บทที่ 4

สหสัมพันธ์และสมการถดถอย

ในบทนี้จะเป็นการศึกษาถึงความสัมพันธ์ของสภาพแวดล้อมต่าง ๆ กำลังตำรวจ และการเกิดอาชญากรรมในแต่ละอำเภอหรือกิ่งอำเภอทั่วประเทศว่ามีลักษณะเป็นอย่างไร เพื่อจะได้เป็นแนวทางในการเรียนรู้ถึงสาเหตุของการเกิดอาชญากรรม อันเนื่องมาจากสภาพแวดล้อมต่าง ๆ อาชญากรรมประเภทใดมีสัมพันธ์อย่างไรกับสภาพแวดล้อมใดบ้าง และความสัมพันธ์นั้น ๆ เป็นความสัมพันธ์ในทางเดียวกัน หรือเป็นไปในทางตรงกันข้าม นอกจากนั้นยังจะทำให้ทราบว่า การจัดสรรกำลังตำรวจที่ให้กับแต่ละสถานีนั้นเหมาะหรือไม่กับสภาพแวดล้อมของสถานีนั้น ๆ

เมื่อได้ศึกษาถึงความสัมพันธ์ต่าง ๆแล้ว ต่อไปจะเป็นการกำหนดแบบแผนทางสถิติ (Statistical Model) เพื่อใช้ในการจัดสรรกำลังตำรวจให้สอดคล้องกับสภาพแวดล้อมและการกระจายของอาชญากรรมในแต่ละอำเภอหรือกิ่งอำเภอ แบบแผนอันนี้ก็คือแบบมาตรฐาน (Norm) ซึ่งจะใช้ในการเฉลี่ยกำลังตำรวจที่มีอยู่จำกัดให้กับแต่ละสถานี เพื่อให้ได้ประโยชน์มากที่สุด

สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) ของตัวแปรต่าง ๆ (Variables)

ตัวแปรต่าง ๆ ซึ่งสนใจศึกษาหาความสัมพันธ์นี้ สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 พวกใหญ่ ๆ คือ

(1) ตัวแปรเกี่ยวกับสภาพแวดล้อม (Environment Variables) ซึ่งได้แก่ จำนวนประชากร ขนาดท้องที่ เส้นทางที่ต้องตรวจทั้งทางน้ำและทางบก ฯลฯ

(2) ตัวแปรเกี่ยวกับกำลังตำรวจ (Police Resource Variables) ซึ่งได้แก่ จำนวนตำรวจชั้นสัญญาบัตร จำนวนตำรวจชั้นประทวน

(3) ตัวแปรเกี่ยวกับอาชญากรรม (Criminal Variables) ได้แก่

การเกิดคดีอาญา 43 ประเภท การเกิดคดีประเภทประทุษร้ายต่อทรัพย์ การเกิดคดีประเภทประทุษร้ายต่อชีวิตและร่างกาย

ในการศึกษานี้จะใช้ทฤษฎีของสหสัมพันธ์ (Theory of Correlation) เพื่อใช้คำนวณหาความสัมพันธ์ระหว่างคู่ของตัวแปรต่าง ๆ (Pairwise Correlation) ดังต่อไปนี้คือ

$$Y_1 \& X_1 , Y_1 \& X_2, \ldots\ldots\ldots, Y_1 \& X_{10}$$

$$Y_2 \& X_1 , Y_2 \& X_2, \ldots\ldots\ldots, Y_2 \& X_{10}$$

$$Y_3 \& X_1 , Y_3 \& X_2, \ldots\ldots\ldots, Y_3 \& X_{10}$$

$$Y_4 \& X_1, Y_4 \& X_2, \ldots\ldots\ldots, Y_4 \& X_8$$

โดยที่

X_1 คือ จำนวนประชากรตามทะเบียนราษฎร์

X_2 คือ ขนาดเนื้อที่ของอำเภอหรือกิ่งอำเภอเป็นตารางกิโลเมตร

X_3 คือ ระยะทางที่ต้องตรวจทั้งทางน้ำและทางบกเป็นกิโลเมตร

X_4 คือ จำนวนสถานการเงินและบริการ อันได้แก่ ธนาคาร ร้านทอง โรงภาพยนตร์ โรงแรม ร้านอาหาร

X_5 คือ จำนวนแหล่งอบายมุข อันได้แก่ สถานบริการ ไนท์คลับ บาร์ โบว์ลิ่ง ลานสเก็ต สถานอาบ อบ นวด สถานรำวง สถานการพนัน ซ่องโสเภณี

X_6 คือ จำนวนโรงงาน อันได้แก่ โรงสี โรงเลื่อย โรงฆ่าสัตว์ โรงต้มกลั่นสุรา โรงงานอุตสาหกรรม

X_7 คือ จำนวนร้านค้าของเก่าและอาวุธปืน อันได้แก่ โรงรับจำนำ ร้านค้าของเก่า ร้านค้าอาวุธปืน

X_8 คือ จำนวนบุคคลที่ต้องสอดส่อง

X_9 คือ จำนวนนายตำรวจชั้นสัญญาบัตรที่มีอยู่จริง

X_{10} คือ จำนวนตำรวจชั้นประทวนที่มีอยู่จริง

Y_1 คือ สถิติคดีอาญา 43 ประเภท

Y_2 คือ สถิติคดีประเภทความผิดเกี่ยวกับชีวิตและร่างกาย

Y_3 คือ สถิติคดีประเภทความผิดเกี่ยวกับทรัพย์สิน

Y_4 คือ จำนวนตำรวจทั้งหมดที่มีอยู่จริง ทั้งนายตำรวจและตำรวจชั้นประทวน $(X_9 + X_{10})$

ซึ่งข้อมูลที่ใช้นี้เป็นข้อมูลของแต่ละอำเภอหรือกิ่งอำเภอ ในปี 2516

สูตรที่ใช้ในการคำนวณ

Pairwise Correlation Coefficient (ρ_{XY})

$$\rho_{XY} = \frac{\text{Covariance } (X,Y)}{\sqrt{\text{Variance } (X) \cdot \text{Variance } (Y)}}$$

$$= \frac{\sum_{i=1}^{n} (X-\bar{X})\ (Y-\bar{Y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n} (X-\bar{X})^2 \sum_{i=1}^{n} (Y-\bar{Y})^2}}$$

