

บทที่ 3

ขั้นตอนการศึกษาและวิธีการวิจัย

เนื้อหาบทนี้กล่าวถึงขั้นตอนในการทำวิจัย โดยเริ่มจากการรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิ เพื่อมาทำการวิเคราะห์ศักยภาพชีวมวลในพื้นที่และวิธีการตัดสินใจเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์

3.1 พื้นที่ศึกษา

ขอบเขตพื้นที่ในการศึกษานี้ คือ แหล่งสะสมชีวมวลในพื้นที่จังหวัดปทุมธานี

3.1.1 ที่ตั้งและอาณาเขตของจังหวัดปทุมธานี

จังหวัดปทุมธานีตั้งอยู่ในภาคกลาง ประมาณเส้นรุ้งที่ 14 องศาเหนือ และเส้นแวงที่ 100 องศาตะวันออก อยู่เหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง 2.30 เมตร มีเนื้อที่ประมาณ 1,520.068 ตารางกิโลเมตร หรือ ประมาณ 953,600 ไร่ ห่างจากกรุงเทพมหานครไปทางทิศเหนือ เป็นระยะทางประมาณ 27.8 กิโลเมตร มีอาณาเขตติดต่อกับจังหวัดใกล้เคียง คือ

- ทิศเหนือ ติดต่อกับอำเภอบางไทร อำเภอบางปะอินและอำเภอมั่นนอย จังหวัดพระนครศรีอยุธยา อำเภอนองแคะ และอำเภอวิหารแดง จังหวัดสระบุรี
- ทิศตะวันออก ติดต่อกับอำเภอองครักษ์ จังหวัดนครนายก และอำเภอบางน้ำเปรี้ยว จังหวัดฉะเชิงเทรา
- ทิศตะวันตก ติดต่อกับอำเภอลาดบัวหลวง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา อำเภอบางเลน จังหวัดนครปฐม และอำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี
- ทิศใต้ ติดต่อกับเขตหนองจอก เขตคลองสามวา เขตสายไหม เขตบางเขน เขตดอนเมือง กรุงเทพมหานคร และอำเภอปากเกร็ด อำเภอบางบัวทอง จังหวัดนนทบุรี ดังแสดงในภาพที่ 3.1

พื้นที่ศึกษาในจังหวัดปทุมธานี มีพื้นที่โดยรวมทั้งสิ้น 1,520.068 ตารางกิโลเมตร โดยประกอบด้วย 7 อำเภอ 60 ตำบล 466 หมู่บ้าน โดยสามารถแบ่งพื้นที่เขตการปกครอง ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1

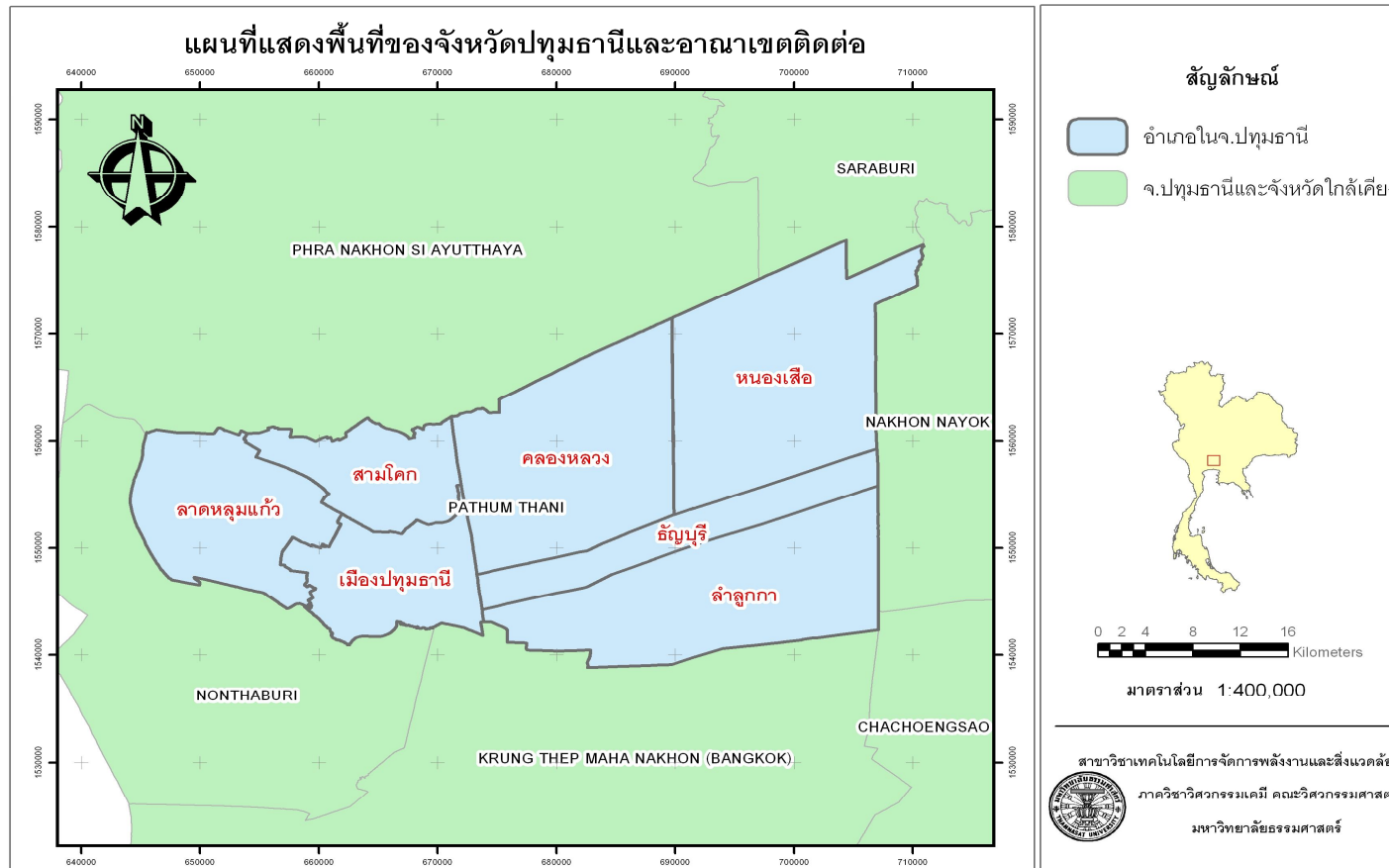
การแบ่งเขตการปกครองจังหวัดปทุมธานี

อำเภอ	พื้นที่ (ตร.กม.)	ตำบล (แห่ง)	หมู่บ้าน (แห่ง)	ชุมชน (แห่ง)	เทศบาล (แห่ง)	อบต. (แห่ง)
อำเภอเมืองปทุมธานี	142.859	14	81	31	5	10
อำเภอลองหลวง	303.519	7	71	32	2	5
อำเภอธัญบุรี	114.862	6	12	61	4	0
อำเภอหนองเสือ	339.990	7	69	0	1	7
อำเภอลาดหลุมแก้ว	195.704	7	61	0	1	7
อำเภอลำลูกกา	304.199	8	114	2	3	8
อำเภอสสามโคก	118.935	11	58	0	1	11
รวม	1,520.068	60	466	146	17	48

ที่มา : การปกครองจังหวัดปทุมธานี ข้อมูล พ.ศ.2551

ภาพที่ 3.1

พื้นที่ของจังหวัดปทุมธานีและอาณาเขตติดต่อ



ที่มา : สำนักงานจังหวัดปทุมธานี, 2551

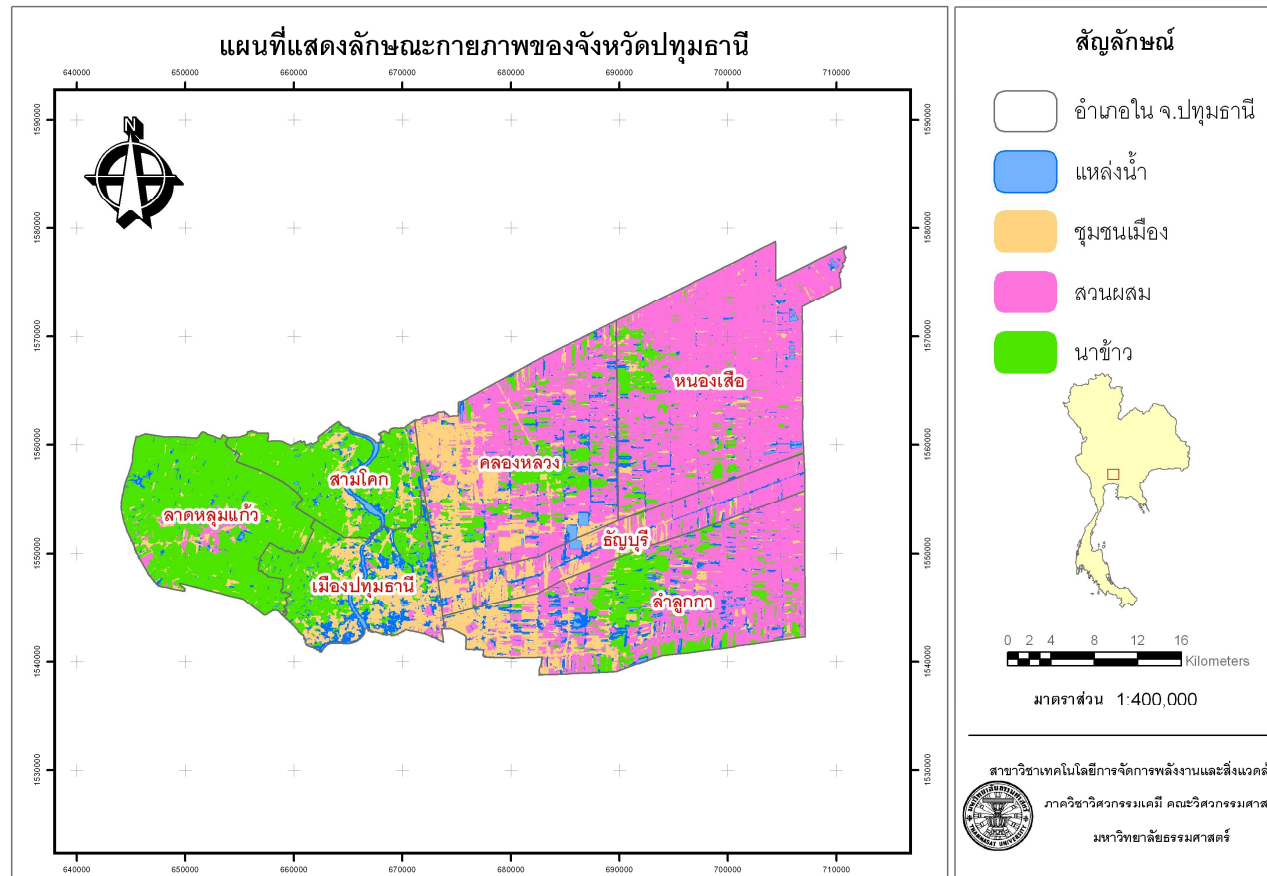
3.1.2 ลักษณะภูมิประเทศ

พื้นที่ส่วนใหญ่ของจังหวัดปทุมธานีเป็นพื้นที่ราบลุ่มริมสองฝั่งแม่น้ำเจ้าพระยาไหลผ่านกลางจังหวัดในเขตอำเภอเมืองปทุมธานีและอำเภอสสามโคก ทำให้พื้นที่ของจังหวัดปทุมธานีถูกแบ่งออกเป็นสองส่วน คือ ฝั่งตะวันตกของจังหวัดหรือบนฝั่งขวาของแม่น้ำเจ้าพระยา ได้แก่ พื้นที่ในเขตอำเภอลาดหลุมแก้วและพื้นที่บางส่วนของเขตอำเภอเมืองและอำเภอสสามโคก กับส่วนฝั่งตะวันออกของจังหวัดหรือบนฝั่งซ้ายของแม่น้ำเจ้าพระยา ได้แก่ พื้นที่อำเภอเมืองบางเมือง อำเภอธัญบุรี อำเภอลองหลวงอำเภอหนองเสือ อำเภอลำลูกกา และบางส่วนของอำเภอสสามโคก

โดยปกติระดับน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยาในฤดูฝนจะเพิ่มสูงขึ้นเฉลี่ยประมาณ 50 เซนติเมตร ซึ่งทำให้เกิดภาวะน้ำท่วมในบริเวณพื้นที่ราบริมฝั่งแม่น้ำเจ้าพระยาเป็นบริเวณกว้างและก่อให้เกิดปัญหาอุทกภัยในพื้นที่ที่ฝั่งขวาของแม่น้ำเจ้าพระยา สำหรับพื้นที่ทางฝั่งซ้ายของแม่น้ำเจ้าพระยานั้น เนื่องจากประกอบด้วยคลองที่ถูกแบ่งซอยออกไปเป็นคลองชลประทานจำนวนมาก ซึ่งสามารถควบคุมจำนวนปริมาณน้ำได้ทำให้ปัญหาเกี่ยวกับอุทกภัยมีน้อยกว่าฝั่งขวาของแม่น้ำเจ้าพระยา ดังแสดงในภาพที่ 3.2

ภาพที่ 3.2

แผนที่แสดงลักษณะกายภาพของจังหวัดปทุมธานี



3.1.3 การคมนาคมขนส่ง

จังหวัดปทุมธานีมีเส้นทางคมนาคมขนส่งทางบกเป็นเส้นทางหลัก ซึ่งมีทั้งทางรถยนต์ ทางรถไฟและทางน้ำ โดยการเดินทางโดยรถยนต์จะมีความสะดวกที่สุด ซึ่งมีโครงข่ายเชื่อมโยงกับพื้นที่ภายนอก ส่วนการคมนาคมทางน้ำซึ่งเป็นเส้นทางหลักในอดีตนั้น ไม่ค่อยได้รับความนิยมนับปัจจุบัน เนื่องจากใช้เวลาในการเดินทางมาก และไม่สะดวก เนื่องจากบางระยะทางจะตื้นเขินหรือมีผักตบชวาขึ้นเต็มลำน้ำ

เส้นทางการคมนาคมขนส่งทางบกสายหลักในจังหวัดปทุมธานี มีหน่วยงานที่ดูแลรับผิดชอบคือ กรมทางหลวงชนบท กระทรวงคมนาคม ซึ่งจากการศึกษาระยะทางของเส้นทางคมนาคมขนส่ง พบว่า เส้นทางคมนาคมขนส่งในจังหวัดปทุมธานีสามารถแบ่งออกประเภทของถนนได้เป็น 3 ประเภท โดยมีระยะรวมทั้งสิ้น 428.150 กิโลเมตร ซึ่งถนนลาดยางขนาด 2 เลน จะมีระยะทางยาวที่สุด มีระยะทางรวมทั้งสิ้น 384.16 กิโลเมตร รองลงมาเป็นถนนลูกรังมีระยะทางรวมทั้งสิ้น 37.116 กิโลเมตร และสุดท้ายคือถนนคอนกรีต ซึ่งระยะทางรวมทั้งสิ้น 12.586 กิโลเมตร ดังแสดงไว้ในตารางที่ 3.2 และภาพที่ 3.3

ตารางที่ 3.2

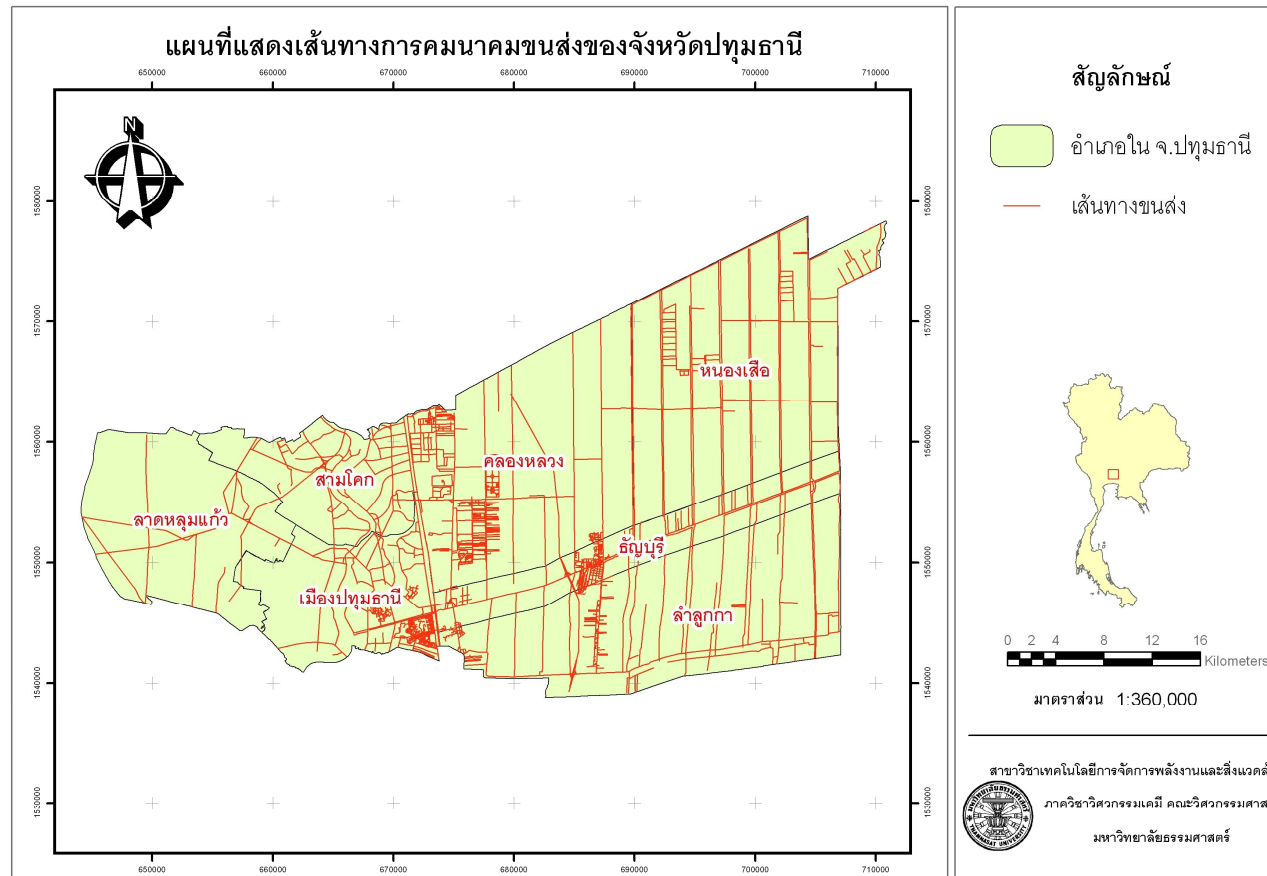
ระยะทางของเส้นทางการคมนาคมในจังหวัดปทุมธานี

ลำดับ	หน่วยงานรับผิดชอบ	ระยะทางจริง (กิโลเมตร)				สะพาน (แห่ง)
		คอนกรีต	ลาดยาง	ลูกรัง	รวม	
1	ทางหลวงแผ่นดิน	NA	NA	NA	NA	NA
2	ทางหลวงชนบท	12.586	384.741	37.116	428.150	57

ที่มา : สำนักงานทางหลวงที่ 1(ปทุมธานี) กรมทางหลวงชนบท ข้อมูล พ.ศ. 2551

ภาพที่ 3.3

แผนที่แสดงเส้นทางการคมนาคมขนส่งของจังหวัดปทุมธานี



3.1.4 การไฟฟ้า

จังหวัดปทุมธานีมีสำนักงานการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคตั้งอยู่ 3 แห่ง คือ สำนักงานการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคจังหวัดปทุมธานี สำนักงานการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคอำเภอธัญบุรี และสำนักงานการไฟฟ้าส่วนภูมิภาครังสิต โดยมีพื้นที่การรับผิดชอบ ดังนี้

- สำนักงานการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคจังหวัดปทุมธานี รับผิดชอบพื้นที่ อำเภอเมืองปทุมธานี บริเวณฝั่งตะวันตกของแม่น้ำเจ้าพระยา อำเภอลาดหลุมแก้ว และอำเภอสามโคก

- สำนักงานการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคธัญบุรี รับผิดชอบพื้นที่ อำเภอธัญบุรี อำเภอลำลูกกา และอำเภอหนองเสือ และมีพื้นที่ของอำเภอคลองหลวงบางส่วน ซึ่งสำนักงานการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคธัญบุรี จะมีสถานจ่ายไฟย่อย คือ สถานีจ่ายไฟธัญบุรี สถานีจ่ายไฟลำลูกกา สถานีจ่ายไฟองครักษ์ และสถานีจ่ายไฟรังสิตใต้

- สำนักงานการไฟฟ้าส่วนภูมิภาครังสิต รับผิดชอบพื้นที่ อำเภอคลองหลวง ปัจจุบันสามารถให้บริการจำหน่ายไฟฟ้าได้จำนวน 164,346 ราย ซึ่งครอบคลุมทั้งจังหวัด และมีแผนงานเชื่อมโยงและปรับปรุงระบบจำหน่ายไฟฟ้าระบบ 22 กิโลโวลต์

โดยสามารถให้การบริการไฟฟ้าครอบคลุมพื้นที่ทั้งจังหวัด แต่ด้วยการขยายทางด้านเศรษฐกิจของที่อยู่อาศัย และการพาณิชยกรรมต่างๆ ทำให้มีอุปสงค์ของไฟฟ้าที่มีเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ส่งผลให้บางพื้นที่ยังคงไม่มีไฟฟ้าใช้อย่างเพียงพอ และเกิดปัญหาไฟฟ้าตกและดับในบางพื้นที่ จากข้อมูลด้านการไฟฟ้าของการสำรวจฐานข้อมูล กชช2ค. ของจังหวัดปทุมธานี ดังแสดงไว้ในตารางที่ 3.3 แสดงให้เห็นว่า พื้นที่ในเขตอำเภอลำลูกกา มีครัวเรือนที่ยังไม่มีไฟฟ้าใช้สูงสุดจำนวน 212 ครัวเรือน รองลงมา คือ อำเภอเมืองปทุมธานีและอำเภอคลองหลวง ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 3.4

ตารางที่ 3.3

ข้อมูลด้านการไฟฟ้าจากการสำรวจฐานข้อมูล กชช2ค. ของจังหวัดปทุมธานี

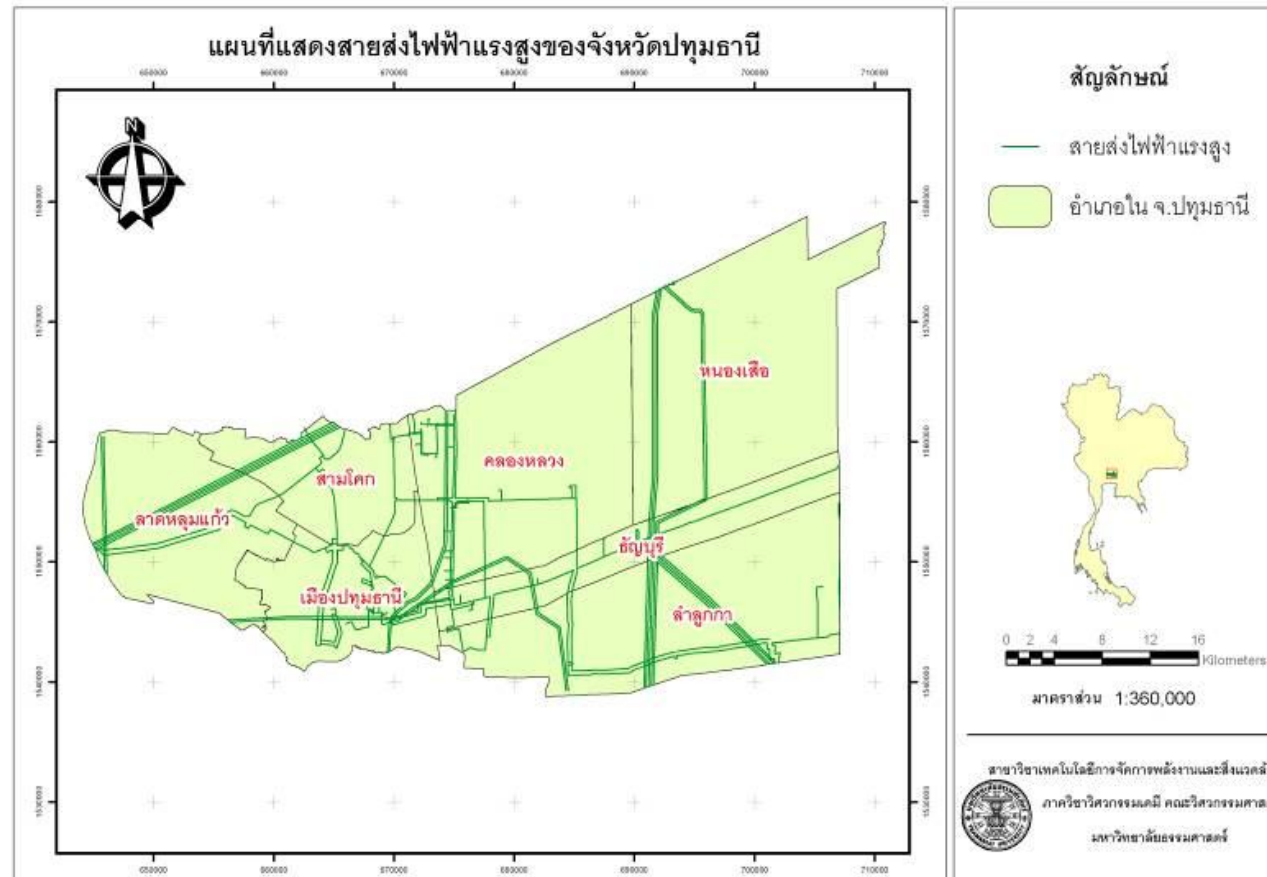
อำเภอ	จำนวนครัวเรือน		
	ครัวเรือนทั้งหมด	ที่มีไฟฟ้าใช้	ไม่มีไฟฟ้าใช้
เมืองปทุมธานี	28,520	28,375	145
คลองหลวง	11,749	11,607	142
ธัญบุรี	4,081	4,073	8
หนองเสือ	8,024	7,892	132
ลาดหลุมแก้ว	9,001	8,885	116
ลำลูกกา	18,932	18,720	212
สามโคก	6,166	6,068	98
รวม	86,473	85,620	853

หมายเหตุ : กชช2ค. หมายถึง ข้อมูลพื้นฐานด้านเศรษฐกิจและสังคมระดับหมู่บ้าน

ที่มา : จากคณะกรรมการพัฒนาชนบทแห่งชาติ ข้อมูล พ.ศ. 2551

ภาพที่ 3.4

แผนที่แสดงสายส่งไฟฟ้าแรงสูงของจังหวัดปทุมธานี



3.1.5 การใช้ที่ดินเพื่อการเพาะปลูกพืชชีวมวล

จังหวัดปทุมธานีเป็นจังหวัดที่มีพื้นที่เพาะปลูกทางการเกษตรมากเป็นอันดับหนึ่งของภูมิภาคในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล และเมื่อพิจารณาความหลากหลายของวัสดุเหลือใช้จากภาคการเกษตรมีเพียง 2 ชนิด คือ ฟางข้าว และแกลบ ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ในเบื้องต้น จังหวัดปทุมธานีมีศักยภาพในการประยุกต์วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรให้เป็นพลังงานทดแทน ดังแสดงไว้ในตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4

ปริมาณชีวมวลคงเหลือในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล

ภาค	จังหวัด	ชีวมวล	ปริมาณ (Ton)	ปริมาณ (kTOE)
กรุงเทพและเขตปริมณฑล	กรุงเทพมหานคร	ฟางข้าว	45,343.42	13.25
		แกลบ	24,291.12	7.10
		รวม	69,634.54	20.35
	นนทบุรี	ฟางข้าว	70,200.15	20.51
		แกลบ	37,607.22	10.98
		รวม	107,807.37	31.49
	ปทุมธานี	ฟางข้าว	164,612.96	48.10
		แกลบ	88,185.51	25.76
		รวม	252,798.47	73.86
	สมุทรปราการ	ฟางข้าว	18,858.34	5.51
		แกลบ	10,102.68	2.95
		รวม	28,961.02	8.46
รวมทั้งหมด			459,201.400	134.16

หน่วย : KTOE (Kiloton of Oil Equivalent) เท่ากับ 1,000,000 ลิตรน้ำมันดิบ

ที่มา : ปริมาณชีวมวลคงเหลือรายจังหวัด พ.ศ.2549 ศูนย์ส่งเสริมพลังงานชีวมวล มูลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม “ข้อมูลชีวมวล” www.effe.or.th

การใช้ที่ดินเพื่อทำการเกษตรกรรมของจังหวัดปทุมธานี พบว่ามีเนื้อที่เพาะปลูก 745.051 ตารางกิโลเมตร โดยพืชเศรษฐกิจหลัก คือ ข้าว ซึ่งมีเนื้อที่ในการเพาะปลูก 456.71 ตารางกิโลเมตร (สำนักงานเกษตรจังหวัดปทุมธานี, 2551) ดังแสดงไว้ในตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5
พื้นที่ทางการเกษตรจังหวัดปทุมธานี

อำเภอ	2547	2548	2549	2550	2551
อำเภอคลองหลวง	148.376	133.382	133.382	101.470	101.014
อำเภอธัญบุรี	21.610	21.141	21.141	22.354	21.787
อำเภอเมืองปทุมธานี	40.752	40.531	40.531	36.970	37.141
อำเภอลาดหลุมแก้ว	169.312	147.930	147.930	131.936	142.816
อำเภอลำลูกกา	202.275	218.787	218.787	174.136	169.805
อำเภอสамโคก	59.032	63.560	63.560	54.883	54.893
อำเภอหนองเสือ	276.254	276.259	276.259	208.224	217.595
รวม	917.611	901.590	901.590	729.973	745.051

หน่วย : ตารางกิโลเมตร (ตร.กม.)

ที่มา : สำนักงานเกษตรจังหวัดปทุมธานี ข้อมูล พ.ศ.2551

จากตารางที่ 3.5 แสดงให้เห็นว่า พื้นที่ทางการเกษตรของจังหวัดปทุมธานี มีแนวโน้มที่จะลดลงไปเรื่อยๆ เนื่องจากการพัฒนาทางด้านที่อยู่อาศัยและการใช้พื้นที่สำหรับโรงงานอุตสาหกรรมเพิ่มมากขึ้น จึงเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้พื้นที่ทางการเกษตรกรรมเหลือน้อยลง

3.2 ขั้นตอนการวิจัย

การดำเนินการวิจัยได้ทำการศึกษาโดยเลือกใช้ข้อมูลทุติยภูมิร่วมกับข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการวิเคราะห์ ซึ่งขั้นตอนการดำเนินการได้นำเสนอ ตามแผนภาพที่ 3.5 โดยอธิบายได้ดังนี้

3.2.1 ทบทวนการศึกษาและวิธีการวิจัย

การศึกษานี้ เป็นการวิจัยเชิงเปรียบเทียบและวิเคราะห์เพื่อหาศักยภาพของพลังงานชีวมวลในพื้นที่ โดยเริ่มจากการรวบรวมข้อมูลที่ได้จากแหล่งทุติยภูมิ เช่น ข้อมูลสถิติ เอกสารทางวิชาการ บทความที่เกี่ยวข้อง เพื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลผ่านกระบวนการนำเสนอโดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ซึ่งสามารถวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ได้ ตลอดจนการศึกษาความเป็นไปได้เชิงเศรษฐศาสตร์ที่ใช้ในการตัดสินใจลงทุนสร้างโรงไฟฟ้า ดังแสดงในภาพที่ 3.5

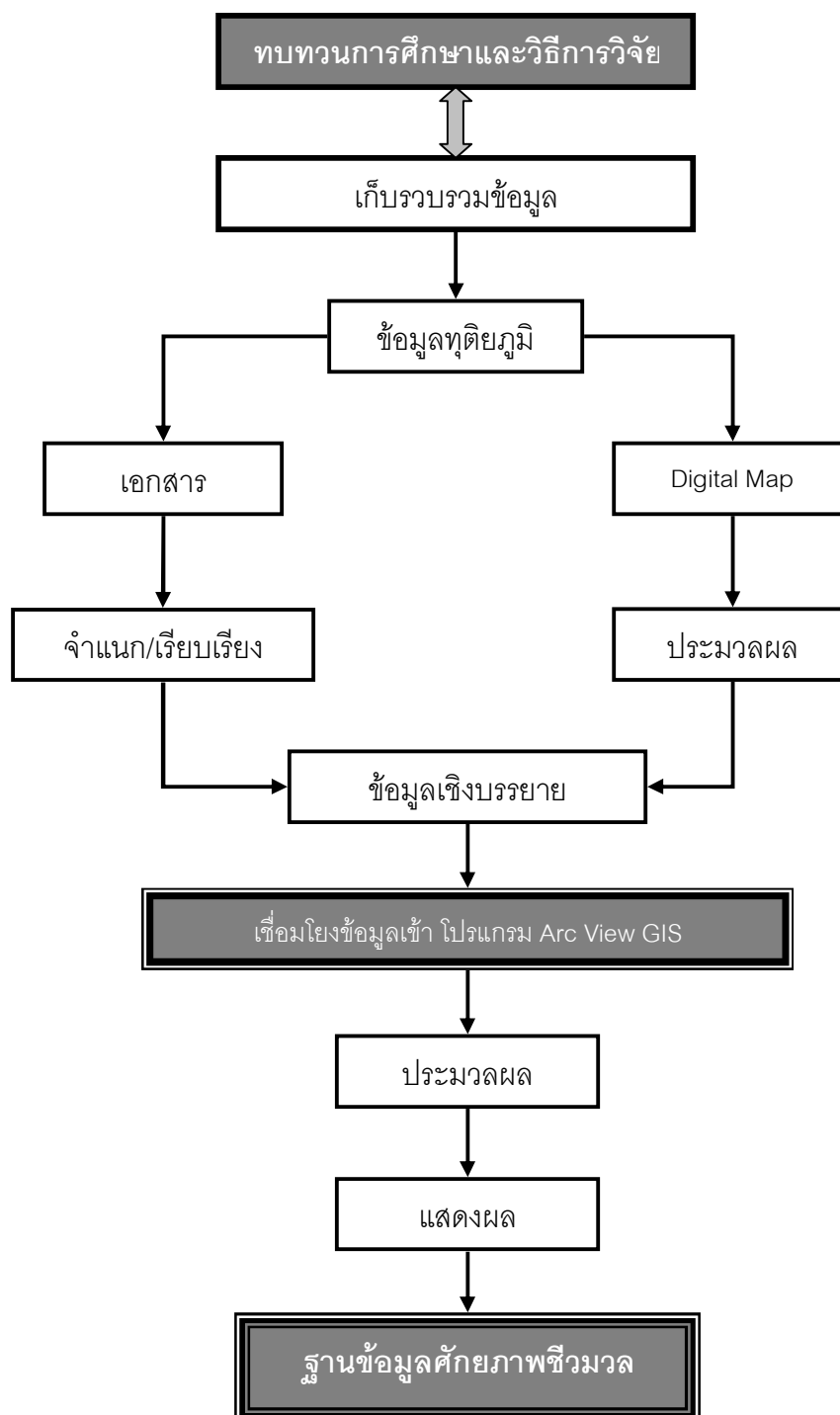
3.2.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อประกอบการศึกษาและประเมินศักยภาพของพลังงานชีวมวลในพื้นที่ ตลอดจนใช้ในการตัดสินใจในการประมวลผลเพื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ โดยประกอบด้วยข้อมูลด้านต่างๆ ดังนี้

1) ข้อมูลในรูปเอกสาร

การดำเนินการรวบรวมข้อมูลถือเป็นประเด็นหลักของการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ เนื่องจากจะต้องนำมาประมวลผลและวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ การเก็บรวบรวมข้อมูลสำหรับงานวิจัยในครั้งนี้ เริ่มจากการดำเนินการเก็บข้อมูลปฐมภูมิ โดยการลงพื้นที่จริงและสำรวจข้อมูลภาคสนาม ซึ่งมีความน่าเชื่อถือ และได้ข้อมูลปฐมภูมิที่ถูกต้อง โดยแหล่งข้อมูลที่ได้มานี้จาก กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน ทำการเก็บรวบรวมจากแหล่งพื้นที่ สำหรับการรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิซึ่งใช้แหล่งข้อมูลทางด้านชีวมวลที่ได้จากรายงานการศึกษาและประเมินศักยภาพของชีวมวลในระดับพื้นที่ ของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน สำนักงานเกษตรจังหวัดปทุมธานีและกรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เพื่อใช้พิจารณาในการลงทุนสำหรับผลิตไฟฟ้า

ภาพที่ 3.5
ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย



2) ข้อมูลที่อยู่ในรูป Digital Map

ข้อมูลที่อยู่ในรูป Digital Map เป็นข้อมูลที่สามารถนำมาประมวลผลข้อมูลด้วยโปรแกรม Arc view GIS เพื่อใช้แสดงผลการใช้งานในรูปแบบแผนที่ ซึ่งได้รับความอนุเคราะห์จากหน่วยงานที่มีความน่าเชื่อถือ ดังตารางที่ 3.6

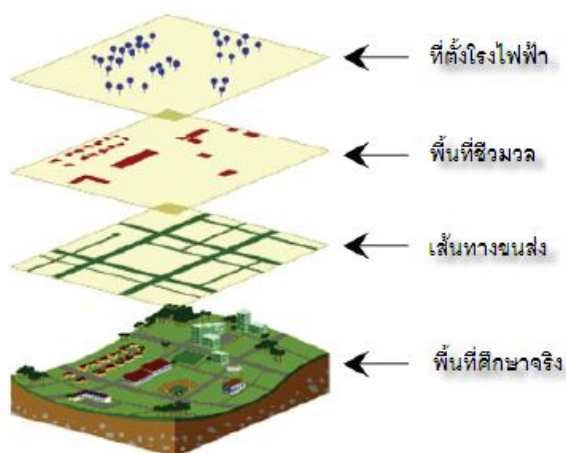
ตารางที่ 3.6 แหล่งข้อมูล Digital Map สำหรับประมวลผลข้อมูลด้วยโปรแกรม Arc view GIS

ลำดับ	ข้อมูล Digital Map	แหล่งที่มา
1	แผนที่ขอบเขตการปกครอง แผนที่การใช้ที่ดินเพื่อการเกษตร	กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
2	แผนที่เส้นทางคมนาคม	กรมทางหลวงชนบท กระทรวงคมนาคม
3	แผนที่สายส่งไฟฟ้าแรงสูง	การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

การทบทวนเอกสารเพื่อใช้เป็นแนวทางในการวิจัย ตลอดจนการเก็บรวบรวมข้อมูล การเชื่อมโยงข้อมูล Digital Map และแสดงผล จนกลายเป็นฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ ที่ได้จากการวางซ้อนข้อมูลเชิงบรรยายกับข้อมูลเชิงพื้นที่ ดังแสดงในภาพที่ 3.6 ซึ่งผลจากการวิเคราะห์และประมวลผล ได้อาศัยสมการทางคณิตศาสตร์ โดยอธิบายไว้ในหัวข้อ 3.3

ภาพที่ 3.6

การวางซ้อนข้อมูลเชิงบรรยายกับข้อมูลเชิงพื้นที่



3.2.3 การประเมินศักยภาพของชีวมวลโดยข้อมูลระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์

การจัดทำฐานข้อมูลสำหรับประเมินศักยภาพของชีวมวลโดยใช้ข้อมูลระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์เชื่อมโยงกับข้อมูลแผนที่เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของชีวมวลสำหรับการผลิตกระแสไฟฟ้า ซึ่งปริมาณแหล่งสะสมชีวมวลที่กระจายภายในพื้นที่จังหวัดปทุมธานีแสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ในการจัดตั้งโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก แต่เนื่องจากจังหวัดปทุมธานีมีปริมาณชีวมวลและศักยภาพเชิงภูมิศาสตร์มากเป็นอันดับหนึ่งของพื้นที่ในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล อีกทั้งขอบเขตในการศึกษานี้ยังมีความเหมาะสมในการจัดตั้งโรงไฟฟ้าและการดำเนินการสายส่งกระแสไฟฟ้า รวมไปถึงลักษณะทางด้านกายภาพเชิงภูมิศาสตร์ของจังหวัดปทุมธานีเป็นพื้นที่ราบลุ่ม เหมาะสำหรับการดำเนินการจัดตั้งระบบสายส่งไฟฟ้าไปยังพื้นที่มืออยู่ห่างไกลได้อีกด้วย

ระบบการประเมินปริมาณชีวมวลในแต่ละปี สำหรับวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในการวิเคราะห์ศักยภาพของชีวมวลในพื้นที่ต้องกำหนดระดับพื้นที่ที่มีปริมาณชีวมวลสะสมอยู่ ซึ่งสามารถหาความเป็นไปได้ทางด้านสถิติของผลผลิตทางการเกษตรเฉลี่ยที่เกิดขึ้นในแต่ละปีได้

จากอัตราส่วนชีวมวลต่อผลผลิต (Residue ratio) นั่นคือ สัดส่วนระหว่างชีวมวลที่เกิดขึ้นหลังจากการเก็บเกี่ยวหรือแปรรูปต่อผลผลิต ตัวอย่างเช่น

- 1) ในการเกี่ยวข้าว 1 ไร่ ได้ข้าวเปลือก 800 กิโลกรัม ฟางข้าว 390 กิโลกรัม และตอซังซึ่งอยู่ในดินอีกจำนวนหนึ่ง ดังนั้นอัตราส่วนชีวมวลของฟางข้าวต่อข้าวเปลือกเท่ากับ $390/800 = 0.49$ หรือ 49%
- 2) ข้าวเปลือก 1,000 กิโลกรัม ถูกสีเป็นข้าวสารได้ 540 กิโลกรัม ปลายข้าว 130 กิโลกรัม รำข้าว 110 กิโลกรัม และแกลบ 220 กิโลกรัม ดังนั้นอัตราส่วนชีวมวลของแกลบต่อข้าวเปลือกเท่ากับ $220/1,000 = 0.22$ หรือ 22% ซึ่งเมื่อพิจารณาในการเกี่ยวข้าว 1 ไร่ จะได้ข้าวเปลือก 800 กิโลกรัมและแกลบจากการสีข้าว 176 กิโลกรัม (ศูนย์ส่งเสริมพลังงานชีวมวล, 2549)

ทั้งนี้อัตราส่วนชีวมวลต่อผลผลิตนี้จะมีค่าแปรผันเล็กน้อย ซึ่งขึ้นอยู่กับพันธุ์พืช เช่น อัตราส่วนแกลบต่อข้าวหอมมะลิจะแตกต่างจากข้าวภาคกลางเล็กน้อย วิธีการเก็บเกี่ยวก็เช่นเดียวกัน จะทำให้อัตราส่วนของฟางข้าวที่ได้จากการเก็บเกี่ยวด้วยมือจะต่างจากการใช้รถเกี่ยวข้าว

การพิจารณาปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้สำหรับผลิตไฟฟ้า (Fuel supply) โดยได้จากการคำนวณหาอัตราส่วนชีวมวลต่อผลผลิต (Residue ratio) และจากความหนาแน่นของชีวมวลต่อพื้นที่ (Annual fuel availability density) ซึ่งสามารถคำนวณปริมาณชีวมวลได้จากสมการที่ (3.1)

$$Q = F \times A \quad (3.1)$$

โดยที่ ; F = ความหนาแน่นของชีวมวลต่อพื้นที่ (ton/km²·year)
 A = พื้นที่ชีวมวลทั้งหมด (km²)
 Q = ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้า (ton/year)

จากผลการคำนวณหาปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้า สามารถนำมาหาค่าพลังงานความร้อนที่นำเข้าสู่ระบบ (Heat input) ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (3.2)

$$Q \times LHV = \text{Heat input} \quad (3.2)$$

โดยที่ ; Q = ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้า (ton/year)
 LHV = ค่าพลังงานความร้อนต่ำสุด (MJ/ton)
 Heat input = ค่าพลังงานความร้อนที่นำเข้าสู่ระบบ (MJ/year)

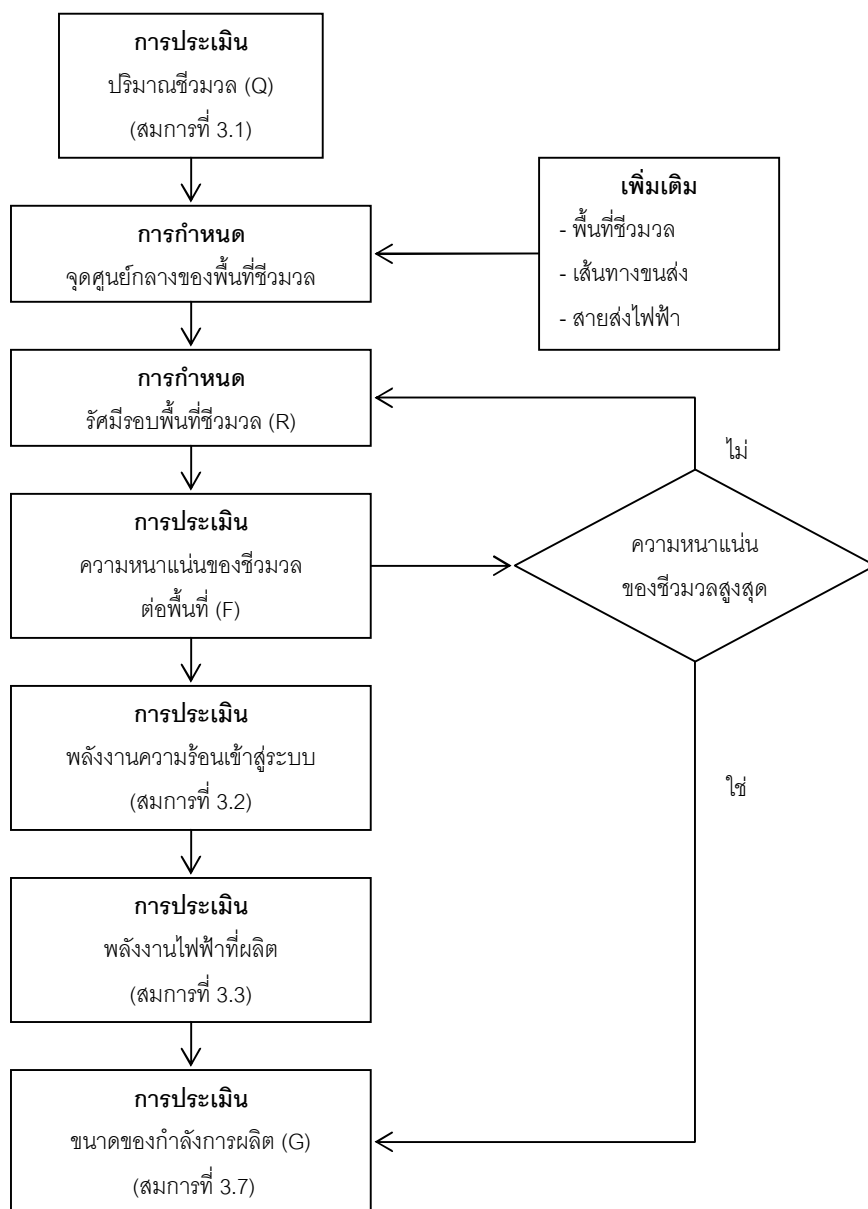
ค่าพลังงานความร้อนที่นำเข้าสู่ระบบ (Heat input) ที่คำนวณได้ สามารถนำมาหาค่าพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ (Electricity output) ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (3.3)

$$\text{Electricity Output} = \text{Heat input} \times \text{Conversion factor} \times \eta_e \quad (3.3)$$

โดยที่ ; $\text{Electricity Output}$ = ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากระบบ (MWh/year)
 Heat input = ค่าพลังงานความร้อนที่นำเข้าสู่ระบบ (MJ/year)
 Conversion factor = ตัวแปรในการแปรหน่วย เท่ากับ $\frac{1MWh}{3600MJ}$
 η_e = ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้า (%)

ภาพที่ 3.7

ขั้นตอนในการดำเนินงานสำหรับประเมินปริมาณชีวมวลเพื่อกำหนดกำลังการผลิตของโรงไฟฟ้า

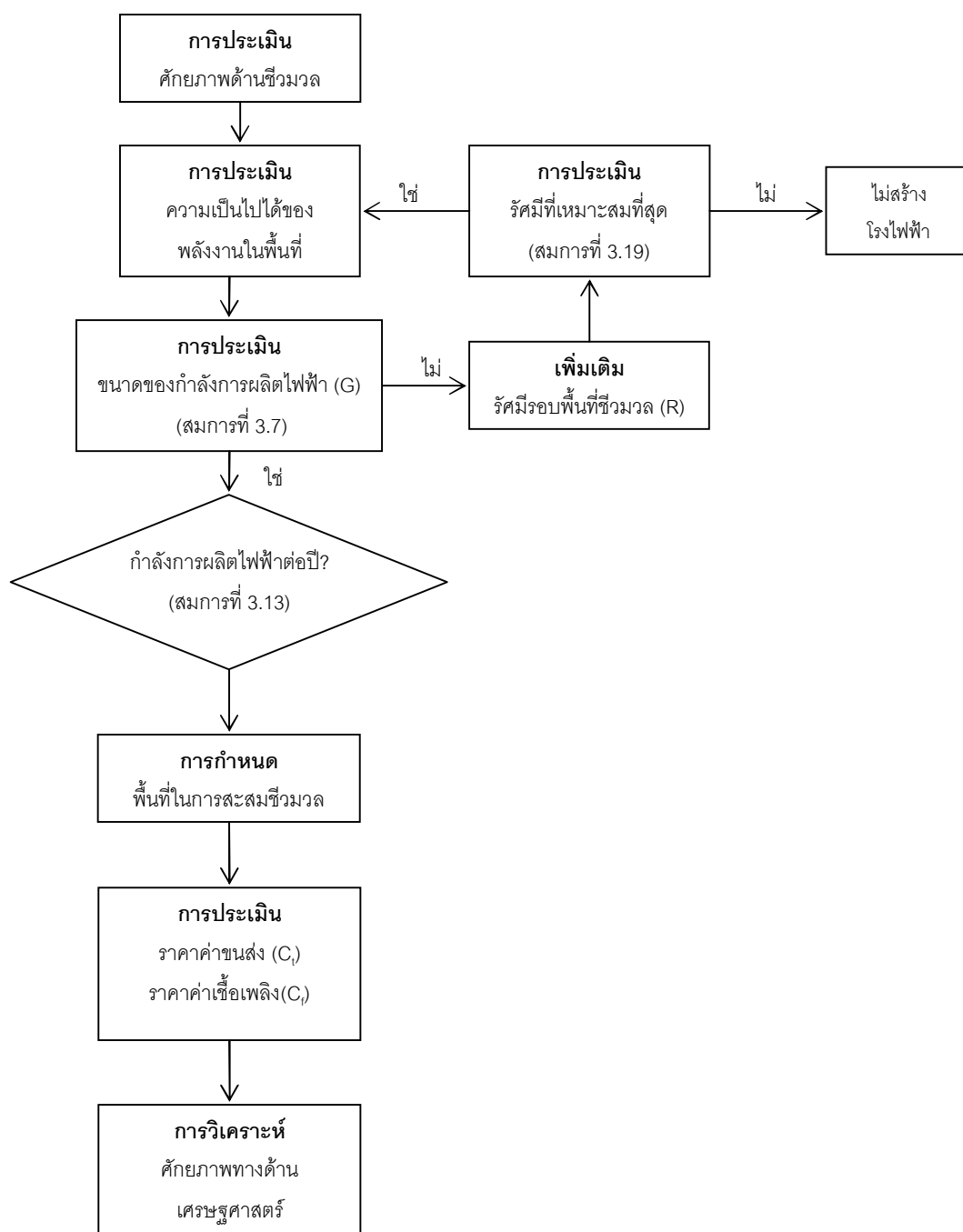


สำหรับการประเมินปริมาณชีวมวลเพื่อกำหนดกำลังการผลิตของโรงไฟฟ้า โดยการประเมินความเป็นได้ของชีวมวลสำหรับใช้เป็นวัตถุดิบให้แก่โรงไฟฟ้า ดังแสดงในภาพที่ 3.7 ซึ่งในแต่ละขั้นตอนของวิธีการดำเนินงานสามารถอธิบายได้ดังนี้

- การประเมินปริมาณชีวมวล โดยเริ่มจากการพิจารณาปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้สำหรับผลิตไฟฟ้า ซึ่งได้จากสมการทางคณิตศาสตร์ที่ระบุไว้ในสมการที่ 3.1 โดยแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของชีวมวลต่อพื้นที่กับพื้นที่ชีวมวลทั้งหมด
- การกำหนดจุดศูนย์กลางของพื้นที่ชีวมวล เพื่อเลือกที่ตั้งของโรงไฟฟ้าโดยได้กำหนดเกณฑ์ในการตัดสินใจจากพื้นที่ชีวมวลที่มีความหนาแน่นของชีวมวลสูงสุด เส้นทางขนส่งและสายส่งไฟฟ้าที่ใกล้ที่ตั้งโรงไฟฟ้ามากที่สุด ซึ่งจะทำให้ที่ตั้งโรงไฟฟ้ามีความเหมาะสมสูงสุด โดยอาศัยข้อมูลที่อยู่ในรูป Digital Map (ดังตาราง 3.6) และประมวลผลข้อมูลด้วยโปรแกรม Arc view GIS
- การกำหนดรัศมีรอบพื้นที่ชีวมวล เพื่อสร้างขอบเขตของแหล่งสะสมชีวมวลและสามารถพิจารณาหาความหนาแน่นของชีวมวลในพื้นที่สูงสุด
- การประเมินความหนาแน่นของชีวมวลต่อพื้นที่ เนื่องจากความหนาแน่นของชีวมวลในพื้นที่ไม่ได้แปรผันตามรัศมี ดังนั้น จึงจำเป็นต้องวิเคราะห์หารัศมีที่เหมาะสมโดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มาทำการประเมินความหนาแน่นของชีวมวลที่เหมาะสมสูงสุด เพื่อจะได้ทราบขนาดของกำลังการผลิตของโรงไฟฟ้าต่อไป
- การประเมินพลังงานความร้อนเข้าสู่ระบบ ซึ่งพิจารณาจากปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้าและค่าพลังงานความร้อนต่ำสุด โดยได้จากสมการคณิตศาสตร์ที่ระบุไว้ในสมการที่ 3.2
- การประเมินพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ ซึ่งได้แสดงความสัมพันธ์ของค่าพลังงานความร้อนที่นำเข้าสู่ระบบกับประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้า ดังแสดงไว้ในสมการคณิตศาสตร์ที่ระบุไว้ในสมการที่ 3.3 ซึ่งทำให้ทราบถึงพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากโรงไฟฟ้าที่มาจากปริมาณชีวมวลสูงสุดในพื้นที่
- การประเมินขนาดของกำลังการผลิต หลังจากการพิจารณารัศมีรอบพื้นที่ชีวมวลที่เหมาะสมและความหนาแน่นของชีวมวลสูงสุดในพื้นที่แล้ว จะทำให้ทราบขนาดของกำลังการผลิต เพื่อใช้ในการพิจารณาขนาดกำลังการผลิตต่อไปได้ต่อไป

ภาพที่ 3.8

ขั้นตอนในการวิเคราะห์ศักยภาพทางด้านเศรษฐศาสตร์



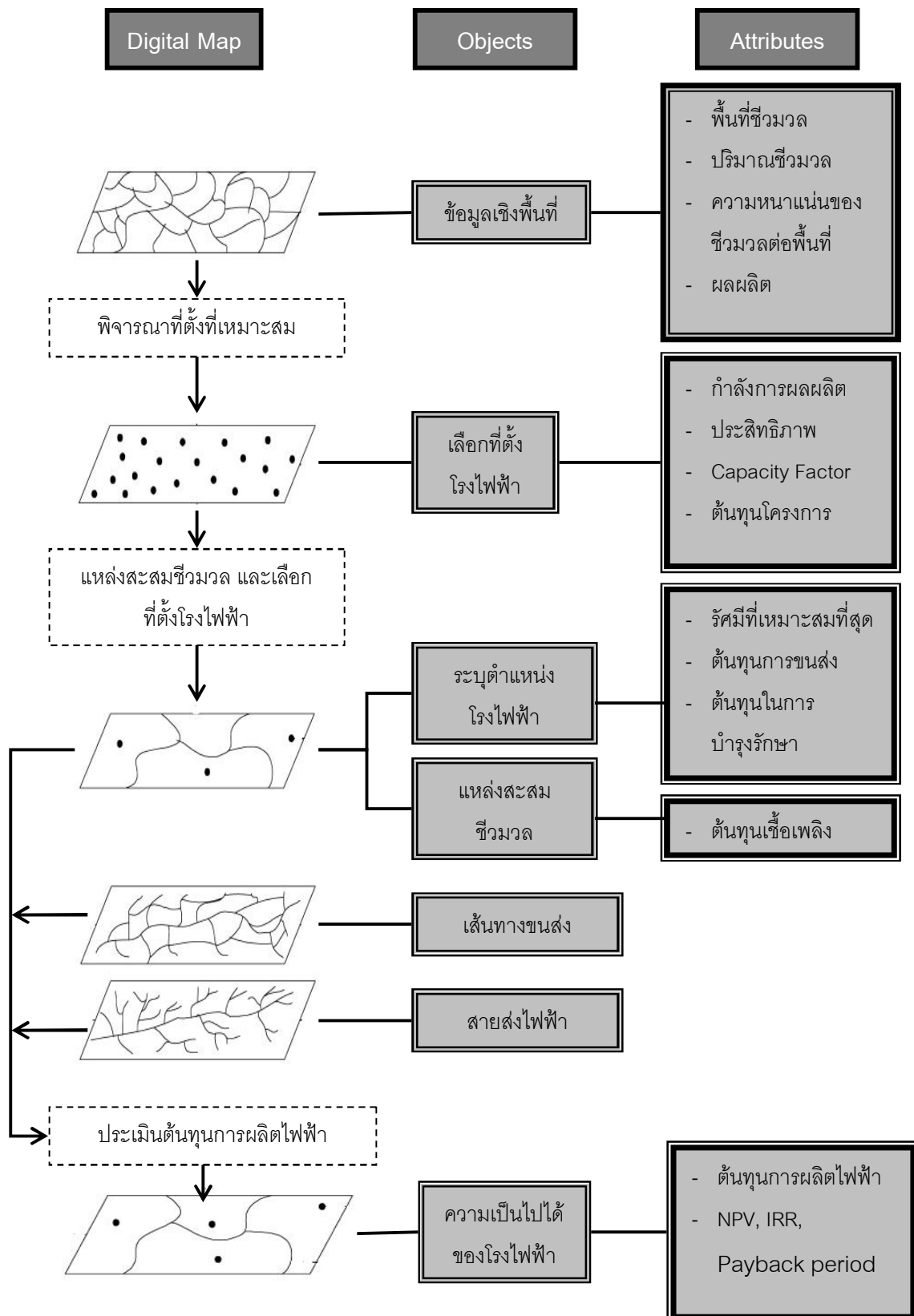
ที่มา : ดัดแปลงจาก Voivontas et al. (2000)

สำหรับขั้นตอนในการวิเคราะห์ศักยภาพทางด้านเศรษฐศาสตร์ โดยเริ่มต้นจากการประเมินศักยภาพด้านชีวมวล เพื่อวิเคราะห์ถึงความเป็นไปได้ของพลังงานในพื้นที่ที่ใช้ในการประเมินต้นทุนการผลิต ซึ่งทำให้ทราบถึงความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์เบื้องต้น ดังแสดงในภาพที่ 3.8 ในแต่ละขั้นตอนของวิธีการดำเนินงานสามารถอธิบายได้ดังนี้

- การประเมินความเป็นไปได้ของพลังงานในพื้นที่ โดยจะประเมินขนาดของกำลังการผลิตไฟฟ้า ที่มีผลต่อความเป็นไปได้ของพลังงานในพื้นที่ ว่ามีความเหมาะสมที่จะจัดตั้งโรงไฟฟ้าหรือไม่ ทั้งนี้ย่อมรวมไปถึงรัศมีรอบพื้นที่ชีวมวลอีกด้วย
- การประเมินขนาดของกำลังการผลิตไฟฟ้า จะเป็นตัวแปรสำคัญในการตัดสินใจของปัญหานี้ ซึ่งส่งผลต่อการพิจารณาที่ตั้งโรงไฟฟ้าที่เหมาะสม เนื่องจากรัศมีที่เหมาะสมสำหรับเก็บรวบรวมชีวมวล จะสามารถพิจารณาความเหมาะสมในการจัดตั้งโรงไฟฟ้าได้หรือไม่
- กำลังการผลิตไฟฟ้าต่อปี สำหรับปริมาณชีวมวลเฉลี่ยประจำปีในพื้นที่ย่อมส่งผลต่อกำลังการผลิตไฟฟ้า ซึ่งใช้ในการผลิตไฟฟ้าให้ได้ตามขนาดของกำลังการผลิตไฟฟ้า โดยขนาดของกำลังการผลิตไฟฟ้าจะแปรผันตามกำลังการผลิตไฟฟ้าต่อปี ดังแสดงไว้ในสมการคณิตศาสตร์ที่ระบุไว้ในสมการที่ 3.13
- การกำหนดพื้นที่ในการสะสมชีวมวล จะต้องพิจารณาถึงรัศมีที่ครอบคลุมแหล่งชีวมวล (R) และความหนาแน่นของชีวมวลต่อพื้นที่ (F) ซึ่งจะใช้ในการประเมินหาราคาค่าขนส่งและราคาค่าเชื้อเพลิงได้ต่อไป
- การประเมินราคาค่าขนส่งและราคาค่าเชื้อเพลิง เมื่อทราบตัวแปรจากการกำหนดพื้นที่ในการสะสมชีวมวลแล้ว การประเมินต้นทุนจากการผลิตไฟฟ้าว่ามีความคุ้มค่าในการลงทุนหรือไม่ จำเป็นต้องใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อใช้ในการตัดสินใจจากต้นทุนในการผลิตไฟฟ้า ดังแสดงในสมการที่ 3.9 และ 3.10
- การวิเคราะห์ศักยภาพทางด้านเศรษฐศาสตร์ เมื่อประเมินต้นทุนจากการผลิตไฟฟ้าและตัวแปรต่างๆ จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์แล้ว การวิเคราะห์ศักยภาพทางด้านเศรษฐศาสตร์เบื้องต้นจำเป็นต้องพิจารณา มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV), อัตราผลตอบแทนการลงทุน (IRR), ระยะเวลาการคืนทุน (Payback period) และอัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (Benefit Cost Ratio: B/C)

ภาพที่ 3.9

การวิเคราะห์ข้อมูลพลังงานชีวมวลภายใต้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์



สำหรับขั้นตอนในการวิเคราะห์ข้อมูลพลังงานชีวมวลภายใต้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ สามารถแสดงรายละเอียดที่เกี่ยวข้องภายใต้โครงสร้างในการวิเคราะห์ข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ดังแสดงในภาพที่ 3.9 ซึ่งความเหมาะสมของฐานข้อมูล ได้ถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ โดยเริ่มต้นจากการสำรวจข้อมูลทางด้านสถิติที่ได้ ซึ่งสามารถอธิบายในแต่ละขั้นตอนของวิธีการดำเนินการได้ดังนี้

- ข้อมูลเชิงพื้นที่ โดยเริ่มศึกษาความเป็นไปได้ในพื้นที่จากแหล่งสะสมชีวมวล ซึ่งพิจารณาเป็นกลุ่มพื้นที่จากความหนาแน่นของชีวมวลต่อพื้นที่โดยใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ทำการประเมินศักยภาพและนำเสนอความเป็นไปได้เพื่อใช้ในการวิเคราะห์จากผลผลิตที่เกิดขึ้น
- การเลือกที่ตั้งโรงไฟฟ้า โดยเริ่มจากการจัดตั้งโรงไฟฟ้าที่มีพื้นที่ตั้งอยู่ศูนย์กลางของพื้นที่ โดยวิเคราะห์จากความหนาแน่นของชีวมวลในแต่ละพื้นที่ ซึ่งพื้นที่ที่มีความหนาแน่นของชีวมวลสูงสุดที่เกิดขึ้นภายในจังหวัดปทุมธานี จะเป็นที่ตั้งโรงไฟฟ้าที่เหมาะสมที่สุด
- การระบุตำแหน่งโรงไฟฟ้าจากแหล่งสะสมชีวมวลที่มีความหนาแน่นสูงสุด เพื่อใช้ในการตัดสินใจหาความเหมาะสมทางด้านราคาของต้นทุนรวมที่ต่ำสุด ซึ่งต้องพิจารณากระบวนการผลิต การขนส่ง การจัดซื้อชีวมวล และต้นทุนในการลงทุนของโครงการ ดังนั้น เพื่อให้ได้กำไรสูงสุด ต้นทุนที่ลงทุนจะต้องน้อยกว่ารายขาย อีกทั้งเงื่อนไขของปัญหานี้ คือ ข้อจำกัดของแหล่งสะสมชีวมวลในพื้นที่จังหวัดปทุมธานี ที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตพลังงานไฟฟ้าอีกด้วย
- เส้นทางขนส่งและสายส่งไฟฟ้าแรงสูง เมื่อพิจารณาจากราคาขายไฟฟ้าจากการผลิตของโรงไฟฟ้าพลังงานชีวมวล จำเป็นต้องพิจารณาด้านต้นทุนที่เกิดขึ้นจากการขนส่งชีวมวลที่สะสมรอบโรงไฟฟ้าและต้นทุนของการติดตั้งสายส่งไฟฟ้าแรงสูงสายใหม่
- ความเป็นไปได้ของการสร้างโรงไฟฟ้า จะใช้ในการประเมินต้นทุนการผลิตไฟฟ้าว่ามีความคุ้มค่าในการลงทุนหรือไม่ โดยพิจารณาจากความเป็นไปได้เชิงเศรษฐศาสตร์เบื้องต้น ซึ่งได้แก่ การหามูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value) อัตราผลตอบแทนการลงทุน (Internal rate of return) การหาระยะเวลาการคืนทุน (Payback period) และอัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (Benefit Cost

Ratio: B/C) รวมทั้งการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของตัวแปร (Sensitivity Analysis) ที่มีต่อค่า NPV

3.3 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อใช้ในการตัดสินใจหาที่ตั้งและขนาดของโรงไฟฟ้าที่เหมาะสม โดยกำหนดเป้าหมายคือ ราคาของต้นทุนในการสร้างโรงไฟฟ้ารวมต่ำสุด ซึ่งต้นทุนในการผลิตไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าพลังงานชีวมวลที่พิจารณา ได้แก่ ต้นทุนในการลงทุนโครงการ ต้นทุนค่าดำเนินการและบำรุงรักษา ต้นทุนในการรับซื้อชีวมวลและต้นทุนในการขนส่ง เป็นต้น สำหรับเงื่อนไขจำกัดของปัญหานี้ คือ ข้อจำกัดของแหล่งสะสมชีวมวลในพื้นที่จังหวัดปทุมธานี ที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตพลังงานไฟฟ้า โดยจะต้องอาศัยหลักการทางเศรษฐศาสตร์เบื้องต้นพิจารณา ได้แก่ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) อัตราผลตอบแทนการลงทุน (IRR) และระยะเวลาการคืนทุน (Payback Period) และ อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (Benefit Cost Ratio: B/C)

3.3.1 การกำหนดปัญหา

3.3.1.1 ฟังก์ชันเป้าหมาย (Objective function)

ฟังก์ชันเป้าหมายของปัญหานี้ คือราคาของต้นทุนรวมที่ต่ำสุด ซึ่งต้องพิจารณากระบวนการผลิต การขนส่ง การจัดซื้อ และต้นทุนในการลงทุนของโครงการ ดังนั้น เพื่อให้ได้กำไรสูงสุด ต้นทุนที่ลงทุนจะต้องน้อยกว่ารายขาย โดยฟังก์ชันเป้าหมายสามารถแสดงไว้ดังสมการที่ (3.4)

$$C = C_I + C_M + C_F + C_T - B_E \quad (3.4)$$

เมื่อ	B_E	= ผลกำไรจากการขายพลังงาน (Baht/year)
	C_I	= ต้นทุนในการลงทุนของโครงการ (Baht)
	C_M	= ต้นทุนค่าดำเนินการและบำรุงรักษา (Baht/year)
	C_F	= ต้นทุนค่าเชื้อเพลิงชีวมวล (Baht/year)
	C_T	= ต้นทุนค่าขนส่ง (Baht/year)

ตัวแปรในฟังก์ชันเป้าหมาย (สมการที่ 3.4) สามารถอธิบายได้ดังนี้

1) กำไรจากการผลิตพลังงาน (Energy production benefits)

กำไรประจำปีที่ได้รับจากการขายพลังงานชีวมวลด้วยการแปรรูปพลังงานชีวมวลให้เป็นพลังงานไฟฟ้า ซึ่งสามารถคำนวณค่าผลกำไรที่เกิดจากการขายพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตจากชีวมวลในแต่ละปีได้จากสมการที่ (3.5)

$$B_E = \sum_{i=1}^N [\eta_{th} C_{th} + (1 - \eta_{th}) C_e \eta_e] E_i \quad (3.5)$$

โดยที่ ; η_{th} = ประสิทธิภาพการผลิตความร้อน (%)
 C_{th} = ราคาต่อหน่วยจากการขายพลังงานความร้อน (Baht/MWh)
 η_e = ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้า (%)
 C_e = ราคาต่อหน่วยจากการขายพลังงานไฟฟ้า (Baht/MWh)
 E_i = กำลังการผลิตไฟฟ้าต่อปี (MWh/year)

2) ต้นทุนในการลงทุนโครงการ (Investment cost)

ต้นทุนคงที่จากการลงทุนโครงการเป็นฟังก์ชันกับราคาต้นทุนเริ่มต้นต่อกำลังการผลิต ซึ่งขึ้นอยู่กับขนาดของโรงไฟฟ้า ค่าพลังงานความร้อน และรัศมีของพื้นที่แหล่งสะสมชีวมวล ดังแสดงในสมการที่ (3.6 และ 3.7)

$$C_I = C_i G \quad (3.6)$$

เมื่อ

$$G = \frac{\eta_e \pi R^2 FV}{\gamma T} \quad (3.7)$$

โดยที่ ; G = ขนาดของกำลังการผลิตไฟฟ้า (MW)
 C_i = ต้นทุนต่อหน่วยในการลงทุนของโครงการ (Baht/MW)
 T = เวลาในการผลิตไฟฟ้าต่อปี (hour/year)
 η_e = ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้า (%)
 R = รัศมีที่ครอบคลุมแหล่งชีวมวล (km)

$$\begin{aligned}
 F &= \text{ความหนาแน่นของชีวมวลต่อพื้นที่ (ton/km}^2 \cdot \text{year)} \\
 V &= \text{ค่าพลังงานความร้อนของเชื้อเพลิง (MWh/ton)} \\
 \gamma &= \text{ปัจจัยความจุสุทธิของโรงไฟฟ้า (\%)}
 \end{aligned}$$

3) ต้นทุนค่าดำเนินการและบำรุงรักษา (Annual operation and maintenance cost)

คือต้นทุนแปรผันที่จะเกิดขึ้นรายปี ซึ่งต้นทุนค่าดำเนินการและบำรุงรักษาเกี่ยวข้องกับต้นทุนจากการลงทุน ซึ่งสามารถแสดงได้ดังสมการที่ (3.8)

$$C_M = \alpha C_I \quad (3.8)$$

$$\begin{aligned}
 \text{โดยที่ ; } \alpha &= \text{ร้อยละของค่าดำเนินการและบำรุงรักษาประจำปีที่ได้จากส่วนต่าง} \\
 &\quad \text{ของต้นทุนโครงการ (\%/year)} \\
 C_I &= \text{ต้นทุนในการลงทุนโครงการ (Baht)}
 \end{aligned}$$

4) ต้นทุนค่าเชื้อเพลิงชีวมวล (Annual fuel cost)

ต้นทุนค่าเชื้อเพลิงชีวมวลที่ได้รับจากวัสดุเหลือใช้จากภาคการเกษตรสามารถประเมินการผลิตพลังงานได้ ซึ่งต้นทุนค่าเชื้อเพลิงชีวมวลนี้ สามารถแสดงได้ดังสมการที่ (3.9)

$$C_F = C_f \int_0^R F(2\pi r) dr = \pi R^2 F C_f \quad (3.9)$$

$$\begin{aligned}
 \text{โดยที่ ; } C_f &= \text{ต้นทุนต่อหน่วยของเชื้อเพลิงชีวมวล (Baht/ton)} \\
 F &= \text{ความหนาแน่นของชีวมวลต่อพื้นที่ (ton/km}^2 \cdot \text{year)} \\
 R &= \text{รัศมีที่ครอบคลุมแหล่งชีวมวล (km)}
 \end{aligned}$$

5) ต้นทุนค่าขนส่ง (Annual transportation cost)

ต้นทุนค่าขนส่งชีวมวล เป็นต้นทุนที่เกิดขึ้นเมื่อมีการรับซื้อเชื้อเพลิงชีวมวลเข้าสู่โรงไฟฟ้า ซึ่งสามารถแสดงได้ดังสมการที่ (3.10)

$$C_T = C_t \int_0^R F(2\pi r)(r)dr = \frac{2}{3} \pi R^3 F C_t \quad (3.10)$$

โดยที่ ; C_t = ต้นทุนต่อหน่วยของค่าขนส่ง (Baht/ton/km)

F = ความหนาแน่นของชีวมวลต่อพื้นที่ (ton/km²·year)

R = รัศมีที่ครอบคลุมแหล่งชีวมวล (km)

3.3.1.2 เงื่อนไขจำกัด (Constraint)

เงื่อนไขจำกัดสำหรับปัญหานี้ คือ ข้อจำกัดของแหล่งชีวมวลในพื้นที่จังหวัดปทุมธานี ที่สามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ ดังสมการที่ (3.11)

$$0 \leq Q_i \leq \omega_i x_i \quad i = 1, \dots, N \quad (3.11)$$

โดยที่ ; Q_i = ปริมาณชีวมวลในพื้นที่ศึกษา (ton/year)

X_i = ปริมาณชีวมวลเฉลี่ยประจำปีในพื้นที่แหล่งสะสมชีวมวล

ω_i = ร้อยละสูงสุดของแหล่งสะสมชีวมวลในพื้นที่หนึ่งตารางกิโลเมตร

i = พื้นที่แหล่งสะสมชีวมวลในพื้นที่หนึ่งตารางกิโลเมตร

สำหรับชีวมวลในพื้นที่ศึกษาจะต้องมีปริมาณชีวมวลเฉลี่ยประจำปีในพื้นที่เพียงพอต่อการผลิตไฟฟ้า ซึ่งสามารถผลิตไฟฟ้าได้ตามขนาดของกำลังการผลิตไฟฟ้า โดยเงื่อนไขนี้จะต้องมีความเหมาะสมสูงสุด ดังสมการที่ (3.12 และ 3.13)

$$G = \sum_i LHV_i E \quad i = 1, \dots, N \quad (3.12)$$

เมื่อ

$$E = \gamma GT \quad (3.13)$$

- โดยที่ ; G = ขนาดของกำลังการผลิตไฟฟ้า (MW)
 LHV_i = ค่าความร้อนต่ำสุด (kJ/kg)
 E = กำลังการผลิตไฟฟ้าต่อปี (MWh/year)
 T = เวลาในการผลิตไฟฟ้าต่อปี (hour/year)
 γ = ปัจจัยความจุสิทธิของโรงไฟฟ้า (%)
 i = พื้นที่แหล่งสะสมชีวมวลในพื้นที่หนึ่งตารางกิโลเมตร

3.3.1.3 ตัวแปรในการตัดสินใจ (Decision variables)

เพื่อหาต้นทุนรวมต่ำสุดในการสร้างโรงไฟฟ้า ตัวแปรตัดสินใจสำหรับปัญหานี้ ได้แก่

- Q คือ ปริมาณชีวมวลในพื้นที่ศึกษา (ton/year)
 G คือ ขนาดของกำลังการผลิตไฟฟ้า (MW)

สำหรับปริมาณชีวมวลในพื้นที่ศึกษาและขนาดของกำลังการผลิตไฟฟ้าจะเป็นตัวแปรในการตัดสินใจของปัญหาและส่งผลต่อการพิจารณาที่ตั้งโรงไฟฟ้าที่เหมาะสม เนื่องจากปริมาณชีวมวลในพื้นที่และกำลังการผลิตไฟฟ้าได้มาจากการหารัศมีที่ครอบคลุมพื้นที่เพื่อใช้ในการเก็บรวบรวมชีวมวล ดังแสดงในหัวข้อที่ 3.3.2

3.3.2 การหารัศมีที่ครอบคลุมพื้นที่ในการเก็บรวบรวมชีวมวล

รัศมีที่ครอบคลุมพื้นที่ในการเก็บรวบรวมชีวมวลและเส้นทางการขนส่งเข้าสู่โรงไฟฟ้าก็เป็นตัวแปรหนึ่งที่ใช้พิจารณาที่ตั้งโรงไฟฟ้าที่เหมาะสม เนื่องจากรัศมีที่ครอบคลุมโรงไฟฟ้า จะแสดงให้เห็นว่า โรงไฟฟ้าที่เกิดขึ้นมีปริมาณชีวมวลรอบโรงไฟฟ้าได้เพียงพอต่อความต้องการของกำลังการผลิต ตลอดจนเส้นทางการขนส่งเข้าสู่โรงไฟฟ้า ก็เป็นปัจจัยหนึ่งที่เกี่ยวข้อง กับต้นทุนจากการขนส่งในการเก็บรวบรวมชีวมวลในพื้นที่และเมื่อพิจารณาต้นทุนในการเก็บรวบรวมชีวมวล (Unit collection cost, C_c) ในพื้นที่ ดังแบบจำลองที่แสดงในภาพที่ 3.9 จะแสดง

ให้เห็นรัศมีที่ครอบคลุมพื้นที่ซึ่งรวมไปถึงเส้นทางการขนส่งชีวมวลเข้าสู่โรงไฟฟ้าอีกด้วย ซึ่งสามารถอาศัยการคำนวณจากสมการที่ 3.14 - 3.17

$$q_c = \int_0^{r_o} \rho 2\pi r dr$$

$$q_c = \pi \rho r_o^2 \quad (3.14)$$

ดังนั้นจะได้

$$r_o = \sqrt{\frac{q_c}{\pi \rho}} \quad (3.15)$$

โดยที่ ; q_c = กำลังโหลดในการขนส่ง (Baht/ton/km)
 ρ = ความหนาแน่นเชิงพื้นที่ของชีวมวล (ton/km²)
 r_o = รัศมีในการเก็บรวบรวมชีวมวล (km)
 π = ค่าคงที่ทางคณิตศาสตร์ เท่ากับ 3.1416

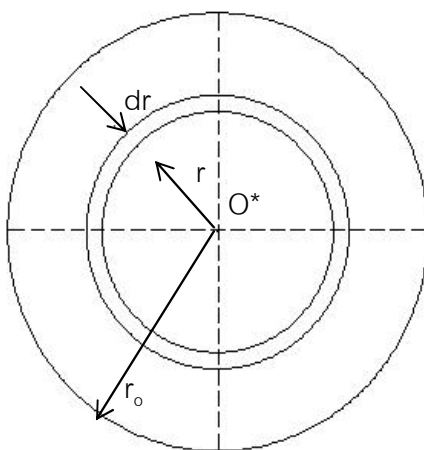
ต้นทุนในการเก็บรวบรวมชีวมวลทั้งหมดในพื้นที่ศึกษา

$$\int_0^{r_o} C_r 2\pi r dr + C_t r \rho 2\pi r dr = \pi \rho r_o^2 \left[\frac{C_r}{\rho} + \frac{2}{3} C_t r_o \right]$$

$$= q_c \left[\frac{C_r}{\rho} + \frac{2}{3} C_t r_o \right] \quad (3.16)$$

โดยที่ ; q_c = กำลังโหลดในการขนส่ง (Baht/ton/km)
 ρ = ความหนาแน่นเชิงพื้นที่ของชีวมวล (ton/km²)
 r_o = รัศมีในการเก็บรวบรวมชีวมวล (km)
 C_r = ต้นทุนต่อหน่วยในการเก็บรวบรวมชีวมวล (Baht/km²)
 C_t = ต้นทุนต่อหน่วยของค่าขนส่ง (Baht/ton/km)

ภาพที่ 3.10
แบบจำลองต้นทุนเก็บรวบรวมชีวมวลในพื้นที่ศึกษา



ที่มา : ดัดแปลงจาก Singh et al. (2008)

หมายเหตุ “O*” จุดเริ่มต้นของการเก็บรวบรวมชีวมวล

ต้นทุนในการเก็บรวบรวมชีวมวล (Unit collection cost, C_c) ซึ่งเป็นอัตราส่วน
เทียบกับต้นทุนการเก็บรวบรวมชีวมวลในพื้นที่ทั้งหมด

$$C_c = C_r \frac{1}{F} + \frac{2}{3} C_t R_o \quad (3.17)$$

- โดยที่ ; C_c = ต้นทุนในการเก็บรวบรวมชีวมวล (Baht/ton)
 C_r = ต้นทุนต่อหน่วยในการเก็บรวบรวมชีวมวล (Baht/km²)
 F = ความหนาแน่นของชีวมวลต่อพื้นที่ (Ton/km²·year)
 C_t = ต้นทุนต่อหน่วยของค่าขนส่ง (Baht/ton/km)
 R_o = รัศมีในการเก็บรวบรวมชีวมวล (km)

นอกจากการพิจารณาต้นทุนในการเก็บรวบรวมชีวมวลแล้ว จะต้องพิจารณารัศมี
ที่เหมาะสม (Optimum) สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 3.18-3.20 (สมบุญ ณุชประยูร, 2552)

$$\frac{d}{dR} NPV = 0 \quad (3.18)$$

$$\pi R^2 F \left(-\frac{2}{3} \delta C_i \right) + \left[\left((1 - \mu) \delta P_e - \frac{(1 + \alpha \delta) C_i}{\gamma T} \right) \eta V - \delta C_f - \frac{2}{3} \delta R C_i \right] (2 \pi R F) = 0$$

ดังนั้นจะได้

$$R^* = \left((1 - \mu) P_e - \frac{(1 + \alpha \delta) C_i}{\delta \gamma T} \right) \frac{\eta V}{C_i} - \frac{C_f}{C_i}$$

สามารถหาค่า K โดยจัดรูปได้ดังสมการ (3.19) ใหม่ดังนี้

$$R^* \triangleq \frac{K^* - C_f}{C_i} \quad (3.19)$$

เมื่อ

$$K^* = \left((1 - \mu) P_e - \frac{(1 + \alpha \delta) C_i}{\delta \gamma T} \right) \eta V \quad (3.20)$$

δ คำนวณได้จาก อัตราดอกเบี้ย (i)

โดยที่ ;

C_i = ต้นทุนต่อหน่วยในการลงทุนของโครงการ (Baht/MW)

C_f = ต้นทุนต่อหน่วยของเชื้อเพลิงชีวมวล (Baht/ton)

C_t = ต้นทุนต่อหน่วยของค่าขนส่ง (Baht/ton/km)

F = ความหนาแน่นของชีวมวลต่อพื้นที่ (ton/km²·year)

K^* = ค่าคงที่

NPV = มูลค่าปัจจุบันสุทธิ

P_e = ราคาในการรับซื้อพลังงานไฟฟ้า (Baht/MWh)

R = รัศมีที่ครอบคลุมแหล่งชีวมวล (km)

R^* = รัศมีที่ครอบคลุมแหล่งชีวมวลจากการคำนวณ (km)

T = เวลาในการผลิตไฟฟ้าต่อปี (hour/year)

V = ค่าพลังงานความร้อนของเชื้อเพลิง (MWh/ton)

- η = ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้า (%)
- π = ค่าคงที่ทางคณิตศาสตร์ เท่ากับ 3.1416
- δ = ตัวประกอบคุณค่าที่ยิบเท่าปัจจุบันสม่ำเสมอ
(uniform series present worth factor)
- α = ร้อยละของค่าดำเนินการและบำรุงรักษาประจำปีที่ได้จากส่วนต่าง
ของต้นทุนโครงการ (%/year)
- γ = ปัจจัยความจุสุทธิของโรงไฟฟ้า (%)
- μ = ร้อยละการใช้ไฟฟ้าที่ได้จากส่วนต่างของกำลังการผลิตไฟฟ้า
ประจำปี (%)

3.4 การวิเคราะห์ความเป็นไปได้เชิงเศรษฐศาสตร์

การวิเคราะห์ความเป็นไปได้เชิงเศรษฐศาสตร์เบื้องต้นในการลงทุนผลิตกระแสไฟฟ้าโดยใช้ชีวมวลเป็นเชื้อเพลิงและใช้กระบวนการเผาไหม้ด้วยวิธีหามูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value) อัตราผลตอบแทนการลงทุน (Internal Rate of Return) วิธีหาระยะเวลาการคืนทุน (Payback Period) อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (Benefit Cost Ratio: B/C) และการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของตัวแปร (Sensitivity Analysis) ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังต่อไปนี้

3.4.1 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV)

มูลค่าปัจจุบันของโครงการ คือเกณฑ์การประเมินโครงการที่หาค่าเทียบเท่าของเงินปัจจุบันสุทธิของผลกำไร หรือผลตอบแทนของการลงทุนโดยหาจากค่าประมาณการของเงินลงทุน ซึ่งจะยอมรับโครงการที่มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ เป็นบวกหรือมากกว่าศูนย์เป็นการลงทุนที่คุ้มค่า แต่ถ้าหากมูลค่าปัจจุบันสุทธิน้อยกว่าศูนย์ โครงการนั้นเป็นโครงการที่ไม่คุ้มค่าต่อการลงทุน ซึ่งการใช้มูลค่าปัจจุบันสุทธิเพียงอย่างเดียว อาจทำให้มีข้อจำกัดในการตัดสินใจเลือกโครงการได้ในกรณีที่โครงการมีขนาดแตกต่างกัน แต่ให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นบวกทั้งคู่ ดังนั้น ในการตัดสินใจเพื่อการลงทุนต้องใช่วิธีอื่นควบคู่กับการใช้มูลค่าปัจจุบันสุทธิ

3.4.2 อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return: IRR)

อัตราผลตอบแทนภายในเป็นวิธีการที่นิยมใช้กันโดยทั่วไป ซึ่งเป็นวิธีการวิเคราะห์อัตราส่วนลดที่ทำให้มูลค่าของผลตอบแทนมีค่าเท่ากับมูลค่าปัจจุบันของต้นทุน ดังนั้น IRR จึงได้แก่ อัตราส่วนลดที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการเท่ากับศูนย์ ในการวิเคราะห์ทางการเงิน อัตราส่วนลดนี้ก็คือ อัตราดอกเบี้ยสูงสุด (Maximum interest rate) ที่โครงการจ่ายให้กับเงินลงทุน หลังจากที่ได้คิดค่าลงทุนและค่าดำเนินการทั้งหมดแล้ว ซึ่งเกณฑ์ในการตัดสินใจก็คือ ทุกโครงการที่มี IRR จะต้องสูงกว่าอัตราผลตอบแทนต่ำสุดที่น่าสนใจ (MARR) ซึ่งเป็นอัตราผลตอบแทนของโครงการที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดสุทธิตลอดอายุโครงการลงทุนมีค่าเท่ากับเงินลงทุน ซึ่งสามารถแสดงได้ดังสมการที่ (3.21)

$$PW = \sum_{t=0}^n F_t (1+i)^t \quad (3.21)$$

โดยที่ PW = มูลค่าปัจจุบันสุทธิ
 F_t = กระแสเงินสดสุทธิเมื่อสิ้นสุดคาบเวลา t
 i = อัตราผลตอบแทนต่ำสุดที่น่าสนใจ
 t = จำนวนคาบเวลา

3.4.3 ระยะเวลาการคืนทุน (Payback period)

วิธีระยะเวลาคืนทุน เป็นการหาระยะเวลาที่ทำให้ผลประโยชน์ที่ได้คุ้มกับเงินลงทุน โดยคิดอัตราผลตอบแทนเป็นศูนย์ สามารถหาได้จากสมการที่ (3.22)

$$\sum_{t=1}^m R_t \geq C_0 \quad (3.22)$$

โดยที่ ; R_t = กระแสเงินสดสุทธิเมื่อสิ้นสุดคาบเวลา t
 C_0 = เงินทุนของปีที่ดำเนินการ
 m = ระยะเวลาการคืนทุน

3.4.4 อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (Benefit Cost Ratio: B/C)

อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน เป็นการเปรียบเทียบมูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ที่ประเมินค่าเป็นเงินได้กับมูลค่าปัจจุบันของค่าลงทุน สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (3.23)

$$B/C = \frac{PVB}{PVC} = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{B_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1+r)^t}} > 1 \quad (3.23)$$

โดยที่ ;	PVB	= มูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทน
	PVC	= มูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่าย
	B_t	= ผลตอบแทนในปีที่ t
	C_t	= ต้นทุนในปีที่ t
	r	= อัตราคิดลด
	t	= ปีของโครงการ ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 1, 2, 3... n
	n	= จำนวนปีทั้งสิ้นของโครงการ หรืออายุโครงการ

ดังนั้นเกณฑ์ที่ใช้แสดงถึงความเหมาะสมและความเป็นไปได้ของโครงการ คือ B/C ต้องมีค่ามากกว่า 1 ซึ่งหมายความว่าผลประโยชน์ที่ได้รับจากโครงการจะมีค่ามากกว่าเงินลงทุนที่จ่ายไป

3.4.5 การวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity Analysis)

การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของค่า NPV ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนแต่ละชนิด สามารถแสดงได้เป็นสมการดังนี้

$$\frac{dNPV}{dP} \quad (3.24)$$

เมื่อ	$dNPV$	= การเปลี่ยนแปลงค่า NPV (Million Baht)
	dP	= การเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์ P ได้แก่ ต้นทุนโครงการต่อหน่วยกำลังการผลิต, ต้นทุนในการบำรุงดูแลรักษาประจำปี, ต้นทุนเชื้อเพลิง และต้นทุนในการขนส่ง

โดยการวิเคราะห์ความอ่อนไหวด้วยสมการที่ 3.24 ได้กำหนดรัศมีที่ครอบคลุมพื้นที่รอบโรงไฟฟ้า และทำการพิจารณาถึงการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรต่างๆ ครั้งละตัวแปร โดยได้พิจารณาแนวโน้มของพารามิเตอร์แต่ละตัวตั้งแต่ช่วง 70%-130% ของค่าที่คำนวณได้ในภาพที่ 4.8 ทั้งนี้ผลจากการพิจารณาสามารถเสริมความมั่นใจในการตัดสินใจต่อการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนแต่ละชนิดและยังช่วยลดความเสี่ยงในการตัดสินใจลงทุนอีกด้วย