

บทที่ 5

การพัฒนาแบบจำลองปฏิสัมพันธ์การคมนาคมขนส่งและการใช้ที่ดิน

ในบทที่แล้วได้ศึกษาลักษณะและวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรด้านการขนส่งและการใช้ที่ดิน ในบทนี้จะเป็นขั้นตอนการสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายการเลือกประเภทการใช้ที่ดินโดยอาศัยทฤษฎีอรรถประโยชน์ ทั้งนี้จะมีการวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อคัดเลือกแบบจำลองที่เหมาะสมเพื่อนำไปประยุกต์ใช้ต่อไป

5.1 วิธีการพัฒนาแบบจำลอง

5.1.1 การกำหนดโครงสร้างของแบบจำลอง

ในตอนแรกกำหนดให้โครงสร้างแบบจำลองเป็น Multinomial Logit Model เนื่องจากแบ่งการใช้ที่ดินเป็น 3 ประเภท คือ ประเภทที่อยู่อาศัย ประเภทพาณิชยกรรมและประเภทอื่น มีรูปแบบสมการความน่าจะเป็นที่กลุ่มคน n จะเลือกประเภทการใช้ที่ดิน i ดังนี้

$$P_n(i) = \frac{e^{V_{in}}}{\sum_{j \neq i} e^{V_{jn}}}$$

โดยที่ $P_n(i)$ = ความน่าจะเป็นที่กลุ่มคนในพื้นที่ n จะเลือกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน i
 V_{in} = ค่าอรรถประโยชน์ในการเลือกประเภทการใช้ที่ดิน i ของกลุ่มคนในพื้นที่ n
 V_{jn} = ค่าอรรถประโยชน์ในการเลือกประเภทการใช้ที่ดิน j ของกลุ่มคนในพื้นที่ n
(เป็นทางเลือกอื่นนอกเหนือจากประเภทการใช้ที่ดินที่กำลังพิจารณา)
 J = จำนวนทางเลือกประเภทการใช้ที่ดินทั้งหมดที่มี

แต่จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนการใช้ที่ดินและตัวแปรต่างๆในบทที่ 4 พบว่าไม่มีตัวแปรต่างๆซึ่งประกอบด้วยราคาที่ดิน ความหนาแน่นประชากร ความหนาแน่นศูนย์กลาง ระยะทางในการเดินทางสู่ศูนย์กลางเมือง ระยะเวลาในการเดินทางสู่ศูนย์กลางเมือง

ผลรวมของระยะทางในการเดินทางสู่โซนต่างๆ ผลรวมของระยะเวลาในการเดินทางสู่โซนต่างๆ ผลรวมของค่าใช้จ่ายในการเดินทางสู่โซนต่างๆ และความสามารถเข้าถึงของประชากรและแรงงาน ไม่มีความสัมพันธ์กับการใช้ที่ดินประเภทอื่น การใช้ที่ดินประเภทอื่น ซึ่งประกอบด้วยการใช้ที่ดินเพื่อประกอบอุตสาหกรรมและคลังสินค้า สถานที่ราชการ สถาบันการศึกษา วัด สถานที่พักผ่อนหย่อนใจและที่รกร้างว่างเปล่านั้น ไม่มีแนวโน้มความสัมพันธ์ที่แน่นอนกับข้อมูลตัวแปรอิสระทั้งด้านการใช้ที่ดินและการคมนาคมขนส่ง กล่าวคือไม่สามารถชี้ชัดความแตกต่างให้เห็นได้อย่างชัดเจนเมื่อมาเปรียบเทียบกับการใช้ที่ดินประเภทที่พักอาศัยและการใช้ที่ดินประเภทพาณิชยกรรม ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากการใช้ที่ดินประเภทอื่นนั้นขึ้นกับปัจจัยอื่นนอกเหนือจากตัวแปรที่ได้ทำการศึกษาในงานวิจัยนี้ ดังนั้นในการกำหนดโครงสร้างของแบบจำลอง จึงเปลี่ยนเป็น Binary Logit Model เนื่องจากเหลือจำนวนทางเลือก 2 ทางเลือก ได้แก่การใช้ที่ดินประเภทที่อยู่อาศัยและการใช้ที่ดินพาณิชยกรรม ทั้งนี้ในการคำนวณสัดส่วนการใช้ที่ดินจะตัดสัดส่วนการใช้ที่ดินประเภทอื่นออก แล้วคิดเทียบเปอร์เซ็นต์เฉพาะการใช้ที่ดินประเภทที่อยู่อาศัยและการใช้ที่ดินพาณิชยกรรม

หากเปรียบเทียบหลักการการใช้แบบจำลอง โลจิสต์สำหรับการเลือกประเภทการใช้ที่ดินกับการใช้แบบจำลองโลจิสต์ในการเลือกรูปแบบการเดินทาง จะเห็นว่าหลักการเดียวกันคือเป็นแบบจำลองที่ใช้ความพึงพอใจหรืออรรถประโยชน์ในการตัดสินใจเลือก หากแต่แบบจำลองการใช้ที่ดินได้มาจากภาพรวมของการตัดสินใจของกลุ่มคนในพื้นที่นั้นในรูปสัดส่วนการใช้ที่ดินแต่ละประเภท โดยพิจารณาปัจจัยหรือตัวแปรต่างๆของพื้นที่นั้นแล้วจึงสร้างสมการออกมา ส่วนแบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทางได้มาจากการตัดสินใจของแต่ละบุคคล แล้วแบบจำลองที่ได้จะนำมาหาสัดส่วนการใช้รูปแบบการเดินทาง

