

บทที่ 4

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

4.1 การกระจายตัวของปริมาณกำมะถันในน้ำมันดิบ

งานวิจัยนี้ได้รวบรวมข้อมูลการกระจายตัวของปริมาณกำมะถันในน้ำมันดิบจากข้อมูลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำมันดิบอย่างละเอียด (Crude Assay) และผลการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำมันดิบโดยแบ่งประเภทของแหล่งน้ำมันดิบออกเป็น 3 แหล่งดังนี้

1. น้ำมันดิบจากแหล่งตะวันออกไกล เช่นน้ำมันดิบจากแหล่งเอเชียและออสเตรเลีย
2. น้ำมันดิบจากแหล่งตะวันออกกลาง เช่นน้ำมันดิบจากกลุ่มประเทศอาหรับรวมถึงเยเมน
3. น้ำมันดิบจากแหล่งแอฟริกาและอเมริกา เช่นน้ำมันดิบจากไนจีเรีย อียิปต์และอเมริกา

และใช้คาบจุดเดือดในการกลั่นแยกน้ำมันออกเป็นส่วนต่างๆ ดังนี้

คาบจุดเดือดเนฟทาใช้คาบจุดเดือดระหว่างอุณหภูมิของก๊าซเพนเทนถึงอุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส

คาบจุดเดื่อน้ำมันก๊าดใช้คาบจุดเดือดระหว่างอุณหภูมิ 150 ถึง 250 องศาเซลเซียส

คาบจุดเดื่อน้ำมันดีเซลใช้คาบจุดเดือดระหว่างอุณหภูมิ 250 ถึง 370 องศาเซลเซียส

คาบจุดเดื่อน้ำมันเตาใช้คาบจุดเดือดตั้งแต่อุณหภูมิ 370 องศาเซลเซียสขึ้นไป

จากการแบ่งประเภทน้ำมันดิบตามแหล่งกำเนิดของน้ำมันดิบแหล่งต่างๆ และใช้คาบจุดเดือดในการแบ่งแยกชนิดของน้ำมันดิบข้างต้นสามารถจำแนกการกระจายตัวของปริมาณกำมะถันในน้ำมันดิบที่มีต่อคาบจุดเดือดต่างๆ ได้ดังต่อไปนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

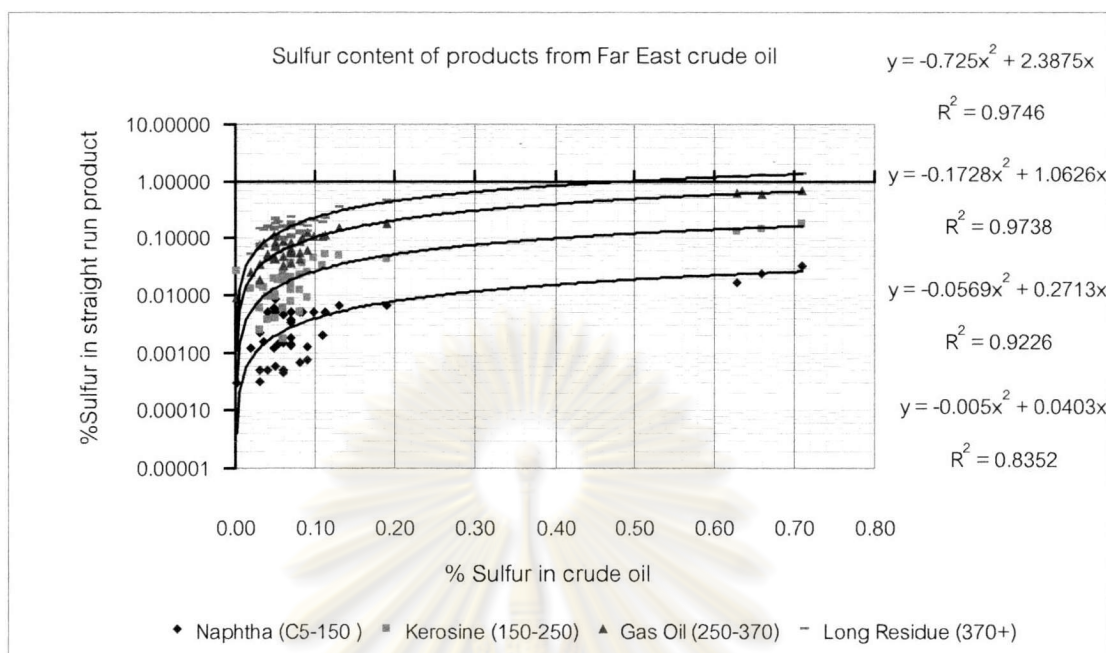
4.1.1 ความสัมพันธ์ของการกระจายตัวของปริมาณกำมะถันในน้ำมันดิบและการทดสอบความถูกต้องของความสัมพันธ์

จากการรวบรวมข้อมูลการกระจายตัวของปริมาณกำมะถันในน้ำมันดิบจากแหล่ง ตะวันออกไกล ตะวันออกกลาง และแหล่งแอฟริกาและอเมริกาตามฐานข้อมูลน้ำมันดิบที่แสดงใน ภาคผนวก ก และจากการหาความสัมพันธ์ในการกระจายตัวของปริมาณกำมะถันในคาบจุดเดือด ต่างๆ เทียบกับปริมาณกำมะถันในเนื่อน้ำมันดิบทั้งหมดโดยทำการทดสอบการปรับเส้นโค้ง (Curve Fitting) ด้วยรูปแบบความสัมพันธ์ต่างๆ เช่นฟังก์ชันเส้นตรง พหุนามกำลังต่างๆ ยกกำลัง ลอการิทึม และเลขชี้กำลัง พบว่าปริมาณกำมะถันในน้ำมันดิบในคาบจุดเดือดต่างๆ มีรูปแบบ ความสัมพันธ์ในการกระจายตัวเป็นแบบพหุนามกำลังสอง (Second order Polynomial Regression) และ รูปแบบความสัมพันธ์มีความคล้ายคลึงกันสำหรับน้ำมันดิบจากแหล่งต่างๆ โดยใช้เครื่องมือการวิเคราะห์ข้อมูล (Data Analysis Tools Pak) ในโปรแกรมไมโครซอฟต์เอกเซล ช่วยในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 95

4.1.1.1 ความสัมพันธ์ของการกระจายตัวของปริมาณกำมะถันในน้ำมันดิบแหล่ง ตะวันออกไกลและการทดสอบความถูกต้องของความสัมพันธ์

จากการรวบรวมข้อมูลการกระจายตัวของปริมาณกำมะถันในคาบจุดเดือด ต่างๆ ของน้ำมันดิบจากแหล่งตะวันออกไกลในภาคผนวก ก พบว่าการกระจายตัวของปริมาณ กำมะถันในคาบจุดเดื่อน้ำมันเนฟทา น้ำมันก๊าด น้ำมันดีเซล และน้ำมันเตา มีการกระจายตัวดัง แสดงในรูปที่ 4.1

ศูนย์วิจัยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.1 การกระจายตัวของปริมาณกำมะถันในคาบจุดเดือดต่างๆ ของน้ำมันดิบจากแหล่งตะวันออกไกล

จากการใช้เครื่องมือการวิเคราะห์ข้อมูล (Data Analysis Tools) ในโปรแกรม ไมโครซอฟต์เอกเซลเข้าช่วยในการวิเคราะห์รูปแบบการกระจายตัวว่ามีความสัมพันธ์ในการกระจายตัวอยู่ในรูปแบบใดพบว่าการกระจายตัวของปริมาณกำมะถันในน้ำมันดิบที่กระจายตัวลงในคาบจุดเดือดต่างๆ ในน้ำมันดิบมีรูปแบบของการถดถอยเชิงพหุนามกำลังสองโดยใช้การทดสอบที่ระดับความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 95 ในคาบจุดเดื่อน้ำมันแนฟทา น้ำมันก๊าด น้ำมันดีเซล และน้ำมันเตา ได้ค่าสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจ (R^2) ที่ 0.84 0.92 0.97 และ 0.98 ตามลำดับ ค่าสัมประสิทธิ์ดังกล่าวเป็นค่าที่ค่อนข้างสูงซึ่งสนับสนุนว่าความสัมพันธ์ดังกล่าวสามารถเป็นตัวแทนของการกระจายตัวของปริมาณกำมะถันในน้ำมันคาบจุดเดือดต่างๆ ได้ดี ดังแสดงในตารางที่ 4.1 – 4.4 (รายละเอียดการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ดังกล่าวแสดงในหัวข้อ 4.2)

ตารางที่ 4.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของรูปแบบความสัมพันธ์ของการกระจายตัวของ ปริมาณกำมะถันในน้ำมันดิบแหล่งตะวันออกไกลคาบจุดเตือดน้ำมันเนฟทา

Regression Statistics

Multiple R	R Square	Standard Error
0.9139	0.8352	0.0026

ANOVA

	df	SS	MS	F	Significance F
Regression	2	0.0013	0.000650296	96.31361654	2.15179E-15
Residual	38	0.0003	6.75186E-06		
Total	40	0.0016			

Coefficients : $Y = \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2$

	Coefficients (β_i)	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%
$X_1 = X$	0.0403	0.006696811	6.020015206	5.34398E-07	0.026757919	0.053871891
$X_2 = X^2$	-0.0050	0.010695605	-0.463604792	0.645575578	-0.026610654	0.016693587

ตารางที่ 4.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของรูปแบบความสัมพันธ์ของการกระจายตัวของ ปริมาณกำมะถันในน้ำมันดิบแหล่งตะวันออกไกลคาบจุดเตือดน้ำมันก๊าด

Regression Statistics

Multiple R	R Square	Standard Error
0.9605	0.9226	0.0109

ANOVA

	df	SS	MS	F	Significance F
Regression	2	0.0541	0.027062538	226.4548164	1.75625E-21
Residual	38	0.0045	0.000119505		
Total	40	0.0587			

Coefficients : $Y = \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2$

	Coefficients (β_i)	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%
$X_1 = X$	0.2713	0.028174095	9.629956291	9.63373E-12	0.214279826	0.328350776
$X_2 = X^2$	-0.0569	0.044997383	-1.264437037	0.213773792	-0.1479888	0.034196085

