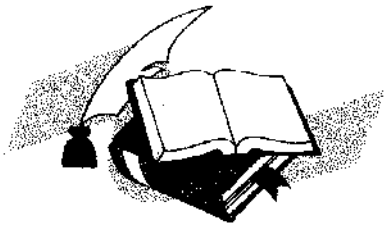


ปีที่ 32 ฉบับที่ 4

ตุลาคม-ธันวาคม 2535

Vol. 32, No.4

October--December 1992

ปีที่ 32 ฉบับที่ 4
ตุลาคม - ธันวาคม 2535
ISSN 0125-3689

Vol.32 No.4
October - December 1992

พัฒนบริหารศาสตร์

THAI JOURNAL OF DEVELOPMENT ADMINISTRATION

ฉบับพิเศษ 4
พฤศจิกายน 2540

จิราวัลย์ จิตรถเวช	341	การสร้างแผนการสุ่มตัวอย่างตามการจัดสรรแบบอุตตมะของนย์แมน : กรณีตัวอย่างผู้ใช้ไฟฟ้านครหลวง
ประชัย เปี่ยมสมบูรณ์	381	สิทธิที่เหยื่ออาชญากรรมพึงได้รับจากกระบวนการยุติธรรม
Pipat Hiranvanichakorn	405	Recognition of Thai Characters

วารสารพัฒนบริหารศาสตร์ ปีที่ 32 ฉบับที่ 4 ตุลาคม - ธันวาคม 2535

การสร้างแผนการสุ่มตัวอย่างตามการจัดสรรแบบอุตตมะของเนย์แมน : กรณีตัวอย่างผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทบ้านอยู่อาศัยในเขตการไฟฟ้านครหลวง

จิราวัลย์ จิตรถเวช[1]

1. คำนำ

การวางแผนในการเลือกตัวอย่างมีจุดประสงค์หลักเพื่อให้ได้ตัวอย่างจำนวนหนึ่งที่ไม่มากนักเพื่อใช้ประมาณค่าพารามิเตอร์ที่ต้องการให้ใกล้เคียงกับค่าที่แท้จริง การที่จะได้ค่าที่ดีของตัวประมาณนั้นขึ้นอยู่กับขนาดตัวอย่างและคุณภาพของหน่วยตัวอย่างที่จะเป็นตัวแทนที่ดีของประชากรที่จะศึกษา ในทางทฤษฎีอาจกล่าวได้ว่าในกรณีที่ความแปรปรวนในประชากรมีน้อย ขนาดตัวอย่างที่ต้องการจะใช้ประมาณค่าพารามิเตอร์ภายใต้ระดับความไว้วางใจ (Reliability level) และระดับความเชื่อมั่น (Confidence level) ที่กำหนดขึ้น ย่อมน้อยกว่าในกรณีที่ประชากรมีความแปรปรวนสูง หรืออีกนัยหนึ่งจากขนาดตัวอย่างที่กำหนดขึ้นจำนวนหนึ่งค่าประมาณพารามิเตอร์ของประชากรที่มีความแปรปรวนต่ำจะให้ผลลัพธ์ที่ใกล้เคียงกับค่าที่แท้จริงมากกว่าในกรณีที่ประชากรมีความแปรปรวนสูง ในหลายๆ กรณีการเพิ่มขนาดตัวอย่างอาจกระทำได้ไม่ง่ายนัก โดยเฉพาะในกรณีที่การรวบรวมข้อมูลมิอาจกระทำได้โดยใช้แบบสอบถามแต่ต้องติดอุปกรณ์เพื่อวัดพฤติกรรมอย่างต่อเนื่องตลอดระยะ 24 ชั่วโมง เช่น พฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าของประชาชน พฤติกรรมการใช้น้ำประปาพฤติกรรมการใช้โทรศัพท์เป็นต้น

---

[1]ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คณะสถิติประยุกต์ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์

อุปกรณ์เครื่องวัดเหล่านี้มักจะมีราคาสูง และมีจำนวนจำกัด ทำให้มิอาจวัดพฤติกรรมของตัวอย่างได้พร้อม ๆ กันในขณะเดียวกัน ดังนั้นขนาดตัวอย่างที่ใหญ่กว่า ย่อมต้องใช้ระยะเวลาในการรวบรวมข้อมูลมากกว่าซึ่งอาจหมายถึง ข้อมูลที่รวบรวมได้จากตัวอย่างอาจมีความผันผวนอันเนื่องจากพฤติกรรมที่เป็นพลวัตและเปลี่ยนแปลงไปตามระยะเวลาเข้ามามากขึ้น ทำให้เกิดความยุ่งยากในการวิเคราะห์ ขนาดตัวอย่างจึงควรจะมีขนาดเล็ก เพียงพอที่จะให้ค่าประมาณ พารามิเตอร์ด้วยระดับความไว้วางใจและระดับความเชื่อมั่นที่กำหนดขึ้น ซึ่งจะเป็นการประหยัด ค่าใช้จ่าย บุคลากรและระยะเวลาด้วย

การวางแผนในการเลือกตัวอย่าง อาจสามารถกระทำได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ ถ้าได้ทราบคุณลักษณะที่สำคัญของประชากรที่กำลังจะศึกษา ในทางปฏิบัติมีอยู่หลายกรณีที่ทราบถึงคุณลักษณะที่สำคัญของประชากรที่กำลังศึกษา แต่ไม่ทราบคุณลักษณะบางประการของประชากร เช่น การไฟฟ้านครหลวง มีข้อมูลเกี่ยวกับจำนวนหน่วยไฟฟ้าที่ผู้ใช้ไฟฟ้าแต่ละรายใช้ในเดือนหนึ่งๆ แต่ไม่ทราบถึงพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้า องค์การโทรศัพท์มีข้อมูลเกี่ยวกับจำนวนครั้งที่ใช้โทรศัพท์ของลูกค้า แต่ไม่ทราบถึงพฤติกรรมการใช้โทรศัพท์ของลูกค้า เป็นต้น ในปัจจุบันแทบทุกหน่วยงานได้ให้ความสำคัญกับระบบฐานข้อมูลและพยายามที่จะสร้างขึ้นเพื่อที่จะใช้ประโยชน์ในการดำเนินการวางแผนและบริหารงานของหน่วยงาน ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะเป็นประโยชน์อย่างมากในการที่จะใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการวางแผนการเลือกตัวอย่างเพื่อศึกษาเรื่องใดเรื่องหนึ่งที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลดังกล่าว ดังนั้นข้อมูลเหล่านี้น่าจะได้นำมาใช้เพื่อวางแผนการเลือกตัวอย่างที่ดีกว่าแผนการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (Simple Random Sampling) และนำมาใช้แบ่งชั้นภูมิของประชากรด้วยระเบียบวิธีที่เป็นระบบและมีเป้าหมายที่ชัดเจน

2. วัตถุประสงค์

บทความนี้มีจุดประสงค์ที่จะแสดงถึงการประยุกต์ระเบียบวิธีการแบ่งชั้นภูมิตามวิธีการของ Dalenius และ Hodges [1] กับการจัดสรรขนาดตัวอย่างแบบอุตตมะของเนย์แมน (Neyman's Optimum Allocation) [2] ภายใต้ระดับความไว้วางใจและความเชื่อมั่นที่กำหนดให้ เปรียบเทียบขนาดตัวอย่างการจัดสรรแบบอุตตมะของเนย์แมนกับการจัดสรรแบบตามสัดส่วน (Proportional Allocation) และแบบการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (Simple Random Sampling) การศึกษาครั้งนี้ได้ใช้ข้อมูลการใช้ไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทบ้านอยู่อาศัยของการไฟฟ้านครหลวงเป็นกรณีศึกษา และเปรียบเทียบผลการศึกษาโดยใช้แผนแบบที่สร้างขึ้นในการแบ่งชั้นภูมิและกำหนดขนาดตัวอย่าง กับผลการศึกษาที่ใช้ข้อมูลทั้งหมดที่การไฟฟ้านครหลวงเก็บรวบรวมมา เพื่อดูว่าผลการศึกษาที่ได้จากแผนแบบที่สร้างขึ้นนั้นแตกต่างจากผลการศึกษาที่ใช้ข้อมูลตัวอย่างที่การไฟฟ้านครหลวงมีอยู่หรือไม่

ในการสร้างแผนการสุ่มตัวอย่าง อย่างมีระบบและมีเป้าหมายที่ชัดเจนนั้นจะง่ายแก่การนำไปปฏิบัติ และหากแผนแบบที่สร้างขึ้นนี้สามารถให้ค่าที่ดีของตัวประมาณพารามิเตอร์ในประชากรแล้ว ก็จะมีประโยชน์อย่างมาก เพราะแผนแบบที่สร้างขึ้นนี้ขนาดตัวอย่างจะมีขนาดเล็ก ทำได้ง่าย สะดวก รวดเร็วในการเก็บข้อมูล นอกจากนี้ยังทำให้ลดค่าใช้จ่าย เวลา และ บุคลากรลง และสามารถจะทำการศึกษาได้บ่อยครั้งขึ้น

3. ระเบียบวิธีการศึกษา

ก่อนทำการสุ่มตัวอย่าง ผู้วิจัยจะต้องวางแผนในการเก็บข้อมูลว่าจะทำการเก็บรวบรวมโดยวิธีใด วิธีการเลือกตัวอย่างเป็นแบบใด และขนาดตัวอย่างที่เหมาะสมควรเป็นเท่าใด การกำหนดขนาดตัวอย่างที่เหมาะสมเป็นเรื่องที่มีความสำคัญมาก

เพราะขนาดตัวอย่างจะเป็นปัจจัยสำคัญในการส่งผลกระทบถึงคุณภาพของตัวประมาณค่า ในกรณีที่พารามิเตอร์ของประชากรมิได้เปลี่ยนแปลงไปตามเวลา (time-invariant) การใช้ขนาดตัวอย่างจำนวนมาก เพื่อหาค่าสถิติในตัวอย่างนำไปประมาณค่าพารามิเตอร์ในประชากรนั้น ย่อมให้ความถูกต้องและความเชื่อมั่นได้มากกว่าการใช้ตัวอย่างที่มีจำนวนน้อยภายใต้สภาวะการณ์อย่างเดียวกัน

แผนแบบการสุ่มตัวอย่างที่สร้างขึ้นนี้ ได้ประยุกต์วิธีการแบ่งชั้นภูมิของ Dalenius และ Hodges กับการจัดสรรขนาดตัวอย่างในชั้นภูมิตามแบบอุตตมะของเนย์แมนภายใต้ระดับความไว้วางใจและความเชื่อมั่นที่กำหนด ก่อนอื่นผู้วิจัยจะต้องกำหนดตัวแปรที่ใช้เป็นเกณฑ์ในการแบ่งชั้นภูมิ และกำหนดจำนวนชั้นภูมิที่เหมาะสมเสียก่อน เมื่อสามารถกำหนดขอบเขตของชั้นภูมิโดยวิธีของ Dalenius และ Hodges แล้ว จะต้องประมาณค่าความแปรปรวนภายในชั้นภูมิ เพื่อนำมาใช้ในการจัดสรรขนาดตัวอย่างภายในชั้นภูมิโดยวิธีอุตตมะของเนย์แมน ภายใต้ระดับความไว้วางใจและระดับความเชื่อมั่นที่กำหนดไว้ โดยปกติผู้วิจัยจะต้องกำหนดความถูกต้อง หรือความไว้วางใจของตัวสถิติที่จะนำไปประมาณค่าพารามิเตอร์ในประชากร ควบคู่กันไปกับการกำหนดค่าใช้จ่ายในการเก็บรวบรวมข้อมูลในแต่ละครั้ง การกำหนดระดับความไว้วางใจและระดับความเชื่อมั่นนั้นไม่มีกฎเกณฑ์ตายตัว ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของงานนั้น ๆ ว่าต้องการความถูกต้องมากน้อยแค่ไหน

3.1 ความไว้วางใจและความเชื่อมั่น

การเลือกตัวอย่างมาจากประชากร เพื่อหาค่าสถิตินำไปประมาณค่าพารามิเตอร์ในประชากร เช่น การหาค่าเฉลี่ยของตัวอย่างเพื่อประมาณค่าเฉลี่ยของประชากร จากทฤษฎีในคณิตสถิติ เราทราบว่าตัวประมาณค่าเฉลี่ยของตัวอย่างจะเป็นตัวประมาณที่ดีของค่าเฉลี่ยของประชากร มีคุณสมบัติไม่เอนเอียงและความแปรปรวนต่ำที่สุด แต่ไม่ได้หมายความว่า ตัวประมาณค่าเฉลี่ยของตัวอย่างนั้น จะประมาณได้ตรงกับค่าเฉลี่ยของประชากรเสมอ ค่าเฉลี่ยของตัวอย่างอาจจะมีค่าสูงหรือต่ำกว่าค่าเฉลี่ย

ของประชากรก็ได้ อย่างไรก็ตาม ค่าเฉลี่ยของตัวอย่างจะมีค่าอยู่ใกล้ ๆ หรือรอบ ๆ ค่าเฉลี่ยของประชากรด้วยความน่าจะเป็นที่ค่อนข้างสูง ถ้าให้ $\overline{X}$ เป็นค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง 5% รอบค่า $\overline{X}$ ก็คือทุกจุดของ Y จะมีค่าอยู่ระหว่าง $0.95\overline{X} < Y < 1.05\overline{X}$ ในทำนองเดียวกัน 10% รอบค่า $\overline{X}$ หมายถึงทุกจุดของ Y จะมีค่าอยู่ระหว่าง $0.90\overline{X} < Y < 1.10\overline{X}$ ระยะครึ่งหนึ่งของช่วงกว้างของ $\overline{X}$ นี้เรียกว่า ระดับความไว้วางใจของการประมาณค่า นั่นคือถ้าช่วงกว้างของ $\overline{X}$ เพิ่มขึ้น ระดับความไว้วางใจในการประมาณ ค่าจะเพิ่มขึ้นด้วย ความน่าจะเป็น Y ที่จะมีค่าอยู่ระหว่าง 5% 10% หรือ 15% ของ $\overline{X}$ นั้นเรียกว่า ระดับความเชื่อมั่น

โดยปกติแล้วการกำหนดระดับความมั่นใจและระดับความไว้วางใจนั้นขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของผู้ทำการวิจัย งานวิจัยโดยทั่วไปจะใช้ระดับความเชื่อมั่น 90% หรือ 95% และระดับความไว้วางใจ 5% หรือ 10% ถ้ากำหนดระดับความเชื่อมั่น 95% และระดับความไว้วางใจ 5% หมายความว่ามีโอกาส 95 ครั้งใน 100 ครั้ง ที่ช่วง 5% ของค่าเฉลี่ยของตัวอย่างจะคลุมค่าเฉลี่ยของประชากร

สำหรับระดับความเชื่อมั่นที่คงที่ ถ้าระดับความไว้วางใจลดลงนั่นคือความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของตัวอย่างและของประชากรน้อยลงนั่นเอง ขนาดตัวอย่างก็จะเพิ่มขึ้น ในทำนองเดียวกันถ้าระดับความไว้วางใจคงที่และระดับความเชื่อมั่นที่ต้องการสูงขึ้น ขนาดตัวอย่างก็จะเพิ่มขึ้นด้วย

3.2 ขนาดตัวอย่างเมื่อมีการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย

ตามทฤษฎี การกำหนดขนาดของตัวอย่างในการสุ่มตัวอย่างแบบง่ายเพื่อประมาณค่าเฉลี่ยของประชากร จะต้องทราบค่าความแปรปรวนของประชากร S_x^2 ถ้า กำหนดระดับความไว้วางใจเท่ากับ $100(1-\alpha)\%$ และระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ โดยที่ $0 < \alpha < 1$ หมายความว่าเราต้องการให้ค่าเฉลี่ยของประชากรแตกต่างจากค่าเฉลี่ยของตัวอย่างน้อยกว่า $100r\%$ ของ $\overline{X}$ ด้วยความเชื่อมั่น $100(1-\alpha)\%$ หรืออีกนัยหนึ่ง

$$P[|\overline{X}-\mu| \leq r\overline{X}] = 1-a$$

ภายใต้ระดับความไว้วางใจและระดับความเชื่อมั่นดังกล่าว ขนาดตัวอย่าง n อาจเขียนได้เป็น

$$n = \left[\frac{S_x Z_{\alpha/2}}{r\overline{X}}\right]^2 \qquad (2.1)$$

ขนาดตัวอย่าง n จะเท่ากับค่ากำลังสองของค่าความบ่ายเบนมาตรฐานของประชากรคูณกับค่าบนแกนนอนของโค้งปกติมาตรฐานที่มีพื้นที่ทางด้านขวามือเท่ากับ $\alpha/2$ หารด้วยระดับความไว้วางใจที่กำหนดและค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง จะเห็นได้ว่าถ้าค่าความแปรปรวนของประชากรเพิ่มขึ้น ขนาดตัวอย่างก็จะมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย หรือถ้าค่าของ α น้อยลง นั่นคือด้วยระดับความเชื่อมั่นที่เพิ่มขึ้น เมื่อค่าความแปรปรวนของประชากรและระดับความไว้วางใจมีค่าคงที่ ขนาดตัวอย่างก็จะเพิ่มขึ้นด้วย

ถ้าให้ V แทนสัมประสิทธิ์แห่งการกระจาย (Coefficient of Variation)

$$V = \frac{S_x}{\overline{X}} \qquad (2.2)$$

ขนาดตัวอย่างใน (2.1) จะกลายเป็น

$$n = \left[\frac{S_x}{\overline{X}V}\right]^2 \qquad (2.3)$$

ทั้งนี้เนื่องจาก

$$r = Z_{\alpha/2}\frac{S_x}{\overline{X}} = Z_{\alpha/2}V \qquad (2.4)$$

ตัวอย่างการคำนวณขนาดตัวอย่าง ในกรณีที่ค่าเฉลี่ยของตัวอย่างเท่ากับ 1000 และความป่ายเบนมาตรฐานเท่ากับ 500 ภายใต้ระดับความไว้วางใจและระดับความเชื่อมั่นที่แตกต่างกัน ขนาดตัวอย่างจะเป็นดังนี้

ระดับความไว้วางใจ	ระดับความเชื่อมั่น	ขนาดตัวอย่าง
0.05	90%	271
	95%	384
0.10	90%	68
	95%	96

การคำนวณขนาดตัวอย่างที่กล่าวมาแล้วนี้เราถือว่าสัดส่วนขนาดตัวอย่างกับขนาดของประชากรมีค่าน้อย มิฉะนั้นความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยของตัวอย่างจะต้องถูกปรับด้วย ตัวปรับแก้สำหรับประชากรอันตะด้วย $1-f$

นั่นคือ $$S_{\bar{x}}^2 = (1-f)\frac{S_x^2}{n} \qquad (2.5)$$

เมื่อ $S_{\bar{x}}^2$ เป็นความแปรปรวนของ x

n เป็นขนาดของตัวอย่าง

$1-f$ เป็นตัวปรับแก้สำหรับประชากรอันตะโดยที่ $f = n/N$

และ N เป็นขนาดของประชากร

ดังนั้นขนาดตัวอย่างอุตตมะที่ถูกปรับแล้วเท่ากับ

$$n = \frac{S_x^2}{\bar{x}^2 V^2 + \frac{s_x^2}{N}} \qquad (2.6)$$

3.3 การเลือกตัวอย่างแบบแบ่งชั้นภูมิ

ในประชากรที่ใหญ่ ความแปรปรวนย่อมมีอยู่มาก การแบ่งประชากรออกเป็นชั้นภูมิเป็นหนทางหนึ่งที่จะลดความแปรปรวนลง หลักเกณฑ์ในการแบ่งชั้นภูมินั้น จะต้องจัดให้หน่วยตัวอย่างในชั้นภูมิหนึ่ง ๆ มีลักษณะของตัวแปรที่จะศึกษาคล้ายคลึงกัน เมื่อมีการจัดแบ่งชั้นภูมิของหน่วยตัวอย่างของประชากรเรียบร้อยแล้ว การเลือกตัวอย่างในแต่ละชั้นภูมิอาจกระทำในลักษณะที่เป็นอิสระแก่กันก็ได้

ปัญหาในทางปฏิบัติของการเลือกตัวอย่างแบบแบ่งชั้นภูมินั้นอาจกล่าวได้ดังนี้คือ การกำหนดจำนวนชั้นภูมิที่เหมาะสมสำหรับประชากรหนึ่ง ๆ ตัวแปรใดควรที่จะเป็นเกณฑ์ในการแบ่งชั้นภูมิ ตลอดจนการกำหนดขอบเขตของชั้นภูมิแต่ละชั้นภูมิการกำหนดขนาดตัวอย่าง และการจัดสรรขนาดตัวอย่างภายในชั้นภูมิ

ในทางทฤษฎีการกำหนดจำนวนชั้นภูมิที่เหมาะสมอาจจะทำได้โดยแบ่งประชากรออกเป็นชั้นภูมิเพื่อให้ความแปรปรวนของตัวประมาณมีค่าต่ำสุด การหาจำนวนชั้นภูมิที่เหมาะสมนั้นหาได้ไม่ง่ายนัก ในทางปฏิบัติจึงมักใช้วิธีการกำหนดจำนวนตามความเหมาะสม โดยกำหนดเป็นค่าคงที่ k ใด ๆ $1<k<q$ เมื่อ q คือจำนวนช่วงทั้งหมดของการแจกแจงความถี่ของประชากร การกำหนดจำนวนชั้นภูมิน้อยเกินไปทำให้ขนาดของตัวอย่างมากขึ้นแต่การกำหนดจำนวนของชั้นภูมิมากเกินไปก็จะทำให้ความแปรปรวนของตัวประมาณค่าสูงขึ้นแม้ว่าขนาดตัวอย่างจะน้อยลงกว่าการกำหนดจำนวนชั้นภูมิน้อยก็ตาม

สำหรับตัวแปรในการแบ่งชั้นภูมิที่ดีควรเป็นตัวแปรที่ทำการศึกษาแต่ในบางกรณีจะไม่ทราบตัวแปรที่จะทำการศึกษาเพื่อนำมาใช้ในการแบ่งชั้นภูมิ ดังนั้นเราอาจใช้ ตัวแปรอื่นที่มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่สูงกับตัวแปรที่ทำการศึกษามาเป็นตัวแปร ในการแบ่งชั้นภูมิแทนค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร X และตัวแปร Y นิยามดังนี้

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^{n}(X_i - \overline{X})(Y_i - \overline{Y})}{S_x S_y (n-1)} \qquad (2.7)$$

เมื่อ X, Y คือค่าสังเกตของ X, Y ตามลำดับ

$\overline{X}, \overline{Y}$ คือค่าเฉลี่ยของ X, Y ตามลำดับ

S_x, S_y คือค่าความบ่ายเบนมาตรฐานของ X, Y ตามลำดับ

และ n คือจำนวนค่าสังเกตทั้งหมด

3.4 การแบ่งขอบเขตของชั้นภูมิ

การแบ่งขอบเขตของชั้นภูมิอาจกระทำได้หลายวิธี [2] ในที่นี้จะขอกล่าวถึงการแบ่งขอบเขตของชั้นภูมิตามวิธีการของ Dalenius และ Hodges [1] ซึ่งใช้การแจกแจงความถี่ของประชากรเป็นพื้นฐานในการแบ่งชั้นภูมิ Dalenius และ Hodges แนะนำให้ใช้ความถี่สะสม $\sqrt{u_i f_i}$ มาเป็นหลักเกณฑ์ในการแบ่งชั้นภูมิ โดย u_i เป็นความกว้างของช่วงที่ i (width of interval i) และ f_i เป็นความถี่ของประชากรในในช่วงที่ i กล่าวคือ เมื่อกำหนดจำนวนชั้นภูมิเท่ากับ k แล้ว ขอบเขตด้านสูงของชั้นภูมิที่ 1, 2, ..., k อาจกำหนดได้เป็น $\Sigma\sqrt{u_i f_i}/k \;\; 2\Sigma\sqrt{u_i f_i}/k, K, \ldots \Sigma\sqrt{u_i f_i}$ ตามลำดับ ค่าของขอบเขตทางด้านสูงที่คำนวณได้ของชั้นภูมิที่ i มีค่าใกล้กับค่าของขีดจำกัดบนในช่วงใดมากที่สุด ก็ให้ใช้ช่วงนั้นเป็นขอบเขตในการแบ่งชั้นภูมิ การแบ่งขอบเขตของชั้นภูมิตามวิธีการของ Dalenius และ Hodges จะทำให้ความแปรปรวนของตัวประมาณค่าต่ำที่สุดภายใต้จำนวนชั้นภูมิที่กำหนด และตารางการแจกแจงความถี่ของตัวแปรที่นำมาเป็นตัวแบ่งขอบเขตของชั้นภูมิโดยวิธีของ Dalenius และ Hodges นั้น จะต้องเป็นช่วงปิด (Closed interval)

3.5 การประมาณค่าความแปรปรวนในชั้นภูมิ

จากตารางแจกแจงความถี่ของตัวแปรที่จะทำการศึกษาซึ่งมีจำนวนช่วงทั้งหมดเท่ากับ q ช่วง เมื่อแบ่งขอบเขตของชั้นภูมิตามวิธีของ Dalenius และ Hodges แล้ว เราจะทราบว่าในแต่ละชั้นภูมิประกอบไปด้วยช่วงใดบ้าง เช่น

ชั้นภูมิที่ 1	ประกอบด้วยช่วงที่	1	ถึงช่วงที่	q_1
2	"	q_1+1	"	q_2
⋮		⋮		⋮
i	"	$q_{i-1}+1$	"	q_i
⋮		⋮		⋮
k	"	$q_{k-1}+1$	"	q

ในแต่ละชั้นภูมิ เราสามารถประมาณค่าความแปรปรวนของประชากรในแต่ละชั้นภูมิ โดยอาศัยจุดกลางของ u_j ในแต่ละช่วงของตารางแจกแจงความถี่ในชั้นภูมิที่ i โดยใช้สูตร

$$S_i^2 = \sum_{j=q_{i-1}+1}^{q_i} N_j(u_j - \bar{u}_i)^2 \Big/ \sum_{j=q_{i-1}+1}^{q_i} N_j \qquad (2.8)$$

เมื่อ $\bar{u}_i$ คือค่าเฉลี่ยในชั้นภูมิที่ i และ N_j คือความถี่ในแต่ละช่วงของตารางแจกแจงความถี่

การประมาณค่าความแปรปรวนโดยใช้จุดกึ่งกลางของช่วงในการคิดคำนวณนั้นจะให้ค่าความแปรปรวนในแต่ละชั้นภูมิต่ำกว่าความเป็นจริงเนื่องจากการประมาณค่าความแปรปรวนโดยวิธีนี้เราถือว่าความแตกต่างภายในช่วงนั้นไม่มี มีแต่เฉพาะความแตกต่างระหว่างช่วงของชั้นภูมิที่กำหนด ดังนั้นการประมาณค่าความแปรปรวนโดยใช้วิธีนี้จะมีปัญหาเมื่อชั้นภูมิใดชั้นภูมิหนึ่งมีเพียง 1 ช่วงของความถี่ เพราะค่าประมาณความแปรปรวนในชั้นภูมินั้นจะเป็นศูนย์ทำให้ขนาดตัวอย่างเมื่อมีการจัดสรรตามแบบอุตตมะของเนย์แมนมีค่าเท่ากับศูนย์ไปด้วย เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาดังกล่าวนี้ จึงได้ใช้วิธีการประมาณค่าความแปรปรวนในแต่ละช่วงเสียก่อน โดยสมมุติว่าค่าสังเกตในแต่ละช่วงนั้นมีการแจกแจงแบบเอกรูป (Uniform distribution) ที่มี pdf เป็น

$$f(x) = \frac{1}{v_j - v_{j-1}}; \quad v_{j-1} \le x \le v_j$$

ดังนั้น $Var(x) = \frac{(v_j - v_{j-1})^2}{12}$ (2.9)

เมื่อได้ค่าประมาณความแปรปรวนในแต่ละช่วงแล้ว ก็สามารถประมาณ ผลบวกกำลังสองของค่าสังเกตในแต่ละช่วงได้ เพื่อนำไปประมาณค่าความแปรปรวนในแต่ละชั้นภูมิที่ต้องการ

สมมุติในช่วงที่ 1, 2, ..., q ค่าประมาณความแปรปรวน เท่ากับ $s_1^2, s_2^2, \ldots, s_q^2$ และค่าประมาณค่าเฉลี่ยเท่ากับ $\overline{X}_1, \overline{X}_2, \ldots, \overline{X}_q$ ตามลำดับ

จากนิยามของความแปรปรวน

$$s_j^2 = \sum_{m=1}^{N_j} \frac{(X_{jm} - \overline{X}_j)^2}{N_j} \quad (2.10)$$

เมื่อ X_{jm} คือค่าสังเกตที่ m ในช่วงที่ j และ N_j คือจำนวนหน่วยตัวอย่างของประชากรในช่วงที่ j ค่าประมาณผลบวกกำลังสองของค่าสังเกตในช่วงใดช่วงหนึ่งอาจเขียนได้เท่ากับ

$$\sum_{m=1}^{N} X_{jm}^2 = N_j s_j^2 + N_j \overline{X}_j^2 \quad (2.11)$$
$$= N_j(s_j^2 + \overline{X}_j^2)$$

ดังนั้นค่าประมาณความแปรปรวนในชั้นภูมิที่ i เท่ากับ

$$S_j^2 = \frac{1}{T_i}\left\{ \sum_{j=q_{i-1}+1}^{q_i} N_j(s_j^2 - \overline{X}_j^2) - \left(\sum_{j=q_{i-1}+1}^{q_i} N_j \overline{X}_j^2 \right)^2 \right\} \quad (2.12)$$

เมื่อ T_i คือจำนวนหน่วยตัวอย่างของประชากรในชั้นภูมิที่ i $(T_i = \sum_{j=q_{i-1}+1}^{q_i} N_j)$

การประมาณค่าความแปรปรวนของชั้นภูมิโดยวิธีนี้ จะแก้ปัญหาในกรณีที่การแบ่งขอบเขตชั้นภูมิมีเพียงช่วงเดียว ค่าความแปรปรวนที่ได้จากการประมาณโดยใช้ข้อสมมุติว่าประชากรในแต่ละช่วงมีการแจกแจงแบบเอกรูปนั้น จะให้ค่าความแปรปรวนในแต่ละชั้นภูมิสูงกว่าการประมาณโดยใช้ค่ากลางของช่วง ค่าความแปรปรวนที่สูงขึ้นนี้จะรวมความแตกต่างภายในช่วงไปด้วย ทำให้ขนาดตัวอย่างที่คำนวณได้มีค่าเพิ่มขึ้นด้วย

3.6 การกำหนดขนาดของตัวอย่างเมื่อมีการสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งชั้นภูมิ

การกำหนดขนาดตัวอย่าง เมื่อมีการสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งชั้นภูมิจะกระทำทั้งการจัดสรรแบบตามสัดส่วน และการจัดสรรแบบอุดมคติของเนย์แมน เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของขนาดตัวอย่าง

ตามทฤษฎีการประมาณค่า ค่าเฉลี่ยของ $\bar{Y}$ เมื่อมีการสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งชั้นภูมิจะประมาณได้ด้วย $\bar{y}^*$

โดยที่
$$\bar{y}^* = \sum_{j=1}^{k} N_j \bar{y}_j / N$$
$$= \sum_{j=1}^{k} W_j \bar{y}_j \qquad (2.13)$$

และ
$$Var(\bar{y}^*) = \begin{cases} \sum_{j=1}^{k} W_j^2 S_j^2 / n_j & \text{without fpc.} \\ \sum_{j=1}^{k} W_j^2 (1-f_j) S_j^2 / n_j & \text{without fpc.} \end{cases} \qquad (2.14)$$

เมื่อ $W_j = N_j / N$

k คือจำนวนชั้นภูมิทั้งหมด

N_j คือจำนวนหน่วยตัวอย่างของประชากรในชั้นภูมิที่ j

N คือจำนวนหน่วยตัวอย่างของประชากรทั้งหมด

$\bar{y}_j$ คือค่าเฉลี่ยในชั้นภูมิที่ j

S_j^2 คือความแปรปรวนในชั้นภูมิที่ j

และ n_j คือขนาดตัวอย่างในชั้นภูมิที่ j

หมายเหตุ fpc. คือการปรับแก้สำหรับกรณีประชากรเป็นอันตะ

การจัดสรรตัวอย่างแบบตามสัดส่วน จะกำหนดให้

$$w_j = \frac{n_j}{n} = \frac{N_j}{N} = W_j$$

จะได้ขนาดตัวอย่าง $n_o = \frac{1}{Var(\bar{y}^*)} \sum_{j=1}^{k} W_j S_j^2$ without fpc. (2.15)

หรือ $n = \frac{n_o}{1 + \frac{n_o}{N}}$ with fpc. (2.16)

ดังนั้นขนาดตัวอย่างในชั้นภูมิ j จะเท่ากับ

$$n_j = W_j n \quad (2.17)$$

การจัดสรรตัวอย่างตามแบบอุตตมะของเนย์แมน

กำหนดให้ $$w_j = \frac{n_j}{n} = \frac{N_j S_j}{\sum_{i=1}^{k} N_j S_j} \quad (2.18)$$

จะได้ขนาดตัวอย่าง $n_o = \frac{1}{Var(\bar{y}^*)} \sum_{j=1}^{k} (W_j S_j)^2$ without fpc. (2.19)

$$n = \frac{n_o}{1 + \frac{n_o}{N}} \quad \text{with fpc.} \tag{2.20}$$

ขนาดตัวอย่างในชั้นภูมิ j จะเท่ากับ

$$n_j = w_j n \tag{2.21}$$

จะเห็นได้ว่าการจัดสรรตัวอย่างในชั้นภูมิแบบอุตตมะของเนย์แมน จะกระทำตามน้ำหนักของผลคูณของจำนวนประชากรและความเบี่ยงเบนมาตรฐานในชั้นภูมิแต่การจัดสรรแบบตามสัดส่วนจะกระทำตามขนาดของจำนวนประชากรในชั้นภูมิ

ในทางปฏิบัติเมื่อกำหนดขอบเขตของชั้นภูมิโดยอาศัยวิธีการของ Dalenius และ Hodges แล้วสามารถหาค่าของ W_j, w_j และความแปรปรวนภายในชั้นภูมิ S_j^2 ตามขอบเขตที่แบ่งได้ การจัดสรรจำนวนหน่วยตัวอย่างไปตามชั้นภูมิไม่ว่าจะเป็นการจัดสรรตามสัดส่วนหรือตามแบบอุตตมะของเนย์แมนก็ตาม จะต้องทราบจำนวนหน่วยตัวอย่างทั้งหมดเสียก่อน การประมาณค่าจำนวนหน่วยตัวอย่างทั้งหมดนี้ จำเป็นจะต้องทราบค่า $Var(\bar{y}^*)$

การประมาณค่า $Var(\bar{y}^*)$ ภายใต้ระดับความไว้วางใจ $100r\%$ และด้วยความเชื่อมั่น $100(1-\alpha)\%$ จะได้ค่าประมาณ

$$\widehat{Var}(\bar{y}^*) = \left(\frac{r\bar{y}^*}{z_{\alpha/2}}\right)^2 \tag{2.22}$$

4. กรณีศึกษา

กรณีศึกษานี้ได้ใช้ข้อมูลเกี่ยวกับผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทบ้านอยู่อาศัยในเขตการไฟฟ้านครหลวง โดยการไฟฟ้านครหลวงจะมีข้อมูลปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ของบ้านอยู่อาศัยซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยรายเดือนได้จากบิลไฟฟ้าในปีงบประมาณ พ.ศ. 2532 ของการไฟฟ้านคร

หลวง ซึ่งได้จัดแบ่งกลุ่มผู้ใช้ไฟฟ้าตามกิโลวัตต์-ชั่วโมง ดังตารางที่ 1 จุดมุ่งหมายที่ต้องการจะศึกษาก็คือต้องการหา Load factor และพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทบ้านอยู่อาศัย การศึกษาเพื่อหาพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้านี้จะต้องเก็บรวบรวมปริมาณการใช้ไฟ ณ เวลาต่าง ๆ ตลอดทั้งวัน โดยจะต้องใช้ Graphic Recording Wattmeter ติดเข้ากับเครื่องวัดไฟฟ้าตามบ้าน ในกรณีศึกษานี้ขนาดของประชากรมีจำนวนทั้งหมด 906,716 ราย ซึ่งเราจะต้องสุ่มตัวอย่างออกมาจำนวนหนึ่งเพื่อจะได้นำ Graphic Recording Wattmeter ไปติดตั้งวัดพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าอย่างต่อเนื่องตลอด 24 ชั่วโมง ปัญหาที่กำลังประสบอยู่ก็คือ ขนาดของตัวอย่างควรเท่ากับเท่าไร และการสุ่มตัวอย่างควรจะสุ่มอย่างไร เพื่อที่จะประมาณค่า Load factor และพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทบ้านอยู่อาศัยได้ใกล้เคียงกับความเป็นจริงภายใต้ระดับความไว้วางใจและความเชื่อมั่นที่กำหนด

ตารางที่ 1 การจำแนกจำนวนลูกค้าและการใช้ไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทบ้านอยู่อาศัยในเขตการไฟฟ้านครหลวง ปีพ.ศ. 2532 โดยเฉลี่ยเป็นรายเดือน

กลุ่ม	กลุ่มกิโลวัตต์-ชั่วโมง	จำนวนลูกค้า	จำนวนกิโลวัตต์-ชั่วโมง
1	1- 5	11,9767	28,813
2	6- 10	6,214	49,434
3	11-15	5,974	77,657
4	16-20	6,459	116,615
5	21-25	7,117	164,017
6	26-30	7,868	220,721
7	31-35	8,575	283,285
8	36-40	9,345	335,497
9	41-60	47,003	2,401,413
10	61-80	64,269	4,559,455
11	81-100	75,962	6,886,558
12	101-150	181,597	22,611,646
13	151-200	128,471	22,323,743
14	201-300	138,199	33,680,159
15	301-400	67,053	23,160,703
16	401-500	39,007	17,417,779
17	501-800	54,879	34,262,261
18	801-1000	15,949	14,209,081
19	1001-1500	17,414	20,985,680
20	1501-2000	6,448	11,065,507
21	2001-3000	4,375	10,474,251
22	3001-4000	1,374	4,703,234
23	4001-5000	559	2,480,487
24	มากกว่า 5000	638	4,657,403
	รวม	906,716	237,175,299

4.1 การแบ่งขอบเขตของชั้นภูมิ

จากข้อมูลในตารางที่ 1 พบว่าข้อมูลการใช้ไฟฟ้านั้นได้ถูกจัดแบ่งตามปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ใน 1 เดือน รวมทั้งหมด 24 ช่วง ช่วงสุดท้ายจะเป็นช่วงเปิด ข้อมูลทั้งหมด 24 ช่วงนี้จะรวมแยกเป็นชั้นภูมิเพื่อที่จะทำการสุ่มตัวอย่างในแต่ละชั้นภูมิ และเพื่อ ลดความแปรปรวนลง ในที่นี้จะใช้วิธีการของ Dalenius และ Hodges ในการแบ่งชั้นภูมิโดยอาศัยตัวแปรที่เป็นเกณฑ์ในการแบ่งคือกิโลวัตต์-ชั่วโมงที่ผู้ใช้ไฟฟ้าใช้ใน 1 เดือน แต่ตามระเบียบวิธีของ Dalenius และ Hodges ช่วงทุกช่วงจะต้องเป็นช่วงปิด ดังนั้นจึงตัดช่วงสุดท้ายซึ่งเป็นช่วงเปิดออกจากการพิจารณาการแบ่งขอบเขตชั้นภูมิ แต่อาจจะนำกลับมาพิจารณาเมื่อกำหนดชั้นภูมิในการวางแผนสุ่มตัวอย่างก็ได้ แต่จากข้อมูลในตารางที่ 1 ที่เป็นกรณีศึกษานั้นในช่วงที่ 24 นั้น มีจำนวนหน่วยไฟฟ้าเพียงร้อยละ 2.0 เท่านั้น จึงอาจไม่มีความจำเป็นที่จะต้องคำนึงถึงช่วงที่ 24 เมื่อจะสุ่มตัวอย่างรายละเอียดเกี่ยวกับการแบ่งขอบเขตของชั้นภูมิ เมื่อกำหนดจำนวนชั้นภูมิต่างๆ ได้แสดงไว้ในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงขอบเขตของชั้นภูมิเมื่อมีการกำหนดจำนวนชั้นภูมิต่าง ๆ กัน

	จำนวนชั้นภูมิที่กำหนด							
ชั้นภูมิที่	$k = 2$	$k = 3$	$k = 4$	$k = 5$	$k = 6$	$k = 7$	$k = 8$	$k = 9$
1	1-400	1-200	1-150	1-150	1-100	1-100	1-80	1-80
2	401-5000	201-800	151-400	151-300	101-200	101-200	81-150	81-150
3		801-5000	401-1000	301-500	201-400	201-300	151-300	151-200
4			1001-5000	501-1500	401-800	301-500	301-400	201-300
5				1501-5000	801-1500	501-1000	401-800	301-500
6					1501-5000	1001-2000	801-1000	501-800
7						2001-5000	1001-2000	801-1000
8							2001-5000	1001-2000
9								2001-5000

4.2 ขนาดตัวอย่าง

การศึกษาครั้งนี้กำหนดค่า $r = 0.05$ และค่า $\alpha = 0.05$ นั่นคือกำหนดระดับความไว้วางใจ 5% และระดับความเชื่อมั่น 95% หมายความว่าค่าเฉลี่ยของปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ประมาณได้กับค่าเฉลี่ยของปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้จริงแตกต่างกันไม่เกิน 5% ของปริมาณพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยที่ประมาณได้ด้วยความเชื่อมั่น 95%

ภายใต้ข้อกำหนดต่าง ๆ เหล่านี้ ถ้าเราวางแผนแบบการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย ค่าประมาณความแปรปรวนของประชากรเท่ากับ 122,403.5 เมื่อมีการประมาณค่าความแปรปรวนของชั้นภูมิโดยอาศัยการแจกแจงแบบเอกรูปในการประมาณค่าความแปรปรวนใน แต่ละช่วงจะได้ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 2856 ตัวอย่าง และถ้าใช้วิธีการประมาณค่าความแปรปรวนในชั้นภูมิด้วยจุดกึ่งกลางของแต่ละช่วง ซึ่งจะได้ค่าประมาณความแปรปรวนของประชากร เท่ากับ 120,458.9 ขนาดตัวอย่างจะเท่ากับ 2811 ตัวอย่าง

การศึกษาครั้งนี้ได้ใช้การประมาณค่าความแปรปรวนในแต่ละชั้นภูมิ โดยอาศัยการแจกแจงแบบเอกรูปประมาณความแปรปรวนในแต่ละช่วง ผลการศึกษาขนาดตัวอย่างเมื่อมีการจัดสรรขนาดตัวอย่างทั้งแบบตามสัดส่วนและแบบอุตตมะของเนย์แมน โดยมีการแบ่งชั้นภูมิตามวิธีของ Dalenius และ Hodges ภายใต้ระดับความไว้วางใจ 5% และความเชื่อมั่น 95% ผลการศึกษาสำหรับ 6 ชั้นภูมิแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ขนาดตัวอย่างที่จัดสรรตามแบบสัดส่วน และตามแบบอุตตมะของเนย์แมน จำแนกตามขอบเขตของชั้นภูมิเมื่อกำหนดจำนวนชั้นภูมิเท่ากับ 6 ชั้นภูมิ

ชั้นภูมิ	ขอบเขตของของชั้นภูมิ	จำนวนตัวอย่างของชั้นภูมที่ i	ขนาดตัวอย่างเมื่อมีการจัดสรรแบบ	
			สัดส่วน	เนย์แมน
1	1-100	250,753	81	12
2	101-200	310,068	100	15
3	201-400	205,252	67	18
4	401-800	93,886	31	18
5	801-1500	33,363	11	11
6	1501-5000	12,756	5	16
รวม		906,078	295	90

การสร้างแผนการสุ่มตัวอย่าง โดยใช้วิธีของ Dalenius และ Hodges ในการแบ่งขอบเขตของชั้นภูมิและใช้การจัดสรรตัวอย่างตามแบบอุตตมะของเนย์แมน จะทำให้ได้ขนาดตัวอย่างที่ต่ำและความแปรปรวนของตัวประมาณค่าจะมีค่าต่ำที่สุดด้วยภายใต้ระดับความไว้วางใจและระดับความเชื่อมั่นที่กำหนดขึ้น ถ้าเปรียบเทียบขนาดตัวอย่างที่มีการจัดสรรแบบตามสัดส่วนกับแบบอุตตมะของเนย์แมน จะพบว่าขนาดตัวอย่างที่จัดสรรแบบอุตตมะของเนย์แมนจะต่ำกว่าการจัดสรรแบบตามสัดส่วนประมาณ 40% เมื่อจำนวนชั้นภูมิที่แบ่งมีจำนวนน้อย (2-3 ชั้นภูมิ) และขนาดของตัวอย่างเมื่อจัดสรรแบบอุตตมะเนย์แมนจะประมาณ 30% ของการจัดสรรตัวอย่างแบบตามสัดส่วน เมื่อจำนวนชั้นภูมิมากขึ้น (4-9 ชั้นภูมิ) ถ้าเปรียบเทียบขนาดตัวอย่างการจัดสรรแบบอุตตมะของเนย์แมนกับการสุ่มตัวอย่างแบบง่ายพบว่า ขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการสุ่มตัวอย่างโดยใช้แผนที่สร้างขึ้นนี้จะมีประสิทธิภาพมาก คือถ้าแบ่งประชากรออกเป็น 2 ชั้นภูมิ ทำให้ลดขนาดตัวอย่างลงมาถึง 75% 3 ชั้นภูมิจะลดลงประมาณ

90% และเมื่อจำนวนชั้นภูมิเกินกว่า 4 ชั้นภูมิขึ้นไป ขนาดตัวอย่างที่ใช้ในแผนการสุ่มนี้จะใช้ขนาดตัวอย่างไม่ถึง 5% ของขนาดตัวอย่างที่มีการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย ดูรายละเอียดในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบขนาดตัวอย่างที่มีการจัดสรรแบบอุตตมะของเนย์แมนกับการจัดสรรตามแบบสัดส่วนและประสิทธิภาพการจัดสรรตัวอย่างแบบเนย์แมนเปรียบเทียบกับการจัดสรรแบบสัดส่วนและการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย

จำนวนชั้นภูมิ	ขนาดตัวที่มีการจัดสรรแบบ		ประสิทธิภาพการจัดสรรตัวอย่าง	
	สัดส่วน	สัดส่วน	แบบเนย์แมนเปรียบเทียบกับการจัดสรรแบบสัดส่วน	สุ่มตัวอย่างแบบง่าย
2	1,385	665	48.01	23.28
3	815	331	40.61	11.59
4	552	185	33.51	6.48
5	382	130	34.03	4.55
6	295	90	30.51	3.15
7	183	64	34.97	2.24
8	185	64	34.59	2.24
9	158	44	27.85	1.54

4.3 ผลการศึกษา

การไฟฟ้านครหลวงได้ทำการเก็บรวบรวมการใช้ไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทบ้านอยู่อาศัยโดยนำเอา Graphic Recording Wattmeter ไปต่อกับเครื่องวัดไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้าที่ถูกเลือกเป็นตัวอย่าง เป็นระยะเวลา 7 วัน หลังจากนั้นจะนำ chart ที่ได้มาอ่านค่าเป็นรายชั่วโมงเพื่อนำผลนั้นมาใช้ในการวิเคราะห์หา Load factor ดังกล่าว ข้อมูลที่การไฟฟ้านครหลวงเก็บรวบรวมมามีจำนวนทั้งหมด 402 ราย โดยแบ่งเป็น 6 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1	จำนวนไฟฟ้าที่ใช้	0 - 35	จำนวน 31 ราย
กลุ่มที่ 2	จำนวนไฟฟ้าที่ใช้	36 - 150	จำนวน 185 ราย
กลุ่มที่ 3	จำนวนไฟฟ้าที่ใช้	150 - 300	จำนวน 111 ราย
กลุ่มที่ 4	จำนวนไฟฟ้าที่ใช้	301 - 500	จำนวน 33 ราย
กลุ่มที่ 5	จำนวนไฟฟ้าที่ใช้	501 - 800	จำนวน 21 ราย
กลุ่มที่ 6	จำนวนไฟฟ้าที่ใช้	801 - 5000	จำนวน 21 ราย

ที่มา : รายงานผลการวิจัยโครงการวิจัยภาระไฟฟ้าตามอัตราค่าไฟฟ้า
แผนกวิจัยภาระไฟฟ้า กองอัตราค่าไฟฟ้าและพยากรณ์พลังไฟฟ้า
ฝ่ายเศรษฐกิจพลังไฟฟ้า การไฟฟ้านครหลวง กันยายน 2532

การศึกษาครั้งนี้ได้กำหนดให้จำนวนชั้นภูมิเท่ากับ 6 ชั้นภูมิ ทั้งนี้เพื่อให้เท่ากับจำนวนชั้นภูมิที่ทางไฟฟ้านครหลวงจัดแบ่ง เพื่อประโยชน์ในการเปรียบเทียบขนาดตัวอย่างกับผลที่ได้รับจากการศึกษาว่าใกล้เคียงกันหรือไม่ แต่เนื่องจากความยุ่งยากในการเก็บรวบรวมข้อมูล ในการที่จะต้องเก็บรวบรวมข้อมูลใหม่เพื่อจะนำมาทำการศึกษาแผนการสุ่มตัวอย่างนี้ ผู้ทำการศึกษาจึงได้นำตัวอย่างที่การไฟฟ้านครหลวงเก็บรวบรวมมา 402 ราย มาทำการศึกษา โดยแบ่งกลุ่มตัวอย่างตามขอบเขตของชั้นภูมิตามผลการศึกษาที่ได้ แต่ในจำนวนนี้มีอยู่ 10 ราย ที่มีจำนวนกิโลวัตต์-ชั่วโมงของผู้ใช้ไฟฟ้าเป็นศูนย์ จึงได้ตัดข้อมูล 10 รายนี้ออกจากการศึกษาเหลือที่นำมาพิจารณาเพียง 392 ราย แต่ในกลุ่มผู้ใช้ไฟฟ้า 1501-5000 กิโลวัตต์-ชั่วโมงนั้น จากการศึกษาพบว่าขนาด

ตัวอย่างที่ต้องสุ่มจากชั้นภูมินี้มี 16 ตัวอย่างแต่ข้อมูลที่การไฟฟ้านครหลวงมีอยู่เดิมนั้นมีเพียง 7 รายเท่านั้น ไม่เพียงพอที่จะทำการศึกษา ทางการไฟฟ้านครหลวงจึงได้เก็บตัวอย่างเพิ่มเติมอีก 13 ราย รวมทั้งหมด เป็น 405 ราย ซึ่งแบ่งออกตามกลุ่มใหม่ได้ตามตารางที่ 5

ตารางที่ 5 จำนวนผู้ใช้ไฟฟ้าและจำนวนหน่วยตัวอย่าง จำแนกตามปริมาณไฟฟ้าที่ใช้

กลุ่มที่	ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ กิโลวัตต์-ชั่วโมง	จำนวนผู้ใช้ไฟฟ้า	จำนวนหน่วยตัวอย่าง
1	1-100	118	12
2	101-200	156	15
3	201-400	56	18
4	401-800	41	18
5	801-1,500	14	11
6	1,501-5,000	20	16
รวม		405	90

ในแต่ละกลุ่มนี้จะสุ่มตัวอย่างโดยใช้วิธีการสุ่มอย่างมีระบบโดยใช้ปริมาณไฟฟ้าที่ผู้ใช้ไฟฟ้าใช้เป็นตัวแปรในการจัดเรียงหน่วยตัวอย่าง และในแต่ละกลุ่มจะสุ่มตัวอย่างตามขนาดตัวอย่างที่ได้จากการจัดสรรแบบอุตตมะของเนย์แมน ขนาดตัวอย่างที่สุ่มมาทำการศึกษาทั้งหมด 90 ตัวอย่าง นอกจากนี้ได้นำผลที่ได้ไปประมาณการใช้ไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทบ้านอยู่อาศัยและคำนวณหา Load factor ที่ต้องการผลการศึกษาอยู่ในตารางที่ 6

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้ข้อมูลทั้งหมดที่มีอยู่ 405 ตัวอย่าง ประมาณการใช้ไฟฟ้าประเภทบ้าน อยู่อาศัย ณ เวลาต่าง ๆ และคำนวณหา Load factor โดยใช้ขอบเขตในการแบ่งชั้นภูมิแตกต่างกัน เพื่อดูผลกระทบต่อตัวประมาณค่า ตารางที่ 7 และตารางที่ 8 เป็นผลการศึกษา Load factor และตัวคูณ ของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทบ้านอยู่

อาศัยโดยใช้ข้อมูล 405 ตัวอย่าง เมื่อมีการจัดแบ่งขอบเขตของชั้นภูมิตามวิธีของ Dalenius และ Hodges และตามแบบการไฟฟ้านครหลวงจัดแบ่ง ตามลำดับ

สำหรับตัวคูณเป็นตัวที่บอกให้ทราบว่า จากข้อมูลที่สุ่มมาเป็นตัวอย่างสามารถประมาณปริมาณไฟฟ้าที่ใช้จริงได้ใกล้เคียงหรือไม่ ถ้าตัวคูณเป็น 1 หมายความว่าประมาณได้ใกล้เคียงมาก ถ้าตัวคูณมากกว่าหนึ่ง หมายความว่าปริมาณไฟฟ้าที่ประมาณได้มีปริมาณไฟฟ้าน้อยกว่าที่ใช้จริง (under estimate) ในทางกลับกัน ถ้าปริมาณไฟฟ้าที่ประมาณได้มีปริมาณมากกว่าที่ใช้จริง (over estimate) ตัวคูณจะมีค่าน้อยกว่า 1

ตารางที่ 6 Load factor และตัวคูณของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทบ้านอยู่อาศัยโดยใช้ข้อมูล 405 ตัวอย่าง

กลุ่มที่	ขอบเขตของชั้นภูมิ	ขนาดตัวอย่าง	ตัวคูณ	Load factor
1	1-100	12	0.94	44.73
2	101-200	15	0.96	53.78
3	201-400	18	1.02	55.94
4	401-800	18	1.00	42.42
5	801-1,500	11	0.96	55.26
6	1,501-5,000	16	0.81	69.85
รวม		90		65.65

Load factor = 65.65

Peak Time = 23.00 น.

Peak Day = วันอาทิตย์

ตารางที่ 7 Load factor และตัวคูณของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทบ้านอยู่อาศัยโดยใช้ข้อมูล 405 ตัวอย่าง

กลุ่มที่	ขอบเขตของ*ชั้นภูมิ	ขนาดตัวอย่าง	ตัวคูณ	Load factor
1	1-100	18	0.90	58.36
2	101-200	156	0.96	60.62
3	201-400	56	1.04	65.16
4	401-800	41	1.03	46.90
5	801-1,500	14	0.93	57.25
6	1,501-5,000	20	0.85	69.71
รวม		405		68.37

* ขอบเขตของชั้นภูมิจัดแบ่งตามการไฟฟ้านครหลวง

Load factor = 68.37

Peak Time = 22.00 น.

Peak Day = วันอาทิตย์

ตารางที่ 8 Load factor และตัวคูณของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทบ้านอยู่อาศัย การไฟฟ้านครหลวง 405 ตัวอย่าง

กลุ่มที่	ขอบเขตของชั้นภูมิ*	ขนาดตัวอย่าง	ตัวคูณ	Load factor
1	1-100	21	0.81	27.98
2	101-200	185	0.97	58.82
3	201-400	111	1.03	62.47
4	401-800	33	0.95	63.92
5	801-1,500	21	1.01	42.38
6	1,501-5,000	34	1.24	54.25
รวม		405		61.34

* ขอบเขตของชั้นภูมิจัดแบ่งตามการไฟฟ้านครหลวง

Load factor = 61.34

Peak Time = 22.00 น.

Peak Day = วันอาทิตย์

การแบ่งขอบเขตของชั้นภูมิใช้วิธีการแบ่งตามวิธีการของ Dalenius และ Hodges จะได้ค่าประมาณของ Load factor เท่ากับ 68.37 แต่ถ้ามีการแบ่งชั้นภูมิตามที่การไฟฟ้านครหลวงแบ่งไว้ จะได้ค่าประมาณของ Load factor เท่ากับ 61.34 ซึ่งต่ำกว่าค่าประมาณ Load factor ที่ได้จากการแบ่งขอบเขตของชั้นภูมิตามวิธีของ Dalenius และ Hodges ทั้งนี้เพราะการแบ่งขอบเขตของชั้นภูมิตามวิธีของ Dalenius และ Hodges นั้นจะให้ตัวประมาณค่าที่มีความแปรปรวนต่ำที่สุด ดังนั้นปริมาณไฟฟ้าสูงที่สุดที่ประมาณได้นั้นจะต่ำกว่าปริมาณไฟฟ้าสูงสุดที่ประมาณเมื่อมีการแบ่งขอบเขตของชั้นภูมิตามที่การไฟฟ้านครหลวงจัดแบ่ง เมื่อนำมาคำนวณ Load factor ซึ่งต้องใช้ปริมาณไฟฟ้าเฉลี่ยใน 1 ชั่วโมง หารด้วยปริมาณไฟฟ้าที่ใช้สูงสุดในชั่วโมงใดชั่วโมงหนึ่งใน 1 สัปดาห์ ทำให้ Load factor ที่คำนวณโดยใช้ข้อมูลที่แบ่งชั้นภูมิตามที่การไฟฟ้า

นครหลวงแบ่งนั้นต่ำสำหรับช่วงเวลาและวันที่มีปริมาณการใช้ไฟฟ้าสูงที่สุดนั้น ไม่ว่าจะมีการแบ่งขอบเขตแบบ Dalenius และ Hodges หรือแบ่งตามที่การไฟฟ้านครหลวงจัดแบ่งผลที่ได้ออกมาตรงกันคือช่วงเวลาที่มีการใช้ปริมาณไฟฟ้าสูงสุดได้แก่เวลา 22.00 น. และวันที่มีการใช้ปริมาณไฟฟ้าสูงสุดได้แก่วันอาทิตย์ ผลการศึกษาแสดงในตารางที่ 7 และตารางที่ 8 ปริมาณไฟฟ้าที่ประมาณได้ ณ. เวลาต่าง ๆ กัน ตลอด 1 สัปดาห์ ที่ได้จากการใช้ตัวอย่างขนาด 90 ตัวอย่าง และ 405 ตัวอย่าง ที่มีการแบ่งชั้นภูมิตามแบบ Dalenius และ Hodges หรือการแบ่งชั้นภูมิตามที่การไฟฟ้านครหลวงจัดแบ่ง ผลการศึกษาอยู่ในตาราง 9, 10 และ 11 ตามลำดับ

การประมาณปริมาณไฟฟ้า ณ เวลาต่าง ๆ ใน 1 สัปดาห์ และการคำนวณ Load factor นั้นจะใช้ผลที่ได้จากข้อมูล 405 ตัวอย่าง ที่มีการแบ่งขอบเขตชั้นภูมิแบบ Dalenius และ Hodges เป็นหลักในการเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการสุ่มตัวอย่างที่มีการจัดสรรแบบอุตตมะของเนย์แมน

ตารางที่ 9 ปริมาณไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทบ้านอยู่อาศัยของการไฟฟ้านครหลวง จำแนกตามวันและเวลาที่ใช้ไฟฟ้า*

Hour	Sunday	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday	Total	Average
1	363242.3075	339691.0757	315570.1436	305049.0167	298885.3192	313956.8538	323057.0782	2259581.0248	322785.8607
2	322867.5311	311559.4778	304223.5054	288763.3204	283860.3865	290367.1725	295201.1328	2076832.5265	296690.3609
3	323068.3415	295445.6564	287409.9959	248075.4016	276524.3863	278894.4275	278264.0746	1986874.4937	283839.2134
4	348487.1814	283744.9280	275003.6312	247240.2379	260245.4662	265078.5384	278729.2122	1970528.1953	281504.0279
5	302123.9199	285484.8711	314314.8518	276410.4128	287919.5496	316993.3300	287938.9630	2071245.8974	295892.2711
6	328987.7314	333397.9705	344028.3012	335615.1701	326867.2140	348620.5943	321565.2298	2379052.2115	339870.3159
7	381431.8023	379228.8736	295925.9413	282369.3901	369489.2502	303270.7611	304842.7424	2216587.9611	316657.1402
8	366215.8361	372696.8882	256634.9317	251755.7981	318361.4091	289882.3003	299898.6737	2055639.9292	293662.8470
9	362817.1975	276400.0239	230523.4334	235772.0778	276330.7833	267555.8481	274511.1143	1923910.4784	274844.3541
10	297824.7921	233866.9068	209006.2687	223845.9784	229438.8564	200061.5507	250870.4736	1644896.8169	234985.2596
11	282457.6941	231867.3988	236872.6631	222991.2581	225240.7203	195041.2318	249610.9011	1643227.8673	234746.8382
12	265683.7217	231533.5356	194449.7645	207717.2521	195268.1310	207906.6455	231232.0452	1533562.0965	219080.2995
13	294843.2233	244030.7248	213504.5180	237671.2786	220464.5743	236887.5273	240444.9834	1666785.8297	238112.4042
14	290656.6877	247266.7622	213996.8998	231098.7974	250688.1330	232439.5809	278190.2186	1736237.0875	248048.1554
15	295271.4063	270880.1173	222590.1571	238804.9120	233219.8426	214474.7593	283547.5509	1758888.5469	251269.7924
16	349397.6163	312746.9588	254008.2144	284053.6163	292020.3203	303911.7133	304030.6047	2100160.9040	300022.9863
17	353715.2289	358196.2521	315296.0253	327522.4777	325706.2777	321957.5710	333213.1686	2335606.9939	333658.1419
18	355561.2783	332241.5984	323247.6132	330968.2940	332641.5388	335141.7498	333085.7276	2342828.7993	334689.8285
19	487300.8345	388024.7770	387567.9673	372454.3461	412263.5462	328381.7296	371521.7181	2668434.9188	381204.9884
20	446298.6322	408806.5444	437788.7063	401820.4815	445447.6312	367652.1816	371230.9188	2878237.0759	411176.7251
21	466089.1764	415064.9610	420899.8856	420306.1255	426967.8440	405369.7089	386185.5956	2922694.2889	417527.7556
22	450492.8979	396766.3658	411612.8570	409220.9089	439432.5833	424778.3573	394235.5642	2926531.6944	418075.9563
23	476069.8554	394959.3924	414239.7781	384732.7988	418207.1158	406158.9941	402661.5876	2897028.5223	413861.3603
24	362775.6468	365724.0968	357583.6795	342335.9702	342344.4021	349963.0908	381897.5149	2588634.4021	358376.3430
Total	8471644.7833	7567880.2774	7235017.2335	7086535.3126	7488117.3112	7204777.5476	7470007.7949	52524840.5806	7500577.2258
Maximum	476069.8554	415064.9610	437788.7063	420306.1255	445447.6312	424770.3973	402661.5876	2926531.6944	476069.8554
Load f.	0.741457	0.757701	0.688681	0.702517	0.700430	0.706733	0.772982	0.747529	0.655467

*ประมาณโดยใช้ขนาดตัวอย่าง 90 ตัวอย่างที่จัดสรรแบบอุตตมะของเนย์แมนตามแผนแบบที่เสนอ

ตารางที่ 10 ปริมาณไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทบ้านอยู่อาศัยของการไฟฟ้านครหลวง จำแนกตามวันและเวลาที่ใช้ไฟฟ้า

Hour	Sunday	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday	Total	Average
1	345002.5365	334327.3945	306978.5382	314869.3110	345850.3654	312963.9926	331173.3436	2291165.4819	327309.3548
2	315655.8981	305151.3201	290617.8486	280990.4989	300601.7075	280248.7187	307557.7214	2088733.6992	298390.5285
3	305961.7430	289432.5935	274030.0617	271570.1604	288350.3438	277659.7304	294618.4998	2001323.1226	285903.3032
4	318932.9182	286110.4188	273037.5474	269862.9859	284442.2310	284410.5918	295030.8563	2031827.5493	287403.9356
5	311516.1841	324131.5535	323278.6430	317236.5445	329040.5681	326622.9119	316523.7001	2250350.2052	321478.6007
6	339879.3018	366484.9191	357954.9125	354503.3581	350641.3650	360012.4666	336783.5249	2466459.8473	352208.5496
7	352035.3031	309569.8250	315924.6589	312335.3641	347420.1962	328973.8780	341722.7610	2308982.1263	329854.5895
8	350766.9754	275885.2408	262065.6387	276342.1608	288825.4684	275265.8240	312529.9750	2041681.2830	291668.7547
9	300613.5106	254032.2890	229350.7781	237832.6032	246164.0257	236016.9785	280725.8161	1784535.8922	254933.6989
10	277323.2452	233328.5424	219366.8856	228532.2597	227648.1488	208307.2179	261829.8649	1656336.1844	236619.7292
11	265869.0689	219565.8305	220699.0844	218032.1374	217016.8213	200262.1756	263869.0909	1601413.4090	228773.3441
12	260835.9927	220423.7387	205425.7322	207399.0325	202637.8595	201808.7364	244772.6281	1543322.7207	220474.6744
13	270315.1636	215625.4241	216738.5288	203117.2945	214451.6708	211383.9669	250617.1111	1582249.0598	226035.5800
14	263986.4346	224916.6130	213667.6262	225287.9821	227252.4578	220486.8417	254215.8500	1629733.0054	232819.0008
15	282928.3334	248023.4829	231850.7345	238318.8462	239117.8503	214147.1051	267756.2606	1722152.6129	246021.8018
16	317309.8719	287289.0704	268973.6630	270586.9409	276762.3234	274517.2126	310903.4810	2006343.9622	286620.2803
17	358931.0626	329755.4179	299580.8238	304826.8365	320970.8147	303610.4097	342954.9269	2252819.2915	321831.3274
18	371131.7921	341685.8510	329751.8928	339463.0986	359535.4364	315469.5808	352205.1248	2499242.8764	344177.4395
19	405476.5453	385884.7937	365563.5098	380198.5187	396793.6126	350070.3834	370940.5837	2674927.8392	382132.5485
20	423374.4287	407962.6741	414543.6796	422804.9519	418314.6944	378909.9415	393774.0587	2866683.8289	409240.5470
21	454176.6730	418133.6286	419489.3190	431310.7803	438546.2168	405498.5551	407986.5901	2975141.8629	425020.2661
22	457081.4798	408198.5795	421934.6068	428320.8992	438634.2387	417389.9285	412688.8537	2976232.5761	425176.0823
23	447125.1377	384274.7101	420678.6815	401912.6418	419862.5791	391326.4831	398046.4425	2863227.6758	409032.5251
24	371133.8246	364412.4017	358842.7461	353720.2859	340320.3171	346599.8915	367125.8789	2502155.3461	357450.7637
TOTAL	8162302.9165	7430697.6040	7262369.0910	7281284.3753	7519019.2122	7132163.6163	7716143.7654	52304040.5808	7500577.2258
MAX	457081.4798	418133.6286	421934.6068	431310.7803	438634.2387	417389.9285	412688.8537	2976232.5761	457081.4798
Load F.	0.744060	0.740463	0.717170	0.703407	0.714253	0.711980	0.779067	0.735046	0.683738

ประมาณโดยใช้ขนาดตัวอย่าง 405 ตัวอย่าง เมื่อมีการแบ่งชั้นภูมิตามวิธีของ Dalenius และ Hodges

ตารางที่ 11 ปริมาณไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทบ้านอยู่อาศัยของการไฟฟ้านครหลวง จำแนกตามวันและเวลาที่ใช้ไฟฟ้า*

Hour	Sunday	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday	Total	Average
1	320981.8044	348761.9335	307628.7912	302357.4516	252184.9659	303280.6468	347386.1882	2282601.5816	326085.9402
2	327741.1871	304540.3676	287535.7922	266573.8473	300570.0277	277537.2404	317738.9071	2082017.3693	297431.0528
3	315447.9837	297898.6317	265919.8294	253981.6105	283872.0519	264854.6999	304898.9064	1986865.7136	283837.9591
4	334422.9099	294179.5810	264092.2182	256243.3669	276648.7940	274500.2775	308103.1366	2008190.1840	286884.3120
5	328326.3374	334314.3902	314951.1276	301047.6794	334588.6612	317028.1085	334683.2156	2262911.5281	323282.5039
6	360991.4740	368405.6444	335190.6284	346996.4475	356575.9287	334354.1185	356139.4896	2498657.5311	356951.0759
7	379593.1486	388536.9284	309256.3815	311251.6944	344273.0413	328465.2559	354977.1836	2336351.5058	333764.5151
8	360103.4526	271744.2548	254386.9380	261620.1808	277507.9354	264871.8944	319546.9626	2009780.8586	287111.5512
9	310455.8078	245470.1678	210858.8121	213331.9132	225045.3329	216836.0634	273570.8336	1695568.1307	242224.0187
10	281304.9732	222039.4884	196213.6906	210796.1492	206808.5241	198641.5093	257963.1859	1573765.5208	224823.6458
11	267234.5470	202596.2855	198118.8623	201004.4991	202215.3489	182660.4405	268096.6396	1521718.6151	217388.3736
12	262631.5551	217569.9567	189974.5878	198153.6261	190216.9078	189049.3520	246307.2655	1493902.9711	213414.7102
13	274828.0769	212096.6945	198405.7319	190358.3464	195833.3182	218301.1227	246304.5901	1536107.8808	219443.9830
14	260817.7175	217200.8900	191836.6617	210508.8934	213658.6182	217722.5828	248834.3924	1560579.8153	222939.9736
15	280180.0932	232608.5075	205146.7188	223648.9819	221218.5815	288275.6814	244383.3095	1615461.8738	230780.2677
16	323296.3820	280248.6481	251664.2092	259777.1066	264176.7463	265824.0856	298860.2304	1943819.4083	277688.4869
17	362346.2178	333634.3974	285044.1832	305052.8119	317281.9041	382569.6606	329319.4705	2244988.6457	320712.6637
18	385144.0568	346588.6259	328771.2874	341827.9201	359615.0201	309294.1523	361783.1770	2432024.2396	347432.0342
19	616463.4037	388280.4220	346236.0220	383319.3159	399326.7928	349206.1970	392576.5673	2715002.6608	387857.5230
20	455763.0863	412951.2175	423863.5712	444784.9397	427211.7698	389954.2451	408023.1879	2962552.0065	423221.7152
21	492607.0148	423328.4351	434750.8122	454250.9727	458303.5698	413756.7001	423472.6208	3105470.1255	443638.5894
22	509526.7858	408606.8948	433557.1886	438899.0043	459266.0394	447718.9603	427012.9291	3124587.8123	446369.6875
23	478987.3887	390557.8050	425777.2723	412327.1923	433111.8438	405411.2238	398515.1055	2944607.8299	420658.2614
24	385996.6491	377237.7412	360135.2901	351895.2563	332024.4283	376095.5744	389058.7404	2566440.6778	366634.3825
Total	8473112.0533	7438385.3414	7078346.5379	7168007.3954	7431956.2026	7074902.8917	7867330.3555	52504040.5778	7500577.2254
Maximum	509526.7858	423328.4351	434750.8122	454250.9727	459266.0394	447718.9603	427012.9291	3124587.8123	509526.7858
Load f.	0.692891	0.732133	0.678391	0.654925	0.674260	0.658421	0.767671	0.700346	0.813361

*ประมาณโดยใช้ขนาดตัวอย่าง 405 ตัวอย่าง เมื่อมีการแบ่งชั้นภูมิตามการแบ่งของการไฟฟ้านครหลวง

ผลการศึกษาพบว่าไม่ว่าจะใช้ขนาดตัวอย่าง 90 ตัวอย่างตามแผนการสุ่มที่เสนอในงานวิจัยนี้กับผลการศึกษาที่ใช้ขนาดตัวอย่างจำนวน 405 ตัวอย่าง เมื่อพิจารณาดูวันที่มีการใช้ไฟฟ้าสูงที่สุดนั้นจะให้ผลการศึกษาออกมาเป็นวันเดียวกัน แต่เวลาที่มีผู้ใช้ปริมาณไฟฟ้าสูงที่สุดนั้นต่างกัน คือ ถ้าใช้ขนาดตัวอย่าง 90 ตัวอย่าง ช่วงเวลาที่มีผู้ใช้ไฟฟ้ามากที่สุดได้แก่เวลา 23.00 น. และจะเป็นเวลา 22.00 น. เมื่อใช้ขนาดตัวอย่าง 405 ตัวอย่าง แต่เมื่อพิจารณาปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ในช่วงเวลาทั้ง 2 นี้จะพบว่าปริมาณไฟฟ้าที่ใช้แตกต่างกันประมาณ 4% ในขณะที่เรายอมให้ผลการศึกษาแตกต่างกันได้ 5% แสดงว่าผลการศึกษาซึ่งใช้แผนแบบการสุ่มที่เสนอโดยใช้ขนาดตัวอย่าง 90 ตัวอย่าง จะให้ผลการศึกษาไม่แตกต่างจากการใช้ขนาดตัวอย่างถึง 405 ตัวอย่าง

การเปรียบเทียบปริมาณไฟฟ้า ณ เวลาต่าง ๆ กัน ตลอด 1 สัปดาห์ ที่ได้จากการประมาณไฟฟ้าที่ใช้โดยใช้ขนาดตัวอย่าง 405 ตัวอย่างและเมื่อใช้ขนาดตัวอย่าง 90 ตัวอย่างผลการศึกษาพบว่า ความแตกต่างระหว่างปริมาณไฟฟ้าที่ประมาณโดยใช้ขนาดตัวอย่าง 405 และ 90 ตัวอย่าง ส่วนใหญ่ ณ. เวลาต่าง ๆ ความแตกต่างจะไม่เกิน +5% โดยเฉพาะในช่วงเวลาที่มีการใช้ปริมาณไฟฟ้าสูงสุด ดูได้จากกราฟรูปที่ 1-9

4.4 สรุปผลการศึกษา

การสร้างแผนการสุ่มตัวอย่าง โดยวิธีของ Dalenius และ Hodges ในการแบ่งขอบเขตของชั้นภูมิและใช้การจัดสรรขนาดตัวอย่างตามแบบอุดตมะของเนย์แมนนี้จะทำให้ได้ขนาดตัวอย่างต่ำ และความแปรปรวนของตัวประมาณต่ำที่สุด ภายใต้ระดับความไว้วางใจและระดับความเชื่อมั่นที่กำหนดขึ้น

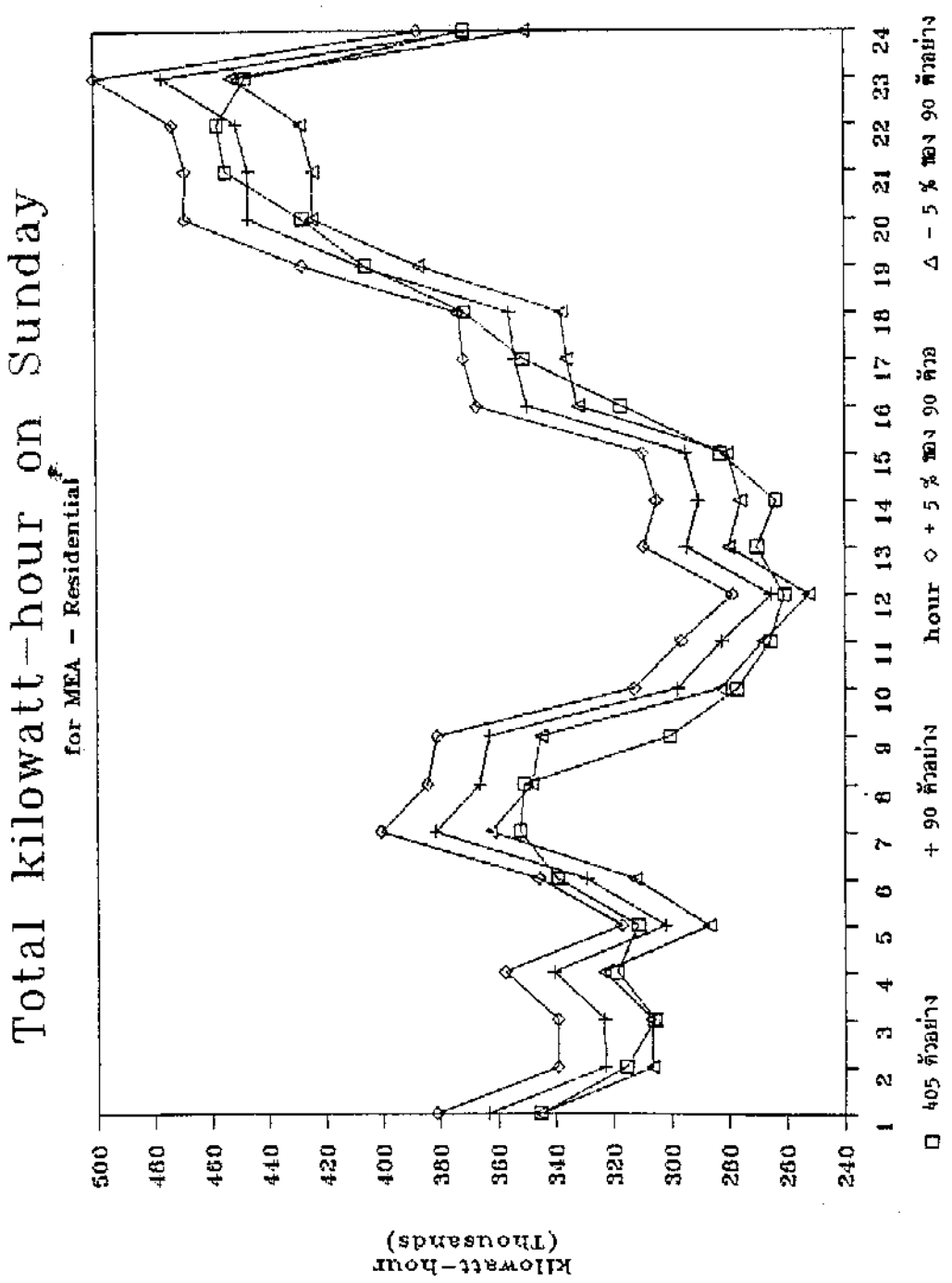
ผลการศึกษาที่ใช้แผนแบบการสุ่มตัวอย่างที่ได้เสนอ เปรียบเทียบผลการประมาณค่าโดยใช้ขนาดตัวอย่างทั้งหมดนั้น ผลปรากฏว่าได้ค่าที่ประมาณนั้นไม่แตกต่างกันยังคงอยู่ในขอบเขตที่กำหนด การลดขนาดของตัวอย่างลงทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายและเวลาลงนอกจากนี้การสร้างแผนแบบนี้จะทำให้การเก็บรวบรวมข้อมูลสะดวกขึ้นสามารถกำหนดหน่วยตัวอย่างให้กระจายกันออกไปภายในชั้นภูมิได้ นอกจากนี้ถ้าผู้

ที่ต้องการศึกษาในเรื่องนี้ต้องการความถูกต้องของตัวประมาณเพิ่มขึ้นอาจจะใช้เกณฑ์การจัดสรรตัวอย่างตามแผนนี้ และใช้ขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า น่าจะทำให้ผลการศึกษาดีขึ้น การใช้แผนแบบการสุ่มที่นำเสนอนี้จะทำให้ผู้ปฏิบัติสามารถทำงานได้อย่างมีระบบและมีเป้าหมายชัดเจนขึ้น มีทฤษฎีต่าง ๆ ทางสถิติสนับสนุนผลการศึกษา และสามารถจะทำการศึกษาได้บ่อยขึ้นเช่น ในอดีตอาจจะวัดพฤติกรรม ต่าง ๆ นี้ได้ 2-3 ปีครั้ง ก็อาจจะสามารถทำได้ทุกปี เนื่องจากจำนวนหน่วยตัวอย่างมีจำนวนน้อยซึ่งจะเป็นประโยชน์อย่างมากเพราะข้อมูลเหล่านี้เปลี่ยนแปลงไปตามเวลา

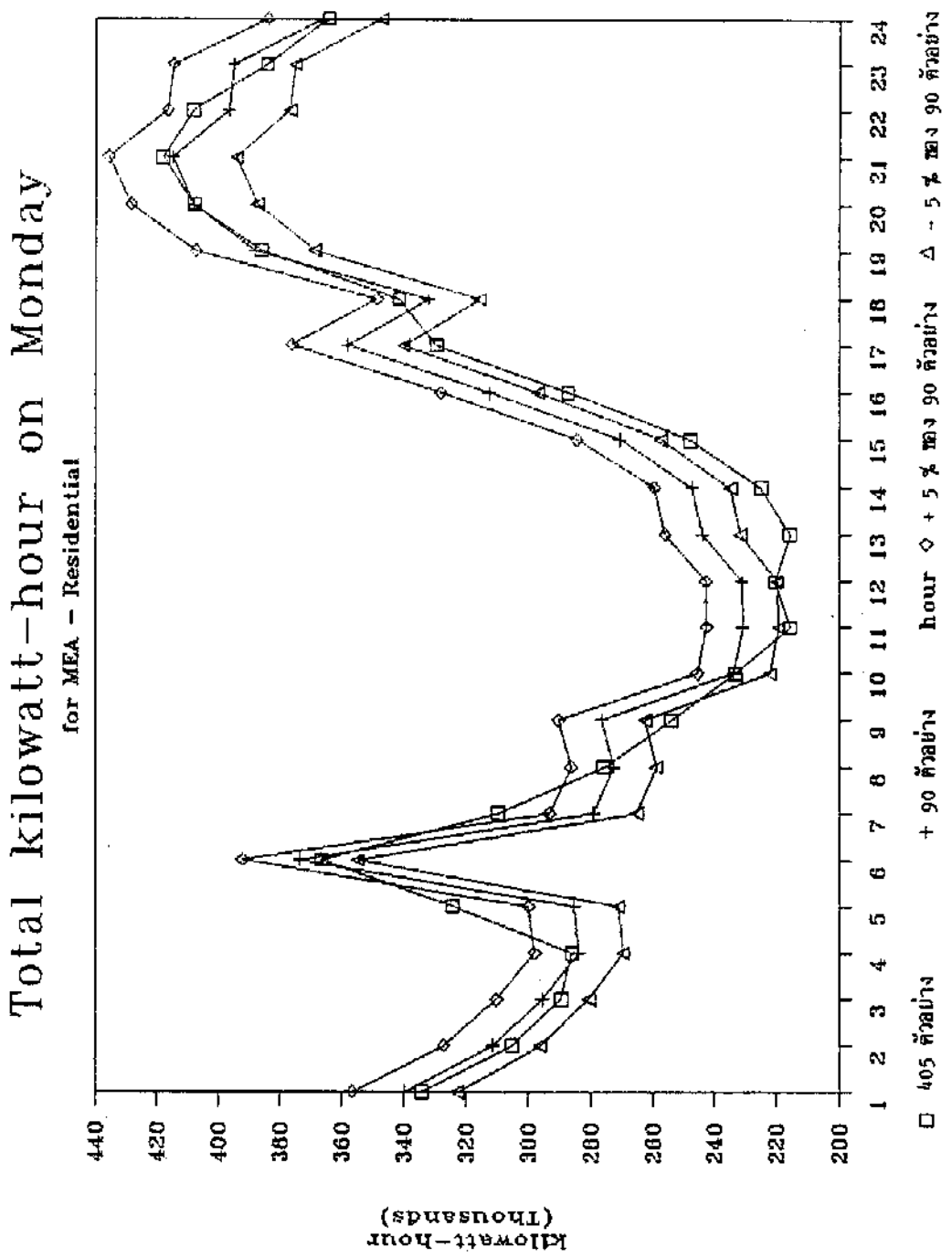
บรรณานุกรม

Dalenius, T., and Hodges, J.L., Jr (1959). Minimum variance stratification. Jour Amer. Stat. Assoc., 54 88-101.

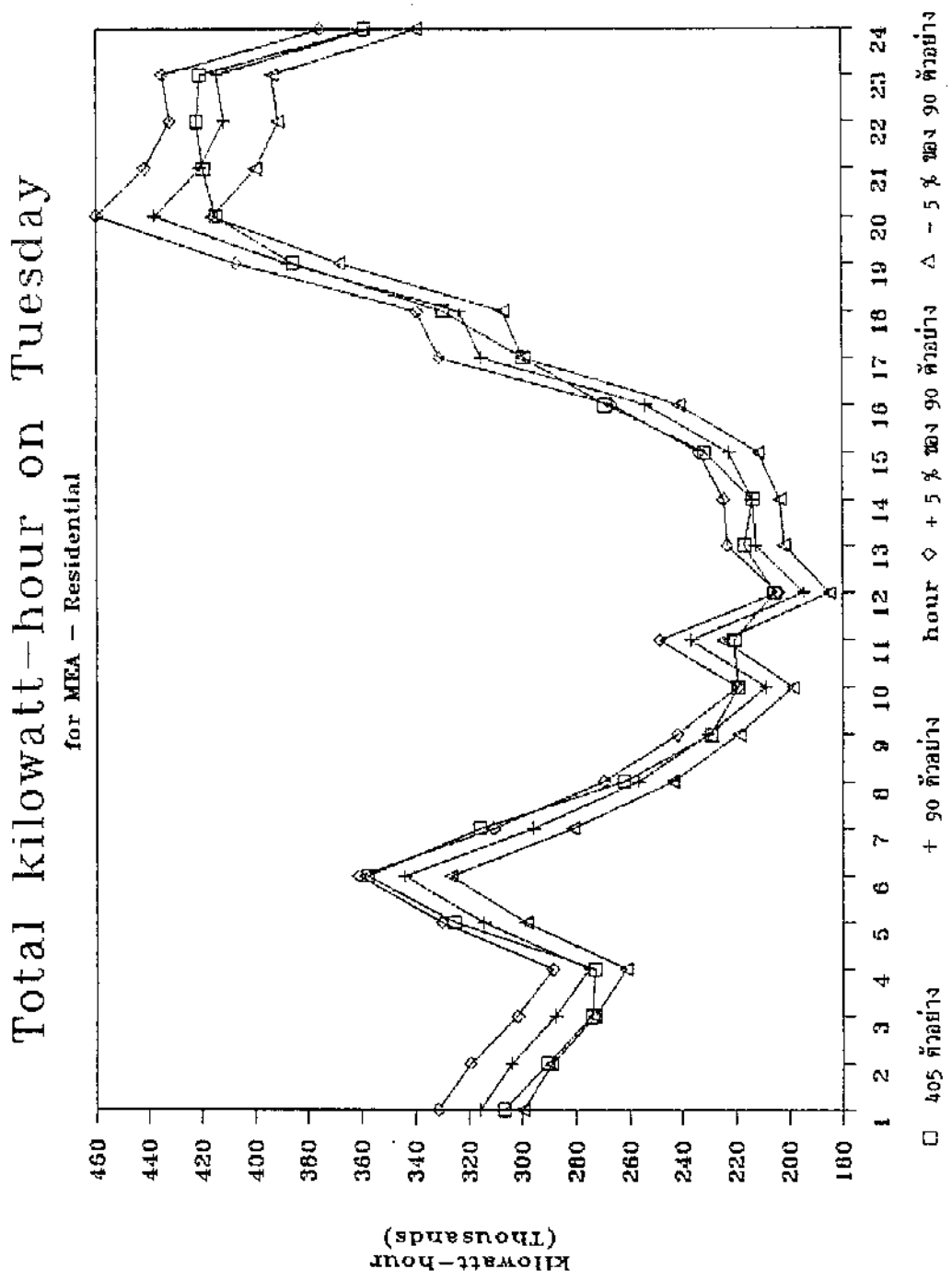
William G. Cochran, 1977. Sampling Techniques. Third edition, John Wiley Sons.


Total kilowatt-hour on Sunday
for MEA - Residential
Kilowatt-hour
(Thousands)
500
480
460
440
420
400
380
360
340
320
300
280
260
240
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24
hour
□ 405 ตัวอย่าง
+ 90 ตัวอย่าง
◇ + 5 % จาก 90 ตัวอย่าง
△ - 5 % จาก 90 ตัวอย่าง

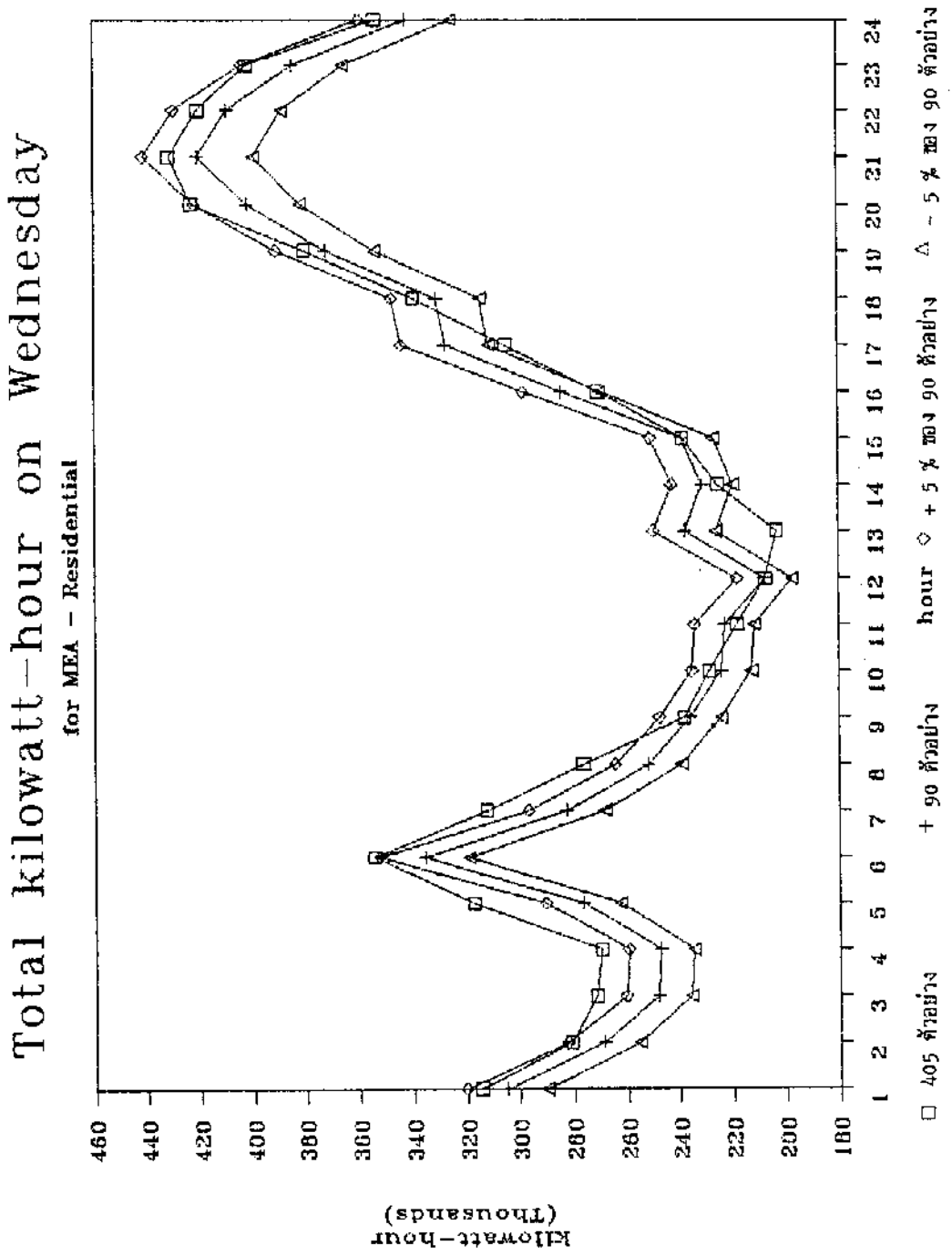
รูปที่ 1


Total kilowatt-hour on Monday
for MEA - Residential
Kilowatt-hour
(Thousands)
440
420
400
380
360
340
320
300
280
260
240
220
200
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24
hour
□ 405 ตัวอย่าง
+ 90 ตัวอย่าง
◇ + 5 % ของ 90 ตัวอย่าง
△ - 5 % ของ 90 ตัวอย่าง

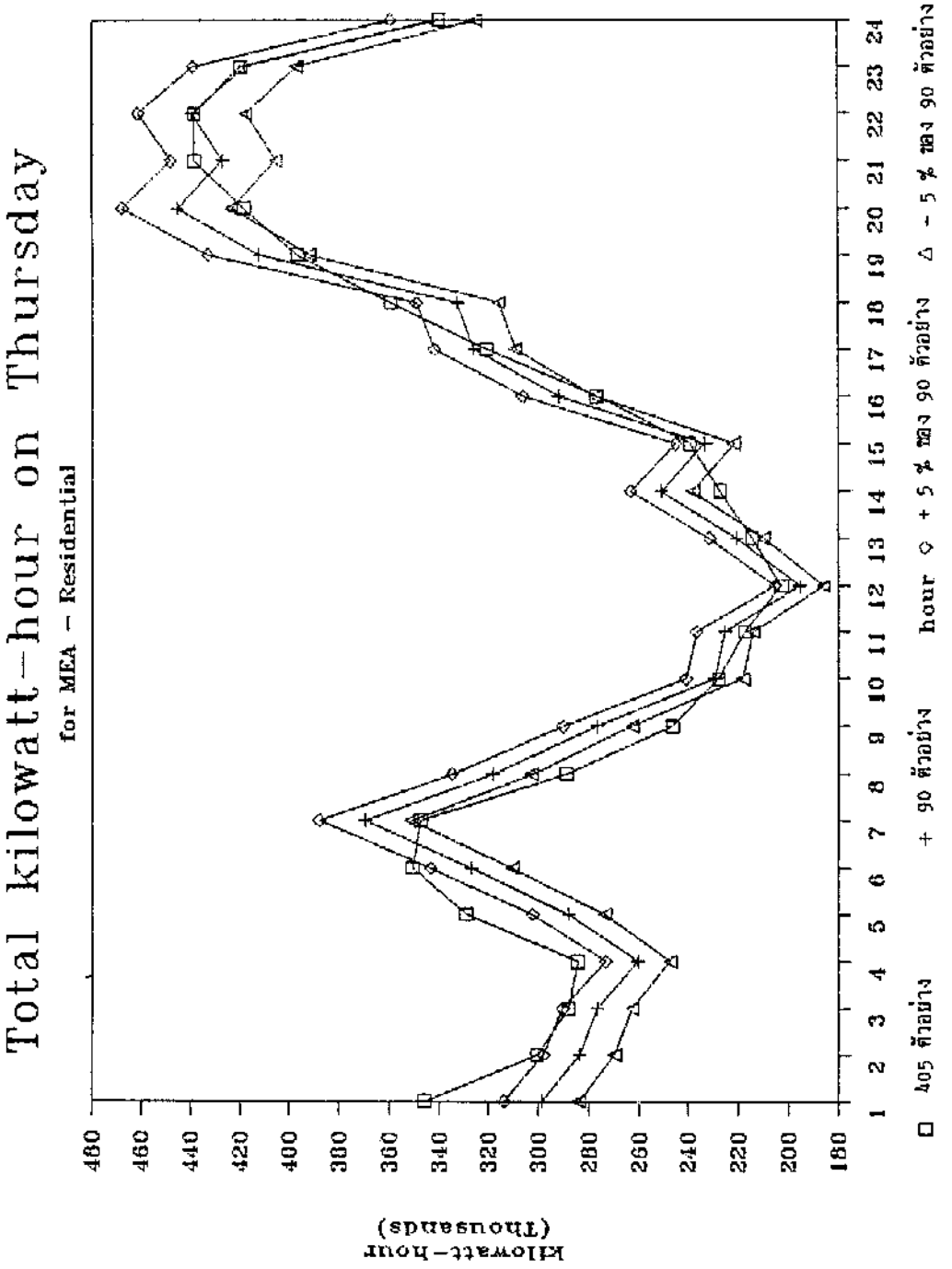
รูปที่ 2


Total kilowatt-hour on Tuesday
for MEA - Residential
Kilowatt-hour
(Thousands)
460
440
420
400
380
360
340
320
300
280
260
240
220
200
180
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24
hour
□ 405 ตัวอย่าง
+ 90 ตัวอย่าง
◇ + 5 % ของ 90 ตัวอย่าง
△ - 5 % ของ 90 ตัวอย่าง

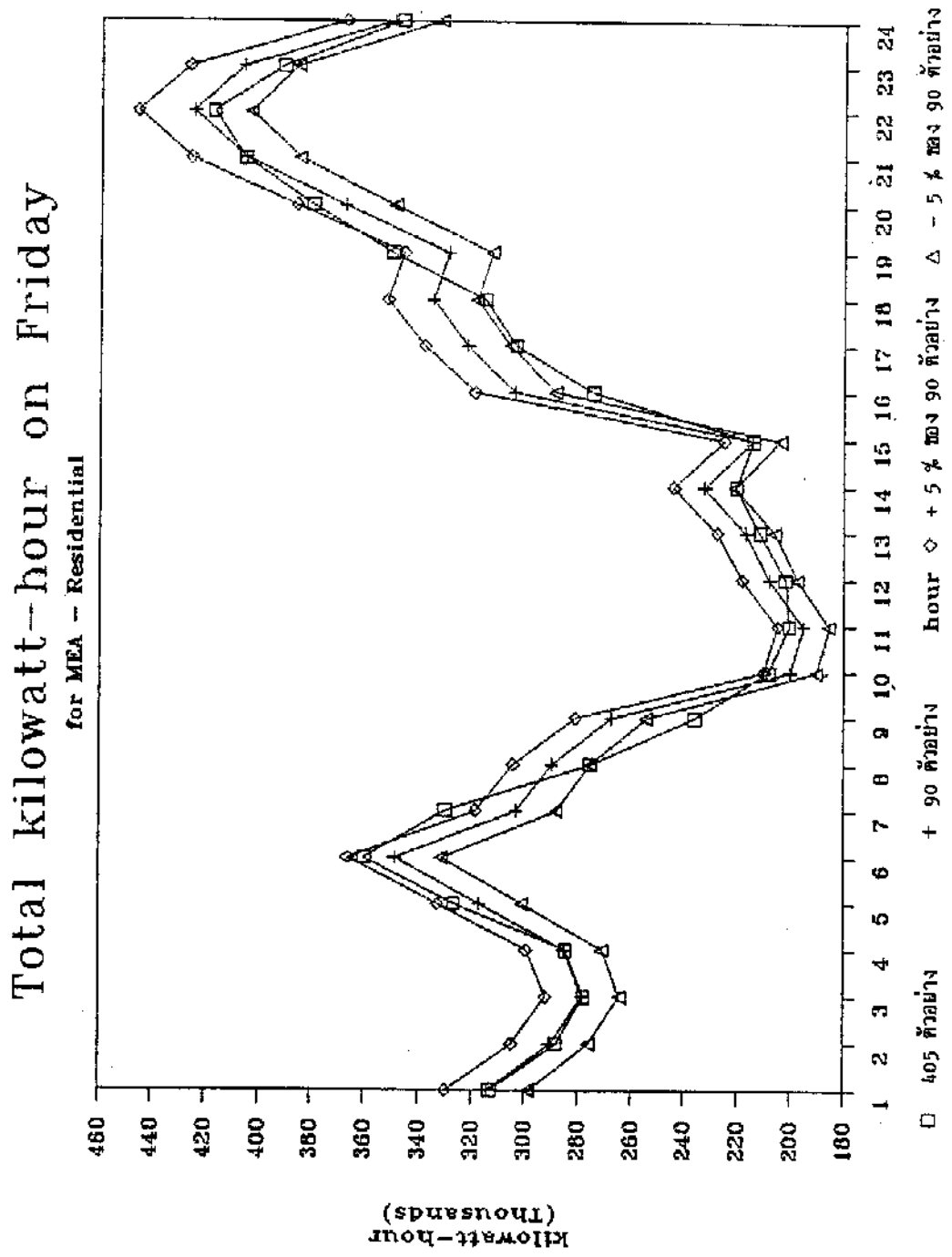
รูปที่ 3


Total kilowatt-hour on Wednesday
for MEA - Residential
Kilowatt-hour
(Thousands)
460
440
420
400
380
360
340
320
300
280
260
240
220
200
180
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24
hour
□ 405 ตัวอย่าง
+ 90 ตัวอย่าง
◇ + 5 % ของ 90 ตัวอย่าง
△ - 5 % ของ 90 ตัวอย่าง

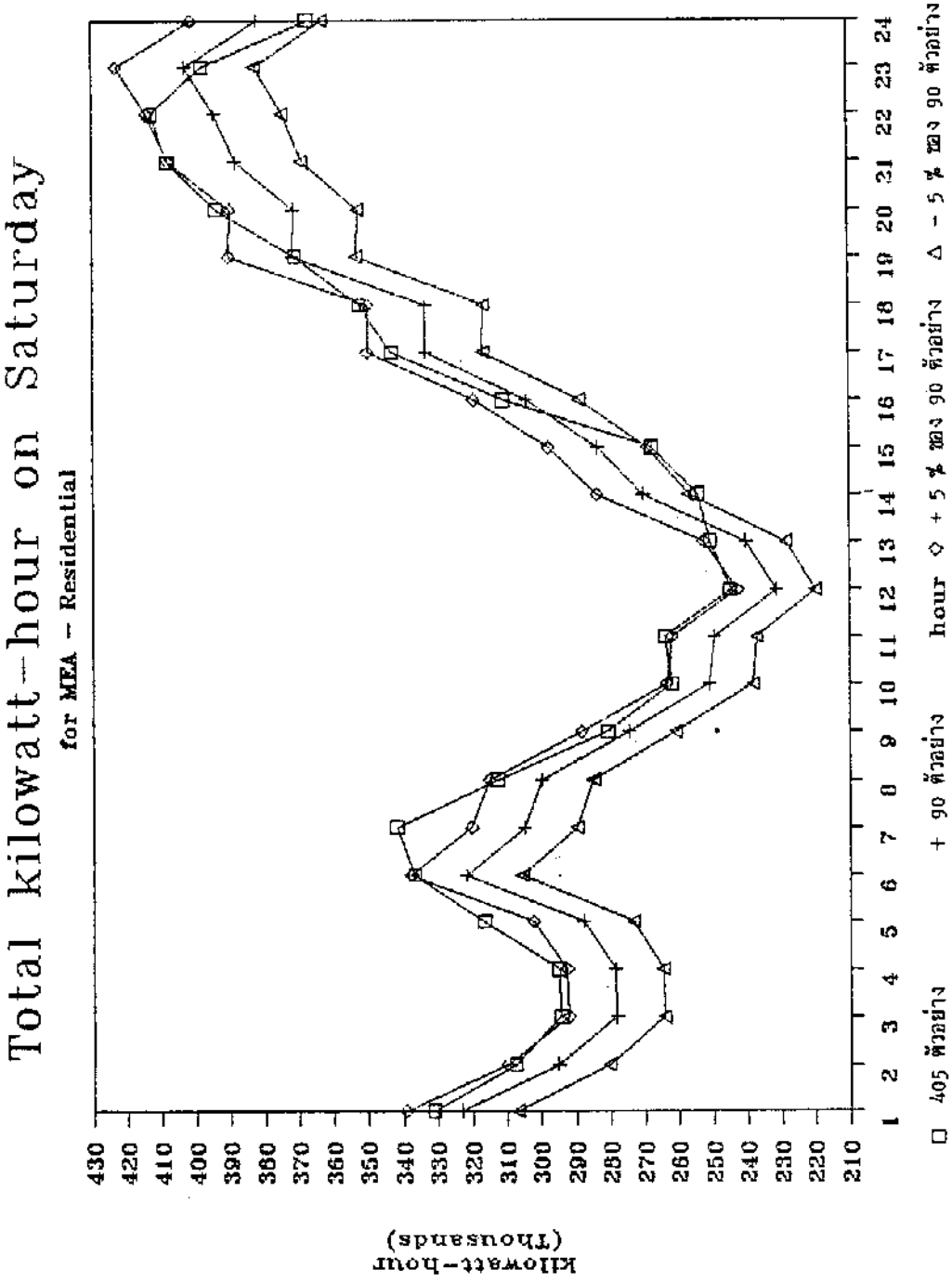
รูปที่ 4


Total kilowatt-hour on Thursday
for MEA - Residential
Kilowatt-hour
(Thousands)
460
440
420
400
380
360
340
320
300
280
260
240
220
200
180
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24
hour
□ 405 ตัวอย่าง
+ 90 ตัวอย่าง
◇ + 5 % ของ 90 ตัวอย่าง
△ - 5 % ของ 90 ตัวอย่าง

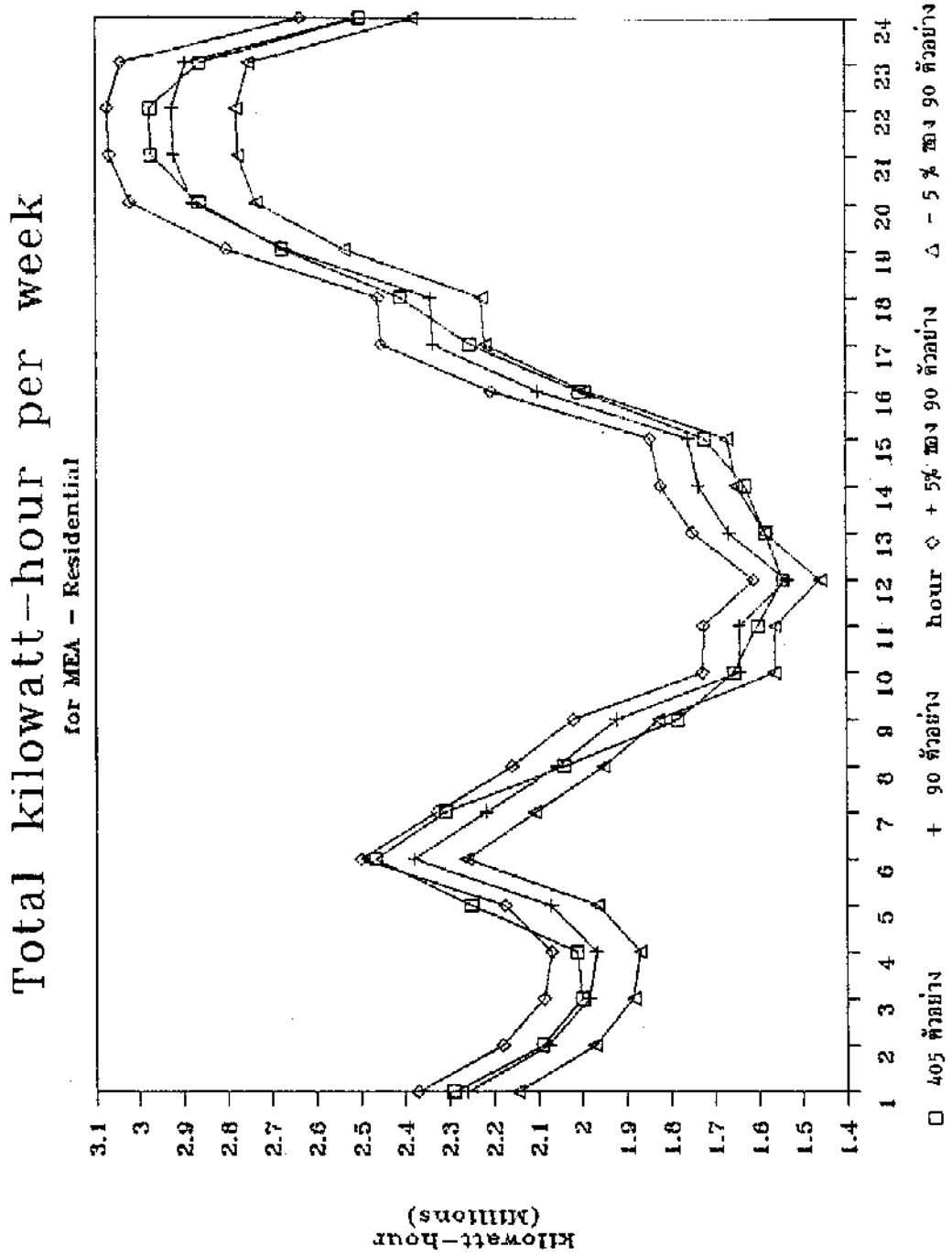
รูปที่ 5


Total kilowatt-hour on Friday
for MEA - Residential
kilowatt-hour
(Thousands)
460
440
420
400
380
360
340
320
300
280
260
240
220
200
180
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24
hour
□ 405 ตัวอย่าง
+ 90 ตัวอย่าง
◇ + 5 % ของ 90 ตัวอย่าง
△ - 5 % ของ 90 ตัวอย่าง

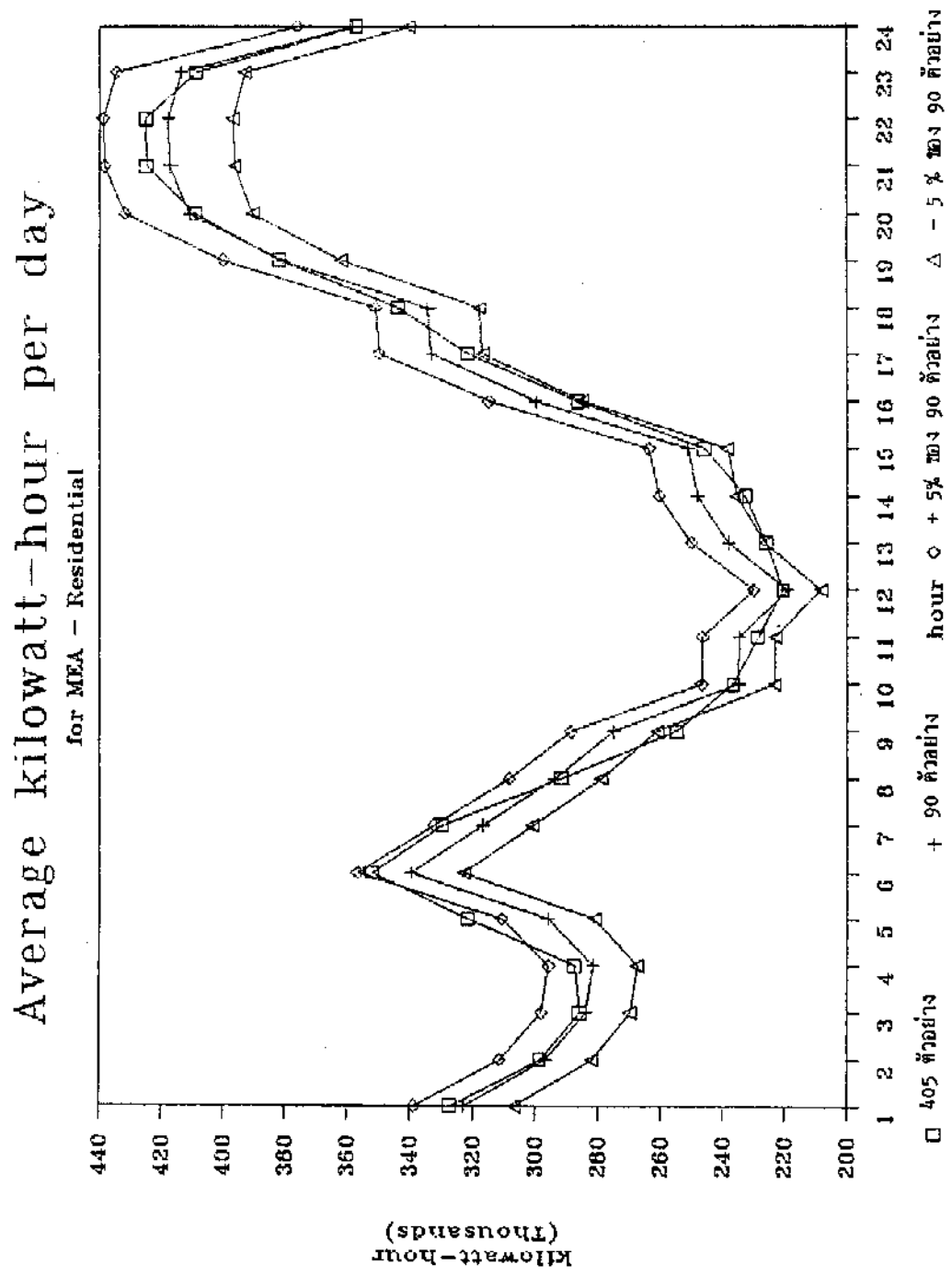
รูปที่ 6


Total kilowatt-hour on Saturday
for MEA - Residential
Kilowatt-hour
(Thousands)
430
420
410
400
390
380
370
360
350
340
330
320
310
300
290
280
270
260
250
240
230
220
210
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24
hour
□ 405 ห้างย่าง
+ 90 ห้างย่าง
◇ + 5 % ของ 90 ห้างย่าง
△ - 5 % ของ 90 ห้างย่าง

รูปที่ 7


Total kilowatt-hour per week
for MEA - Residential
kilowatt-hour
(Millions)
3.1
3
2.9
2.8
2.7
2.6
2.5
2.4
2.3
2.2
2.1
2
1.9
1.8
1.7
1.6
1.5
1.4
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24
hour
□ 405 ตัวอย่าง
+ 90 ตัวอย่าง
◇ + 5% ของ 90 ตัวอย่าง
△ - 5 % ของ 90 ตัวอย่าง

รูปที่ 8


Average kilowatt-hour per day
for MEA - Residential
Kilowatt-hour (Thousands)
440
420
400
380
360
340
320
300
280
260
240
220
200
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24
hour
□ 405 ตัวอย่าง
+ 90 ตัวอย่าง
◇ + 5% ของ 90 ตัวอย่าง
△ - 5 % ของ 90 ตัวอย่าง

รูปที่ 9