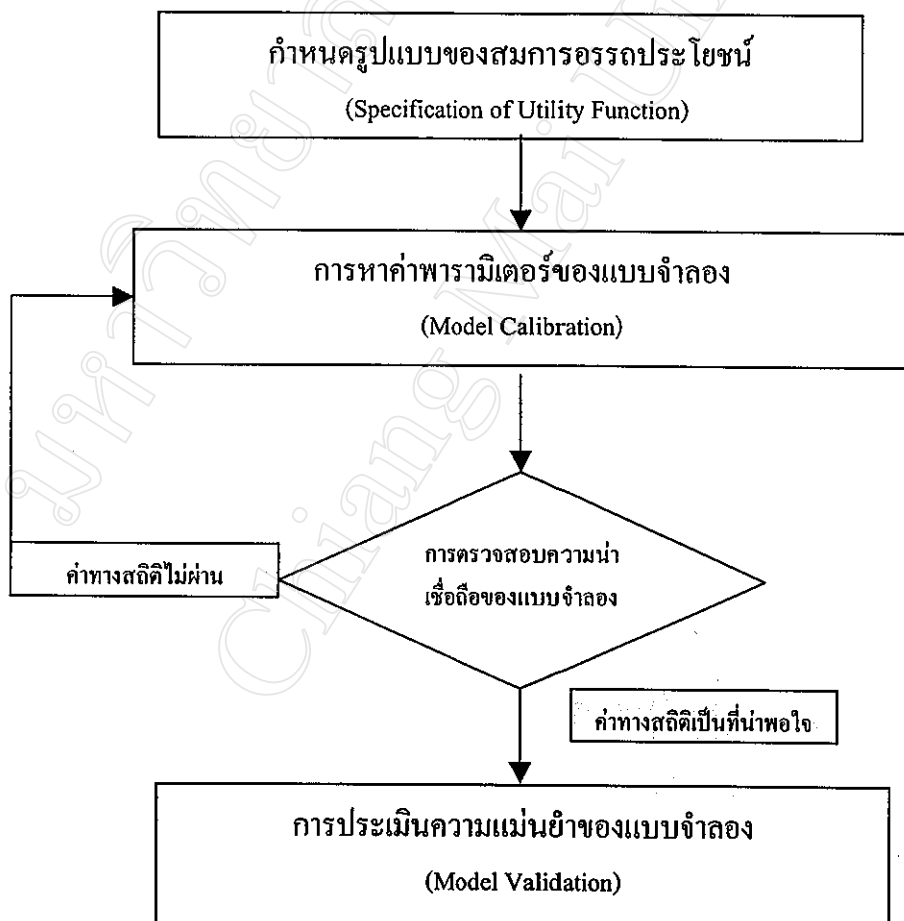
5.1.2 ขั้นตอนการพัฒนาแบบจำลอง

ขั้นตอนการสร้างแบบจำลองเริ่มจากการกำหนดรูปแบบโครงสร้างของแบบจำลอง การประมาณค่าพารามิเตอร์ ตรวจสอบความน่าเชื่อถือของแบบจำลองโดยพิจารณาจากค่าทางสถิติ รวมทั้งประเมินความแม่นยำของแบบจำลอง เมื่อคัดเลือกสมการที่เหมาะสมและดีที่สุดแล้วจึงนำไปประยุกต์ใช้ต่อไป ซึ่งขั้นตอนการสร้างแบบจำลองแสดงในรูป 5.1

ในขั้นตอนการพัฒนาแบบจำลองใช้ซอฟต์แวร์ที่วิเคราะห์แบบจำลองโลจิสต์หลายตัวแปร แบบหลายทางเลือก (Multinomial Multivariate Logit Analysis) ซึ่งถูกพัฒนาโดย M.KOTANI (J.N.R.) ประเทศญี่ปุ่นเมื่อปี 1982 ซอฟต์แวร์นี้จะประมาณค่าพารามิเตอร์โดยใช้ Likelihood Function Maximization Technique ทั้งนี้การป้อนข้อมูลของทางเลือกซึ่งก็คือการใช้ที่ดินแต่ละประเภทจะใส่เป็นค่าสัดส่วนการใช้ที่ดิน

5.1.3 ข้อมูลนำเข้าแบบจำลอง

จากผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการใช้ที่ดินกับตัวแปรต่างๆ พบว่าตัวแปรทุกตัวมีผลต่อการเลือกใช้ที่ดิน โดยตัวแปรราคาที่ดินมีอิทธิพลมากที่สุด ส่วนความหนาแน่นของประชากรและตำแหน่งงาน ตัวแปรระยะทางในการเดินทางเข้าสู่ศูนย์กลาง ตัวแปรระยะเวลาในการเดินทางเข้าสู่ศูนย์กลาง ตัวแปรผลรวมของระยะทางในการเดินทางสู่โซนต่างๆ ตัวแปรผลรวมของระยะเวลาในการเดินทางสู่โซนต่างๆ ตัวแปรผลรวมของค่าใช้จ่ายในการเดินทางสู่โซนต่างๆ มีผลต่อการใช้ที่ดินในระดับปานกลาง สำหรับตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กับการใช้ที่ดินน้อยที่สุดคือความสามารถเข้าถึงของประชากรและแรงงาน ดังนั้นในการกำหนดตัวแปรเข้าไปในแบบจำลองจึงยึดตัวแปรราคาที่ดินเป็นสำคัญ แล้วจึงใส่ตัวแปรอื่นเพิ่มเข้าไปเพื่อให้ค่าทางสถิติที่ดี



รูป 5.1 แสดงแผนภูมิขั้นตอนของการสร้างแบบจำลอง

5.2 โครงสร้างสมการแบบจำลองปฏิสัมพันธ์

5.2.1 รูปแบบสมการแบบจำลอง

แบบจำลองเป็นโลจิสต์ที่พิจารณา 2 ทางเลือก คือการเลือกใช้ที่ดินเพื่อเป็นที่อยู่อาศัย และการเลือกใช้ที่ดินเพื่อการพาณิชย์ สร้างขึ้นมาเพื่อพยากรณ์หาสัดส่วนการใช้ที่ดินแต่ละประเภท ดังนี้

$$P_n(\text{res}) = \frac{e^{V_{\text{res}}}}{e^{V_{\text{res}}} + e^{V_{\text{com}}}}$$

$$P_n(\text{com}) = 1 - P_n(\text{res})$$

โดยที่ $P_n(\text{res})$ = ความน่าจะเป็นที่กลุ่มคนในพื้นที่ n จะเลือกใช้ที่ดินเพื่ออยู่อาศัย
 $P_n(\text{com})$ = ความน่าจะเป็นที่กลุ่มคนในพื้นที่ n จะเลือกใช้ที่ดินเพื่อการพาณิชย์
 V_{res} = ค่าอรรถประโยชน์ในการเลือกใช้ที่ดินเพื่ออยู่อาศัย
 V_{com} = ค่าอรรถประโยชน์ในการเลือกใช้ที่ดินเพื่อการพาณิชย์