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของรูปแบบความสัมพันธ์ของการกระจายตัวของ ปริมาณกำมะถันในน้ำมันดิบแหล่งตะวันออกไกลคาบจุดเดือดน้ำมันดีเซล

Regression Statistics

Multiple R	R Square	Standard Error
0.9868	0.9738	0.0251

ANOVA

	df	SS	MS	F	Significance F
Regression	2	0.8948	0.447386198	707.5712981	3.2701E-30
Residual	38	0.0240	0.000632284		
Total	40	0.9188			

Coefficients : $Y = \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2$

	Coefficients (β_i)	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%
$X_1 = X$	1.0626	0.064805621	16.39718249	7.94684E-19	0.931437463	1.193821712
$X_2 = X^2$	-0.1728	0.10350229	-1.66905607	0.103326091	-0.382280564	0.036778314

ตารางที่ 4.4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของรูปแบบความสัมพันธ์ของการกระจายตัวของ ปริมาณกำมะถันในน้ำมันดิบแหล่งตะวันออกไกลคาบจุดเดือดน้ำมันเตา

Regression Statistics

Multiple R	R Square	Standard Error
0.9872	0.9746	0.0492

ANOVA

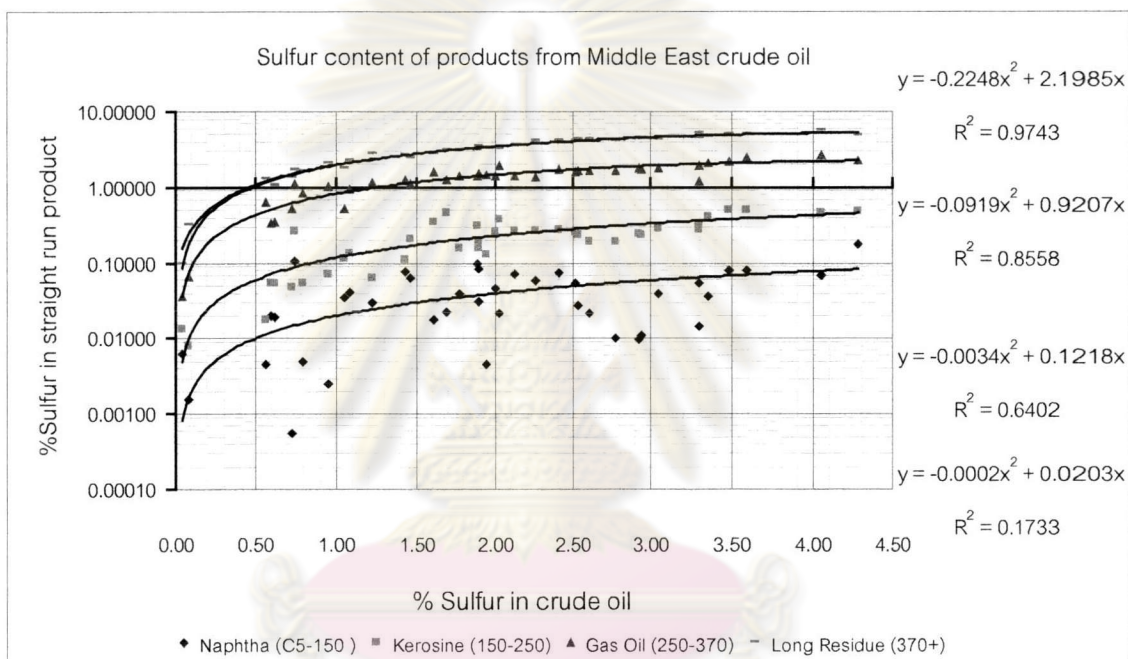
	df	SS	MS	F	Significance F
Regression	2	3.5324	1.766179231	730.1250022	1.85689E-30
Residual	38	0.0919	0.002419009		
Total	40	3.6243			

Coefficients : $Y = \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2$

	Coefficients (β_i)	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%
$X_1 = X$	2.3875	0.126757966	18.83519483	7.20288E-21	2.130902898	2.64411909
$X_2 = X^2$	-0.7250	0.20244756	-3.581241406	0.000956577	-1.134847258	-0.315179911

4.1.1.2 ความสัมพันธ์ของการกระจายตัวของปริมาณกำมะถันในน้ำมันดิบ แหล่งตะวันออกกลางและการทดสอบความถูกต้องของความสัมพันธ์

จากการรวบรวมข้อมูลการกระจายตัวของปริมาณกำมะถันในคาบจุดเดือดต่างๆ ของน้ำมันดิบจากแหล่งตะวันออกกลางในภาคผนวก ก พบว่าการกระจายตัวของปริมาณกำมะถันในคาบจุดเดือด แนฟทา น้ำมันก๊าด น้ำมันดีเซล และน้ำมันเตา มีการกระจายตัวดังแสดงในรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 การกระจายตัวของปริมาณกำมะถันในคาบจุดเดือดต่างๆ ของน้ำมันดิบจากแหล่งตะวันออกกลาง

จากการใช้เครื่องมือการวิเคราะห์ข้อมูล (Data Analysis Tools Pak) ในโปรแกรมไมโครซอฟต์เอกเซลเข้าช่วยในการวิเคราะห์รูปแบบการกระจายตัวว่ามีความสัมพันธ์ในการกระจายตัวอยู่ในรูปแบบใดพบว่าการกระจายตัวของปริมาณกำมะถันในน้ำมันดิบที่กระจายตัวลงในคาบจุดเดือดต่างๆ ในน้ำมันดิบมีรูปแบบของการถดถอยเชิงพหุนามกำลังสองโดยใช้การทดสอบที่ระดับความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 95 ในคาบจุดเดื่อน้ำมันนแนฟทา น้ำมันก๊าด น้ำมันดีเซล และ น้ำมันเตา ได้ค่าสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจ (R^2) ที่ 0.17 0.64 0.86 และ 0.97 ตามลำดับ ค่าสัมประสิทธิ์ดังกล่าวเป็นค่าที่ค่อนข้างสูง (ยกเว้นในคาบจุดเดื่อน้ำมันนแนฟทาซึ่งมีค่าค่อนข้างต่ำ) สนับสนุนว่าความสัมพันธ์ดังกล่าวสามารถเป็นตัวแทนของการกระจายตัวของปริมาณกำมะถันในน้ำมันคาบจุดเดือดต่างๆ ได้ดี ดังแสดงในตารางที่ 4.5 – 4.8

ตารางที่ 4.5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของรูปแบบความสัมพันธ์ของการกระจายตัวของปริมาณกำมะถันในน้ำมันดิบแหล่งตะวันออกกลางคาบจุดเดื่อน้ำมันนแนฟทา

Regression Statistics

Multiple R	R Square	Standard Error
0.4163	0.1733	0.0343

ANOVA

	df	SS	MS	F	Significance F
Regression	2	0.0094	0.004686341	3.983532978	0.02711332
Residual	38	0.0447	0.001176428		
Total	40	0.0541			

Coefficients : $Y = \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2$

	Coefficients (β_i)	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%
$X_1 = X$	0.0203	0.008481174	2.395230134	0.021643595	0.003145124	0.037483603
$X_2 = X^2$	-0.0002	0.002778069	-0.0780991	0.938159027	-0.005840872	0.005406943

ศูนย์วิจัยทีเอพีทีเอ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของรูปแบบความสัมพันธ์ของการกระจายตัวของปริมาณกำมะถันในน้ำมันดิบแหล่งตะวันออกกลางคาบจุดเตีอดน้ำมันก๊าด

Regression Statistics

Multiple R	R Square	Standard Error
0.8001	0.6402	0.0872

ANOVA

	df	SS	MS	F	Significance F
Regression	2	0.5146	0.257282831	33.80030817	4.47042E-09
Residual	38	0.2893	0.007611849		
Total	40	0.8038			

Coefficients : $Y = \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2$

	Coefficients (β_i)	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%
$X_1 = X$	0.1218	0.021573385	5.646465071	1.73918E-06	0.078140329	0.165486402
$X_2 = X^2$	-0.0034	0.007066517	-0.48654255	0.629377002	-0.017743578	0.010867255

ตารางที่ 4.7 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของรูปแบบความสัมพันธ์ของการกระจายตัวของปริมาณกำมะถันในน้ำมันดิบแหล่งตะวันออกกลางคาบจุดเตีอดน้ำมันดีเซล

Regression Statistics

Multiple R	R Square	Standard Error
0.9251	0.8558	0.2390

ANOVA

	df	SS	MS	F	Significance F
Regression	2	12.8780	6.43899016	112.7170818	1.81909E-16
Residual	38	2.1708	0.057125238		
Total	40	15.0487			

Coefficients : $Y = \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2$

	Coefficients (β_i)	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%
$X_1 = X$	0.9207	0.059099967	15.57930277	4.34453E-18	0.801094641	1.040377905
$X_2 = X^2$	-0.0919	0.019358618	-4.745893501	2.92682E-05	-0.131063415	-0.052684465

ตารางที่ 4.8 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของรูปแบบความสัมพันธ์ของการกระจายตัวของ ปริมาณกำมะถันในน้ำมันดิบแหล่งตะวันออกกลางคาบจุดเดือดน้ำมันเตา

Regression Statistics

Multiple R	R Square	Standard Error
0.9871	0.9743	0.2298

ANOVA

	df	SS	MS	F	Significance F
Regression	2	76.0197	38.00986284	720.0066915	2.38847E-30
Residual	38	2.0061	0.052790986		
Total	40	78.0258			

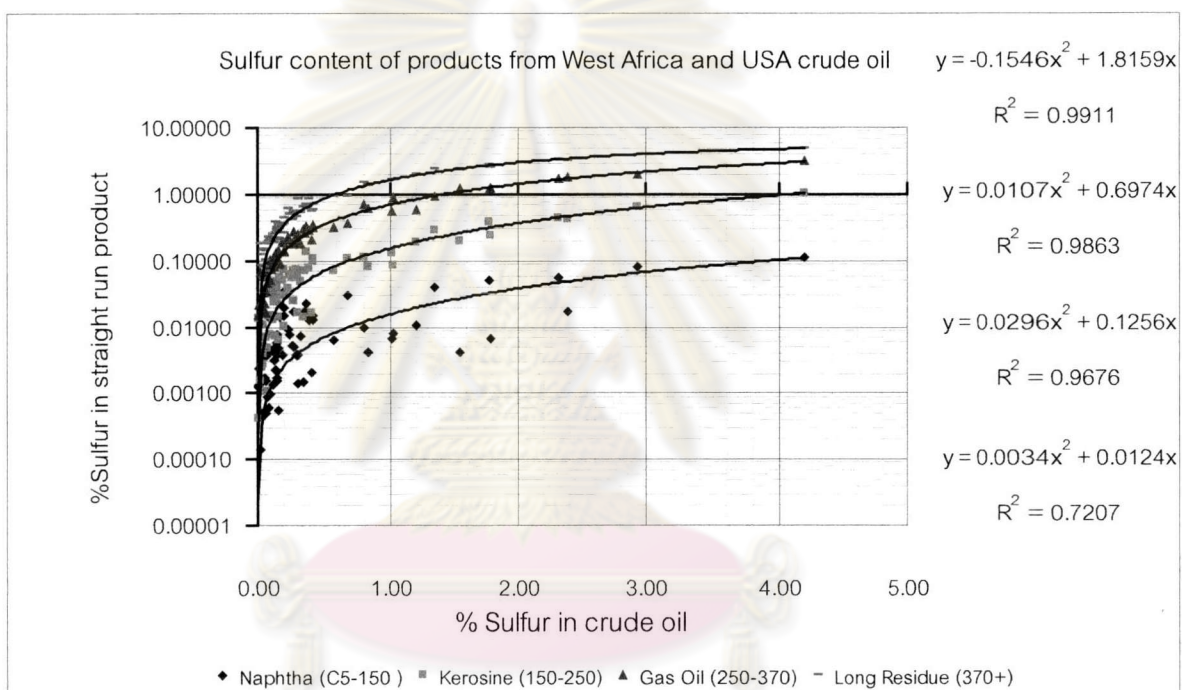
Coefficients : $Y = \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2$

	Coefficients (β_i)	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%
$X_1 = X$	2.1985	0.056813704	38.69652927	3.90771E-32	2.083479842	2.313506514
$X_2 = X^2$	-0.2248	0.018609737	-12.07782938	1.40178E-14	-0.262438667	-0.18709178

ศูนย์วิจัยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.1.1.3 ความสัมพันธ์ของการกระจายตัวของปริมาณกำมะถันในน้ำมันดิบ แหล่งแอฟริกาและอเมริกาและการทดสอบความถูกต้องของความสัมพันธ์

จากการรวบรวมข้อมูลการกระจายตัวของปริมาณกำมะถันในคาบจุดเดือดต่างๆ ของน้ำมันดิบจากแหล่งแอฟริกาและอเมริกาในภาคผนวก ก พบว่าการกระจายตัวของปริมาณกำมะถันในคาบจุดเดือด แนฟทา น้ำมันก๊าด น้ำมันดีเซล และน้ำมันเตา มีการกระจายตัว ดังแสดงในรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 การกระจายตัวของปริมาณกำมะถันในคาบจุดเดือดต่างๆ ของน้ำมันดิบจากแหล่งแอฟริกาและอเมริกา

จากการใช้เครื่องมือการวิเคราะห์ข้อมูล (Data Analysis Tools) ในโปรแกรม ไมโครซอฟต์เอกเซลเข้าช่วยในการวิเคราะห์รูปแบบการกระจายตัวว่ามีความสัมพันธ์ในการกระจายตัวอยู่ในรูปแบบใดพบว่าการกระจายตัวของปริมาณกำมะถันในน้ำมันดิบที่กระจายตัวลงในคาบจุดเดือดต่างๆ ในน้ำมันดิบมีรูปแบบของการถดถอยเชิงพหุนามกำลังสองโดยใช้การทดสอบที่ระดับความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 95 ในคาบจุดเดื่อน้ำมัน แนฟทา น้ำมันก๊าด น้ำมันดีเซล และ น้ำมันเตา ได้ค่าสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจ (R^2) ที่ 0.72 0.97 0.99 และ 0.99 ตามลำดับ ค่าสัมประสิทธิ์ดังกล่าวเป็นค่าที่ค่อนข้างสูงสนับสนุนว่าความสัมพันธ์ดังกล่าวสามารถเป็นตัวแทนของการกระจายตัวของปริมาณกำมะถันในน้ำมันคาบจุดเดือดต่างๆ ได้ดีดังแสดงในตารางที่ 4.9 – 4.12

ตารางที่ 4.9 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของรูปแบบความสัมพันธ์ของการกระจายตัวของปริมาณกำมะถันในน้ำมันดิบแหล่งแอฟริกาและอเมริกาคาบจุดเดื่อน้ำมันแนฟทา

Regression Statistics

Multiple R	R Square	Standard Error
0.8489	0.7207	0.0104

ANOVA

	df	SS	MS	F	Significance F
Regression	2	0.0175	0.008758243	81.2747189	4.71489E-18
Residual	63	0.0068	0.000107761		
Total	65	0.0243			

Coefficients : $Y = \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2$

	Coefficients (β_i)	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%
$X_1 = X$	0.0124	0.003350026	3.694491363	0.000463125	0.005682145	0.019071137
$X_2 = X^2$	0.0034	0.001142569	2.952649573	0.004422815	0.001090363	0.005656852

ศูนย์วิจัยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.10 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของรูปแบบความสัมพันธ์ของการกระจายตัวของ ปริมาณกัมมะถันในน้ำมันดิบแหล่งแอฟริกาและอเมริกาจุดเตีอดน้ำมันก๊าด

Regression Statistics

Multiple R	R Square	Standard Error
0.9837	0.9676	0.0311

ANOVA

	df	SS	MS	F	Significance F
Regression	2	1.8151	0.90757192	940.7388368	4.15122E-47
Residual	63	0.0608	0.000964744		
Total	65	1.8759			

Coefficients : $Y = \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2$

	Coefficients (β_i)	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%
$X_1 = X$	0.1256	0.010023592	12.52673936	9.31397E-19	0.10553236	0.145593484
$X_2 = X^2$	0.0296	0.003418675	8.648971059	2.63126E-12	0.022736342	0.036399706

ตารางที่ 4.11 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของรูปแบบความสัมพันธ์ของการกระจายตัวของ ปริมาณกัมมะถันในน้ำมันดิบแหล่งแอฟริกาและอเมริกาจุดเตีอดน้ำมันดีเซล

Regression Statistics

Multiple R	R Square	Standard Error
0.9931	0.9863	0.0667

ANOVA

	df	SS	MS	F	Significance F
Regression	2	20.1975	10.09873253	2267.811489	1.06074E-58
Residual	63	0.2805	0.004453074		
Total	65	20.4780			

Coefficients : $Y = \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2$

	Coefficients (β_i)	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%
$X_1 = X$	0.6974	0.021535122	32.38391036	5.53623E-41	0.654356936	0.740426004
$X_2 = X^2$	0.0107	0.007344831	1.461364551	0.148885485	-0.003944007	0.025410959

ตารางที่ 4.12 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของรูปแบบความสัมพันธ์ของการกระจายตัวของ ปริมาณกำมะถันในน้ำมันแหล่งแอฟริกาและอเมริกาจุดเตือดน้ำมันเตา

Regression Statistics

Multiple R	R Square	Standard Error
0.9956	0.9911	0.0985

ANOVA

	df	SS	MS	F	Significance F
Regression	2	68.4515	34.22574728	3527.51613	1.38955E-64
Residual	63	0.6113	0.009702506		
Total	65	69.0628			

2.13741E-65

Coefficients : $Y = \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2$

	Coefficients (β_i)	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%
$X_1 = X$	1.8159	0.031787718	57.12517536	5.52168E-56	1.752356228	1.879401675
$X_2 = X^2$	-0.1546	0.010841611	-14.26115768	2.15274E-21	-0.176279173	-0.132948684

เนื่องจากในการตรวจสอบข้อมูลคุณภาพของน้ำมันดิบเบื้องต้นในการทดสอบหาปริมาณกำมะถันจะทำการตรวจสอบเพียงปริมาณกำมะถันที่มีอยู่ในน้ำมันดิบเท่านั้นและไม่ได้ตรวจสอบอย่างละเอียดถึงปริมาณกำมะถันในน้ำมันคาบจุดเตือดต่างๆ ดังนั้นเราจึงสามารถนำความสัมพันธ์ข้างต้นมาประยุกต์ใช้ในการประเมินหาปริมาณกำมะถันในคาบจุดเตือดต่างๆ ของน้ำมันดิบได้โดยไม่จำเป็นต้องทำการวิเคราะห์หาปริมาณกำมะถันโดยการกลั่นลำดับส่วนซึ่งต้องใช้เวลาประมาณ 2 –3 วัน และมีค่าใช้จ่ายสูงประมาณ 300,000 – 400,000 บาทต่อการวิเคราะห์หนึ่งครั้ง และอาจทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้มีปริมาณกำมะถันไม่เป็นไปตามข้อกำหนด และจำเป็นต้องใช้น้ำมันองค์ประกอบที่มีราคาแพงนำมาผสมโดยไม่จำเป็น ข้อมูลดังกล่าวนี้ยังสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการประเมินหาค่าใช้จ่ายในการบำบัดกำมะถันซึ่งค่าใช้จ่ายส่วนใหญ่คือมูลค่าของก๊าซไฮโดรเจนที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาในการบำบัดกำมะถัน (Chemical Hydrogen Consumption)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์

ตัวอย่างการวิเคราะห์ความสัมพันธ์

Regression Statistics

Multiple R	R Square	Standard Error
0.9872	0.9746	0.0492

ANOVA

	df	SS	MS	F	Significance F
Regression	2	3.5324	1.766179231	730.1250022	1.85689E-30
Residual	38	0.0919	0.002419009		
Total	40	3.6243			

Coefficients : $Y = \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2$

	Coefficients (β_i)	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%
$X_1 = X$	2.3875	0.126757966	18.83519483	7.20288E-21	2.130902898	2.64411909
$X_2 = X^2$	-0.7250	0.20244756	-3.581241406	0.000956577	-1.134847258	-0.315179911

จากข้อมูลในตารางที่ 4.4 ข้างต้นสามารถวิเคราะห์ความสัมพันธ์และแปลความหมายได้ดังนี้

4.2.1 ความหมายของตาราง Regression Statistics

Multiple R	หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เชิงพหุ ซึ่งแสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่าง Y กับ X_i ของสมการ $Y = \sum_{i=1}^k \beta_i * X_i + \beta_0$ ว่ามีความสัมพันธ์มากหรือน้อยเพียงใด ถ้า R มีค่าเข้าใกล้ 0 แสดงว่า Y และ X_i มีความสัมพันธ์กันน้อยและไม่มีความสัมพันธ์กันเลยถ้า R เท่ากับ 0 ถ้า R มีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่า Y และ X_i สัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันและมีความสัมพันธ์กันมาก ถ้า R มีค่าเข้าใกล้ -1 แสดงว่า Y และ X_i สัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้ามกันและมีความสัมพันธ์กันมาก ในที่นี้ มีค่า เป็น 0.9872 ซึ่งแสดงว่า Y และ X_i สัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันและมีความสัมพันธ์กันมาก
R Square	หมายถึง สัมประสิทธิ์การตัดสินใจแสดงถึงสัดส่วนที่ตัวแปร X สามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงของตัวแปร Y ดังนั้น ถ้า ค่า R Square มีค่ามากแสดงว่า Y และ X_i มีความสัมพันธ์กันมาก ในที่นี้มีค่า 0.9738 ซึ่งแสดงว่า Y และ X_i มีความสัมพันธ์กันมาก
Standard Error	เป็นค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการประมาณค่า Y เท่ากับ 0.0492

4.2.2 ความหมายของตาราง ANOVA

เป็นตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว ซึ่งใช้ในการทดสอบสมมติฐาน

$$H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_k = 0$$

$$H_1 : \text{มี } \beta_i \text{ อย่างน้อย 1 ค่าที่ } \neq 0 ; i = 1, 2, \dots, k$$

สถิติทดสอบ $F = \frac{MSR}{MSE}$

เขตปฏิเสธ จะปฏิเสธสมมติฐาน H_0 ถ้า $F > F_{k, n-k-1}$; $1-\alpha$ หรือ Significance ของสถิติทดสอบ $F < \alpha$

ANOVA

	df	SS	MS	F	Significance F
Regression	k	SSR	MSR=SSR/K	MSR/MSE	P(H ₀ :F ₀ <F)
Residual (Error)	n-k-1	SSE	MSE=SSE/(n-k-1)		
Total	n-1	SST			

โดยที่ SST (Sum Square of Total) คือค่าความแปรปรวนทั้งหมดของ $Y = \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{y})^2$

SSR (Sum Square of Regression) คือค่าความแปรปรวนของ Y เนื่องจากอิทธิพลของ X_1, X_2, \dots, X_k

SSE (Sum Square of Error) คือค่าความแปรปรวนของ Y เนื่องจากอิทธิพลของอื่นๆ

$$SST = SSR + SSE$$

ในกรณีนี้ ค่าสถิติทดสอบ F มีค่า 730.13 หรือ $P(F > 730.13) = 1.86 \text{ E-}30$ ซึ่งน้อยกว่าค่าระดับนัยสำคัญในการทดสอบที่ 0.05 แสดงว่ามีตัวแปรอิสระอย่างน้อย 1 ตัวที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตาม Y อย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นจึงต้องทำการทดสอบต่อไปว่าตัวแปรอิสระใดบ้างที่สัมพันธ์กับ Y ดังในตาราง Coefficients

4.2.3 ความหมายของตาราง Coefficients

เป็นตารางที่แสดงการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามกับตัวแปรอิสระทีละตัว

β_i	คือค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยซึ่งเป็นค่าคงที่ ซึ่งคือค่า $\beta_1 = 2.3875$ และ $\beta_2 = -0.7250$
Standard Error	คือ ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐานของ ตัวแปรอิสระ $\beta_1 = 0.1268$ และ $\beta_2 = 0.2024$

ดังนั้นจะได้สมการความถดถอยดังนี้ $Y = 2.3875 X - 0.7250 X^2$

การทดสอบเกี่ยวกับสัมประสิทธิ์ความถดถอย (β_i)

การทดสอบสมมติฐาน

$$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_k = 0$$

$$H_1: \text{มี } \beta_i \text{ อย่างน้อย 1 ค่าที่ } \neq 0; i = 1, 2, \dots, k$$

สถิติทดสอบ $t = \frac{b_i - 0}{S_b}$

เขตปฏิเสธ จะปฏิเสธสมมติฐาน H_0 ถ้า $|t| > t_{1-\alpha/2, n-k-1}$; Significance ของสถิติทดสอบ $t <$ ระดับนัยสำคัญที่กำหนด (α)

สำหรับสัมประสิทธิ์ความถดถอย β_1 และ β_2

β_1 : สถิติทดสอบ $t = 18.84$ หรือ Significance (p-value) = $7.20 \text{ E-}21 < 0.05$ จึงปฏิเสธ H_0 ซึ่งแสดงว่า β_1 มีความสัมพันธ์กับ Y

β_2 : สถิติทดสอบ $t = -3.58$ หรือ Significance (p-value) = $0 < 0.05$ จึงปฏิเสธ H_0 ซึ่งแสดงว่า β_2 มีความสัมพันธ์กับ Y

จากการทดสอบเกี่ยวกับสัมประสิทธิ์ความถดถอย (β_i) ดังกล่าวแสดงว่าสมการ $Y = 2.3875 X - 0.7250 X^2$ สามารถใช้เป็นตัวแทนของความสัมพันธ์ระหว่าง Y และ X_1 และ X_2 ได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยมีค่าประมาณแบบช่วงของ β_1 และ β_2 ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 95 ดังนี้ $2.13 < \beta_1 < 2.64$ และ $1.13 < \beta_2 < -0.32$ ตามลำดับ

4.3 การประเมินค่าใช้จ่ายในการบำบัดกำมะถัน

ปริมาณก๊าซไฮโดรเจนที่ถูกใช้ไปในปฏิกิริยาไฮโดรดีซัลเฟอร์ไรเซชันจะถูกนำไปใช้ด้วยเหตุผลต่างๆ ดังที่กล่าวมาแล้วในหัวข้อ 3.3.2.2 และจากข้อมูลการออกแบบและการเดินหน่วยบำบัดกำมะถันดังนี้

ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาเคมี (Chemical Hydrogen Consumption) ซึ่งได้แก่

- การทำปฏิกิริยากับกำมะถัน ซึ่งจะใช้ไฮโดรเจน 3 โมลต่อ 1 โมลกำมะถัน
- การทำปฏิกิริยากับไนโตรเจน ซึ่งจะใช้ไฮโดรเจน 4 โมลต่อ 1 โมลไนโตรเจน
- การทำปฏิกิริยากับโพลิฟินส์ ซึ่งจะใช้ไฮโดรเจน 1 โมลต่อ 1 แชนโพลิฟินส์

สูญเสียไปกับสารละลาย (Solution loss) เป็นปริมาณไฮโดรเจนที่ถูกดูดซึมลงไปในเนื้อของน้ำมันซึ่งมีค่าประมาณร้อยละ 0.16 ของปริมาณน้ำมันที่ป้อนเข้าสู่กระบวนการบำบัด

สูญเสียไปกับอุปกรณ์กล (Mechanical loss) เป็นปริมาณไฮโดรเจนที่สูญเสียไปในคอมเพรสเซอร์ของรีไซเคิลก๊าซโดยปกติจะสูญเสียประมาณร้อยละ 1 ของปริมาณรีไซเคิลก๊าซ

สูญเสียไปกับการการลดความดัน (Venting loss) เป็นปริมาณไฮโดรเจนที่สูญเสียไปกับการไล่ก๊าซเพื่อปรับความดันในระบบ (Venting Gas) ปริมาณไฮโดรเจนที่สูญเสียไปมีค่าประมาณร้อยละ 0.0013 ของสารที่ป้อนเข้าสู่กระบวนการบำบัด

ค่าชดเชยการใช้ไฮโดรเจน (Extra Consumption) ซึ่งขึ้นกับประเภทของสารที่ป้อนเข้าสู่หน่วยบำบัดกำมะถัน ในกรณีของสารป้อนที่อยู่ในคาบจุดเดือดของน้ำมันดีเซลที่ได้จากหน่วยกลั่นโดยตรงจะมีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 0.1 – 0.2 โดยน้ำหนัก

ในงานวิจัยนี้ศึกษาถึงปริมาณกำมะถันในน้ำมันดิบที่มีการเปลี่ยนแปลงไปจากฐานข้อมูลน้ำมันดิบ ดังนั้นการประเมินหาปริมาณการใช้ก๊าซไฮโดรเจนสามารถประเมินหาจากปริมาณการใช้ก๊าซไฮโดรเจนในการทำปฏิกิริยากับกำมะถันเท่านั้น โดยปริมาณการใช้ก๊าซไฮโดรเจนที่เกิดจากสาเหตุอื่นมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก

4.3.1 ข้อมูลปริมาณการใช้ก๊าซไฮโดรเจนจากหน่วยบำบัดกำมะถัน

ปริมาณไฮโดรเจนของโรงกลั่นได้ถูกวิเคราะห์จากปริมาณก๊าซที่เกิดจากปฏิกิริยาการเปลี่ยนสภาพโมเลกุล (Reforming) ของโรงกลั่นไทยออยล์โดยทำการวิเคราะห์องค์ประกอบของก๊าซที่เกิดขึ้นจากหน่วยดังกล่าวพบว่าก๊าซดังกล่าวมีปริมาณก๊าซไฮโดรเจนสูงถึงร้อยละ 90 โดยปริมาตรหรือคิดเป็นร้อยละ 40 โดยน้ำหนัก ดังแสดงในตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 องค์ประกอบของก๊าซที่ผลิตได้จากหน่วยเปลี่ยนแปลงสภาพโมเลกุล

Composition	MW	%vol	%wt
Inert	28	0.00	0.00
H ₂	2	92.34	40.27
O ₂	32	0.00	0.00
CO ₂	44	0.00	0.00
CO	28	0.00	0.00
C1	16	1.92	6.70
C2	30	2.40	15.70
C2=	28	0.00	0.00
C3	44	1.80	17.27
C3=	42	0.00	0.00
iC4	58	0.72	9.11
nC4	58	0.42	5.31
C4=	56	0.00	0.00
iC5	72	0.24	3.77
nC5	72	0.12	1.88
H ₂ S	34	0.00	0.00

ในงานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการรวบรวมและวิเคราะห์ปริมาณการใช้ก๊าซไฮโดรเจนของโรงกลั่นโดยได้ทำการเก็บข้อมูลปริมาณการใช้ก๊าซไฮโดรเจนในปี 2545 ปริมาณกำมะถันที่มีอยู่ในวัตถุดิบที่ป้อนเข้าหน่วยบำบัดกำมะถัน ปริมาณกำมะถันของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้ตลอดจนถึงปริมาณการใช้ก๊าซที่ผลิตได้จากหน่วยเปลี่ยนแปลงสภาพโมเลกุลและองค์ประกอบโดยละเอียดนำมาคำนวณหาปริมาณการใช้ก๊าซไฮโดรเจนของโรงกลั่นเทียบกับปริมาณที่คำนวณได้จากทฤษฎีพบว่าปริมาณการใช้ไฮโดรเจนของโรงกลั่นมีค่าใกล้เคียงกับทฤษฎีดังตาราง ที่ 4.14 ดังนั้นในการคำนวณหาปริมาณการใช้ก๊าซไฮโดรเจนในการทำปฏิกิริยาในการบำบัดกำมะถันสามารถใช้ทฤษฎีที่กล่าวมาแล้วข้างต้นได้

ตัวอย่างการคำนวณปริมาณก๊าซไฮโดรเจนที่ใช้ในการบำบัดกำมะถัน

สมมุติฐาน วัตถุดิบที่ป้อนเข้าหน่วยดังกล่าวมีปริมาณการใช้ไฮโดรเจนในการบำบัดปริมาณไฮโดรเจนและเปลี่ยนรูปสารโอเลฟินส์มีน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณที่ใช้ในการบำบัดปริมาณกำมะถัน

กรณีศึกษา โรงกลั่นน้ำมันแห่งหนึ่งป้อนน้ำมันที่มีคาบจุดเดือด 250 – 370 องศาเซลเซียส ปริมาณ 5,000 ตันต่อวัน ปริมาณกำมะถันในน้ำมันร้อยละ 0.50 โดยน้ำหนัก ป้อนเข้าสู่หน่วยบำบัดกำมะถันได้น้ำมันที่มีปริมาณกำมะถันลดลงเหลือร้อยละ 0.05 โดยน้ำหนัก คำนวณหาปริมาณก๊าซไฮโดรเจนที่ใช้ไปในการบำบัดกำมะถันดังกล่าวได้ดังนี้ กำหนดให้ปริมาณก๊าซหมุนเวียนมีปริมาณ 280 ตันต่อวัน

ปริมาณก๊าซไฮโดรเจนที่ใช้ในการบำบัดกำมะถันสามารถคำนวณได้ดังนี้

1 คำนวณหาปริมาณกำมะถันที่ต้องบำบัดจากปริมาณ 0.50 โดยน้ำหนักให้เหลือเพียง 0.05 โดยน้ำหนักคำนวณได้ดังนี้

$$\frac{(S_f - S_p) \times \text{Feed}}{100}$$

โดย

Sf คือปริมาณกำมะถันในวัตถุดิบที่ป้อนเข้าสู่หน่วยบำบัดกำมะถันมีหน่วยเป็นร้อยละโดยน้ำหนักของสารป้อน

S_p คือปริมาณกำมะถันในผลิตภัณฑ์ที่ออกจากหน่วยบำบัดกำมะถันมีหน่วยเป็นร้อยละโดยน้ำหนักของผลิตภัณฑ์

Feed คือปริมาณของสารป้อนมีหน่วยเป็นตัน
ดังนั้น ปริมาณกำมะถันที่มีอยู่ในสารป้อนมีปริมาณเป็น

$$\frac{(0.50 - 0.05) \times 5,000}{100} = 22.5 \text{ ตัน}$$

2 คำนวณหาปริมาณก๊าซไฮโดรเจนที่ใช้ในการบำบัดกำมะถัน

2.1 ปริมาณก๊าซไฮโดรเจนที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาในการบำบัดกำมะถัน (Chemical Hydrogen Consumption) รูปแบบของสารประกอบอินทรีย์กำมะถันในคาบจุดเดือดนี้ส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของเบนโซไทโอพีนส์ซึ่งจะก๊าซไฮโดรเจนประมาณ 3 โมลต่อกำมะถัน 1 โมลหรือ 0.1875 เท่าของน้ำหนักกำมะถันที่ต้องบำบัด

ดังนั้นปริมาณการใช้ไฮโดรเจนจะมีปริมาณการใช้ดังนี้

$$\begin{aligned} 0.1875 \times (S_f - S_p) \times \text{Feed} &= 0.1875 \times 22.5 \\ &= 4.22 \text{ ตัน} \end{aligned}$$

2.2 ปริมาณก๊าซไฮโดรเจนอาจมีการละลายลงในเนื่อน้ำมัน (Solution loss) ซึ่งมีปริมาณประมาณร้อยละ 0.16 ของปริมาณน้ำมัน

ดังนั้นปริมาณก๊าซไฮโดรเจนที่สูญเสียไปกับการละลายในเนื่อน้ำมันมีปริมาณเป็น

$$\frac{(0.16 \times 5,000)}{100} = 8 \text{ ตัน}$$

2.3 ค่าชดเชยการใช้ไฮโดรเจน (Extra Consumption) ขึ้นอยู่กับชนิดของสารป้อน โดยสารป้อนประเภทดีเซลที่ได้จากหน่วยกลั่นโดยตรงจะมีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 0.1 – 0.2 โดยน้ำหนักของสารป้อนและจะมีค่าสูงขึ้นในสารป้อนที่ได้จากการแตกตัว

ดังนั้นปริมาณการชดเชยก๊าซไฮโดรเจนจะมีค่าเป็นดังนี้

$$\frac{0.1 \times 5,000}{100} = 5 \text{ ตัน}$$

2.4 การสูญเสียเชิงกล (Mechanical Loss) มีค่าประมาณร้อยละ 1 โดยน้ำหนักของก๊าซป้อนกลับ

ในที่นี้มีปริมาณก๊าซป้อนกลับ 280 ตันต่อวัน ดังนั้นปริมาณก๊าซไฮโดรเจนที่สูญเสียไปมีค่าเท่ากับ

$$\frac{1 \times 280}{100} = 2.8 \text{ ตัน}$$

ดังนั้นปริมาณก๊าซไฮโดรเจนที่ใช้ไปทั้งหมดเท่ากับ 20.02 ตัน

ศูนย์วิจัยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.14 การเปรียบเทียบปริมาณก๊าซไฮโดรเจนที่ใช้ในโรงกลั่นไทยออยล์ในปี 2545 เทียบกับปริมาณก๊าซไฮโดรเจนที่ใช้จากทฤษฎี

หน่วย : ตัน

Month	HDS- 2						HDS- 3							
	Feed	Product	Hydrogen consump	Sin (% wt)	S out (%wt)	Cal Hydrogen	Diff%	Feed	Product	Hydrogen consump	Sin (% wt)	S out (%wt)	Cal Hydrogen	Diff%
Jan-02	3,899.60	3,920.71	18.95	0.52	0.05	17.67	(6.75%)	3,917.84	3,886.91	18.13	0.52	0.05	17.67	(2.54%)
Feb-02	3,552.36	4,065.05	17.14	0.54	0.05	16.45	(4.02%)	4,148.24	4,116.16	18.90	0.48	0.05	18.22	(3.60%)
Mar-02	3,772.13	2,613.44	16.52	0.54	0.04	17.30	4.75%	3,723.58	3,681.74	17.05	0.50	0.04	16.89	(0.96%)
Apr-02	4,004.34	4,343.05	17.90	0.55	0.05	18.18	1.59%	4,230.94	4,141.46	18.40	0.50	0.05	18.72	1.72%
May-02	3,945.18	4,054.96	17.61	0.49	0.05	17.55	(0.36%)	4,214.32	4,094.32	17.77	0.46	0.06	18.16	2.18%
Jun-02	3,956.11	3,983.79	16.99	0.49	0.05	17.59	3.54%	4,155.66	4,014.27	16.88	0.47	0.07	18.04	6.86%
Jul-02	3,877.94	3,903.37	16.37	0.41	0.05	16.67	1.81%	4,055.83	3,937.86	17.26	0.50	0.07	17.86	3.43%
Aug-02	3,559.72	3,609.33	16.96	0.67	0.06	17.39	2.55%	3,788.31	3,699.10	17.75	0.42	0.06	16.39	(7.67%)
Sep-02	3,259.03	3,157.79	15.49	0.51	0.05	15.14	(2.25%)	3,248.90	3,267.51	15.93	0.54	0.06	15.25	(4.27%)
Oct-02	2,985.39	2,783.03	14.34	0.63	0.04	14.91	3.95%	2,966.35	2,950.33	14.86	0.65	0.04	14.93	0.46%
Nov-02	3,464.11	2,750.00	17.93	0.68	0.04	17.14	(4.38%)	2,750.45	2,714.09	15.24	0.67	0.04	14.22	(6.67%)
Dec-02	3,476.44	3,440.64	17.50	0.78	0.05	17.83	1.87%	3,476.92	3,403.55	17.76	0.78	0.04	17.86	0.52%
Average	3,646.03	3,552.10	17.04	0.56	0.05	16.98	(0.34%)	3,723.11	3,658.94	17.29	0.53	0.05	17.02	(1.60%)

4.3.2 ค่าใช้จ่ายในการบำบัดกำมะถัน

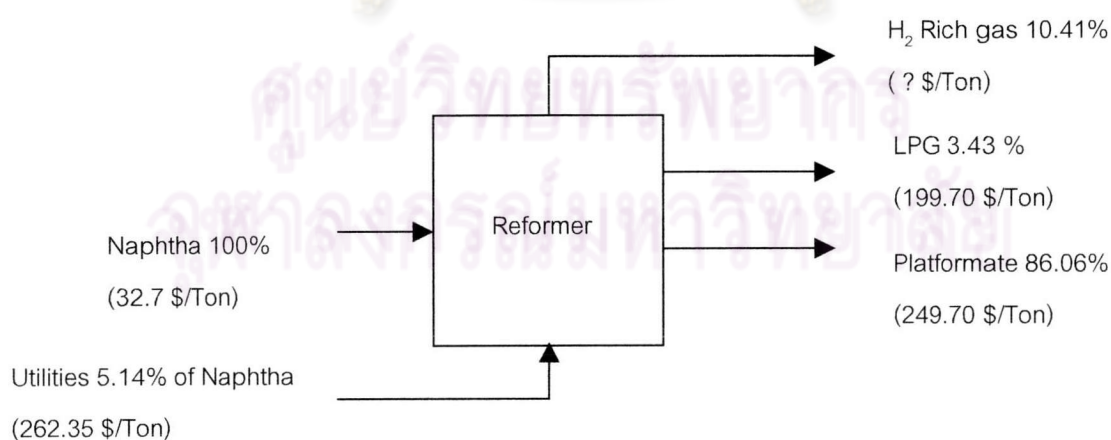
ค่าใช้จ่ายในการบำบัดกำมะถันในหน่วยบำบัดกำมะถันสามารถจำแนกได้เป็น 2 ส่วนคือ ค่าใช้จ่ายในการผลิตไฮโดรเจนและค่าใช้จ่ายในการเดินหน่วยบำบัดกำมะถัน

4.3.2.1 ค่าใช้จ่ายในการผลิตก๊าซไฮโดรเจนของโรงกลั่น

ค่าใช้จ่ายของหน่วยบำบัดกำมะถันส่วนใหญ่มาจากค่าใช้จ่ายจากการใช้ก๊าซไฮโดรเจนซึ่งขึ้นกับปริมาณกำมะถันในน้ำมันที่ป้อนเข้าสู่หน่วยดังกล่าว ค่าใช้จ่ายอื่นๆ เช่น ค่าไฟฟ้า ค่าไอน้ำ และค่าก๊าซเชื้อเพลิงที่ใช้ในหน่วยดังกล่าวมีค่าน้อยมาก ก๊าซไฮโดรเจนหลักที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาคือก๊าซไฮโดรเจนที่เกิดจากหน่วยเปลี่ยนแปลงสภาพโมเลกุลซึ่งมีมูลค่าประมาณ 1,128 เหรียญสหรัฐต่อตันก๊าซไฮโดรเจน โดยต้นทุนในการผลิตดังแสดงในตัวอย่างต่อไปนี้

ตัวอย่างการคำนวณหามูลค่าของก๊าซไฮโดรเจนที่ผลิตได้จากหน่วยเปลี่ยนแปลงสภาพโมเลกุล

ก๊าซไฮโดรเจนที่ผลิตได้จากหน่วยเปลี่ยนแปลงสภาพโมเลกุลเป็นผลพลอยได้จากการป้อนเนฟทาเข้าสู่หน่วยดังกล่าววัตถุประสงค์หลักของหน่วยดังกล่าวเพื่อผลิตแพลทฟอร์มเมตซึ่งมีค่าออกเทนและปริมาณอะโรเมติกส์ขึ้นโดยได้ก๊าซปิโตรเลียมเหลว และก๊าซไฮโดรเจนเป็นผลพลอยได้ การคำนวณหาต้นทุนของก๊าซไฮโดรเจนโดยใช้ข้อมูลจากตารางที่ 4.15 สามารถคำนวณต้นทุนได้ดังนี้



รูปที่ 4.4 กระบวนการผลิตของหน่วยเปลี่ยนแปลงสภาพโมเลกุล

ข้อมูลอ้างอิง แนฟทา 100 ตัน

$$\begin{aligned}
 \text{มูลค่าของไฮโดรเจนรีซิก๊าซ} &= \text{มูลค่าของแพลทฟอร์มเมต} + \text{มูลค่าของก๊าซปิโตรเลียมเหลว} - \\
 &\quad \text{มูลค่าแนฟทา} - \text{ค่าสาธารณูปโภค} \\
 &= 21,489 + 685 - 26,737 - 1,349 \quad \text{เหรียญสหรัฐฯ} \\
 &= 5,912 \quad \text{เหรียญสหรัฐฯ} \\
 &= 567.92 \quad \text{เหรียญสหรัฐฯ ต่อตัน}
 \end{aligned}$$

จากข้อมูลการวิเคราะห์องค์ประกอบของไฮโดรเจนรีซิก๊าซที่ผลิตได้จากหน่วยเปลี่ยนแปลงสภาพโมเลกุลดังตารางที่ 4.13 สามารถสรุปองค์ประกอบของไฮโดรเจนรีซิก๊าซดังนี้

Composition	%vol	%wt.
H ₂	92.34	40.27
Fuel gas	7.66	59.73

ในที่นี้ราคาก๊าซเชื้อเพลิงมีมูลค่า 190 เหรียญสหรัฐฯ ต่อตัน ดังนั้นการคำนวณหามูลค่าของก๊าซไฮโดรเจนสามารถคำนวณได้ดังนี้

ข้อมูลอ้างอิง ไฮโดรเจนรีซิก๊าซ 100 ตัน

$$\text{มูลค่าไฮโดรเจนรีซิก๊าซ} = \text{มูลค่าก๊าซไฮโดรเจน} + \text{มูลค่าก๊าซเชื้อเพลิง}$$

$$\text{ดังนั้น} \quad \text{มูลค่าก๊าซไฮโดรเจน} = \text{มูลค่าก๊าซเชื้อเพลิง} - \text{มูลค่าไฮโดรเจนรีซิก๊าซ}$$

$$= \frac{567.9 \times 100 - 190 \times 59.73}{40.27}$$

$$= 1,128.4$$

เหรียญสหรัฐฯ ต่อตัน

4.3.2.2 ค่าใช้จ่ายในการเดินหน่วยบำบัดกำมะถัน

ค่าใช้จ่ายในหน่วยดังกล่าวประกอบไปด้วยค่าไฟฟ้า ค่าสาธารณูปโภค และค่าก๊าซไฮโดรเจน ในกรณีที่ปริมาณกำมะถันในวัตถุดิบที่ป้อนเข้าหน่วยดังกล่าวมีปริมาณเปลี่ยนแปลงพบว่า ค่าใช้จ่ายอื่นๆ ที่ใช้ในการเดินหน่วยดังกล่าวมีค่าใกล้เคียงเดิม ยกเว้นค่าก๊าซไฮโดรเจนจะมีค่าใช้จ่ายเปลี่ยนแปลงไปขึ้นอยู่กับปริมาณของกำมะถันที่มีอยู่ในวัตถุดิบ จากตารางที่ 4.16 จะสังเกตเห็นว่าค่าใช้จ่ายหลักในการเดินหน่วยดังกล่าวคือค่าก๊าซไฮโดรเจนที่ใช้ในหน่วยดังกล่าว

ตารางที่ 4.15 ค่าใช้จ่ายในหน่วยบำบัดกำมะถันของโรงกลั่นไทยออยล์ที่อัตราการป้อนที่ 5,000 ตันต่อวัน ปริมาณกำมะถันในวัตถุดิบร้อยละ 0.8 โดยน้ำหนัก ในผลิตภัณฑ์ร้อยละ 0.05 โดยน้ำหนัก

Utility	Unit	Consumption	Cost (\$/Unit)	Cost (\$)	%
Steam	Ton	276.36	5.67	1,566.66	4.98%
Electricity	MWH	64.56	49.93	3,223.48	10.25%
Cooling water	m ³	8,534.40	0.01	85.34	0.27%
Fuel gas	Ton	13.30	205.47	2,732.75	8.69%
Nitrogen	m ³	192.00	0.07	13.44	0.04%
Hydrogen gas	Ton	21.11	1,128.40	23,820.52	75.76%
Total				31,442.20	100.00%

ศูนย์วิจัยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.3.3 วิธีการประเมินค่าใช้จ่ายในการบำบัดกำมะถันที่เปลี่ยนแปลงไป เนื่องจากปริมาณกำมะถันในน้ำมันดิบเปลี่ยนแปลงไปจากฐานข้อมูลน้ำมันดิบที่มีอยู่

การคำนวณหาค่าใช้จ่ายในการบำบัดกำมะถันที่มีปริมาณเปลี่ยนแปลงไปจากฐานข้อมูลปริมาณกำมะถันในน้ำมันดิบจะสามารถคำนวณค่าใช้จ่ายที่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิมได้จากปริมาณการใช้ก๊าซไฮโดรเจนที่เปลี่ยนแปลงไปซึ่งในกรณีนี้สามารถคำนวณได้จากปริมาณการใช้ก๊าซไฮโดรเจนในการทำปฏิกิริยาในการบำบัดกำมะถัน (Chemical Hydrogen Consumption) สามารถคำนวณได้โดยตรงจากทฤษฎี ในที่นี้ใช้ไฮโดรเจน 3 โมลต่อปริมาณกำมะถัน 1 โมลและจากข้อมูลการกระจายตัวของปริมาณกำมะถันในน้ำมันดิบในหัวข้อ 4.1 ผู้วิจัยสามารถนำข้อมูลมาประเมินหาค่าใช้จ่ายในการบำบัดกำมะถันได้โดยใช้สหสัมพันธ์ของการกระจายตัวของกำมะถันในน้ำมันดิบในการประเมินหาปริมาณกำมะถันที่เปลี่ยนแปลงไปจากฐานข้อมูลและคำนวณหาปริมาณการใช้ก๊าซไฮโดรเจนที่เปลี่ยนแปลงไปดังตัวอย่างการคำนวณต่อไปนี้

ตัวอย่างการคำนวณปริมาณการใช้ก๊าซไฮโดรเจนในกรณีที่ปริมาณกำมะถันเปลี่ยนแปลงไปจากฐานข้อมูลน้ำมันดิบ

กรณีศึกษา โรงกลั่นมีแผนในการจัดหาน้ำมันดิบโอมานซึ่งเป็นน้ำมันดิบจากแหล่งตะวันออกกลางจำนวน 100,000 ตันเข้าสู่กระบวนการกลั่น จากการเก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ปริมาณกำมะถันในน้ำมันดิบพบว่าปริมาณกำมะถันสูงกว่าปริมาณในฐานข้อมูลน้ำมันดิบที่ระบุว่ามีเพียงร้อยละ 1.05 โดยน้ำหนักเพิ่มสูงเป็นร้อยละ 1.55 โดยน้ำหนัก เพิ่มสูงขึ้นร้อยละ 0.50 โดยน้ำหนัก สามารถคำนวณหาปริมาณก๊าซไฮโดรเจนได้ดังนี้

1. คำนวณหาปริมาณน้ำมันที่ต้องผ่านหน่วยบำบัดกำมะถันจากฐานข้อมูลน้ำมันดิบจากแหล่งโอมานมีปริมาณน้ำมันที่อยู่ในคาบจุดเดือดของน้ำมันดีเซลอยู่ประมาณร้อยละ 20.17 โดยน้ำหนัก หรือคิดเป็นปริมาณน้ำมันที่ต้องผ่านหน่วยบำบัดกำมะถันเท่ากับ 20,170 ตัน

2. คำนวณหาปริมาณกำมะถันที่เพิ่มขึ้นในคาบจุดเดือดน้ำมันดีเซล

สามารถคำนวณปริมาณกำมะถันที่เพิ่มขึ้นได้จากความสัมพันธ์ที่กล่าวมาแล้วในหัวข้อที่ 4.1 ในกรณีนี้น้ำมันดิบโอมานเป็นน้ำมันดิบจากแหล่งตะวันออกกลางมีความสัมพันธ์ในการกระจายตัวของปริมาณกำมะถันในคาบจุดเดือดน้ำมันดีเซลคือ

$$Y = -0.0919 X^2 + 0.9207 X$$

โดยที่ Y คือร้อยละของปริมาณกำมะถันในคาบจุดเดือดน้ำมันดีเซล

X คือร้อยละของปริมาณกำมะถันในเนื่อน้ำมันดิบ

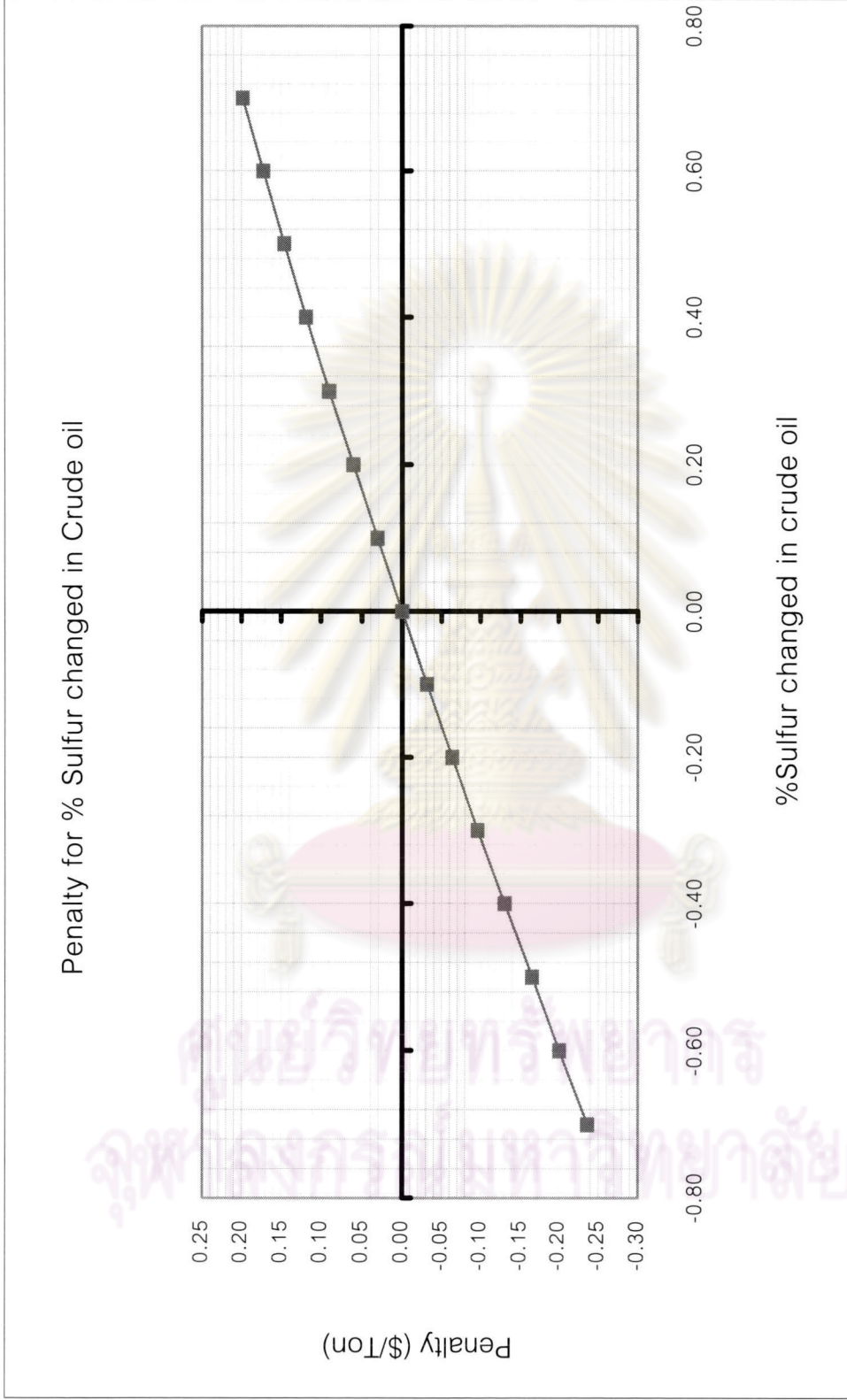
จากข้อมูลเบื้องต้นสามารถคำนวณหาปริมาณกำมะถันที่เพิ่มสูงขึ้นในน้ำมันคาบจุดเดือดน้ำมันดีเซลเท่ากับร้อยละ 0.34 โดยน้ำหนักหรือคิดเป็นปริมาณกำมะถันที่ต้องบำบัดเพิ่มเติมเท่ากับ $0.34\% \times 20,170$ เท่ากับ 68.58 ตัน

จากหัวข้อ 4.2.1 สามารถคำนวณหาปริมาณก๊าซไฮโดรเจนที่ใช้ในการบำบัดกำมะถันได้โดยใช้ก๊าซไฮโดรเจน 3 ตันโมลต่อปริมาณกำมะถันที่ต้องบำบัด 1 ตันโมล

ดังนั้นปริมาณก๊าซไฮโดรเจนที่ต้องใช้เท่ากับ 12.86 ตันดังกล่าว

3 ตันโมลก๊าซไฮโดรเจน	1 ตันโมลกำมะถัน	2 ตัน	$\times 66.58 = 12.86$ ตัน
1 ตันโมลกำมะถัน	32 ตัน	1 ตันโมลก๊าซไฮโดรเจน	

กำหนดให้ก๊าซไฮโดรเจนที่มีมูลค่า 1,128.42 เหรียญสหรัฐฯ ดังนั้นค่าใช้จ่ายในการบำบัดกำมะถันที่เพิ่มสูงขึ้นมูลค่าเป็น $12.86 \times 1,128.42$ เท่ากับ 14,511.48 เหรียญสหรัฐฯ หรือคิดเป็น 72 เซนต์ต่อตันน้ำมันที่ป้อนเข้าสู่หน่วยบำบัดกำมะถันเมื่อเทียบต่อหน่วยน้ำมันดิบคิดเป็น 14.51 เซนต์ต่อตันน้ำมันดิบ ดังแสดงใน ตารางที่ 4.17 และรูปที่ 4.4 ซึ่งได้ทำการวิเคราะห์ความไว (Sensitivity Study) ของปริมาณกำมะถันในน้ำมันดิบที่เปลี่ยนแปลงไปต่อค่าใช้จ่ายในการบำบัดกำมะถัน



รูปที่ 4.5 ความสัมพันธ์ของค่าใช้จ่ายในการบำบัดกำมะถันของน้ำมันดิบที่เพิ่มขึ้นจากฐานข้อมูลน้ำมันดิบโอมาน

4.4 การประยุกต์ผลงานวิจัยเพื่อใช้ในการเลือกซื้อน้ำมันดิบ

จากข้อมูลความสัมพันธ์ในหัวข้อ 4.1 พบว่าปริมาณกำมะถันมีแนวโน้มในการกระจายตัวลงในน้ำมันที่มีคาบจุดเดือดสูง เช่นคาบจุดเดือดของน้ำมันดีเซล ปริมาณกำมะถันดังกล่าวส่งผลกระทบต่อต้นทุนในการบำบัดกำมะถันเนื่องจากกระบวนการบำบัดกำมะถันของน้ำมันในคาบจุดเดือดนี้ใช้ก๊าซไฮโดรเจนซึ่งมีมูลค่าสูงในการบำบัด จากตัวอย่างในหัวข้อ 4.3.3 สามารถคำนวณหาค่าใช้จ่ายที่เปลี่ยนแปลงไปจากปริมาณกำมะถันในน้ำมันดิบที่เปลี่ยนแปลงไปจากฐานข้อมูลน้ำมันดิบได้ โดยค่าใช้จ่ายดังกล่าวจะส่งผลกระทบต่อการตัดสินใจเลือกซื้อน้ำมันดิบของโรงกลั่น

การประเมินหาค่าใช้จ่ายในการบำบัดกำมะถันในงานวิจัยนี้จะศึกษาเฉพาะคาบจุดเดือดของน้ำมันดีเซลเนื่องจากค่าใช้จ่ายในการบำบัดกำมะถันในคาบจุดเดือดอื่นเช่น คาบจุดเดือดของก๊าซปิโตรเลียมเหลวและน้ำมันก๊าดมีค่าใช้จ่ายค่อนข้างต่ำเนื่องจากเป็นกระบวนการบำบัดกำมะถันโดยใช้สารละลายเคมีในการเปลี่ยนรูปสารประกอบกำมะถันที่มีฤทธิ์เป็นกรดให้อยู่ในรูปที่ไม่เป็นอันตรายต่อระบบโดยมีค่าใช้จ่ายเพียงค่าไฟฟ้าและไอน้ำซึ่งมีมูลค่าต่ำมากเมื่อเปรียบเทียบกับมูลค่าของก๊าซไฮโดรเจน และในกรณีของน้ำมันแอฟทาพบว่ามีปริมาณกำมะถันที่เปลี่ยนแปลงไปในน้ำมันดิบจะส่งผลกระทบต่อต้นทุนในการบำบัดกำมะถันในคาบจุดเดือดดังกล่าวอย่างน้อยมากดังแสดงในตารางที่ 4.17

ศูนย์วิจัยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.17 ค่าใช้จ่ายการนำวัตถุดิบในคาบจุดเดือนในแนฟทาที่เปลี่ยนแปลงจากข้อมูลปริมาณน้ำมันที่มีอยู่เดิม

Basis		Crude Type		Oman Exp-Blend		Region		Middle East	
		Import Quantity	100,000	Mt/Day					
		%S in whole crude	1.05						
		Hydrogen Cost	1,128.42	\$/MT					
Naphtha									
S Changed in crude (%)	S changed in Naphtha (%)	S content changed in fraction (Ton)	H ₂ Consumption (Ton)	H ₂ Cost (\$)	Cost /Ton Naphtha (\$/Ton)	Cost/Ton crude (\$/Ton)			
-0.70	-0.014	-1.88488	-0.35	-398.80	-0.030	-0.00399			
-0.60	-0.012	-1.61400	-0.30	-341.49	-0.025	-0.00341			
-0.50	-0.010	-1.34366	-0.25	-284.29	-0.021	-0.00284			
-0.40	-0.008	-1.07385	-0.20	-227.20	-0.017	-0.00227			
-0.30	-0.006	-0.80458	-0.15	-170.23	-0.013	-0.00170			
-0.20	-0.004	-0.53585	-0.10	-113.37	-0.008	-0.00113			
-0.10	-0.002	-0.26766	-0.05	-56.63	-0.004	-0.00057			
0.00	0.000	0.00000	0.00	0.00	0.000	0.00000			
0.10	0.002	0.26712	0.05	56.52	0.004	0.00057			
0.20	0.004	0.53370	0.10	112.92	0.008	0.00113			
0.30	0.006	0.79974	0.15	169.21	0.013	0.00169			
0.40	0.008	1.06524	0.20	225.38	0.017	0.00225			
0.50	0.010	1.33021	0.25	281.44	0.021	0.00281			
0.60	0.012	1.59463	0.30	337.39	0.025	0.00337			
0.70	0.014	1.85852	0.35	393.22	0.029	0.00393			

ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ในการตัดสินใจในการสั่งซื้อน้ำมันดิบ

ข้อมูลอ้างอิง น้ำมันดิบจำนวน 195,500 ตัน

กรณีศึกษา โรงกลั่นแห่งหนึ่งทำการเลือกซื้อน้ำมันดิบ 3 แหล่งด้วยกันคือน้ำมันดิบทาบิสจากมาเลเซีย ซึ่งเป็นน้ำมันดิบจากแหล่งตะวันออกไกล น้ำมันดิบโอมานจากประเทศโอมานซึ่งเป็นน้ำมันดิบจากแหล่งตะวันออกกลาง และน้ำโคเวเอโบจากประเทศแองโกลาซึ่งเป็นน้ำมันดิบจากแหล่งแอฟริกา โดยมีการเสนอราคาตามดังนี้

ตารางที่ 4.18 ต้นทุนและกำไรเบื้องต้นของการเลือกซื้อน้ำมันดิบแหล่งต่างๆ

ชนิดน้ำมัน	ราคา (\$/Ton)	กำไร (\$/Ton)
ทาบิส	240	6.0
โอมาน	235	6.2
โคเวเอโบ	242	6.25

จากผลกำไรเบื้องต้นพบว่าน้ำมันดิบจากแหล่งโคเวเอโบให้ผลกำไรสูงสุด แต่จากการปรับปรุงฐานข้อมูลน้ำมันดิบโดยการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำมันพบว่าปริมาณกำมะถันมีปริมาณเปลี่ยนแปลงไปจากฐานข้อมูลน้ำมันดิบที่มีอยู่ดังแสดงในตารางที่ 4.19

ศูนย์วิจัยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.19 ค่าปริมาณกำมะถันที่เปลี่ยนแปลงไปจากฐานข้อมูลน้ำมันดิบ

ชนิดน้ำมัน	ปริมาณกำมะถันจากฐานข้อมูล (%)	ปริมาณกำมะถันที่เก็บตัวอย่างได้ (%)
ทาบิส	0.03	0.2
โอมาน	1.05	0.8
โคเวเอโบ	0.14	0.25

จากข้อมูลดังกล่าวเป็นข้อมูลที่ได้จากการตรวจสอบคุณภาพน้ำมันดิบเบื้องต้นซึ่งไม่ได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณกำมะถันที่กระจายตัวลงในคาบจุดเด็ดต่างๆ ดังนั้นการที่จะปรับปรุงข้อมูลปริมาณกำมะถันเพื่อคำนวณผลกำไรใหม่ไม่สามารถทำได้ แต่จากการประยุกต์ใช้ความสัมพันธ์ในการกระจายตัวของปริมาณกำมะถันในหัวข้อ 4.1 สามารถประเมินหาค่าใช้จ่ายที่เปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากปริมาณกำมะถันเปลี่ยนแปลงไปจากฐานข้อมูลน้ำมันดิบซึ่งแบ่งออกเป็นค่าใช้จ่ายในการบำบัดกำมะถันในคาบจุดเด็ดน้ำมันดีเซลและค่าใช้จ่ายในการผสมน้ำมันเตา ตัวอย่างการคำนวณดังต่อไปนี้

1. ค่าใช้จ่ายในการบำบัดกำมะถันในคาบจุดเด็ดน้ำมันดีเซล

สามารถประเมินได้จากตัวอย่างการคำนวณหาค่าใช้จ่ายในการบำบัดกำมะถันในคาบจุดเด็ดน้ำมันดีเซลในหัวข้อ 4.3.3 และสามารถสรุปค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการที่น้ำมันดิบมีปริมาณกำมะถันเปลี่ยนแปลงไปได้ดังแสดงในตารางที่ 4.20

ตารางที่ 4.20 ค่าใช้จ่ายในการบำบัดกำมะถันที่เปลี่ยนแปลงไปจากฐานข้อมูลน้ำมันดิบในคาบจุดเด็ดน้ำมันดีเซล

ชนิดน้ำมัน	ราคา (\$)	กำไร (\$/Ton)	ค่าใช้จ่ายในการบำบัดกำมะถันที่เปลี่ยนแปลง (\$/Ton)
ทาบิส	240	6.0	+ 0.06
โอมาน	235	6.2	- 0.05
โคเวเอโบ	242	6.25	+ 0.03

2. ค่าใช้จ่ายในการผสมน้ำมันเตาในกรณีที่ปริมาณกำมะถันในน้ำมันดิบเปลี่ยนแปลงไปจากฐานข้อมูลน้ำมันดิบ

ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นสามารถคำนวณได้จากปริมาณผลกำไรของปริมาณกำมะถันที่ใช้ในการผสมน้ำมันเตา (Sulfur Premium) ซึ่งมีค่าใช้จ่ายประมาณ 4 เหรียญสหรัฐฯ ต่อปริมาณกำมะถันร้อยละ 1 ที่เปลี่ยนแปลงไปต่อน้ำมันเตา 1 ตัน ซึ่งค่า Sulfur Premium สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{Sulfur Premium} &= \frac{\text{Highsulfur fueloil price} - \text{Lowsulfur fueloil price}}{\text{Sulfur in highsulfur fueloil} - \text{Sulfur in lowsulfur fueloil}} \\ &= \frac{184.50 - 190.52}{3.5 - 2.0} \\ &= 4.01 \text{ \$/ \% Sulfur changed in Fuel oil per Ton Fuel oil} \end{aligned}$$

จากความสัมพันธ์ในหัวข้อ 4.1 สามารถคำนวณหาปริมาณกำมะถันที่เปลี่ยนแปลงในคาบจุดเตอดน้ำมันเตาได้และสามารถคำนวณหาค่าใช้จ่ายในการผสมน้ำมันเตาได้ดังตารางที่ 4.21

ตารางที่ 4.21 ค่าใช้จ่ายที่เปลี่ยนแปลงไปในการผสมน้ำมันเตาในกรณีที่ปริมาณกำมะถันในน้ำมันดิบเปลี่ยนแปลงไปจากฐานข้อมูลน้ำมันดิบ

ชนิดน้ำมัน	กำไร (\$/Ton)	ค่าใช้จ่ายในผสมน้ำมันที่เปลี่ยนแปลง (\$/Ton)
ทาบิส	6.0	+ 0.30
โอมาน	6.2	- 0.86
โคเวโอโบ	6.25	+ 0.24

ดังนั้นในการเลือกซื้อน้ำมันดิบจะสามารถคำนวณหาต้นทุนที่เปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากปริมาณกำมะถันในน้ำมันดิบเปลี่ยนแปลงไปโดยสามารถสรุปหาผลกำไรเบื้องต้นหลังจากปรับปรุงค่าใช้จ่ายดังกล่าวแล้วดังตารางที่ 4.22

ตารางที่ 4.22 กำไรสุทธิจากการรวมค่าใช้จ่ายที่เปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากปริมาณกำมะถันในน้ำมันดิบเปลี่ยนแปลงไปจากฐานข้อมูลน้ำมันดิบ

ชนิดน้ำมัน	กำไร (\$/Ton)	ค่าใช้จ่ายในการบำบัดกำมะถันที่เปลี่ยนแปลง (\$/Ton)	ค่าใช้จ่ายในผลสมน้ำมันที่เปลี่ยนแปลง (\$/Ton)	กำไรสุทธิ (\$/Ton)
ทาบิส	6.0	+ 0.06	+ 0.30	5.36
โอมาน	6.2	- 0.05	- 0.86	7.11
โคเวเอโบ	6.25	+ 0.03	+ 0.24	5.98

ดังนั้นน้ำมันดิบจากแหล่งโอมานจะให้ผลกำไรสูงกว่าน้ำมันดิบจากแหล่งโคเวเอโบและทาบิสตามลำดับ

จากตัวอย่างข้างต้นเราสามารถนำผลงานวิจัยมาประยุกต์ใช้ในการเลือกซื้อน้ำมันดิบให้มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย