การศึกษาระบบโลจิสติกส์ย้อนกลับของขยะคอมพิวเตอร์ ในภาคใต้ของประเทศไทย

A Study of Reverse Logistics for Computer Wastes in the South of Thailand

โสภิดา ส่งแสง

Sopida Songsang

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการและระบบ

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of

Master of Engineering in Industrial and Systems Engineering

Prince of Songkla University

2553

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชื่อวิทยานิพนธ์ การศึกษาระบบโลจิสติกส์ย้อนกลับของขยะคอมพิวเตอร์ ในภาคใต้ของประเทศไทย
ผู้เขียน นางสาวโสภิดา ส่งแสง
สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการและระบบ

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เสกสรร สุธรรมานนท์)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.นิกร ศิริวงศ์ไพศาล)

คณะกรรมการสอบ

.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรรณรัช สันติอมรทัต)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เสกสรร สุธรรมานนท์)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.นิกร ศิริวงศ์ไพศาล)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.เสรี เศวตเศรนี)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการและระบบ

.....
(ศาสตราจารย์ ดร.อมรรัตน์ พงศ์ดารา)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อวิทยานิพนธ์	การศึกษาระบบโลจิสติกส์ย้อนกลับของขยะคอมพิวเตอร์ ในภาคใต้ของประเทศไทย
ผู้เขียน	นางสาวโสภิดา ส่งแสง
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการและระบบ
ปีการศึกษา	2553

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาถึงต้นทุนรวมทั้งระบบที่เกิดขึ้นในโซ่อุปทานของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ในภาคใต้ของประเทศไทย โดยใช้ตัวแบบโซ่อุปทาน (Supply Chain Network Model) ใน 2 ลักษณะ คือ (1) ตัวแบบคณิตศาสตร์ (Mathematical Model) เพื่อพิจารณาถึงการหาตำแหน่งที่ตั้งที่เหมาะสมของศูนย์รวบรวมในภาคใต้ ที่ทำให้ต้นทุน รวมในระบบโซ่อุปทานน้อยที่สุด (2) ตัวแบบจำลองคอมพิวเตอร์ (Computer Simulation Model) เพื่อพิจารณาผลที่เกิดขึ้นภายใต้แนวคิดของความไม่แน่นอนของปริมาณขยะคอมพิวเตอร์ ผลการวิจัยพบว่า กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็กซึ่งแบ่งออกเป็น 2 กรณี คือ การจัดการแบบปัจจุบัน (แบบที่ 1) กับการจัดการที่ควรจะเป็น (แบบที่ 2) พบว่า ตำแหน่งที่ตั้งเหมาะสมของศูนย์รวบรวมในเขตพื้นที่ 14 จังหวัดภาคใต้ ตั้งอยู่ในพื้นที่ 12 อำเภอ ได้แก่ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา อ.เมือง จ.นครศรีธรรมราช อ.เมือง จ.สุราษฎร์ธานี อ.เมือง จ.ภูเก็ต อ.เมือง จ.ตรัง อ.เมือง จ.นราธิวาส อ.เมือง จ.กระบี่ อ.เมือง จ.ปัตตานี อ.เมือง จ.พัทลุง อ.เมือง จ.ชุมพร อ.ตะกั่วป่า จ.พังงาและ อ.เมือง จ.ระนอง โดยมีต้นทุนรวมทั้งระบบเท่ากับ 61.9 ล้านบาทต่อปี และ53.3 ล้านบาทต่อปี ตามลำดับ และกรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่ รูปแบบการจัดการแบบปัจจุบัน (แบบที่ 1) กับรูปแบบการจัดการที่ควรจะเป็น (แบบที่ 2) พบว่า ตำแหน่งที่ตั้งของศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่ตั้งอยู่ในพื้นที่ 7 อำเภอ ได้แก่ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา อ.เมือง จ.นครศรีธรรมราช อ.บางขัน จ.นครศรีธรรมราช อ.เมือง จ.สุราษฎร์ธานี อ.มายอ จ.ปัตตานี อ.ท่าแซะ จ.ชุมพร และ อ.ท้ายเหมือง จ.พังงา โดยมีต้นทุนรวมทั้งระบบเท่ากับ 43.7 ล้านบาทต่อปี และ 41.2 ล้านบาทต่อปี ตามลำดับ ตัวแบบโซ่อุปทานที่พัฒนาขึ้นเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่เกี่ยวข้องเพื่อใช้เป็นแนวทางในการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ ในภาคใต้ของประเทศไทย

Thesis Title	A Study of Reverse Logistics for Computer Wastes in the South of Thailand
Author	Ms.Sopida Songsang
Major Program	Industrial and Systems Engineering
Academic Year	2010

ABSTRACT

This research aimed to study the total systemwide cost for computer waste management in the south of Thailand through the supply chain network model. Two types of model were developed for this study: a mathematical model and a computer simulation model. The mathematical model was used for determining the minimum total cost of the supply chain network and investigating the appropriate locations for computer waste collection sites. The computer simulation model was used to explain the behavior of the system under an uncertainty environment. In this research the collection sites were classified into small site and large site. Further, each model was classified into AS-IF model (Type 1) and TO-BE model (Type 2). The result indicates that Hadyai Songkhla, Muang Nokornsrithammarat, Muang Surattani, Muang Phuket, Muang Trang, Muang Narathiwas, Muang Krabi, Muang Chumporn, Takua Pa - Phang Nga, Muang Pattani and Muang Ranong were eleven candidate collection locations for small sites environment. The minimum total cost of the supply chain network considering from upstream to downstream in the south of Thailand was about 61.9 Million Baht per year for Type 1 and 53.3 million baht per year for Type 2 model. With respect to the large collection sites, the result suggests to operate seven collection centers at Hadyai Songkhla, Muang Nokornsrithammarat, BangKhan Nokornsrithammarat, Muang Surattani, Mayo Pattani, ThaiMuang Phang Nga, and ThaSae Chumporn. The total cost was around 43.7 Million Baht per year for Type 1 and 41.2 million baht per year for Type 2 model. The models developed in this research are helpful tools for decision making in computer waste management in the south of Thailand.

สารบัญ

หน้า

สารบัญ .....(6)

หน้า .....(6)

รายการตาราง.....(8)

รายการภาพประกอบ .....(9)

1. บทนำ.....1

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา.....1

1.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....3

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 7

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย 7

1.5 ขอบเขตการวิจัย.....8

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย 9

2.1 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับเครื่องคอมพิวเตอร์ 9

2.2 แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์.....24

2.3 โลจิสติกส์ย้อนกลับ (Reverse Logistics).....26

2.4 การจำลองแบบปัญหา (Simulation Model).....32

3. วิธีดำเนินการวิจัย.....45

3.1 ศึกษาสภาพปัจจุบันของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ในพื้นที่ 14 จังหวัดภาคใต้.....45

3.2 การกำหนดสมมติฐานการวิจัย.....47

3.3 การสร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Model Formulation) 49

3.4 การวิเคราะห์ความไว (Sensitivity Analysis) 72

3.5 สร้างตัวแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ (Computer Simulation Model).....72

4. การวิเคราะห์และอภิปรายผลการวิจัย 87

4.1 การวิเคราะห์และอภิปรายผลการวิจัยสภาพปัจจุบัน 87

4.2 การวิเคราะห์และอภิปรายผลการวิจัยที่ได้จากตัวแบบคณิตศาสตร์ 101

4.3 เปรียบเทียบผลการวิจัยของตัวแบบคณิตศาสตร์.....115

4.4 การวิเคราะห์ความไว.....125

4.5 การวิเคราะห์และอภิปรายผลการวิจัยที่ได้จากตัวแบบจำลองคอมพิวเตอร์.....129

5. บทสรุปและข้อเสนอแนะ 133
5.1 สรุปผลการดำเนินการวิจัย 133
5.2 แนวทางการนำผลทางการศึกษาไปประยุกต์ใช้ 136
5.3 ข้อเสนอแนะดำเนินงานวิจัย 137
บรรณานุกรม 138
ภาคผนวก 140
ภาคผนวก ก แบบสัมภาษณ์สำหรับระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ 141
ภาคผนวก ข ผลการดำเนินงานจากตัวแบบคณิตศาสตร์ กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็กแบบที่ 1 152
ภาคผนวก ค ผลการดำเนินงานจากตัวแบบคณิตศาสตร์ กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็กแบบที่ 2 181
ภาคผนวก ง ผลการดำเนินงานจากตัวแบบคณิตศาสตร์ กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่
แบบที่ 1 215
ภาคผนวก จ ผลการดำเนินงานจากตัวแบบคณิตศาสตร์ กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่
แบบที่ 2 222
ประวัติผู้เขียน 229

รายการตาราง

ตาราง หน้า

2.1: องค์ประกอบของเครื่องคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ 1 เครื่อง 12
2.2: ประเภทพลาสติกที่เป็นองค์ประกอบของเครื่องคอมพิวเตอร์ 15
2.3: ผลกระทบต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อมที่อาจเกิดขึ้นจากสารอันตรายในอุปกรณ์คอมพิวเตอร์.16
4.1: จำนวนคอมพิวเตอร์ในครัวเรือนจำแนกเป็นรายจังหวัดในภาคใต้....88
4.2: ปริมาณการคาดการณ์ขยะคอมพิวเตอร์ ปี พ.ศ. 2551-พ.ศ. 2555 89
4.3: ต้นทุนที่เกิดขึ้นในสภาพปัจจุบันของแต่ละฝ่ายที่เกี่ยวข้องในโซ่อุปทานของ ระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์....99
4.4: ต้นทุนที่เกิดขึ้นในระบบจัดการขยะคอมพิวเตอร์: กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็ก แบบที่ 1....104
4.5: ต้นทุนที่เกิดขึ้นในระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์: กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็ก แบบที่ 2....107
4.6: ต้นทุนที่เกิดขึ้นในระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์: กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่ แบบที่ 1 110
4.7: ต้นทุนที่เกิดขึ้นในระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์: กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่ แบบที่ 2 113
4.8: ต้นทุนที่เกิดขึ้นในระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ ในกรณีต่างๆ 118
4.9: เปรียบเทียบกรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็กและระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่ แบบที่ 1 กับ แบบที่ 2....119
4.10: ค่าการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ลดลงในชิ้นส่วนต่างๆของขยะคอมพิวเตอร์....124
4.11: ผลจากการวิเคราะห์ความไวด้านปริมาณขยะคอมพิวเตอร์ กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็ก แบบที่ 1 กับแบบที่ 2....126
4.12: ผลการวิเคราะห์ความไวด้านปริมาณขยะคอมพิวเตอร์ กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่ แบบที่ 1 กับแบบที่ 2....127
4.13: ต้นทุนรวมที่เกิดขึ้นในระบบโซ่อุปทานของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็ก....131
4.14: ต้นทุนรวมที่เกิดขึ้นในระบบโซ่อุปทานของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่....132

รายการภาพประกอบ

ภาพประกอบ หน้า

1.1: ปริมาณคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะในภาคใต้ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2546 – พ.ศ.2550 2

1.2: การคาดการณ์ปริมาณขยะคอมพิวเตอร์ในภาคใต้ตั้งแต่ปี พ.ศ.2551 – พ.ศ.2555 3

2.1: องค์ประกอบของเครื่องคอมพิวเตอร์ 11

2.2: มาตรการและกลไกการเรียกขยะคืนที่คาดว่าจะเหมาะสมสำหรับประเทศไทย 23

2.3: กิจกรรมของโซ่อุปทานของขยะอิเล็กทรอนิกส์ 29

2.4: โซ่อุปทานแบบปิด (CLOSED - LOOP SUPPLY CHAIN)....31

2.5: ขั้นตอนการสร้างแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ 41

3.1: โครงสร้างแบบสอบถาม 46

3.2: ต้นทุนที่เกี่ยวข้องในระบบโซ่อุปทานของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์....47

3.3: โครงสร้างต้นทุนของกรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็ก แบบที่ 1 53

3.4: โซ่อุปทานและตัวแปรตัดสินใจของตัวแบบคณิตศาสตร์
กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็ก แบบที่ 1....54

3.5: โครงสร้างต้นทุนของกรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็ก แบบที่ 2 58

3.6: โซ่อุปทานและตัวแปรตัดสินใจของตัวแบบคณิตศาสตร์
กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็ก แบบที่ 2....59

3.7: โครงสร้างต้นทุนของกรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่ แบบที่ 1 64

3.8: โซ่อุปทานและตัวแปรตัดสินใจของตัวแบบคณิตศาสตร์
กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่ แบบที่ 1....65

3.9: โครงสร้างต้นทุนของกรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่ แบบที่ 2 68

3.10: โซ่อุปทานและตัวแปรตัดสินใจของตัวแบบคณิตศาสตร์
กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่ แบบที่ 2....69

3.11:ภาพสัญลักษณ์ กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็ก....74

3.12:ภาพสัญลักษณ์ กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่....74

3.13:การเรียกใช้คำสั่งข้อมูลทั่วไปของโปรแกรม PROMODEL® VERSION 7.0....75

3.14:ภาพพื้นหลังที่ใช้ในการพัฒนาตัวแบบของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์....76

3.15:การกำหนดตำแหน่งการทำงานในโปรแกรม PROMODEL® VERSION 7.0....76

3.16:การกำหนดกระบวนการใน โปรแกรม PROMODEL® VERSION 7.0 77

3.17:ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ 79
3.18:ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมขยะคอมพิวเตอร์ ไปยังร้านรับซื้อของเก่า.....80
3.19:ขั้นตอนการทำงานของร้านรับซื้อของเก่า ไปยังศูนย์รวบรวมและเทศบาล 81
3.20:ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมส่วนของศูนย์รวบรวมไปยังโรงงานรีไซเคิล.....82
3.21:ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ 83
3.22:ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมในส่วนของแหล่งขยะคอมพิวเตอร์ ไปยังศูนย์รวบรวม.....84
3.23:ขั้นตอนการทำงานของศูนย์รวบรวม ไปยังโรงงานรีไซเคิลและเทศบาล 85
4.1: ระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ในปัจจุบัน 98
4.2: สัดส่วนเปอร์เซ็นต์ของต้นทุนที่เกิดขึ้นในแต่ละฝ่ายในระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์
ในปัจจุบัน.....100
4.3: กรณีศึกษาของตัวแบบคณิตศาสตร์ที่ทำการศึกษา 2 กรณี.....102
4.4: ระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็ก.....103
4.5: สัดส่วนเปอร์เซ็นต์ของต้นทุนที่เกิดขึ้นในแต่ละฝ่าย
ในการเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็ก แบบที่ 1.....105
4.6: สัดส่วนเปอร์เซ็นต์ของต้นทุนที่เกิดขึ้นในแต่ละฝ่าย
ในการเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็ก แบบที่ 2.....108
4.7: ระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่.....109
4.8: สัดส่วนเปอร์เซ็นต์ของต้นทุนที่เกิดขึ้นในแต่ละฝ่าย
ในการเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่ แบบที่ 1 112
4.9: สัดส่วนเปอร์เซ็นต์ของต้นทุนที่เกิดขึ้นในแต่ละฝ่าย
ในการเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่ แบบที่ 2 114
4.10:การเปรียบเทียบต้นทุนที่เกิดขึ้นของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ในปัจจุบันและ
กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็ก แบบที่ 1.....117
4.11:การจัดการแบบที่ 1 120
4.12:การจัดการ แบบที่ 2 121
4.13:การเปรียบเทียบต้นทุนที่เกิดขึ้นของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์
กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็ก แบบที่ 1 กับ แบบที่ 2 122
4.14: การเปรียบเทียบต้นทุนที่เกิดขึ้นในระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์
กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่ แบบที่ 1 กับแบบที่ 2 123
4.15:หน้าต่างการทำงานของโปรแกรม PROMODEL VERSION 7.0.....129

บทที่ 1

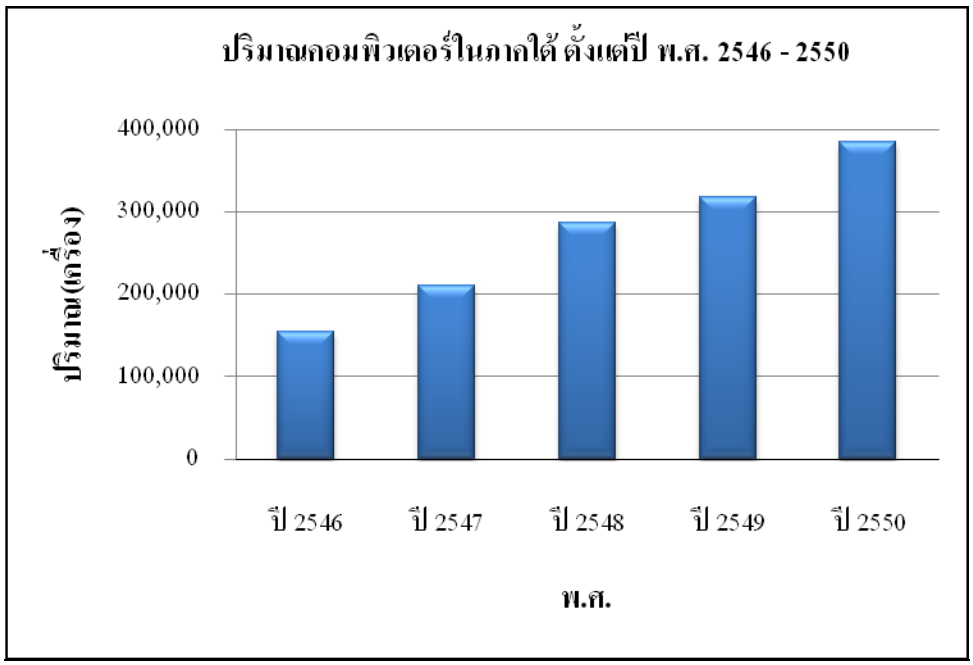
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

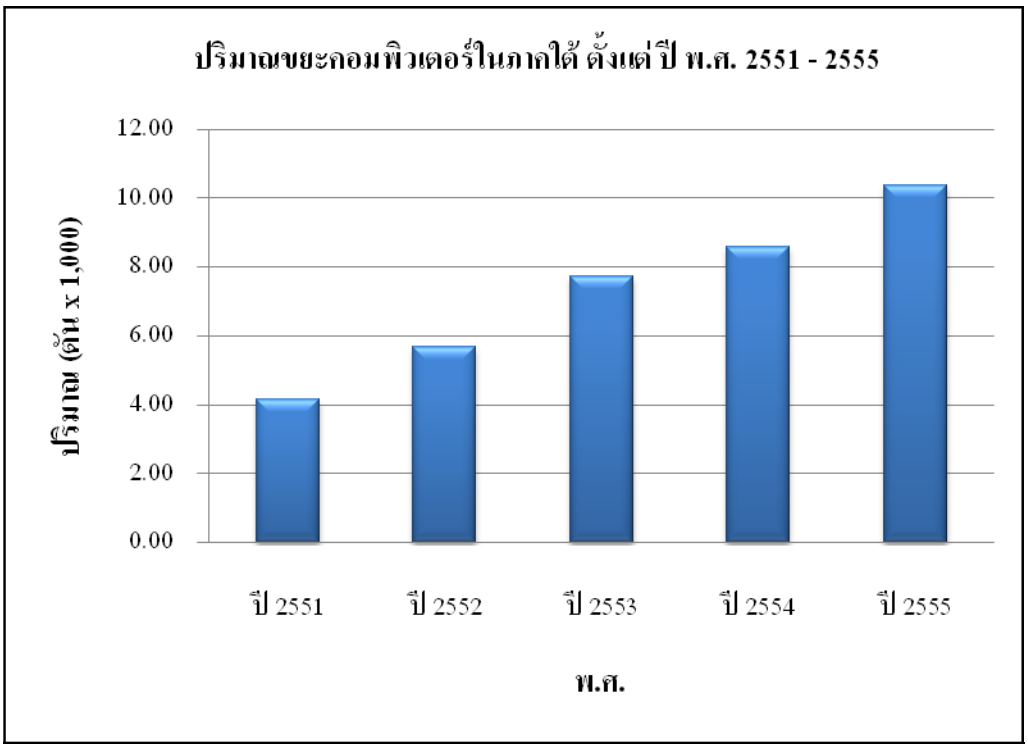
ปัจจุบันปริมาณการใช้คอมพิวเตอร์มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นเนื่องจากคอมพิวเตอร์สามารถตอบสนองความต้องการของมนุษย์ทั้งในด้านความรวดเร็วในการทำงาน การติดต่อสื่อสาร การประมวลผลข้อมูล นอกจากนี้คอมพิวเตอร์ยังสามารถใช้ในการควบคุมการทำงานของเครื่องจักรและงานอื่นๆ ประกอบกับเทคโนโลยีที่ก้าวหน้าอย่างก้าวกระโดดเป็นผลให้อายุการใช้งานคอมพิวเตอร์สั้นลง และราคาที่ลดลงอย่างต่อเนื่องกระตุ้นให้ปริมาณความต้องการเครื่องคอมพิวเตอร์มากขึ้นอย่างรวดเร็ว สภาพดังกล่าวก่อให้เกิดปัญหาการเพิ่มปริมาณของขยะคอมพิวเตอร์ (Computer Wastes) ซึ่งปริมาณขยะคอมพิวเตอร์ที่เกิดขึ้นนี้พบว่า สามารถนำไปรีไซเคิลได้เกือบ 100 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตามขยะคอมพิวเตอร์เหล่านี้ยังขาดการจัดการที่เหมาะสม ซึ่งส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม อันเนื่องมาจากสารอันตรายที่ปนเปื้อนมากับอุปกรณ์ชิ้นส่วนต่างๆ นอกจากนี้ค่าใช้จ่ายในการจัดการยังมีแนวโน้มสูงขึ้น

จากแนวโน้มการใช้คอมพิวเตอร์ ที่สูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง แต่ระบบการจัดการเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์ และ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่หมดอายุการใช้งานแล้วยังไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอ ซึ่งร้อยละ 90 ยังถูกกำจัดไปพร้อมกับขยะมูลฝอยทั่วไปของชุมชนและระบบการจัดการของชุมชนดังกล่าวไม่ได้ออกแบบไว้เพื่อรองรับของเสียที่เป็นอันตราย ซึ่งจะส่งผลเสียเกี่ยวกับสารพิษบางอย่างในสิ่งแวดล้อม ได้แก่ ตะกั่ว ปรอท และแคดเมียม นอกจากนี้ยังมีสารหนู กำมะถัน และสารเคมีอีกเป็นจำนวนมาก ซึ่งสารพิษเหล่านี้เป็นอันตรายต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม อุปกรณ์ในคอมพิวเตอร์พวกหลอดรังสีแคโทด โลหะบัดกรีในแผงวงจร ซึ่งเป็นสารตะกั่ว ถ้าหากสะสมในร่างกายมนุษย์ในปริมาณมาก จะทำลายระบบประสาทส่วนกลางและระบบสืบพันธุ์ เมื่อสารพิษเหล่านี้สะสมในบรรยากาศ ก็จะมีผลต่อดิน พืช สัตว์ และจุลชีพ ดังนั้น การมีระบบการจัดการอย่างมีประสิทธิภาพในการจัดเก็บ คัดแยก อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เหล่านี้จะช่วยลดการเกิดขยะซึ่งเป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ยังช่วยลดต้นทุนในการผลิตอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อื่นๆได้อีกด้วย

แม้ว่าปัจจุบันยังไม่มีการรวบรวมข้อมูลปริมาณขยะคอมพิวเตอร์ที่แน่นอนแต่จากรายงานจำนวนคอมพิวเตอร์ที่ใช้งานในเขตภาคใต้ตั้งแต่ปี พ.ศ.2546 – พ.ศ.2550 มีประมาณ 154,026 เครื่อง 209,698 เครื่อง 286,800 เครื่อง 318,177 เครื่องและ 384.296 เครื่อง ตามลำดับ มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นทุกปี ดังแสดงในภาพประกอบ 1.1 อายุการใช้งานคอมพิวเตอร์ในประเทศไทยโดยเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 5 ปี จึงสามารถคาดการณ์ปริมาณขยะคอมพิวเตอร์ในภาคใต้ในปี พ.ศ.2551 – พ.ศ.2555 เท่ากับ 4,160 ตัน 5,660 ตัน 7,740 ตัน 8,600 ตัน และ 10,380 ตัน ตามลำดับ ดังแสดงในภาพประกอบ 1.2 แสดงให้เห็นถึงแนวโน้มการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในอนาคต



ภาพประกอบ 1.1: ปริมาณคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะในภาคใต้ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2546 – พ.ศ.2550
ที่มา: สำนักงานสถิติแห่งชาติ



ภาพประกอบ 1.2: การคาดการณ์ปริมาณขยะคอมพิวเตอร์ในภาคใต้ตั้งแต่ปี พ.ศ.2551 – พ.ศ.2555

จากการสำรวจอัตราการเพิ่มปริมาณของขยะคอมพิวเตอร์ระหว่างปี พ.ศ.2551 – พ.ศ.2555 พบว่าขยะคอมพิวเตอร์มีแนวโน้มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องซึ่งจะส่งผลต่อระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์เนื่องจากในประเทศไทยโดยเฉพาะในพื้นที่ 14 จังหวัดภาคใต้ยังไม่มีระบบการจัดการอย่างเหมาะสม การจัดการขยะคอมพิวเตอร์ยังคงใช้รูปแบบเดียวกับการจัดการขยะประเภทอื่นๆ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องการศึกษาโดยออกแบบระบบในการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ให้มีต้นทุนรวมต่ำและสามารถลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นในโซ่อุปทาน เพื่อรองรับปริมาณขยะคอมพิวเตอร์ที่จะเกิดขึ้นในอนาคต

1.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กนกอร แสงอรุณ และคณะ[1] ศึกษาแนวทางการจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์ กรณีศึกษาในเขตเทศบาลนครพิษณุโลก โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาชนิด ปริมาณและการกระจายของขยะอิเล็กทรอนิกส์ และแนวทางเบื้องต้นในการจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์ วิธีการวิจัยทำโดยการสัมภาษณ์และรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิจากสถานประกอบการ 3 กลุ่ม คือ กลุ่มร้านรับซื้อของเก่า

กลุ่มสถานประกอบการในศูนย์การค้าขนาดใหญ่ และกลุ่มสถานประกอบการรายย่อย ในงานวิจัยได้เสนอแนวทางในการจัดการ 3 ทางเลือก คือ ทางเลือกที่ 1 แยกเก็บขยะไว้ที่ร้านเพื่อรอนำไปกำจัด ทางเลือกที่ 2 นำไปทิ้งในภาชนะที่ท้องถิ่นจัดให้ และทางเลือกที่ 3 จ่ายค่าบริการในการจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์ ผลจากการวิจัยพบว่า (1) เทศบาลนครพิษณุโลกไม่มีแนวทางการจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์อย่างชัดเจน (2) ข้อมูลเกี่ยวกับชนิดและปริมาณของขยะอิเล็กทรอนิกส์ของแต่ละสถานประกอบการ เรียงลำดับจากมากไปน้อยได้ดังนี้ กลุ่มร้านรับซื้อของเก่าประกอบด้วย แบตเตอรี่รถยนต์และรถจักรยานยนต์ อุปกรณ์คอมพิวเตอร์ และหลอดภาพโทรทัศน์ กลุ่มสถานประกอบการในศูนย์การค้าขนาดใหญ่ ประกอบด้วย แผงวงจร จอภาพโทรศัพท์มือถือ แบตเตอรี่โทรศัพท์มือถือ และอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ และกลุ่มสถานประกอบการรายย่อย ประกอบด้วย แผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์จากเครื่องใช้ไฟฟ้า แผงวงจรและจอภาพโทรศัพท์มือถือ และแบตเตอรี่โทรศัพท์มือถือ (3) สถานประกอบการทั้ง 3 กลุ่มเลือกทางเลือกที่ 1 คือการแยกเก็บขยะอิเล็กทรอนิกส์ไว้ที่ร้านเพื่อรอหน่วยงานที่เกี่ยวข้องนำไปกำจัดมากที่สุด รองลงมาทางเลือกที่ 2 และทางเลือกที่ 3 ตามลำดับ

จินต์ พันธุ์ชัยโย และ คณะ [2] ประเมินการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในกระบวนการโลจิสติกส์ย้อนกลับของอุตสาหกรรมขวดแก้ว กรณีศึกษา บริษัท บางกอกกล๊าส จำกัด ซึ่งมีหลักการคำนวณจาก Carbon Footprint โดยแบ่งเป็น 2 กิจกรรม คือ กิจกรรมการขนส่งและกิจกรรมรีไซเคิล โดยกิจกรรมการขนส่งจะวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของรถบรรทุกโดยแบ่งตามประเภทของน้ำมันที่ใช้คูณกับตัวคูณประเภท Fuel CO_2 Conversion Factors และกิจกรรมรีไซเคิลวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากปริมาณการใช้ไฟฟ้าในส่วนของโรงงานรีไซเคิลคูณกับค่าสัมประสิทธิ์จากการใช้พลังงานไฟฟ้าของประเทศไทย หลังจากได้วิธีการแล้ว จึงนำมาทดสอบโดยใช้ บริษัท บางกอกกล๊าส จำกัด เป็นกรณีศึกษา พบว่า ในส่วนของกิจกรรมรีไซเคิลมีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาเท่ากับ 7,680,456 $kgCO_2$ ขณะที่กิจกรรมขนส่งในส่วนของโลจิสติกส์ขาเข้า (Inbound Logistics) นั้นมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 1080.93 $kgCO_2$ และโลจิสติกส์ขาออก (Outbound Logistics) มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 949.17 $kgCO_2$ ซึ่งรวมแล้วมีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นในระบบโลจิสติกส์ย้อนกลับของบริษัท บางกอกกล๊าส จำกัด เท่ากับ 7,682,486.1 $kgCO_2$ และเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในภาคการผลิตของประเทศไทย พบว่า กิจกรรมรีไซเคิลของบริษัท บางกอกกล๊าส จำกัด มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ คิดเป็น 0.245% ของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยออกมาจากภาคการผลิตของประเทศไทย ขณะที่กิจกรรมการ

ขนส่งของบริษัทมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 0.000047% ของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยออกมาจากภาคการขนส่งของประเทศไทย

พิมพิลาศ แก่นมั่น และไพรำภา ชิ้นจอหอ [3] ศึกษาปริมาณของขยะคอมพิวเตอร์ที่เกิดขึ้นในเขตมหาวิทยาลัยขอนแก่นและพื้นที่ใกล้เคียงโดยการสำรวจข้อมูลในระยะเวลา 3 เดือน พบว่า อุปกรณ์ที่ชำรุดมากที่สุดคือ ลำโพงซึ่งมีทั้งหมด 295 ตัวรองลงมา คือ ฮาร์ดดิสก์มีจำนวน 290 ชิ้น และในการจัดการกับของเสียเหล่านี้จะเป็นการนำไปซ่อมแซม (51%) และทิ้งรวมกับขยะเทศบาล (31%) จากการศึกษาโดยการสำรวจเอกสารพบว่ามีสารอันตรายที่ปนเปื้อนมากับขยะคอมพิวเตอร์ ได้แก่ ตะกั่ว หลอดรังสีแคโทด แคดเมี่ยม ปรอท โบรมีน โพลี-โบรมิเนท-ไบเฟนิล โพลี-โบรมิเนท-ไดเฟนิล-อีเทอร์ และคลอรีน ซึ่งสารบางชนิดสามารถนำกลับมาใช้ได้อีก

เวชพิสิฐ เอี่ยมองอาจ [4] ศึกษาแนวทางการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ในอนาคตโดยใช้เทคนิคเดลฟายในการรวบรวมข้อมูลโดยวิเคราะห์จากแบบสอบถามของผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 รอบ โดยศึกษาใน 7 ด้าน คือ แหล่งที่มา การบำบัด ระยะเวลากับปริมาณขยะคอมพิวเตอร์ การบริการจัดเก็บ การคัดแยก การรีไซเคิล การบำบัดและการกำจัด พบว่า (1) ปริมาณคอมพิวเตอร์ส่วนใหญ่มาจาก บริษัท ร้านตัวแทนจำหน่าย หน่วยงานภาครัฐ และบ้านเรือนของประชาชน (2) บุคลากรในการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ต้องมีความรู้ทางด้านขยะคอมพิวเตอร์ (3) ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นผู้รับผิดชอบควรเป็นบริษัทผู้ผลิต เจ้าของหรือผู้ใช้คอมพิวเตอร์เป็นผู้รับผิดชอบบางส่วนและหน่วยงานรัฐเป็นผู้ดูแลควบคุม (4) วิธีการที่ใช้สำหรับจัดการขยะคอมพิวเตอร์จะมีความแตกต่างจากขยะทั่วๆไป จึงต้องมีความระมัดระวังในแต่ละขั้นตอนของการจัดการ เพื่อความปลอดภัยต่อผู้ทำงานและสิ่งแวดล้อม และสิ่งสำคัญสำหรับการจัดการกับขยะคอมพิวเตอร์เพื่อความปลอดภัยคือคู่มือการปฏิบัติงาน

อัญชนา อินอ๊อด [5] ศึกษาพฤติกรรมการจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์ในครัวเรือนของประชากรในเขตกรุงเทพมหานคร พบว่า (1) พฤติกรรมการจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์ในครัวเรือนของประชาชนกรุงเทพฯ อยู่ในระดับปานกลาง (2) กลุ่มตัวอย่าง ที่มีเพศ อายุ สถานภาพสมรส อาชีพ รายได้ ระดับการศึกษาและระยะเวลาที่อยู่อาศัยต่างกัน มีพฤติกรรมการจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์ไม่แตกต่างกัน (3) ความรู้เรื่องการจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์ในครัวเรือนมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์ และการรับรู้เกี่ยวกับอันตรายจากขยะอิเล็กทรอนิกส์ไม่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์ (4) การแนะนำจากบุคคลและการได้รับข่าวสารเกี่ยวกับการจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์

Khetriwal [6] ศึกษาและพัฒนาแบบจำลองสำหรับการเก็บและการจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์ที่ส่งผลต่อสิ่งแวดล้อม เพื่อศึกษาระบบการขนส่งที่จำเป็นต่อการเก็บขยะอิเล็กทรอนิกส์ จากการศึกษาพบว่าขยะอิเล็กทรอนิกส์ประกอบด้วยวัตถุดิบที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพมนุษย์และสิ่งแวดล้อม ดังนั้นต้องมีการจัดการโดยเฉพาะวัตถุดิบ เพื่อป้องกันการรั่วไหลและกระจายของสารพิษสู่สิ่งแวดล้อม ในขณะเดียวกันโลหะ ประเภท เงิน และทองแดงสามารถเรียกคืนและขายเป็นสินค้ารีไซเคิลได้ ในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาการเปรียบเทียบการนำกลับมาใช้รีไซเคิล ระหว่างประเทศสวิตเซอร์แลนด์และประเทศอินเดีย พบว่าในประเทศสวิตเซอร์แลนด์เป็นประเทศแรกที่มีการจัดเกี่ยวกับขยะอิเล็กทรอนิกส์ โดยมีผู้ผลิตรายใหญ่ 2 รายคือ SWICO และ S.EN.S ซึ่งทั้งสองบริษัทมีกลยุทธ์ในการป้องกันสิ่งแวดล้อมโดยมีวัตถุประสงค์ที่จะลดผลกระทบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ ผู้ผลิตต้องรับผิดชอบผลิตภัณฑ์ที่หมดอายุทั้งหมด สวิตเซอร์แลนด์ได้มีการจัดระบบป้องกันทางด้านการเงินโดยต้องมีการจ่ายเงินสำหรับการขนส่งและการนำกลับมาใช้ใหม่ของเครื่องมือ ส่วนประเทศอินเดียเป็นประเทศที่มีความเจริญทางเศรษฐกิจและภายในประเทศมีความต้องการสูงขึ้นอย่างรวดเร็วจากปี ค.ศ. 1998-2002 จึงได้มีการสนใจในการแก้ปัญหาโดยเร่งด่วนเพื่อรองรับขยะอิเล็กทรอนิกส์ที่เกิดขึ้น แต่คอมพิวเตอร์ในประเทศอินเดียมีอายุการใช้งานนานกว่าประเทศสวิตเซอร์แลนด์ เป็นเหตุให้ระบบการนำคอมพิวเตอร์มารีไซเคิล ล้าหลังกว่าประเทศสวิตเซอร์แลนด์

Macauley et al., [7] ศึกษาการออกแบบต้นทุนและกำไรจากการจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์โดยมุ่งประเด็นไปที่ตะกั่วในหลอด Cathode Ray Tubes (CRT) ของจอคอมพิวเตอร์และโทรทัศน์ โดยทำการศึกษาพฤติกรรมการกำจัดและสนับสนุนให้มีการรีไซเคิลที่เหมาะสม

Shih [8] ศึกษาการวางแผนระบบการขนส่งแบบย้อนกลับสำหรับการนำกลับมาใช้ของเครื่องใช้ภายในบ้านและคอมพิวเตอร์ในไต้หวัน ซึ่งกำลังประสบปัญหาในการจัดการเครื่องใช้ที่หมดอายุ ไต้หวันประกาศให้ผู้ผลิตเรียกคืนเครื่องใช้ภายในบ้านและคอมพิวเตอร์กลับมารีไซเคิล โดยใช้ระบบขนส่งแบบย้อนกลับเข้าช่วยในการเรียกคืนกลับของเครื่องใช้ต่างๆ เนื่องจากปริมาณเครื่องใช้ภายในบ้านและคอมพิวเตอร์ที่หมดอายุมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นเรื่อย แต่พื้นที่การฝังกลบมีจำกัด ขณะเดียวกันการฝังกลบและการรีไซเคิลส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมไต้หวันประกาศให้มีการควบคุมดูแลสารต่างๆ พวกตะกั่ว แบเรียม ฟูออเรสเซ็น และสาร CFC ที่อยู่ในตู้เย็นกับเครื่องปรับอากาศ เพื่อลดปัญหาสิ่งแวดล้อมลง และศึกษาการใช้ Mixed Integer Programming Model ในการลดค่าใช้จ่ายโดยรวม (Total Cost) ซึ่งประกอบด้วย ค่าใช้จ่ายในการขนส่ง (Transportation Cost) ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ (Operation Cost) ค่าใช้จ่ายคงที่ (Fix Cost) (สำหรับการสร้างโรงงานใหม่) ค่าใช้จ่ายในการกำจัดขยะ (Final Disposal Cost) และ ค่าใช้จ่ายใน

การฝังกลบ (Landfill Cost) ในส่วนของรายได้จะได้จากการขายวัตถุดิบและจากการเรียกเก็บค่าธรรมเนียมจากผู้ผลิตและผู้นำเข้าสินค้าต่างๆ ในงานวิจัยนี้ทำการศึกษาเกี่ยวกับระบบการขนส่งแบบย้อนกลับในทางตอนเหนือของประเทศไต้หวัน ซึ่งมีปริมาณขยะอิเล็กทรอนิกส์ที่หมดอายุการใช้งาน แบ่งเป็น โทรทัศน์ 490,000 เครื่อง ตู้เย็น 330,000 เครื่อง เครื่องปรับอากาศ 640,000 เครื่อง เครื่องล้างจาน 270,000 เครื่องและคอมพิวเตอร์ 380,000 เครื่อง ซึ่งปัจจุบันทางตอนเหนือของประเทศไต้หวันมีสถานที่เก็บรวบรวม 17 แห่ง โรงงานแยกชิ้นส่วน 1 โรงงาน และ โรงงานแยกชิ้นส่วนหรือรีไซเคิล 1 โรงงาน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาเกี่ยวกับตำแหน่งที่เหมาะสมในการตั้งสถานที่สำหรับรวมรวมสินค้าเพื่อให้เกิดค่าใช้จ่ายต่ำสุดในการดำเนินการ

Sharma et al., [9] ศึกษาการจัดการเกี่ยวกับการไหลย้อนกลับของผลิตภัณฑ์โดยพิจารณาถึงสิ่งแวดล้อมเป็นหลัก โดยทำการศึกษาระบบโลจิสติกส์แบบย้อนกลับ มีการประยุกต์ใช้ Mixed Integer Programming Model ในการพัฒนาหาที่ตั้งโรงงานและใช้ในการตัดสินใจด้านโลจิสติกส์สำหรับผลิตภัณฑ์ที่หมดอายุการใช้งาน

Tiravat et al., [10] ศึกษาระบบโครงสร้างพื้นฐานของระบบโลจิสติกส์ย้อนกลับโดยทำการวางแผนกลยุทธ์ในการรีไซเคิลอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่หมดอายุในรัฐเท็กซัส โดยใช้ Mixed Integer Programming Model เพื่อให้เกิดกำไรสูงสุดในการดำเนินการ

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.3.1. เพื่อศึกษาสภาพปัจจุบันของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ ในเขตพื้นที่ 14 จังหวัดภาคใต้

1.3.2. ศึกษาระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ที่เหมาะสม รวมถึงศึกษาที่ตั้งของศูนย์รวบรวม เพื่อลดต้นทุนที่เกิดขึ้นในโซ่อุปทานและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย

1.4.1. ทราบสภาพระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ในปัจจุบันของพื้นที่ 14 จังหวัดภาคใต้

1.4.2. ได้วิธีการและแนวทางที่เหมาะสมของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์

1.5 ขอบเขตการวิจัย

ศึกษาระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะในเขตพื้นที่ 14 จังหวัดภาคใต้ โดยประยุกต์ใช้ระบบโลจิสติกส์ย้อนกลับในการวิเคราะห์กิจกรรมต่างๆที่เกิดขึ้น และนำเสนอกลยุทธ์ในการจัดการที่เหมาะสมและสอดคล้องกับทิศทางการเปลี่ยนแปลงที่จะเกิดในอนาคต

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย

1.1 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับเครื่องคอมพิวเตอร์

คอมพิวเตอร์เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญมากในปัจจุบัน คอมพิวเตอร์ในประเทศไทยมีอายุการใช้งานอยู่ที่ 5 ปี โดยประมาณ ทั้งที่อายุการใช้งานจริงอยู่ที่ 8 ปี เนื่องจากเทคโนโลยีที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ทำให้คอมพิวเตอร์ตกรุ่นได้ง่าย อุปกรณ์และชิ้นส่วนต่าง ๆ หลายชิ้นในขยะคอมพิวเตอร์เป็นชิ้นส่วนที่สามารถนำกลับมาใช้ได้เลย มีรายงานว่าในประเทศที่มีเทคโนโลยีสูง คอมพิวเตอร์ 1 เครื่อง สามารถนำมารีไซเคิลได้เกือบ 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งหมายความว่า ซีพียู หลอดภาพ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ พลาสติก และโลหะ จะถูกดึงกลับมาใช้ประโยชน์ได้ทั้งหมด

1.1.1 ส่วนประกอบของเครื่องคอมพิวเตอร์และชนิดของวัสดุที่เป็นองค์ประกอบ

องค์ประกอบของเครื่องคอมพิวเตอร์ (ดังแสดงในภาพประกอบ 2.1) แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มหลักคือ (1) องค์ประกอบของเครื่องคอมพิวเตอร์ตามหน้าที่การใช้งาน เพื่อให้ทราบว่าเครื่องคอมพิวเตอร์แต่ละชุดประกอบด้วยอะไรบ้าง (2) องค์ประกอบของเครื่องคอมพิวเตอร์ตามประเภทวัสดุ เพื่อให้ทราบว่าเครื่องคอมพิวเตอร์แต่ละเครื่องประกอบด้วยวัสดุประเภทใดบ้างซึ่งทำให้ทราบถึงศักยภาพและความจำเป็นในการนำกลับมาใช้ประโยชน์ของวัสดุแต่ละประเภท โดยรายละเอียดดังนี้

1.1.1.1 องค์ประกอบของเครื่องคอมพิวเตอร์ตามหน้าที่การใช้งาน โดยทั่วไปเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลจะประกอบด้วยองค์ประกอบต่างๆ ดังนี้

1) หน่วยประมวลผลกลาง (Central Processing Unit: CPU) หรือไมโครโพเซสเซอร์ คือ วงจรสำหรับประมวลผลของเครื่องคอมพิวเตอร์ ประกอบด้วยทรานซิสเตอร์จำนวนหลายล้านตัว นำมาผลิตโดยใช้เทคโนโลยีชั้นสูงให้เป็นแผ่นไมโครชิปมีขนาดประมาณ 1 – 2 ตารางเซนติเมตร

2) เมนบอร์ด (Mainboard) เป็นแผนวงจรอิเล็กทรอนิกส์ขนาดใหญ่ สำหรับใช้บรรจุซีพียูและอุปกรณ์ชิ้นส่วนอื่นๆ ภายในตัวเครื่องคอมพิวเตอร์ทำด้วยวัสดุต่างๆ เช่น ไฟเบอร์กลาส และลายวงจรทำจากโลหะซึ่งนำไฟฟ้าได้ดี เช่น ทองแดง บนแผ่นเมนบอร์ดบางรุ่นจะมีแบตเตอรี่ขนาดเล็กเพื่อส่งกระแสไฟฟ้าหล่อเลี้ยงชิปข้อมูล (Memory Chip) และวงจรนาฬิกาซึ่งทำงานตลอดเวลา

3) หน่วยความจำหลัก (Main Memory) แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ (1) แรม (Random Access Memory: RAM) เป็นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ทำหน้าที่เก็บข้อมูลและคำสั่งสำหรับนำไปประมวลผล และส่งผลลัพธ์มาเก็บไว้ในหน่วยความจำอีกครั้ง (2) รอม (Read-Only Memory: ROM) ใช้เก็บข้อมูลถาวรเกี่ยวกับการเซ็ตระบบที่เรียกว่าไบออส (Basic Input Output System: BIOS)

4) ฮาร์ดดิสก์ (Hard Disk) มีลักษณะเป็นจานพลาสติกหรือโลหะที่เคลือบด้วยสารแม่เหล็ก ใช้สำหรับบันทึกระบบปฏิบัติการ โปรแกรมประยุกต์ และข้อมูลต่างๆ

5) ฟลอปปีดิสก์ (Floppy Disk Drive) เป็นอุปกรณ์สำหรับบันทึกและอ่านแผ่นฟลอปปีดิสก์ซึ่งเป็นแผ่นพลาสติกวงกลมบางๆ เคลือบด้วยสารแม่เหล็กบรรจุอยู่ในแผ่นพลาสติก ใช้เก็บข้อมูลหรือโปรแกรม

6) ซีดีรอมไดร์ฟ (Compact Disk Read-Only Memory: CD-ROM Drive) ใช้สำหรับอ่านซีดีรอมซึ่งเป็นแผ่นพลาสติกวงกลมแข็ง

7) การ์ดเสียง (Sound Card) เป็นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ทำหน้าที่สังเคราะห์เสียงออกทางลำโพง

8) จอคอมพิวเตอร์ เป็นอุปกรณ์สำหรับแสดงข้อความ ตัวเลขและกราฟิกต่างๆ ซึ่งจอคอมพิวเตอร์มีหลายประเภท ได้แก่ จอที่ใช้หลอดรังสีแคโทดมีลักษณะเหมือนจอโทรทัศน์และมีหลายขนาด จออีกประเภทหนึ่งคือจอที่ใช้ผลึกเหลว มีลักษณะเป็นแผ่นแบนๆ แสดงผลโดยหลักการของโพลาไรเซชัน (Polarization) ของผลึกซึ่งถูกเหนี่ยวนำโดยกระแสไฟฟ้าให้มีสีต่างๆแผ่นวงจรแสดงผลภาพ เป็นแผ่นอิเล็กทรอนิกส์สำหรับควบคุมการสร้างภาพบนจอสีมีหลายแบบ เช่น การ์ดวีจีเอ (Video Graphics Array Card: VGA Card) การ์ดเอสวีจีเอ (Super Video Graphics Array Card: SVGA Card)

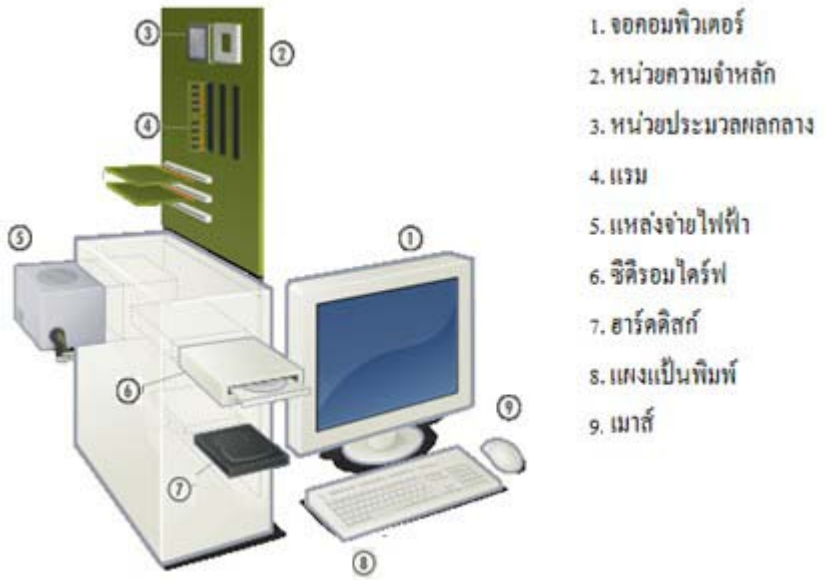
9) แฟกซ์โมเด็ม (Fax-Modem) เป็นอุปกรณ์ซึ่งทำหน้าที่ในการสื่อสารระหว่างคอมพิวเตอร์โดยผ่านสายโทรศัพท์

10) แผงแป้นพิมพ์ (Keyboard) มีลักษณะเหมืองแผงแป้นพิมพ์ของเครื่องพิมพ์ดีดและแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์

11) เมาส์ (Mouse) เป็นอุปกรณ์สั่งงานคอมพิวเตอร์ใช้ร่วมกับแผงแป้นพิมพ์ ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ชี้ตำแหน่ง เมื่อเลื่อนเมาส์ไปมาบนโต๊ะจะทำให้สัญลักษณ์ชี้ตำแหน่งบนจอภาพเลื่อนไปมาในทิศทางที่สอดคล้องกับการเคลื่อนที่ของเมาส์

12) เคส (Case) เป็นวัสดุที่ใช้ห่อหุ้มและรองรับอุปกรณ์ต่างๆที่ประกอบเป็นตัวเครื่องคอมพิวเตอร์ ยกเว้นจอแสดงผล

13) แหล่งจ่ายไฟฟ้า (Power Supply) เป็นอุปกรณ์สำหรับแปลงกระแสไฟฟ้าสลับให้เป็นกระแสไฟฟ้าตรงเพื่อใช้ในการทำงานของคอมพิวเตอร์



ภาพประกอบ 1.1: องค์ประกอบของเครื่องคอมพิวเตอร์
ที่มา : ศูนย์แลกเปลี่ยนวัสดุเหลือใช้

1.1.1.2 องค์ประกอบของเครื่องคอมพิวเตอร์ตามประเภทวัสดุ โดยทั่วไปคอมพิวเตอร์แต่ละเครื่องประกอบด้วยวัสดุหลายชนิดและมีความซับซ้อนมากโดยเฉพาะแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ซึ่งจะมีองค์ประกอบของโลหะหลายชนิด โดยทั่วไปเครื่องคอมพิวเตอร์แต่ละเครื่องมีวัสดุที่เป็นองค์ประกอบหลักโดยน้ำหนักคือ แก้วร้อยละ 24.9 เหล็กร้อยละ 24.5 พลาสติกร้อยละ 22.8 อลูมิเนียมร้อยละ 14.2 ทองแดงร้อยละ 7.0 ตะกั่วร้อยละ 6.3 และอื่นๆ ร้อยละ 0.3 โดยมีรายละเอียดของวัสดุแต่ละประเภทดังนี้

1) องค์ประกอบประเภทโลหะ เครื่องคอมพิวเตอร์ประกอบด้วยโลหะหลายชนิดโดยมีโลหะที่เป็นองค์ประกอบหลักได้แก่ เหล็ก อลูมิเนียม ทองแดง ตะกั่ว เมื่อพิจารณา

องค์ประกอบของเครื่องคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะแต่ละเครื่องโดยละเอียด พบว่ามีโลหะประเภทอื่นๆ เป็นส่วนประกอบอีกมาก โดยเฉพาะในแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ซึ่งมีโลหะหนักหลายชนิดเป็นองค์ประกอบซึ่งส่วนใหญ่เป็นโลหะที่มีมูลค่าเป็นองค์ประกอบหลักของแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ และโลหะเหล่านี้ยังมีศักยภาพในการรีไซเคิล เช่น ทองคำถึงแม้จะมีปริมาณน้อยเพียงร้อยละ 0.0016 แต่สามารถรีไซเคิลได้ถึงร้อยละ 99 อย่างไรก็ตามวัสดุบางชนิดไม่สามารถรีไซเคิลได้เนื่องจากความซับซ้อนของซากผลิตภัณฑ์และปริมาณของวัสดุที่มีน้อยมาก หรืออาจเป็นโลหะที่มีมูลค่าต่ำทำให้ไม่มีความคุ้มทุนในการรีไซเคิล หากพิจารณาถึงศักยภาพของการรีไซเคิลของวัสดุแต่ละประเภทในเครื่องคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะสามารถจำแนกวัสดุได้ 4 กลุ่ม ตามศักยภาพของการรีไซเคิล ดังแสดงในตาราง 2.1

กลุ่มที่ 1 มีศักยภาพในการรีไซเคิลสูง ซึ่งสามารถรีไซเคิลได้มากกว่า 80% ได้แก่ อะลูมิเนียม เหล็ก ทองแดง นิกเกิล ทองคำและเงิน

กลุ่มที่ 2 มีศักยภาพในการรีไซเคิลปานกลาง สามารถรีไซเคิลได้ 50-80% ได้แก่ สังกะสี อินเดียม ซิลีเนียมและโรเดียม

กลุ่มที่ 3 มีศักยภาพในการรีไซเคิลต่ำ สามารถรีไซเคิลได้น้อยกว่า 50% ประกอบด้วยตะกั่ว และพลาสติก

กลุ่มที่ 4 ไม่มีศักยภาพในการรีไซเคิล ได้แก่ เจอร์มาเนียม แกลเลียม แบเรียม แทนทาลัม วาเนเดียม แบริลเลียม และยูโรเปีย

ตาราง 1.1: องค์ประกอบของเครื่องคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ 1 เครื่อง

วัสดุ	**ปริมาณ (ร้อยละของน้ำหนักโดยรวม)**	**ศักยภาพในการรีไซเคิล**	**การใช้งาน / ตำแหน่ง**
ซิลิกา	24.8803	0	แก้ว, อุปกรณ์ที่อยู่ในลักษณะของแข็ง/หลอดรังสีแคโทด, แผงวงจร
เหล็ก	20.4712	80	โครง, แม่เหล็ก, หลอดรังสีแคโทด
อลูมิเนียม	14.1723	80	โครง, ตัวนำสื่อ, หลอดรังสีแคโทด, แผงวงจร, ตัวเชื่อมต่อ
ตะกั่ว	6.2388	5	ตัวบัดกรีโลหะ, ป้องกันรังสี, หลอดรังสีแคโทด, แผงวงจร

ตาราง 2.1: องค์ประกอบของเครื่องคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ 1 เครื่อง (ต่อ)

วัสดุ	ปริมาณ (ร้อยละของน้ำหนักโดยรวม)	ศักยภาพในการรีไซเคิล	การใช้งาน / ตำแหน่ง
ทองแดง	6.9287	90	ตัวเชื่อมโลหะ/แผงวงจร, หลอดรังสีแคโทด,
สังกะสี	2.2046	60	แบตเตอรี่, ตัวยึงฟอสฟอรัส/แผงวงจร, หลอดรังสีแคโทด
นิกเกิล	0.8503	80	โครง, แม่เหล็ก, หลอดรังสีแคโทด, แผงวงจร
แบเรียม	0.3150	0	สารบริสุทธิ์ในหลอดสูญญากาศ/ หลอดรังสีแคโทด
แมงกานีส	0.0315	0	โครง, ตัวนำกระแสแม่เหล็ก, แผงวงจร หลอดรังสีแคโทด
เงิน	0.0189	98	ตัวนำ/แผงวงจร, ตัวเชื่อมต่อ
โคบอลต์	0.0157	0	โครง, ตัวนำกระแสแม่เหล็ก, แผงวงจร, หลอดรังสีแคโทด
แทนทาลัม	0.0157	0	ตัวประจุ/แผงวงจร, ตัวให้กำลังไฟ
แบริลเรียม	0.0157	0	ตัวเร่งฟอสฟอรัสเขียว, แผงวงจร
ไททาเนียม	0.0157	0	พิกเมนต์
พลวง	0.0094	0	ไดโอด, แผงวงจร. หลอดรังสีแคโทด
แคดเมียม	0.0094	0	แบตเตอรี่, แผงวงจร, หลอดรังสีแคโทด
บิสมัส	0.0063	0	สารทำให้เปียกในแผ่นฟิล์ม/แผงวงจร
โครเมียม	0.0063	0	อุปกรณ์ตกแต่ง, สารเพิ่มความแข็งแรง/โครง
แพททินัม	0.0030	95	ตัวนำในฟิล์มหนา/แผงวงจร
โรเดียม	0.0025	0	ตัวนำในฟิล์มหนา/แผงวงจร
ทองคำ	0.0016	99	ตัวเชื่อม, ตัวนำ/แผงวงจร
รูทีเนียม	0.0016	80	แผงต้านทาน/แผงวงจร
ซิลีเนียม	0.0016	70	เครื่องแปลงไฟฟ้า/แผงวงจร
อินเดียม	0.0016	60	ทรานซิเตอร์, เครื่องแปลงไฟฟ้า/แผงวงจร

ตาราง 2.1 : องค์ประกอบของเครื่องคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ 1 เครื่อง (ต่อ)

วัสดุ	ปริมาณ (ร้อยละของน้ำหนักโดยรวม)	ศักยภาพในการรีไซเคิล	การใช้งาน / ตำแหน่ง
เจอร์เมเนียม	0.0016	0	เซมิคอนดักเตอร์/แผงวงจร
แกลเลียม	0.0013	0	เซมิคอนดักเตอร์/แผงวงจร
สารหนู	0.0013	0	ทรานซิสเตอร์/แผงวงจร
พาลาเดียม	0.0003	95	ตัวนำ/แผงวงจร, ตัวเชื่อมต่อ
วาเนเดียม	0.0002	0	ตัวยิงฟอสฟอรัสแดง/ หลอดรังสีแคโทด
ยูโรเปียม	0.0002	0	ตัวเร่งฟอสฟอรัส/แผงวงจร
นิโอเบียม	0.0002	0	ตัวเชื่อม/โครง
อิเทรียม	0.0002	0	ตัวยิงฟอสฟอรัสแดง/ หลอดรังสีแคโทด
รวม	100		

ที่มา : www.svtc.org/hightech_prod2desktop.htm

2) องค์ประกอบประเภทพลาสติก เครื่องคอมพิวเตอร์มีพลาสติกเป็นองค์ประกอบประมาณร้อยละ 23 โดยน้ำหนัก โดยพลาสติกส่วนใหญ่จะเป็นชนิดเทอร์โมพลาสติกที่มีความคงทนและทนไฟสูง เช่น Acrylonitrile Butadrene Styrene (ABS), High Impact Polystyrene (HIPS) และ Polyvinyl Chloride (PVC) เป็นต้น จึงเหมาะสมต่อการใช้เป็นองค์ประกอบของเครื่องคอมพิวเตอร์ จากข้อมูลการศึกษาของหน่วยงานต่างๆ ในประเทศสหรัฐอเมริกาพบว่าพลาสติกที่ใช้เป็นองค์ประกอบของเครื่องคอมพิวเตอร์มีหลากหลายชนิด ดังแสดงในตาราง 2.2 ซึ่งจะเห็นได้ว่าเครื่องคอมพิวเตอร์มีพลาสติกหลายชนิดเป็นองค์ประกอบทำให้เกิดความยุ่งยากในการแยกประเภทและการรีไซเคิล เพราะพลาสติกแต่ละชนิดมีคุณสมบัติที่ไม่เหมือนกัน

ตาราง 1.2: ประเภทพลาสติกที่เป็นองค์ประกอบของเครื่องคอมพิวเตอร์

ประเภทของพลาสติก	สัดส่วนของพลาสติก(หน่วย: ร้อยละ)			
	Chelsea[1]	MOEA[2]	APC[3]	MFF[4]
Acrylonitrile butadrene styrene (ABS)	34	39	56	35
High impact polystyrene (HIPS)	10	25	5	12
Polycarbonate–Acrylonitrile butadrene styrene (PC-ABS)	29	6	2	29
Poly phenylrene oxide (PPO)	12	-	36	14
Poly vinyl chloride (PPC)	5	5	-	5
Polyphenylrene ether (PPE)	-	17	-	-
Polyphenylrene (PP), Polyethylrene (PE)	-	3	-	-
Polycarbonate (PC)	5	4	-	-
อื่น ๆ	2	1	1	2
ระบุไม่ได้	3	-	-	3
รวม	100	100	100	100

ที่มา : ศูนย์แลกเปลี่ยนวัสดุเหลือใช้

1.1.2 ผลกระทบจากขยะคอมพิวเตอร์ต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์และสิ่งแวดล้อม

เมื่อพิจารณาองค์ประกอบของเครื่องคอมพิวเตอร์ พบว่าชิ้นส่วนในคอมพิวเตอร์ไม่ว่าจะเป็นแผงวงจร แบตเตอรี่ หลอดรังสีแคโทดในจอภาพ และหม้อแปลงจะประกอบด้วยโลหะหนัก เช่น แคดเมียม ตะกั่ว ปรอท และนิกเกิล เป็นต้น ซึ่งโลหะหนักเหล่านี้เป็นสารพิษที่ส่งผลกระทบต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม หากนำขยะคอมพิวเตอร์ไปฝังกลบรวมกับขยะชุมชนหรือเผาด้วย

---

[1] Recycling Market Development for Engineer Thermoplastics from Used Electronic Equipment, Chelsea for Recycling and Economic Development, University of Massachusetts (2000).

