บทที่ 4

การสร้างและวิเคราะห์รูปแบบทางคณิตศาสตร์

ประวัติการสร้างรูปแบบทางคณิตศาสตร์ มักแสดงในรูปของระบบสมการเพื่อแสดงถึงความสัมพันธ์ในกลุ่มของตัวแปร เพื่อนำไปสู่การวิเคราะห์หาพฤติกรรมที่สนใจ ซึ่งคำนิยามของคำว่ารูปแบบ (Model) คือระบบสมการทางคณิตศาสตร์อย่างสมบูรณ์ ซึ่งจำลองสภาพความเป็นจริงไว้ภายใต้เงื่อนไขบางประการ โดยที่รูปแบบอาจจะขยายหรือลดลงได้แล้วแต่ปัญหาที่ศึกษา และเพื่อให้สอดคล้องกับนิยามของคำว่ารูปแบบ ในการศึกษาครั้งนี้ได้กล่าวไว้แล้วว่าเป็นการมุ่งศึกษาจากพฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงราคาหรืออัตราต่อหน่วยของปัจจัยสนับสนุนการผลิต ดังนั้นตัวแปรที่สำคัญที่จะศึกษานี้ จึงเป็นเพียงการศึกษาพฤติกรรมของการเปลี่ยนแปลงด้านแรงงานชั้นต่ำ ไฟฟ้า น้ำประปา และน้ำมัน ว่าจะมีผลหรืออิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของระบบการผลิตของกลุ่มอุตสาหกรรมที่ใช้เหล็กแผ่นอย่างไร โดยที่ในสภาพความเป็นจริงของการผลิตหรือสภาพทั่วไปในระบบเศรษฐศาสตร์มีปัจจัยหรืออิทธิพลจากสิ่งต่าง ๆ มากมายที่มีผลหรืออิทธิพลต่อพฤติกรรมในระบบการผลิตของกลุ่มอุตสาหกรรมที่ใช้เหล็กแผ่น ซึ่งในการศึกษานี้ได้ตั้งสมมติฐานขั้นต้นว่าอิทธิพลของตัวแปรอื่น ๆ ที่ไม่ได้กล่าวถึงถือว่าเป็นตัวแปรทางระบบเศรษฐศาสตร์ที่เกิดขึ้นและคงที่ตลอดการศึกษา

ดังได้กล่าวไว้ในบทที่ 3 แล้ว ถึงผลของการเปลี่ยนแปลงในระบบการผลิตของกลุ่มอุตสาหกรรมที่ใช้เหล็กแผ่นโดยเฉพาะระบบอุตสาหกรรมที่ล้อมรอบกลุ่มอุตสาหกรรมที่ใช้เหล็กแผ่นและมูลค่าการใช้ปัจจัยสนับสนุนการผลิต เมื่อราคาหรืออัตราต่อหน่วยของปัจจัยสนับสนุนการผลิตเหล่านั้นเปลี่ยนแปลง หรือตามแนวทางของทฤษฎีการถดถอยก็คือการหาสมการที่จะมาแสดงความสัมพันธ์ (Function Relationship) ระหว่างตัวแปรตาม (Dependent Variables or Response) ซึ่งในส่วนนี้ก็คือ ส่วนต่าง ๆ ในระบบอุตสาหกรรมกับตัวแปรอิสระ (Indipendent Variables) ในที่นี้คือ ราคาหรือ อัตราต่อหน่วยของปัจจัยสนับสนุนการผลิต (สิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรมที่สนใจ) ดังนั้นจะขอแยกส่วนของตัวแปรตามหรือ Dependent Variables ออกเป็น 2 ส่วน คือ ในส่วนแรกคือ มูลค่าการใช้ปัจจัยสนับสนุนการผลิตทั้ง 4 ชนิด (ด้านแรงงาน, ไฟฟ้า, ประปา และน้ำมัน) ของทั้ง 3 อุตสาหกรรม ในส่วนที่สองคือ ระบบอุตสาหกรรมที่ล้อม

รอบกลุ่มอุตสาหกรรมที่ใช้เหล็กแผ่น จะเห็นว่า ตัวแปรตามในส่วนแรกคือ มูลค่าการใช้ปัจจัยสนับสนุนการผลิตทั้ง 4 ชนิด ของกลุ่มอุตสาหกรรมที่ใช้เหล็กแผ่น คือ มูลค่าการใช้ปัจจัย ด้านค่าแรงงาน ด้านค่าไฟฟ้า ค่าประปา และค่าน้ำมันเชื้อเพลิง นั้น น่าจะมีความสัมพันธ์กันโดยตรงกับราคาหรืออัตราต่อหน่วยของปัจจัยเหล่านั้น กล่าวคือ ในแต่ละอุตสาหกรรมย่อมจะมีการเปลี่ยนแปลงมูลค่าการใช้ ปัจจัยสนับสนุนการผลิตเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงราคา หรือ อัตราต่อหน่วยปัจจัยเหล่านั้น นั่นก็คือ สิ่งที่ระบบการผลิตของอุตสาหกรรมที่ใช้เหล็กแผ่น หรือ กลุ่มอุตสาหกรมที่ใช้เหล็กแผ่นจะได้รับผลโดยตรง เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงราคาปัจจัยสนับสนุนการผลิตและเมื่อมูลค่าการใช้ปัจจัยสนับสนุนการผลิตเหล่านั้นเปลี่ยนแปลงย่อมส่งผลต่อเนื่องไปยังระบบอุตสาหกรรมที่ล้อมรอบกลุ่มอุตสาหกรรมที่ใช้เหล็กแผ่น เพราะโดยปกติปัจจัยสนับสนุนการผลิตย่อมมีความสัมพันธ์หรือเป็นสัดส่วนกับมูลค่าการใช้วัตถุดิบ และผลผลิต (ระบบอุตสาหกรรมที่ล้อมรอบกลุ่มอุตสาหกรรมที่ใช้เหล็กแผ่นคือมูลค่าการใช้วัตถุดิบจากภาคอุตสาหกรรมอื่น กับมูลค่าการบริโภคผลผลิตของอุตสาหกรรมที่ต่อเนื่อง) ดังนั้นในการศึกษานี้จึงแบ่งการศึกษาความสัมพันธ์ออกเป็น 2 ส่วน เพื่อกำหนดรูปแบบทางคณิตศาสตร์ที่จะใช้ในการพยากรณ์ ดังนี้

1. ความสัมพันธ์ระหว่าง ราคาหรืออัตราต่อหน่วยของปัจจัยสนับสนุนการผลิตทั้ง 4 ชนิด กับมูลค่าการใช้ปัจจัยสนับสนุนการผลิตทั้ง 4 ชนิด ของกลุ่มอุตสาหกรรมที่ใช้เหล็กแผ่นทั้ง 3 อุตสาหกรรม

2. ความสัมพันธ์ระหว่างมูลค่าการใช้ปัจจัยสนับสนุนการผลิตทั้ง 4 ชนิดของแต่ละอุตสาหกรรมกับระบบอุตสาหกรรมที่ล้อมรอบกลุ่มอุตสาหกรรมที่ใช้เหล็กแผ่น

และเพื่อให้สอดคล้องกับวิธีการทางเศรษฐมิติ จึงได้แบ่งส่วนการวิเคราะห์เป็นขั้นตอนดังนี้

- กำหนดรูปแบบสมการทางคณิตศาสตร์
- คำนวณหาค่าพารามิเตอร์
- ทดสอบสมมติฐานของค่าพารามิเตอร์ทางสถิติ

4.1 การกำหนดรูปแบบสมการทางคณิตศาสตร์

4.1.1 การกำหนดรูปแบบสมการทางคณิตศาสตร์ของความสัมพันธ์ในส่วนที่ 1

ในส่วนนี้จะแสดงให้เห็นรูปแบบของสมการที่แสดงให้ผลโดยตรงที่จะชี้ให้เป็น

ถึงการเปลี่ยนแปลงราคาหรืออัตราต่อหน่วยของปัจจัยสนับสนุนการผลิตทั้ง 4 ชนิดต่อระบบการผลิตของกลุ่มอุตสาหกรรมที่ใช้เหล็กแผ่น ซึ่งในส่วนที่จะได้รับผลโดยตรง คือ มูลค่าการใช้ปัจจัยสนับสนุนการผลิตทั้ง 4 ชนิดของกลุ่มอุตสาหกรรมที่ใช้เหล็กแผ่นทั้ง 3 อุตสาหกรรม โดยการศึกษาจากพฤติกรรมในอดีตในการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของกลุ่มตัวแปรทั้ง 2 กลุ่ม ในที่นี้กำหนดให้มูลค่าการใช้ปัจจัยสนับสนุนการผลิตของกลุ่มอุตสาหกรรมที่ใช้เหล็กแผ่น เป็นตัวแปรตาม (Dependent Variables) และให้ราคาหรืออัตราต่อหน่วยของปัจจัยสนับสนุนการผลิตเป็นตัวแปรอิสระหรือปัจจัยอิสระ (Independent Variables) หรือในทางเศรษฐศาสตร์ถือเป็นตัวแปรนอกระบบอิสระ (Exogenous Variables) แต่เนื่องจากมูลค่าการใช้ปัจจัยสนับสนุนการผลิต มีความสัมพันธ์ร่วมกับอัตราหรือราคาต่อหน่วยของปัจจัยสนับสนุนการผลิต กล่าวคือ มูลค่าการใช้ปัจจัยต่าง ๆ คือความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการใช้และราคาของปัจจัยนั้น ๆ (นั่นคือมีราคาเป็นตัวร่วม) ดังนั้นเมื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างมูลค่าการใช้ปัจจัยสนับสนุนการผลิตกับราคาของปัจจัยนั้น ๆ ย่อมจะมีข้อผิดพลาดเกิดขึ้นได้ (เพราะมีตัวร่วมคือราคาของปัจจัยนั้น ๆ) ดังนั้นต้องกำจัดอิทธิพลของราคาในมูลค่าการใช้ปัจจัยสนับสนุนการผลิตเสียก่อน โดยในที่นี้ใช้ตัวปรับค่า (Deflator)* เป็นตัวลดอิทธิพลของราคาซึ่งตัวปรับค่าใช้ค่าดัชนีราคา (Price Index) เป็นตัวหาร ซึ่งจากข้อมูลที่จัดทำโดยกองบัญชีรายได้ประชาชาติ คณะกรรมการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ได้จัดทำไว้และใช้ปี พ.ศ.2515 (ค.ศ.1972) เป็นปีฐาน สามารถสรุปบางรายการที่สนใจดังแสดงในตารางที่ 4.1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

---

* Deflator เป็นค่าดัชนีที่เกิดจากการเปรียบเทียบค่าราคาของปีต่าง ๆ กับปีฐาน (Base Year) ปีใดปีหนึ่ง (ซึ่งเลือกจากปีที่มีสภาวะการณ์ปกติทั้งทางเศรษฐกิจ สังคม การเมือง ไม่มีการปฏิวัติ ฯลฯ ปกติตัวปรับค่า (Deflator) คือ ค่าดัชนีราคา (Price Index) การปรับค่าส่วนใหญ่ใช้ในการปรับเพื่อแก้ภาพลวงตาของเงินตรา (Money Illusion) ของการวัดความจำเริญทางเศรษฐกิจ ซึ่งวัดโดยผลิตภัณฑ์ประชาชาติเบื้องต้น (Gross National Product)

ตารางที่ 4.1 แสดงค่า Deflator บางรายการที่สนใจ

ปี พ.ศ.	2515	2521	2522	2523	2524	2525	2526	2527
แรงคน	100	404.95	509.20	618.39	737.26	879.10	979.05	11.4123
ไฟฟ้า	100	111.18	115.21	111.20	169.88	211.91	214.52	2.2969
ประปา	100	151.21	137.74	129.94	167.86	235.91	304.19	2.7410
น้ำมัน	100	231.79	338.65	467.63	545.09	490.47	471.47	5.4264

(หน่วย : เปอร์เซ็นต์)

- ข้อมูลจากกองบัญชีรายได้ประชาชาติ คณะกรรมการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ

ดังนั้นให้

$$v(Q)_{ij} = v_{ij}/\bar{P}_i \quad \text{.....4.1}$$

โดยที่ $v(Q)_{ij}$ = มูลค่าการใช้ปัจจัยสนับสนุนการผลิตชนิดที่ i ของอุตสาหกรรม j (ที่ถูกตัดอิทธิพลของราคาแล้ว) หรือมูลค่าการใช้ที่แท้จริง

v_{ij} = มูลค่าการใช้ปัจจัยสนับสนุนการผลิตชนิดที่ i ของอุตสาหกรรม j

$\bar{P}_i$ = ตัวปรับค่า (Deflator) หรือค่าดัชนีราคาที่เปรียบเทียบกับค่าในปีฐาน (พ.ศ.2515) ของปัจจัยสนับสนุนการผลิตชนิดที่ i

ซึ่งมูลค่าการใช้ปัจจัยสนับสนุนการผลิตแต่ละชนิดของอุตสาหกรรมที่ใช้เหล็กแผ่นทั้ง 3 อุตสาหกรรมที่ตัดอิทธิพลราคาแล้ว สามารถสรุปได้ดังตารางต่อไปนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.2 แสดงมูลค่าการใช้แรงงานของทั้ง 3 อุตสาหกรรม (ตัดอิทธิพลของราคาแล้ว)

ปี พ.ศ.	2521	2522	2523	2524	2525	2526	2527
อุตสาหกรรมแผ่นเหล็กเคลือบดีบุก	3.714	3.888	3.978	3.752	3.276	3.095	3.367
อุตสาหกรรมแผ่นเหล็กอาบสังกะสี	14.076	15.043	11.263	11.407	10.252	10.279	8.440
อุตสาหกรรมท่อเหล็ก	13.843	11.361	9.957	8.222	6.477	6.215	6.409

ตารางที่ 4.3 แสดงมูลค่าการใช้จ่ายด้านค่าไฟฟ้าของทั้ง 3 อุตสาหกรรม (ตัดอิทธิพลราคาแล้ว)

ปี พ.ศ.	2521	2522	2523	2524	2525	2526	2527
อุตสาหกรรมแผ่นเหล็กเคลือบดีบุก	6.062	7.457	11.691	12.421	10.523	10.861	12.452
อุตสาหกรรมแผ่นเหล็กอาบสังกะสี	3.037	3.601	5.438	6.591	5.260	6.680	5.149
อุตสาหกรรมท่อเหล็ก	18.863	18.856	22.330	20.100	20.421	24.073	25.214

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.4 แสดงมูลค่าการใช้จ่ายด้านค่าน้ำประปาของอุตสาหกรรมท่อเหล็ก (ตัดอิทธิพลราคาแล้ว)

ปี พ.ศ.	2521	2522	2523	2524	2525	2526	2527
อุตสาหกรรมท่อเหล็ก	0.224	0.309	0.372	0.118	0.039	0.043	0.046

ตารางที่ 4.5 แสดงมูลค่าการใช้จ่ายด้านน้ำมันเชื้อเพลิงของทั้ง 3 อุตสาหกรรม (ตัดอิทธิพลราคาแล้ว)

ปี พ.ศ.	2521	2522	2523	2524	2525	2526	2527
อุตสาหกรรมแผ่นเหล็กเคลือบดีบุก	0.742	0.744	0.954	1.070	1.199	1.298	1.471
อุตสาหกรรมแผ่นเหล็กอาบสังกะสี	3.940	3.994	3.589	4.656	4.887	4.801	4.610
อุตสาหกรรมท่อเหล็ก	13.174	12.701	11.948	14.363	14.301	16.914	16.396

ดังนั้นจะสามารถหาความสัมพันธ์ของมูลค่าการใช้ปัจจัยสนับสนุนการผลิตแต่ละชนิดของแต่ละอุตสาหกรรม (ซึ่งตัดอิทธิพลราคาแล้ว) กับอัตราหรือราคาต่อหน่วยของปัจจัยสนับสนุนแต่ละชนิดได้ดังสูตรความสัมพันธ์ ดังนี้คือ

$$v(Q)_{ij} = f(P_i)$$

โดยที่

$v(Q)_{ij}$ = มูลค่าการใช้ปัจจัยสนับสนุนการผลิตชนิดที่ i อุตสาหกรรม j (ตัดอิทธิพลราคาแล้ว) หรือมูลค่าการใช้ที่แท้จริง

P_i = ราคาหรืออัตราต่อหน่วยของปัจจัยสนับสนุนการผลิตชนิดที่ i

ในที่นี้ i = 1,...., 4 โดยที่

i = 1 คือ ปัจจัยสนับสนุนการผลิตด้านแรงงาน

i = 2 คือ " " ค่าไฟฟ้า

i = 3 คือ " " ค่าน้ำประปา

i = 4 คือ " " ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง

และ j = 2, 3, 4 (เพื่อให้สอดคล้องกับตารางในภาคผนวก ข) ดังนั้น

j = 2 คือ อุตสาหกรรมแผ่นเหล็กเคลือบดีบุก

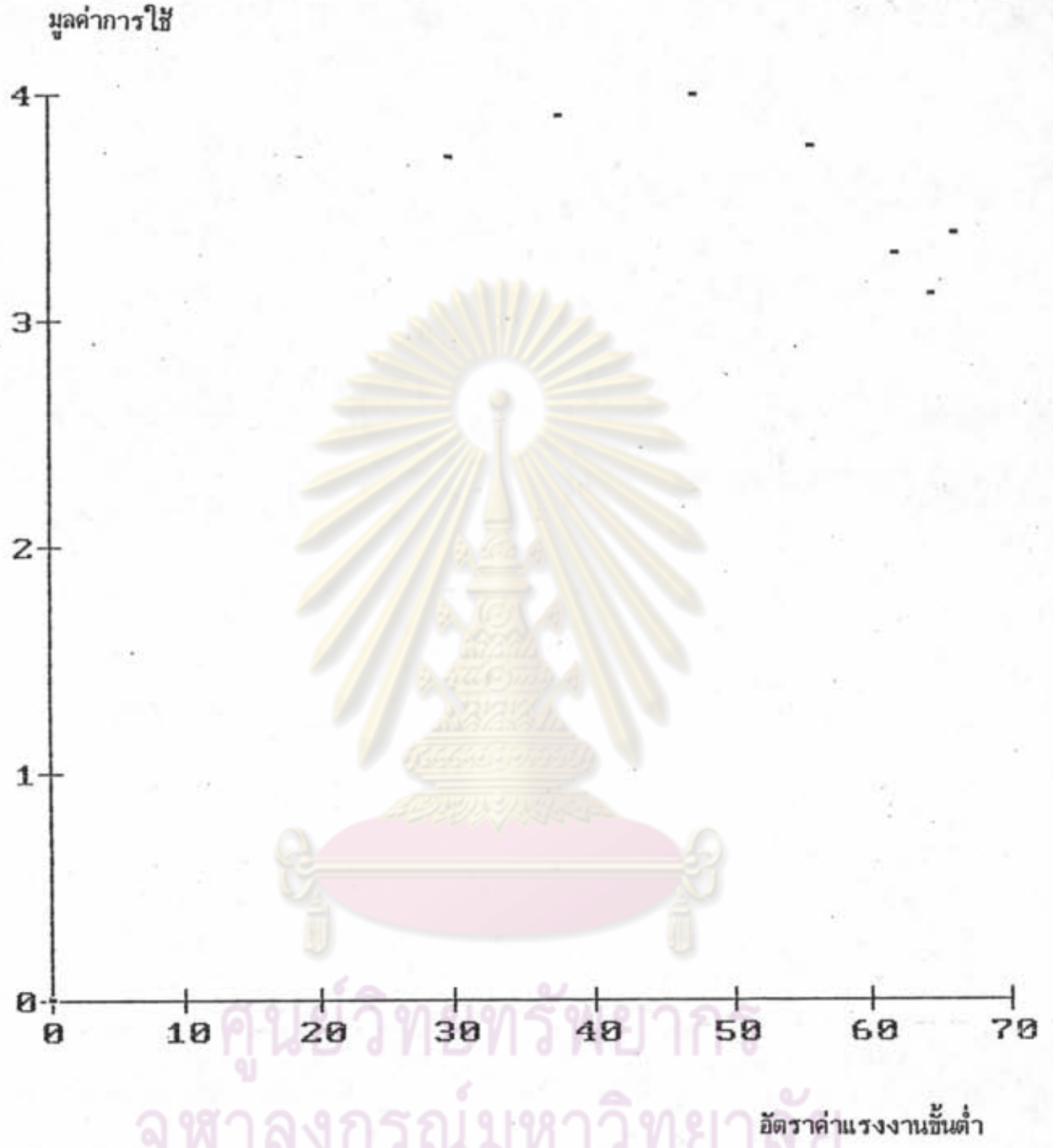
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

j = 3 คือ อุตสาหกรรมแผ่นเหล็กอาบสังกะสี

j = 4 คือ อุตสาหกรรมท่อเหล็ก

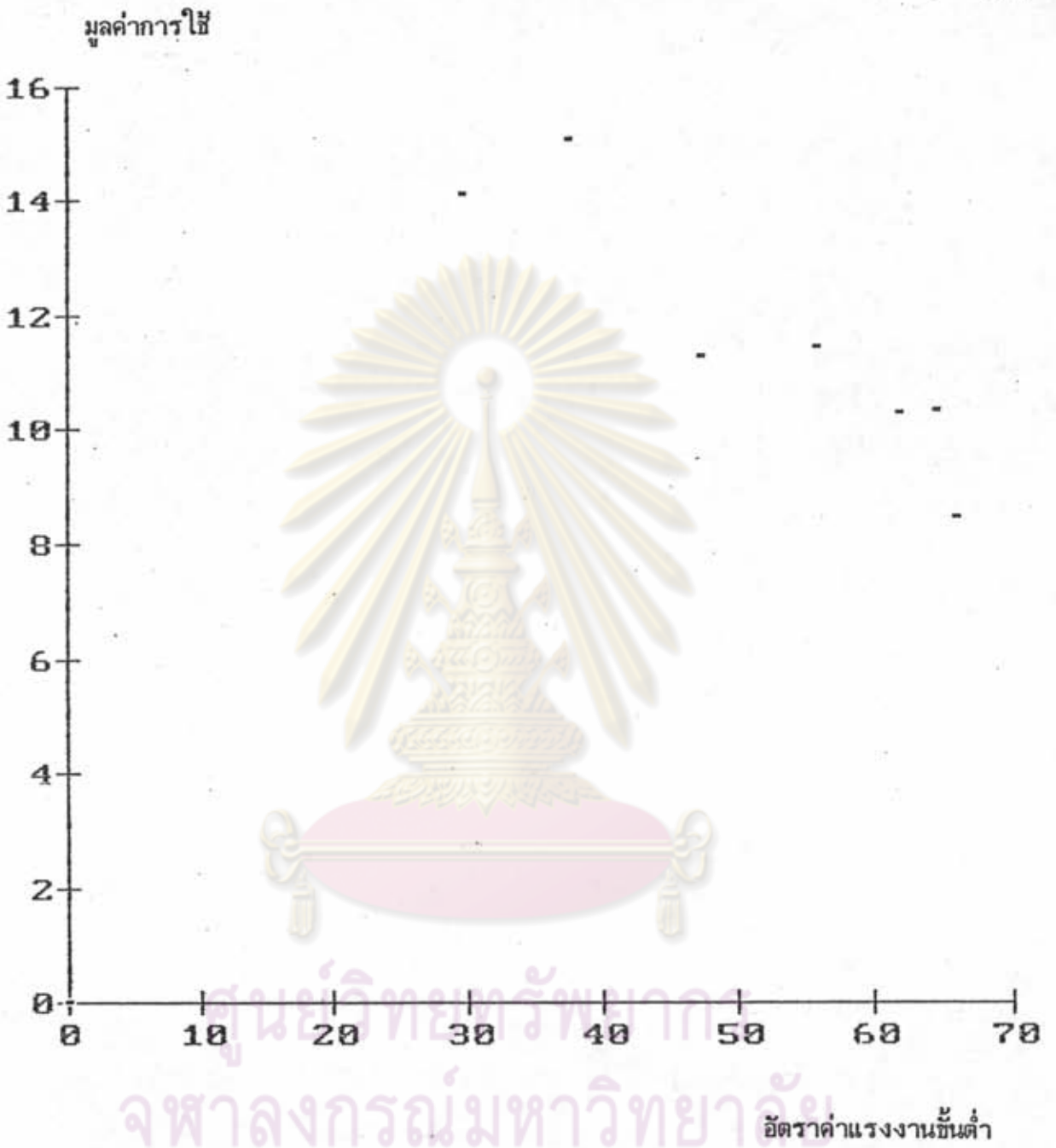
ในส่วนนี้ การพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างมูลค่าการใช้ปัจจัยสนับสนุนการผลิตแต่ละชนิดที่ใช้ในแต่ละอุตสาหกรรมเป็นอิสระต่อกัน กล่าวคือ เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ของมูลค่าการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงของอุตสาหกรรมแผ่นเหล็กเคลือบดีบุก กับราคาน้ำมันเชื้อเพลิง ย่อมเป็นอิสระและมีความสัมพันธ์ที่แตกต่างจากมูลค่าการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมอื่น ๆ ในทำนองเดียวกันการใช้ปัจจัยอื่นสำหรับอุตสาหกรรมอื่น ๆ ก็ย่อมแตกต่างกันออกไป ดังนั้นในขั้นตอนนี้จึงแยกการพิจารณาออกเป็น 10 คู่ความสัมพันธ์ (ความจริงจากปัจจัยสนับสนุนการผลิต 4 ชนิด ของ 3 อุตสาหกรรม จะมี 12 คู่ความสัมพันธ์ แต่เนื่องจากการสอบถามข้อมูลจากโรงงาน คือ จากอุตสาหกรรมแผ่นเหล็กเคลือบดีบุก และอุตสาหกรรมอ่นเหล็กอาบสังกะสีนั้น ไม่ระบุมูลค่าการใช้น้ำประปา ซึ่งโรงงานแจ้งว่า ค่าใช้จ่ายในส่วนนี้น้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับต้นทุนการผลิตชนิดอื่น ๆ จึงถือว่าค่าใช้จ่ายในส่วนนี้เป็นศูนย์) และเพื่อให้ทราบถึงความสัมพันธ์ของราคาปัจจัยสนับสนุนการผลิตแต่ละชนิดกับมูลค่าการใช้ปัจจัยสนับสนุนการผลิตแต่ละชนิดในแต่ละอุตสาหกรรม ว่ามีความสัมพันธ์กันในลักษณะใดและเพื่อให้เห็นภาพความสัมพันธ์ชัดเจนขึ้นจึงใช้กราฟเป็นเครื่องมือช่วยโดยการ Plot เป็น Scatter Diagram เพื่อชี้ให้เห็นถึงความสัมพันธ์ว่าจะมีลักษณะเป็นเชิงเส้น (Linear) หรือไม่เป็นเชิงเส้น (Non-Linear) ซึ่งผลการ Plot เป็น Scatter Diagram ของทั้ง 10 คู่ความสัมพันธ์ (คู่ความสัมพันธ์ของมูลค่าการใช้ปัจจัยสนับสนุนการผลิตแต่ละชนิดของแต่ละอุตสาหกรรมซึ่งตัดอิทธิพลของราคาแล้วในตารางที่ 4.2 ถึง 4.5 และอัตราหรือราคาต่อหน่วยของปัจจัยสนับสนุนการผลิตแต่ละชนิดจากข้อมูลในตารางที่ 2.6 ถึง 2.9 ซึ่งแสดงให้เห็นในรูปที่ 4.1 ถึง 4.10)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



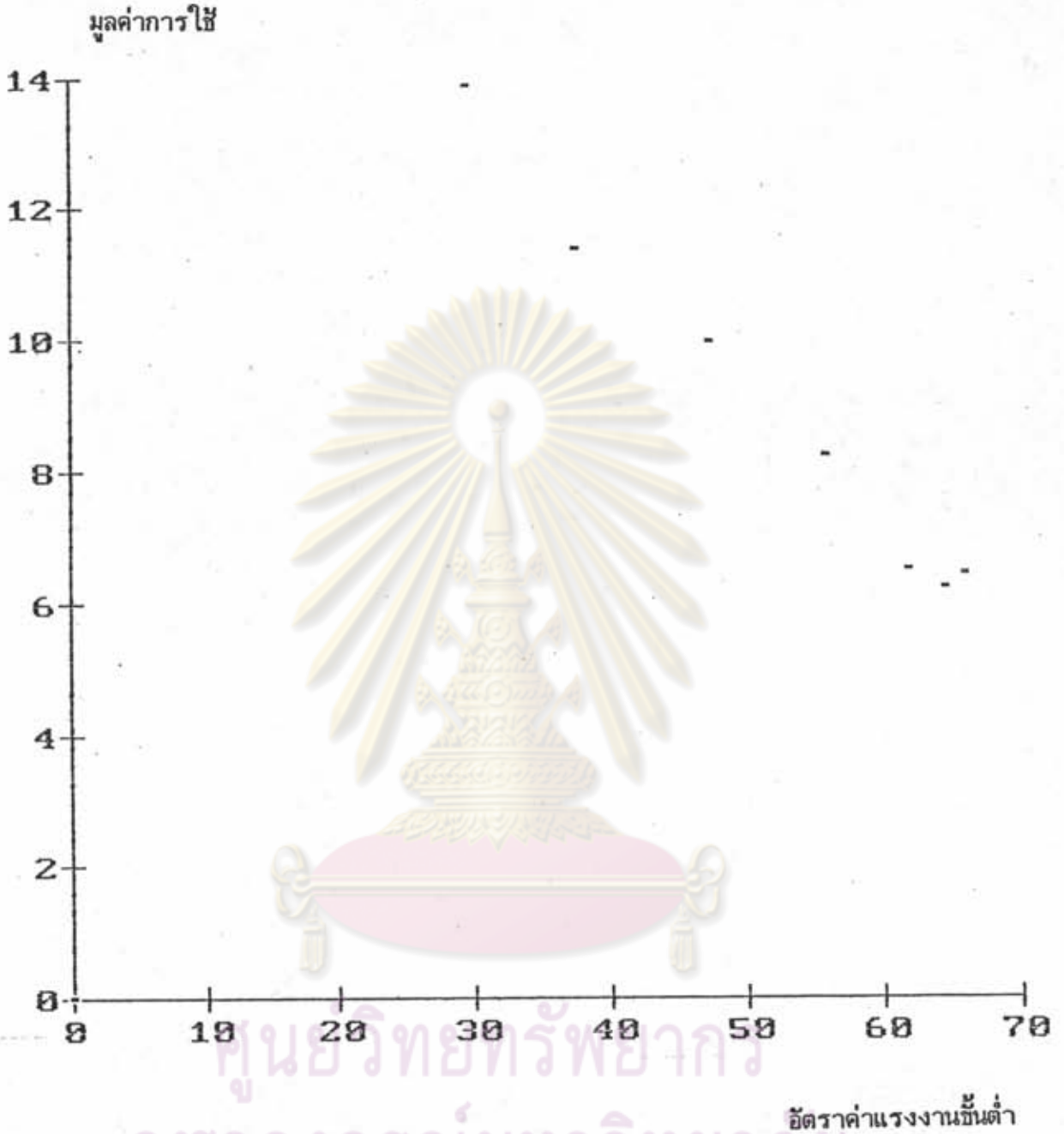
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.1 Scatter diagram แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราค่าแรงงานขั้นต่ำกับมูลค่าการใช้แรงงานของอุตสาหกรรมแผ่นเหล็กเคลือบดีบุก (ตัดอิทธิพลราคาแล้ว)



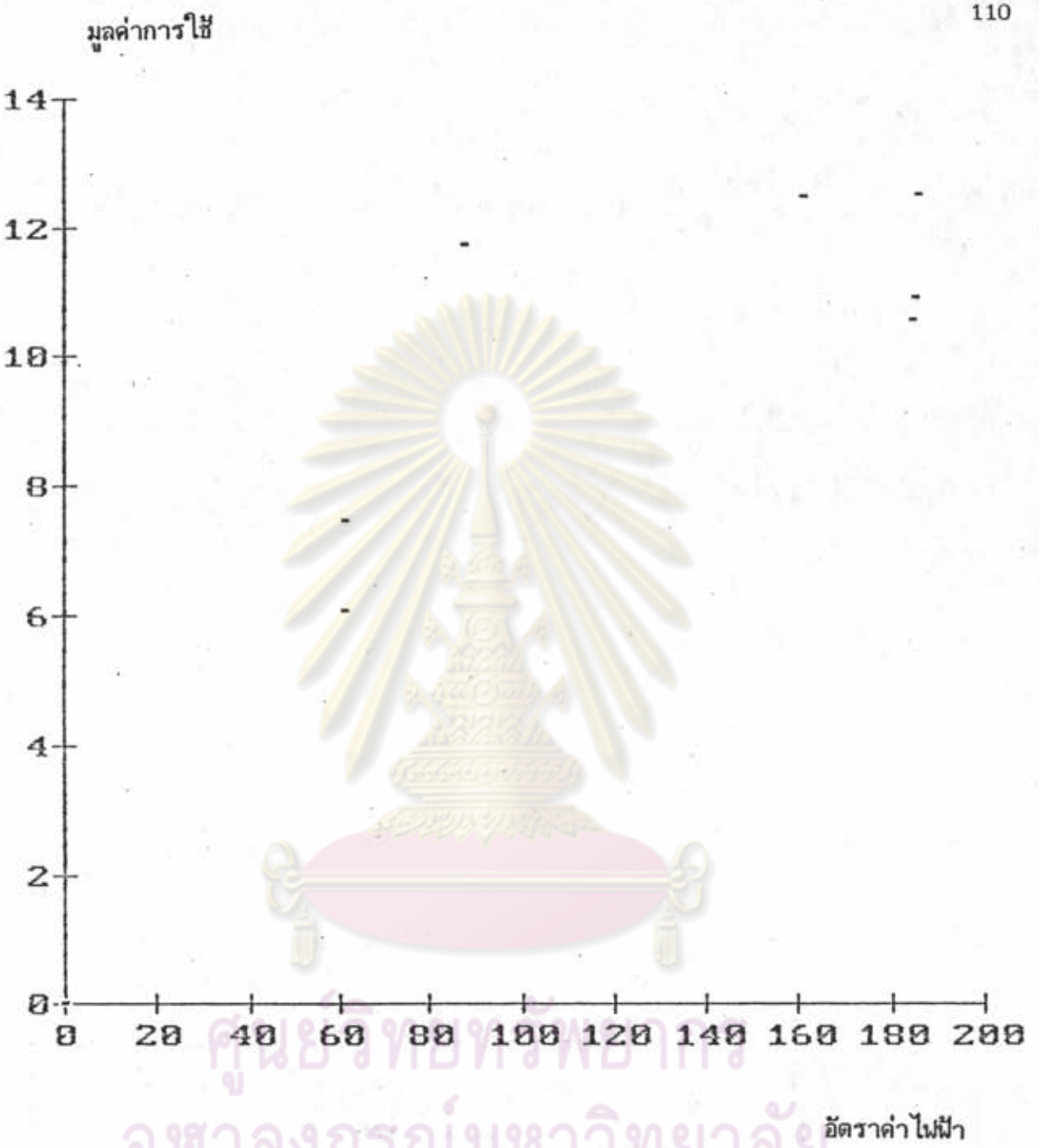
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.2 Scatter diagram แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราค่าแรงงานขั้นต่ำกับมูลค่าการใช้แรงงานของอุตสาหกรรมแผ่นเหล็กอาบสังกะสี (ตัดอิทธิพลราคาแล้ว)



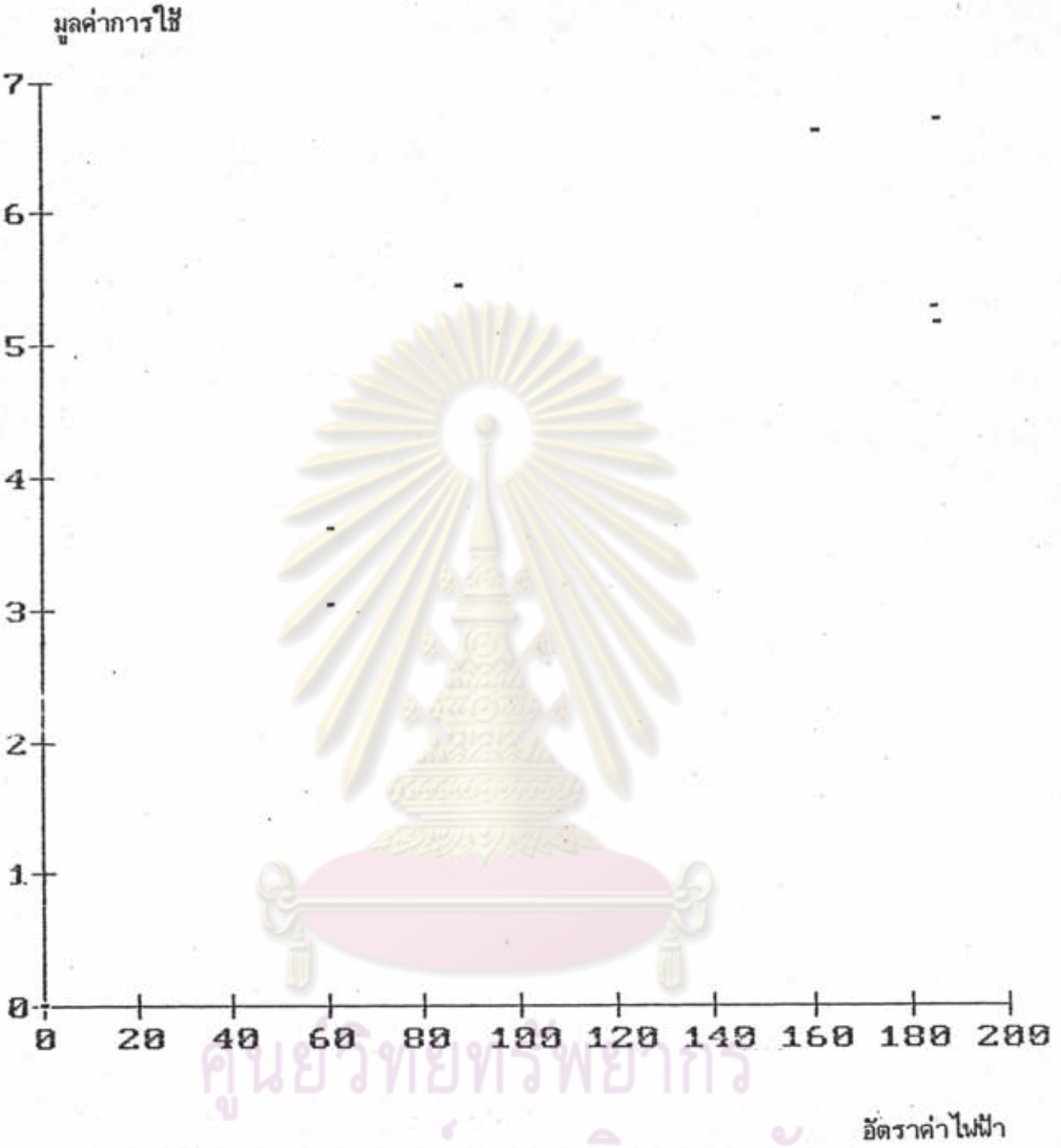
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.3 Scatter diagram แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราค่าแรงงานขั้นต่ำกับมูลค่าการใช้แรงงานของอุตสาหกรรมท่อเหล็ก (ตัดอิทธิพลราคาแล้ว)



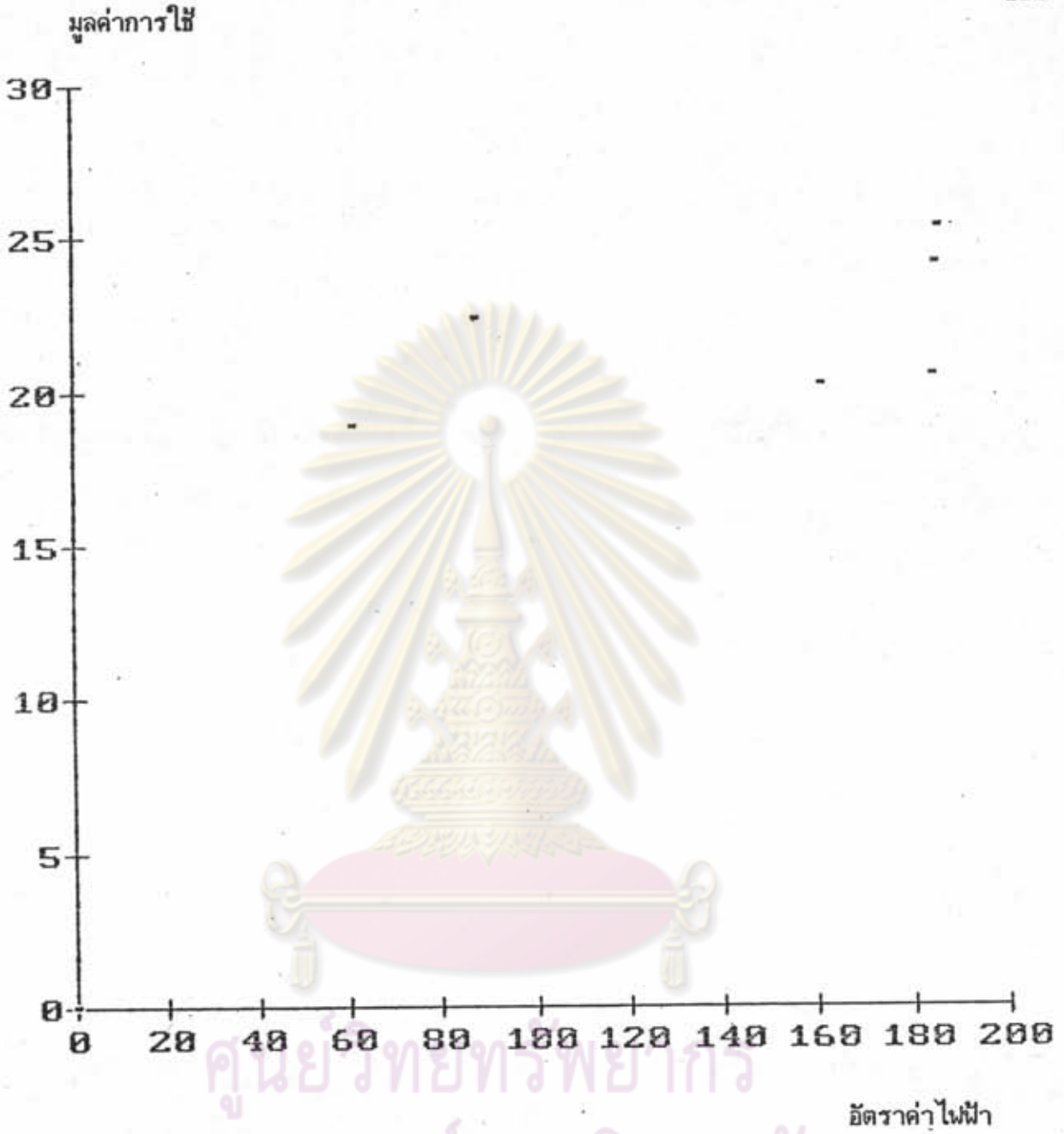
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.4 Scatter diagram แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราค่าไฟฟ้ากับมูลค่าการใช้ไฟฟ้าของอุตสาหกรรมแผ่นเหล็กเคลือบดีบุก (ตัดอิทธิพลราคาแล้ว)



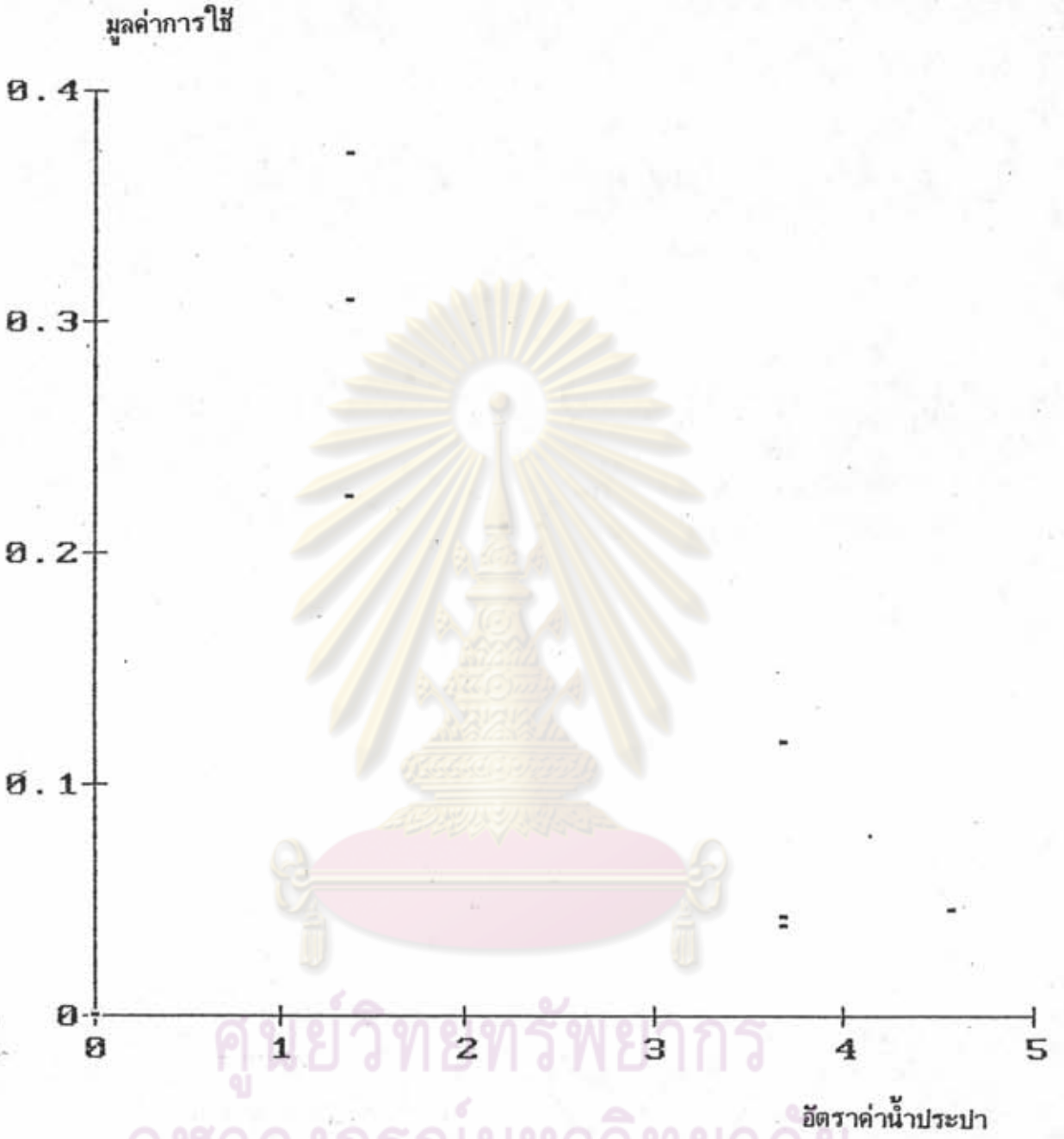
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.5 Scatter diagram แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราค่าไฟฟ้ากับมูลค่าการใช้ไฟฟ้าของอุตสาหกรรมแผ่นเหล็กอาบสังกะสี (ตัดอิทธิพลราคาแล้ว)



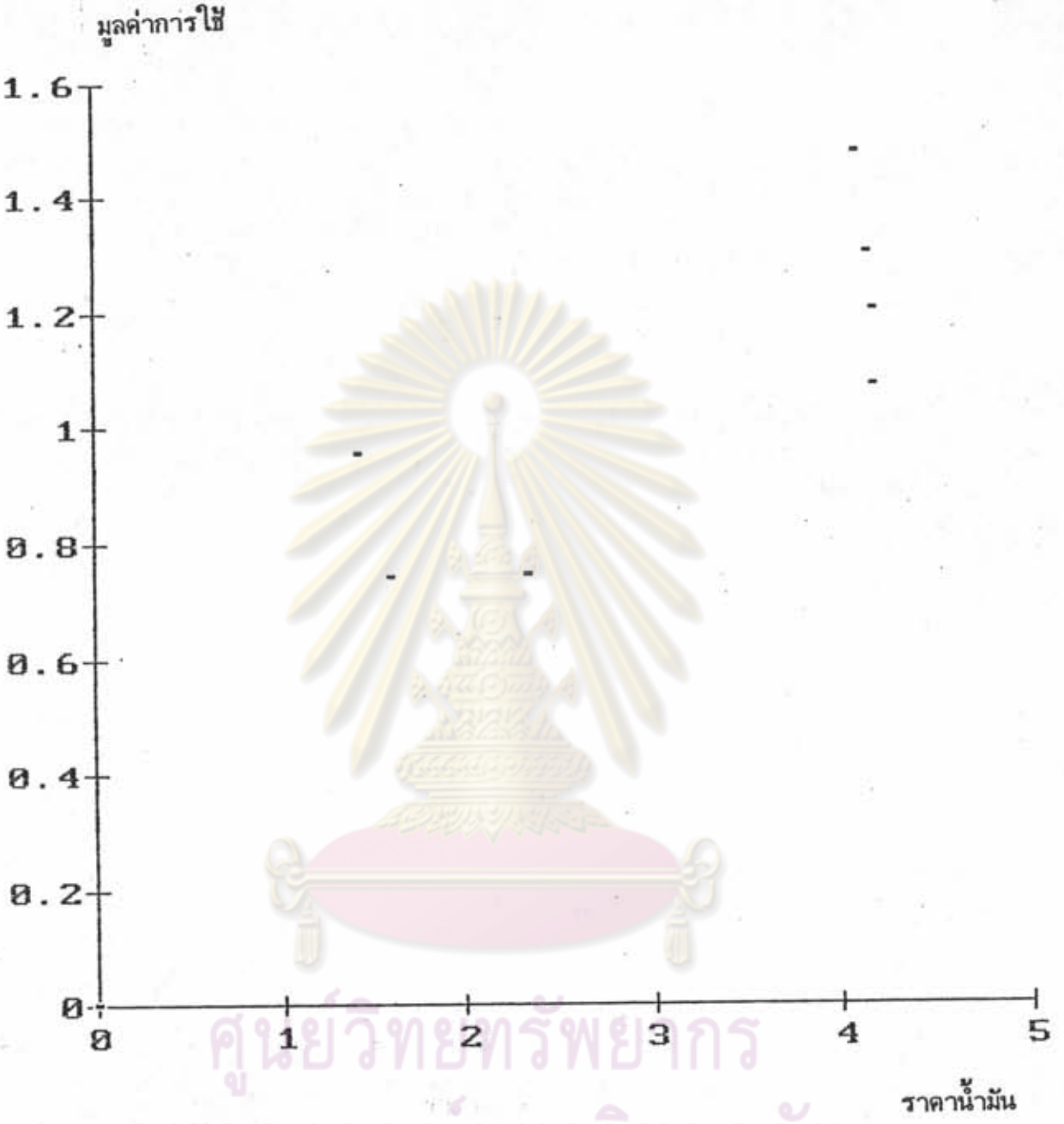
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.6 Scatter diagram แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราค่าไฟฟ้ากับมูลค่าการใช้ไฟฟ้าของอุตสาหกรรมท่อเหล็ก (ตัดอิทธิพลราคาแล้ว)



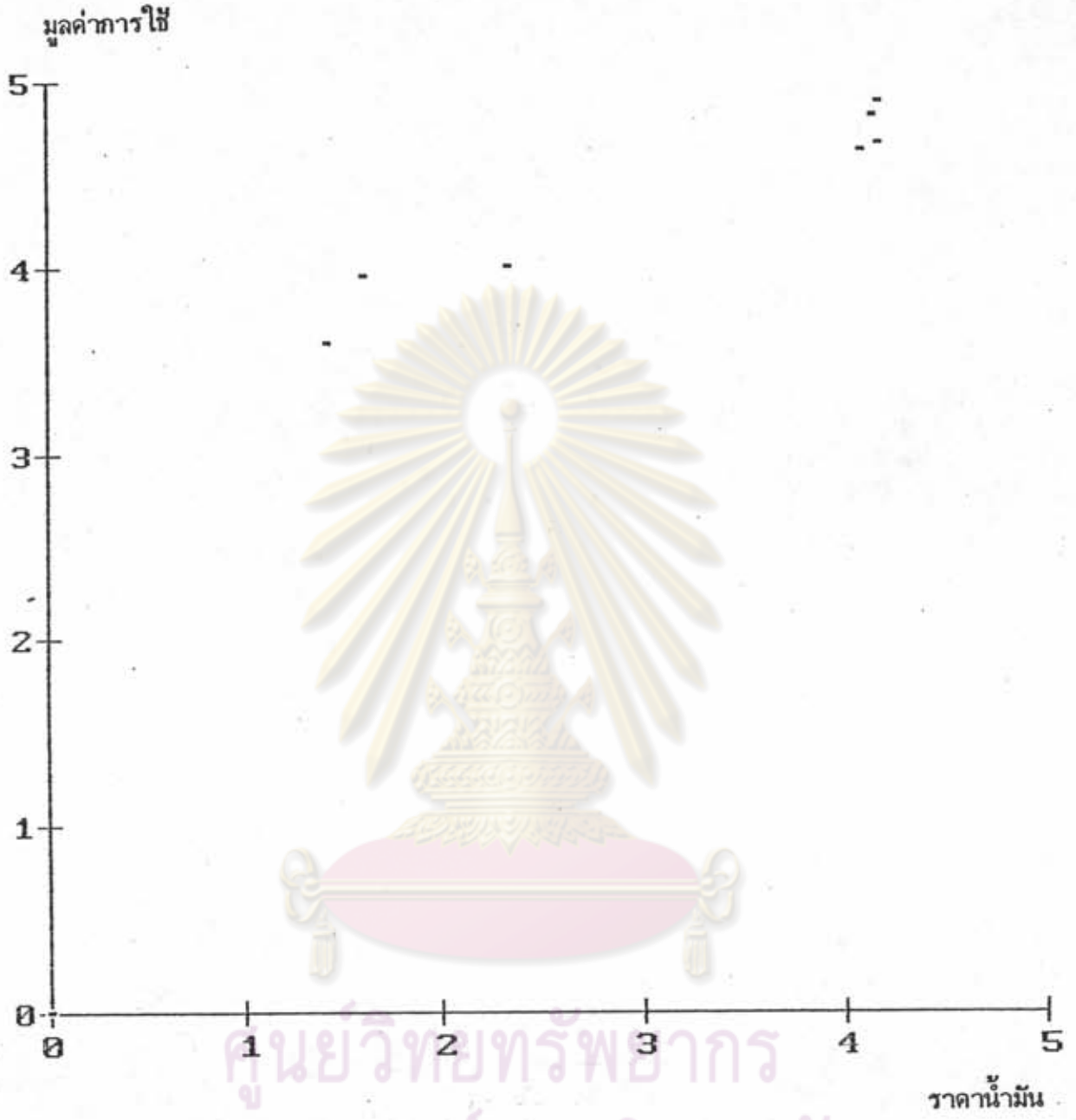
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.7 Scatter diagram แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราค่าน้ำประปากับมูลค่าการใช้น้ำประปาของอุตสาหกรรมท่อเหล็ก (ตัดอิทธิพลราคาแล้ว)



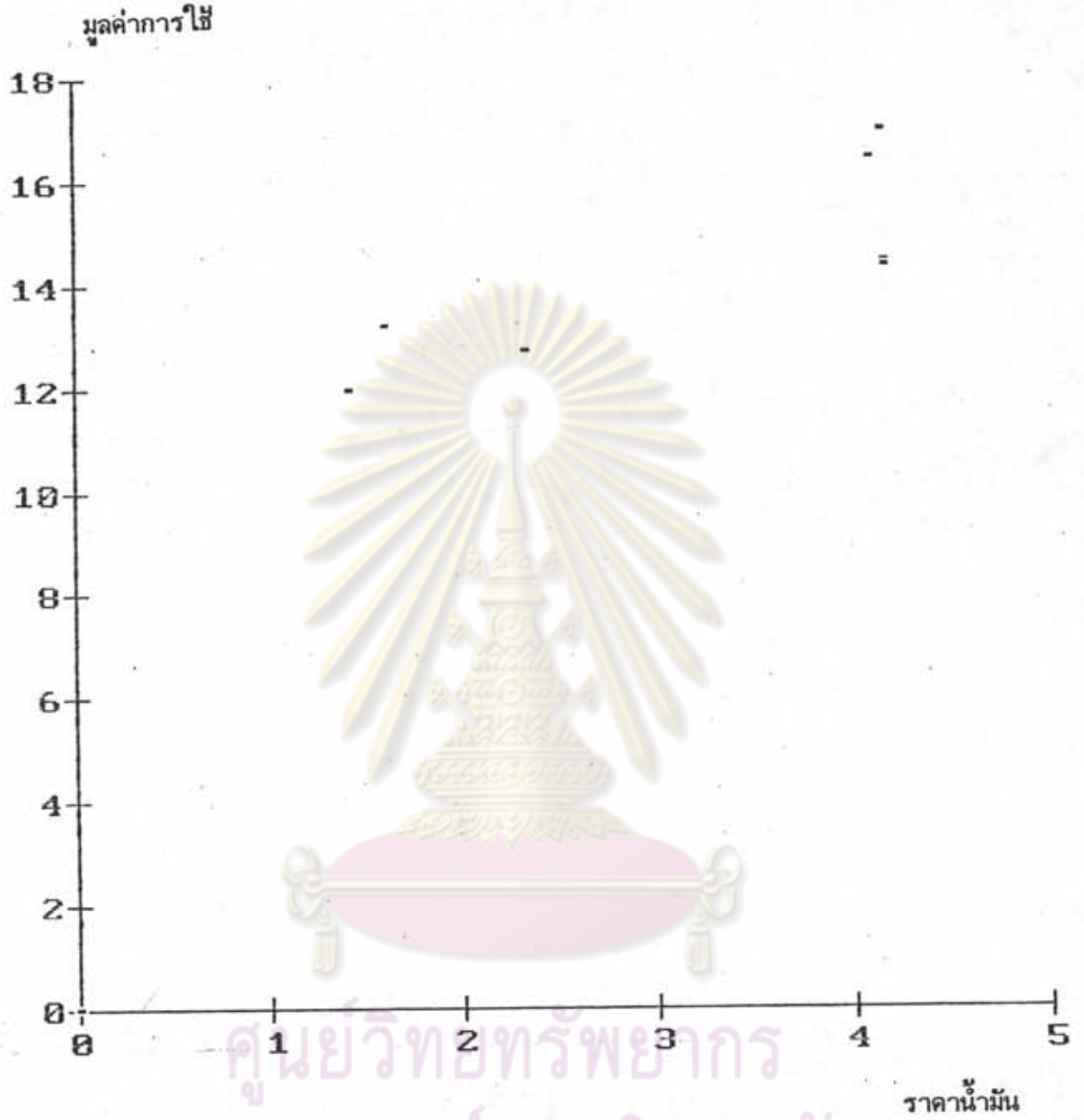
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.8 Scatter diagram แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราค่าน้ำมันกับมูลค่าการใช้น้ำมันของอุตสาหกรรมแผ่นเหล็กเคลือบดีบุก (ตัดอิทธิพลราคาแล้ว)



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.9 Scatter diagram แสดงความสัมพันธ์ระหว่างราคาน้ำมันกับมูลค่าการใช้น้ำมันของอุตสาหกรรมแผ่นเหล็กอาบสังกะสี (ตัดอิทธิพลราคาแล้ว)



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.10 Scatter diagram แสดงความสัมพันธ์ระหว่างราคาน้ำมันกับมูลค่าการใช้น้ำมันของอุตสาหกรรมท่อเหล็ก (ตัดอิทธิพลราคาแล้ว)

ซึ่งจากรูปจะเห็นว่า ความสัมพันธ์ของข้อมูลส่วนใหญ่จะเป็นเชิงเส้นตรง โดยใช้หลักการของ Linear Regression ดังนั้นรูปแบบขั้นต้นของความสัมพันธ์ทั้ง 10 คู่ ซึ่งเป็นรูปแบบแบบ Proabilistic Mathematical Model และมีสมการเส้นถดถอยคือ

$$\upsilon(Q)_{ij} = \alpha + \beta_{ij} P_i + \epsilon_i$$

โดยมีสมมติฐานดังนี้ (12)

1. α และ β_i เป็นค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย (ค่าคงที่ของสมการเส้นตรง)

2. $\upsilon(Q)_{ij}$ เป็นตัวแปรตามซึ่งมีความสัมพันธ์กับ P_i ในรูปแบบของสมการเส้นตรง

3. ϵ_i คือ ค่าของความแตกต่างของ υ ที่เกิดขึ้นจริงกับ υ บนเส้นถดถอย นั่นคือ $\epsilon_i = \upsilon - \hat{\upsilon}$ คือค่าของ $\upsilon(Q)_{ij}$ บนเส้นถดถอย หรือในบางครั้งจะเรียกว่า ϵ_i ว่าเป็นตัวแปรสุ่ม หรือตัวรบกวน (Stochastic Disturbance)

4. ค่าของ ϵ_i เป็นอิสระต่อกันกล่าวคือ ความเบี่ยงเบนออกจากเส้นถดถอยของข้อมูลตัวหนึ่ง ไม่มีผลต่อความเบี่ยงเบนของข้อมูลตัวอื่น ๆ โดยที่ค่าเฉลี่ยของ $\epsilon_i = 0$ และมีความเบี่ยงเบนเท่ากับ σ_ϵ^2 โดยที่ ϵ_i เป็น $N(O, \sigma^2)$

5. ความเบี่ยงเบน ϵ_i มีลักษณะการกระจายของความน่าจะเป็นแบบปกติ (Normal)

ดังนั้นเส้นตรงถดถอยที่ประมาณจากตัวอย่าง คือ

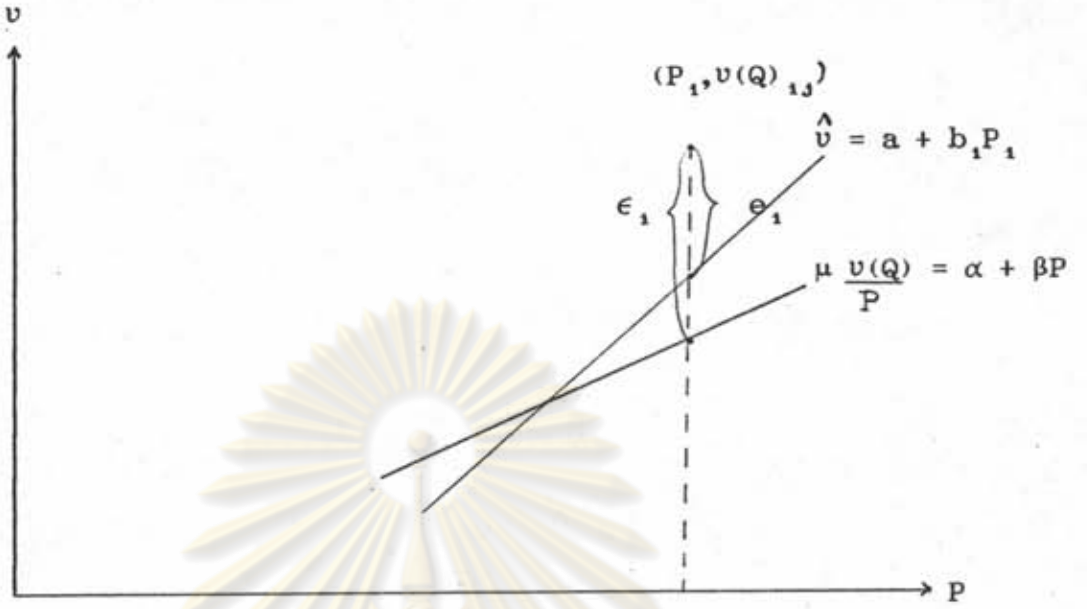
$$\hat{\upsilon}(Q)_{ij} = a + b_{ij}P_i \quad \text{.....4.2}$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แต่ละคู่ลำดับต้องสอดคล้องกับความสัมพันธ์

$$\upsilon(Q)_{ij} = a + b_{ij}P_i + e_i$$

เรียก e_i ว่าเป็นส่วนที่เหลือ (Residual) ผลต่างระหว่าง e_i กับ ϵ_i แสดงในรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.11

ดังนั้นจะได้สมการเส้นตรงถดถอยที่ประมาณจากตัวอย่างของทั้ง 10 คู่ความสัมพันธ์โดยใช้สมการที่ 4.2

4.1.2 <u>การกำหนดรูปแบบสมการทางคณิตศาสตร์ของความสัมพันธ์ในส่วนที่ 2</u>

ในส่วนนี้จะแสดงให้เห็นรูปแบบของสมการที่แสดงให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างมูลค่าการใช้ปัจจัยสนับสนุนการผลิต กับระบบอุตสาหกรรมที่ล้อมรอบกลุ่มอุตสาหกรรมที่ใช้เหล็กแผ่น (ในรูปของมูลค่าการใช้วัตถุดิบจากภาคอุตสาหกรรมและมูลค่าของผลผลิตที่ส่งไปยังอุตสาหกรรมต่อเนื่อง ของแต่ละอุตสาหกรรมในกลุ่มอุตสาหกรรมที่ใช้เหล็กแผ่น) เพื่อบอกถึงผลต่อเนื่องว่าเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงราคาหรือ อัตราต่อหน่วยของปัจจัยสนับสนุนการผลิต แล้วส่งผลไปยังระบบการผลิต คือ ในส่วนของมูลค่าที่แท้จริงของการใช้ปัจจัยสนับสนุนการผลิตเหล่านั้นในแต่ละอุตสาหกรรม จะส่งผลต่อเนื่องไปยังระบบอุตสาหกรรมที่ล้อมรอบกลุ่มอุตสาหกรรมที่ใช้เหล็กแผ่นอย่างไร

ซึ่งในส่วนของระบบอุตสาหกรรมที่ล้อมรอบกลุ่มอุตสาหกรรมที่ใช้เหล็กแผ่น มีกลุ่มของอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องอยู่ 2 กลุ่ม กล่าวคือ

1. กลุ่มอุตสาหกรรมที่ป้อนวัตถุดิบไปยังกลุ่มอุตสาหกรรมที่ใช้เหล็กแผ่น

2. กลุ่มอุตสาหกรรมที่บริโภคผลผลิตของกลุ่มอุตสาหกรรมที่ใช้เหล็กแผ่น เพื่อนำไปใช้เป็นวัตถุดิบต่อไป)

โดยที่ในแต่ละกลุ่มได้กล่าวถึงแล้วในบทที่ 2 และได้แสดงตารางมูลค่าการไหลของผลผลิตไปแล้วในภาคผนวก ข. จะเห็นว่าทั้ง 2 กลุ่มอุตสาหกรรมนี้ ต่างก็มีความสัมพันธ์กับมูลค่าที่แท้จริงของการใช้ปัจจัยสนับสนุนการผลิตของกลุ่มอุตสาหกรรมที่ใช้เหล็กแผ่นทั้งสิ้น กล่าวคือ

ในกลุ่มที่ 1 คือ กลุ่มอุตสาหกรรมที่ป้อนวัตถุดิบไปยังกลุ่มอุตสาหกรรมที่ใช้เหล็กแผ่นหรือในรูปของมูลค่าการป้อนวัตถุดิบไปยังกลุ่มอุตสาหกรรมที่ใช้เหล็กแผ่นกับมูลค่าการใช้ปัจจัยสนับสนุนการผลิตของกลุ่มอุตสาหกรรมที่ใช้เหล็กแผ่น มีความสัมพันธ์กัน คือ แต่ละส่วนต่างก็เป็นปัจจัยการผลิตของอุตสาหกรรมที่ใช้เหล็กแผ่น ซึ่งในการศึกษานี้ตั้งสมมติฐานขั้นต้นว่า มีความสัมพันธ์กันโดยมูลค่าการใช้ปัจจัย (วัตถุดิบ) จากภาคอุตสาหกรรม เป็นส่วนที่แปรผันตามโดยได้รับอิทธิพลจากมูลค่าที่แท้จริงของการใช้ปัจจัยการสนับสนุนการผลิตทั้ง 4 ชนิด และไม่คำนึงถึงอิทธิพลการเปลี่ยนแปลงจากปัจจัยอื่น และในแต่ละอุตสาหกรรรมภายในกลุ่มอุตสาหกรรมที่ใช้เหล็กแผ่น ต่างก็มีปริมาณการใช้ปัจจัยแต่ละชนิดต่างกัน คือเป็นอิสระต่อกัน ดังนั้น

มูลค่าการใช้ปัจจัย (วัตถุดิบ) จากภาคอุตสาหกรรมใด ๆ ของอุตสาหกรรมใด ๆ ในกลุ่มอุตสาหกรรมที่ใช้เหล็กแผ่น = f (มูลค่าที่แท้จริงของการใช้ปัจจัยสนับสนุนการผลิตทั้ง 4 ชนิด ในภาคอุตสาหกรรมใด ๆ ในกลุ่มอุตสาหกรรมที่ใช้เหล็กแผ่น หรือเขียนในรูปของตัวแปรทางคณิตศาสตร์ได้คือ

$$II_{ij} = f\ (v(Q)_{kj}, \ldots\ldots\ldots, v(Q)_{nj})$$

โดยที่

II_{ij} = มูลค่าของการใช้วัตถุดิบที่ผลิตจากอุตสาหกรรม i และส่งไปยังอุตสาหกรรม j (อุตสาหกรรมใด ๆ ในกลุ่มอุตสาหกรรมที่ใช้เหล็กแผ่น)

$v(Q)_{kj}$ = มูลค่าที่แท้จริงของการใช้ปัจจัยสนับสนุนการผลิตชนิดที่ k ของอุตสาหกรรม j (อุตสาหกรรมใด ๆ ในกลุ่มอุตสาหกรรมที่ใช้เหล็กแผ่น)

ส่วนในกลุ่มที่ 2 คือ กลุ่มอุตสาหกรรมที่บริโภคผลผลิตจากกลุ่มอุตสาหกรรมที่ใช้เหล็ก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผ่นมีความสัมพันธ์กับ มูลค่าการใช้ปัจจัยสนับสนุนการผลิตของกลุ่มอุตสาหกรรมที่ใช้เหล็กแผ่น คือ ในเชิงของการเป็นผลผลิตและปัจจัยการผลิต ซึ่งในการศึกษานี้ตั้งสมมติฐานขั้นต้นว่า มูลค่าการบริโภคผลผลิตของกลุ่มอุตสาหกรรมที่ใช้เหล็กแผ่น (Output) เป็นส่วนที่แปรผันตาม โดยได้รับอิทธิพลจากมูลค่าที่แท้จริงของการใช้ปัจจัยสนับสนุนการผลิตทั้ง 4 ชนิด โดยไม่คำถึงอิทธิพลของการเปลี่ยนแปลงจากปัจจัยอื่น ๆ และในแต่ละอุตสาหกรรมภายในกลุ่มอุตสาหกรรมที่ใช้เหล็กแผ่นต่างก็มีมูลค่าการจำหน่ายผลผลิตไปยังอุตสาหกรรมต่อเนื่อง และมูลค่าการใช้ปัจจัยสนับสนุนการผลิตที่เป็นอิสระต่อกัน ดังนั้น

มูลค่าการบริโภคผลผลิตของอุตสาหกรรมใด ๆ ของกลุ่มอุตสาหกรรมที่ใช้เหล็กแผ่น (อุตสาหกรรมใดอุตสาหกรรมหนึ่ง) = f (มูลค่าที่แท้จริงของการใช้ปัจจัยสนับสนุนการผลิตทั้ง 4 ชนิด ของอุตสาหกรรมใด ๆ ในกลุ่มอุตสาหกรรมที่ใช้เหล็กแผ่น

หรือเขียนในรูปของตัวแปรทางคณิตศาสตร์ได้ คือ

$$IO_{ij} = f(v(Q)_{k1}, \ldots\ldots\ldots, v(Q)_{n1})$$

โดยที่ IO_{ij} = มูลค่าของผลผลิตของอุตสาหกรรม i (อุตสาหกรรมใด ๆ ในกลุ่มอุตสาหกรรมที่ใช้เหล็กแผ่น) ที่ส่งไปยังอุตสาหกรรม j

$v(Q)_{k1}$ = มูลค่าที่แท้จริงของการใช้ปัจจัยสนับสนุนการผลิตชนิดที่ k ของอุตสาหกรรม i (อุตสาหกรรมใด ๆ ในกลุ่มอุตสาหกรรมที่ใช้เหล็กแผ่น)

เพื่อความเข้าใจให้ดูตารางในภาคผนวก ข จะเข้าใจมากขึ้น และกลุ่มอุตสาหกรรมทั้งหมดมี 7 อุตสาหกรรม คือ (i หรือ j ใด ๆ)

1. อุตสาหกรรมผลิตเหล็กแผ่น
2. อุตสาหกรรมแผ่นเหล็กเคลือบดีบุก
3. อุตสาหกรรมแผ่นเหล็กอาบสังกะสี
4. อุตสาหกรรมท่อเหล็ก
5. อุตสาหกรรมก่อสร้าง
6. อุตสาหกรรมอาหารกระป๋อง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

7. อุตสาหกรรมอื่น ๆ

และมีปัจจัยสนับสนุนการผลิต 4 ชนิดคือ (k ใด ๆ)

1. ด้านแรงงาน
2. ไฟฟ้า
3. น้ำประปา
4. น้ำมันเชื้อเพลิง

โดยที่ II_{ij} และ IO_{ij} เกิดขึ้นในลักษณะที่เป็นอิสระต่อกัน ดังนั้นจึงแยกการศึกษาความสัมพันธ์ออกเป็น 11 ชุดคือ

ในด้านมูลค่าการใช้ปัจจัย (วัตถุดิบ) จากภาคอุตสาหกรรมมี 6 ชุด ความสัมพันธ์คือ

$$II_{12} = f(\upsilon(Q)_{12}, \upsilon(Q)_{22}, \upsilon(Q)_{42})$$

$$II_{72} = f(\upsilon(Q)_{12}, \upsilon(Q)_{22}, \upsilon(Q)_{42})$$

$$II_{13} = f(\upsilon(Q)_{13}, \upsilon(Q)_{23}, \upsilon(Q)_{43})$$

$$II_{73} = f(\upsilon(Q)_{13}, \upsilon(Q)_{23}, \upsilon(Q)_{43})$$

$$II_{14} = f(\upsilon(Q)_{14}, \upsilon(Q)_{24}, \upsilon(Q)_{34}, \upsilon(Q)_{44})$$

$$II_{74} = f(\upsilon(Q)_{14}, \upsilon(Q)_{24}, \upsilon(Q)_{34}, \upsilon(Q)_{44})$$

ส่วนในด้านมูลค่าการบริโภคผลผลิตจากกลุ่มอุตสาหกรรมที่ใช้เหล็กแผ่นมี 5 ชุดความสัมพันธ์คือ

$$IO_{26} = f(\upsilon(Q)_{12}, \upsilon(Q)_{22}, \upsilon(Q)_{42})$$

$$IO_{27} = f(\upsilon(Q)_{12}, \upsilon(Q)_{22}, \upsilon(Q)_{42})$$

$$IO_{35} = f(\upsilon(Q)_{13}, \upsilon(Q)_{23}, \upsilon(Q)_{43})$$

$$IO_{45} = f(\upsilon(Q)_{14}, \upsilon(Q)_{24}, \upsilon(Q)_{34}, \upsilon(Q)_{44})$$

$$IO_{47} = f(\upsilon(Q)_{14}, \upsilon(Q)_{24}, \upsilon(Q)_{34}, \upsilon(Q)_{44})$$

โดยที่ II_{ij} และ IO_{ij} เกิดขึ้นในลักษณะที่เป็นอิสระต่อกัน ดังนั้นในการศึกษาความสัมพันธ์ จึงแยกศึกษาเป็นอิสระ ซึ่งในส่วนนี้การวิเคราะห์ผอจะอนุมานว่า เป็นความสัมพันธ์ในเชิงเส้นทั้งหมด เพราะเมื่อเราพิจารณาจากสภาพความเป็นจริงแล้วในระบบการผลิตใด ๆ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปัจจัยด้านวัตถุดิบ ปัจจัยสนับสนุนการผลิต ต่างก็เป็นปัจจัยการผลิตในรูปของค่าใช้จ่ายแปรผันต่อหน่วยใด ๆ ส่วนผลผลิตกับปัจจัยสนับสนุนการผลิต ก็เป็นความสัมพันธ์ระหว่างรายรับต่อหน่วยใด ๆ กับค่าใช้จ่ายแปรผันต่อหน่วยใด ๆ ซึ่งสัดส่วนต่าง ๆ ของรายได้หรือรายจ่ายที่ใช้ในการผลิตเมื่อคิดที่หน่วยใด ๆ หรือให้หน่วยคงที่ ทุกค่าย่อมคงที่ในการผลิตที่หน่วยใด ๆ และโดยใช้หลักทางทฤษฎีของรูปแบบสมการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ จะได้รูปแบบ Probabilistic Mathematical Model ซึ่งมีสมการเป็น

$$II_{ij} = \beta_o + \beta_{kj}\ v(Q)_{kj} + \ldots\ldots\ldots \beta_n j\ v(Q)_{nj} + \epsilon_{ij}$$

และ $$IO_{ij} = \beta_o + \beta_{k1}\ v(Q)_{k1} + \ldots\ldots\ldots \beta_{n1}\ v(Q)_{n1} + \epsilon_j$$

ซึ่งสมการดังกล่าวมีสมมติฐาน ดังนี้ (12)

1. β_o และ β_{kj} และ β_{k1} ($k = 1,\ldots,n$), ($i,j = 1,..,7$) เป็นค่าคงที่

2. II_{ij} และ IO_{ij} เป็นตัวแปรตามซึ่งมีความสัมพันธ์เชิงเส้นกับ $v(Q)_{kj}$ และ $v(Q)_{k1}$ ตามลำดับ

3. ϵ_{ij} เป็นความเบี่ยงเบนที่มีค่าเท่ากับผลต่างของ II_{ij} หรือ IO_{ij} ที่เกิดขึ้นจริงกับค่าของ II หรือ IO ที่พยากรณ์ได้บนเส้นถดถอย

4. ϵ_{ij} มีลักษณะการกระจายของความน่าจะเป็นแบบนอร์มอล ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์และมีความแปรปรวนเท่ากับ σ_ϵ^2

5. ค่าของ ϵ_{ij} ใด ๆ เป็นค่าคงที่จะเป็นอิสระต่อกัน

ดังนั้นจะได้สมการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณที่ใช้ในการประมาณความสัมพันธ์ดังกล่าวเป็น

$$\hat{II}_{ij} = b_o + b_{kj}\ v(Q)_{kj} + \ldots\ldots + b_{nj}\ v(Q)_{nj} \quad \ldots\ldots 4.3$$

และ $$\hat{IO}_{ij} = b_o + b_{k1}\ v(Q)_{k1} + \ldots\ldots + b_{n1}\ v(Q)_{n1} \quad \ldots\ldots 4.4$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.2 <u>การประมาณค่าและการทดสอบสมมติฐานทางสถิติของพารามิเตอร์</u> (Estimation and Test of Hypothesis of The Regression Parameters)

ปกติในวิธีการทางเศรษฐมิติหรือทางสถิติ วิธีการหาค่าพารามิเตอร์ของสมการความสัมพันธ์ใด ๆ คือการประมาณค่าพารามิเตอร์จากเส้นถดถอยที่กะประมาณจากตัวอย่าง ซึ่งสามารถมองว่าเป็นปัญหาในการคำนวณค่าประชากรของการแจกแจงความน่าจะเป็นของตัวแปรตาม (ในที่นี้สมมติให้เป็น Y ใด ๆ) และในกรณีที่มีตัวแปรอิสระตัวเดียว ดังได้กล่าวมาแล้วว่า Y มีการแจกแจงปกติซึ่งมีค่าเฉลี่ย $E(Y) = \alpha + \beta X$ และ $E(Y) = \beta_o + \beta_1 X_1 + \ldots + \beta_k X_k$ ในกรณีที่มีตัวแปรอิสระหลายตัว โดยมีความแปรปรวน $Var(Y) = \sigma^2$ ดังนั้นในการคำนวณค่าพารามิเตอร์ α หรือ β ใด ๆ จึงเหมือนกับการคำนวณค่าเฉลี่ยของ Y ซึ่งวิธีที่นิยมใช้ในเศรษฐมิติและสถิติ โดยทั่วไปคือ วิธีการ Least Square Estimate (LSE) โดยที่จะไม่แสดงทฤษฎีหรือวิธีการคำนวณในที่นี้ เพราะเป็นวิธีการทางสถิติทั่วไป แต่ได้แสดงวิธีการทางทฤษฎีของ LSE ทั้งการคำนวณค่าทางพารามิเตอร์ของสมการถดถอยเชิงเส้น และสมการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณไว้ในภาคผนวกที่ ค. แล้ว

ในการคำนวณหาค่าของพารามิเตอร์นี้ได้ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป (Package) ชื่อ "DAISY"* โดยใช้ข้อมูลซึ่งสอบถามจากโรงงานและรวบรวมไว้ในตารางการไหลของปัจจัยผลผลิตของกลุ่มอุตสาหกรรมที่ใช้เหล็กแผ่น ซึ่งรายละเอียดดูได้จากภาคผนวก ข ซึ่งแยกผลการวิเคราะห์ออกเป็น 2 ส่วน คือ

4.2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างราคาหรืออัตราต่อหน่วยของปัจจัยสนับสนุนการผลิตกับมูลค่าที่แท้จริงของการใช้ปัจจัยสนับสนุนการผลิตของกลุ่มอุตสาหกรรมที่ใช้เหล็กแผ่น ดังได้กล่าวแล้วว่าใช้สมการถดถอยเชิงเส้นกะประมาณจากตัวอย่าง ดังสมการที่ 4.2 คือ

---

* DAISY คือ โปรแกรมสำเร็จรูปที่ใช้ช่วยงานทางสถิติ ใช้กับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ขนาด 8 บิท เช่น APPLE หรือ APPLE COMPATIBLE สามารถหาค่าทางสถิติดังนี้ 1. ค่าสถิติเบื้องต้น 2. การแจกแจงความถี่ข้อมูล 3. การเขียนกราฟ 4. การหาความสัมพันธ์ของตัวแปรหรือสหสัมพันธ์ (Correlation) ทั้งแบบ Parametric Statistic และแบบ Non-Parametric Statistic 5. การทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis Testing) 6. การวิเคราะห์ความถดถอย (Regression Analysis) (13)

$$\hat{v}(Q)_{ij} = a + b_{ij}P_i$$

ซึ่งมี 10 คู่ความสัมพันธ์ คือ

$$\hat{v}(Q)_{12} = a + b_{12}P_1$$
$$\hat{v}(Q)_{13} = a + b_{13}P_1$$
$$\hat{v}(Q)_{14} = a + b_{14}P_1$$
$$\hat{v}(Q)_{22} = a + b_{22}P_2$$
$$\hat{v}(Q)_{23} = a + b_{23}P_2$$
$$\hat{v}(Q)_{24} = a + b_{24}P_2$$
$$\hat{v}(Q)_{34} = a + b_{34}P_3$$
$$\hat{v}(Q)_{42} = a + b_{42}P_4$$
$$\hat{v}(Q)_{43} = a + b_{43}P_4$$
$$\hat{v}(Q)_{44} = a + b_{44}P_4$$

ซึ่งมีพารามิเตอร์คือ a และ b_{ij} พร้อมกันได้ผลจากการใช้โปรแกรมสำเร็จรูป DAISY จะให้ค่าที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน และบอกความสัมพันธ์ของสมการ ซึ่งมีสัญญลักษณ์และความหมายของตัวพารามิเตอร์ที่สำคัญคือ

r คือ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

a คือ ค่าที่เท่ากับจุดตัดบนแกน Y เมื่อกำหนดให้ X = 0

b คือ ความชันของเส้นตรง

T คือ ค่าทดสอบแบบ T

ซึ่งตัวพารามิเตอร์ที่สำคัญที่จะบอกความสัมพันธ์กันในเชิงเส้นคือ r หรือสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (The Coefficient of Correlation) เป็นตัวที่บอกความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างตัวแปรตามกับตัวแปรอิสระ ส่วนค่า a และ b เป็นค่าคงที่ที่จะใช้ในการสร้างสมการถดถอย ค่าที่สำคัญอีกค่าคือ T หรือค่าทดสอบแบบ T ซึ่งจะใช้ในการทดสอบสมมติฐาน ว่าตัวแปรตามและตัวแปรอิสระนั้นมีความสัมพันธ์กันในเชิงเส้นที่ระดับนัยสำคัญ หรือระดับความเชื่อมั่นมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการใช้ DAISY ได้ผลลัพธ์ตัวแสดงในตารางที่ 4.6

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

	R	S.E.E.	F	a	P_1		
					b_1	S_b	T_b
$(\upsilon/\bar{P})_{12}=f(P_1)$	-0.73133	0.25037	5.74901	4.48302	-0.01741	7.261E-03	-2.39771
$(\upsilon/\bar{P})_{13}=f(P_1)$	-0.91818	0.99683	26.85707	19.29577	-0.14982	0.02891	-5.18238
$(\upsilon/\bar{P})_{14}=f(P_1)$	-0.99265	0.38740	336.54299	19.59866	-0.20611	0.01124	-18.34511
$(\upsilon/\bar{P})_{22}=f(P_2)$	0.73756	1.84723	5.96495	6.12293	0.03090	0.01265	2.44232
$(\upsilon/\bar{P})_{23}=f(P_2)$	0.76389	0.97292	7.00558	2.77538	0.01764	6.664E-03	2.64681
$(\upsilon/\bar{P})_{24}=f(P_2)$	0.63806	2.12585	3.43340	17.84003	0.02698	0.01456	1.85294
$(\upsilon/\bar{P})_{34}=f(P_3)$	-0.91854	0.05974	26.99258	0.42337	-0.09178	0.01767	-5.19544
$(\upsilon/\bar{P})_{42}=f(P_4)$	0.79981	0.18142	8.87689	0.53174	0.17112	0.05743	2.97941
$(\upsilon/\bar{P})_{43}=f(P_4)$	0.97190	0.12963	85.23563	3.16445	0.37887	0.04104	9.23232
$(\upsilon/\bar{P})_{44}=f(P_4)$	0.81953	1.16239	10.22676	10.56677	1.17680	0.36799	3.19793

ตารางที่ 4.6

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากตารางที่ 4.6 จะเห็นว่าทุกคู่ความสัมพันธ์มีค่าสัมประสิทธิ์ สหสัมพันธ์ (r) สูงคือ จะมีค่า r อยู่ระหว่าง 0.63806 ถึง 0.99265 (ส่วนใหญ่สูงกว่า 0.73 ขึ้นไป)

จากผลดังกล่าวจะเห็นว่า ความสัมพันธ์ระหว่างราคาหรืออัตราต่อหน่วยของแรงงาน และน้ำประปา กับ มูลค่าที่แท้จริงของการใช้ปัจจัยสนับสนุนการผลิตทั้ง 2 ชนิดของกลุ่มอุตสาหกรรมที่ใช้เหล็กแผ่น มีความสัมพันธ์ในเชิงผกผัน (ดูจากค่า r และ b เป็นลบ กล่าวคือเมื่ออัตราต่อหน่วยของแรงงานหรืออัตราต่อหน่วยของแรงงาน และน้ำประปา เพิ่มขึ้น แนวโน้มมูลค่าที่แท้จริงของการใช้ปัจจัยทั้ง 2 ชนิดลดลงสามารถอธิบายได้ว่า เนื่องจากด้านแรงงานนั้น เมื่ออัตราค่าแรงงานเพิ่มขึ้น โดยทั่วไปของการผลิตในอุตสาหกรรมพยายามที่จะลดหรือประหยัดแรงงานลงโดยใช้แรงงานที่มีอยู่หรือใช้แรงงานเฉพาะที่จำเป็น เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการผลิตให้มากที่สุด ส่วนปัจจัยด้านน้ำประปาเมื่อมีราคาต่อหน่วนสูงขึ้น อุตสาหกรรมพยายามเปลี่ยนไปใช้แหล่งอื่น คือ น้ำบาดาลแทน (สอบถามเพิ่มเติมจากโรงงาน) หรือประหยัดการใช้น้ำประปาลง ในขณะที่ปัจจัยอีก 2 ชนิด ที่เหลือคือ น้ำมันและไฟฟ้า ไม่สามารถลดการใช้ได้ เนื่องจากเป็นปัจจัยที่ไม่สามารถจะหาปัจจัยอื่นมาทดแทนได้ (ในขบวนการผลิตที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน) จึงมีความสัมพันธ์ในเชิงแปรผันตรงกับราคาหรืออัตราต่อหน่วยที่เพิ่มขึ้น กล่าวคือ เมื่อราคาหรืออัตราต่อหน่วยของปัจจัยการผลิตทั้ง 2 ชนิดสูงขึ้น แนวโน้มมูลค่าที่แท้จริงของการใช้ในอุตสาหกรรมทั้ง 3 จึงเพิ่มขึ้นตามไปด้วย

แต่วิธีการที่จะยืนยันถึงความสัมพันธ์ที่ชัดเจนยิ่งขึ้น คือ ต้องมีการทดสอบสมมติฐานทางสถิติ ในที่นี้ใช้การทดสอบแบบ T ซึ่งเป็นที่นิยมใช้สำหรับการทดสอบหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2 ตัว หรือการทดสอบแบบ T ว่า T-Test for Matched Pairs โดยมีการทดสอบดังนี้

โดยให้ β_1 เป็นสัมประสิทธิ์ความชันของเส้นถดถอย

สมมติฐานในการทดสอบ คือ

$H_0 : \beta_1 = 0$

$H_1 : \beta 1 = 0$

ค่าสถิติที่ใช้ในการทดสอบคือ

$$T = (b - \beta_1) / \sqrt{\sigma / \sum_{i=1}^{n} (X_1 - \bar{X})^2}$$

โดยมีค่า degree of freedom (υ) = n-2

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

n = จำนวนคู่ตัวอย่าง ในที่นี้คือ 7

ดังนั้นในการทดสอบต้องให้ค่า T ที่ได้จากการคำนวณมีค่าสูงกว่า $T(\alpha, \upsilon)$ (ค่า T ที่เปิดจากตาราง) ในกรณีทดสอบสมมติฐานด้านเดียว และสูงกว่า $T(\alpha/2, \upsilon)$ ในกรณีที่ทดสอบสมมติฐานแบบสองด้าน จึงจะปฏิเสธสมมติฐานหลัก ($H_0 : \beta = 0$) และยอมรับสมมติฐานอื่น ($H_1 : \beta \neq 0$) นั่นคือตัวแปรอิสระและตัวแปรตามมีความสัมพันธ์กันด้วยระดับนัยสำคัญ α (α คือการตัดสินใจผิดพลาดแบบ 1 คือการปฏิเสธสมมติฐาน ทั้ง ๆ ที่สมมติฐานเป็นจริง) หรือด้วยระดับความเชื่อมั่น $(1-\alpha) \times 100\%$

ซึ่งจากการทดสอบสมมติฐานแบบ T นั้น สามารถหารายละเอียดดูได้จากหนังสือสถิติทั่วไป และจากการทดสอบสมมติฐานกับสมการรูปแบบและพารามิเตอร์สัมประสิทธิ์ของเส้นถดถอย (b) ได้ว่าส่วนใหญ่มีความสัมพันธ์กันสูงมาก โดยให้ค่าความเชื่อมั่นมากกว่า 90% ทุกค่าการทดสอบ (ส่วนใหญ่เกิน 99%) แสดงให้เห็นของระดับความเชื่อมั่นที่สูงมากของการยอมรับว่าความเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตาม (มูลค่าที่แท้จริงของการใช้ปัจจัยสนับสนุนการผลิต $\upsilon(Q)_{ij}$) เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรอิสระ (ราคาหรืออัตราต่อหน่วยของปัจจัยสนับสนุนการผลิต P_i) แม้ว่าจะมีค่าสัมประสิทธิ์ (r) บางค่าสูงปานกลาง คือ 0.63806 แต่ส่วนใหญ่จะมีค่าสูง ซึ่งก็น่าจะเป็นเครื่องชี้ให้เห็นว่าความสัมพันธ์ของทั้ง 10 คู่ มีความสัมพันธ์กันในเชิงเส้นตรงที่มีค่าความเชื่อมั่นได้สูง

<u>ในส่วนที่สอง</u> ความสัมพันธ์ระหว่างมูลค่าการใช้ปัจจัยการผลิตและผลผลิตในภาคอุตสาหกรรมของกลุ่มอุตสาหกรรมที่ใช้เหล็กแผ่นกับมูลค่าที่แท้จริงของการใช้ปัจจัยสนับสนุนการผลิตทั้ง 4 ชนิดของแต่ละภาคอุตสาหกรรมซึ่งในหัวข้อที่ 3.2.2 นั้น ได้ตั้งสมมติฐานขั้นต้นไว้ว่ามีความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นตรง และมีสมการเป็นสมการถดถอยพหุคูณแบบเชิงเส้น (Multiple Regression) ดังนั้นตัวพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่สำคัญนั้น มีสัญญลักษณ์และความหมายดังนี้

R = สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณ (The Coefficient of Multiple Correlation)

b_o = ค่าเฉลี่ยของตัวแปรตาม (II_{ij}, IO_{ij}) เมื่อมีตัวแปรอิสระทั้งหมดเป็นศูนย์

b_{kj}, b_{ki} = การเปลี่ยนแปลงของ $E(II_{ij})$, $E(IO_{ij})$ อันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงใน 1 หน่วย ของค่าตัวแปรอิสระหนึ่ง โดยให้ตัวแปรอื่น ๆ คงที่

F = ค่าทดสอบแบบ F

ซึ่งผลการคำนวณด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป DAISY แสดงในตารางที่ 4.7

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.2

	R	S.E.E.	F	b_o	$v(Q)_1$			$v(Q)_2$			$v(Q)_3$			$v(Q)_4$		
					$bv(Q)_1$	$Sv(Q)_1$	$Tv(Q)_1$	$bv(Q)_2$	$Sv(Q)_2$	$Tv(Q)_2$	$bv(Q)_3$	$Sv(Q)_3$	$Tv(Q)_3$	$bv(Q)_4$	$Sv(Q)_4$	$Tv(Q)_4$
$II_{12} = f(v(Q)_{12}, v(Q)_{22}, v(Q)_{42})$	0.9758	108.6337	26.5605	-9.74568	-58.7591	51.0912	-1.1501	52.1158	30.0024	1.7371	-	-	-	450.4806	245.8908	1.8320
$II_{72} = f(v(Q)_{12}, v(Q)_{22}, v(Q)_{42})$	0.9673	22.3995	19.4104	-2.03972	11.7058	10.5346	1.1112	8.9812	6.1863	1.4518	-	-	-	31.4173	50.7009	0.6197
$IO_{26} = f(v(Q)_{12}, v(Q)_{22}, v(Q)_{42})$	0.9912	39.3030	74.3759	-3.15770	84.4043	18.4845	4.5662	34.4144	10.8547	3.1705	-	-	-	-54.7790	88.9618	-0.6158
$IO_{27} = f(v(Q)_{12}, v(Q)_{22}, v(Q)_{42})$	0.9805	89.2320	33.2600	-9.37640	-123.8916	41.9665	-2.9522	1.8518	24.6440	0.0751	-	-	-	928.2031	201.9754	4.5956
$II_{13} = f(v(Q)_{13}, v(Q)_{23}, v(Q)_{43})$	0.9595	182.3925	15.4485	-0.73650	-3.1709	26.0524	-0.1217	102.3229	72.5572	1.4102	-	-	-	166.8367	131.1265	1.2723
$II_{73} = f(v(Q)_{13}, v(Q)_{23}, v(Q)_{43})$	0.9608	44.1111	16.0152	2.07576	-7.5580	6.3007	-1.2000	16.6877	17.5477	0.9510	-	-	-	65.1819	31.7126	2.0554
$IO_{36} = f(v(Q)_{13}, v(Q)_{23}, v(Q)_{43})$	0.9921	137.1403	83.6094	27.07214	-25.2396	19.5887	-1.2885	187.4892	54.5555	3.4367	-	-	-	317.3953	98.5936	3.2992
$II_{14} = f(v(Q)_{14}, v(Q)_{24}, v(Q)_{34}, v(Q)_{44})$	0.9328	202.6290	3.3508	-2384.8827	47.4934	61.0563	0.7779	128.5715	74.8438	1.7179	-593.3630	2019.7021	-0.2938	22.5308	156.6667	0.1438
$II_{74} = f(v(Q)_{14}, v(Q)_{24}, v(Q)_{34}, v(Q)_{44})$	0.7320	84.1771	0.5771	-373.4685	19.2519	25.3634	0.7590	37.7883	31.0920	1.2154	-393.0511	8390.0346	-0.4685	-27.6711	65.0832	-0.4252
$IO_{45} = f(v(Q)_{14}, v(Q)_{24}, v(Q)_{34}, v(Q)_{44})$	0.8232	115.830	1.0508	-746.9092	-1.4873	4.9020	-0.0426	17.6736	42.7834	0.4131	207.7173	1154.5338	0.17990	42.4374	89.5563	0.4739
$IO_{47} = f(v(Q)_{14}, v(Q)_{24}, v(Q)_{34}, v(Q)_{44})$	0.8282	57.1987	1.0916	-100.3633	7.3322	17.2352	0.4254	-7.9496	21.1271	-0.3763	572.1479	570.1279	1.00350	39.5829	44.2244	0.8950

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากตารางที่ 4.7 จะเห็นว่าทุกคู่ความสัมพันธ์มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณ (R) สูง คือ มีค่าตั้งแต่ 0.7320 ถึง 0.9221 แสดงว่าทุกคู่มีความสัมพันธ์ในเชิงเส้นตารางที่สูงมากและเมื่อนำมาทดสอบแบบ F ไปทดสอบสมมติฐาน โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) โดยที่มีการทดสอบดังนี้

โดยที่ $\rho_{(11,10).12...k}$ เป็น Population Multiple Correlation Coefficient

สมมติฐานในการทดสอบคือ

H_o : $\rho_{(11,10).12...k} = 0$

H_1 : $\rho_{(11,10).12...k} = 0$

ค่าสถิติที่ใช้ทดสอบคือ

F = Regression (Explained) Mean Square

Error (Unexplained) Mean Square

โดยมี degree of freedom = $(\upsilon_1) = k-1$, $(\upsilon_2) = n-k$

k = จำนวนตัวแปรอิสระ

n = จำนวนคู่ตัวอย่าง

ดังนั้นในการทดสอบนี้ต้องให้ค่า F ที่ได้จากคำนวณมีค่าสูงกว่า $F(\alpha, \upsilon_1, \upsilon_2)$ (ค่า F ที่เปิดจากตาราง) จึงจะปฏิเสธสมมติฐานหลัก และยอมรับสมมติฐานคือ H_1 : $\rho_{(11,10).12...k)} = 0$ นั้นคือ เมื่อตัวแปรอิสระ $(\upsilon(Q)_k, ... \upsilon(Q)_n)$ เปลี่ยนแปลงไปแล้วจะมีผลทำให้ค่าของตัวแปรตาม (II,IO) เปลี่ยนแปลงตามไปด้วย ด้วยระดับนัยสำคัญ α (α คือการตัดสินใจผิดพลาดประเภท I คือ การปฏิเสธสมมติฐานทั้ง ๆ ที่สมมติฐานเป็นจริง) หรือด้วยระดับความเชื่อมั่น $(1-\alpha) \times 100\%$

ซึ่งจากการทดสอบสมมติฐานเปรียบเทียบค่า F จากการคำนวณกับค่า F จากตาราง ส่วนใหญ่มีค่าเปอร์เซ็นต์ความเชื่อมั่นมากกว่า 90% แต่มีบางสมการที่มีค่าเปอร์เซ็นต์ความเชื่อมั่นอยู่ระหว่างประมาณ 70-80% แสดงให้เห็นว่าระดับความเชื่อมั่นของการยอมรับว่าความเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตาม (II,IO) เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรอิสระ $(\upsilon(Q)_k, . \upsilon(Q)_n)$ และมีค่า R ที่บอกว่าความสัมพันธ์เป็นไปในเชิงเส้นตรง ดังนั้นจากการวิเคราะห์ด้วยสมการถดถอยพหุคูณเชิงเส้นของความสัมพันธ์ระหว่างมูลค่าการใช้ปัจจัยการผลิตและผลผลิตในภาค

อุตสาหกรรมของกลุ่มอุตสาหกรรมที่ใช้เหล็กแผ่นกับมูลค่าที่แท้จริงการใช้ปัจจัยสนับสนุนการผลิตทั้ง 4 ชนิดของกลุ่มอุตสาหกรรมที่ใช้เหล็กแผ่นนี้แสดงให้เห็นว่าน่าเชื่อถือพอที่จะนำสมการนี้ไปใช้ในการพยากรณ์ต่อไปได้

สรุป ในบทนี้ทำให้ทราบถึงรูปแบบความสัมพันธ์ของตัวแปรนอกระบบ (สิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรมนอกระบบ) กับระบบการผลิต (โดยเฉพาะระบบอุตสาหกรรมที่ล้อมรอบกลุ่มอุตสาหกรรมที่ใช้เหล็กแผ่นหรือระบบย่อย) ว่ามีความสัมพันธ์กันในรูปแบบใด โดยแบ่งความสัมพันธ์เป็น 2 ส่วนคือ

1. ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราหรือราคาต่อหน่วยของปัจจัยสนับสนุนการผลิตกับมูลค่าการใช้ปัจจัยสนับสนุนการผลิตของกลุ่มอุตสาหกรรมที่ใช้เหล็กแผ่น

2. ความสัมพันธ์ระหว่างมูลค่าการใช้ปัจจัยสนับสนุนการผลิตของกลุ่มอุตสาหกรรมที่ใช้เหล็กแผ่น กับระบบย่อยหรือ ระบบอุตสาหกรรมที่ล้อมรอบกลุ่มอุตสาหกรรมที่ใช้เหล็กแผ่น

เมื่อนำความสัมพันธ์ทั้ง 2 ส่วนมาเชื่อมโยงกัน จะทำให้ทราบได้ว่า เมื่อตัวแปรนอกระบบหรือสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรมนอกระบบ (ราคาการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยสนับสนุนการผลิตทั้ง 4 ชนิด) มีความสัมพันธ์กับระบบอุตสาหกรรมที่ล้อมรอบกลุ่มอุตสาหกรรมที่ใช้เหล็กแผ่นในรูปแบบใด โดยมีมูลค่าการใช้ปัจจัยสนับสนุนการผลิตเป็นตัวเชื่อมโยง ซึ่งรูปแบบที่ได้คือรูปแบบของสมการถดถอยเชิงเส้น และสมการถดถอยพหุคูณเชิงเส้น เพื่อทำสมการเหล่านี้ไปใช้ในการพยากรณ์เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของราคาปัจจัยสนับสนุนการผลิต จะทำให้ระบบย่อยมีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างไร ซึ่งในส่วนของการพยากรณ์จะได้แสดงผลและสรุป ในบทสรุปและเสนอแนะต่อไป

ซึ่งสมการถดถอยเชิงเส้นในส่วนแรกสามารถสรุปในรูปแบบนี้คือ

$$\hat{v}(Q)_{ij} = a + b_{ij}P_j$$

โดยที่ i บอกชนิดของปัจจัยสนับสนุนการผลิต

ในที่นี้ i มี 4 ชนิด คือ

i = 1 คือ ค่าแรงงาน

i = 2 คือ ค่าไฟฟ้า

i = 3 คือ ค่าน้ำประปา

i = 4 คือ ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง

และ j บอกประเภทของอุตสาหกรรมที่ใช้เหล็กแผ่น

ในที่นี้ j มี 3 อุตสาหกรรม คือ

j = 2 คือ อุตสาหกรรมแผ่นเหล็กเคลือบดีบุก

j = 3 คือ อุตสาหกรรมแผ่นเหล็กอาบสังกะสี

j = 4 คือ อุตสาหกรรมท่อเหล็ก

ดังนั้นสมการถดถอยเชิงเส้นทั้ง 10 สมการ คือ

$$\hat{v}(Q)_{12} = 4.48302 - 0.01741\ P_1$$

$$\hat{v}(Q)_{13} = 19.29577 - 0.14982\ P_1$$

$$\hat{v}(Q)_{14} = 19.5986 - 0.20611\ P_1$$

$$\hat{v}(Q)_{22} = 6.12293 + 0.0309\ P_2$$

$$\hat{v}(Q)_{23} = 2.77538 + 0.01764\ P_2$$

$$\hat{v}(Q)_{24} = 17.84003 + 0.02698\ P_2$$

$$\hat{v}(Q)_{34} = 0.42337 - 0.09178\ P_3$$

$$\hat{v}(Q)_{42} = 0.53174 + 0.17112\ P_4$$

$$\hat{v}(Q)_{43} = 3.16445 + 0.37887\ P_4$$

$$\hat{v}(Q)_{44} = 10.56677 + 1.1768\ P_4$$

ส่วนสมการถดถอยพหุคูณเชิงเส้นในส่วนที่ 2 สามารถสรุปได้ในรูปแบบ ดังนี้ คือ

$$\hat{II}_{ij} = b_o + b_{kj}\ v(Q)_{kj} \ldots\ldots\ldots + b_{nj}\ v(Q)_{nj}$$

$$\hat{IO}_{ij} = b_o + b_{ki}\ v(Q)_{ki} \ldots\ldots\ldots + b_{ni}\ v(Q)_{ni}$$

โดยที่ $\hat{II}_{ij}$ คือ มูลค่าของปัจจัยการผลิตจากอุตสาหกรรม i ที่บริโภคโดยอุตสาหกรรม j

$\hat{IO}_{ij}$ คือ มูลค่าของผลผลิตจากอุตสาหกรรม i ที่บริโภคโดยอุตสาหกรรม j

v_{kj}, $v(Q)_{ki}$ คือ มูลค่าของปัจจัยสนับสนุนการผลิตชนิดที่ k ที่บริโภคโดยอุตสาหกรรม j และ i

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ในส่วนของ II_{ij} นั้น

i คือ อุตสาหกรรมที่ป้อนปัจจัยให้กลุ่มอุตสาหกรรมที่ใช้เหล็กแผ่นโดยที่

i = 1 คือ อุตสาหกรรมผลิตเหล็กแผ่น

i = 7 คือ อุตสาหกรรมผลิตวัตถุดิบอื่น ๆ

j คือ กลุ่มของอุตสาหกรรมที่ใช้เหล็กแผ่น โดยที่

j = 2 คือ อุตสาหกรรมแผ่นเหล็กเคลือบดีบุก

j = 3 คือ อุตสาหกรรมผลิตแผ่นเหล็กอาบสังกะสี

j = 4 คือ อุตสาหกรรมท่อเหล็ก

ในส่วนของ IO_{ij} นั้น

i คือ อุตสาหกรรมที่ส่งผลผลิตไปขาย ในที่นี้คือ กลุ่มอุตสาหกรรมที่ใช้เหล็กแผ่น โดยที่

i = 2 คือ อุตสาหกรรมแผ่นเหล็กเคลือบดีบุก

i = 3 คือ อุตสาหกรรมแผ่นเหล็กอาบสังกะสี

i = 4 คือ อุตสาหกรรมท่อเหล็ก

j คือ อุตสาหกรรมที่รองรับผลผลิตของกลุ่มอุตสาหกรรมที่ใช้เหล็กแผ่น โดยที่

j = 5 คือ อุตสาหกรรมก่อสร้าง

j = 6 คือ อุตสาหกรรมอาหารกระป๋อง

j = 7 คือ อุตสาหกรรมอื่น ๆ

ในส่วนของ $v(Q)_{k1}$ และ $v(Q)_{kj}$ นั้น

k คือ ชนิดของปัจจัยสนับสนุนการผลิต โดยที่

k = 1 คือ ปัจจัยด้านแรงงาน

k = 2 คือ ปัจจัยด้านค่าไฟฟ้า

k = 3 คือ ปัจจัยด้านค่าน้ำประปา

k = 4 คือ ปัจจัยด้านค่าน้ำมันเชื้อเพลิง

i หรือ j คือ กลุ่มอุตสาหกรรมที่ใช้เหล็กแผ่นที่บริโภคปัจจัยสนับสนุนการผลิต

i หรือ j = 2 คือ อุตสาหกรรมแผ่นเหล็กเคลือบดีบุก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

= 3 คือ อุตสาหกรรมแผ่นเหล็กอาบสังกะสี

= 4 คือ อุตสาหกรรมท่อเหล็ก

ดังนั้นสมการรูปแบบทั้ง 11 สมการของความสัมพันธ์ในส่วนที่ 2 คือ

$$\hat{II}_{12} = -9.745 - 58.7591\ \upsilon(Q)_{12} + 52.11583\ \upsilon(Q)_{22} + 450.48061\ \upsilon(Q)_{42}$$

$$\hat{II}_{72} = -2.0397 + 11.7058\ \upsilon(Q)_{12} + 8.9812\ \upsilon(Q)_{22} + 31.4173\ \upsilon(Q)_{42}$$

$$\hat{IO}_{26} = -3.1577 + 84.4043\ \upsilon(Q)_{12} + 34.4144\ \upsilon(Q)_{22} - 54.779\ \upsilon(Q)_{42}$$

$$\hat{IO}_{27} = -9.3764 - 123.8916\ \upsilon(Q)_{12} + 1.8518\ \upsilon(Q)_{22} + 928.2031\ \upsilon(Q)_{42}$$

$$\hat{II}_{13} = -0.7365 - 3.1709\ \upsilon(Q)_{13} + 102.3229\ \upsilon(Q)_{23} + 166.8367\ \upsilon(Q)_{43}$$

$$\hat{II}_{73} = 2.0758 - 7.558\ \upsilon(Q)_{13} + 16.6877\ \upsilon(Q)_{23} + 65.1819\ \upsilon(Q)_{43}$$

$$\hat{IO}_{35} = 27.0721 - 25.2396\ \upsilon(Q)_{13} + 187.4892\ \upsilon(Q)_{23} + 317.3953\ \upsilon(Q)_{43}$$

$$\hat{II}_{14} = -2384.8827 + 47.4934\ \upsilon(Q)_{14} + 128.5715\ \upsilon(Q)_{24} - 593.363\ \upsilon(Q)_{34} + 22.5308\ \upsilon(Q)_{44}$$

$$\hat{II}_{74} = -373.4685 + 19.2519\ \upsilon(Q)_{14} + 37.7883\ \upsilon(Q)_{24} - 393.0511\ \upsilon(Q)_{34} - 27.6711\ \upsilon(Q)_{44}$$

$$\hat{IO}_{45} = -764.9092 - 1.487\ \upsilon(Q)_{14} + 17.6734\ \upsilon(Q)_{24} + 207.7173\ \upsilon(Q)_{34} + 42.4374\ \upsilon(Q)_{44}$$

$$\hat{IO}_{47} = -100.3633 + 7.3322\ \upsilon(Q)_{14} - 7.9496\ \upsilon(Q)_{24} + 572.1479\ \upsilon(Q)_{34} + 39.5829\ \upsilon(Q)_{44}$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย