บทที่ 3

วิธีดำเนินงานวิจัย

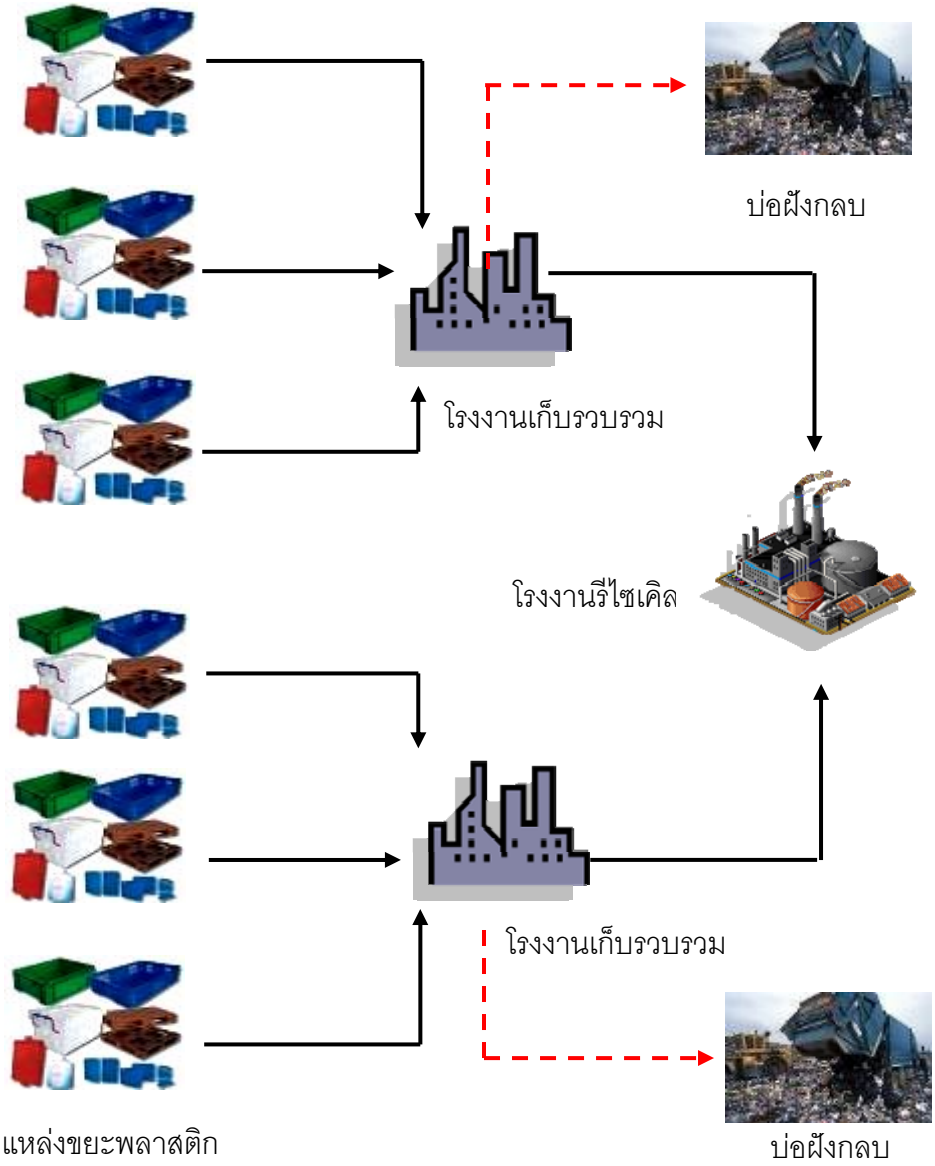
ในบทนี้จะเป็นวิธีดำเนินงานวิจัยเพื่อศึกษาถึงกรณีศึกษาซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ประกอบไปด้วย แผนงานวิจัย แบบจำลองโลจิสติกส์ย้อนกลับสำหรับการรีไซเคิลพลาสติก แนวทางในการศึกษากรณีศึกษาขนาดใหญ่ และกรณีศึกษาตัวอย่างของประเทศไทย ตามลำดับดังต่อไปนี้

3.1 แผนงานวิจัย

แผนงานของงานวิจัยนี้ เป็นการศึกษาและสร้างแบบจำลองโลจิสติกส์ย้อนกลับสำหรับการรีไซเคิลพลาสติกในประเทศไทย โดยมุ่งเป้าหมายหลักไปที่การนำพลาสติกกลับมารีไซเคิลให้เป็นน้ำมันดิบโดยอ้างอิงข้อมูลจากโครงการนำร่องจากทางภาครัฐ โดยจะจำแนกประเภทของการดำเนินการในกระบวนการรีไซเคิลหลักเป็น 3 สถานที่ตั้งที่สำคัญ คือ โรงงานที่ใช้เก็บรวบรวมพลาสติก โรงงานที่ดำเนินการรีไซเคิล และบ่อฝังกลบ ซึ่งขยะพลาสติกจะต้องถูกดำเนินการโดยกระบวนการดังกล่าว โดยอาศัยการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป GAMS โดยอาศัยการแก้ปัญหาด้วยวิธี CPLEX โดยในงานวิจัยนี้ ได้นำเสนอวิธีการที่จะออกแบบระบบโลจิสติกส์ย้อนกลับในรูปของตัวเลขเต็มแบบผสมเชิงเส้น หรือ Mixed-integer Linear Programming ที่ครอบคลุมการเพิ่มเปอร์เซ็นต์การรีไซเคิล

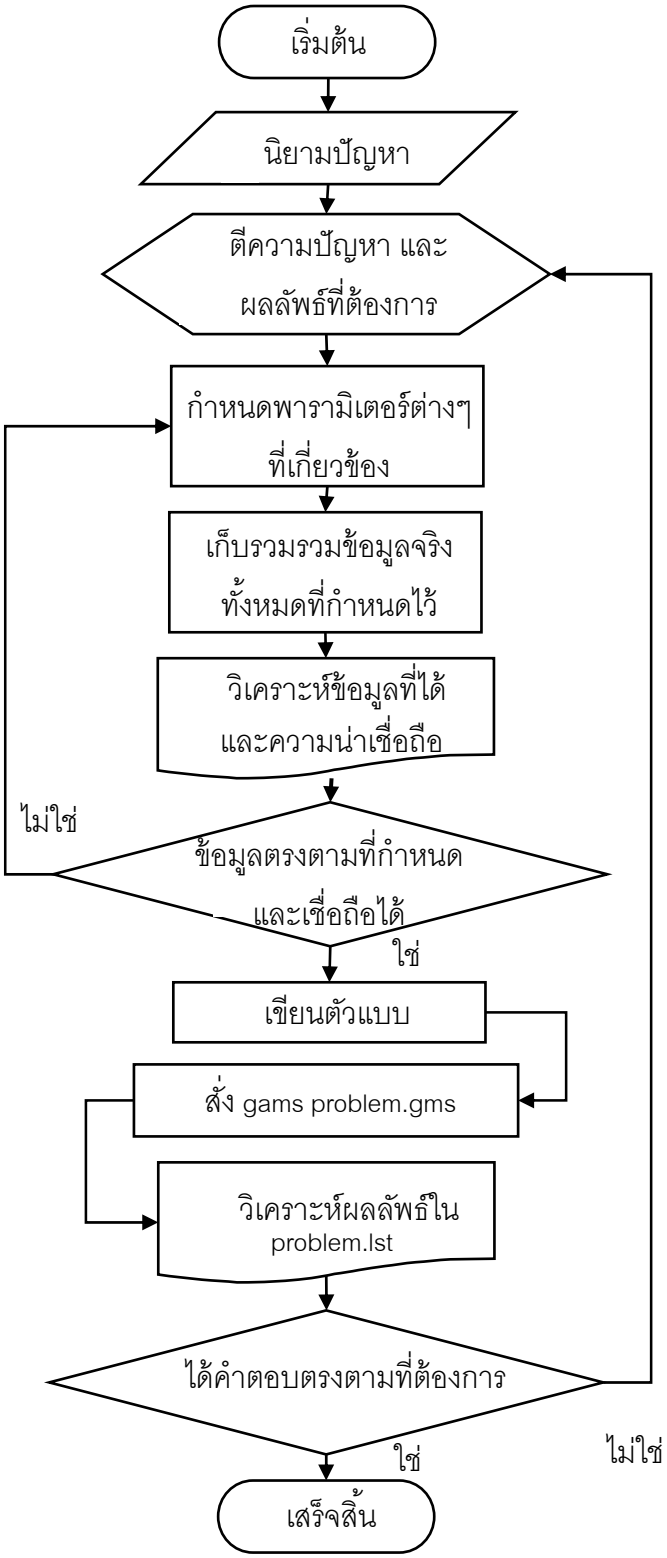
ทางเลือกในการจัดการขยะพลาสติก และขั้นตอนในการวิจัยเพื่อแก้ปัญหานั้นสามารถศึกษาได้จากภาพที่ 3.1 โดยเริ่มจากการนำขยะพลาสติกจากแหล่งต่างๆ (Source Site) ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้กำหนดแหล่งที่มาของขยะไว้ 76 แห่ง โดยอ้างอิงจากข้อมูลของแหล่งขยะทั้ง 76 จังหวัดในประเทศไทย จากนั้นจะถูกนำไปยังโรงงานหรือแหล่งเก็บรวบรวม (Collection Site) เพื่อทำการอัดและเตรียมจัดส่งเพื่อทำการส่งต่อไปยังโรงงานหรือแหล่งรีไซเคิล (Processing Site) ส่วนขยะที่ไม่ได้เข้าสู่กระบวนการดังกล่าวจะถูกนำไปกำจัดทิ้งยังบ่อฝังกลบ (Landfill Site) ทั้งนี้เนื่องมาจากในปัจจุบันนั้นประเทศไทยมีการนำขยะพลาสติกตลอดจนถึงขยะอื่นๆเพียงบางส่วนเท่านั้นที่ถูกนำเข้าสู่กระบวนการในการนำกลับมาใช้ใหม่ และจัดการฝังกลบอย่างเป็นระบบ ซึ่งยังมีขยะอีกเป็นจำนวนมากที่ถูกทิ้งขว้างหรือปล่อยปละละเลยในการที่จะจัดการกับขยะเหล่านี้ ส่วนหนึ่งก็เนื่องมาจากการ

ที่ต้องจัดการกับขยะเหล่านี้ซึ่งต้องใช้งบประมาณในการลงทุนที่สูง และเนื่องมาจากการความไม่คุ้มค่าในเชิงเศรษฐศาสตร์ในการที่จะนำกลับมาใช้ใหม่ จึงต้องมีขยะบางส่วนที่ต้องนำไปกำจัดทิ้งยังบ่อฝังกลบ หรือเตาเผาในปัจจุบัน โดยการขนส่งในกระบวนการนี้จะใช้รถบรรทุกเป็นยานพาหนะในการขนส่ง โดยขั้นตอนการวิจัยในกรณีศึกษานี้สามารถศึกษาได้จากขั้นตอนแผนงานวิจัยซึ่งแสดงในภาพที่ 3.2



ภาพที่ 3.1

ทางเลือกในการจัดการขยะพลาสติก



ภาพที่ 3.2
ขั้นตอนแผนงานวิจัย

จากภาพที่ 3.2 จะเริ่มต้นจากการนิยามปัญหาของการวิจัย โดยงานวิจัยนี้ตั้งปัญหาไว้ว่าค่าใช้จ่ายในการลงทุนและดำเนินการรีไซเคิลพลาสติกนี้เป็นจำนวนเท่าใด และผลลัพธ์ที่ต้องการคือ ทำอย่างไรจึงจะสามารถรีไซเคิลพลาสติกจากโครงสร้างพื้นฐานในการนำมาแปรรูปเป็นน้ำมันดิบได้ตามเปอร์เซ็นต์ที่ต้องการ โดยการใช้ต้นทุนที่ต่ำที่สุดจากนั้นจึงทำการกำหนดพารามิเตอร์ หรือตัวแปรต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น เงื่อนไขในการเรียกกลับคืนของขยะพลาสติก แหล่งขยะพลาสติก ปริมาณของขยะพลาสติก จำนวนโรงงานเก็บรวบรวม จำนวนโรงงานรีไซเคิล จำนวนบ่อฝังกลบ หรือที่ตั้งของโรงงานต่างๆ ดังที่กล่าวมา จากนั้นจะทำการเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องตามที่กำหนดไว้ข้างต้น แล้วทำการวิเคราะห์ถึงที่มาของข้อมูลที่ได้ว่ามาจากแหล่งที่เชื่อถือได้และมีความถูกต้องหรือไม่ ซึ่งหากข้อมูลที่ได้ไม่สามารถเชื่อถือได้หรือไม่มีข้อมูลตามที่ต้องการก็ต้องย้อนกลับไปทำการกำหนดหรือปรับเปลี่ยนพารามิเตอร์ใหม่ เพื่อให้สอดคล้องกับข้อมูลจริงที่สามารถเก็บรวบรวมได้ ซึ่งทั้งนี้ต้องยึดข้อมูลที่อ้างอิงได้จริงให้มากที่สุด โดยที่หากได้ข้อมูลตามที่ต้องการและเชื่อถือได้แล้วก็จะนำข้อมูลที่ได้มาทำการเขียนตัวแบบลงในโปรแกรม แล้วทำการรันโปรแกรม ซึ่งเมื่อได้ผลคำตอบแล้วจึงทำการวิเคราะห์ว่าผลคำตอบที่ได้ตรงตามที่ต้องการ หรือสามารถแก้ปัญหาได้ตามที่ต้องการหรือไม่ หากไม่สามารถแก้ปัญหาที่ตั้งไว้ได้คือไม่สามารถหาต้นทุนที่ต่ำที่สุดได้ต้องย้อนกลับไปทำการตีความปัญหาใหม่ แต่หากว่าคำตอบที่ได้นั้นสามารถตอบคำถาม หรือแก้ปัญหาตามที่ตั้งไว้ได้ก็ถือว่าเป็นการสิ้นสุดกระบวนการ และถือว่าการทำวิจัยประสบผลสำเร็จ

3.2 แบบจำลองโลจิสติกส์ย้อนกลับสำหรับการรีไซเคิลพลาสติก

เพื่อศึกษาการไหลเวียนของการจัดการขยะมูลฝอยในประเทศไทย ผู้วิจัยจึงได้ทำการออกแบบเพื่อกำหนดเครือข่ายของการรีไซเคิลพลาสติก โดยใช้แบบจำลองเลขจำนวนเต็มแบบผสมเชิงเส้น (MILP Model) โดยการกำหนดนี้จะทำให้เราสามารถที่จะกำหนดขอบเขตของปัญหาเพื่อที่จะกำหนดลำดับขั้นกลยุทธ์เพื่อแก้ปัญหาได้ ซึ่งเป้าหมายของแบบจำลองนี้ ก็เพื่อที่จะกำหนดโครงสร้างพื้นฐานเพื่อหาต้นทุนที่ต่ำที่สุดในหลายช่วงเวลา ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดและสมมติฐานที่ตั้งไว้ โดยเป้าหมายสำคัญก็เพื่อที่จะศึกษาถึงวิธีการออกแบบโครงสร้างขั้นพื้นฐานภายใต้ต้นทุนที่ต่ำที่สุด ดังนั้น เพื่อให้สอดคล้องกับสมมติฐานจึงได้ทำการกำหนดค่าต่างๆ ดังนี้ คือ (1) ตัวแปรทั้งหมดเป็นค่าเชิงกำหนด (2) ฟังก์ชันต้นทุนเป็นฟังก์ชันเชิงเส้นตรง และ (3) การตัดสินใจในทำเลที่ตั้งที่เป็นไปได้ ตัวแปรต่อเนื่องในแบบจำลองนี้ได้แสดงถึงการไหลของวัตถุดิบ

และเลขจำนวนเต็มที่ไม่คงที่ในแบบจำลองโครงสร้างขั้นพื้นฐานที่เป็นอยู่ขณะนี้ (Ammons และคณะ, 2002) ซึ่งผู้ที่นำเสนอแบบจำลองนี้เป็นการนำเสนอในลักษณะของการกำหนดที่ตั้งโรงงานที่จะสร้างเป็นโรงงานรับซื้อขยะรีไซเคิลให้ได้กำไร หรือผลตอบแทนสูงสุด ผู้วิจัยจึงทำการกำหนดเป้าหมายในการศึกษาใหม่จากเดิมเป็นการหากำไรและผลตอบแทนสูงสูด มาเป็นการหาต้นทุนรวมต่ำที่สุด และกำหนดข้อจำกัดใหม่ให้สอดคล้องกับสมการเป้าหมาย โดยเฉพาะข้อจำกัด (ก) ซึ่งเดิมนั้นเป็นข้อจำกัดขอบเขตจำนวนประชากรขั้นต่ำ (Minimum Population Coverage) ซึ่งผู้วิจัยได้กำหนดใหม่ให้เป็นเปอร์เซ็นต์ขั้นต่ำของการเรียกกลับคืน (Minimum Recovery Percentage) และตัดมูลค่าในการจัดเก็บ รวมถึงความล้าสมัยของผลิตภัณฑ์ (Product obsolescence) ออกไป โดยเพิ่มเติมข้อจำกัด (ฉ) เพื่อเน้นไปที่การปิดบ่อฝังกลบที่ใช้งานเต็มความจุแล้ว (Closing of Full-capacity Landfill) ซึ่งอธิบายถึงสมการเป้าหมายและข้อจำกัดของแบบจำลองได้ดังนี้

<u>เป้าหมายที่ต่ำที่สุด</u> : ต้นทุนรวม = การลงทุนและการดำเนินการทั้งหมด

<u>ข้อจำกัด</u> : (ก) ข้อจำกัดของเปอร์เซ็นต์ขั้นต่ำในการเรียกคืน

(ข) ข้อจำกัดของการไหลที่สมดุลระหว่างที่ตั้งและช่วงเวลาของแต่ละวัตถุดิบ

(ค) ข้อจำกัดของการขนส่งและความสามารถในกระบวนการ

(ง) ข้อจำกัดของขีดความสามารถสูงสุดของแต่ละที่ตั้ง

(จ) ข้อจำกัดของอุปสงค์และอุปทาน

(ฉ) ข้อจำกัดของการปิดบ่อฝังกลบที่เต็มแล้ว

(ช) ข้อจำกัดของที่ตั้งที่กำลังเปิดทำการและปิดทำการ

(ซ) ข้อจำกัดของตรรกะ ตัวแปรที่มีค่าไม่ติดลบ และเลขฐานสอง

ข้อจำกัดต่างๆ ที่จะเป็นตัวกำหนดให้แบบจำลองนี้ สามารถที่จะควบคุมให้การดำเนินการของโลจิสติกส์ย้อนกลับเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและถูกต้อง จึงต้องมีการกำหนดข้อจำกัดต่างๆ ดังนี้ คือ ข้อจำกัด (ก) เพื่อให้แน่ใจว่า ที่ตั้งที่เปิดดำเนินการอยู่จะสามารถรองรับพลาสติกได้ไม่น้อยกว่าเปอร์เซ็นต์ที่กำหนดไว้ล่วงหน้า ข้อจำกัด (ข) เป็นการบังคับให้เกิดความสมดุลของการไหลเข้าและไหลออกของวัตถุดิบในแต่ละที่ตั้งในทุกช่วงเวลา ข้อจำกัด (ค) เป็นการสร้างความมั่นใจว่า ความสามารถของเครื่องจักรและยานพาหนะที่ใช้ในการขนส่งในแต่ละที่ตั้งนั้นจะไม่เกินความสามารถของที่ตั้งนั้นๆ ข้อจำกัด (ง) เป็นการบังคับแต่ละที่ตั้งดำเนินการอย่างเต็ม

ความสามารถ ข้อจำกัด (จ) เพื่อให้มั่นใจได้ว่าได้ทำการแพร่กระจายปริมาณของวัตถุดิบไปดำเนินการทั้งหมด ข้อจำกัด (ฉ) เป็นการบังคับให้บ่อฝังกลบที่เต็มแล้วปิดตัวลง และจะไม่เปิดทำการในช่วงเวลาถัดไป ข้อจำกัด (ช) เป็นการควบคุมความสัมพันธ์เชิงตรรกะของตัวแปรทวิภาคที่แสดงถึงที่ตั้งที่กำลังปิดทำการและเปิดทำการ และข้อจำกัด (ซ) เป็นการบังคับความสัมพันธ์เชิงตรรกะระหว่างตัวแปรต่อเนื่องและตัวแปรที่มีค่าไม่ติดลบ ซึ่งทั้งหมดนี้จะนำไปสร้างเป็นสมการเพื่อใช้ในการสร้างแบบจำลองระบบโลจิสติกส์ย้อนกลับสำหรับการรีไซเคิลพลาสติก โดยในส่วนถัดไปจะอธิบายถึงการกำหนดค่าดัชนี ตัวแปรต่างๆ ตลอดจนตัวแปรที่ใช้ในการตัดสินใจใน MILP โดยในการนิยามตัวแปรและค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่นำมาใช้ในการสร้างสมการ เพื่อใช้ในการสร้างแบบจำลองนี้ซึ่งมีความละเอียดอ่อนมาก ดังนั้น จึงต้องพิจารณาถึงตัวแปรต่างๆ ที่มีความสำคัญอันจะส่งผลกระทบกับค่าที่ได้ เพื่อให้สามารถดำเนินการสร้างแบบจำลองได้อย่างเหมาะสมและใกล้เคียงขนาดจริงให้มากที่สุด

ในสมการเป้าหมายจะกล่าวถึงวิธีการหาต้นทุนที่ต่ำที่สุดรวมไปถึงต้นทุนคงที่ และต้นทุนที่ใช้ในการดำเนินการที่เกิดขึ้นในโครงข่าย ระหว่างการดำเนินการของโลจิสติกส์ย้อนกลับในโดยแบบจำลองนี้ รวมไปถึงข้อบังคับต่างๆ ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว ในส่วนถัดไปของแบบจำลองนี้จะได้กล่าวถึงส่วนที่สำคัญสองเรื่อง คือการแสดงถึงปัญหาของเปอร์เซ็นต์ในการนำกลับคืนที่ต้องการและบ่อฝังกลบที่กำลังปิดตัวลง ในลำดับแรกเราต้องการเพิ่มเปอร์เซ็นต์ในการเรียกคืนพลาสติกเป็นจำนวนที่แน่นอนในแต่ละช่วงเวลา โดยจะทำให้เกิดผลได้โดยการบังคับใช้สมการบังคับ และในลำดับถัดมาสิ่งที่เราต้องพิจารณาอย่างรอบคอบคือ ความจุสูงสุดของบ่อฝังกลบในแต่ละบ่อโดยเฉพาะส่วนที่ระบุถึงที่ตั้งที่กำลังดำเนินการอยู่ โดยพิจารณาบ่อฝังกลบว่ามีความจุสูงสุดเป็นเท่าใดจวบจนกระทั่งปิดตัวลง ซึ่งทางผู้วิจัยได้ทำการปรับแต่งแบบจำลองนี้เพื่อรองรับกรณีดังกล่าว โดยได้ทำการสมมติให้บ่อฝังกลบนี้สามารถที่จะรองรับวัตถุดิบได้ทุกชนิด ซึ่งสมการนี้ได้แสดงไว้ในสมการบังคับ

ในส่วนของสมการเป้าหมายนั้นจะได้กล่าวรวมไปถึงต้นทุนสองอย่าง ที่มีความสำคัญว่าส่วนใดคือต้นทุนที่ใช้ในกระบวนการเรียกคืนไปยังที่ตั้งในการดำเนินการรีไซเคิล ถ้าที่ตั้งหรือโรงงานนั้นเปิดทำการและกำลังดำเนินการอยู่ และอีกส่วนหนึ่ง คือ ต้นทุนของบ่อฝังกลบ ณ ที่ตั้งของบ่อฝังกลบนั้นๆ ซึ่งโดยปกติแล้วต้นทุนที่เปิดบ่อฝังกลบนั้นจะต่ำกว่าต้นทุนในการดำเนินการเปิดโรงงานรีไซเคิล ดังนั้น การบังคับให้เปอร์เซ็นต์ในการเรียกกลับคืนต่ำสุดในสูตรทางคณิตศาสตร์นี้จะช่วยให้ผู้ที่วางแผนจัดการสามารถตัดสินใจได้ในการวางแผนขั้นแรกว่า ทำอย่างไรจึงจะสามารถลดการส่งวัตถุดิบไปยังบ่อฝังกลบ และเพิ่มการส่งวัตถุดิบที่จะรีไซเคิลไปยังที่ตั้งหรือโรงงานที่

ดำเนินการรีไซเคิลได้ โดยในการรีไซเคิลวัตถุดิบในแบบจำลองนี้จะเป็นการนำกลับผลิตภัณฑ์ที่เป็นพลาสติกใช้แล้วและถูกทิ้งยังแหล่งขยะต่างๆ เช่น เก้าอี้พลาสติกที่แตกหัก ขวดน้ำพลาสติก หรือกะละมังพลาสติก เป็นต้น

3.3 แนวทางในการศึกษากรณีศึกษาขนาดใหญ่

แนวทางที่จะสามารถนำกรณีศึกษานี้ไปปฏิบัติจริง หรือเป็นต้นแบบเพื่อการนำไปอภิปรายในลักษณะของกรณีศึกษาของประเทศไทยนั้น หากเป็นการศึกษาเพื่อแสดงถึงกรณีศึกษาในสถานการณ์ของพลาสติกในประเทศไทย โดยการนำเสนอด้วย MILP ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว ก็มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องใส่ใจและพิถีพิถันในการเก็บรวบรวมข้อมูลต่างๆ เพื่อนำมาสร้างเป็นแบบจำลอง ทั้งนี้ก็เพื่อให้สามารถเข้าถึงการแก้ไขปัญหาได้อย่างตรงจุด

สำหรับแนวทางกรณีศึกษาตัวอย่าง จำเป็นที่จะต้องทำการอ้างอิงข้อมูลจริงเป็นข้อมูลหลักในการสร้างแบบจำลอง ซึ่งสิ่งหนึ่งที่จะได้จากการศึกษาคือการวางแผนบ่อฝังกลบ เนื่องจากบ่อฝังกลบเหล่านี้ต้องเต็มในวันใดวันหนึ่งข้างหน้า ซึ่งผลที่ได้จากแบบจำลองนี้ทำให้เราสามารถวางแผนล่วงหน้าได้ว่าเมื่อใดที่เราจะต้องสร้างบ่อฝังกลบใหม่ ซึ่งผลที่ได้ไม่ใช่แต่เพียงเพื่อการจัดการกับขยะพลาสติกเท่านั้น แต่จะสามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อจัดการกับขยะมูลฝอยต่างๆ ได้เป็นอย่างดี จึงทำให้เราสามารถนำผลหรือข้อมูลที่ได้มาเป็นพื้นฐานในการตัดสินใจในการวางแผนประจำปีได้ และถึงแม้ว่าการแก้ปัญหาด้วยวิธีที่กล่าวมานี้จะไม่ใช่วิถีทางที่ดีที่สุด แต่อย่างน้อยที่สุดก็ยังถือว่าดีกว่าการที่เราจะทิ้งขยะมูลฝอยเหล่านั้นลงบนพื้นดิน โดยไม่มีระบบการจัดการอันใดเลย อันจะก่อให้เกิดผลกระทบของปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมกับประเทศไทย ซึ่งขั้นตอนทั้งหมดที่ได้นำมาใช้ในกรณีศึกษามีดังต่อไปนี้

1. กำหนดประเภทของวัตถุดิบทั้งหมด
2. กำหนดที่มาของที่ตั้ง ที่ตั้งที่ดำเนินการ (บ่อฝังกลบ โรงงานรีไซเคิล และโรงงานเก็บรวบรวม)
3. กำหนดขีดความสามารถและความเป็นไปได้ในปัจจุบันในแต่ละที่ตั้งที่ดำเนินการ
4. การส่งกลับข้อมูลสำหรับอุปทานของขยะมูลฝอยในแต่ละจังหวัด
5. การกะประมาณต้นทุนในการดำเนินการโครงสร้างพื้นฐานและต้นทุนการดำเนินการร่วม

    5.1 ต้นทุนคงที่

5.2 ต้นทุนผันแปร

6. การกะประมาณต้นทุนในการขนส่งของการส่งถ่ายวัตถุดิบระหว่างที่ตั้งแต่ละแห่ง

6.1 ต้นทุนคงที่

6.2 ต้นทุนผันแปร

7. กำหนดความจุสูงสุดของทุกที่ตั้งต่อปีที่รับได้

8. กำหนดข้อมูลจากระยะทางที่ได้เพื่อทำการพิจารณาที่ตั้งและแหล่งข้อมูล

9. กำหนดความจุสูงสุดของบ่อฝังกลบและความจุในปัจจุบัน

10. การป้อนข้อมูลให้กับแบบจำลอง MILP โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป GAMS ซึ่งใช้ตัวแก้ปัญหา CPLEX ของ บริษัท ILOG ในการหาค่าที่ดีที่สุด

11. ทำการวิเคราะห์ผลที่ได้ และทำการทดลองซ้ำกับค่าพารามิเตอร์ที่แตกต่างกัน