บทที่ 6

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ในบทนี้จะเป็นการวิเคราะห์หาอัตราการเกิดวัสดุที่ไม่ใช้แล้วต่อผลผลิตของโรงงาน หลังจากนั้นจะวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณวัสดุที่ไม่ใช้แล้วกับผลผลิตด้วยเทคนิคการวิเคราะห์การถดถอยและสหสัมพันธ์ ของโรงงานอุตสาหกรรมทั้ง 5 ประเภทที่ทำการศึกษา ซึ่งประกอบด้วย 1) อุตสาหกรรมเกี่ยวกับไม้ 2) อุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้ 3) อุตสาหกรรมเกี่ยวกับสี 4) อุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ยาง 5) อุตสาหกรรมเหล็ก พร้อมทั้งการตรวจสอบความเชื่อถือได้ของความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณวัสดุที่ไม่ใช้แล้วกับผลผลิตที่ได้จากการวิเคราะห์ ซึ่งมีรายละเอียดต่างๆ ดังต่อไปนี้

6.1 อุตสาหกรรมเกี่ยวกับไม้

6.1.1 อัตราการเกิดวัสดุที่ไม่ใช้แล้วต่อผลผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมเกี่ยวกับไม้

จากข้อมูลผลผลิตของโรงงานที่ทำการศึกษา และปริมาณวัสดุที่ไม่ใช้แล้วที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตไม้อัดทั้ง 2 ประเภทในแต่ละเดือน ซึ่งแสดงดังตารางที่ 5.1 ถึงตารางที่ 5.4 สามารถวิเคราะห์หาอัตราการเกิดวัสดุที่ไม่ใช้แล้วแต่ละชนิดต่อผลผลิตของโรงงาน ได้ดังนี้

ตารางที่ 6.1 อัตราการเกิดวัสดุที่ไม่ใช้แล้วต่อผลผลิตของโรงไม้อัดสลับชั้น

ลำดับที่	วัสดุที่ไม่ใช้แล้ว	ปริมาณเฉลี่ยต่อเดือน	อัตราการเกิดต่อผลผลิต*	
			หน่วยต่อ 1,000 แผ่น	กิโลกรัม ต่อ 1,000 แผ่น
1	เศษไม้ (ลบ.ม.)	373.75	16.32	8,160.48
2	เศษไม้เกลาผิว (ลบ.ม.)	64.28	2.81	1,403.41
3	ไส้ไม้เหลือปอก (ลบ.ม.)	46.75	2.04	1,020.72
4	ขี้เลื่อย (ตัน)	5	0.22	218.34
5	ผงขัดใช้งานแล้ว (ตัน)	10	0.44	436.68
6	กระดาษทรายใช้แล้ว (ม้วน)	4	0.17	0.70
7	น้ำมันหล่อลื่นใช้แล้ว (ลิตร)	40	1.75	1.61
8	ขี้เถ้า (ลบ.ม.)	50	2.18	218.34
			รวม	**11,460.28**

หมายเหตุ: * ผลผลิตเฉลี่ยต่อเดือน เท่ากับ 22,900 แผ่นต่อเดือน

ในตารางที่ 6.1 แสดงให้เห็นถึงอัตราการเกิดวัสดุที่ไม่ใช้แล้วแต่ละชนิดที่เกิดขึ้นต่อผลผลิตของโรงไม้อัดสลับชั้นโดยเฉลี่ย ซึ่งที่ผลผลิต 1,000 แผ่น จะมีเศษไม้เกิดขึ้น 8,160.48 กิโลกรัม เศษไม้เกลาผิว 1,403.41 กิโลกรัม ไส้ไม้เหลือปอก 1,020.72 กิโลกรัม ขี้เลื่อย 218.34 กิโลกรัม ผงขัดใช้

งานแล้ว 436.68 กิโลกรัม กระดาษทรายใช้งานแล้ว 0.70 กิโลกรัม น้ำมันหล่อลื่นใช้ผ่านการใช้งานแล้ว 1.61 กิโลกรัม และขี้เถ้า 218.34 กิโลกรัม รวมวัสดุที่ไม่ใช้แล้วที่เกิดขึ้นทั้งสิ้นเท่ากับ 11,460.28 กิโลกรัมต่อผลผลิตไม้อัด 1,000 แผ่น

ตารางที่ 6.2 อัตราการเกิดวัสดุที่ไม่ใช้แล้วต่อผลผลิตของโรงผลิตแผ่นใยไม้อัดแข็ง

ลำดับที่	วัสดุที่ไม่ใช้แล้ว	ปริมาณเฉลี่ยต่อเดือน	อัตราการเกิดต่อผลผลิต*	
			หน่วยต่อ 1,000 แผ่น	กิโลกรัม ต่อ 1,000 แผ่น
1	เศษไม้ (ลบ.ม.)	110	0.23	114.13
2	ขี้เลื่อย (ตัน)	115	0.24	238.63
3	กากเยื่อ (ลบ.ม.)	1,500	3.11	622.51
4	น้ำมันหล่อลื่นใช้แล้ว (ลิตร)	50	0.10	0.095
			รวม	**975.36**

หมายเหตุ: * ผลผลิตเฉลี่ยต่อเดือน เท่ากับ 481,921 แผ่นต่อเดือน

ในตารางที่ 6.2 แสดงให้เห็นถึงอัตราการเกิดวัสดุที่ไม่ใช้แล้วแต่ละชนิดที่เกิดขึ้นต่อผลผลิตของโรงผลิตแผ่นใยไม้อัดแข็งโดยเฉลี่ย ซึ่งที่ผลผลิต 1,000 แผ่น จะมีเศษไม้เกิดขึ้น 114.13 กิโลกรัม ขี้เลื่อย 238.63 กิโลกรัม กากเยื่อ 622.51 กิโลกรัม และมีน้ำมันหล่อลื่นใช้ผ่านการใช้งานแล้ว 0.095 กิโลกรัม รวมวัสดุที่ไม่ใช้แล้วที่เกิดขึ้นทั้งสิ้นเท่ากับ 975.36 กิโลกรัมต่อผลผลิตแผ่นใยไม้อัดแข็ง 1,000 แผ่น

6.1.2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณวัสดุที่ไม่ใช้แล้วกับผลผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมเกี่ยวกับไม้

จากข้อมูลผลผลิตของโรงงานที่ทำการศึกษา และปริมาณวัสดุที่ไม่ใช้แล้วที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตไม้อัดทั้ง 2 ประเภทในแต่ละเดือน ซึ่งแสดงดังตารางที่ 5.1 ถึงตารางที่ 5.4 ทำการวิเคราะห์หารูปแบบความสัมพันธ์หรือสมการแสดงความสัมพันธ์ (Regression and Correlation Analysis) ระหว่างปริมาณวัสดุที่ไม่ใช้แล้วแต่ละชนิดกับผลผลิต โดยเปรียบเทียบรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างเชิงเส้นตรง (Linear), Exponential, ยกกำลัง (Power) และ Logarithmic จากค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Determination Coefficient: R^2) ซึ่งผลการวิเคราะห์รูปแบบความสัมพันธ์สรุปได้ดังตารางที่ 6.3 สำหรับโรงไม้อัดสลับชั้น และตารางที่ 6.4 สำหรับโรงแผ่นใยไม้อัดแข็ง (รายละเอียดผลลัพธ์การคำนวณการถดถอยแสดงไว้ในภาคผนวก ก)

ตารางที่ 6.3 รูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างระหว่างปริมาณวัสดุที่ไม่ใช้แล้วชนิดต่างๆ ที่เกิดขึ้นกับผลผลิตของโรงไม้อัดสลับชั้น

ลำดับที่	วัสดุที่ไม่ใช้แล้ว	สมการความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว (y) ผลผลิต (x)	R^2
1	เศษไม้ (ลบ.ม.)	• $y = 0.0088x + 172.25$	0.8284
		• $y = 3.9323x^{0.4575}$	**0.8771**
		• $y = 192.61e^{2.65E-05x}$	0.8203
		• $y = 147.47\ln(x) - 1076.13$	0.8341
2	เศษไม้เกลาผิว (ลบ.ม.)	• $y = 0.0007x + 47.606$	**0.0822**
		• $y = 27.108x^{0.0767}$	0.0141
		• $y = 46.06e^{9378E-05x}$	0.0640
		• $y = 7.1986\ln(x) - 6.4978$	0.0288
3	ไส้ไม้เหลือปอก (ลบ.ม.)	• $y = 0.0001x + 43.738$	0.0069
		• $y = 24.688x^{0.0569}$	0.0107
		• $y = 39.047e^{4.4E-05x}$	**0.0179**
		• $y = 1.7765\ln(x) + 29.283$	0.0045
4	ขี้เลื่อย (ตัน)	หารูปแบบความสัมพันธ์ไม่ได้	-
5	ผงขัดใช้งานแล้ว (ตัน)	หารูปแบบความสัมพันธ์ไม่ได้	-
6	กระดาษทรายใช้แล้ว (ม้วน*)	หารูปแบบความสัมพันธ์ไม่ได้	-
7	น้ำมันหล่อลื่นใช้แล้ว (ลิตร)	หารูปแบบความสัมพันธ์ไม่ได้	-
8	ขี้เถ้า (ลบ.ม.)	หารูปแบบความสัมพันธ์ไม่ได้	-

หมายเหตุ: * 1 ม้วนมีขนาดกว้าง 1.3 เมตร ยาว 4 เมตร ผลผลิต (x) มีหน่วยเป็น แผ่น และมีค่าเริ่มต้นมากกว่าศูนย์

จากผลการวิเคราะห์รูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณวัสดุที่ไม่ใช้แล้วที่เกิดขึ้นแต่ละชนิดกับผลผลิตของโรงไม้อัดสลับชั้น ดังตารางที่ 6.3 พบว่าสามารถหารูปแบบความสัมพันธ์ได้ 3 ชนิด คือ เศษไม้, เศษไม้เกลาผิว และไส้ไม้เหลือปอก โดยจะพิจารณารูปแบบความสัมพันธ์ที่มีค่า R^2 สูงสุด สำหรับวัสดุที่ไม่ใช้แล้วชนิดอื่นหารูปแบบความสัมพันธ์ไม่ได้ เนื่องจากไม่สามารถระบุตัวเลขปริมาณที่เกิดขึ้นในแต่ละเดือนได้ จึงใช้วิธีเฉลี่ยปริมาณจากข้อมูลที่มี ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

1. <u>เศษไม้</u> : $y = 3.9323x^{0.4575}$ มีค่า $R^2 = 0.8771$

แสดงว่า 87.71% ของความแปรปรวนที่เกิดขึ้นในตัวแปรตาม (y) เป็นผลเนื่องมาจากการมีความสัมพันธ์เชิงเส้นโค้งแบบแบบยกกำลัง (Power) กับตัวแปรอิสระ (x) นั่นคือ ปริมาณเศษไม้ที่เกิดขึ้น จะขึ้นอยู่กับผลผลิตถึงร้อยละ 87.71

2. <u>เศษไม้เกลาผิว</u> : $y = 0.0007x + 47.606$ มีค่า $R^2 = 0.0822$

แสดงว่าเพียง 8.22% ของความแปรปรวนที่เกิดขึ้นในตัวแปรตาม (y) เป็นผลเนื่องมาจากการมีความสัมพันธ์เชิงเส้นเส้นตรง (Linear) กับตัวแปรอิสระ (x) นั่นคือปริมาณเศษไม้เกลาผิวที่เกิดขึ้นไม่ขึ้นอยู่กับผลผลิต

3. <u>ไส้ไม้เหลือปอก</u> : $y = 39.047e^{0.000004x}$ มีค่า $R^2 = 0.0179$

แสดงว่าเพียง 1.79% ของความแปรปรวนที่เกิดขึ้นในตัวแปรตาม (y) เป็นผลเนื่องมาจากการมีความสัมพันธ์เชิงเส้นโค้งแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล (Exponential) กับตัวแปรอิสระ (x) นั่นคือปริมาณไส้ไม้เหลือปอกที่เกิดขึ้นไม่ขึ้นอยู่กับผลผลิต

4. <u>ขี้เลื่อย</u> : ปริมาณขี้เลื่อยเกิดขึ้นเฉลี่ยเท่ากับ 5 ตันต่อเดือน

5. <u>ผงขัดใช้งานแล้ว</u> : ปริมาณผงขัดใช้งานแล้วเกิดขึ้นเฉลี่ยเท่ากับ 10 ตันต่อเดือน

6. <u>กระดาษทรายใช้แล้ว</u> : ปริมาณกระดาษทรายใช้แล้วเกิดขึ้นเฉลี่ยเท่ากับ 4 ม้วนต่อเดือน

7. <u>น้ำมันหล่อลื่นใช้แล้ว</u> : ปริมาณขี้เลื่อยเกิดขึ้นเฉลี่ยเท่ากับ 40 ลิตรต่อเดือน

8. <u>ขี้เถ้า</u> : ปริมาณขี้เถ้าเกิดขึ้นเฉลี่ยเท่ากับ 5,000 ลูกบาศก์เมตรต่อเดือน

ตารางที่ 6.4 รูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างระหว่างปริมาณวัสดุที่ไม่ใช้แล้วชนิดต่างๆ ที่เกิดขึ้นกับผลผลิตของโรงผลิตแผ่นใยไม้อัดแข็ง

ลำดับที่	วัสดุที่ไม่ใช้แล้ว	สมการความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว (y) ผลผลิต (x)	R^2
1	เศษไม้ (ลบ.ม.)	หารูปแบบความสัมพันธ์ไม่ได้	-
2	ขี้เลื่อย (ตัน)	หารูปแบบความสัมพันธ์ไม่ได้	-
3	กากเยื่อ (ลบ.ม.)	หารูปแบบความสัมพันธ์ไม่ได้	-
4	น้ำมันหล่อลื่นใช้แล้ว (ลิตร)	หารูปแบบความสัมพันธ์ไม่ได้	-

หมายเหตุ: ผลผลิต (x) มีหน่วยเป็น แผ่น

เนื่องจากข้อมูลปริมาณวัสดุที่ไม่ใช้แล้วที่เกิดขึ้นในโรงผลิตแผ่นใยไม้อัดแข็ง ไม่สามารถระบุตัวเลขที่เกิดขึ้นในแต่ละเดือนได้ จึงใช้วิธีเฉลี่ยจากข้อมูลที่มี ซึ่งสรุปได้ดังนี้

1. <u>เศษไม้</u> : ปริมาณเกิดขึ้นเฉลี่ยเท่ากับ 110 ลูกบาศก์เมตรต่อเดือน

2. <u>ขี้เลื่อย</u> : ปริมาณเกิดขึ้นเฉลี่ยเท่ากับ 115 ตันต่อเดือน

3. <u>กากเยื่อ</u> : ปริมาณเกิดขึ้นเฉลี่ยเท่ากับ 1,500 ลูกบาศก์เมตรต่อเดือน

4. <u>น้ำมันหล่อลื่นใช้งานแล้ว</u> : ปริมาณเกิดขึ้นเฉลี่ยเท่ากับ 50 ลิตรต่อเดือน

6.1.3 การตรวจสอบความเชื่อถือได้ของความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณวัสดุที่ไม่ใช้แล้วกับผลผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมเกี่ยวกับไม้

1) <u>การตรวจสอบค่าสถิติของสมการความสัมพันธ์</u>

จากสมการหรือรูปแบบแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณวัสดุที่ไม่ใช้ (y) แล้วแต่ละชนิดกับผลผลิต (x) ที่ได้จากการพิจารณาค่า R^2 สูงสุดในหัวข้อที่ 6.1.2 ทำการคำนวณค่าสถิติต่างๆ สรุปได้ดังตารางที่ 6.5

ตารางที่ 6.5 ค่าทดสอบสถิติของสมการความสัมพันธ์สำหรับอุตสาหกรรมเกี่ยวกับไม้

ค่าทดสอบทางสถิติ	ตัวแปรตาม (y) ; วัสดุที่ไม่ใช้แล้ว		
	1. เศษไม้	2. เศษไม้เกลาผิว	3. ไส้ไม้เหลือปอก
Regression Equation	$y = 3.9323\,x^{0.4575}$	$y = 0.0007\,x + 47.606$	$y = 39.047\,e^{0.000004\,x}$
R^2	0.8771	0.0822	0.0179
Standard Error : $\hat{\sigma}_e^2$	0.1419	33.6602	0.4514
T-Statistic	6.5430	0.7330	0.3310
Significant T (p-value)	0.0006	0.4912	0.7522
F-Statistic	42.8172	0.5373	0.1093
Significant F (p-value)	0.0006	0.4912	0.7522

โดยที่ ตัวแปรอิสระ (x) คือผลผลิต มีหน่วยเป็น แผ่น และมีค่าเริ่มต้นมากกว่าศูนย์

จากค่าทดสอบสถิติของสมการถดถอยในตารางข้างต้นสามารถอธิบายผลได้ดังนี้

- <u>เศษไม้</u>

ค่า T-Statistic จากสมการมีค่าเท่ากับ 6.543 > $T_{0.025,6}$ = 2.447 และ Significant T มีค่าเท่ากับ 0.0006 < α = 0.05 จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก ($H_0 : \beta_1 = 0$) นั่นคือปริมาณเศษไม้ที่เกิดขึ้น <u>มี</u> ความสัมพันธ์กับผลผลิตตามสมการถดถอยที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ค่า F-Statistic จากสมการมีค่าเท่ากับ 42.8172 > $F_{0.05,1,6}$ = 5.99 และ Significant F มีค่าเท่ากับ 0.0006 ซึ่ง <α = 0.05 จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก ($H_0 : \beta_1 = 0$) นั่นคือปริมาณเศษไม้ที่เกิดขึ้น <u>มี</u> ความสัมพันธ์กับผลผลิตตามสมการถดถอยที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

● <u>เศษไม้เกลาผิว</u>

ค่า T-Statistic จากสมการมีค่าเท่ากับ 0.7330 < $T_{0.025,6}$ = 2.447 และ Significant T มีค่าเท่ากับ 0.4912 ซึ่ง > α = 0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐานหลัก ($H_0 : \beta_1 = 0$) ได้นั่นคือปริมาณเศษไม้เกลาผิวที่เกิดขึ้น *<u>ไม่มี</u>* ความสัมพันธ์กับผลผลิตตามสมการถดถอยที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ค่า F-Statistic จากสมการมีค่าเท่ากับ 0.5373 < $F_{0.05,1,6}$ = 5.99 และ Significant F มีค่าเท่ากับ 0.4912 ซึ่ง > α = 0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐานหลัก ($H_0 : \beta_1 = 0$) ได้นั่นคือปริมาณเศษไม้เกลาผิวที่เกิดขึ้น *<u>ไม่มี</u>* ความสัมพันธ์กับผลผลิตตามสมการถดถอยที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

● <u>ไส้ไม้เหลือปอก</u>

ค่า T-Statistic จากสมการมีค่าเท่ากับ 0.3310 < $T_{0.025,6}$ = 2.447 และ Significant T มีค่าเท่ากับ 0.7522 ซึ่ง > α = 0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐานหลัก ($H_0 : \beta_1 = 0$) ได้นั่นคือปริมาณไส้ไม้เหลือปอกที่เกิดขึ้น *<u>ไม่มี</u>* ความสัมพันธ์กับผลผลิตตามสมการถดถอยที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ค่า F-Statistic จากสมการมีค่าเท่ากับ 0.1093 < $F_{0.05,1,6}$ = 5.99 และ Significant F มีค่าเท่ากับ 0.7522 ซึ่ง > α = 0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐานหลัก ($H_0 : \beta_1 = 0$) ได้นั่นคือปริมาณไส้ไม้เหลือปอกที่เกิดขึ้น *<u>ไม่มี</u>* ความสัมพันธ์กับผลผลิตตามสมการถดถอยที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

2) <u>การตรวจสอบความน่าเชื่อถือของสมการความสัมพันธ์</u>

เป็นการตรวจสอบความน่าเชื่อถือของสมการความสัมพันธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์การถดถอย โดยการแทนค่าข้อมูลผลผลิต (ตัวแปร x) จากการสำรวจใหม่ลงในสมการเพื่อหาช่วงความเชื่อมั่นที่ตัวแปรตาม y ควรจะเป็น ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 6.6 ผลผลิตกับปริมาณวัสดุที่ไม่ใช้แล้วของโรงผลิตไม้อัดแข็ง และช่วงความเชื่อมั่น 95 % ของตัวแปร y

เดือน	ผลผลิต : x (แผ่น)	ปริมาณเศษไม้ : y (ลบ.ม.)		
		ข้อมูลจริง	ช่วงความเชื่อมั่น 95 % ของตัวแปร y	
			Lower	Upper
กันยายน 2548	25,722	461	282.25	594.48
ตุลาคม 2548	17,814	365	239.55	500.47

จากตารางที่ 6.6 ปริมาณเศษไม้ที่เกิดขึ้นจริงทั้ง 2 เดือนที่นำมาทดสอบมีค่าตกอยู่ในช่วงค่าความเชื่อมั่น 95% ของตัวแปร y ที่ได้จากสมการ แสดงว่าสมการความสัมพันธ์ระหว่าง

ปริมาณเศษไม้ที่เกิดขึ้นกับผลผลิตที่ได้จากการวิเคราะห์มีความน่าเชื่อถือ นั่นคือสามารถนำสมการ $y = 3.9323\,x^{0.4575}$ ไปใช้ในการพยากรณ์ปริมาณเศษไม้ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตไม้อัดแข็งได้เมื่อทราบค่าผลผลิต

6.2 อุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้

6.2.1 อัตราการเกิดวัสดุที่ไม่ใช้แล้วต่อผลผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้

จากข้อมูลผลผลิตของโรงงานที่ทำการศึกษา และปริมาณวัสดุที่ไม่ใช้แล้วที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ในแต่ละเดือน ซึ่งแสดงดังตารางที่ 5.5 และตารางที่ 5.6 สามารถวิเคราะห์หาอัตราการเกิดวัสดุที่ไม่ใช้แล้วแต่ละชนิดต่อผลผลิตของโรงงาน ได้ดังนี้

ตารางที่ 6.7 อัตราการเกิดวัสดุที่ไม่ใช้แล้วต่อผลผลิตของโรงงานผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้

ลำดับที่	วัสดุที่ไม่ใช้แล้ว	ปริมาณเฉลี่ยต่อเดือน	อัตราการเกิดต่อผลผลิต*	
			หน่วยต่อ 1,000 (ลบ.ฟุต)	กิโลกรัม ต่อ 1,000 (ลบ.ฟุต)
1	เศษไม้และเศษขี้เลื่อย (ตัน)	915 .37	26.71	26,710.30
2	เศษกระดาษ (กก.)	930	27.14	27.14
3	ภาชนะบรรจุปนเปื้อน (ใบ)	222	6.47	129.34
4	กากตะกอนสี (กก.)	10,000	291.80	291.80
5	เศษเหล็ก (กก.)	2,348	68.52	68.52
6	กระดาษทรายใช้แล้ว (กก.)	62	1.81	1.81
7	เศษผ้าปนเปื้อน (กก.)	403	11.76	11.76
			รวม	**27,240.67**

หมายเหตุ: * ผลผลิตเฉลี่ยต่อเดือน เท่ากับ 34,270 ลูกบาศก์ฟุตต่อเดือน

ในตารางที่ 6.7 แสดงให้เห็นถึงอัตราการเกิดวัสดุที่ไม่ใช้แล้วแต่ละชนิดที่เกิดขึ้นต่อผลผลิตของโรงงานผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้โดยเฉลี่ย ซึ่งที่ผลผลิต 1,000 ลูกบาศก์ฟุต จะมีเศษไม้และเศษขี้เลื่อยเกิดขึ้น 26,710.30 กิโลกรัม เศษกระดาษ 27.14 กิโลกรัม ภาชนะบรรจุปนเปื้อน 129.34 กิโลกรัม กากตะกอนสี 291.80 กิโลกรัม เศษเหล็ก 68.52 กิโลกรัม กระดาษทรายใช้แล้ว 1.81 กิโลกรัม และเศษผ้าปนเปื้อน 11.76 กิโลกรัม รวมวัสดุที่ไม่ใช้แล้วที่เกิดขึ้นทั้งสิ้นเท่ากับ 27,240.67 กิโลกรัมต่อผลผลิต 1,000 ลูกบาศก์ฟุต

6.2.2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณวัสดุที่ไม่ใช้แล้วกับผลผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้

จากข้อมูลผลผลิตของโรงงานที่ทำการศึกษา และปริมาณวัสดุที่ไม่ใช้แล้วที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ในแต่ละเดือน ซึ่งแสดงดังตารางที่ 5.5 และตารางที่ 5.6 ทำการวิเคราะห์หารูปแบบความสัมพันธ์หรือสมการแสดงความสัมพันธ์ (Regression and Correlation Analysis) ระหว่างปริมาณวัสดุที่ไม่ใช้แล้วแต่ละชนิดกับผลผลิต โดยเปรียบเทียบรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างเชิงเส้นตรง (Linear), Exponential, ยกกำลัง (Power) และ Logarithmic จากค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Determination Coefficient: R^2) ซึ่งผลการวิเคราะห์รูปแบบความสัมพันธ์สรุปได้ดังตารางที่ 6.8 (รายละเอียดผลลัพธ์การคำนวณการถดถอยแสดงไว้ในภาคผนวก ก)

ตารางที่ 6.8 รูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างระหว่างปริมาณวัสดุที่ไม่ใช้แล้วชนิดต่างๆ ที่เกิดขึ้นกับผลผลิตของโรงงานผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้

ลำดับที่	วัสดุที่ไม่ใช้แล้ว	สมการความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว (y) ผลผลิต (x)	R^2
1	เศษไม้และเศษขี้เลื่อย (ตัน)	• $y = 0.0287x - 69.57$	0.9590
		• $y = 0.0136x^{1.0645}$	0.9632
		• $y = 246.31e^{3.7E-05x}$	**0.9717**
		• $y = 820.36\ln(x) - 7619.2$	0. 9341
2	เศษกระดาษ (กก.)	• $y = 0.0156x + 395.86$	0.6393
		• $y = 3.338x^{0.5396}$	**0.7416**
		• $y = 489.57e^{1.83E-05x}$	0.7098
		• $y = 459.09\ln(x) - 3845.8$	0. 6621
3	ภาชนะบรรจุปนเปื้อน (ใบ)	• $y = 0.0036x + 99.345$	0.5795
		• $y = 1.0013x^{0.5174}$	**0.6609**
		• $y = 118.99e^{1.77E-05x}$	0.6434
		• $y = 104.61\ln(x) - 866.69$	0.5955
4	กากตะกอนสี (กก.)	หารูปแบบความสัมพันธ์ไม่ได้ (เฉลี่ย = 10 ตัน/เดือน)	-
5	เศษเหล็ก (กก.)	• $y = 0.0523x + 557.35$	0.6221
		• $y = 1.9614x^{0.6782}$	0.6035
		• $y = 992.74e^{2.42E-05x}$	**0.6427**
		• $y = 1470.5\ln(x) - 12,951$	0.5890

ตารางที่ 6.8 (ต่อ) ผลผลิต กับปริมาณวัสดุที่ไม่ใช้แล้วของโรงงานผลิตผลิตภัณฑ์ยาง และช่วงความเชื่อมั่น 95% ของตัวแปรตาม y

ลำดับที่	วัสดุที่ไม่ใช้แล้ว	สมการความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว (y) ผลผลิต (x)	R^2
6	กระดาษทรายใช้แล้ว (กก.)	• $y = 0.0011x + 24.586$	0.5524
		• $y = 0.1098x^{0.6069}$	**0.6856**
		• $y = 30.504e^{2.01E-05x}$	0.6260
		• $y = 32.977\ln(x) - 281.07$	0. 6025
7	เศษผ้าปนเปื้อน (กก.)	• $y = 0.0074x + 151.17$	0.6788
		• $y = 1.3272x^{0.5477}$	0.6738
		• $y = 203.96e^{1.93E-05x}$	**0.7031**
		• $y = 207.6\ln(x) - 1{,}756.5$	0. 6463

หมายเหตุ: ผลผลิต (x) มีหน่วยเป็น ลูกบาศก์ฟุต และมีค่าเริ่มต้นมากกว่าศูนย์

จากผลการวิเคราะห์รูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณวัสดุที่ไม่ใช้แล้วที่เกิดขึ้นแต่ละชนิดกับผลผลิตของโรงงานสีผง ดังตารางที่ 6.8 พิจารณารูปแบบความสัมพันธ์ที่มีค่า R^2 สูงสุด พบว่าปริมาณวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว (ตัวแปรตาม: y) แต่ละประเภทมีรูปแบบความสัมพันธ์กับผลผลิต (ตัวแปรอิสระ x) ที่ต่างกันออกไป ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

1. <u>เศษไม้และเศษขี้เลื่อย</u> : $y = 246.31e^{3.7E-05x}$ มีค่า $R^2 = 0.9717$

แสดงว่า 97.17% ของความแปรปรวนที่เกิดขึ้นในตัวแปรตาม (y) เป็นผลเนื่องมาจากการมีความสัมพันธ์เชิงเส้นโค้งแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล (Exponential) กับตัวแปรอิสระ (x) นั่นคือปริมาณเศษไม้และเศษขี้เลื่อยที่เกิดขึ้น จะขึ้นอยู่กับผลผลิตถึงร้อยละ 97.17

2. <u>เศษกระดาษ</u> : $y = 3.338x^{0.5396}$ มีค่า $R^2 = 0.7416$

แสดงว่า 74.16% ของความแปรปรวนที่เกิดขึ้นในตัวแปรตาม (y) เป็นผลเนื่องมาจากการมีความสัมพันธ์เส้นโค้งแบบยกกำลัง (Power) กับตัวแปรอิสระ (x) นั่นคือปริมาณเศษกระดาษที่เกิดขึ้น จะขึ้นอยู่กับผลผลิตถึงร้อยละ 74.16

3. <u>ภาชนะบรรจุปนเปื้อน</u> : $y = 1.0013x^{0.5174}$ มีค่า $R^2 = 0.6609$

แสดงว่า 66.09% ของความแปรปรวนที่เกิดขึ้นในตัวแปรตาม (y) เป็นผลเนื่องมาจากการมีความสัมพันธ์เส้นโค้งแบบยกกำลัง (Power) กับตัวแปรอิสระ (x) นั่นคือปริมาณภาชนะบรรจุปนเปื้อนที่เกิดขึ้น จะขึ้นอยู่กับผลผลิตถึงร้อยละ 66.09

4. <u>กากตะกอนสี</u> หารูปแบบความสัมพันธ์ไม่ได้ เนื่องจากไม่สามารถระบุตัวเลขปริมาณที่เกิดขึ้นในแต่ละเดือนได้ จึงใช้วิธีเฉลี่ยปริมาณจากข้อมูลที่รวบรวมได้ ซึ่งพบว่ามีปริมาณกากตะกอนสี ต่อเดือนเท่ากับ 10,000 กิโลกรัมต่อเดือน

5. <u>เศษเหล็ก</u> : $y = 992.74e^{2.42E-05x}$ มีค่า $R^2 = 0.6427$

แสดงว่า 64.27% ของความแปรปรวนที่เกิดขึ้นในตัวแปรตาม (y) เป็นผลเนื่องมาจากการมีความสัมพันธ์เชิงเส้นโค้งแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล (Exponential) กับตัวแปรอิสระ (x) นั่นคือปริมาณเศษเหล็กที่เกิดขึ้น จะขึ้นอยู่กับผลผลิตถึงร้อยละ 64.27

6. <u>กระดาษทรายใช้แล้ว</u> : $0.1098x^{0.6069}$ มีค่า $R^2 = 0.6856$

แสดงว่า 68.56% ของความแปรปรวนที่เกิดขึ้นในตัวแปรตาม (y) เป็นผลเนื่องมาจากการมีความสัมพันธ์เส้นโค้งแบบยกกำลัง (Power) กับตัวแปรอิสระ (x) นั่นคือปริมาณกระดาษทรายใช้แล้วที่เกิดขึ้น จะขึ้นอยู่กับผลผลิตร้อยละ 68.65

7. <u>เศษผ้าปนเปื้อน</u> : $y = 203.96e^{1.93E-05x}$ มีค่า $R^2 = 0.7031$

แสดงว่า 70.31% ของความแปรปรวนที่เกิดขึ้นในตัวแปรตาม (y) เป็นผลเนื่องมาจากการมีความสัมพันธ์เส้นโค้งแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล (Exponential) กับตัวแปรอิสระ (x) นั่นคือปริมาณเศษผ้าปนเปื้อนที่เกิดขึ้น จะขึ้นอยู่กับผลผลิตถึงร้อยละ 70.31

6.2.3 การตรวจสอบความเชื่อถือได้ของความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณวัสดุที่ไม่ใช้แล้วกับผลผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้

1) <u>การตรวจสอบค่าสถิติของสมการความสัมพันธ์</u>

จากสมการหรือรูปแบบแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณวัสดุที่ไม่ใช้ แล้ว (y)แต่ละชนิดกับผลผลิต (x) ที่ได้จากการพิจารณาค่า R^2 สูงสุดในหัวข้อที่ 6.2.2 ทำการคำนวณค่าสถิติต่างๆ สรุปได้ดังตารางที่ 6.9

ตารางที่ 6.9 ค่าทดสอบสถิติของสมการความสัมพันธ์สำหรับอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้

ค่าทดสอบทางสถิติ	ตัวแปรตาม (y) ; วัสดุที่ไม่ใช้แล้ว		
	1. เศษไม้และเศษขี้เลื่อย	**2. เศษกระดาษ**	**3. ภาชนะบรรจุปนเปื้อน**
Regression Equation	$y = 246.31\, e^{3.7E-05x}$	$y = 3.338\, x^{0.5396}$	$y = 1.0013\, x^{0.5174}$
R^2	0.9717	0.7416	0.6609
Standard Error : $\hat{\sigma}_e^2$	0.0620	0.1081	0.1258
T-Statistic	14.3500	4.1500	3.4200
Significant T (p-value)	0.0000	0.0060	0.0141
F-Statistic	205.9235	17.2237	11.6953
Significant F (p-value)	0.0000	0.0060	0.0141
	ตัวแปรตาม (y) ; วัสดุที่ไม่ใช้แล้ว		
	4. เศษเหล็ก	**5. กระดาษทรายใช้งานแล้ว**	**6. เศษผ้าปนเปื้อน**
Regression Equation	$y = 992.74\, e^{2.42E-05x}$	$y = 0.1098\, x^{0.6069}$	$y = 203.96\, e^{1.93E-05x}$
R^2	0.6427	0.6856	0.7031
Standard Error : $\hat{\sigma}_e^2$	0.1772	0.1395	0.1234
T-Statistic	3.2850	3.6170	3.7690
Significant T (p-value)	0.0167	0.0111	0.0093
F-Statistic	10.7938	13.0837	14.2084
Significant F (p-value)	0.0167	0.0111	0.0093

โดยที่ ตัวแปรอิสระ (x) คือ ผลผลิต มีหน่วยเป็น ลูกบาศก์ฟุต และมีค่าเริ่มต้นมากกว่าศูนย์

จากค่าทดสอบสถิติของสมการถดถอยในตารางข้างต้นสามารถอธิบายผลได้ดังนี้

- <u>เศษไม้และเศษขี้เลื่อย</u>

ค่า T-Statistic จากสมการมีค่าเท่ากับ 14.35 > $T_{0.025,6}$ = 2.447 และ Significant T มีค่าเท่ากับ 0.0000 < α = 0.05 จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก ($H_0 : \beta_1 = 0$) นั่นคือปริมาณเศษไม้และเศษขี้เลื่อยที่เกิดขึ้น <u>มี</u> ความสัมพันธ์กับผลผลิตตามสมการถดถอยที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ค่า F-Statistic จากสมการมีค่าเท่ากับ 205.9235 > $F_{0.05,1,6}$ = 5.99 และ Significant F มีค่าเท่ากับ 0.0005 ซึ่ง < α = 0.05 จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก ($H_0 : \beta_1 = 0$) นั่นคือปริมาณเศษไม้และเศษขี้เลื่อยที่เกิดขึ้น <u>มี</u> ความสัมพันธ์กับผลผลิตตามสมการถดถอยที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

● <u>เศษกระดาษ</u>

ค่า T-Statistic จากสมการมีค่าเท่ากับ 4.150 > $T_{0.025,6}$ = 2.447 และ Significant T มีค่าเท่ากับ 0.006 ซึ่ง < α = 0.05 จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก ($H_0 : \beta_1 = 0$) นั่นคือปริมาณเศษกระดาษที่เกิดขึ้น <u>มี</u> ความสัมพันธ์กับผลผลิตตามสมการถดถอยที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ค่า F-Statistic จากสมการมีค่าเท่ากับ 17.2237 > $F_{0.05,1,6}$ = 5.99 และ Significant F มีค่าเท่ากับ 0.006 ซึ่ง < α = 0.05 จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก ($H_0 : \beta_1 = 0$) นั่นคือปริมาณเศษกระดาษที่เกิดขึ้น <u>มี</u> ความสัมพันธ์กับผลผลิตตามสมการถดถอยที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

● <u>ภาชนะบรรจุปนเปื้อน</u>

ค่า T-Statistic จากสมการมีค่าเท่ากับ 3.420 > $T_{0.025,6}$ = 2.447 และ Significant T มีค่าเท่ากับ 0.0141 ซึ่ง <α = 0.05 จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก ($H_0 : \beta_1 = 0$) นั่นคือปริมาณภาชนะบรรจุปนเปื้อนที่เกิดขึ้น <u>มี</u> ความสัมพันธ์กับผลผลิตตามสมการถดถอยที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ค่า F-Statistic จากสมการมีค่าเท่ากับ 11.6953 > $F_{0.05,1,6}$ = 5.99 และ Significant F มีค่าเท่ากับ 0.0141 ซึ่ง <α = 0.05 จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก ($H_0 : \beta_1 = 0$) นั่นคือปริมาณภาชนะบรรจุปนเปื้อนที่เกิดขึ้น <u>มี</u> ความสัมพันธ์กับผลผลิตตามสมการถดถอยที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

● <u>เศษเหล็ก</u>

ค่า T-Statistic จากสมการมีค่าเท่ากับ 3.285 > $T_{0.025,6}$ = 2.447 และ Significant T มีค่าเท่ากับ 0.0167 ซึ่ง < α = 0.05 จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก ($H_0 : \beta_1 = 0$) นั่นคือปริมาณเศษเหล็กที่เกิดขึ้น <u>มี</u> ความสัมพันธ์กับผลผลิตตามสมการถดถอย ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ค่า F-Statistic จากสมการมีค่าเท่ากับ 10.7938 > $F_{0.05,1,6}$ = 5.99 และ Significant F มีค่าเท่ากับ 0.0167 ซึ่ง < α = 0.05 จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก ($H_0 : \beta_1 = 0$) นั่นคือปริมาณเศษเหล็กที่เกิดขึ้น <u>มี</u> ความสัมพันธ์กับผลผลิตตามสมการถดถอยที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

● <u>กระดาษทรายใช้งานแล้ว</u>

ค่า T-Statistic จากสมการมีค่าเท่ากับ 3.617 > $T_{0.025,6}$ = 2.447 และ Significant T มีค่าเท่ากับ 0.0111 ซึ่ง < α = 0.05 จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก ($H_0 : \beta_1 = 0$) นั่นคือปริมาณกระดาษทรายใช้งานแล้วที่เกิดขึ้น <u>มี</u> ความสัมพันธ์กับผลผลิตตามสมการถดถอย ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ค่า F-Statistic จากสมการมีค่าเท่ากับ 13.0837 > $F_{0.05,1,6}$ = 5.99 และ Significant F มีค่าเท่ากับ 0.0111 ซึ่ง < α = 0.05 จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก ($H_0 : \beta_1 = 0$) นั่นคือปริมาณกระดาษทรายใช้งานแล้วที่เกิดขึ้น <u>มี</u> ความสัมพันธ์กับผลผลิตตามสมการถดถอยที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

● <u>เศษผ้าปนเปื้อน</u>

ค่า T-Statistic จากสมการมีค่าเท่ากับ 3.769 > $T_{0.025,6}$ = 2.447 และ Significant T มีค่าเท่ากับ 0.0093 ซึ่ง < α = 0.05 จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก ($H_0 : \beta_1 = 0$) นั่นคือปริมาณเศษผ้าปนเปื้อนที่เกิดขึ้น <u>มี</u> ความสัมพันธ์กับผลผลิตตามสมการถดถอย ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ค่า F-Statistic จากสมการมีค่าเท่ากับ 14.2084 > $F_{0.05,1,6}$ = 5.99 และ Significant F มีค่าเท่ากับ 0.0093 ซึ่ง < α = 0.05 จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก ($H_0 : \beta_1 = 0$) นั่นคือปริมาณเศษผ้าปนเปื้อนที่เกิดขึ้น <u>มี</u> ความสัมพันธ์กับผลผลิตตามสมการถดถอยที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

2) <u>การตรวจสอบความน่าเชื่อถือของสมการความสัมพันธ์</u>

เป็นการตรวจสอบความน่าเชื่อถือของสมการความสัมพันธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์การถดถอย โดยการแทนค่าข้อมูลผลผลิต (ตัวแปร x) จากการสำรวจใหม่ลงในสมการเพื่อหาช่วงความเชื่อมั่นที่ตัวแปรตาม y ควรจะเป็น ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 6.10 ผลผลิตกับปริมาณวัสดุที่ไม่ใช้แล้วของโรงงานผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ และช่วงความเชื่อมั่น 95% ของตัวแปรตาม y

เดือน	ผลผลิต : x (ลบ.ฟุต)	1. เศษไม้รวมเศษขี้เลื่อย : y (ตัน)		
		ข้อมูลจริง	ช่วงความเชื่อมั่น 95 % ของตัวแปร y	
			Lower	Upper
กันยายน 2548	37,644	1,240.24	842.19	1,165.04
ตุลาคม 2548	30,006	1,164.52	634.48	879.16
พฤศจิกายน 2548	29,508	1,329.58	622.57	863.59
ธันวาคม 2548	23,171	942.22	486.77	691.33
		2. เศษกระดาษ: y (กก.)		
		ข้อมูลจริง	ช่วงความเชื่อมั่น 95 % ของตัวแปร y	
			Lower	Upper
กันยายน 2548	37,644	890	740.03	1,305.51
ตุลาคม 2548	30,006	818	655.81	1,153.35
พฤศจิกายน 2548	29,508	931	649.52	1,143.70
ธันวาคม 2548	23,171	715	559.12	1,023.49

ตารางที่ 6.10 (ต่อ) ผลผลิต กับปริมาณวัสดุที่ไม่ใช้แล้วของโรงงานผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ และช่วงความเชื่อมั่น 95% ของตัวแปรตาม y

		3. ภาชนะบรรจุปนเปื้อน: y (ใบ)		
		ข้อมูลจริง	ช่วงความเชื่อมั่น 95 % ของตัวแปร y	
			Lower	Upper
กันยายน 2548	37,644	220	167.71	324.65
ตุลาคม 2548	30,006	239	149.41	288.19
พฤศจิกายน 2548	29,508	225	148.01	285.91
ธันวาคม 2548	23,171	177	127.70	258.06
เดือน	ผลผลิต : x (ฟุต^3)	4. เศษเหล็ก : y (กก.)		
		ข้อมูลจริง	ช่วงความเชื่อมั่น 95 % ของตัวแปร y	
			Lower	Upper
กันยายน 2548	37,644	2,075	1,552.40	3,926.04
ตุลาคม 2548	30,006	2,040	1,287.35	3,271.22
พฤศจิกายน 2548	29,508	1,930	1,269.94	3,237.09
ธันวาคม 2548	23,171	1,570	1,053.27	2,872.03
		5. กระดาษทรายใช้แล้ว: y (กก.)		
		ข้อมูลจริง	ช่วงความเชื่อมั่น 95 % ของตัวแปร y	
			Lower	Upper
กันยายน 2548	37,644	60	45.57	94.79
ตุลาคม 2548	30,006	65	39.79	82.44
พฤศจิกายน 2548	29,508	57	39.35	81.67
ธันวาคม 2548	23,171	47	33.14	72.31
		6. เศษผ้าปนเปื้อน : y (กก.)		
		ข้อมูลจริง	ช่วงความเชื่อมั่น 95 % ของตัวแปร y	
			Lower	Upper
กันยายน 2548	37,644	485	305.79	583.64
ตุลาคม 2548	30,006	413	263.36	504.31
พฤศจิกายน 2548	29,508	350	260.55	500.03
ธันวาคม 2548	23,171	328	225.14	452.85

จากตารางที่ 6.10 สามารถอธิบายผลการทดสอบความน่าเชื่อถือของสมการความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณวัสดุที่ไม่ใช้แล้วแต่ละชนิดกับผลผลิตได้ดังนี้

● <u>เศษไม้และเศษขี้เลื่อย</u>

ปริมาณเศษไม้และเศษขี้เลื่อยที่เกิดขึ้นจริงทั้ง 4 เดือนที่นำมาทดสอบมีค่าตกอยู่นอกช่วงค่าความเชื่อมั่น 95% ของตัวแปร y ที่ได้จากสมการ แสดงว่าสมการความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเศษไม้และเศษขี้เลื่อยที่เกิดขึ้นกับผลผลิตยังไม่น่าเชื่อถือ นั่นคือไม่สามารถนำสมการ $y = 246.31e^{3.7E-05x}$ ไปใช้ในการพยากรณ์หาปริมาณเศษไม้ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ได้ ซึ่งจากการตรวจสอบพบว่าในการผลิตจริงของโรงงานแห่งนี้ ช่วงต้นปีจะทำการคัดเลือกไม้ที่มีคุณภาพมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตก่อน จนมาถึงปลายปีจะนำไม้ที่เหลือจากการคัดเลือกในช่วงต้นออกมาทำการผลิต ซึ่งเป็นไม้ที่มีคุณภาพต่ำกว่าจะต้องมีการตัดแต่งมาก จึงทำให้ในช่วงปลายปีมีปริมาณเศษไม้และเศษขี้เลื่อยเกิดขึ้นสูง โดยจะเห็นได้ว่ามีปริมาณสูงกว่าค่าบนของช่วงความเชื่อมั่นที่ได้

● <u>เศษกระดาษ</u>

ปริมาณเศษกระดาษที่เกิดขึ้นจริงทั้ง 4 เดือนที่นำมาทดสอบมีค่าตกอยู่ในช่วงค่าความเชื่อมั่น 95% ของตัวแปร y ที่ได้จากสมการ แสดงว่าสมการความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเศษกระดาษกับผลผลิตมีความน่าเชื่อถือ นั่นคือสามารถนำสมการ $y = 3.338x^{0.5396}$ ไปใช้ในการพยากรณ์หาปริมาณเศษกระดาษที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ได้เมื่อทราบค่าผลผลิต

● <u>ภาชนะบรรจุปนเปื้อน</u>

ปริมาณภาชนะบรรจุปนเปื้อนที่เกิดขึ้นจริงทั้ง 4 เดือนที่นำมาทดสอบมีค่าตกอยู่ในช่วงค่าความเชื่อมั่น 95% ของตัวแปร y ที่ได้จากสมการ แสดงว่าสมการความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณภาชนะบรรจุปนเปื้อนกับผลผลิตมีความน่าเชื่อถือ นั่นคือสามารถนำสมการ $y = 3.338x^{0.5396}$ ไปใช้ในการพยากรณ์หาปริมาณภาชนะบรรจุปนเปื้อนที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ได้เมื่อทราบค่าผลผลิต

● <u>เศษเหล็ก</u>

ปริมาณเศษเหล็กที่เกิดขึ้นจริงทั้ง 4 เดือนที่นำมาทดสอบมีค่าตกอยู่ในช่วงค่าความเชื่อมั่น 95% ของตัวแปร y ที่ได้จากสมการ แสดงว่าสมการความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเศษเหล็กกับผลผลิตมีความน่าเชื่อถือ นั่นคือสามารถนำสมการ $y = 992.74e^{2.42E-05x}$ ไปใช้ในการพยากรณ์หาปริมาณเศษเหล็กที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ได้เมื่อทราบค่าผลผลิต

● <u>กระดาษทรายใช้งานแล้ว</u>

ปริมาณกระดาษทรายใช้งานแล้วที่เกิดขึ้นจริงทั้ง 4 เดือนที่นำมาทดสอบมีค่าตกอยู่ในช่วงค่าความเชื่อมั่น 95% ของตัวแปร y ที่ได้จากสมการ แสดงว่าสมการความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกระดาษทรายใช้งานแล้วกับผลผลิตมีความน่าเชื่อถือ นั่นคือสามารถนำสมการ $y = 0.1098x^{0.6069}$ ไปใช้ในการพยากรณ์หาปริมาณกระดาษทรายใช้งานแล้วที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ได้เมื่อทราบค่าผลผลิต

● <u>เศษผ้าปนเปื้อน</u>

ปริมาณเศษผ้าปนเปื้อนที่เกิดขึ้นจริงทั้ง 4 เดือนที่นำมาทดสอบมีค่าตกอยู่ในช่วงค่าความเชื่อมั่น 95% ของตัวแปร y ที่ได้จากสมการ แสดงว่าสมการความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเศษผ้าปนเปื้อนกับผลผลิตมีความน่าเชื่อถือ นั่นคือสามารถนำสมการ $y = 203.96e^{1.93E-05x}$ ไปใช้ในการพยากรณ์หาปริมาณเศษผ้าปนเปื้อนที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ได้เมื่อทราบค่าผลผลิต

6.3 อุตสาหกรรมเกี่ยวกับสี

6.3.1 อัตราการเกิดวัสดุที่ไม่ใช้แล้วต่อผลผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมเกี่ยวกับสี

จากข้อมูลผลผลิตของโรงงานที่ทำการศึกษา และปริมาณวัสดุที่ไม่ใช้แล้วที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตสีผงในแต่ละเดือน ซึ่งแสดงดังตารางที่ 5.7 และตารางที่ 5.8 สามารถวิเคราะห์หาอัตราการเกิดวัสดุที่ไม่ใช้แล้วแต่ละชนิดต่อผลผลิตของโรงงานได้ดังนี้

ตารางที่ 6.11 อัตราการเกิดวัสดุที่ไม่ใช้แล้วต่อผลผลิตของโรงงานผลิตสีผง

ลำดับที่	วัสดุที่ไม่ใช้แล้ว	ปริมาณเฉลี่ยต่อเดือน	อัตราการเกิดต่อผลผลิต*	
			หน่วยต่อตัน	กิโลกรัมต่อตัน
1	สีผงหมดอายุ (กก.)	150.00	0.42	0.42
2	สีผงไม่ได้คุณภาพ (กก.)	794.13	2.21	2.21
3	เศษกระดาษ (กก.)	296.50	0.83	0.83
4	น้ำมันหล่อลื่นใช้แล้ว(ลิตร)	15.00	0.042	0.038
5	ถุงมือผ้าใช้งานแล้ว (คู่)	294.38	0.82	0.03
6	กากตะกอนสีผง (กก.)	200.00	0.56	0.56
7	ตัวทำละลายผ่านการใช้งานแล้ว (กก.)	96.75	0.27	0.27
			รวม	4.36

หมายเหตุ: * ผลผลิตเฉลี่ยต่อเดือน เท่ากับ 358.5 ตันต่อเดือน

ในตารางที่ 6.11 แสดงให้เห็นถึงอัตราการเกิดวัสดุที่ไม่ใช้แล้วแต่ละชนิดที่เกิดขึ้นต่อผลผลิตของโรงงานผลิตสีผงโดยเฉลี่ย ซึ่งที่ผลผลิต 1 ตัน จะมีสีผงหมดอายุเกิดขึ้น 0.42 กิโลกรัม สีผงไม่ได้คุณภาพ 2.21 กิโลกรัม เศษกระดาษ 0.83 กิโลกรัม น้ำมันหล่อลื่นใช้แล้ว 0.038 กิโลกรัม ถุงมือผ้าใช้งานแล้ว 0.03 กิโลกรัม กากตะกอนสีผง 0.56 กิโลกรัม และตัวทำละลายผ่านการใช้งานแล้ว 0.27 กิโลกรัม รวมวัสดุที่ไม่ใช้แล้วที่เกิดขึ้นทั้งสิ้นเท่ากับ 4.36 กิโลกรัมต่อผลผลิตสีผง 1,000 กิโลกรัม

6.3.2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณวัสดุที่ไม่ใช้แล้วกับผลผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมเกี่ยวกับสี

จากข้อมูลผลผลิตของโรงงานที่ทำการศึกษา และปริมาณวัสดุที่ไม่ใช้แล้วที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตสีผงในแต่ละเดือน ซึ่งแสดงดังตารางที่ 5.7 และตารางที่ 5.8 ทำการวิเคราะห์หารูปแบบความสัมพันธ์หรือสมการแสดงความสัมพันธ์ (Regression and Correlation Analysis) ระหว่างปริมาณวัสดุที่ไม่ใช้แล้วแต่ละชนิดกับผลผลิต โดยเปรียบเทียบรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างเชิงเส้นตรง (Linear), Exponential, ยกกำลัง (Power) และ Logarithmic จากค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Determination Coefficient: R^2) ซึ่งผลการวิเคราะห์รูปแบบความสัมพันธ์สรุปได้ดังตารางที่ 6.12 (รายละเอียดผลลัพธ์การคำนวณการถดถอยแสดงไว้ในภาคผนวก ก)

ตารางที่ 6.12 รูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างระหว่างปริมาณวัสดุที่ไม่ใช้แล้วชนิดต่างๆ ที่เกิดขึ้นกับผลผลิตของโรงงานผลิตสีผง

ลำดับที่	วัสดุที่ไม่ใช้แล้ว	สมการความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว (y) ผลผลิต (x)	R^2
1	สีผงหมดอายุ (กก.)	หารูปแบบความสัมพันธ์ไม่ได้	-
2	สีผงไม่ได้คุณภาพ (กก.)	• $y = 2.0217x + 69.341$ • $y = 3.9734x^{0.9006}$ • $y = 308.97e^{0.0026x}$ • $y = 697.97\ln(x) - 3303.6$	**0.8872** 0.8808 0.8868 0.8785
3	เศษกระดาษ (กก.)	• $y = 0.6831x + 51.605$ • $y = 2.8907x^{0.787}$ • $y = 128e^{0.0023x}$ • $y = 232.46\ln(x) - 1068.3$	**0.7292** 0.6905 0.7192 0.7015
4	น้ำมันหล่อลื่นใช้แล้ว(ลิตร)	หารูปแบบความสัมพันธ์ไม่ได้	-

ลำดับที่	วัสดุที่ไม่ใช้แล้ว	สมการความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว (y) ผลผลิต (x)	R^2
5	ถุงมือผ้าใช้งานแล้ว (คู่)	• $y = 0.6861x + 48.413$ • $y = 2.1131x^{0.8394}$ • $y = 123.32e^{0.0024x}$ • $y = 239.35\ln(x) - 1110.8$	0.8485 **0.8784** 0.8659 0.8579
6	กากตะกอนสีผง (กก.)	หารูปแบบความสัมพันธ์ไม่ได้	-
7	ตัวทำละลายผ่านการใช้งานแล้ว (กก.)	• $y = 0.2222x + 17.076$ • $y = 0.696x^{0.8387}$ • $y = 40.709e^{0.0024x}$ • $y = 77.998\ln(x) - 361.17$	0.7053 **0.7445** 0.7250 0.7218

หมายเหตุ : ผลผลิต (x) มีหน่วยเป็นกิโลกรัม และมีค่าเริ่มต้นมากกว่าศูนย์

จากผลการวิเคราะห์รูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณวัสดุที่ไม่ใช้แล้วที่เกิดขึ้นแต่ละชนิดกับผลผลิตของโรงงานสีผง ดังตารางที่ 6.12 พิจารณารูปแบบความสัมพันธ์ที่มีค่า R^2 สูงสุด พบว่าปริมาณวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว (ตัวแปรตาม: y) แต่ละชนิดมีรูปแบบความสัมพันธ์กับผลผลิต (ตัวแปรอิสระ: x) ที่ต่างกับออกไป ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

1. <u>สีผงหมดอายุ</u> หารูปแบบความสัมพันธ์ไม่ได้ เนื่องจากไม่สามารถระบุตัวเลขปริมาณที่เกิดขึ้นเป็นรายเดือนได้ จึงใช้วิธีเฉลี่ยปริมาณจากข้อมูลที่รวบรวมได้ ซึ่งพบว่ามีปริมาณสีผงหมดอายุที่เกิดขึ้นต่อเดือนเท่ากับ 150 กิโลกรัมต่อเดือน

2. <u>สีผงไม่ได้คุณภาพ</u> : $y = 2.0217x + 69.341$ มีค่า $R^2 = 0.8872$

แสดงว่า 88.72% ของความแปรปรวนที่เกิดขึ้นในตัวแปรตาม (y) เป็นผลเนื่องมาจากการมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง (Linear) กับตัวแปรอิสระ (x) นั่นคือปริมาณสีผงไม่ได้คุณภาพที่เกิดขึ้น จะขึ้นอยู่กับผลผลิตถึงร้อยละ 88.72

3. <u>เศษกระดาษ</u> : $y = 0.6831x + 51.605$ มีค่า $R^2 = 0.7292$

แสดงว่า 72.92% ของความแปรปรวนที่เกิดขึ้นในตัวแปรตาม (y) เป็นผลเนื่องมาจากการมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง (Linear) กับตัวแปรอิสระ (x) นั่นคือปริมาณเศษกระดาษที่เกิดขึ้นจะขึ้นอยู่กับผลผลิตถึงร้อยละ 72.92

4. <u>น้ำมันหล่อลื่นใช้แล้ว</u> หารูปแบบความสัมพันธ์ไม่ได้ เนื่องจากไม่สามารถระบุตัวเลขปริมาณที่เกิดขึ้นในแต่ละเดือนได้ จึงใช้วิธีเฉลี่ยปริมาณจากข้อมูลที่รวบรวมได้ ซึ่งพบว่ามีปริมาณน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้วที่เกิดขึ้นเฉลี่ยเท่ากับ 15 ลิตร/เดือน

5. ถุงมือผ้าใช้งานแล้ว : $y = 2.1131x^{0.8394}$ มีค่า $R^2 = 0.8784$

แสดงว่า 87.84% ของความแปรปรวนที่เกิดขึ้นในตัวแปรตาม (y) เป็นผลเนื่องมาจากการมีความสัมพันธ์เส้นโค้งแบบยกกำลัง (Power) กับตัวแปรอิสระ (x) นั่นคือปริมาณถุงมือผ้าใช้แล้วที่เกิดขึ้น จะขึ้นอยู่กับผลผลิตถึงร้อยละ 87.84

6. กากตะกอนสีผง : หารูปแบบความสัมพันธ์ไม่ได้ เนื่องจากไม่สามารถระบุตัวเลขปริมาณที่เกิดขึ้นเป็นรายเดือนได้ จึงใช้วิธีเฉลี่ยปริมาณจากข้อมูลที่รวบรวมได้ ซึ่งพบว่ามีปริมาณกากตะกอนสีผงเฉลี่ยเท่ากับ 200 กิโลกรัม/เดือน

7. ตัวทำละลายผ่านการใช้งานแล้ว : $y = 0.696x^{0.8387}$ มีค่า $R^2 = 0.7445$

แสดงว่า 74.45% ของความแปรปรวนที่เกิดขึ้นในตัวแปรตาม (y) เป็นผลเนื่องมาจากการมีความสัมพันธ์เส้นโค้งแบบยกกำลัง (Power) กับตัวแปรอิสระ (x) นั่นคือปริมาณตัวทำละลายผ่านการใช้งานแล้วที่เกิดขึ้น จะขึ้นอยู่กับผลผลิตถึงร้อยละ 74.45

6.3.3 การตรวจสอบความเชื่อถือได้ของความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณวัสดุที่ไม่ใช้แล้วกับผลผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมเกี่ยวกับสี

1) การตรวจสอบค่าสถิติของสมการความสัมพันธ์

จากสมการหรือรูปแบบแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว (y) แต่ละชนิดกับผลผลิต (x) ที่ได้จากการพิจารณาค่า R^2 สูงสุดในหัวข้อที่ 6.3.2 ทำการคำนวณค่าสถิติต่างๆ สรุปได้ดังตารางที่ 6.13

ตารางที่ 6.13 ค่าทดสอบสถิติของสมการความสัมพันธ์สำหรับอุตสาหกรรมเกี่ยวกับสี

ค่าทดสอบทางสถิติ	ตัวแปรตาม (y) ; วัสดุที่ไม่ใช้แล้ว			
	1. สีไม่ได้คุณภาพ	2. เศษกระดาษ	3. ถุงมือใช้งานแล้ว	4. ตัวทำละลายผ่านการใช้งานแล้ว
Regression Equation	$y = 2.0217x + 69.341$	$y = 0.6831x + 51.605$	$y = 2.1131x^{0.8394}$	$y = 0.696x^{0.8387}$
R^2	0.8872	0.7292	0.8784	0.7445
Standard Error : $\hat{\sigma}_e^2$	43.3179	25.0197	.05410	.08511
T-Statistic	6.8700	4.0190	6.5840	4.1810
Significant T (p-value)	0.0005	.0070	.0006	.0058
F-Statistic	47.2022	16.1538	43.3428	17.4829
Significant F (p-value)	0.0005	.0070	.0006	.0058

โดยที่ ตัวแปรอิสระ (x) คือผลผลิต มีหน่วยเป็นกิโลกรัม และมีค่าเริ่มต้นมากกว่าศูนย์

จากค่าทดสอบสถิติของสมการถดถอยในตารางข้างต้นสามารถอธิบายผลได้ดังนี้

● <u>สีผงไม่ได้คุณภาพ</u>

ค่า T-Statistic จากสมการมีค่าเท่ากับ 6.870 > $T_{0.025,6}$ = 2.447 และ Significant T มีค่าเท่ากับ 0.0005 < α = 0.05 จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก ($H_0 : \beta_1 = 0$) นั่นคือปริมาณสีผงไม่ได้คุณภาพที่เกิดขึ้น <u>มี</u> ความสัมพันธ์กับผลผลิตตามสมการถดถอยที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ค่า F-Statistic จากสมการมีค่าเท่ากับ 47.2022 > $F_{0.05,1,6}$ = 5.99 และ Significant F มีค่าเท่ากับ 0.0005 ซึ่ง <α = 0.05 จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก ($H_0 : \beta_1 = 0$) นั่นคือ ปริมาณสีผงไม่ได้คุณภาพที่เกิดขึ้น<u>มี</u>ความสัมพันธ์กับผลผลิตตามสมการถดถอยที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

● <u>เศษกระดาษ</u>

ค่า T-Statistic จากสมการมีค่าเท่ากับ 4.019 > $T_{0.025,6}$ = 2.447 และ Significant T มีค่าเท่ากับ 0.007 ซึ่ง < α = 0.05 จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก ($H_0 : \beta_1 = 0$) นั่นคือปริมาณเศษกระดาษที่เกิดขึ้น <u>มี</u> ความสัมพันธ์กับผลผลิตตามสมการถดถอยที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ค่า F-Statistic จากสมการมีค่าเท่ากับ 16.1538 > $F_{0.05,1,6}$ = 5.99 และ Significant F มีค่าเท่ากับ 0.007 ซึ่ง < α = 0.05 จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก ($H_0 : \beta_1 = 0$) นั่นคือปริมาณเศษกระดาษที่เกิดขึ้น <u>มี</u> ความสัมพันธ์กับผลผลิตตามสมการถดถอยที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

● <u>ถุงมือผ้าใช้งานแล้ว</u>

ค่า T-Statistic จากสมการมีค่าเท่ากับ 6.584 > $T_{0.025,6}$ = 2.447 และ Significant T มีค่าเท่ากับ 0.0006 ซึ่ง <α = 0.05 จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก ($H_0 : \beta_1 = 0$) นั่นคือปริมาณถุงมือผ้าใช้งานแล้วที่เกิดขึ้น <u>มี</u> ความสัมพันธ์กับผลผลิตตามสมการถดถอยที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ค่า F-Statistic จากสมการมีค่าเท่ากับ 43.3428 > $F_{0.05,1,6}$ = 5.99 และ Significant F มีค่าเท่ากับ 0.0006 ซึ่ง <α = 0.05 จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก ($H_0 : \beta_1 = 0$) นั่นคือปริมาณถุงผ้ามือใช้งานแล้วที่เกิดขึ้น <u>มี</u> ความสัมพันธ์กับผลผลิตตามสมการถดถอยที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

● <u>ตัวทำละลายผ่านการใช้งานแล้ว</u>

ค่า T-Statistic จากสมการมีค่าเท่ากับ 4.1810 > $T_{0.025,6}$ = 2.447 และ Significant T มีค่าเท่ากับ 0.0058 ซึ่ง < α = 0.05 จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก ($H_0 : \beta_1 = 0$) นั่นคือปริมาณตัวทำละลายผ่านการใช้งานแล้วที่เกิดขึ้น <u>มี</u> ความสัมพันธ์กับผลผลิตตามสมการถดถอย ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ค่า F-Statistic จากสมการมีค่าเท่ากับ 17.4829 > $F_{0.05,1,6}$ = 5.99 และ Significant F มีค่าเท่ากับ 0.0058 ซึ่ง < α = 0.05 จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก ($H_0 : \beta_1 = 0$) นั่นคือปริมาณตัวทำละลายผ่านการใช้งานแล้วที่เกิดขึ้น <u>มี</u> ความสัมพันธ์กับผลผลิตตามสมการถดถอยที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

2) <u>การตรวจสอบความน่าเชื่อถือของสมการความสัมพันธ์</u>

เป็นการตรวจสอบความน่าเชื่อถือของสมการความสัมพันธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์การถดถอย โดยการแทนค่าข้อมูลผลผลิต (ตัวแปร x) จากการสำรวจใหม่ลงในสมการเพื่อหาช่วงความเชื่อมั่นที่ y ควรจะเป็น ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 6.14 ผลผลิตกับปริมาณวัสดุที่ไม่ใช้แล้วของโรงงานผลิตสีผง และช่วงความเชื่อมั่น 95% ของตัวแปรตาม y

เดือน	ผลผลิต : x (ตัน)	**1. สีผงไม่ได้คุณภาพ: y (กก.)**		
		ข้อมูลจริง	ช่วงความเชื่อมั่น 95 % ของตัวแปร y	
			Lower	Upper
กันยายน 2548	367	864	698.69	923.93
ตุลาคม 2548	340	743	643.48	869.97
พฤศจิกายน 2548	395	840	752.43	983.41
		2. เศษกระดาษ: y (กก.)		
		ข้อมูลจริง	ช่วงความเชื่อมั่น 95 % ของตัวแปร y	
			Lower	Upper
กันยายน 2548	367	295	237.26	367.36
ตุลาคม 2548	340	298	218.46	349.27
พฤศจิกายน 2548	395	335	254.73	388.14
		3. ถุงมือผ้าใช้งานแล้ว: y (คู่)		
		ข้อมูลจริง	ช่วงความเชื่อมั่น 95 % ของตัวแปร y	
			Lower	Upper
กันยายน 2548	367	325	260.87	345.75
ตุลาคม 2548	340	275	244.61	324.33
พฤศจิกายน 2548	395	345	276.48	369.07
		4. ตัวทำละลายผ่านการใช้งานแล้ว: y (กก.)		
		ข้อมูลจริง	ช่วงความเชื่อมั่น 95 % ของตัวแปร y	
			Lower	Upper
กันยายน 2548	367	109	78.96	123.00
ตุลาคม 2548	340	100	74.04	115.40
พฤศจิกายน 2548	395	117	83.51	131.56

จากตารางที่ 6.14 สามารถอธิบายผลการทดสอบความน่าเชื่อถือของสมการความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณวัสดุที่ไม่ใช้แล้วแต่ละชนิดกับผลผลิตได้ดังนี้

● <u>สีผงไม่ได้คุณภาพ</u>

ปริมาณสีผงไม่ได้คุณภาพที่เกิดขึ้นจริงทั้ง 3 เดือนที่นำมาทดสอบมีค่าตกอยู่ในช่วงค่าความเชื่อมั่น 95% ของตัวแปร y ที่ได้จากสมการ แสดงว่าสมการความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสีผงไม่ได้คุณภาพกับผลผลิตมีความน่าเชื่อถือ นั่นคือสามารถนำสมการ $y = 2.0217x + 69.341$ ไปใช้ในการพยากรณ์หาปริมาณสีผงไม่ได้คุณภาพที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตสีผงได้เมื่อทราบค่าผลผลิต

● <u>เศษกระดาษ</u>

ปริมาณเศษกระดาษที่เกิดขึ้นจริงทั้ง 3 เดือนที่นำมาทดสอบมีค่าตกอยู่ในช่วงค่าความเชื่อมั่น 95% ของตัวแปร y ที่ได้จากสมการ แสดงว่าสมการความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเศษกระดาษกับผลผลิตมีความน่าเชื่อถือ นั่นคือสามารถนำสมการ $y = 0.6831x + 51.605$ ไปใช้ในการพยากรณ์หาปริมาณเศษกระดาษที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตสีผงได้เมื่อทราบค่าผลผลิต

● <u>ถุงมือผ้าใช้งานแล้ว</u>

ปริมาณถุงมือผ้าใช้งานแล้วที่เกิดขึ้นจริงทั้ง 3 เดือนที่นำมาทดสอบมีค่าตกอยู่ในช่วงค่าความเชื่อมั่น 95% ของตัวแปร y ที่ได้จากสมการ แสดงว่าสมการความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณถุงมือผ้าใช้งานแล้วกับผลผลิตมีความน่าเชื่อถือ นั่นคือสามารถนำสมการ $y = 2.1131x^{0.8394}$ ไปใช้ในการพยากรณ์หาปริมาณถุงมือผ้าใช้งานแล้วที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตสีผงได้เมื่อทราบค่าผลผลิต

● <u>ตัวทำละลายผ่านการใช้งานแล้ว</u>

ปริมาณตัวทำละลายผ่านการใช้งานแล้วที่เกิดขึ้นจริงทั้ง 3 เดือนที่นำมาทดสอบมีค่าตกอยู่ในช่วงค่าความเชื่อมั่น 95% ของตัวแปร y ที่ได้จากสมการ แสดงว่าสมการความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณตัวทำละลายผ่านการใช้งานแล้วกับผลผลิตมีความน่าเชื่อถือ นั่นคือสามารถนำสมการ $y = 0.696x^{0.8387}$ ไปใช้ในการพยากรณ์หาปริมาณตัวทำละลายผ่านการใช้งานแล้วที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตสีผงได้เมื่อทราบค่าผลผลิต

6.4 อุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ยาง

6.4.1 อัตราการเกิดวัสดุที่ไม่ใช้แล้วต่อผลผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ยาง

จากข้อมูลผลผลิตของโรงงานที่ทำการศึกษา และปริมาณวัสดุที่ไม่ใช้แล้วที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ยางในแต่ละเดือน ซึ่งแสดงดังตารางที่ 5.9 และตารางที่ 5.10 สามารถวิเคราะห์หาอัตราการเกิดวัสดุที่ไม่ใช้แล้วแต่ละชนิดต่อผลผลิตของโรงงานได้ดังนี้

ตารางที่ 6.15 อัตราการเกิดวัสดุที่ไม่ใช้แล้วต่อผลผลิตของโรงงานผลิตผลิตภัณฑ์ยาง

ลำดับที่	วัสดุที่ไม่ใช้แล้ว	ปริมาณเฉลี่ยต่อเดือน	อัตราการเกิดต่อผลผลิต*	
			หน่วยต่อตัน	กิโลกรัมต่อตัน
1	เศษยาง Silicone สกปรก (ยังไม่ผ่านการขึ้นรูป) (กก.)	8.96	0.44	0.44
2	เศษยาง Silicone (ชิ้นงานเสีย+เศษยาง) (กก.)	2,833.88	140.01	140.01
			รวม	**140.45**
3	เศษยาง Non-Silicone (ชิ้นงานเสีย+เศษยาง) (กก.)	2,183.13	231.09	231.09
			รวม	**231.09**
4	ถุงพลาสติก (กก.)	121.13	4.08	4.08
5	กล่องกระดาษ (ใบ)	384.50	12.95	9.07
6	ถุงมือผ้าใช้แล้ว (คู่)	1,059.00	35.67	1.50
7	เศษผ้าเปื้อนน้ำมัน (กก.)	288.13	9.71	9.71
8	น้ำมันหล่อลื่นใช้แล้ว (ลิตร)	10.00	0.34	0.31
			รวม	**24.67**

หมายเหตุ: * - ลำดับที่ 1 ถึง 2 ต่อผลผลิตประเภทยาง Silicone ผลผลิตเฉลี่ยต่อเดือน เท่ากับ 20,241 กิโลกรัมต่อเดือน
- ลำดับที่ 3 ต่อผลผลิตประเภทยาง Non-Silicone ผลผลิตเฉลี่ยต่อเดือน เท่ากับ 9,447 กิโลกรัมต่อเดือน
- ลำดับที่ 4 ถึง 7 ต่อผลผลิตรวมทั้ง 2 ประเภท ผลผลิตเฉลี่ยต่อเดือน เท่ากับ 29,688 กิโลกรัมต่อเดือน

ในตารางที่ 6.15 แสดงให้เห็นถึงอัตราการเกิดวัสดุที่ไม่ใช้แล้วแต่ละชนิดที่เกิดขึ้นต่อผลผลิตของโรงงานผลิตผลิตภัณฑ์ยางโดยเฉลี่ย ซึ่งที่ผลผลิต 1 ตัน จะมีเศษยาง Silicone สกปรก (ยังไม่ผ่านการขึ้นรูป) เกิดขึ้น 0.44 กิโลกรัม เศษยาง Silicone 140.01 กิโลกรัม เศษยาง Non-Silicone 231.09 กิโลกรัม ถุงพลาสติก 4.08 กิโลกรัม กล่องกระดาษ 9.07 กิโลกรัม ถุงมือผ้าใช้แล้ว 1.50 กิโลกรัม เศษผ้าเปื้อนน้ำมัน 9.71 กิโลกรัม และน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้ว 0.31 กิโลกรัม

6.4.2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณวัสดุที่ไม่ใช้แล้วกับผลผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ยาง

จากข้อมูลผลผลิตของโรงงานที่ทำการศึกษา และปริมาณวัสดุที่ไม่ใช้แล้วที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ยางในแต่ละเดือน ซึ่งแสดงดังตารางที่ 5.9 และตารางที่ 5.10 ทำการวิเคราะห์หารูปแบบความสัมพันธ์หรือสมการแสดงความสัมพันธ์(Regression and Correlation Analysis) ระหว่างปริมาณวัสดุที่ไม่ใช้แล้วแต่ละชนิดกับผลผลิตตามประเภทยางที่มีความสัมพันธ์กัน โดยเปรียบเทียบรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างเชิงเส้นตรง (Linear), Exponential, ยกกำลัง (Power) และ Logarithmic จากค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Determination Coefficient: R^2) ซึ่งผลการวิเคราะห์รูปแบบความสัมพันธ์สรุปได้ดังตารางที่ 6.16 (รายละเอียดผลลัพธ์การคำนวณการถดถอยแสดงไว้ในภาคผนวก ก)

ตารางที่ 6.16 รูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างระหว่างปริมาณวัสดุที่ไม่ใช้แล้วชนิดต่างๆ ที่เกิดขึ้นกับผลผลิตของโรงงานผลิตผลิตภัณฑ์ยาง

ลำดับที่	วัสดุที่ไม่ใช้แล้ว	สมการความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว (y) ผลผลิต (x)*	R^2
1	เศษยาง Silicone สกปรก (ยังไม่ผ่านการขึ้นรูป) (กก.)	• $y = 0.0002x + 4.0517$	0.6506
		• $y = 0.0341x^{0.5621}$	**0.6778**
		• $y = 5.0396e^{2.8E-05x}$	0.6519
		• $y = 4.8453\ln(x) - 38.981$	0.6682
2	เศษยาง Silicone (ชิ้นงานเสีย+เศษยาง) (กก.)	• $y = 0.1186x + 433.17$	**0.8355**
		• $y = 0.6448x^{0.846}$	0.8340
		• $y = 1171.4e^{4.28E-05x}$	0.8280
		• $y = 2{,}329.6\ln(x) - 20{,}217$	0. 8302
3	เศษยาง Non-Silicone (ชิ้นงานเสีย+เศษยาง) (กก.)	• $y = 0.227x + 39.046$	**0.8164**
		• $y = 0.2554x^{0.9891}$	0.7653
		• $y = 785.4e^{0.0001x}$	0.7711
		• $y = 2{,}106\ln(x) - 17{,}064$	0.8057
4	ถุงพลาสติก (กก.)	• $y = 0.0041x - 0.0036$	**0.6976**
		• $y = 0.0028x^{1.0366}$	0.6667
		• $y = 41.28e^{3.54E-05x}$	0.6617
		• $y = 118.36\ln(x) - 1{,}095.8$	0. 6897

ตารางที่ 6.16 (ต่อ) รูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างระหว่างปริมาณวัสดุที่ไม่ใช้แล้วชนิดต่างๆ ที่เกิดขึ้นกับผลผลิตของโรงงานผลิตผลิตภัณฑ์ยาง

ลำดับที่	วัสดุที่ไม่ใช้แล้ว	สมการความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว (y) ผลผลิต (x)*	R^2
5	กล่องกระดาษ (ใบ)	• $y = 0.0058x + 213.15$ • $y = 4.0027x^{0.4435}$ • $y = 243.43e^{1.52E-05x}$ • $y = 167.42\ln(x) - 1,337$	**0.6637** 0.6514 0.6539 0.6562
6	ถุงมือผ้าใช้แล้ว (คู่)	• $y = 0.0147x + 623.69$ • $y = 19.84x^{0.3865}$ • $y = 706.14e^{1.35E-05x}$ • $y = 418\ln(x) - 3,238.9$	**0.6967** 0.6671 0.6952 0. 6653
7	เศษผ้าเปื้อนน้ำมัน (กก.)	• $y = 0.0093x + 13.426$ • $y = 0.018x^{0.9392}$ • $y = 107.41e^{3.25E-05x}$ • $y = 266.54\ln(x) - 2,452.4$	**0.7162** 0.6815 0.6955 0. 6982
8	น้ำมันหล่อลื่นใช้แล้ว (ลิตร)	หารูปแบบความสัมพันธ์ไม่ได้	-

หมายเหตุ : * - ลำดับที่ 1 ถึง 2 ตัวแปร x เป็นผลผลิตประเภทยาง Silicone มีหน่วยเป็นกิโลกรัม และมีค่าเริ่มต้นมากกว่าศูนย์
- ลำดับที่ 3 ตัวแปร x เป็นผลผลิตประเภทยาง Non-Silicone มีหน่วยเป็นกิโลกรัม และมีค่าเริ่มต้นมากกว่าศูนย์
- ลำดับที่ 4 ถึง 7 ตัวแปร x เป็นผลผลิตรวมทั้ง 2 ประเภท มีหน่วยเป็นกิโลกรัม และมีค่าเริ่มต้นมากกว่าศูนย์

จากผลการวิเคราะห์รูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณวัสดุที่ไม่ใช้แล้วที่เกิดขึ้นแต่ละชนิดกับผลผลิตของโรงงานผลิตผลิตภัณฑ์ยาง ดังตารางที่ 6.16 พิจารณารูปแบบความสัมพันธ์ที่มีค่า R^2 สูงสุด พบว่าปริมาณวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว (ตัวแปรตาม: y) แต่ละประเภทมีรูปแบบความสัมพันธ์กับผลผลิต (ตัวแปรอิสระ: x) ที่ต่างกับออกไป ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

1. <u>เศษยาง Silicone สกปรก</u> (ยังไม่ผ่านการขึ้นรูป): $y = 0.0341x^{0.5621}$ มีค่า $R^2 = 0.6778$

แสดงว่า 67.78% ของความแปรปรวนที่เกิดขึ้นในตัวแปรตาม (y) เป็นผลเนื่องมาจากการมีความสัมพันธ์เชิงเส้นโค้งแบบยกกำลัง (Power) กับตัวแปรอิสระ (x) นั่นคือปริมาณเศษยาง Silicone สกปรกที่เกิดขึ้น จะขึ้นอยู่กับผลผลิตถึงร้อยละ 67.78

2. <u>เศษยาง Silicone</u> : y =0.1186x + 433.17 มีค่า R^2 = 0.8355

แสดงว่า 83.55% ของความแปรปรวนที่เกิดขึ้นในตัวแปรตาม (y) เป็นผลเนื่องมาจากการมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง (Linear) กับตัวแปรอิสระ (x) นั่นคือปริมาณเศษยาง Silicone ที่เกิดขึ้น จะขึ้นอยู่กับผลผลิตถึงร้อยละ 83.55

3. <u>เศษยาง Non- Silicone</u> : y = 0.227x + 39.046 มีค่า R^2 = 0.8164

แสดงว่า 81.64% ของความแปรปรวนที่เกิดขึ้นในตัวแปรตาม (y) เป็นผลเนื่องมาจากการมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง (Linear) กับตัวแปรอิสระ (x) นั่นคือปริมาณเศษยาง Non-Silicone ที่เกิดขึ้น จะขึ้นอยู่กับผลผลิตถึงร้อยละ 81.64

4. <u>ถุงพลาสติก</u> : y = 0.0041x - 0.0036 มีค่า R^2 = 0.6976

แสดงว่า 69.76% ของความแปรปรวนที่เกิดขึ้นในตัวแปรตาม (y) เป็นผลเนื่องมาจากการมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง (Linear) กับตัวแปรอิสระ (x) นั่นคือปริมาณเศษถุงพลาสติกที่เกิดขึ้น จะขึ้นอยู่กับผลผลิตถึงร้อยละ 69.76

5. <u>กล่องกระดาษ</u> : y = 0.0058x + 213.15 มีค่า R^2 = 0.6637

แสดงว่า 66.37% ของความแปรปรวนที่เกิดขึ้นในตัวแปรตาม (y) เป็นผลเนื่องมาจากการมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง (Linear) กับตัวแปรอิสระ (x) นั่นคือปริมาณเศษกล่องกระดาษที่เกิดขึ้น จะขึ้นอยู่กับผลผลิตถึงร้อยละ 66.37

6. <u>ถุงมือผ้าใช้งานแล้ว</u> : y = 0.0147x + 623.69 มีค่า R^2 = 0.6967

แสดงว่า 69.67% ของความแปรปรวนที่เกิดขึ้นในตัวแปรตาม (y) เป็นผลเนื่องมาจากการมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง (Linear) กับตัวแปรอิสระ (x) นั่นคือปริมาณเศษถุงมือผ้าใช้งานแล้ว ที่เกิดขึ้น จะขึ้นอยู่กับผลผลิตถึงร้อยละ 69.67

7. <u>เศษผ้าเปื้อนน้ำมัน</u> : y = 0.0093x + 13.426 มีค่า R^2 = 0.7162

แสดงว่า 71.62% ของความแปรปรวนที่เกิดขึ้นในตัวแปรตาม(y) เป็นผลเนื่องมาจากการมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง (Linear) กับตัวแปรอิสระ (x) นั่นคือปริมาณเศษผ้าเปื้อนน้ำมันที่เกิดขึ้น จะขึ้นอยู่กับผลผลิตถึงร้อยละ 71.62

8. <u>น้ำมันหล่อลื่นใช้แล้ว</u> หารูปแบบความสัมพันธ์ไม่ได้ เนื่องจากไม่สามารถระบุตัวเลขปริมาณที่เกิดขึ้นในแต่ละเดือนได้ จึงใช้วิธีเฉลี่ยปริมาณจากข้อมูลที่มีอยู่ ซึ่งพบว่ามีปริมาณน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้ว เท่ากับ 15 ลิตรต่อเดือน

6.4.3 การตรวจสอบความเชื่อถือได้ของความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณวัสดุที่ไม่ใช้แล้วกับกำลังการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ยาง

1) การตรวจสอบค่าสถิติของสมการความสัมพันธ์

จากสมการหรือรูปแบบแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว (y) แต่ละชนิดกับผลผลิต (x) ที่ได้จากการพิจารณาค่า R^2 สูงสุดในหัวข้อที่ 6.4.2 ทำการคำนวณค่าสถิติต่างๆ สรุปได้ดังตารางที่ 6.17

ตารางที่ 6.17 ค่าทดสอบสถิติของสมการความสัมพันธ์สำหรับอุตสาหกรรมเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ยาง

ค่าทดสอบทางสถิติ	ตัวแปรตาม (y) ; วัสดุที่ไม่ใช้แล้ว		
	1. เศษยาง Silicone สกปรก	**2. เศษยาง Silicone**	**3. เศษยาง Non- Silicone**
Regression Equation	$y = 0.0341 x^{0.5621}$	$y = 0.1186 x + 433.17$	$y = 0.227 x + 39.046$
R^2	0.6778	0.8355	0.8164
Standard Error : $\hat{\sigma}_e^2$	.09182	245.72985	199.4104
T-Statistic	3.553	5.521	5.165
Significant T (p-value)	.0120	.0015	.0021
F-Statistic	12.6247	30.48356	26.6823
Significant F (p-value)	.0120	.0015	.0021

	4. ถุงพลาสติก	**5. กล่องกระดาษ**	**6. ถุงมือผ้าใช้แล้ว**	**7. เศษผ้าเปื้อนน้ำมัน**
Regression Equation	$y = 0.0041 x - 0.0036$	$y = 0.0058 x + 213.15$	$y = 0.0147 x + 623.69$	$y = 0.0093 x + 13.426$
R^2	0.6976	0.6637	0.6967	0.7162
Standard Error : $\hat{\sigma}_e^2$	16.5418	25.2964	59.5654	35.8692
T-Statistic	3.7200	3.4410	3.7130	3.8910
Significant T (p-value)	.0098	.0138	.0099	.0081
F-Statistic	13.8402	11.8432	13.7856	15.1386
Significant F (p-value)	.0098	.0138	.0099	.0081

หมายเหตุ : - ลำดับที่ 1 ถึง 2 ตัวแปร x เป็นผลผลิตประเภทยาง Silicone มีหน่วยเป็นกิโลกรัม และมีค่าเริ่มต้นมากกว่าศูนย์

- ลำดับที่ 3 ตัวแปร x เป็นผลผลิตประเภท ยาง Non-Silicone มีหน่วยเป็นกิโลกรัม และมีค่าเริ่มต้นมากกว่าศูนย์

- ลำดับที่ 4 ถึง 7 ตัวแปร x เป็นผลผลิตรวมทั้ง 2 ประเภท มีหน่วยเป็นกิโลกรัม และมีค่าเริ่มต้นมากกว่าศูนย์

จากค่าทดสอบสถิติของสมการถดถอยในตารางข้างต้นสามารถอธิบายผลได้ดังนี้

- เศษยาง Silicone สกปรก (ยังไม่ผ่านการขึ้นรูป)

ค่า T-Statistic จากสมการมีค่าเท่ากับ 3.553 > $T_{0.025,6}$ = 2.447 และ Significant T มีค่าเท่ากับ 0.0120 < α = 0.05 จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก ($H_0 : \beta_1 = 0$) นั่นคือปริมาณเศษยาง Silicone สกปรกที่เกิดขึ้น มี ความสัมพันธ์กับผลผลิตตามสมการถดถอยที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ค่า F-Statistic จากสมการมีค่าเท่ากับ 12.6247 > $F_{0.05,1,6}$ = 5.99 และ Significant F มีค่าเท่ากับ 0.0120 ซึ่ง < α = 0.05 จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก ($H_0 : \beta_1 = 0$) นั่นคือ ปริมาณเศษยาง Silicone สกปรกที่เกิดขึ้น มี ความสัมพันธ์กับผลผลิตตามสมการถดถอยที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

- เศษยาง Silicone

ค่า T-Statistic จากสมการมีค่าเท่ากับ 5.521 > $T_{0.025,6}$ = 2.447 และ Significant T มีค่าเท่ากับ 0.0015 ซึ่ง < α = 0.05 จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก ($H_0 : \beta_1 = 0$) นั่นคือปริมาณเศษยาง Silicone ที่เกิดขึ้น มี ความสัมพันธ์กับผลผลิตตามสมการถดถอยที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ค่า F-Statistic จากสมการมีค่าเท่ากับ 30.48356 > $F_{0.05,1,6}$ = 5.99 และ Significant F มีค่าเท่ากับ 0.0015 ซึ่ง < α = 0.05 จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก ($H_0 : \beta_1 = 0$) นั่นคือปริมาณเศษยาง Silicone ที่เกิดขึ้น มีความสัมพันธ์กับผลผลิตตามสมการถดถอยที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

- เศษยาง Non- Silicone

ค่า T-Statistic จากสมการมีค่าเท่ากับ 5.165 > $T_{0.025,6}$ = 2.447 และ Significant T มีค่าเท่ากับ 0.0021 ซึ่ง < α = 0.05 จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก ($H_0 : \beta_1 = 0$) นั่นคือปริมาณเศษยาง Non-Silicone ที่เกิดขึ้น มี ความสัมพันธ์กับผลผลิตตามสมการถดถอยที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ค่า F-Statistic จากสมการมีค่าเท่ากับ 26.6823 > $F_{0.05,1,6}$ = 5.99 และ Significant F มีค่าเท่ากับ 0.0021 ซึ่ง < α = 0.05 จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก ($H_0 : \beta_1 = 0$) นั่นคือปริมาณเศษยาง Non-Silicone ที่เกิดขึ้น มี ความสัมพันธ์กับผลผลิตตามสมการถดถอยที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

- ถุงพลาสติก

ค่า T-Statistic จากสมการมีค่าเท่ากับ 3.720 > $T_{0.025,6}$ = 2.447 และ Significant T มีค่าเท่ากับ 0.0098 ซึ่ง < α = 0.05 จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก ($H_0 : \beta_1 = 0$) นั่นคือปริมาณถุงพลาสติกที่เกิดขึ้น มี ความสัมพันธ์กับผลผลิตตามสมการถดถอย ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ค่า F-Statistic จากสมการมีค่าเท่ากับ 13.8402 > $F_{0.05,1,6}$ = 5.99 และ Significant F มีค่าเท่ากับ 0.0098 ซึ่ง < α = 0.05 จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก ($H_0 : \beta_1 = 0$) นั่นคือปริมาณถุงพลาสติกที่เกิดขึ้น มี ความสัมพันธ์กับผลผลิตตามสมการถดถอยที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

● <u>กล่องกระดาษ</u>

ค่า T-Statistic จากสมการมีค่าเท่ากับ 3.441 > $T_{0.025,6}$ = 2.447 และ Significant T มีค่าเท่ากับ 0.0138 ซึ่ง < α = 0.05 จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก ($H_0 : \beta_1 = 0$) นั่นคือปริมาณกล่องกระดาษที่เกิดขึ้น <u>มี</u> ความสัมพันธ์กับผลผลิตตามสมการถดถอย ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ค่า F-Statistic จากสมการมีค่าเท่ากับ 11.8432 > $F_{0.05,1,6}$ = 5.99 และ Significant F มีค่าเท่ากับ 0.0138 ซึ่ง < α = 0.05 จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก ($H_0 : \beta_1 = 0$) นั่นคือปริมาณกล่องกระดาษที่เกิดขึ้น <u>มี</u> ความสัมพันธ์กับผลผลิตตามสมการถดถอยที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

● <u>ถุงมือผ้าใช้งานแล้ว</u>

ค่า T-Statistic จากสมการมีค่าเท่ากับ 3.713 > $T_{0.025,6}$ = 2.447 และ Significant T มีค่าเท่ากับ 0.0099 ซึ่ง < α = 0.05 จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก ($H_0 : \beta_1 = 0$) นั่นคือปริมาณถุงมือผ้าใช้งานแล้วที่เกิดขึ้น <u>มี</u> ความสัมพันธ์กับผลผลิตตามสมการถดถอย ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ค่า F-Statistic จากสมการมีค่าเท่ากับ 13.7856 > $F_{0.05,1,6}$ = 5.99 และ Significant F มีค่าเท่ากับ 0.0099 ซึ่ง < α = 0.05 จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก ($H_0 : \beta_1 = 0$) นั่นคือปริมาณถุงมือผ้าใช้งานแล้วที่เกิดขึ้น <u>มี</u> ความสัมพันธ์กับผลผลิตตามสมการถดถอยที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

● <u>เศษผ้าเปื้อนน้ำมัน</u>

ค่า T-Statistic จากสมการมีค่าเท่ากับ 3.891 > $T_{0.025,6}$ = 2.447 และ Significant T มีค่าเท่ากับ 0.0081 ซึ่ง < α = 0.05 จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก ($H_0 : \beta_1 = 0$) นั่นคือปริมาณเศษผ้าเปื้อนน้ำมันที่เกิดขึ้น <u>มี</u> ความสัมพันธ์กับผลผลิตตามสมการถดถอย ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ค่า F-Statistic จากสมการมีค่าเท่ากับ 15.1386 > $F_{0.05,1,6}$ = 5.99 และ Significant F มีค่าเท่ากับ 0.0081 ซึ่ง < α = 0.05 จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก ($H_0 : \beta_1 = 0$) นั่นคือปริมาณเศษผ้าเปื้อนน้ำมันที่เกิดขึ้น <u>มี</u> ความสัมพันธ์กับผลผลิตตามสมการถดถอยที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

2) <u>การตรวจสอบความน่าเชื่อถือของสมการความสัมพันธ์</u>

เป็นการตรวจสอบความน่าเชื่อถือของสมการความสัมพันธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์การถดถอย โดยการแทนค่าข้อมูลผลผลิต (ตัวแปร x) จากการสำรวจใหม่ลงในสมการเพื่อหาช่วงความเชื่อมั่นที่ y ควรจะเป็น ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 6.18 ผลผลิต กับปริมาณวัสดุที่ไม่ใช้แล้วของโรงงานผลิตผลิตภัณฑ์ยาง และช่วงความเชื่อมั่น 95% ของตัวแปรตาม y

เดือน	ผลผลิต : ประเภทยาง Silicone x (กก.)	1. เศษยาง Silicone สกปรก: y (กก.)		
		ข้อมูลจริง	ช่วงความเชื่อมั่น 95 % ของตัวแปร y	
			Lower	Upper
มิถุนายน 2548	15,774	8.4	6.05	10.07
สิงหาคม 2548	15,069	7.9	5.86	9.88
กันยายน 2548	17,102	8.8	6.39	10.44
		2. เศษยาง Silicone: y (กก.)		
		ข้อมูลจริง	ช่วงความเชื่อมั่น 95 % ของตัวแปร y	
			Lower	Upper
มิถุนายน 2548	15,774	2,145	1,624.24	2,983.83
สิงหาคม 2548	15,069	2,192	1,526.95	2,913.90
กันยายน 2548	17,102	2,505	1,802.61	3,120.48
เดือน	ผลผลิต : ประเภทยาง Non- Silicone x (กก.)	3. เศษยาง Non- Silicone: y (กก.)		
		ข้อมูลจริง	ช่วงความเชื่อมั่น 95 % ของตัวแปร y	
			Lower	Upper
มิถุนายน 2548	6,506	1,481	908.99	2,122.29
สิงหาคม 2548	8,695	2,109	1,488.49	2,536.41
กันยายน 2548	9,278	2,297	1,626.77	2,662.77
เดือน	ผลผลิตรวม x (กก.)	4. ถุงพลาสติก : y (กก.)		
		ข้อมูลจริง	ช่วงความเชื่อมั่น 95 % ของตัวแปร y	
			Lower	Upper
มิถุนายน 2548	22,281	90	43.58	138.23
สิงหาคม 2548	23,764	112	51.16	142.75
กันยายน 2548	26,380	107	63.78	151.48
		5. กล่องกระดาษ: y (ใบ)		
		ข้อมูลจริง	ช่วงความเชื่อมั่น 95 % ของตัวแปร y	
			Lower	Upper
มิถุนายน 2548	22,281	328	269.38	414.12
สิงหาคม 2548	23,764	327	280.28	420.34
กันยายน 2548	26,380	365	298.35	432.47

ตารางที่ 6.18 (ต่อ) ผลผลิต กับปริมาณวัสดุที่ไม่ใช้แล้วของโรงงานผลิตผลิตภัณฑ์ยาง และช่วงความเชื่อมั่น 95% ของตัวแปรตาม y

เดือน	ผลผลิตรวม x (กก.)	6. ถุงมือผ้าใช้แล้ว: y (คู่)		
		ข้อมูลจริง	ช่วงความเชื่อมั่น 95 % ของตัวแปร y	
			Lower	Upper
มิถุนายน 2548	22,281	936	779.98	1,120.80
สิงหาคม 2548	23,764	1,032	807.24	1,137.03
กันยายน 2548	26,380	1,104	852.59	1,168.40
		7. เศษผ้าเปื้อนน้ำมัน: y (กก.)		
		ข้อมูลจริง	ช่วงความเชื่อมั่น 95 % ของตัวแปร y	
			Lower	Upper
มิถุนายน 2548	22,281	200	116.97	322.20
สิงหาคม 2548	23,764	255	134.01	332.61
กันยายน 2548	26,380	240	162.43	352.60

หมายเหตุ: เนื่องจากในเดือนกรกฎาคมโรงงานอยู่ในช่วงทำการปรับปรุงซึ่งมีผลต่อข้อมูลจึงไม่นำข้อมูลในเดือนกรกฎาคมมาทำการวิเคราะห์

จากตารางที่ 6.18 สามารถอธิบายผลการทดสอบความน่าเชื่อถือของสมการความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณวัสดุที่ไม่ใช้แล้วแต่ละชนิดกับผลผลิตได้ดังนี้

- <u>เศษยาง Silicone สกปรก</u> (ยังไม่ผ่านการขึ้นรูป)

ปริมาณเศษยาง Silicone สกปรกที่เกิดขึ้นจริงทั้ง 3 เดือนที่นำมาทดสอบมีค่าตกอยู่ในช่วงค่าความเชื่อมั่น 95% ของตัวแปร y ที่ได้จากสมการ แสดงว่าสมการความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเศษยาง Silicone สกปรกกับผลผลิตมีความน่าเชื่อถือ นั่นคือสามารถนำสมการ $y = 0.0341\,x^{0.5621}$ ไปใช้ในการพยากรณ์หาปริมาณเศษยาง Silicone สกปรก ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ยางได้เมื่อทราบค่าผลผลิต

- <u>เศษยาง Silicone</u>

ปริมาณเศษยาง Silicone ที่เกิดขึ้นจริงทั้ง 3 เดือนที่นำมาทดสอบมีค่าตกอยู่ในช่วงค่าความเชื่อมั่น 95% ของตัวแปร y ที่ได้จากสมการ แสดงว่าสมการความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเศษยาง Silicone กับผลผลิตมีความน่าเชื่อถือ นั่นคือสามารถนำสมการ $y = 0.1186\,x + 433.17$ ไปใช้ในการพยากรณ์หาปริมาณเศษยาง Silicone ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ยางได้เมื่อทราบค่าผลผลิต

● <u>เศษยาง Non- Silicone</u>

ปริมาณเศษยาง Non-Silicone ที่เกิดขึ้นจริงทั้ง 3 เดือนที่นำมาทดสอบมีค่าตกอยู่ในช่วงค่าความเชื่อมั่น 95% ของตัวแปร y ที่ได้จากสมการ แสดงว่าสมการความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเศษยาง Non-Silicone กับผลผลิตมีความน่าเชื่อถือ นั่นคือสามารถนำสมการ $y = 0.227x + 39.046$ ไปใช้ในการพยากรณ์หาปริมาณเศษยาง Non-Silicone ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ยางได้เมื่อทราบค่าผลผลิต

● <u>ถุงพลาสติก</u>

ปริมาณถุงพลาสติกที่เกิดขึ้นจริงทั้ง 3 เดือนที่นำมาทดสอบมีค่าตกอยู่ในช่วงค่าความเชื่อมั่น 95% ของตัวแปร y ที่ได้จากสมการ แสดงว่าสมการความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณถุงพลาสติกกับผลผลิตมีความน่าเชื่อถือ นั่นคือสามารถนำสมการ $y = 0.0041x - 0.0036$ ไปใช้ในการพยากรณ์หาปริมาณถุงพลาสติกที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ยางได้เมื่อทราบค่าผลผลิต

● <u>กล่องกระดาษ</u>

ปริมาณกล่องกระดาษที่เกิดขึ้นจริงทั้ง 3 เดือนที่นำมาทดสอบมีค่าตกอยู่ในช่วงค่าความเชื่อมั่น 95% ของตัวแปร y ที่ได้จากสมการ แสดงว่าสมการความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกล่องกระดาษกับผลผลิตมีความน่าเชื่อถือ นั่นคือสามารถนำสมการ $y = 0.0058x + 213.15$ ไปใช้ในการพยากรณ์หาปริมาณกล่องกระดาษที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ยางได้เมื่อทราบค่าผลผลิต

● <u>ถุงมือผ้าใช้งานแล้ว</u>

ปริมาณถุงมือผ้าใช้งานแล้วที่เกิดขึ้นจริงทั้ง 3 เดือนที่นำมาทดสอบมีค่าตกอยู่ในช่วงค่าความเชื่อมั่น 95% ของตัวแปร y ที่ได้จากสมการ แสดงว่าสมการความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณถุงมือผ้าใช้งานแล้วกับผลผลิตมีความน่าเชื่อถือ นั่นคือสามารถนำสมการ $y = 0.0147x + 623.69$ ไปใช้ในการพยากรณ์หาปริมาณถุงมือผ้าใช้งานแล้วที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ยางได้เมื่อทราบค่าผลผลิต

● <u>เศษผ้าเปื้อนน้ำมัน</u>

ปริมาณเศษผ้าเปื้อนน้ำมันที่เกิดขึ้นจริงทั้ง 3 เดือนที่นำมาทดสอบมีค่าตกอยู่ในช่วงค่าความเชื่อมั่น 95% ของตัวแปร y ที่ได้จากสมการ แสดงว่าสมการความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเศษผ้าเปื้อนน้ำมันกับผลผลิตมีความน่าเชื่อถือ นั่นคือสามารถนำสมการ $y = 0.0093x + 13.426$ ไปใช้ในการพยากรณ์หาปริมาณเศษผ้าเปื้อนน้ำมันที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ยางได้เมื่อทราบค่าผลผลิต

6.5 อุตสาหกรรมเหล็ก

6.5.1 อัตราการเกิดวัสดุที่ไม่ใช้แล้วต่อผลผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมอุตสาหกรรมเหล็ก

จากข้อมูลผลผลิตของโรงงานที่ทำการศึกษา และปริมาณวัสดุที่ไม่ใช้แล้วที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตเหล็กในแต่ละเดือน ซึ่งแสดงดังตารางที่ 5.11 และตารางที่ 5.12 สามารถวิเคราะห์หาอัตราการเกิดวัสดุที่ไม่ใช้แล้วแต่ละชนิดต่อผลผลิตของโรงงาน ได้ดังนี้

ตารางที่ 6.19 อัตราการเกิดวัสดุที่ไม่ใช้แล้วต่อผลผลิตของโรงงานผลิตเหล็กเส้น

ลำดับที่	วัสดุที่ไม่ใช้แล้ว	ปริมาณเฉลี่ยต่อเดือน	อัตราการเกิดต่อผลผลิต*	
			หน่วยต่อตัน	กิโลกรัมต่อตัน
1	เศษเหล็ก (ตัน)	76.08	7.836	7,835.59
2	สแลกจากการเผาเหล็ก (ตัน)	20	2.060	2,059.73
3	เศษจารบี (กก.)	50	0.005	0.005
4	น้ำมันหล่อลื่นใช้แล้ว (ลิตร)	200	0.021	2,059.73
5	ถุงมือผ้าใช้แล้ว (คู่)	3,466	0.357	0.015
6	เศษผ้าปนเปื้อนน้ำมัน (กก.)	20	0.002	0.002
7	ถังโลหะและถังพลาสติก (กก.)	300	0.031	0.031
8	กากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสีย (ตัน)	3	0.309	308.96
			รวม	10,204.36

หมายเหตุ: * ผลผลิตเฉลี่ยต่อเดือน เท่ากับ 9,710 ตันต่อเดือน

ในตารางที่ 6.19 แสดงให้เห็นถึงอัตราการเกิดวัสดุที่ไม่ใช้แล้วแต่ละชนิดที่เกิดขึ้นต่อผลผลิตของโรงงานผลิตเหล็กเส้นโดยเฉลี่ย ซึ่งที่ผลผลิต 1 ตัน จะมีเศษเหล็กเกิดขึ้น 7,835.59 กิโลกรัม สแลกจากการเผาเหล็ก 2,059.73 กิโลกรัม เศษจารบี 0.005 กิโลกรัม น้ำมันหล่อลื่นใช้แล้ว 0.019 กิโลกรัม ถุงมือผ้าใช้แล้ว 0.015 กิโลกรัม เศษผ้าปนเปื้อนน้ำมัน 0.002 กิโลกรัม ถังโลหะและถังพลาสติก 0.031 กิโลกรัม และกากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสีย 308.96 กิโลกรัม รวมวัสดุที่ไม่ใช้แล้วที่เกิดขึ้นทั้งสิ้นเท่ากับ 10,204.36 กิโลกรัมต่อผลผลิตสีผง 1,000 กิโลกรัม

6.5.2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณวัสดุที่ไม่ใช้แล้วกับผลผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมเหล็ก

จากข้อมูลผลผลิตของโรงงานที่ทำการศึกษา และปริมาณวัสดุที่ไม่ใช้แล้วที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตเหล็กในแต่ละเดือน ซึ่งแสดงดังตารางที่ 5.11 และตารางที่ 5.12 ทำการวิเคราะห์หารูปแบบความสัมพันธ์หรือสมการแสดงความสัมพันธ์ (Regression and Correlation Analysis) ระหว่างปริมาณวัสดุที่ไม่ใช้แล้วแต่ละชนิดกับผลผลิต โดยเปรียบเทียบรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างเชิงเส้นตรง (Linear), Exponential, ยกกำลัง (Power) และ Logarithmic จากค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Determination Coefficient: R^2) ซึ่งผลการวิเคราะห์รูปแบบความสัมพันธ์สรุปได้ดังตารางที่ 6.20 (รายละเอียดผลลัพธ์การคำนวณการถดถอยแสดงไว้ในภาคผนวก ก)

ตารางที่ 6.20 รูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างระหว่างปริมาณวัสดุที่ไม่ใช้แล้วชนิดต่างๆ ที่เกิดขึ้นกับผลผลิตของโรงงานผลิตเหล็กเส้น

ลำดับที่	วัสดุที่ไม่ใช้แล้ว	สมการความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว (y) ผลผลิต (x)	R^2
1	เศษเหล็ก (ตัน)	• $y = 0.0069x + 9.1169$ • $y = 0.0202x^{0.8979}$ • $y = 23.917e^{0.0001x}$ • $y = 51.118\ln(x) - 387.03$	0.9729 **0.9816** 0.8505 0.9091
2	สแลกจากการเผาเหล็ก (ตัน)	หารูปแบบความสัมพันธ์ไม่ได้	-
3	เศษจารบี (กก.)	หารูปแบบความสัมพันธ์ไม่ได้	-
4	น้ำมันหล่อลื่นใช้แล้ว (ลิตร)	หารูปแบบความสัมพันธ์ไม่ได้	-
5	ถุงมือผ้าใช้แล้ว (คู่)	• $y = 0.0922x + 2571.4$ • $y = 818.57x^{0.158}$ • $y = 2676.1e^{2.55E-05x}$ • $y = 574.56\ln(x) - 1738.8$	**0.5128** 0.3172 0.4838 0.3387
6	เศษผ้าปนเปื้อนน้ำมัน (กก.)	หารูปแบบความสัมพันธ์ไม่ได้	-
7	ถังโลหะและถังพลาสติก (กก.)	หารูปแบบความสัมพันธ์ไม่ได้	-
8	กากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสีย (ตัน)	หารูปแบบความสัมพันธ์ไม่ได้	-

หมายเหตุ: ผลผลิต (x) มีหน่วยเป็น ตัน และมีค่าเริ่มต้นมากกว่าศูนย์

จากผลการวิเคราะห์รูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณวัสดุที่ไม่ใช้แล้วที่เกิดขึ้นแต่ละชนิดกับผลผลิตของโรงงานผลิตเหล็กเส้นดังตารางที่ 6.20 พบว่าสามารถหารูปแบบความสัมพันธ์ได้ 2 ชนิด คือ เศษเหล็ก และถุงมือผ้าใช้แล้ว โดยจะพิจารณารูปแบบความสัมพันธ์ที่มีค่า R^2 สูงสุด สำหรับวัสดุที่ไม่ใช้แล้วชนิดอื่นหารูปแบบความสัมพันธ์ไม่ได้ เนื่องจากไม่สามารถระบุตัวเลขปริมาณที่เกิดขึ้นในแต่ละเดือนได้ จึงใช้วิธีเฉลี่ยปริมาณจากข้อมูลที่มี ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

1. <u>เศษเหล็ก</u> : $y = 0.0202x^{0.8979}$ มีค่า $R^2 = 0.9816$

แสดงว่า 98.16 % ของความแปรปรวนที่เกิดขึ้นในตัวแปรตาม (y) เป็นผลเนื่องมาจากการมีความสัมพันธ์เชิงเส้นโค้งแบบแบบยกกำลัง (Power) กับตัวแปรอิสระ (x) นั่นคือปริมาณเศษเหล็กที่เกิดขึ้น จะขึ้นอยู่กับผลผลิตถึงร้อยละ 98.16

2. <u>สแลกจากการเผาเหล็ก</u> : ปริมาณเกิดขึ้นเฉลี่ยเท่ากับ 20 ตันต่อเดือน
3. <u>เศษจารบี</u> : ปริมาณเศษเกิดขึ้นเฉลี่ยเท่ากับ 50 กิโลกรัมต่อเดือน
4. <u>น้ำมันหล่อลื่นใช้แล้ว</u> :ปริมาณเกิดขึ้นเฉลี่ยเท่ากับ 200 ลิตรต่อเดือน
5. <u>ถุงมือผ้าใช้งานแล้ว</u> : $y = 0.0922x + 2571.4$ มีค่า $R^2 = 0.5128$

แสดงว่า 51.28% ของความแปรปรวนที่เกิดขึ้นในตัวแปรตาม (y) เป็นผลเนื่องมาจากการมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง (Linear) กับตัวแปรอิสระ (x) นั่นคือปริมาณถุงมือผ้าใช้งานแล้วที่เกิดขึ้นจะขึ้นอยู่กับผลผลิตร้อยละ 51.28

6. <u>เศษผ้าปนเปื้อนน้ำมัน</u> : ปริมาณเกิดขึ้นเฉลี่ยเท่ากับ 20 กิโลกรัมต่อเดือน
7. <u>ถังโลหะและถังพลาสติก</u> : ปริมาณเกิดขึ้นเฉลี่ยเท่ากับ 300 กิโลกรัมต่อเดือน
8. <u>กากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสีย</u> : ปริมาณกากเกิดขึ้นเฉลี่ยเท่ากับ 3 ตันต่อเดือน

6.5.3 การตรวจสอบความเชื่อถือได้ของความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณวัสดุที่ไม่ใช้แล้วกับผลผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมเหล็ก

1) <u>การตรวจสอบค่าสถิติของสมการความสัมพันธ์</u>

จากสมการหรือรูปแบบแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว (y) แต่ละชนิดกับผลผลิต (x) ที่ได้จากการพิจารณาค่า R^2 สูงสุดในหัวข้อที่ 6.4.2 ทำการคำนวณค่าสถิติต่างๆ สรุปได้ดังตารางที่ 6.21

ตารางที่ 6.21 ค่าทดสอบสถิติของสมการความสัมพันธ์ฯ สำหรับอุตสาหกรรมเหล็ก

ค่าทดสอบทางสถิติ	ตัวแปรตาม (y) ; วัสดุที่ไม่ใช้แล้ว	
	1. เศษเหล็ก	2.ถุงมือผ้าใช้งานแล้ว
Regression Equation	$y = 0.0202\,x^{0.8979}$	$y = 0.0922\,x + 2571.4$
R^2	0.9816	0.5128
Standard Error : $\hat{\sigma}_e^2$	.0770	431.9747
T-Statistic	17.913	2.5130
Significant T (p-value)	.0000	.0457
F-Statistic	320.8667	6.3145
Significant F (p-value)	.0000	.0457

โดยที่ ตัวแปรอิสระ (x) คือผลผลิต มีหน่วยเป็น ตัน และมีค่าเริ่มต้นมากกว่าศูนย์

จากค่าทดสอบสถิติของสมการถดถอยในตารางข้างต้นสามารถอธิบายผลได้ดังนี้

- <u>เศษเหล็ก</u>

ค่า T-Statistic จากสมการมีค่าเท่ากับ 17.913 > $T_{0.025,6}$ = 2.447 และ Significant T มีค่าเท่ากับ 0.0000 < α = 0.05 จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก ($H_0 : \beta_1 = 0$) นั่นคือปริมาณเศษเหล็กที่เกิดขึ้น <u>มี</u> ความสัมพันธ์กับผลผลิตตามสมการถดถอยที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ค่า F-Statistic จากสมการมีค่าเท่ากับ 320.8667 > $F_{0.05,1,6}$ = 5.99 และ Significant F มีค่าเท่ากับ 0.0000 ซึ่ง < α = 0.05 จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก ($H_0 : \beta_1 = 0$) นั่นคือ ปริมาณเศษเหล็กที่เกิดขึ้น <u>มี</u> ความสัมพันธ์กับผลผลิตตามสมการถดถอยที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

- <u>ถุงมือผ้าใช้งานแล้ว</u>

ค่า T-Statistic จากสมการมีค่าเท่ากับ 2.513 > $T_{0.025,6}$ = 2.447 และ Significant T มีค่าเท่ากับ 0.0457 ซึ่ง < α = 0.05 จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก ($H_0 : \beta_1 = 0$) นั่นคือปริมาณถุงมือผ้าใช้งานแล้วที่เกิดขึ้น <u>มี</u> ความสัมพันธ์กับผลผลิตตามสมการถดถอย ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ค่า F-Statistic จากสมการมีค่าเท่ากับ 6.3145 > $F_{0.05,1,6}$ = 5.99 และ Significant F มีค่าเท่ากับ 0.0457 ซึ่ง < α = 0.05 จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก ($H_0 : \beta_1 = 0$) นั่นคือปริมาณถุงมือผ้าใช้งานแล้วที่เกิดขึ้น <u>มี</u> ความสัมพันธ์กับผลผลิตตามสมการถดถอยที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

2) <u>การตรวจสอบความน่าเชื่อถือของสมการความสัมพันธ์</u>

เป็นการตรวจสอบความน่าเชื่อถือของสมการความสัมพันธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์การถดถอย โดยการแทนค่าข้อมูลผลผลิต (ตัวแปร x) จากการสำรวจใหม่ลงในสมการเพื่อหาช่วงความเชื่อมั่นที่ y ควรจะเป็น ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 6.22 ผลผลิต กับปริมาณวัสดุที่ไม่ใช้แล้วของโรงงานผลิตเหล็กเส้น และช่วงความเชื่อมั่น 95% ของตัวแปรตาม y

เดือน	ผลผลิต : x (ตัน)	1. เศษเหล็ก: y (ตัน)		
		ข้อมูลจริง	ช่วงความเชื่อมั่น 95 % ของตัวแปร0 y	
			Lower	Upper
กันยายน 2548	7,945.692	58.932	52.54	78.39
ตุลาคม 2548	14,719.417	108.160	90.46	137.78
พฤศจิกายน 2548	9,999.605	74.480	64.55	96.43
		2. ถุงมือผ้าใช้แล้ว: y (คู่)		
		ข้อมูลจริง	ช่วงความเชื่อมั่น 95 % ของตัวแปร y	
			Lower	Upper
กันยายน 2548	7,945.692	3,720	2,171.40	4,436.54
ตุลาคม 2548	14,719.417	4,079	2,720.22	5,136.83
พฤศจิกายน 2548	9,999.605	3,254	2,371.61	4,615.08

จากตารางที่ 6.22 สามารถอธิบายผลการทดสอบความน่าเชื่อถือของสมการความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณวัสดุที่ไม่ใช้แล้วแต่ละชนิดกับผลผลิตได้ดังนี้

- <u>เศษเหล็ก</u>

ปริมาณเศษเหล็กที่เกิดขึ้นจริงทั้ง 3 เดือนที่นำมาทดสอบมีค่าตกอยู่ในช่วงค่าความเชื่อมั่น 95% ของตัวแปร y ที่ได้จากสมการ แสดงว่าสมการความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเศษเหล็กกับผลผลิตมีความน่าเชื่อถือ นั่นคือสามารถนำสมการ $y = 0.0202x^{0.8979}$ ไปใช้ในการพยากรณ์ปริมาณเศษเหล็กที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตเหล็กเส้นได้เมื่อทราบค่าผลผลิต

- <u>ถุงมือผ้าใช้งานแล้ว</u>

ปริมาณถุงมือผ้าใช้งานแล้วที่เกิดขึ้นจริงทั้ง 3 เดือนที่นำมาทดสอบมีค่าตกอยู่ในช่วงค่าความเชื่อมั่น 95% ของตัวแปร y ที่ได้จากสมการ แสดงว่าสมการความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณถุงมือผ้าใช้งานแล้วกับผลผลิตมีความน่าเชื่อถือ นั่นคือสามารถนำสมการ $y = 0.0922x + 2571.4$ ไปใช้ในการพยากรณ์ปริมาณถุงมือผ้าใช้งานแล้วที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตเหล็กเส้นได้เมื่อทราบค่าผลผลิต