5.2.2 รูปแบบสมการอรรถประโยชน์

สำหรับโครงสร้างสมการอรรถประโยชน์ซึ่งเป็นของ 2 ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน ได้แก่สมการอรรถประโยชน์ของการใช้ที่ดินประเภทที่อยู่อาศัย (V_{res}) สมการอรรถประโยชน์ของการใช้ที่ดินประเภทพาณิชยกรรม (V_{com}) ได้มีการทดลองใส่ตัวแปรในสมการทั้งสองหลายรูปแบบจนได้รูปแบบสมการอรรถประโยชน์ที่อธิบายการใช้ที่ดินเพื่ออยู่อาศัยและพาณิชยกรรมที่ให้ค่าทางสถิติที่อยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้ (ρ^2 มากกว่า 0.2) แต่ทั้งนี้จะสรุปรูปแบบหลักของสมการอรรถประโยชน์ที่ได้ทดลองสร้าง

ก. รูปแบบที่แบ่งการใช้ที่ดินเป็น 3 ประเภท

ในตอนแรกได้แบ่งการใช้ที่ดินเป็น 3 ประเภท สมการอรรถประโยชน์ของการใช้ที่ดินจึงน่าจะมี 3 สมการ แต่ผลจากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการใช้ที่ดินกับตัวแปรต่างๆ พบว่าการใช้ที่ดินประเภทอื่นไม่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรในการศึกษาครั้งนี้ จึงกำหนดค่าที่อธิบายการใช้ที่ดินประเภทอื่นไว้ในรูปค่าคงที่

$$V_{\text{res}} = \beta_0 + \beta_1(\text{landuse} - \text{var}) + \beta_2(\text{transportation} - \text{var})$$

$$V_{\text{com}} = \beta_3 + \beta_4(\text{landuse} - \text{var}) + \beta_5(\text{transportation} - \text{var})$$

$$V_{\text{other}} = \beta_6$$

โดยที่

V_{res}	คือ อรรถประโยชน์ที่จะได้รับในการเลือกใช้ที่ดินประเภทที่อยู่อาศัย
V_{com}	คือ อรรถประโยชน์ที่จะได้รับในการเลือกใช้ที่ดินประเภทพาณิชยกรรม
V_{other}	คือ อรรถประโยชน์ที่จะได้รับในการเลือกใช้ที่ดินประเภทอื่น
landuse — var	คือ ตัวแปรด้านการใช้ที่ดิน ได้แก่ ราคาที่ดิน ความหนาแน่นของประชากรและความหนาแน่นตำแหน่งงาน
transportation — var	คือ ตัวแปรคมนาคมขนส่ง ได้แก่ ระยะทางเดินทางสู่ศูนย์กลางเมือง ระยะเวลาดำเนินทางสู่ศูนย์กลางเมือง ระยะทางเดินทางระหว่างคูโซน ระยะเวลาดำเนินทางระหว่างคูโซน ค่าใช้จ่ายในการเดินทางระหว่างคูโซน ความสามารถเข้าถึงของประชากรและความสามารถเข้าถึงของแรงงาน
β_k	คือ ค่าสัมประสิทธิ์ที่สะท้อนถึงอิทธิพลของตัวแปรที่มีต่อความพอใจ

ทั้งนี้สมการอรรถประโยชน์ของการเลือกใช้ที่ดินประเภทที่อยู่อาศัยสามารถใช้ตัวแปรซ้ำกันกับสมการอรรถประโยชน์ของการเลือกใช้ที่ดินประเภทพาณิชยกรรมได้ และแต่ละสมการอาจใช้ตัวแปรด้านการใช้ที่ดินหรือตัวแปรคมนาคมขนส่งมากกว่า 1 ตัว

จากผลการประมาณค่าพารามิเตอร์และค่าทางสถิติที่ได้จากการคำนวณ พบว่าการทดสอบไคสแควร์ผ่านที่นัยสำคัญ 10% และค่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องมีค่าสูง แต่ค่า ρ^2 ไม่ถึงเกณฑ์ที่ยอมรับได้

ข. รูปแบบที่แยกราคาที่ดินเป็น 2 ประเภทตามประเภทการใช้ที่ดิน

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการใช้ที่ดินและตัวแปรต่างๆ พบว่าราคาที่ดินมีความสัมพันธ์กับการใช้ที่ดินประเภทที่อยู่อาศัยและประเภทพาณิชยกรรมมากที่สุด ดังนั้นในการสร้างรูปแบบของสมการอรรถประโยชน์จึงให้ความสำคัญกับราคาที่ดิน ในกรณีนี้ได้ลองแยกราคาที่ดินของการใช้ที่ดิน 2 ประเภท ทั้งนี้ในบทที่ 3 ได้มีการจัดทำข้อมูลนี้ไว้แล้ว

$$V_{\text{res}} = \beta_0 + \beta_1(\text{res} - \text{landprice}) + \beta_2(\text{landuse} - \text{var}) + \beta_3(\text{transportation} - \text{var})$$

$$V_{\text{com}} = \beta_4 + \beta_5(\text{com} - \text{landprice}) + \beta_6(\text{landuse} - \text{var}) + \beta_7(\text{transportation} - \text{var})$$

$$V_{\text{other}} = \beta_8$$

โดยที่

(res — landprice) คือ ราคาเฉลี่ยของที่ดินที่เป็นที่อยู่อาศัย (บาท/ตารางวา)

(com — landprice) คือ ราคาเฉลี่ยของที่ดินพาณิชยกรรม (บาท/ตารางวา)

ทั้งนี้สมการอรรถประโยชน์ของการเลือกใช้ที่ดินประเภทที่อยู่อาศัยสามารถใช้ตัวแปรซ้ำกันกับสมการอรรถประโยชน์ของการเลือกใช้ที่ดินประเภทพาณิชยกรรมได้ และแต่ละสมการอาจใช้ตัวแปรด้านการใช้ที่ดินหรือตัวแปรคมนาคมขนส่งมากกว่า 1 ตัว จากผลการประมาณค่าพารามิเตอร์และค่าทางสถิติที่ได้จากการคำนวณโดยซอฟต์แวร์ พบว่าการทดสอบไคสแควร์ผ่านที่นัยสำคัญ 10% และค่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องมีค่าสูง แต่ค่า ρ^2 ก็ยังไม่ถึงเกณฑ์ที่ยอมรับได้

จากรูปแบบสมการอรรถประโยชน์ทั้งสองรูปแบบที่ได้ทดลองสร้าง พบว่าไม่ผ่านค่าสถิติ ρ^2 ดังนั้นจึงลองลดประเภทการใช้ที่ดินให้เหลือสองประเภท โดยคิดเทียบสัดส่วนใหม่ กล่าวคือตัดสัดส่วนการใช้ที่ดินประเภทอื่นออก แล้วคิดเปอร์เซ็นต์ที่เทียบเป็น 100 เปอร์เซนต์ จะได้รูปแบบสมการอรรถประโยชน์ที่ผ่านค่าทางสถิติทุกตัวโดยมีรูปแบบดังนี้

รูปแบบที่ 1

$$\begin{aligned} V_{\text{res}} &= \beta_0 + \beta_1 (\text{LANDPRICE}) + \beta_2 (\text{POPDENS}) \\ V_{\text{com}} &= \beta_3 + \beta_4 (\text{LANDPRICE}) + \beta_5 (\text{EMPDENS}) + \beta_6 (\text{DISTCBD}) \\ &\quad + \beta_7 (\text{SHOP_AREA}) \end{aligned}$$

รูปแบบที่ 2

$$\begin{aligned} V_{\text{res}} &= \beta_0 + \beta_1 (\text{LANDPRICE}) + \beta_2 (\text{POPDENS}) \\ V_{\text{com}} &= \beta_3 + \beta_4 (\text{LANDPRICE}) + \beta_5 (\text{EMPDENS}) + \beta_6 (\text{TIMECBD}) \\ &\quad + \beta_7 (\text{SHOP_AREA}) \end{aligned}$$

รูปแบบที่ 3

$$\begin{aligned} V_{\text{res}} &= \beta_0 + \beta_1 (\text{LANDPRICE}) + \beta_2 (\text{POPDENS}) \\ V_{\text{com}} &= \beta_3 + \beta_4 (\text{LANDPRICE}) + \beta_5 (\text{EMPDENS}) + \beta_6 (\text{SUMDIST}) \end{aligned}$$

$$+ \beta_7(\text{SHOP_AREA})$$

รูปแบบที่ 4

$$\begin{aligned} V_{\text{res}} &= \beta_0 + \beta_1(\text{LANDPRICE}) + \beta_2(\text{POPDENS}) \\ V_{\text{com}} &= \beta_3 + \beta_4(\text{LANDPRICE}) + \beta_5(\text{EMPDENS}) + \beta_6(\text{SUMTIME}) \\ &\quad + \beta_7(\text{SHOP_AREA}) \end{aligned}$$

รูปแบบที่ 5

$$\begin{aligned} V_{\text{res}} &= \beta_0 + \beta_1(\text{LANDPRICE}) + \beta_2(\text{POPDENS}) \\ V_{\text{com}} &= \beta_3 + \beta_4(\text{LANDPRICE}) + \beta_5(\text{EMPDENS}) + \beta_6(\text{SUMCOST}) \\ &\quad + \beta_7(\text{SHOP_AREA}) \end{aligned}$$

รูปแบบที่ 6

$$\begin{aligned} V_{\text{res}} &= \beta_0 + \beta_1(\text{LANDPRICE}) + \beta_2(\text{POPDENS}) \\ V_{\text{com}} &= \beta_3 + \beta_4(\text{LANDPRICE}) + \beta_5(\text{EMPDENS}) + \beta_6(\text{POPACC}) \\ &\quad + \beta_7(\text{SHOP_AREA}) \end{aligned}$$

รูปแบบที่ 7

$$\begin{aligned} V_{\text{res}} &= \beta_0 + \beta_1(\text{LANDPRICE}) + \beta_2(\text{POPDENS}) \\ V_{\text{com}} &= \beta_3 + \beta_4(\text{LANDPRICE}) + \beta_5(\text{EMPDENS}) + \beta_6(\text{EMPACC}) \\ &\quad + \beta_7(\text{SHOP_AREA}) \end{aligned}$$

5.3 ตัวแปรในแบบจำลอง

งานวิจัยนี้ได้จำแนกตัวแปรที่ใช้ในสมการอรรถประโยชน์ ออกเป็น 4 กลุ่ม ตามกลุ่มของข้อมูลคือ 1) ตัวแปรด้านการใช้ที่ดิน ได้แก่ ราคาที่ดิน 2) ตัวแปรด้านสังคมและเศรษฐกิจ ได้แก่ ความหนาแน่นของประชากรและความหนาแน่นตำแหน่งงาน 3) ตัวแปรด้านการขนส่ง ได้แก่

ระยะทางในการเดินทางสู่ศูนย์กลางเมือง ระยะเวลาในการเดินทางสู่ศูนย์กลางเมือง ผลรวมของระยะทางในการเดินทางสู่โซนต่างๆ ผลรวมของระยะเวลาในการเดินทางสู่โซนต่างๆ ผลรวมของค่าใช้จ่ายในการเดินทางสู่โซนต่างๆ ความสามารถเข้าถึงของประชากรและความสามารถเข้าถึงของแรงงาน และ 4) ตัวแปรคุณลักษณะของพื้นที่ ในการศึกษาได้สร้างตัวแปรนี้เพิ่มเพื่อให้เกิดความแตกต่างระหว่างการใช้ที่ดินประเภทที่อยู่อาศัยและการใช้ที่ดินประเภทพาณิชยกรรมให้มากขึ้น โดยเป็นตัวแปรที่แสดงลักษณะเชิงธุรกิจ โดยจะให้ค่าสำหรับพื้นที่ที่มีตลาดหรือช้อปปิ้งเซนเตอร์ขนาดใหญ่ ทั้งนี้ได้แสดงความหมายของตัวแปรทั้งหมดที่ใช้ในตาราง 5.1

ตาราง 5.1 แสดงความหมายของตัวแปรที่ใช้ในแบบจำลอง

ตัวแปร	ความหมาย
1) ตัวแปรการใช้ที่ดิน	
LANDPRICE	ราคาที่ดินเฉลี่ยของโซน (บาท/ตารางวา)
2) ตัวแปรสังคมและเศรษฐกิจ	
POP DENS	ความหนาแน่นของประชากรในโซน (คน/ตร.กม.)
EMP DENS	ความหนาแน่นของตำแหน่งงานในโซน (คน/ตร.กม.)
3) ตัวแปรการคมนาคมขนส่ง	
DIST CBD	ระยะทางในการเดินทางจากโซนสู่ศูนย์กลางเมือง (กม.)
TIME CBD	ระยะเวลาในการเดินทางจากโซนสู่ศูนย์กลางเมือง (นาที)
SUM DIST	ผลรวมของระยะทางในการเดินทางระหว่างคู่โซน (กม.)
SUM TIME	ผลรวมของระยะเวลาในการเดินทางระหว่างคู่โซน (นาที)
SUM COST	ผลรวมของค่าใช้จ่ายในการเดินทางระหว่างคู่โซน (บาท)
POP ACC	ความสามารถเข้าถึงของประชากรในโซน
EMP ACC	ความสามารถเข้าถึงของแรงงานในโซน
4) ตัวแปรคุณลักษณะของพื้นที่	
SHOP_AREA	1 = มีตลาดหรือช้อปปิ้งเซนเตอร์ในโซน 0 = ไม่มีตลาดหรือช้อปปิ้งเซนเตอร์ในโซน

