



### แบบจำลอง การประมาณค่า และการประเมินผล

ในบทนี้เป็นการศึกษาการสร้างแบบจำลองอุปทานและอุปสงค์ ของการใช้ถ่านหินในประเทศไทย และนำมาหาค่าประมาณค่าสัมประสิทธิ์ด้วยวิธีการทางสถิติในแบบกำลังสองน้อยที่สุดสองครั้ง (TSLS) และ/หรือวิธีการหา Cochrane-Orcutt (AR) หรือ Moving Average (MA) ในกรณีที่สมการมีปัญหา Autocorrelation และ/หรือต้องการให้มีการปรับให้ข้อมูลราบรื่น (Smooth) เพื่อลดอิทธิพลของการเคลื่อนไหวแบบวัฏจักร<sup>1</sup>

#### 5.1 โครงสร้างแบบจำลอง

จากการศึกษาในบทที่ 3 และบทที่ 4 สามารถสรุปโครงสร้างระบบสมการได้ดังนี้คือ

##### (1) ด้านอุปทาน

$$SL = SLE + SLI$$

##### (1.1) ด้านการผลิตเพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้า

$$SLE = f (PLE, PM, LE, KBE, KDE, KOE, OE)$$

##### (1.2) ด้านการผลิตเพื่อใช้ในภาคอุตสาหกรรม

$$SLI = f (PLI, PM, LI, KBI, KDI, KOI, OI)$$

---

<sup>1</sup> Robert S. Pindyck and L. Rubinfeld. Econometric Model Economic Forecasts, P.515-519.

## (2) ทางด้านอุปสงค์

$$DL = DLE + DLI$$

## (2.1) ด้านการใช้ลิกไนต์เพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้า

$$DLE = f (PLE, PM, PF, PNG, GWHL, VAE)$$

## (2.2) ด้านการใช้ลิกไนต์ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ

$$DLI = DLC + DLT + DLO$$

## (2.2.1) การใช้ลิกไนต์ในอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์

$$DLC = f (PLI, PM, PNG, PF, VACR, VACNR)$$

## (2.2.2) การใช้ลิกไนต์ในอุตสาหกรรมบ่มใบชาสูบ

$$DLT = f (PLI, PW, QXT, QCIG, QV)$$

## (2.2.3) การใช้ลิกไนต์ในอุตสาหกรรมอื่น ๆ

$$DLO = f (PLI, PM, PF, VAOI)$$

## (3) คลยภาพ

$$SL = DL + INV$$

5.2 การประมาณค่าแบบจำลอง

แบบจำลองทางด้านอุปสงค์และอุปทานถ่านหินในประเทศไทย เป็นแบบจำลองที่ถูกนำมาวิเคราะห์แบบระบบสมการต่อเนื่อง (Simultaneous Equation System) สร้างขึ้นโดยใช้ข้อมูลแบบอนุกรมรายปีในช่วงเวลาปี พ.ศ. 2522-2531 ประกอบด้วยสมการ 10 สมการ เป็นสมการพฤติกรรม (Behavioral Equation) 6 สมการ และสมการเอกลักษณ์ (Identity Equation) 3 สมการ โดยเน้นสมการคลยภาพ 1 สมการ สมการทั้งหมดใน

แบบจำลองเป็นแบบเส้นตรงในเชิงตัวแปร และผลจากการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดสองครั้ง (TOLS) ทำให้เหลือตัวแปรภายนอก (Exogenous Variables) ในระบบสมการ 11 ตัวและตัวแปรภายใน (Endogenous Variables) 12 ตัว และผลการประมาณค่าแสดงดังต่อไปนี้

### 5.2.1 ด้านอุปทาน

$$A.1 \quad SL = SLE + SLI$$

(1) ด้านการผลิตเพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้า

$$A.2 \quad SLE = 106.8733 \text{ KDE} + 14404.700 \text{ OE}$$

$$(2.3886673) \quad (2.4944551)$$

$$R^2 = 0.904037, F(2,8) = 75.36579, D.W = 2.129614$$

$$N = 10 : \text{TOLS}$$

(2) ด้านการผลิตเพื่อใช้ภาคอุตสาหกรรม

$$A.3 \quad SLI = 839.87733 \text{ LI} + 104527.59 \text{ OI}$$

$$(3.2437508) \quad (3.1539163)$$

$$R^2 = 0.859966, F(2,8) = 49.12880, D.W = 1.621253$$

$$N = 10 : \text{TOLS}$$

### 5.2.2 ด้านอุปสงค์

$$A.4 \quad DL = DLE + DLI$$

(1) ด้านการใช้เพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้า

$$A.5 \quad DLE = 230526.49 + 860.25880 \text{ GWHL} - 4841.8905 \text{ PLE}$$

$$(4.1158946) \quad (81.437872) \quad (-2.6139082)$$

$$R^2 = 0.999470, F(2,8) = 6602.419, D.W = 2.439676$$

$$N = 10 : \text{TOLS}$$

(2) ด้านการใช้ในภาคอุตสาหกรรม

$$A.6 \quad DLI = DLC + DLI + DLO$$

(2.1) การใช้ในอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์

$$A.7 \quad DLC = -33811.248 \text{ PML} + 85.5863 \text{ VACR}$$

$$(3.905745) \quad (12.120949)$$

$$R^2 = 0.901624, F(2,8) = 73.32034, D.W = 1.933546$$

$$N = 10 : \text{TSLS}$$

(2.2) การใช้ในอุตสาหกรรมบ่มใบยาสูบ

$$A.8 \quad DLT = 1478.1813 \text{ QCIG} + 138.02127 \text{ QV}$$

$$(3.7719816) \quad (4.0430131)$$

$$R^2 = 0.623807, F(2,8) = 5.803737, D.W = 2.050066$$

$$N = 10 : \text{TSLS MA}(0)$$

(2.3) การใช้ในอุตสาหกรรมอื่น ๆ

$$A.9 \quad DLO = -38447.765 \text{ PML} + 409.51980 \text{ VAOI}$$

$$(-2.8454351) \quad (5.4666180)$$

$$R^2 = 0.749499, F(2,8) = 10.47198, D.W = 2.815292$$

$$N = 10 : \text{TSLS MA}(0)$$

### 5.2.3 คลยภาพ

$$A.10 \quad SL = DL + INV$$

และเนื่องจากวัตถุประสงค์ของการศึกษาเรื่องนี้ต้องการวิเคราะห์ถึงผลอันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงของ Explanatory Variable และการที่มีการใช้ลิแกนด์ในภาคการผลิตกระแสไฟฟ้าที่มีสูงถึงร้อยละ 84 ของการใช้ลิแกนด์ทั่วประเทศ จึงได้ทำการศึกษาต่อไปว่าในสมการอุปสงค์ของการใช้ลิแกนด์เพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้า (A.5) นั้นอยู่กับตัวแปรทางด้านนโยบายหรือการผลิตกระแสไฟฟ้าที่ใช้ลิแกนด์ (GWHL) และตัวแปรทางด้านราคา (PLE) อย่างไรบ้าง

จาก A.5 DLE = f(GWHL, PLE)

จะได้สมการ DLE ใหม่ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{โดยที่} \quad \text{DLE} &= \text{DLEG} + \text{DLEP} \\ \text{DLEG} &\text{ คือ} \end{aligned}$$

A.5.1 DLE = f(GWHL)

และ DLEP คือ

A.5.2 DLE - DLEG = f(PLE)

และผลจากการกะประมาณค่าสัมประสิทธิ์ด้วยวิธีการทางสถิติในแบบกำลังสองน้อยที่สุด (TOLS) ทำให้ได้ DLEG และ DLEP ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{A.5.1} \quad \text{DLEG} \quad \text{----} \rightarrow \text{DLE} &= 106950.87 + 840.33828 \text{ GWHL} \\ &\quad (2.708239) \quad (87.367227) \end{aligned}$$

$$R^2 = 0.998953, F(2,8) = 7633.032, D.W = 1.476722$$

$$N = 10 : \text{TOLS}$$

$$\begin{aligned} \text{A.5.2} \quad \text{DLEP} \quad \text{-----} \rightarrow \text{DLE} - \text{DLEG} &= 92394.569 - 2321.71 \text{ PLE} \\ &\quad (1.9361214) \quad (-2.0296865) \end{aligned}$$

$$R^2 = 0.597551, F(2,8) = 5.196761, D.W = 1.960228$$

$$N = 10 : \text{TOLS MA}(0)$$

ดังนั้นระบบสมการใหม่จึงเป็นดังนี้

- B.1  $SL = SLI + SLE$   
 B.2  $SLE = f(KDE, DE)$   
 B.3  $SLI = f(LI, OI)$   
 B.4  $DL = DLE + DLI$   
 B.5  $DLE = DLEG + DLEP$   
 B.6  $DLEG = f(GWHL)$   
 B.7  $DLEP = f(PLE)$   
 B.8  $DLI = DLC + DLT + DLO$   
 B.9  $DLC = f(PML, VACR)$   
 B.10  $DLT = f(QCIG, QV)$   
 B.11  $DLO = f(PML, VAOI)$   
 B.12  $SL = DL + INV$

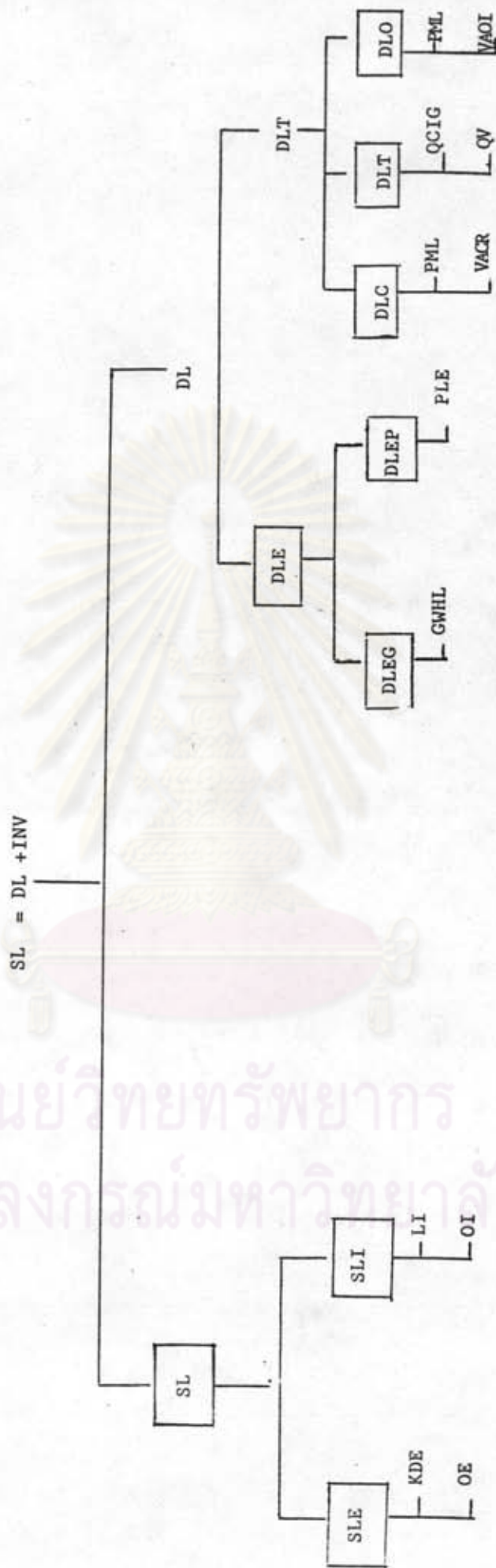
### 5.3 การประเมินผลแบบจำลอง

การสร้างแบบจำลองที่เป็นระบบสมการต่อเนื่อง (Simultaneous Equations) ในการพิจารณาเลือกโครงสร้างของแบบจำลอง (Structure of model) นอกจากการจัดทำให้สอดคล้องเพื่อสามารถใช้อธิบายได้แล้ว ยังมีวัตถุประสงค์เพื่อนำไปใช้ในการศึกษาผลกระทบของ Explanatory Variable ดังนั้นจึงได้ทำการประเมินผลสมการและระบบสมการด้วยโดยระบบสมการทั้งหมดแสดงดังรูปที่ 5.1

#### 5.3.1 การประเมินผลสมการ

การประมาณค่าสัมประสิทธิ์ของสมการในสมการพฤติกรรมของแบบจำลอง ค่าสถิติที่ใช้ประกอบในการตัดสินใจเลือกหรือแสดงความเชื่อมั่นของความสามารถในการอธิบายตัวแปรตาม (Dependent Variables) ทางด้านซ้ายด้วยตัวแปรอิสระ (Independent Variables) ทางด้านขวามือของสมการจะพิจารณาจาก  $R^2$  (Coefficient of Determination) ที่แสดงความเชื่อมั่นของความสามารถในการอธิบายตัวแปรตามด้วยตัวแปรอิสระของสมการ F-test เป็นค่าสถิติที่ใช้ยืนยันว่าสมการนั้นตัวแปรอิสระอธิบายตัวแปรได้ทั้ง

รูปที่ 5.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระบบสารสนเทศและตัวแปร



สมการของแบบจำลองแต่ละสมการ ค่า t-test แสดงความสามารถในการอธิบายของตัวแปรอิสระแต่ละตัวที่มีต่อตัวแปรตาม D.W. (Durbin Watson) แสดงให้เห็นถึงการเกิดปัญหาสหสัมพันธ์ในตัว (Auto-Correlation) ของส่วนที่อธิบายไม่ได้ (Residual Term) หรือไม่ ในสมการที่ประมาณค่าสัมประสิทธิ์ นอกจากนี้ยังต้องพิจารณาทิศทางของเครื่องหมายในแบบจำลองให้สอดคล้องกับทฤษฎี

(1) ด้านอุปทานประกอบด้วยสมการพฤติกรรม 2 สมการคือ สมการการผลิตลิแกนด์เพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้า และสมการการผลิตลิแกนด์เพื่อใช้ในภาคอุตสาหกรรม ซึ่งพิจารณาแยกตามค่าสถิติดังนี้

- ค่าสถิติ  $R^2$  (Coefficient of Determination) สมการทั้งสองมีความเชื่อมั่นอยู่มากกว่าร้อยละ 85

- ค่าสถิติ t-test ตัวแปรส่วนใหญ่มีความเชื่อมั่นที่ระดับนัยสำคัญมากกว่าร้อยละ 95 ยกเว้นตัวแปร OI ที่มีความเชื่อมั่นที่ระดับนัยสำคัญร้อยละ 94

- ค่า Durbin - Watson ค่าสถิติอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ ไม่เกิดปัญหาสหสัมพันธ์ทั้งสองสมการ

- พิจารณาจากเครื่องหมายของตัวแปรที่แสดงทิศทางขาดความสัมพันธ์ถูกต้องตามทฤษฎี แสดงว่าสมการทางด้านอุปทานในแบบจำลองสามารถนำไปใช้ได้ และมีค่าสถิติยอมรับได้ในระดับที่พอสมควร

(2) ด้านอุปสงค์ ซึ่งประกอบด้วยสมการพฤติกรรม 5 สมการคือ A.7, A.8, A.9, A.5.1 และ A.5.2 พิจารณาแยกตามค่าสถิติดังนี้

- ค่าสถิติ  $R^2$  (Coefficient of Determination) สมการทั้งสองมีความเชื่อมั่นอยู่มากกว่าร้อยละ 70 ยกเว้นสมการอุปสงค์ของลิแกนด์จากอุตสาหกรรมบ่มใบยาสูบ (A.8) ที่มีความเชื่อมั่นอยู่ร้อยละ 62



- ค่าสถิติ t-test ตัวแปรส่วนใหญ่มีความเชื่อมั่นที่ระดับนัยสำคัญมากกว่า

ร้อยละ 95

- ค่า Durbin - Watson ค่าสถิติอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ ไม่เกิดปัญหาสหสัมพันธ์ยกเว้นสมการอุปสงค์ของลีกไนต์เพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้า และอุปสงค์ของลีกไนต์ในอุตสาหกรรมอื่น ๆ (A.9) ที่ไม่สามารถสรุปได้ว่าเกิดปัญหาสหสัมพันธ์หรือไม่ แต่อย่างไรก็ตาม การประมาณค่าโดยวิธี TSLS ทำให้สามารถช่วยลดปัญหาสหสัมพันธ์ในตัวของแบบจำลองได้

- พิจารณาจากเครื่องหมายตัวแปรที่แสดงทิศทางของความสัมพันธ์ถูกต้องตามทฤษฎี

และเมื่อพิจารณาเฉพาะอุปสงค์ของลีกไนต์ในการผลิตกระแสไฟฟ้าหรือ DLE เมื่อแยกออกเป็นสองส่วนคือ DLEG และ DLEP ค่าสถิติสรุปได้ดังนี้

- ค่าสถิติ  $R^2$  (Coefficient of Determination) สมการ DLEG มีความเชื่ออยู่ตัวร้อยละ 99 แต่สมการ DLEP มีความเชื่อมั่นอยู่เพียงร้อยละ 60

- ค่าสถิติ t-test ตัวแปรทุกตัวในสองสมการนี้มีความเชื่อมั่นที่ระดับนัยสำคัญมากกว่าร้อยละ 90

- ค่า Durbin - Watson ของสองสมการอยู่ในช่วงไม่สามารถสรุปได้ว่าเกิดปัญหาสหสัมพันธ์หรือไม่กับไม่เกิดปัญหาสหสัมพันธ์ แต่อย่างไรก็ตามในการคำนวณของทั้งสองสมการใช้วิธี TSLS

- พิจารณาจากเครื่องหมายตัวแปรที่แสดงทิศทางของความสัมพันธ์ถูกต้องตามทฤษฎี

5.3.2 การประเมินผลระบบสมการ

การประเมินผลระบบสมการทำได้โดยการทำ ex-post forecasting<sup>2</sup> หรือวิธีที่เรียกว่า "Historical Simulation" คือเป็นการทดสอบความแม่นยำในการพยากรณ์โดยการทำนาค การทำ Simulation ใช้ข้อมูลในช่วงเวลาเดียวกันกับการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ในแบบจำลอง คือในช่วงปี 2522-2531 แล้วนำค่าพยากรณ์ (Simulation Values) ของตัวแปรร่วม (ทางด้านซ้ายของแบบจำลอง) มาเปรียบเทียบกับค่าจริง ซึ่งการศึกษาแบบนี้ใช้วิธีพิจารณาค่าตัวชี้ Root Mean Square Error (RMSE) ซึ่งแสดงถึงขนาดของความผิดพลาดที่เกิดจากการพยากรณ์โดยเฉลี่ยตลอดช่วงเวลาที่ใช้ศึกษา Root Mean Square Percent Error (RMSPE) ซึ่งเป็นตัวชี้พิจารณาความผิดพลาดที่คิดเรื่องความแตกต่างของขนาดของตัวแปร ทำให้สามารถเปรียบเทียบตัวแปรได้และ Theil's Inequality Coefficient (U) ซึ่งเป็นตัวชี้ความสามารถในการพยากรณ์แบบจำลอง<sup>3</sup>

<sup>2</sup> Ibid, P. 360-367

$$^3 \text{ ค่า RMSE} = \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{t=1}^T (Y_{s_t} - Y_{a_t})^2}$$

$$\text{RMSPE} = \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \left( \frac{Y_{s_t} - Y_{a_t}}{Y_{a_t}} \right)^2}$$

$$U = \text{RMSE}$$

$$\sqrt{\frac{1}{T} \sum_{t=1}^T (Y_{s_t})^2} + \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{t=1}^T (Y_{a_t})^2}$$

โดยที่  $Y_{s_t}$  = ค่าพยากรณ์  
 $Y_{a_t}$  = ค่าจริง  
 $T$  = จำนวนคาบเวลา

ตัวชี้ Theil's Inequality Coefficient เป็นตัวที่ใช้อธิบายความแตกต่างของสมการที่มีการเปลี่ยนนิคปกติในช่วงเวลา (Turning Points) ค่าตัวชี้จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 กับ 1 โดยถ้าค่า  $U = 0$  แสดงการพยากรณ์ที่มีความถูกต้องที่สุด ในทางตรงกันข้ามถ้าค่า  $U=1$  แสดงถึงการพยากรณ์ที่เลวที่สุด การพยากรณ์ที่ค่า  $U$  ควรจะต่ำมาก ๆ

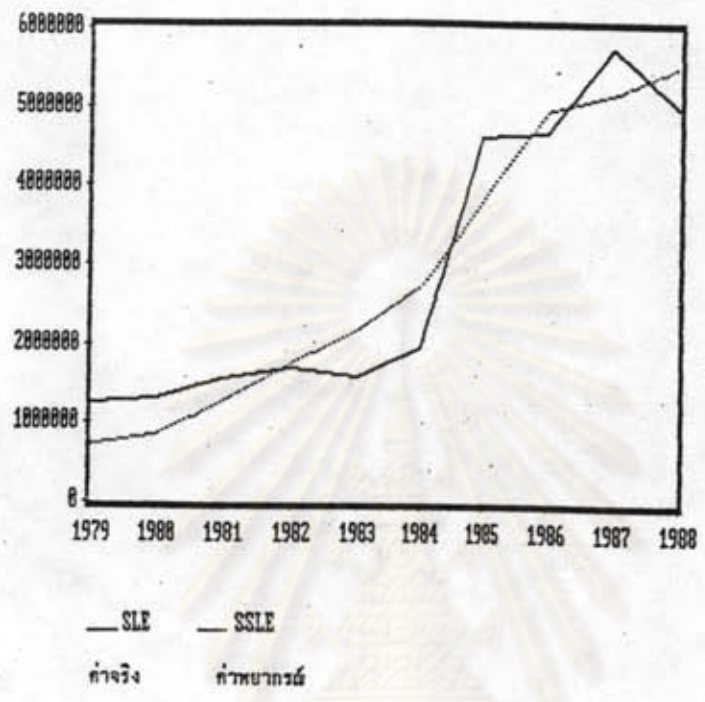
ตารางที่ 5.1 ผลการประเมินผลของระบบสมการจากการทำ Simulation

	RMSPE	RMSE	U
SLE	0.261720	535232.31	0.079062
SLI	0.548789	138629.45	0.114072
SL	0.071544	208775.28	0.026188
DLEP	0.385346	52179.18	0.587611
DLE	0.023347	52179.19	0.007378
DLC	10.161690	81424.64	0.103242
DLT	0.121368	11028.70	0.060500
DLO	1.399796	133003.18	0.276942
DLI	0.385346	174583.79	0.126550
DL	0.069846	208775.28	0.024776
	1.414748	159581.09	0.140632

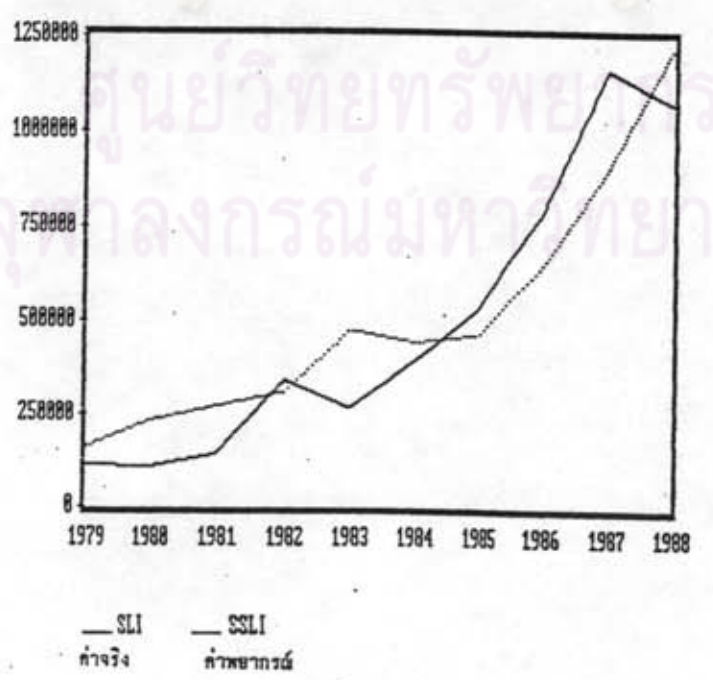
ผลการคำนวณค่า RMSPE, RMSE, U พบว่าแบบจำลองมีความสามารถในการพยากรณ์ได้ดีสามารถนำไปใช้ได้

นอกจากนี้การพิจารณาความเหมาะสมของแบบจำลอง อาจดูได้จากแนวโน้มของเส้นกราฟเปรียบเทียบกันระหว่างค่าจริง กับค่าที่ได้จากการทำ Historical Simulation ความใกล้เคียงของกราฟจะบอกถึงความสามารถในการพยากรณ์ได้ดีเพียงใด ดังแสดงในรูปที่ 5.2 ถึงรูปที่ 5.10

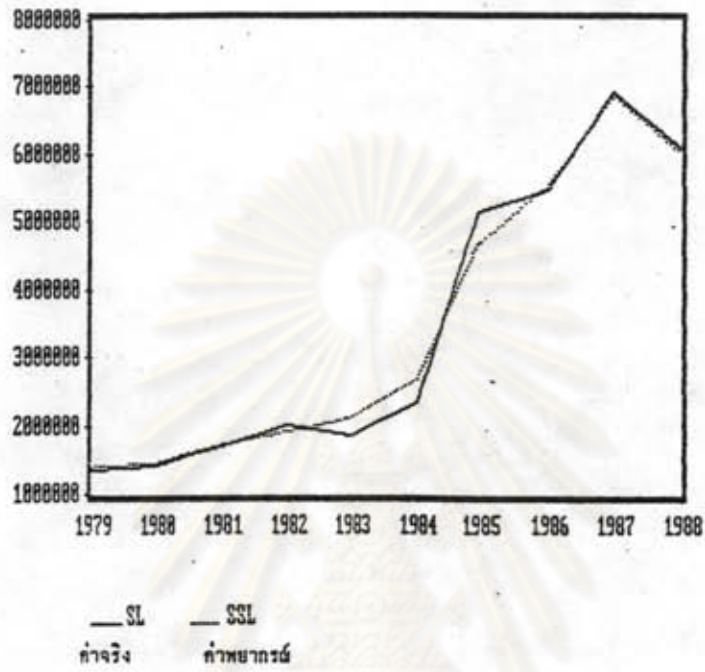
รูปที่ 5.2 อุปทานของด้านลิกไนต์ในการผลิตกระแสไฟฟ้า



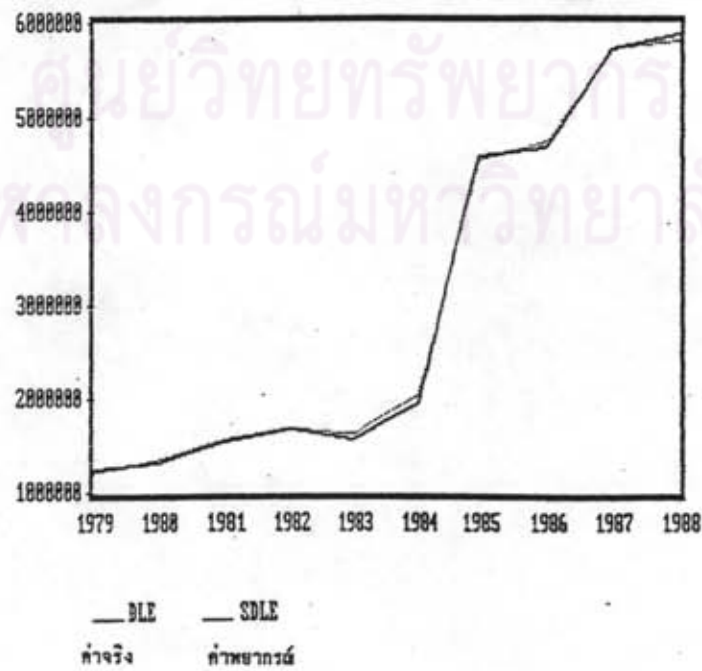
รูปที่ 5.3 อุปทานของด้านลิกไนต์ในภาคอุตสาหกรรม



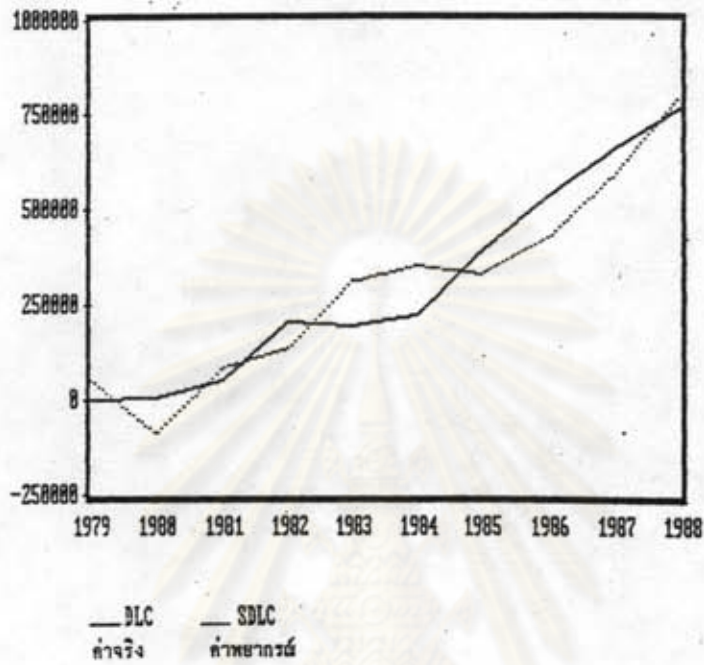
รูปที่ 5.4 อุปทานของด้านลีกไนต์ในประเทศ



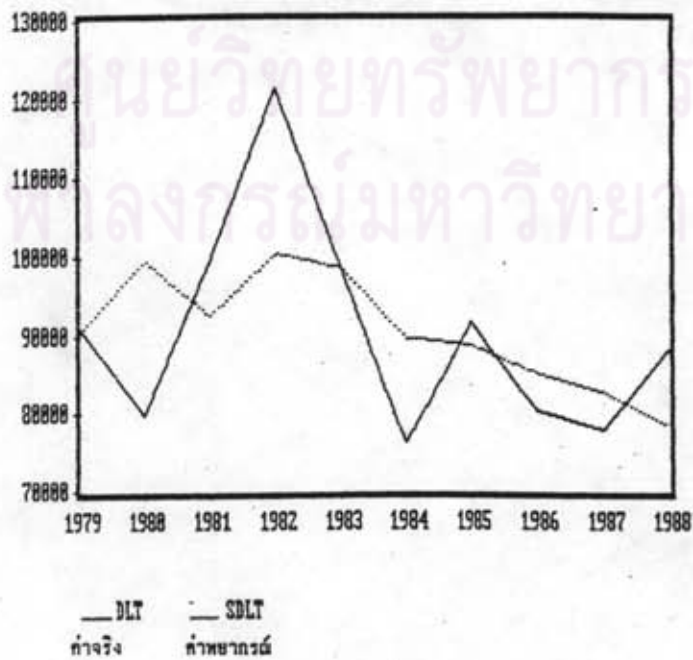
รูปที่ 5.5 อุปสงค์ของด้านลีกไนต์ในการผลิตกระแสไฟฟ้า



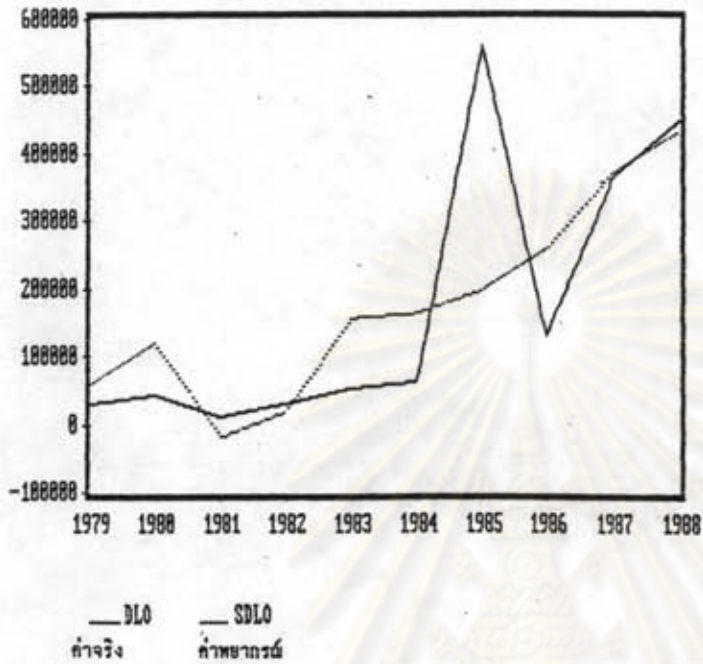
รูปที่ 5.6 อุปสงค์ของด้านลีกไนต์ในภาคอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์



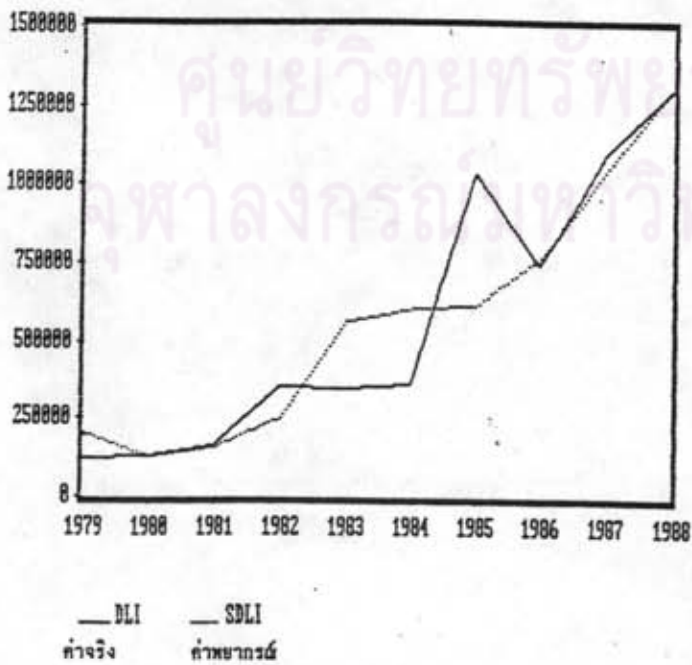
รูปที่ 5.7 อุปสงค์ของด้านลีกไนต์ในภาคอุตสาหกรรมนมโวยาสูบ



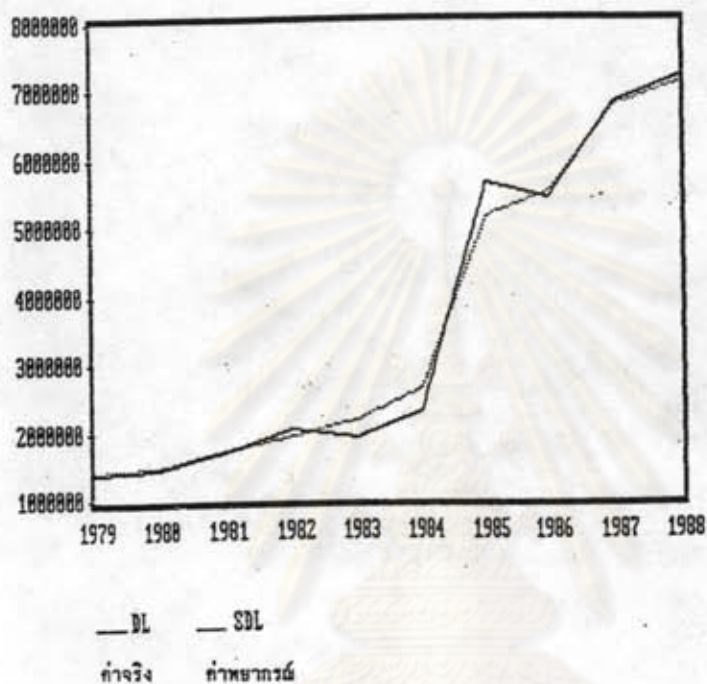
รูปที่ 5.8 อุปสงค์ของด้านโลกในภาคอุตสาหกรรมอื่นๆ



รูปที่ 5.9 อุปสงค์ของด้านโลกในภาคอุตสาหกรรม



รูปที่ 5.10 อุปสงค์ของด้านสินค้าในประเทศไทย



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย