

บรรณานุกรม

กระบวนการตัดสินใจ. (2552). [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา:

<http://mbaru.blogspot.com/2009/10/decision-making-process.html> (26 พฤษภาคม 2553).

กลุ่มพลังงานชีวมวล สำนักงานวิจัยค้นคว้าพลังงาน กระทรวงพลังงาน. พลังงานชีวมวล. กรมพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, (ม.ม.ป).

จิตติกร บุญชูวงศ์, รัตนชัย ไพรินทร์, ศิริชัย เทพา และศิรินุช จินดารักษ์. (2552). การศึกษาการผลิต Gas จากเตาเผาแก๊สแบบ Updraft โดยใช้เศษผักและเกลบเป็นเชื้อเพลิง. การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 5, มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก, 29 เมษายน – 1 พฤษภาคม 2552.

ทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์. เอกสารประกอบการเรียนการวิชา เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม. หน่วยวิจัยระบบทางอุณหภาพ ภาควิชาเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, (ม.ป.ป.).

ทัศนัย องค์กรบิลย์, ประพันธ์ คูชลธารา และเลอสรวง เมฆสุด. (2551). การพัฒนากระบวนการผลิตแก๊สเชื้อเพลิงจากถ่านหินและชีวมวล โดยใช้แก๊สพีเคชั่นร่วมกับการเผาไหม้ในเครื่องปฏิกรณ์ฟลูอิดไคซ์เบดแบบหมุนเวียน. การประชุมวิชาการเทคโนโลยีและนวัตกรรมสำหรับการพัฒนาอย่างยั่งยืน. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ขอนแก่น. 28-29 มกราคม 2551.

นริศรา อินทรจันทร์. (2552). แก๊สไฮโดรเจน : พลังงานอนาคต (ตอนที่ 2). [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.export.gov.il/Eng/_Uploads/3058Environline135.html (15 มกราคม 2553).

นิพล บุญเพิ่มพูน. (2551). การคัดเลือกวิธีการและที่ตั้งที่เหมาะสมสำหรับกำจัดขยะชุมชนในจังหวัดเชียงใหม่และจังหวัดลำพูน. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

วิฑูรย์ ตันศิริกมล. (2542). AHP กระบวนการตัดสินใจที่ได้รับความนิยมมากที่สุดในโลก.
กรุงเทพฯ: กราฟฟิค แอนด์ ปริ้นติ้ง.

สุรพงษ์ คล้ายมุข. (2545). การศึกษาการเปรียบเทียบการผลิตโปรคิวเซอร์แก๊สจากเตาผลิตก๊าซแบบ
ไหลขึ้นและไหลลงโดยใช้ผักตบชวาอัดเป็นแท่งเชื้อเพลิง. ปรินญาวิทยาศาสตร
มหาบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน, คณะพลังงานและวัสดุ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี
พระจอมเกล้าธนบุรี. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา:

http://www.eng.mut.ac.th/article_detail.asp?ArticleID=462 (4 สิงหาคม 2553).

A. Abuadala., I. Dincer., G.F. Naterer. (2010) “Exergy analysis of hydrogen production from
biomass Gasification”, International Journal of Hydrogen Energy; 35: 4981 – 4990

A. T-Raissi., M. Elbaccouch., K. Ramasamy., and J. Baik. (2007) “System Analysis of
Hydrogen Production and Utilization at KSC”, Florida Solar Energy Center. January
2003 to December 2007.

Cárdenas R., Alfonso D., Peñalvo E., Perez-Navarro A., Perpiñá C., and Vargas C. (2007)
“Potential for Hydrogen Production from Biomass Residues in the Valencian
Community”, Instituto de Ingeniería Energética, Universidad Politécnica de Valencia,
Camino de Vera s/n Valencia, 46022, Spain

Ching-Hsiung Wang., Wei-Bin Lub, Jo-Shu Chang. (2007) “Feasibility study on fermentative
conversion of raw and hydrolyzed starch to hydrogen using anaerobic mixed
microflora”, International Journal of Hydrogen Energy ; 32 : 3849 – 3859.

Climate Change 1995., “The Science of Climate Change: Summary for Policymakers and
Technical Summary of the Working Group I Report”, 22.

David B. Levin., Huguang Zhu ., Michel Beland., Nazim Cicek ., Bruce E. Holbein. (2007)
“Potential for hydrogen and methane production from biomass residues in Canada”, J.
Bioresource Technology ; 98 ; 654–660.

Francis S. Lau , David A. Bowen. , Remon D., Shain D., Evan E. Hughes, Robert R., Rachid
S., Scott Q. Turn. , Robert Z. (2002) “Techno-Economic Analysis of Hydrogen
Production by Gasification of Biomass”, Final Technical Report for the Period
September 15, 2001 to September 14, 2002.

- Freda R. Hawkes., Helen Forsey., Giuliano C. Premier., Richard M. Dinsdale., Dennis L. Hawkes., Alan J. Guwy., Jon Maddy., Samantha Cherryman ., James Shine ., David Auty. (2008) “Fermentative production of hydrogen from a wheat flour industry co-product”, *J. Bioresource Technology*; 99 : 5020–5029
- Hanaokaa T., Yoshidaa T., Fujimotoa S., Kameib K., Haradab M., Suzukic Y., Hatanoc H., Yokoyamaa S., Minowa T. (2005) “ Hydrogen production from woody biomass by steam gasification using a CO₂ sorbent”, *J. Biomass and Bioenergy*; 28 : 63–68.
- Hanssen, J.E., and Hagen, E.F. (2006) “Prospects of Hydrogen from Biomass”, Annex 16 Subtask B Final Report, IEA Hydrogen Implementing Agreement.
- Hidayet Argun., Fikret Kargi. (2010) “Effects of light source, intensity and lighting regime on bio-hydrogen production from ground wheat starch by combined dark and photo-fermentations”, *International journal of hydrogen energy*; 35: 1604 – 1612
<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs6a.html>. (15 August 2010)
- Huibo Su., Jun Cheng., Junhu Zhou., Wenlu Song., Kefa Cen. (2009) “Improving hydrogen production from cassava starch by combination of dark and photo fermentation”, *International Journal of Hydrogen Energy*; 34: 1780 – 1786
- IEA Bioenergy. (2007), Task 34 Biomass Pyrolysis. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: <http://www.ieabioenergy.com/MediaItem.aspx?id=5416> (20 มกราคม 2554).
- J. Saucedo-Luna, A. J. Castro-Montoya, J. L. Rico and J. Campos-Garcia, J., (2010) “Optimization of acid hydrolysis of bagasse from Agave tequilana Weber *Revista de Ingeniería Química*”, Vol. 9, núm.1, 91-97. 2010.
- Kiyoshi Dowakia., Tsuyoshi Ohtab., Yasukazu Kasaharab., Mitsuo Kameyamac., Koji Sakawakic., Shunsuke Morid. (2007) “An economic and energy analysis on bio-hydrogen fuel using a gasification process”, *J. Renewable Energy* ; 32 : 80–94.
- Krzysztof Urbaniec., Robert Grabarczyk (2009) “Raw materials for fermentative hydrogen production”, *Journal of Cleaner Production*; 17: 959–962
- Kuo-Shing Lee., Yao-Feng Hsu., Yung-Chung Lo., Ping-Jei Lin., Chiu-Yue Lin., Jo-Shu Chang. (2008) “Exploring optimal environmental factors for fermentative hydrogen production from starch using mixed anaerobic microflora”, *International Journal of Hydrogen Energy*; 33: 1565 – 1572
- Nima Nasirian., Morteza Almassi., Saeid Minaei., Renu Widmann. (2010) “Development of a method for biohydrogen production from wheat straw by dark fermentation”, *Journal of hydrogen Energy*; xxx: 1 – 10

- P. Spath., A. Aden., T. Eggeman., M. Ringer., B. Wallace., and J. Jechura. (2005) “Biomass to hydrogen production detail design and economics utilizing the Battelle Columbus Laboratory Indirectly-Heated Gasifier”, Technique Report NREL/TP-51-037408, May 2005.
- Pengmei Lv., Chuangzhi Wu., Longlong Ma., Zhenhong Yuan. (2007) “A study on the economic efficiency of hydrogen production from biomass residues in China”, *Applied Renewable Energy*; 33 : 1874–1879.
- Pual Yoon, K.P; and Ching-Lai Hwang., (1995). “Multiple Attribute Decision Making : An introduction”, CA: Sage Publication, Inc., 1995.
- Rob Williams., Nathan Parker., Christopher Yang., Joan Ogden., and Bryan Jenkins., (2007) “H₂ Production via Biomass Gasification”, Advanced Energy Pathways (AEP) Project, Task 4.1 Technology Assessments of Vehicle Fuels and Technologies Public Interest Energy Research (PIER) Program California Energy Commission. July 2007.
- Sakchai Pattra, Suksaman Sangyoka, Mallika Boonmee, Alissara Reungsang., (2008). “Biohydrogen production from the fermentation of sugarcane bagasse hydrolysate by *Clostridium butyricum*. *International Journal of Hydrogen Energy* Volume; 33 : 195256-5265
- Shing-Der Chen., Kuo-Shing Lee., Yung-Chung Lo., Wen-Ming Chen., Ji-Fang Wu., Chiu-Yue Lin., Jo-Shu Chang., (2008) “Batch and continuous biohydrogen production from starch hydrolysate by *Clostridium* species”, *International Journal of Hydrogen Energy*; 33: 1803 – 1812
- Srivastava R., (2009) “Improved Hydrogen Yield From Florida Specific Biomass Gasification Using a Pilot Scale Gasification Unit. Florida International University”, July 2002 to September 2007. (*In press*)
- Susanjib Sarkar., Amit Kumar., (2009) “Biohydrogen production from forest and agricultural residues for upgrading of bitumen from oil sands”, Department of Mechanical Engineering, University of Alberta, Edmonton, Alberta, Canada T6G 2G8, 2009.
- The Japan Institute of Energy., (2008) “A Guide for Biomass Production and Utilization”, *Asian Biomass Handbook*, 132-134.
- Tim Eggeman., (2004) “Boundary analysis for H₂ production by fermentation”, *Neoteries International*. March 12, 2004.

- Yokoi H, Saitsu A, Uchida H., Hirose J, Hayashi S, and Takasaki Y., (2000) “Microbial hydrogen production from sweet potato starch residue”, *J. Bioscience and Bioengineering*, Vol.91,No.1, 58-63. 2001.
- Yong-Woo Lee., Jinwook Chung., (2010) “Bioproduction of hydrogen from food waste by pilot-scale combined hydrogen/methane fermentation”, *International journal of hydrogen energy*; 35: 11746–11755 [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.dynamotive.com/assets/articles/2007/Task_34_Booklet.pdf. (19 June 2010).

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ตัวอย่างการคำนวณผลผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวล

ตัวอย่างการคำนวณผลผลิตเชื้อเพลิง H₂ จากชีวมวล

จากข้อมูลศักยภาพชีวมวลแต่ละชนิดของประเทศไทยปี 2550/2551 (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) กระทรวงพลังงาน สามารถนำมาสรุปและแสดงค่าเฉลี่ยของผลผลิตเชื้อเพลิง H₂ ชีวมวลแต่ละชนิดด้วยเทคโนโลยี Gasification และ Fermentation จากรายงานการวิจัยที่ได้ศึกษามาก่อนหน้านี้ ดังตาราง ก1

ตาราง ก1 ปริมาณผลผลิตชีวมวลของไทยที่ได้ (Tones/Y) และค่าเฉลี่ยของผลผลิตเชื้อเพลิง H₂ ชีวมวลแต่ละชนิดด้วยเทคโนโลยี Gasification และ Fermentation

ชีวมวล	ปริมาณชีวมวลที่ได้ (Tones/Y)	ค่าเฉลี่ยของผลผลิตเชื้อเพลิง H ₂ (H ₂ -L/kg-Biomass)	
		Gasification	Fermentation
ชานอ้อย, ยอดและใบ	39,690.54	898.81	123.59
แกลบ, ฟางข้าว	42,458.00	1,000.10	-
ซังข้าวโพด	807.31	900.77	144.30
ทะลายปาล์มเปล่า, กากใย, กะลา, ทางใบ, ก้าน	6,577.44	-	-
ลำต้นและเหง้ามันสำปะหลัง	553.41	-	339.57
จี้เลื่อยและเศษไม้ยางพารา	1,257.58	1,025.79	192.68
ไม้พิน และเปลือกไม้ยูคาลิปตัส	2,040.00	1,025.79	192.68
เศษไม้จากสวนป่า	600.00	1,025.79	192.68
รวม	93,984.28		

การคำนวณหาค่าปริมาณผลผลิตเชื้อเพลิง H_2 ที่ได้จากชีวมวลแต่ละชนิด ได้จากสมการดังนี้

$$\text{ปริมาณผลผลิตเชื้อเพลิง } H_2 = \left[\text{ปริมาณผลผลิตเชื้อเพลิง (kg/Y)} \times \left(x10^6 \frac{H_2 Nm^3}{Y} \right) \times \text{ค่าเฉลี่ยของผลผลิตเชื้อเพลิง} \left(x10^6 \frac{H_2 - L}{kg - Biomass} \right) \right] / 1,000$$

เมื่อ

ปริมาณผลผลิตเชื้อเพลิง (kg/Y) คือ ปริมาณของผลผลิตชีวมวลแต่ละชนิดของไทยที่ได้ (ตัน/ปี)

ค่าเฉลี่ยของผลผลิตเชื้อเพลิง H_2 (H_2 -L/kg-Biomass) คือ ค่าเฉลี่ยของผลผลิตเชื้อเพลิง H_2 ชีวมวลแต่ละชนิด จากเทคโนโลยี Gasification และ Fermentation ที่ได้จากรายงานการวิจัยที่ศึกษา มาก่อนหน้านี้

- การคำนวณหาปริมาณผลผลิตเชื้อเพลิง H_2 ด้วยเทคโนโลยี Gasification จะได้

ปริมาณผลผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชานอ้อย, ยอดและใบ

$$\begin{aligned} \text{ปริมาณผลผลิตเชื้อเพลิง } H_2 &= \frac{39,690.54 \times 898.81}{1,000} \\ &= 35.67 \times 10^6 \frac{H_2 Nm^3}{Y} \end{aligned}$$

- การคำนวณหาปริมาณผลผลิตเชื้อเพลิง H_2 ด้วยเทคโนโลยี Fermentation จะได้

ปริมาณผลผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชานอ้อย, ยอดและใบ

$$\begin{aligned} \text{ปริมาณผลผลิตเชื้อเพลิง } H_2 &= \frac{39,690.54 \times 123.59}{1,000} \\ &= 4.91 \times 10^6 \frac{H_2 Nm^3}{Y} \end{aligned}$$

ตัวอย่างการคำนวณหาปริมาณผลผลิตเชื้อเพลิง H_2 เทียบเป็นปริมาณน้ำมันเบนซิน L- gasoline

จากคำนวณหาปริมาณผลผลิตเชื้อเพลิง H_2 ในหน่วย $H_2 Nm^3/Y$ ได้นำมาเทียบให้อยู่ในรูปของปริมาณของน้ำมันเบนซิน (Gasoline) โดย $1 Nm^3$ ของ H_2 ($Nm^3 - H_2$) จะมีค่าเทียบได้กับ $0.34 L$ ของ gasoline (L-gasoline) ดังนั้นจึงได้สมการในการเทียบปริมาณผลผลิตเชื้อเพลิง $H_2 Nm^3/Y$ เทียบให้อยู่ในรูปของปริมาณของน้ำมันเบนซิน L- gasoline ดังนี้

$$\text{ปริมาณผลผลิตเชื้อเพลิง } H_2 \text{ (x}10^6 \frac{L - \text{gasoline}}{Y}\text{)} = \text{ปริมาณผลผลิตเชื้อเพลิง } x10^6 \frac{H_2 Nm^3}{Y} x0.34L$$

- การคำนวณหาปริมาณผลผลิตเชื้อเพลิง H_2 ด้วยเทคโนโลยี Gasification เทียบเป็นปริมาณน้ำมันเบนซิน L- gasoline จะได้

ปริมาณผลผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชานอ้อย, ยอดและใบ เทียบเป็นปริมาณน้ำมันเบนซิน L- gasoline

$$\begin{aligned} \text{ปริมาณผลผลิตเชื้อเพลิง } H_2 &= 35.67x10^6 H_2 Nm^3 / Y x0.34L \\ &= 12.13x10^6 L / Y \end{aligned}$$

- การคำนวณหาปริมาณผลผลิตเชื้อเพลิง H_2 ด้วยเทคโนโลยี Fermentation เทียบเป็นปริมาณน้ำมันเบนซิน L- gasoline จะได้

ปริมาณผลผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชานอ้อย, ยอดและใบ เทียบเป็นปริมาณน้ำมันเบนซิน L- gasoline

$$\begin{aligned} \text{ปริมาณผลผลิตเชื้อเพลิง } H_2 &= 4.91x10^6 H_2 Nm^3 / Y x0.34L \\ &= 1.67x10^6 L / Y \end{aligned}$$

ดังนั้นจะได้ปริมาณผลผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวลแต่ละชนิด จากเทคโนโลยี Gasification และ Fermentation ในหน่วย $x 10^6 H_2 Nm^3/Y$ และ $x 10^6 L-gasoline/Y$ ดังตาราง ก2

ตาราง ก2 ปริมาณผลผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวลแต่ละชนิด จากเทคโนโลยี Gasification และ Fermentation ในหน่วย $x 10^6 H_2 Nm^3/Y$ และ $x 10^6 L-gasoline/Y$

ชีวมวล	ปริมาณชีวมวลที่ ได้ (ตัน/ปี)	ค่าเฉลี่ยของผลผลิตเชื้อเพลิง H_2 ($H_2-L/kg-Biomass$)		การประเมินผลผลิตเชื้อเพลิง H_2 ของไทย		การประเมินผลผลิตเชื้อเพลิง H_2 ของ ไทยเปรียบเทียบกับ Gasoline ($x 10^6 L/ปี$)	
		Gasification	Fermentation	Gasification	Fermentation	Gasification	Fermentation
ชานอ้อย, ยอดและใบ	39,690.54	898.81	123.59	35.67	4.91	12.13	1.67
แกลบ, ฟางข้าว	42,458.00	1,000.10	-	42.46	-	14.44	-
ซังข้าวโพด	807.31	900.77	144.30	0.73	0.12	0.25	0.04
ทะลายน้ำส้มป่อย, กากใบ, กะลา, ทางใบ, ก้าน	6,577.44	-	-	-	-	-	-
ลำต้นและเหง้ามัน สำปะหลัง	553.41	-	339.57	-	0.19	-	0.06

ตาราง ก2 (ต่อ) ปริมาณผลผลิตเชื้อเพลิง H₂ จากชีวมวลแต่ละชนิด จากเทคโนโลยี Gasification และ Fermentation ในหน่วย x 10⁶ H₂ Nm³/Y และ x 10⁶ L-gasoline/Y

ชีวมวล	ปริมาณชีวมวลที่ ได้ (ตัน/ปี)	ค่าเฉลี่ยของผลผลิตเชื้อเพลิง H ₂ (H ₂ -L/kg-Biomass)		การประเมินผลผลิตเชื้อเพลิง H ₂ ของไทย (x 10 ⁶ H ₂ Nm ³ /ปี)		การประเมินผลผลิตเชื้อเพลิง H ₂ ของ ไทยเปรียบเทียบกับ Gasoline (x 10 ⁶ L/ปี)	
		Gasification	Fermentation	Gasification	Fermentation	Gasification	Fermentation
สั้ลเคือยและเศษไม้	1,257.58	1,025.79	192.68	1.29	0.24	0.44	0.08
ไม้พืนและเมล็ดอกไม้	2,040.00	1,025.79	192.68	2.09	0.39	0.71	0.13
เศษไม้จากสวนป่า	600.00	1,025.79	192.68	0.62	0.12	0.21	0.04
รวม	93,984.28			82.86	5.96	28.17	2.03

ภาคผนวก ข

Gasoline gallon equivalent (GGE)

ตาราง ข แสดงการเปรียบเทียบพลังงานเชื้อเพลิง ให้เท่ากับพลังงานน้ำมันเบนซินเป็นมาตรฐาน

(Gasoline) 1 gallon

Fuel	GGE	BTU/unit	kWh/Unit
Gasoline (base)	1 US gallon	114,000 BTU/gal	33.41
Gasoline (conventional, summer)	0.996 US gallon *	114,500 BTU/gal	33.56
Gasoline (conventional, winter)	1.013 US gallon *	112,500 BTU/gal	32.97
Gasoline (reformulated gasoline, ethanol)	1.019 US gallon *	111,836 BTU/gal	32.78
Gasoline (reformulated gasoline, ETBE)	1.019 US gallon *	111,811 BTU/gal	32.77
Gasoline (reformulated gasoline, MTBE)	1.020 US gallon *	111,745 BTU/gal	32.75
Gasoline (10% MBTE)	1.02 US gallon	112,000 BTU/gallon	32.83
Gasoline (regular unleaded)	1 US gallon	114,100 BTU/gal	33.44
Diesel #2	0.88 US gallons	129,500 BTU/gal	37.95
Biodiesel (B100)	0.96 US gallons	118,300 BTU/gal	
Bio Diesel (B20)	0.90 US gallons	127,250 BTU/gal	
Liquid natural gas (LNG)	1.52 US gallons	75,000 BTU/gal	
Compressed natural gas (CNG)	126.67 cu ft (3.587 m ³)	900 BTU/cu ft	
Hydrogen at 101.325 kPa	357.37 cu ft	319 BTU/cu ft	
Hydrogen by weight	0.997 kg (2.198 lb)	119.9 MJ/kg (51,500 BTU/lb)	
Liquefied petroleum gas(propane) (LPG)	1.35 US gallons	84,300 BTU/gal	

ตาราง ข (ต่อ) แสดงการเปรียบเทียบพลังงานเชื้อเพลิง ให้เท่ากับพลังงานน้ำมันเบนซินเป็น
มาตรฐาน (Gasoline) 1 gallon

Fuel	GGE	BTU/unit	kWh/Unit
Methanol fuel (M100)	2.01 US gallons	56,800 BTU/gal	
Ethanol fuel (E100)	1.500 US gallons	76,100 BTU/gal	
Ethanol (E85)	1.39 US gallons	81,800 BTU/gal	
Jet fuel (naphtha)	0.97 US gallons	118,700 BTU/gal	
Jet fuel (kerosene)	0.90 US gallons	128,100 BTU/gal	
Electricity	33.40 kilowatt- hours *	3,413 BTU/(kW·h)	

หมายเหตุ *calculated based on 114,000 BTU/gal base gasoline

ภาคผนวก ก

ตัวอย่างการคำนวณหาราคาชีวมวลเฉลี่ยของประเทศไทย

การคำนวณราคาสีวมวลเฉลี่ยของประเทศไทย

เนื่องจากราคาสีวมวลของประเทศไทยจะมีค่าแตกต่างกันไปตามพื้นที่ของปลูก ปริมาณผลผลิตที่ได้ในแต่ละปี และสภาพเศรษฐกิจภายในประเทศก็มีผลต่อราคาของสีวมวลที่มีค่าสูงหรือต่ำแตกต่างกันไปในแต่ละปี ดังนั้นในการกำหนดราคาสีวมวลของประเทศไทยในงานวิจัยนี้ จึงได้ใช้ราคาสีวมวลเฉลี่ย โดยได้มีการนำเอาข้อมูลอ้างอิงจาก สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน แสดงในตาราง ค จำนวนจากราคาสีวมวลแยกตามชนิดในช่วง Mar, 2009 – Aug, 2011

ตาราง ค แสดงราคาสีวมวลแยกตามชนิดในช่วง Jul, 2009 – Aug, 2011

ลำดับ	สีวมวล	จังหวัด	May	June	July	Aug
			(2011)	(2011)	(2011)	(2011)
THB/tones						
1	แกลบ	สุรินทร์	1,100	1,100	-	-
		กำแพงเพชร	850	850	1,050	1,050
		สุพรรณบุรี	1,200	1,200	-	-
		พะเยา	-	-	-	-
		ฉะเชิงเทรา	1,200	-	1,000	1,000
2	จี้เถ้อยและ เศษไม้ ยางพารา	กระบี่	900	800	-	-
		สงขลา	900	900	1,180	
		นครศรีธรรมราช	900	900	1,000	1,000
		สุราษฎร์ธานี	-	-	-	-
		นราธิวาส	-	-	-	-
3	กะลาปาล์ม	สุราษฎร์ธานี	-	-	-	-
		กระบี่	1,800	2,000	1,800 – 2,000	1,800 – 2,000
		เพชรบูรณ์	-	-	-	-

ตาราง ค (ต่อ) แสดงราคาชีวมวลแยกตามชนิดในช่วง Mar, 2009 – Aug, 2011

ลำดับ	ชีวมวล	จังหวัด	May	June	July	Aug
			(2011)	(2011)	(2011)	(2011)
			THB/tones			
4	ทะลายปาล์ม เปล่า	สุราษฎร์ธานี	-	-	-	-
		กระบี่	50	50	50	50
5	ไม้พิน และ เปลือกไม้ยูคา ลิปตัส	นครปฐม	1,180 (4/09)*	1,200 (2/10)*	1,250 (3/10)*	1,250 (4/10)*
		อุดรธานี	600 (3/10)*	700 (4/09)*	650 (5/09)*	650 (6/09)*
		ขอนแก่น	750 (3/09)*	-	630 (5/09)*	-
		กาญจนบุรี	1,200 (5/09)*	1,200 (6/09)*	1,200 (7/09)*	1,200 (8/09)*
6	ใบอ้อยและ ยอดอ้อย	สุพรรณบุรี	530 (12/09)*	530 (1/10)*	530 (2/10)*	530 (3/10)*
7	ซังข้าวโพด	เพชรบูรณ์	200 (3/09)*	-	1,100 (6/09)*	1,100 (6/09)*
8	เหง้ามัน	เพชรบูรณ์	600 (3/09)*	-	1,100 (5/09)*	1,100 (6/09)*

หมายเหตุ (3/09)* หมายถึง เป็นข้อมูลราคาชีวมวลในเดือน Mar' 2009

จากตาราง ค จะสามารถนำมาหารราคาชีวมวลเฉลี่ย แต่ละชนิดได้ดังสมการ

$$\text{ราคาชีวมวลเฉลี่ย} = \frac{\sum \text{ราคาชีวมวลในแต่ละปีของจังหวัดที่มีชีวมวลชนิดนั้นๆ}}{\text{จำนวนราคาชีวมวลทั้งหมด}}$$

1. ราคาชีวมวลเฉลี่ยของ ชานอ้อย, ยอดและใบ คือ ราคาของชีวมวลชานอ้อย, ยอดและใบ จะได้จาก ราคาของชีวมวลในจังหวัดสุพรรณบุรี ในตาราง ค ดังนั้นจะได้

$$\begin{aligned} \text{ราคาชีวมวลเฉลี่ย} &= \frac{(4 \times 530)}{4} \\ &= 530.00 \quad \text{THB/tones} \end{aligned}$$

2. ราคาชีวมวลเฉลี่ยของ แกลบ, ฟางข้าว คือ ราคาของชีวมวลแกลบ, ฟางข้าว จะได้จากราคาของชีวมวลในจังหวัดสุรินทร์ กำแพงเพชร สุพรรณบุรี และฉะเชิงเทรา ในตาราง ค ดังนั้นจะได้

$$\begin{aligned} \text{ราคาชีวมวลเฉลี่ย} &= \frac{(2 \times 850) + (2 \times 1,000) + (2 \times 1,100) + (2 \times 1,050) + (3 \times 1,200)}{11} \\ &= 1,054.55 \quad \text{THB/tones} \end{aligned}$$

3. ราคาชีวมวลเฉลี่ยของ ชังข้าวโพด คือ ราคาของชีวมวลชังข้าวโพด จะได้จากราคาของชีวมวลใน จังหวัดเพชรบูรณ์ ในตาราง ค ดังนั้นจะได้

$$\begin{aligned} \text{ราคาชีวมวลเฉลี่ย} &= \frac{(1 \times 800) + (2 \times 1,100)}{3} \\ &= 570.00 \quad \text{THB/tones} \end{aligned}$$

4. ราคาชีวมวลเฉลี่ยของ ลำต้นและเห้งามันสำปะหลัง คือ ราคาของชีวมวลเห้งามัน จะได้จากราคาของชีวมวลในจังหวัดเพชรบูรณ์ ในตาราง ค ดังนั้นจะได้

$$\begin{aligned} \text{ราคาชีวมวลเฉลี่ย} &= \frac{(1 \times 600) + (2 \times 1,100)}{3} \\ &= 850.00 \quad \text{THB/tones} \end{aligned}$$

5. ราคาชีวมวลเฉลี่ยของ ชี้อ้อยและเศษ ไม้ยางพารา คือ ราคาของชีวมวลชี้อ้อยและเศษ ไม้ยางพารา จะได้จากราคาของชีวมวลในจังหวัดกระบี่ สงขลา และนครศรีธรรมราช ในตาราง ค ดังนี้จะได้

$$\begin{aligned} \text{ราคาชีวมวลเฉลี่ย} &= \frac{(1 \times 800) + (5 \times 900) + (2 \times 1,000) + (1 \times 1,180)}{9} \\ &= 942.22 \quad \text{THB/tones} \end{aligned}$$

6. ราคาชีวมวลเฉลี่ยของ ไม้พิน เปลือกไม้ยูคาลิปตัส และเศษ ไม้จากสวนป่า คือ ราคาของชีวมวลไม้พิน และเปลือกไม้ยูคาลิปตัส จะได้จากราคาของชีวมวลในจังหวัดนครปฐม อุตรธานี ขอนแก่น และกาญจนบุรี ในตาราง ค ดังนี้จะได้

$$\begin{aligned} \text{ราคาชีวมวลเฉลี่ย} &= \frac{(1 \times 600) + (1 \times 630) + (2 \times 650) + (1 \times 700) + (1 \times 750) + (1 \times 700) \\ &\quad + (1 \times 1,180) + (5 \times 1,200) + (2 \times 1,250)}{15} \\ &= 975.71 \quad \text{THB/tones} \end{aligned}$$

ภาคผนวก ง

การคำนวณหาค่า VED (Value of Environment Damage)

การคำนวณหาค่า VED (Value of Environment Damage)

การประเมินผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมสำหรับการปล่อย Greenhouse Gas (GHG) คือ การคิดมูลค่าของผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อม (Externality Cost) โดยสามารถคำนวณได้ดังสมการต่อไปนี้

$$\text{Externality Cost} = \text{Size of insult} \times \text{VED}$$

เมื่อ

Externality Cost คือ Total external cost to society, \$

Size of insult คือ kg emitted, hectares degraded etc.

VED คือ Value of Environment Damage in \$/kg, \$/hr

แต่เนื่องจากค่า VED นั้นยังไม่มีข้อมูลการอ้างอิงสำหรับประเทศไทย จึงได้ใช้ข้อมูลการอ้างอิงจากสหรัฐอเมริกา ของ New Jersey Board of Public Utilities, Office of Clean Energy, December 8, 2004 ซึ่งเป็นการคิดค่าผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมเฉลี่ยของสหรัฐอเมริกาที่ได้จาก Massachusetts Externality Adders, 2003 และ New York Externality Adders, 2003 ดังแสดงในตาราง ง1

และจากค่าผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมที่อ้างอิงมาจากข้อมูลของสหรัฐอเมริกาปี 2003 การนำปรับใช้กับประเทศไทย จึงจำเป็นต้องมีการพิจารณาความสามารถในการจ่ายความเสียหายต่อสิ่งแวดล้อม (Willingness to Pay, WTP) ของประเทศไทย โดยจะเปลี่ยนให้เป็นค่าผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมที่ใช้ค่า GDP PPP ของสหรัฐอเมริกาและประเทศไทยที่คำนวณไว้ในปีล่าสุด จาก World Economic Outlook (WEO) data, IMF 2009) ดังนี้

$$WTP_{Thailand} = WTP_{US} \times \frac{PERCAP - GDP(PPP)_{Thailand}}{PERCAP - GDP(PPP)_{US}}$$

กำหนดให้

PERCAP-GDP (PPP) คือ มูลค่าผลผลิตมวลรวมภายในประเทศ (Gross Domestic Product Per Capita at Purchasing Power Parities)

WTP (Willingness to Pay) คือ ค่าความสามารถในการจ่ายค่าเสียหาย หรือ คือค่า VED

ตาราง ง1 ตารางค่าผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมเฉลี่ยของสหรัฐอเมริกาปี 2003

Pollution	Massachusetts Externality Adder (2003 \$/ton)	New York Externality Adder (2003 \$/ton)	Avg (2003 \$/ton) WTP us (Willingness to Pay)
NO _x	9,620.00	8,546.00	9,083.00
SO ₂	2,220.00	1,791.00	2,005.50
VOC	7,844.00	5,764.00	6,804.00
Total Suspended Particle: TSP	5,920.00	N/A	5,920.00
CO	1,288.00	1,130.00	1,209.00
CO ₂	33.00	554.00	293.50
CH ₄	326.00	N/A	326.00
N ₂ O	5,861.00	N/A	5,861.00
GDP PPP USA 2009	45,934.47 \$/Person		
GDP PPP Thailand 2009	8,050.87 \$/Person		
1 \$ = 30.59 THB (May 2011, National Bank, Thailand)			

ที่มา GDP PPP, 2009: World Economic Outlook (WEO) data, IMF 2009,

<http://www.econstats.com/weo/V011.htm>

โดยในปี 2009 ค่า GDP-PPP per capita ของสหรัฐอเมริกา เท่ากับ 45,934.47 \$/Person และค่า GDP-PPP per capita ของไทยเท่ากับ 8,050.87 \$/Person จึงสามารถยกตัวอย่างการหาค่า VED สำหรับประเทศไทยได้ดังนี้

จากตาราง ง1 จะได้ค่า VED ของ NO _x	=	9,083.00	\$/ton
PERCAP-GDP (PPP) _{Thailand}	=	8,050.87	\$
PERCAP-GDP (PPP) _{U.S.A}	=	45,934.47	\$

แล้วแทนค่าในสมการ

$$WTP_{Thailand} = WTP_{US} \times \frac{PERCAP - GDP(PPP)_{Thailand}}{PERCAP - GDP(PPP)_{US}}$$

จะได้

$$\begin{aligned} WTP_{Thailand} &= 9,803.00 \times \frac{8,050.87}{45,934.47} \\ &= 15,199.57 \quad \$/\text{ton} \\ &= \frac{15,199.57 \times 30.59}{1,000} \quad \text{THB}/\text{ton} \\ &= 486.98 \quad \text{THB}/\text{kg} \end{aligned}$$

ดังนั้นจะได้ค่า VED ของ NO_x ของประเทศไทย = 486.98 THB/kg

โดยเมื่อคิดค่า VED ของประเทศไทยตามการคิดค่าผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมเฉลี่ยของสหรัฐอเมริกาปี 2003 จะได้ ดังตาราง ง2

ตาราง ง2 แสดงค่าผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมของไทย (Willingness to Pay for Thailand in GDP PP 2009)

Pollution	Avg (2003 \$/ton) WTP us (Willingness to Pay)	VED (THB/kg)
NO _x	9,083.00	486.98
SO ₂	2,005.50	107.52
VOC	6,804.00	364.79
Total Suspended Particle: TSP	5,920.00	317.40
CO	1,209.00	64.82
CO ₂	293.50	15.74
CH ₄	326.00	17.48
N ₂ O	5,861.00	314.23

การคำนวณหาค่าน้ำหนักคะแนนของแต่ละหลักเกณฑ์ในการจัดลำดับเชิงวิเคราะห์ (Analytic Hierarchy Process)

งานวิจัยนี้ได้นำเอาเทคนิคของการจัดลำดับเชิงวิเคราะห์ มาใช้ประเมินเพื่อตัดสินใจเลือกเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวลสำหรับประเทศไทย โดยมีการตั้งวัตถุประสงค์หลักเกณฑ์หลัก หลักเกณฑ์รอง และเทคโนโลยีที่ใช้ในการเลือกผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวลสำหรับประเทศไทย ดังตาราง จ1

ตาราง จ1 แสดงวัตถุประสงค์ หลักเกณฑ์หลัก หลักเกณฑ์รอง และทางเลือก เพื่อใช้ในการลำดับเชิงวิเคราะห์ในการเลือกเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวลสำหรับประเทศไทย

Level 1 (วัตถุประสงค์)	Level 2 (หลักเกณฑ์หลัก)	Level 3 (หลักเกณฑ์รอง)	Alternatives (ทางเลือก)
เทคโนโลยีในการผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวลสำหรับประเทศไทย	การวิเคราะห์ด้านปริมาณ ผลผลิตเชื้อเพลิง H_2	ปริมาณเชื้อเพลิง H_2 ที่ผลิตได้	Gasification
			Fermentation
		แหล่งชีวมวลที่ใช้นำมา ผลิตเชื้อเพลิง H_2	Gasification
			Fermentation
		ศักยภาพของเทคโนโลยี การผลิตเชื้อเพลิง H_2	Gasification
			Fermentation
	การวิเคราะห์ด้าน เศรษฐศาสตร์	ระยะเวลาในการคืนทุน (Payback period)	Gasification
			Fermentation
		อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR)	Gasification
	การวิเคราะห์ทางด้าน สิ่งแวดล้อม	Emission GHG	Gasification
			Fermentation
		GWP Value	Gasification
Fermentation			

จากตาราง จ1 หลักเกณฑ์หลักและหลักเกณฑ์รองในแต่ละระดับชั้น ได้พิจารณาเปรียบเทียบความสำคัญของเกณฑ์ต่างๆในระดับชั้นเดียวกัน โดยการวิเคราะห์เปรียบเทียบหลักเกณฑ์ หรือทางเลือกเป็นคู่ (Pairwise Comparison) จากปัจจัยที่มีผลกระทบต่อเกณฑ์การตัดสินใจในแต่ละระดับชั้นโครงสร้างโดยใช้วิธี Principle of Hierarchy Composition โดยในการจัดลำดับเชิงวิเคราะห์ของการประเมินเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวลของประเทศไทยในงานวิจัยนี้ ได้มีการให้กำหนดคะแนนระดับความสำคัญ แสดงในตาราง จ2

ตาราง จ2 แสดงคะแนนระดับความสำคัญในการเปรียบเทียบเกณฑ์ หรือทางเลือกหลักเกณฑ์เป็นคู่ (Pairwise Comparison)

ระดับความสำคัญ หรือความชอบ (Preference Level)	ค่าแสดงเป็นตัวเลข (Numerical Value)
เท่ากัน (Equally Preferred)	1
ปานกลาง (Moderately Preferred)	2
มากที่สุด (Extremely Preferred)	3

เมื่อมีการเปรียบเทียบให้คะแนนความสำคัญของเกณฑ์ต่างๆในระดับชั้นเดียวกันหรือทางเลือกเป็นคู่แล้ว ได้มีวิธีการคำนวณหาค่าความสอดคล้องกันของเหตุผลการให้คะแนนในการเปรียบเทียบหลักเกณฑ์ที่ละคู่ ของหลักเกณฑ์ทั้งหมดที่ถูกกำหนด เพื่อตรวจสอบว่ามีหลักเกณฑ์ใดหลักเกณฑ์หนึ่งเกิดการเปลี่ยนแปลงในระดับ 0 – 1 แล้วจะมีผลทำให้ลำดับความสำคัญของทางเลือกเกิดการเปลี่ยนแปลงหรือไม่ ซึ่งตัวชี้วัดที่ใช้ในการวัดความสอดคล้องของการให้เหตุผลการให้คะแนน คือ ค่าอัตราส่วนความสอดคล้อง (Consistency Index: CR) คิดได้ดังสมการต่อไปนี้

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad , \quad \text{ค่า } CR < 0.1 \quad \text{จะยอมรับ}$$

เมื่อ CI คือ (Consistency Index) คำนีความสอดคล้อง

RI คือ (Random Consistency Index) ค่าที่ได้มาจากการทดลองโดยการสุ่มตัวอย่าง จากตารางเมตริกซ์จำนวน 64,000 ตัวอย่างอ้างอิงจากการสุ่มตัวอย่าง (วิฑูรย์ ตันศิริคงคล, 2542 อ้างถึง Saaty, 1980) แสดงในตาราง จ3

ตาราง จ3 ค่า RI จากการสุ่มตัวอย่าง (วิฑูรย์ ตันศิริคงคล, 2542 อ้างถึง Saaty, 1980)

ขนาดของตารางเมตริกซ์ (N)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ค่า RI	0	0	0.52	0.89	1.11	1.25	1.32	1.41	1.46	1.49

สำหรับสมการที่ใช้ในการหาค่าน้ำหนักของแต่ละหลักเกณฑ์นั้นเกิดจากการนำเอาค่าคะแนนที่ใช้ในการเปรียบเทียบของหลักเกณฑ์ทีละคู่มาคำนวณ โดยผลรวมของน้ำหนักคะแนนจะมีค่าเท่ากับ 1 ดังสมการ

$$W_i = \frac{V_i}{\sum_{i=1}^n V_i}$$

และ $\sum W_i = 1.0$

เมื่อ $W_i =$ น้ำหนักคะแนนของแต่ละหลักเกณฑ์

$V_i =$ ค่าเฉลี่ยทางเรขาคณิต

$n =$ จำนวนตัวเลขที่นำมาหาค่าเฉลี่ย

ดังนั้น จากสมการหาค่าน้ำหนัก และการหาอัตราส่วนความสอดคล้องของแต่ละหลักเกณฑ์ ได้แสดงตัวอย่างดังต่อไปนี้

ตัวอย่างการคำนวณหาค่าน้ำหนักของหลักเกณฑ์หลัก (Level 2)

การหาค่าน้ำหนักของหลักเกณฑ์หลัก (Level 2) ที่ใช้ในการประเมินเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิง H₂ จากชีวมวล ได้แบ่งออกเป็น 3 หลักเกณฑ์ด้วยกัน คือ

1. การวิเคราะห์ด้านปริมาณผลผลิตเชื้อเพลิง H₂
2. การวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์
3. การวิเคราะห์ทางด้านสิ่งแวดล้อม

โดยในตาราง จ4 เป็นตารางการเปรียบเทียบการให้ค่าระดับคะแนนที่มีการเปรียบเทียบหลักเกณฑ์หลักที่ละคู่

ตาราง จ4 การเปรียบเทียบการให้ค่าระดับคะแนนของหลักเกณฑ์หลัก (Level 2)

หลักเกณฑ์	การวิเคราะห์ด้านปริมาณผลผลิตเชื้อเพลิง H ₂	การวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์	การวิเคราะห์ทางด้านสิ่งแวดล้อม
การวิเคราะห์ด้านปริมาณผลผลิตเชื้อเพลิง H ₂	1	1	3/2
การวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์	1	1	3/2
การวิเคราะห์ทางด้านสิ่งแวดล้อม	2/3	2/3	1
ผลรวมแนวตั้ง	2.67	2.67	4.00

โดยการหาค่าน้ำหนักของหลักเกณฑ์ที่เปรียบเทียบกันทีละคู่จากสมการ $W_i = \frac{V_i}{\sum_{i=1}^n V_i}$ จะต้องหาค่า V_i หรือค่าเฉลี่ยทางเรขาคณิต ซึ่งจะหาได้จาก การนำเอาค่าคะแนนที่เปรียบเทียบกันในแต่ละคู่มาคูณกันทั้งหมดแล้ว ถอดรากกำลัง n คือ จำนวนข้อมูลที่อยู่ในแถวอนทั้งหมด โดยมีสมการคือ

$$V_i = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n a_{ij}}$$

เมื่อแทนค่าในแต่ละแถวของหลักเกณฑ์หลักจะได้ค่า V_i คือ

$$V_1 = \left[1 \times 1 \times \left(\frac{3}{2}\right) \right]^{\frac{1}{3}} = 1.14$$

$$V_2 = \left[1 \times 1 \times \left(\frac{3}{2}\right) \right]^{\frac{1}{3}} = 1.14$$

$$V_3 = \left[\left(\frac{2}{3}\right) \times \left(\frac{2}{3}\right) \times 1 \right]^{\frac{1}{3}} = 0.76$$

ดังนั้น

$$\sum_{i=1}^n V_i = V_1 + V_2 + V_3 = 1.14 + 1.14 + 0.76 = 3.05$$

สำหรับค่าน้ำหนักคะแนนของแต่ละหลักเกณฑ์ ก็จะได้

$$W_1 = \frac{V_1}{\sum_{i=1}^n V_i} = \frac{1.14}{3.05} = 0.375$$

$$W_2 = \frac{V_2}{\sum_{i=1}^n V_i} = \frac{1.14}{3.05} = 0.375$$

$$W_3 = \frac{V_3}{\sum_{i=1}^n V_i} = \frac{0.76}{3.05} = 0.250$$

ผลการหาค่าน้ำหนักคะแนนของแต่ละหลักเกณฑ์แสดงได้ดังตาราง จ5 โดยผลรวมของคะแนน

ในทุกหลักเกณฑ์จะมีค่าเท่ากับ 1.00

ตาราง จ5 แสดงผลสรุปการคำนวณหาค่าคะแนนนำหนักของแต่ละหลักเกณฑ์

หลักเกณฑ์	การวิเคราะห์ ด้านปริมาณ ผลผลิต เชื้อเพลิง H2	การวิเคราะห์ ด้าน เศรษฐศาสตร์	การวิเคราะห์ ทางด้าน สิ่งแวดล้อม	$V_i = (\sum V_i)^{1/n}$	Relative Weigh $W_i = V_i / \sum V_i$
การวิเคราะห์ด้าน ปริมาณผลผลิต เชื้อเพลิง H2	1	1	1 1/2	1.14	0.38
การวิเคราะห์ด้าน เศรษฐศาสตร์.	1	1	1 1/2	1.14	0.38
การวิเคราะห์ ทางด้านสิ่งแวดล้อม	2/3	2/3	1	0.76	0.25
ผลรวมแนวตั้ง	2.67	2.67	4.00	3.05	1.00

เมื่อได้ค่านำหนักของแต่ละหลักเกณฑ์ จึงนำมาหาค่าอัตราส่วนความสอดคล้อง (Consistency Index: CR) คิดได้ดังสมการต่อไปนี้

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad , \quad \text{ค่า } CR < 0.1 \quad \text{จะยอมรับ}$$

จากสมการการหาค่า CR จะต้องหาค่า CI ก่อน ซึ่งค่า CI คือ (Consistency Index) ดัชนีความสอดคล้อง และหาได้จาก

$$CI = \frac{(\lambda_{\max} - n)}{(n - 1)}$$

เมื่อ λ_{\max} คือ ผลรวมของค่าคะแนนของแต่ละหลักเกณฑ์ในแถวตั้งแต่ละแถวมาคูณด้วยผลรวมของค่าเฉลี่ยในแถวนอนแต่ละแถวแล้วนำผลคูณที่ได้มารวมกัน ผลลัพธ์จะเท่ากับจำนวนหลักเกณฑ์ทั้งหมดที่ถูกนำมาเปรียบเทียบ ผลรวมนี้เรียกว่า Eigen Values สูงสุด

ดังนั้นจากตาราง จ5 จะสามารถหาค่า λ_{\max} ได้คือ

$$\lambda_{\max} = (2.67 \times 0.38) + (2.67 \times 0.38) + (4.00 \times 0.25) = 3$$

จะเห็นว่าค่า λ_{\max} ที่ได้มีผลรวมสูงสุดเท่ากับ 3 ซึ่งเท่ากับจำนวนหลักเกณฑ์ที่ถูกนำมาเปรียบเทียบ และนำไปหาค่า CI ได้จาก

$$CI = \frac{(\lambda_{\max} - n)}{(n-1)} = \frac{3-3}{3-1} = \frac{0}{2} = 0$$

จากนั้นนำไปหาค่า CR จะได้

$$CR = \frac{CI}{RI} = \frac{0}{0.52} = 0, \text{ ค่า } CR < 0.1 \text{ จะยอมรับ}$$

หมายเหตุ

พิจารณาค่า $RI = 0.52$ เนื่องจากจำนวนหลักเกณฑ์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบหาค่าน้ำหนักคะแนนมี 3 หลักเกณฑ์ ตามตาราง จ3 ค่า RI จากการสุ่มตัวอย่าง (วิฑูรย์ ตันศิริคงคล, 2542 อ้างถึง Saaty, 1980) $n = 3$ จะได้เท่ากับ 0.52

จากการหาค่า CR ของหลักเกณฑ์หลักจะได้ค่า $CR = 0$ แสดงว่า การให้ค่าน้ำหนักในหลักเกณฑ์หลักของการผลิตเชื้อเพลิง H_2 จากชีวมวล มีความสอดคล้องที่ยอมรับได้ในการให้เหตุผลเปรียบเทียบสำหรับการให้คะแนน

ประวัติผู้เขียน



ชื่อ-สกุล

นางสาวแกมทอง วิโชค

วัน เดือน ปีเกิด

30 สิงหาคม 2525

ประวัติการศึกษา

สำเร็จการศึกษามัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนลำปางกัลยาณี
ปีการศึกษา 2543

สำเร็จการศึกษาปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 2547