5.4 การประมาณค่าพารามิเตอร์และทดสอบค่าทางสถิติ

5.4.1 การประมาณค่าพารามิเตอร์

การประมาณค่าสัมประสิทธิ์ที่สะท้อนถึงอิทธิพลของตัวแปรต่างๆ ในฟังก์ชันอรรถประโยชน์ที่มีต่อความพึงพอใจในการเลือกประเภทการใช้ที่ดินใช้วิธีการทางสถิติที่เรียกว่า Maximum Likelihood ซึ่งหลักการวิเคราะห์และวิธีการหาค่าพารามิเตอร์ได้แสดงรายละเอียดไว้ในบทที่ 2 หัวข้อที่ 2.2.2

5.4.2 การทดสอบค่าทางสถิติ

การทดสอบค่าทางสถิติมีหลายวิธี(หลักการและทฤษฎีแสดงในบทที่ 2 หัวข้อที่ 2.2.3) ทั้งนี้จะต้องกระทำควบคู่ไปกับขั้นตอนการประมาณหาค่าพารามิเตอร์ ซึ่งขั้นตอนการนำเอาตัวแปรเข้ามาในแบบจำลองเพื่อมาประมาณหาค่าพารามิเตอร์ มีดังนี้

1) นำตัวแปรเข้ามาประมาณค่าพารามิเตอร์ทีละตัว โดยค่าทางสถิติตัวแรกที่พิจารณาในการประมาณค่าพารามิเตอร์คือ χ^2 เมื่อผ่านการทดสอบสถิติไคสแควร์ที่ระดับความเชื่อมั่น 90% จะพิจารณาค่าทางสถิติตัวต่อไป ถ้าหากไม่ผ่านการทดสอบไคสแควร์ให้นำตัวแปรนั้นออกจากแบบจำลอง

2) ตัวแปรที่ได้ผ่านการทดสอบค่าสถิติแบบไคสแควร์ทุกตัวแปร จะถูกนำมาตรวจสอบค่าเครื่องหมายของตัวแปร (Sign Test) ซึ่งเป็นการตรวจสอบ ความสมเหตุ สมผลของค่าของสัมประสิทธิ์ตัวแปร เช่น ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรระยะเวลาในการเดินทางสู่โซนต่างๆควรมีเครื่องหมายเป็นลบ เนื่องจากการเสียเวลาในการเดินทางน่าจะทำให้ผู้ใช้ที่ดินประเภทนั้นเสียประโยชน์ สัดส่วนหรือค่าความน่าจะเป็นก็ควรจะน้อยลง

3) ถ้าตัวแปรใดที่ไม่ผ่านการทดสอบ ก็จะคัดตัวแปรนั้นออกจากแบบจำลองแล้วทำการหาค่าพารามิเตอร์ของตัวแปรทุกตัวที่เหลืออยู่ใหม่

4) ขั้นตอนสุดท้ายเป็นการคัดเลือกแบบจำลองที่ผ่านการทดสอบค่าทางสถิติทั้งหมดมาแล้วที่ให้ค่า Likelihood ratio index (LRI: ρ^2) ที่มีค่ามากกว่า 0.2 ขึ้นไป

5.5 การประเมินความแม่นยำของแบบจำลอง

แบบจำลองที่ผ่านกระบวนการหาค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลอง และผ่านขบวนการทดสอบทางสถิติเรียบร้อยแล้ว จะถูกประเมินความถูกต้องและแม่นยำของแบบจำลอง โดยจะทำการแทนค่าตัวแปรเดิมลงในแบบจำลองที่สร้างเสร็จเพื่อหาค่าความน่าจะเป็นหรือสัดส่วนของการ

เลือกใช้ที่ดินในแต่ละทางเลือก จากนั้นจึงทำการเปรียบเทียบค่าสัดส่วนของการใช้ที่ดินจริงกับสัดส่วนการใช้ที่ดินที่ได้จากแบบจำลอง แล้วเลือกเก็บค่าสัดส่วนการใช้ที่ดินที่มีค่าน้อยกว่า เพื่อมาเปรียบเทียบกับค่าสัดส่วนการใช้ที่ดินที่มีอยู่จริง (ทั้งนี้ตัวอย่างการคำนวณอยู่ในภาคผนวก) โดยมีสูตรการคำนวณดังนี้

$$\% \text{ Correct} = \left(\frac{\text{Agree}}{\text{Actual}} \right) = \frac{\sum (\sum \text{share}(\min(\text{observed}, \text{model})))}{\sum (\sum \text{share}(\text{observed}))} * 100$$

5.6 การคัดเลือกแบบจำลอง

ผลจากขั้นตอนการประมาณค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองพบว่าตัวแปรทุกตัวผ่านการทดสอบสถิติไคสแควร์ แสดงว่าตัวแปรทุกตัวมีผลต่อการใช้ที่ดิน ค่า Likelihood ratio index (ρ^2) มีค่าประมาณ 0.2 ซึ่งผ่านเกณฑ์ยอมรับได้พอดี ส่วนเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องของแบบจำลองมีค่าค่อนข้างสูง แบบจำลองที่ผ่านเกณฑ์การยอมรับแสดงในตาราง 5.2

การพิจารณาคัดเลือกแบบจำลองที่จะนำไปประยุกต์ใช้จะยึดเอาหลักเกณฑ์ความสะดวกในการนำไปใช้ ซึ่งแบบจำลองที่ได้จากการพัฒนาแบบจำลองในการศึกษาครั้งนี้ก็มีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้หาสัดส่วนการใช้ที่ดินยกเว้นแบบจำลองที่ 5 และ 6 ซึ่งมีตัวแปรค่าใช้จ่ายในการเดินทางและความสามารถเข้าถึงของประชากร เนื่องการคำนวณหาค่าใช้จ่ายในการเดินทางต้องอาศัยค่าของมูลค่าเวลาซึ่งจะมีการเปลี่ยนแปลงทุกปี และการคำนวณหาความสามารถเข้าถึงมีการคำนวณที่ค่อนข้างยุ่งยาก

ตารางที่ 5.2 แสดงแบบจำลองที่ผ่านค่าทางสถิติ

Model	Variable	constant	LANDPRICE	POPDENS	EMPDENS	Transportation Variable	SHOP_AREA	Likelihood ratio index	Log Likelihood	% Correct
1	V(res)	1.711 (0.0004)	9.562E-05 (0.0002)	7.684E-05 (12.729)				0.204	-1130.9	94.58
	V(com)	0.289 (0.00001)	1.239E-04 (0.0003)		7.870E-05 (7.4218)	DISTCBD (15.926)	1.387 (172.053)			89.33
2	V(res)	1.641 (0.0004)	8.810E-05 (0.0008)	8.457E-05 (14.274)				0.202	-1132.4	94.45
	V(com)	0.3591 (0.00002)	1.165E-04 (0.0003)		8.538E-05 (8.7021)	TIMECBD (13.5516)	1.394 (172.467)			89.18
3	V(res)	1.570 (0.00162)	9.496E-05 (0.0004)	9.369E-05 (19.1458)				0.201	-1133.9	94.53
	V(com)	0.4302 (0.00012)	1.236E-04 (0.00074)		1.090E-04 (14.4007)	SUMDIST (13.3485)	1.4577 (187.792)			89.20
4	V(res)	1.441 (0.0012)	8.836E-05 (0.0013)	7.856E-05 (12.9603)				0.201	-1134.9	94.29
	V(com)	0.5586 (0.00017)	1.153E-04 (0.0022)		9.551E-05 (10.9578)	SUMTIME (7.6444)	1.4674 (189.644)			88.90
5	V(res)	1.380 (0.00256)	8.632E-05 (0.0006)	8.475E-05 (15.4992)				0.201	-1133.9	94.48
	V(com)	0.6201 (0.00052)	1.123E-04 (0.0011)		9.653E-05 (11.3315)	SUMCOST (19.4541)	1.4629 (190.305)			89.30
6	V(res)	2.004 (0.0007)	9.285E-05 (0.0002)	8.082E-05 (4.4825)				0.201	-1134.6	94.26
	V(com)	-0.00406 (0.00000)	1.226E-04 (0.0003)		1.067E-04 (5.4501)	POPACC (0.8318)	1.4462 (161.93)			88.65

หมายเหตุ : ตัวในวงเล็บ คือ ค่าสถิติไคสแควร์

แบบจำลองที่เหมาะสมที่จะนำไปประยุกต์ใช้

แบบจำลองที่ 1

$$\begin{aligned}
 V_{\text{res}} &= 1.711 + 0.956 \cdot 10^{-4} (\text{LANDPRICE}) + 0.768 \cdot 10^{-4} (\text{POPDENS}) \\
 V_{\text{com}} &= 0.289 + 1.239 \cdot 10^{-4} (\text{LANDPRICE}) + 0.787 \cdot 10^{-4} (\text{EMPDENS}) \\
 &\quad - 0.136 (\text{DISTCBD}) + 1.387 (\text{SHOP_AREA})
 \end{aligned}$$

$$\rho^2 = 0.204$$

$$\% \text{Correct} = 92.82$$

แบบจำลองที่ 2

$$\begin{aligned}
 V_{\text{res}} &= 1.641 + 0.881 \cdot 10^{-4} (\text{LANDPRICE}) + 0.846 \cdot 10^{-4} (\text{POPDENS}) \\
 V_{\text{com}} &= 0.359 + 1.165 \cdot 10^{-4} (\text{LANDPRICE}) + 0.854 \cdot 10^{-4} (\text{EMPDENS}) \\
 &\quad - 0.0858 (\text{TIMECBD}) + 1.394 (\text{SHOP_AREA})
 \end{aligned}$$

$$\rho^2 = 0.202$$

$$\% \text{Correct} = 92.68$$

แบบจำลองที่ 3

$$\begin{aligned}
 V_{\text{res}} &= 1.570 + 0.950 \cdot 10^{-4} (\text{LANDPRICE}) + 0.937 \cdot 10^{-4} (\text{POPDENS}) \\
 V_{\text{com}} &= 0.430 + 1.236 \cdot 10^{-4} (\text{LANDPRICE}) + 1.090 \cdot 10^{-4} (\text{EMPDENS}) \\
 &\quad - 0.299 \cdot 10^{-2} (\text{SUMDIST}) + 1.458 (\text{SHOP_AREA})
 \end{aligned}$$

$$\rho^2 = 0.201$$

$$\% \text{Correct} = 92.74$$

แบบจำลองที่ 4

$$\begin{aligned}
 V_{\text{res}} &= 1.441 + 0.884 \cdot 10^{-4} (\text{LANDPRICE}) + 0.785 \cdot 10^{-4} (\text{POPDENS}) \\
 V_{\text{com}} &= 0.559 + 1.153 \cdot 10^{-4} (\text{LANDPRICE}) + 0.955 \cdot 10^{-4} (\text{EMPDENS}) \\
 &\quad - 0.222 \cdot 10^{-2} (\text{SUMTIME}) + 1.467 (\text{SHOP_AREA})
 \end{aligned}$$

$$\rho^2 = 0.201$$

$$\% \text{Correct} = 92.48$$

5.7 วิเคราะห์แบบจำลองที่ผ่านการคัดเลือก

5.7.1 การวิเคราะห์ตัวแปรในแบบจำลอง

ในส่วนนี้จะทำการวิเคราะห์ตัวแปรในแบบจำลองที่ผ่านค่าทางสถิติแต่ละตัวเพื่ออธิบายการเลือกใช้ที่ดินแต่ละประเภทตามหลักอรรถประโยชน์

• ตัวแปรราคาที่ดิน

ราคาที่ดินเป็นตัวแปรที่มีผลต่อแบบจำลองอรรถประโยชน์ในการเลือกใช้ประเภทการใช้ที่ดินมากที่สุด โดยถ้าพิจารณาถึงความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนการใช้ประโยชน์ที่ดินกับตัวแปรที่คาดว่าจะมีอิทธิพลทั้งหมดในการวิเคราะห์ในบทที่ 4 พบว่าตัวแปรราคาที่ดินอธิบายแนวโน้มได้ค่อนข้างชัดเจนกว่าตัวแปรอื่นๆ

จากสมการอรรถประโยชน์ของการใช้ที่ดินประเภทพาณิชยกรรม ถ้าพิจารณาเฉพาะตัวแปรราคาที่ดิน จะเห็นว่าเมื่อราคาที่ดินสูงขึ้น ค่าอรรถประโยชน์จะสูงขึ้น เหตุที่เป็นเช่นนี้ก็เพราะการที่จะทำการพาณิชย์นั้นจำเป็นต้องอยู่ในที่ที่ติดกับถนนใหญ่ซึ่งราคาที่ดินก็จะมีราคาสูงมองในสภาพความเป็นจริงของเมืองเชียงใหม่ก็เป็นเช่นนี้ กล่าวคือในทุกพื้นที่ที่มีที่ดินพาณิชยกรรมจะอยู่ติดถนนใหญ่และเป็นที่ที่มีราคาสูงที่สุดเทียบกับพื้นที่อื่นภายในโซนเดียวกัน โดยเฉพาะโซนที่มีสัดส่วนที่ดินพาณิชยกรรมสูงราคาที่ดินจะสูงมาก สำหรับสมการอรรถประโยชน์ของการใช้ที่ดินเพื่อการอยู่อาศัยก็มีค่าสูงขึ้นเมื่อราคาที่ดินสูงขึ้น ซึ่งตรงข้ามกับลักษณะความสัมพันธ์ของสัดส่วนการใช้ที่ดินเพื่อการอยู่อาศัยและราคาที่ดินที่ได้ทำการวิเคราะห์ในบทที่ 4 สาเหตุเกิดจากการพยายามเพิ่มค่าอรรถประโยชน์เพื่อแย่งสัดส่วนการใช้ที่ดินกับสมการอรรถประโยชน์ของการใช้ที่ดินเพื่อการพาณิชย์ เพราะสัดส่วนของที่อยู่อาศัยมากกว่าสัดส่วนของที่ดินเพื่อการพาณิชย์ค่อนข้างมาก

ในขั้นตอนแรกของการสร้างแบบจำลอง ได้ลองสร้างแบบจำลองที่มีตัวแปรราคาที่ดินเพียงตัวเดียวพบว่าผ่านการทดสอบค่าทางสถิติคือ การตรวจสอบเครื่องหมายและสถิติทดสอบไคสแควร์ แสดงว่าราคาที่ดินมีผลต่อการใช้ที่ดิน แต่ค่า likelihood ratio index , ρ^2 ซึ่งเป็นดัชนีวัดความสอดคล้องของแบบจำลองมีค่าต่ำ แสดงว่าแบบจำลองที่มีราคาที่ดินเป็นตัวแปรเพียงตัวเดียวไม่สามารถที่จะอธิบายพฤติกรรมของการเลือกใช้ประโยชน์ที่ดินได้อย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้เนื่องมาจากราคาที่ดินไม่ได้ขึ้นกับลักษณะหรือจุดประสงค์ในการใช้ที่ดินเพียงอย่างเดียวยังขึ้นกับความห่างจากถนนใหญ่และลักษณะรูปทรงของแปลงที่ดินด้วย ถ้าพื้นที่ใดมีถนนหลักตัดผ่านหลายสายราคาที่ดินโดยเฉลี่ยก็จะสูงกว่า ยกตัวอย่างเช่น โซนที่ 18 มีสัดส่วนการใช้ที่ดินเพื่อการพาณิชย์

มากกว่าโซนที่ 19 (ดูรูป 4.4) ราคาที่ดินน่าจะสูงกว่า แต่กลับมีราคาที่ดินต่ำกว่า (ดูรูป 4.6) ทั้งนี้เนื่องจากโซนที่ 19 มีอาณาเขตติดกับถนนหลัก 3 ด้าน แต่โซนที่ 18 ติดถนนหลักเพียง 2 ด้าน

- ตัวแปรความหนาแน่นของประชากรและตำแหน่งงาน

จากสมการอรรถประโยชน์ พบว่าค่าอรรถประโยชน์ของการใช้ที่ดินเพื่อการอยู่อาศัยจะเพิ่มขึ้นหากพื้นที่นั้นมีความหนาแน่นของประชากรมาก ส่วนค่าอรรถประโยชน์ของการใช้ที่ดินเพื่อการพาณิชย์จะสูงขึ้นเมื่อมีความหนาแน่นของตำแหน่งงานสูงขึ้นเช่นกัน แสดงว่าในการเลือกที่อยู่อาศัยจะต้องเป็นที่ที่มีคนอาศัยอยู่มาก ส่วนการเลือกทำเลที่จะทำการพาณิชย์ก็มักเป็นบริเวณที่เป็นย่านธุรกิจที่ค่อนข้างหนาแน่น

- ตัวแปรระยะทางและตัวแปรระยะเวลาในการเดินทางสู่ศูนย์กลาง

จากสมการอรรถประโยชน์ พบว่าพื้นที่ใดที่ต้องใช้ระยะทางหรือระยะเวลาในการเดินทางไปสู่ย่านศูนย์กลางการค้าและธุรกิจของเมืองมากก็จะมีค่าอรรถประโยชน์ของการใช้ที่ดินประเภทพาณิชยกรรมลดลง ส่วนค่าอรรถประโยชน์ของการใช้ที่ดินประเภทที่อยู่อาศัยนั้นไม่ได้ขึ้นกับระยะทางหรือระยะเวลาในการเดินทางไปสู่ศูนย์กลาง โดยค่าอรรถประโยชน์ของการใช้ที่ดินเพื่อการอยู่อาศัยจะขึ้นกับราคาที่ดินค่อนข้างมาก

ในขั้นตอนการใส่ตัวแปรไปในแบบจำลอง (ขั้นตอนการประมาณหาค่าพารามิเตอร์) ได้เพิ่มตัวแปรระยะทางในการเดินทางสู่ศูนย์กลางเมือง (และตัวแปรระยะเวลาในการเดินทางสู่ศูนย์กลางเมือง) เข้าไปในแบบจำลองแรกที่มีแต่ตัวแปรราคาที่ดิน พบว่าค่า ρ^2 เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย แสดงว่าราคาที่ดินและระยะทางในการเดินทางสู่ศูนย์กลางยังไม่สามารถอธิบายการใช้ประโยชน์ที่ดินในเขตเมืองเชียงใหม่ได้ สาเหตุเนื่องมาจากในบางโซนอยู่ไกลจากศูนย์กลางการค้า แต่เนื่องจากพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ตลาด ซึ่งตลาดนั้นสามารถมีกระจายได้ในทุกพื้นที่แม้พื้นที่ที่ห่างไกล ทำให้พื้นที่นั้นมีสัดส่วนที่ดินพาณิชยกรรมค่อนข้างมากทั้งที่อยู่ไกลศูนย์กลาง ดังนั้นจึงต้องมีการเพิ่มตัวแปร SHOP_AREA เข้าไปในสมการเพื่อให้ค่า ρ^2 ดีขึ้น

- ตัวแปรผลรวมระยะเวลาในการเดินทางไปสู่โซนต่างๆ

จากสมการอรรถประโยชน์ พบว่าพื้นที่ใดที่ต้องใช้ระยะเวลาในการเดินทางไปสู่พื้นที่อื่นๆมาก ค่าอรรถประโยชน์ของการใช้ที่ดินประเภทพาณิชยกรรมลดลง ซึ่งเป็นไปตามหลักอรรถประโยชน์ที่คนย่อมต้องการที่จะเดินทางไปยังพื้นที่ต่างๆ ได้สะดวก ใช้ระยะทางในการเดินทางที่สั้นกว่า

ในขั้นตอนการประมาณค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลอง ได้ลองเพิ่มตัวแปรระยะทางในการเดินทางไปสู่โซนต่างๆลงไปในแบบจำลองแรกที่มีแต่ตัวแปรราคาที่ดิน พบว่าค่า ρ^2 เพิ่มขึ้นมาเพียงเล็กน้อย แสดงว่าราคาที่ดินและระยะเวลาในการเดินทางไปสู่โซนต่างๆยังอธิบายการใช้ประโยชน์ที่ดินได้ไม่ดี ยกตัวอย่างในบางพื้นที่เช่น โซนที่ 27 และ 31 ที่มีราคาที่ดินค่อนข้างสูงคือประมาณ 45,000 บาทต่อตารางวา และยังมีความสะดวกในการเดินทางไปยังที่ต่างๆ(ระยะเวลาในการเดินทางไปสู่โซนต่างๆอยู่ในระดับที่ต่ำ) น่าจะมีสัดส่วนการใช้ที่ดินเพื่อการพาณิชย์สูง แต่กลับมีสัดส่วนที่ดินพาณิชยกรรมประมาณ 30 % ทั้งนี้เนื่องมาจากทั้ง 2 โซนนี้มีที่ดินเพื่อการอยู่อาศัยอยู่ค่อนข้างมาก โดยที่พักอาศัยดังกล่าวเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยที่มีมาแต่ดั้งเดิม มีย่านที่พักอาศัยที่ค่อนข้างหนาแน่นอยู่ในตรอกซอยเล็กๆเป็นจำนวนมาก อีกทั้งยังมีชุมชนที่ค่อนข้างแออัดที่อยู่สองฝั่งคลองแม่ข่า แม้ว่าปัจจุบันทั้ง 2 โซนนี้ถือว่าอยู่ในย่านศูนย์กลางทางการค้าและธุรกิจ แต่ร้านค้าก็อยู่ริมถนนสายหลักเท่านั้น ไม่ได้แทรกตัวตามตรอกซอยเล็กๆเหมือนดังเช่น โซนที่ 29 30 และ 33

• ตัวแปรความสามารถเข้าถึงของประชากร

จากสมการอรรถประโยชน์ของการใช้ที่ดินเพื่อการพาณิชย์ พบว่าเมื่อความสามารถเข้าถึงพื้นที่อื่นๆเพื่อไปประกอบกิจกรรม(วัดจากจำนวนประชากรต่อหน่วยพื้นที่)มากขึ้น มีค่าอรรถประโยชน์ของการใช้ที่ดินประเภทที่อยู่อาศัยเพิ่มขึ้น

5.7.2 สรุปผลการวิเคราะห์แบบจำลอง

รูปแบบของแบบจำลองที่ประกอบด้วยตัวแปรเชิงปริมาณทั้งหมดที่ได้จากฐานข้อมูล ให้ค่า likelihood ratio index , ρ^2 ซึ่งเป็นดัชนีวัดความสอดคล้องของแบบจำลองไม่ถึง 0.2 จึงต้องสร้างตัวแปรขึ้นมาใหม่คือ SHOP_AREA ช่วยเพิ่มความแตกต่างระหว่างการเลือกใช้ที่ดินประเภทที่อยู่อาศัยและที่ดินประเภทพาณิชยกรรม ค่าของตัวแปรนี้มีสองค่า คือ 0 และ 1 สำหรับโซนที่มีพื้นที่พาณิชยกรรมขนาดค่อนข้างใหญ่เช่น ตลาด แหล่งธุรกิจเฉพาะหรือห้างสรรพสินค้า จะใส่ค่า 1 สำหรับโซนอื่นๆจะใส่ค่า 0

เมื่อเพิ่มตัวแปร SHOP_AREA ทำให้ค่า ρ^2 ของแบบจำลองมีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถยอมรับได้ ทั้งนี้การที่ตัวแปรที่ได้จากฐานข้อมูลไม่สามารถใช้สร้างแบบจำลองที่ให้ค่าสถิติที่ดีได้ นอกจากจะมีสาเหตุมาจากความแปรปรวนของตัวแปรแต่ละตัวแล้ว(วิเคราะห์จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนการใช้ประโยชน์ที่ดินและตัวแปรต่างๆที่คาดว่าจะมีอิทธิพลที่ได้แสดงในบทที่ 4 จะเห็นว่าแนวโน้มความสัมพันธ์ที่เป็นไปตามทฤษฎี แต่ค่าของข้อมูลบางส่วน

ต่างจากแนวที่ควรจะเป็นมากเนื่องด้วยสาเหตุหลายประการที่ได้อธิบายแล้วข้างต้น) สาเหตุอื่นที่ทำให้ค่าทางสถิติไม่สูงก็คือสิ่งที่คาดว่าจะมีผลในการเลือกที่พักอาศัยหรือที่ประกอบกิจการซึ่งได้ทำ การศึกษานั้นอาจไม่มีอิทธิพลเท่ากับ โครงสร้างทางเศรษฐกิจของเมือง หรือ ระดับการพัฒนาของ หน่วยงานบริหารส่วนท้องถิ่น

ฉะนั้นการสร้างแบบจำลองเพื่อมาอธิบายการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนการใช้ประโยชน์ ที่ดินนั้น อาจต้องเพิ่มปัจจัยตัวอื่นที่มีอิทธิพล เช่น ระดับการบริการของชุมชนหรือส่วนการปก ครองส่วนท้องถิ่น การเปลี่ยนแปลงของสภาพทางเศรษฐกิจและสังคม ศักยภาพในการที่จะพัฒนา ของที่ดิน การอพยพหรือย้ายถิ่นของประชากร เป็นต้น