เนื่องจากข้อมูลต่าง ๆ มีเป็นจำนวนมาก จึงได้นำเอาเครื่องคอมพิวเตอร์มาช่วยในการคำนวณหาสัมประสิทธิ์ต่าง ๆ นี้ทั้งหมด

สัมประสิทธิ์ของค่าสหสัมพันธ์นี้ เป็นตัวช่วยในการพิจารณาว่าตัวแปรใด ๆ (Variables) 2 ตัว มีความเกี่ยวข้องกันหรือไม่ มากน้อยเพียงใด แต่ไม่สามารถบอกได้ว่าตัวแปรใดขึ้นอยู่กับตัวแปรใด โดยที่สัมประสิทธิ์นี้จะมีค่าอยู่ระหว่าง -1 และ 1 เสมอ

$$-1 \leq \rho_{XY} \leq 1$$

ถ้า $-1 \leq \rho_{XY} < 0$ หมายความว่า X และ Y มีความสัมพันธ์ในทางตรงกันข้าม คือถ้าค่า X เพิ่มขึ้น ค่า Y จะลดลง หรือถ้าค่า X ลดลง ค่า Y จะเพิ่มขึ้น

ถ้า $\rho_{XY}=0$ หมายความว่า X และ Y ไม่มีความสัมพันธ์ใด ๆ แก่กันเลย

ถ้า $0<\rho_{XY}\leq 1$ หมายความว่า X และ Y มีความสัมพันธ์กันอย่างมาก และความสัมพันธ์นี้เป็นไปในทางเดียวกัน คือถ้า X เพิ่มขึ้น Y ก็จะเพิ่มขึ้นด้วย หรือถ้า X ลดลง Y ก็จะลดลงด้วย

จากตารางที่ 43 จะเห็นว่าอาชญากรรมทุกประเภทมีความสัมพันธ์มากกับจำนวนประชากร และความสัมพันธ์นี้เป็นไปในทางเดียวกัน คือถ้าประชากรมีจำนวนเพิ่มขึ้นหรือลดลง จำนวนอาชญากรรมที่เกิดขึ้นก็จะมีแนวโน้มตามไปด้วย เนื่องจากอาชญากรรมไม่ว่าประเภทไหน เกิดขึ้นโดยการกระทำของคนทั้งสิ้น ซึ่งสาเหตุอาจจะเนื่องมาจากสภาพจิตใจหรือสภาพแวดล้อมก็สุดแล้วแต่ ในการวิจัยนี้จะคำนึงถึงเฉพาะสภาพภายนอกเท่านั้น จากการพิจารณาถึงความสัมพันธ์ของขนาดท้องที่กับการเกิดอาชญากรรมพบว่า การที่ท้องที่ใดมีขนาดเล็กจะทำให้มีอาชญากรรมเกิดขึ้นมาก โดยเฉพาะอาชญากรรมที่เกี่ยวกับทรัพย์สิน ดูจะมีความสัมพันธ์มากเป็นพิเศษ นั่นคือการที่ประชากรมีความหนาแน่นในพื้นที่ใด มักจะมีอาชญากรรมเกิดขึ้นมากในพื้นที่นั้น เช่น เกิดการชิงทรัพย์ ปล้นทรัพย์ เป็นต้น ซึ่งเมื่อพิจารณาถึงสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของประชากรและขนาดท้องที่ ($\rho_{X_1X_2}$) ในส่วนกลาง

$$\rho_{X_1X_2} = -0.1231$$

ยิ่งเป็นการยืนยันคำกล่าวข้างต้น เพราะแสดงให้เห็นว่าการกระจายของประชากรไม่สมดุลย์กับขนาดท้องที่ นอกจากนั้นยังอาจจะเนื่องมาจากการที่จัดสรรกำลังตำรวจไม่เหมาะสมกับขนาดท้องที่ก็เป็นได้ เพราะเมื่อพิจารณาจาก

$$\rho_{X_2Y_4} = -0.3838$$

จะเห็นว่าในท้องที่ใหญ่ ๆ ยังมีการจัดสรรกำลังตำรวจน้อยกว่าที่ควรจะเป็น

สำหรับระยะทางที่ต้องตรวจนั้น ในทางความจริงแล้วท้องที่ใดที่มีเส้นทางที่ต้องตรวจมาก ควรจะมีการเกิดอาชญากรรมน้อย เนื่องจากมีความสะดวกในการตรวจตราท้องที่ ทำให้ลดสถานที่ซึ่งจะเป็นโอกาสในการประกอบอาชญากรรม แต่จากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ กลับแสดงว่าการที่มีเส้นทางที่ต้องตรวจมาก ก็ทำให้มีอาชญากรรมเกิดขึ้นมากเช่นเดียวกัน ซึ่งเมื่อ

ตารางที่ 43

สัมประสิทธิ์ของตัวแปรต่าง ๆ ในส่วนกลาง

X_i \ Y_j	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4
X_1	0.5655	0.6597	0.5384	0.3043
X_2	−0.1186	−0.0407	−0.3240	−0.3838
X_3	0.0351	0.1179	0.0670	−0.0545
X_4	0.1403	0.2167	0.6278	0.7367
X_5	0.1309	0.3166	0.5989	0.5684
X_6	−0.0600	0.0653	−0.0224	−0.0485
X_7	0.5311	0.0661	0.2164	0.4665
X_8	0.4126	0.4056	0.6152	0.5023
X_9	0.4438	0.4875	0.7788	—
X_{10}	0.3871	0.4180	0.7850	—

พิจารณาต่อไปถึง $\rho_{X_3 Y_4}$ จะเห็นว่าเหตุผลที่จะอธิบายก็ในทำนองเดียวกันกับการอธิบายความสัมพันธ์ของกำลังตำรวจกับขนาดท้องที่ คือยังมีการกระจายกำลังตำรวจในการตรวจตราอย่างไม่เหมาะสมนั่นเอง

ในกรุงเทพฯซึ่งเป็นเมืองหลวงของประเทศนั้น จะเห็นว่ามีสถานการเงินและบริการ แหล่งอบายมุขต่าง ๆ มากมาย สถานที่ต่าง ๆ เหล่านี้มีส่วนทำให้อาชญากรรมเกิดขึ้นมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งอาชญากรรมที่เกี่ยวกับทรัพย์สิน กล่าวคือ แหล่งอบายมุขต่าง ๆ มักจะทำให้คนหลงไหล ซึ่งส่วนใหญ่มักจะเป็นเด็กวัยรุ่น เมื่อขาดเงินก็พยายามทุกวิถีทางเพื่อจะได้เงินมาหาความสนุกในแหล่งเหล่านี้ เช่น การปล้นทรัพย์ตามสถานการเงินต่าง ๆ เป็นต้น ถึงแม้ว่าจะมีการเพิ่มกำลังตำรวจมากขึ้นก็ตาม แต่ก็ยังไม่สามารถลดอัตราการเกิดอาชญากรรมให้น้อยลงได้ ส่วนการเพิ่มขึ้นของโรงงานต่าง ๆ มีผลในการทำให้อาชญากรรมเกี่ยวกับทรัพย์ลดลงบ้างเหมือนกัน เพราะถ้าคนมีรายได้เพื่อจะดำรงชีวิตอยู่ ความคิดที่จะกระทำผิดอันเนื่องมาจากภาวะเศรษฐกิจรัดตัว ก็ย่อมจะลดลงไปด้วย แต่ไม่มีผลในการทำให้อาชญากรรมที่เกี่ยวกับชีวิตและร่างกายลดลงเลย เนื่องจากสาเหตุของอาชญากรรมประเภทนี้ ส่วนใหญ่ไม่เกี่ยวข้องกับปัญหาการครองชีพ

ในด้านความสัมพันธ์ระหว่างร้านค้าของเก่าและอาวุธปืนกับการเกิดอาชญากรรม จะเห็นว่ามีความสัมพันธ์ไปในทางเดียวกัน ซึ่งอาจจะเป็นไปได้ว่าเมื่ออาชญากรทำการปล้นทรัพย์ชิงทรัพย์ที่ไม่ใช่เงินสด จึงต้องทรัพย์สินนั้นไปแลกเป็นตัวเงิน เช่น จากโรงรับจำนำ เป็นต้น ทำให้เกิดร้านค้าเหล่านี้เพิ่มมากขึ้น หรือในทางกลับกันก็คือ เมื่อมีร้านค้าเหล่านี้มากก็ทำให้เป็นการสะดวกแก่โจรผู้ร้ายในการแลกเปลี่ยนทรัพย์สิน ซึ่งเป็นเหตุจูงใจอันหนึ่งในการประกอบอาชญากรรม นอกจากนั้นยังให้ความเข้าใจได้อีกอันหนึ่งว่า การที่ภาวะเศรษฐกิจของประเทศฝืดเคืองลง ประชาชนต้องเผชิญหน้ากับปัญหาเศรษฐกิจ ต้องหันไปพึ่งโรงรับจำนำต่าง ๆ ทำให้ธุรกิจประเภทนี้เพิ่มมากขึ้น และภาวะเศรษฐกิจนี้เองที่ทำให้คนต้องประกอบอาชญากรรมมากขึ้น จึงทำให้ดูเหมือนว่าร้านค้าของเก่ามีส่วนในการเพิ่มขึ้นของอาชญากรรม ซึ่งแท้ที่จริงอาจจะเนื่องมาจากภาวะเศรษฐกิจของประเทศ สำหรับความสัมพันธ์ของจำนวนบุคคลที่ต้องสอดส่องกับการเกิดอาชญากรรม จะเห็นว่ามีความสัมพันธ์มากพอสมควร และเป็นความสัมพันธ์

ไปในทางเดียวกัน ซึ่งแสดงว่าผู้ต้องสงสัยเหล่านี้มักจะเป็นผู้ที่ประกอบอาชญากรรมเป็นส่วนใหญ่

สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างกำลังตำรวจกับการเกิดอาชญากรรมประเภทต่าง ๆ พบว่ามีความสัมพันธ์กันมากซึ่งเป็นความสัมพันธ์ทางด้านบวก ซึ่งก็หมายความว่าได้มีการจัดสรรกำลังตำรวจตามจำนวนอาชญากรรมที่เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งอาชญากรรมประเภทที่เกี่ยวข้องกับทรัพย์สิน

จากตารางที่ 44 ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆในส่วนภูมิภาค จะเห็นว่าส่วนใหญ่มีความสัมพันธ์คล้ายคลึงกับในส่วนกลาง แต่ความมากน้อยแตกต่างกันบ้าง ส่วนความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรซึ่งแตกต่างจากในส่วนกลาง ได้แก่ ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดท้องที่กับจำนวนอาชญากรรมที่เกิดขึ้น กล่าวคือ ท้องที่ที่มีขนาดใหญ่จะมีการเกิดอาชญากรรม–มากกว่าท้องที่ที่มีขนาดเล็ก เมื่อพิจารณาประกอบกับค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างจำนวนประชากรกับขนาดท้องที่ในส่วนภูมิภาค

$$\rho_{X_1X_2} = 0.2192$$

ซึ่งแสดงว่าท้องที่ใดที่มีขนาดใหญ่ก็จะมีประชากรมากด้วย หมายความว่าการที่ขนาดท้องที่มีส่วนทำให้เกิดอาชญากรรมเพิ่มขึ้นซึ่งก็ไม่มากเท่าใดนัก ส่วนหนึ่งมีผลมาจากประชากร เนื่องจากจำนวนประชากรมีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับจำนวนอาชญากรรม ถึงแม้ว่าจะได้มีการจัดสรรกำลังตำรวจให้มากตามขนาดท้องที่แล้วก็ตาม แต่ก็ยังไม่เพียงพอที่จะควบคุมพื้นที่ทั้งหมดได้อย่างทั่วถึง ฉะนั้นการศึกษาถึงหลักเกณฑ์ที่เหมาะสมในการจัดวางกำลังพลสำหรับแต่ละท้องที่ จึงเป็นเรื่องที่น่าสนใจศึกษามาก เพราะการจัดวางกำลังตำรวจให้เหมาะสม มีผลมากพอสมควรในการลดจำนวนอาชญากรรม นอกจากนั้นแล้วเมื่อดูความสัมพันธ์ระหว่างขนาดท้องที่กับระยะทางที่ต้องตรวจ

$$\rho_{X_2X_3} = 0.0238$$

ซึ่งเป็นค่าที่ค่อนข้างต่ำ นั่นก็หมายความว่าในแต่ละท้องที่ส่วนใหญ่ยังไม่ค่อยมีความเจริญ ถนนหนทางต่าง ๆ ก็มีน้อยทำให้ยากแก่การปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ จึงทำให้ดูเหมือนว่าขนาดท้องที่ใหญ่มีส่วนทำให้อาชญากรรมเกิดขึ้นมาก

ตารางที่ 44

สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ในส่วนภูมิภาค

X_i \ Y_j	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4
X_1	0.7111	0.5777	0.7054	0.6267
X_2	0.0332	0.0762	0.0470	0.1724
X_3	0.2160	0.1822	0.1990	0.1522
X_4	0.2038	0.2556	0.1892	0.1326
X_5	0.0548	0.0693	0.0581	0.0384
X_6	0.3145	0.2226	0.2749	0.2980
X_7	0.3575	0.2981	0.3031	0.2596
X_8	0.5337	0.4000	0.4737	0.3943
X_9	0.5643	0.3941	0.4417	–
X_{10}	0.5824	0.4768	0.5371	–

สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนโรงงานกับจำนวนอาชญากรรมต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นนั้น จะเห็นว่าแตกต่างจากในส่วนกลาง ซึ่งจากตัวเลขที่แสดงความสัมพันธ์นี้อาจจะตีความหมายได้ต่าง ๆ กัน เช่น การที่โรงงานต่าง ๆ มีจำนวนมากขึ้น มีผลทำให้อาชญากรรมเพิ่มขึ้นตามไปด้วย หรืออาจจะเนื่องมาจากการเก็บตัวเลขผิดพลาดไม่ว่าจะเป็นตัวเลขเกี่ยวกับอาชญากรรมหรือตัวเลขเกี่ยวกับจำนวนโรงงาน หรืออาจจะเนื่องมาจากการพ้องกันของตัวเลข กล่าวคือในขณะที่การเกิดอาชญากรรมประเภทต่าง ๆ มีจำนวนเพิ่มขึ้นจากสาเหตุอื่น จำนวนโรงงานก็เพิ่มขึ้นด้วย เป็นต้น ซึ่งสองประการหลังดูจะมีเหตุผลมากกว่า ส่วนประการแรกนั้นอาจจะตีความหมายไปได้ว่า การที่ประเทศพัฒนาเศรษฐกิจทำให้โรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ เพิ่มมากขึ้น ซึ่งการพัฒนาเศรษฐกิจนี่เองคือเหตุผลที่ทำให้อาชญากรรมเกิดสูงขึ้น ดังคำกล่าวของประธานศาลฎีกาไอโวรี่โคชท์ที่ได้แสดงไว้ในบทแรก

เมื่อเปรียบเทียบตารางที่ 43 และ 44 ทำให้ตั้งข้อสังเกตุได้ว่า จำนวนอาชญากรรมประเภทที่เกี่ยวข้องกับทรัพย์ ชีวิตและร่างกาย ทั้งในส่วนกลางและส่วนภูมิภาค มีความสัมพันธ์มากพอสมควรกับจำนวนประชากร จำนวนบุคคลที่ต้องสอดส่องและกำลังตำรวจ นอกจากนั้นแล้วจำนวนอาชญากรรมประเภทความผิดเกี่ยวกับทรัพย์สินในส่วนกลาง ยังมีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับจำนวนสถานการเงินและบริการ จำนวนแหล่งอบายมุขอีกด้วย

<u>การวิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบระหว่างตัวแปรต่าง ๆ</u>

การวิเคราะห์ในขั้นนี้จะใช้ <u>ทฤษฎีการถดถอย</u> (Theory of Regression) หาสมการถดถอย (Regression Equation) ซึ่งเป็นบรรทัดฐาน (Norm) ในการจัดสรร (Allocate) กำลังตำรวจที่มีอยู่จำกัดไปตามสถานีต่าง ๆ เพื่อให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมและการกระจายของอาชญากรรม โดยจะแยกหาของส่วนกลางและแต่ละเขตในส่วนภูมิภาค

กำหนดให้

$$Y_4 = X_9 + X_{10}$$

= กำลังตำรวจทั้งหมดที่มีอยู่จริงทั้งนายตำรวจและตำรวจชั้นประทวน

เป็นตัวแปรไม่อิสระ (Dependent Variable) โดยที่ $X_1, X_2, \ldots, X_8$ ซึ่งเป็นตัวแปรเกี่ยวกับสภาพแวดล้อมในแต่ละอำเภอหรือกิ่งอำเภอ และ

X_{11} = $Y_2 + Y_3$

= จำนวนอาชญากรรมประเภทความผิดเกี่ยวกับทรัพย์ ชีวิต และร่างกาย

เป็นตัวแปรอิสระ (Independent Variable)

การที่ใช้เฉพาะจำนวนอาชญากรรมประเภทความผิดเกี่ยวกับทรัพย์ ชีวิตและร่างกาย เนื่องจากพิจารณาเห็นว่า อาชญากรรมทั้งสองประเภทนี้เป็นอาชญากรรมที่มีความสำคัญ ซึ่งจะทำให้การวิเคราะห์มีความหมายยิ่งขึ้น ดังนั้นในที่นี้จะต้องหาสมการถดถอย

$$Y_4' = \alpha_0' + \alpha_1' X_1 + \alpha_2' X_2 + \ldots + \alpha_8' X_8 + \alpha_9' X_{11}$$

ซึ่งมีทั้งสิ้น 10 สมการ

<u>การคำนวณหาสมการถดถอย</u> (Regression Equation)

ในที่นี้จะใช้วิธีที่เรียกว่า Method of Least Squares ซึ่งหลักของวิธีนี้ก็คือ พยายามทำให้กำลังสองของผลต่างระหว่างค่าจริง (Y) กับค่าประมาณ (Y') น้อยที่สุด

Model:-

$$Y_{4i} = \alpha_0 + \alpha_1 X_{1i} + \alpha_2 X_{2i} + \ldots + \alpha_8 X_{8i} + \alpha_9 X_{11i} + \varepsilon_i$$

โดยที่

$\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_9$ = Regression Coefficients

ε_i = ค่าความคลาดเคลื่อน (Error) ของค่าประมาณจากค่าจริง

สมการแนวโน้ม คือ

$$Y_4' = \alpha_0' + \alpha_1' X_1 + \alpha_2' X_2 + \ldots + \alpha_8' X_8 + \alpha_9' X_{11}$$

โดยที่ Y_4' = ค่าประมาณของ Y_4

$\alpha_0', \alpha_1', \ldots, \alpha_9'$ = ค่าประมาณของ Parameter $\alpha_0, \alpha_1, \ldots, \alpha_9$ ตามลำดับ

ค่า $\alpha_0', \alpha_1', \ldots, \alpha_9'$ นี้สามารถคำนวณได้จาก Normal Equations ดังนี้

Normal Equations:

$$n\alpha_0' + \alpha_1' \sum_{i=1}^{n} X_{1i} + \alpha_2' \sum_{i=1}^{n} X_{2i} + \ldots + \alpha_8' \sum_{i=1}^{n} X_{8i} + \alpha_9' \sum_{i=1}^{n} X_{11i} = \sum_{i=1}^{n} Y_{4i} \quad \ldots(1)$$

$$\alpha_0' \sum_{i=1}^{n} X_{1i} + \alpha_1' \sum_{i=1}^{n} X_{1i}^2 + \alpha_2' \sum_{i=1}^{n} X_{1i} X_{2i} + \ldots + \alpha_8' \sum_{i=1}^{n} X_{1i} X_{8i} + \alpha_9' \sum_{i=1}^{n} X_{1i} X_{11i} = \sum_{i=1}^{n} X_{1i} Y_{4i} \quad \ldots\ldots\ldots(2)$$

$$\alpha_0' \sum_{i=1}^{n} X_{2i} + \alpha_1' \sum_{i=1}^{n} X_{1i} X_{2i} + \alpha_2' \sum_{i=1}^{n} X_{2i}^2 + \ldots + \alpha_8' \sum_{i=1}^{n} X_{2i} X_{8i} + \alpha_9' \sum_{i=1}^{n} X_{2i} X_{11i} = \sum_{i=1}^{n} X_{2i} Y_{4i} \quad \ldots\ldots\ldots(3)$$

$$\alpha_0' \sum_{i=1}^{n} X_{3i} + \alpha_1' \sum_{i=1}^{n} X_{1i} X_{3i} + \alpha_2' \sum_{i=1}^{n} X_{2i} X_{3i} + \ldots + \alpha_8' \sum_{i=1}^{n} X_{3i} X_{8i} + \alpha_9' \sum_{i=1}^{n} X_{3i} X_{11i} = \sum_{i=1}^{n} X_{3i} Y_{4i} \quad \ldots\ldots\ldots(4)$$

$$\alpha_0' \sum_{i=1}^{n} X_{4i} + \alpha_1' \sum_{i=1}^{n} X_{1i} X_{4i} + \alpha_2' \sum_{i=1}^{n} X_{2i} X_{4i} + \ldots + \alpha_8' \sum_{i=1}^{n} X_{4i} X_{8i} + \alpha_9' \sum_{i=1}^{n} X_{4i} X_{11i} = \sum_{i=1}^{n} X_{4i} Y_{4i} \quad \ldots\ldots\ldots(5)$$

$$\alpha_0' \sum_{i=1}^{n} X_{5i} + \alpha_1' \sum_{i=1}^{n} X_{1i}X_{5i} + \alpha_2' \sum_{i=1}^{n} X_{2i}X_{5i} + \ldots + \alpha_8' \sum_{i=1}^{n} X_{5i}X_{8i} + \alpha_9' \sum_{i=1}^{n} X_{5i}X_{11i} = \sum_{i=1}^{n} X_{5i}Y_{4i} \quad \ldots\ldots\ldots(6)$$

$$\alpha_0' \sum_{i=1}^{n} X_{6i} + \alpha_1' \sum_{i=1}^{n} X_{1i}X_{6i} + \alpha_2' \sum_{i=1}^{n} X_{2i}X_{6i} + \ldots + \alpha_8' \sum_{i=1}^{n} X_{6i}X_{8i} + \alpha_9' \sum_{i=1}^{n} X_{6i}X_{11i} = \sum_{i=1}^{n} X_{6i}Y_{4i} \quad \ldots\ldots\ldots(7)$$

$$\alpha_0' \sum_{i=1}^{n} X_{7i} + \alpha_1' \sum_{i=1}^{n} X_{1i}X_{7i} + \alpha_2' \sum_{i=1}^{n} X_{2i}X_{7i} + \ldots + \alpha_8' \sum_{i=1}^{n} X_{7i}X_{8i} + \alpha_9' \sum_{i=1}^{n} X_{7i}X_{11i} = \sum_{i=1}^{n} X_{7i}Y_{4i} \quad \ldots\ldots\ldots(8)$$

$$\alpha_0' \sum_{i=1}^{n} X_{8i} + \alpha_1' \sum_{i=1}^{n} X_{1i}X_{8i} + \alpha_2' \sum_{i=1}^{n} X_{2i}X_{8i} + \ldots + \alpha_8' \sum_{i=1}^{n} X_{8i}^2 + \alpha_9' \sum_{i=1}^{n} X_{8i}X_{11i} = \sum_{i=1}^{n} X_{8i}Y_{4i} \quad \ldots\ldots\ldots(9)$$

$$\alpha_0' \sum_{i=1}^{n} X_{11i} + \alpha_1' \sum_{i=1}^{n} X_{1i}X_{11i} + \alpha_2' \sum_{i=1}^{n} X_{2i}X_{11i} + \ldots + \alpha_8' \sum_{i=1}^{n} X_{8i}X_{11i} + \alpha_9' \sum_{i=1}^{n} X_{11i}^2 = \sum_{i=1}^{n} X_{11i}Y_{4i} \quad \ldots\ldots\ldots(10)$$

จาก 10 Normal Equation นี้ สามารถนำมา Solve หาค่า $\alpha_0', \alpha_1', \ldots, \alpha_9'$ ของส่วนกลางและแต่ละเขตในส่วนภูมิภาค โดยอาศัยข้อมูลของแต่ละอำเภอหรือกิ่งอำเภอในปี 2516 แต่ข้อมูลเกี่ยวกับอาชญากรรมประเภททรัพย์สิน ชีวิตและร่างกาย ในส่วนภูมิภาคเขต 1 ขาดหายไป ดังนั้นจะใช้ข้อมูลของอาชญากรรมทั้ง 43 ประเภทแทนในค่าของ X_{11} ในเขตนี้

ในการ Solve หาค่าของ parameter ต่าง ๆ นี้ ต้องอาศัย Assumption หลายประการเพื่อให้ผลตามต้องการ คือ

(1) X is measured without error

(2) $E(\varepsilon_i) = 0$

(3) $V(\varepsilon_i) = \sigma^2$

(4) $Cov.(\varepsilon_i, \varepsilon_j) = 0$

(5) $Cov.(Y_{4i}, Y_{4j}) = 0$

(6) $V(Y_{4j}) = V(\varepsilon_i) = \sigma^2$

(7) $\varepsilon_i \sim N(0, \sigma^2)$ ซึ่ง Assumption ข้อนี้จำเป็นต้องใช้ในกรณีที่ต้องการสร้าง confidence interval ของ $\alpha_0, \alpha_1, \ldots \alpha_9, Y_4$ หรือเมื่อต้องการ test hypothesis ใด ๆ เกี่ยวกับ parameter

เนื่องจากข้อมูลมีจำนวนมากจึงต้องใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ช่วยในการคำนวณค่า $\alpha'_0, \alpha'_1, \alpha'_2, \ldots, \alpha'_9$ ของเซตต่าง ๆ โดยการหาค่าของผลรวมต่าง ๆ แทนลงใน Normal Equatiom แล้ว Solve หาค่า unknown comstant ซึ่งได้ผลดังแสดงไว้ในตารางที่ 45 สมการเหล่านี้เป็นบรรทัดฐาน (Norm) ในการเฉลี่ยกำลังตำรวจให้เหมาะสมกับแต่ละอำเภอหรือกิ่งอำเภอ ตัวอย่างเช่น ใช้สมการที่คำนวณได้นี้จัดสรรกำลังตำรวจในส่วนกลาง โดยการแทนค่า $X_1, X_2, \ldots, X_{11}$ ของแต่ละสถานีหรือกิ่งสถานี ดังต่อไปนี้

สถานีสาราญราษฎร์ :

$$\begin{aligned} Y'_4 &= 56.07466 - (0.00005)(60016) + (0.05552)(1) \\ &\quad - (0.01323)(16) + (0.41321)(40) + (0.03864)(74) \\ &\quad + (0.00645)(16) + (0.19588)(26) + (0.00776)(2750) \\ &\quad + (0.12599)(423) \\ &= 56.07466 - 3 + 0.05552 - 0.21168 + 16.5284 \\ &\quad + 2.85936 + 0.1032 + 5.09288 + 21.34 + 53.29377 \\ &= 152.13611 \\ &\simeq 152 \text{ คน} \end{aligned}$$

โดยที่กำลังตำรวจที่มีอยู่เดิมของสถานีนี้ คือ 138 คน ฉะนั้นจึงควรจะมีการเพิ่มตำรวจอีก 14 คน

ตารางที่ 45

สัมประสิทธิ์ของสมการถดถอยต่าง ๆ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

	α_0 (ค่าคงที่)	α_1	α_2	α_3	α_4	α_5	α_6	α_7	α_8	α_9
ส่วนกลาง										
	56.07466	−0.00005 (0.00004)	0.05552 (0.11660)	−0.01323 (0.03247)	0.41321 (0.16144)	0.03864 (0.06256)	0.00645 (0.06141)	0.19508 (0.00911)	0.00776 (0.01183)	0.12599 (0.03501)
ส่วนภูมิภาค										
เขต 1	23.43303	0.00034 (0.00013)	0.00961 (0.00703)	−0.02896 (0.02667)	−0.01156 (0.06251)	0.51141 (0.77503)	−0.02791 (0.04329)	0.34347 (0.34172)	0.01597 (0.01773)	0.01520 (0.00415)
เขต 2	24.39940	0.00039 (0.00010)	0.00208 (0.00507)	−0.01405 (0.01215)	0.01404 (0.02169)	0.02921 (0.04249)	0.33573 (0.04579)	−0.71281 (0.90419)	0.06100 (0.02709)	−0.00976 (0.07265)
เขต 3	11.66604	0.00045 (0.00011)	0.00605 (0.00424)	−0.00236 (0.01370)	0.10627 (0.07644)	−0.39502 (1.65622)	−0.01077 (0.04502)	0.57729 (1.32111)	0.02232 (0.02649)	0.05743 (0.06004)
เขต 4	37.19112	0.00030 (0.00016)	0.00627 (0.00600)	— (—)	0.23409 (0.33713)	−0.47696 (0.69214)	−0.06206 (0.00336)	0.53134 (1.26421)	0.02610 (0.02503)	0.02647 (0.05391)
เขต 5	17.17126	0.00036 (0.00014)	0.01452 (0.00300)	0.06543 (0.03210)	−0.17072 (0.10051)	1.27277 (0.62325)	−0.01020 (0.00629)	3.99025 (2.59246)	−0.09702 (0.05626)	0.10437 (0.09359)
เขต 6	37.10360	0.00002 (0.00015)	0.00632 (0.00304)	0.03340 (0.04311)	0.01709 (0.05503)	2.31745 (0.72027)	0.02053 (0.07600)	−0.91502 (1.36310)	−0.04062 (0.03096)	0.12243 (0.04309)

ตารางที่ 45

สัมประสิทธิ์ของสมการถดถอยต่าง ๆ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

	α_0 (ค่าคงที่)	α_1	α_2	α_3	α_4	α_5	α_6	α_7	α_8	α_9
เซต 7	14.39061	0.00073 (0.00021)	0.00443 (0.00427)	−0.01055 (0.03610)	−0.19345 (0.07400)	−0.72017 (0.65143)	0.26600 (0.19791)	0.62509 (0.90445)	0.00290 (0.01404)	0.03207 (0.09411)
เซต 8	37.26017	0.00015 (0.00019)	−0.00230 (0.00444)	0.00374 (0.03129)	0.27706 (0.10572)	−0.00149 (0.66055)	0.01552 (0.00000)	(−) (−)	0.02069 (0.02320)	0.06566 (0.06772)
เซต 9	7.70747	0.00124 (0.00036)	0.03320 (0.01491)	0.03000 (0.03119)	0.56723 (0.41107)	−1.10736 (1.11460)	−0.00390 (0.17264)	1.69752 (1.97125)	−0.02602 (0.02401)	−0.11302 (0.17153)

ค่าในวงเล็บคือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของสัมประสิทธิ์สมการถดถอยนั้น ๆ

สถานีนางเลิ้ง :

$$Y'_4 = 56.07466 - (0.00005)(79817) + (0.05552)(2) - (0.01323)(34) + (0.41321)(39) + (0.03864)(113) + (0.00645)(15) + (0.19588)(69) + (0.00776)(248) + (0.12599)(76)$$

$$= 56.07466 - 3.99085 + 0.11104 - 0.44982 + 16.11519 + 4.36632 + 0.09675 + 13.51572 + 1.92448 + 9.57524$$

$$= 97.33873$$

$$\simeq 97 \text{ คน}$$

เดิมสถานีนี้มีกำลังตำรวจอยู่ถึง 156 คน ดังนั้นถ้าอาศัยหลักเกณฑ์นี้ในการจัดสรรกำลังตำรวจ จึงควรลดจำนวนลงถึง 59 คน เพื่อจัดสรรไปยังสถานีอื่น ๆ บ้าง จะเห็นว่าบางสถานีควรจะเพิ่มกำลังตำรวจ ในขณะที่บางสถานีควรจะลดกำลังตำรวจที่เกินความจำเป็นลงบ้าง เพื่อเป็นการกระจายกำลังตำรวจที่มีอยู่จำกัดนี้ไปยังสถานีอื่น ๆ ซึ่งมีความจำเป็นมากกว่า อันจะทำให้ได้ใช้กำลังตำรวจอย่างเต็มประสิทธิภาพ แต่อย่างไรก็ดีควรจะดูปริมาณงานทางด้านธุรการประกอบด้วย เพื่อให้การจัดสรรกำลังตำรวจมีเหตุผลยิ่งขึ้น เนื่องจากกำลังตำรวจบางส่วนถูกใช้ไปในงานด้านธุรการด้วย

การที่จะนำสมการถดถอย (Regression Equation) ที่คำนวณขึ้นมาเหล่านี้ไปใช้ ควรที่จะมีการศึกษาคาดการณ์ล่วงหน้าว่า ในปีต่อ ๆ ไปสภาพแวดล้อมและจำนวนอาชญากรรมจะเปลี่ยนแปลงไปอย่างไร เพื่อนำข้อมูลนั้นมาประมาณกำลังตำรวจที่เหมาะสมต่อไป

ตัวอย่างเช่น สถานีพระราชวัง คาดว่าในปี 2520 ท้องที่นี้จะมีจำนวนประชากรเพิ่มขึ้นอีก 4 เปอร์เซนต์ สภาพแวดล้อมอื่น ๆ คงที่ จำนวนอาชญากรรมประเภททรัพย์สินชีวิตและร่างกายจะเพิ่มขึ้นอีก 5 เปอร์เซนต์

จำนวนประชากรในปี 2520 $= \frac{34,305 \times 104}{100}$

$= 35,677$ คน

จำนวนอาชญากรรมฯในปี 2520 $= \frac{590 \times 105}{100}$

$= 620$ คน

กำลังตำรวจที่ควรจะมีอยู่ในปี 2520 คือ

$$Y_4' = 56.07466 - (0.00005)(35677) + (0.05552)(1) - (0.01323)(13) + (0.41321)(150) + (0.03864)(61) + (0.00645)(9) + (0.19588)(75) + (0.00776)(322) + (0.12599)(620)$$

$$= 56.07466 - 1.78385 + 0.05552 - 0.17199 + 61.9815 + 2.35704 + 0.05805 + 14.691 + 2.49872 + 78.1138$$

$$= 213.87445$$

$$\simeq 214 \text{ คน}$$

แต่อย่างไรก็ตามควรที่จะมีการศึกษาอีกว่า จะจัดกำลังตำรวจให้เป็นนายตำรวจเท่าไร ตำรวจชั้นประทวนเท่าไร จึงจะทำให้การดำเนินงานในการป้องกันและปราบปรามอาชญากรรมเป็นไปอย่างคล่องแคล่ว และมีประสิทธิภาพสูงสุด

การคำนวณหากำลังตำรวจที่เหมาะสมโดยใช้สมการที่คำนวณได้ดังตัวอย่างที่แสดงนี้ เป็นการประมาณแบบที่เรียกว่า Point Estimate ส่วนการประมาณอีกแบบหนึ่งซึ่งเรียกว่า Interval Estimate คือการประมาณแบบเป็นช่วง ซึ่งออกจะยุ่งยากมากกว่าแต่ก็จะให้ผลการประมาณที่กว้างขึ้น โดยจะต้องคำนวณค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่า Y'_4 (Standard Error of Y'_4) สำหรับแต่ละเขตอีกค่าหนึ่ง ซึ่งวิธีที่สะดวกที่สุดในกรณีที่มีตัวแปรหลายตัวก็คือ การใช้ Matrix Approach

สมการแนวโน้ม : $Y = X\alpha$

โดยที่ $Y = \begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \vdots \\ Y_m \end{bmatrix}$

$$X = \begin{bmatrix} 1 & X_{11} & X_{12} & \cdots & X_{1n} \\ 1 & X_{21} & X_{22} & \cdots & X_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ 1 & X_{81} & X_{82} & \cdots & X_{8n} \\ 1 & X_{11,1} & X_{11,2} & \cdots & X_{11n} \end{bmatrix}$$

$$\alpha = \begin{bmatrix} \alpha_0 \\ \alpha_1 \\ \vdots \\ \alpha_q \end{bmatrix}$$

n = จำนวนอำเภอในแต่ละเขต

Normal Equations : $(X'X)\hat{\alpha} = X'Y$

โดยที่ $\hat{\alpha}$ = ค่าประมาณของ α

$$\hat{\alpha} = \begin{bmatrix} \hat{\alpha}_0 \\ \hat{\alpha}_1 \\ \vdots \\ \hat{\alpha}_9 \end{bmatrix}$$

$$X' = \begin{bmatrix} 1 & 1 & \cdots & 1 & 1 \\ X_{11} & X_{21} & \cdots & X_{81} & X_{11,1} \\ X_{12} & X_{22} & \cdots & X_{82} & X_{11,2} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ X_{1n} & X_{2n} & \cdots & X_{8n} & X_{11n} \end{bmatrix}$$

$$\therefore \quad \hat{\alpha} = (X'X)^{-1} X'Y$$

ในการหา Variance - Covariance ของค่าประมาณ Parameter ต่าง ๆ สามารถหาได้จากสมการดังนี้

$$V(\hat{\alpha}) = (X'X)^{-1} \sigma^2$$

โดยที่

$$V(\hat{\alpha}) = \begin{bmatrix} V(\hat{\alpha}_0) & Cov.(\hat{\alpha}_0,\hat{\alpha}_1) & \cdots & Cov.(\hat{\alpha}_0,\hat{\alpha}_9) \\ Cov.(\hat{\alpha}_1,\hat{\alpha}_0) & V(\hat{\alpha}_1) & \cdots & Cov.(\hat{\alpha}_1,\hat{\alpha}_9) \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ Cov.(\hat{\alpha}_9,\hat{\alpha}_0) & Cov.(\hat{\alpha}_9,\hat{\alpha}_1) & \cdots & V(\hat{\alpha}_9) \end{bmatrix}$$

σ^2 = Variance of Y ซึ่ง estimate ได้โดยใช้ Residual Mean Square ($s^2_{Y_4 \cdot X_k}$ $k = 1, 2, \ldots, 8, 11$)

$s_{Y_4 \cdot X_1 X_2 \cdots X_8 X_{11}}$

ส่วนกลาง:	29.03508
ส่วนภูมิภาค	
เขต1:	14.20285
เขต2:	23.76641
เขต3:	23.61158
เขต4:	39.58184
เขต5:	26.60326
เขต6:	23.66036
เขต7:	26.48529
เขต8:	24.81562
เขต9:	33.41509

สำหรับ Variance ของ $\hat{Y}_i$ สามารถหาได้ดังนี้

จาก $\hat{Y}_i = X_i \hat{\alpha}$

$= \hat{\alpha}' X_i \quad : \quad \hat{\alpha}' = (\hat{\alpha}_0 \ \hat{\alpha}_1 \cdots \hat{\alpha}_q)$

$V(\hat{Y}_i) = V(\hat{\alpha}' X_i)$

$= E\left[(\hat{\alpha}' X_i)' (\hat{\alpha}' X_i) \right]$

$= E\left[X_i' \hat{\alpha} \hat{\alpha}' X_i \right]$

$= X_i' E(\hat{\alpha}\hat{\alpha}') X_i$

$= X_i' V(\hat{\alpha}) X_i$

$= X_i' (X'X)^{-1} X_i \, 6^2$

ในที่นี้ $\hat{Y}_i$ คือ ค่าประมาณของ Y_i

โดยที่ $X_i = \begin{bmatrix} X_{i1} \\ X_{i2} \\ \vdots \\ X_{in} \end{bmatrix}$: $X_i' = (X_{i1} \quad X_{i2} \cdots X_{in})$

$\therefore$ Estimated Variance of Y_i

$$\hat{V}(\hat{Y}_i) = X_i' (X'X)^{-1} X_i \hat{\sigma}^2$$

เมื่อสามารถคำนวณหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่า Y_4' ของแต่ละเขตได้แล้ว นำไปแทนค่าในสูตรการหา Confidence Interval ดังนี้

$$Y_4' - t_{(n-10)} s_{Y_4'} < Y_4 < Y_4' + t_{(n-10)} s_{Y_4'}$$

โดยที่ Y_4' คือ Point Estimate ของ Y_4

n คือ จำนวนอำเภอในแต่ละเขต

$s_{Y_4'}$ คือ ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของ Y_4'

$t_{(n-10)}$ คือ ค่าของ t ณ.ระดับความเชื่อมั่นใด ๆ โดยมีองศาอิสระ (Degree of Freedom) = (n-10)

สำหรับค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Error) ของสัมประสิทธิ์สมการถดถอยต่าง ๆ ในตารางที่ 45 นั้น แสดงว่าสัมประสิทธิ์ที่คำนวณได้นี้มีการกระจายมาก กล่าวคือ การที่ค่าประมาณใด ๆ จะเรียกว่า มีนัยสำคัญ (Significant) ถ้า

ค่าประมาณ $\geq$ 3 (ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

ซึ่งการที่ค่าสัมประสิทธิ์สมการถดถอยที่ประมาณขึ้นมีคุณสมบัติเช่นนี้ เพราะว่าสมการถดถอยต่าง ๆ เหล่านี้เป็นแต่เพียงสมการซึ่งสร้างขึ้นเพื่อปรับระดับกำลังตำรวจของแต่ละอำเภอให้อยู่บนมาตรฐานเดียวกัน โดยพยายามใช้ประโยชน์จากข้อมูลต่าง ๆ ที่มีอยู่ให้มากที่สุด ซึ่งในทางปฏิบัติจริง ๆ แล้วกำลังตำรวจอาจจะมีความสัมพันธ์กับปัจจัยอื่น ๆ อีก ฉนั้นจึงสมควรเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการศึกษาในเรื่องนี้ให้ลึกซึ้งยิ่งขึ้น