

บทที่ 2

แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

เนื้อหาในบทนี้กล่าวถึงรายละเอียดของการศึกษาค้นคว้าแนวความคิด และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย ในการศึกษาศักยภาพของชีวมวลในการผลิตไฟฟ้า โดยอาศัยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และความเป็นไปได้เชิงเศรษฐศาสตร์

2.1 ศักยภาพของชีวมวล

การประเมินศักยภาพของชีวมวลสำหรับผลิตพลังงานไฟฟ้านั้น จำเป็นต้องคำนึงถึงความเป็นไปได้ในการจัดหาชีวมวลจากแหล่งสะสมชีวมวลในพื้นที่ต่างๆ ตลอดจนความเป็นไปได้ทางด้านเทคโนโลยีและความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ ซึ่งพลังงานที่ใช้ในการแปรสภาพชีวมวลต่อพลังงานที่ผลิตได้ ได้แสดงให้เห็นศักยภาพของชีวมวลในการเปลี่ยนเป็นรูปพลังงานด้วยเทคโนโลยีที่เหมาะสม ซึ่งศักยภาพของชีวมวลที่นำมาใช้เป็นพลังงานทดแทนสามารถแบ่งได้เป็น 4 ประเภท ดังนี้

2.1.1 ศักยภาพของชีวมวลประเภทวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

เนื่องจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่มีสามารถนำมาใช้เป็นพลังงานทดแทน โดยใช้กระบวนการเคมี-ความร้อน (Thermal-chemical process) เป็นหลัก วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่ได้จากข้าวและอ้อยมีศักยภาพสูงที่จะมาผลิตเป็นพลังงานทดแทน ได้แก่ แกลบและชานอ้อย โดยชานอ้อยได้จากโรงงานน้ำตาลได้จากโรงงานน้ำตาลจะถูกเผาเพื่อผลิตไฟฟ้าหรือผลิตไอน้ำ สำหรับใช้ภายในโรงงาน ส่วนแกลบ ซึ่งถือว่าเป็นเชื้อเพลิงชีวมวลที่ดีที่สุด เนื่องจากมีความชื้นต่ำและไม่จำเป็นต้องผ่านเครื่องย่อยก่อนนำไปเผาไหม้ ดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1

ศักยภาพของชีวมวลประเภทวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

ผลผลิตทางการเกษตร	ปริมาณผลผลิตทางการเกษตร (พันต่อปี)	ประเภทชีวมวล	ปริมาณชีวมวล (พันตันต่อปี)	เปอร์เซ็นต์ที่เหลือเพื่อผลิตพลังงาน	ค่าความร้อน (MJ/kg)	ค่าพลังงาน (PJ/ปี)
ข้าว	26,057	ฟางข้าว	11,647	70	14.27	83.5
		แกลบ	5,993	50	10.24	42.8
อ้อย	74,258	ต้นและใบ	22,426	98	17.39	382.2
		ชาน	21,610	20	14.41	62.2
ปาล์มน้ำมัน	4,230	ทะลาย	1,971	60	17.86	21.1
		เส้นใย	677	13	17.62	1.2
		กะลา	226	4	18.4	0.3
ข้าวโพด	4,230	ชัง	1,155	65	18.04	13.5
มันสำปะหลัง	16,868	ต้น	1,484	40	18.42	11.1
มะพร้าว	1,418	เปลือก	148	60	16.23	5.0
		กะลา	94	40	17.93	1.5

ที่มา : สำนักงานสถิติแห่งชาติ สถิติผลผลิตทางการเกษตร ข้อมูล พ.ศ.2546

2.1.2 ศักยภาพของชีวมวลประเภทของเสียจากฟาร์มปศุสัตว์

ของเสียจากฟาร์มปศุสัตว์นับได้ว่าเป็นสารอินทรีย์ที่เหมาะสมต่อการผลิตพลังงานด้วยกระบวนการทางชีวเคมี (Biochemical process) โดยได้จากการย่อยสลายของสารอินทรีย์ของกลุ่มจุลินทรีย์แบบไม่ใช้อากาศ ผลิตภัณฑ์ที่ได้ ได้แก่ ก๊าซชีวภาพ วัตถุประสงค์หลักของการสร้างบ่อผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลสัตว์ เพื่อบำบัดของเสียที่ปล่อยจากฟาร์มปศุสัตว์และได้ก๊าซชีวภาพมาใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับผลิตกระแสไฟฟ้า นอกจากนี้กากตะกอนที่เหลือจากกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพ ยังสามารถนำมาใช้เป็นปุ๋ยได้อีก ดังแสดงในตารางที่ 2.2 ซึ่งได้แสดงศักยภาพการผลิตพลังงานจากของเสียจากฟาร์มปศุสัตว์ โดยสามารถคำนวณได้จากปริมาณมูลสัตว์ที่เกิดขึ้น สัดส่วนที่เก็บได้และปริมาณสารอินทรีย์ของระบบผลิตก๊าซชีวภาพ

ตารางที่ 2.2
ศักยภาพของชีวมวลประเภทของเสียจากฟาร์มปศุสัตว์

ฟาร์ม	ชนิด	จำนวน* (ตัว)	ปริมาณของเสีย* (กิโลกรัม/ตัว/วัน)	สัดส่วนที่ เก็บได้ (%)	ปริมาณก๊าซ ชีวภาพที่เก็บได้ (ล้านลูกบาศก์ เมตร/ปี)	ค่าพลังงาน (PJ/ปี)
โค	โคเนื้อ	5,916,323	5	50	220	4.6
	โคนม	380,203	15	80	70	1.4
สุกร	สุกรขุน	4,454,804	1.2	80	85	1.8
	พ่อพันธุ์	120,903	2	0	4	0.1
	แม่พันธุ์	791,024	2	80	25	0.5
กระบือ	-	1,632,706	8	50	93	2.0
ไก่	-	252,718,883	0.03	80	120	2.5
ช้าง	-	2,839	40	50	1	0.02

ที่มา : *กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ข้อมูล พ.ศ.2546

จากตารางที่ 2.2 แสดงให้เห็นว่า มูลจากโคเนื้อ มีศักยภาพสูงสำหรับการผลิตก๊าซชีวภาพ แต่ระบบผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลโคยังไม่แพร่หลาย ทั้งนี้เนื่องจากจำนวนโคต่อฟาร์มต่ำ มีปัญหาในการจัดเก็บมูล อีกทั้ง มูลโคมีปริมาณกากเซลล์สูงซึ่งย่อยสลายได้ช้า ทำให้ระบบผลิตก๊าซชีวภาพมีค่าใช้จ่ายในการลงทุนสูง ในทางตรงกันข้าม การเลี้ยงสุกรในประเทศไทยเป็นระบบฟาร์มซึ่งทำให้การจัดเก็บมูลสะดวกมากยิ่งขึ้นและมูลสุกรมีกากเซลล์สูงอยู่น้อย ส่งผลให้เกษตรกรผู้เลี้ยงสุกรสามารถสร้างระบบผลิตพลังงานจากก๊าซชีวภาพที่คุ้มค่าต่อการลงทุนได้

2.1.3 ศักยภาพของชีวมวลประเภทน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมเกษตร

น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมเกษตรสามารถนำมาผลิตก๊าซชีวภาพได้ โดยก๊าซชีวภาพที่ได้สามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงให้ความร้อนในกระบวนการผลิต หรือผลิตกระแสไฟฟ้าในภายในโรงงาน ซึ่งอุตสาหกรรมที่มีศักยภาพสูง มีดังนี้

ตารางที่ 2.3

ศักยภาพของชีวมวลประเภทน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมเกษตร

ประเภทโรงงาน	ปริมาณน้ำเสีย* (ล้านลูกบาศก์เมตร/ปี)	ค่า COD เฉลี่ย (มิลลิกรัม/วัน)	ปริมาณก๊าซชีวภาพที่ ผลิตได้** (ล้านลูกบาศก์เมตร/ปี)	ค่าพลังงาน (PJ/ปี)
แป้งมันสำปะหลัง	55.0	7,550	166.3	4.0
น้ำตาล	76.2	2,930	89.4	2.1
ปาล์มน้ำมัน	3.3	52,000	67.7	1.6
อาหารทะเลกระป๋อง	17.4	6,800	47.3	0.4
โรงฆ่าสัตว์	16.8	2,280	15.4	0.4

ที่มา : *สำนักงานสถิติแห่งชาติ ข้อมูลของ พ.ศ.2543

**ประมาณจากความสามารถในการกำจัด COD ที่ 80%

จากตารางที่ 2.3 ได้แสดงให้เห็นว่า โรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังมีศักยภาพสำหรับผลิตก๊าซชีวภาพสูงที่สุด รองลงมาได้แก่ โรงงานผลิตน้ำตาล และโรงงานปาล์มน้ำมัน ซึ่งขณะนี้ได้มีการพัฒนาระบบต้นแบบการผลิตก๊าซชีวภาพในโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังและปาล์มน้ำมัน

2.1.4 ศักยภาพของชีวมวลประเภทขยะชุมชน

ขยะชุมชนนั้นสามารถนำมาเปลี่ยนรูปโดยใช้กระบวนการทางความร้อน-เคมี (Thermal-chemical process) หรือ กระบวนการทางชีวเคมี (Bio-chemical process) ซึ่งการผลิตขยะชุมชนนั้นอาจยังไม่ประสบผลสำเร็จเท่าที่ควร เนื่องจากยังมีปัญหาด้านการจัดการขยะและการปลดปล่อยมลพิษรูปแบบต่างๆ ทั้งจากกระบวนการทางชีวเคมี และกระบวนการทางเคมี ซึ่งจากตารางที่ 2.4 แสดงให้เห็นศักยภาพของการผลิตพลังงานทดแทนจากขยะชุมชนของภูมิภาคต่างๆ ซึ่งพลังงานที่ได้มีปริมาณใกล้เคียงกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของจำนวนประชากรในพื้นที่อีกด้วย

ตารางที่ 2.4
ศักยภาพของชีวมวลประเภทขยะชุมชน

ภูมิภาค	ปริมาณขยะ* (ตัน/วัน)	สัดส่วน สารอินทรีย์ (%)	ปริมาณก๊าซชีวภาพที่ ผลิตได้** (ล้านลูกบาศก์เมตร/ปี)	ค่าพลังงาน (PJ/ปี)
กรุงเทพฯและปริมณฑล	9,300	50.0	102	2.14
ภาคกลาง	9,080	58.9	117	2.46
ภาคเหนือ	5,900	61.3	79	1.66
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	9,870	54.6	118	2.48
ภาคใต้	4,520	55.3	55	1.15

ที่มา : *สำนักงานสถิติแห่งชาติ ข้อมูล พ.ศ.2546

**ประมาณจากความสามารถในการกำจัด COD ที่ 80%

2.2 การวิเคราะห์โครงสร้างทางกายภาพและโครงสร้างทางเคมี

การวิเคราะห์โครงสร้างทางกายภาพและโครงสร้างเคมีของชีวมวล เนื่องจากชีวมวลแต่ละชนิดมีคุณสมบัติเฉพาะอย่างที่แตกต่างกัน คุณสมบัติบางอย่างถือเป็นจุดเด่น และบางอย่างถือเป็นจุดด้อย ถ้าจะนำชีวมวลมาผลิตไฟฟ้า จะต้องมีการวิเคราะห์ความเหมาะสมของชีวมวลกับเครื่องจักร เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพโดยรวมสูงสุด

2.2.1 การวิเคราะห์โครงสร้างทางกายภาพ

โครงสร้างทางด้านกายภาพได้ถูกนำมาพิจารณาเพื่อประเมินศักยภาพความเป็นไปได้ของชีวมวลในการเปลี่ยนรูปเป็นพลังงานทดแทน เนื่องจากเชื้อเพลิงสำหรับผลิตพลังงานจะมีรูปร่างแตกต่างกันขึ้นอยู่กับสถานะของเชื้อเพลิง เช่น น้ำมันดิบมีลักษณะเหลว ถ่านหินมีลักษณะแข็ง ก๊าซธรรมชาติมีลักษณะเป็นก๊าซ สำหรับชีวมวลส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นของแข็งเป็นจำนวนมาก แต่รูปร่างที่ต่างกัน ขึ้นอยู่กับชนิดของชีวมวล อย่างก็ตาม คุณสมบัติอย่างหนึ่งของหนึ่งของชีวมวลที่เหมือนกัน คือ มีน้ำหนักเบา เมื่อเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงชนิดอื่นๆ ซึ่งโรงไฟฟ้าชีวมวลควรอยู่ใกล้กับแหล่งผลิตชีวมวลเพื่อลดค่าใช้จ่ายทางด้านขนส่งให้มากที่สุด

การวิเคราะห์โครงสร้างทางด้านกายภาพ เพื่อใช้พิจารณาความเป็นไปได้ของชีวมวลในการเปลี่ยนรูปเป็นพลังงานทดแทน มีรายละเอียดดังนี้

1) การกระจายของแหล่งชีวมวล รูปแบบการกระจายตัวของแหล่งชีวมวลมี 2 ลักษณะ คือ อยู่รวมกันเป็นกลุ่ม และอยู่กระจัดกระจาย ชีวมวลที่อยู่กันเป็นกลุ่ม คือ เศษชีวมวลที่เกิดจากกระบวนการแปรรูป เช่น โรงสีข้าว โรงงานผลิตน้ำตาลทราย โรงงานแปรงมันสันปะหลัง โรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม และโรงงานแปรรูปไม้ยางพารา เป็นต้น สำหรับการกระจายตามพื้นที่แหล่งเพาะปลูกหรือไม่มีการรวบรวม เช่น การสีข้าวโพดโดยอาศัยอุปกรณ์สีข้าวโพดที่เคลื่อนที่ได้ และเศษไม้ยางพาราจากสวนปายางพารา เป็นต้น สำหรับข้อเสียเปรียบของการนำชีวมวลที่อยู่กระจัดกระจายมาเป็นเชื้อเพลิงเพื่อผลิตไฟฟ้า คือ เสียค่าใช้จ่ายในการรวบรวมเพิ่มมากขึ้น

2) ขนาดของชีวมวล เป็นอีกองค์ประกอบหนึ่งที่ต้องพิจารณา ถ้าชีวมวลมีขนาดใหญ่ เช่น เศษไม้ยางพารา หรือปึกไม้ที่ได้จากโรงเลื่อยไม้ยางพารา เป็นต้น จะมีขนาดใหญ่เกินไป ไม่เหมาะสมที่จะนำมาเผาเป็นเชื้อเพลิงโดยตรง เพราะจะทำให้ประสิทธิภาพการเผาไหม้ต่ำ ดังนั้นควรจะนำมาหั่นย่อยให้เป็นชิ้นเล็กๆ เพื่อจะทำให้เกิดประสิทธิภาพการเผาไหม้ดีขึ้น แต่ก็ทำให้เกิดค่าใช้จ่ายในการย่อยเพิ่มมากขึ้นเช่นกัน

3) ความชื้นของชีวมวลเป็นสิ่งที่ต้องคำนึงถึงในการนำมาเป็นเชื้อเพลิง ถ้าชีวมวลมีความชื้นสูงมาก เช่น กากมันสำปะหลัง ซึ่งหากมีความชื้นประมาณ 80-90% ย่อมไม่เหมาะสมที่จะนำมาเผาไหม้แต่อาจจะนำมาผ่านกระบวนการบีบอัด (Dewatering) เพื่อลดความชื้นก่อนนำไปเผาหรือนำมาผ่านกระบวนการแบบไร้อากาศเพื่อผลิตก๊าซชีวภาพ ซึ่งสามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับผลิตไฟฟ้าได้เช่นกัน ในกรณีของเศษไม้ ที่มีความชื้นประมาณ 50-60% ถ้านำมาเก็บไว้ล่วงหน้าในระยะหนึ่ง ความชื้นจะลดลงโดยธรรมชาติ แต่ยังมีข้อเสีย คือ เสียพื้นที่ในการจัดเก็บ และถ้าเก็บไว้นานเกินไป ไม้จะมีโอกาสผุได้

4) สิ่งเจือปนในชีวมวลมีอยู่ด้วยหลายชนิด เช่น เศษดิน หิน กรวดทราย และคราบน้ำมันปาล์ม เป็นต้น สิ่งเจือปนที่ต้องระมัดระวังให้มากคือ สารอัลคาไลน์ที่มีอยู่ในทะลายปาล์มและกะลาปาล์ม เพราะเมื่อคราบน้ำมันถูกความร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 800 องศาเซลเซียส จะกลายเป็นยางเหนียวเกาะติดท่อไอน้ำในหม้อไอน้ำ ทำให้ประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำลดลง ดังนั้นในการออกแบบหม้อไอน้ำ จะต้องพิจารณาประเด็นนี้เป็นพิเศษ

5) ปริมาณขี้เถ้าของชีวมวล มีผลต่อการเผาไหม้เช่นกัน โดยเฉพาะแกลบมีขี้เถ้าประมาณ 10-16% โดยน้ำหนัก ดังนั้นการออกแบบห้องเผาไหม้จะต้องพิจารณาถึงการรวบรวมขี้เถ้าออกจากห้องเผาไหม้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

2.2.2 การวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมี

การวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีของชีวมวล เพื่อใช้พิจารณาความเป็นไปได้ของชีวมวลและใช้ในการออกแบบหม้อไอน้ำ แบ่งได้เป็น 2 วิธี คือ

1) Proximate Analysis คือ การวิเคราะห์หาโครงสร้าง องค์ประกอบของเชื้อเพลิง ได้แก่

- ความชื้น (Moisture) คือ ปริมาณน้ำที่มีอยู่ในชีวมวล ส่วนมากชีวมวลจะมีความชื้นค่อนข้างสูงเพราะเป็นผลผลิตทางการเกษตร ซึ่งเมื่อพิจารณาความต้องการใช้ในรูปแบบพลังงานโดยวิธีการเผาไหม้จะต้องมีความชื้นไม่เกิน 30-50%

ก) ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักกับความชื้น

ชีวมวลส่วนใหญ่มีความหนาแน่นน้อยกว่าน้ำ ดังนั้น ถ้าชีวมวลมีความชื้นสูงขึ้น จะมีน้ำหนักมากขึ้น ตามความสัมพันธ์ของสมการดังนี้

$$W_1 \times (100 - M_1) = W_2 \times (100 - M_2) \quad (2.1)$$

โดยที่ M_1 = ปริมาณความชื้นเริ่มต้น (%)

M_2 = ปริมาณความชื้นที่เปลี่ยนแปลง (%)

W_1 = น้ำหนักที่ความชื้น M_1 (kg)

W_2 = น้ำหนักที่ความชื้น M_2 (kg)

ข) ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความร้อนกับความชื้น

ชีวมวลที่มีความชื้นสูงแสดงว่าส่วนที่เป็นของแข็งหรือมวลเชื้อเพลิงน้อยลง ค่าความร้อนลดลงและยังมีผลต่อประสิทธิภาพการเผาไหม้อีกด้วย ดังนั้นในการซื้อชีวมวลควรซื้อใน

สภาพที่แห้งหรือมีความชื้นน้อยที่สุด ซึ่งในการคำนวณหาค่าพลังงานความร้อนของชีวมวลเมื่อความชื้นเปลี่ยนแปลงไป จะต้องทราบค่าความร้อนต่ำและปริมาณไฮโดรเจน เพื่อแปลงเป็นค่าความร้อนสูงสุดและค่าความร้อนแห้ง จากนั้นจะแปลงกลับมาที่ความชื้นที่ต้องการ ซึ่งสามารถสรุปได้เป็นสมการดังนี้

$$LHV_2 = LHV_1 \times A + 23.95(M_1 \times A - M_2) \quad (2.2)$$

โดยที่

$$\begin{aligned} LHV_1 &= \text{ค่าความร้อนต่ำสุด ที่ความชื้น } M_1 \text{ (kJ/kg)} \\ LHV_2 &= \text{ค่าความร้อนต่ำสุด ที่ความชื้น } M_2 \text{ (kJ/kg)} \\ A &= \frac{(100 - M_2)}{(100 - M_1)} \\ M_1 &= \text{ปริมาณความชื้นเริ่มต้น (\%)} \\ M_2 &= \text{ปริมาณความชื้นที่เปลี่ยนแปลง (\%)} \end{aligned}$$

- สารระเหย (Volatile matter) คือ ส่วนประกอบที่สามารถถูกเผาไหม้ได้ง่าย ซึ่งถ้าหากชีวมวลที่มีค่า Volatile matter สูงแสดงว่าสามารถติดไฟได้ง่าย

- คาร์บอนคงที่ (Fixed carbon) คือ ส่วนประกอบที่ให้ความร้อน ยิ่งค่าคาร์บอนคงที่มาก ค่าความร้อนจะยิ่งสูง ซึ่งเป็นส่วนที่เหลือของโครงสร้างโมเลกุลของชีวมวล

- ขี้เถ้า (Ash) หรือส่วนที่เผาไหม้ไม่ได้ เป็นส่วนประกอบอนินทรีย์ที่มีอยู่เดิมในชีวมวล ที่ถูกออกซิไดซ์อย่างสมบูรณ์ ชีวมวลส่วนใหญ่มีสัดส่วนขี้เถ้าเล็กน้อย ยกเว้นฟางข้าวและแกลบ ซึ่งมีปริมาณขี้เถ้าค่อนข้างสูงถึง 10-16% โดยน้ำหนัก

2) Ultimate Analysis คือ การวิเคราะห์หาสัดส่วนของธาตุซึ่งประกอบด้วยธาตุหลัก 4 ชนิด คือ คาร์บอน (Carbon) ไฮโดรเจน (Hydrogen) ไนโตรเจน (Nitrogen) และออกซิเจน (Oxygen) และธาตุอื่นๆ ที่มีสัดส่วนน้อย คือ กำมะถัน (Sulfur) และคลอรีน (Chlorine)

เริ่มจากการหาค่าธาตุคาร์บอนและไฮโดรเจนโดยวิธีการเผา ส่วนธาตุไฮโดรเจนและกำมะถันใช้กระบวนการทางเคมี ที่มีผลกระทบต่อการคำนวณการสันดาปในหม้อไอน้ำ ส่วนออกซิเจนจะไม่ทำการวิเคราะห์ แต่จะได้จากการใช้ปริมาณส่วนที่เหลือจากการหาค่าจากธาตุอื่นๆ แล้ว ซึ่งได้เปรียบเทียบผลที่ได้จากการวิเคราะห์ชีวมวลแต่ละชนิดไว้ในตารางที่ 2.1

ก) ความสัมพันธ์ระหว่างความร้อนต่อน้ำหนัก

ค่าความร้อนจะเป็นตัวบอกให้ทราบถึงปริมาณความร้อนที่ได้จากการสันดาปของเชื้อเพลิงต่อหน่วยน้ำหนัก ซึ่งค่าความร้อนต่อน้ำหนักสามารถแสดงอยู่ใน 3 รูป ดังนี้คือ

- ค่าความร้อนต่ำสุด (Low Heating Value) หมายถึง ค่าความร้อนที่ให้ออกมาที่หลังการเผาไหม้สมบูรณ์ เมื่อน้ำที่อยู่ในเชื้อเพลิงและที่เกิดผลผลิตจากการเผาไหม้อยู่ในรูปของไอน้ำค่าที่วัดได้ คือ ค่าความร้อนต่ำสุดของน้ำหนัก ซึ่งการพิจารณาศักยภาพพลังงานชีวมวลที่ได้รับมาสามารถประเมินได้จากค่าพลังงานความร้อนสูงสุดที่เกิดขึ้นจากพืชพลังงานต่างๆ ตลอดจนความต้องการพลังงานจากการระเหยของน้ำ โดยอาศัยการคำนวณจากสมการที่ (2.3)

$$LHV_n = HHV_n(1 - W_n) - E_w(W_n + H_n m_{H_2O}) \quad (2.3)$$

โดยที่ E_w = พลังงานสำหรับการระเหยของน้ำ (MJ/ton)
 H_n = ปริมาณเปอร์เซ็นต์ของธาตุไฮโดรเจนในชีวมวล (% โดยน้ำหนัก)
 HHV_n = ค่าความร้อนสูงสุดของชีวมวล (MJ/ton)
 LHV_n = ค่าความร้อนต่ำสุดของชีวมวล (MJ/ton)
 m_{H_2O} = มวลน้ำ (kg/kg)
 W_n = ปริมาณเปอร์เซ็นต์ความชื้นในชีวมวล (% โดยน้ำหนัก)

- ค่าความร้อนสูงสุด (High Heating Value) หมายถึง การนำชีวมวลหนัก 1 กิโลกรัม มาลดความชื้นลงด้วยการเผาไหม้สมบูรณ์ โดยน้ำที่อยู่ในชีวมวลจะเปลี่ยนรูปเป็นไอน้ำ ค่าที่วัดได้ คือ ความร้อนสูงสุดต่อน้ำหนัก และมีความสัมพันธ์กับค่าความร้อนต่ำสุดเป็นดังนี้

$$HHV = LHV + 5.72(9H + M) \quad ; \text{ kcal / kg} \quad (2.4)$$

หรือ $HHV = LHV + 23.95(9H + M) \quad ; \text{ kJ / kg} \quad (2.5)$

โดยที่ H = ปริมาณเปอร์เซ็นต์ของธาตุไฮโดรเจนในชีวมวล
 M = ปริมาณเปอร์เซ็นต์ของความชื้นในชีวมวล

HHV = ค่าความร้อนสูงสุดของชีวมวล (MJ/ton)

LHV = ค่าความร้อนต่ำสุดของชีวมวล (MJ/ton)

- ค่าความร้อนแห้ง (Dry Heating Value) หมายถึง การนำชีวมวลจำนวนหนึ่งมาลดความชื้นหรือกำจัดน้ำออกให้หมด จากนั้นแยกน้ำหนักแห้งที่ได้ออกมา 1 กิโลกรัม เพื่อนำมาหาค่าความร้อนแห้ง ซึ่งมีความสัมพันธ์กับค่าความร้อนสูงสุดดังนี้

$$\text{Dry Heating Value} = HHV \times \frac{100}{(100 - M)} \quad (2.6)$$

โดยที่ M = ปริมาณเปอร์เซ็นต์ของความชื้นในชีวมวล

HHV = ค่าความร้อนสูงสุดของชีวมวล (MJ/ton)

ตารางที่ 2.5
แสดงคุณสมบัติทางเคมีของชีวมวลแต่ละชนิด

Proximate Analysis	แกลบ	ฟางข้าว	ชานอ้อย	ใบอ้อย	ไม้ยางพารา	ไยปาล์ม	กะลาปาล์ม	ทะลายปาล์ม	ลำต้นปาล์ม	ทางปาล์ม	ซังข้าวโพด	ลำต้นข้าวโพด	เหง้ามันสำปะหลัง	เปลือกไม้ยูคาลิปตัส
Moisture (%)	12.00	10.00	50.73	9.20	45.00	38.50	12.00	58.60	48.40	78.40	40.00	41.70	59.40	60.00
Ash (%)	12.65	10.39	1.43	6.10	1.59	4.42	3.50	2.03	1.20	0.70	0.90	3.70	1.50	2.44
Volatile Matter (%)	56.46	60.70	41.98	67.80	45.70	42.68	68.20	30.46	38.70	16.30	45.42	46.46	31.00	28.00
Fixed Carbon (%)	18.8	18.90	5.86	16.90	7.71	14.39	16.30	8.90	11.70	4.60	13.68	8.14	8.10	9.56
Ultimate Analysis														
Carbon (%)	37.48	38.17	21.33	41.60	25.58	30.82	44.44	21.15	23.90	10.13	28.19	27.83	18.76	18.60
Hydrogen (%)	4.41	5.02	3.06	5.08	3.19	3.74	5.01	2.56	3.04	1.25	3.36	4.06	2.48	2.12
Oxygen (%)	33.27	35.28	23.29	37.42	24.48	21.61	34.70	15.34	22.91	9.44	27.42	22.47	17.50	16.68
Nitrogen (%)	0.17	0.58	0.12	0.40	0.14	0.84	0.28	0.27	0.56	0.07	0.12	0.13	0.32	0.15
Sulfur (%)	0.04	0.09	0.03	0.17	0.02	0.08	0.02	0.04	0.06	0.02	0.03	NA	0.04	0.02
Ash (%)	12.65	10.39	1.43	6.10	1.60	4.42	3.52	2.03	1.20	0.70	0.90	3.70	1.50	2.44
Moisture (%)	12.00	10.00	50.73	9.20	45.00	38.50	12.00	58.60	48.40	78.40	40.00	41.70	59.40	60.00
Other Characteristics														
Bulk Density (kg/m ³)	150	125	120	100	450	250	400	380	NA	NA	NA	NA	250	NA
High Heating Value (KJ/kg)	14,755	13,650	9,243	16,794	10,365	13,127	18,267	9,196	9,370	3,908	11,298	11,704	7,451	6,811
Low Heating Value(KJ/kg)	13,517	12,330	7,368	15,479	8,600	11,400	16,900	7,240	7,556	1,760	9,615	9,830	5,494	4,917

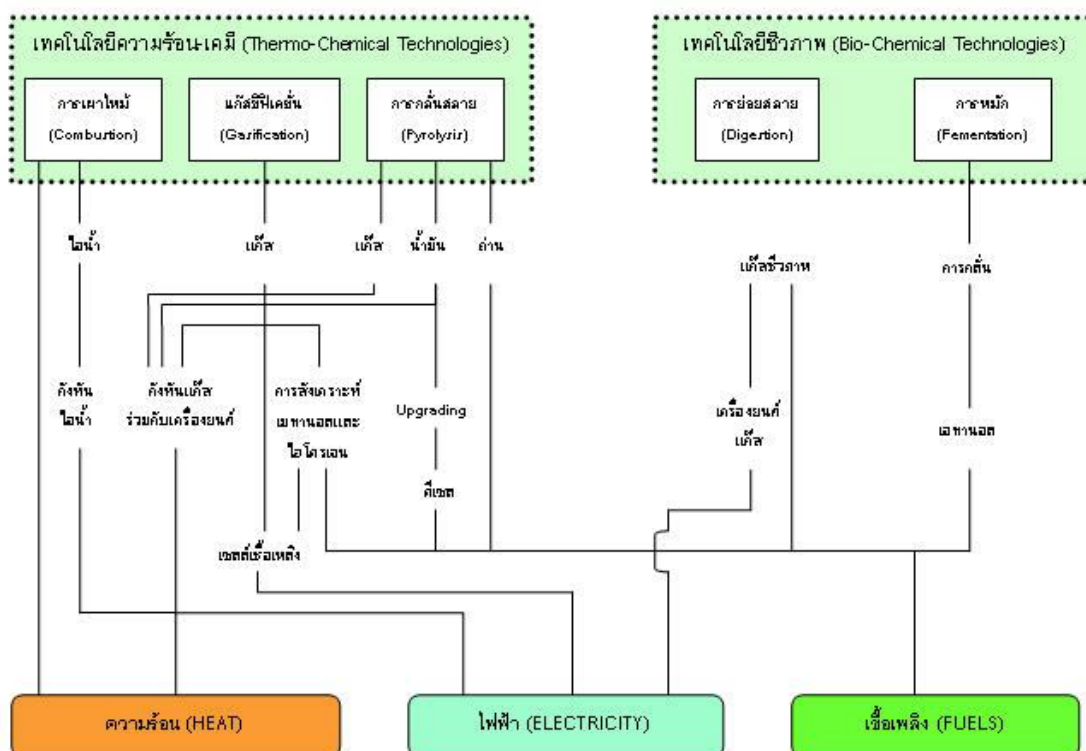
ที่มา : ผลการวิเคราะห์ของพืชพลังงาน พ.ศ.2550 ศูนย์ส่งเสริมพลังงานชีวมวล มูลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม

2.3 เทคโนโลยีในการแปรรูปชีวมวลเป็นพลังงาน

เทคโนโลยีในการแปรรูปชีวมวลเป็นพลังงาน จะพิจารณาในเชิงอุตสาหกรรม โดยได้มาจากแหล่งพลังงานชีวมวลที่มีอยู่แน่นอน ซึ่งสามารถเลือกใช้คุณลักษณะของชนิดชีวมวลและความแตกต่างของกระบวนการทางด้านเทคโนโลยีที่จะต้องพิจารณาชนิดของชีวมวลและพลังงานที่ได้รับ เช่น พลังงานไฟฟ้า พลังงานความร้อน ซึ่งจะต้องไม่มีผลกระทบมากในทางด้านสิ่งแวดล้อมและเศรษฐศาสตร์ โดยเทคโนโลยีในการนำชีวมวลมาใช้จะมีด้วยกัน 2 เทคโนโลยีหลัก คือ เทคโนโลยีความร้อน-เคมี (Thermo-chemical process) และเทคโนโลยีชีวเคมี (Bio-chemical process) โดยที่ความแตกต่างของทั้งสองเทคโนโลยีนี้ แสดงในภาพที่ 2.1

ภาพที่ 2.1

เทคโนโลยีในการแปรรูปพลังงานชีวมวล



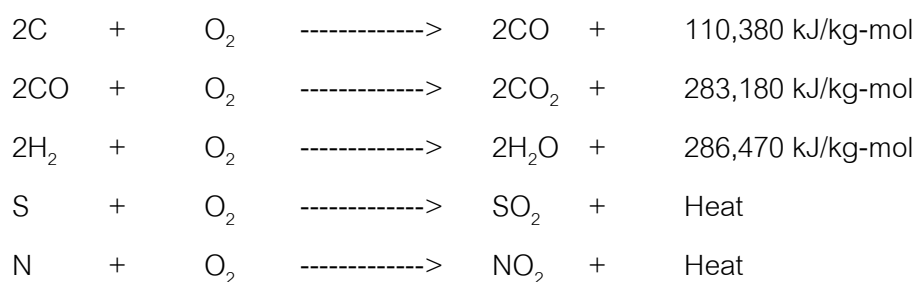
ที่มา : ดัดแปลงจาก Frombo et al, 2008

2.3.1 เทคโนโลยีผลิตพลังงานจากชีวมวลด้วยกระบวนการความร้อน-เคมี (Thermo-chemical process)

เทคโนโลยีผลิตพลังงานจากชีวมวลด้วยกระบวนการความร้อน-เคมี ประกอบด้วย 3 ขบวนการ คือ ขบวนการเผาไหม้ (Combustion) ขบวนการแก๊สซิฟิเคชัน (Gasification) และขบวนการกลั่นสลาย (Pyrolysis) โดยขบวนการแรกเป็นขบวนการที่ทำให้เกิดการออกซิเดชันบางส่วนกับออกซิเจน ไอน้ำ หรือ คาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ส่วนสองขบวนการหลังเป็นขบวนการเปลี่ยนชีวมวลที่มีองค์ประกอบหลัก คือ คาร์บอน (C) ไฮโดรเจน (H) และออกซิเจน (O) ให้กลายเป็นเป็นก๊าซที่เผาไหม้ได้ ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ก๊าซไฮโดรเจน (H₂) และก๊าซมีเทน (CH₄) เพื่อเป็นของเหลวไฮโดรคาร์บอน และถ่าน โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

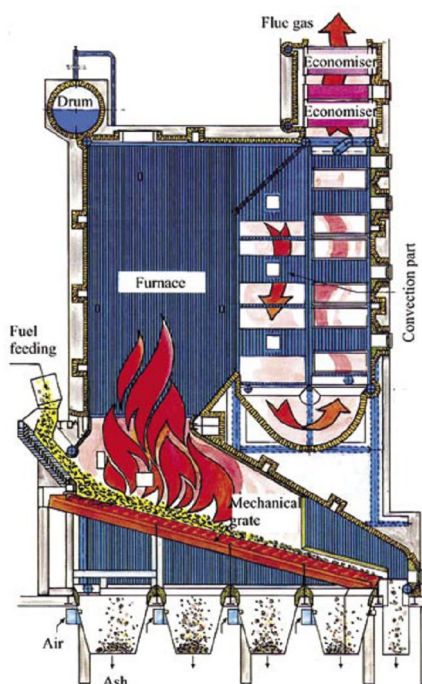
ก) ขบวนการเผาไหม้โดยตรง (Combustion Technology) เป็นการนำเอาเชื้อเพลิงชีวมวลมาเผาโดยตรงให้เกิดการสันดาปเป็นปฏิกิริยารวมตัวกันของเชื้อเพลิงกับออกซิเจนอย่างรวดเร็วพร้อมกับการลุกไหม้และคายความร้อน ในการเผาไหม้ส่วนใหญ่จะไม่ใช้ออกซิเจนเพียงอย่างเดียว แต่จะใช้อากาศแทนเนื่องจากอากาศมีออกซิเจนอยู่ประมาณ 21% โดยปริมาตร หรือ 23% โดยน้ำหนัก แสดงในภาพที่ 2.2

เชื้อเพลิงชีวมวลประกอบด้วยธาตุต่างๆ ดังนี้ คือ คาร์บอน (C) ไฮโดรเจน (H) และออกซิเจน (O) และธาตุอื่นๆ ที่สำคัญได้แก่ ไนโตรเจน (N) และซัลเฟอร์ (S) เนื่องจากจะทำให้เกิดก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x) และซัลเฟอร์ออกไซด์ (SO_x) ซึ่งเป็นก๊าซที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เมื่อเกิดการเผาไหม้ที่อุณหภูมิที่เหมาะสม เมื่อนำเชื้อเพลิงชีวมวลมาเผาไหม้จะมีขั้นตอนการเกิดปฏิกิริยาหลัก (Main reaction formation) มีดังนี้

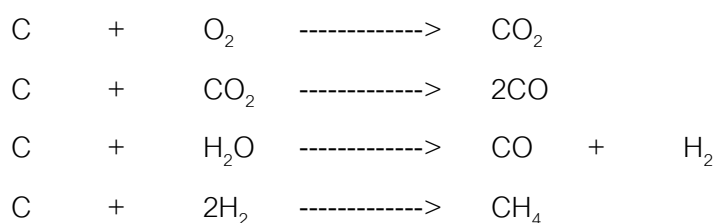


ภาพที่ 2.2

ขบวนการเผาไหม้โดยตรง (Combustion Technology)



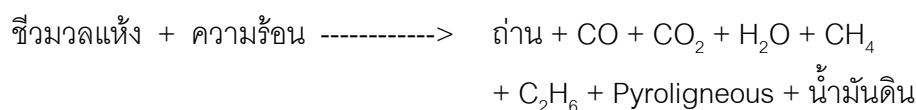
ข) ขบวนการแก๊สซิฟิเคชัน (Gasification Technology) เป็นขบวนการเปลี่ยนชีวมวลให้กลายเป็นก๊าซ ซึ่งเป็นส่วนผสมของก๊าซไฮโดรเจน (H_2) ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และก๊าซมีเทน (CH_4) ภายใต้สภาวะแวดล้อมที่มีออกซิเจนจำกัด เพื่อผลิตก๊าซที่ติดไฟได้ (Combustible gas) ความร้อนที่ใช้ในการผลิตแก๊สเกิดขึ้นในส่วนของการเผาไหม้วัสดุหรือ Oxidation zone ซึ่งจะมีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 600-900 องศาเซลเซียส โดยมีขั้นตอนการเกิดปฏิกิริยาหลัก มีดังนี้



โดยก๊าซที่ได้จากขบวนการนี้เป็นก๊าซจากชีวมวล (Producer gas) สำหรับระบบผลิตไฟฟ้าขนาดเล็ก เมื่อนำ Producer gas ป้อนเครื่องยนต์เบนซิน หรือ ดีเซลดัดแปลง เพื่อไป

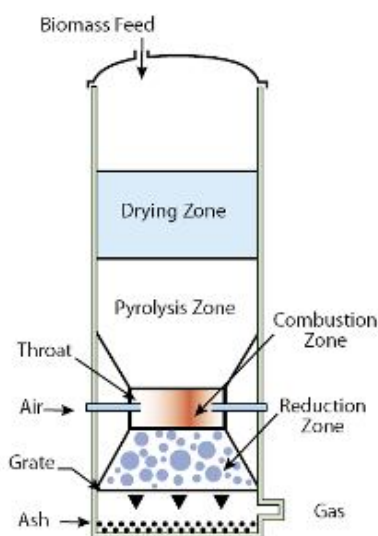
หมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า แต่ปัญหาของระบบคือ จะมีน้ำมันดิน (Tar) ที่ออกมาพร้อมกับก๊าซ การเผาไหม้ด้วย จึงจะต้องทำการจัดการน้ำมันดิน (Tar) อย่างมีประสิทธิภาพเพื่อไม่ให้เครื่องยนต์เสียหาย

ค) ขบวนการกลั่นสลาย (Pyrolysis Technology) เป็นขบวนการที่เกี่ยวข้องเนื่องมาจากขบวนการแก๊สซิฟิเคชัน โดยขบวนการดังกล่าวเป็นการเผาไหม้อินทรีย์สารแบบจำกัดปริมาณออกซิเจน เพื่อทำให้เกิดการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ แสดงในภาพที่ 2.3 โดยก๊าซเชื้อเพลิงที่ได้มีค่าความร้อนเฉลี่ยประมาณ 5 เมกะจูล/ลูกบาศก์เมตร ซึ่งสามารถนำมาใช้ผลิตพลังงานได้ 2 รูปแบบ คือ การนำมาผ่านชุดลดอุณหภูมิและทำความสะอาดก๊าซและส่งเข้าเครื่องยนต์ก๊าซ (Gas engine) เพื่อผลิตไฟฟ้า หรือป้อนก๊าซเข้าไปเผาไหม้ในหม้อไอน้ำ เพื่อผลิตไอน้ำแล้วนำไปหมุนกังหันไอน้ำผลิตไฟฟ้า หรือนำความร้อนไปใช้ประโยชน์อย่างอื่น อุณหภูมิในช่วงนี้จะประมาณ 200-500 องศาเซลเซียส ซึ่งของแข็งที่เหลืออยู่หลังจากผ่านกระบวนการนี้แล้ว คือ คาร์บอนที่อยู่ในรูปของถ่าน ซึ่งจะ去做ปฏิกิริยาต่อ ใช้กระบวนการรีดักชันและกระบวนการเผาไหม้ ซึ่งปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในกระบวนการนี้สามารถเขียนได้ดังนี้



ภาพที่ 2.3

ขบวนการแก๊สซิฟิเคชันร่วมกับขบวนการไพโรไลซิส



2.3.2 เทคโนโลยีพลังงานชีวมวลจากกระบวนการชีวเคมี (Biochemical process)

เทคโนโลยีพลังงานชีวมวลจากกระบวนการชีวเคมี เป็นการแปลงชีวมวลให้กลายเป็นเชื้อเพลิงด้วยวิธีชีวเคมีมี 2 วิธี คือ ขบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ในสภาวะไร้อากาศ (Anaerobic Digestion) และขบวนการหมัก (Fermentation) ที่ทำให้โมเลกุลที่สลับซับซ้อนของสารอินทรีย์ เช่น แป้งและน้ำตาล และแตกตัวโดยเชื้อแบคทีเรีย เช่น ยีสต์ ส่าเหล้า กลายเป็นแอลกอฮอล์ ซึ่งสามารถแยกขบวนการได้ดังต่อไปนี้

ก) ขบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ในสภาวะไร้อากาศ (Anaerobic digestion technology) โดยขบวนการย่อยสลายแบบไม่ใช้อากาศ มีองค์ประกอบที่สำคัญ คือ ก๊าซมีเทน (CH_4) ซึ่งมีอยู่ประมาณ 50-75% โดยปริมาตร ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) มีอยู่ประมาณ 25-45% น้ำ (H_2O) มีอยู่ประมาณ 2-7% ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) มีอยู่ประมาณ 20-20,000 ppm ก๊าซไฮโดรเจน (H_2) มีอยู่น้อยกว่า 1% และอื่นๆ การย่อยสลายสารอินทรีย์ในสภาวะไร้อากาศถือว่าการบำบัดของเสียในรูปของเหลว โดยมีรายละเอียดของปฏิกิริยาที่สามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้

- ไฮโดรไลซิส (Hydrolysis) เป็นกระบวนการที่เปลี่ยนสารอินทรีย์โมเลกุลใหญ่ เช่น แป้ง โปรตีน ไขมันให้เป็นสารอินทรีย์โมเลกุลเดี่ยวที่เล็กลง เช่น น้ำตาลกลูโคสและกรดอะมิโน
- อะซิโดเจเนซิส (Acidogenesis) เป็นกระบวนการที่เปลี่ยนสารอินทรีย์โมเลกุลเดี่ยวให้เป็นกรดอินทรีย์จำพวก Acidogenic ให้กลายเป็นกรดไขมันและแอลกอฮอล์
- อะซิเจนเนซิส (Acetogenesis) เป็นกระบวนการแปลงกรดไขมันและแอลกอฮอล์ให้กลายเป็นกรดอะซิติก (Acetic) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และไฮโดรเจน
- เมทาโนเจเนซิส (Methanogenesis) เป็นกระบวนการของการออกซิไดซ์กรดอะซิติกให้กลายเป็นก๊าซมีเทนและคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อทำปฏิกิริยารีดักชัน โดยให้คาร์บอนไดออกไซด์และไฮโดรเจนกลายเป็นก๊าซมีเทนและน้ำ

ข) *ขบวนการหมัก (Fermentation)* สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท ดังนี้

- การหมักแบบกะ (Batch fermentation) เป็นกระบวนการหมักผลิตภัณฑ์โดยอาศัยการเติมวัตถุดิบอาหารและหัวเชื้อ ลงไปในถังหมักเพียงครั้งเดียวตลอดกระบวนการ
- การหมักแบบกึ่งต่อเนื่อง (Fed-batch fermentation) เป็นกระบวนการที่มีการเติมวัตถุดิบและสารอาหารลงไปในถังหมักมากกว่า 1 ครั้งขึ้นไป เพื่อให้เชื้อจุลินทรีย์สามารถใช้วัตถุดิบและสารอาหารได้ในปริมาณสูงขึ้น
- การหมักแบบต่อเนื่อง (Continuous fermentation) เป็นกระบวนการหมักที่มีการเติมวัตถุดิบและสารอาหารเข้าไปในถังหมักและแยกเอาผลิตภัณฑ์ออกมาตลอดเวลา ทำให้สามารถผลิตผลิตภัณฑ์ได้สูงสุดในระยะเวลาเท่ากับการหมักทั้งสองชนิดดังที่กล่าวมา

2.4 การวิเคราะห์ศักยภาพทางด้านเทคโนโลยี

ในการคัดเลือกเทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการผลิตพลังงานจากชีวมวลที่มีศักยภาพสูงสุด จำเป็นต้องพิจารณาถึงความเหมาะสมในด้านของวัตถุดิบและเทคโนโลยีที่จะใช้ รวมถึงต้องคำนึงถึงความสามารถในการตอบสนองความต้องการของประชาชนผู้ใช้งานให้สามารถอยู่ร่วมกับเทคโนโลยีได้โดยตรง โดยเทคโนโลยีทางด้านความร้อน-เคมี (Thermal-chemical technologies) จะประกอบด้วยกัน 3 ขบวนการ คือ ขบวนการเผาไหม้ (Combustion) ขบวนการแก๊สซิฟิเคชัน (Gasification) และขบวนการกลั่นสลาย (Pyrolysis) โดยการวิเคราะห์เพื่อพิจารณาศักยภาพทางด้านเทคโนโลยี สามารถวิเคราะห์ได้ ดังนี้

2.4.1 การวิเคราะห์เลือกใช้ขบวนการผลิตสำหรับการผลิตไฟฟ้า

การพิจารณาเลือกใช้ขบวนการผลิตสำหรับผลิตไฟฟ้าจากชีวมวล สามารถพิจารณาจากการคำนวณสมการทางคณิตศาสตร์และรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับประสิทธิภาพทางด้านพลังงานความร้อนและประสิทธิภาพทางด้านพลังงานไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในแต่ละขบวนการที่ศึกษา ซึ่งแสดงได้ดังตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6

การวิเคราะห์ขบวนการผลิตของโรงไฟฟ้าชีวมวลโดยใช้เทคโนโลยีความร้อน-เคมี

Process	ขบวนการเผาไหม้ (Combustion)	ขบวนการไหลของแก๊ส (Gasification)	ขบวนการกลั่นสลาย (Pyrolysis)
ประสิทธิภาพทางด้านความร้อน* (%)	80	80	-
ประสิทธิภาพทางด้านไฟฟ้า* (%)	20	27	24
ต้นทุนโครงการ (Million Baht)	249.12	830.41	523.16
ต้นทุนบำรุงรักษา (Million Baht/year)	12.46	41.52	26.16
ต้นทุนบำรุงรักษาประจำปี* (%/year)	5	4	6
Capacity Factor* (%)	70	70	70
Annual operating time*(Hrs/year)	7,500	7,500	7,500
Economic Lifetime* (Year)	10	10	10

ที่มา : * อ้างอิงจาก Dornburg et al. (2001)

จากตารางที่ 2.6 เป็นผลการวิเคราะห์หาต้นทุนการลงทุนโครงการเบื้องต้นในแต่ละขบวนการผลิตที่ใช้ชีวมวลเป็นวัตถุดิบ ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ต้นทุนการลงทุนโครงการและต้นทุนในการดำเนินการและดูแลรักษาสำหรับเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชันมีต้นทุนสูงสุด เนื่องจากเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชันเป็นเทคโนโลยีสมัยใหม่ ที่จำเป็นต้องใช้กระบวนการติดตั้งที่ได้มาตรฐานและมีการรับรองความปลอดภัย อีกทั้งยังมีการขบวนการผลิตที่ยุ่งยากและซับซ้อน และนอกจากนี้ กระบวนการแก๊สซิฟิเคชันจะให้น้ำมันดิน (Tar) ซึ่งถ้าหากทำการควบคุมไม่ดี จะทำให้ประสิทธิภาพทางความร้อนลดลงและเป็นสาเหตุที่ทำให้การผลิตไฟฟ้าไม่ได้ตามประสิทธิภาพที่กำหนดไว้ อีกทั้งการควบคุมดูแลรักษาที่ต้องใช้ต้นทุนสูง โดยในระหว่างการผลิตน้ำมันดินจะออกมาพร้อมกับก๊าซในการเผาไหม้จะเกาะติดอยู่ตามผนังห้องเครื่องยนต์ ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้เครื่องยนต์สึกหรอและเสียหายเร็ว ดังนั้น จึงจำเป็นที่จะต้องเสียค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษามากกว่าปกติ รองลงมาคือ เทคโนโลยีไพโรไลซิส ซึ่งเทคโนโลยีนี้มีกระบวนการผลิตคล้ายคลึงกับกระบวนการแก๊สซิฟิเคชันในส่วนของการผลิตความร้อน ดังนั้น ต้นทุนในการลงทุนโครงการและต้นทุนในการดำเนินการและดูแลรักษาย่อมมีต้นทุนสูงใกล้เคียงกับกระบวนการแก๊สซิฟิเคชัน สุดท้ายเทคโนโลยีการเผาไหม้ เป็นเทคโนโลยีอย่างง่ายที่ใช้เทคโนโลยีไม่ซับซ้อนมาก

เนื่องจากกระบวนการผลิตเป็นการเผาไหม้โดยตรงที่เปลี่ยนพลังงานความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้เป็นพลังงานไฟฟ้าได้ทันที ดังนั้น วิธีการบำรุงรักษาไม่ยุ่งยาก จึงทำให้ต้นทุนในการดำเนินงานและบำรุงรักษาน้อย จึงเหมาะสมในการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวลที่มีปริมาณสม่ำเสมอตลอดทั้งปี เนื่องจากมีขีดจำกัดในเรื่องของการหาเชื้อเพลิงให้เพียงพอต่อการผลิตและยังมีความเหมาะสมกับโรงไฟฟ้าขนาดเล็กมาก (VSPP) อีกด้วย

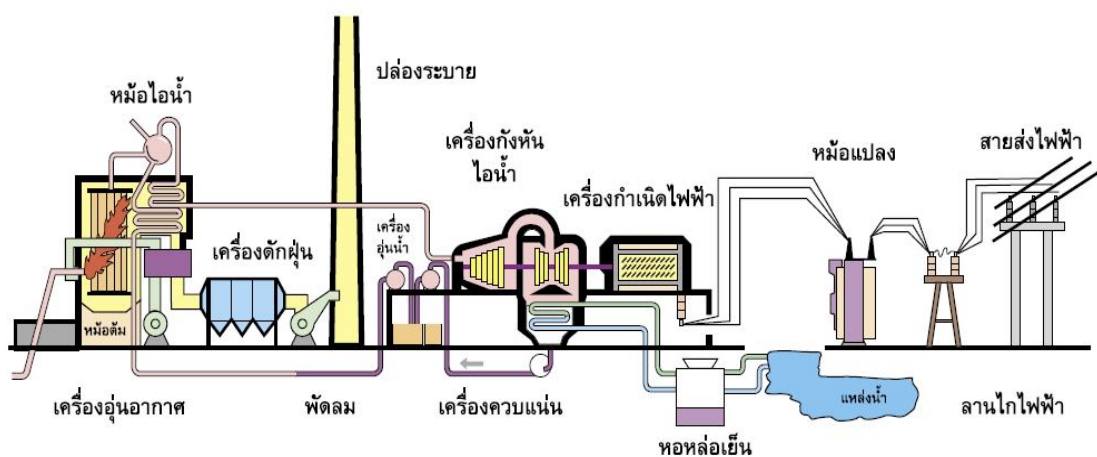
2.4.2 การวิเคราะห์เทคโนโลยีจากเผาไหม้โดยตรง

เทคโนโลยีที่เหมาะสมสำหรับใช้ในการผลิตไฟฟ้าในการศึกษานี้ คือ เทคโนโลยีการเผาไหม้โดยตรง โดยได้จากการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาเผาไหม้ จะได้ความร้อนของชีวมวลนั้นๆ พลังงานความร้อนที่ได้สามารถไปใช้ในกระบวนการผลิตหรือนำความร้อนไปผลิตไอน้ำที่มีอุณหภูมิและความดันสูง ซึ่งไอน้ำนี้สามารถนำไปผลิตพลังงานกล หรือนำไปใช้ในการขับเคลื่อนไอน้ำเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าได้อีกต่อไป โดยกระบวนการที่ใช้เปลี่ยนแปลงชีวมวลให้เป็นพลังงานนี้ อาศัยวิธีการความร้อน-เคมี เพื่อทำการเผาไหม้เชื้อเพลิงแข็ง

การใช้ชีวมวลเป็นเชื้อเพลิงเพื่อผลิตไฟฟ้าเพียงอย่างเดียวโดยใช้เทคโนโลยีการเผาไหม้โดยตรงมีขั้นตอนดังนี้ เชื้อเพลิงชีวมวลจะถูกเผาไหม้โดยตรงภายในเตาเผา ความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้จะถูกนำไปใช้ผลิตไอน้ำที่มีอุณหภูมิและความดันสูง ไอน้ำที่ผลิตจะถูกนำไปใช้ขับเคลื่อนไอน้ำเพื่อผลิตไฟฟ้า ซึ่งไอน้ำที่ออกจากกังหันไอน้ำจะเข้าสู่คอนเดนเซอร์ (Condenser) เพื่อถูกทำให้เย็นลงและกลั่นตัวกลายเป็นน้ำ จากนั้นปั๊มจะดึงกลับขึ้นไปป้อนหม้อไอน้ำ โดยก่อนที่น้ำจะถูกป้อนกลับเข้าสู่หม้อไอน้ำ น้ำป้อนจะถูกอุ่นด้วยไอน้ำที่ดึงมาจากกังหัน ณ ที่ความดันช่วงกลาง ตามภาพที่ 2.4

ภาพที่ 2.4

แผนภูมิการผลิตไฟฟ้าระบบหม้อไอน้ำและ Condensing turbine จากเทคโนโลยีการเผาไหม้



ที่มา : ทิศทางพลังงานไทย, 2552

ระบบการเผาไหม้สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ระบบ คือ ระบบพ่น (Pulverized Firing System) ระบบเผาไหม้บนตะแกรง (Grate-Fired System) และระบบเผาไหม้แบบฟลูอิดไดซ์เบด (Fluidized Bed) โดยจะขึ้นอยู่กับชนิดของชีวมวล ดังนั้นหากเป็นไปได้ควรเลือกระบบการเผาไหม้ที่เหมาะสมกับชีวมวลแต่ละชนิด ซึ่งสามารถเปรียบเทียบข้อดี ข้อเสียของระบบการเผาไหม้ได้ดังตารางที่ 2.7

ตารางที่ 2.7

ข้อดีและข้อเสียของระบบการเผาไหม้

รูปแบบการเผาไหม้	ข้อดี	ข้อเสีย
ระบบพ่น (Pulverized Firing System)	- ไม่ต้องใช้อากาศส่วนเกินมาก - มีประสิทธิภาพสูง - ตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงโหลดได้รวดเร็ว - มีชั่วโมงการทำงานสูง - เผาแล้วได้ความร้อนดีทั้งเปลวไฟและแผ่รังสีความร้อนได้ดี	- ใช้เงินลงทุนสูง - ใช้พลังงานในการเตรียมชีวมวลให้มีขนาดและค่าความชื้นไม่เกินค่าที่ออกแบบไว้ - ต้องใช้ห้องเผาไหม้ที่มีปริมาตรมาก - ต้องมีการควบคุมอุณหภูมิในการเผาไหม้และเกิดก๊าซ NO_x
ระบบเผาไหม้บน ตะแกรง (Grate-Fired System)	- ควบคุมง่าย ปิดเตา เร่งเตาได้ - ใช้พลังงานเตรียมเชื้อเพลิงน้อย - มีให้เลือกหลายขนาด - ควบคุมการเกิดควันและการปล่อยฝุ่นให้อยู่ในมาตรฐานได้ - เหมาะสำหรับเชื้อเพลิงที่มีชี้ต่ำสูง	- มีส่วนประกอบที่ต้องเคลื่อนที่ตลอด ทำให้เสียค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาสูง - ใช้พื้นที่ติดตั้งเตาเผามาก - อัตราการปล่อยความร้อนต่อปริมาตร ต่ำกว่าแบบอื่นๆ
ระบบฟลูอิไดซ์เบด (Fluidized Bed)	- ใช้เชื้อเพลิงได้หลายชนิด ทั้งเดี่ยวและผสม ที่มีคุณภาพแตกต่างกัน - อุณหภูมิเตาเผาต่ำประมาณ 850 องศาเซลเซียส ทำให้ลดการกัดกร่อนและการเกิด NO_x ได้ - ถ่ายเทความร้อนด้วยการพาความร้อน	- ใช้เวลาเริ่มต้นทำงานและหยุดเดินนาน - ใช้เงินลงทุนและบำรุงรักษาสูง - ระบบป้อนเชื้อเพลิงจะผันแปรกับคุณสมบัติเชื้อเพลิงมาก - ท่อไอน้ำสึกกร่อนสูงจากการปะทะของอนุภาคและก๊าซเชื้อเพลิง - ระบบการจัดการชี้เข้ายุ่งยาก - ใช้พลังงานสำหรับพัดลมของหม้อไอน้ำสูง

จากการเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของการนำเทคโนโลยีการเผาไหม้โดยตรงมาใช้ในการผลิตไฟฟ้า แสดงให้เห็นว่า ระบบการเผาไหม้โดยตรงที่ใช้เชื้อเพลิงจากถ่านหินทั้งสามระบบมีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกัน โดยระบบการเผาไหม้บนตะแกรงมีความเหมาะสมกับเชื้อเพลิงจากถ่านหิน เนื่องจากระบบเผาไหม้บนตะแกรงเป็นระบบที่เหมาะสมกับเชื้อเพลิงขนาดเล็กและมีความสม่ำเสมอของชีวมวลเท่ากัน อีกทั้งยังสามารถควบคุมการเผาไหม้ได้ด้วยตนเอง ตลอดจนการควบคุมการเกิดควันและการปล่อยฝุ่นยังอยู่ในค่ามาตรฐานอีกด้วย ซึ่งเหมาะสมกับถ่านหินที่มีปริมาณซัลเฟอร์สูง ทั้งนี้การเลือกกระบวนการเผาไหม้แบบตะแกรงยังเหมาะกับผู้ที่ต้องการผลิตไฟฟ้าที่มีกำลังการผลิตไม่สูงมาก เนื่องจากการควบคุมการระบบยังทำได้ง่าย ไม่จำเป็นต้องใช้ผู้ปฏิบัติจำนวนมากจึงเหมาะสมกับศักยภาพของปริมาณชีวมวลในพื้นที่จังหวัดปทุมธานีอีกด้วย

2.5 ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System)

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) หมายถึง ระบบคอมพิวเตอร์ ซึ่งประกอบด้วย ซอฟต์แวร์ ฮาร์ดแวร์ และข้อมูล รวมถึงบุคลากรซึ่งช่วยในการจัดเก็บและรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูลและนำเสนอสารสนเทศ โดยผูกติดกับตำแหน่งในเชิงพื้นที่ที่สามารถอ้างอิงทางภูมิศาสตร์กับตำแหน่งพื้นผิวโลกได้ โดยเป็นข้อมูลที่ความสัมพันธ์เชิงตำแหน่ง และอ้างอิงกับพิกัดของโลกได้ ทั้งนี้การนำเข้าข้อมูล (Input) การวิเคราะห์ (Analysis) และการนำเสนอข้อมูล (Display) ใน GIS จึงเป็นการนำเสนอเฉพาะข้อมูลที่มีความสัมพันธ์เชิงตำแหน่งกับข้อมูลอื่นๆ ซึ่งมีส่วนช่วยให้เกิดความเข้าใจปัญหาและประกอบการตัดสินใจในการแก้ปัญหาเกี่ยวกับการวางแผนการใช้ทรัพยากรเชิงพื้นที่

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ได้ถูกนำมาใช้ประโยชน์ในสาขาต่างๆ อย่างกว้างขวางที่เกี่ยวข้องกับการใช้ข้อมูลเชิงพื้นที่ ที่พอจะสรุปได้ดังนี้

- การจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อม (Energy and environmental management) โดยจัดการทางด้านพืชพลังงานและสัตว์ในดิน (Energy plant and fauna) การวิเคราะห์ความยั่งยืนของพลังงาน (Energy sustainable) สัตว์ป่า (Wild life) การจัดการอุทยานแห่งชาติ (National park) การควบคุมและติดตามมลภาวะ (Pollution control and monitoring) และแบบจำลองทางด้านนิเวศวิทยา (Ecological modeling)

- การจัดด้านทรัพยากรและการเกษตร (Agriculture resources management) เช่น การจัดการด้านชลประทาน การพัฒนาและจัดการที่ดินเพื่อการเกษตร การอนุรักษ์ดินและน้ำ การจัดการทรัพยากรธรรมชาติและป่าไม้
- การวางแผนทางด้านสาธารณสุข (Disaster planning) เพื่อเป็นการบรรเทาสาธารณภัย การติดตามการปนเปื้อนของสารพิษ และแบบจำลองผลกระทบของอุทกภัย (Modeling flood impact)
- ด้านผังเมือง (Urban) การวางแผนผังเมือง ที่ดินและภาษีที่ดิน ระบบการระบายน้ำเสีย โครงการพัฒนาที่อยู่อาศัย
- การจัดการสาธารณูปโภค (Facilities management) การจัดการด้านไฟฟ้า ประปา ท่อส่งก๊าซ หน่วยดับเพลิง ระบบจราจรและโทรคมนาคม
- การวิเคราะห์การตลาด (Marketing analysis) การหาทำเลที่เหมาะสมในการขยายสาขาสำนักงาน

2.5.1 องค์ประกอบของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

โดยทั่วไประบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System) จะรวมไปถึงระบบคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในงานแผนที่ ซึ่งจะมีทั้งข้อมูลที่จัดเก็บ การจัดการ การวิเคราะห์ และแสดงผลข้อมูลเชิงพื้นที่ ซึ่งจะมีผลที่มีประสิทธิภาพและนำไปใช้งานได้ และมีองค์ประกอบหลักๆ อยู่ 5 องค์ประกอบ คือ

1) ระบบคอมพิวเตอร์ (Hardware)

ระบบคอมพิวเตอร์จัดเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในการทำงานของระบบต่างๆ เนื่องจากปัจจุบันคอมพิวเตอร์มีการพัฒนาความสามารถในการประมวลผลสูง จึงทำให้สามารถเก็บข้อมูลและโปรแกรมได้เป็นจำนวนมากและยังเป็นอุปกรณ์ที่สามารถเชื่อมโยงกับอุปกรณ์ต่างๆ ในการใช้งาน เช่น สแกนเนอร์ เครื่องขึ้นภาพ (Plotter) เครื่องอ่านค่าพิกัด (Digitizer) เป็นต้น เพื่อนำข้อมูลต่างๆ สำหรับใช้ในการประมวลผลและบันทึกในช่องเก็บข้อมูลที่จัดไว้ อีกทั้งยังจัดเป็นเครื่องมือสำหรับติดต่อ ส่งงานจากผู้ใช้งานโดยผ่านแป้นพิมพ์ (Keyboard) หรือ เมาส์ (Mouse) และแสดงผลที่จอภาพ (Monitor) ดังแสดงในภาพที่ 2.5

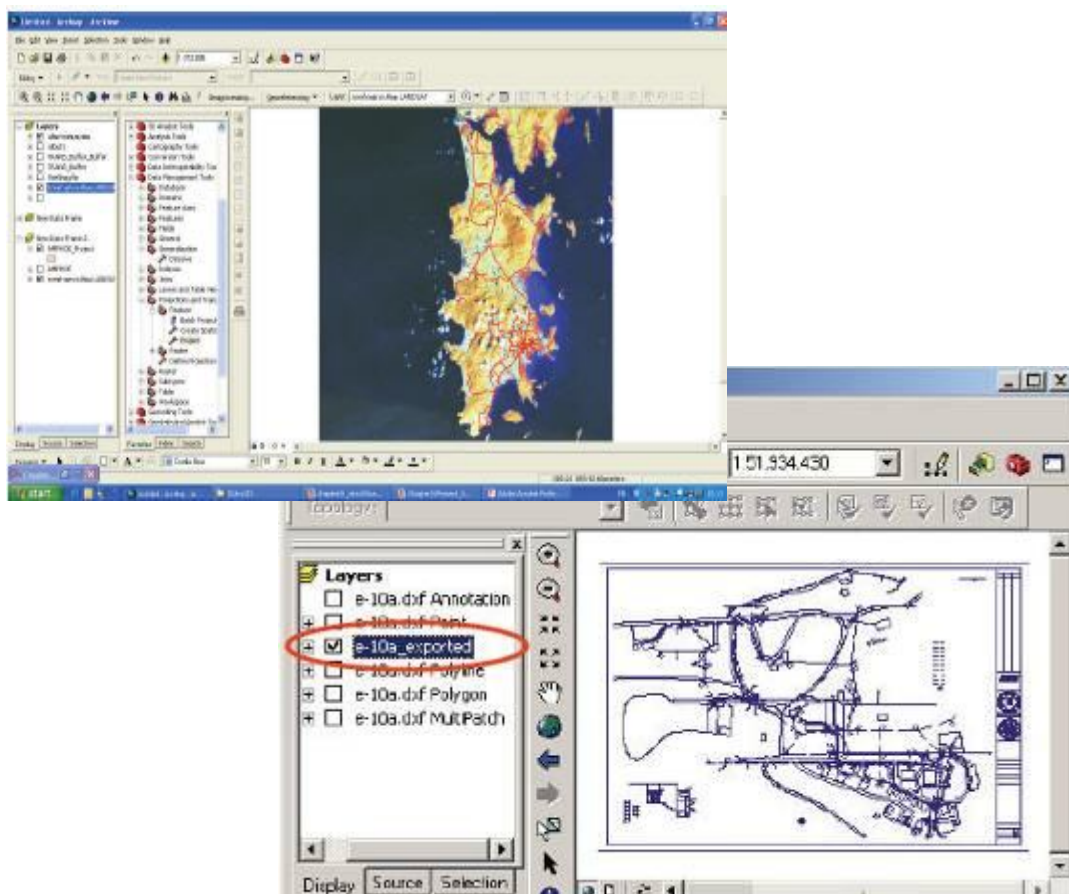
ภาพที่ 2.5
ระบบคอมพิวเตอร์ (Hardware)



2) โปรแกรม (Software)

โปรแกรมคือชุดคำสั่งควบคุมระบบคอมพิวเตอร์ให้ทำการประมวลผลตามชนิดของโปรแกรม มีเอกสารระบุการทำงานของโปรแกรมหรือโมดูลซอฟต์แวร์ GIS สำหรับการนำเข้าข้อมูลเพื่อใช้ในการทบทวนและตรวจสอบความถูกต้อง การจัดเก็บข้อมูลและการจัดการฐานข้อมูลของระบบ ตลอดจนแสดงผลข้อมูลเพื่อใช้ในการนำเสนอการแปลงข้อมูลและการโต้ตอบกับผู้ใช้งาน ดังแสดงในภาพที่ 2.6

ภาพที่ 2.6
โปรแกรม (Software)

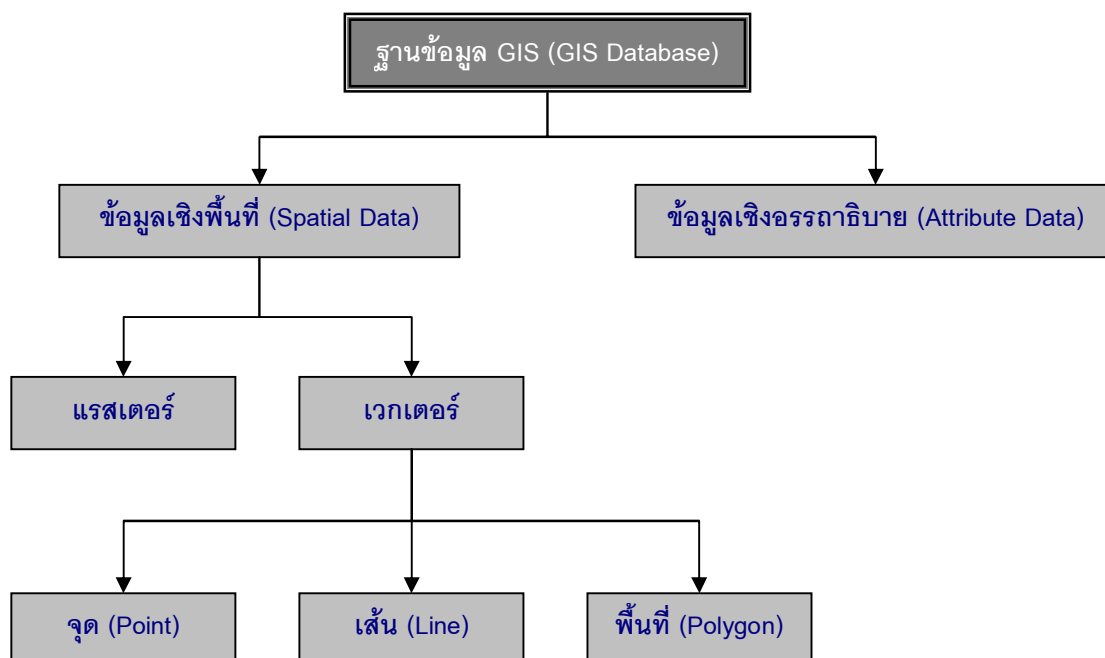


3) ข้อมูล (Data/Information)

ข้อมูลที่ใช้ในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เป็นข้อมูลเชิงพื้นที่ กล่าวคือข้อมูลมีตำแหน่งที่ตั้งและมีข้อมูลเชิงบรรยายที่ประกอบกัน ทำให้ชนิดของข้อมูลในทางภูมิศาสตร์จะอ้างอิงถึงพิกัดบนผิวโลก ในลักษณะจุด (Point) เส้น (Line) และรูปเหลี่ยมปิด (Polygon) เพื่อประมวลผลในข้อมูลเชิงพื้นที่ที่สามารถอ้างอิงเชื่อมต่อข้อมูลระหว่างกันได้อย่างชัดเจน ดังแสดงในภาพที่ 2.7

ภาพที่ 2.7

ข้อมูล (Data/Information)



4) ขั้นตอนการทำงาน (Methodology)

ขั้นตอนการทำงานเพื่อให้ระบบที่มีข้อมูลที่สุดสอดคล้องกับการประยุกต์ใช้เป็นสิ่งสำคัญของงานและการนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ได้ จึงควรมีการวางแผนและออกแบบโครงสร้างข้อมูลให้ครอบคลุมกับวัตถุประสงค์ในการนำไปใช้งานต่อไป

5) บุคลากร (People)

บุคลากรเป็นส่วนสำคัญที่จะทำให้การดำเนินงานสำเร็จ หากขาดความเข้าใจในระบบและชนิดของข้อมูล จะทำให้งานที่ได้ไม่ครอบคลุมกับวัตถุประสงค์ จึงควรมีการจัดอบรมแก่ผู้ปฏิบัติงานและเพิ่มความรู้ด้านต่างๆ ที่เกี่ยวข้องเพื่อนำไปประยุกต์ใช้กับงานได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

จากองค์ประกอบทั้ง 5 ประการนี้มีความสำคัญต่อกัน พร้อมทั้งลักษณะการทำงานที่จะต้องไปทิศทางเดียวกัน จึงจะทำให้งานในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มีความชัดเจนและใช้ประโยชน์ได้ ซึ่งในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เป็นการแสดงผลของข้อมูลเชิงพื้นที่ในชั้น

ข้อมูลต่างๆ ที่ชัดเจนและแสดงได้หลายๆ ลักษณะข้อมูล โดยการนำเอาองค์ประกอบทั้ง 5 ประการ มาประยุกต์ใช้งานร่วมกัน แสดงถึงลักษณะของข้อมูลในชั้นงานต่างๆ และรูปแบบของข้อมูลที่แตกต่างกัน เพื่อแสดงผลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่ง่ายต่อการใช้งานและแสดงได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งในพื้นที่เดียวกันสามารถแสดงรายละเอียดของข้อมูลที่ต่างชนิดกันได้ จากส่วนประกอบทั้ง 5 นี้ สามารถแสดงได้ดังภาพที่ 2.8

ภาพที่ 2.8

องค์ประกอบของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์



ที่มา : สุเพชร จิระจกุล, 2545

2.5.2 วิธีการจัดการฐานข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

1) การจัดเก็บรวบรวมข้อมูล (Data capture)

เป็นขั้นตอนในการสำรวจข้อมูลต่างๆ และการจัดเก็บรวบรวมข้อมูลในเชิงพื้นที่ เช่น ข้อมูลด้านการใช้ที่ดิน การคมนาคม เป็นต้น ซึ่งการรวบรวมแหล่งข้อมูลและการออกแบบฐานข้อมูลเชิงบรรยาย เป็นการตรวจสอบข้อมูลที่ได้มีการสำรวจไว้โดยหน่วยงานต่างๆ นำมาประเมินคุณภาพข้อมูลทั้งในด้านความละเอียดถูกต้องของข้อมูล โดยพิจารณาตามตัวแปรตัวชี้วัดที่ได้พิจารณาทั้งในส่วนของทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม ตัวแปรทางสังคมและตัวแปรทางเศรษฐกิจตามแนวทางเพื่อการบริหารจัดการเชิงบรรยายประกอบการตัดสินใจ สำหรับการจัดทำฐานข้อมูลแบบเวกเตอร์ โดยจำแนกข้อมูลออกเป็น 2 ประเภท คือ ข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial data) และข้อมูลเชิงบรรยาย (Attribute data)

2) การเก็บบันทึกและเรียกค้นข้อมูล (Data Storage and Retrieval)

การจัดเก็บบันทึกและการเรียกค้นข้อมูลเชิงภูมิศาสตร์ ที่เป็นข้อมูลแผนที่จากการรวบรวมมานั้นจะต้องทำการจัดเตรียม เพื่อให้พร้อมและง่ายต่อการนำเข้า รวมทั้งเป็นการตรวจสอบข้อผิดพลาดที่อาจมีบนแหล่งข้อมูล การเตรียมข้อมูลที่ดี จะทำการนำเข้า และการแก้ไขข้อมูลทำได้ง่ายและรวดเร็ว ถูกต้องมากขึ้น โดยเฉพาะข้อมูลที่นำมาจากแต่ละแหล่งข้อมูล ซึ่งจะนำมาทำการกำหนดพิกัดในคนละคราวกันย่อมมีความเป็นไปได้ในความคลาดเคลื่อนและการทับซ้อนของพิกัดในระหว่างการนำเข้าข้อมูลทางภูมิศาสตร์ ในขณะที่การนำเข้าข้อมูลเชิงบรรยายจะไม่มีประเด็นปัญหานี้เนื่องจากเป็นข้อมูลประกอบด้านการบรรยายประจำพิกัดเท่านั้น

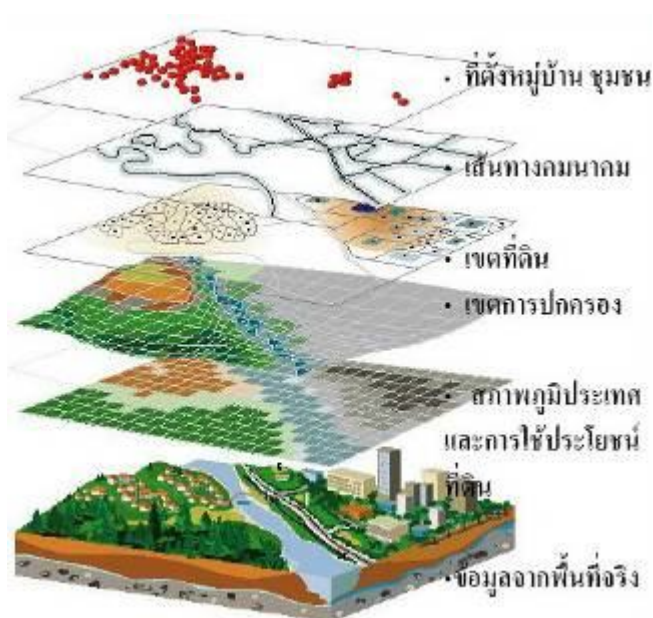
3) การวิเคราะห์ข้อมูล (Data Analysis)

การวิเคราะห์ข้อมูล ที่ได้นำเข้าสู่ระบบนั้นยังอาจมีความผิดพลาดและความคลาดเคลื่อน ซึ่งเกิดขึ้นในกระบวนการนำเข้า โดยเฉพาะข้อมูลที่มีขนาดและพื้นที่ครอบคลุมการทำงานขนาดใหญ่ตามที่กำหนด ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีขั้นตอนการตรวจสอบข้อมูลในฐานข้อมูลต้นแบบ และแก้ไขความผิดพลาดต่างๆ นอกจากนั้นขั้นตอนนี้ยังรวมไปถึงการสร้างโครงสร้างข้อมูลให้กับข้อมูลแผนที่ในแผนที่ฐานข้อมูลอีกด้วย โดยข้อมูลที่ได้รับเป็นการนำข้อมูลแผนที่ต่างๆ ที่เก็บไว้ในระบบมาทำการประมวลผล ด้วยวิธีการซ้อนทับ (Overlay) และการเชื่อมโยงข้อมูลเชิงพื้นที่กับข้อมูลเชิงบรรยาย เพื่อทำการวิเคราะห์หรือจัดการวางแผนกับพื้นที่นั้น เพื่อให้เกิดผลลัพธ์

ตรงตามวัตถุประสงค์ของผู้ใช้ที่กำหนดไว้ เช่น การวิเคราะห์เกี่ยวกับการพังทลายของดินโดยทำการวิเคราะห์จากข้อมูลแผนที่ดิน องค์ประกอบของการกัดกร่อน เส้นชั้นระดับความสูง แผนที่การใช้ที่ดิน ข้อมูลจากดาวเทียม รวมทั้งข้อมูลน้ำฝนในช่วงระยะเวลาหนึ่ง โดยข้อมูลแต่ละข้อมูลจะถูกประมวลผลตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้แล้วนำมาซ้อนทับกัน ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้ก็คือ คำตอบที่ผู้ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ต้องการ ดังแสดงในภาพที่ 2.9

ภาพที่ 2.9

การวางซ้อนข้อมูลเชิงบรรยายกับข้อมูลเชิงพื้นที่และการนำเสนอผลการวางซ้อนข้อมูล



ที่มา : สุเพชร จิระจกุล, 2545

4) การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่และแสดงผลข้อมูล (Map analysis and Data display)

การนำเข้าข้อมูลและการเชื่อมโยงกับข้อมูลแผนที่ ข้อมูลบรรยายส่วนใหญ่เป็นตาราง ตัวเลข และตัวอักษรเชิงบรรยาย ซึ่งจะถูกแปลงเข้าสู่โครงสร้างฐานข้อมูลที่เตรียมไว้ เมื่อนำเข้าข้อมูลแล้วทำการเชื่อมโยงเข้ากับข้อมูลแผนที่ เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องกันระหว่างค่ารหัสที่บันทึกอยู่ในข้อมูลทั้ง 2 ประเภท สำหรับการประยุกต์ฐานข้อมูลข้อมูลที่จัดทำขึ้นเพื่อประกอบการวิเคราะห์ (สำนักงานบริการเทคโนโลยีสารสนเทศและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยมหิดล, 2548)

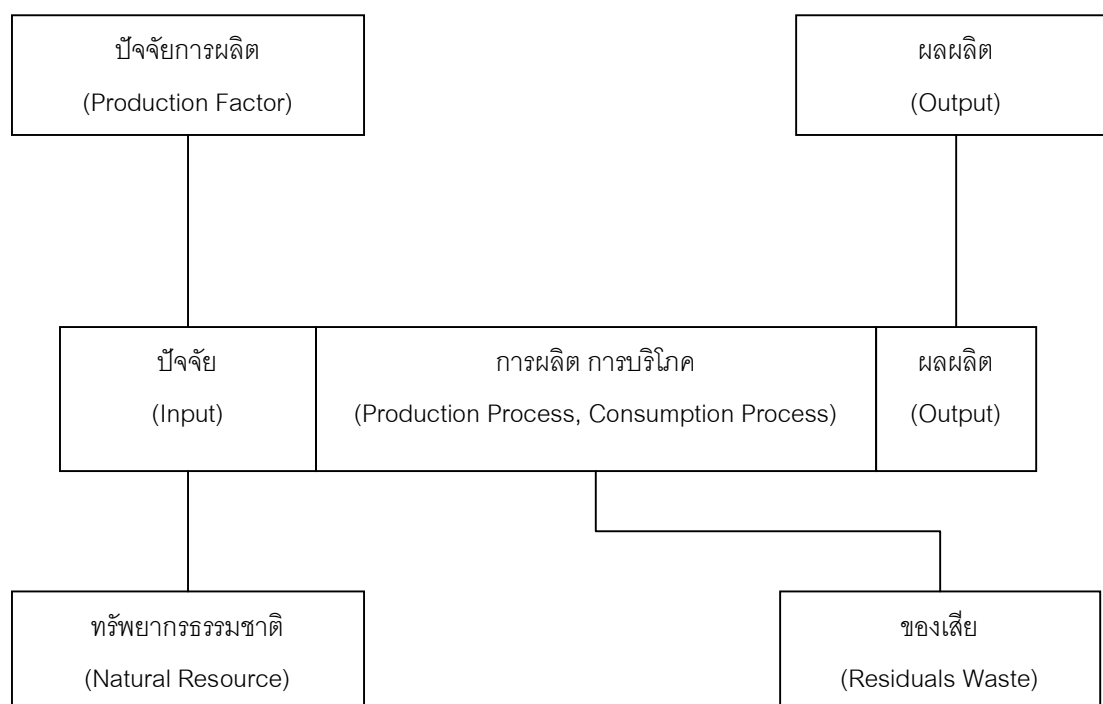
2.6 การประเมินความเป็นไปได้เชิงเศรษฐศาสตร์

การประเมินความเป็นไปได้เชิงเศรษฐศาสตร์ได้ถูกกำหนดให้เห็นว่าพลังงานสามารถสร้างระบบเศรษฐศาสตร์จากแหล่งพลังงานทางเลือกใหม่ เพื่อใช้เป็นเครื่องมือเพื่อทำการวิเคราะห์ความเหมาะสมและความเป็นไปได้ของโครงการที่ต้องการศึกษา ซึ่งการประเมินความเป็นไปได้เชิงเศรษฐศาสตร์สามารถกำหนดผลกำไรที่ได้จากการลงทุนที่ใช้เป็นตัวบ่งชี้ที่จะยอมรับหรือปฏิเสธในการลงทุนนี้ โดยมีทฤษฎีสำคัญดังนี้

2.6.1 ทฤษฎีการประเมินค่าต้นทุนสิ่งแวดล้อม

เดิมทฤษฎีทางด้านเศรษฐศาสตร์ได้ละเลยเรื่องสิ่งแวดล้อม เพราะเห็นว่าสิ่งแวดล้อมมีอยู่อย่างเพียงพอและอยู่ทั่วไป เช่น อากาศ น้ำ พลังงานและทรัพยากรธรรมชาติอื่นๆ จึงมิได้มีการตีราคา แต่ปัจจุบันได้นำพิจารณาในกระบวนการผลิตด้วย ดังแสดงในภาพที่ 2.10

ภาพที่ 2.10
กระบวนการผลิต



ที่มา : รัตนกอร์ กุลาดิ, 2538

เนื่องจากทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด บางส่วนสามารถสร้างขึ้นใหม่ได้ บางส่วนใช้แล้วหมดไป เมื่อประชากรเพิ่มมากขึ้นการผลิตและการบริโภคย่อมเพิ่มมากขึ้นด้วย ทำให้ของเสียเพิ่มมากขึ้นไปด้วย ซึ่งของเสียบางอย่างก็สลายตัวได้ ส่วนที่สลายตัวไม่ได้ก็จะสะสมในสิ่งแวดล้อมเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ ก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมโดยเฉพาะน้ำเสีย อากาศเสีย

ในการวิเคราะห์โครงการพัฒนาเศรษฐกิจจึงต้องคำนึงถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น และคำนวณหาค่าทางเศรษฐกิจของผลกระทบที่เกิดขึ้น ซึ่งบางครั้งก็ไม่อาจคำนวณค่าเป็นตัวเลขได้อย่างแน่ชัด หรืออาจจะคำนวณได้แต่ต้องใช้เวลานาน วิธีการหนึ่งที่ใช้ในการคำนวณ คือการหามูลค่าความเสียหายของสิ่งแวดล้อม (Monetary environmental damage) ที่เกิดขึ้นกับ คน สัตว์ และพืชผลต่างๆ ให้ได้มากเท่าที่จะรวบรวมได้

2.6.2 ทฤษฎีการประเมินโครงการ

2.6.2.1 การหามูลค่าปัจจุบันสุทธิของเงินลงทุน (Net present value, NPV) คือเกณฑ์การประเมินโครงการที่หาค่าเทียบเท่าของเงินปัจจุบันสุทธิของผลกำไร หรือผลตอบแทนของการลงทุน โดยหาจากค่าประมาณการของเงินลงทุน ซึ่งจะต้องคำนึงถึงค่าของเงินลงทุนของโครงการ ณ เวลาที่แตกต่างกัน (Time value of money) ด้วยเหตุผล คือ

- 1) ความพึงพอใจในการใช้เงินในปัจจุบันและอนาคตมีความแตกต่างกันโดยความพึงพอใจในการใช้เงินในปัจจุบันสูงกว่าในอนาคต
- 2) เงินที่ใช้ในการบริโภคมีค่าเสียโอกาส (Opportunity cost) สามารถนำไปลงทุนให้เกิดประโยชน์เพิ่มขึ้น เช่น การฝากธนาคารทำให้ได้รับดอกเบี้ย

ในการประเมินโครงการจะต้องทำการลดค่าที่เป็นตัวเงิน (Discounted cash flow) ของโครงการที่จะเกิดขึ้นในอนาคต ณ เวลาต่างๆ กัน ให้เป็นค่าของเงิน ณ เวลาเดียวกันในปัจจุบัน เพื่อจะนำมาใช้ในการเปรียบเทียบจำนวนเงินของกระแสเงินสดนั้นได้ โดยค่าของเงินในอนาคตจะถูกลดค่าตามอัตราส่วนลดที่กำหนดขึ้น ซึ่งถ้าค่า NPV ของโครงการที่หาได้มากกว่าศูนย์ แสดงว่าโครงการนี้มีกำไร สมควรที่จะตอบรับโครงการได้ แต่ถ้าค่าของ NPV ของโครงการมีค่าน้อยกว่าศูนย์ โครงการนั้นจะเป็นโครงการที่ขาดทุน ซึ่งควรจะปฏิเสธโครงการ สรุปเงื่อนไขได้ดังนี้

NPV > 0	โครงการกำไร	ตอบรับโครงการ
NPV = 0	โครงการเสมอตัว	ปฏิเสธโครงการ
NPV < 0	โครงการขาดทุน	ปฏิเสธโครงการ

การหามูลค่าปัจจุบันสุทธิของเงินลงทุนโครงการ (Net present value) หาได้จากการคำนวณ ของสมการ

$$F = P(1+i)^n \quad (2.7)$$

โดยที่ F = มูลค่าเงินรวม ณ ปีที่ n (Future value)
 P = มูลค่าเงินในปัจจุบัน (Present value)
 i = อัตราคิดลดต่อปี (Discount rate)
 n = ระยะเวลา

ดังนั้น จากสมการ (2.7) ค่า P หาได้จาก

$$P = \frac{F}{(1+i)^n} \quad (2.8)$$

โดยที่ $\frac{1}{(1+i)^n}$ = Discounting Factor ซึ่งเรียกว่า Single payment present worth factor: PWF

F = มูลค่าเงินรวม ณ ปีที่ n (Future value)

P = มูลค่าเงินในปัจจุบัน (Present value)

2.6.2.2 อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal rate of return, IRR) คือ เกณฑ์การหาร้อยละของผลตอบแทนของเงินลงทุนนั้นคือ การหาค่า i ที่ทำให้ค่าเทียบของเงินเท่ากับเงินปัจจุบันของเงินลงทุน (II) และเท่ากับค่าเทียบเท่าเงินปัจจุบันของกระแสเงินสดสุทธิหลังหักภาษี (CFAT) ค่า i ที่ทำให้ค่าเทียบเท่าทั้งสองค่า มีค่าเท่ากัน คืออัตราผลตอบแทนภายในหลังภาษี ถ้ากระแสเงินสดสุทธิที่ใช้เป็นกระแสเงินสดสุติก่อนภาษี ค่า i ที่ได้คืออัตราผลตอบแทนภายในก่อนภาษี สมการที่หาค่า IRR คือ

$$-II + \sum_{t=1}^n \left[\frac{CFAT_t}{(1+i)^t} \right] = 0 \quad (2.9)$$

โดยที่ II = เงินลงทุนที่เกิดขึ้นในปีที่ $t = 1, 2 \dots n$ โดยค่า II เหล่านี้ต้องแปลงค่าด้วยแฟคเตอร์ $\frac{1}{(1+i)^n}$ เหมือนค่า $CFAT_t$ เพื่อให้เป็นค่าเทียบเท่าเงินปัจจุบัน

$CFAT_t$ = กระแสเงินสดสุทธิแต่ละปี

t = ปีที่ดำเนินการ

n = จำนวนปีที่ลงทุน

i = อัตราผลตอบแทน

จากสมการข้างต้นจะมีค่า i เพียงค่าเดียวที่ทำให้ค่าที่เทียบเท่าเงินปัจจุบันของเงินลงทุนและค่าเทียบเท่าเงินปัจจุบันของกำไรในรูปกระแสเงินสดหักภาษีเท่ากัน i นั่นคือค่า IRR หรืออัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ

2.6.2.3 การวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity analysis) คือ การศึกษาความอ่อนไหวของปัจจัยต่างๆ ของโครงการที่มีต่อปัจจัยหลัก เช่น ผลกำไรหรืออัตรานี้หนึ่งเป็นการศึกษาผลกระทบต่อบัญชีหลักที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยตัวแปรต่างๆ ของโครงการ เช่น อัตราผลตอบแทนต่ำสุดที่กำหนดไว้ต่อปี จากการประมาณการไว้ที่ 10% แต่เปลี่ยนไป +1% หรือ -1% ต่อปี ค่าเทียบเท่าเงินปัจจุบันสุทธิของผลกำไรของโครงการจะเป็นอย่างไร ยิ่งคุ้มค่าต่อการลงทุนหรือไม่ ถ้าต้องการเปลี่ยนแปลงค่าอัตราผลตอบแทนต่ำสุด จะทำให้ค่าเทียบเท่าเงินปัจจุบันสุทธิของผลกำไรเปลี่ยนแปลงไปมาก แสดงว่าปัจจัยอัตราผลตอบแทนต่ำสุดนี้ มีความอ่อนไหวสูง ถ้าเปลี่ยนแปลงน้อยหรือไม่เปลี่ยนแปลงเลย แสดงว่าอัตราผลตอบแทนต่ำสุด มีความอ่อนไหวต่ำหรือไม่มีความอ่อนไหวเลย นอกจากปัจจัยเรื่องอัตราผลตอบแทนต่ำสุด เรายังสามารถศึกษาหาความอ่อนไหวของปัจจัยอื่นๆ ของโครงการ เช่น รายได้ ต้นทุนดำเนินการ ต้นทุนแปรผัน ต้นทุนแปรผันต่อหน่วย อายุของโครงการ มูลค่าซากของทรัพย์สินในโครงการ และอื่นๆ

2.6.2.4 อัตราส่วนลด (Discount rate) เป็นต้นทุนค่าเสียโอกาสของทุนทางสังคม (Social Opportunity cost of capital) เป็นเครื่องมือที่ช่วยปรับมูลค่าที่เป็นตัวเงินให้มีมูลค่าเป็นปีฐานเดียวกัน มีแนวคิดเป็น 2 ส่วนหลักๆ คือ

1) การคิดอัตราขาดเสียการบริโภคข้ามเวลาของสังคม (Social rate of time preference: SRTP) หมายถึงการคิดอัตราเปรียบเทียบความพอใจในการบริโภคของสังคมในอนาคตกับการบริโภคในปัจจุบัน เช่น สังคมหนึ่งมีการบริโภคของสังคมในปัจจุบัน สมมติว่าสังคมนี้เลื่อนการบริโภคออกไปหนึ่งปี ปริมาณการบริโภคของสังคมในอนาคตต้องมีมูลค่ามากกว่า 100 บาท เพื่อให้สังคมในอนาคตมีความพึงพอใจเท่ากับสังคมในปัจจุบันสมมติให้มีมูลค่า 110 บาท ดังนั้นมูลค่าที่แตกต่างกันเท่ากับ 10% อัตราส่วนลดของสังคมจึงเท่ากับ 10% โดยส่วนใหญ่กำหนดให้อัตรานี้มีค่ามากกว่า 1% เนื่องจากมีข้อสมมติว่า

- โดยปกติแล้วบุคคลในสังคมชอบที่จะบริโภคในปัจจุบันมากกว่าในอนาคต
- บุคคลในสังคมในอนาคตมีแนวโน้มว่าจะมีระดับการบริโภคที่สูงกว่าบุคคลในปัจจุบัน เหตุผลจากหลักความพึงพอใจหน่วยสุดท้ายที่ลดลงของการบริโภค อธิบายว่าในระดับการบริโภคที่เท่ากัน บุคคลในสังคมอนาคตจะได้รับความพึงพอใจน้อยกว่าบุคคลในสังคมปัจจุบัน ดังนั้น ไม่ว่าบุคคลนั้นจะบริโภคในช่วงเวลาปัจจุบันหรืออนาคต ระดับการบริโภคในสังคมอนาคตควรจะต้องคิดลดลง

2) อัตราค่าเสียโอกาสของสังคม (Social opportunity cost rate: SOCR) ควรมีอัตราผลตอบแทนที่สังคมจะได้รับจากการลงทุนนั้น ควรจะสะท้อนถึงค่าเสียโอกาสของทรัพยากรที่สังคมมีอยู่จำนวนจำกัด ดังนั้นการนำทรัพยากรไปใช้จึงควรก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด เช่น ถ้ารัฐนำทรัพยากรไปใช้เพื่อการลงทุนในโครงการของรัฐ อัตราผลตอบแทนจากการลงทุนอย่างน้อยที่สุดควรจะเท่ากับอัตราผลตอบแทนการลงทุนหน่วยสุดท้ายโดยภาคเอกชน

แนวคิดเรื่องอัตราค่าเสียโอกาสของสังคมควรเท่ากับอัตราผลตอบแทนจากการลงทุนของภาคเอกชนที่ลดลง (ในความคิดของภาคเอกชน) แต่ถ้าพิจารณาผลประโยชน์ที่สังคมได้รับโดยรวมแล้ว เป็นผลประโยชน์ที่สังคมได้รับยังคงเท่าเดิมเพียงแต่มีการถ่ายโอนผลประโยชน์บางส่วนไปสู่ภาครัฐ ดังนั้นอัตราส่วนลดของสังคมจะเท่ากับผลตอบแทนหน่วยสุดท้ายของภาคเอกชนก่อนหักภาษี

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความเป็นไปได้ของการประเมินศักยภาพของชีวมวลโดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในครั้งนี้ ได้มีการศึกษาและวิจัยทางด้านศักยภาพของชีวมวลและความเป็นไปได้ทางด้านเศรษฐศาสตร์ ดังนี้

ทวีชัย อนันตวิณิชชยา (2549) ได้ทำการศึกษาการวิเคราะห์ศักยภาพพลังงานจากชีวมวลในจังหวัดชัยภูมิ เนืองมาจากจังหวัดชัยภูมิเป็นจังหวัดหนึ่งในสี่จังหวัดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่มีศักยภาพพลังงานจากชีวมวลสูงสุดแต่กลับมีรายได้ได้น้อยกว่า โดยเลือกศึกษาพืชเศรษฐกิจสำคัญๆ ได้แก่ ข้าว ข้าวโพด มันสำปะหลัง และอ้อย สำหรับวิธีการดำเนินการศึกษาจะใช้วิธีวิเคราะห์เชิงพรรณนา และเปรียบเทียบ โดยใช้แหล่งข้อมูลทุติยภูมิ เพื่อหาศักยภาพจากชีวมวลของจังหวัดชัยภูมิ ซึ่งศักยภาพพลังงานของชีวมวลในรูปแบบการเผาไหม้โดยตรงจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรทั้งหมด 35.823 ล้านจิกะจูลหรือคิดเป็นรายได้ 4,577 ล้านบาท เมื่อนำมาผลิตเป็นกระแสไฟฟ้าสำหรับขาย และศักยภาพพลังงานชีวมวลในรูปแบบการหมักน้ำเสียเพื่อให้ได้ก๊าซชีวภาพทั้งหมด 0.469 ล้านจิกะจูล หรือ คิดเป็นรายได้ 153 ล้านบาท เมื่อนำมาใช้แทนก๊าซหุงต้ม และศักยภาพพลังงานชีวมวลในรูปแบบของการหมักกากน้ำตาลเพื่อให้ได้เอทานอลทั้งหมด 1.037 ล้านจิกะจูล หรือคิดเป็นรายได้ 932 ล้านบาท เมื่อนำเอทานอลไปขายเพื่อผสมน้ำมันเป็นก๊าซโซฮอลล์

นันท์ภัสร์ สีลูกหว่า (2549) ได้ทำการศึกษาการใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อช่วยวางแผนโครงสร้างพื้นฐาน ในเขตเทศบาลท่าโขลง จังหวัดปทุมธานี โดยทำการศึกษาคือโครงสร้างพื้นฐานเพื่อศึกษาความเหมาะสมของโครงสร้างพื้นฐานในการให้บริการประชาชน ตลอดจนการคาดการณ์และเสนอแนวทางการพัฒนาเพื่อรองรับการขยายตัวในอนาคตของเทศบาลท่าโขลง เพื่อให้เป็นเมืองที่น่าอยู่และยั่งยืน วิธีดำเนินการวิจัยประกอบด้วย การจัดทำระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ของโครงสร้างพื้นฐานด้านต่างๆ เช่น ระบบคมนาคมขนส่ง ระบบประปา ระบบบำบัดน้ำเสีย ระบบกำจัดมูลฝอย และระบบป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย ลักษณะการใช้ที่ดินของของเขตเทศบาลท่าโขลงจะมีพื้นที่สำหรับการให้บริการด้านระบบการคมนาคมขนส่งไม่เพียงพอเมื่อเทียบกับการใช้ที่ดินทั้งหมด จึงทำให้เกิดปัญหาการจราจรติดขัด และการให้บริการในด้านระบบประปาพบว่ายังไม่มีระบบประปาที่ได้มาตรฐานเพียงพอ ด้าน

ระบบบำบัดน้ำเสียเช่นกัน พบว่าเทศบาลท่าโขลงไม่มีบ่อบำบัดน้ำเสียและสถานที่กำจัดขยะมูลฝอย อาจจะทำให้เกิดปัญหากับประชาชนได้ ในส่วนระบบป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยพบว่าให้บริการได้ไม่เพียงพอต่อพื้นที่

Voivotas et al. (2000) ได้ทำการศึกษาศักยภาพจากพลังงานชีวมวล สำหรับผลิตกระแสไฟฟ้าในประเทศกรีซโดยใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ ซึ่งได้ทำการประเมินศักยภาพของวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร โดยใช้เครื่องมือระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ในการตัดสินใจ โดยการวิเคราะห์การกระจายของชีวมวล และทำการศึกษาเทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อมาใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้า ตลอดจนการประเมินทางด้านเศรษฐศาสตร์ เมื่อประเมินศักยภาพทางด้านเศรษฐศาสตร์ พบว่า โรงไฟฟ้าชีวมวลในประเทศกรีซสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ถึง 20 เมกะวัตต์ ใช้ต้นทุนในการลงทุน 1,700 ECU/kW และมีสามารถขายไฟฟ้าเฉลี่ย 0.74 mECU/kWh โดยมีระยะเวลาคืนทุน 15 ปี

Frombo et al. (2008) ได้ทำการศึกษาพลังงานทางเลือก เพื่อนำทรัพยากรจากแหล่งสะสมชีวมวลที่มีอยู่ทั่วไปบนโลกนี้มาใช้ให้เกิดประโยชน์และคุ้มค่าที่สุด เพื่อเป็นการลดภาวะเรือนกระจก (Green house effect) พบว่า การแพร่กระจายก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สู่สิ่งแวดล้อม ซึ่งเกิดจากการเผาไหม้และย่อยสลายของวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเหล่านี้ จากการศึกษา จึงได้ทำการวางแผนเพื่อสร้างยุทธศาสตร์ในการพัฒนาเรื่องการผลิตพลังงานชีวมวล สำหรับการตัดสินใจครั้งนี้ได้ใช้เครื่องมือที่เรียกว่า GIS เข้ามาประยุกต์ใช้สำหรับเป็นฐานข้อมูลในการตัดสินใจเพื่อแก้ไขปัญหาเชิงพื้นที่และได้วางแผน ติดตาม จัดการข้อมูลเพื่อการวิเคราะห์และทำการตัดสินใจถึงกำลังการผลิตพลังงานไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าได้อย่างเหมาะสม ตลอดจนราคาต้นทุนที่เกิดขึ้นของโครงการ ซึ่งจากการศึกษา โดยใช้กรณีในเขตพื้นที่ Savona ในประเทศอิตาลี พบว่า เนื้อที่ของเขต Savona มีเนื้อที่ทั้งสิ้น 260 ตารางกิโลเมตร เทคโนโลยีที่เหมาะสมของโรงไฟฟ้าชีวมวล คือ ระบบการเผาไหม้บนตะแกรง สำหรับต้นทุนด้านต่างๆ พบว่า ต้นทุนในการเก็บรวบรวมชีวมวลอยู่ที่ประมาณ 0.5 ล้านบาท ต้นทุนในการดำเนินการและบำรุงรักษา ประมาณ 1.8 ล้านบาท ต้นทุนจากการขนส่ง ประมาณ 0.3 ล้านบาท และผลกำไรจากการขายพลังงาน ประมาณ 5.8 ล้านบาท แม้ว่าการวางแผนเพื่อหายุทธศาสตร์ทางด้านพลังงานในครั้งนี้จะมิใช่ข้อจำกัดเกี่ยวกับโครงสร้างของพื้นที่ศึกษา ตลอดจนความแตกต่างทางด้านเทคโนโลยีที่ใช้ในการแปรรูปพลังงาน

Freppaz et al. (2003) ได้ทำการศึกษาถึงความเหมาะสมของแหล่งชีวมวลที่เกิดขึ้นในท้องถิ่น โดยจุดประสงค์หลักของการศึกษาในครั้งนี้ได้ทำการตัดสินใจผสมผสานระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และการวิเคราะห์โดยใช้สมการทางคณิตศาสตร์ เพื่อวิเคราะห์ผลที่ได้ (yield) ในพื้นที่ศึกษา ซึ่งรูปแบบในการกำหนดปัญหา คือการประเมินศักยภาพความเป็นไปได้ของเชื้อเพลิงที่ได้จากพืชพลังงาน จากการศึกษาแสดงให้เห็นว่า พื้นที่สะสมของแหล่งสะสมชีวมวลที่มีอยู่ 16% ของพื้นที่ทั้งหมด เพียงพอต่อการกำลังการผลิตของโรงไฟฟ้าขนาด 13 เมกะวัตต์ และมีต้นทุนการผลิตไฟฟ้าอยู่ที่ 621,000 ยูโรต่อปี ซึ่งเหมาะสมในการสร้างโรงไฟฟ้าจากพลังงานชีวมวล

Caputo et al. (2004) ได้ทำการศึกษาถึงวิธีการประเมินทางด้านเศรษฐศาสตร์ของพลังงานชีวมวลในโรงไฟฟ้าที่ใช้เทคโนโลยีการเผาไหม้และเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชัน ซึ่งได้แสดงให้เห็นว่า จากสองเทคโนโลยีที่ได้ทำการวิเคราะห์ศักยภาพทางเศรษฐศาสตร์ในครั้งนี้ มีข้อจำกัดเกี่ยวกับความเป็นไปได้ของการกระจายความหนาแน่นของชีวมวลที่อยู่ในพื้นที่ ซึ่งความเป็นไปได้ทางด้านเศรษฐศาสตร์ของการนำชีวมวลมาใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับผลิตไฟฟ้าโดยตรง สามารถกำหนดขอบเขตกำลังการผลิตของโรงไฟฟ้าตั้งแต่ 5-50 เมกะวัตต์ จากการศึกษา พบว่า ต้นทุนในการขนส่งอยู่ในช่วง 1.84-3.24 ยูโรต่อกิโลเมตร ต้นทุนการรับซื้อชีวมวลอยู่ในช่วง 34.98-42.13 ยูโรต่อตัน และความหนาแน่นของปริมาณชีวมวลต่อพื้นที่ อยู่ในช่วง 0.68-2.05 ตันต่อตารางกิโลเมตรต่อปี

Shi et al. (2007) ได้ทำการศึกษาเทคโนโลยีเกี่ยวกับภาพถ่ายดาวเทียมเพื่อเลือกที่ตั้งของโรงไฟฟ้าพลังงานชีวมวล โดยใช้พื้นที่ศึกษาในจังหวัด Guangdong ในประเทศจีน อีกทั้งการวิเคราะห์ศักยภาพทางด้านเศรษฐศาสตร์ได้ถูกพิจารณาจากข้อมูลพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับระยะทางในการขนส่งและการเก็บรวบรวมชีวมวลในพื้นที่ โดยการพิจารณาพื้นที่ของขนาดแหล่งสะสมชีวมวล พบว่า สามารถตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลได้ 5 ตำแหน่ง โดยแต่ละตำแหน่งจะต้องใช้ปริมาณชีวมวลอยู่ที่ 21.7, 15.1, 14.1, 18.6 และ 15.7 พิกะจุล และมีพื้นที่แหล่งสะสมชีวมวลอยู่ที่ 15,800, 11,600, 10,800, 14,300 และ 15,700 ตารางกิโลเมตร ตามลำดับ

Singh et al. (2007) ได้กล่าวถึงศักยภาพจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรโดยใช้ข้อมูลจากระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ทำการวิเคราะห์ ซึ่งได้ศึกษาในเขตพื้นที่ ของจังหวัด Punjab ในประเทศอินเดีย โดยได้กล่าวถึงการวิเคราะห์ศักยภาพของวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรสำหรับนำมาเป็นวัตถุดิบในโรงไฟฟ้า ซึ่งความเป็นไปได้ของชีวมวลที่กระจายอยู่ในแหล่งพื้นที่ศึกษา จะต้องทำการวิเคราะห์ต้นทุนในการเก็บรวบรวม การวิเคราะห์การขนส่งโดยเฉพาะจุดที่เป็นคอขวด (bottom neck) ที่ทำให้การขนส่งติดขัด และการแปรรูปพลังงานจากเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง ซึ่งการกระจายของชีวมวลอยู่ในพื้นที่ที่มีขนาดใหญ่ทำให้เกิดต้นทุนในการเก็บรวบรวมและการขนส่งสูงมาก ดังนั้นจึงจำเป็นต้องวางแผนเพื่อที่จะลดต้นทุนเหล่านี้และทำให้เกิดผลกำไรสูงสุดจากการขายพลังงาน การประเมินศักยภาพของพลังงานชีวมวลโดยใช้ข้อมูลจากระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ และการคำนวณจากสมการทางคณิตศาสตร์ เพื่อใช้เป็นต้นแบบของการพัฒนาแหล่งสะสมของชีวมวล โดยปริมาณการใช้ชีวมวลในพื้นที่ศึกษานี้ประมาณ 13.73 ล้านตันต่อปี สำหรับกำลังการผลิตของโรงไฟฟ้าจากพลังงานชีวมวลประมาณ 900 เมกะวัตต์ต่อปี โดยมีต้นทุนของการเก็บรวบรวมชีวมวลอยู่ที่ 3.90 ยูเอส ดอลลาร์ต่อตัน