าใช้จ่ายที่เสียไปกับความถูกต้องมากขึ้นของข้อมูลที่ได้มา (Degree of accuracy)

Source: Urban Transportation Planning

by Thaned Satiennam



Sampling Procedure (2)



1. Simple random sampling

- Selecting units out of population such as each population unit has an equal chance of being drawn
- Units in population are assigned numbers from 1 to N, and numbers between 1 and N are drawn from a random number table or from a computer program, especially designed to produce such numbers.
- Specific units in population corresponding to these random numbers, becoming the randomly drawn sample

2. Sequential sampling or Systematic sampling

- Drawing a sample from every n^{th} element in population
- Assuming that target population listed in random order

Source: Urban Transportation Planning

by Thaned Satiennam



วิธีการสุ่มตัวอย่าง (2)



1. Simple random sampling (การสุ่มตัวอย่างแบบง่าย)

- เลือกตัวอย่างจากประชากรโดยมีความน่าจะเป็นถูกเลือกเท่าๆ กัน ในแต่ละครั้งของการเลือก
- แต่ละหน่วยของประชากรถูกแทนด้วยตัวเลขจาก 1 ถึง N และ ตัวเลขจาก 1 ถึง N จะถูกเลือกหรือสุ่มตัวอย่าง โดยวิธี ตารางเลขสุ่ม จับสลาก หรือ โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่มีฟังก์ชันสามารถเลือกตัวเลขจากการสุ่มได้
- หน่วยของประชากรที่ถูกเลือกจะเป็น ตัวอย่างที่ถูกเลือกโดยคำนึงถึงความน่าจะเป็นในการสุ่ม



วิธีการสุ่มตัวอย่าง (2)



1. Simple random sampling (การสุ่มตัวอย่างแบบง่าย)

ตัวอย่าง: โครงการศึกษา “การให้บริการของรถแท็กซี่ในจังหวัดหนึ่ง” โดยมีจำนวนรถแท็กซี่จดทะเบียนทั้งหมด 1,000 คัน ($N = 1,000$) ถ้าการศึกษานี้ต้องใช้ขนาดตัวอย่าง 100 คัน ($n = 100$) และต้องการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย

วิธีการ

1. กำหนดหมายเลข 1, ..., 1,000 ให้รถแท็กซี่แต่ละคัน
2. เลือกสุ่มตัวอย่างจากหมายเลขที่กำหนด ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ SPSS สุ่มเลือกตัวเลขออกมา
3. ทำการสุ่มตัวอย่าง ในขั้นที่ 2 จนได้จำนวนตัวอย่างครบ 100 หมายเลข (โดยหมายเลขที่ถูกเลือกแล้วจะไม่ถูกเลือกซ้ำ)



วิธีการสุ่มตัวอย่าง (2)



2. Systematic sampling (การสุ่มตัวอย่างแบบเป็นระบบ)

- เป็นการเลือกตัวอย่างที่มีขั้นตอน ดังนี้
- ขั้นที่ 1 สร้างกรอบตัวอย่าง และให้หมายเลขกำกับ $(1, \dots, N)$ แต่ละหน่วยของประชากร
- ขั้นที่ 2 คำนวณระยะห่างในการสุ่ม ($k = N/n$)
- ขั้นที่ 3 เลือกตัวอย่างหน่วยแรก โดยสุ่มตัวอย่างที่มีหมายเลข 1 ถึง k
 - เช่น ได้หมายเลข r หมายถึง จะได้หน่วยที่ r ในกรอบตัวอย่างหน่วยแรก
- ขั้นที่ 4 เลือกตัวอย่างหน่วยที่ 2 ให้ห่างจากหน่วยแรก $= k$
 - เช่น หน่วยแรก คือ r ดังนั้น หน่วยที่สอง คือ $r+k$
- ขั้นที่ 5 เลือกหน่วยตัวอย่างถัดไป โดยมีระยะห่าง k เท่าๆ กัน จนได้ครบ
 - เช่น นั่นคือ หน่วยที่ $r, r+k, r+2k, r+3k, \dots$ ถูกเลือกเป็นตัวอย่าง



วิธีการสุ่มตัวอย่าง (2)



2. Systematic sampling (การสุ่มตัวอย่างแบบเป็นระบบ)

ตัวอย่าง 2: จากตัวอย่าง 1 โครงการศึกษา “การให้บริการของรถแท็กซี่ในจังหวัดหนึ่ง” โดยมีจำนวนรถแท็กซี่จดทะเบียนทั้งหมด 1,000 คัน ($N = 1,000$) ถ้าการศึกษานี้ต้องใช้ขนาดตัวอย่าง 100 คัน ($n = 100$) และต้องการสุ่มตัวอย่างแบบเป็นระบบ

วิธีการ

1. กำหนดหมายเลข 1, ..., 1,000 ให้รถแท็กซี่แต่ละคัน
2. คำนวณระยะห่างในการสุ่ม $k = 1,000/100 = 10$
3. เลือกสุ่มเลขมา 1 ค่าระหว่าง (1-10) โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ SPSS โดยได้ $r = 4$ ดังนั้นหมายเลข 0004 จะเป็นตัวอย่างหน่วยแรก
4. เลือกตัวอย่างหน่วยที่ 2 ซึ่งเป็นหน่วยที่มีหมายเลข $0004+10 = 0014$
5. เลือกตัวอย่างหน่วยที่ 3, 4, ..., 100 ซึ่งตรงกับหมายเลขที่ 0024, 0034, ..., 0994
ดังนั้น จะได้รถแท็กซี่ หมายเลข 4, 14, 24, ..., 994 ถูกเลือกเป็นตัวอย่าง 100 คัน



Sampling Procedure (3)



3. Stratified random sampling

- Dividing population of N units into subpopulations of $N_1, N_2, \dots, N_L$ units, according to differences in some defining characteristic, such as household income.
- Random samples then taken within each class

4. Cluster sampling

- Involving grouping sampling units, usually on a spatial or geographical basis
- Then selecting at random for the sample



Sampling Procedure (3)



3. การสุ่มตัวอย่างแบบชั้นภูมิ (Stratified random sampling)

- กรณีที่ประชากรมีความแตกต่างกันมาก เช่น รายได้ครัวเรือน ดังนั้น ต้องการตัวอย่างที่มีความแตกต่างกัน เหมือนประชากร
- การสุ่มตัวอย่างแบบง่าย หรือแบบเป็นระบบ อาจจะไม่ทำได้ดี ตัวอย่างที่มีความแตกต่างกันเหมือนในประชากร
- ดังนั้น ควรแบ่งประชากรจำนวน N หน่วย ออกเป็นกลุ่มประชากรย่อย $N_1, N_2, \dots, N_L$ กลุ่ม ตามลักษณะที่แตกต่างกันของแต่ละกลุ่ม และให้หน่วยประชากรที่มีความคล้ายกัน อยู่ในกลุ่มย่อยเดียวกัน (Stratum)
- กำหนดขนาดตัวอย่างของแต่ละกลุ่มย่อย
$$n_i = \frac{N_i}{N} n$$
- ต่อมา ตัวอย่างถูกเลือกในแต่ละกลุ่มโดยวิธี การสุ่มตัวอย่างแบบง่าย



Sampling Procedure (3)



3. Stratified random sampling

ตัวอย่างที่ 3 การศึกษาระดับการให้บริการของรถโดยสารประจำทางในจังหวัดหนึ่ง ต้องการสุ่มตัวอย่างรถโดยสารประจำทางเพื่อศึกษาระดับการให้บริการ โดยในจังหวัดนี้มีรถโดยสารประจำทางให้บริการทั้งหมด 500 คัน กำหนดขนาดตัวอย่างได้ 50 คัน ต้องการสุ่มตัวอย่างโดยวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบชั้นภูมิ

วิธีทำ

1. เนื่องจากรถประจำทางแต่ละสายน่าจะมีระดับการให้บริการที่แตกต่างกัน ดังนั้น แบ่งกลุ่มรถโดยสารประจำทางออกเป็น 4 กลุ่มย่อยตามสายให้บริการทั้งหมด 4 สาย
2. กำหนดขนาดตัวอย่างในแต่ละกลุ่ม

กลุ่ม	N_i	n_i
Red Line	200	20
Blue Line	150	15
Yellow Line	70	7
Green Line	80	8
Total	500	50

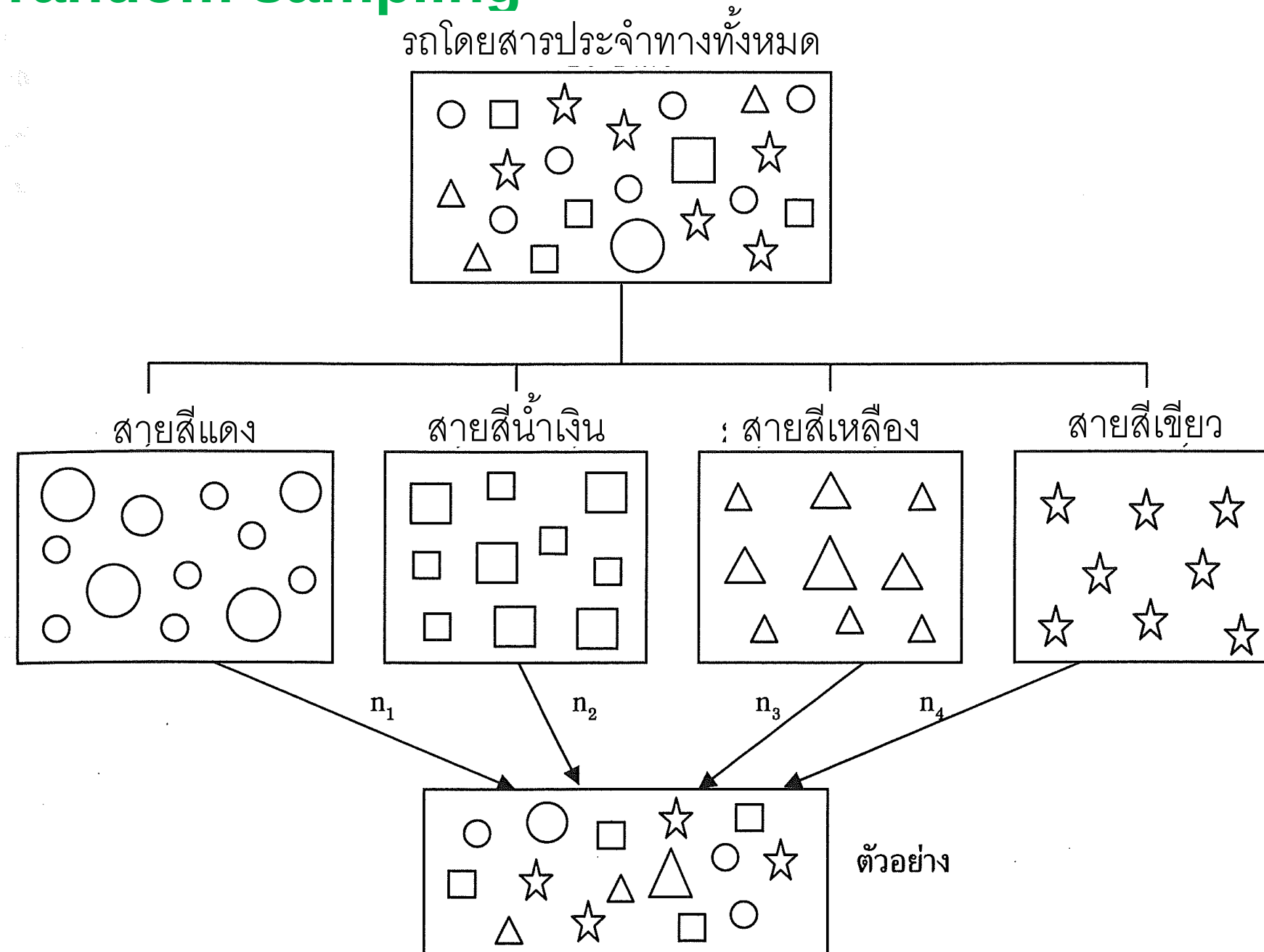
ดังนั้น สุ่มตัวอย่าง รถโดยสารประจำทางสายสีแดง น้ำเงิน เหลือง และ เขียว จำนวน 20, 15, 7 และ 8 คัน ตามลำดับ โดยสุ่มตัวอย่างแต่ละกลุ่มย่อยโดยวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย



Sampling Procedure (3)



3. Stratified random sampling



รูปที่ 2.1 แสดงการเลือกตัวอย่างแบบแบ่งชั้น



Sampling Procedure (3)



4. การสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม (Cluster sampling)

- การสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่มมีส่วนที่คล้ายและแตกต่างจากการเลือกตัวอย่างแบบชั้น คือมีการแบ่งประชากรออกเป็นกลุ่มย่อย แต่ต้องการให้หน่วยที่มีลักษณะแตกต่างกันอยู่ในกลุ่มเดียวกัน
- ดังนั้น การเลือกตัวอย่างแบบกลุ่มจึงไม่จำเป็นต้องสุ่มตัวอย่างจากทุกกลุ่ม แต่สามารถเลือกเพียงบางกลุ่ม ก็จะทำให้ตัวอย่างมีครบทุกลักษณะ
- เช่น การศึกษาพฤติกรรมการเดินทางของประชากรในกรุงเทพฯ (ซึ่งสัมพันธ์กับรายได้ของประชากร) อาจแบ่งกลุ่มด้วยเขต เนื่องจากแต่ละเขตมีทั้งคนรายได้ต่ำและสูงอยู่ด้วยกัน
- ต่อมา แต่ละกลุ่ม สุ่มตัวอย่างโดยวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย

Source: Urban Transportation Planning

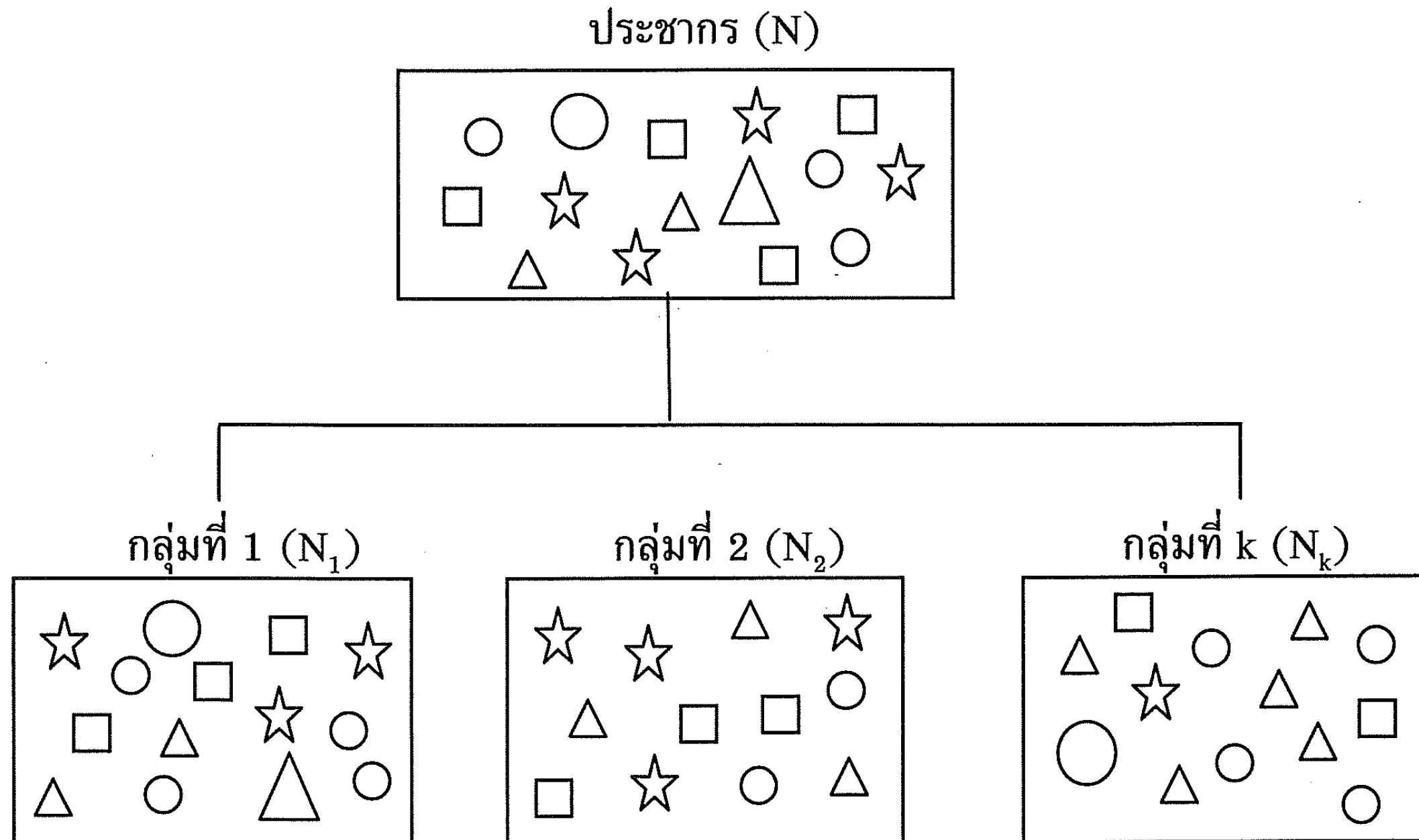
by Thaned Satiennam



Sampling Procedure (3)



4. การสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม (Cluster sampling)



Source: Urban Transportation Planning

by Thaned Satiennam



Determination of sample size (1)



- Important component of surveying strategy is selecting sample size, n
- Although accuracy of population estimates will increase with size of sample, there is always a point at which additional accuracy is not worth associated costs of data collection and analysis
- In transportation planning, determining appropriate sample size can be complicated because data are seldom collected for strictly one purpose
- Different levels of accuracy and different sample size may thus required, depending on purposes of data usage
- Challenge of transportation planner becoming one of first deciding how collected data will be used and then determining size of needed sample to provide required level of accuracy for most sensitive of data uses

Source: Urban Transportation Planning

by Thaned Satiennam



การกำหนดขนาดตัวอย่าง (sample size) (1)



- ส่วนสำคัญในกระบวนการสำรวจตัวอย่างคือ การกำหนดขนาดตัวอย่าง (sample size)
- ประเด็นที่ต้องพิจารณาคือ ถึงแม้ว่า ความถูกต้องของการประเมินข้อมูลของประชากรจะมากขึ้น เมื่อเพิ่มจำนวนตัวอย่าง แต่ความถูกต้องที่ต้องการเพิ่มขึ้นคุ้มค่าหรือไม่กับค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นจากการสำรวจและวิเคราะห์ข้อมูล
- ในการวางแผนการขนส่ง การกำหนดขนาดตัวอย่างอาจจะซับซ้อน เพราะข้อมูลที่เก็บส่วนใหญ่จะถูกใช้เพื่อวัตถุประสงค์เดียว เช่น ศึกษาข้อมูลเดียวกัน (เช่น อัตราการเดินทาง) อาจจะถูกใช้เพื่อทั้ง ตรวจสอบความถูกต้อง (validation) กับข้อมูลสถิติการวางแผนในปัจจุบัน หรือเพื่อปรับเทียบ (calibration) แบบจำลองทำนายการเดินทาง ดังนั้น ระดับความถูกต้อง (level of accuracy) และ ขนาดตัวอย่าง (Sample size) จะถูกพิจารณาแตกต่างกันไป ขึ้นกับวัตถุประสงค์ของการใช้ข้อมูล
- ดังนั้น ความท้าทายของผู้วางแผนระบบขนส่งคือ ต้องตัดสินใจว่าข้อมูลที่จะสำรวจมานำไปใช้ทำอะไร เพื่อกำหนดขนาดตัวอย่างให้ได้ตามระดับความถูกต้องที่ต้องการ (level of accuracy) เมื่อใช้ข้อมูลเพื่อวัตถุประสงค์ที่ต้องการความถูกต้องมากที่สุด

Source: Urban Transportation Planning

by Thaned Satiennam



Determination of sample size (2)



Two major steps of determining sample size (n)

1. Setting assumption about form of underlying distribution of elements in particular population, normally, one common assumption is that population is normally distributed
2. Determining Level of Confidence, i.e. acceptable limits of error of the sample

Source: Urban Transportation Planning

by Thaned Satiennam



การกำหนดขนาดตัวอย่าง (sample size) (2)



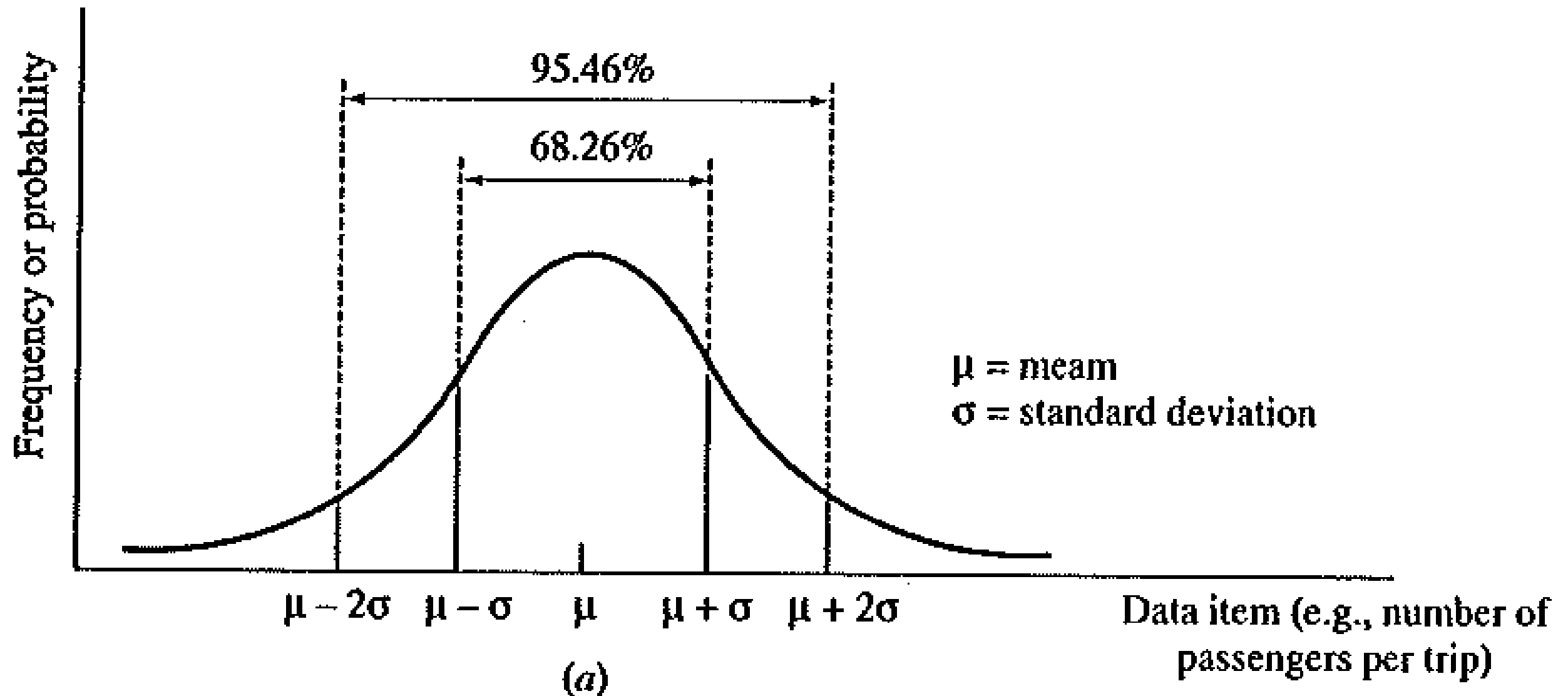
ขั้นตอนการกำหนดขนาดตัวอย่างมี 2 ขั้นตอน คือ

1. ตั้งสมมุติฐานเกี่ยวกับการกระจายตัวของข้อมูลของประชากร โดยทั่วไปสมมุติเป็น การกระจายตัวแบบปกติ (Normal Distribution)
2. กำหนดค่าความเชื่อมั่น (Level of Confidence)
 - **Level of confidence = $100(1-\alpha)$** เมื่อ α คือ พื้นที่ใต้กราฟการกระจายตัวแบบปกตินอกเขตความเชื่อมั่น
 - เช่น ค่า **mean** ของตัวแปร (ที่กระจายตัวแบบปกติ) ของกลุ่มตัวอย่าง ควรอยู่ระหว่าง บวก หรือ ลบ สองหน่วยของ **mean** ของประชากรที่ระดับความเชื่อมั่น **95%** หรืออีกนัยหนึ่งคือ บวก หรือ ลบ สองเท่าของ **SD** ของ **mean** ของตัวอย่างมีโอกาสที่ **mean** ของประชากร จะรวมอยู่ **95%**
 - เช่น **95%** คือ **95%** ของตัวอย่างอยู่ใน ระดับความคลาดเคลื่อนที่กำหนด

Source: Urban Transportation Planning



Normal Distribution



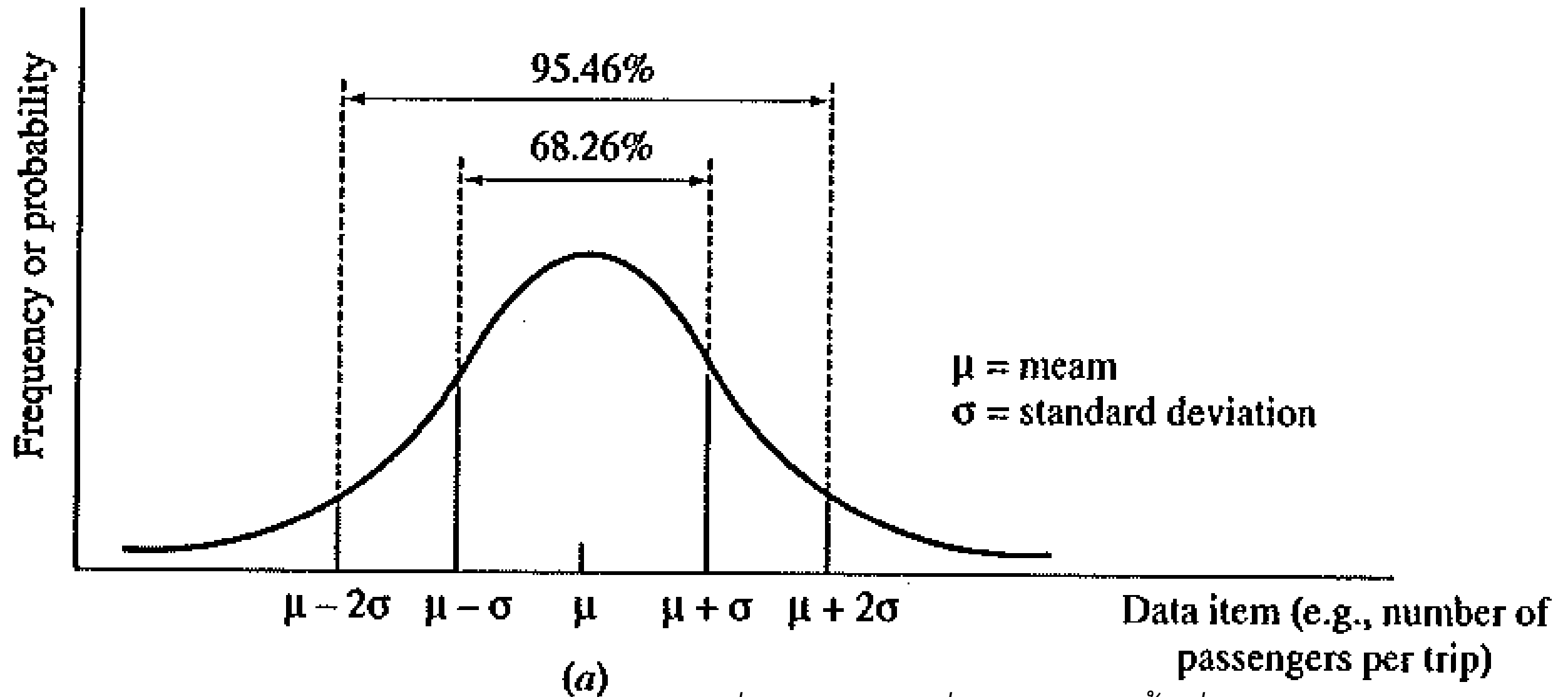
Normal distribution: same proportion of observations will always lie between mean and specified number of Standard Deviation (SD), 68.26% of area under distribution always be within one SD of mean, and 95.24% within 2SD for any normally distributed variable

Source: Urban Transportation Planning

by Thaned Satiennam



การกระจายตัวแบบปกติ (Normal Distribution)



การกระจายตัวแบบปกติ คือ การกระจายของความถี่ของตัวอย่างที่สำรวจมา มีพื้นที่ 68.26% อยู่ระหว่างค่า Standard Deviation (SD) และ มีพื้นที่ 95.46% อยู่ระหว่าง 2SD

Source: Urban Transportation Planning

by Thaned Satiennam



Normal distribution with a percent confidence interval



Normal distribution with a $(1 - \alpha)$ percent confidence interval

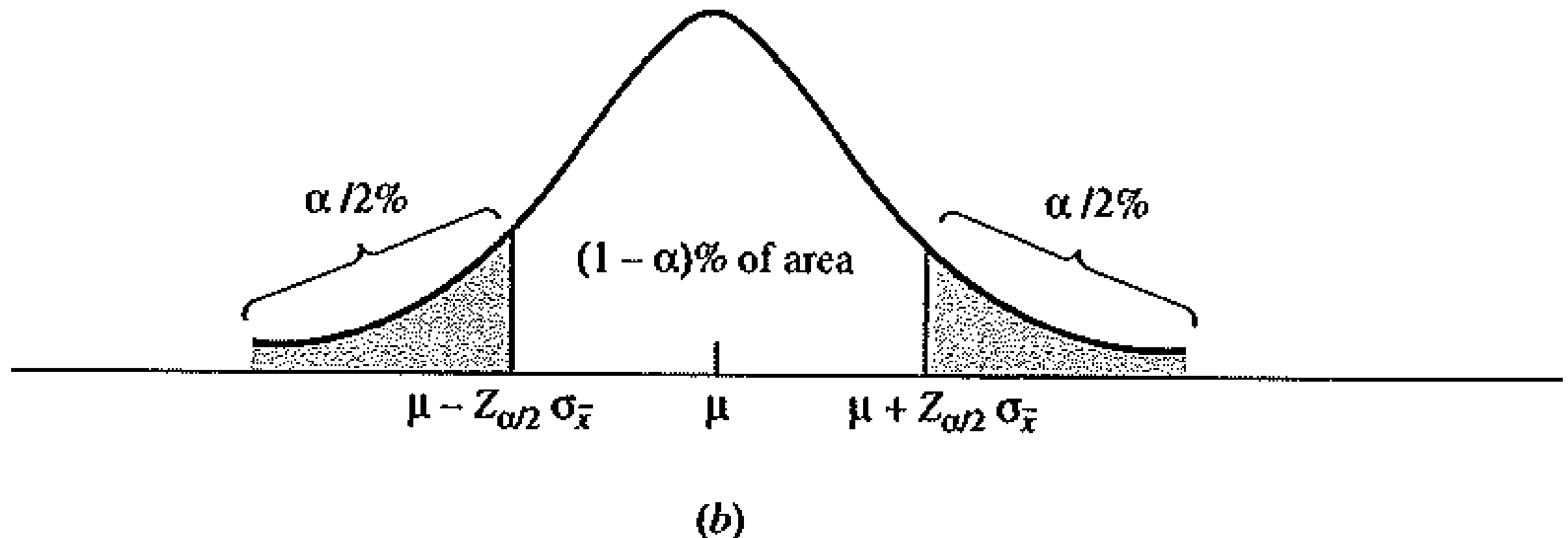


Figure B.1 The normal distribution

*Level of Confidence = % of samples falling within desired limit of error (confidence limits)
= $100(1 - \alpha)$ where α is fraction of area under normal distribution
falling outside confidence limits*

Source: Urban Transportation Planning

by Thaned Satiennam



การกระจายตัวแบบปกติด้วยเปอร์เซ็นต์ความเชื่อมั่น



Normal distribution with a $(1 - \alpha)$ percent confidence interval

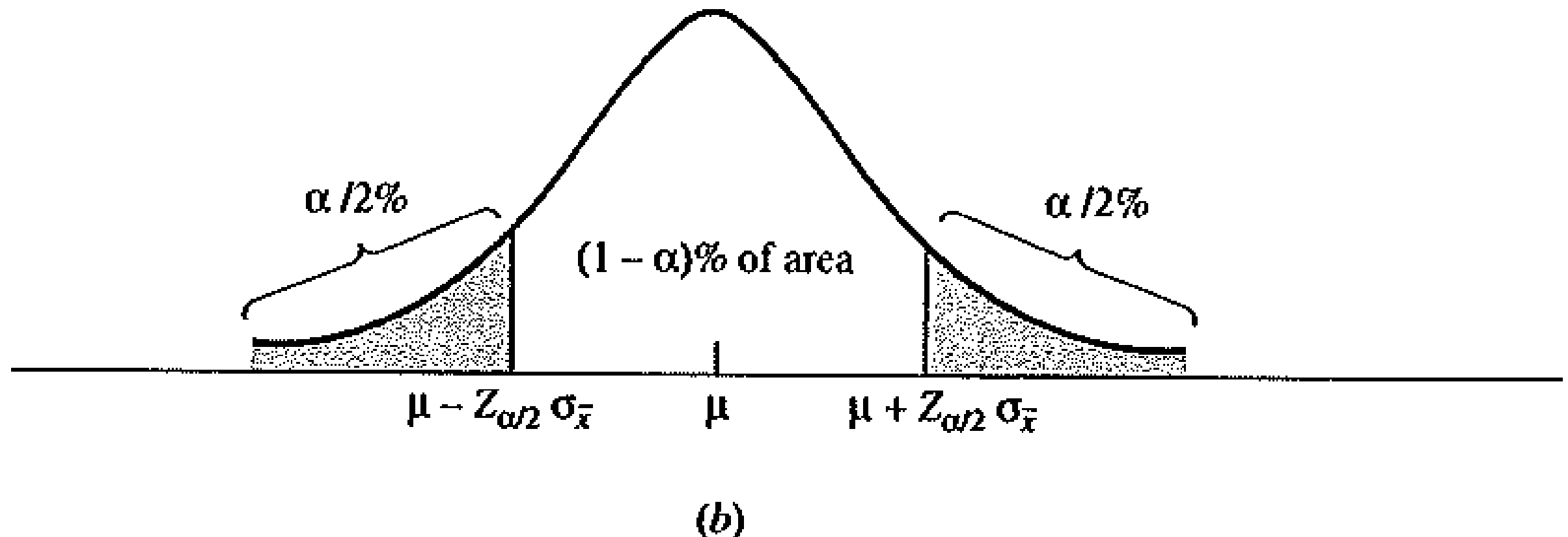


Figure B.1 The normal distribution

Level of confidence = % ของตัวอย่างที่ตกอยู่ในพื้นที่ภายใต้คลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ (desired limit of error,
= $100(1 - \alpha)$ เมื่อ α คือ พื้นที่ใต้กราฟการกระจายตัวแบบปกตินอกเขตความเชื่อมั่น

Source: Urban Transportation Planning

by Thaned Satiennam



Determination of sample size (known SD of population distribution)



- Assuming elements of particular population are normally distributed.
- Assuming sample (n) is small relative to total population size (N) (i.e. n/N is less than some standard, usually set at 0.1)
- Standard Deviation (SD) of population distribution has been known

$$n = \left[\frac{Z_{1-(1/2)\alpha} \sigma}{d} \right]^2 \quad (2.1)$$

Where n = sample size

d = tolerable margin of error of mean value

σ = standard deviation of population distribution

α = fraction of area under normal curve representing events not within confidence level (thus, $1-\alpha$ is desired level of confidence)

$Z_{1-(1/2)\alpha}$ = standard normal statistic corresponding to the $(1-\alpha)$ confidence level (found in tables in any statistics book)

Source: Urban Transportation Planning

by Thaned Satiennam



การกำหนดขนาดตัวอย่าง (เมื่อทราบค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากร)



- สมมติฐาน: ประชากรมีการกระจายตัวแบบปกติ
- ทราบค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากร

$$n = \left[\frac{Z_{1-(1/2)\alpha} \sigma}{d} \right]^2 \quad (2.1)$$

Where n = ขนาดตัวอย่าง

d = ค่าความคลาดเคลื่อนในการสุ่ม

σ = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากร

α = fraction of area under normal curve representing events not within confidence level (thus, $1-\alpha$ is desired level of confidence)

$Z_{1-(1/2)\alpha}$ = คะแนนมาตรฐานทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น ($1-\alpha$) (จากตารางในหนังสือสถิติทั่วไป)

Source: Urban Transportation Planning

by Thaned Satiennam



Example 2.1 Determination of sample size (known SD of population distribution)

A speed study wants to determine average speed of vans passing a particular road section. A previous survey estimated standard deviation (SD) of average daily number of van, is 100 veh/day. The study requires a tolerable margin of error with ± 10 veh with a 95% level of confidence. Determine sample size (Given $Z_{1-0.05/2} = 1.96$)

Solution

$$n = \left[\frac{Z_{1-(1/2)\alpha} \sigma}{d} \right]^2 = \left[\frac{(1.96)(100)}{10} \right]^2 = 384.16$$

Thus, minimum sample size should be 384 veh/day



ตัวอย่าง 2.1 กำหนดขนาดตัวอย่าง (เมื่อทราบค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากร)

การศึกษารื่องความเร็วโครงการหนึ่งต้องการหาความเร็วเฉลี่ยของรถตู้วิ่งผ่านช่วงถนนหนึ่ง โดยการสำรวจที่ผ่านมาประมาณค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณเฉลี่ยรายวันของรถตู้เท่ากับ **100 veh/day** โดยการศึกษานี้กำหนดให้มีความคลาดเคลื่อนในการสุ่มอยู่ในช่วง ± 10 veh โดยมีระดับความเชื่อมั่น **95%** จงหาขนาดตัวอย่างเมื่อต้องการหาความเร็วเฉลี่ยของรถตู้ (กำหนดให้ $Z_{1-0.05/2} = 1.96$)

วิธีทำ

$$n = \left[\frac{Z_{1-(1/2)\alpha} \sigma}{d} \right]^2 = \left[\frac{(1.96)(100)}{10} \right]^2 = 384.16$$

ดังนั้น ขนาดตัวอย่างน้อยที่สุดเท่ากับ **384 veh/day**

Source: Urban Transportation Planning



Determination of sample size (known proportion of data item in population)(1)

- One of problems with using Eq.(2.2) is that σ is often unknown
- Existing records or preliminary samples can be used to estimate σ and thus determine appropriate sample size
- Another approach, proportion of data item in population is known (e.g. % of HBW trips of all trips made in study area)

$$n = \frac{\left[Z_{1-(1/2)\alpha} \right]^2 (p)(1-p)}{d^2} \quad (2.2)$$

Where n = sample size

d = tolerable margin of error of mean value

p = proportion of data item in population

α = fraction of area under normal curve representing events not within confidence level (thus, $1-\alpha$ is desired level of confidence)

$Z_{1-(1/2)\alpha}$ = standard normal statistic corresponding to the $(1-\alpha)$ confidence level (found in tables in any statistics book)

Source: Urban Transportation Planning



การกำหนดขนาดตัวอย่าง (เมื่อทราบค่าสัดส่วนตัวแปรที่ศึกษาต่อประชากร)(1)

- ปัญหาของสมการ (2.1) คือไม่ทราบค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากร (σ) ดังนั้นอาจต้องใช้ข้อมูลจากการศึกษาที่ผ่านมา
- วิธีทางเลือก คือ ใช้ค่าสัดส่วนตัวแปรที่ศึกษาต่อประชากร (ตัวอย่างเช่น % การเดินทางไปทำงาน ต่อ การเดินทางทั้งหมด ที่เกิดขึ้นในพื้นที่ศึกษา)

$$n = \frac{\left[Z_{1-(1/2)\alpha} \right]^2 (p)(1-p)}{d^2} \quad (2.2)$$

Where n = ขนาดตัวอย่าง

d = ค่าความคลาดเคลื่อนในการสุ่ม

p = สัดส่วนตัวแปรที่ศึกษาต่อประชากร

α = fraction of area under normal curve representing events not within confidence level (thus, $1-\alpha$ is desired level of confidence)

$Z_{1-(1/2)\alpha}$ = คะแนนมาตรฐานทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น ($1-\alpha$) (จากตารางในหนังสือสถิติทั่วไป)

Source: Urban Transportation Planning



Determination of sample size (known proportion of data item in population)(2)

- One modification of Eq.(2.2) can occur when planners interested in relative error (r) from true mean value instead of absolute error (d)
- Example, planners want to estimate a variable with an error not exceeding 5% of true mean value
- Modifying Eq.(2.2) by substituting ($r \times p$) for d

$$n = \frac{\left[Z_{1-(1/2)\alpha} \right]^2 (1-p)}{r^2 p} \quad (2.3)$$

Where n = sample size

r = margin of error or precision (or level of allowable deviation as a percentage between estimated probabilities and true choice proportion of population)

p = proportion of data item in population

α = fraction of area under normal curve representing events not within confidence level (thus, $1-\alpha$ is desired level of confidence)

$Z_{1-(1/2)\alpha}$ = standard normal statistic corresponding to the $(1-\alpha)$ confidence level (found in tables in any statistics book)

Source: Urban Transportation Planning



การกำหนดขนาดตัวอย่าง (เมื่อทราบค่าสัดส่วนตัวแปรที่ศึกษาต่อประชากร)(2)

- สมการ (2.2) สามารถถูกปรับปรุงให้มีค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ หรือความแม่นยำ (r) แทนค่าความคลาดเคลื่อนในการสุ่ม (d) ซึ่งเป็นค่าความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์ โดยแทนค่า d ด้วย $r \times p$ ได้สมการ (2.3)

$$n = \frac{\left[Z_{1-(1/2)\alpha} \right]^2 (1-p)}{r^2 p} \quad (2.3)$$

Where n = ขนาดตัวอย่าง

r = ค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ หรือความแม่นยำ (Precision)

p = สัดส่วนตัวแปรที่ศึกษาต่อประชากร

α = fraction of area under normal curve representing events not within confidence level (thus, $1-\alpha$ is desired level of confidence)

$Z_{1-(1/2)\alpha}$ = คะแนนมาตรฐานทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น ($1-\alpha$) (จากตารางในหนังสือสถิติทั่วไป)

Source: Urban Transportation Planning



Example 2.2 Determination of sample size (known proportion of data item in population)

A study of inter-city mode choice behavior want to determine the sample sizes of auto for questionnaire surveying. The previous proportions for each mode are known, i.e. market shares (p) for auto, and transit are 0.4 and 0.6, respectively. The study requires a tolerable margin of error with $\pm 5\%$ (i.e. sampled proportion of decision makers being within $\pm 5\%$ of true population proportions) with a 95% level of confidence. (Given $Z_{1-0.05/2} = 1.96$)

Solution

$$n = \frac{\left[Z_{1-(1/2)\alpha} \right]^2 (1-p)}{r^2 p} = \frac{1.96^2 (1-0.4)}{0.05^2 (0.4)} = 2,305$$

Thus, minimum sample size should be 2,305 trips

Source: Hensher et al., 2005



ตัวอย่าง 2.2 การกำหนดขนาดตัวอย่าง (เมื่อทราบค่าสัดส่วนตัวแปรที่ศึกษาต่อประชากร)(2)

การศึกษาการเลือกใช้ยานพาหนะเดินทางภายในเมืองต้องการกำหนดขนาดตัวอย่างของการเดินทางที่เลือกใช้รถส่วนบุคคลสำหรับการสำรวจด้วยแบบสอบถาม โดยการสำรวจที่ผ่านมา พบว่าสัดส่วนการเลือกใช้รถส่วนบุคคลและรถขนส่งสาธารณะเป็น 0.4 และ 0.6 ตามลำดับ โดยการศึกษาี้กำหนดให้มีความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ หรือ ความแม่นยำ $\pm 5\%$ โดยมีระดับความเชื่อมั่น 95%

(กำหนดให้ $Z_{1-0.05/2} = 1.96$)

วิธีทำ

$$n = \frac{\left[Z_{1-(1/2)\alpha} \right]^2 (1-p)}{r^2 p} = \frac{1.96^2 (1-0.4)}{0.05^2 (0.4)} = 2,305$$

ดังนั้น ขนาดตัวอย่างน้อยที่สุดเท่ากับ 2,305 veh/day

Source: Hensher et al., 2005



การกำหนดขนาดตัวอย่าง (โดยใช้ตารางหรือกราฟ)

- นักวางแผนสามารถใช้ตารางที่ หรือกราฟรูปที่ ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนตัวแปรที่ศึกษาต่อประชากร (p), ระดับความเชื่อมั่น, ความแม่นยำ (r), และขนาดตัวอย่าง (n) เพื่อกำหนดช่วงของขนาดตัวอย่างได้
- จากตัวอย่างที่ 2.5 สามารถกำหนดช่วงขนาดตัวอย่างได้จากตาราง โดยเมื่อ $p = 0.4$ ต้องการขนาดตัวอย่างอย่างต่ำ 2,000 เพื่อให้ได้ความแม่นยำ 5.42% และต้องการขนาดตัวอย่างอย่างต่ำเพิ่มเป็น 5,000 เพื่อให้ได้ความแม่นยำ 3.43% ดังนั้น ถ้าต้องการความแม่นยำ 5% ต้องกำหนดขนาดตัวอย่างระหว่าง 2,000 ถึง 5,000 (โดยขนาดตัวอย่างที่ได้จากการคำนวณด้วยสมการ 2.3 เท่ากับ 2,305)

Source: Urban Transportation Planning

by Thaned Satiennam



Determination of sample size (by Table and Figure)

- Planners can use Tables and Figures, showing relationship between proportions, confidence intervals, margin of error (precision), and sample sizes, to determine roughly the range of sample size
- As example 2.2, value of p of 0.4 is 5.42% at a sample size of 2,000. 3.43% for n equal to 5,000. Thus, for required level of precision (5%), a sample size of between 2,000 and 5,000 would be necessary (exact value calculated by Eq. (2.2) is 2,305).



Determination of sample size by Table (1) (Sample size related to frequency (p), precision (r), and confidence interval)

Table B.1 Sample size related to frequency, precision, and confidence interval

Frequency	Sample Size														
	90% Confidence Interval					Coonfidence Interval					99% Confidence Interval				
	500	1000	2000	5000	10,000	500	1000	2000	5000	10,000	500	1000	2000	5000	10,000
0.10	22.14	15.65	11.07	7.00	4.95	26.65	18.78	13.28	8.40	5.94	34.35	24.29	17.17	10.86	7.68
0.11	20.99	14.84	10.49	6.64	4.69	25.19	17.81	12.59	7.96	5.63	32.57	23.03	16.28	10.30	7.28
0.12	19.98	14.13	9.99	6.32	4.47	23.98	16.96	11.99	7.58	5.35	31.00	21.92	15.50	9.80	6.93
0.13	19.89	13.50	9.54	6.14	4.27	22.91	16.20	11.05	7.24	5.12	29.62	20.94	14.81	9.37	6.62
0.14	18.29	12.93	9.14	5.78	4.09	21.95	15.52	10.97	6.94	4.91	28.38	20.06	14.19	8.97	6.34
0.15	17.57	12.42	8.78	5.55	3.93	21.18	14.90	10.54	6.67	4.71	27.25	19.27	13.63	8.62	6.09
0.16	16.91	11.96	8.45	5.35	3.78	20.29	14.35	10.14	6.42	4.54	26.23	18.55	13.12	8.30	5.87
0.17	16.30	11.53	8.15	5.15	3.65	19.57	13.84	9.78	6.19	4.38	25.30	17.89	12.65	8.00	5.66
0.18	15.75	11.14	7.87	4.98	3.52	18.90	13.36	9.45	5.98	4.23	24.44	17.28	12.22	7.73	5.46
0.19	15.24	10.77	7.62	4.82	3.41	18.28	12.93	9.14	5.78	4.09	23.64	16.71	11.82	7.48	5.29
0.20	14.76	10.44	7.38	4.67	3.30	17.71	12.52	8.85	5.60	3.96	22.90	16.19	11.45	7.24	5.12
0.21	14.31	10.12	7.16	4.53	3.20	17.17	12.14	8.59	5.43	3.84	22.21	15.78	11.10	7.02	4.97
0.22	13.89	9.82	6.95	4.39	3.11	16.67	11.79	8.34	5.27	3.73	21.56	15.24	10.78	6.82	4.82
0.23	13.50	9.55	6.75	4.27	3.02	16.20	11.46	8.11	5.12	3.62	20.95	14.81	10.47	6.62	4.68
0.24	13.13	9.29	6.57	4.15	2.94	15.75	11.14	7.88	4.98	3.52	20.37	14.41	10.19	6.44	4.56
0.25	12.78	9.04	6.39	4.04	2.86	15.34	10.84	7.67	4.85	3.43	19.83	14.02	9.91	6.27	4.43
0.26	12.45	8.80	6.22	3.94	2.78	14.94	10.56	7.47	4.72	3.34	19.31	13.66	9.66	6.11	4.32
0.27	12.13	8.58	6.07	3.84	2.71	14.56	10.30	7.28	4.60	3.26	18.82	13.31	9.41	5.95	4.21
0.28	11.83	8.37	5.92	3.74	2.65	14.20	10.04	7.10	4.49	3.18	18.36	12.98	9.18	5.81	4.11
0.29	11.55	8.16	5.77	3.65	2.58	13.85	9.80	6.93	4.38	3.10	17.91	12.67	8.96	5.66	4.01
0.30	11.27	7.97	5.54	3.56	2.52	13.53	9.56	6.76	4.28	3.02	17.49	12.37	8.74	5.53	3.91
0.31	11.01	7.78	5.50	3.48	2.46	13.21	9.34	6.51	4.18	2.95	17.08	12.08	8.54	5.40	3.82
0.32	10.76	7.61	5.38	3.40	2.41	12.91	9.13	6.45	4.08	2.89	16.69	11.80	8.34	5.28	3.73
0.33	10.51	7.43	5.26	3.32	2.35	12.62	8.92	6.31	3.99	2.82	16.31	11.54	8.16	5.16	3.65
0.34	10.28	7.27	5.14	3.25	2.30	12.34	8.72	6.17	3.90	2.76	15.95	11.28	7.98	5.04	3.57
0.35	10.06	7.11	5.03	3.18	2.25	12.07	8.53	6.03	3.82	2.70	15.60	11.03	7.80	4.93	3.49
0.36	9.84	6.95	4.92	3.11	2.20	11.81	8.35	5.93	3.73	2.64	15.26	10.79	7.63	4.83	3.41
0.37	9.63	6.81	4.81	3.04	2.15	11.55	8.17	5.78	3.65	2.58	14.94	10.56	7.47	4.72	3.34

(continues)

Source: Urban Transportation Planning

by Thaned Satiennam



การกำหนดขนาดตัวอย่างโดยตาราง (1) (หาขนาดตัวอย่างที่สัมพันธ์กับสัดส่วน (p), ความแม่นยำ (r) และระดับความเชื่อมั่น)

Table B.1 Sample size related to frequency, precision, and confidence interval

Frequency	Sample Size														
	90% Confidence Interval					Coonfidence Interval					99% Confidence Interval				
	500	1000	2000	5000	10,000	500	1000	2000	5000	10,000	500	1000	2000	5000	10,000
0.10	22.14	15.65	11.07	7.00	4.95	26.65	18.78	13.28	8.40	5.94	34.35	24.29	17.17	10.86	7.68
0.11	20.99	14.84	10.49	6.64	4.69	25.19	17.81	12.59	7.96	5.63	32.57	23.03	16.28	10.30	7.28
0.12	19.98	14.13	9.99	6.32	4.47	23.98	16.96	11.99	7.58	5.35	31.00	21.92	15.50	9.80	6.93
0.13	19.89	13.50	9.54	6.14	4.27	22.91	16.20	11.05	7.24	5.12	29.62	20.94	14.81	9.37	6.62
0.14	18.29	12.93	9.14	5.78	4.09	21.95	15.52	10.97	6.94	4.91	28.38	20.06	14.19	8.97	6.34
0.15	17.57	12.42	8.78	5.55	3.93	21.18	14.90	10.54	6.67	4.71	27.25	19.27	13.63	8.62	6.09
0.16	16.91	11.96	8.45	5.35	3.78	20.29	14.35	10.14	6.42	4.54	26.23	18.55	13.12	8.30	5.87
0.17	16.30	11.53	8.15	5.15	3.65	19.57	13.84	9.78	6.19	4.38	25.30	17.89	12.65	8.00	5.66
0.18	15.75	11.14	7.87	4.98	3.52	18.90	13.36	9.45	5.98	4.23	24.44	17.28	12.22	7.73	5.46
0.19	15.24	10.77	7.62	4.82	3.41	18.28	12.93	9.14	5.78	4.09	23.64	16.71	11.82	7.48	5.29
0.20	14.76	10.44	7.38	4.67	3.30	17.71	12.52	8.85	5.60	3.96	22.90	16.19	11.45	7.24	5.12
0.21	14.31	10.12	7.16	4.53	3.20	17.17	12.14	8.59	5.43	3.84	22.21	15.78	11.10	7.02	4.97
0.22	13.89	9.82	6.95	4.39	3.11	16.67	11.79	8.34	5.27	3.73	21.56	15.24	10.78	6.82	4.82
0.23	13.50	9.55	6.75	4.27	3.02	16.20	11.46	8.11	5.12	3.62	20.95	14.81	10.47	6.62	4.68
0.24	13.13	9.29	6.57	4.15	2.94	15.75	11.14	7.88	4.98	3.52	20.37	14.41	10.19	6.44	4.56
0.25	12.78	9.04	6.39	4.04	2.86	15.34	10.84	7.67	4.85	3.43	19.83	14.02	9.91	6.27	4.43
0.26	12.45	8.80	6.22	3.94	2.78	14.94	10.56	7.47	4.72	3.34	19.31	13.66	9.66	6.11	4.32
0.27	12.13	8.58	6.07	3.84	2.71	14.56	10.30	7.28	4.60	3.26	18.82	13.31	9.41	5.95	4.21
0.28	11.83	8.37	5.92	3.74	2.65	14.20	10.04	7.10	4.49	3.18	18.36	12.98	9.18	5.81	4.11
0.29	11.55	8.16	5.77	3.65	2.58	13.85	9.80	6.93	4.38	3.10	17.91	12.67	8.96	5.66	4.01
0.30	11.27	7.97	5.54	3.56	2.52	13.53	9.56	6.76	4.28	3.02	17.49	12.37	8.74	5.53	3.91
0.31	11.01	7.78	5.50	3.48	2.46	13.21	9.34	6.51	4.18	2.95	17.08	12.08	8.54	5.40	3.82
0.32	10.76	7.61	5.38	3.40	2.41	12.91	9.13	6.45	4.08	2.89	16.69	11.80	8.34	5.28	3.73
0.33	10.51	7.43	5.26	3.32	2.35	12.62	8.92	6.31	3.99	2.82	16.31	11.54	8.16	5.16	3.65
0.34	10.28	7.27	5.14	3.25	2.30	12.34	8.72	6.17	3.90	2.76	15.95	11.28	7.98	5.04	3.57
0.35	10.06	7.11	5.03	3.18	2.25	12.07	8.53	6.03	3.82	2.70	15.60	11.03	7.80	4.93	3.49
0.36	9.84	6.95	4.92	3.11	2.20	11.81	8.35	5.93	3.73	2.64	15.26	10.79	7.63	4.83	3.41
0.37	9.63	6.81	4.81	3.04	2.15	11.55	8.17	5.78	3.65	2.58	14.94	10.56	7.47	4.72	3.34

(continues)

Source: Urban Transportation Planning

by Thaned Satiennam



Determination of sample size by Table (2) (Sample size related to frequency(p), precision(r), and confidence interval)

Table B.1 Sample size related to frequency, precision, and confidence interval

Frequency	Sample Size														
	90% Confidence Interval 95%					Coonfidence Interval					99% Confidence Interval				
	500	1000	2000	5000	10,000	500	1000	2000	5000	10,000	500	1000	2000	5000	10,000
0.38	9.43	6.66	4.71	2.98	2.11	11.31	8.00	5.66	3.58	2.53	14.62	10.34	7.31	4.62	3.27
0.39	9.23	6.53	4.61	2.92	2.06	11.07	7.83	5.54	3.50	2.48	14.32	10.12	7.16	4.53	3.20
0.40	9.04	6.39	4.52	2.86	2.02	10.84	7.67	5.42	3.43	2.42	14.02	9.91	7.01	4.43	3.14
0.41	8.85	6.26	4.43	2.80	1.98	10.62	7.51	5.31	3.36	2.38	13.73	9.71	6.87	4.34	3.07
0.42	8.67	6.13	4.34	2.74	1.94	10.41	7.36	5.20	3.29	2.33	13.45	9.51	6.73	4.25	3.01
0.43	8.50	6.01	4.25	2.68	1.90	10.19	7.21	5.10	3.22	2.28	13.18	9.32	6.59	4.17	2.95
0.44	8.32	5.89	4.16	2.63	1.86	9.99	7.06	4.99	3.16	2.23	12.92	9.13	6.46	4.08	2.89
0.45	8.16	5.77	4.08	2.58	1.82	9.79	6.92	4.89	3.10	2.19	12.66	8.95	6.33	4.00	2.83
0.46	7.99	5.65	4.03	2.53	1.79	9.59	6.78	4.80	3.03	2.15	12.48	8.77	6.20	3.92	2.77
0.47	7.84	5.54	3.92	2.48	1.75	9.40	6.65	4.70	2.97	2.10	12.16	8.60	6.08	3.84	2.72
0.48	7.66	5.43	3.84	2.43	1.72	9.22	6.52	4.61	2.91	2.06	11.92	8.43	5.96	3.77	2.66
0.49	7.53	5.32	3.76	2.38	1.68	9.03	6.39	4.52	2.86	2.02	11.68	8.26	5.84	3.69	2.61
0.50	7.38	5.22	3.69	2.33	1.65	8.85	6.26	4.43	2.80	1.98	11.45	8.10	5.72	3.62	2.56
0.51	7.23	5.11	3.62	2.29	1.62	8.63	6.14	4.34	2.74	1.94	11.22	7.94	5.61	3.55	2.51
0.52	7.09	5.01	3.54	2.24	1.59	8.51	6.02	4.25	2.69	1.90	11.00	7.78	5.50	3.48	2.46
0.53	6.95	4.91	3.47	2.20	1.55	8.34	5.90	4.17	2.64	1.86	10.78	7.62	5.39	3.41	2.41
0.54	6.81	4.82	3.41	2.15	1.52	8.17	5.78	4.09	2.58	1.83	10.57	7.47	5.28	3.34	2.36
0.55	6.67	4.72	3.34	2.11	1.49	8.01	5.66	4.00	2.53	1.79	10.36	7.32	5.18	3.27	2.32
0.56	6.54	4.63	3.27	2.07	1.46	7.85	5.55	3.92	2.48	1.76	10.15	7.18	5.07	3.21	2.27
0.57	6.41	4.53	3.20	2.03	1.43	7.69	5.44	3.85	2.43	1.72	9.94	7.03	4.97	3.14	2.22
0.58	6.28	4.44	3.14	1.99	1.40	7.54	5.33	3.77	2.38	1.68	9.74	6.89	4.87	3.08	2.18
0.59	6.15	4.35	3.08	1.95	1.38	7.38	5.22	3.69	2.33	1.65	9.54	6.75	4.77	3.02	2.13
0.60	6.02	4.26	3.01	1.91	1.35	7.23	5.11	3.61	2.29	1.62	9.35	6.61	4.67	2.96	2.09

Source: Urban Transportation Planning



การกำหนดขนาดตัวอย่างโดยตาราง (2) (หาขนาดตัวอย่างที่สัมพันธ์กับสัดส่วน (p), ความแม่นยำ (r) และระดับความเชื่อมั่น)

Table B.1 Sample size related to frequency, precision, and confidence interval

Frequency	Sample Size														
	90% Confidence Interval					95% Confidence Interval					99% Confidence Interval				
	500	1000	2000	5000	10,000	500	1000	2000	5000	10,000	500	1000	2000	5000	10,000
0.38	9.43	6.66	4.71	2.98	2.11	11.31	8.00	5.66	3.58	2.53	14.62	10.34	7.31	4.62	3.27
0.39	9.23	6.53	4.61	2.92	2.06	11.07	7.83	5.54	3.50	2.48	14.32	10.12	7.16	4.53	3.20
0.40	9.04	6.39	4.52	2.86	2.02	10.84	7.67	5.42	3.43	2.42	14.02	9.91	7.01	4.43	3.14
0.41	8.85	6.26	4.43	2.80	1.98	10.62	7.51	5.31	3.36	2.38	13.73	9.71	6.87	4.34	3.07
0.42	8.67	6.13	4.34	2.74	1.94	10.41	7.36	5.20	3.29	2.33	13.45	9.51	6.73	4.25	3.01
0.43	8.50	6.01	4.25	2.68	1.90	10.19	7.21	5.10	3.22	2.28	13.18	9.32	6.59	4.17	2.95
0.44	8.32	5.89	4.16	2.63	1.86	9.99	7.06	4.99	3.16	2.23	12.92	9.13	6.46	4.08	2.89
0.45	8.16	5.77	4.08	2.58	1.82	9.79	6.92	4.89	3.10	2.19	12.66	8.95	6.33	4.00	2.83
0.46	7.99	5.65	4.03	2.53	1.79	9.59	6.78	4.80	3.03	2.15	12.48	8.77	6.20	3.92	2.77
0.47	7.84	5.54	3.92	2.48	1.75	9.40	6.65	4.70	2.97	2.10	12.16	8.60	6.08	3.84	2.72
0.48	7.66	5.43	3.84	2.43	1.72	9.22	6.52	4.61	2.91	2.06	11.92	8.43	5.96	3.77	2.66
0.49	7.53	5.32	3.76	2.38	1.68	9.03	6.39	4.52	2.86	2.02	11.68	8.26	5.84	3.69	2.61
0.50	7.38	5.22	3.69	2.33	1.65	8.85	6.26	4.43	2.80	1.98	11.45	8.10	5.72	3.62	2.56
0.51	7.23	5.11	3.62	2.29	1.62	8.63	6.14	4.34	2.74	1.94	11.22	7.94	5.61	3.55	2.51
0.52	7.09	5.01	3.54	2.24	1.59	8.51	6.02	4.25	2.69	1.90	11.00	7.78	5.50	3.48	2.46
0.53	6.95	4.91	3.47	2.20	1.55	8.34	5.90	4.17	2.64	1.86	10.78	7.62	5.39	3.41	2.41
0.54	6.81	4.82	3.41	2.15	1.52	8.17	5.78	4.09	2.58	1.83	10.57	7.47	5.28	3.34	2.36
0.55	6.67	4.72	3.34	2.11	1.49	8.01	5.66	4.00	2.53	1.79	10.36	7.32	5.18	3.27	2.32
0.56	6.54	4.63	3.27	2.07	1.46	7.85	5.55	3.92	2.48	1.76	10.15	7.18	5.07	3.21	2.27
0.57	6.41	4.53	3.20	2.03	1.43	7.69	5.44	3.85	2.43	1.72	9.94	7.03	4.97	3.14	2.22
0.58	6.28	4.44	3.14	1.99	1.40	7.54	5.33	3.77	2.38	1.68	9.74	6.89	4.87	3.08	2.18
0.59	6.15	4.35	3.08	1.95	1.38	7.38	5.22	3.69	2.33	1.65	9.54	6.75	4.77	3.02	2.13
0.60	6.02	4.26	3.01	1.91	1.35	7.23	5.11	3.61	2.29	1.62	9.35	6.61	4.67	2.96	2.09

Source: Urban Transportation Planning

by Thaned Satiennam



Determination of sample size by graph (Precision (r) versus frequency (p) for 95 % confidence-level sampling)

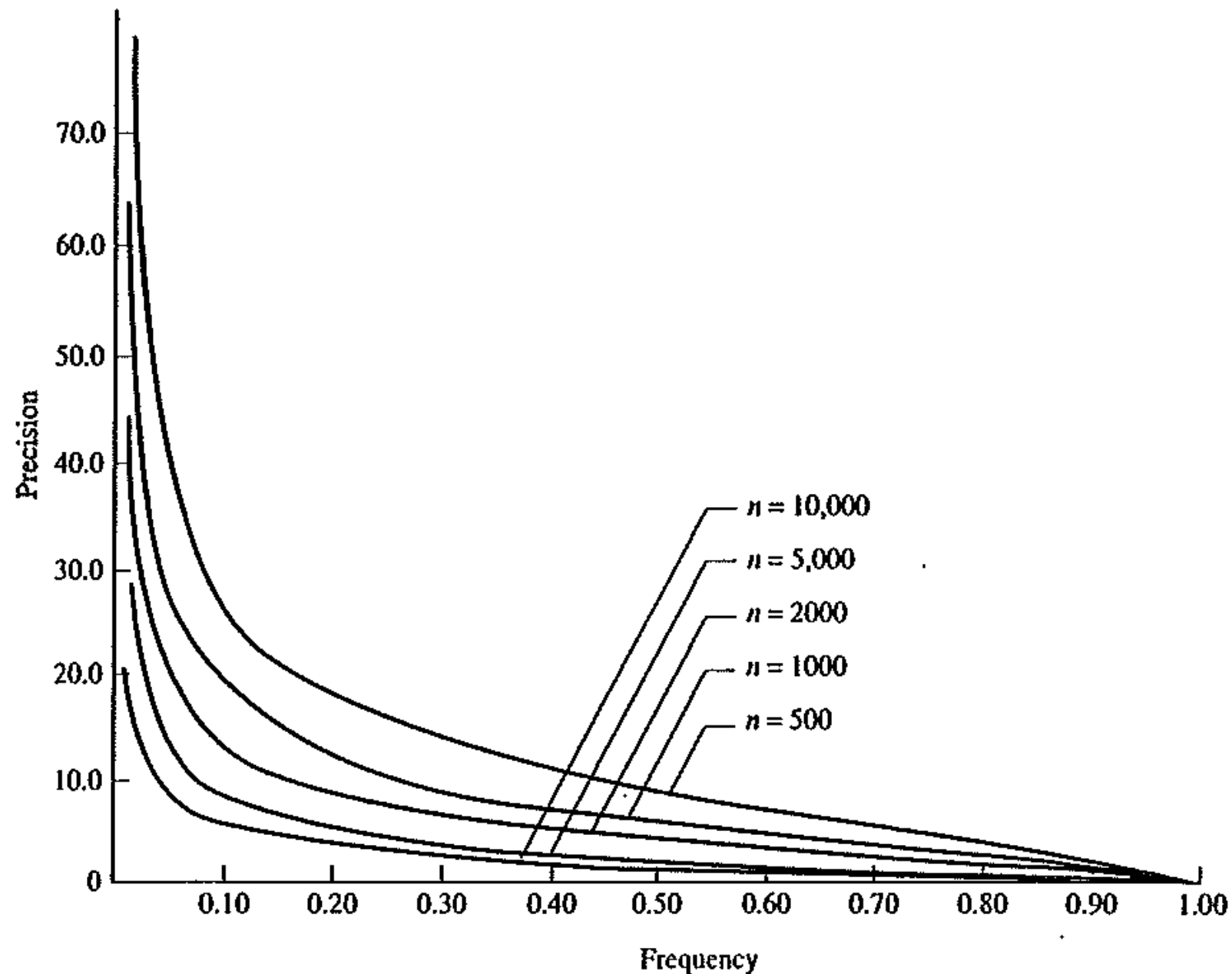


Figure B.2 Precision versus frequency for 95 percent confidence-level sampling

Source: *Urban Transportation Planning*



การกำหนดขนาดตัวอย่างโดยกราฟ (ความแม่นยำ (r) และ สัดส่วน (p) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %)

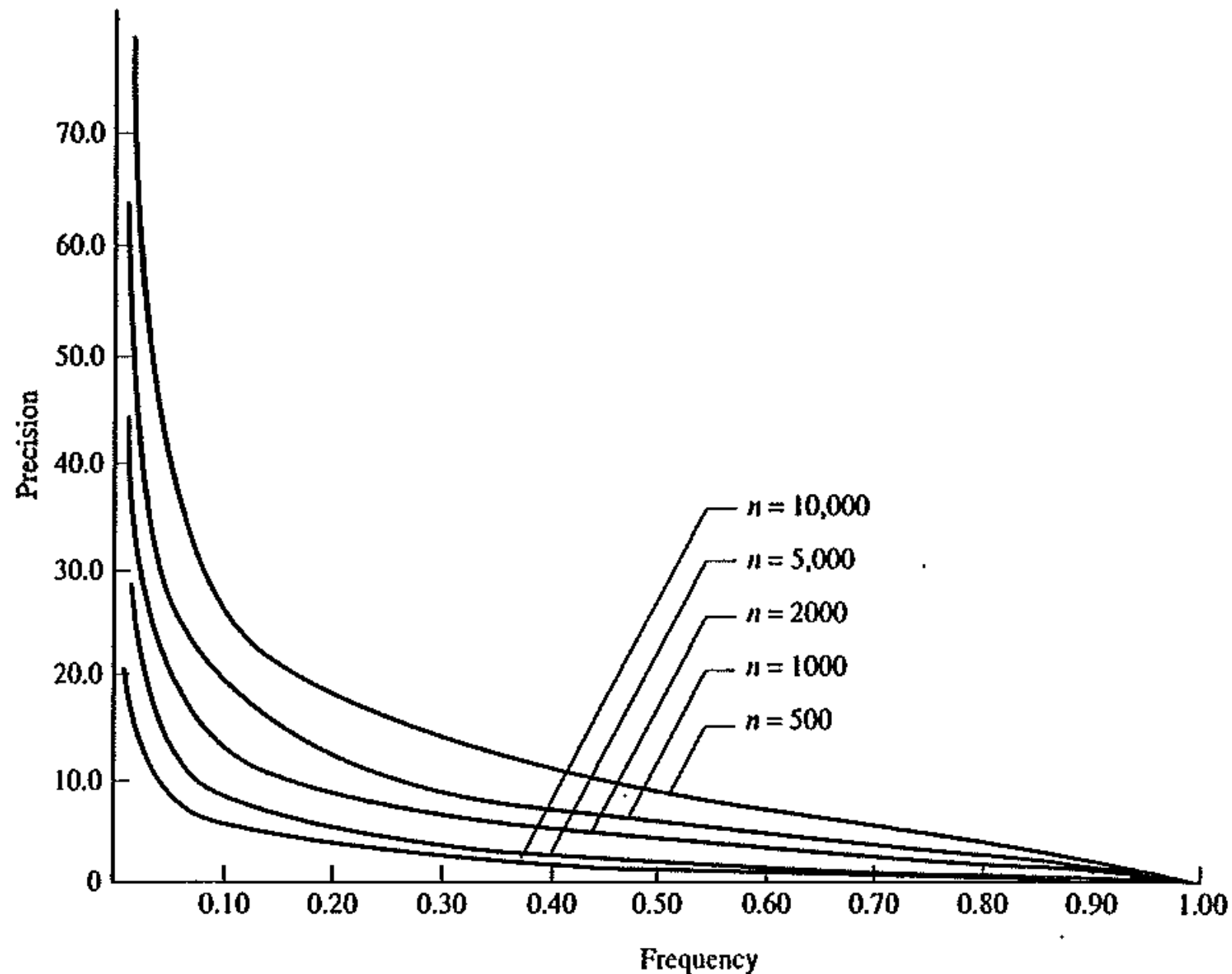


Figure B.2 Precision versus frequency for 95 percent confidence-level sampling

Source: *Urban Transportation Planning*



Determination of sample size (with expected response rate)

- Some survey methods rely on voluntary questionnaire return, and given that many individuals will not respond.
- Sample size in such cases must be adjusted by expected response rate, incorporating this change, Eq.(2.3) becomes

$$n = \frac{\left[Z_{1-(1/2)\alpha} \right]^2 (1-p)}{r^2 (p)(s)} \quad (2.4)$$

Where n = sample size

s = expected response rate from the survey

r = margin of error or precision (or level of allowable deviation as a percentage between estimated probabilities and true choice proportion of population)

p = proportion of data item in population

α = fraction of area under normal curve representing events not within confidence level (thus, $1-\alpha$ is desired level of confidence)

$Z_{1-(1/2)\alpha}$ = standard normal statistic corresponding to the $(1-\alpha)$ confidence level (found in tables in any statistics book)

Source: Urban Transportation Planning



การกำหนดขนาดตัวอย่าง

(เมื่อกำหนดอัตราคาดหวังการส่งแบบสอบถามกลับมา)

- วิธีการสำรวจบางวิธี เช่น ส่งแบบสอบถามทางไปรษณีย์ จำนวนแบบสอบถามที่ได้รับการตอบสนอง ขึ้นกับ การมีส่วนร่วมของผู้อาสาตอบแบบสอบถาม
- ดังนั้น ขนาดตัวอย่างที่สำรวจโดยวิธีประเภทนี้ ต้องมีการปรับเพิ่มจำนวนให้เหมาะสมกับ อัตราตอบรับที่คาดหวังไว้ (Expected response rate) ดังสมการที่ 2.4

$$n = \frac{\left[Z_{1-(1/2)\alpha} \right]^2 (1-p)}{r^2(p)(s)} \quad (2.4)$$

Where n = ขนาดตัวอย่าง

s = อัตราการตอบรับแบบสอบถามที่คาดหวัง

r = ค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ หรือความแม่นยำ (Precision)

p = สัดส่วนตัวแปรที่ศึกษาต่อประชากร

α = fraction of area under normal curve representing events not within confidence level (thus, $1-\alpha$ is desired level of confidence)

$Z_{1-(1/2)\alpha}$ = คะแนนมาตรฐานทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น ($1-\alpha$) (จากตารางในหนังสือสถิติทั่วไป)



Determination of sample size (adjusted sample size when n is substantial percentage of population)

- Equation (2.1) through (2.4) assuming sample (n) is small relative to total population size (N) (i.e. n/N is less than some standard, usually set at 0.1).
- However, for those cases where estimated sample size is substantial percentage of total population, following formula should be used to modify the sample size estimate:

$$n_1 = \frac{n_0}{1 + \frac{n_0}{N}} \quad (2.5)$$

Where n_0 = number of sample observations originally estimated

n_1 = adjusted number of observations

N = total population

Source: Urban Transportation Planning

by Thaned Satiennam



Example 2.3 Determination of sample size (with expected response rate)

As the example 2.2, a study of inter-city mode choice behavior want to determine the sample sizes of auto for questionnaire surveying with 30% expected response rate. The previous proportions for each mode are known, i.e. market shares (p) for auto, and transit are 0.4 and 0.6, respectively. The study requires a tolerable margin of error with $\pm 5\%$ (i.e. sampled proportion of decision makers being within $\pm 5\%$ of true population proportions) with a 95% level of confidence. (Given $Z_{1-0.05/2} = 1.96$)

Solution

$$n = \frac{\left[Z_{1-(1/2)\alpha} \right]^2 (1-p)}{r^2 (p)(s)} = \frac{[1.96]^2 (0.6)}{0.05^2 (0.4)(0.3)} = 7,683$$

Thus, minimum sample size should be 7,683 trips

Source: Hensher et al., 2005



Assignment 2.1

A speed study wants to determine average speed of buses passing a particular road section. A previous survey estimated standard deviation (SD) of average daily number of bus, is 500 veh/day. The study requires a tolerable margin of error with ± 10 veh with a 95% level of confidence. Determine sample size (Given $Z_{1-0.05/2} = 1.96$)



Assignment 2.1

การศึกษาเรื่องความเร็วโครงการหนึ่งต้องการหาความเร็วเฉลี่ยของรถโดยสารประจำทางวิ่งผ่านช่วงถนนหนึ่ง โดยการสำรวจที่ผ่านมาประมาณค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณเฉลี่ยรายวันของรถโดยสารประจำทางเท่ากับ 500 veh/day โดยการศึกษานี้กำหนดให้มีความคลาดเคลื่อนในการสุ่มอยู่ในช่วง ± 10 veh โดยมีระดับความเชื่อมั่น 95% จงหาขนาดตัวอย่างเมื่อต้องการหาความเร็วเฉลี่ยของรถโดยสารประจำทาง (กำหนดให้ $Z_{1-0.05/2} = 1.96$)



Assignment 2.2

A study of inter-city mode choice behavior want to determine the sample sizes of auto for questionnaire surveying. The previous proportions for each mode are known, i.e. market shares (p) for auto, and transit are 0.6 and 0.4, respectively. The study requires a tolerable margin of error with $\pm 5\%$ (i.e. sampled proportion of decision makers being within $\pm 5\%$ of true population proportions) with a 95% level of confidence. (Given $Z_{1-0.05/2} = 1.96$)

Source: Hensher et al., 2005



Assignment 2.2

การศึกษากการเลือกใช้ยานพาหนะเดินทางภายในเมืองต้องการกำหนดขนาดตัวอย่างของการเดินทางที่เลือกใช้รถส่วนบุคคลสำหรับการสำรวจด้วยแบบสอบถาม โดยการสำรวจที่ผ่านมา พบว่าสัดส่วนการเลือกใช้รถส่วนบุคคลและรถขนส่งสาธารณะเป็น 0.6 และ 0.4 ตามลำดับ โดยการศึกษาี้กำหนดให้มีความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ หรือ ความแม่นยำ $\pm 5\%$ โดยมีระดับความเชื่อมั่น 95% (กำหนดให้ $Z_{1-0.05/2} = 1.96$)

Source: Hensher et al., 2005



References

1. Transportation Engineering: An Introduction
2. Urban Transportation Planning
3. Hensher, D., A., Rose, J., M. and Greene, W., H. (2005), “Applied Choice Analysis: A Primer”, Cambridge University Press, United Kingdom
4. กัลยา วาณิชย์ปัญญา (2554), “สถิติสำหรับงานวิจัย”, บริษัท ธรรมสาร จำกัด, กทม



Thank you!

Contact Address:
Thaned Satiennam,
D.Eng.
Tel: 081-9744481
Email:
sthaned@kku.ac.th