[2] Recycling Used Electronics: Report on Minnesota's Demonstration Project, Minnesota Office of Environmental Assistance

[3] Plastic from Residential Electronics Recycling: Report 2000, American Plastics Council

[4] San Francisco Bay Area Electronics Recycling, Material for the Future Foundation

ความร้อนสูง เพราะสถานที่ฝังกลบในปัจจุบันไม่สามารถรองรับขยะอิเล็กทรอนิกส์ได้ทั้งนี้เนื่องจากขยะคอมพิวเตอร์ประกอบด้วยด้วยสารเคมีและโลหะหนัก ทำให้เกิดน้ำชะขยะซึ่งมีโอกาสปนเปื้อนสู่สิ่งแวดล้อมทำให้เกิดผลกระทบต่อแหล่งน้ำผิวดินและแหล่งน้ำใต้ดินได้และหากปนเปื้อนสู่ระบบห่วงโซ่อาหารจะทำให้เกิดผลกระทบต่อมนุษย์ด้วย สำหรับการเผาด้วยความร้อนสูงจะทำให้ส่งผลกระทบต่อคุณภาพอากาศเนื่องจากการเผาไหม้ทำให้เกิดสารไดออกซิน (Dioxin) และฟิวแรน (Furan) ที่มีพิษอย่างมาก โดยสารอันตรายในเครื่องคอมพิวเตอร์ที่อาจก่อให้เกิดผลกระทบเชิงลบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพมนุษย์ได้แสดงรายละเอียดไว้ในตาราง 2.3

ตาราง 1.3: ผลกระทบต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อมที่อาจเกิดขึ้นจากสารอันตรายในอุปกรณ์คอมพิวเตอร์

สารอันตราย	**อุปกรณ์คอมพิวเตอร์**	**ผลกระทบต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม**
ตะกั่ว	หลอดรังสีแคโทด, ปะเก็น, โลหะบัดกรีในแผงวงจรและส่วนอื่น ๆ	ทำลายระบบประสาท ต่อมไร้ท่อ ไต ระบบเลือด มีผลต่อเอนโดรไคลและส่งผลต่อการพัฒนาสมองของเด็ก พิษเรื้อรังของตะกั่วจะค่อย ๆ แสดงอาการออกมา ภายหลังจากได้รับสารตะกั่วทีละน้อยเข้าสู่ของเหลวในร่างกาย และค่อย ๆ สะสมในร่างกาย
แบเรียม	เคลือบผิวด้านหน้าของหลอดรังสีแคโทด เพื่อป้องกันการแผ่รังสี	ผลกระทบระยะสั้นอาจทำให้สมองบวม กล้ามเนื้ออ่อนล้า และทำลายหัวใจ ตับ และม้าม
เบริลเลียม	แผงวงจรหลัก	เป็นสารก่อมะเร็ง โดยเฉพาะมะเร็งปอดซึ่งเป็นอวัยวะที่ได้รับสาร ผู้ที่ได้รับสารนี้อย่างต่อเนื่องจากการสูดดมจะกลายเป็นโรค Beryllicosis ซึ่งมีผลกระทบกับปอด หากสัมผัสก็จะทำให้เกิดแผลที่ผิวหนังรุนแรง
แคดเมียม	แผงวงจร แบตเตอรี่ เซมิคอนดักเตอร์และหลอดรังสีแคโทด	สะสมในร่างกายมากๆ จะทำให้เป็นโรคไตและทำให้กระดูกผุกร่อน

ตาราง 2.3: ผลกระทบต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อมที่อาจเกิดขึ้นจากสารอันตรายในอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ (ต่อ)

สารอันตราย	อุปกรณ์คอมพิวเตอร์	ผลกระทบต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม
ฟอสฟอรัส	เคลือบผิวหน้าภายในหลอดรังสีแคโทด	ยังไม่มีรายงานชัดเจน แต่ในการทหารเรือเตือนว่าสารนี้มีความเป็นพิษสูงมาก ซึ่งอาจมีผลต่อผิวหนังและระบบการย่อยอาหาร หากได้รับในปริมาณที่มากอาจทำให้ถึงตายได้
ปรอท	ในสวิตซ์และจอภาพแบบแบนแผงวงจร	ปรอทเมื่อเข้าสู่ร่างกายจะไปทำอันตรายต่อระบบประสาทส่วนกลาง ซึ่งได้แก่ สมองและไขสันหลัง ทำให้เสียการควบคุมเกี่ยวกับการเคลื่อนไหวของแขน ขา การพูด และยังทำให้ระบบประสาทรับความรู้สึกเสียไป เช่น การได้ยิน การมองเห็น
โครเมียมเฮกซาวาเลนซ์	ป้องกันการสึกกร่อนของแผ่นโลหะที่ไม่ได้ชุบสังกะสีและเพิ่มความแข็งแรงของโครงเหล็ก	สามารถทำลาย DNA และก่อให้เกิดโรคหลอดลมได้
สารทนไฟทำจากโปรมีน	สาร Plybromited Diphenylethers (PBDE)ใช้เป็นสารทนไฟ	มีผลกระทบต่อการทำงานของเอนโดรไคลและส่งผลกระทบต่อการพัฒนาการสมองของเด็กและลดปริมาณฮอร์โมนไทรอกซินในมนุษย์และสัตว์ทำให้มีผลต่อการเจริญเติบโตของตัวอ่อนในครรภ์ เมื่อปนเปื้อนสู่สิ่งแวดล้อมจะสะสมอยู่ในไขมันสัตว์ได้ดี และจะถ่ายทอดมายังมนุษย์ได้
พลาสติก	ใช้เป็นองค์ประกอบในส่วนต่างๆของเครื่อง เช่น แผงวงจร ตัวเชื่อมต่อ โครงพลาสติก สายไฟ	หากทำลายพลาสติกด้วยการเผาจะทำให้เกิดสารไดออกซินซึ่งส่งผลกระทบต่อคุณภาพอากาศและมนุษย์เมื่อสูดดม

ที่มา : ศูนย์แลกเปลี่ยนวัสดุเหลือใช้

1.1.3. การจัดการเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้แล้ว

การจัดการเครื่องคอมพิวเตอร์ใช้แล้วมีหลายวิธี โดยแต่ละวิธีจะมีลักษณะการจัดการ ข้อดีและข้อเสียที่แตกต่างกัน โดยวิธีการจัดการเครื่องคอมพิวเตอร์ใช้แล้วได้ดังนี้

1.1.3.1 การเผาด้วยเตาเผา วิธีการกำจัดเครื่องคอมพิวเตอร์ด้วยการเผาเป็นวิธีการที่เสี่ยงต่อสิ่งแวดล้อมเนื่องจากการเผาไหม้พลาสติกบางชนิดจะทำให้เกิดสารพิษที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพของมนุษย์และส่งผลกระทบสู่สิ่งแวดล้อม เช่น เกิดสารไดออกซินและฟูแรน ในกรณีที่เผาไหม้พลาสติกประเภททนไฟโดยมีทองแดงจะเป็นตัวเร่งหรือทำการเผาไหม้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 600 – 800 องศาเซลเซียส และการเผาไหม้พลาสติกประเภทพอลิไวนิลคลอไรด์จะก่อให้เกิดก๊าซไฮโดรคลอไรด์และก๊าซคลอรีนซึ่งจะส่งผลกระทบต่อร่างกายมนุษย์และสิ่งแวดล้อม การกำจัดเครื่องคอมพิวเตอร์ด้วยการเผาไหม้มิใช่เพียงแต่จะก่อให้เกิดก๊าซพิษเพียงอย่างเดียวแต่จะเกิดขี้เถ้าซึ่งมีโลหะหนักเป็นองค์ประกอบดังนั้นจึงต้องกำจัดขี้เถ้าโดยการฝังกลบอีกครั้ง ซึ่งอาจเกิดการรั่วซึมออกไปปนเปื้อนกับน้ำใต้ดินและมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและชุมชน

1.1.3.2 การฝังกลบ วิธีการนี้เป็นวิธีที่มีความเสี่ยงต่ออันตรายเช่นเดียวกัน เนื่องจากภายในแผงวงจรและจอคอมพิวเตอร์มีโลหะหนักเป็นองค์ประกอบ ซึ่งหากโลหะหลักเหล่านี้ปนเปื้อนลงสู่น้ำใต้ดินจะทำให้แพร่กระจายเข้าสู่ระบบนิเวศวิทยาและส่งผลกระทบต่อระบบห่วงโซ่อาหาร อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าจะใช้วิธีการฝังกลบที่ปลอดภัยไม่มีการรั่วซึมของโลหะหลักสู่สิ่งแวดล้อมภายนอกก็ตาม แต่เนื่องจากเครื่องคอมพิวเตอร์มีปริมาตรขนาดใหญ่ทำให้สิ้นเปลืองพื้นที่ในการฝังกลบเป็นการสูญเสียโอกาสในการใช้ที่ดิน

ทั้งสองวิธีที่กล่าวมาล้วนก่อให้เกิดอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมทั้งสิ้นโดยเฉพาะการฝังกลบที่นอกจากจะต้องใช้พื้นที่มากขึ้นแล้ว ยังก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศ น้ำ และดิน โดยทำให้เกิดการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์และมีเทนออกสู่บรรยากาศมากขึ้น และทำให้มีการปนเปื้อนของโลหะหนักในดินและน้ำใต้ดิน ซึ่งมลพิษที่เกิดขึ้นทั้งหมดนี้สามารถส่งผลกระทบย้อนกลับมาสู่สุขอนามัยของคน รวมถึงพืชและสัตว์ได้ในท้ายที่สุด

1.1.4 กฎระเบียบที่เกี่ยวข้องกับการจัดการคอมพิวเตอร์ที่ใช้แล้ว

จากปัญหาปริมาณขยะคอมพิวเตอร์ที่เพิ่มมากขึ้นแบบก้าวกระโดดทำให้หลายประเทศตระหนักถึงความสำคัญของปริมาณขยะคอมพิวเตอร์ที่เพิ่มมากขึ้น และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่จะตามมา ดังนั้นจึงได้มีการกำหนดมาตรการในการแก้ปัญหาขยะคอมพิวเตอร์ที่

เกิดขึ้นซึ่งประเทศในกลุ่มสหภาพยุโรปได้ออกระเบียบว่าด้วยเศษเหลือทิ้งของผลิตภัณฑ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ และประเทศญี่ปุ่นได้กำหนดกฎหมายเพื่อการรีไซเคิลเครื่องคอมพิวเตอร์ใช้แล้ว โดยรายละเอียดของกฎระเบียบที่เกี่ยวข้องกับเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้แล้วของประเทศในกลุ่มสหภาพยุโรปและประเทศญี่ปุ่นดังนี้

1.1.4.1 หลักการสำคัญในระเบียบ WEEE (Waste from Electrical and Electronic) มีวัตถุประสงค์เพื่อป้องกันไม่ให้เศษเหลือทิ้งมีจำนวนเพิ่มมากขึ้น ส่งเสริมให้มีการนำมาใช้ซ้ำ/ใช้ใหม่ (Reuse / Recycling) มีการคืนสภาพ (Recovery) และเพื่อลดความเสี่ยงและผลกระทบที่จะมีต่อสภาวะแวดล้อม อันเกิดจากการกำจัดและทำลายเศษเหลือทิ้งของผลิตภัณฑ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งเครื่องคอมพิวเตอร์รวมอยู่ในขอบเขตของสินค้าผลิตภัณฑ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ โดยกฎระเบียบนี้จะนำหลักการ Producer Responsibility กล่าวคือผู้ผลิตจะต้องเป็นผู้รับผิดชอบในการดำเนินการเกี่ยวกับซากของผลิตภัณฑ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ที่หมดอายุการใช้งานแล้ว คำจำกัดความของ ผู้ผลิต (Producers) ครอบคลุมทั้งผู้ผลิตสินค้า (Manufacturers) และผู้นำเข้า (Professional Importers) และไม่ว่าสินค้าจะถูกจำหน่ายโดยวิธีใดซึ่งหมายถึงสินค้าที่จำหน่ายทางอินเตอร์เน็ตหรือ E-commerce ด้วย

ผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ที่อยู่ในขอบเขตของ WEEE คือ

1) เครื่องใช้ไฟฟ้าขนาดใหญ่ เช่น เครื่องทำความเย็นขนาดใหญ่ ตู้เย็น ตู้แช่แข็ง

2) เครื่องใช้ไฟฟ้าขนาดเล็ก เช่น เครื่องดูดฝุ่น เตารีด เครื่องปิ้งขนมปัง กระทะไฟฟ้า เครื่องทำกาแฟ

3) เครื่องคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์สื่อสาร เช่น เครื่องคอมพิวเตอร์ เครื่องพิมพ์ อุปกรณ์ทำสำเนา

4) เครื่องใช้ในครัวเรือน เช่น วิทยุ โทรทัศน์ กล้องวิดีโอ เครื่องบันทึกวิดีโอ เครื่องบันทึกเสียง เครื่องขยายเสียง เครื่องดนตรีไฟฟ้า

5) อุปกรณ์แสงสว่าง เช่น อุปกรณ์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซน โคมแรงสูงรวมทั้งหลอดความดันโซเดียม และหลอดฮาไลด์ โคมโซเดียมแรงดันต่ำ

6) เครื่องมือไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ (ยกเว้นเครื่องมืออุตสาหกรรมขนาดใหญ่) เช่น เครื่องเจาะ เครื่องเย็บหมุด เครื่องเชื่อมโลหะหรือเครื่องพ่น เครื่องตัดหญ้าหรือทำสวน

7) ของเล่น เครื่องหย่อนใจและอุปกรณ์กีฬา เช่น รถไฟฟ้า วิดีโอเกม เครื่องกีฬาที่มีเครื่องไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เป็นส่วนประกอบ เครื่องพนันหยอดเหรียญ

8) เครื่องมือแพทย์ (ยกเว้นผลิตภัณฑ์เพาะหรือติดเชื้อ) เช่น อุปกรณ์รักษาโรคด้วยรังสี

9) เครื่องมือติดตามและควบคุม เช่น เครื่องจับควัน ตัวจ่ายความร้อน เครื่องควบคุมอุณหภูมิ

10) เครื่องขายอัตโนมัติ เช่น เครื่องขายเครื่องดื่มร้อนเย็นบรรจุขวดหรือกระป๋องอัตโนมัติ เครื่องขายผลิตภัณฑ์อัตโนมัติ เครื่องถอนเงินอัตโนมัติ เป็นต้น

1.1.4.2 หลักการสำคัญในระเบียบ RoHS (Restriction of Hazardous Substances) เป็นข้อกำหนดที่ 2002/95/EC ของสหภาพยุโรป (EU) ว่าด้วยเรื่องของการใช้สารที่เป็นอันตรายในอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งหมายความรวมถึงเครื่องใช้ทุกชนิด ที่ต้องอาศัยไฟฟ้าในการทำงาน เช่น โทรทัศน์ เตาอบไมโครเวฟ วิทยุ เป็นต้น ซึ่งหมายความว่า ชิ้นส่วนทุกอย่างที่ประกอบเป็นเครื่องใช้ไฟฟ้านั้น ตั้งแต่แผงวงจร อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ไปจนถึงสายไฟ จะต้องผ่านตามข้อกำหนดดังกล่าว โดยสารที่จำกัดปริมาณในปัจจุบัน กำหนดไว้ 6 ชนิด ดังนี้

1) ตะกั่ว(Pb)	ไม่เกิน 0.10% โดยน้ำหนัก
2) ปรอท(Hg)	ไม่เกิน 0.10% โดยน้ำหนัก
3) แคดเมียม(Cd)	ไม่เกิน 0.01% โดยน้ำหนัก
4) เฮกซะวาเลนท์(Cr-VI)	ไม่เกิน 0.10% โดยน้ำหนัก
5) โพลีโบรมิเนตไบเฟนนิลส์ (PBB)	ไม่เกิน 0.10% โดยน้ำหนัก
6) โพลีโบรมิเนต ไดเฟนนิล อีเธอร์ (PBDE)	ไม่เกิน 0.10% โดยน้ำหนัก

แต่ก็มีข้อยกเว้นสำหรับอุปกรณ์บางอย่าง ที่ยังไม่สามารถใช้สารอื่นมาทดแทนได้ หรือสารที่ใช้ทดแทน มีอันตรายมากกว่า เช่น หลอดฟลูออเรสเซนต์ ซึ่งมีสารปรอทเป็นส่วนประกอบ ตะกั่วในเหล็กอัลลอย นอกจากนี้ เครื่องมือด้านการแพทย์ และการทหาร ก็อยู่ในข้อยกเว้น

1.1.4.3 หลักการสำคัญใน 3Rs Concepts เป็นหลักการสำคัญอีกส่วนหนึ่งที่มีบทบาทมากสำหรับระบบการจัดการที่ต้องการสร้างความยั่งยืนในปัจจุบัน นั้นคือ หลักการ 3Rs Concepts ที่เกิดจากการประชุมสุดยอดผู้นำกลุ่ม G8 ที่มลรัฐ Georgia ประเทศสหรัฐอเมริกา เมื่อเดือน มิถุนายน 2547 โดยในการประชุมครั้งนั้น นายกรัฐมนตรีประเทศญี่ปุ่นได้เสนอหลักการ 3Rs (Reduce, Reuse, Recycle) เพื่อช่วยส่งเสริมการผลิตและการบริโภคแบบยั่งยืน โดยเน้นให้มีการลดของเสีย มีการใช้ซ้ำ และการนำกลับมาใช้ใหม่ให้มากขึ้น ทั้งนี้เพื่ออนุรักษ์และใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติให้คุ้มค่าที่สุด

R : Reduce คือ การลดการใช้ การบริโภคทรัพยากรที่ไม่จำเป็นลง ลองมาสำรวจกันว่าจะลดการบริโภคที่ไม่จำเป็นตรงไหนได้บ้าง โดยเฉพาะการลดการบริโภคทรัพยากรที่ใช้แล้วหมดไป เช่น น้ำมัน ก๊าซธรรมชาติ ถ่านหิน และแร่ธาตุ ต่าง ๆ การลดการใช้นี้ ทำได้ง่าย ๆ โดยการเลือกใช้เท่าที่จำเป็น เช่น ปิดไฟทุกครั้งที่ไม่ใช้งานหรือเปิดเฉพาะจุดที่ใช้งาน ปิดคอมพิวเตอร์และเครื่องปรับอากาศเมื่อไม่ใช้เป็นเวลานาน ๆ ถอดปลั๊กของเครื่องใช้ไฟฟ้า เช่น กระติกน้ำร้อนออกเมื่อไม่ได้ใช้ เมื่อต้องการเดินทางใกล้ ๆ ก็ควรใช้วิธีเดิน ขี่จักรยาน หรือนั่งรถโดยสารแทนการขับรถไปเอง เป็นต้น ซึ่งพฤติกรรมดังกล่าวสามารถเก็บทรัพยากรด้านพลังงานไว้ใช้ได้นานขึ้น ประหยัดพลังงานและอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมอีกด้วย

R : Reuse คือ การใช้ทรัพยากรให้คุ้มค่าที่สุด โดยการนำสิ่งของเครื่องใช้ มาใช้ซ้ำ ซึ่งบางอย่างอาจใช้ซ้ำได้หลาย ๆ ครั้ง เช่น การนำชุดทำงานเก่าที่ยังอยู่ในสภาพดีมาใส่เล่นหรือใส่นอนอยู่บ้านหรือนำไปบริจาค แทนที่จะทิ้งไปโดยเปล่าประโยชน์ การนำกระดาษรายงานที่เขียนแล้ว 1 หน้า มาใช้ในหน้าที่เหลือหรืออาจนำมาทำเป็นกระดาษโน้ต ช่วยลดปริมาณการตัดต้นไม้ได้เป็นจำนวนมาก การนำขวดแก้วมาใส่น้ำรับประทานหรือนำมาประดิษฐ์เป็นเครื่องใช้ต่างๆ เช่น แจกันดอกไม้หรือที่ใส่ดินสอ เป็นต้น นอกจากจะช่วยลดค่าใช้จ่าย ลดการใช้พลังงานพลังงานแล้วยังช่วยรักษาสิ่งแวดล้อมและยังได้ของน่ารักๆ จากการประดิษฐ์ไว้ใช้งานอีกด้วย

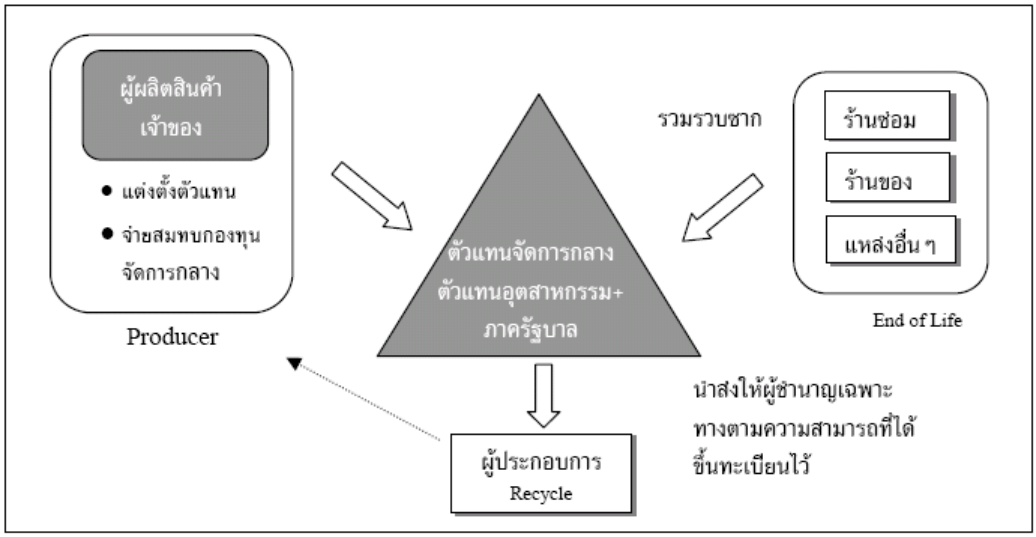
R : Recycle คือ การนำหรือเลือกใช้ทรัพยากรที่สามารถนำกลับมารีไซเคิล หรือนำกลับมาใช้ใหม่ เป็นการลดการใช้ทรัพยากรในธรรมชาติจำพวกต้นไม้ แร่ธาตุต่าง ๆ เช่น ทราย เหล็ก อลูมิเนียม ซึ่งทรัพยากรเหล่านี้ สามารถนำมารีไซเคิลได้ยกตัวอย่างเช่น เศษกระดาษสามารถนำไปรีไซเคิลกลับมาใช้เป็นกล่องหรือถุงกระดาษ การนำแก้วหรือพลาสติกมาหลอมใช้ใหม่เป็นขวด ภาชนะใส่ของ หรือเครื่องใช้อื่นๆ ฝากระป๋องน้ำอัดลมก็สามารถนำมาหลอมใช้ใหม่หรือนำมาบริจาคเพื่อทำขาเทียมให้กับคนพิการได้

1.1.4.4 หลักการรีไซเคิลของประเทศญี่ปุ่น เนื่องจากประเทศญี่ปุ่นได้มีการออกกฎหมายรีไซเคิลเครื่องใช้ไฟฟ้าซึ่งกำหนดให้ผู้ผลิต ร้านค้าปลีกและผู้บริโภคต้องมีส่วนร่วมในการจัดการนำซากเครื่องใช้ไฟฟ้าเพื่อนำส่วนประกอบกลับมาใช้ใหม่และกำหนดอัตราส่วนของส่วนประกอบสินค้าที่ต้องนำกลับมาใช้ใหม่เทียบกับน้ำหนักสินค้ามีดังนี้ คือ ตู้เย็นและเครื่องซักผ้าต้องนำส่วนประกอบกลับมาใช้ใหม่ร้อยละ 50 ของน้ำหนัก ส่วนโทรทัศน์และเครื่องปรับอากาศกำหนดอัตราส่วนไว้ที่ร้อยละ 55 และร้อยละ 60 ตามลำดับ

ต่อมาประเทศญี่ปุ่นได้ออกกฎระเบียบเพิ่มเติมให้มีการนำเครื่องคอมพิวเตอร์กลับมารีไซเคิลโดยค่าธรรมเนียมในการรีไซเคิลเครื่องคอมพิวเตอร์ประมาณ 3,000 – 4,000 เยนต่อเครื่อง โดยอัตราค่าธรรมเนียมที่แตกต่างกันนั้นจะขึ้นอยู่กับประเภทของเครื่องคอมพิวเตอร์ โดย

ค่าธรรมเนียมในการรีไซเคิลเครื่องคอมพิวเตอร์นั้นผู้บริโภคจะเป็นผู้แบกภาระในการรับผิดชอบทั้งหมดโดยผู้ที่ซื้อเครื่องคอมพิวเตอร์เครื่องใหม่ตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม พ.ศ. 2546 ผู้ผลิตจะรวมค่าธรรมเนียมการรีไซเคิลเข้าไปในราคาจำหน่ายเครื่องคอมพิวเตอร์แล้วโดยเครื่องคอมพิวเตอร์เหล่านี้จะมีการติดสติ๊กเกอร์สัญลักษณ์เพื่อแสดงให้ทราบว่าได้จ่ายค่าธรรมเนียมการรีไซเคิลแล้ว ส่วนเครื่องคอมพิวเตอร์เครื่องเก่าที่ซื้อก่อนวันที่ 1 ตุลาคม พ.ศ. 2546 หากผู้บริโภคต้องการทิ้งจะต้องติดต่อบริษัทเจ้าของเครื่องคอมพิวเตอร์ให้นำกลับไปกำจัดพร้อมทั้งเสียค่าธรรมเนียมในการกำจัดด้วย

1.1.4.5 แนวคิดโมเดลการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ จากแนวคิดด้านต่างๆ ในการจัดการซากผลิตภัณฑ์พบว่าแนวคิดทุกด้านล้วนแล้วแต่มีเป้าหมายสุดท้ายที่การจัดการระบบ (System) ให้เกิดความยั่งยืน และเป็นรูปธรรมมากที่สุด จากการแสดงความรับผิดชอบของผู้ผลิต (Producer Responsibility) และการมีส่วนร่วมจากทุกๆ ส่วนที่เป็นผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย (Stakeholders) ของปัญหานี้ ดังนั้น เมื่อนำแนวคิดทั้งหมดมาประสานกับโครงสร้างพื้นฐานของอุตสาหกรรมไทยที่ค่อนข้างจะแตกต่างจากประเทศอื่นๆที่เป็นผู้นำงานทางด้านนี้ จะเห็นได้ว่าประเทศที่เป็นผู้นำงานด้านนี้นั้นโดยมากจะเป็นผู้ผลิตสินค้าโดยตรง ซึ่งแตกต่างกับประเทศไทยที่เป็นผู้รับเหมาซื้อมาเสียส่วนใหญ่ (Subcontract) แล้วจะพบว่า แนวทางที่เป็นไปได้มากที่สุดนั้นประเทศไทยเราควรมีการจัดทำระบบที่สามารถดำรงอยู่ได้ด้วยตนเองอย่างยั่งยืน (Sustainable) โดยใช้ค่าใช้จ่ายจากการแสดงความรับผิดชอบของผู้ผลิตเป็นหลักเนื่องจากรัฐบาลมีงบประมาณอย่างจำกัดในการจัดการด้านนี้ แต่อย่างไรก็ตามระบบนี้ยังคงมีความจำเป็นที่จะต้องอยู่ภายใต้การแนะนำแนวทางจากภาครัฐบาลเป็นสำคัญ นอกจากนี้ระบบใหม่นี้ยังควรจะต้องกระจายความทัดเทียมในการแสดงความรับผิดชอบของผู้กำจัดซากตามระดับความถนัดในเทคโนโลยีที่มีอีกด้วยเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในการจัดการ สุดท้ายโมเดลใหม่ที่ได้ควรเป็นโมเดลที่มีความเป็นกลางทางด้านแนวคิดต่ออุตสาหกรรมมากที่สุดเป็นสำคัญ เนื่องจากอุตสาหกรรมไทยมีเทคโนโลยีที่แตกต่างจากประเทศญี่ปุ่น และพื้นฐานการตระหนักในประเด็นด้านสิ่งแวดล้อมก็ยังไม่สูงมากเท่าสหภาพยุโรป ซึ่งแนวคิดโมเดลที่น่าจะเป็นไปได้จากความต้องการและพื้นฐานต่างๆ ที่กล่าวมามีรายละเอียดดังแสดงในภาพประกอบ 2.2



ภาพประกอบ 1.2: มาตรการและกลไกการเรียกซากคืนที่คาดว่าจะเหมาะสมสำหรับประเทศไทย
ที่มา: Engineering Today (2550)

จากภาพประกอบ 2.2 จะเห็นได้ว่าผู้ผลิตซึ่งเป็นเจ้าของสินค้าจะมีหน้าที่ในการแต่งตั้งผู้แทนดำเนินการจัดการซากในผลิตภัณฑ์ของตน และจ่ายค่าใช้จ่ายสมทบเข้ากองทุนการจัดการกลาง ตัวแทนจัดการกลางจะใช้งบประมาณจากกองทุนนี้ในการไปดำเนินการรวบรวมซากในผลิตภัณฑ์ที่ตนได้รับการแต่งตั้งเป็นตัวแทน จากร้านซ่อม ร้านรับซื้อของเก่าหรือแหล่งรวบรวมอื่นๆ แล้วนำส่งให้แก่ผู้ประกอบการรีไซเคิล ซึ่งมีความสามารถเฉพาะทางในผลิตภัณฑ์หรือวัสดุนั้นๆ ภายใต้การแนะนำการจัดการระบบร่วมกับภาครัฐบาลเพื่อให้เกิดความโปร่งใส่ในการดำเนินการมากที่สุด ซึ่งระบบนี้จะทำให้เกิดความเป็นระเบียบและยั่งยืนในการดำเนินการเองทุกอย่าง นอกจากนี้การใช้ระบบนี้ยังก่อให้เกิดผลพลอยได้ทางอ้อมต่อการจัดการปัญหาสินค้าลักลอบนำเข้านอกระบบอีกด้วย เนื่องจากหากสินค้านอกระบบเหล่านี้ถูกนำมาร้านซ่อมหรือร้านรับซื้อของเก่า ร้านเหล่านี้ก็จะไม่สามารถรับสินค้าลักลอบเหล่านี้เข้าร้านได้ เพราะจะถูกระบบติดตามว่าได้สินค้าเหล่านี้มาจากที่ใดอย่างไร ซึ่งเมื่อมีมาตรการที่เข้มแข็งประกาศออกมาจากภาครัฐแล้วแนวทางนี้ก็น่าจะช่วยในการแก้ไขปัญหาการลักลอบนำสินค้าหนีภาษีเข้ามาได้อีกทางหนึ่ง

1.2 แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์

การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gases: GHGs) จากกิจกรรมต่างๆของมนุษย์อย่างต่อเนื่อง ทั้งการใช้พลังงาน การเกษตรกรรม การพัฒนาและการขยายตัวของภาคอุตสาหกรรม การขนส่ง การตัดไม้ทำลายป่า รวมทั้งการทำลายทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในรูปแบบอื่นๆ ล้วนเป็นสาเหตุสำคัญของการเกิดภาวะโลกร้อน ซึ่งส่งผลกระทบต่อวิถีการดำรงชีวิตของมนุษย์ สิ่งมีชีวิต และนับวันปัญหาดังกล่าวก็ยิ่งทวีความรุนแรงมากขึ้น การดำเนินงานเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจึงเป็นหน้าที่ของผู้เกี่ยวข้องทุกภาคส่วน ทั้งภาคอุตสาหกรรมและภาคเกษตรกรรมในฐานะผู้ผลิต ภาคบริการในฐานะผู้ขับเคลื่อนกิจกรรม รวมถึงประชาชนในฐานะผู้บริโภคที่จะร่วมกันลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศและของโลก

การเลือกซื้อสินค้าหรือบริการที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกน้อย เป็นหนทางหนึ่งที่ทำให้ผู้บริโภคได้มีส่วนร่วมในการบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากรูปแบบและวิถีการบริโภคของตน และยังเป็นกลไกทางการตลาดในการกระตุ้นให้ผู้ผลิตพัฒนาสินค้าที่ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอีกด้วย ดังนั้นการทำการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกหรือคาร์บอนฟุตพริ้นท์ (Carbon Footprint) ของผลิตภัณฑ์

1.2.1 คาร์บอนฟุตพริ้นท์ (Carbon Footprint)

คาร์บอนฟุตพริ้นท์ (Carbon Footprint) คือ การวัดผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ซึ่งเกี่ยวกับปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gases, GHGs) จากกระบวนการผลิตสินค้าตลอดวัฏจักร (Product Life Cycle) โดยเริ่มตั้งแต่ การจัดหาวัตถุดิบนำไปแปรรูป การผลิต การจำหน่าย การใช้งานและการจัดการหลังจากผลิตภัณฑ์นั้นๆหมดสภาพการใช้งานแล้ว โดยแสดงข้อมูลไว้บนฉลากคาร์บอน (Carbon Labeling) ติดฉลากบนสินค้าหรือผลิตภัณฑ์ต่างๆ เพื่อเป็นข้อมูลให้ผู้บริโภคได้ทราบว่า ตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกมาปริมาณเท่าใด คาร์บอนฟุตพริ้นท์นี้ได้ถูกแนะนำขึ้นครั้งแรกในประเทศอังกฤษ ภายใต้การกำกับดูแลของ Carbon Trust

1.2.2 แหล่งกำเนิด ก๊าซเรือนกระจก และหน่วยวัด

ชนิดของก๊าซเรือนกระจกที่ประเมินประกอบด้วยก๊าซ 6 ชนิดตามที่ควบคุมภายใต้พิธีสารเกียวโต ได้แก่ คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) มีเทน (CH_4) ไนตรัสออกไซด์ (N_2O) ไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFCs) เพอร์ฟลูออโรคาร์บอน(PFCs) และซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (SF_6)

ค่าศักยภาพในการทำให้เกิดโลกร้อน (Global Warming Potential: GWP) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกหรือศักยภาพในการทำให้โลกร้อน ประเมินได้จากการวัดหรือคำนวณก๊าซเรือนกระจกแต่ละชนิดที่เกิดขึ้นจริง และแปลงค่าให้อยู่ในรูปของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า โดยใช้ค่าศักยภาพในการทำให้โลกร้อนในรอบ 100 ปี ของ IPCC (GWP100) ที่เป็นค่าล่าสุดเป็นเกณฑ์ ตัวอย่างเช่น ก๊าซมีเทนมีค่า GWP100 เท่ากับ 25 หมายความว่าก๊าซมีเทน 1 กิโลกรัมมีศักยภาพในการทำให้โลกร้อนเท่ากับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 25 กิโลกรัม ดังนั้นการปล่อยก๊าซมีเทน 1 กิโลกรัม คิดเป็นศักยภาพในการทำให้โลกร้อนเท่ากับ 25 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า เป็นต้น

แหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจก พิจารณาก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากกระบวนการต่างๆ เช่น การผลิตวัตถุดิบและพลังงานที่ใช้ทุกประเภท กระบวนการเผาไหม้ปฏิกิริยาเคมี การสูญเสียน้ำยาทำความเย็นและการรั่วไหลของก๊าซ การปฏิบัติงาน การขนส่ง การปศุสัตว์และการจัดการของเสียต่างๆ

1.2.3 การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์

ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ได้จากการคำนวณหาปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นทั้งหมดในหน่วยกิโลกรัมหรือตันของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ($KgCO_2$ Equivalent หรือ $tonCO_2$ Equivalent) การวัดคาร์บอนฟุตพริ้นท์จะต้องทำการพิจารณาจากกิจกรรม 2 ส่วนหลัก คือ (1) การคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ทางตรง (Primary Footprint) เป็นการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตสินค้านั้นๆ โดยตรง เช่น การใช้พลังงานเชื้อเพลิงฟอสซิลในกระบวนการผลิตและการขนส่งทั้งโดยรถบรรทุก เรือ และทางอากาศ (2) การคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ทางอ้อม (Secondary Footprint) เป็นการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการใช้สินค้าตลอดจนการจัดการซากสินค้าหลังการใช้งาน

การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์สามารถคำนวณการหาค่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์ ได้โดยใช้วิธีการดังต่อไปนี้

1.2.3.1 ข้อมูลปฐมภูมิและข้อมูลทุติยภูมิต้องถูกแปลงให้อยู่ในรูปปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยคูณเข้ากับ Emission Factor ของประเภทวัสดุ พลังงานหรือกระบวนการนั้น ๆ และบันทึกในรูปของปริมาณก๊าซเรือนกระจกต่อหน่วยผลิตภัณฑ์

1.2.3.2 แปลงค่าปริมาณก๊าซเรือนกระจกให้อยู่ในรูปก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า โดยการนำไปคูณกับศักยภาพในการทำให้โลกร้อนของก๊าซเรือนกระจกแต่ละชนิด

1.2.3.3 ผลลัพธ์ที่ได้ทั้งหมดต้องอยู่ในรูปก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อหน่วย

1.2.4 ประโยชน์จากคาร์บอนฟุตพริ้นท์

คาร์บอนฟุตพริ้นท์เป็นข้อมูลที่นำมาใช้สำหรับการสื่อสารข้อมูลด้านสิ่งแวดล้อมระหว่างองค์กรทางธุรกิจ หรือเป็นการสื่อสารไปยังผู้บริโภค โดยมีการแสดงปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ลงบนฉลากของผลิตภัณฑ์ของตน ข้อมูลนี้จึงถือว่าจำเป็นอย่างยิ่งต่อการขายสินค้าแก่กลุ่มผู้ซื้อที่มีจิตสำนึกสูงต่อสิ่งแวดล้อม เพื่อเป็นทางเลือกให้ผู้บริโภคตรวจสอบข้อมูลว่าผู้ผลิตได้ใส่ใจในภาคการผลิตต่อการรักษาสิ่งแวดล้อมหรือต่อปัญหาโลกร้อนมากน้อยเพียงใด ซึ่งเป็นส่วนช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และยังช่วยลดต้นทุนการผลิตด้านพลังงาน

1.3 โลจิสติกส์ย้อนกลับ (Reverse Logistics)

โลจิสติกส์ย้อนกลับ (Reverse Logistics) คือ กระบวนการในการจัดการวางแผน สายงาน และควบคุมกิจกรรมทั้งในส่วนที่มีการเคลื่อนย้าย การอำนวยความสะดวกของกระบวนการไหลของสินค้า ตั้งแต่จุดที่สิ้นสุดการบริโภคสินค้าแล้ว (เช่น ทิ้งเป็นขยะ หมดอายุ ชำรุด หรือกรณีอื่นๆ) ไปทำการปรับปรุง หรือกำจัด การจัดการส่งกลับสินค้าไปยังบริษัทเจ้าของสินค้า เพื่อการใช้ซ้ำ ขายซ้ำ หรือส่งให้บริษัทคนกลาง (Third Party) จัดการด้วยการทำลาย กำจัด หรือทำการแยกสินค้าเป็นเศษชิ้น ส่วนที่ยังมีมูลค่านำกลับมาใช้ซ้ำ ขายซ้ำ เพื่อผลประโยชน์ของบริษัทได้อีก

โลจิสติกส์แบบย้อนกลับสามารถประยุกต์ใช้ในระบบการใช้ภาชนะบรรจุซ้ำ (Containers) และการรีไซเคิล (Recycling) วัสดุหีบห่อ (Packaging Materials) การออกแบบวัสดุหีบ

ห่อ (Packaging Design) ให้ใช้วัสดุน้อยลงหรือลดการใช้พลังงาน และลดมลพิษที่เกิดจากการขนส่ง ซึ่งเป็นกิจกรรมที่สำคัญ หรืออาจถูกจำกัดความอีกความหมายว่าเป็น “โลจิสติกส์เพื่อสิ่งแวดล้อม” (Green Logistics) ถ้าไม่มีกิจกรรมการส่งกลับคืนสินค้าเกิดขึ้น จะไม่ถูกเรียกว่าเป็น โลจิสติกส์ย้อนกลับ

1.3.1 ความสำคัญของโลจิสติกส์ย้อนกลับ

ในการจัดการโซ่อุปทาน (Supply Chain Management) ส่วนใหญ่จะเน้นไปที่การจัดการกระบวนการแปรรูปและเคลื่อนย้ายวัตถุดิบ ขั้นต้นจนถึงการกระจายสินค้าสำเร็จรูปไปถึงมือลูกค้า ในขณะที่การเคลื่อนย้ายวัตถุดิบ/หรือสินค้า จากลูกค้าปลายทางกลับไปถึงซัพพลายเออร์ หรือที่เรียกว่าโลจิสติกส์ย้อนกลับ (Reverse Logistics) ยังได้รับความสนใจน้อย แต่ปัจจุบันการแข่งขันทางธุรกิจที่เพิ่มมากขึ้นได้ส่งผลให้บริษัท ธุรกิจ และโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ ต้องกลับมาให้ความสำคัญกับนโยบายการรับสินค้าคืนจากลูกค้า และยินดีคืนเงินค่าสินค้าพร้อมกับค่าใช้จ่ายในการขนส่งเพื่อรับคืนสินค้าจากลูกค้าเพื่อสร้างความพึงพอใจให้กับลูกค้า อย่างไรก็ตาม การรับคืนสินค้าจากลูกค้ามายังโรงงานของผู้ผลิตได้สร้างต้นทุนให้กับโรงงานเป็นอย่างมากได้แก่ การเสียเวลา ค่าใช้จ่ายในการขนสินค้ากลับมา ค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบความผิดปกติของสินค้าที่รับคืนมา และต้นทุนค่าเสียโอกาสทางการตลาด นอกจากนี้บางสินค้าอาจมีค่าใช้จ่ายสูงในการส่งคืนกลับ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง สินค้าที่เน่าเสียได้ สินค้าที่เป็นแฟชั่น และ สินค้าที่มีอายุผลิตภัณฑ์สั้น เช่น เสื้อผ้า สินค้าเทคโนโลยี ซึ่งสินค้าเทคโนโลยีจะถูกจัดในกลุ่มของสินค้าที่เน่าเสียง่ายเนื่องจากความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีที่พัฒนาขึ้นอย่างรวดเร็ว ซึ่งระบบโลจิสติกส์ย้อนกลับ อาจจะรวมถึงการนำสินค้ากลับมาถอดชิ้นส่วน และแปรรูปหรือผลิตใหม่เพื่อสร้างมูลค่าให้มากขึ้นและยังครอบคลุมถึงการรับคืนสินค้าในกรณีที่สินค้ามีความเสียหาย สินค้าเหลือ สินค้าที่ถูกเรียกคืน หรือสินค้าที่ไม่สามารถจำหน่ายหมดในฤดูกาลนั้น รวมทั้งสินค้าในสต๊อกที่เก็บไว้เกินความจำเป็น ดังนั้นระบบโลจิสติกส์ย้อนกลับจึงมีความสำคัญในทางธุรกิจ คือ

1.3.1.1 การนำกลับคืนมาใช้ประโยชน์ใหม่ (Re-utilization) ช่วยในการลดปริมาณขยะที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต และ ลดการใช้พลังงานในการผลิต

1.3.1.2 การนำกลับคืนส่วนที่มีมูลค่า (Recovery) ช่วยประหยัดต้นทุนในการผลิต

1.3.1.3 การทำให้เกิดผลกำไรสูงสุด (Profit maximization) ทำให้สามารถลดค่าใช้จ่ายในการรีไซเคิลได้

1.3.1.4 การให้บริการลูกค้า เช่น การบริการหลังการขาย การรับประกัน การซื้อคืน

1.3.1.5 การสนับสนุนข้อกฎหมาย ข้อกำหนดด้านสิ่งแวดล้อม เช่น การรีไซเคิลของเสีย การจัดการของเสียอันตราย ตัวอย่างของการจัดการของเสียอันตราย เช่น การกำจัดแบตเตอรี่รถยนต์

1.3.2 กิจกรรมที่นำไปสู่กระบวนการโลจิสติกส์ย้อนกลับ มี 5 กระบวนการหลักๆ คือ

1.3.2.1 การรวบรวม (Collection) เกี่ยวข้องกับการนำสินค้าที่ไม่ต้องการแล้วจากลูกค้า หรือผู้บริโภคไปยังจุดที่นำกลับคืนส่วนที่มีมูลค่า เป็นกิจกรรมคืนสินค้าใช้แล้วและแยกบางส่วนไปบำบัด โดยการรวบรวมจะรวมถึงการซื้อ การขนส่งและการเก็บกักรวบรวมไว้ในโกดัง

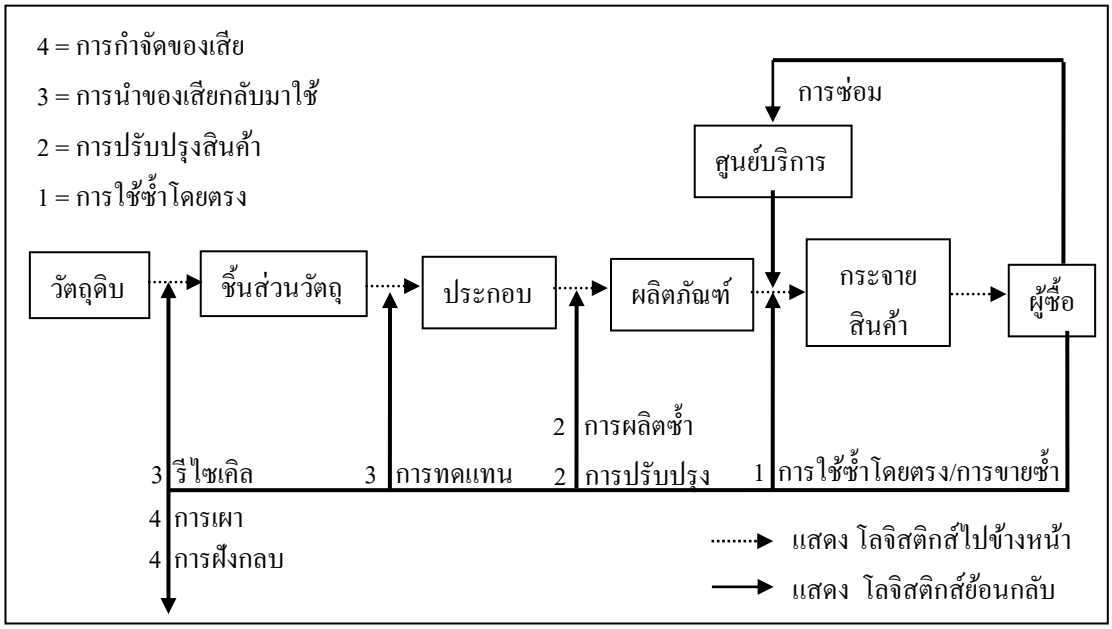
1.3.2.2 การตรวจ การเลือก และการแยก (Combined Inspection / Selection / Sorting) เป็นการแยกสินค้าเพื่อให้เหมาะสมกับการวางแผนที่จะนำกลับคืนมาใช้ซ้ำและเพื่อเพิ่มคุณภาพ โดยกระบวนการตรวจ การเลือกและการแยกรวมถึง การแยกชิ้นส่วน การตัดเฉือน การทดสอบ และการแยกเพื่อการเก็บกัก จุดประสงค์ในการแยกเพื่อหาระดับของคุณภาพของสินค้าส่งกลับและนำกลับคืน ข้อกำหนดในการแยกสินค้าแยกเป็น 4 ประการดังแสดงในภาพประกอบ 2.3

1) การแยกเพื่อการใช้ซ้ำ (Reuse) เป็นการใช้ซ้ำทันทีทันใด โดยตรง หรือการขายซ้ำของสินค้า

2) การแยกเพื่อการปรับปรุงสินค้า (Product Upgrade) เป็นการบรรจุหีบห่อซ้ำ ซ่อม ปรับปรุง และการผลิตซ้ำสินค้า

3) การแยกเพื่อการนำกลับคืนวัสดุมีค่า (Materials Recovery) เป็นการรีไซเคิล และการทดแทนสินค้า หรือเพิ่มช่องทางจำหน่ายสินค้าของตนเอง เพื่อลดสินค้าเดิมลง

4) การแยกเพื่อการจัดการขยะ รวมถึงการเผาและการฝังกลบขยะ



ภาพประกอบ 1.3: กิจกรรมของโซ่อุปทานของขยะอิเล็กทรอนิกส์
ที่มา: สิรวัลภ์ (2550)

จากภาพประกอบ 2.3 พบว่า กิจกรรมของโซ่อุปทานประกอบด้วย 2 กระบวนการ คือ กระบวนการโลจิสติกส์แบบไปข้างหน้า และ กระบวนการโลจิสติกส์แบบย้อนกลับ กระบวนการทั้งสองนี้มีความแตกต่างกันโดยกระบวนการโลจิสติกส์แบบไปข้างหน้าเริ่มต้นกระบวนการจากแหล่งขยะคอมพิวเตอร์ เข้าสู่การประกอบผลิตภัณฑ์จากนั้นผลิตภัณฑ์ถูกส่งเข้าสู่กระบวนการกระจายสินค้าเพื่อส่งต่อไปยังผู้ซื้อ เมื่อผลิตภัณฑ์ถูกส่งมายังผู้ซื้อแล้วจึงถือเป็นการสิ้นสุดกระบวนการโลจิสติกส์แบบไปข้างหน้าเนื่องจากผู้ซื้อเป็นผู้รับผลิตภัณฑ์มาใช้งานจึงถือเป็นผู้เกี่ยวข้องท้ายสุดของกระบวนการ ในทางตรงกันข้ามกระบวนการโลจิสติกส์แบบย้อนกลับเริ่มต้นกระบวนการจากการรวบรวมผลิตภัณฑ์ที่ไม่ใช้แล้วหรือหมดอายุการใช้งานจากผู้ซื้อ นำมาผ่านกระบวนการคัดแยกชิ้นส่วน เพื่อส่งเข้าสู่กระบวนการที่เหมาะสม เช่น กระบวนการซ่อมเพื่อนำไปใช้ซ้ำ กระบวนการการใช้ซ้ำโดยขายเป็นชิ้นส่วนมือสอง กระบวนการผลิตซ้ำ กระบวนการใช้เป็นวัสดุทดแทน กระบวนการรีไซเคิล และ กระบวนการกำจัดที่เหมาะสม

1.3.3.1 การผลิตซ้ำ (Reprocessing) หรือการนำกลับคืนโดยตรง เป็นการเปลี่ยนรูปสินค้าที่ใช้แล้วให้สามารถใช้ได้อีก การแปรรูปสินค้านี้รวมถึง การซ่อม การรีไซเคิล และการผลิตซ้ำ และมีกิจกรรมที่เพิ่มเติม คือ การทำความสะอาด การแทนที่ และการประกอบซ้ำ โดยการผลิตซ้ำจะมีกิจกรรมหลักๆดังนี้

1) การซ่อม (Repair) เป็นการประกันการซ่อมสินค้าเมื่อผิดปกติที่อยู่ในเวลาที่กำหนด

2) การปรับปรุง (Refurbishing) เป็นการติดตั้ง หรือทำความสะอาดเพื่อทำให้สินค้าเก่ามีสภาพที่ดีขึ้น หรือใช้งานได้ดีขึ้น

3) การผลิตซ้ำ (Remanufacturing) หรือการแก้ไข (Retrievals) เป็นการแยกสินค้าออก เป็นชิ้นๆ โดยทำการเลือกชิ้นส่วนที่ยังใช้ได้บางส่วนที่มีมูลค่าสูง เพื่อนำไปใช้กับสินค้า หรือผลิตภัณฑ์ที่เหมือนกัน เรียกว่า การผลิตซ้ำ หรือใช้กับสินค้าที่ต่างกันเรียกว่า การแก้ไข

4) รีไซเคิล (Recycle) เป็นการนำเอาสินค้าที่ไม่ใช้งานแล้วผ่านกระบวนการเพื่อให้ได้คุณภาพตามที่ต้องการเพื่อการใช้งานอีก เช่น พลาสติก แก้ว

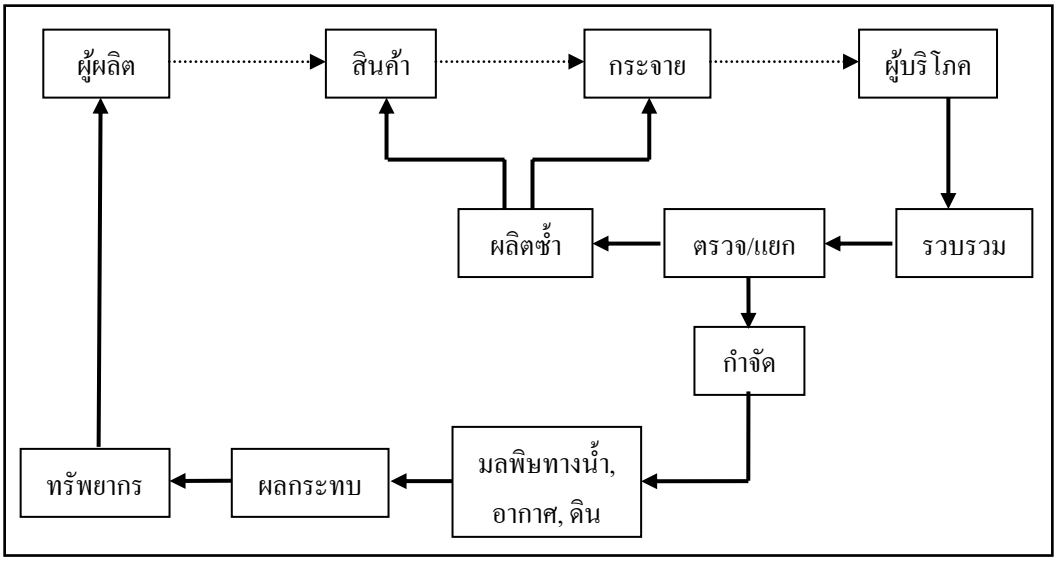
5) การเผา (Incineration) เป็นการเผาวัสดุเหลือใช้ หรือไม่ใช้งานแล้วเพื่อให้ได้พลังงานมาใช้ในการผลิตพลังงานหรือใช้งานอื่นๆ ที่เหมาะสมต่อไปได้

1.3.3.2 การกระจายซ้ำ (Redistribution) เป็นกระบวนการที่ดำเนินการกระจายสินค้ากลับยังผู้ซื้ออีกครั้งที่ยังมีความต้องการในสินค้าชนิดนั้นๆ เกี่ยวข้องกับการใช้ซ้ำสินค้าโดยตรง และการเคลื่อนย้ายทางกายภาพไปยังผู้ใช้ในอนาคต และการกักเก็บ

1.3.3.3 การกำจัด (Disposal) เป็นการกำจัดสินค้าที่ไม่สามารถใช้ซ้ำแล้วในเชิงเทคนิค หรือความคุ้มค่าของราคา สินค้าเหล่านี้จะถูกกำจัดที่ขั้นตอนการแยกคัดออกจากที่ไม่สามารถซ่อมได้แล้ว ไม่มีตลาดรองรับแล้ว จะทำการกำจัดโดยกระบวนการกำจัด ซึ่งประกอบด้วย การขนส่ง (Transportation) การฝังกลบอย่างถูกสุขาภิบาล (Land Filling) และการเผา

1.3.4 การออกแบบเครือข่ายโลจิสติกส์ย้อนกลับ

การออกแบบโลจิสติกส์ย้อนกลับจะเน้นการออกแบบที่เป็นการสนับสนุนตำแหน่งที่ตั้งของสถานที่ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับธุรกิจ การจัดเก็บสินค้า ช่องทางการกระจายสินค้า และเทคโนโลยีที่สนับสนุนการบริหารงานโซ่อุปทาน เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการวางแผนที่เหมาะสมและลดค่าใช้จ่าย การสนับสนุนเส้นทางการบริหารของทั้งระบบโลจิสติกส์ไปข้างหน้าและโลจิสติกส์ย้อนกลับ ซึ่งทำให้กระบวนการทั้งหมดของระบบมีประสิทธิภาพ ทำให้โซ่อุปทานนี้เป็นแบบปิด ดังแสดงในภาพประกอบ 2.4 ซึ่งโลจิสติกส์ไปข้างหน้า (แสดงโดยใช้สัญลักษณ์ลูกศรที่เป็นเส้นประ) และโลจิสติกส์ย้อนกลับ (แสดงโดยใช้สัญลักษณ์ลูกศรที่เป็นเส้นทึบ)



ภาพประกอบ 1.4: โซ่อุปทานแบบปิด (Closed - Loop Supply Chain)
ที่มา: สิรวัลภ์ (2550)

จากภาพประกอบ 2.4 พบว่า โซ่อุปทานแบบปิดเป็นการบริหารระบบโลจิสติกส์ไปข้างหน้าควบคู่ไปกับการบริการระบบโลจิสติกส์ย้อนกลับ ซึ่งการบริหารทั้ง 2 ระบบแบบควบคู่กันไปนี้ส่งผลให้กระบวนการทั้งหมดมีประสิทธิภาพ เนื่องจากสามารถบริหารจัดการผลิตภัณฑ์ทั้งที่เป็นผลิตภัณฑ์ใหม่และผลิตภัณฑ์ที่หมดอายุการใช้งานได้ควบคู่กันไป โดยการบริหารจัดการผลิตภัณฑ์ใหม่เกี่ยวข้องกับระบบโลจิสติกส์ไปข้างหน้า ซึ่งมีฝ่ายที่เกี่ยวข้องเริ่มต้นจากผู้ผลิตวัตถุดิบ โรงงานผลิตผลิตภัณฑ์ ศูนย์กระจายสินค้า และผู้บริโภค ส่วนผลิตภัณฑ์ที่หมดอายุการใช้งานเกี่ยวข้องกับระบบโลจิสติกส์ย้อนกลับโดยมีฝ่ายที่เกี่ยวข้องเหมือนกับระบบโลจิสติกส์ไปข้างหน้าแต่เป็นกระบวนการขนส่งแบบย้อนกลับจากผู้บริโภคไปยังผู้ผลิตวัตถุดิบ ซึ่งระบบโลจิสติกส์ย้อนกลับจะเกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อมด้วยเนื่องจากในชิ้นส่วนของผลิตภัณฑ์ที่หมดอายุอาจมีการองค์ประกอบของสารเคมีที่เป็นอันตรายดังนั้นในการจัดการแบบย้อนกลับจะต้องทำการตรวจ/แยกชิ้นส่วนออกเป็น 2 ประเภท คือ ชิ้นส่วนที่สามารถใช้ซ้ำได้ และชิ้นส่วนที่ไม่สามารถใช้ซ้ำได้ โดยชิ้นส่วนที่สามารถใช้ซ้ำได้จัดเป็นชิ้นส่วนที่ยังคงมีมูลค่าดังนั้นจึงถูกนำไปผ่านกระบวนการต่างๆ เช่น การผลิตซ้ำ การซ่อม การกระจายในลักษณะของสินค้ามือสอง เป็นต้น เพื่อเป็นการลดต้นทุนและผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม ในทางกลับกันชิ้นส่วนที่ไม่สามารถใช้ซ้ำได้จะถูกนำไปผ่านกระบวนการกำจัดตามความเหมาะสมเพื่อป้องกันการแพร่กระจายของสารเคมีหรือองค์ประกอบอื่นที่มีความเป็นพิษซึ่งอาจปนเปื้อนสู่สิ่งแวดล้อมได้หากมีการจัดการที่ไม่เหมาะสม

1.4 การจำลองแบบปัญหา (Simulation Model)

การจำลอง (Simulation) เป็นวิธีการหนึ่งที่ใช้ในกระบวนการแก้ปัญหาในด้านต่างๆ โดยสามารถให้คำจำกัดความได้ คือ กระบวนการออกแบบแบบจำลอง (Model) ของระบบงานจริง (Real System) แล้วดำเนินการใช้แบบจำลองนั้น เพื่อการเรียนรู้พฤติกรรมของระบบงานหรือเพื่อประเมินผลการใช้กลยุทธ์ (Strategies) ต่าง ๆ ในการดำเนินงานของระบบภายใต้ข้อกำหนดที่วางไว้

จากคำจำกัดความพบว่า กระบวนการจำลองแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ การสร้างแบบจำลองและการนำแบบจำลองไปใช้งานในเชิงวิเคราะห์ กลไกของวิธีการของการจำลองขึ้นอยู่กับแบบจำลองและการใช้งาน แบบจำลองอาจจะอยู่ในรูปหุ่น ระบบ หรือแนวความคิด โดยไม่จำเป็นต้องเหมือนกับระบบงานจริง แต่ต้องสามารถช่วยให้เข้าใจในระบบงานจริง เพื่อประโยชน์ในการอธิบายพฤติกรรมและเพื่อปรับปรุงการดำเนินงานของระบบจริง

การจำลองด้วยคอมพิวเตอร์เป็นการศึกษาถึงปัญหาของระบบงานด้วยแบบจำลองที่อยู่ในรูปของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ซึ่งเป็นประเภทของแบบจำลองที่เป็นที่นิยมใช้มากที่สุด เพราะสามารถใช้ได้กับปัญหาของระบบงานหลากหลายประเภท โดยในการทำงานจะเกี่ยวข้องกับการคำนวณข้อมูลต่าง ๆ ซึ่งในการจัดเตรียมและการวิเคราะห์ข้อมูลจะใช้วิธีการทางสถิติ

1.4.1 ระบบ (System)

ระบบ หมายถึง กลุ่มขององค์ประกอบ (Elements) ที่มีความสัมพันธ์กัน ในการศึกษาระบบงานใด ๆ เพื่อกำหนดเป็นลักษณะของระบบงานนั้น

1.4.2 แบบจำลอง (Simulation Models)

แบบจำลอง เป็นตัวแทนของวัตถุ ระบบ หรือแนวคิดลักษณะใดลักษณะหนึ่ง โดยสามารถนำไปใช้งานได้หลายลักษณะ ดังนี้

1.4.2.1 เป็นเครื่องช่วยคิด (An aid to thought) ช่วยให้ผู้สร้างมองเห็นขั้นตอนการทำงานว่า มีกิจกรรมอะไรบ้างที่จะต้องทำ และทำอะไรก่อนอะไรหลัง

1.4.2.2 เป็นเครื่องสื่อความหมาย (An aid to communication) ช่วยให้เข้าใจพฤติกรรมของระบบงาน และช่วยให้สามารถอธิบายพฤติกรรม ปัญหา และการแก้ปัญหาของระบบ

1.4.2.3 เป็นเครื่องช่วยสอนและฝึกอบรม (A tool of training & instruction) เช่น แบบจำลองเครื่องควบคุมการบินช่วยให้นักบินทำความเข้าใจและความคุ้นเคยกับระบบควบคุมเครื่องบินก่อนขึ้นฝึกบินจริง

1.4.2.4 เป็นเครื่องมือสำหรับการทำนาย (A tool of prediction) ช่วยให้ผู้สร้างสามารถคาดคะเนหรือทำนายได้ว่าเมื่อมีเหตุการณ์ที่มีผลกระทบต่อองค์ประกอบเกิดขึ้นจะมีผลอะไรเกิดขึ้นกับระบบ

1.4.2.5 เป็นเครื่องมือสำหรับการทดลอง (An aid to experimentation) ในกรณีที่ต้องการทดลองเงื่อนไขต่าง ๆ กับระบบงานจริงแต่ไม่สามารถทำได้ ก็จะนำเอาเงื่อนไขนั้นๆ มาทดลองกับแบบจำลองเพื่อดูว่าจะให้ผลอย่างไร เพื่อประโยชน์ในการตัดสินใจว่าควรจะนำเงื่อนไขนั้นๆ ไปใช้กับระบบงานจริงหรือไม่

1.4.3 ประเภทของแบบจำลอง (Classification of Simulation Models)

ในการจำแนกประเภทของแบบจำลอง สามารถจำแนกได้ตามประเภทของระบบงานที่แบบจำลองเป็นตัวแทน หรือจำแนกตามลักษณะพิเศษ ดังนี้

1.4.3.1 แบบจำลองทางกายภาพ (Physical or Iconic Models) แบบจำลองที่มีลักษณะเหมือนกับระบบงานจริง โดยอาจมีขนาดเท่ากับของจริงหรือมีขนาดที่เล็กกว่าหรือใหญ่กว่า (Scaled Models) อาจเป็นแบบจำลองในมิติใดมิติหนึ่งหรือ 3 มิติ

1.4.3.2 แบบจำลองอนาลอก (Analog Models) แบบจำลองที่มีพฤติกรรมเหมือนระบบงานจริง แต่อาจมีรูปลักษณะไม่เหมือนกับระบบงานจริง

1.4.3.3 เกมการบริหาร (Management Games) แบบจำลองการตัดสินใจ (Decision Models) ในกิจการต่างๆ เช่น ธุรกิจ การลงทุน สงคราม ฯลฯ เป็นแบบจำลองที่ใช้แสดงผลเปรียบเทียบเมื่อมีการตัดสินในแบบต่าง ๆ เพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับการตัดสินใจ

1.4.3.4 แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ (Computer Simulation Models) แบบจำลองที่อยู่ในรูปของโปรแกรมคอมพิวเตอร์โดยอาจเป็นแบบจำลองที่แปลงมาจากแบบจำลองประเภทอื่นๆ

1.4.3.5 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Models) แบบจำลองที่ใช้สัญลักษณ์และฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์แทนองค์ประกอบในระบบจริง เช่น X แทนค่าใช้จ่ายในการผลิต Y แทนจำนวนสินค้าที่ผลิต และแทนค่าลงในสูตรการคำนวณต่างๆ ในระบบงานจริงที่มีความยุ่งยากซับซ้อน อาจใช้แบบจำลองหลาย ๆ ประเภทร่วมกัน

1.4.4 การประยุกต์ใช้แบบจำลองกับระบบงานจริง (Areas of Application)

ตัวแบบจำลองปัญหา สามารถนำไปแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้หลายระบบงาน ซึ่งสามารถแสดงในตัวอย่างเช่น

1.4.4.1 การจำลองระบบงานด้านอุตสาหกรรม เช่น ระบบสินค้าคงคลัง ระบบแถวคอย ระบบการสื่อ สาระบบการรับ-จ่ายสินค้า

1.4.4.2 การจำลองระบบงานด้านบริหารธุรกิจและเศรษฐศาสตร์ เช่น ศึกษาภาวะการตลาด ภาวะเงินเฟ้อพฤติกรรมของผู้บริโภค

1.4.4.3 การจำลองสถานการณ์ในการรบ

1.4.4.4 การจำลองปัญหาด้านการจราจร ระยะเวลา การเปิดสัญญาณไฟ

1.4.4.5 การจำลองปัญหาด้านการจัดการคมนาคมทางอากาศ การกำหนดระดับการบินให้กับเครื่องบินลำต่าง ๆ เพื่อป้องกันอุบัติเหตุเครื่องบินชนกัน

1.4.4.6 การจำลองการแข่งขันด้านธุรกิจ ด้วยการทดลองใช้แผนธุรกิจรูปแบบต่างๆ

1.4.4.7 การจำลองเกี่ยวกับระบบการบำบัดน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรม

1.4.4.8 การจำลองผลกระทบทางเศรษฐกิจ ในการใช้นโยบายเศรษฐกิจทางด้านต่าง ๆ

1.4.5 โครงสร้างของแบบจำลอง (Structure of Simulation Models)

โครงสร้างของแบบจำลอง (Structure of Simulation Models) ประกอบไปด้วย 5 ขั้นตอน คือ

1.4.5.1 องค์ประกอบ (Components) ทุกระบบจะต้องประกอบไปด้วยองค์ประกอบต่าง ๆ ในแบบจำลองที่ใช้แทนระบบจริง ก็จะต้องประกอบไปด้วยองค์ประกอบที่จำเป็นสำหรับการทำงานของระบบ

1.4.5.2 ตัวแปรและพารามิเตอร์ (Variables & Parameters)

1) ตัวแปร เป็นค่าที่ผันแปร มีได้หลายค่าตามสภาวะจริงของการใช้งาน แยกออกได้เป็น 2 ประเภท คือ ตัวแปรภายนอก (Exogeneous Variables) มีลักษณะเป็นตัวแปรนำเข้า (Input Variables) ซึ่งหมายถึง ตัวแปรจากภายนอกระบบที่มีผลกระทบต่อสมรรถนะของระบบ หรือเป็นตัวแปรซึ่งเป็นผลมาจากปัจจัยภายนอกระบบ และตัวแปรภายใน (Endogeneous

Variables) ตัวแปรที่เกิดขึ้น ภายในระบบ อาจมีลักษณะเป็นตัวแปรสถานภาพ (Status Variables) ตัวแปรที่ใช้บอกสภาพหรือเงื่อนไขของระบบหรืออยู่ในลักษณะตัวแปรนำออก (Output Variables) ผลที่ได้จากการใช้งานระบบในเชิงสถิติตัวแปรจากภายนอกจะเป็นตัวแปรอิสระ (Independent Variables) และตัวแปรภายในจะเป็นตัวแปรตาม (Dependent Variables)

2) พารามิเตอร์ เป็นค่าคงที่ซึ่งผู้ใช้แบบจำลองเป็นผู้กำหนด อาจเป็นค่าที่กำหนดขึ้นเองเพื่อศึกษาผลที่เกิดขึ้นจากค่าของพารามิเตอร์นั้น หรือเป็นค่าที่วัดหรือประเมินได้จากข้อมูล

1.4.5.3 ฟังก์ชันความสัมพันธ์ (Functional Relationships) ฟังก์ชันที่อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรกับพารามิเตอร์ซึ่งมีได้ 2 ลักษณะ คือ

1) แน่นอนตายตัว (Deterministic) เมื่อใส่ข้อมูลนำเข้าจะสามารถหาผลลัพธ์ที่แน่นอนได้

2) ไม่แน่นอน (Stochastic) เมื่อใส่ข้อมูลนำเข้าให้กับฟังก์ชัน จะไม่สามารถระบุผลลัพธ์ที่แน่นอนได้รูปแบบของฟังก์ชันจะอยู่ในรูปของสมการทางคณิตศาสตร์ ซึ่งฟังก์ชันความสัมพันธ์เหล่านี้อาจหามาได้จากสมมติฐานหรือประเมินจากข้อมูลร่วมกับวิธีการทางสถิติหรือทางคณิตศาสตร์

1.4.5.4 ข้อจำกัด (Constraints) ข้อจำกัดของค่าของตัวแปรต่าง ๆ ซึ่งอาจเป็นข้อจำกัดที่ผู้ใช้กำหนดขึ้น เช่นปริมาณทรัพยากรในระบบ ปริมาณที่ผลิตได้ต่อวัน หรืออาจเป็นข้อจำกัดของระบบจริงโดยธรรมชาติ เช่น การขายสินค้าจะไม่สามารถขายได้มากกว่าปริมาณที่ผลิต

1.4.5.5 ฟังก์ชันเป้าหมาย (Criterion Functions) ข้อความ (Statement) ที่บอกเป้าหมาย (Goals) หรือวัตถุประสงค์ (Objectives) ของระบบงาน และวิธีประเมินผลตามเป้าหมาย วัตถุประสงค์ของระบบงานอาจแบ่งได้เป็นสองประเภท คือ การคงสภาพของระบบงาน (Retentive) ซึ่งเป็นวัตถุประสงค์ที่จะทำให้ระบบสามารถคงสภาพการใช้ทรัพยากร เช่น เวลา พลังงาน ความชำนาญ ฯลฯ หรือคงสถานะภาพของระบบ เช่น ความสะดวกสบาย ความปลอดภัย ฯลฯ และวัตถุประสงค์ของการแสวงหา (Acquisitive) ซึ่งเป็นวัตถุประสงค์ที่จะทำให้ระบบสามารถเพิ่มทรัพยากรต่างๆ เช่น กำไร ลูกค้า ฯลฯ หรือเปลี่ยนสถานะภาพของระบบ เช่น ได้ส่วนแบ่งของตลาดเพิ่มขึ้น

1.4.6 ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Model)

การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ หมายถึง การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical Model) เป็นกิจกรรมที่แปลงปัญหาที่เกิดขึ้นจริงให้อยู่ในรูปของสมการคณิตศาสตร์ เพื่อง่ายต่อการวิเคราะห์ วิจัย และการดำเนินงานในภายหลัง ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์จะถูกสร้างขึ้นมาหลังจากเสร็จสิ้นกระบวนการ และคำอธิบายที่เกี่ยวข้องกับตัวแบบนี้จะแสดงให้เห็นถึงข้อมูลอันเป็นประโยชน์ต่อปัญหาที่ต้องการแก้ไข

1.4.6.1 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วน คือ

1) ตัวแปรตัดสินใจ (Decision Variable) ตัวแปรเชิงปริมาณที่สามารถชี้บ่งบอกถึงคำตอบของตัวปัญหา ตัวแปรเหล่านี้จะต้องมีค่าเป็นบวก ซึ่งสามารถกำหนดค่าให้กับตัวแปรเหล่านี้ เพื่อใช้เป็นคำตอบของตัวปัญหาได้ ถ้าสามารถเลือกค่าที่เหมาะสมให้กับตัวแปรนี้ ก็จะได้คำตอบที่ดีที่สุดของตัวปัญหา แต่ถ้าเลือกค่าที่ไม่เหมาะสม ก็อาจจะเป็นคำตอบที่เป็นไปไม่ได้ ไม่สามารถนำไปใช้งานได้

2) ข้อจำกัดของตัวปัญหา (Constraint) ตัวแปรตัดสินใจจะมีส่วนเกี่ยวข้องกับการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด (ในเชิงปริมาณ) สามารถจะนำเอาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตัดสินใจกับทรัพยากรที่มีอยู่เป็นจำนวนจำกัดนี้ มาเขียนให้อยู่ในรูปของความสัมพันธ์กันทางคณิตศาสตร์ โดยจะอยู่ในรูปของสมการหรืออสมการได้

3) เป้าหมายของตัวปัญหา (Objective Function) ภายใต้ข้อจำกัดต่างๆ ของตัวปัญหาจะทำให้เกิดคำตอบที่เป็นไปได้มากมาย ซึ่งสามารถจะนำไปใช้เป็นคำตอบของตัวปัญหาได้ คำตอบเหล่านี้ จะมีค่าแตกต่างกันไปและให้ความพอใจไม่เท่ากัน

1.4.6.2 ตัวอย่างตัวแบบคณิตศาสตร์ สำหรับเครือข่ายโลจิสติกส์ย้อนกลับจะมีความคล้ายคลึงกับตัวแบบระบบอื่นๆคือ จำเป็นที่จะต้องสามารถแสดงให้ได้ทราบถึงพฤติกรรมของระบบซึ่งในที่นี้เครื่องมือที่จะนำมาใช้ในการสร้างตัวแบบโลจิสติกส์ย้อนกลับ คือ โปรแกรมการไหลในเครือข่าย (Network Flow Programming) โดยตัวแบบที่ถูกนำมาใช้แสดงเครือข่ายโลจิสติกส์แบบย้อนกลับของขยะคอมพิวเตอร์ คือ The Generalized Network Flow Model สามารถแสดงได้ดังในสมการต่อไปนี้

ฟังก์ชันเป้าหมาย :

$$Min \sum_{i=1}^{n} F_i y_i + \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} c_{ij} x_{ij} \qquad (1)$$

ข้อจำกัดของปัญหา:

$$\sum_{i=1}^{n} x_{ij} \geq D_j \quad \text{for} \quad j = 1,\ldots,m \qquad (2)$$

$$\sum_{j=1}^{m} x_{ij} \leq K_i y_i \quad \text{for} \quad i = 1,\ldots,n \qquad (3)$$

$$y_i \in \{0,1\} \quad \text{for} \quad i = 1,\ldots, n \qquad (4)$$

$$x_{ij} \geq 0$$

เมื่อ F_i = ต้นทุนคงที่ในการเปิดโรงงาน ที่พิกัด *i*

K_i = ความสามารถในการรับวัตถุดิบ ที่พิกัด *i*

x_{ij} = ปริมาณของวัสดุที่เคลื่อนที่ระหว่างพิกัด *i* สู่พิกัด *j*

y_i = 1 ถ้าโรงงานเปิด, 0 ถ้าโรงงานไม่เปิด

c_{ij} = ต้นทุนต่อหน่วยของวัสดุที่เคลื่อนที่ระหว่างพิกัด *i* สู่พิกัด *j*

D_j = ความต้องการ ที่พิกัด *j*

ตัวแบบทางคณิตศาสตร์จะช่วยในการหาคำตอบที่ดีที่สุด (Optimum Solution) แต่อย่างไรก็ตาม ตัวแบบคณิตศาสตร์ยังคงมีข้อจำกัดเนื่องจากในการสร้างตัวแบบจะต้องอยู่ภายใต้เงื่อนไขที่พิจารณาให้สถานการณ์ต่างๆ ไม่มีการเปลี่ยนแปลงตามเวลา (Static) และตัวแปรในระบบมีลักษณะคงที่ (Certainty)

1.4.7 แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ (Computer Simulation)

การจำลองแบบด้วยคอมพิวเตอร์ คือ การสร้างแนวทางในการตัดสินใจระบบเพื่อเป็นเครื่องมือสำคัญในการช่วยพิจารณาและวิเคราะห์งานก่อนที่จะนำไปใช้กับระบบงานจริงและเพื่อหาแนวทางในการพัฒนาการดำเนินงานของระบบให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยการจำลองแบบปัญหาด้วยคอมพิวเตอร์เป็นการศึกษาปัญหาของระบบงานด้วยแบบจำลอง โดยจะอยู่ในรูปของโปรแกรมคอมพิวเตอร์

ตัวแบบจำลองคอมพิวเตอร์สามารถช่วยแก้ปัญหาข้อจำกัดของตัวแบบคณิตศาสตร์ได้ เนื่องจาก ตัวแบบจำลองคอมพิวเตอร์สามารถพิจารณาภายใต้เงื่อนไขของสถานการณ์ที่มีความไม่แน่นอนหรือมีการเปลี่ยนแปลงไปตามช่วงเวลา การสร้างตัวแบบจำลองจะพิจารณาข้อมูลนำเข้าในรูปแบบการกระจายที่เหมาะสมของข้อมูลแต่สำหรับการสร้างตัวแบบคณิตศาสตร์จะพิจารณาข้อมูลเป็นเพียงค่าคงที่ ดังนั้น ตัวแบบจำลองคอมพิวเตอร์สามารถใช้เป็นตัวแทนของระบบจริงได้มากกว่าตัวแบบคณิตศาสตร์

1.4.7.1 ขั้นตอนการสร้างแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ เป็นแบบจำลองปัญหาที่มีความยุ่งยากซับซ้อนจึงต้องอาศัยคอมพิวเตอร์สำหรับช่วยคำนวณหาข้อมูลต่างๆที่ต้องการสำหรับการวิเคราะห์หาวิธีการแก้ปัญหาขั้นตอนต่างๆต่อไปนี้เป็นข้อเสนอแนะสำหรับการดำเนินการจำลองแบบปัญหาที่ใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการคำนวณ ดังแสดงในภาพประกอบ 2.5

1) การตั้งปัญหาและการให้คำจำกัดความของระบบงาน (Problem Formulation and System Definition) ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุดในการจำลองแบบปัญหา ขั้นตอนนี้เป็นการกำหนดวัตถุประสงค์ของการศึกษาระบบ การกำหนดขอบเขต ข้อจำกัดต่างๆ และวิธีการวัดผลของระบบงาน โดยเริ่มตั้งแต่ผู้มีอำนาจการตัดสินใจให้ข้อมูลแก่นักวิเคราะห์ นักวิเคราะห์จะตั้งปัญหาขึ้นในใจ และพิจารณาวิธีที่เป็นไปได้ในการแก้ปัญหานี้ ความสามารถในการตั้งปัญหา (เช่นปัญหาแถวคอย) เกิดจากการฝึกฝน และประสบการณ์ ซึ่งต้องกำหนดให้ชัดเจน อาจใช้การจำลองแบบสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริง เพื่อศึกษาถึงสภาพ และสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหา

2) พัฒนาตัวแบบจำลองของระบบ (Model Formulation) ขั้นตอนนี้เริ่มตั้งแต่การกำหนดคำจำกัดความของระบบ และกำหนดวัตถุประสงค์ของการจำลอง พิจารณาองค์ประกอบของระบบ และความสัมพันธ์ขององค์ประกอบเหล่านั้น สร้างตัวแบบและความสัมพันธ์ของตัวแปรหรือสิ่งที่เกี่ยวข้องหรือมีอิทธิพลต่อวัตถุประสงค์ขึ้น โดยความสัมพันธ์จะต้องแสดงถึงสถานภาพที่แท้จริงของปัญหา จากลักษณะของระบบงานที่จะต้องทำการศึกษาเขียนแบบจำลองที่สามารถอธิบายพฤติกรรมของระบบงานตามวัตถุประสงค์ของการศึกษา และแปลงแบบจำลองไปอยู่ในรูปของโปรแกรมคอมพิวเตอร์

เก็บรวบรวม และวิเคราะห์ข้อมูล (Data Preparation) เมื่อสร้างรูปแบบแทนระบบของปัญหาแล้ว จะต้องพิจารณาว่าควรจะใช้ข้อมูลอะไรบ้างในการวิเคราะห์ระบบของปัญหา รวมทั้งการจัดเปลี่ยนรูปแบบของข้อมูลให้อยู่ในลักษณะที่สามารถนำไปใช้ในรูปแบบปัญหาได้ โดยต้องศึกษา และเก็บรวบรวมข้อมูลดิบต่างๆ ที่เป็นตัวแทนของสถานการณ์จริงที่แม่นยำ และถูกต้องแล้วหารูปแบบการแจกแจงที่เหมาะสม และประมาณค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจงสำหรับ

ข้อมูลที่เก็บได้ และทดสอบรูปแบบการแจกแจงและค่าพารามิเตอร์ที่หาได้ เพื่อให้เหมาะสมกับข้อมูลที่เก็บมาในเชิงสถิติ

3) ตรวจสอบและทดสอบตัวแบบจำลองแทนระบบ (Test and Validate Model) ขั้นตอนนี้จะเป็นการสร้างความมั่นใจให้กับผู้สร้าง และผู้ที่เกี่ยวข้องในการใช้แบบจำลองว่าผลที่ได้จากแบบจำลองนั้นมีความถูกต้องสามารถนำไปใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ การทดสอบความถูกต้องของแบบจำลองไม่มีวิธีการกำหนดไว้ตายตัว ความถูกต้องของแบบจำลองจะวัดได้จากความมั่นใจในแบบจำลอง ความเข้าใจในระบบงาน ความละเอียดถี่ถ้วนในการตรวจความเหมาะสมขององค์ประกอบ พฤติกรรมของแต่ละองค์ประกอบของระบบ และค่าเชิงปริมาณที่ใช้แทนองค์ประกอบ และความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบเหล่านั้น โดยทั่วไปวิธีการที่ใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องมีอยู่ 3 ขั้นตอนด้วยกัน คือ

ก) การทวนสอบ (Verification) เป็นการทำให้แน่ใจว่าแบบจำลองมีพฤติกรรมเช่นเดียวกับระบบทำงานจริง วิธีการที่ใช้ในขั้นตอนนี้ ได้แก่ การถามความเห็นจากผู้เชี่ยวชาญ ผู้ที่มีความรู้เข้าใจในระบบการทำงานจะสามารถแนะนำหรือพยากรณ์พฤติกรรมของระบบได้เป็นอย่างดี การทวนสอบความถูกต้องของกลไกภายในแบบจำลอง เป็นการทดสอบองค์ประกอบในแบบจำลองโดยการใส่เงื่อนไขเข้าไปแล้วดูผลที่ได้จากแบบจำลองว่ามีความแปรปรวนมากเพียงใดหากมีความแปรปรวนมากก็ควรที่จะมีการปรับปรุงแบบจำลองนั้น และการทวนสอบความถูกต้องของตัวแปรและพารามิเตอร์ เป็นการทดสอบความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าตัวแปร และพารามิเตอร์ว่ามีผลกระทบต่อผลลัพธ์ที่ได้จากองค์ประกอบในแบบจำลองอย่างไร ถ้าตัวแปรใดมีความไวมากการสร้างแบบจำลองก็จะต้องระมัดระวังตัวแปรนั้นเป็นพิเศษด้วย

ข) การรับรองความน่าเชื่อถือของแบบจำลอง (Validation) เป็นการทดสอบความสอดคล้องระหว่างพฤติกรรมของแบบจำลองกับระบบงานจริง ทั้งนี้ทำได้โดยนำมาเปรียบเทียบระหว่างข้อมูลที่ได้จากแบบจำลองกับข้อมูลที่เก็บได้จากการสำรวจระบบงานจริงภายใต้เงื่อนไขหรือข้อจำกัดเดียวกัน การวิเคราะห์ทำได้โดยอาศัยเทคนิคทางสถิติ คือ การทดสอบสมมติฐานในการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองกับระบบงานจริง และการทดสอบสมมติฐานของลักษณะการกระจายของความน่าจะเป็นของข้อมูลจากแบบจำลองเปรียบเทียบกับระบบงานจริง

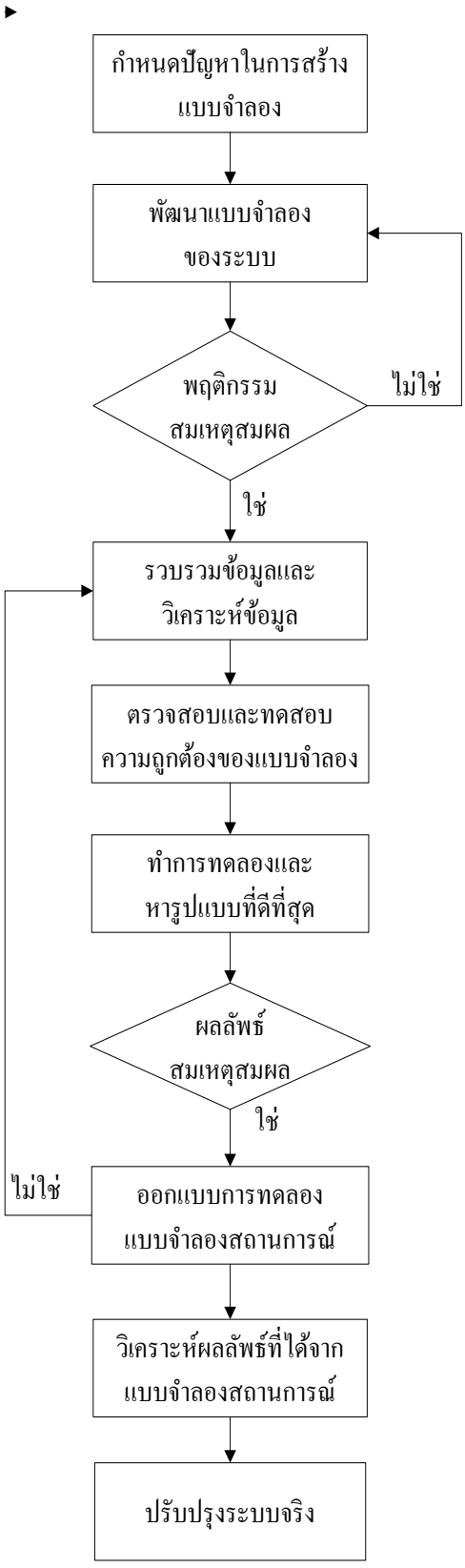
4) การทดลองและหารูปแบบที่ดีที่สุดของตัวแบบจำลองระบบ (Optimization Model) เมื่อสร้างรูปแบบแทนระบบของปัญหา และเก็บรวบรวมข้อมูลได้แล้ว ทำการทดลองรูปแบบที่สร้างขึ้นโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์จำลองสถานการณ์ที่เกิดขึ้น แล้วนำข้อมูล

ที่เก็บรวบรวม และข้อมูลที่สุ่มได้เข้าระบบเพื่อหาผลลัพธ์ โดยต้องออกแบบการทดลองเพื่อหาเงื่อนไขของการทดลองที่ทำให้แบบจำลองสามารถให้ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์หาผลลัพธ์ที่ต้องการ และวางแผนว่าจะใช้งานแบบจำลองในการทดลองอย่างไร จึงจะได้ข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ผลเพียงพอ (ด้วยระดับความเชื่อมั่นในผลการวิเคราะห์ที่เหมาะสม) ซึ่งจะต้องดำเนินการทดลองตามเงื่อนไขของการทดลองจนกว่าจะได้จำนวนข้อมูลที่เหมาะสม และมีนัยสำคัญทางสถิติที่ยอมรับได้ แล้วทำการจำลองรูปแบบแทนระบบตามเวลาที่กำหนด และนำผลลัพธ์ที่ได้จากตัวแบบมาช่วยในการตัดสินใจ โดยเปรียบเทียบตัวแบบหรือประเมินทางเลือก (Scenarios) ที่แตกต่างกันเพื่อหาตัวแบบที่ให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด

5) การออกแบบทดลองแบบจำลองสถานการณ์ (Experimental Design) เมื่อได้แบบจำลองสถานการณ์ที่ผ่านการทดสอบความถูกต้อง และความน่าเชื่อถือเป็นที่เรียบร้อย ต้องมีการออกแบบระบบ หรือวิธีการดำเนินงานที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น โดยนำข้อมูลที่เก็บรวบรวมแล้ว และข้อมูลที่สุ่มได้เข้าระบบเพื่อหาผลลัพธ์ โดยต้องออกแบบการทดลองเพื่อหาเงื่อนไขของการทดลอง และดำเนินการทดลองตามเงื่อนไขของการทดลองจนกว่าจะได้จำนวนข้อมูลที่เหมาะสม และมีนัยสำคัญทางสถิติที่ยอมรับได้ แล้วทำการจำลองรูปแบบแทนระบบตามเวลาที่กำหนด และนำผลลัพธ์ที่ได้จากตัวแบบมาช่วยในการตัดสินใจ

6) การนำผลลัพธ์ของการจำลองตัวแบบของระบบไปใช้งาน (Implementation) การนำผลลัพธ์ของการจำลองตัวแบบของระบบไปใช้งาน เมื่อเปรียบเทียบตัวแบบต่างๆ และได้วิธีการที่จะแก้ปัญหาได้ดีที่สุดไปใช้กับระบบงานจริงแล้ว นำวิธีการนั้นไปวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการนำไปปฏิบัติด้วยปัจจัยต่างๆ อาทิเช่น ข้อจำกัดของหน่วยงาน ค่าใช้จ่ายในการประยุกต์ใช้จริง เป็นต้น แล้วจัดทำเป็นเอกสารการทำงาน เพื่อบันทึกกิจกรรมในการจัดทำแบบจำลอง โครงสร้างของแบบจำลอง วิธีการใช้งาน และผลที่ได้จากการใช้งาน เพื่อประโยชน์สำหรับผู้ที่จะนำแบบจำลองไปใช้งาน และเพื่อประโยชน์ในการปรับปรุงแบบจำลองเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงระบบ

7) การวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองสถานการณ์ (Analyze Results) การวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้ รวบรวมผลกระทบที่เกิดขึ้น นำไปแปลความหมายและรายงานต่อผู้ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งถือเป็นขั้นตอนสุดท้ายในการดำเนินงาน



ภาพประกอบ 1.5:ขั้นตอนการสร้างแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์

1.4.7.2 เหตุผลของการใช้แบบจำลองแทนระบบงานจริง เนื่องจากแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ นั้นเป็นเครื่องมือซึ่งใช้บอกผลต่างๆอันจะเกิดจากระบบงานภายใต้เงื่อนไขต่างๆ ผลที่จะได้จากแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ นั้นอาจนำไปใช้งานได้โดยตรงหรืออาจจะต้องนำไปวิเคราะห์ต่อ แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์นั้นเป็นวิธีการหนึ่งในหลายๆวิธีที่อาจใช้ช่วยแก้ปัญหาในการดำเนินงานของระบบงานได้ ดังนั้น เมื่อมีปัญหาเกิดขึ้นจึงต้องวิเคราะห์ปัญหานั้นๆเสียก่อนว่าควรจะใช้เครื่องมือใดเข้าไปช่วยแก้ปัญหา เมื่อเป็นดังนี้จึงมีความจำเป็นที่จะต้องทราบถึงข้อดีและข้อเสียของเครื่อง มือเพื่อช่วยในการตัดสินใจว่า เครื่องมือนั้นๆเหมาะสมเพียงใดในการนำไปใช้แก้ปัญหา อาจสรุปได้ดังนี้

1) เพราะว่าการทดลองกับระบบงานจริงอาจก่อให้เกิดความขัดข้องในการดำเนินงานตามปกติ

2) เพราะว่าในการทดลองกับระบบงานจริงในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการวัดผลของสมรรถนะของคน อาจได้ข้อมูลที่คลาดเคลื่อน อันเนื่องมาจากความสามารถในการปรับสมรรถนะของตนเอง จึงทำให้ได้ข้อมูลที่สูงกว่าหรือต่ำกว่าความเป็นจริง

3) เพราะว่าการทดลองกับระบบงานจริงนั้นเป็นการยากที่จะควบคุมเงื่อนไขต่างๆของการทดลองให้คงที่ ทำให้ผลการทดลองที่ได้แต่ละครั้งของการทดลองอาจไม่ใช่ผลที่เกิดขึ้นภายใต้ เงื่อนไขกลุ่มเดียวกัน

4) เพราะว่าการทดลองกับระบบงานจริงอาจต้องใช้เวลาและค่าใช้จ่ายจำนวนมาก จึงจะได้ข้อมูลเพียงพอสำหรับการวิเคราะห์

5) เพราะว่าการทดลองกับระบบงานจริง อาจจะเป็นไปไม่ได้ที่จะทดลองกับเงื่อนไขทุกรูปแบบที่ต้องการ

1.4.7.3 เงื่อนไขของการใช้แบบจำลองแทนระบบจริง จากอุปสรรคที่เกิดขึ้น ทำให้ไม่สามารถทำการทดลองกับระบบงานจริงได้ จึงคิดที่จะใช้การจำลองแบบปัญหาในการช่วยแก้ไขปัญหา โดยสรุปเราควรจะพิจารณาใช้การจำลองแบบปัญหาเมื่อเงื่อนไขข้อหนึ่งข้อใดต่อไป นี้เกิดขึ้น

1) กรณีที่ไม่มีวิธีการแก้ปัญหาโดยวิธีทางคณิตศาสตร์

2) กรณีที่มีวิธีการแก้ปัญหาโดยวิธีทางคณิตศาสตร์ แต่การคำนวณและขั้นตอนในการวิเคราะห์ยุ่งยาก ทำให้เสียเวลาและแรงงานมาก และการจำลองแบบปัญหาเป็นวิธีแก้ปัญหาที่ง่ายกว่า

3) กรณีที่การจำลองแบบปัญหาเป็นวิธีเดียวที่จะสามารถนำไปใช้ได้เนื่องจากไม่อาจทำการทดลองและวัดผลในสภาพจริง

4) กรณีที่มีวิธีการแก้ปัญหาโดยวิธีทางคณิตศาสตร์ไม่ยุ่งยากมากนัก แต่เกินขีดความสามารถของบุคลากรที่มีอยู่ และค่าใช้จ่ายในการใช้การจำลองแบบปัญหาถูกกว่าการจ้างผู้เชี่ยวชาญในวิธีการทางคณิตศาสตร์นั้นมาแก้ปัญหา

5) กรณีที่มีความจำเป็นในการสร้างสถานการณ์ในอดีตหรืออนาคตเพื่อศึกษาหรือประเมินค่าพารามิเตอร์ เนื่องจากแบบจำลองคอมพิวเตอร์สามารถใช้ในการกำหนดทางเลือกในการทำงานของระบบ เพื่อให้ได้ระบบที่มีประสิทธิภาพสูงสุด โดยใช้วิธีการการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์และลักษณะของระบบ และ การรันโปรแกรมหลาย ๆ ครั้งเมื่อกำหนดลักษณะระบบที่แตกต่างกัน โดยผลลัพธ์ที่ได้จากการเปรียบเทียบจะเป็นทางเลือกให้ผู้สร้างเลือกทางเลือกที่มีประสิทธิภาพสูงสุด

6) กรณีที่ต้องการศึกษาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของระบบงานในช่วงระยะเวลาการใช้ งานระบบนานๆ เช่น การศึกษาปัญหาเกี่ยวกับสภาวะแวดล้อมเป็นพิษ

7) กรณีที่ระบบงานจริงมีความซับซ้อน และค่าใช้จ่ายในระบบงานสูง

8) กรณีที่ระบบงานมีการใช้เวลานานเกินกว่าที่จะรอคอยคำตอบได้

1.4.7.4 ข้อด้อยของการใช้แบบจำลอง ดังได้กล่าวมาแล้วว่า การจะนำเอาเครื่องมือใดไปใช้ควรต้องทราบถึงข้อดีและข้อเสียของเครื่องมือ นั้นๆ ดังนั้นจึงควรที่จะทราบว่าเพราะเหตุใดจึงไม่ควรใช้แบบจำลองปัญหา ซึ่งสามารถสรุปโดยสังเขปได้ดังนี้

1) การที่จะได้มาซึ่งแบบจำลองที่ดีนั้น ต้องใช้เวลาและค่าใช้จ่ายจำนวนมาก รวมทั้งต้องอาศัยความสามารถอย่างสูงของผู้ออกแบบจำลอง

2) แบบจำลองที่ได้ในบางครั้งดูเหมือนว่าสามารถใช้เป็นตัวแทนของระบบงานจริงได้ แต่ในความเป็นจริงแบบจำลองนั้นอาจไม่ใช่ตัวแทนของระบบงานนั้นๆ และการที่จะบอกได้ว่าแบบจำลองนั้นใช้ได้หรือไม่ก็ไม่ใช่เรื่องง่าย

3) ข้อมูลที่ได้จากการใช้แบบจำลองไม่มีความแม่นยำ และไม่สามารถวัดขนาดของความไม่แม่นยำได้ แม้จะทำการวัดความไวของข้อมูลเหล่านั้น ก็ไม่สามารถทำให้ข้อเสียข้อนี้หายไปได้

4) เนื่องจากข้อมูลที่ได้จากการจำลองแบบปัญหานั้นโดยปกติจะเป็นตัวเลข ซึ่งก่อให้เกิดปัญหาว่า ผู้สร้างแบบจำลองอาจให้ความสำคัญกับตัวเลขเหล่านั้นมากเกินไปและพยายามที่จะทดสอบความถูกต้องของตัวเลขแทนที่จะทดสอบความถูกต้องของแบบจำลอง ทำให้แบบจำลองที่ได้อาจไม่มีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้งาน

5) แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ไม่สามารถใช้แก้ปัญหาได้ทุกลักษณะ เพราะปัญหาที่ทำการศึกษานั้นเกี่ยวกับความไม่แน่นอน

6) แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์จะให้คำตอบภายใต้สภาวการณ์ต่างๆ ที่ผู้บริหารสามารถนำไปประเมินผลและเปรียบเทียบหาสภาวการณ์ที่เหมาะสมที่สุดแต่ไม่สามารถให้แนวทางหรือกลยุทธ์ที่จะนำไปสู่สภาวการณ์ที่ต้องการได้

7) แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ที่ดีและสามารถให้คำตอบที่ใกล้เคียงกับสภาพที่เป็นจริงของระบบนั้นต้องใช้ค่าใช้จ่ายและเวลาในการศึกษามาก

บทที่ 3

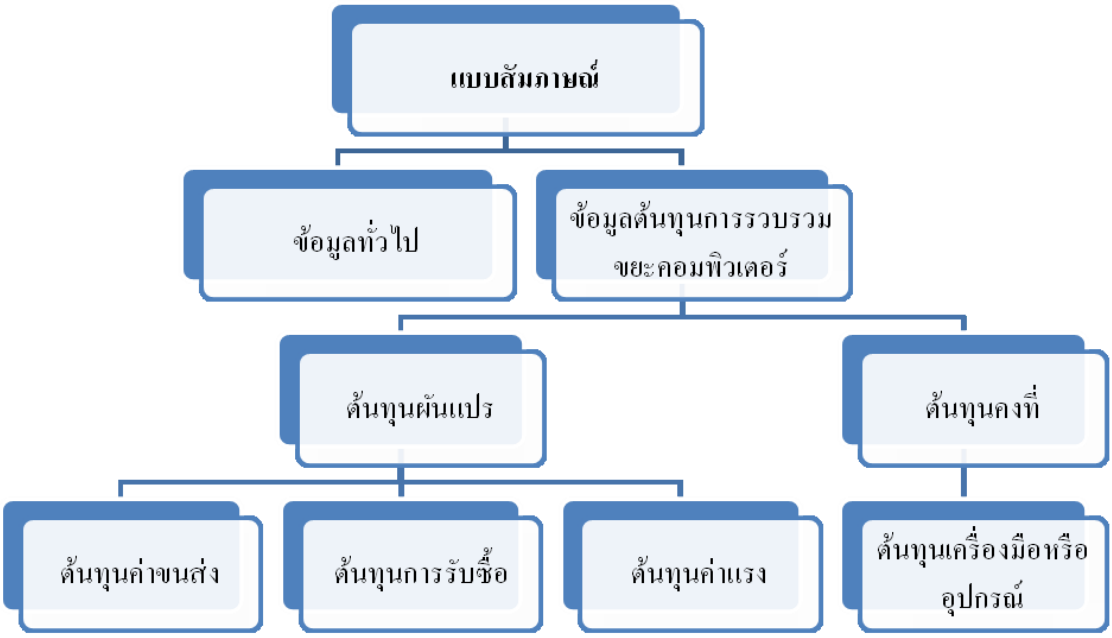
วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ในพื้นที่ 14 จังหวัดภาคใต้โดยประยุกต์ใช้ระบบโลจิสติกส์ย้อนกลับ เริ่มต้นดำเนินการวิจัยจากการสำรวจข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ ซึ่งได้แก่ข้อมูลปริมาณคอมพิวเตอร์ โครงสร้างการจัดการขยะคอมพิวเตอร์และข้อมูลเกี่ยวกับต้นทุน จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาพัฒนาตัวแบบทางคณิตศาสตร์และพัฒนาตัวแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ของโซ่อุปทานของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ เพื่อศึกษาต้นทุนรวมทั้งระบบที่น้อยที่สุด โดยเนื้อหาที่จะกล่าวถึงในบทนี้เป็นวิธีการดำเนินการวิจัยดังต่อไปนี้

1.1 ศึกษาสภาพปัจจุบันของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ในพื้นที่ 14 จังหวัดภาคใต้

การศึกษาสภาพปัจจุบันของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ โดยเริ่มจากการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับปริมาณการใช้คอมพิวเตอร์ในปัจจุบันเพื่อคาดการณ์ปริมาณขยะคอมพิวเตอร์ในอนาคตและทำการลงพื้นที่เพื่อสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่าง ซึ่งกลุ่มตัวอย่างที่เข้าไปสอบสัมภาษณ์ประกอบ กลุ่มร้านรับซื้อของเก่า ศูนย์รวบรวม เทศบาลและโรงงานรีไซเคิล โดยข้อมูลพื้นฐานประกอบด้วย ปริมาณสินค้าไหลเข้า (Inbound Physical Flow) และปริมาณสินค้าไหลออก (Outbound Physical Flow) โครงสร้างพื้นฐานในด้านต่างๆของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ เส้นทางการขนส่งจากแหล่งขยะคอมพิวเตอร์ แหล่งรีไซเคิลรวมถึงอัตราค่าขนส่ง และข้อมูลต้นทุนโลจิสติกส์ที่เกิดขึ้นตลอดทั้งกระบวนการตั้งแต่ต้นน้ำจนกระทั่งถึงปลายน้ำ โดยในการศึกษาข้อมูลด้านต้นทุนที่เกี่ยวข้องของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ได้ทำการพัฒนาแบบสัมภาษณ์จากข้อมูลพื้นฐานข้างต้นร่วมกับการใช้ข้อมูลทุติยภูมิที่ได้จากการสืบค้น เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการคำนวณหาต้นทุนรวมที่เกิดขึ้นในปัจจุบันของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ เพื่อทำให้ทราบถึงพฤติกรรมและเป็นแนวทางในการพัฒนาแบบจำลองโซ่อุปทาน (Supply Chain Model) ของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ในเขตพื้นที่ 14 จังหวัดภาคใต้ ซึ่งโครงสร้างหลักของแบบสัมภาษณ์แบ่งข้อมูลเป็น 2 ส่วน คือ ข้อมูลทั่วไปของการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ และข้อมูลต้นทุนการ

รวบรวมที่เกี่ยวข้องกับการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ ดังแสดงในภาพประกอบ 3.1 ส่วนแบบสอบถามฉบับสมบูรณ์ที่ใช้ในการสัมภาษณ์ แสดงไว้ในภาคผนวก ก



ภาพประกอบ 1.1: โครงสร้างแบบสอบถาม

จากการสำรวจข้อมูลต้นทุนที่เกี่ยวข้องของแต่ละฝ่ายในระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ (ดังแสดงในภาพประกอบ 3.2) สามารถแบ่งต้นทุนที่เกี่ยวข้องออกเป็น

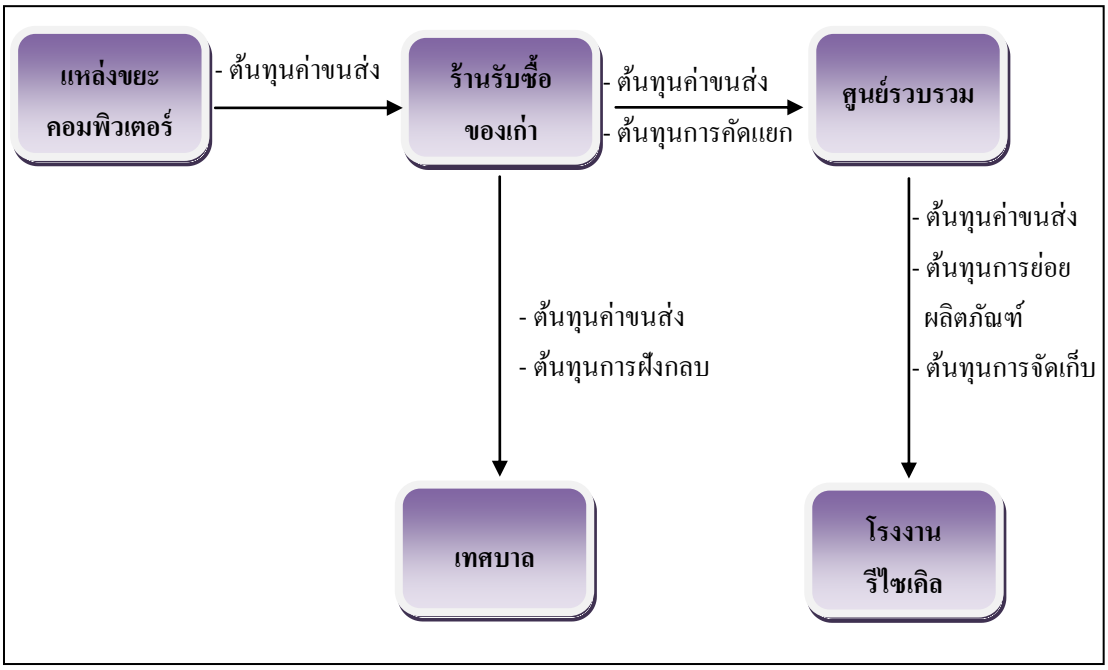
1.1.1 ต้นทุนการคัดแยกขยะคอมพิวเตอร์ในโซ่อุปทานของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์

1.1.2 ต้นทุนการจัดเก็บต่อหน่วยของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดในโซ่อุปทาน

1.1.3 ต้นทุนการขนส่งต่อหน่วยของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดในโซ่อุปทาน

1.1.4 ต้นทุนการฝังกลบต่อหน่วยของขยะที่นอกเหนือจากการรีไซเคิลในโซ่อุปทาน

1.1.5 ต้นทุนในการย่อยผลิตภัณฑ์เพื่อให้สะดวกต่อการขนส่งและการรีไซเคิลในโซ่อุปทาน



ภาพประกอบ 1.2: ต้นทุนที่เกี่ยวข้องในระบบโซ่อุปทานของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์

1.2 การกำหนดสมมติฐานการวิจัย

การกำหนดสมมติฐานการวิจัยเป็นการสร้างกรอบแนวคิดในการวิจัยเพื่อสร้างความชัดเจนในการศึกษา ซึ่งสมมติฐานในการวิจัยนี้ ประกอบด้วย

1.2.1 ในการศึกษานี้กำหนดให้มีรูปแบบการดำเนินการจัดการขยะคอมพิวเตอร์แบ่งกรณีศึกษาออกเป็น 2 กรณี คือ 1) กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็ก เป็นศึกษากิจกรรมที่สอดคล้องกับสถานการณ์ในปัจจุบัน คือมีกิจกรรมในการบดและการอัด เพื่อส่งต่อไปรีไซเคิลยังโรงงานรีไซเคิลต่อไป และ 2) กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่ ที่กำหนดให้ต้องมีกิจกรรมการดำเนินงาน ตั้งแต่ขั้นตอนของการคัดแยก การอัด การบด จนถึงขั้นตอนในการรีไซเคิลเพื่อส่งกับเข้าสู่โรงงานรีไซเคิล

ทั้งนี้นอกเหนือจากการศึกษาขนาดของการเปิดศูนย์รวบรวมแล้วยังทำการศึกษารูปแบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ เพื่อทำการศึกษาถึงลักษณะการคักแยกมีส่วนช่วยในการลดผลกระทบปัญหาสิ่งแวดล้อมเบื้องต้นควบคู่ไปด้วย โดยแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ คือ แบบที่ 1 เป็นลักษณะการจัดการในสภาพปัจจุบันพบว่าขยะคอมพิวเตอร์สามารถคัดแยกออกได้เป็น พลาสติก

เหล็ก ทองแดง และชิ้นส่วนอื่นๆ ซึ่งชิ้นส่วนอื่นๆ ในการศึกษาจะถูกส่งไปกำจัดยังเทศบาล ซึ่งสามารถแบ่งสัดส่วนออกได้เป็น

- พลาสติก 15.33% ของปริมาณขยะคอมพิวเตอร์ทั้งหมด
- เหล็ก 17.15% ของปริมาณขยะคอมพิวเตอร์ทั้งหมด
- ทองแดง 5.93% ของปริมาณขยะคอมพิวเตอร์ทั้งหมด
- จอคอมพิวเตอร์ 33.33% ของปริมาณขยะคอมพิวเตอร์ทั้งหมด
- ชิ้นส่วนอื่นๆ (ขยะ) 28.25% ของปริมาณขยะคอมพิวเตอร์ทั้งหมด

และ รูปแบบที่ 2 เป็นลักษณะการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ โดยในงานวิจัยนี้จะใช้รูปแบบการแยกชิ้นส่วนที่สามารถนำไปรีไซเคิลได้ภายใต้แนวคิดการประยุกต์ใช้ระเบียบ ROHs (Restriction of Hazardous Substances) และ WEEE (Waste from Electrical and Electronic) ในการคัดแยกชิ้นส่วนที่มีมูลค่าออกมาเพื่อนำไปรีไซเคิลในรูปของเศษวัสดุและส่งต่อให้กับอุตสาหกรรมพื้นฐานอื่นๆเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบต่อไป โดยกำหนดให้ขยะคอมพิวเตอร์สามารถคัดแยกขยะคอมพิวเตอร์ออกเป็น พลาสติก เหล็ก ทองแดง อลูมิเนียม ตะกั่ว และชิ้นส่วนอื่นๆ (ขยะ) ซึ่งสามารถแบ่งสัดส่วนออกได้เป็น

- พลาสติก 22.99% ของปริมาณขยะคอมพิวเตอร์ทั้งหมด
- เหล็ก 20.47% ของปริมาณขยะคอมพิวเตอร์ทั้งหมด
- ทองแดง 6.92% ของปริมาณขยะคอมพิวเตอร์ทั้งหมด
- อลูมิเนียม 14.17% ของปริมาณขยะคอมพิวเตอร์ทั้งหมด
- ตะกั่ว 6.29% ของปริมาณขยะคอมพิวเตอร์ทั้งหมด
- ชิ้นส่วนอื่นๆ (ขยะ) 29.00% ของปริมาณขยะคอมพิวเตอร์ทั้งหมด

1.2.2 พิจารณาวัตถุดิบหลัก คือขยะคอมพิวเตอร์ที่ได้จากครัวเรือนเท่านั้น ซึ่งปริมาณขยะคอมพิวเตอร์เป็นคาดการณ์จากอายุการใช้งานคอมพิวเตอร์ในประเทศไทยโดยเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 5 ปี

1.2.3 การพิจาณาหน่วยในการคำนวณสำหรับตัวแบบคณิตศาสตร์ กำหนดเป็นกิโลกรัม ตลอดทั้งโซ่อุปทานของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์

1.2.4 กำหนดให้ต้นทุนการจัดเก็บ ต้นทุนการคัดแยก ต้นทุนการฝังกลบและต้นทุนการย่อยของแต่ละอำเภอในแต่ละฝ่ายมีค่าเท่ากัน

1.2.5 กำหนดให้ร้านรับซื้อของเก่าและศูนย์รวบรวมมีความสามารถในการรองรับขยะคอมพิวเตอร์ได้ไม่จำกัด

1.2.6 กำหนดให้โรงงานรีไซเคิลมีความต้องการชิ้นส่วนจากขยะคอมพิวเตอร์ไม่จำกัด เนื่องจากมีปริมาณขยะคอมพิวเตอร์น้อยกว่าความต้องการของโรงงานรีไซเคิล

1.2.7 กำหนดให้รูปแบบการขนส่งจากศูนย์รวบรวมไปยังโรงงานรีไซเคิลเป็นการขนส่งโดยการว่าจ้างรถจากภายนอก (Outsource) และใช้รถบรรทุกซึ่งมีน้ำหนักบรรทุกไม่เกิน 15 ตัน/เที่ยว ในการขนส่ง

1.2.8 การพิจารณาข้อมูลนำเข้าเป็นข้อมูลต่อปี

1.3 การสร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Model Formulation)

การสร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Model) โดยใช้หลักการการแก้ปัญหาของ Mixed Integer Programming (MIP) เพื่อศึกษาการหาตำแหน่งที่ตั้งที่เหมาะสมของศูนย์รวบรวม ภายใต้เงื่อนไขในการพิจารณา คือ จำนวนที่เหมาะสมของศูนย์รวบรวม โดยที่ตำแหน่งของศูนย์รวบรวมดังกล่าวทำให้เกิดต้นทุนรวมทั้งระบบในโซ่อุปทานของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์น้อยที่สุด

จากการศึกษาสภาพปัจจุบันของขยะคอมพิวเตอร์และกระบวนการต่างๆในโซ่อุปทานของระบบจัดการขยะคอมพิวเตอร์ ทำให้สามารถพัฒนาระบบการจัดการของขยะคอมพิวเตอร์ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยผู้จัดทำได้ทำการพัฒนาตัวแบบทางคณิตศาสตร์ด้วยกัน 2 กรณี คือ กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็ก และกรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่ โดยแต่ละกรณีจะประกอบด้วย 2 ส่วน คือ สมการเป้าหมาย (Objective Function) และข้อจำกัดของปัญหา (Constraint) โดยในตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่ได้พัฒนาขึ้นมานั้นได้มีการกำหนดตัวแปร (Variable) ดังต่อไปนี้

ดัชนี :

i	=	แหล่งขยะคอมพิวเตอร์ที่ i	$(i = 1,2,...,h)$
j	=	ร้านรับซื้อของเก่าที่ j	$(j = 1,2,...,m)$
k	=	ศูนย์รวบรวมที่ k	$(k = 1,2,...,n)$
v	=	โรงงานรีไซเคิลที่ v	$(v = 1,2,...,o)$
r	=	เทศบาลที่ r	$(r = 1,2,...,q)$
e	=	ขยะคอมพิวเตอร์	
p	=	ผลิตภัณฑ์พลาสติก	

f = ผลิตภัณฑ์เหล็ก

u = ผลิตภัณฑ์ทองแดง

m = ผลิตภัณฑ์จอคอมพิวเตอร์

Al = ผลิตภัณฑ์อลูมิเนียม

Pb = ผลิตภัณฑ์ตะกั่ว

w = ผลิตภัณฑ์ชิ้นส่วน (ขยะ)

ตัวแปรตัดสินใจ :

x_{eij} ปริมาณการขนส่งขยะคอมพิวเตอร์จากแหล่งขยะคอมพิวเตอร์ i สู่ร้านรับซื้อของเก่า j (กิโลกรัม)

x_{pjk} ปริมาณการขนส่งพลาสติกจากร้านรับซื้อของเก่า j สู่ศูนย์รวบรวม k (กิโลกรัม)

x_{fjk} ปริมาณการขนส่งเหล็กจากร้านรับซื้อของเก่า j สู่ศูนย์รวบรวม k (กิโลกรัม)

x_{ujk} ปริมาณการขนส่งทองแดงจากร้านรับซื้อของเก่า j สู่ศูนย์รวบรวม k (กิโลกรัม)

x_{mjk} ปริมาณการขนส่งหน้าจอคอมพิวเตอร์จากร้านรับซื้อของเก่า j สู่ศูนย์รวบรวม k (กิโลกรัม)

x_{Aljk} ปริมาณการขนส่งอลูมิเนียมจากร้านรับซื้อของเก่า j สู่ศูนย์รวบรวม k (กิโลกรัม)

x_{Pbjk} ปริมาณการขนส่งตะกั่วจากร้านรับซื้อของเก่า j สู่ศูนย์รวบรวม k (กิโลกรัม)

x_{wjr} ปริมาณการขนส่งชิ้นส่วนอื่นๆ (ขยะ) ร้านรับซื้อของเก่า j สู่เทศบาล r (กิโลกรัม)

x_{pkv} ปริมาณการขนส่งพลาสติกจากศูนย์รวบรวม k สู่โรงงานรีไซเคิล v (กิโลกรัม)

x_{fkv} ปริมาณการขนส่งเหล็กจากศูนย์รวบรวม k สู่โรงงานรีไซเคิล v (กิโลกรัม)

x_{ukv} ปริมาณการขนส่งทองแดงจากศูนย์รวบรวม k สู่โรงงานรีไซเคิล v (กิโลกรัม)

x_{mkv} ปริมาณการขนส่งหน้าจอคอมพิวเตอร์จากศูนย์รวบรวม k สู่โรงงานรีไซเคิล v (กิโลกรัม)

x_{Alkv} ปริมาณการขนส่งอลูมิเนียมจากศูนย์รวบรวม k สู่โรงงานรีไซเคิล v (กิโลกรัม)

x_{Pbkv} ปริมาณการขนส่งตะกั่วจากศูนย์รวบรวม k สู่โรงงานรีไซเคิล v (กิโลกรัม)

Y_k ตัวแปรมีค่าเท่ากับ *1* ถ้ามีการเปิดศูนย์รวบรวม k และตัวแปรมีค่าเท่ากับ *0* ถ้าไม่มีการเปิดศูนย์รวบรวม k

ค่าสัมประสิทธิ์ :

F_k ต้นทุนคงที่ของการเปิดศูนย์รวบรวม k (บาท)

c_{eij} ต้นทุนการขนส่งของขยะคอมพิวเตอร์ i สู่ร้านรับซื้อของเก่า j (บาท/กิโลกรัม)

c_{pjk} ต้นทุนการขนส่งและต้นทุนการแยกของพลาสติกจากร้านรับซื้อของเก่า j สู่ศูนย์รวบรวม k (บาท/กิโลกรัม)

c_{fjk} ต้นทุนการแยกและต้นทุนการขนส่งของเหล็กจากร้านรับซื้อของเก่า j สู่ศูนย์รวบรวม k (บาท/กิโลกรัม)

c_{ujk} ต้นทุนการแยกและต้นทุนการขนส่งของทองแดงจากร้านรับซื้อของเก่า j สู่ศูนย์รวบรวม k (บาท/กิโลกรัม)

c_{mjk} ต้นทุนการขนส่งของจอคอมพิวเตอร์จากร้านรับซื้อของเก่า j สู่ศูนย์รวบรวม k (บาท/กิโลกรัม)

c_{wjr} ต้นทุนการแยก ต้นทุนการฝังกลบ และต้นทุนการขนส่งของชิ้นส่วนอื่นๆ (ขยะ) จากร้านรับซื้อของเก่า j สู่เทศบาล r (บาท/กิโลกรัม)

c_{pkv} ต้นทุนการจัดเก็บ ต้นทุนการจัดการของพลาสติกและต้นทุนการขนส่งจากศูนย์รวบรวม k สู่โรงงานรีไซเคิล v (บาท/กิโลกรัม)

c_{fkv} ต้นทุนการจัดเก็บ ต้นทุนการจัดการของเหล็กและต้นทุนการขนส่งจากศูนย์รวบรวม k สู่โรงงานรีไซเคิล v (บาท/กิโลกรัม)

c_{ukv} ต้นทุนการจัดเก็บ ต้นทุนการจัดการของทองแดงและต้นทุนการขนส่ง จากศูนย์รวบรวม k สู่โรงงานรีไซเคิล v (บาท/กิโลกรัม)

c_{Alkv} ต้นทุนการจัดเก็บ ต้นทุนการจัดการของอลูมิเนียมและต้นทุนการขนส่ง จากศูนย์รวบรวม k สู่โรงงานรีไซเคิล v (บาท/กิโลกรัม)

c_{Pbkv} ต้นทุนการจัดเก็บ ต้นทุนการจัดการของตะกั่วและต้นทุนการขนส่ง จากศูนย์รวบรวม k สู่โรงงานรีไซเคิล v (บาท/กิโลกรัม)

c_{mkv} ต้นทุนการจัดเก็บของจอคอมพิวเตอร์และต้นทุนการขนส่งจากศูนย์รวบรวม k สู่โรงงานรีไซเคิล v (บาท/กิโลกรัม)

S_i ความสามารถในการจัดส่งขยะคอมพิวเตอร์ของแหล่งขยะคอมพิวเตอร์ i (กิโลกรัม)

D_{pv} ปริมาณความต้องการพลาสติก ณ โรงงานรีไซเคิล v (กิโลกรัม)

D_{fv} ปริมาณความต้องการเหล็ก ณ โรงงานรีไซเคิล v (กิโลกรัม)

D_{uv} ปริมาณความต้องการทองแดง ณ โรงงานรีไซเคิล v (กิโลกรัม)

D_{mv} ปริมาณความต้องการหน้าจอคอมพิวเตอร์ ณ โรงงานรีไซเคิล v (กิโลกรัม)

D_{Alv} ปริมาณความต้องการอลูมิเนียม ณ โรงงานรีไซเคิล v (กิโลกรัม)

D_{Pbv} ปริมาณความต้องการตะกั่ว ณ โรงงานรีไซเคิล v (กิโลกรัม)

C_k ความสามารถในการรวบรวม ณ ศูนย์รวบรวม k (กิโลกรัม)

K_r ความสามารถในการรวบรวม ณ เทศบาล r (กิโลกรัม)

1.3.1 กรณีที่ 1 ระบบการจัดการของขยะคอมพิวเตอร์ โดยการเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็ก

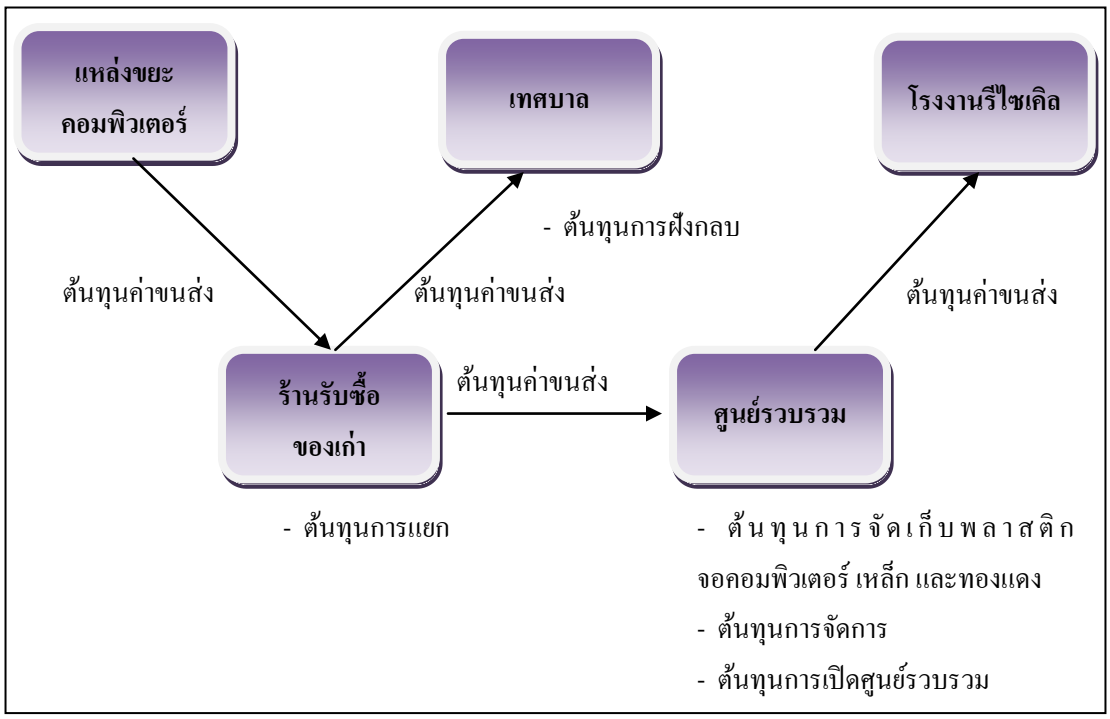
ระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ แบบเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็ก เป็นตัวแบบที่สร้างขึ้นสำหรับใช้เปรียบเทียบกับรูปแบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ในปัจจุบัน โดยศึกษาต้นทุนที่เกี่ยวข้องและทำการศึกษารูปแบบการรวบรวมขยะคอมพิวเตอร์จากรูปแบบการจัดการในปัจจุบัน ซึ่งประกอบด้วยแหล่งขยะคอมพิวเตอร์ ร้านรับซื้อของเก่า ศูนย์รวบรวม เทศบาล และโรงงานรีไซเคิล เพื่อใช้ในการศึกษาตำแหน่งที่ตั้งที่เหมาะสมในการเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็กเพื่อใช้สำหรับการรวบรวมชิ้นส่วนของขยะคอมพิวเตอร์ซึ่งพิจารณาภายใต้เงื่อนไขการเกิดต้นทุนต่ำสุดของระบบ เนื่องจากศูนย์รวบรวมในปัจจุบันกระจายตัวอยู่ในทุกอำเภอที่มีขยะคอมพิวเตอร์ประมาณ 150 อำเภอ แต่ปริมาณคอมพิวเตอร์ในแต่ละอำเภอมีปริมาณแตกต่างกัน ดังนั้นแนวคิดในการในการศึกษาตำแหน่งที่ตั้งที่เหมาะสมในการเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็กจึงเป็นแนวคิดในการพิจารณาตำแหน่งที่ตั้งของศูนย์รวบรวมและศึกษารูปแบบการขนส่งขยะคอมพิวเตอร์ที่เหมาะสมตั้งแต่แหล่งขยะคอมพิวเตอร์ จนถึงโรงงานรีไซเคิลเพื่อให้ระบบการรวบรวมขยะคอมพิวเตอร์มีต้นทุนต่ำสุด โดยสามารถแบ่งระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กออกเป็น 2 รูปแบบ คือ แบบที่ 1 และแบบที่ 2

1.3.1.1 กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็ก แบบที่ 1

1) ฟังก์ชันเป้าหมายของตัวแบบคณิตศาสตร์ พัฒนาขึ้นเพื่อศึกษาต้นทุนรวมทั้งระบบที่น้อยที่สุดของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ในพื้นที่ 14 จังหวัดภาคใต้ ซึ่งสามารถอธิบายระบบการทำงานของตัวแบบคณิตศาสตร์ได้ในทุกๆ ฝ่ายที่เกี่ยวข้อง โดยเริ่มพิจารณาตั้งแต่แหล่งขยะคอมพิวเตอร์จนถึงโรงงานรีไซเคิล และกำหนดค่าตัวแปรต่างๆ ควบคู่กับ

การพิจารณาต้นทุนที่เกิดขึ้นในแต่ละขั้นตอนของระบบโซ่อุปทานของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ โดยมีฟังก์ชั่นเป้าหมายของตัวแบบคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นเพื่อศึกษาต้นทุนรวมทั้งระบบที่น้อยที่สุด ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังต่อไปนี้

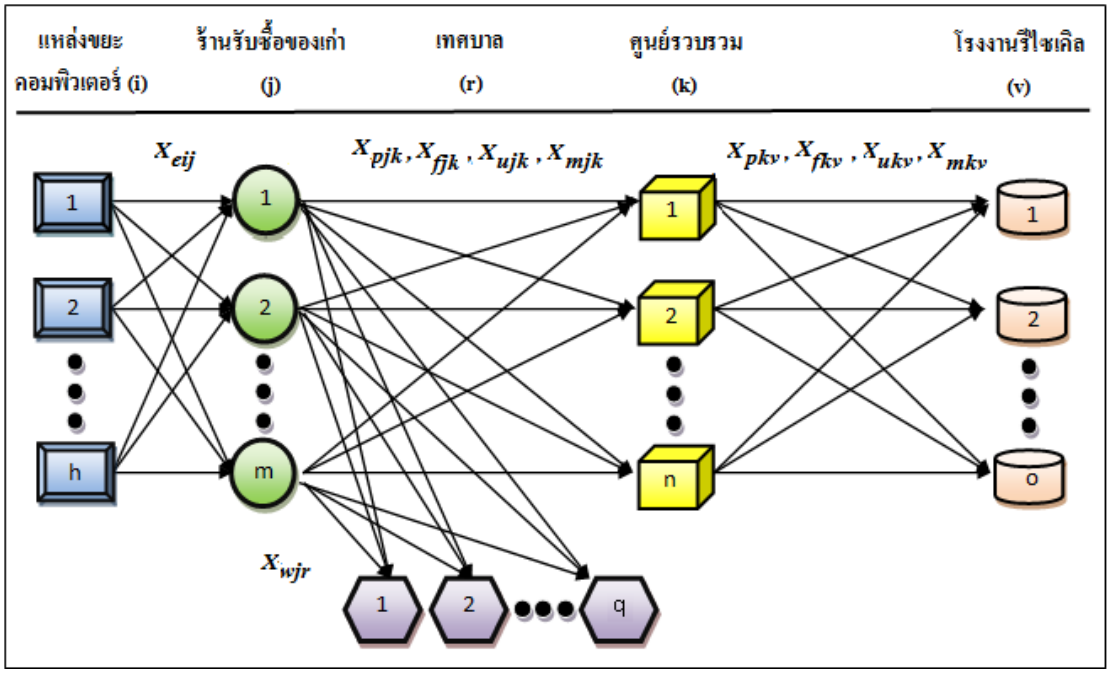
ต้นทุนรวมทั้งระบบ = ต้นทุนคงที่ของการเปิดศูนย์รวบรวม + ต้นทุนการขนส่งขยะคอมพิวเตอร์จากผู้ใช้สู่ร้านรับซื้อของเก่า + ต้นทุนการแยกขยะคอมพิวเตอร์ ณ ร้านรับซื้อของเก่า + ต้นทุนการขนส่งของพลาสติก เหล็ก ทองแดงและจอคอมพิวเตอร์จากร้านรับซื้อของเก่าสู่ศูนย์รวบรวม + ต้นทุนการจัดการพลาสติก เหล็ก ทองแดง ณ ศูนย์รวบรวม + ต้นทุนการฝังกลบและต้นทุนการขนส่งของชิ้นส่วนอื่นๆ (ขยะ) จากร้านรับซื้อของเก่าสู่เทศบาล + ต้นทุนการจัดเก็บของพลาสติก เหล็ก ทองแดง หน้าจอคอมพิวเตอร์ + ต้นทุนการขนส่งจากศูนย์รวบรวมสู่โรงงานรีไซเคิล ดังแสดงในภาพประกอบ 3.3



ภาพประกอบ 1.3: โครงสร้างต้นทุนของกรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็ก แบบที่ 1

โซ่อุปทานของการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ของกรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็กจากตัวแบบคณิตศาสตร์กำหนดให้ i แทนตำแหน่งแหล่งขยะคอมพิวเตอร์ j แทนตำแหน่งร้านรับซื้อของเก่า k แทนตำแหน่งศูนย์รวบรวม r แทนตำแหน่งเทศบาล และ v แทนโรงงานรีไซเคิล โดยตัวแบบที่สร้างขึ้นเริ่มพิจารณาตั้งแต่การขนส่งขยะคอมพิวเตอร์จากแหล่งขยะคอมพิวเตอร์ เข้าสู่

ร้านรับซื้อของเก่า เพื่อทำการคัดแยกชิ้นส่วนของขยะคอมพิวเตอร์ออกมาเป็น พลาสติก เหล็ก ทองแดง จอคอมพิวเตอร์ และชิ้นส่วนอื่นๆ (ขยะ) จากนั้นทำการขนส่งพลาสติก เหล็ก ทองแดง จอคอมพิวเตอร์ ไปยังศูนย์รวบรวม เพื่อทำการย่อย อัด บด แล้วส่งผลิตภัณฑ์เหล่านั้นเข้าสู่โรงงานรีไซเคิลเพื่อทำการรีไซเคิลต่อไป ส่วนชิ้นส่วนอื่น ๆ (ขยะ) จะถูกส่งไปยังเทศบาลเพื่อทำการฝังกลบดังแสดงในภาพประกอบ 3.4



ภาพประกอบ 1.4: โซ่อุปทานและตัวแปรตัดสินใจของตัวแบบคณิตศาสตร์
กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็ก แบบที่ 1

สำหรับตัวแบบคณิตศาสตร์ของโซ่อุปทานของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ กรณี เปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็ก มีรูปแบบสมการเป้าหมายของตัวแบบทางคณิตศาสตร์สามารถแสดงได้ดังสมการ (1)

สมการเป้าหมาย :

$$Min \left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^{h}\sum_{j=1}^{m} c_{eij} x_{eij} + \sum_{j=1}^{m}\sum_{k=1}^{n} c_{pjk} x_{pjk} + \sum_{j=1}^{m}\sum_{k=1}^{n} f_{jk} x_{fjk} + \sum_{j=1}^{m}\sum_{k=1}^{n} c_{ujk} x_{ujk} \\ + \sum_{j=1}^{m}\sum_{k=1}^{n} c_{mjk} x_{mjk} + \sum_{j=1}^{m}\sum_{r=1}^{q} c_{wjr} x_{wjr} + \sum_{k=1}^{n} F_k Y_k + \sum_{k=1}^{n}\sum_{v=1}^{o} c_{pkv} x_{pkv} \\ + \sum_{k=1}^{n}\sum_{v=1}^{o} c_{fkv} x_{fkv} + \sum_{k=1}^{n}\sum_{v=1}^{o} c_{ukv} x_{ukv} + \sum_{k=1}^{n}\sum_{v=1}^{o} c_{mkv} x_{mkv} \end{array} \right\} \quad (1)$$

2) ข้อจำกัดของปัญหาของตัวแบบคณิตศาสตร์ เป็นการกำหนดเงื่อนไขต่างๆ ให้กับตัวแบบคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น เพื่อให้สอดคล้องกับสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริงในโซ่อุปทานของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ เช่น ความสามารถในการจัดส่งวัตถุดิบ ความสมดุลระหว่างปริมาณเข้าและปริมาณออกของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด เป็นต้น ข้อจำกัดของปัญหาของตัวแบบคณิตศาสตร์ในโซ่อุปทานของการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ในเขตพื้นที่ 14 จังหวัดภาคใต้ สามารถแสดงได้ดังสมการ (2) – (19)

ข้อจำกัดของปัญหา :

$$\sum_{j=1}^{m} x_{eij} \le S_i \qquad \text{for } i = 1,2,\ldots,h \qquad (2)$$

ปริมาณการขนส่งขยะคอมพิวเตอร์จากแหล่งขยะคอมพิวเตอร์ที่ i สู่ร้านรับซื้อของเก่า j (กิโลกรัม) ต้องเท่ากับ ปริมาณขยะคอมพิวเตอร์ของแหล่งขยะคอมพิวเตอร์ที่ i (กิโลกรัม)

$$\sum_{i=1}^{h} (0.15) x_{eij} - \sum_{k=1}^{n} x_{pjk} \ge 0 \qquad \text{for } j = 1,2,\ldots,m \qquad (3)$$

ปริมาณการขนส่งพลาสติกจากร้านรับซื้อของเก่า j สู่ศูนย์รวบรวม k (กิโลกรัม) ต้องไม่เกินปริมาณที่ได้รับจากแหล่งขยะคอมพิวเตอร์ i (กิโลกรัม)

$$\sum_{i=1}^{h} (0.17) x_{eij} - \sum_{k=1}^{n} x_{fjk} \ge 0 \qquad \text{for } j = 1,2,\ldots,m \qquad (4)$$

ปริมาณการขนส่งเหล็กจากร้านรับซื้อของเก่า j สู่ศูนย์รวบรวม k (กิโลกรัม) ต้องไม่เกินปริมาณที่ได้รับจากแหล่งขยะคอมพิวเตอร์ i (กิโลกรัม)

$$\sum_{i=1}^{h}(0.06)x_{eij} \geq \sum_{k=1}^{n}x_{ujk} \quad \text{for } j = 1,2,\ldots,m \qquad (5)$$

ปริมาณการขนส่งทองแดงจากร้านรับซื้อของเก่า j สู่ศูนย์รวบรวม k (กิโลกรัม) ต้องไม่เกินปริมาณที่ได้รับจากแหล่งขยะคอมพิวเตอร์ i (กิโลกรัม)

$$\sum_{i=1}^{h}(0.33)x_{eij} \geq \sum_{k=1}^{n}x_{mjk} \quad \text{for } j = 1,2,\ldots,m \qquad (6)$$

ปริมาณการขนส่งจอคอมพิวเตอร์จากร้านรับซื้อของเก่า j สู่ศูนย์รวบรวม k (กิโลกรัม) ต้องไม่เกินปริมาณที่ได้รับจากแหล่งขยะคอมพิวเตอร์ i (กิโลกรัม)

$$\sum_{i=1}^{h}(0.29)x_{eij} \geq \sum_{r=1}^{q}x_{wjr} \quad \text{for } j = 1,2,\ldots,m \qquad (7)$$

ปริมาณการขนส่งชิ้นส่วนอื่นๆจากร้านรับซื้อของเก่า j สู่เทศบาล r (กิโลกรัม) ต้องไม่เกินปริมาณที่ได้รับจากแหล่งขยะคอมพิวเตอร์ i (กิโลกรัม)

$$\sum_{j=1}^{m}x_{pjk} + \sum_{j=1}^{m}x_{fjk} + \sum_{j=1}^{m}x_{ujk} + \sum_{j=1}^{m}x_{mjk} \leq \Omega_{C_k Y_k}$$

$$\text{for } k = 1,2,\ldots, n \qquad (8)$$

ปริมาณการขนส่งชิ้นส่วนขยะคอมพิวเตอร์จากร้านรับซื้อของเก่า j สู่ศูนย์รวบรวม k (กิโลกรัม) ต้องไม่เกินความสามารถของศูนย์รวบรวม k (กิโลกรัม)

$$\sum_{j=1}^{m}x_{pjk} - \sum_{v=1}^{o}x_{pkv} \geq 0 \quad \text{for } k = 1,2,\ldots, n \qquad (9)$$

ปริมาณการขนส่งพลาสติกจากผู้รวบรวม k สู่โรงงานรีไซเคิล v (กิโลกรัม) ต้องไม่เกินปริมาณที่ได้รับจากร้านรับซื้อของเก่า j (กิโลกรัม)

$$\sum_{j=1}^{m}x_{fjk} - \sum_{v=1}^{o}x_{fkv} \geq 0 \quad \text{for } k = 1,2,\ldots, n \qquad (10)$$

ปริมาณการขนส่งเหล็กจากผู้รวบรวม k สู่โรงงานรีไซเคิล v (กิโลกรัม) ต้องไม่เกินปริมาณที่ได้รับจากร้านรับซื้อของเก่า j (กิโลกรัม)

$$\sum_{j=1}^{m}x_{ujk} - \sum_{v=1}^{o}x_{ukv} \geq 0 \quad \text{for } k = 1,2,\ldots, n \qquad (11)$$

ปริมาณการขนส่งทองแดงจากผู้รวบรวม k สู่โรงงานรีไซเคิล v (กิโลกรัม) ต้องไม่เกินปริมาณที่ได้รับจากร้านรับซื้อของเก่า j (กิโลกรัม)

$$\sum_{j=1}^{m}x_{mjk} - \sum_{v=1}^{o}x_{mkv} \geq 0 \quad \text{for } k = 1,2,\ldots, n \qquad (12)$$

ปริมาณการขนส่งจอคอมพิวเตอร์จากผู้รวบรวม k สู่โรงงานรีไซเคิล v (กิโลกรัม) ต้องไม่เกินปริมาณที่ได้รับจากร้านรับซื้อของเก่า j (กิโลกรัม)

$$\sum_{j=1}^{m} x_{wjr} \leq K_r \qquad \text{for } r = 1,2,\ldots, q \qquad (13)$$

ปริมาณการขนส่งชิ้นส่วนอื่นๆ(ขยะ) จากร้านรับซื้อของเก่า j (กิโลกรัม) ต้องไม่เกินความสามารถของเทศบาล r (กิโลกรัม)

$$\sum_{k=1}^{n} x_{pkv} \leq D_{pv} \qquad \text{for } v = 1,2,\ldots, o \qquad (14)$$

ปริมาณการขนส่งพลาสติกจากศูนย์รวบรวม k สู่โรงงานรีไซเคิล v (กิโลกรัม) ต้องน้อยกว่าหรือเท่ากับปริมาณความต้องการพลาสติกของโรงงานรีไซเคิล v (กิโลกรัม)

$$\sum_{k=1}^{n} x_{fkv} \leq D_{fv} \qquad \text{for } v = 1,2,\ldots, o \qquad (15)$$

ปริมาณการขนส่งเหล็กจากศูนย์รวบรวม k สู่โรงงานรีไซเคิล v (กิโลกรัม) ต้องน้อยกว่าหรือเท่ากับปริมาณความต้องการเหล็กของโรงงานรีไซเคิล v (กิโลกรัม)

$$\sum_{k=1}^{n} x_{ukv} \leq D_{uv} \qquad \text{for } v = 1,2,\ldots, o \qquad (16)$$

ปริมาณการขนส่งทองแดงจากศูนย์รวบรวม k สู่โรงงานรีไซเคิล v (กิโลกรัม) ต้องน้อยกว่าหรือเท่ากับปริมาณความต้องการทองแดงของโรงงานรีไซเคิล v (กิโลกรัม)

$$\sum_{k=1}^{n} x_{mkv} \leq D_{mv} \qquad \text{for } v = 1,2,\ldots, o \qquad (17)$$

ปริมาณการขนส่งจอคอมพิวเตอร์จากศูนย์รวบรวม k สู่โรงงานรีไซเคิล v (กิโลกรัม) ต้องน้อยกว่าหรือเท่ากับปริมาณความต้องการจอคอมพิวเตอร์ของโรงงานรีไซเคิล v (กิโลกรัม)

$$Y_k \in \{0, 1\} \qquad (18)$$

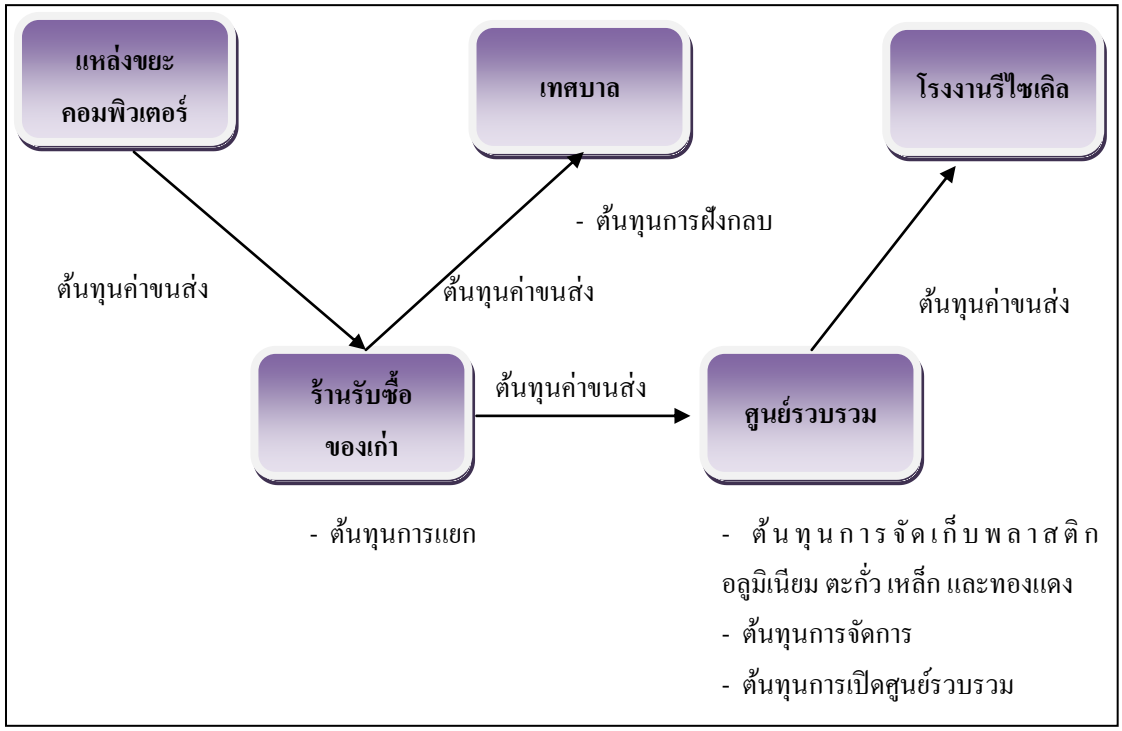
ตัวแปร Y_k ที่กำหนดขึ้นมีค่า
- 0 เมื่อ ไม่มีการเปิดศูนย์รวบรวม
- 1 เมื่อ มีการเปิดศูนย์รวบรวม

$$x_{eij}, x_{pjk}, x_{fjk}, x_{cjk}, x_{mjk}, x_{wjr}, x_{pkv}, x_{fkv}, x_{ukv}, x_{mkv} \geq 0 \qquad (19)$$

1.3.1.2 กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็ก แบบที่ 2

1) ฟังก์ชันเป้าหมายของตัวแบบคณิตศาสตร์ พัฒนาขึ้นเพื่อศึกษาต้นทุนรวมทั้งระบบที่น้อยที่สุดของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ในพื้นที่ 14 จังหวัดภาคใต้ ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังต่อไปนี้

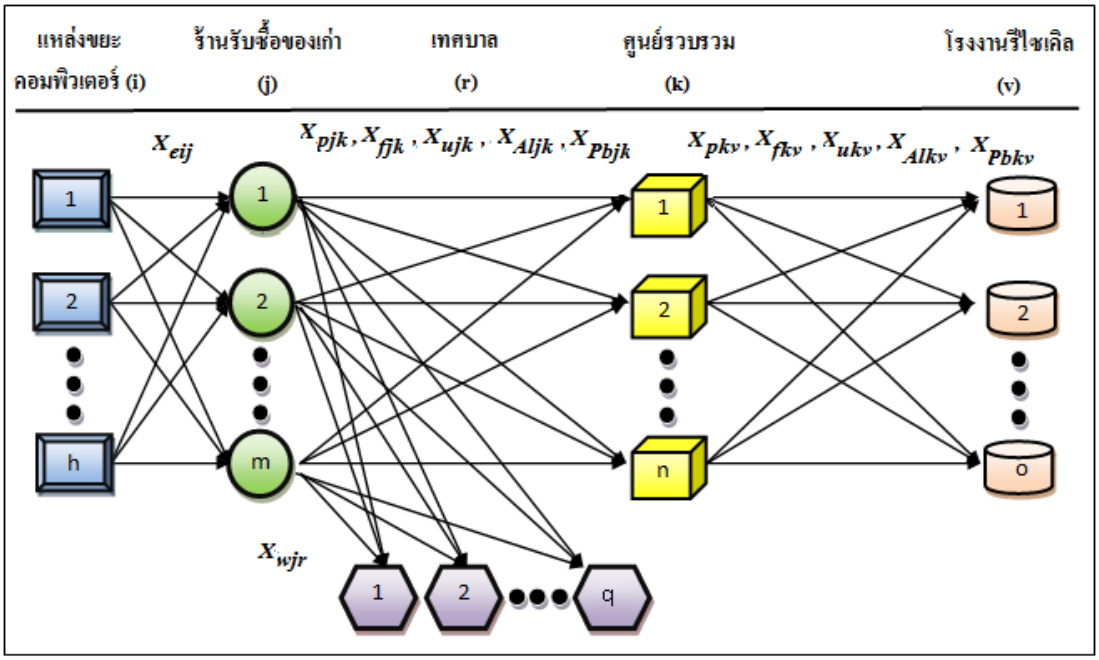
ต้นทุนรวมทั้งระบบ = ต้นทุนคงที่ของการเปิดศูนย์รวบรวม + ต้นทุนการขนส่งขยะคอมพิวเตอร์จากผู้ใช้สู่ร้านรับซื้อของเก่า + ต้นทุนการแยกขยะคอมพิวเตอร์ ณ ร้านรับซื้อของเก่า + ต้นทุนการขนส่งของพลาสติก เหล็ก ทองแดง อลูมิเนียมและตะกั่วจากร้านรับซื้อของเก่าสู่ศูนย์รวบรวม + ต้นทุนการจัดการพลาสติก เหล็ก ทองแดง อลูมิเนียมและตะกั่ว ณ ศูนย์รวบรวม + ต้นทุนการฝังกลบและต้นทุนการขนส่งของชิ้นส่วนอื่นๆ (ขยะ) จากร้านรับซื้อของเก่าสู่เทศบาล + ต้นทุนการจัดเก็บของพลาสติก เหล็ก ทองแดง อลูมิเนียมและตะกั่ว+ ต้นทุนการขนส่งจากศูนย์รวบรวมสู่โรงงานรีไซเคิล ดังแสดงในภาพประกอบ 3.5



ภาพประกอบ 1.5: โครงสร้างต้นทุนของกรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็ก แบบที่ 2

โซ่อุปทานของการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ของกรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็กจากตัวแบบคณิตศาสตร์กำหนดให้ i แทนตำแหน่งแหล่งขยะคอมพิวเตอร์ j แทนตำแหน่งร้านรับซื้อ

ของเก่า k แทนตำแหน่งศูนย์รวบรวม r แทนตำแหน่งเทศบาล และ v แทนโรงงานรีไซเคิล โดยตัวแบบที่สร้างขึ้นเริ่มพิจารณาตั้งแต่การขนส่งขยะคอมพิวเตอร์จากแหล่งขยะคอมพิวเตอร์ เข้าสู่ร้านรับซื้อของเก่า เพื่อทำการคัดแยกชิ้นส่วนของขยะคอมพิวเตอร์ออกมาเป็น พลาสติก เหล็ก ทองแดง อลูมิเนียม ตะกั่ว และชิ้นส่วนอื่นๆ (ขยะ) จากนั้นทำการขนส่งพลาสติก เหล็ก ทองแดง อลูมิเนียมและตะกั่ว ไปยังศูนย์รวบรวม เพื่อทำการย่อย อัด บด แล้วส่งผลิตภัณฑ์เหล่านั้นเข้าสู่ โ ร ง ง า น รีไซเคิลเพื่อทำการรีไซเคิลต่อไป ส่วนชิ้นส่วนอื่น ๆ (ขยะ) จะถูกส่งไปยังเทศบาลเพื่อทำการฝังกลบดังแสดงในภาพประกอบ 3.6



ภาพประกอบ 1.6: โซ่อุปทานและตัวแปรตัดสินใจของตัวแบบคณิตศาสตร์
กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็ก แบบที่ 2

สำหรับตัวแบบคณิตศาสตร์ของโซ่อุปทานของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ กรณี เปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็ก มีรูปแบบสมการเป้าหมายของตัวแบบทางคณิตศาสตร์สามารถแสดงได้ดังสมการ (20)

สมการเป้าหมาย :

$$Min \left(\begin{array}{l} \sum_{i=1}^{h} \sum_{j=1}^{m} c_{eij} x_{eij} + \sum_{j=1}^{m} \sum_{k=1}^{n} c_{pjk} x_{pjk} + \sum_{j=1}^{m} \sum_{k=1}^{n} f_{jk} x_{fjk} + \sum_{j=1}^{m} \sum_{k=1}^{n} c_{ujk} x_{ujk} \\ + \sum_{j=1}^{m} \sum_{k=1}^{n} c_{Aljk} x_{Aljk} + \sum_{j=1}^{m} \sum_{k=1}^{n} c_{Pbjk} x_{Pbjk} + \sum_{j=1}^{m} \sum_{r=1}^{q} c_{wjr} x_{wjr} + \sum_{k=1}^{n} F_k Y_k \\ + \sum_{k=1}^{n} \sum_{v=1}^{o} c_{pkv} x_{pkv} + \sum_{k=1}^{n} \sum_{v=1}^{o} c_{fkv} x_{fkv} + \sum_{k=1}^{n} \sum_{v=1}^{o} c_{ukv} x_{ukv} \\ + \sum_{k=1}^{n} \sum_{v=1}^{o} c_{Alkv} x_{Alkv} + \sum_{k=1}^{n} \sum_{v=1}^{o} c_{Pbkv} x_{Pbkv} \end{array} \right) \quad (20)$$

1.3.1.3 ข้อจำกัดของปัญหาของตัวแบบคณิตศาสตร์ เป็นการกำหนดเงื่อนไขต่างๆ ให้กับตัวแบบคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น เพื่อให้สอดคล้องกับสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริงในโซ่อุปทานของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ โดยข้อจำกัดของปัญหาของตัวแบบคณิตศาสตร์ในโซ่อุปทาน สามารถแสดงได้ดังสมการ (21) – (41)

ข้อจำกัดของปัญหา :

$$\sum_{j=1}^{m} x_{eij} \le S_i \qquad \text{for } i = 1,2,\ldots,h \qquad (21)$$

ปริมาณการขนส่งขยะคอมพิวเตอร์จากแหล่งขยะคอมพิวเตอร์ที่ i สู่ร้านรับซื้อของเก่า j (กิโลกรัม) ต้องเท่ากับปริมาณขยะคอมพิวเตอร์ของแหล่งขยะคอมพิวเตอร์ที่ i (กิโลกรัม)

$$\sum_{i=1}^{h} (0.23) x_{eij} \ge \sum_{k=1}^{n} x_{pjk} \qquad \text{for j} = 1,2,\ldots,\text{m} \qquad (22)$$

ปริมาณการขนส่งพลาสติกจากร้านรับซื้อของเก่า j สู่ศูนย์รวบรวม k (กิโลกรัม) ต้องไม่เกินปริมาณที่ได้รับจากแหล่งขยะคอมพิวเตอร์ i (กิโลกรัม)

$$\sum_{i=1}^{h} (0.20) x_{eij} \ge \sum_{k=1}^{n} x_{fjk} \qquad \text{for } j = 1,2,\ldots,m \qquad (23)$$

ปริมาณการขนส่งเหล็กจากร้านรับซื้อของเก่า j สู่ศูนย์รวบรวม k (กิโลกรัม) ต้องไม่เกินปริมาณที่ได้รับจากแหล่งขยะคอมพิวเตอร์ i (กิโลกรัม)

$$\sum_{i=1}^{h}(0.07)x_{eij} - \sum_{k=1}^{n}x_{ujk} \le 0 \qquad \text{for } j = 1,2,\ldots,m \qquad (24)$$

ปริมาณการขนส่งทองแดงจากร้านรับซื้อของเก่า j สู่ศูนย์รวบรวม k (กิโลกรัม) ต้องไม่เกินปริมาณที่ได้รับจากแหล่งขยะคอมพิวเตอร์ i (กิโลกรัม)

$$\sum_{i=1}^{h}(0.14)x_{eij} - \sum_{k=1}^{n}x_{Aljk} \le 0 \qquad \text{for } j = 1,2,\ldots,m \qquad (25)$$

ปริมาณการขนส่งอลูมิเนียมจากร้านรับซื้อของเก่า j สู่ศูนย์รวบรวม k (กิโลกรัม) ต้องไม่เกินปริมาณที่ได้รับจากแหล่งขยะคอมพิวเตอร์ i (กิโลกรัม)

$$\sum_{i=1}^{h}(0.06)x_{eij} - \sum_{k=1}^{n}x_{Pbjk} \le 0 \qquad \text{for } j = 1,2,\ldots,m \qquad (26)$$

ปริมาณการขนส่งตะกั่วจากร้านรับซื้อของเก่า j สู่ศูนย์รวบรวม k (กิโลกรัม) ต้องไม่เกินปริมาณที่ได้รับจากแหล่งขยะคอมพิวเตอร์ i (กิโลกรัม)

$$\sum_{i=1}^{h}(0.30)x_{eij} - \sum_{r=1}^{q}x_{wjr} \le 0 \qquad \text{for } j = 1,2,\ldots,m \qquad (27)$$

ปริมาณการขนส่งชิ้นส่วนอื่นๆจากร้านรับซื้อของเก่า j สู่เทศบาล r (กิโลกรัม) ต้องไม่เกินปริมาณที่ได้รับจากแหล่งขยะคอมพิวเตอร์ i (กิโลกรัม)

$$\sum_{j=1}^{m}x_{pjk} + \sum_{j=1}^{m}x_{fjk} + \sum_{j=1}^{m}x_{ujk} + \sum_{j=1}^{m}x_{Aljk} + \sum_{j=1}^{m}x_{Pbjk} \ge \Omega_{Ck}Y_k$$

$$\text{for } k = 1,2,\ldots, n \qquad (28)$$

ปริมาณการขนส่งชิ้นส่วนขยะคอมพิวเตอร์จากร้านรับซื้อของเก่า j สู่ศูนย์รวบรวม k (กิโลกรัม) ต้องไม่เกินความสามารถของศูนย์รวบรวม k (กิโลกรัม)

$$\sum_{j=1}^{m}x_{pjk} - \sum_{v=1}^{o}x_{pkv} \le 0 \qquad \text{for } k = 1,2,\ldots, n \qquad (29)$$

ปริมาณการขนส่งพลาสติกจากผู้รวบรวม k สู่โรงงานรีไซเคิล v (กิโลกรัม) ต้องไม่เกินปริมาณที่ได้รับจากร้านรับซื้อของเก่า j (กิโลกรัม)

$$\sum_{j=1}^{m}x_{fjk} - \sum_{v=1}^{o}x_{fkv} \le 0 \qquad \text{for } k = 1,2,\ldots, n \qquad (30)$$

ปริมาณการขนส่งเหล็กจากผู้รวบรวม k สู่โรงงานรีไซเคิล v (กิโลกรัม) ต้องไม่เกินปริมาณที่ได้รับจากร้านรับซื้อของเก่า j (กิโลกรัม)

$$\sum_{j=1}^{m}x_{ujk} - \sum_{v=1}^{o}x_{ukv} \le 0 \qquad \text{for } k = 1,2,\ldots, n \qquad (31)$$

ปริมาณการขนส่งทองแดงจากผู้รวบรวม k สู่โรงงานรีไซเคิล v (กิโลกรัม) ต้องไม่เกินปริมาณที่ได้รับจากร้านรับซื้อของเก่า j (กิโลกรัม)

$$\sum_{j=1}^{m} x_{Aljk} - \sum_{v=1}^{o} x_{Alkv} \geq 0 \qquad \text{for } k = 1,2,\ldots, n \qquad (32)$$

ปริมาณการขนส่งอลูมิเนียมจากผู้รวบรวม k สู่โรงงานรีไซเคิล v (กิโลกรัม) ต้องไม่เกินปริมาณที่ได้รับจากร้านรับซื้อของเก่า j (กิโลกรัม)

$$\sum_{j=1}^{m} x_{Pbjk} - \sum_{v=1}^{o} x_{Pbkv} \geq 0 \qquad \text{for } k = 1,2,\ldots, n \qquad (33)$$

ปริมาณการขนส่งตะกั่วจากผู้รวบรวม k สู่โรงงานรีไซเคิล v (กิโลกรัม) ต้องไม่เกินปริมาณที่ได้รับจากร้านรับซื้อของเก่า j (กิโลกรัม)

$$\sum_{j=1}^{m} x_{wjr} \leq K_r \qquad \text{for } r = 1,2,\ldots, q \qquad (34)$$

ปริมาณการขนส่งชิ้นส่วนอื่นๆ(ขยะ) จากร้านรับซื้อของเก่า j (กิโลกรัม) ต้องไม่เกินความสามารถของเทศบาล r (กิโลกรัม)

$$\sum_{k=1}^{n} x_{pkv} \leq D_{pv} \qquad \text{for } v = 1,2,\ldots, o \qquad (35)$$

ปริมาณการขนส่งพลาสติกจากศูนย์รวบรวม k สู่โรงงานรีไซเคิล v (กิโลกรัม) ต้องน้อยกว่าหรือเท่ากับปริมาณความต้องการพลาสติกของโรงงานรีไซเคิล v (กิโลกรัม)

$$\sum_{k=1}^{n} x_{fkv} \leq D_{fv} \qquad \text{for } v = 1,2,\ldots, o \qquad (36)$$

ปริมาณการขนส่งเหล็กจากศูนย์รวบรวม k สู่โรงงานรีไซเคิล v (กิโลกรัม) ต้องน้อยกว่าหรือเท่ากับปริมาณความต้องการเหล็กของโรงงานรีไซเคิล v (กิโลกรัม)

$$\sum_{k=1}^{n} x_{ukv} \leq D_{uv} \qquad \text{for } v = 1,2,\ldots, o \qquad (37)$$

ปริมาณการขนส่งทองแดงจากศูนย์รวบรวม k สู่โรงงานรีไซเคิล v (กิโลกรัม) ต้องน้อยกว่าหรือเท่ากับปริมาณความต้องการทองแดงของโรงงานรีไซเคิล v (กิโลกรัม)

$$\sum_{k=1}^{n} x_{Alkv} \leq D_{Alkv} \qquad \text{for } v = 1,2,\ldots, o \qquad (38)$$

ปริมาณการขนส่งอลูมิเนียมจากศูนย์รวบรวม k สู่โรงงานรีไซเคิล v (กิโลกรัม) ต้องน้อยกว่าปริมาณความต้องการจอคอมพิวเตอร์ของโรงงานรีไซเคิล v (กิโลกรัม)

$$\sum_{k=1}^{n} x_{Pbkv} \leq D_{Pbkv} \qquad \text{for } v = 1,2,\ldots, o \qquad (39)$$

ปริมาณการขนส่งตะกั่วจากศูนย์รวบรวม k สู่โรงงานรีไซเคิล v (กิโลกรัม) ต้องน้อยกว่าปริมาณความต้องการจอคอมพิวเตอร์ของโรงงานรีไซเคิล v (กิโลกรัม)

$$Y_k \subset ''0,1 \in \quad (40)$$

ตัวแปร Y_k ที่กำหนดขึ้นมีค่า
- 0 เมื่อ ไม่มีการเปิดศูนย์รวบรวม
- 1 เมื่อ มีการเปิดศูนย์รวบรวม

$$x_{eij}, x_{pjk}, x_{fjk}, x_{cjk}, x_{Aljk}, x_{Pbjk}, x_{wjr}, x_{pkv}, x_{fkv}, x_{ukv}, x_{Alkv}, x_{Pbkv} \varnothing 0 \quad (41)$$

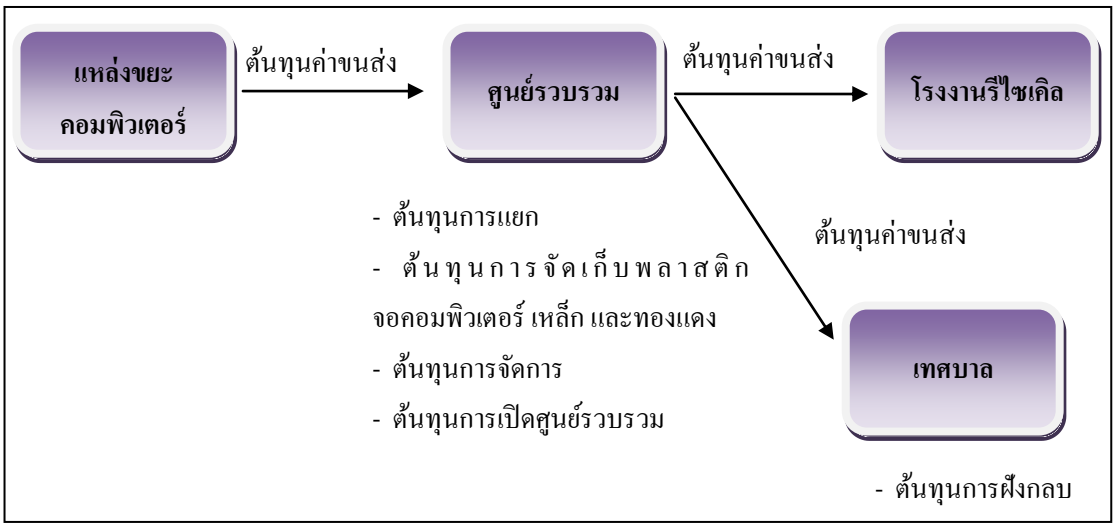
1.3.1. กรณีที่ 2 ระบบการจัดการของขยะคอมพิวเตอร์ โดยการเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่

ระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ แบบเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่ โดยศึกษาต้นทุนที่เกี่ยวข้องและทำการศึกษารูปแบบการรวบรวมขยะคอมพิวเตอร์จากรูปแบบการจัดการในปัจจุบันซึ่งประกอบด้วยแหล่งขยะคอมพิวเตอร์ ศูนย์รวบรวม เทศบาล และโรงงานรีไซเคิล เพื่อใช้ในการศึกษาตำแหน่งที่ตั้งที่เหมาะสมในการเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่สำหรับใช้ในการรวบรวมชิ้นส่วนของขยะคอมพิวเตอร์ซึ่งพิจารณาภายใต้เงื่อนไขการเกิดต้นทุนต่ำสุดของระบบ ทั้งนี้แนวคิดในการตัดร้านรับซื้อของเก่าออกจากโซ่อุปทานเป็นการรวมกิจกรรมของร้านรับซื้อของเก่าเข้ากับกิจกรรมของศูนย์รวบรวม ส่งผลให้ศูนย์รวบรวมมีขนาดใหญ่ขึ้น โดยแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ คือ แบบที่ 1 และ แบบที่ 2

1.3.1.1 กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่ แบบที่ 1

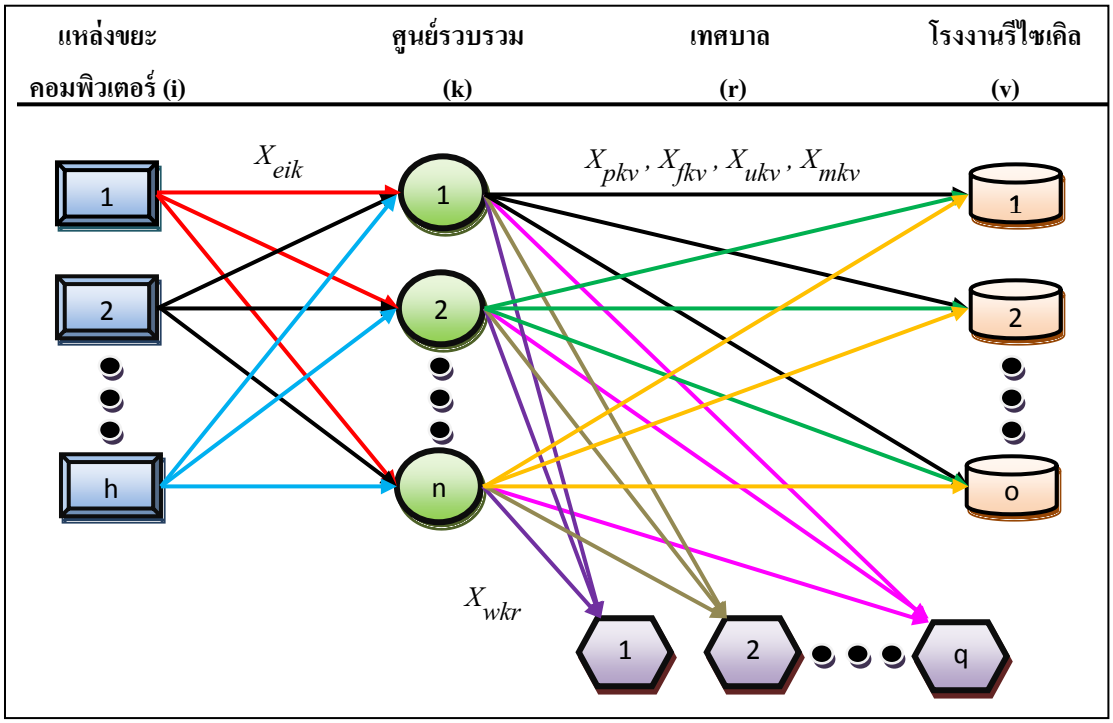
1) ฟังก์ชันเป้าหมายของตัวแบบคณิตศาสตร์ พัฒนาขึ้นเพื่อศึกษาต้นทุนรวมทั้งระบบที่น้อยที่สุดของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ในพื้นที่ 14 จังหวัดภาคใต้ ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังต่อไปนี้

ต้นทุนรวมทั้งระบบ = ต้นทุนคงที่ของการเปิดศูนย์รวบรวม + ต้นทุนการขนส่งขยะคอมพิวเตอร์จากผู้ใช้สู่ศูนย์รวบรวม + ต้นทุนการแยกขยะคอมพิวเตอร์ ณ ศูนย์รวบรวม+ ต้นทุนการจัดการพลาสติก เหล็ก ทองแดง และจอคอมพิวเตอร์ ณ ศูนย์รวบรวม+ ต้นทุนการจัดเก็บของพลาสติก เหล็ก ทองแดง และจอคอมพิวเตอร์ ณ ศูนย์รวบรวม + ต้นทุนการฝังกลบและต้นทุนการขนส่งของชิ้นส่วนอื่นๆ (ขยะ) จากศูนย์รวบรวมสู่เทศบาล + ต้นทุนการขนส่งจากศูนย์รวบรวมสู่โรงงานรีไซเคิล ดังแสดงในภาพประกอบที่ 3.7



ภาพประกอบ 1.7: โครงสร้างต้นทุนของกรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่ แบบที่ 1

ระบบโซ่อุปทานของการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ของกรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่จากตัวแบบคณิตศาสตร์กำหนดให้ i แทนตำแหน่งแหล่งขยะคอมพิวเตอร์ k แทนตำแหน่งศูนย์รวบรวม r แทนตำแหน่งเทศบาล และ v แทนโรงงานรีไซเคิล โดยตัวแบบที่สร้างขึ้นเริ่มพิจารณาตั้งแต่การขนส่งขยะคอมพิวเตอร์จากแหล่งขยะคอมพิวเตอร์ เข้าสู่ศูนย์รวบรวม เพื่อทำการแยกชิ้นส่วนและรีไซเคิลชิ้นส่วน ซึ่งสามารถแยกขยะคอมพิวเตอร์ออกมาเป็น พลาสติก เหล็ก ทองแดง จอคอมพิวเตอร์ และชิ้นส่วนอื่นๆ (ขยะ) จากนั้นส่งผลิตภัณฑ์เหล่านั้นเข้าสู่โรงงานรีไซเคิลเพื่อทำการรีไซเคิลต่อไป ส่วนชิ้นส่วนอื่น ๆ (ขยะ) จะถูกส่งไปยังเทศบาลเพื่อทำการฝังกลบดังแสดงในภาพประกอบ 3.8



ภาพประกอบ 1.8: โซ่อุปทานและตัวแปรตัดสินใจของตัวแบบคณิตศาสตร์
กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่ แบบที่ 1

สำหรับตัวแบบคณิตศาสตร์ของโซ่อุปทานของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่ มีรูปแบบสมการเป้าหมายของตัวแบบทางคณิตศาสตร์สามารถแสดงได้ดังสมการ (42)

สมการเป้าหมาย :

$$Min \left[\sum_{i=1}^{h}\sum_{k=1}^{n} c_{eik} x_{eik} + 2\sum_{k=1}^{n} F_k Y_k + 2\sum_{k=1}^{n}\sum_{v=1}^{o} c_{pkv} x_{pkv} + 2\sum_{k=1}^{n}\sum_{v=1}^{o} c_{fkv} x_{fkv} + 2\sum_{k=1}^{n}\sum_{v=1}^{o} c_{ukv} x_{ukv} + 2\sum_{k=1}^{n}\sum_{v=1}^{o} c_{mkv} x_{mkv} + 2\sum_{k=1}^{n}\sum_{r=1}^{q} c_{wkr} x_{wkr} \right] \quad (42)$$

1.3.1.2 ข้อจำกัดของปัญหาของตัวแบบคณิตศาสตร์ เป็นการกำหนดเงื่อนไขต่างๆ ให้กับตัวแบบคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น เพื่อให้สอดคล้องกับสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริงในโซ่อุปทานของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ โดยข้อจำกัดของปัญหาของตัวแบบคณิตศาสตร์ในโซ่อุปทาน สามารถแสดงได้ดังสมการ (43) – (56)

ข้อจำกัดของปัญหา:

$$\sum_{k=1}^{n} x_{eik} \leq S_i \qquad \text{for } i = 1,2,\ldots,h \qquad (43)$$

ปริมาณการขนส่งขยะคอมพิวเตอร์จากแหล่งขยะคอมพิวเตอร์ i สู่ศูนย์รวบรวม k (กิโลกรัม) ต้องเท่ากับความสามารถในการจัดส่งขยะคอมพิวเตอร์ของแหล่งขยะคอมพิวเตอร์ i (กิโลกรัม)

$$\sum_{i=1}^{h} (0.15) x_{eik} \geq \sum_{v=1}^{o} x_{pkv} \qquad \text{for } k = 1,2,\ldots,n \qquad (44)$$

ปริมาณการขนส่งพลาสติกจากศูนย์รวบรวม k สู่โรงงานรีไซเคิล v (กิโลกรัม) ต้องไม่เกินปริมาณที่ได้รับจากแหล่งขยะคอมพิวเตอร์ i (กิโลกรัม)

$$\sum_{i=1}^{h} (0.17) x_{eik} \geq \sum_{v=1}^{o} x_{fkv} \qquad \text{for } k = 1,2,\ldots,n \qquad (45)$$

ปริมาณการขนส่งเหล็กจากศูนย์รวบรวม k สู่โรงงานรีไซเคิล v (กิโลกรัม) ต้องไม่เกินปริมาณที่ได้รับจากแหล่งขยะคอมพิวเตอร์ i (กิโลกรัม)

$$\sum_{i=1}^{h} (0.06) x_{eik} \geq \sum_{v=1}^{o} x_{ukv} \qquad \textit{for } \mathrm{k} = 1,2,\ldots, \mathrm{n} \qquad (46)$$

ปริมาณการขนส่งทองแดงจากศูนย์รวบรวม k สู่โรงงานรีไซเคิล v (กิโลกรัม) ต้องไม่เกินปริมาณที่ได้รับจากแหล่งขยะคอมพิวเตอร์ i (กิโลกรัม)

$$\sum_{i=1}^{h} (0.33) x_{eik} \geq \sum_{v=1}^{o} x_{mkv} \qquad \text{for } k = 1,2,\ldots, n \qquad (47)$$

ปริมาณการขนส่งจอคอมพิวเตอร์จากศูนย์รวบรวม k สู่โรงงานรีไซเคิล v (กิโลกรัม) ต้องไม่เกินปริมาณที่ได้รับจากแหล่งขยะคอมพิวเตอร์ i (กิโลกรัม)

$$\sum_{i=1}^{h} (0.29) x_{eik} \geq \sum_{r=1}^{q} x_{wkr} \qquad \text{for } k = 1,2,\ldots, n \qquad (48)$$

ปริมาณการขนส่งชิ้นส่วนอื่นๆ(ขยะ)จากศูนย์รวบรวม k สู่เทศบาล r (กิโลกรัม) ต้องไม่เกินปริมาณที่ได้รับจากแหล่งขยะคอมพิวเตอร์ i (กิโลกรัม)

$$\sum_{v=1}^{o} x_{pkv} + \sum_{v=1}^{o} x_{fkv} + \sum_{v=1}^{o} x_{ukv} + \sum_{v=1}^{o} x_{mkv} \leq \Omega_{Ck} Y_k$$

for k= 1,2,…, n (49)

ปริมาณการขนส่งผลิตภัณฑ์ขยะคอมพิวเตอร์จากศูนย์รวบรวม k สู่โรงงานรีไซเคิล v (กิโลกรัม) ต้องไม่เกินความสามารถของศูนย์รวบรวม k (กิโลกรัม)

$$\sum_{k=1}^{n} x_{wkr} \leq \Omega_{Kr} \quad \text{for } r = 1,2,\ldots, q \qquad (50)$$

ปริมาณการขนส่งชิ้นส่วนอื่นๆ (ขยะ) จากร้านศูนย์รวบรวม k สู่เทศบาล r (กิโลกรัม) ต้องไม่เกินความสามารถของเทศบาล r (กิโลกรัม)

$$\sum_{k=1}^{n} x_{pkv} \geq \Omega_{Dpv} \quad \text{for } v = 1,2,\ldots, o \qquad (51)$$

ปริมาณการขนส่งพลาสติกจากศูนย์รวบรวม k สู่โรงงานรีไซเคิล v (กิโลกรัม) ต้องน้อยกว่าหรือเท่ากับปริมาณความต้องการพลาสติกของโรงงานรีไซเคิล v (กิโลกรัม)

$$\sum_{k=1}^{n} x_{fkv} \geq \Omega_{Dfv} \quad \text{for } v = 1,2,\ldots, o \qquad (52)$$

ปริมาณการขนส่งเหล็กจากศูนย์รวบรวม k สู่โรงงานรีไซเคิล v (กิโลกรัม) ต้องน้อยกว่าหรือเท่ากับปริมาณความต้องการเหล็กของโรงงานรีไซเคิล v (กิโลกรัม)

$$\sum_{k=1}^{n} x_{ukv} \geq \Omega_{Duv} \quad \text{for } v = 1,2,\ldots, o \qquad (53)$$

ปริมาณการขนส่งทองแดงจากศูนย์รวบรวม k สู่โรงงานรีไซเคิล v (กิโลกรัม) ต้องน้อยกว่าหรือเท่ากับปริมาณความต้องการทองแดงของโรงงานรีไซเคิล v (กิโลกรัม)

$$\sum_{k=1}^{n} x_{mkv} \geq \Omega_{Dmkv} \quad \text{for } v = 1,2,\ldots, o \qquad (54)$$

ปริมาณการขนส่งจอคอมพิวเตอร์จากศูนย์รวบรวม k สู่โรงงานรีไซเคิล v (กิโลกรัม) ต้องน้อยกว่าหรือเท่ากับปริมาณความต้องการอลูมิเนียมของโรงงานรีไซเคิล v (กิโลกรัม)

$$Y_k \subset \{0, 1\} \qquad (55)$$

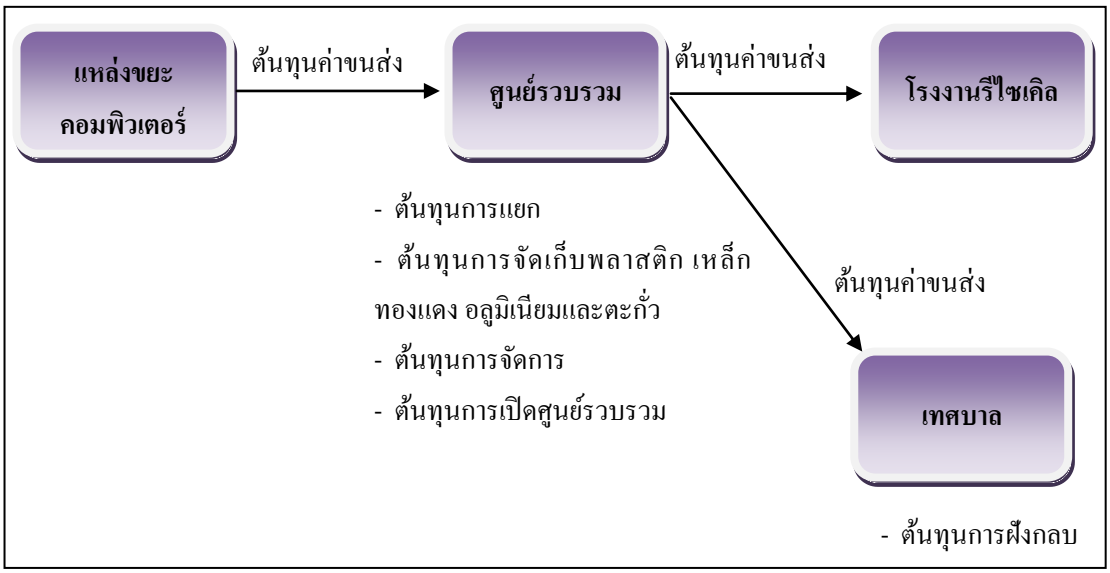
ตัวแปร Y_k ที่กำหนดขึ้นมีค่า
- 0 เมื่อ ไม่มีการเปิดศูนย์รวบรวม
- 1 เมื่อ มีการเปิดศูนย์รวบรวม

$$x_{eik}, x_{wkr}, x_{pkv}, x_{fkv}, x_{ukv}, x_{mkv} \geq 0 \qquad (56)$$

1.3.1.3 กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่ แบบที่ 2

1) ฟังก์ชันเป้าหมายของตัวแบบคณิตศาสตร์ พัฒนาขึ้นเพื่อศึกษาต้นทุนรวมทั้งระบบที่น้อยที่สุดของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ในพื้นที่ 14 จังหวัดภาคใต้ ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังต่อไปนี้

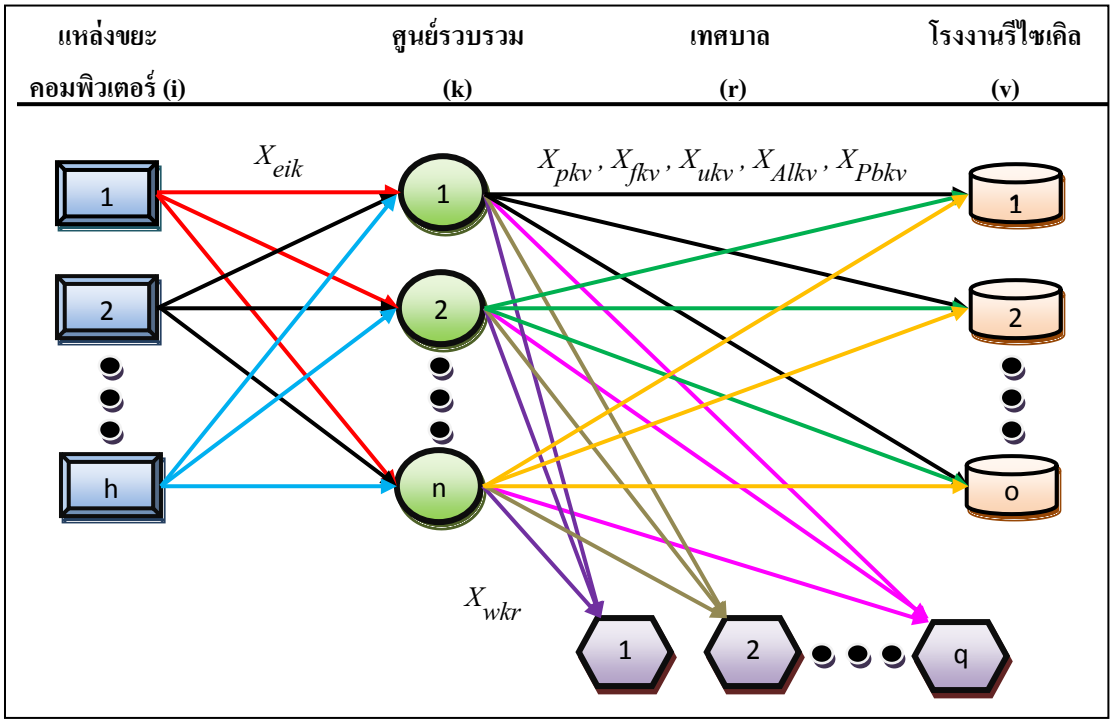
ต้นทุนรวมทั้งระบบ = ต้นทุนคงที่ของการเปิดศูนย์รวบรวม + ต้นทุนการขนส่งขยะคอมพิวเตอร์จากผู้ใช้สู่ศูนย์รวบรวม + ต้นทุนการแยกขยะคอมพิวเตอร์ ณ ศูนย์รวบรวม+ ต้นทุนการจัดการพลาสติก เหล็ก ทองแดง อลูมิเนียม และตะกั่ว ณ ศูนย์รวบรวม+ ต้นทุนการจัดเก็บของพลาสติก เหล็ก ทองแดง อลูมิเนียม และตะกั่ว ณ.ศูนย์รวบรวม + ต้นทุนการฝังกลบและต้นทุนการขนส่งของชิ้นส่วนอื่นๆ (ขยะ) จากศูนย์รวบรวมสู่เทศบาล + ต้นทุนการขนส่งจากศูนย์รวบรวมสู่โรงงานรีไซเคิล ดังแสดงในภาพประกอบที่ 3.9



ภาพประกอบ 1.9: โครงสร้างต้นทุนของกรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่ แบบที่ 2

ระบบโซ่อุปทานของการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ของกรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่จากตัวแบบคณิตศาสตร์กำหนดให้ i แทนตำแหน่งแหล่งขยะคอมพิวเตอร์ k แทนตำแหน่งศูนย์รวบรวม r แทนตำแหน่งเทศบาล และ v แทนโรงงานรีไซเคิล โดยตัวแบบที่สร้างขึ้นเริ่มพิจารณาตั้งแต่การขนส่งขยะคอมพิวเตอร์จากแหล่งขยะคอมพิวเตอร์ เข้าสู่ศูนย์รวบรวม เพื่อทำการแยกชิ้นส่วนและรีไซเคิลชิ้นส่วน ซึ่งสามารถแยกขยะคอมพิวเตอร์ออกมาเป็น พลาสติก เหล็ก ทองแดง อลูมิเนียม ตะกั่ว และชิ้นส่วนอื่นๆ (ขยะ) จากนั้นส่งผลิตภัณฑ์เหล่านั้นเข้าสู่โรงงานรี

ไซเคิลเพื่อทำการรีไซเคิลต่อไป ส่วนชิ้นส่วนอื่น ๆ (ขยะ) จะถูกส่งไปยังเทศบาลเพื่อทำการฝังกลบ ดังแสดงในภาพประกอบ 3.10



ภาพประกอบ 1.10: โซ่อุปทานและตัวแปรตัดสินใจของตัวแบบคณิตศาสตร์ กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่ แบบที่ 2

สำหรับตัวแบบคณิตศาสตร์ของโซ่อุปทานของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่ มีรูปแบบสมการเป้าหมายของตัวแบบทางคณิตศาสตร์สามารถแสดงได้ดังสมการ (57)

สมการเป้าหมาย :

$$Min \left(\sum_{i=1}^{h} \sum_{k=1}^{n} c_{eik} x_{eik} + 2 \sum_{k=1}^{n} F_k Y_k + 2 \sum_{k=1}^{n} \sum_{v=1}^{o} c_{pkv} x_{pkv} + 2 \sum_{k=1}^{n} \sum_{v=1}^{o} c_{fkv} x_{fkv} + 2 \sum_{k=1}^{n} \sum_{v=1}^{o} c_{ukv} x_{ukv} + 2 \sum_{k=1}^{n} \sum_{v=1}^{o} c_{Alkv} x_{Alkv} + 2 \sum_{k=1}^{n} \sum_{v=1}^{o} c_{Pbkv} x_{Pbkv} + 2 \sum_{k=1}^{n} \sum_{r=1}^{q} c_{wkr} x_{wkr} \right) \quad (57)$$

2) ข้อจำกัดของปัญหาของตัวแบบคณิตศาสตร์ เป็นการกำหนดเงื่อนไขต่างๆ ให้กับตัวแบบคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น เพื่อให้สอดคล้องกับสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริงในโซ่อุปทานของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ โดยข้อจำกัดของปัญหาของตัวแบบคณิตศาสตร์ในโซ่อุปทาน สามารถแสดงได้ดังสมการ (58) – (73)

ข้อจำกัดของปัญหา:

$$\sum_{k=1}^{n} x_{eik} \le S_i \qquad \text{for } i = 1,2,\ldots,h \qquad (58)$$

ปริมาณการขนส่งขยะคอมพิวเตอร์จากแหล่งขยะคอมพิวเตอร์ i สู่ศูนย์รวบรวม k (กิโลกรัม) ต้องไม่เกินความสามารถในการจัดส่งขยะคอมพิวเตอร์ของแหล่งขยะคอมพิวเตอร์ i (กิโลกรัม)

$$\sum_{i=1}^{h} (0.23) x_{eik} \ge \sum_{v=1}^{o} x_{pkv} \qquad \text{for } k = 1,2,\ldots,n \qquad (59)$$

ปริมาณการขนส่งพลาสติกจากศูนย์รวบรวม k สู่โรงงานรีไซเคิล v (กิโลกรัม) ต้องไม่เกินปริมาณที่ได้รับจากแหล่งขยะคอมพิวเตอร์ i (กิโลกรัม)

$$\sum_{i=1}^{h} (0.20) x_{eik} \ge \sum_{v=1}^{o} x_{fkv} \qquad \text{for } k = 1,2,\ldots,n \qquad (60)$$

ปริมาณการขนส่งเหล็กจากศูนย์รวบรวม k สู่โรงงานรีไซเคิล v (กิโลกรัม) ต้องไม่เกินปริมาณที่ได้รับจากแหล่งขยะคอมพิวเตอร์ i (กิโลกรัม)

$$\sum_{i=1}^{h} (0.07) x_{eik} \ge \sum_{v=1}^{o} x_{ukv} \qquad \text{for } k = 1,2,\ldots, n \qquad (61)$$

ปริมาณการขนส่งทองแดงจากศูนย์รวบรวม k สู่โรงงานรีไซเคิล v (กิโลกรัม) ต้องไม่เกินปริมาณที่ได้รับจากแหล่งขยะคอมพิวเตอร์ i (กิโลกรัม)

$$\sum_{i=1}^{h} (0.14) x_{eik} \ge \sum_{v=1}^{o} x_{Alkv} \qquad \text{for } k = 1,2,\ldots, n \qquad (62)$$

ปริมาณการขนส่งอลูมิเนียมจากศูนย์รวบรวม k สู่โรงงานรีไซเคิล v (กิโลกรัม) ต้องไม่เกินปริมาณที่ได้รับจากแหล่งขยะคอมพิวเตอร์ i (กิโลกรัม)

$$\sum_{i=1}^{h} (0.06) x_{eik} \ge \sum_{v=1}^{o} x_{Pbkv} \qquad \textit{for } \mathrm{k} = 1,2,\ldots, \mathrm{n} \qquad (63)$$

ปริมาณการขนส่งตะกั่วจากศูนย์รวบรวม k สู่โรงงานรีไซเคิล v (กิโลกรัม) ต้องไม่เกินปริมาณที่ได้รับจากแหล่งขยะคอมพิวเตอร์ i (กิโลกรัม)

$$\sum_{i=1}^{h}(0.30)x_{eik} \geq \sum_{r=1}^{q}x_{wkr} \quad \text{for } k = 1,2,\ldots, n \qquad (64)$$

ปริมาณการขนส่งชิ้นส่วนอื่นๆ(ขยะ)จากศูนย์รวบรวม k สู่เทศบาล r (กิโลกรัม) ต้องไม่เกินปริมาณที่ได้รับจากแหล่งขยะคอมพิวเตอร์ i (กิโลกรัม)

$$\sum_{v=1}^{o}x_{pkv} + \sum_{v=1}^{o}x_{fkv} + \sum_{v=1}^{o}x_{ukv} + \sum_{v=1}^{o}x_{Alkv} + \sum_{v=1}^{o}x_{Pbkv} \leq \Omega_{Ck}Y_k$$

$$\text{for } k = 1,2,\ldots, n \qquad (65)$$

ปริมาณการขนส่งผลิตภัณฑ์ขยะคอมพิวเตอร์จากศูนย์รวบรวม k สู่โรงงานรีไซเคิล v (กิโลกรัม) ต้องไม่เกินความสามารถของศูนย์รวบรวม k (กิโลกรัม)

$$\sum_{k=1}^{n}x_{wkr} \leq \Omega_{Kr} \quad \text{for } r = 1,2,\ldots, q \qquad (66)$$

ปริมาณการขนส่งชิ้นส่วนอื่นๆ (ขยะ) จากร้านศูนย์รวบรวม k สู่เทศบาล r (กิโลกรัม) ต้องไม่เกินความสามารถของเทศบาล r (กิโลกรัม)

$$\sum_{k=1}^{n}x_{pkv} \leq \Omega_{Dpv} \quad \text{for } v = 1,2,\ldots, o \qquad (67)$$

ปริมาณการขนส่งพลาสติกจากศูนย์รวบรวม k สู่โรงงานรีไซเคิล v (กิโลกรัม) ต้องน้อยกว่าหรือเท่ากับปริมาณความต้องการพลาสติกของโรงงานรีไซเคิล v (กิโลกรัม)

$$\sum_{k=1}^{n}x_{fkv} \leq \Omega_{Dfv} \quad \text{for } v = 1,2,\ldots, o \qquad (68)$$

ปริมาณการขนส่งเหล็กจากศูนย์รวบรวม k สู่โรงงานรีไซเคิล v (กิโลกรัม) ต้องน้อยกว่าหรือเท่ากับปริมาณความต้องการเหล็กของโรงงานรีไซเคิล v (กิโลกรัม)

$$\sum_{k=1}^{n}x_{ukv} \leq \Omega_{Duv} \quad \text{for } v = 1,2,\ldots, o \qquad (69)$$

ปริมาณการขนส่งทองแดงจากศูนย์รวบรวม k สู่โรงงานรีไซเคิล v (กิโลกรัม) ต้องน้อยกว่าหรือเท่ากับปริมาณความต้องการทองแดงของโรงงานรีไซเคิล v (กิโลกรัม)

$$\sum_{k=1}^{n}x_{Alkv} \leq \Omega_{DAlkv} \quad \text{for } v = 1,2,\ldots, o \qquad (70)$$

ปริมาณการขนส่งอลูมิเนียมจากศูนย์รวบรวม k สู่โรงงานรีไซเคิล v (กิโลกรัม) ต้องน้อยกว่าหรือเท่ากับปริมาณความต้องการอลูมิเนียมของโรงงานรีไซเคิล v (กิโลกรัม)

$$\sum_{k=1}^{n}x_{Pbkv} \leq \Omega_{DPbv} \quad \text{for } v = 1,2,\ldots, o \qquad (71)$$

ปริมาณการขนส่งตะกั่วจากศูนย์รวบรวม k สู่โรงงานรีไซเคิล v (กิโลกรัม) ต้องน้อยกว่าหรือเท่ากับปริมาณความต้องการตะกั่วของโรงงานรีไซเคิล v (กิโลกรัม)

$$Y_k \subset ''0,1 \in \quad (72)$$

ตัวแปร Y_k ที่กำหนดขึ้นมีค่า
- 0 เมื่อ ไม่มีการเปิดศูนย์รวบรวม
- 1 เมื่อ มีการเปิดศูนย์รวบรวม

$$x_{eik}, x_{wkr}, x_{pkv}, x_{fkv}, x_{ukv}, x_{Alkv}, x_{Pbkv} \varnothing 0 \quad (73)$$

1.4 การวิเคราะห์ความไว (Sensitivity Analysis)

การวิเคราะห์ความไว เป็นการพิจารณาถึงการเปลี่ยนแปลงของผลการวิจัยจากตัวแบบคณิตศาสตร์ที่อาจจะเกิดขึ้นได้เมื่อเวลาหรือข้อมูลนำเข้ามีการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม เนื่องจากตัวแบบคณิตศาสตร์มีการพิจารณาภายใต้ข้อจำกัดต่างๆ การเปลี่ยนแปลงข้อจำกัด หรือเปลี่ยนแปลงสัมประสิทธิ์ของตัวแปร ส่งผลให้คำตอบของปัญหามีการเปลี่ยนแปลง ดังนั้นในงานวิจัยใช้การวิเคราะห์ความไวเพื่อศึกษาต้นทุนรวมของระบบที่เกิดขึ้นภายใต้สถานการณ์ที่เปลี่ยนแปลงไป โดยการวิเคราะห์ความไวด้านปริมาณขยะคอมพิวเตอร์ ซึ่งปริมาณขยะคอมพิวเตอร์มีความไม่แน่นอนและมีการเปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลา เมื่อการกำหนดเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของปริมาณขยะคอมพิวเตอร์สามารถช่วยในการวิเคราะห์ถึงความสัมพันธ์กับปริมาณวัตถุดิบที่มีอยู่ในปัจจุบันรวมทั้งตำแหน่งที่ตั้งและต้นทุนการจัดการที่เหมาะสมของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์

1.5 สร้างตัวแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ (Computer Simulation Model)

การจำลองปัญหา (Simulation) เป็นกระบวนการออกแบบจำลอง (Model) ของระบบจริง (Real System) แล้วดำเนินการทดลองเพื่อให้เรียนรู้พฤติกรรมของระบบงานจริง ภายใต้ข้อกำหนดต่างๆ ที่วางไว้ เพื่อประเมินผลการทำงานของระบบ การสร้างแบบจำลองสถานการณ์จึงเป็นวิธีการหนึ่งซึ่งถูกนำมาใช้แก้ปัญหากระบวนการต่างๆ ปัจจุบันการออกแบบและพัฒนาระบบงานส่วนใหญ่ อาศัยแบบจำลองเป็นเครื่องมือสำคัญช่วยในการพิจารณา และวิเคราะห์งานก่อนที่จะนำไปใช้กับระบบงานจริง และเพื่อหาแนวทางในการพิจารณาดำเนินงานของระบบให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ซึ่งในปัจจุบันมีการพัฒนาซอฟต์แวร์ทางคอมพิวเตอร์ เพื่อช่วยในการจำลองระบบงานมากขึ้น โดยการจำลองแบบปัญหาด้วยคอมพิวเตอร์เป็นการศึกษาปัญหาของระบบงานด้วยแบบจำลอง ซึ่งอยู่ในรูปแบบของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ หลักการที่ใช้ในการจำลอง

แบบด้วยคอมพิวเตอร์คือ การสร้างแนวทางในการตัดสินใจให้ระบบ เพื่อเป็นแนวทางในการแก้ปัญหาให้ระบบ หรือปรับปรุงระบบงานเดิมที่มีอยู่ให้ดียิ่งขึ้นโดยปราศจากการรบกวนงานในระบบจริง

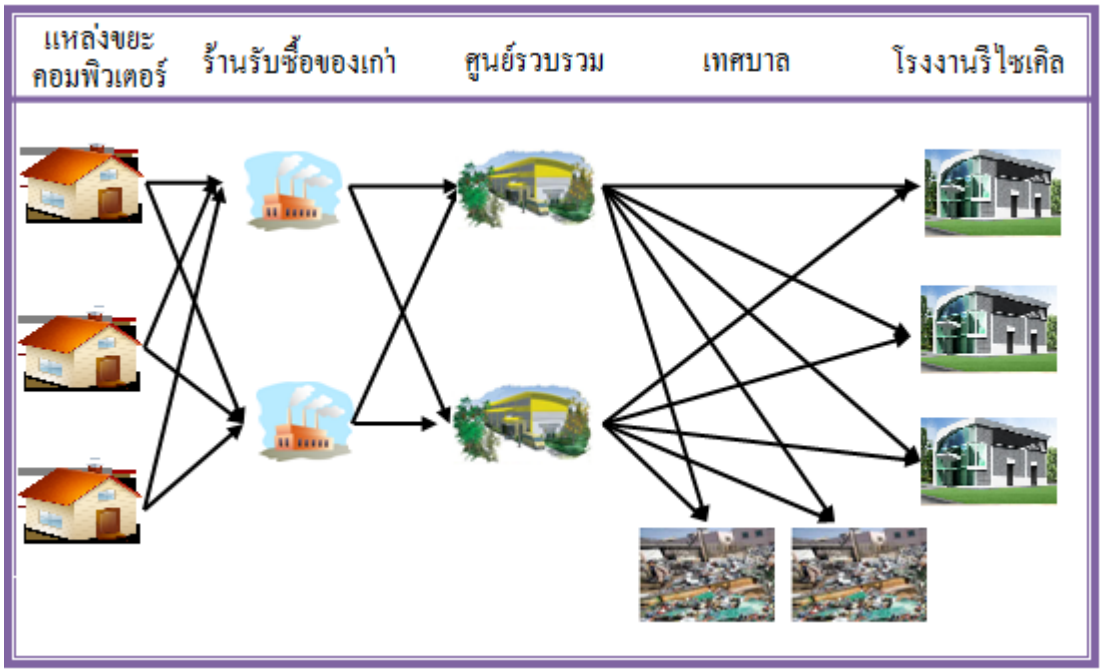
ในการสร้างแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ในพื้นที่ 14 จังหวัดภาคใต้ ประกอบด้วยขั้นตอนดังต่อไปนี้

1.5.1 การตั้งปัญหาและให้คำจำกัดความของระบบงาน

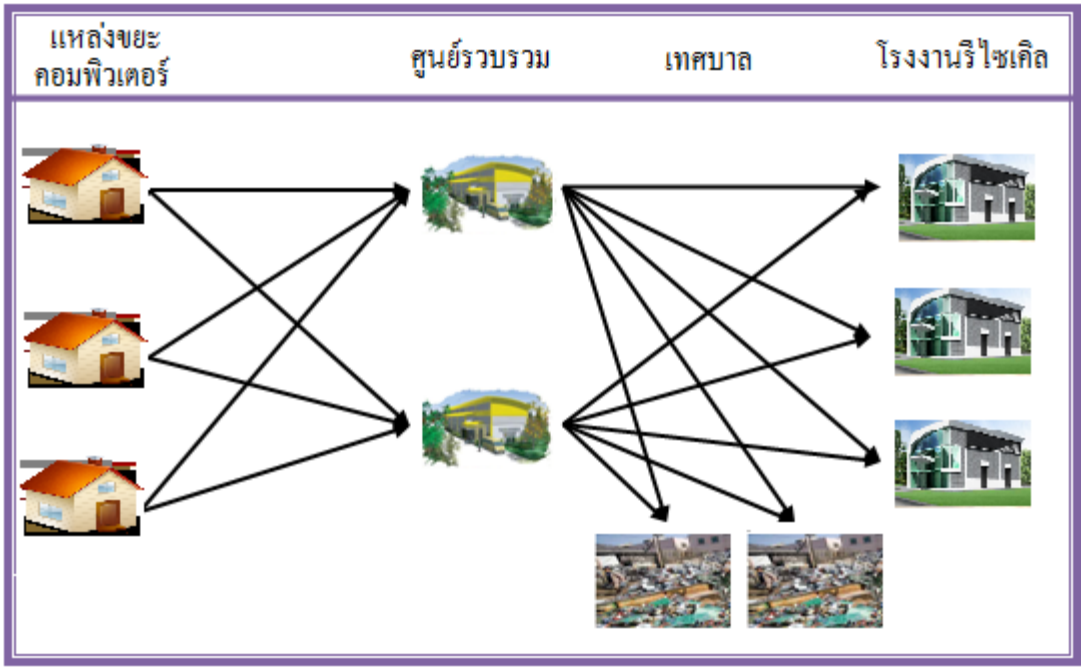
การสร้างตัวแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ของระบบโซ่อุปทานของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ในเขตพื้นที่ 14 จังหวัดภาคใต้ เป็นการศึกษาถึงต้นทุนที่เกิดขึ้นในแต่ละฝ่ายที่เกี่ยวข้องและพิจารณาต้นทุนรวมทั้งระบบในโซ่อุปทานโดยพิจารณาภายใต้ความไม่แน่นอนของปริมาณขยะคอมพิวเตอร์ ซึ่งปริมาณการเคลื่อนย้ายที่เหมาะสมของขยะคอมพิวเตอร์และทำเลที่ตั้งของศูนย์รวบรวมมีผลทำให้ต้นทุนรวมทั้งระบบที่เกิดขึ้นในโซ่อุปทานมีค่าน้อยที่สุด โดยการศึกษาจะเริ่มตั้งแต่ในส่วนของแหล่งขยะคอมพิวเตอร์ ไปจนถึงขั้นตอนสุดท้ายในระบบโซ่อุปทานของการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ คือ โรงงานรีไซเคิล โดยจะแบ่งการศึกษาเป็นระดับกลุ่มอำเภอในเขตพื้นที่14 จังหวัดภาคใต้

1.5.2 การพัฒนาตัวแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์

การสร้างตัวแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ในพื้นที่ 14 จังหวัดภาคใต้ โดยใช้ ProModel® Version 7.0 แบ่งออกเป็น 2 ตัวแบบ คือ ตัวแบบจำลองของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็กและกรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่ ซึ่งในการพัฒนาตัวแบบมีการกำหนดสัญลักษณ์เพื่อเป็นตัวแทนของแต่ละฝ่ายที่เกี่ยวข้องในโซ่อุปทาน โดยสัญลักษณ์ของตัวแบบกรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็ก ดังแสดงในภาพประกอบ 3.11 และ สัญลักษณ์ของตัวแบบกรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่ ดังแสดงในภาพประกอบ 3.12



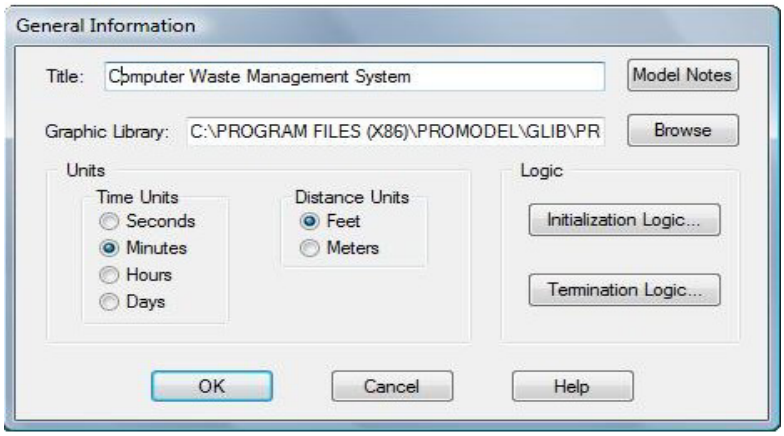
ภาพประกอบ 1.11: ภาพสัญลักษณ์ กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็ก



ภาพประกอบ 1.12: ภาพสัญลักษณ์ กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่

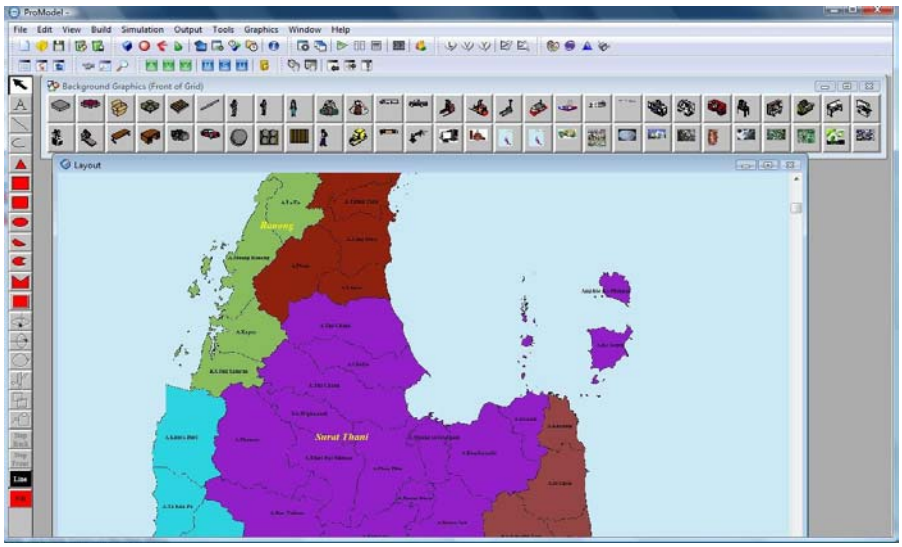
ในการพัฒนาตัวแบบจำลองทางโดยใช้โปรแกรม ProModel® Version 7.0 มีขั้นตอนการปฏิบัติงานที่สำคัญด้วยกัน 6 ขั้นตอน ดังนี้

1.5.2.1 ข้อมูลทั่วไป (General Information) เป็นตัวกำหนดคุณลักษณะพื้นฐานต่างๆ ในการทำงานของตัวโปรแกรม เช่น กำหนดหน่วยมาตรฐานการวัด กำหนดค่ามาตรฐานในหน่วยระยะทาง เวลา และ Graphic Library และสามารถกำหนด จุดเริ่มต้น (Initialization Logic) และจุดสิ้นสุด (Termination Logic) ของการทำงานต่าง ๆ ของโปรแกรม ดังภาพประกอบ 3.13



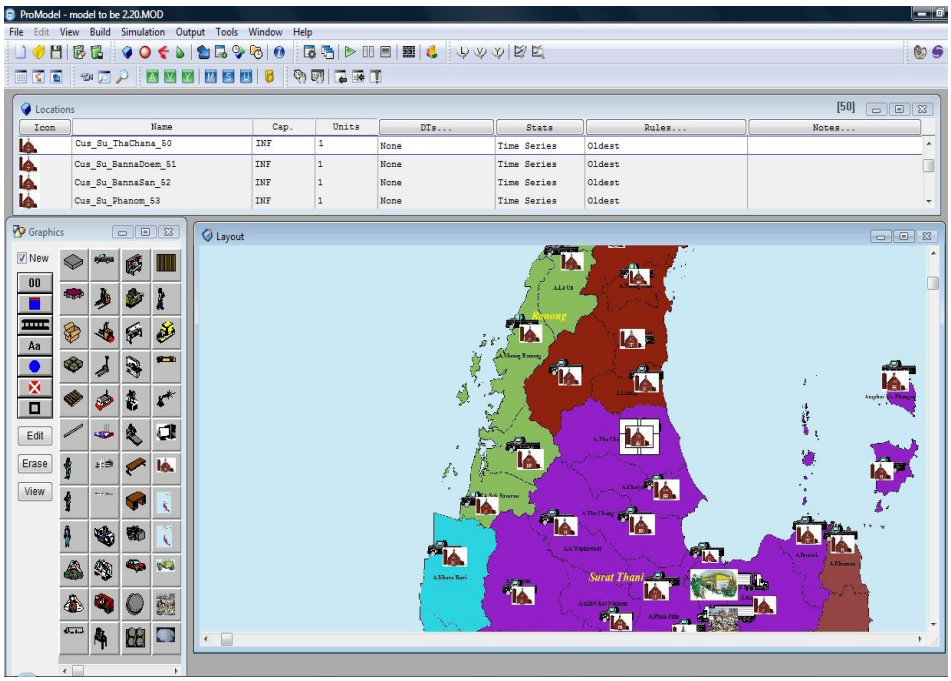
ภาพประกอบ 1.13: การเรียกใช้คำสั่งข้อมูลทั่วไปของโปรแกรม ProModel® Version 7.0

1.5.2.2 ภาพพื้นหลัง (Background Graphic) โปรแกรม ProModel® Version 7.0 สามารถที่จะอำนวยความสะดวกในการสร้างรูปภาพต่าง ๆ ในแบบจำลองเพื่อให้เกิดความสวยงามและความเข้าใจในการนำเสนอ โดยนำพื้นจากรูปภาพในรูปแบบต่างๆ เข้ามาใช้ในตัวโปรแกรม ดังภาพประกอบ 3.14



ภาพประกอบ 1.14 :ภาพพื้นหลังที่ใช้ในการพัฒนาตัวแบบของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์

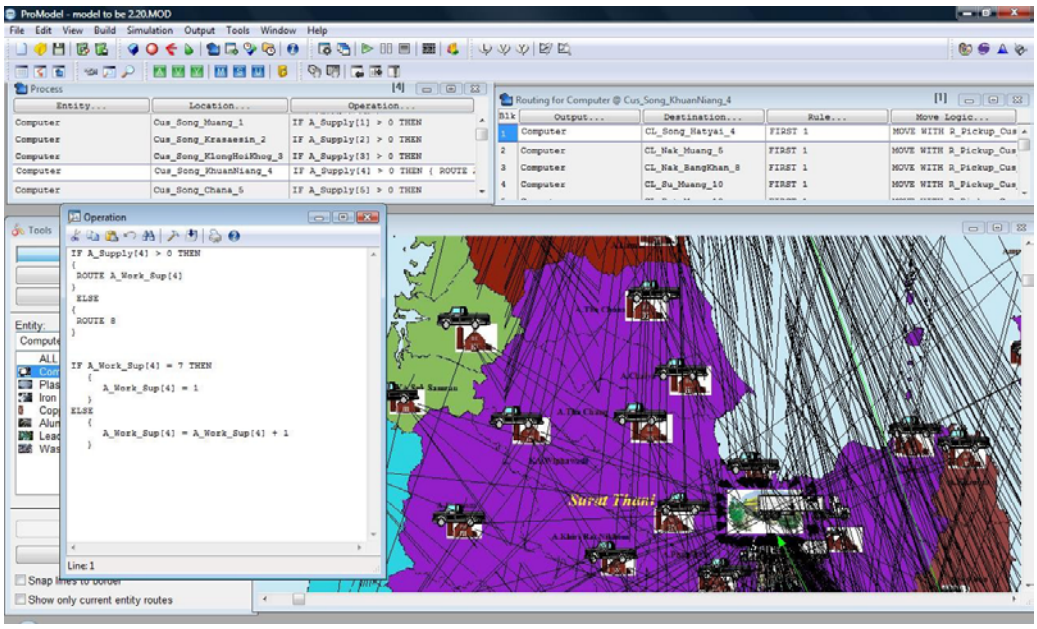
1.5.2.3 ตำแหน่ง/ที่ตั้ง (Locations) ในการตรึงจุดต่างๆที่เกี่ยวข้องในระบบตั้งแต่ต้นทางจนถึงปลายทางที่สนใจ (Entities) และเส้นทางการเคลื่อนที่ (Routing) โดยในระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์จะประกอบด้วย ตำแหน่งของแหล่งขยะคอมพิวเตอร์ ตำแหน่งของศูนย์รวบรวม ตำแหน่งของเทศบาล และตำแหน่งของโรงงานรีไซเคิล ดังภาพประกอบ 3.15



ภาพประกอบ 1.15: การกำหนดตำแหน่งการทำงานในโปรแกรม ProModel® Version 7.0

1.5.2.4 สิ่งที่สนใจ (Entities) เป็นสิ่งที่ถูกสร้างขึ้นมาภายในระบบเพื่อให้เป็นตัวแทนของการทำงาน โดยกำหนดให้มีการเคลื่อนที่อยู่ตลอดเวลาจะสิ้นสุดลงเมื่อมีการออกจากระบบ โดยในการพัฒนาตัวแบบได้กำหนดให้ขยะคอมพิวเตอร์เป็นสิ่งที่เราสนใจ

1.5.2.5 กระบวนการทำงาน (Processing) ในส่วนกระบวนการทำงานนั้นจะเป็นตัวกำหนดเส้นทางต่าง ๆ ในการเคลื่อนที่ของสิ่งที่สนใจ และควบคุมการทำงานในแต่ละสถานี ซึ่งสิ่งที่เราสนใจที่มีการเข้ามาในระบบเป็นการกำหนดการเข้ามา และตัวกระบวนการทำงานจะเป็นตัวกำหนดลักษณะการทำงานที่เกิดขึ้นทั้งหมดจนกระทั่งออกจากระบบ ซึ่ง การใส่คำสั่งในช่องกระบวนการ (Process) เป็นการกำหนดที่ตั้งเริ่มต้นและการทำงานของสิ่งที่สนใจในแต่ละตำแหน่ง จากนั้นสามารถระบุเส้นทางของสิ่งที่สนใจที่สามารถเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งต่างๆต่อไปเมื่อเสร็จสิ้นเงื่อนไขโดยใส่คำสั่งในช่องเส้นทาง (Routing) ดังแสดงภาพประกอบ 3.16



ภาพประกอบ 1.16: การกำหนดกระบวนการใน โปรแกรม ProModel® Version 7.0

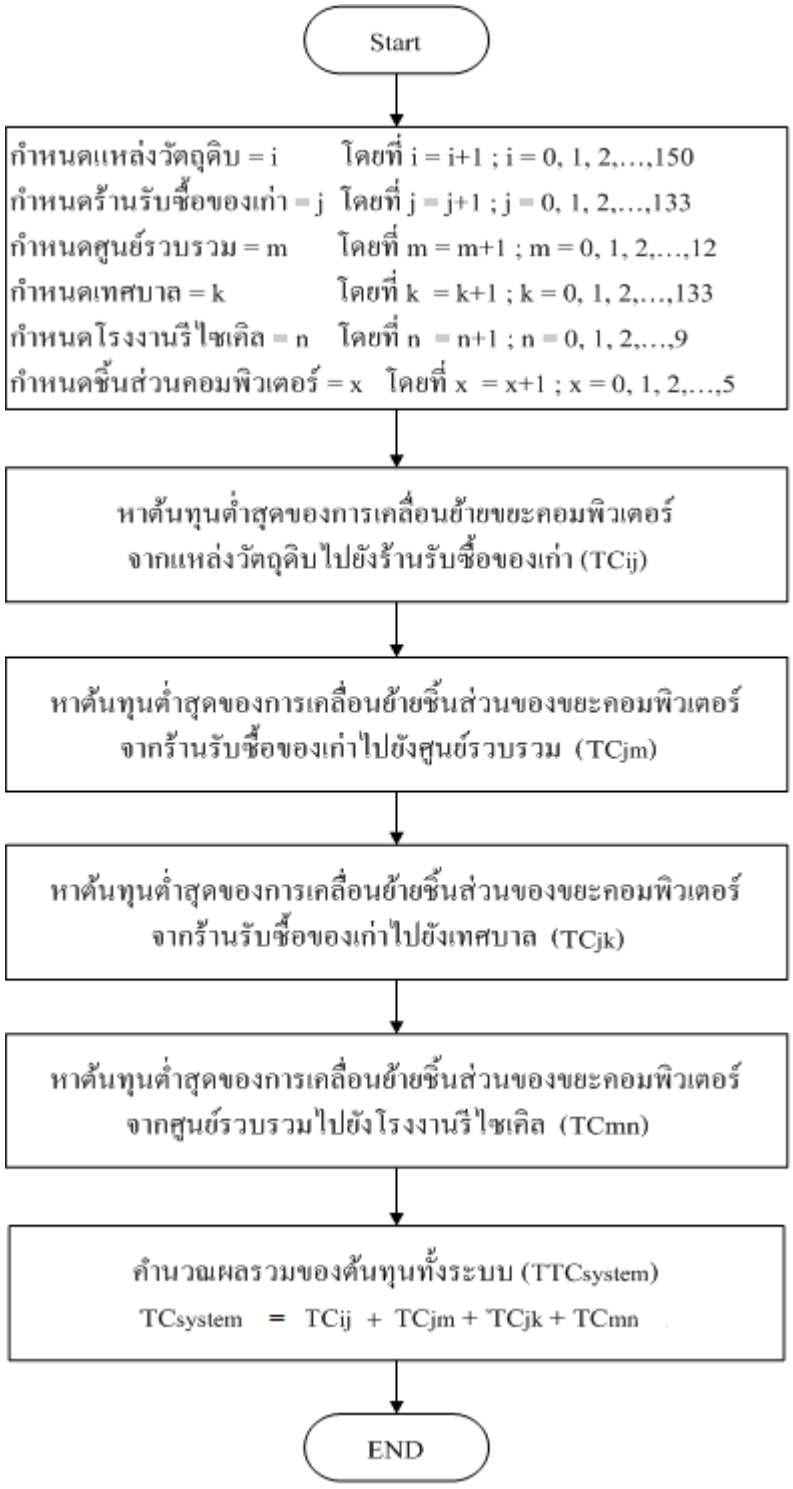
1.5.2.6 ทรัพยากร(Resource) และ เครือข่ายเส้นทาง (Path Network) ทรัพยากรคือสิ่งที่ถูกกำหนดขึ้นให้เป็นหน่วยของการรับการบริการ อาจจะเป็น คน อุปกรณ์ หรือ ยานพาหนะ เป็นต้น ในการพัฒนาตัวแบบได้กำหนดให้รถกระบะเป็นทรัพยากรระหว่างแหล่งขยะคอมพิวเตอร์ไปศูนย์รวบรวม และ กำหนดให้รถบรรทุก 10 ล้อเป็นทรัพยากรระหว่างศูนย์รวบรวมไปโรงงานรีไซเคิล และทรัพยากรระหว่างศูนย์รวบรวมไปเทศบาล โดยทรัพยากรจะถูกนำมาใช้ในการขนส่ง

ขยะคอมพิวเตอร์และชิ้นส่วนอื่นๆบนเครือข่ายเส้นทางที่ถูกกำหนดไว้ระหว่างตำแหน่งต่างๆในระบบ จากนั้นทรัพยากรจะถูกปล่อยเมื่อเสร็จสิ้นการทำงานแล้ว

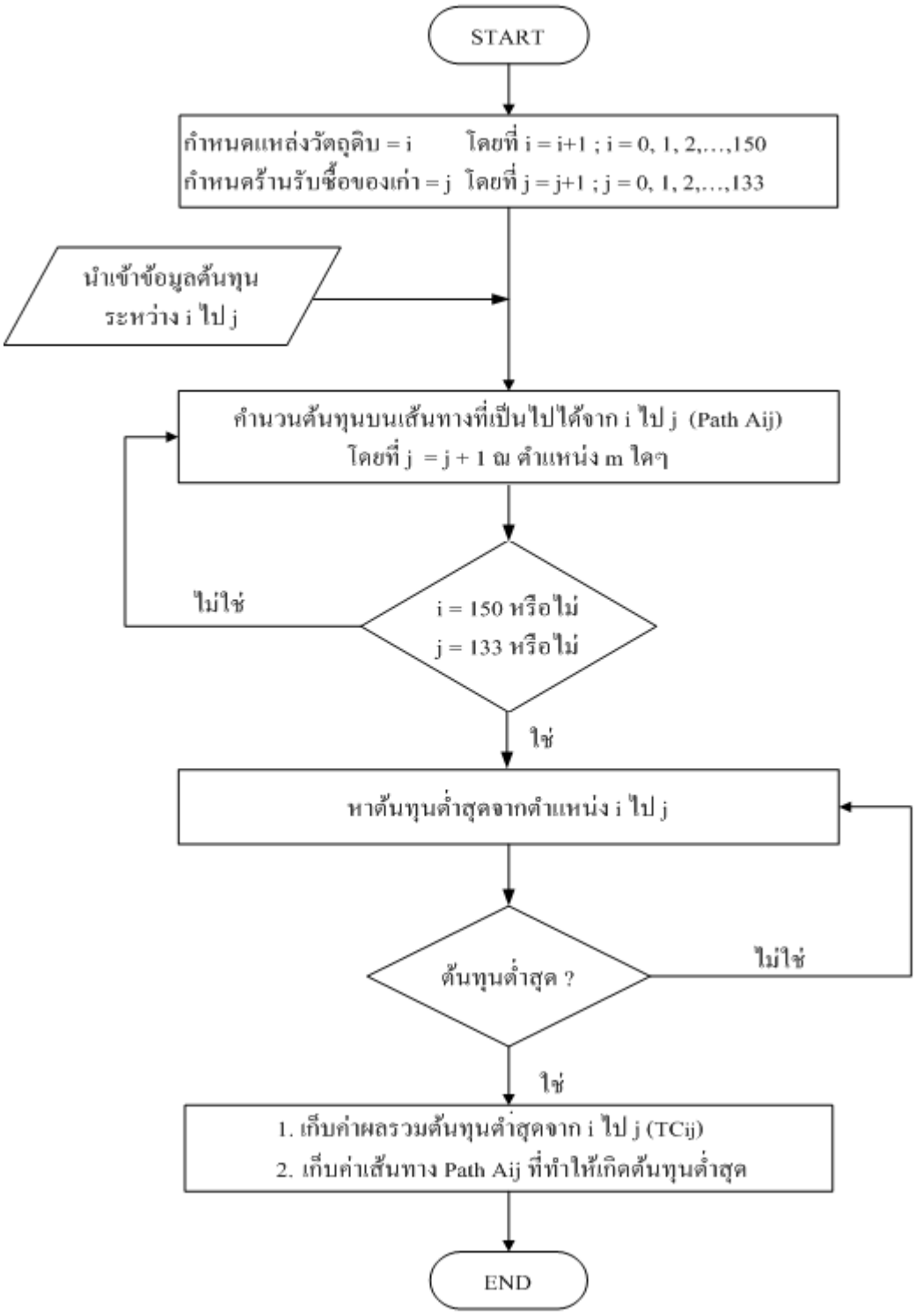
1.5.3 ขั้นตอนการทำงานของตัวแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์

การสร้างตัวแบบจำลองของระบบ ข้อมูลต่างๆที่ใช้เป็นข้อมูลนำเข้าสำหรับการสร้างตัวแบบจำลองมีการกำหนดลงในโปรแกรม Microsoft Excel 2003 จากนั้นจึงใช้หลักการทำงานของโปรแกรม Promodel® ในการดึงข้อมูลจาก โปรแกรม Microsoft Excel 2003 มาประมวลผลเพื่อหาคำตอบที่ต้องการเพื่อเป็นการอำนวยความสะดวกแก่ผู้ใช้งานเนื่องจากสามารถแก้ไขหรือปรับปรุงข้อมูลบนโปรแกรม Microsoft Excel 2003 ได้ง่ายกว่าการแก้ไขจากโปรแกรม ProModel® Version 7.0 สำหรับกระบวนการทำงานของโปรแกรม สามารถแบ่งได้เป็น 2 ส่วน คือ กระบวนการทำงานของตัวแบบจำลองกรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็กและกระบวนการทำงานของตัวแบบจำลองกรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่ ดังนี้

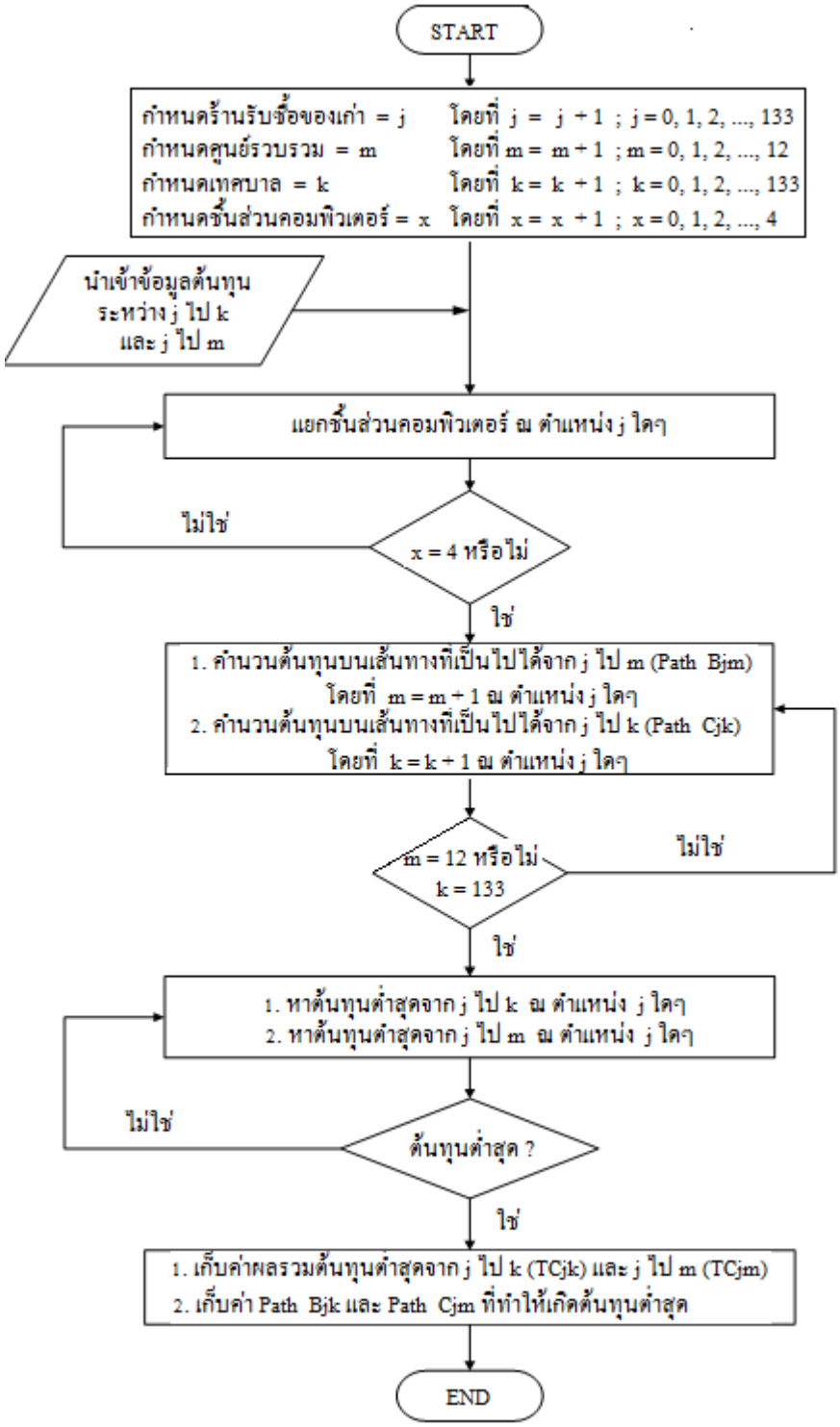
1.5.3.1 กระบวนการทำงานของตัวแบบจำลองกรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็ก อธิบายได้แสดงในภาพประกอบ 3.17 – 3.20



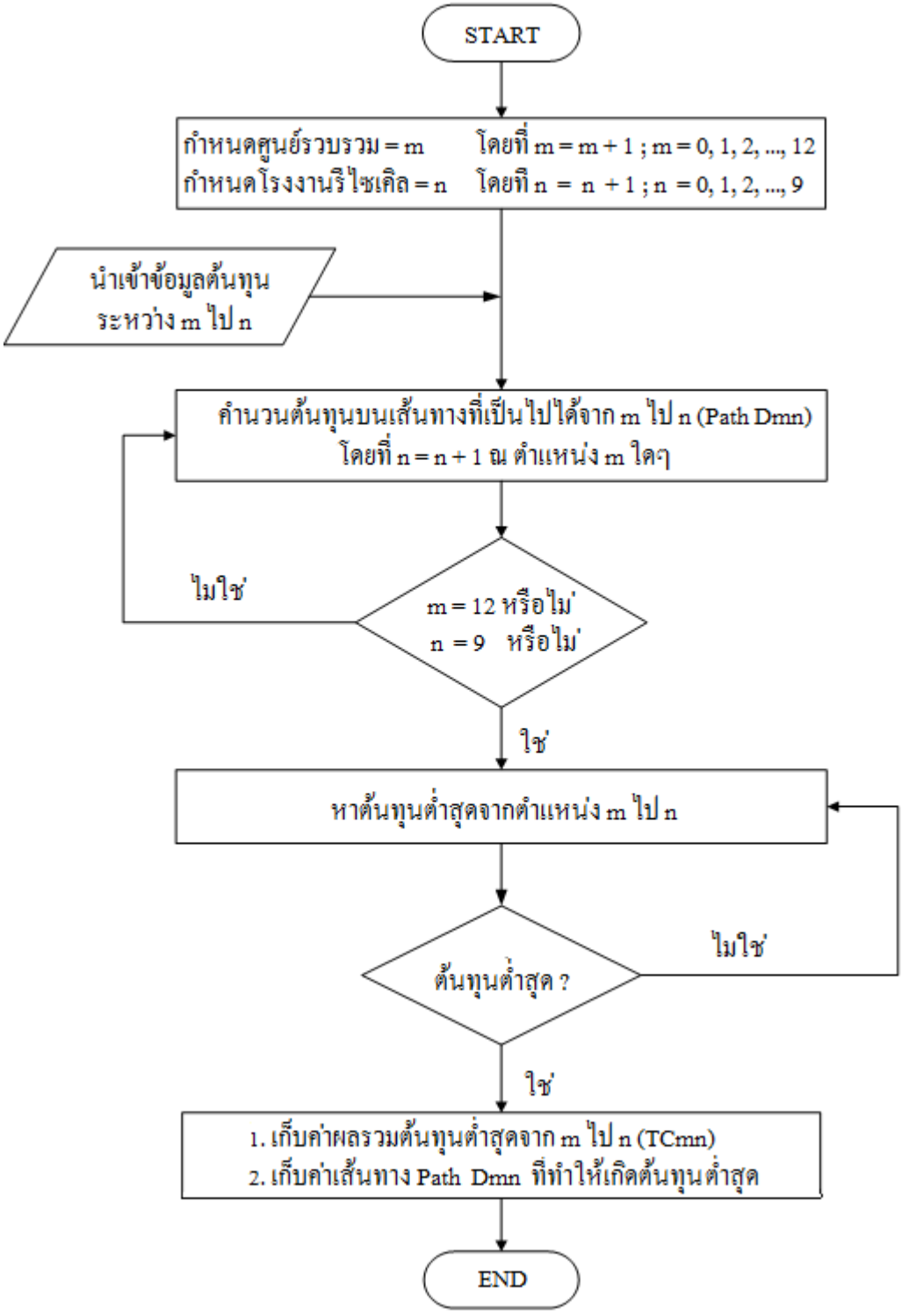
ภาพประกอบ 1.17: ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์



ภาพประกอบ 1.18: ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมขยะคอมพิวเตอร์ ไปยังร้านรับซื้อของเก่า

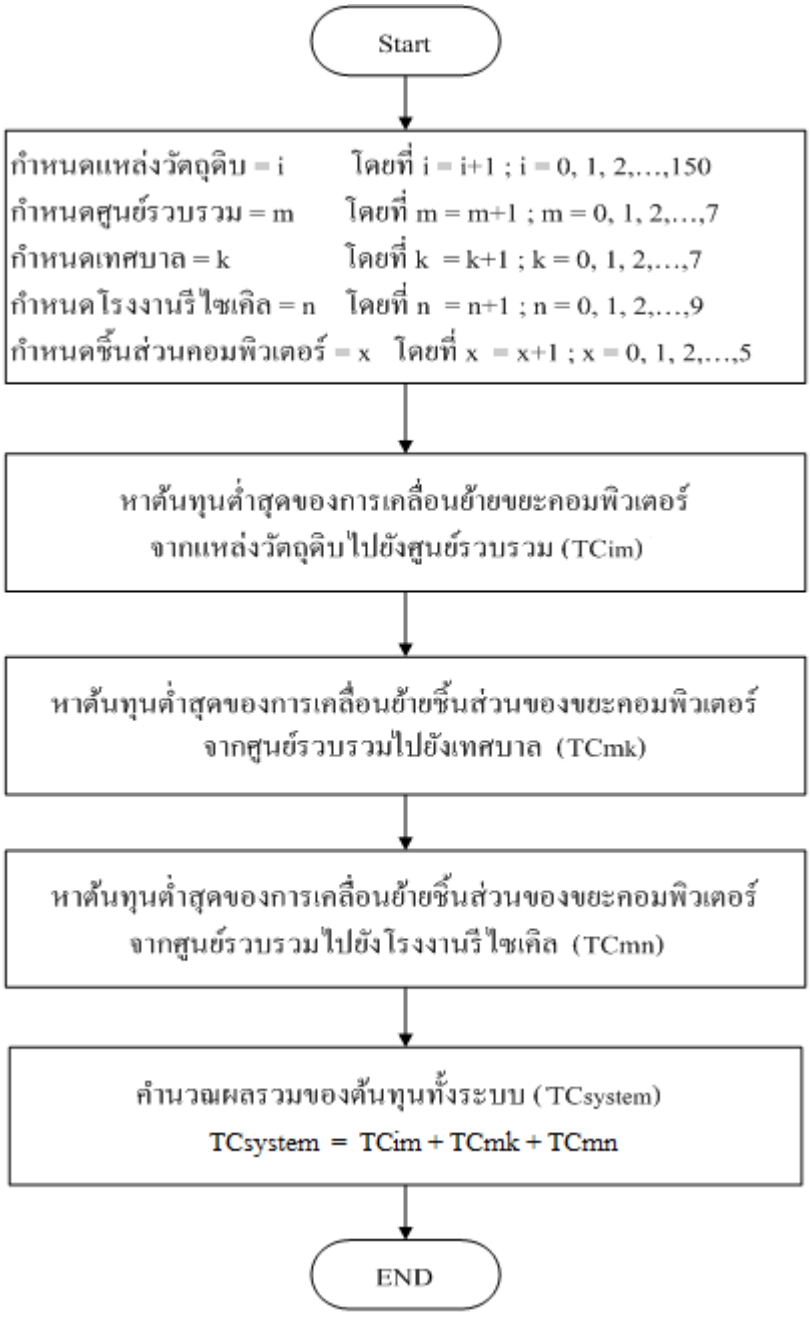


ภาพประกอบ 1.19: ขั้นตอนการทำงานของร้านรับซื้อของเก่า ไปยังศูนย์รวบรวมและเทศบาล

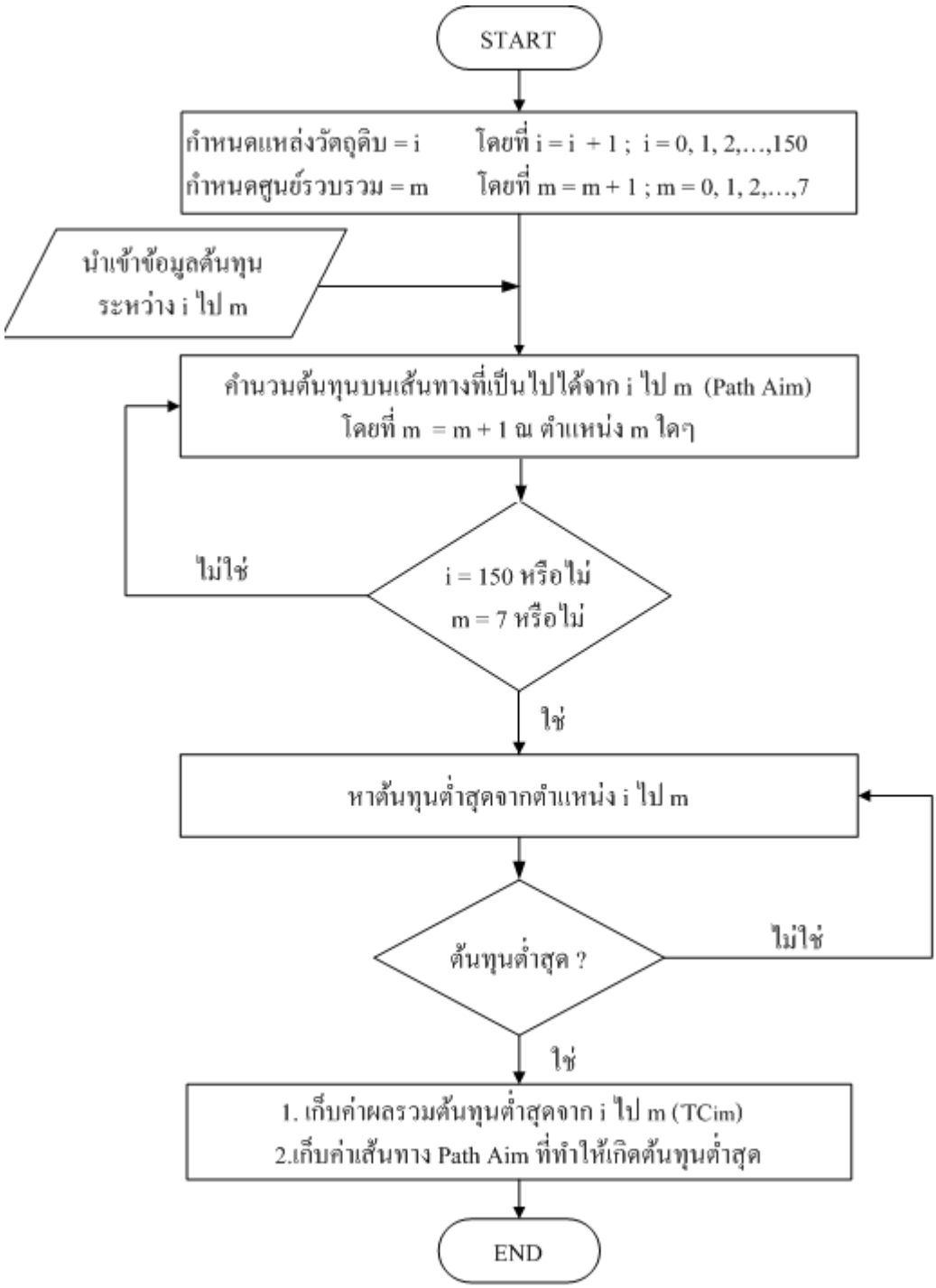


ภาพประกอบ 1.20: ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมส่วนของศูนย์รวบรวมไปยังโรงงานรีไซเคิล

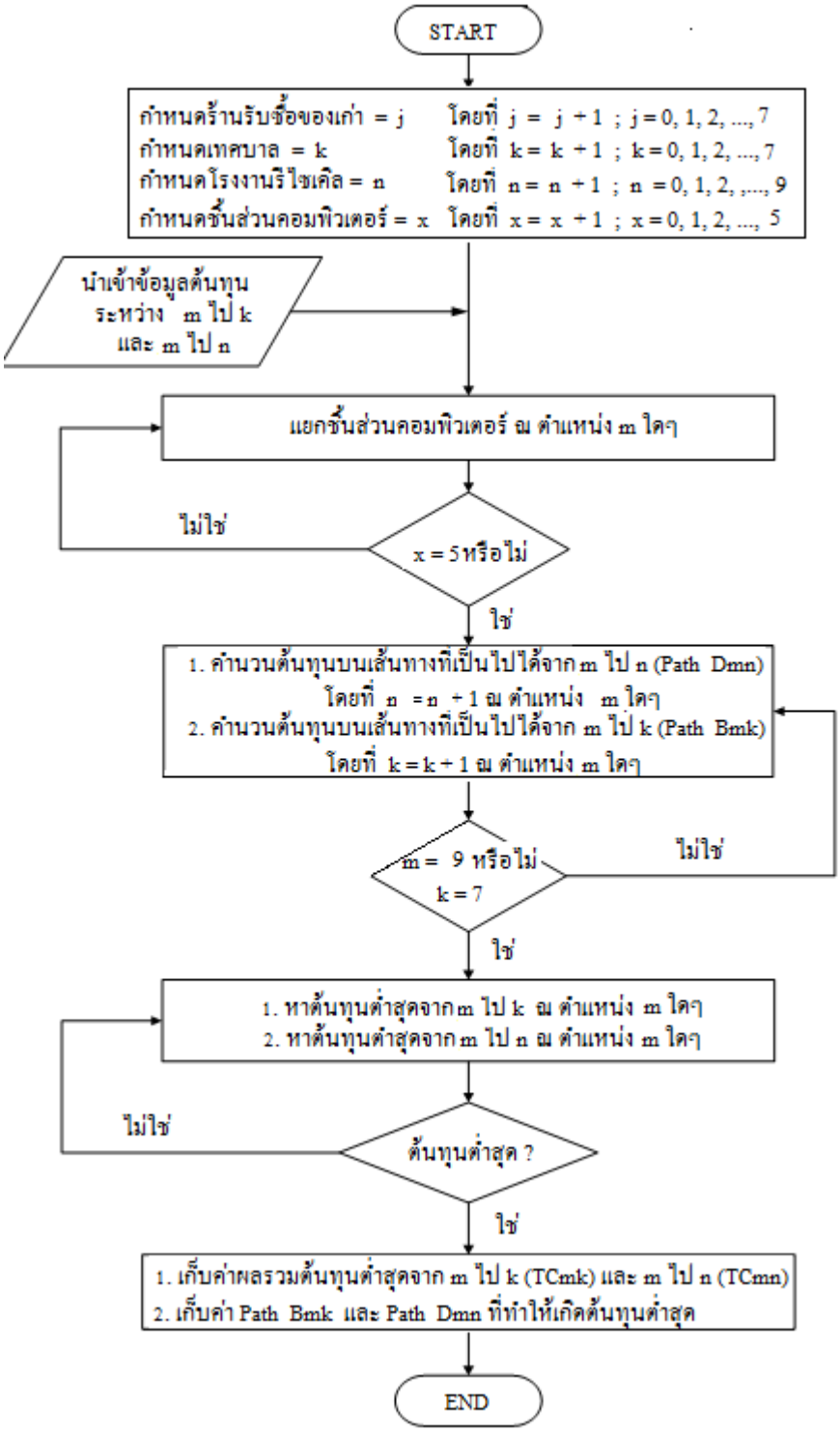
1.5.3.1 กระบวนการทำงานของตัวแบบจำลองกรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็กอธิบายได้แสดงในภาพประกอบ 3.21 – 3.23



ภาพประกอบ 1.21: ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์



ภาพประกอบ 1.22: ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมในส่วนของแหล่งขยะคอมพิวเตอร์ไปยังศูนย์รวบรวม



ภาพประกอบ 1.23: ขั้นตอนการทำงานของศูนย์รวบรวม ไปยังโรงงานรีไซเคิลและเทศบาล

1.5.4 การทวนสอบความสมเหตุสมผลของตัวแบบจำลองระบบ

การทวนสอบความสมเหตุสมผลของตัวแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์นั้นเพื่อให้มั่นใจว่าตัวแบบที่พัฒนาขึ้นมีความถูกต้อง ซึ่งสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การทวนสอบโดยใช้ผู้เชี่ยวชาญด้านโปรแกรม การใช้แผนภาพสายงานช่วยในการทวนสอบ เป็นต้น ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้วิธีการตรวจสอบผลลัพธ์ในแต่ละขั้นตอน โดยในการตรวจสอบขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมระหว่างที่มีการจำลองระบบสามารถทำได้โดยใช้คำสั่ง “Trace” ซึ่งจะแสดงขั้นตอนการทำงานแต่ละขึ้นเมื่อมีการคลิกเมาส์ในแต่ละครั้งโดยเป็นการแสดงขั้นตอนในแต่ละช่วงเวลาที่ระบบมีการทำงาน นอกจากนี้การแสดงภาพเคลื่อนไหวบนหน้าจอโปรแกรมก็เป็นอีกวิธีการหนึ่งที่ใช้ในการทวนสอบได้

1.5.5 การทดสอบความสมเหตุสมผลของตัวแบบจำลองคอมพิวเตอร์

การทดสอบความสมเหตุสมผลของตัวแบบจำลองคอมพิวเตอร์โดยทั่วไปเป็นการทดสอบความสอดคล้องระหว่างพฤติกรรมของตัวแบบที่พัฒนาขึ้นกับพฤติกรรมของระบบจริงโดยอาศัยการเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้จากตัวแบบที่พัฒนาขึ้นกับข้อมูลในอดีตของระบบจริง โดยที่เงื่อนไขการดำเนินการต่างๆ เหมือนกัน สำหรับงานวิจัยนี้ การสร้างตัวแบบจำลองของระบบโซ่อุปทานของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ เป็นการจำลองแบบเพื่อศึกษาถึงระบบที่ยังไม่เกิดขึ้นจริงในปัจจุบัน ดังนั้น การทดสอบความสมเหตุสมผลของตัวแบบไม่สามารถใช้วิธีการทางสถิติเพื่อทดสอบเปรียบเทียบกับค่าข้อมูลจากระบบจริงได้ จึงใช้วิธีการทดสอบโดยการพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างผลที่ได้จากตัวแบบจำลองของระบบกับตัวแบบคณิตศาสตร์

บทที่ 4

การวิเคราะห์และอภิปรายผลการวิจัย

ในการศึกษาโซ่อุปทานของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ในเขตพื้นที่ 14 จังหวัดภาคใต้ ผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาตัวแบบทางคณิตศาสตร์โดยอาศัยหลักการที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 2 และบทที่ 3 สำหรับเนื้อหาที่จะกล่าวถึงในบทนี้ คือสภาพปัจจุบันของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ ผลลัพธ์ที่ได้จากการพัฒนาตัวแบบทางคณิตศาสตร์ การเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากพัฒนาตัวแบบทางคณิตศาสตร์ และผลลัพธ์ที่ได้จากการพัฒนาตัวแบบจำลองคอมพิวเตอร์

1.1 การวิเคราะห์และอภิปรายผลการวิจัยสภาพปัจจุบัน

จากการศึกษาสภาพปัจจุบันของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ในเขตพื้นที่ 14 จังหวัดภาคใต้ สามารถแบ่งการศึกษาแต่ละฝ่ายที่เกี่ยวข้องในระบบ ได้ออกเป็น 5 ฝ่าย คือ (1) แหล่งขยะคอมพิวเตอร์ (2) ร้านรับซื้อของเก่า (3) ศูนย์รวบรวม (4) เทศบาล และ (5) โรงงานรีไซเคิล ซึ่งฝ่ายต่างๆที่เกี่ยวข้องในระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

แหล่งขยะคอมพิวเตอร์ คือ ปริมาณขยะคอมพิวเตอร์ซึ่งได้มาจากการคาดการณ์จากปริมาณคอมพิวเตอร์ที่มีอยู่ในปี พ.ศ. 2546 - พ.ศ. 2550 โดยกำหนดให้คอมพิวเตอร์มีน้ำหนักเฉลี่ยประมาณ 27 กิโลกรัมต่อเครื่อง (ewasteguide.info/node/220) และกำหนดให้ มีอายุการใช้งาน 5 ปี จากข้อมูลดังกล่าวผู้วิจัยนำมาใช้ในการคาดการณ์ปริมาณขยะคอมพิวเตอร์ในปี พ.ศ.2551 – พ.ศ. 2555 ซึ่งสามารถแสดงตัวอย่างการคำนวณปริมาณขยะคอมพิวเตอร์ในปี พ.ศ. 2551 ได้ดังนี้คือ ในปี พ.ศ. 2546 อ.เมือง จ.สงขลา มีจำนวนครัวเรือนเท่ากับ48,188 ครัวเรือน และพบว่าในจังหวัดสงขลามีจำนวนคอมพิวเตอร์ 7 เครื่องต่อ 100 ครัวเรือน ดังแสดงในตาราง 4.1 ซึ่งสามารถคำนวณหาปริมาณคอมพิวเตอร์ได้ $\frac{48{,}188 * 7}{100}$ = 3,373 เครื่อง หรือเท่ากับ3,373 * 27 = 97,518 กิโลกรัม ซึ่งจากปริมาณคอมพิวเตอร์ที่มีอยู่ในปี พ.ศ.2546 ของ อ.เมือง จ.สงขลา สามารถเทียบเท่าปริมาณขยะคอมพิวเตอร์ที่หมดอายุการใช้งานในปี พ.ศ.2551 เท่ากับ 97,518 กิโลกรัมโดยสามารถแบ่งแหล่งขยะคอมพิวเตอร์ ได้ 150 อำเภอในเขตพื้นที่ 14 จังหวัดภาคใต้ ดังแสดงในตาราง 4.2

ตาราง 1.1: จำนวนคอมพิวเตอร์ในครัวเรือนจำแนกเป็นรายจังหวัดในภาคใต้

จังหวัด	จำนวนคอมพิวเตอร์ต่อ 100 ครัวเรือน (เครื่อง)				
	ปี 2546	ปี 2547	ปี 2548	ปี 2549	ปี 2550
สงขลา	7	13	16	18	22
นครศรีธรรมราช	9	9	10	13	14
สุราษฎร์ธานี	8	9	14	12	15
ภูเก็ต	16	13	24	16	18
ตรัง	5	7	11	13	15
นราธิวาส	3	5	5	5	8
กระบี่	6	6	11	11	13
ปัตตานี	6	6	7	12	12
พัทลุง	4	10	13	14	18
ชุมพร	4	6	8	9	9
พังงา	7	12	11	12	13
สตูล	3	5	10	9	12
ระนอง	6	5	7	10	14
ยะลา	5	10	11	7	9

ที่มา: สำนักงานสถิติแห่งชาติ

ตาราง 1.2: ปริมาณการคาดการณ์ขยะคอมพิวเตอร์ ปี พ.ศ. 2551-พ.ศ. 2555

อำเภอ	น้ำหนัก (กิโลกรัม)				
	ปี 2551	ปี 2552	ปี 2553	ปี 2554	ปี 2555
จ.สงขลา	695,278	1,277,531	1,569,908	1,860,215	2,310,538
อ.กระแสสินธุ์	8,265	14,769	17,601	20,378	25,000
อ.คลองหอยโข่ง	11,569	21,227	26,952	33,674	41,772
อ.ควนเนียง	16,062	28,979	35,030	40,978	50,539
อ.จะนะ	40,466	73,098	88,748	104,673	128,955
อ.เทพา	28,724	51,821	62,826	74,353	92,056
อ.นาทวี	27,735	50,726	62,620	74,387	97,846
อ.นาหม่อม	11,956	21,680	26,658	31,605	39,057
อ.บางกล่ำ	14,639	26,420	33,144	39,337	49,494
อ.เมืองสงขลา	97,518	179,479	219,050	259,000	320,040
อ.ระโนด	39,472	70,646	84,522	98,134	117,409
อ.รัตภูมิ	34,605	62,541	76,104	89,814	110,830
อ.สทิงพระ	23,699	42,665	51,001	59,138	71,756
อ.สะเดา	59,673	112,220	141,652	169,980	213,822
อ.สะบ้าย้อย	25,450	46,346	56,835	67,487	84,403
อ.สิงหนคร	36,461	65,720	79,708	93,606	115,054
อ.หาดใหญ่	218,984	409,194	507,457	603,671	752,505
จ.นครศรีธรรมราช	917,951	945,953	1,079,411	1,517,324	1,642,356
กิ่ง อ.ช้างกลาง	18,270	18,784	21,296	29,788	32,147
กิ่ง อ.นบพิตำ	16,760	17,525	20,393	28,864	31,434
อ.ขนอม	21,662	22,296	25,236	35,330	38,780
อ.จุฬาภรณ์	17,306	17,977	20,450	28,773	31,227
อ.ฉวาง	43,722	44,889	51,132	71,696	76,837

ตาราง 4.2: ปริมาณการคาดการณ์ขยะคอมพิวเตอร์ ปี พ.ศ. 2551- พ.ศ. 2555 (ต่อ)

อำเภอ	น้ำหนัก (กิโลกรัม)				
	ปี 2551	ปี 2552	ปี 2553	ปี 2554	ปี 2555
อ.เฉลิมพระเกียรติ	18,828	19,381	21,917	30,622	32,173
อ.ชะอวด	48,928	50,582	57,818	81,481	88,598
อ.เชียรใหญ่	26,174	26,824	30,391	42,388	45,636
อ.ถ้ำพรรณรา	11,429	11,943	13,677	19,380	21,132
อ.ท่าศาลา	58,785	59,938	67,910	94,854	102,640
อ.ทุ่งสง	95,039	98,694	113,585	160,144	174,628
อ.ทุ่งใหญ่	40,402	41,974	48,416	68,798	75,468
อ.นาบอน	15,404	15,865	18,166	25,745	28,058
อ.บางขัน	22,296	24,032	28,153	40,487	44,783
อ.ปากพนัง	61,220	62,333	70,229	97,581	104,818
อ.พรหมคีรี	20,119	20,903	23,791	33,510	36,224
อ.พระพรหม	25,245	25,909	29,462	41,331	44,698
อ.พิปูน	18,487	19,038	21,697	31,444	33,916
อ.เมืองนคร	172,878	177,881	203,087	284,804	308,654
อ.ร่อนพิบูลย์	46,009	47,243	53,653	75,190	81,378
อ.ลานสกา	25,323	26,061	29,864	42,101	45,555
อ.สิชล	49,297	50,653	58,130	82,143	89,158
อ.หัวไทร	44,368	45,228	50,958	70,870	74,414
จ.สุราษฎร์ธานี	615,177	763,975	1,195,370	1,143,493	1,441,403
กิ่ง อ.วิภาวดี	7,677	9,735	16,155	15,468	19,748
อ.กาญจนดิษฐ์	58,588	71,793	110,015	102,896	127,652
อ.เกาะพงัน	11,867	15,480	26,355	27,462	36,700
อ.เกาะสมุย	42,466	56,869	97,856	102,206	136,990

ตาราง 4.2: ปริมาณการคาดการณ์ขยะคอมพิวเตอร์ ปี พ.ศ. 2551- พ.ศ. 2555 (ต่อ)

อำเภอ	น้ำหนัก (กิโลกรัม)				
	ปี 2551	ปี 2552	ปี 2553	ปี 2554	ปี 2555
อ.คีรีรัฐนิคม	23,202	28,745	44,568	42,224	52,876
อ.เคียนซา	24,529	30,228	47,116	44,806	56,683
อ.ชัยบุรี	13,451	16,645	26,274	25,145	32,181
อ.ไชยา	28,133	34,734	53,804	51,006	63,642
อ.ดอนสัก	22,705	27,669	42,049	39,115	48,377
อ.ท่าฉาง	17,266	21,536	33,440	31,606	39,476
อ.ท่าชนะ	31,242	38,611	60,174	57,283	71,471
อ.บ้านตาขุน	9,236	11,330	17,624	17,156	21,904
อ.บ้านนาเดิม	12,498	15,210	23,199	21,879	27,241
อ.บ้านนาสาร	37,901	46,433	71,022	66,595	82,803
อ.พนม	18,217	22,910	35,977	34,285	42,992
อ.พระแสง	33,469	41,443	64,645	61,554	77,726
อ.พุนพิน	59,213	72,125	110,483	103,918	129,861
อ.เมืองสุราษฎร์ ฯ	129,865	160,504	249,262	236,746	295,694
อ.เวียงสระ	33,652	41,975	65,352	62,143	77,386
จ.ภูเก็ต	463,654	406,072	833,800	601,365	699,438
อ.กะทู้	81,127	71,388	144,475	103,543	118,462
อ.ถลาง	96,720	85,135	180,799	133,689	159,878
อ.เมืองภูเก็ต	285,807	249,549	508,526	364,133	421,098
จ.ตรัง	223,414	288,143	499,383	608,979	744,922
กิ่ง อ.หาดสำราญ	4,586	5,914	10,204	12,479	15,248
อ.กันตัง	23,616	36,909	64,373	77,799	94,602
อ.นาโยง	14,664	18,928	32,766	39,746	48,814

ตาราง 4.2: ปริมาณการคาดการณ์ขยะคอมพิวเตอร์ ปี พ.ศ. 2551- พ.ศ. 2555 (ต่อ)

อำเภอ	น้ำหนัก (กิโลกรัม)				
	ปี 2551	ปี 2552	ปี 2553	ปี 2554	ปี 2555
อ.ปะเหลียน	12,380	27,715	47,958	58,842	71,893
อ.เมืองตรัง	52,165	80,065	139,126	170,119	208,251
อ.ย่านตาขาว	23,411	27,171	46,705	56,758	69,061
อ.รัษฎา	10,645	13,691	23,662	28,699	35,215
อ.วังวิเศษ	14,388	18,703	32,299	39,469	48,356
อ.สิเกา	27,215	15,928	27,819	34,264	42,573
อ.ห้วยยอด	40,344	43,119	74,471	90,804	110,909
จ.นราธิวาส	107,865	227,511	226,643	235,118	343,370
อ.จะแนะ	3,981	8,528	8,717	9,093	13,522
อ.เจาะไอร้อง	4,802	10,172	10,070	10,470	15,398
อ.ตากใบ	9,161	19,179	19,052	19,790	28,867
อ.บาเจาะ	6,245	13,408	13,313	13,878	20,452
อ.เมืองนราธิวาส	19,783	41,501	41,280	42,452	61,810
อ.ยี่งอ	5,717	12,063	11,918	12,372	18,169
อ.ระแงะ	11,408	23,832	23,801	24,705	36,304
อ.รือเสาะ	9,087	19,291	19,176	20,098	29,727
อ.แว้ง	6,567	13,841	13,772	14,341	21,171
อ.ศรีสาคร	4,567	9,853	9,940	10,612	15,821
อ.สุคิริน	4,510	9,461	9,396	9,819	14,211
อ.สุไหงโกลก	15,714	29,758	29,662	30,600	44,518
อ.สุไหงปาดี	6,323	16,624	16,546	16,888	23,400

ตาราง 4.2: ปริมาณการคาดการณ์ขยะคอมพิวเตอร์ ปี พ.ศ. 2551- พ.ศ. 2555 (ต่อ)

อำเภอ	น้ำหนัก (กิโลกรัม)				
	ปี 2551	ปี 2552	ปี 2553	ปี 2554	ปี 2555
จ.กระบี่	174,689	182,787	343,976	351,062	458,032
อ.เกาะลันตา	10,588	11,618	21,872	22,566	29,779
อ.เขาพนม	18,472	19,574	37,218	38,074	50,159
อ.คลองท่อม	27,752	28,353	53,792	54,998	71,262
อ.ปลายพระยา	15,372	15,468	28,337	28,468	36,426
อ.เมืองกระบี่	47,094	50,530	96,309	99,270	131,498
อ.ลำทับ	9,109	9,552	17,867	18,165	23,771
อ.เหนือคลอง	23,200	24,152	45,424	46,266	59,594
อ.อ่าวลึก	23,102	23,540	43,157	43,255	55,543
จ.ปัตตานี	213,108	220,209	247,131	464,600	475,480
อ.กะพ้อ	4,858	5,069	5,676	10,747	10,994
อ.โคกโพธิ์	25,116	25,843	28,808	54,010	54,858
อ.ทุ่งยางแดง	5,733	5,993	6,797	12,849	13,255
อ.ปะนาเระ	14,492	14,883	16,552	30,991	31,550
อ.มายอ	15,585	16,148	18,078	33,982	34,863
อ.เมืองปัตตานี	50,692	52,725	59,597	111,856	114,534
อ.แม่ลาน	5,056	5,247	5,896	11,082	11,282
อ.ไม้แก่น	4,023	4,134	4,579	8,552	8,781
อ.ยะรัง	23,936	24,604	28,541	52,437	54,050
อ.ยะหริ่ง	22,761	23,449	25,436	49,558	50,840
อ.สายบุรี	20,286	20,792	23,337	43,791	44,730
อ.หนองจิก	20,570	21,322	23,834	44,745	45,743

ตาราง 4.2: ปริมาณการคาดการณ์ขยะคอมพิวเตอร์ ปี พ.ศ. 2551- พ.ศ. 2555 (ต่อ)

อำเภอ	น้ำหนัก (กิโลกรัม)				
	ปี 2551	ปี 2552	ปี 2553	ปี 2554	ปี 2555
จ.พัทลุง	159,830	378,607	511,986	561,993	733,244
กิ่ง อ.ศรีนครินทร์	8,376	20,147	27,405	29,974	39,065
อ.กงหรา	9,155	21,816	29,494	32,439	42,347
อ.เขาชัยสน	13,925	32,931	44,094	48,414	62,911
อ.ควนขนุน	27,257	64,316	86,733	94,723	123,268
อ.ตะโหมด	8,813	21,096	28,892	32,092	42,138
อ.บางแก้ว	7,616	18,233	24,784	27,349	35,604
อ.ปากพะยูน	14,928	34,911	47,049	51,581	67,251
อ.ป่าบอน	13,533	32,315	44,026	48,399	25,525
อ.ป่าพะยอม	9,964	23,959	33,011	36,598	48,468
อ.เมืองพัทลุง	40,705	95,671	128,646	140,851	183,193
อ.ศรีบรรพต	5,558	13,212	17,852	19,573	63,474
จ.ชุมพร	157,258	263,930	353,976	424,727	446,405
อ.ท่าแซะ	23,387	40,048	54,121	64,828	67,992
อ.ทุ่งตะโก	7,255	12,118	16,195	19,436	20,817
อ.ปะทิว	14,348	24,196	32,222	38,948	41,083
อ.พะโต๊ะ	7,466	12,563	17,542	21,192	22,071
อ.เมืองชุมพร	51,148	85,325	114,109	136,563	143,887
อ.ละแม	8,619	14,635	19,745	23,976	25,184
อ.สวี	22,904	38,323	51,006	60,883	63,660
อ.หลังสวน	22,131	36,722	49,036	58,901	61,711
จ.พังงา	130,158	221,060	215,692	248,444	302,968
อ.กะปง	7,288	12,541	12,235	14,134	17,100
อ.คุระบุรี	13,924	23,601	23,452	27,263	33,886

ตาราง 4.2: ปริมาณการคาดการณ์ขยะคอมพิวเตอร์ ปี พ.ศ. 2551- พ.ศ. 2555 (ต่อ)

อำเภอ	น้ำหนัก (กิโลกรัม)				
	ปี 2551	ปี 2552	ปี 2553	ปี 2554	ปี 2555
อ.ตะกั่วทุ่ง	21,933	36,891	34,788	39,835	69,159
อ.ตะกั่วป่า	27,249	46,864	48,300	56,781	48,774
อ.ทับปุด	10,771	18,198	17,307	19,699	23,734
อ.ท้ายเหมือง	26,925	45,581	43,683	49,672	60,795
อ.เมืองพังงา	22,068	37,384	35,927	41,060	49,520
จ.สตูล	55,484	91,219	197,924	61,540	247,807
กิ่ง อ.มะนัง	2,922	4,885	10,602	3,329	13,689
อ.ควนกาหลง	6,226	10,338	22,437	6,981	28,111
อ.ท่าแพ	4,723	7,714	16,631	5,155	20,695
อ.ทุ่งหว้า	3,914	6,541	14,313	4,499	18,223
อ.เมืองสตูล	21,256	34,864	75,499	23,425	93,980
อ.ละงู	12,307	20,153	43,933	13,637	54,912
จ.ระนอง	85,250	76,714	113,178	98,334	238,724
กิ่ง อ.สุขสำราญ	3,457	3,125	5,020	4,480	11,167
อ.กระบุรี	21,218	19,165	28,580	24,992	60,482
อ.กะเปอร์	8,145	7,369	11,078	9,571	22,890
อ.เมืองระนอง	46,638	41,825	60,813	52,591	127,859
อ.ละอุ่น	5,792	5,230	7,687	6,700	16,326
จ.ยะลา	159,575	318,127	355,223	176,345	291,327
กิ่ง อ.กรงปินัง	5,426	10,949	12,282	6,154	10,215
อ.กาบัง	5,541	11,532	13,102	6,625	11,094
อ.ธารโต	9,140	18,255	20,406	10,132	16,707
อ.บันนังสตา	17,898	35,427	39,440	19,554	32,131

ตาราง 4.2: ปริมาณการคาดการณ์ขยะคอมพิวเตอร์ ปี พ.ศ. 2551- พ.ศ. 2555 (ต่อ)

อำเภอ	น้ำหนัก (กิโลกรัม)				
	ปี 2551	ปี 2552	ปี 2553	ปี 2554	ปี 2555
อ.เบตง	25,038	50,320	57,514	28,745	47,696
อ.เมืองยะลา	59,933	118,538	131,206	64,700	106,541
อ.ยะหา	13,139	26,609	29,703	14,761	24,565
อ.รามัน	23,460	46,497	51,570	25,674	42,378
รวม	4,161,244	5,664,388	7,746,146	8,356,094	10,378,557

จากตาราง 4.1 พบว่าปริมาณคอมพิวเตอร์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งจะเห็นได้จากอัตราการเติบโตของในช่วงปีพ.ศ.2551 – พ.ศ.2555 ดังแสดงตัวอย่างการคำนวณอัตราการเติบโตของปริมาณคอมพิวเตอร์ได้ $\frac{5,664,388 - 4,161,244}{4,161,244}\Delta 100 = 36.12$ เปอร์เซ็นต์ กล่าวได้ว่าอัตราการเติบโตของปริมาณคอมพิวเตอร์ในปี พ.ศ. 2552 เป็น 36.12 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณคอมพิวเตอร์ของปี พ.ศ.2551 ในปี พ.ศ.2553 เท่ากับ 37 เปอร์เซ็นต์ ในปี พ.ศ.2554 เท่ากับ 8 เปอร์เซ็นต์ และในปี พ.ศ.2555 เท่ากับ 24 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณคอมพิวเตอร์ในปี พ.ศ.2552 – พ.ศ.2555 ตามลำดับ

1.1.1 ร้านรับซื้อของเก่า คือ ฝ่ายที่ทำหน้าที่รับซื้อขยะคอมพิวเตอร์จากลูกค้าเพื่อส่งต่อไปยังศูนย์รวบรวม ซึ่งร้านรับซื้อของเก่าจะกระจายตัวอยู่ภายในตำบลต่างๆของจังหวัดนั้นๆ โดยร้านรับซื้อของเก่าจะดำเนินกิจกรรมในการคัดแยกเครื่องคอมพิวเตอร์ ออกเป็นชิ้นส่วนของขยะคอมพิวเตอร์ ได้ดังนี้

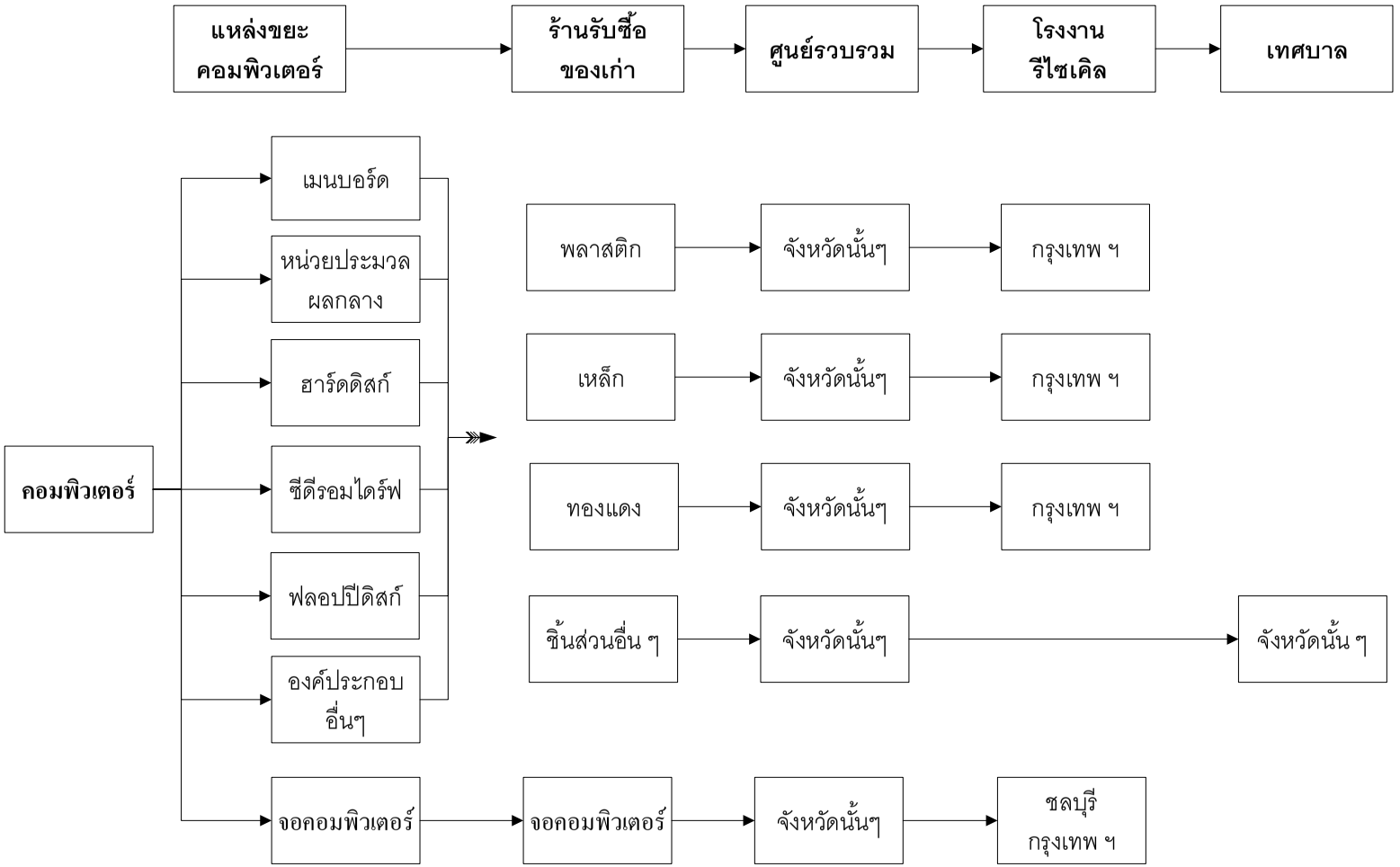
- พลาสติก 15.33% ของปริมาณคอมพิวเตอร์ทั้งหมด
- เหล็ก 17.15% ของปริมาณคอมพิวเตอร์ทั้งหมด
- ทองแดง 5.93% ของปริมาณคอมพิวเตอร์ทั้งหมด
- จอคอมพิวเตอร์ 33.33% ของปริมาณคอมพิวเตอร์ทั้งหมด
- ชิ้นส่วนอื่นๆ (ขยะ) 28.25% ของปริมาณคอมพิวเตอร์ทั้งหมด

1.1.2 ศูนย์รวบรวม คือ ฝ่ายที่ทำหน้าที่รับซื้อชิ้นส่วนของขยะคอมพิวเตอร์จากร้านรับซื้อของเก่า เพื่อส่งต่อไปยังโรงงานรีไซเคิล โดยศูนย์รวบรวมจะทำการรวบรวมชิ้นส่วนต่างๆจากร้านรับซื้อของเก่าต่างๆ มาผ่านกรรมวิธีในการลดขนาดชิ้นส่วนเพื่อให้สะดวกในการขนส่งไปยังโรงงาน เพื่อทำการรีไซเคิล

1.1.3 เทศบาล คือ ฝ่ายที่ทำหน้าที่ในการกำจัดชิ้นส่วนของขยะคอมพิวเตอร์ที่ไม่สามารถส่งต่อไป รีไซเคิลยังโรงงานรีไซเคิลได้ ซึ่งในส่วนของเทศบาลจะทำการกำจัดโดยการฝังกลบในตำบลนั้นๆ

1.1.4 โรงงานรีไซเคิล คือ ฝ่ายทางปลายน้ำที่มีความต้องการชิ้นส่วนที่ผ่านการคัดแยกแล้วเพื่อนำไปผ่านกระบวนการรีไซเคิลให้กลายเป็นวัตถุดิบต่อไป

จากการลงพื้นที่สัมภาษณ์ระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ในปัจจุบัน ทำให้ทราบถึงโซ่อุปทานของระบบ โดยเริ่มจากขยะคอมพิวเตอร์ที่แหล่งขยะคอมพิวเตอร์ ใน 14 จังหวัดภาคใต้ ถูกลำเลียงไปยังร้านรับซื้อของเก่าเพื่อผ่านกระบวนการคัดแยก เมื่อกระบวนการคัดแยกเสร็จสิ้นลง ชิ้นส่วนจะถูกส่งต่อไปยังผู้รวบรวมเพื่อส่งไปรีไซเคิลยังโรงงานรีไซเคิลโดยศูนย์รวบรวมส่วนใหญ่จะเป็นผู้รวบรวมที่อยู่ในจังหวัดนั้นๆ เมื่อชิ้นส่วนถูกรวบรวม ชิ้นส่วนจะถูกส่งไปจำหน่ายยังโรงงานรีไซเคิล จากการสัมภาษณ์พบว่า ขยะคอมพิวเตอร์จะแบ่งออกเป็น เมนบอร์ด หน่วยประมวลผลกลาง ฮาร์ดดิสก์ ซีดีรอมไดร์ฟ และฟลอปปีดิสก์ และองค์ประกอบอื่นๆ ซึ่งชิ้นส่วนต่างๆเหล่านี้จะสามารถแยกออกมาได้เป็นพลาสติก เหล็ก ทองแดง และชิ้นส่วนอื่นๆ (ขยะ) โดยพลาสติก เหล็ก ทองแดง จะถูกส่งไปยังโรงงานในกรุงเทพฯ และชิ้นส่วนอื่น (ขยะ) จะส่งไปยังเทศบาลต่างๆตามจังหวัดนั้นๆ ส่วนจอคอมพิวเตอร์ไม่มีการจัดการกล่าวคือ จะทำการขนส่งทั้งจอคอมพิวเตอร์ไปยังศูนย์รวบรวมจังหวัดนั้นๆและส่งต่อไปยังโรงงานในชลบุรีและโรงงานในกรุงเทพฯ ดังแสดงในภาพประกอบ 4.1 ในการศึกษางานวิจัยจะเป็นการศึกษาถึงต้นทุนที่เกิดขึ้นในแต่ละฝ่ายที่เกี่ยวข้องเพื่อให้ทราบถึงต้นทุนรวมในระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ในพื้นที่ 14 จังหวัดภาคใต้



ภาพประกอบ 1.1: ระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ในปัจจุบัน

ผลจากการศึกษาต้นทุนรวมที่เกิดขึ้นในสภาพปัจจุบันของโซ่อุปทานของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ในเขตพื้นที่ 14 จังหวัดภาคใต้ โดยต้นทุนแต่ละฝ่ายที่เกิดขึ้นในโซ่อุปทานของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ แสดงได้ดังตาราง 4.3

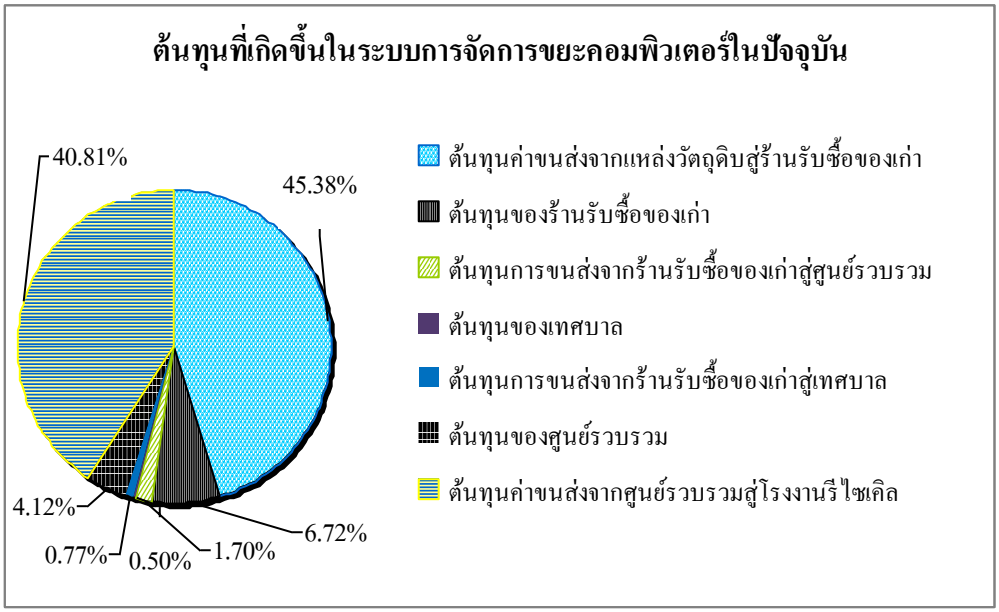
ตาราง 1.3: ต้นทุนที่เกิดขึ้นในสภาพปัจจุบันของแต่ละฝ่ายที่เกี่ยวข้องในโซ่อุปทานของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์

ต้นทุนที่เกิดขึ้นในแต่ละฝ่ายในโซ่อุปทาน	มูลค่า (บาท/ปี)	เปอร์เซ็นต์
ต้นทุนค่าขนส่งจากแหล่งขยะคอมพิวเตอร์ สู่ร้านรับซื้อของเก่า	30,805,133	45.38
ต้นทุนของร้านรับซื้อของเก่า		
- ต้นทุนการแยกชิ้นส่วนขยะคอมพิวเตอร์	1,155,285	1.70
ต้นทุนการขนส่งจากร้านรับซื้อของเก่าสู่ศูนย์รวบรวม		
- ต้นทุนค่าขนส่งพลาสติก	1,358,108	2.00
- ต้นทุนค่าขนส่งเหล็ก	569,754	0.84
- ต้นทุนค่าขนส่งทองแดง	197,005	0.29
- ต้นทุนค่าขนส่งหน้าจอคอมพิวเตอร์	2,436,266	3.59
ต้นทุนของเทศบาล		
- ต้นทุนการฝังกลบ	341,762	0.50
ต้นทุนการขนส่งจากร้านรับซื้อของเก่าสู่เทศบาล		
- ต้นทุนค่าขนส่งชิ้นส่วนอื่นๆ (ขยะ)	520,748	0.77
ต้นทุนของศูนย์รวบรวม		
- ต้นทุนการอัดพลาสติก	41,312	0.06
- ต้นทุนการอัดเหล็ก	40,062	0.06
- ต้นทุนการอัดทองแดง	14,140	0.02
- ต้นทุนการจัดเก็บพลาสติก	41,312	0.06
- ต้นทุนการจัดเก็บเหล็ก	320,685	0.47
- ต้นทุนการจัดเก็บทองแดง	2,182,815	3.22
- ต้นทุนการจัดเก็บหน้าจอคอมพิวเตอร์	156,300	0.23

ตาราง 4.3: ต้นทุนที่เกิดขึ้นในสภาพปัจจุบันของแต่ละฝ่ายที่เกี่ยวข้องในโซ่อุปทานของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ (ต่อ)

ต้นทุนที่เกิดขึ้นในแต่ละฝ่ายในโซ่อุปทาน	มูลค่า (บาท/ปี)	เปอร์เซ็นต์
ต้นทุนค่าขนส่งจากศูนย์รวบรวมสู่โรงงานรีไซเคิล		
- ต้นทุนค่าขนส่งพลาสติก	10,294,284	15.16
- ต้นทุนค่าขนส่งเหล็ก	704,778	1.04
- ต้นทุนค่าขนส่งทองแดง	272,843	0.40
- ต้นทุนค่าขนส่งหน้าจอคอมพิวเตอร์	16,433,638	24.21
ต้นทุนรวม	67,886,229	100

ผลการศึกษาต้นทุนที่เกิดขึ้นในสภาพปัจจุบันของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ในพื้นที่ 14 จังหวัดภาคใต้ พบว่าต้นทุนรวมที่เกิดเท่ากับ 67,886,229 บาทต่อปี โดยต้นทุนที่เกิดขึ้นในแต่ละฝ่ายสามารถแบ่งเป็นสัดส่วนเปอร์เซ็นต์ได้ดังแสดงในภาพประกอบ 4.2



ภาพประกอบ 1.2:สัดส่วนเปอร์เซ็นต์ของต้นทุนที่เกิดขึ้นในแต่ละฝ่ายในระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ในปัจจุบัน

จากการวิเคราะห์ต้นทุนที่เกิดขึ้นในแต่ละฝ่ายในโซ่อุปทานของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ พบว่า ส่วนของต้นทุนที่เกิดจากการเคลื่อนย้ายขยะคอมพิวเตอร์จากแหล่งขยะคอมพิวเตอร์ สู่ร้านรับซื้อของเก่า มีสัดส่วนเปอร์เซ็นต์สูงมากที่สุดคือ 45.38% ของปริมาณต้นทุนรวมทั้งระบบที่เกิดขึ้นในโซ่อุปทาน

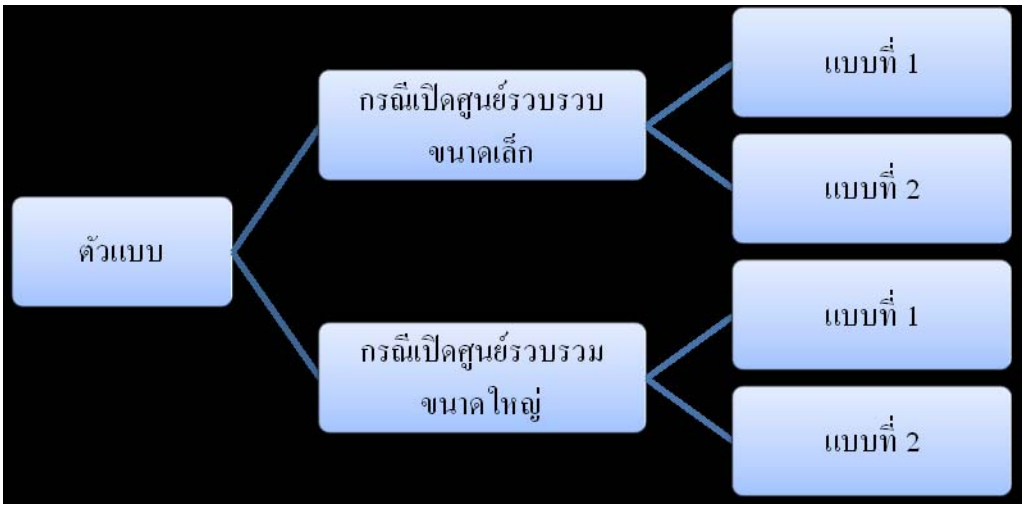
1.2 การวิเคราะห์และอภิปรายผลการวิจัยที่ได้จากตัวแบบคณิตศาสตร์

การจัดการขยะคอมพิวเตอร์ในปัจจุบันยังไม่มีรูปแบบการจัดการอย่างเป็นระบบ ส่งผลให้ต้นทุนในการรวบรวมขยะคอมพิวเตอร์มีค่าสูง เนื่องจากในแต่ละจังหวัดมีศูนย์รวบรวมอยู่หลายแห่งและมีการดำเนินอย่างเป็นอิสระ ซึ่งเป็นการดำเนินงานในลักษณะที่ซ้ำซ้อนกันในการรวบรวมขยะคอมพิวเตอร์จากแหล่งขยะคอมพิวเตอร์ไปยังโรงงานรีไซเคิล เป็นผลให้ต้นทุนในการขนส่งขยะคอมพิวเตอร์มีค่าสูงขึ้น ส่งผลให้ต้นทุนรวมในการรีไซเคิลสูงขึ้นตามไปด้วย ดังนั้นในการศึกษาจึงทำการพิจารณาตำแหน่งที่ตั้งที่เหมาะสมของศูนย์รวบรวมเป็นหลัก โดยการพัฒนาแบบจำลองเพื่อช่วยในการลดต้นทุนในการรวบรวมขยะคอมพิวเตอร์

จากการแก้ปัญหาโดยใช้ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ซึ่งเป็นการวิเคราะห์หาตำแหน่งที่เหมาะสมในการจัดตั้งศูนย์รวบรวม เพื่อให้ต้นทุนรวมของระบบโซ่อุปทานมีค่าต่ำสุด โดยผลลัพธ์จากตัวแบบสามารถพิจารณาปริมาณการเคลื่อนที่ของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดในระบบโซ่อุปทานของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ ทั้งนี้ทางผู้วิจัยได้ทำการแบ่งตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่จะทำการศึกษาออกเป็น 2 กรณีที่สนใจ คือ กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็กและกรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่ ซึ่งแต่ละกรณีจะแตกต่างกันที่กิจกรรมการดำเนินงานภายในของศูนย์รวบรวม

โดยกรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็กมีกิจกรรมการดำเนินงาน คือ กิจกรรมการบดและการอัด ซึ่งในการดำเนินงานศูนย์รวบรวมขนาดเล็กจะรับวัตถุดิบมาจากร้านรับซื้อของเก่าและส่งต่อไปยังโรงงานรีไซเคิลหรือเทศบาล แต่กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่กำหนดให้มีกิจกรรมการดำเนินงาน ตั้งแต่ขั้นตอนของการคัดแยก การอัด การบด จนถึงขั้นตอนในการรีไซเคิล ซึ่งในการดำเนินงานศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่จะรับวัตถุดิบมาจากแหล่งขยะคอมพิวเตอร์ และส่งต่อไปยังโรงงานรีไซเคิลหรือเทศบาลต่อไป ซึ่งจากกิจกรรมที่แตกต่างกันของทั้ง 2 กรณีส่งผลให้ต้องใช้เงินลงทุนที่แตกต่างกัน ดังนั้นในการศึกษาจะทำการเปรียบเทียบต้นทุนรวมของการเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่กับศูนย์รวบรวมขนาดเล็ก เพื่อใช้เป็นทางเลือกในการพิจารณาความเหมาะสมในการตัดสินใจเปิดศูนย์รวบรวม

ทั้งนี้นอกเหนือจากการศึกษาขนาดของการเปิดศูนย์รวบรวมแล้วยังทำการศึกษารูปแบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ควบคู่ไปด้วยโดยแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ คือ แบบที่ 1 และแบบที่ 2 โดยแบบที่ 1 เป็นการจัดการที่สอดคล้องกับสภาพจริงในปัจจุบัน โดยจะมีการคัดแยกชิ้นส่วนออกเป็น พลาสติก เหล็ก ทองแดง จอคอมพิวเตอร์ และชิ้นส่วนอื่นๆ (ขยะ) ซึ่งจากการศึกษาพบว่า การขนส่งจอคอมพิวเตอร์ทั้งจอคอมพิวเตอร์โดยไม่มีการแยกชิ้นส่วนที่สามารถนำไปรีไซเคิลได้เป็นผลให้ต้นทุนการขนส่งในการจัดการแบบที่ 1 มีราคาสูงเนื่องจากปริมาณการขนส่งต่อเที่ยวต่ำ ส่วนแบบที่ 2 เป็นการกำหนดให้มีลักษณะการคัดแยกชิ้นส่วนที่สามารถรีไซเคิลได้ออกมาจากคอมพิวเตอร์ ซึ่งสามารถคัดแยกชิ้นส่วนออกได้เป็น พลาสติก เหล็ก ทองแดง อลูมิเนียม ตะกั่วและชิ้นส่วนอื่นๆ (ขยะ) โดยวิธีการนี้จะช่วยเพิ่มความสะดวกในการขนส่ง ทำให้สามารถขนส่งชิ้นส่วนต่อเที่ยวได้ในปริมาณที่มากขึ้น และเป็นการลดผลกระทบที่จะส่งผลต่อสิ่งแวดล้อมเนื่องจากวัสดุที่แยกทุกชิ้นมีคุณสมบัติในการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์สู่บรรยากาศ ดังนั้นการนำวัสดุมารีไซเคิลจึงถือเป็นการลดคาร์บอนไดออกไซด์ที่อาจถูกปลดปล่อยสู่สิ่งแวดล้อมได้ เพื่อให้สะดวกในการเปรียบเทียบกับการดำเนินงานในปัจจุบันของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ในพื้นที่ 14 จังหวัดภาคใต้ ดังนั้นในการวิเคราะห์และอภิปรายผลการวิจัยสามารถแบ่งระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ ดังแสดงในภาพประกอบ 4.3

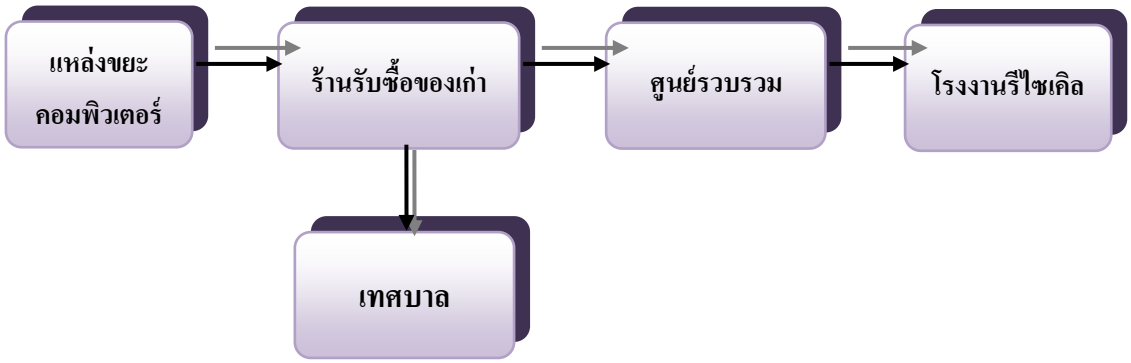


ภาพประกอบ 1.3: กรณีศึกษาของตัวแบบคณิตศาสตร์ที่ทำการศึกษา 2 กรณี

จากภาพประกอบ 4.3 สามารถสรุปทางเลือกในการวิจัยได้ดังนี้ (1) กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็ก แบบที่ 1 (2) กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็ก แบบที่ 2 (3) กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่ แบบที่ 1 และ (4) กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่ แบบที่ 2

1.2.1 กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็ก

การสร้างแบบจำลองโซ่อุปทานของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็ก เป็นการเลียนแบบจำลองระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ให้เสมือนระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ในปัจจุบัน(ดังแสดงในภาพประกอบ 4.4) ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 รูปแบบ คือ แบบที่ 1 เป็นแบบที่ไม่มีการแยกชิ้นส่วนที่สามารถนำไปรีไซเคิลออกจากจอคอมพิวเตอร์ซึ่งจะสอดคล้องกับระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ในปัจจุบันและ แบบที่ 2 เป็นแบบจำลองระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ให้สอดคล้องตามหลักการของ WEEE กับ ROHs ในการลดผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อม โดยอาศัยการนำชิ้นส่วนที่ผ่านการแยกกลับมาใช้ เพื่อลดปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งส่งผลต่อการลดภาวะโลกร้อน



ภาพประกอบ 1.4: ระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็ก

1.2.1.1 กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็ก แบบที่ 1 เป็นแบบจำลองระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์เลียนแบบระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ในปัจจุบัน คือขยะคอมพิวเตอร์ จะถูกส่งไปยังร้านรับซื้อของเก่าเพื่อผ่านกระบวนการคัดแยก ออกเป็นพลาสติก เหล็ก ทองแดง จอคอมพิวเตอร์ และชิ้นส่วนอื่นๆ (ขยะ) เมื่อกระบวนการคัดแยกเสร็จสิ้นลง พลาสติก เหล็ก ทองแดง และจอคอมพิวเตอร์จะถูกส่งต่อไปยังศูนย์รวบรวมเพื่อส่งไปรีไซเคิลยังโรงงานรีไซเคิล ส่วนชิ้นส่วนอื่นๆ (ขยะ) จะถูกส่งไปยังเทศบาลเพื่อทำการกำจัดต่อไป

ผลจากการแก้ปัญหาด้วยตัวแบบคณิตศาสตร์ที่ได้พัฒนาขึ้นมาดังแสดงในบทที่ 3 กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็ก พบว่า ตำแหน่งที่เหมาะสมของการเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็กตั้งอยู่ในพื้นที่ 12 อำเภอ ได้แก่ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา อ.เมือง จ.นครศรีธรรมราช อ.เมือง จ.สุราษฎร์ธานี อ.เมือง จ.ภูเก็ต อ.เมือง จ.ตรัง อ.เมือง จ.นราธิวาส อ.เมือง จ.กระบี่ อ.เมือง จ.ปัตตานี อ.เมือง

จ.พัทลุง อ.เมือง จ.ชุมพร อ.ตะกั่วป่า จ.พังงาและ อ.เมือง จ.ระนอง โดยต้นทุนแต่ละฝ่ายที่เกิดขึ้นในโซ่อุปทานของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ แสดงได้ดังตาราง 4.4

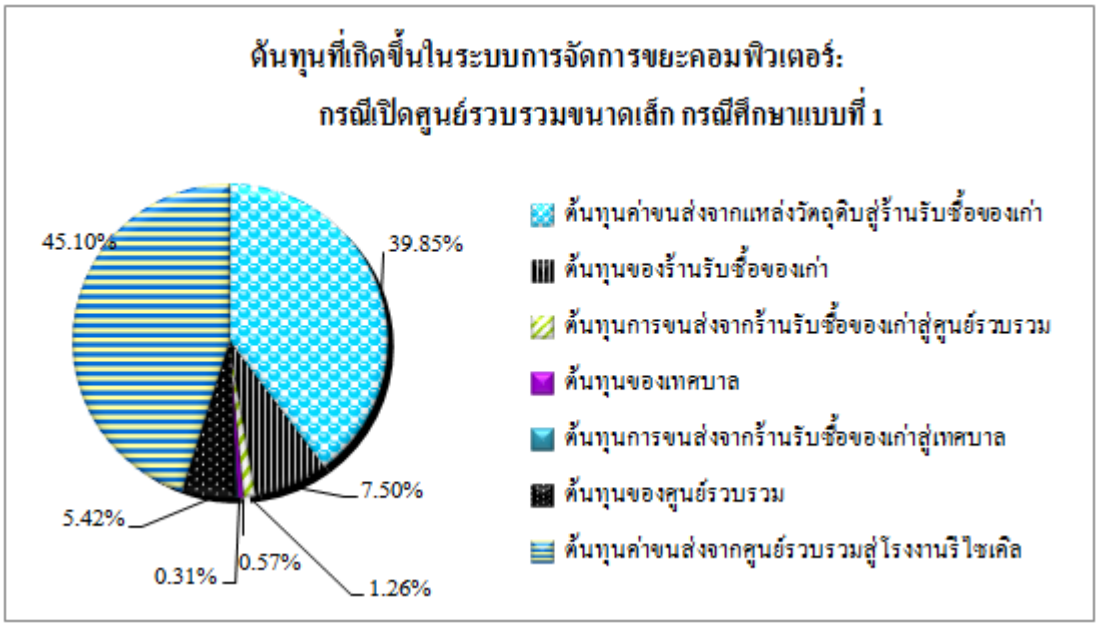
ตาราง 1.4: ต้นที่เกิดขึ้นในระบบจัดการขยะคอมพิวเตอร์: กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็กแบบที่ 1

ต้นทุนที่เกิดขึ้นในแต่ละฝ่ายในโซ่อุปทาน	มูลค่า (บาท/ปี)	เปอร์เซ็นต์
ต้นทุนค่าขนส่งจากแหล่งขยะคอมพิวเตอร์ สู่ร้านรับซื้อของเก่า	24,674,075	39.85
ต้นทุนของร้านรับซื้อของเก่า		
- ต้นทุนการแยกชิ้นส่วนขยะคอมพิวเตอร์	782,738	1.26
ต้นทุนค่าขนส่งจากร้านรับซื้อของเก่าสู่ศูนย์รวบรวม		
- ต้นทุนค่าขนส่งพลาสติก	1,475,912	2.38
- ต้นทุนค่าขนส่งเหล็ก	727,591	1.18
- ต้นทุนค่าขนส่งทองแดง	248,127	0.40
- ต้นทุนค่าขนส่งหน้าจอคอมพิวเตอร์	2,191,300	3.54
ต้นทุนของเทศบาล		
- ต้นทุนการฝังกลบ	350,711	0.57
ต้นทุนค่าขนส่งจากร้านรับซื้อของเก่าสู่เทศบาล	191,149	0.31
ต้นทุนของศูนย์รวบรวม		
- ต้นทุนการเปิดศูนย์รวบรวม	782,738	1.26
- ต้นทุนการอัดพลาสติก	35,349	0.06
- ต้นทุนการอัดเหล็ก	13,302	0.02
- ต้นทุนการอัดทองแดง	14,140	0.02
- ต้นทุนการจัดเก็บพลาสติก	40,422	0.07
- ต้นทุนการจัดเก็บเหล็ก	106,481	0.17
- ต้นทุนการจัดเก็บทองแดง	2,182,814	3.53
- ต้นทุนการจัดเก็บหน้าจอคอมพิวเตอร์	177,859	0.29

ตาราง 4.4: ต้นทุนที่เกิดขึ้นในระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์: กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็ก แบบที่ 1 (ต่อ)

ต้นทุนที่เกิดขึ้นในแต่ละฝ่ายในโซ่อุปทาน	มูลค่า (บาท/ปี)	เปอร์เซ็นต์
ต้นทุนค่าขนส่งจากศูนย์รวบรวมสู่โรงงานรีไซเคิล		
- ต้นทุนค่าขนส่งพลาสติก	9,339,873	15.08
- ต้นทุนค่าขนส่งเหล็ก	587,194	0.95
- ต้นทุนค่าขนส่งทองแดง	231,650	0.37
- ต้นทุนค่าขนส่งหน้าจอคอมพิวเตอร์	17,765,107	28.69
ต้นทุนรวม	61,918,532	100.00

จากตาราง 4.4 ตำแหน่งที่ตั้งที่เหมาะสมของศูนย์รวบรวมตั้งอยู่ในพื้นที่ดังกล่าว ทำให้คำตอบของต้นทุนรวมทั้งระบบในโซ่อุปทานของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์น้อยที่สุด คือ 61,918,532 บาทต่อปี โดยต้นทุนที่เกิดขึ้นในแต่ละฝ่ายสามารถแบ่งเป็นสัดส่วนเปอร์เซ็นต์ได้ดังแสดงในภาพประกอบ 4.5



ภาพประกอบ 1.5: สัดส่วนเปอร์เซ็นต์ของต้นทุนที่เกิดขึ้นในแต่ละฝ่ายในการเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็ก แบบที่ 1

จากการวิเคราะห์ต้นทุนที่เกิดขึ้นในแต่ละฝ่ายในโซ่อุปทานของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ พบว่า ส่วนของต้นทุนค่าขนส่งจากศูนย์รวบรวมสู่โรงงานรีไซเคิล มีสัดส่วนเปอร์เซ็นต์สูงมากที่สุดคือ 45.10% ของปริมาณต้นทุนรวม และรองลงมาคือ ต้นทุนค่าขนส่งขยะคอมพิวเตอร์จากแหล่งขยะคอมพิวเตอร์ สู่ร้านรับซื้อของเก่าเท่ากับ 39.85%ของปริมาณต้นทุนรวมทั้งระบบที่เกิดขึ้นในโซ่อุปทาน

1.2.1.2 กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็ก แบบที่ 2 เป็นแบบจำลองระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ให้สอดคล้องกับกลยุทธ์ในการลดผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อม โดยอาศัยการแยกชนิดของชิ้นส่วนที่นำกลับมารีไซเคิลให้เพิ่มมากขึ้น เนื่องจากจอคอมพิวเตอร์ประกอบไปด้วยองค์ประกอบที่ยังสามารถรีไซเคิลได้ แต่ระบบการจัดการในปัจจุบันยังไม่มีการจัดการจอคอมพิวเตอร์ ดังนั้นแบบที่ 2 จะทำให้ปริมาณชิ้นส่วนที่ถูกแยกออกมามีปริมาณมากขึ้นเมื่อผ่านกระบวนการคัดแยก ซึ่งในการศึกษานี้ทำการแยกชิ้นส่วนออกเป็น 6 ชิ้นส่วน คือ พลาสติก เหล็ก ทองแดง อลูมิเนียม ตะกั่ว และชิ้นส่วนอื่นๆ (ขยะ)

ผลจากแก้ปัญหาตัวแบบคณิตศาสตร์ กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็ก แบบที่ 2 พบว่า ตำแหน่งที่เหมาะสมของการเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็ก แบบที่ 2 จะคล้ายคลึงกับกรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็ก แบบที่ 1 โดยตั้งอยู่ในพื้นที่ 12 อำเภอ ได้แก่ อ.หาดใหญ่ อ.เมือง จ.นครศรีธรรมราช อ.เมือง จ.สุราษฎร์ธานี อ.เมือง จ.ภูเก็ต อ.เมือง จ.ตรัง อ.เมือง จ.นราธิวาส อ.เมือง จ.กระบี่ อ.เมือง จ.ปัตตานี อ.เมือง จ.พัทลุง อ.เมือง จ.ชุมพร อ.ตะกั่วป่า จ.พังงาและ อ.เมือง จ.ระนอง โดยต้นทุนแต่ละฝ่ายที่เกิดขึ้นในโซ่อุปทานของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ แสดงได้ดังตาราง 4.5

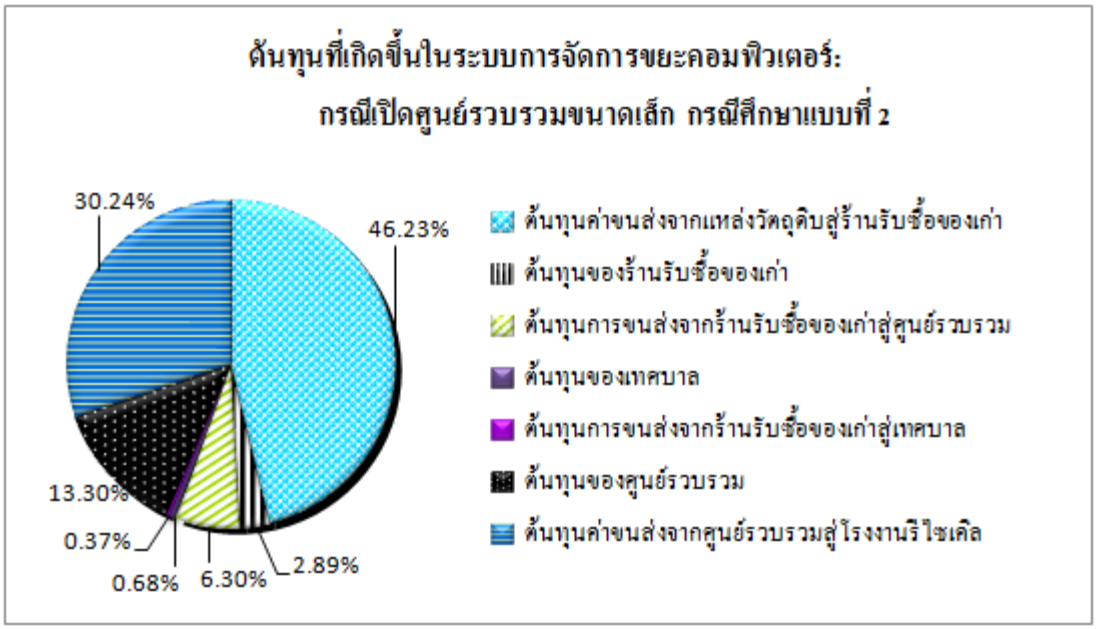
ตาราง 1.5: ต้นทุนที่เกิดขึ้นในระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์: กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็กแบบที่ 2

ต้นทุนที่เกิดขึ้นในแต่ละฝ่ายในโซ่อุปทาน	มูลค่า (บาท/ปี)	เปอร์เซ็นต์
ต้นทุนค่าขนส่งจากแหล่งขยะคอมพิวเตอร์ สู่ร้านรับซื้อของเก่า	24,668,128	46.23
ต้นทุนของร้านรับซื้อของเก่า		
- ต้นทุนการแยกชิ้นส่วนขยะคอมพิวเตอร์	1,540,380	2.89
ต้นทุนค่าขนส่งจากร้านรับซื้อของเก่าสู่ศูนย์รวบรวม		
- ต้นทุนค่าขนส่งพลาสติก	1,943,450	3.64
- ต้นทุนค่าขนส่งเหล็ก	602,202	1.13
- ต้นทุนค่าขนส่งทองแดง	210,769	0.39
- ต้นทุนค่าขนส่งอลูมิเนียม	423,440	0.79
- ต้นทุนค่าขนส่งตะกั่ว	180,467	0.34
ต้นทุนของเทศบาล		
- ต้นทุนการฝังกลบ	360,953	0.68
ต้นทุนค่าขนส่งจากร้านรับซื้อของเก่าสู่เทศบาล		
- ต้นทุนค่าขนส่งชิ้นส่วนอื่นๆ (ขยะ)	198,542	0.37
ต้นทุนของศูนย์รวบรวม		
- ต้นทุนการเปิดศูนย์รวบรวม	1,245,540	2.33
- ต้นทุนการอัดพลาสติก	54,202	0.10
- ต้นทุนการอัดเหล็ก	47,132	0.09
- ต้นทุนการอัดทองแดง	16,496	0.03
- ต้นทุนการอัดอลูมิเนียม	32,992	0.06
- ต้นทุนการจัดเก็บพลาสติก	61,981	0.12
- ต้นทุนการจัดเก็บเหล็ก	377,276	0.71
- ต้นทุนการจัดเก็บทองแดง	2,546,616	4.77
- ต้นทุนการจัดเก็บอลูมิเนียม	2,150,476	4.03
- ต้นทุนการจัดเก็บตะกั่ว	565,915	1.06

ตาราง 4.5: ต้นทุนที่เกิดขึ้นในระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์: กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็ก แบบที่ 2 (ต่อ)

ต้นทุนที่เกิดขึ้นในแต่ละฝ่ายในโซ่อุปทาน	มูลค่า (บาท/ปี)	เปอร์เซ็นต์
ต้นทุนค่าขนส่งจากศูนย์รวบรวมสู่โรงงานรีไซเคิล		
- ต้นทุนค่าขนส่งพลาสติก	14,321,138	26.84
- ต้นทุนค่าขนส่งเหล็ก	771,816	1.45
- ต้นทุนค่าขนส่งทองแดง	270,259	0.51
- ต้นทุนค่าขนส่งอลูมิเนียม	540,271	1.01
- ต้นทุนค่าขนส่งตะกั่ว	231,370	0.43
ต้นทุนรวม	53,361,812	100

จากตาราง 4.5 ตำแหน่งที่ตั้งที่เหมาะสมของศูนย์รวบรวมตั้งอยู่ในพื้นที่ดังกล่าว ทำให้คำตอบของต้นทุนรวมทั้งระบบในโซ่อุปทานของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์น้อยที่สุด คือ 53,361,812 บาทต่อปี โดยต้นทุนที่เกิดขึ้นในแต่ละฝ่ายสามารถแบ่งเป็นสัดส่วนเปอร์เซ็นต์ได้ดังแสดงในภาพประกอบ 4.6

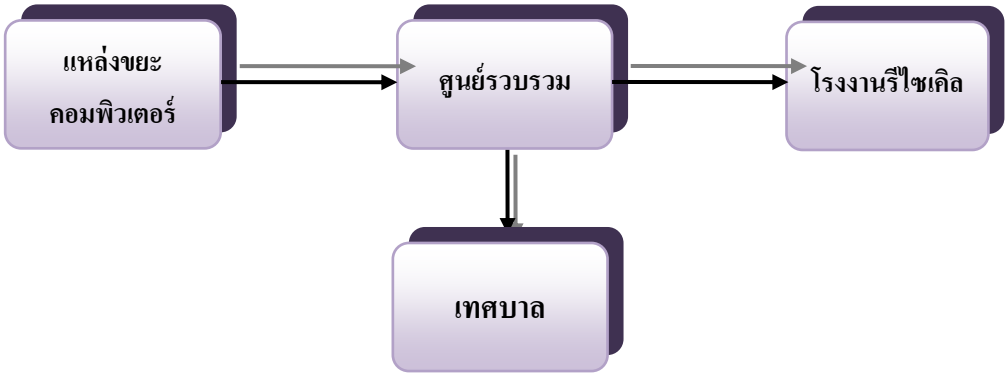


ภาพประกอบ 1.6: สัดส่วนเปอร์เซ็นต์ของต้นทุนที่เกิดขึ้นในแต่ละฝ่ายในการเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็ก แบบที่ 2

ผลจากการวิเคราะห์ต้นทุนที่เกิดขึ้นในแต่ละฝ่ายในโซ่อุปทานของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ พบว่า ส่วนของต้นทุนที่เกิดจากการเคลื่อนย้ายขยะคอมพิวเตอร์จากแหล่งขยะคอมพิวเตอร์ สู่ร้านรับซื้อของเก่า มีสัดส่วนเปอร์เซ็นต์สูงมากที่สุดคือ 46.23% ของปริมาณต้นทุนรวมและรองลงมาคือ ต้นทุนค่าขนส่งจากศูนย์รวบรวมสู่โรงงานรีไซเคิลเท่ากับ 30.24%ของปริมาณต้นทุนรวมทั้งระบบที่เกิดขึ้นในโซ่อุปทาน

1.2.2 กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่

การสร้างแบบจำลองโซ่อุปทานของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่ (ดังแสดงในภาพประกอบ 4.7) เนื่องจากการเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่จะมีต้นทุนในการเปิดศูนย์รวบรวมมากกว่าการเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็ก และกิจกรรมภายในของศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่มีความซับซ้อนกว่าจึงจำเป็นต้องใช้เงินลงทุนที่สูงกว่า โดยกิจกรรมภายในของศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่ ประกอบด้วยกิจกรรมการแยกชิ้นส่วนจนกระทั่งถึงกิจกรรมการแปรสภาพเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบเริ่มต้นของโรงงานรีไซเคิล ดังนั้นในการศึกษาจะทำการเปรียบเทียบต้นทุนรวมของการเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่กับศูนย์รวบรวมขนาดเล็ก เพื่อใช้เป็นทางเลือกในการพิจารณาความเหมาะสมในการตัดสินใจเปิดศูนย์รวบรวม โดยในการศึกษากรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่ สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 รูปแบบ คือ แบบที่ 1 และแบบที่ 2 ซึ่งเหมือนกับกรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็กเพื่อให้สะดวกต่อการเปรียบเทียบผลลัพธ์จากสมการ โดยแบบที่ 1 เป็นการจำลองจากรูปแบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ในปัจจุบัน แต่แบบที่ 2 เป็นการจำลองเพื่อลดผลกระทบที่เป็นสาเหตุของการลดภาวะโลกร้อนโดยทำการแยกชิ้นส่วนที่ให้มีชนิดเพิ่มมากขึ้นเพื่อลดปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่จะถูกปล่อยสู่บรรยากาศ



ภาพประกอบ 1.7: ระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่

1.2.2.1 กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่ แบบที่ 1 เป็นการนำเสนอแบบจำลองระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ที่ได้จากการศึกษาความสัมพันธ์ของกระบวนการต่างๆในระบบโซ่อุปทานของระบบจัดการขยะคอมพิวเตอร์ ทำให้ทราบพฤติกรรมของการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ ซึ่งสามารถนำมาพัฒนาระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ที่ควรจะเป็น คือขยะคอมพิวเตอร์จากแหล่งขยะคอมพิวเตอร์ จะถูกขนส่งไปยังศูนย์รวบรวมเพื่อผ่านกระบวนการคัดแยก ออกเป็นพลาสติก เหล็ก ทองแดง และชิ้นส่วนอื่นๆ (ขยะ) เมื่อกระบวนการคัดแยกเสร็จสิ้นลง ศูนย์รวบรวมก็จะดำเนินการรีไซเคิล พลาสติก เหล็ก และทองแดงเบื้องต้น เพื่อส่งไปยังโรงงานรีไซเคิลสำหรับผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ ส่วนชิ้นส่วนอื่นๆ (ขยะ) จะถูกส่งไปยังเทศบาลเพื่อทำการกำจัดต่อไป

ผลจากแก้ปัญหาด้วยตัวแบบคณิตศาสตร์ กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่ แบบที่ 1 พบว่า ตำแหน่งที่เหมาะสมของการเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่ ตั้งอยู่ในพื้นที่ 7 อำเภอ ได้แก่ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา อ.เมือง จ.นครศรีธรรมราช อ.บางขัน จ.นครศรีธรรมราช อ.เมือง จ.สุราษฎร์ธานี อ.มายอ จ.ปัตตานี อ.ท่าแซะ จ.ชุมพร และ อ.ท้ายเหมือง จ.พังงา โดยต้นทุนแต่ละฝ่ายที่เกิดขึ้นในโซ่อุปทานของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ แสดงได้ดังตาราง 4.6

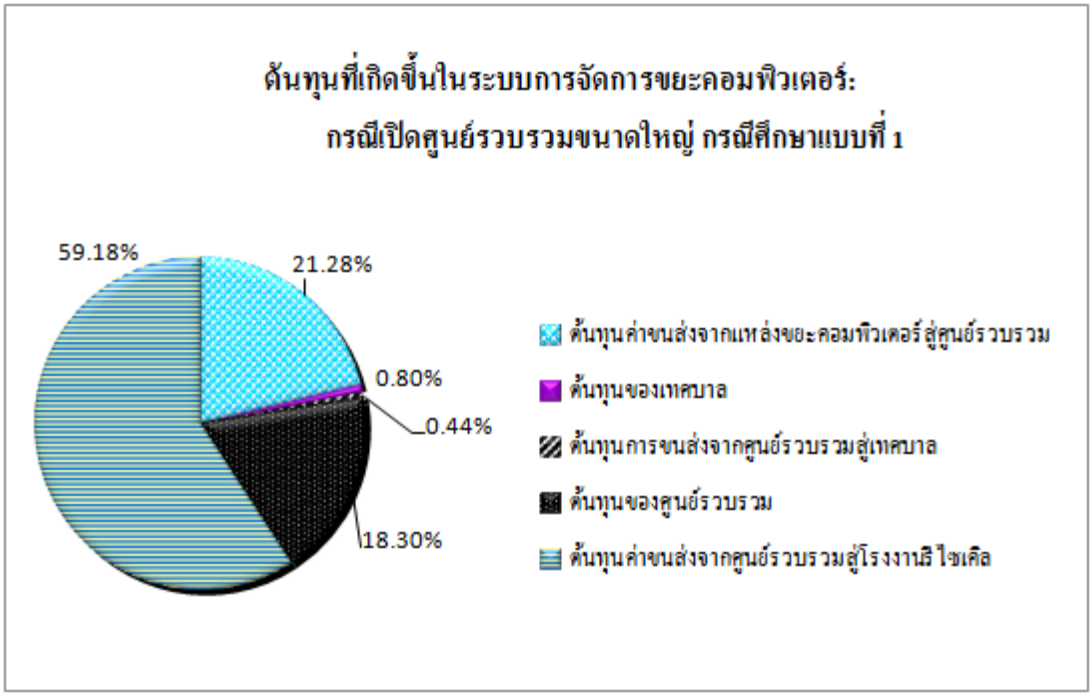
ตาราง 1.6: ต้นทุนที่เกิดขึ้นในระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์: กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่ แบบที่ 1

ต้นทุนที่เกิดขึ้นในแต่ละฝ่ายในโซ่อุปทาน	มูลค่า (บาท/ปี)	เปอร์เซ็นต์
ต้นทุนค่าขนส่งจากแหล่งขยะคอมพิวเตอร์ สู่ศูนย์รวบรวม	9,293,898	21.24
ต้นทุนจากศูนย์รวบรวมสู่โรงงานรีไซเคิล		
- ต้นทุนการแยกชิ้นส่วนขยะคอมพิวเตอร์	747,280	1.71
- ต้นทุนการเปิดศูนย์รวบรวม	4,277,180	9.78
- ต้นทุนการอัดพลาสติก	35,349	0.08
- ต้นทุนในการล้าง – สลัดแห้งพลาสติก	206,375	0.47
- ต้นทุนการอัดเหล็ก	34,613	0.08
- ต้นทุนการอัดทองแดง	14,140	0.03
- ต้นทุนการจัดเก็บพลาสติก	40,422	0.09
- ต้นทุนการจัดเก็บเหล็ก	277,065	0.63
- ต้นทุนการจัดเก็บทองแดง	2,182,814	4.99
- ต้นทุนการจัดเก็บหน้าจอคอมพิวเตอร์	177,859	0.41

ตาราง 4.6: ต้นทุนที่เกิดขึ้นในระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์: กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่แบบที่ 1 (ต่อ)

ต้นทุนที่เกิดขึ้นในแต่ละฝ่ายในโซ่อุปทาน	มูลค่า (บาท/ปี)	เปอร์เซ็นต์
ต้นทุนค่าขนส่งจากศูนย์รวบรวมสู่โรงงานรีไซเคิล		
- ต้นทุนค่าขนส่งพลาสติก	9,300,576	21.26
- ต้นทุนค่าขนส่งเหล็ก	557,345	1.27
- ต้นทุนค่าขนส่งทองแดง	227,764	0.52
- ต้นทุนค่าขนส่งหน้าจอคอมพิวเตอร์	15,763,095	36.03
ต้นทุนของศูนย์รวบรวม		
- ต้นทุนการฝังกลบ	350,711	0.80
ต้นทุนค่าขนส่งจากศูนย์รวบรวมสู่เทศบาล		
- ต้นทุนค่าขนส่งชิ้นส่วนอื่นๆ (ขยะ)	191,149	0.44
ต้นทุนรวม	43,746,882	100

จากตาราง 4.6 พบต้นทุนรวมของ ตำแหน่งที่ตั้งที่เหมาะสมของศูนย์รวบรวมตั้งอยู่ในพื้นที่ดังกล่าว ในโซ่อุปทานของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์น้อยที่สุด คือ 43,746,882บาทต่อปี โดยต้นทุนที่เกิดขึ้นในแต่ละฝ่ายสามารถแบ่งเป็นสัดส่วนเปอร์เซ็นต์ได้ดังแสดงในภาพประกอบ 4.8



ภาพประกอบ 1.8: สัดส่วนเปอร์เซ็นต์ของต้นทุนที่เกิดขึ้นในแต่ละฝ่ายในการเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่ แบบที่ 1

ผลจากวิเคราะห์ต้นทุนที่เกิดขึ้นในแต่ละฝ่ายในโซ่อุปทานของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ พบว่า ส่วนของต้นทุนค่าขนส่งจากศูนย์รวบรวมสู่โรงงานรีไซเคิล มีสัดส่วนเปอร์เซ็นต์สูงมากที่สุดคือ 59.18% ของปริมาณต้นทุนรวมและรองลงมาคือ ต้นทุนค่าขนส่งจากแหล่งขยะคอมพิวเตอร์ ศูนย์รวบรวมเท่ากับ 21.28%ของปริมาณต้นทุนรวมทั้งระบบที่เกิดขึ้นในโซ่อุปทาน

1.2.2.2 กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่ แบบที่ 2 เป็นแบบจำลองระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ให้สอดคล้องกับกลยุทธ์ในการลดผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อม โดยอาศัยการแยกชนิดของชิ้นส่วนที่นำกลับมารีไซเคิลให้เพิ่มมากขึ้น เนื่องจากจอคอมพิวเตอร์ประกอบไปด้วยองค์ประกอบที่ยังสามารถรีไซเคิลได้ แต่ระบบการจัดการในปัจจุบันยังไม่มีการจัดการจอคอมพิวเตอร์ ดังนั้นแบบที่ 2 จะทำให้ปริมาณชิ้นส่วนที่ถูกแยกออกมามีปริมาณมากขึ้นเมื่อผ่านกระบวนการคัดแยก ซึ่งในการศึกษานี้ทำการแยกชิ้นส่วนออกเป็น 6 ชิ้นส่วน คือ พลาสติก เหล็ก ทองแดง อลูมิเนียม ตะกั่ว และชิ้นส่วนอื่นๆ (ขยะ)

ผลจากการแก้ปัญหาด้วยตัวแบบคณิตศาสตร์ กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่ แบบที่ 2 พบว่า ตำแหน่งที่เหมาะสมของการเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่ แบบที่ 2 จะคล้ายคลึงกับ

กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่ แบบที่ 1 โดยตั้งอยู่ในพื้นที่ 7 อำเภอ ได้แก่ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา อ.เมือง จ.นครศรีธรรมราช อ.บางขัน จ.นครศรีธรรมราช อ.เมือง จ.สุราษฎร์ธานี อ.มายอ จ.ปัตตานี อ.ท่าแซะ จ.ชุมพร และ อ.ท้ายเหมือง จ.พังงา โดยต้นทุนแต่ละฝ่ายที่เกิดขึ้นในโซ่อุปทานของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์แสดงได้ดังตาราง 4.7

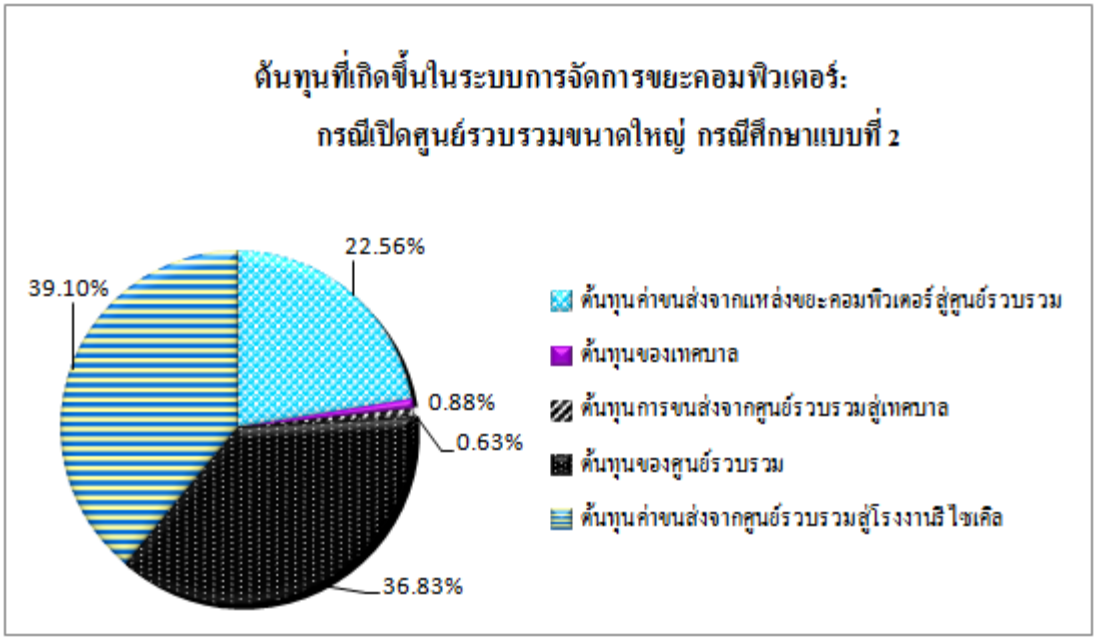
ตาราง 1.7: ต้นทุนที่เกิดขึ้นในระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์: กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่ แบบที่ 2

ต้นทุนที่เกิดขึ้นในแต่ละฝ่ายในโซ่อุปทาน	มูลค่า (บาท/ปี)	เปอร์เซ็นต์
ต้นทุนค่าขนส่งจากแหล่งขยะคอมพิวเตอร์ สู่ศูนย์รวบรวม	9,293,898	22.56
ต้นทุนจากศูนย์รวบรวมสู่โรงงานรีไซเคิล		
- ต้นทุนการแยกชิ้นส่วนขยะคอมพิวเตอร์	1,540,380	3.74
- ต้นทุนการเปิดศูนย์รวบรวม	4,277,180	10.38
- ต้นทุนการอัดพลาสติก	54,202	0.13
- ต้นทุนในการล้าง – สลัดแห้งพลาสติก	316,442	0.77
- ต้นทุนการอัดเหล็ก	47,132	0.11
- ต้นทุนการอัดทองแดง	16,496	0.04
- ต้นทุนการอัดอลูมิเนียม	32,992	0.08
- ต้นทุนการหลอมตะกั่ว	3,181,399	7.72
- ต้นทุนการจัดเก็บพลาสติก	61,981	0.15
- ต้นทุนการจัดเก็บเหล็ก	377,276	0.92
- ต้นทุนการจัดเก็บทองแดง	2,546,616	6.18
- ต้นทุนการจัดเก็บอลูมิเนียม	2,150,476	5.22
- ต้นทุนการจัดเก็บตะกั่ว	565,915	1.37
ต้นทุนค่าขนส่งจากศูนย์รวบรวมสู่โรงงานรีไซเคิล		
- ต้นทุนค่าขนส่งพลาสติก	14,314,913	34.75
- ต้นทุนค่าขนส่งเหล็ก	761,142	1.85
- ต้นทุนค่าขนส่งทองแดง	266,583	0.65
- ต้นทุนค่าขนส่งอลูมิเนียม	532,800	1.29
- ต้นทุนค่าขนส่งตะกั่ว	228,770	0.56

ตาราง 4.7: ต้นทุนที่เกิดขึ้นในระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์: กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่ที่มีรูปแบบการแยกแบบกรณีศึกษา (แบบที่ 2) (ต่อ)

ต้นทุนที่เกิดขึ้นในแต่ละฝ่ายในโซ่อุปทาน	มูลค่า (บาท/ปี)	เปอร์เซ็นต์
ต้นทุนของเทศบาล		
- ต้นทุนการฝังกลบ	362,804	0.88
ต้นทุนค่าขนส่งจากศูนย์รวบรวมสู่เทศบาล		
- ต้นทุนค่าขนส่งชิ้นส่วนอื่นๆ (ขยะ)	260,999	0.63
ต้นทุนรวม	41,190,396	100.00

จากตาราง 4.7 พบต้นทุนรวมของตำแหน่งที่ตั้งที่เหมาะสมของศูนย์รวบรวมตั้งอยู่ในพื้นที่ดังกล่าว ในโซ่อุปทานของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์น้อยที่สุด คือ 41,190,396 บาทต่อปี โดยต้นทุนที่เกิดขึ้นในแต่ละฝ่ายสามารถแบ่งเป็นสัดส่วนเปอร์เซ็นต์ได้ดังแสดงในภาพประกอบ 4.9



ภาพประกอบ 1.9: สัดส่วนเปอร์เซ็นต์ของต้นทุนที่เกิดขึ้นในแต่ละฝ่ายในการเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่ แบบที่ 2

ผลจากการวิเคราะห์ต้นทุนที่เกิดขึ้นในแต่ละฝ่ายในโซ่อุปทานของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ พบว่า ส่วนของต้นทุนค่าขนส่งจากศูนย์รวบรวมสู่โรงงานรีไซเคิล มีสัดส่วนเปอร์เซ็นต์สูงมากที่สุดคือ 39.10% ของปริมาณต้นทุนรวมและรองลงมาคือ ต้นทุนค่าขนส่งจากแหล่งขยะคอมพิวเตอร์ สู่ศูนย์รวบรวมเท่ากับ 40.81%ของปริมาณต้นทุนรวมทั้งระบบที่เกิดขึ้นในโซ่อุปทาน

1.3 เปรียบเทียบผลการวิจัยของตัวแบบคณิตศาสตร์

จากการวิเคราะห์ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ทำให้ทราบถึงต้นทุนที่เกิดขึ้นในแต่ละตัวแบบของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ เพื่อให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย ในส่วนของการวิเคราะห์รูปแบบการรวบรวมการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ที่เหมาะสม รวมถึงศึกษาที่ตั้งของศูนย์รวบรวม เพื่อลดต้นทุนที่เกิดขึ้นในโซ่อุปทานและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม จึงเป็นการวิเคราะห์เปรียบเทียบแต่ละรูปแบบของการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ที่เกิดขึ้นในโซ่อุปทานของตัวแบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ ดังแสดงในตาราง 4.8

ตาราง 1.8: ต้นทุนที่เกิดขึ้นในระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ ในกรณีต่างๆ

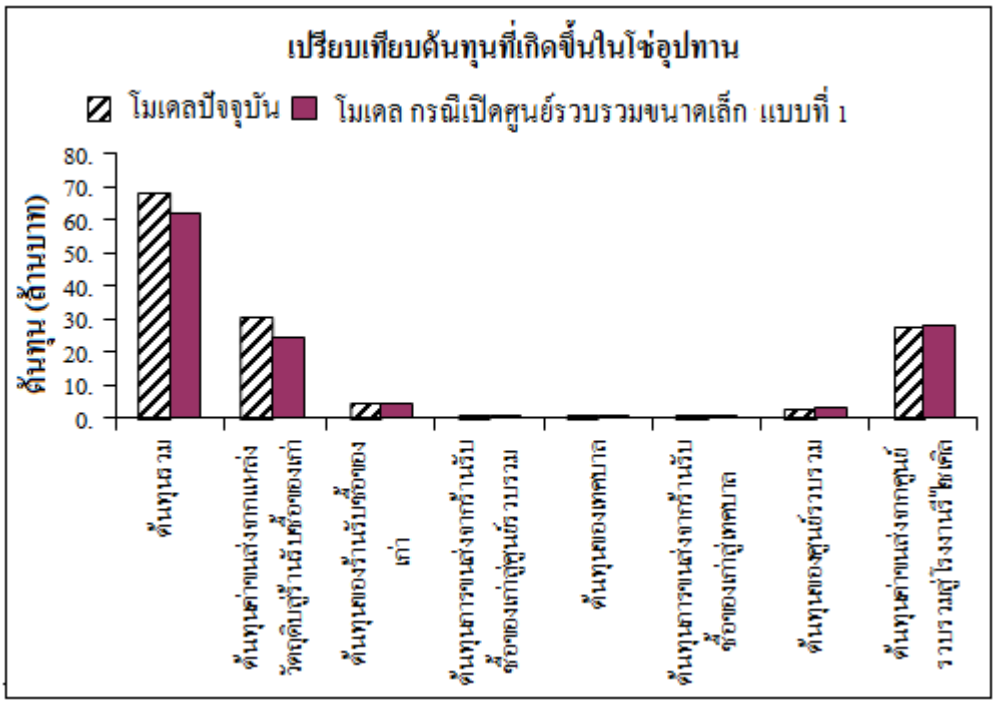
(หน่วย: บาทต่อปี)

ต้นทุน	การจัดการในปัจจุบัน	กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็ก		กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่	
		แบบที่ 1	แบบที่ 2	แบบที่ 1	แบบที่ 2
ต้นทุนค่าขนส่งจากแหล่งขยะคอมพิวเตอร์สู่ร้านรับซื้อของเก่า	30,805,133	24,674,075	24,668,128	9,293,898	9,293,898
ต้นทุนของร้านรับซื้อของเก่า	4,561,133	782,738	1,540,380	-	-
ต้นทุนการขนส่งจากร้านรับซื้อของเก่าสู่ศูนย์รวบรวม	1,155,285	4,642,930	3,360,328	-	-
ต้นทุนของเทศบาล	341,762	350,711	360,953	350,711	362,804
ต้นทุนการขนส่งจากร้านรับซื้อของเก่าสู่เทศบาล	520,748	191,149	198,542	191,149	260,999
ต้นทุนของศูนย์รวบรวม	2,796,626	3,353,105	7,098,626	7,993,097	15,168,487
ต้นทุนค่าขนส่งจากศูนย์รวบรวมสู่โรงงานรีไซเคิล	27,705,543	27,923,824	16,134,854	25,848,780	16,104,208
ต้นทุนรวม	67,886,229	61,918,532	53,361,812	43,677,635	41,190,396

เมื่อทำการเปรียบเทียบต้นทุนรวมที่เกิดขึ้นจากตาราง 4.8 พบว่า ต้นทุนรวมของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่ แบบที่ 2 มีต้นทุนรวมต่ำที่สุด คือเท่ากับ 41,190,396 บาทต่อปี ลองลงมาคือกรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่ แบบที่ 1 มีต้นทุนรวมเท่ากับ 43,677,635 บาทต่อปี เพื่อให้การอภิปรายผลการวิจัยที่ชัดเจน ผู้วิจัยจึงได้ทำการเปรียบเทียบต้นทุนที่เกิดขึ้นในระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ในพื้นที่ 14 จังหวัดภาคใต้ โดยทำการเปรียบเทียบตัวแบบที่เกิดขึ้นดังนี้ (1) เปรียบเทียบการดำเนินงานของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ในปัจจุบันกับกรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็ก แบบที่ 1 (2) เปรียบเทียบกรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็กกับกรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่ และ (3) เปรียบเทียบระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ แบบที่ 1 กับแบบที่ 2

1.3.1 เปรียบเทียบการดำเนินงานของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ในปัจจุบันกับกรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็ก แบบที่ 1

ผลจากการวิจัยระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ในปัจจุบันและระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์กรณีการเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็ก แบบที่ 1 เพื่อพิจารณาเปรียบเทียบต้นทุนในระบบโซ่อุปทานจากทั้งสองกรณี ดังแสดงในภาพประกอบ 4.10



ภาพประกอบ 1.10: การเปรียบเทียบต้นทุนที่เกิดขึ้นของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ในปัจจุบันและกรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็ก แบบที่ 1

จากภาพประกอบ 4.10 พบว่า ต้นทุนรวมที่เกิดจากระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ในสภาวะปัจจุบันมีค่ามากกว่าต้นทุนรวมที่เกิดจากระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็ก แบบที่ 1 เนื่องจากในตัวแบบคณิตศาสตร์จะทำการเลือกเส้นทางที่ทำให้ต้นทุนต่ำสุด แต่ในปัจจุบันการขนส่งขยะคอมพิวเตอร์จะทำการส่งไปยังร้านรับซื้อของเก่าภายในอำเภอเดียวกัน ทำให้ต้นทุนค่าขนส่งจากระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็กในส่วนของแหล่งขยะคอมพิวเตอร์ สู่ร้านรับซื้อของเก่ามีค่าขนส่งลดลงส่งผลให้ต้นทุนรวมทั้งระบบของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็กลดลงตามไปด้วย

1.3.2 เปรียบเทียบระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็กและระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่

ผลจากการวิจัยระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็กและระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์กรณีการเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่ ทั้งแบบที่ 1 และแบบที่ 2 เพื่อพิจารณาเปรียบเทียบต้นทุนในระบบโซ่อุปทานจากทั้งสองกรณี ดังแสดงในตาราง 4.9

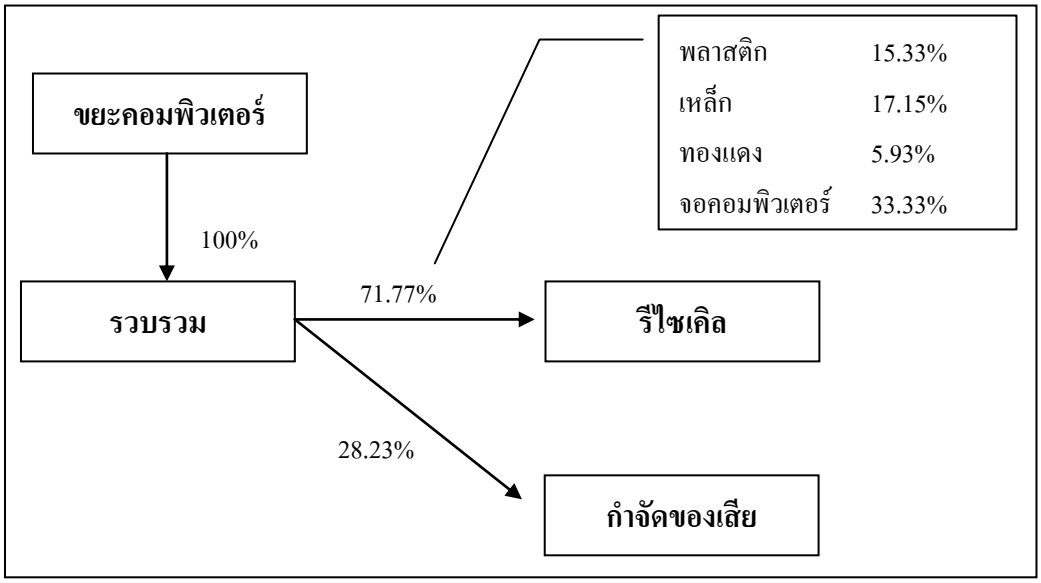
ตาราง 1.9: เปรียบเทียบกรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็กและระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่ แบบที่ 1 กับ แบบที่ 2

ต้นทุน	กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็ก		กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่	
	แบบที่ 1	**แบบที่ 2**	**แบบที่ 1**	**แบบที่ 2**
ต้นทุนค่าขนส่งจากแหล่งขยะคอมพิวเตอร์สู่ร้านรับซื้อของเก่า	24,674,075	24,668,128	9,293,898	9,293,898
ต้นทุนของร้านรับซื้อของเก่า	782,738	1,540,380	-	-
ต้นทุนการขนส่งจากร้านรับซื้อของเก่าสู่ศูนย์รวบรวม	4,642,930	3,360,328	-	-
ต้นทุนของเทศบาล	350,711	360,953	350,711	362,804
ต้นทุนการขนส่งจากร้านรับซื้อของเก่าสู่เทศบาล	191,149	198,542	191,149	260,999
ต้นทุนของศูนย์รวบรวม	3,353,105	7,098,626	7,993,097	15,168,487
ต้นทุนค่าขนส่งจากศูนย์รวบรวมสู่โรงงานรีไซเคิล	27,923,824	16,134,854	25,848,780	16,104,208
ต้นทุนรวม	61,918,532	53,361,812	43,677,635	41,190,396

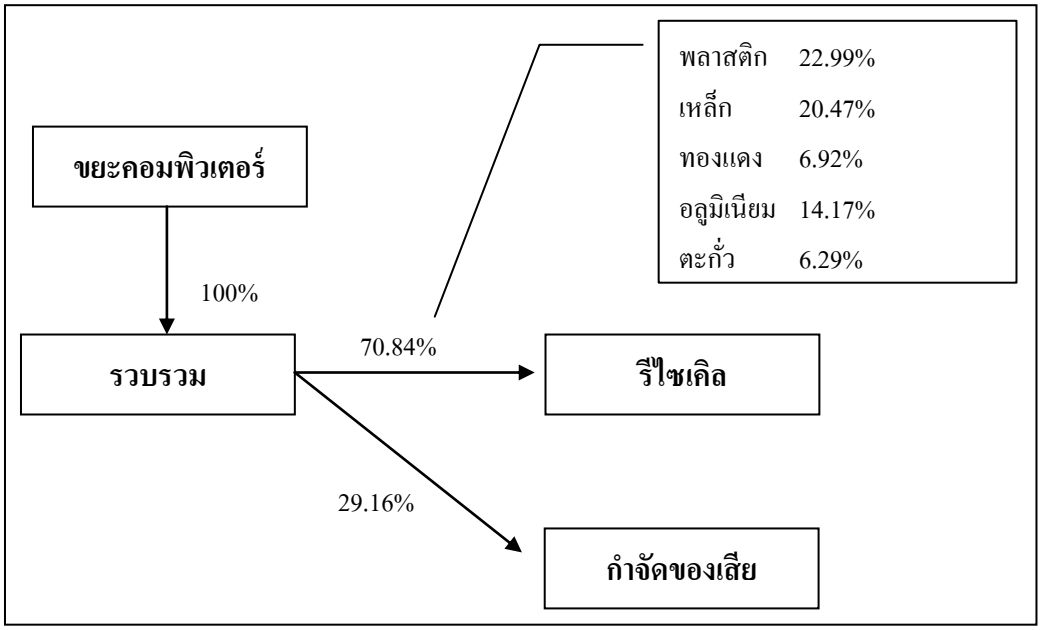
จากตาราง 4.9 พบว่า ต้นทุนรวมที่เกิดจากระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็ก มีค่ามากกว่าต้นทุนรวมที่เกิดจากระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่ เนื่องจากกรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่เป็นทำการรวบรวมโดยไม่ผ่านร้านรับซื้อของเก่า ซึ่งต้นทุนการขนส่งจากแหล่งมาร้านรับซื้อของเก่า กรณีศูนย์รวบรวมขนาดเล็กจะสูงกว่าต้นทุนจากแหล่งขยะคอมพิวเตอร์ไปยังศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่ เนื่องจากกรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็กมีการรวบรวมผ่านร้านรับซื้อของเก่า ซึ่งร้านรับซื้อของเก่าจะกระจายอยู่ในทุกอำเภอ ทำให้เกิดต้นทุนในการรวบรวมมากกว่ากรณีการเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่

1.3.3 เปรียบเทียบระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ แบบที่ 1 กับ แบบที่ 2

จากการศึกษาตัวแบบทางคณิตศาสตร์ทั้งกรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็กและกรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่ ได้นำเสนอกลยุทธ์ในการลดผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมโดยทำการศึกษาระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์แบบที่ 1 และแบบที่ 2 โดยระบบการจัดการคอมพิวเตอร์แบบที่ 1 เป็นการจำลองจากรูปแบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ในปัจจุบัน ซึ่งศึกษาโดยการแยกออกได้เป็น พลาสติก เหล็ก ทองแดงและจอคอมพิวเตอร์เพื่อนำไปรีไซเคิล (ดังภาพประกอบ 4.11) ส่วนแบบที่ 2 เป็นการจำลองเพื่อลดผลกระทบที่เป็นสาเหตุของการเกิดภาวะโลกร้อนโดยทำการแยกชิ้นส่วนที่ให้มีปริมาณมากขึ้น โดยแยกออกได้เป็น พลาสติก เหล็ก ทองแดง อลูมิเนียมและตะกั่วเพื่อนำไปรีไซเคิล (ดังภาพประกอบ 4.12)



ภาพประกอบ 1.11: การจัดการแบบแบบที่ 1



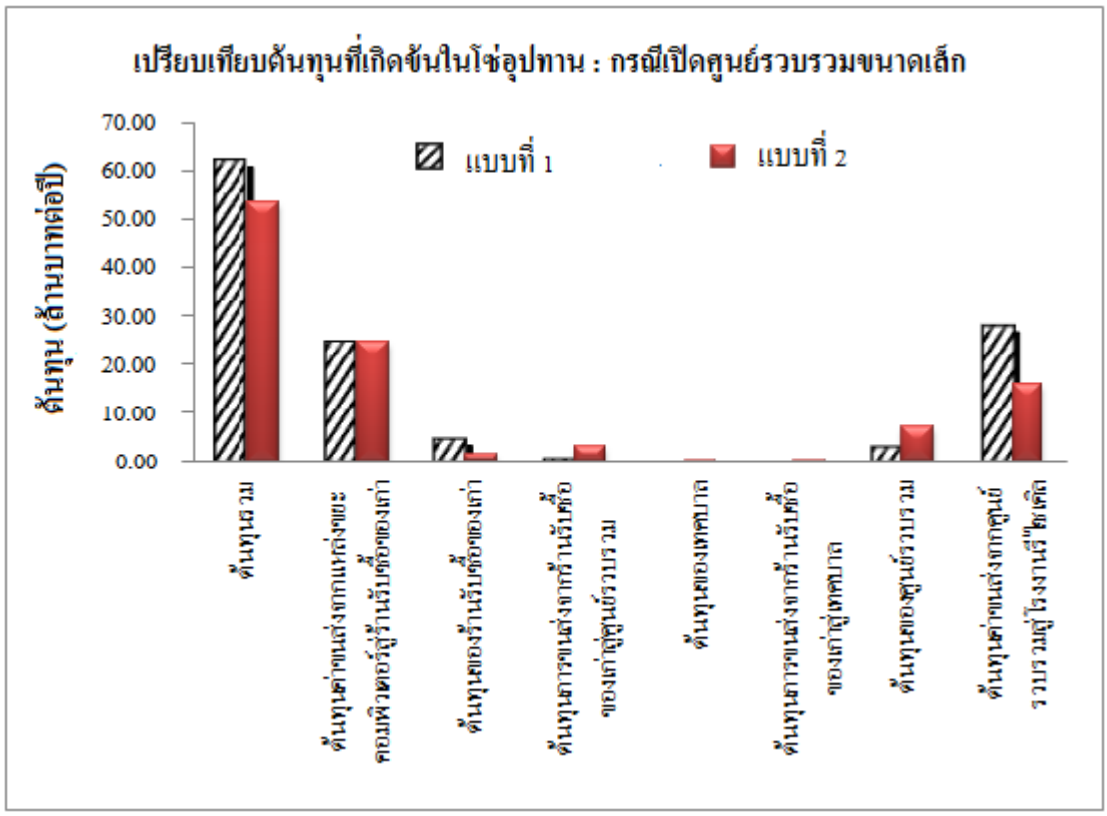
ภาพประกอบ 1.12: การจัดการแบบที่ 2

จากภาพประกอบ 4.11 และ ภาพประกอบ 4.12 สามารถอธิบายได้ว่า ในการศึกษากำหนดให้การแยกชิ้นส่วนขยะคอมพิวเตอร์ทั้ง 2 แบบมีประสิทธิภาพในการรวบรวมขยะคอมพิวเตอร์จากลูกค้าโดยผ่านร้านรับซื้อของเก่าและศูนย์รวบรวม คิดเป็น 100% ของปริมาณขยะคอมพิวเตอร์ทั้งหมด โดยแบ่งออกเป็นประสิทธิภาพในการรีไซเคิลชิ้นส่วนที่สามารถนำกลับมาใช้ได้ และ ประสิทธิภาพในการกำจัดของเสียในรูปแบบเดียวกับขยะมูลฝอยชุมชน คิดเป็น 71.77% และ 28.23% ในการศึกษารูปแบบการแยกชิ้นส่วนขยะคอมพิวเตอร์ แบบที่ 1 และ ในการศึกษารูปแบบการแยกชิ้นส่วนขยะคอมพิวเตอร์ แบบที่ 2 คิดเป็น 70.84% และ 29.16% ตามลำดับ โดยในการศึกษาทั้ง 2 รูปแบบจะมีสัดส่วนของวัสดุที่สามารถนำไปรีไซเคิลได้แตกต่างกัน ซึ่งแบบที่ 1 มีสัดส่วนของวัสดุที่สามารถนำไปรีไซเคิลได้ ประกอบด้วย พลาสติก 15.33% เหล็ก 17.15% ทองแดง 5.93% และ จอคอมพิวเตอร์ 33.33% แต่ในการศึกษาแบบที่ 2 มีสัดส่วนของวัสดุที่สามารถนำไปรีไซเคิลได้ ประกอบด้วย พลาสติก 22.99% เหล็ก 20.47% ทองแดง 6.92% อลูมิเนียม 14.17% และ ตะกั่ว 6.29% จากสัดส่วนของวัสดุที่สามารถนำไปรีไซเคิลได้ข้างต้นจะเห็นได้ว่ารูปแบบการแยกแบบที่ 2 มีสัดส่วนของพลาสติก เหล็ก และ ทองแดง เพิ่มสูงขึ้นเนื่องจากการแยกชิ้นส่วนที่เป็นองค์ประกอบของจอคอมพิวเตอร์ นอกจากนี้ในแบบที่ 2 ยังมีการแยกวัสดุที่สามารถนำไปรีไซเคิลได้เพิ่มเติมเมื่อเปรียบเทียบกับแบบที่ 1 ได้แก่ อลูมิเนียม และ ตะกั่ว เนื่องจากแบบที่ 2 เป็นการศึกษารูปแบบการแยกชิ้นส่วนที่สามารถนำไปรีไซเคิลได้ภายใต้แนวคิดการประยุกต์ใช้

ระเบียบ ROHs และ WEEE ในการคัดแยกชิ้นส่วนที่มีมูลค่าออกมาเพื่อนำไปรีไซเคิลในรูปของเศษวัสดุและส่งต่อให้กับอุตสาหกรรมพื้นฐานอื่นๆเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบต่อไป

ดังนั้นในการศึกษาจะทำการเปรียบเทียบต้นทุนรวมของระบบการจัดการคอมพิวเตอร์แบบที่ 1 และแบบที่ 2 ทั้งกรณีการเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็กและกรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่ ดังนี้

1.3.3.1 กรณีการเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็ก ผลจากการวิจัยระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็กแบบที่ 1 กับแบบที่ 2 เพื่อพิจารณาเปรียบเทียบต้นทุนในระบบโซ่อุปทานจากทั้งสองกรณี ดังแสดงในภาพประกอบ 4.13

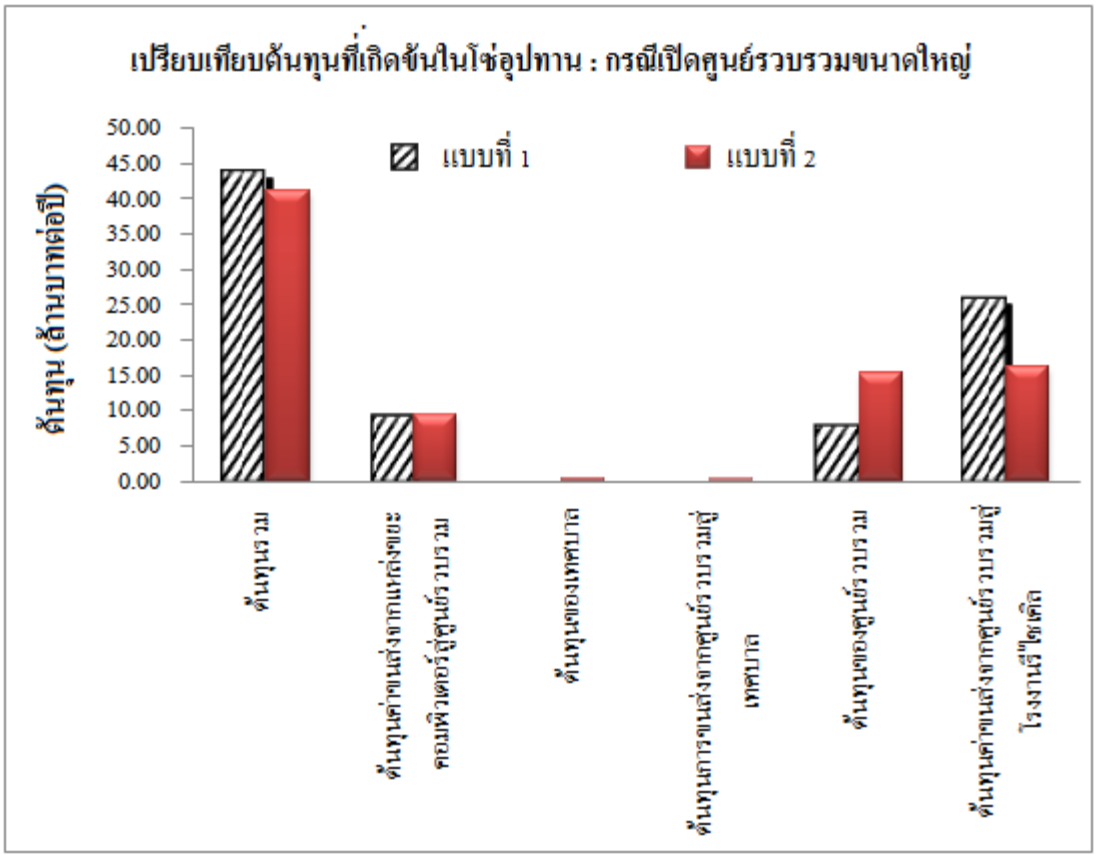


ภาพประกอบ 1.13: การเปรียบเทียบต้นทุนที่เกิดขึ้นของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็ก แบบที่ 1 กับ แบบที่ 2

จากภาพประกอบ 4.13 พบว่า ต้นทุนรวมของโซ่อุปทานในระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์แบบที่ 2 มีค่าต่ำกว่าแบบที่ 1 เนื่องจากในระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์แบบที่ 1 มีกิจกรรมในการแยกชิ้นส่วนจากจอคอมพิวเตอร์เพื่อนำไปรีไซเคิล ทำให้เกิดต้นทุนของศูนย์

รวบรวมสูงกว่าแบบที่ 1 คิดเป็น 47.24 เปอร์เซ็นต์ของแบบที่ 2 และจากการแยกชิ้นส่วนจากจอคอมพิวเตอร์ทำให้สามารถขนส่งชิ้นส่วนต่างๆของขยะคอมพิวเตอร์ได้ในปริมาณที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ต้นทุนค่าขนส่งของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์แบบที่ 2 ลดลง 57.78 เปอร์เซ็นต์ของแบบที่ 1 เป็นผลให้ต้นทุนรวมทั้งระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ แบบที่ 2 ลดลงตามไปด้วย

1.3.3.2 กรณีการเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่ ผลจากการวิจัยระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่ แบบที่ 1 กับแบบที่ 2 เพื่อพิจารณาเปรียบเทียบต้นทุนในระบบโซ่อุปทานจากทั้งสองกรณี ดังแสดงในภาพประกอบ 4.14



ภาพประกอบ 1.14: การเปรียบเทียบต้นทุนที่เกิดขึ้นในระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่ แบบที่ 1 กับแบบที่ 2

จากภาพประกอบ 4.14 พบว่า ต้นทุนรวมของโซ่อุปทานในระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์แบบที่ 2 มีค่าต่ำกว่าแบบที่ 1 เนื่องจากในระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์แบบที่ 2 มีกิจกรรมในการแยกชิ้นส่วนจากจอคอมพิวเตอร์เพื่อนำไปรีไซเคิล ทำให้เกิดต้นทุนของศูนย์

รวบรวมสูงกว่าแบบที่ 1 คิดเป็น 52.70 เปอร์เซ็นต์ของแบบที่ 2 และจากการแยกชิ้นส่วนจากจอคอมพิวเตอร์ทำให้สามารถขนส่งชิ้นส่วนต่างๆของขยะคอมพิวเตอร์ได้ในปริมาณที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ต้นทุนค่าขนส่งของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์แบบที่ 2 ลดลง 62.30 เปอร์เซ็นต์ของแบบที่ 1 เป็นผลให้ต้นทุนรวมทั้งระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ แบบที่ 2 ลดลงตามไปด้วย

1.3.3.3 การเปรียบเทียบการปล่อยการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ แบบที่ 1 กับแบบที่ 2 จากการแยกชิ้นส่วนออกจากขยะคอมพิวเตอร์เพื่อรีไซเคิลเป็นผลทำให้มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาสู่ชั้นบรรยากาศ ซึ่งสามารถคำนวณหาปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกปล่อยออกมาของชิ้นส่วนต่างๆได้ โดยนำปริมาณของชิ้นส่วน (หน่วย: กิโลกรัม) มาคูณด้วยค่าแฟคเตอร์ของการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งค่าแฟคเตอร์ของพลาสติก เหล็ก ทองแดง อลูมิเนียมและตะกั่วมีค่าเท่ากับ 2.19 1.76 2.01 5.91 และ 27.7 ตามลำดับ จากข้อมูลดังกล่าวผู้วิจัยนำมาใช้ในการคำนวณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ดังแสดงตัวอย่างการคำนวณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของพลาสติกแบบที่ 1 ได้ 623,804 * 2.19 = 1,366,131 กิโลคาร์บอน ($kgCO_2$) ของขยะคอมพิวเตอร์ โดยการวิเคราะห์ดังกล่าวได้แสดงไว้ในตาราง 4.10

ตาราง 1.10: ค่าการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ลดลงในชิ้นส่วนต่างๆของขยะคอมพิวเตอร์

ชิ้นส่วนต่างๆของขยะคอมพิวเตอร์	**ค่าการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (กิโลคาร์บอน: $kgCO_2$)**	
	แบบที่ 1	**แบบที่ 2**
พลาสติก	1,366,131	2,094,734
เหล็ก	1,244,281	1,463,860
ทองแดง	501,538	585,128
อลูมิเนียม	-	3,440,903
ตะกั่ว	-	6,911,748
รวม	3,111,950	14,496,372

จากการศึกษาระบบการจัดการแบบที่ 1 และแบบที่ 2 เพื่อลดผลกระทบที่เป็นสาเหตุของการลดภาวะโลกร้อนโดยทำการแยกชิ้นส่วนให้มีชนิดของชิ้นส่วนในการแยกเพิ่มมากขึ้น เพื่อลดปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่จะถูกปล่อยสู่บรรยากาศ จากตาราง 4.10 พบว่าระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์แบบที่ 1 สามารถลดการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ได้เท่ากับ 3,111,950

กิโลคาร์บอนต่อปี ส่วนระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์แบบที่ 2 สามารถลดการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ได้เท่ากับ 14,496,372 กิโลคาร์บอนต่อปี เนื่องจากระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ แบบที่ 2 สามารถแยกชิ้นส่วนได้มากขึ้น ส่งผลให้การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลดลงทำให้สามารถลดภาวะโลกร้อนได้ดีกว่าแบบที่ 1

1.4 การวิเคราะห์ความไว

การสร้างตัวแบบโซ่อุปทานโดยการใช้ตัวแบบคณิตศาสตร์มีการพิจารณาภายใต้ข้อจำกัดต่างๆ ดังนั้น เพื่อช่วยให้ผู้ที่เกี่ยวข้องมีความมั่นใจในการตัดสินใจเกี่ยวกับการจัดการระบบโซ่อุปทานของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ในเขตพื้นที่ 14 จังหวัดภาคใต้มากขึ้น การวิเคราะห์ความไวของตัวแบบคณิตศาสตร์จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งเพื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของคำตอบที่ดีที่สุด เมื่อค่าคงที่ ตัวแปรและข้อจำกัดต่างๆ ของตัวแบบคณิตศาสตร์เปลี่ยนไป สำหรับงานวิจัยนี้ใช้การวิเคราะห์ความไวของผลการวิจัย โดยพิจารณาภายใต้สถานการณ์ที่มีความไม่แน่นอนของปริมาณขยะคอมพิวเตอร์ ผลการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนรวมทั้งระบบในโซ่อุปทานและตำแหน่งที่ตั้งที่เหมาะสมของศูนย์รวบรวม ในระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ในกรณีต่างๆ ดังนี้

1.4.1 กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็ก

ผลการวิเคราะห์ความไวของปริมาณขยะคอมพิวเตอร์ กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็ก แบบที่ 1 กับแบบที่ 2 พบว่า ในปี พ.ศ. 2552 – พ.ศ. 2555 เมื่อปริมาณขยะคอมพิวเตอร์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ทำให้ต้นทุนรวมเพิ่มขึ้นและส่งผลให้มีการเปิดศูนย์รวบรวมเพิ่ม 2 แห่ง คือ อ.เมือง จ.พัทลุง และ อ.เมือง จ.สตูล เมื่อเทียบกับปี พ.ศ. 2551 ดังแสดงในตาราง 4.11

ตาราง 1.11: ผลจากการวิเคราะห์ความไวด้านปริมาณขยะคอมพิวเตอร์ กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็ก แบบที่ 1 กับแบบที่ 2

ความสามารถของปริมาณคอมพิวเตอร์	แบบที่ 1	แบบที่ 2	ตำแหน่งที่ตั้งของศูนย์รวบรวม
ปี พ.ศ.2551	67,886,229	53,361,812	อ.หาดใหญ่ จ. สงขลา อ.เมือง จ.นครศรีธรรมราช อ.เมือง จ.สุราษฎร์ธานี อ.เมือง จ.ภูเก็ต อ.เมือง จ.ตรัง อ.เมือง จ.นราธิวาส อ.เมือง จ.กระบี่ อ.เมือง จ.ปัตตานี อ.เมือง จ.ชุมพร อ.ตะกั่วป่า จ.พังงา อ.เมือง จ.ระนอง
ปี พ.ศ.2552	84,865,630	73,940,640	อ.หาดใหญ่ จ. สงขลา อ.เมือง จ.นครศรีธรรมราช อ.เมือง จ.สุราษฎร์ธานี อ.เมือง จ.ภูเก็ต
ปี พ.ศ.2553	113,674,900	99,022,480	อ.เมือง จ.ตรัง อ.เมือง จ.นราธิวาส อ.เมือง จ.กระบี่
ปี พ.ศ.2554	122,969,600	107,211,400	อ.เมือง จ.พัทลุง อ.เมือง จ.ปัตตานี อ.เมือง จ.ชุมพร
ปี พ.ศ.2555	153,388,400	133,664,000	อ.ตะกั่วป่า จ.พังงา อ.เมือง จ.สตูล อ.เมือง จ.ระนอง

จากตาราง 4.11 พบว่า เมื่อปริมาณวัตถุดิบของขยะคอมพิวเตอร์เปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2552 – พ.ศ. 2555 จากปริมาณขยะคอมพิวเตอร์ในปี พ.ศ. 2551 ต้นทุนรวมทั้งระบบมีค่าเท่ากับ 84,865,630 บาท 113,674,900 บาท 122,969,600 บาท และ 153,388,400 บาท ตามลำดับ จากการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนรวมทั้งระบบภายใต้การเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นของปริมาณขยะคอมพิวเตอร์ พบว่า ต้นทุนรวมของระบบจะแปรผันตรงกับปริมาณขยะคอมพิวเตอร์ นั่นคือ เมื่อปริมาณขยะคอมพิวเตอร์เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ต้นทุนรวมของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์เพิ่มขึ้น

1.4.2 กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่

ผลการวิเคราะห์ความไวของปริมาณขยะคอมพิวเตอร์ กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่ พบว่า ปริมาณขยะคอมพิวเตอร์ในปี พ.ศ. 2552 ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งที่ตั้ง แต่ปริมาณขยะคอมพิวเตอร์ในปี พ.ศ. 2553– พ.ศ. 2555 มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งที่ตั้ง คือ ในปี 2553 – ปี พ.ศ. 2554 พบว่า มีการเปิดศูนย์รวบรวมเพิ่มขึ้น 2 แห่ง คือ อ.กันตัง จ.ตรัง กับ อ.เขาพนม จ.กระบี่ และในปี พ.ศ. 2555 พบว่ามีการเปิดศูนย์รวบรวมเพิ่มขึ้น 3 แห่ง คือ และ อ.กันตัง จ.ตรัง อ.เขาพนม จ.กระบี่ อ.หลังสวน จ.ชุมพร เมื่อเทียบกับปีพ.ศ. 2551 ดังแสดงในตาราง 4.12

ตาราง 1.12: ผลการวิเคราะห์ความไวด้านปริมาณขยะคอมพิวเตอร์ กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่ แบบที่ 1 กับแบบที่ 2

ความสามารถของปริมาณคอมพิวเตอร์	แบบที่ 1	แบบที่ 2	ตำแหน่งที่ตั้งของศูนย์รวบรวม
ปี พ.ศ.2551	43,677,635	41,190,396	อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา อ.เมือง จ.นครศรีธรรมราช อ.บางขัน จ.นครศรีธรรมราช อ.เมือง จ.สุราษฎร์ธานี
ปี พ.ศ.2552	59,244,450	52,244,450	อ.มายอ จ.ปัตตานี อ.ท่าแซะ จ.ชุมพร อ.ท้ายเหมือง จ.พังงา

ตาราง 4.12: ผลการวิเคราะห์ความไวด้านปริมาณขยะคอมพิวเตอร์ กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่ แบบที่ 1 กับแบบที่ 2 (ต่อ)

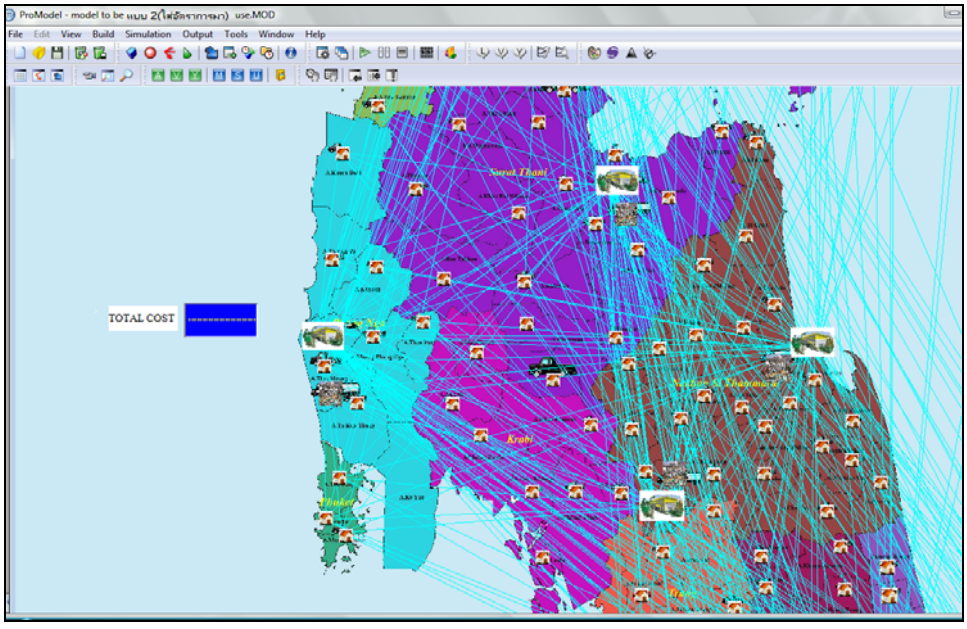
ความสามารถของปริมาณคอมพิวเตอร์	แบบที่ 1	แบบที่ 2	ตำแหน่งที่ตั้งของศูนย์รวบรวม
ปี พ.ศ.2553	73,798,800	64,798,800	อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา อ.เมือง จ.นครศรีธรรมราช อ.บางขัน จ.นครศรีธรรมราช อ.เมือง จ.สุราษฎร์ธานี
ปี พ.ศ.2554	83,798,800	77,943,370	อ.กันตัง จ.ตรัง อ.เขาพนม จ.กระบี่ อ.มายอ จ.ปัตตานี อ.ท่าแซะ จ.ชุมพร อ.ท้ายเหมือง จ.พังงา
ปี พ.ศ.2555	103,846,000	96,487,660	อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา อ.เมือง จ.นครศรีธรรมราช อ.บางขัน จ.นครศรีธรรมราช อ.เมือง จ.สุราษฎร์ธานี อ.กันตัง จ.ตรัง อ.เขาพนม จ.กระบี่ อ.มายอ จ.ปัตตานี อ.ท่าแซะ จ.ชุมพร อ.หลังสวน จ.ชุมพร อ.ท้ายเหมือง จ.พังงา

จากตาราง 4.12 พบว่า เมื่อปริมาณวัตถุดิบของขยะคอมพิวเตอร์เปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2552 – พ.ศ. 2555 จากปริมาณขยะคอมพิวเตอร์ในปี พ.ศ. 2551 ต้นทุนรวมทั้งระบบมีค่าเท่ากับ 59,244,450 บาท 73,798,800 บาท 83,798,800 บาท และ 103,846,000 บาท ตามลำดับ จากการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนรวมทั้งระบบภายใต้การเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นของปริมาณขยะคอมพิวเตอร์ พบว่า ต้นทุนรวมของระบบจะแปรผันตรงกับปริมาณขยะคอมพิวเตอร์ นั่นคือ

เมื่อปริมาณขยะคอมพิวเตอร์เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ต้นทุนรวมของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์เพิ่มขึ้น

1.5 การวิเคราะห์และอภิปรายผลการวิจัยที่ได้จากตัวแบบจำลองคอมพิวเตอร์

ผลการวิจัยที่ได้จากตัวแบบจำลองคอมพิวเตอร์ ซึ่งใช้วิธีการจำลองแบบด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป ProModel Version 7.0 ดังแสดงในภาพประกอบ 4.15 ทำให้ทราบถึงต้นทุนที่เกิดขึ้นในแต่ละฝ่ายที่เกี่ยวข้องและต้นทุนรวมทั้งระบบในโซ่อุปทานของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ที่มีค่าน้อยที่สุด โดยการอ้างอิงตำแหน่งที่ตั้งที่เหมาะสมของการเปิดศูนย์รวบรวมจากตัวแบบคณิตศาสตร์ ผลการวิจัยที่ได้จากตัวแบบจำลองคอมพิวเตอร์ ทำให้ทราบถึงต้นทุนที่เกิดขึ้นต่อปีในแต่ละฝ่ายที่เกี่ยวข้องและต้นทุนรวมทั้งระบบในโซ่อุปทานของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ในพื้นที่ 14 จังหวัดภาคใต้ นอกจากนี้ผลการวิจัยที่ได้จากตัวแบบจำลองคอมพิวเตอร์ทำให้ทราบถึงปริมาณการเคลื่อนย้ายของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดในระบบโซ่อุปทานของขยะคอมพิวเตอร์ต่อปี



ภาพประกอบ 1.15: หน้าต่างการทำงานของโปรแกรม ProModel Version 7.0

จากภาพประกอบ 4.15 พบว่า ตัวแบบจำลองคอมพิวเตอร์ที่ถูกพัฒนาขึ้นจะแสดงต้นทุนที่เกิดขึ้นในระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ จากนั้นทำการกำหนดจำนวนครั้งของการจำลองสถานการณ์ โดยดำเนินการจำลองสถานการณ์ทดลอง (Pilot Run) จำนวน 20 ครั้ง เพื่อนำผลที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ทดลอง มาคำนวณด้วยโปรแกรม Stat Fit เพื่อหาจำนวนครั้งของการจำลองสถานการณ์ ที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 กรณีที่ปริมาณขยะคอมพิวเตอร์มีการเปลี่ยนแปลง โดยการศึกษาแบ่งการประเมินระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ออกเป็น 2 กรณี คือ ระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็กและกรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1.5.1 กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็ก

ผลการดำเนินงานจากตัวแบบจำลองคอมพิวเตอร์ของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ในกรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็ก สำหรับการกำหนดทางเลือกโดยการอ้างอิงตำแหน่งที่ตั้งศูนย์รวบรวมจากตัวแบบคณิตศาสตร์ นั่นคือ ตำแหน่งของศูนย์รวบรวมขยะคอมพิวเตอร์ ตั้งอยู่ในพื้นที่ 12 อำเภอ ได้แก่ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา อ.เมือง จ.นครศรีธรรมราช อ.เมือง จ.สุราษฎร์ธานี อ.เมือง จ.ภูเก็ต อ.เมือง จ.ตรัง อ.เมือง จ.นราธิวาส อ.เมือง จ.กระบี่ อ.เมือง จ.ปัตตานี อ.เมือง จ.พัทลุง อ.เมือง จ.ชุมพร อ.ตะกั่วป่า จ.พังงาและ อ.เมือง จ.ระนอง โดยดำเนินการจำลองสถานการณ์ทดลอง (Pilot Run) 20 ครั้ง พบว่า จำนวนครั้งของการจำลองสถานการณ์ที่ต้องการอย่างน้อย (Minimum Replicate Requirement) เท่ากับ 6 ครั้ง จึงจะเพียงพอต่อความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 95 ทั้งนี้พิจารณาต้นทุนที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ ภายใต้ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังแสดงในตาราง 4.13

ตาราง 1.13: ต้นทุนรวมที่เกิดขึ้นในระบบโซ่อุปทานของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็ก

หน่วย: บาทต่อปี

จำนวนซ้ำ	กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็ก	
	แบบที่ 1	**แบบที่ 2**
1	86,388,324	76,029,262
2	94,793,156	76,669,021
3	91,025,155	70,272,608
4	90,447,372	67,603,366
5	92,186,934	79,436,775
6	85,746,378	71,176,369
ช่วงความเชื่อมั่น 95%	86,459,866 - 93,735,907	68,785,163 - 78,277,304

ผลการวิจัยที่ได้จากตัวแบบจำลองคอมพิวเตอร์ สำหรับการสำหรับการอ้างอิงตำแหน่งที่ตั้งศูนย์รวบรวมที่เหมาะสมตั้งอยู่ในพื้นที่ดังกล่าว โดยพิจารณาภายใต้ความเชื่อมั่น 95 % พบว่า ต้นทุนรวมทั้งระบบในโซ่อุปทานของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็ก แบบที่ 1 อยู่ในช่วง 86,459,866 - 93,735,907 บาทต่อปีต่อปี และกรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็ก แบบที่ 2 อยู่ในช่วง 68,785,163 - 78,277,304 บาทต่อปี

1.5.2 กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่

ผลการดำเนินงานจากตัวแบบจำลองคอมพิวเตอร์ของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ในกรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่ สำหรับการกำหนดทางเลือกโดยการอ้างอิงตำแหน่งที่ตั้งศูนย์รวบรวมจากตัวแบบคณิตศาสตร์ นั่นคือ ตำแหน่งของศูนย์รวบรวมขยะคอมพิวเตอร์ ตั้งอยู่ในพื้นที่ 7 อำเภอ ได้แก่ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา อ.เมือง จ.นครศรีธรรมราช อ.บางขัน จ.นครศรีธรรมราช อ.เมือง จ.สุราษฎร์ธานี อ.มายอ จ.ปัตตานี อ.ท่าแซะ จ.ชุมพร และ อ.ท้ายเหมือง จ.พังงา โดยดำเนินการจำลองสถานการณ์ทดลอง (Pilot Run) 20 ครั้ง พบว่า จำนวนครั้งของการจำลองสถานการณ์ที่ต้องการอย่างน้อย (Minimum Replicate Requirement) เท่ากับ 4 ครั้ง จึงจะเพียงพอต่อความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 95 ทั้งนี้พิจารณาผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ ภายใต้ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังแสดงในตาราง 4.14

ตาราง 1.14: ต้นทุนรวมที่เกิดขึ้นในระบบโซ่อุปทานของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่

หน่วย: บาทต่อปี

ตัวแบบ	กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่	
	แบบที่ 1	**แบบที่ 2**
1	67,115,507	50,533,793
2	72,269,850	46,111,227
3	70,599,023	45,968,080
4	68,396,468	50,260,680
ช่วงความเชื่อมั่น 95%	65,949,580 - 73,240,844	44,210,155 - 52,226,735

ผลการวิจัยที่ได้จากตัวแบบจำลองคอมพิวเตอร์ สำหรับการสำหรับการอ้างอิงตำแหน่งที่ตั้งศูนย์รวบรวมที่เหมาะสมตั้งอยู่ในพื้นที่ดังกล่าว โดยพิจารณาภายใต้ความเชื่อมั่น 95 % พบว่า ต้นทุนรวมทั้งระบบในโซ่อุปทานของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่ แบบที่ 1 อยู่ในช่วง 65,949,580 - 73,240,844 บาทต่อปีต่อปี และกรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่ แบบที่ 2 อยู่ในช่วง 44,210,155 - 52,226,735 บาทต่อปี**บทที่ 4**

การวิเคราะห์และอภิปรายผลการวิจัย

ในการศึกษาโซ่อุปทานของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ในเขตพื้นที่ 14 จังหวัดภาคใต้ ผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาตัวแบบทางคณิตศาสตร์โดยอาศัยหลักการที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 2 และบทที่ 3 สำหรับเนื้อหาที่จะกล่าวถึงในบทนี้ คือสภาพปัจจุบันของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ ผลลัพธ์ที่ได้จากการพัฒนาตัวแบบทางคณิตศาสตร์ การเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากพัฒนาตัวแบบทางคณิตศาสตร์ และผลลัพธ์ที่ได้จากการพัฒนาตัวแบบจำลองคอมพิวเตอร์

2.1 การวิเคราะห์และอภิปรายผลการวิจัยสภาพปัจจุบัน

จากการศึกษาสภาพปัจจุบันของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ในเขตพื้นที่ 14 จังหวัดภาคใต้ สามารถแบ่งการศึกษาแต่ละฝ่ายที่เกี่ยวข้องในระบบ ได้ออกเป็น 5 ฝ่าย คือ (1) แหล่งขยะคอมพิวเตอร์ (2) ร้านรับซื้อของเก่า (3) ศูนย์รวบรวม (4) เทศบาล และ (5) โรงงานรีไซเคิล ซึ่งฝ่ายต่างๆที่เกี่ยวข้องในระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

แหล่งขยะคอมพิวเตอร์ คือ ปริมาณขยะคอมพิวเตอร์ซึ่งได้มาจากการคาดการณ์จากปริมาณคอมพิวเตอร์ที่มีอยู่ในปี พ.ศ. 2546 - พ.ศ. 2550 โดยกำหนดให้คอมพิวเตอร์มีน้ำหนักเฉลี่ยประมาณ 27 กิโลกรัมต่อเครื่อง (ewasteguide.info/node/220) และกำหนดให้ มีอายุการใช้งาน 5 ปี จากข้อมูลดังกล่าวผู้วิจัยนำมาใช้ในการคาดการณ์ปริมาณขยะคอมพิวเตอร์ในปี พ.ศ.2551 – พ.ศ. 2555 ซึ่งสามารถแสดงตัวอย่างการคำนวณปริมาณขยะคอมพิวเตอร์ในปี พ.ศ. 2551 ได้ดังนี้คือ ในปี พ.ศ. 2546 อ.เมือง จ.สงขลา มีจำนวนครัวเรือนเท่ากับ48,188 ครัวเรือน และพบว่าในจังหวัดสงขลามีจำนวนคอมพิวเตอร์ 7 เครื่องต่อ 100 ครัวเรือน ดังแสดงในตาราง 4.1 ซึ่งสามารถคำนวณหาปริมาณคอมพิวเตอร์ได้ $\frac{48,188 * 7}{100}$ = 3,373 เครื่อง หรือเท่ากับ3,373 * 27 = 97,518 กิโลกรัม ซึ่งจากปริมาณคอมพิวเตอร์ที่มีอยู่ในปี พ.ศ.2546 ของ อ.เมือง จ.สงขลา สามารถเทียบเท่าปริมาณขยะคอมพิวเตอร์ที่หมดอายุการใช้งานในปี พ.ศ.2551 เท่ากับ 97,518 กิโลกรัมโดยสามารถแบ่งแหล่งขยะคอมพิวเตอร์ ได้ 150 อำเภอในเขตพื้นที่ 14 จังหวัดภาคใต้ ดังแสดงในตาราง 4.2

ตาราง 2.1: จำนวนคอมพิวเตอร์ในครัวเรือนจำแนกเป็นรายจังหวัดในภาคใต้

จังหวัด	จำนวนคอมพิวเตอร์ต่อ 100 ครัวเรือน (เครื่อง)				
	ปี 2546	ปี 2547	ปี 2548	ปี 2549	ปี 2550
สงขลา	7	13	16	18	22
นครศรีธรรมราช	9	9	10	13	14
สุราษฎร์ธานี	8	9	14	12	15
ภูเก็ต	16	13	24	16	18
ตรัง	5	7	11	13	15
นราธิวาส	3	5	5	5	8
กระบี่	6	6	11	11	13
ปัตตานี	6	6	7	12	12
พัทลุง	4	10	13	14	18
ชุมพร	4	6	8	9	9
พังงา	7	12	11	12	13
สตูล	3	5	10	9	12
ระนอง	6	5	7	10	14
ยะลา	5	10	11	7	9

ที่มา: สำนักงานสถิติแห่งชาติ

ตาราง 2.2: ปริมาณการคาดการณ์ขยะคอมพิวเตอร์ ปี พ.ศ. 2551-พ.ศ. 2555

อำเภอ	น้ำหนัก (กิโลกรัม)				
	ปี 2551	ปี 2552	ปี 2553	ปี 2554	ปี 2555
จ.สงขลา	695,278	1,277,531	1,569,908	1,860,215	2,310,538
อ.กระแสสินธุ์	8,265	14,769	17,601	20,378	25,000
อ.คลองหอยโข่ง	11,569	21,227	26,952	33,674	41,772
อ.ควนเนียง	16,062	28,979	35,030	40,978	50,539
อ.จะนะ	40,466	73,098	88,748	104,673	128,955
อ.เทพา	28,724	51,821	62,826	74,353	92,056
อ.นาทวี	27,735	50,726	62,620	74,387	97,846
อ.นาหม่อม	11,956	21,680	26,658	31,605	39,057
อ.บางกล่ำ	14,639	26,420	33,144	39,337	49,494
อ.เมืองสงขลา	97,518	179,479	219,050	259,000	320,040
อ.ระโนด	39,472	70,646	84,522	98,134	117,409
อ.รัตภูมิ	34,605	62,541	76,104	89,814	110,830
อ.สทิงพระ	23,699	42,665	51,001	59,138	71,756
อ.สะเดา	59,673	112,220	141,652	169,980	213,822
อ.สะบ้าย้อย	25,450	46,346	56,835	67,487	84,403
อ.สิงหนคร	36,461	65,720	79,708	93,606	115,054
อ.หาดใหญ่	218,984	409,194	507,457	603,671	752,505
จ.นครศรีธรรมราช	917,951	945,953	1,079,411	1,517,324	1,642,356
กิ่ง อ.ช้างกลาง	18,270	18,784	21,296	29,788	32,147
กิ่ง อ.นบพิตำ	16,760	17,525	20,393	28,864	31,434
อ.ขนอม	21,662	22,296	25,236	35,330	38,780
อ.จุฬาภรณ์	17,306	17,977	20,450	28,773	31,227
อ.ฉวาง	43,722	44,889	51,132	71,696	76,837

ตาราง 4.2: ปริมาณการคาดการณ์ขยะคอมพิวเตอร์ ปี พ.ศ. 2551- พ.ศ. 2555 (ต่อ)

อำเภอ	น้ำหนัก (กิโลกรัม)				
	ปี 2551	ปี 2552	ปี 2553	ปี 2554	ปี 2555
อ.เฉลิมพระเกียรติ	18,828	19,381	21,917	30,622	32,173
อ.ชะอวด	48,928	50,582	57,818	81,481	88,598
อ.เชียรใหญ่	26,174	26,824	30,391	42,388	45,636
อ.ถ้ำพรรณรา	11,429	11,943	13,677	19,380	21,132
อ.ท่าศาลา	58,785	59,938	67,910	94,854	102,640
อ.ทุ่งสง	95,039	98,694	113,585	160,144	174,628
อ.ทุ่งใหญ่	40,402	41,974	48,416	68,798	75,468
อ.นาบอน	15,404	15,865	18,166	25,745	28,058
อ.บางขัน	22,296	24,032	28,153	40,487	44,783
อ.ปากพนัง	61,220	62,333	70,229	97,581	104,818
อ.พรหมคีรี	20,119	20,903	23,791	33,510	36,224
อ.พระพรหม	25,245	25,909	29,462	41,331	44,698
อ.พิปูน	18,487	19,038	21,697	31,444	33,916
อ.เมืองนคร	172,878	177,881	203,087	284,804	308,654
อ.ร่อนพิบูลย์	46,009	47,243	53,653	75,190	81,378
อ.ลานสกา	25,323	26,061	29,864	42,101	45,555
อ.สิชล	49,297	50,653	58,130	82,143	89,158
อ.หัวไทร	44,368	45,228	50,958	70,870	74,414
จ.สุราษฎร์ธานี	615,177	763,975	1,195,370	1,143,493	1,441,403
กิ่ง อ.วิภาวดี	7,677	9,735	16,155	15,468	19,748
อ.กาญจนดิษฐ์	58,588	71,793	110,015	102,896	127,652
อ.เกาะพงัน	11,867	15,480	26,355	27,462	36,700
อ.เกาะสมุย	42,466	56,869	97,856	102,206	136,990

ตาราง 4.2: ปริมาณการคาดการณ์ขยะคอมพิวเตอร์ ปี พ.ศ. 2551- พ.ศ. 2555 (ต่อ)

อำเภอ	น้ำหนัก (กิโลกรัม)				
	ปี 2551	ปี 2552	ปี 2553	ปี 2554	ปี 2555
อ.คีรีรัฐนิคม	23,202	28,745	44,568	42,224	52,876
อ.เคียนซา	24,529	30,228	47,116	44,806	56,683
อ.ชัยบุรี	13,451	16,645	26,274	25,145	32,181
อ.ไชยา	28,133	34,734	53,804	51,006	63,642
อ.ดอนสัก	22,705	27,669	42,049	39,115	48,377
อ.ท่าฉาง	17,266	21,536	33,440	31,606	39,476
อ.ท่าชนะ	31,242	38,611	60,174	57,283	71,471
อ.บ้านตาขุน	9,236	11,330	17,624	17,156	21,904
อ.บ้านนาเดิม	12,498	15,210	23,199	21,879	27,241
อ.บ้านนาสาร	37,901	46,433	71,022	66,595	82,803
อ.พนม	18,217	22,910	35,977	34,285	42,992
อ.พระแสง	33,469	41,443	64,645	61,554	77,726
อ.พุนพิน	59,213	72,125	110,483	103,918	129,861
อ.เมืองสุราษฎร์ ฯ	129,865	160,504	249,262	236,746	295,694
อ.เวียงสระ	33,652	41,975	65,352	62,143	77,386
จ.ภูเก็ต	463,654	406,072	833,800	601,365	699,438
อ.กะทู้	81,127	71,388	144,475	103,543	118,462
อ.ถลาง	96,720	85,135	180,799	133,689	159,878
อ.เมืองภูเก็ต	285,807	249,549	508,526	364,133	421,098
จ.ตรัง	223,414	288,143	499,383	608,979	744,922
กิ่ง อ.หาดสำราญ	4,586	5,914	10,204	12,479	15,248
อ.กันตัง	23,616	36,909	64,373	77,799	94,602
อ.นาโยง	14,664	18,928	32,766	39,746	48,814

ตาราง 4.2: ปริมาณการคาดการณ์ขยะคอมพิวเตอร์ ปี พ.ศ. 2551- พ.ศ. 2555 (ต่อ)

อำเภอ	น้ำหนัก (กิโลกรัม)				
	ปี 2551	ปี 2552	ปี 2553	ปี 2554	ปี 2555
อ.ปะเหลียน	12,380	27,715	47,958	58,842	71,893
อ.เมืองตรัง	52,165	80,065	139,126	170,119	208,251
อ.ย่านตาขาว	23,411	27,171	46,705	56,758	69,061
อ.รัษฎา	10,645	13,691	23,662	28,699	35,215
อ.วังวิเศษ	14,388	18,703	32,299	39,469	48,356
อ.สิเกา	27,215	15,928	27,819	34,264	42,573
อ.ห้วยยอด	40,344	43,119	74,471	90,804	110,909
จ.นราธิวาส	107,865	227,511	226,643	235,118	343,370
อ.จะแนะ	3,981	8,528	8,717	9,093	13,522
อ.เจาะไอร้อง	4,802	10,172	10,070	10,470	15,398
อ.ตากใบ	9,161	19,179	19,052	19,790	28,867
อ.บาเจาะ	6,245	13,408	13,313	13,878	20,452
อ.เมืองนราธิวาส	19,783	41,501	41,280	42,452	61,810
อ.ยี่งอ	5,717	12,063	11,918	12,372	18,169
อ.ระแงะ	11,408	23,832	23,801	24,705	36,304
อ.รือเสาะ	9,087	19,291	19,176	20,098	29,727
อ.แว้ง	6,567	13,841	13,772	14,341	21,171
อ.ศรีสาคร	4,567	9,853	9,940	10,612	15,821
อ.สุคิริน	4,510	9,461	9,396	9,819	14,211
อ.สุไหงโกลก	15,714	29,758	29,662	30,600	44,518
อ.สุไหงปาดี	6,323	16,624	16,546	16,888	23,400

ตาราง 4.2: ปริมาณการคาดการณ์ขยะคอมพิวเตอร์ ปี พ.ศ. 2551- พ.ศ. 2555 (ต่อ)

อำเภอ	น้ำหนัก (กิโลกรัม)				
	ปี 2551	ปี 2552	ปี 2553	ปี 2554	ปี 2555
จ.กระบี่	174,689	182,787	343,976	351,062	458,032
อ.เกาะลันตา	10,588	11,618	21,872	22,566	29,779
อ.เขาพนม	18,472	19,574	37,218	38,074	50,159
อ.คลองท่อม	27,752	28,353	53,792	54,998	71,262
อ.ปลายพระยา	15,372	15,468	28,337	28,468	36,426
อ.เมืองกระบี่	47,094	50,530	96,309	99,270	131,498
อ.ลำทับ	9,109	9,552	17,867	18,165	23,771
อ.เหนือคลอง	23,200	24,152	45,424	46,266	59,594
อ.อ่าวลึก	23,102	23,540	43,157	43,255	55,543
จ.ปัตตานี	213,108	220,209	247,131	464,600	475,480
อ.กะพ้อ	4,858	5,069	5,676	10,747	10,994
อ.โคกโพธิ์	25,116	25,843	28,808	54,010	54,858
อ.ทุ่งยางแดง	5,733	5,993	6,797	12,849	13,255
อ.ปะนาเระ	14,492	14,883	16,552	30,991	31,550
อ.มายอ	15,585	16,148	18,078	33,982	34,863
อ.เมืองปัตตานี	50,692	52,725	59,597	111,856	114,534
อ.แม่ลาน	5,056	5,247	5,896	11,082	11,282
อ.ไม้แก่น	4,023	4,134	4,579	8,552	8,781
อ.ยะรัง	23,936	24,604	28,541	52,437	54,050
อ.ยะหริ่ง	22,761	23,449	25,436	49,558	50,840
อ.สายบุรี	20,286	20,792	23,337	43,791	44,730
อ.หนองจิก	20,570	21,322	23,834	44,745	45,743

ตาราง 4.2: ปริมาณการคาดการณ์ขยะคอมพิวเตอร์ ปี พ.ศ. 2551- พ.ศ. 2555 (ต่อ)

อำเภอ	น้ำหนัก (กิโลกรัม)				
	ปี 2551	ปี 2552	ปี 2553	ปี 2554	ปี 2555
จ.พัทลุง	159,830	378,607	511,986	561,993	733,244
กิ่ง อ.ศรีนครินทร์	8,376	20,147	27,405	29,974	39,065
อ.กงหรา	9,155	21,816	29,494	32,439	42,347
อ.เขาชัยสน	13,925	32,931	44,094	48,414	62,911
อ.ควนขนุน	27,257	64,316	86,733	94,723	123,268
อ.ตะโหมด	8,813	21,096	28,892	32,092	42,138
อ.บางแก้ว	7,616	18,233	24,784	27,349	35,604
อ.ปากพะยูน	14,928	34,911	47,049	51,581	67,251
อ.ป่าบอน	13,533	32,315	44,026	48,399	25,525
อ.ป่าพะยอม	9,964	23,959	33,011	36,598	48,468
อ.เมืองพัทลุง	40,705	95,671	128,646	140,851	183,193
อ.ศรีบรรพต	5,558	13,212	17,852	19,573	63,474
จ.ชุมพร	157,258	263,930	353,976	424,727	446,405
อ.ท่าแซะ	23,387	40,048	54,121	64,828	67,992
อ.ทุ่งตะโก	7,255	12,118	16,195	19,436	20,817
อ.ปะทิว	14,348	24,196	32,222	38,948	41,083
อ.พะโต๊ะ	7,466	12,563	17,542	21,192	22,071
อ.เมืองชุมพร	51,148	85,325	114,109	136,563	143,887
อ.ละแม	8,619	14,635	19,745	23,976	25,184
อ.สวี	22,904	38,323	51,006	60,883	63,660
อ.หลังสวน	22,131	36,722	49,036	58,901	61,711
จ.พังงา	130,158	221,060	215,692	248,444	302,968
อ.กะปง	7,288	12,541	12,235	14,134	17,100
อ.คุระบุรี	13,924	23,601	23,452	27,263	33,886

ตาราง 4.2: ปริมาณการคาดการณ์ขยะคอมพิวเตอร์ ปี พ.ศ. 2551- พ.ศ. 2555 (ต่อ)

อำเภอ	น้ำหนัก (กิโลกรัม)				
	ปี 2551	ปี 2552	ปี 2553	ปี 2554	ปี 2555
อ.ตะกั่วทุ่ง	21,933	36,891	34,788	39,835	69,159
อ.ตะกั่วป่า	27,249	46,864	48,300	56,781	48,774
อ.ทับปุด	10,771	18,198	17,307	19,699	23,734
อ.ท้ายเหมือง	26,925	45,581	43,683	49,672	60,795
อ.เมืองพังงา	22,068	37,384	35,927	41,060	49,520
จ.สตูล	55,484	91,219	197,924	61,540	247,807
กิ่ง อ.มะนัง	2,922	4,885	10,602	3,329	13,689
อ.ควนกาหลง	6,226	10,338	22,437	6,981	28,111
อ.ท่าแพ	4,723	7,714	16,631	5,155	20,695
อ.ทุ่งหว้า	3,914	6,541	14,313	4,499	18,223
อ.เมืองสตูล	21,256	34,864	75,499	23,425	93,980
อ.ละงู	12,307	20,153	43,933	13,637	54,912
จ.ระนอง	85,250	76,714	113,178	98,334	238,724
กิ่ง อ.สุขสำราญ	3,457	3,125	5,020	4,480	11,167
อ.กระบุรี	21,218	19,165	28,580	24,992	60,482
อ.กะเปอร์	8,145	7,369	11,078	9,571	22,890
อ.เมืองระนอง	46,638	41,825	60,813	52,591	127,859
อ.ละอุ่น	5,792	5,230	7,687	6,700	16,326
จ.ยะลา	159,575	318,127	355,223	176,345	291,327
กิ่ง อ.กรงปินัง	5,426	10,949	12,282	6,154	10,215
อ.กาบัง	5,541	11,532	13,102	6,625	11,094
อ.ธารโต	9,140	18,255	20,406	10,132	16,707
อ.บันนังสตา	17,898	35,427	39,440	19,554	32,131

ตาราง 4.2: ปริมาณการคาดการณ์ขยะคอมพิวเตอร์ ปี พ.ศ. 2551- พ.ศ. 2555 (ต่อ)

อำเภอ	น้ำหนัก (กิโลกรัม)				
	ปี 2551	ปี 2552	ปี 2553	ปี 2554	ปี 2555
อ.เบตง	25,038	50,320	57,514	28,745	47,696
อ.เมืองยะลา	59,933	118,538	131,206	64,700	106,541
อ.ยะหา	13,139	26,609	29,703	14,761	24,565
อ.รามัน	23,460	46,497	51,570	25,674	42,378
รวม	4,161,244	5,664,388	7,746,146	8,356,094	10,378,557

จากตาราง 4.1 พบว่าปริมาณคอมพิวเตอร์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งจะเห็นได้จากอัตราการเติบโตของในช่วงปีพ.ศ.2551 – พ.ศ.2555 ดังแสดงตัวอย่างการคำนวณอัตราการเติบโตของปริมาณคอมพิวเตอร์ได้ $\frac{5,664,388 - 4,161,244}{4,161,244}\Delta 100 = 36.12$ เปอร์เซ็นต์ กล่าวได้ว่าอัตราการเติบโตของปริมาณคอมพิวเตอร์ในปี พ.ศ. 2552 เป็น 36.12 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณคอมพิวเตอร์ของปี พ.ศ.2551 ในปี พ.ศ.2553 เท่ากับ 37 เปอร์เซ็นต์ ในปี พ.ศ.2554 เท่ากับ 8 เปอร์เซ็นต์ และในปี พ.ศ.2555 เท่ากับ 24 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณคอมพิวเตอร์ในปี พ.ศ.2552 – พ.ศ.2555 ตามลำดับ

2.1.1 ร้านรับซื้อของเก่า คือ ฝ่ายที่ทำหน้าที่รับซื้อขยะคอมพิวเตอร์จากลูกค้าเพื่อส่งต่อไปยังศูนย์รวบรวม ซึ่งร้านรับซื้อของเก่าจะกระจายตัวอยู่ภายในตำบลต่างๆของจังหวัดนั้นๆ โดยร้านรับซื้อของเก่าจะดำเนินกิจกรรมในการคัดแยกเครื่องคอมพิวเตอร์ ออกเป็นชิ้นส่วนของขยะคอมพิวเตอร์ ได้ดังนี้

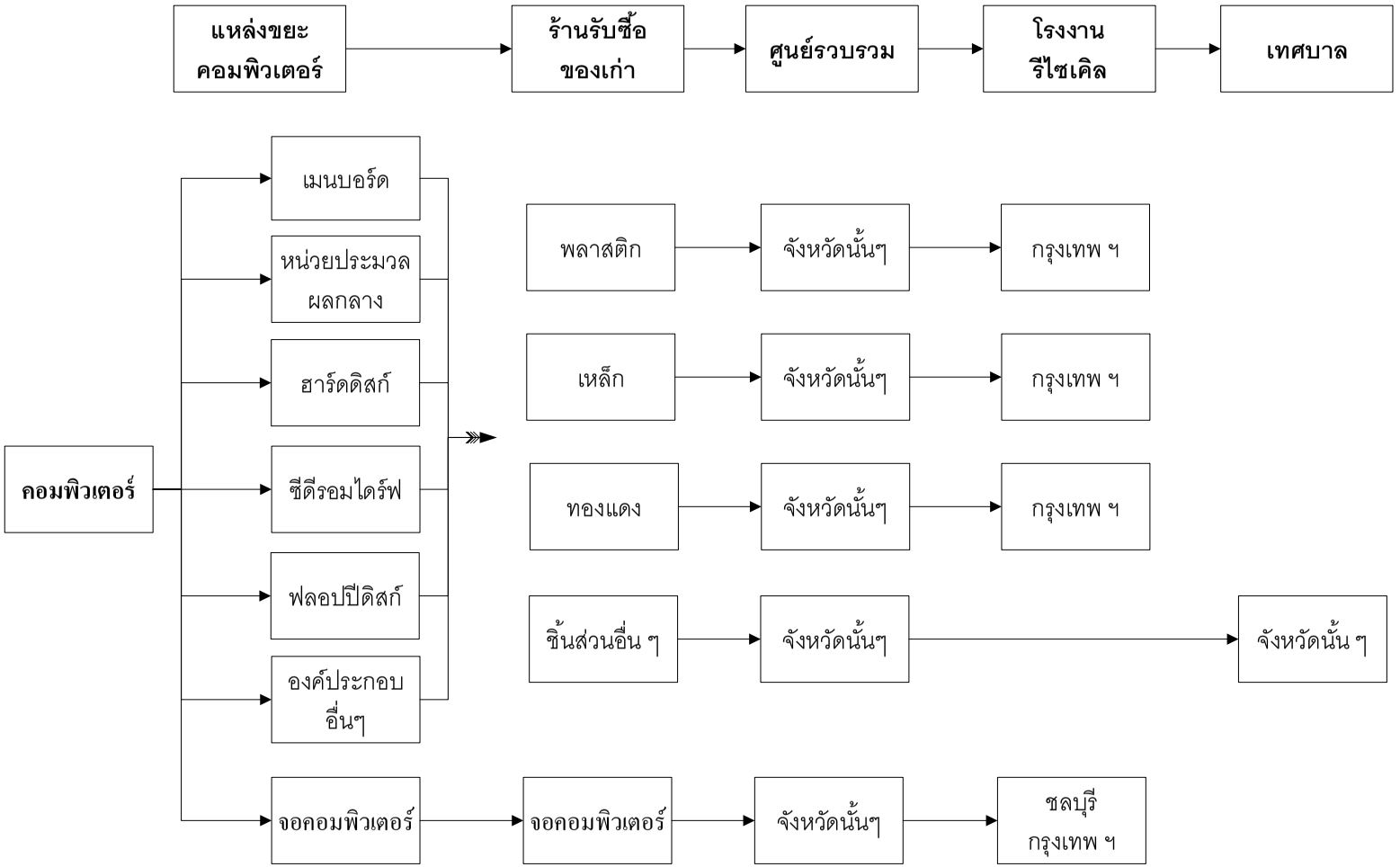
- พลาสติก 15.33% ของปริมาณคอมพิวเตอร์ทั้งหมด
- เหล็ก 17.15% ของปริมาณคอมพิวเตอร์ทั้งหมด
- ทองแดง 5.93% ของปริมาณคอมพิวเตอร์ทั้งหมด
- จอคอมพิวเตอร์ 33.33% ของปริมาณคอมพิวเตอร์ทั้งหมด
- ชิ้นส่วนอื่นๆ (ขยะ) 28.25% ของปริมาณคอมพิวเตอร์ทั้งหมด

2.1.2 ศูนย์รวบรวม คือ ฝ่ายที่ทำหน้าที่รับซื้อชิ้นส่วนของขยะคอมพิวเตอร์จากร้านรับซื้อของเก่า เพื่อส่งต่อไปยังโรงงานรีไซเคิล โดยศูนย์รวบรวมจะทำการรวบรวมชิ้นส่วนต่างๆจากร้านรับซื้อของเก่าต่างๆ มาผ่านกรรมวิธีในการลดขนาดชิ้นส่วนเพื่อให้สะดวกในการขนส่งไปยังโรงงาน เพื่อทำการรีไซเคิล

2.1.3 เทศบาล คือ ฝ่ายที่ทำหน้าที่ในการกำจัดชิ้นส่วนของขยะคอมพิวเตอร์ที่ไม่สามารถส่งต่อไป รีไซเคิลยังโรงงานรีไซเคิลได้ ซึ่งในส่วนของเทศบาลจะทำการกำจัดโดยการฝังกลบในตำบลนั้นๆ

2.1.4 โรงงานรีไซเคิล คือ ฝ่ายทางปลายน้ำที่มีความต้องการชิ้นส่วนที่ผ่านการคัดแยกแล้วเพื่อนำไปผ่านกระบวนการรีไซเคิลให้กลายเป็นวัตถุดิบต่อไป

จากการลงพื้นที่สัมภาษณ์ระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ในปัจจุบัน ทำให้ทราบถึงโซ่อุปทานของระบบ โดยเริ่มจากขยะคอมพิวเตอร์ที่แหล่งขยะคอมพิวเตอร์ ใน 14 จังหวัดภาคใต้ ถูกลำเลียงไปยังร้านรับซื้อของเก่าเพื่อผ่านกระบวนการคัดแยก เมื่อกระบวนการคัดแยกเสร็จสิ้นลง ชิ้นส่วนจะถูกส่งต่อไปยังผู้รวบรวมเพื่อส่งไปรีไซเคิลยังโรงงานรีไซเคิลโดยศูนย์รวบรวมส่วนใหญ่จะเป็นผู้รวบรวมที่อยู่ในจังหวัดนั้นๆ เมื่อชิ้นส่วนถูกรวบรวม ชิ้นส่วนจะถูกส่งไปจำหน่ายยังโรงงานรีไซเคิล จากการสัมภาษณ์พบว่า ขยะคอมพิวเตอร์จะแบ่งออกเป็น เมนบอร์ด หน่วยประมวลผลกลาง ฮาร์ดดิสก์ ซีดีรอมไดร์ฟ และฟลอปปีดิสก์ และองค์ประกอบอื่นๆ ซึ่งชิ้นส่วนต่างๆเหล่านี้จะสามารถแยกออกมาได้เป็นพลาสติก เหล็ก ทองแดง และชิ้นส่วนอื่นๆ (ขยะ) โดยพลาสติก เหล็ก ทองแดง จะถูกส่งไปยังโรงงานในกรุงเทพฯ และชิ้นส่วนอื่น (ขยะ) จะส่งไปยังเทศบาลต่างๆตามจังหวัดนั้นๆ ส่วนจอคอมพิวเตอร์ไม่มีการจัดการกล่าวคือ จะทำการขนส่งทั้งจอคอมพิวเตอร์ไปยังศูนย์รวบรวมจังหวัดนั้นๆและส่งต่อไปยังโรงงานในชลบุรีและโรงงานในกรุงเทพฯ ดังแสดงในภาพประกอบ 4.1 ในการศึกษางานวิจัยจะเป็นการศึกษาถึงต้นทุนที่เกิดขึ้นในแต่ละฝ่ายที่เกี่ยวข้องเพื่อให้ทราบถึงต้นทุนรวมในระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ในพื้นที่ 14 จังหวัดภาคใต้



ภาพประกอบ 2.1: ระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ในปัจจุบัน

ผลจากการศึกษาต้นทุนรวมที่เกิดขึ้นในสภาพปัจจุบันของโซ่อุปทานของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ในเขตพื้นที่ 14 จังหวัดภาคใต้ โดยต้นทุนแต่ละฝ่ายที่เกิดขึ้นในโซ่อุปทานของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ แสดงได้ดังตาราง 4.3

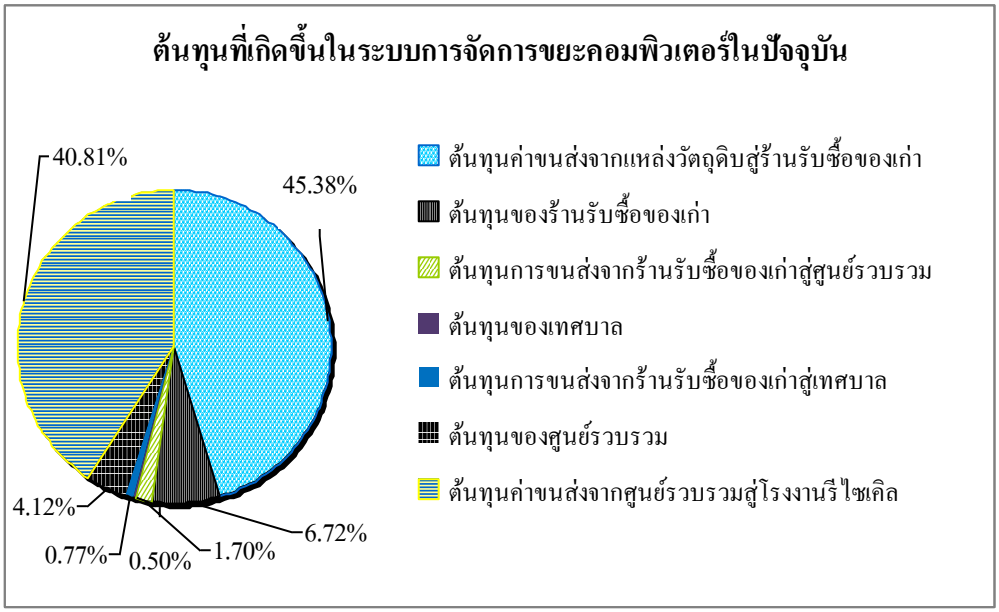
ตาราง 2.3: ต้นทุนที่เกิดขึ้นในสภาพปัจจุบันของแต่ละฝ่ายที่เกี่ยวข้องในโซ่อุปทานของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์

ต้นทุนที่เกิดขึ้นในแต่ละฝ่ายในโซ่อุปทาน	มูลค่า (บาท/ปี)	เปอร์เซ็นต์
ต้นทุนค่าขนส่งจากแหล่งขยะคอมพิวเตอร์ สู่ร้านรับซื้อของเก่า	30,805,133	45.38
ต้นทุนของร้านรับซื้อของเก่า		
- ต้นทุนการแยกชิ้นส่วนขยะคอมพิวเตอร์	1,155,285	1.70
ต้นทุนการขนส่งจากร้านรับซื้อของเก่าสู่ศูนย์รวบรวม		
- ต้นทุนค่าขนส่งพลาสติก	1,358,108	2.00
- ต้นทุนค่าขนส่งเหล็ก	569,754	0.84
- ต้นทุนค่าขนส่งทองแดง	197,005	0.29
- ต้นทุนค่าขนส่งหน้าจอคอมพิวเตอร์	2,436,266	3.59
ต้นทุนของเทศบาล		
- ต้นทุนการฝังกลบ	341,762	0.50
ต้นทุนการขนส่งจากร้านรับซื้อของเก่าสู่เทศบาล		
- ต้นทุนค่าขนส่งชิ้นส่วนอื่นๆ (ขยะ)	520,748	0.77
ต้นทุนของศูนย์รวบรวม		
- ต้นทุนการอัดพลาสติก	41,312	0.06
- ต้นทุนการอัดเหล็ก	40,062	0.06
- ต้นทุนการอัดทองแดง	14,140	0.02
- ต้นทุนการจัดเก็บพลาสติก	41,312	0.06
- ต้นทุนการจัดเก็บเหล็ก	320,685	0.47
- ต้นทุนการจัดเก็บทองแดง	2,182,815	3.22
- ต้นทุนการจัดเก็บหน้าจอคอมพิวเตอร์	156,300	0.23

ตาราง 4.3: ต้นทุนที่เกิดขึ้นในสภาพปัจจุบันของแต่ละฝ่ายที่เกี่ยวข้องในโซ่อุปทานของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ (ต่อ)

ต้นทุนที่เกิดขึ้นในแต่ละฝ่ายในโซ่อุปทาน	มูลค่า (บาท/ปี)	เปอร์เซ็นต์
ต้นทุนค่าขนส่งจากศูนย์รวบรวมสู่โรงงานรีไซเคิล		
- ต้นทุนค่าขนส่งพลาสติก	10,294,284	15.16
- ต้นทุนค่าขนส่งเหล็ก	704,778	1.04
- ต้นทุนค่าขนส่งทองแดง	272,843	0.40
- ต้นทุนค่าขนส่งหน้าจอคอมพิวเตอร์	16,433,638	24.21
ต้นทุนรวม	67,886,229	100

ผลการศึกษาต้นทุนที่เกิดขึ้นในสภาพปัจจุบันของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ในพื้นที่ 14 จังหวัดภาคใต้ พบว่าต้นทุนรวมที่เกิดเท่ากับ 67,886,229 บาทต่อปี โดยต้นทุนที่เกิดขึ้นในแต่ละฝ่ายสามารถแบ่งเป็นสัดส่วนเปอร์เซ็นต์ได้ดังแสดงในภาพประกอบ 4.2



ภาพประกอบ 2.2:สัดส่วนเปอร์เซ็นต์ของต้นทุนที่เกิดขึ้นในแต่ละฝ่ายในระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ในปัจจุบัน

จากการวิเคราะห์ต้นทุนที่เกิดขึ้นในแต่ละฝ่ายในโซ่อุปทานของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ พบว่า ส่วนของต้นทุนที่เกิดจากการเคลื่อนย้ายขยะคอมพิวเตอร์จากแหล่งขยะคอมพิวเตอร์ สู่ร้านรับซื้อของเก่า มีสัดส่วนเปอร์เซ็นต์สูงมากที่สุดคือ 45.38% ของปริมาณต้นทุนรวมทั้งระบบที่เกิดขึ้นในโซ่อุปทาน

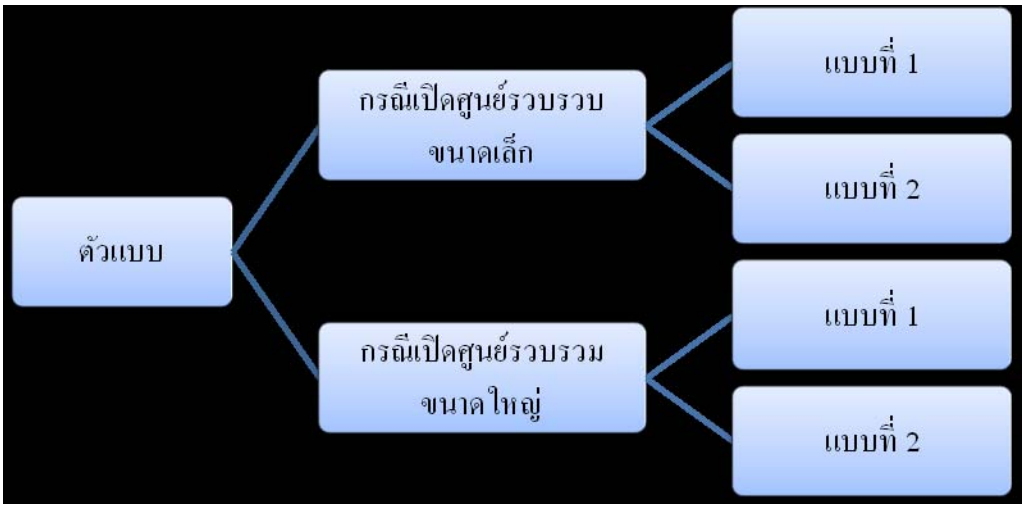
2.2 การวิเคราะห์และอภิปรายผลการวิจัยที่ได้จากตัวแบบคณิตศาสตร์

การจัดการขยะคอมพิวเตอร์ในปัจจุบันยังไม่มีรูปแบบการจัดการอย่างเป็นระบบ ส่งผลให้ต้นทุนในการรวบรวมขยะคอมพิวเตอร์มีค่าสูง เนื่องจากในแต่ละจังหวัดมีศูนย์รวบรวมอยู่หลายแห่งและมีการดำเนินอย่างเป็นอิสระ ซึ่งเป็นการดำเนินงานในลักษณะที่ซ้ำซ้อนกันในการรวบรวมขยะคอมพิวเตอร์จากแหล่งขยะคอมพิวเตอร์ไปยังโรงงานรีไซเคิล เป็นผลให้ต้นทุนในการขนส่งขยะคอมพิวเตอร์มีค่าสูงขึ้น ส่งผลให้ต้นทุนรวมในการรีไซเคิลสูงขึ้นตามไปด้วย ดังนั้นในการศึกษาจึงทำการพิจารณาตำแหน่งที่ตั้งที่เหมาะสมของศูนย์รวบรวมเป็นหลัก โดยการพัฒนาแบบจำลองเพื่อช่วยในการลดต้นทุนในการรวบรวมขยะคอมพิวเตอร์

จากการแก้ปัญหาโดยใช้ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ซึ่งเป็นการวิเคราะห์หาตำแหน่งที่เหมาะสมในการจัดตั้งศูนย์รวบรวม เพื่อให้ต้นทุนรวมของระบบโซ่อุปทานมีค่าต่ำสุด โดยผลลัพธ์จากตัวแบบสามารถพิจารณาปริมาณการเคลื่อนที่ของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดในระบบโซ่อุปทานของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ ทั้งนี้ทางผู้วิจัยได้ทำการแบ่งตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่จะทำการศึกษาออกเป็น 2 กรณีที่สนใจ คือ กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็กและกรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่ ซึ่งแต่ละกรณีจะแตกต่างกันที่กิจกรรมการดำเนินงานภายในของศูนย์รวบรวม

โดยกรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็กมีกิจกรรมการดำเนินงาน คือ กิจกรรมการบดและการอัด ซึ่งในการดำเนินงานศูนย์รวบรวมขนาดเล็กจะรับวัตถุดิบมาจากร้านรับซื้อของเก่าและส่งต่อไปยังโรงงานรีไซเคิลหรือเทศบาล แต่กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่กำหนดให้มีกิจกรรมการดำเนินงาน ตั้งแต่ขั้นตอนของการคัดแยก การอัด การบด จนถึงขั้นตอนในการรีไซเคิล ซึ่งในการดำเนินงานศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่จะรับวัตถุดิบมาจากแหล่งขยะคอมพิวเตอร์ และส่งต่อไปยังโรงงานรีไซเคิลหรือเทศบาลต่อไป ซึ่งจากกิจกรรมที่แตกต่างกันของทั้ง 2 กรณีส่งผลให้ต้องใช้เงินลงทุนที่แตกต่างกัน ดังนั้นในการศึกษาจะทำการเปรียบเทียบต้นทุนรวมของการเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่กับศูนย์รวบรวมขนาดเล็ก เพื่อใช้เป็นทางเลือกในการพิจารณาความเหมาะสมในการตัดสินใจเปิดศูนย์รวบรวม

ทั้งนี้นอกเหนือจากการศึกษาขนาดของการเปิดศูนย์รวบรวมแล้วยังทำการศึกษารูปแบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ควบคู่ไปด้วยโดยแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ คือ แบบที่ 1 และแบบที่ 2 โดยแบบที่ 1 เป็นการจัดการที่สอดคล้องกับสภาพจริงในปัจจุบัน โดยจะมีการคัดแยกชิ้นส่วนออกเป็น พลาสติก เหล็ก ทองแดง จอคอมพิวเตอร์ และชิ้นส่วนอื่นๆ (ขยะ) ซึ่งจากการศึกษาพบว่า การขนส่งจอคอมพิวเตอร์ทั้งจอคอมพิวเตอร์โดยไม่มีการแยกชิ้นส่วนที่สามารถนำไปรีไซเคิลได้เป็นผลให้ต้นทุนการขนส่งในการจัดการแบบที่ 1 มีราคาสูงเนื่องจากปริมาณการขนส่งต่อเที่ยวต่ำ ส่วนแบบที่ 2 เป็นการกำหนดให้มีลักษณะการคัดแยกชิ้นส่วนที่สามารถรีไซเคิลได้ออกมาจากคอมพิวเตอร์ ซึ่งสามารถคัดแยกชิ้นส่วนออกได้เป็น พลาสติก เหล็ก ทองแดง อลูมิเนียม ตะกั่วและชิ้นส่วนอื่นๆ (ขยะ) โดยวิธีการนี้จะช่วยเพิ่มความสะดวกในการขนส่ง ทำให้สามารถขนส่งชิ้นส่วนต่อเที่ยวได้ในปริมาณที่มากขึ้น และเป็นการลดผลกระทบที่จะส่งผลต่อสิ่งแวดล้อมเนื่องจากวัสดุที่แยกทุกชิ้นมีคุณสมบัติในการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์สู่บรรยากาศ ดังนั้นการนำวัสดุมารีไซเคิลจึงถือเป็นการลดคาร์บอนไดออกไซด์ที่อาจถูกปลดปล่อยสู่สิ่งแวดล้อมได้ เพื่อให้สะดวกในการเปรียบเทียบกับการดำเนินงานในปัจจุบันของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ในพื้นที่ 14 จังหวัดภาคใต้ ดังนั้นในการวิเคราะห์และอภิปรายผลการวิจัยสามารถแบ่งระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ ดังแสดงในภาพประกอบ 4.3

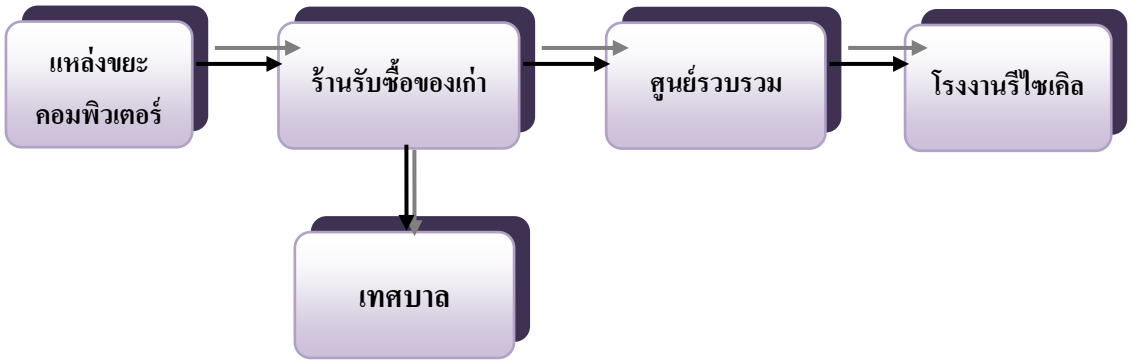


ภาพประกอบ 2.3: กรณีศึกษาของตัวแบบคณิตศาสตร์ที่ทำการศึกษา 2 กรณี

จากภาพประกอบ 4.3 สามารถสรุปทางเลือกในการวิจัยได้ดังนี้ (1) กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็ก แบบที่ 1 (2) กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็ก แบบที่ 2 (3) กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่ แบบที่ 1 และ (4) กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่ แบบที่ 2

2.2.1 กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็ก

การสร้างแบบจำลองโซ่อุปทานของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็ก เป็นการเลียนแบบจำลองระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ให้เสมือนระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ในปัจจุบัน(ดังแสดงในภาพประกอบ 4.4) ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 รูปแบบ คือ แบบที่ 1 เป็นแบบที่ไม่มีการแยกชิ้นส่วนที่สามารถนำไปรีไซเคิลออกจากจอคอมพิวเตอร์ซึ่งจะสอดคล้องกับระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ในปัจจุบันและ แบบที่ 2 เป็นแบบจำลองระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ให้สอดคล้องตามหลักการของ WEEE กับ ROHs ในการลดผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อม โดยอาศัยการนำชิ้นส่วนที่ผ่านการแยกกลับมาใช้ เพื่อลดปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งส่งผลต่อการลดภาวะโลกร้อน



ภาพประกอบ 2.4: ระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็ก

2.2.1.1 กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็ก แบบที่ 1 เป็นแบบจำลองระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์เลียนแบบระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ในปัจจุบัน คือขยะคอมพิวเตอร์ จะถูกส่งไปยังร้านรับซื้อของเก่าเพื่อผ่านกระบวนการคัดแยก ออกเป็นพลาสติก เหล็ก ทองแดง จอคอมพิวเตอร์ และชิ้นส่วนอื่นๆ (ขยะ) เมื่อกระบวนการคัดแยกเสร็จสิ้นลง พลาสติก เหล็ก ทองแดง และจอคอมพิวเตอร์จะถูกส่งต่อไปยังศูนย์รวบรวมเพื่อส่งไปรีไซเคิลยังโรงงานรีไซเคิล ส่วนชิ้นส่วนอื่นๆ (ขยะ) จะถูกส่งไปยังเทศบาลเพื่อทำการกำจัดต่อไป

ผลจากการแก้ปัญหาด้วยตัวแบบคณิตศาสตร์ที่ได้พัฒนาขึ้นมาดังแสดงในบทที่ 3 กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็ก พบว่า ตำแหน่งที่เหมาะสมของการเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็กตั้งอยู่ในพื้นที่ 12 อำเภอ ได้แก่ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา อ.เมือง จ.นครศรีธรรมราช อ.เมือง จ.สุราษฎร์ธานี อ.เมือง จ.ภูเก็ต อ.เมือง จ.ตรัง อ.เมือง จ.นราธิวาส อ.เมือง จ.กระบี่ อ.เมือง จ.ปัตตานี อ.เมือง

จ.พัทลุง อ.เมือง จ.ชุมพร อ.ตะกั่วป่า จ.พังงาและ อ.เมือง จ.ระนอง โดยต้นทุนแต่ละฝ่ายที่เกิดขึ้นในโซ่อุปทานของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ แสดงได้ดังตาราง 4.4

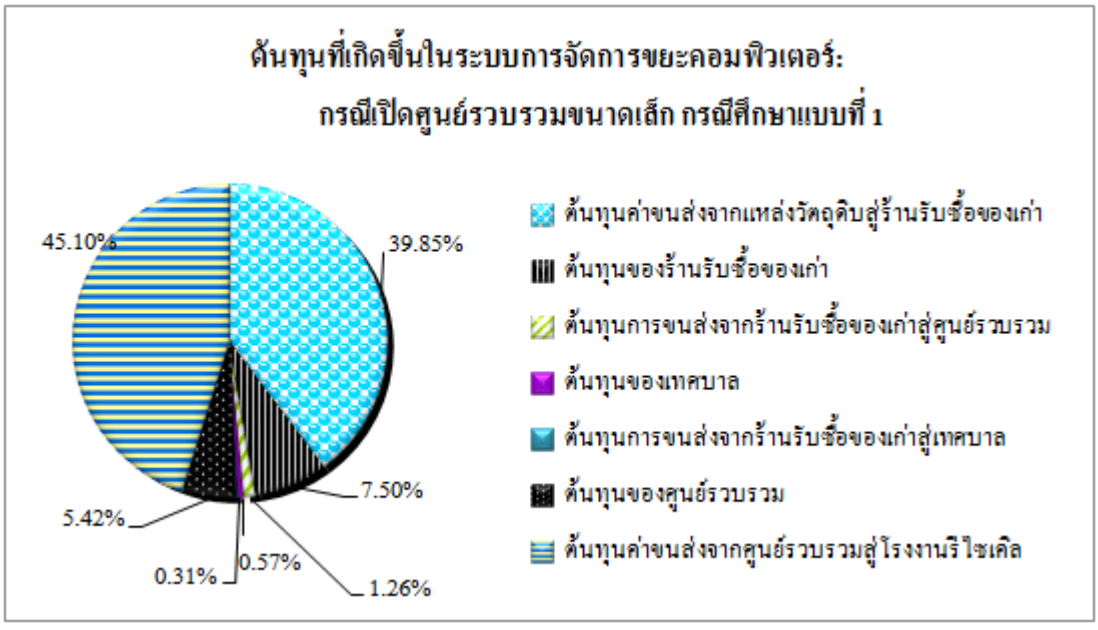
ตาราง 2.4: ต้นที่เกิดขึ้นในระบบจัดการขยะคอมพิวเตอร์: กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็กแบบที่ 1

ต้นทุนที่เกิดขึ้นในแต่ละฝ่ายในโซ่อุปทาน	มูลค่า (บาท/ปี)	เปอร์เซ็นต์
ต้นทุนค่าขนส่งจากแหล่งขยะคอมพิวเตอร์ สู่ร้านรับซื้อของเก่า	24,674,075	39.85
ต้นทุนของร้านรับซื้อของเก่า		
- ต้นทุนการแยกชิ้นส่วนขยะคอมพิวเตอร์	782,738	1.26
ต้นทุนค่าขนส่งจากร้านรับซื้อของเก่าสู่ศูนย์รวบรวม		
- ต้นทุนค่าขนส่งพลาสติก	1,475,912	2.38
- ต้นทุนค่าขนส่งเหล็ก	727,591	1.18
- ต้นทุนค่าขนส่งทองแดง	248,127	0.40
- ต้นทุนค่าขนส่งหน้าจอคอมพิวเตอร์	2,191,300	3.54
ต้นทุนของเทศบาล		
- ต้นทุนการฝังกลบ	350,711	0.57
ต้นทุนค่าขนส่งจากร้านรับซื้อของเก่าสู่เทศบาล	191,149	0.31
ต้นทุนของศูนย์รวบรวม		
- ต้นทุนการเปิดศูนย์รวบรวม	782,738	1.26
- ต้นทุนการอัดพลาสติก	35,349	0.06
- ต้นทุนการอัดเหล็ก	13,302	0.02
- ต้นทุนการอัดทองแดง	14,140	0.02
- ต้นทุนการจัดเก็บพลาสติก	40,422	0.07
- ต้นทุนการจัดเก็บเหล็ก	106,481	0.17
- ต้นทุนการจัดเก็บทองแดง	2,182,814	3.53
- ต้นทุนการจัดเก็บหน้าจอคอมพิวเตอร์	177,859	0.29

ตาราง 4.4: ต้นทุนที่เกิดขึ้นในระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์: กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็ก แบบที่ 1 (ต่อ)

ต้นทุนที่เกิดขึ้นในแต่ละฝ่ายในโซ่อุปทาน	มูลค่า (บาท/ปี)	เปอร์เซ็นต์
ต้นทุนค่าขนส่งจากศูนย์รวบรวมสู่โรงงานรีไซเคิล		
- ต้นทุนค่าขนส่งพลาสติก	9,339,873	15.08
- ต้นทุนค่าขนส่งเหล็ก	587,194	0.95
- ต้นทุนค่าขนส่งทองแดง	231,650	0.37
- ต้นทุนค่าขนส่งหน้าจอคอมพิวเตอร์	17,765,107	28.69
ต้นทุนรวม	61,918,532	100.00

จากตาราง 4.4 ตำแหน่งที่ตั้งที่เหมาะสมของศูนย์รวบรวมตั้งอยู่ในพื้นที่ดังกล่าว ทำให้คำตอบของต้นทุนรวมทั้งระบบในโซ่อุปทานของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์น้อยที่สุด คือ 61,918,532 บาทต่อปี โดยต้นทุนที่เกิดขึ้นในแต่ละฝ่ายสามารถแบ่งเป็นสัดส่วนเปอร์เซ็นต์ได้ดังแสดงในภาพประกอบ 4.5



ภาพประกอบ 2.5: สัดส่วนเปอร์เซ็นต์ของต้นทุนที่เกิดขึ้นในแต่ละฝ่ายในการเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็ก แบบที่ 1

จากการวิเคราะห์ต้นทุนที่เกิดขึ้นในแต่ละฝ่ายในโซ่อุปทานของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ พบว่า ส่วนของต้นทุนค่าขนส่งจากศูนย์รวบรวมสู่โรงงานรีไซเคิล มีสัดส่วนเปอร์เซ็นต์สูงมากที่สุดคือ 45.10% ของปริมาณต้นทุนรวม และรองลงมาคือ ต้นทุนค่าขนส่งขยะคอมพิวเตอร์จากแหล่งขยะคอมพิวเตอร์ สู่ร้านรับซื้อของเก่าเท่ากับ 39.85%ของปริมาณต้นทุนรวมทั้งระบบที่เกิดขึ้นในโซ่อุปทาน

2.2.1.2 กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็ก แบบที่ 2 เป็นแบบจำลองระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ให้สอดคล้องกับกลยุทธ์ในการลดผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อม โดยอาศัยการแยกชนิดของชิ้นส่วนที่นำกลับมารีไซเคิลให้เพิ่มมากขึ้น เนื่องจากจอคอมพิวเตอร์ประกอบไปด้วยองค์ประกอบที่ยังสามารถรีไซเคิลได้ แต่ระบบการจัดการในปัจจุบันยังไม่มีการจัดการจอคอมพิวเตอร์ ดังนั้นแบบที่ 2 จะทำให้ปริมาณชิ้นส่วนที่ถูกแยกออกมามีปริมาณมากขึ้นเมื่อผ่านกระบวนการคัดแยก ซึ่งในการศึกษานี้ทำการแยกชิ้นส่วนออกเป็น 6 ชิ้นส่วน คือ พลาสติก เหล็ก ทองแดง อลูมิเนียม ตะกั่ว และชิ้นส่วนอื่นๆ (ขยะ)

ผลจากแก้ปัญหาตัวแบบคณิตศาสตร์ กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็ก แบบที่ 2 พบว่า ตำแหน่งที่เหมาะสมของการเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็ก แบบที่ 2 จะคล้ายคลึงกับกรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็ก แบบที่ 1 โดยตั้งอยู่ในพื้นที่ 12 อำเภอ ได้แก่ อ.หาดใหญ่ อ.เมือง จ.นครศรีธรรมราช อ.เมือง จ.สุราษฎร์ธานี อ.เมือง จ.ภูเก็ต อ.เมือง จ.ตรัง อ.เมือง จ.นราธิวาส อ.เมือง จ.กระบี่ อ.เมือง จ.ปัตตานี อ.เมือง จ.พัทลุง อ.เมือง จ.ชุมพร อ.ตะกั่วป่า จ.พังงาและ อ.เมือง จ.ระนอง โดยต้นทุนแต่ละฝ่ายที่เกิดขึ้นในโซ่อุปทานของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ แสดงได้ดังตาราง 4.5

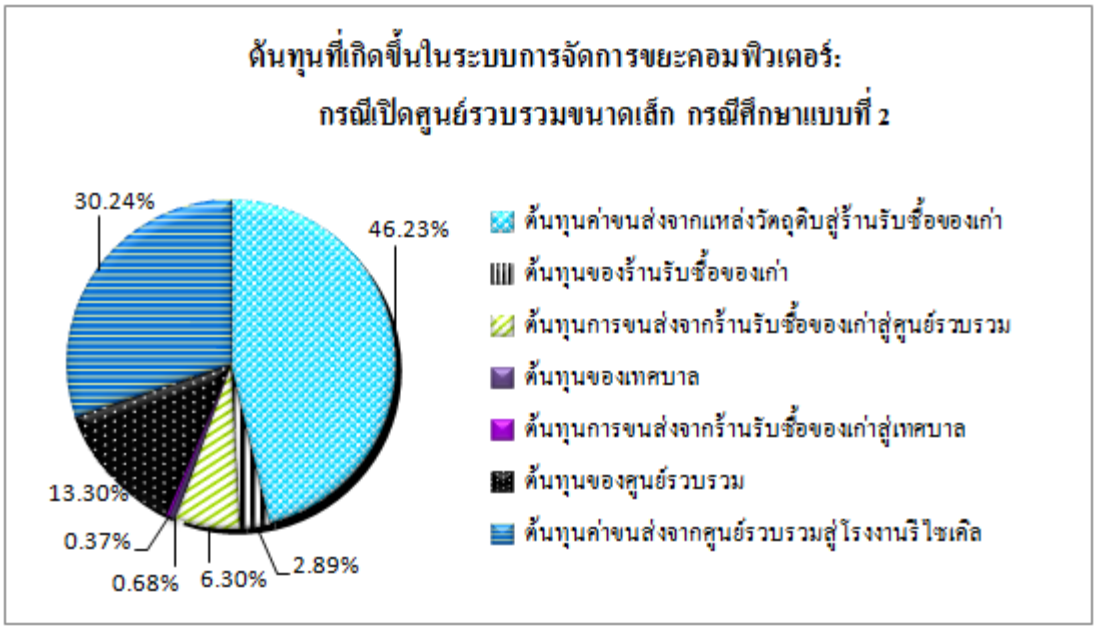
ตาราง 2.5: ต้นทุนที่เกิดขึ้นในระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์: กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็กแบบที่ 2

ต้นทุนที่เกิดขึ้นในแต่ละฝ่ายในโซ่อุปทาน	มูลค่า (บาท/ปี)	เปอร์เซ็นต์
ต้นทุนค่าขนส่งจากแหล่งขยะคอมพิวเตอร์ สู่ร้านรับซื้อของเก่า	24,668,128	46.23
ต้นทุนของร้านรับซื้อของเก่า		
- ต้นทุนการแยกชิ้นส่วนขยะคอมพิวเตอร์	1,540,380	2.89
ต้นทุนค่าขนส่งจากร้านรับซื้อของเก่าสู่ศูนย์รวบรวม		
- ต้นทุนค่าขนส่งพลาสติก	1,943,450	3.64
- ต้นทุนค่าขนส่งเหล็ก	602,202	1.13
- ต้นทุนค่าขนส่งทองแดง	210,769	0.39
- ต้นทุนค่าขนส่งอลูมิเนียม	423,440	0.79
- ต้นทุนค่าขนส่งตะกั่ว	180,467	0.34
ต้นทุนของเทศบาล		
- ต้นทุนการฝังกลบ	360,953	0.68
ต้นทุนค่าขนส่งจากร้านรับซื้อของเก่าสู่เทศบาล		
- ต้นทุนค่าขนส่งชิ้นส่วนอื่นๆ (ขยะ)	198,542	0.37
ต้นทุนของศูนย์รวบรวม		
- ต้นทุนการเปิดศูนย์รวบรวม	1,245,540	2.33
- ต้นทุนการอัดพลาสติก	54,202	0.10
- ต้นทุนการอัดเหล็ก	47,132	0.09
- ต้นทุนการอัดทองแดง	16,496	0.03
- ต้นทุนการอัดอลูมิเนียม	32,992	0.06
- ต้นทุนการจัดเก็บพลาสติก	61,981	0.12
- ต้นทุนการจัดเก็บเหล็ก	377,276	0.71
- ต้นทุนการจัดเก็บทองแดง	2,546,616	4.77
- ต้นทุนการจัดเก็บอลูมิเนียม	2,150,476	4.03
- ต้นทุนการจัดเก็บตะกั่ว	565,915	1.06

ตาราง 4.5: ต้นทุนที่เกิดขึ้นในระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์: กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็ก แบบที่ 2 (ต่อ)

ต้นทุนที่เกิดขึ้นในแต่ละฝ่ายในโซ่อุปทาน	มูลค่า (บาท/ปี)	เปอร์เซ็นต์
ต้นทุนค่าขนส่งจากศูนย์รวบรวมสู่โรงงานรีไซเคิล		
- ต้นทุนค่าขนส่งพลาสติก	14,321,138	26.84
- ต้นทุนค่าขนส่งเหล็ก	771,816	1.45
- ต้นทุนค่าขนส่งทองแดง	270,259	0.51
- ต้นทุนค่าขนส่งอลูมิเนียม	540,271	1.01
- ต้นทุนค่าขนส่งตะกั่ว	231,370	0.43
ต้นทุนรวม	53,361,812	100

จากตาราง 4.5 ตำแหน่งที่ตั้งที่เหมาะสมของศูนย์รวบรวมตั้งอยู่ในพื้นที่ดังกล่าว ทำให้คำตอบของต้นทุนรวมทั้งระบบในโซ่อุปทานของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์น้อยที่สุด คือ 53,361,812 บาทต่อปี โดยต้นทุนที่เกิดขึ้นในแต่ละฝ่ายสามารถแบ่งเป็นสัดส่วนเปอร์เซ็นต์ได้ดังแสดงในภาพประกอบ 4.6

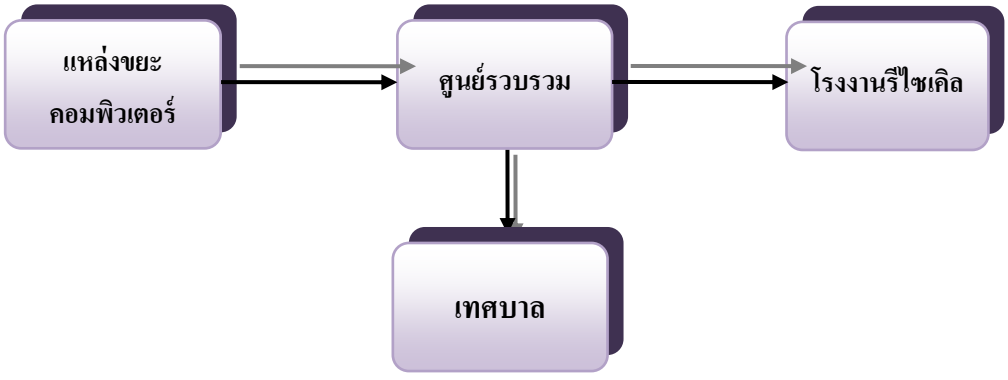


ภาพประกอบ 2.6: สัดส่วนเปอร์เซ็นต์ของต้นทุนที่เกิดขึ้นในแต่ละฝ่ายในการเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็ก แบบที่ 2

ผลจากการวิเคราะห์ต้นทุนที่เกิดขึ้นในแต่ละฝ่ายในโซ่อุปทานของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ พบว่า ส่วนของต้นทุนที่เกิดจากการเคลื่อนย้ายขยะคอมพิวเตอร์จากแหล่งขยะคอมพิวเตอร์ สู่ร้านรับซื้อของเก่า มีสัดส่วนเปอร์เซ็นต์สูงมากที่สุดคือ 46.23% ของปริมาณต้นทุนรวมและรองลงมาคือ ต้นทุนค่าขนส่งจากศูนย์รวบรวมสู่โรงงานรีไซเคิลเท่ากับ 30.24%ของปริมาณต้นทุนรวมทั้งระบบที่เกิดขึ้นในโซ่อุปทาน

2.2.2 กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่

การสร้างแบบจำลองโซ่อุปทานของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่ (ดังแสดงในภาพประกอบ 4.7) เนื่องจากการเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่จะมีต้นทุนในการเปิดศูนย์รวบรวมมากกว่าการเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็ก และกิจกรรมภายในของศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่มีความซับซ้อนกว่าจึงจำเป็นต้องใช้เงินลงทุนที่สูงกว่า โดยกิจกรรมภายในของศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่ ประกอบด้วยกิจกรรมการแยกชิ้นส่วนจนกระทั่งถึงกิจกรรมการแปรสภาพเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบเริ่มต้นของโรงงานรีไซเคิล ดังนั้นในการศึกษาจะทำการเปรียบเทียบต้นทุนรวมของการเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่กับศูนย์รวบรวมขนาดเล็ก เพื่อใช้เป็นทางเลือกในการพิจารณาความเหมาะสมในการตัดสินใจเปิดศูนย์รวบรวม โดยในการศึกษากรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่ สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 รูปแบบ คือ แบบที่ 1 และแบบที่ 2 ซึ่งเหมือนกับกรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็กเพื่อให้สะดวกต่อการเปรียบเทียบผลลัพธ์จากสมการ โดยแบบที่ 1 เป็นการจำลองจากรูปแบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ในปัจจุบัน แต่แบบที่ 2 เป็นการจำลองเพื่อลดผลกระทบที่เป็นสาเหตุของการลดภาวะโลกร้อนโดยทำการแยกชิ้นส่วนที่ให้มีชนิดเพิ่มมากขึ้นเพื่อลดปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่จะถูกปล่อยสู่บรรยากาศ



ภาพประกอบ 2.7: ระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่

2.2.2.1 กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่ แบบที่ 1 เป็นการนำเสนอแบบจำลองระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ที่ได้จากการศึกษาความสัมพันธ์ของกระบวนการต่างๆในระบบโซ่อุปทานของระบบจัดการขยะคอมพิวเตอร์ ทำให้ทราบพฤติกรรมของการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ ซึ่งสามารถนำมาพัฒนาระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ที่ควรจะเป็น คือขยะคอมพิวเตอร์จากแหล่งขยะคอมพิวเตอร์ จะถูกขนส่งไปยังศูนย์รวบรวมเพื่อผ่านกระบวนการคัดแยก ออกเป็นพลาสติก เหล็ก ทองแดง และชิ้นส่วนอื่นๆ (ขยะ) เมื่อกระบวนการคัดแยกเสร็จสิ้นลง ศูนย์รวบรวมก็จะดำเนินการรีไซเคิล พลาสติก เหล็ก และทองแดงเบื้องต้น เพื่อส่งไปยังโรงงานรีไซเคิลสำหรับผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ ส่วนชิ้นส่วนอื่นๆ (ขยะ) จะถูกส่งไปยังเทศบาลเพื่อทำการกำจัดต่อไป

ผลจากแก้ปัญหาด้วยตัวแบบคณิตศาสตร์ กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่ แบบที่ 1 พบว่า ตำแหน่งที่เหมาะสมของการเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่ ตั้งอยู่ในพื้นที่ 7 อำเภอ ได้แก่ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา อ.เมือง จ.นครศรีธรรมราช อ.บางขัน จ.นครศรีธรรมราช อ.เมือง จ.สุราษฎร์ธานี อ.มายอ จ.ปัตตานี อ.ท่าแซะ จ.ชุมพร และ อ.ท้ายเหมือง จ.พังงา โดยต้นทุนแต่ละฝ่ายที่เกิดขึ้นในโซ่อุปทานของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ แสดงได้ดังตาราง 4.6

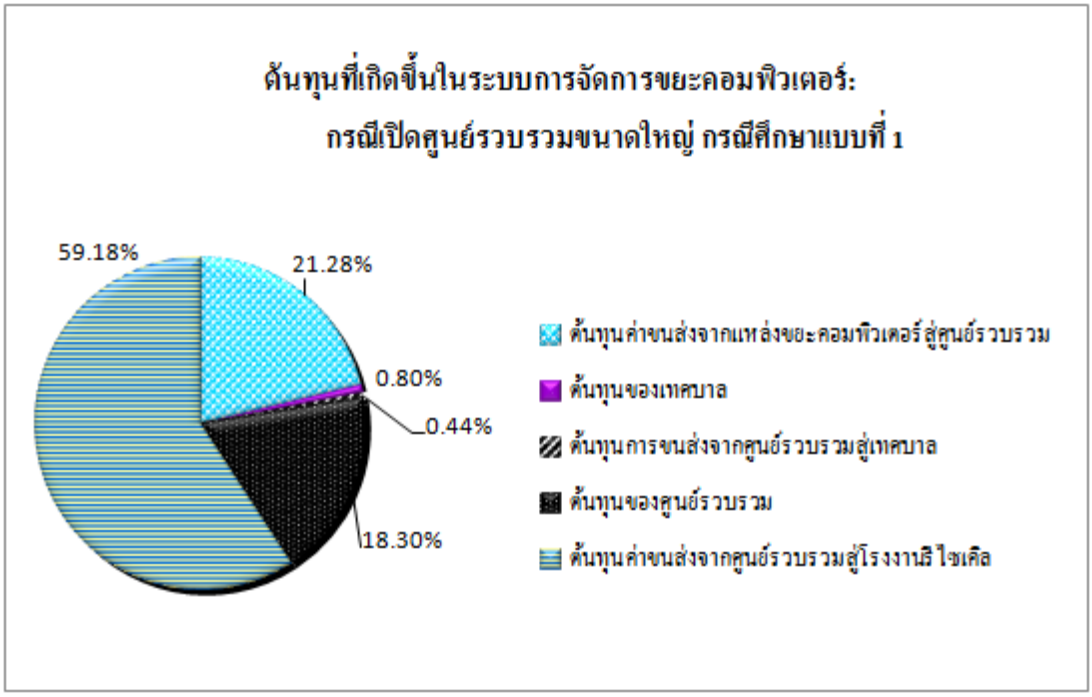
ตาราง 2.6: ต้นทุนที่เกิดขึ้นในระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์: กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่ แบบที่ 1

ต้นทุนที่เกิดขึ้นในแต่ละฝ่ายในโซ่อุปทาน	มูลค่า (บาท/ปี)	เปอร์เซ็นต์
ต้นทุนค่าขนส่งจากแหล่งขยะคอมพิวเตอร์ สู่ศูนย์รวบรวม	9,293,898	21.24
ต้นทุนจากศูนย์รวบรวมสู่โรงงานรีไซเคิล		
- ต้นทุนการแยกชิ้นส่วนขยะคอมพิวเตอร์	747,280	1.71
- ต้นทุนการเปิดศูนย์รวบรวม	4,277,180	9.78
- ต้นทุนการอัดพลาสติก	35,349	0.08
- ต้นทุนในการล้าง – สลัดแห้งพลาสติก	206,375	0.47
- ต้นทุนการอัดเหล็ก	34,613	0.08
- ต้นทุนการอัดทองแดง	14,140	0.03
- ต้นทุนการจัดเก็บพลาสติก	40,422	0.09
- ต้นทุนการจัดเก็บเหล็ก	277,065	0.63
- ต้นทุนการจัดเก็บทองแดง	2,182,814	4.99
- ต้นทุนการจัดเก็บหน้าจอคอมพิวเตอร์	177,859	0.41

ตาราง 4.6: ต้นทุนที่เกิดขึ้นในระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์: กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่แบบที่ 1 (ต่อ)

ต้นทุนที่เกิดขึ้นในแต่ละฝ่ายในโซ่อุปทาน	มูลค่า (บาท/ปี)	เปอร์เซ็นต์
ต้นทุนค่าขนส่งจากศูนย์รวบรวมสู่โรงงานรีไซเคิล		
- ต้นทุนค่าขนส่งพลาสติก	9,300,576	21.26
- ต้นทุนค่าขนส่งเหล็ก	557,345	1.27
- ต้นทุนค่าขนส่งทองแดง	227,764	0.52
- ต้นทุนค่าขนส่งหน้าจอคอมพิวเตอร์	15,763,095	36.03
ต้นทุนของศูนย์รวบรวม		
- ต้นทุนการฝังกลบ	350,711	0.80
ต้นทุนค่าขนส่งจากศูนย์รวบรวมสู่เทศบาล		
- ต้นทุนค่าขนส่งชิ้นส่วนอื่นๆ (ขยะ)	191,149	0.44
ต้นทุนรวม	43,746,882	100

จากตาราง 4.6 พบต้นทุนรวมของ ตำแหน่งที่ตั้งที่เหมาะสมของศูนย์รวบรวมตั้งอยู่ในพื้นที่ดังกล่าว ในโซ่อุปทานของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์น้อยที่สุด คือ 43,746,882บาทต่อปี โดยต้นทุนที่เกิดขึ้นในแต่ละฝ่ายสามารถแบ่งเป็นสัดส่วนเปอร์เซ็นต์ได้ดังแสดงในภาพประกอบ 4.8



ภาพประกอบ 2.8: สัดส่วนเปอร์เซ็นต์ของต้นทุนที่เกิดขึ้นในแต่ละฝ่ายในการเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่ แบบที่ 1

ผลจากวิเคราะห์ต้นทุนที่เกิดขึ้นในแต่ละฝ่ายในโซ่อุปทานของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ พบว่า ส่วนของต้นทุนค่าขนส่งจากศูนย์รวบรวมสู่โรงงานรีไซเคิล มีสัดส่วนเปอร์เซ็นต์สูงมากที่สุดคือ 59.18% ของปริมาณต้นทุนรวมและรองลงมาคือ ต้นทุนค่าขนส่งจากแหล่งขยะคอมพิวเตอร์ ศูนย์รวบรวมเท่ากับ 21.28%ของปริมาณต้นทุนรวมทั้งระบบที่เกิดขึ้นในโซ่อุปทาน

2.2.2.2 กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่ แบบที่ 2 เป็นแบบจำลองระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ให้สอดคล้องกับกลยุทธ์ในการลดผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อม โดยอาศัยการแยกชนิดของชิ้นส่วนที่นำกลับมารีไซเคิลให้เพิ่มมากขึ้น เนื่องจากจอคอมพิวเตอร์ประกอบไปด้วยองค์ประกอบที่ยังสามารถรีไซเคิลได้ แต่ระบบการจัดการในปัจจุบันยังไม่มีการจัดการจอคอมพิวเตอร์ ดังนั้นแบบที่ 2 จะทำให้ปริมาณชิ้นส่วนที่ถูกแยกออกมามีปริมาณมากขึ้นเมื่อผ่านกระบวนการคัดแยก ซึ่งในการศึกษานี้ทำการแยกชิ้นส่วนออกเป็น 6 ชิ้นส่วน คือ พลาสติก เหล็ก ทองแดง อลูมิเนียม ตะกั่ว และชิ้นส่วนอื่นๆ (ขยะ)

ผลจากการแก้ปัญหาด้วยตัวแบบคณิตศาสตร์ กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่ แบบที่ 2 พบว่า ตำแหน่งที่เหมาะสมของการเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่ แบบที่ 2 จะคล้ายคลึงกับ

กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่ แบบที่ 1 โดยตั้งอยู่ในพื้นที่ 7 อำเภอ ได้แก่ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา อ.เมือง จ.นครศรีธรรมราช อ.บางขัน จ.นครศรีธรรมราช อ.เมือง จ.สุราษฎร์ธานี อ.มายอ จ.ปัตตานี อ.ท่าแซะ จ.ชุมพร และ อ.ท้ายเหมือง จ.พังงา โดยต้นทุนแต่ละฝ่ายที่เกิดขึ้นในโซ่อุปทานของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์แสดงได้ดังตาราง 4.7

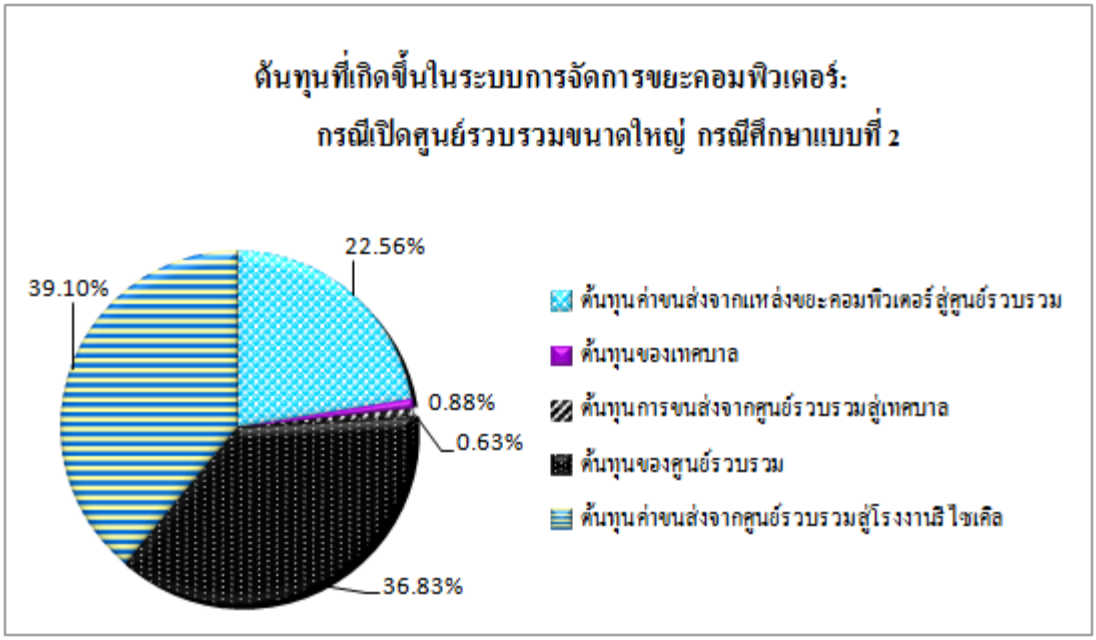
ตาราง 2.7: ต้นทุนที่เกิดขึ้นในระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์: กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่ แบบที่ 2

ต้นทุนที่เกิดขึ้นในแต่ละฝ่ายในโซ่อุปทาน	มูลค่า (บาท/ปี)	เปอร์เซ็นต์
ต้นทุนค่าขนส่งจากแหล่งขยะคอมพิวเตอร์ สู่ศูนย์รวบรวม	9,293,898	22.56
ต้นทุนจากศูนย์รวบรวมสู่โรงงานรีไซเคิล		
- ต้นทุนการแยกชิ้นส่วนขยะคอมพิวเตอร์	1,540,380	3.74
- ต้นทุนการเปิดศูนย์รวบรวม	4,277,180	10.38
- ต้นทุนการอัดพลาสติก	54,202	0.13
- ต้นทุนในการล้าง – สลัดแห้งพลาสติก	316,442	0.77
- ต้นทุนการอัดเหล็ก	47,132	0.11
- ต้นทุนการอัดทองแดง	16,496	0.04
- ต้นทุนการอัดอลูมิเนียม	32,992	0.08
- ต้นทุนการหลอมตะกั่ว	3,181,399	7.72
- ต้นทุนการจัดเก็บพลาสติก	61,981	0.15
- ต้นทุนการจัดเก็บเหล็ก	377,276	0.92
- ต้นทุนการจัดเก็บทองแดง	2,546,616	6.18
- ต้นทุนการจัดเก็บอลูมิเนียม	2,150,476	5.22
- ต้นทุนการจัดเก็บตะกั่ว	565,915	1.37
ต้นทุนค่าขนส่งจากศูนย์รวบรวมสู่โรงงานรีไซเคิล		
- ต้นทุนค่าขนส่งพลาสติก	14,314,913	34.75
- ต้นทุนค่าขนส่งเหล็ก	761,142	1.85
- ต้นทุนค่าขนส่งทองแดง	266,583	0.65
- ต้นทุนค่าขนส่งอลูมิเนียม	532,800	1.29
- ต้นทุนค่าขนส่งตะกั่ว	228,770	0.56

ตาราง 4.7: ต้นทุนที่เกิดขึ้นในระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์: กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่ที่มีรูปแบบการแยกแบบกรณีศึกษา (แบบที่ 2) (ต่อ)

ต้นทุนที่เกิดขึ้นในแต่ละฝ่ายในโซ่อุปทาน	มูลค่า (บาท/ปี)	เปอร์เซ็นต์
ต้นทุนของเทศบาล		
- ต้นทุนการฝังกลบ	362,804	0.88
ต้นทุนค่าขนส่งจากศูนย์รวบรวมสู่เทศบาล		
- ต้นทุนค่าขนส่งชิ้นส่วนอื่นๆ (ขยะ)	260,999	0.63
ต้นทุนรวม	41,190,396	100.00

จากตาราง 4.7 พบต้นทุนรวมของตำแหน่งที่ตั้งที่เหมาะสมของศูนย์รวบรวมตั้งอยู่ในพื้นที่ดังกล่าว ในโซ่อุปทานของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์น้อยที่สุด คือ 41,190,396 บาทต่อปี โดยต้นทุนที่เกิดขึ้นในแต่ละฝ่ายสามารถแบ่งเป็นสัดส่วนเปอร์เซ็นต์ได้ดังแสดงในภาพประกอบ 4.9



ภาพประกอบ 2.9: สัดส่วนเปอร์เซ็นต์ของต้นทุนที่เกิดขึ้นในแต่ละฝ่ายในการเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่ แบบที่ 2

ผลจากการวิเคราะห์ต้นทุนที่เกิดขึ้นในแต่ละฝ่ายในโซ่อุปทานของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ พบว่า ส่วนของต้นทุนค่าขนส่งจากศูนย์รวบรวมสู่โรงงานรีไซเคิล มีสัดส่วนเปอร์เซ็นต์สูงมากที่สุดคือ 39.10% ของปริมาณต้นทุนรวมและรองลงมาคือ ต้นทุนค่าขนส่งจากแหล่งขยะคอมพิวเตอร์ สู่ศูนย์รวบรวมเท่ากับ 40.81%ของปริมาณต้นทุนรวมทั้งระบบที่เกิดขึ้นในโซ่อุปทาน

2.3 เปรียบเทียบผลการวิจัยของตัวแบบคณิตศาสตร์

จากการวิเคราะห์ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ทำให้ทราบถึงต้นทุนที่เกิดขึ้นในแต่ละตัวแบบของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ เพื่อให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย ในส่วนของการวิเคราะห์รูปแบบการรวบรวมการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ที่เหมาะสม รวมถึงศึกษาที่ตั้งของศูนย์รวบรวม เพื่อลดต้นทุนที่เกิดขึ้นในโซ่อุปทานและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม จึงเป็นการวิเคราะห์เปรียบเทียบแต่ละรูปแบบของการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ที่เกิดขึ้นในโซ่อุปทานของตัวแบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ ดังแสดงในตาราง 4.8

ตาราง 2.8: ต้นทุนที่เกิดขึ้นในระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ ในกรณีต่างๆ

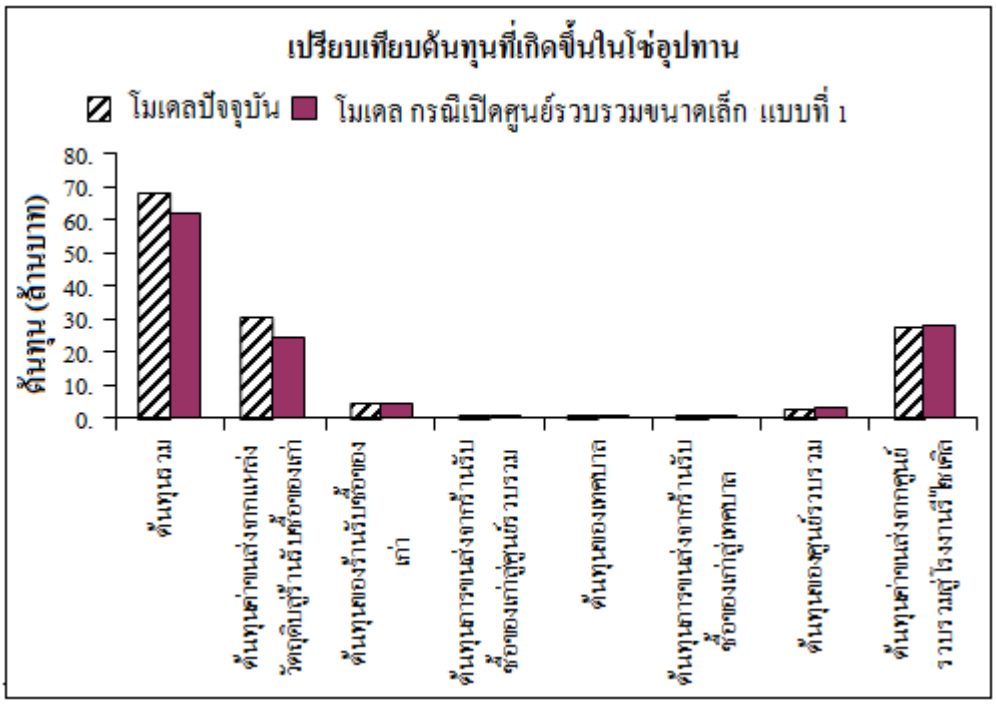
(หน่วย: บาทต่อปี)

ต้นทุน	การจัดการในปัจจุบัน	กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็ก		กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่	
		แบบที่ 1	แบบที่ 2	แบบที่ 1	แบบที่ 2
ต้นทุนค่าขนส่งจากแหล่งขยะคอมพิวเตอร์สู่ร้านรับซื้อของเก่า	30,805,133	24,674,075	24,668,128	9,293,898	9,293,898
ต้นทุนของร้านรับซื้อของเก่า	4,561,133	782,738	1,540,380	-	-
ต้นทุนการขนส่งจากร้านรับซื้อของเก่าสู่ศูนย์รวบรวม	1,155,285	4,642,930	3,360,328	-	-
ต้นทุนของเทศบาล	341,762	350,711	360,953	350,711	362,804
ต้นทุนการขนส่งจากร้านรับซื้อของเก่าสู่เทศบาล	520,748	191,149	198,542	191,149	260,999
ต้นทุนของศูนย์รวบรวม	2,796,626	3,353,105	7,098,626	7,993,097	15,168,487
ต้นทุนค่าขนส่งจากศูนย์รวบรวมสู่โรงงานรีไซเคิล	27,705,543	27,923,824	16,134,854	25,848,780	16,104,208
ต้นทุนรวม	67,886,229	61,918,532	53,361,812	43,677,635	41,190,396

เมื่อทำการเปรียบเทียบต้นทุนรวมที่เกิดขึ้นจากตาราง 4.8 พบว่า ต้นทุนรวมของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่ แบบที่ 2 มีต้นทุนรวมต่ำที่สุด คือเท่ากับ 41,190,396 บาทต่อปี ลองลงมาคือกรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่ แบบที่ 1 มีต้นทุนรวมเท่ากับ 43,677,635 บาทต่อปี เพื่อให้การอภิปรายผลการวิจัยที่ชัดเจน ผู้วิจัยจึงได้ทำการเปรียบเทียบต้นทุนที่เกิดขึ้นในระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ในพื้นที่ 14 จังหวัดภาคใต้ โดยทำการเปรียบเทียบตัวแบบที่เกิดขึ้นดังนี้ (1) เปรียบเทียบการดำเนินงานของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ในปัจจุบันกับกรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็ก แบบที่ 1 (2) เปรียบเทียบกรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็กกับกรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่ และ (3) เปรียบเทียบระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ แบบที่ 1 กับแบบที่ 2

2.3.1 เปรียบเทียบการดำเนินงานของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ในปัจจุบันกับกรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็ก แบบที่ 1

ผลจากการวิจัยระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ในปัจจุบันและระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์กรณีการเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็ก แบบที่ 1 เพื่อพิจารณาเปรียบเทียบต้นทุนในระบบโซ่อุปทานจากทั้งสองกรณี ดังแสดงในภาพประกอบ 4.10



ภาพประกอบ 2.10: การเปรียบเทียบต้นทุนที่เกิดขึ้นของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ในปัจจุบันและกรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็ก แบบที่ 1

จากภาพประกอบ 4.10 พบว่า ต้นทุนรวมที่เกิดจากระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ในสภาวะปัจจุบันมีค่ามากกว่าต้นทุนรวมที่เกิดจากระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็ก แบบที่ 1 เนื่องจากในตัวแบบคณิตศาสตร์จะทำการเลือกเส้นทางที่ทำให้ต้นทุนต่ำสุด แต่ในปัจจุบันการขนส่งขยะคอมพิวเตอร์จะทำการส่งไปยังร้านรับซื้อของเก่าภายในอำเภอเดียวกัน ทำให้ต้นทุนค่าขนส่งจากระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็กในส่วนของแหล่งขยะคอมพิวเตอร์ สู่ร้านรับซื้อของเก่ามีค่าขนส่งลดลงส่งผลให้ต้นทุนรวมทั้งระบบของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็กลดลงตามไปด้วย

2.3.2 เปรียบเทียบระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็กและระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่

ผลจากการวิจัยระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็กและระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์กรณีการเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่ ทั้งแบบที่ 1 และแบบที่ 2 เพื่อพิจารณาเปรียบเทียบต้นทุนในระบบโซ่อุปทานจากทั้งสองกรณี ดังแสดงในตาราง 4.9

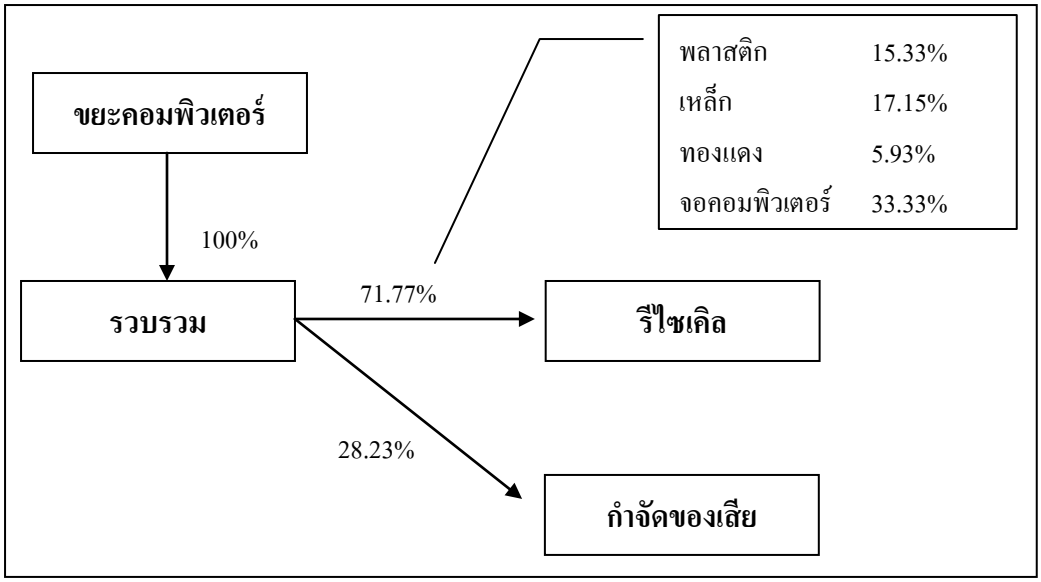
ตาราง 2.9: เปรียบเทียบกรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็กและระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่ แบบที่ 1 กับ แบบที่ 2

ต้นทุน	กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็ก		กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่	
	แบบที่ 1	แบบที่ 2	แบบที่ 1	แบบที่ 2
ต้นทุนค่าขนส่งจากแหล่งขยะคอมพิวเตอร์สู่ร้านรับซื้อของเก่า	24,674,075	24,668,128	9,293,898	9,293,898
ต้นทุนของร้านรับซื้อของเก่า	782,738	1,540,380	-	-
ต้นทุนการขนส่งจากร้านรับซื้อของเก่าสู่ศูนย์รวบรวม	4,642,930	3,360,328	-	-
ต้นทุนของเทศบาล	350,711	360,953	350,711	362,804
ต้นทุนการขนส่งจากร้านรับซื้อของเก่าสู่เทศบาล	191,149	198,542	191,149	260,999
ต้นทุนของศูนย์รวบรวม	3,353,105	7,098,626	7,993,097	15,168,487
ต้นทุนค่าขนส่งจากศูนย์รวบรวมสู่โรงงานรีไซเคิล	27,923,824	16,134,854	25,848,780	16,104,208
ต้นทุนรวม	61,918,532	53,361,812	43,677,635	41,190,396

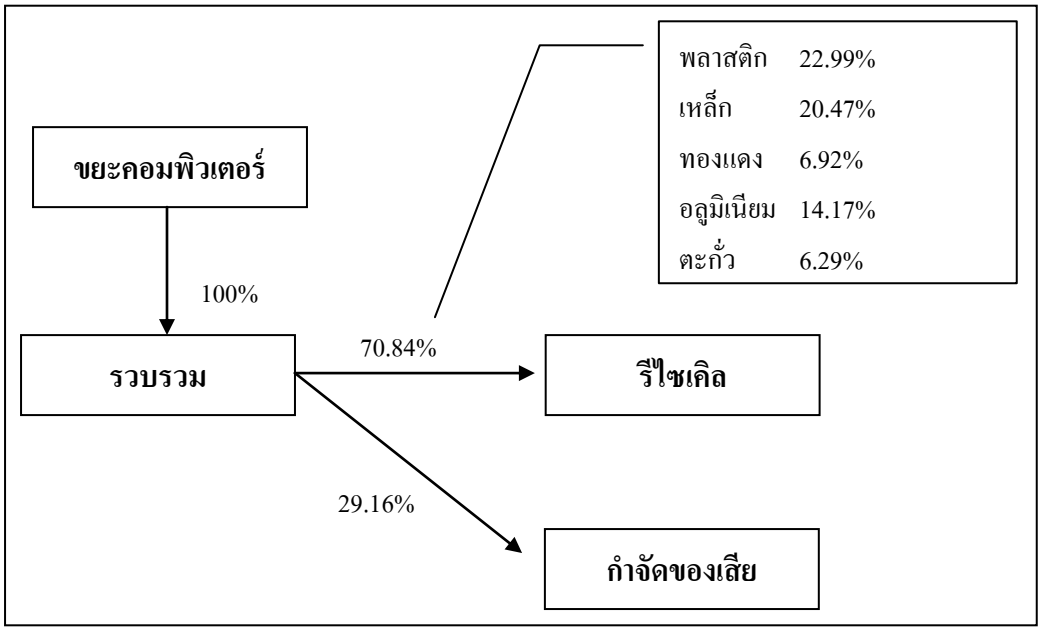
จากตาราง 4.9 พบว่า ต้นทุนรวมที่เกิดจากระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็ก มีค่ามากกว่าต้นทุนรวมที่เกิดจากระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่ เนื่องจากกรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่เป็นทำการรวบรวมโดยไม่ผ่านร้านรับซื้อของเก่า ซึ่งต้นทุนการขนส่งจากแหล่งมาร้านรับซื้อของเก่า กรณีศูนย์รวบรวมขนาดเล็กจะสูงกว่าต้นทุนจากแหล่งขยะคอมพิวเตอร์ไปยังศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่ เนื่องจากกรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็กมีการรวบรวมผ่านร้านรับซื้อของเก่า ซึ่งร้านรับซื้อของเก่าจะกระจายอยู่ในทุกอำเภอ ทำให้เกิดต้นทุนในการรวบรวมมากกว่ากรณีการเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่

2.3.3 เปรียบเทียบระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ แบบที่ 1 กับ แบบที่ 2

จากการศึกษาตัวแบบทางคณิตศาสตร์ทั้งกรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็กและกรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่ ได้นำเสนอกลยุทธ์ในการลดผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมโดยทำการศึกษาระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์แบบที่ 1 และแบบที่ 2 โดยระบบการจัดการคอมพิวเตอร์แบบที่ 1 เป็นการจำลองจากรูปแบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ในปัจจุบัน ซึ่งศึกษาโดยการแยกออกได้เป็น พลาสติก เหล็ก ทองแดงและจอคอมพิวเตอร์เพื่อนำไปรีไซเคิล (ดังภาพประกอบ 4.11) ส่วนแบบที่ 2 เป็นการจำลองเพื่อลดผลกระทบที่เป็นสาเหตุของการเกิดภาวะโลกร้อนโดยทำการแยกชิ้นส่วนที่ให้มีปริมาณมากขึ้น โดยแยกออกได้เป็น พลาสติก เหล็ก ทองแดง อลูมิเนียมและตะกั่วเพื่อนำไปรีไซเคิล (ดังภาพประกอบ 4.12)



ภาพประกอบ 2.11: การจัดการแบบแบบที่ 1



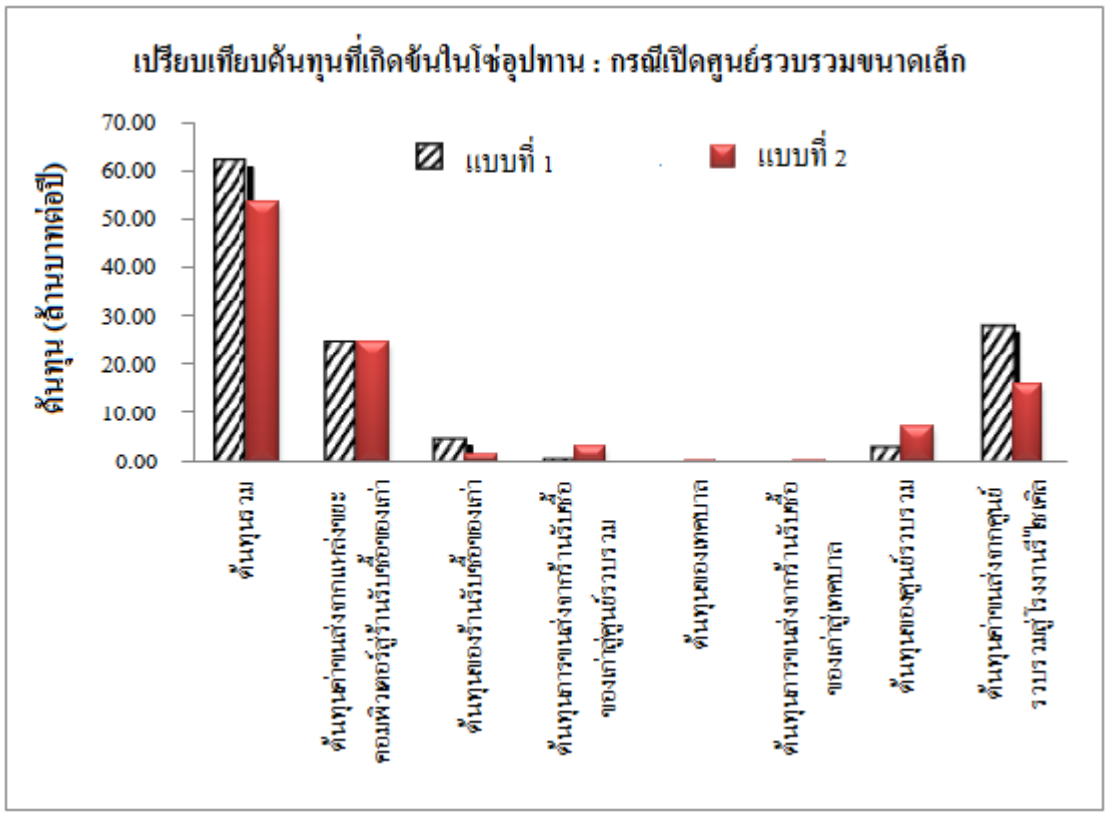
ภาพประกอบ 2.12: การจัดการแบบที่ 2

จากภาพประกอบ 4.11 และ ภาพประกอบ 4.12 สามารถอธิบายได้ว่า ในการศึกษากำหนดให้การแยกชิ้นส่วนขยะคอมพิวเตอร์ทั้ง 2 แบบมีประสิทธิภาพในการรวบรวมขยะคอมพิวเตอร์จากลูกค้าโดยผ่านร้านรับซื้อของเก่าและศูนย์รวบรวม คิดเป็น 100% ของปริมาณขยะคอมพิวเตอร์ทั้งหมด โดยแบ่งออกเป็นประสิทธิภาพในการรีไซเคิลชิ้นส่วนที่สามารถนำกลับมาใช้ได้ และ ประสิทธิภาพในการกำจัดของเสียในรูปแบบเดียวกับขยะมูลฝอยชุมชน คิดเป็น 71.77% และ 28.23% ในการศึกษารูปแบบการแยกชิ้นส่วนขยะคอมพิวเตอร์ แบบที่ 1 และ ในการศึกษารูปแบบการแยกชิ้นส่วนขยะคอมพิวเตอร์ แบบที่ 2 คิดเป็น 70.84% และ 29.16% ตามลำดับ โดยในการศึกษาทั้ง 2 รูปแบบจะมีสัดส่วนของวัสดุที่สามารถนำไปรีไซเคิลได้แตกต่างกัน ซึ่งแบบที่ 1 มีสัดส่วนของวัสดุที่สามารถนำไปรีไซเคิลได้ ประกอบด้วย พลาสติก 15.33% เหล็ก 17.15% ทองแดง 5.93% และ จอคอมพิวเตอร์ 33.33% แต่ในการศึกษาแบบที่ 2 มีสัดส่วนของวัสดุที่สามารถนำไปรีไซเคิลได้ ประกอบด้วย พลาสติก 22.99% เหล็ก 20.47% ทองแดง 6.92% อลูมิเนียม 14.17% และ ตะกั่ว 6.29% จากสัดส่วนของวัสดุที่สามารถนำไปรีไซเคิลได้ข้างต้นจะเห็นได้ว่ารูปแบบการแยกแบบที่ 2 มีสัดส่วนของพลาสติก เหล็ก และ ทองแดง เพิ่มสูงขึ้นเนื่องจากการแยกชิ้นส่วนที่เป็นองค์ประกอบของจอคอมพิวเตอร์ นอกจากนี้ในแบบที่ 2 ยังมีการแยกวัสดุที่สามารถนำไปรีไซเคิลได้เพิ่มเติมเมื่อเปรียบเทียบกับแบบที่ 1 ได้แก่ อลูมิเนียม และ ตะกั่ว เนื่องจากแบบที่ 2 เป็นการศึกษารูปแบบการแยกชิ้นส่วนที่สามารถนำไปรีไซเคิลได้ภายใต้แนวคิดการประยุกต์ใช้

ระเบียบ ROHs และ WEEE ในการคัดแยกชิ้นส่วนที่มีมูลค่าออกมาเพื่อนำไปรีไซเคิลในรูปของเศษวัสดุและส่งต่อให้กับอุตสาหกรรมพื้นฐานอื่นๆเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบต่อไป

ดังนั้นในการศึกษาจะทำการเปรียบเทียบต้นทุนรวมของระบบการจัดการคอมพิวเตอร์แบบที่ 1 และแบบที่ 2 ทั้งกรณีการเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็กและกรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่ ดังนี้

2.3.3.1 กรณีการเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็ก ผลจากการวิจัยระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็กแบบที่ 1 กับแบบที่ 2 เพื่อพิจารณาเปรียบเทียบต้นทุนในระบบโซ่อุปทานจากทั้งสองกรณี ดังแสดงในภาพประกอบ 4.13

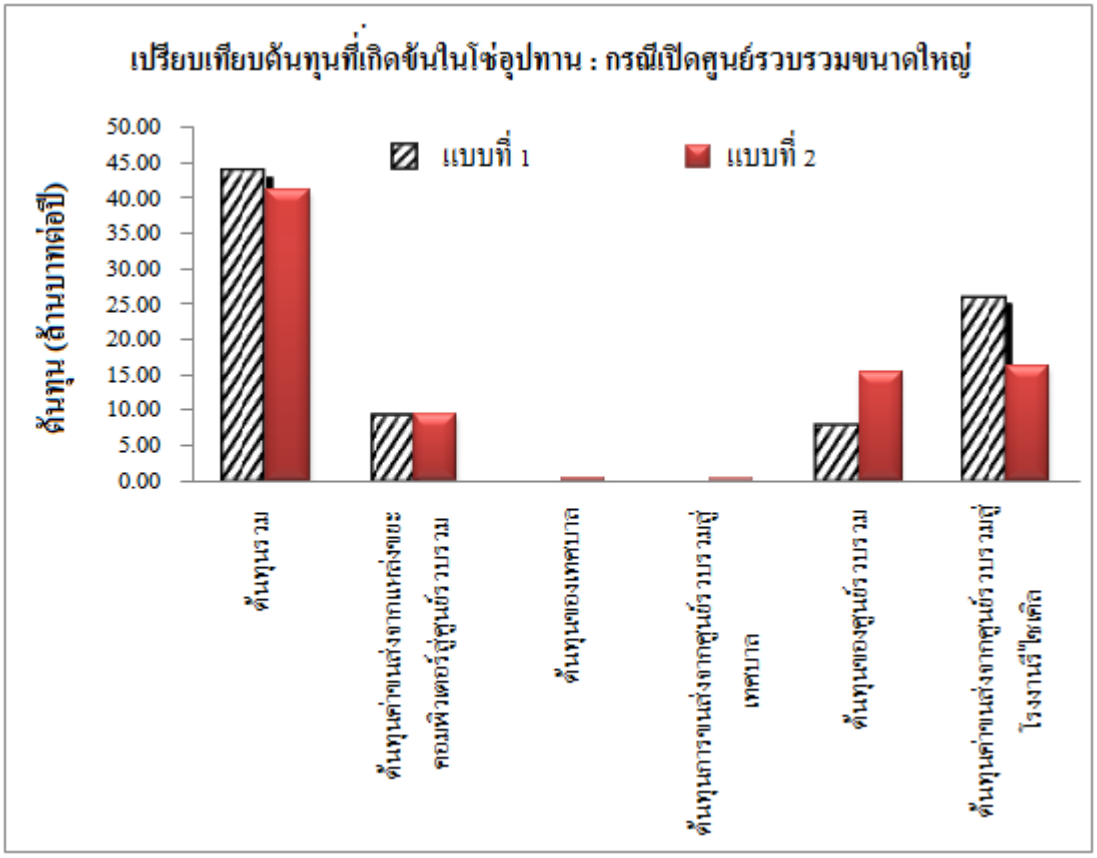


ภาพประกอบ 2.13: การเปรียบเทียบต้นทุนที่เกิดขึ้นของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็ก แบบที่ 1 กับ แบบที่ 2

จากภาพประกอบ 4.13 พบว่า ต้นทุนรวมของโซ่อุปทานในระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์แบบที่ 2 มีค่าต่ำกว่าแบบที่ 1 เนื่องจากในระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์แบบที่ 1 มีกิจกรรมในการแยกชิ้นส่วนจากจอคอมพิวเตอร์เพื่อนำไปรีไซเคิล ทำให้เกิดต้นทุนของศูนย์

รวบรวมสูงกว่าแบบที่ 1 คิดเป็น 47.24 เปอร์เซ็นต์ของแบบที่ 2 และจากการแยกชิ้นส่วนจากจอคอมพิวเตอร์ทำให้สามารถขนส่งชิ้นส่วนต่างๆของขยะคอมพิวเตอร์ได้ในปริมาณที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ต้นทุนค่าขนส่งของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์แบบที่ 2 ลดลง 57.78 เปอร์เซ็นต์ ของแบบที่ 1 เป็นผลให้ต้นทุนรวมทั้งระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ แบบที่ 2 ลดลงตามไปด้วย

2.3.3.2 กรณีการเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่ ผลจากการวิจัยระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่ แบบที่ 1 กับแบบที่ 2 เพื่อพิจารณาเปรียบเทียบต้นทุนในระบบโซ่อุปทานจากทั้งสองกรณี ดังแสดงในภาพประกอบ 4.14



ภาพประกอบ 2.14: การเปรียบเทียบต้นทุนที่เกิดขึ้นในระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่ แบบที่ 1 กับแบบที่ 2

จากภาพประกอบ 4.14 พบว่า ต้นทุนรวมของโซ่อุปทานในระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์แบบที่ 2 มีค่าต่ำกว่าแบบที่ 1 เนื่องจากในระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์แบบที่ 2 มีกิจกรรมในการแยกชิ้นส่วนจากจอคอมพิวเตอร์เพื่อนำไปรีไซเคิล ทำให้เกิดต้นทุนของศูนย์

รวบรวมสูงกว่าแบบที่ 1 คิดเป็น 52.70 เปอร์เซ็นต์ของแบบที่ 2 และจากการแยกชิ้นส่วนจากจอคอมพิวเตอร์ทำให้สามารถขนส่งชิ้นส่วนต่างๆของขยะคอมพิวเตอร์ได้ในปริมาณที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ต้นทุนค่าขนส่งของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์แบบที่ 2 ลดลง 62.30 เปอร์เซ็นต์ ของแบบที่ 1 เป็นผลให้ต้นทุนรวมทั้งระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ แบบที่ 2 ลดลงตามไปด้วย

2.3.3.3 การเปรียบเทียบการปล่อยการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ แบบที่ 1 กับแบบที่ 2 จากการแยกชิ้นส่วนออกจากขยะคอมพิวเตอร์เพื่อรีไซเคิลเป็นผลทำให้มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาสู่ชั้นบรรยากาศ ซึ่งสามารถคำนวณหาปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกปล่อยออกมาของชิ้นส่วนต่างๆได้ โดยนำปริมาณของชิ้นส่วน (หน่วย: กิโลกรัม) มาคูณด้วยค่าแฟคเตอร์ของการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งค่าแฟคเตอร์ของพลาสติก เหล็ก ทองแดง อลูมิเนียมและตะกั่วมีค่าเท่ากับ 2.19 1.76 2.01 5.91 และ 27.7 ตามลำดับ จากข้อมูลดังกล่าวผู้วิจัยนำมาใช้ในการคำนวณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ดังแสดงตัวอย่างการคำนวณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของพลาสติกแบบที่ 1 ได้ 623,804 * 2.19 = 1,366,131 กิโลคาร์บอน ($kgCO_2$) ของขยะคอมพิวเตอร์ โดยการวิเคราะห์ดังกล่าวได้แสดงไว้ในตาราง 4.10

ตาราง 2.10: ค่าการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ลดลงในชิ้นส่วนต่างๆของขยะคอมพิวเตอร์

ชิ้นส่วนต่างๆของขยะคอมพิวเตอร์	**ค่าการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (กิโลคาร์บอน: $kgCO_2$)**	
	แบบที่ 1	**แบบที่ 2**
พลาสติก	1,366,131	2,094,734
เหล็ก	1,244,281	1,463,860
ทองแดง	501,538	585,128
อลูมิเนียม	-	3,440,903
ตะกั่ว	-	6,911,748
รวม	3,111,950	14,496,372

จากการศึกษาระบบการจัดการแบบที่ 1 และแบบที่ 2 เพื่อลดผลกระทบที่เป็นสาเหตุของการลดภาวะโลกร้อนโดยทำการแยกชิ้นส่วนให้มีชนิดของชิ้นส่วนในการแยกเพิ่มมากขึ้น เพื่อลดปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่จะถูกปล่อยสู่บรรยากาศ จากตาราง 4.10 พบว่าระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์แบบที่ 1 สามารถลดการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ได้เท่ากับ 3,111,950

กิโลคาร์บอนต่อปี ส่วนระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์แบบที่ 2 สามารถลดการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ได้เท่ากับ 14,496,372 กิโลคาร์บอนต่อปี เนื่องจากระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ แบบที่ 2 สามารถแยกชิ้นส่วนได้มากขึ้น ส่งผลให้การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลดลงทำให้สามารถลดภาวะโลกร้อนได้ดีกว่าแบบที่ 1

2.4 การวิเคราะห์ความไว

การสร้างตัวแบบโซ่อุปทานโดยการใช้ตัวแบบคณิตศาสตร์มีการพิจารณาภายใต้ข้อจำกัดต่างๆ ดังนั้น เพื่อช่วยให้ผู้ที่เกี่ยวข้องมีความมั่นใจในการตัดสินใจเกี่ยวกับการจัดการระบบโซ่อุปทานของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ในเขตพื้นที่ 14 จังหวัดภาคใต้มากขึ้น การวิเคราะห์ความไวของตัวแบบคณิตศาสตร์จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งเพื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของคำตอบที่ดีที่สุด เมื่อค่าคงที่ ตัวแปรและข้อจำกัดต่างๆ ของตัวแบบคณิตศาสตร์เปลี่ยนไป สำหรับงานวิจัยนี้ใช้การวิเคราะห์ความไวของผลการวิจัย โดยพิจารณาภายใต้สถานการณ์ที่มีความไม่แน่นอนของปริมาณขยะคอมพิวเตอร์ ผลการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนรวมทั้งระบบในโซ่อุปทานและตำแหน่งที่ตั้งที่เหมาะสมของศูนย์รวบรวม ในระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ในกรณีต่างๆ ดังนี้

2.4.1 กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็ก

ผลการวิเคราะห์ความไวของปริมาณขยะคอมพิวเตอร์ กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็ก แบบที่ 1 กับแบบที่ 2 พบว่า ในปี พ.ศ. 2552 – พ.ศ. 2555 เมื่อปริมาณขยะคอมพิวเตอร์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ทำให้ต้นทุนรวมเพิ่มขึ้นและส่งผลให้มีการเปิดศูนย์รวบรวมเพิ่ม 2 แห่ง คือ อ.เมือง จ.พัทลุง และ อ.เมือง จ.สตูล เมื่อเทียบกับปี พ.ศ. 2551 ดังแสดงในตาราง 4.11

ตาราง 2.11: ผลจากการวิเคราะห์ความไวด้านปริมาณขยะคอมพิวเตอร์ กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็ก แบบที่ 1 กับแบบที่ 2

ความสามารถของปริมาณคอมพิวเตอร์	แบบที่ 1	แบบที่ 2	ตำแหน่งที่ตั้งของศูนย์รวบรวม
ปี พ.ศ.2551	67,886,229	53,361,812	อ.หาดใหญ่ จ. สงขลา อ.เมือง จ.นครศรีธรรมราช อ.เมือง จ.สุราษฎร์ธานี อ.เมือง จ.ภูเก็ต อ.เมือง จ.ตรัง อ.เมือง จ.นราธิวาส อ.เมือง จ.กระบี่ อ.เมือง จ.ปัตตานี อ.เมือง จ.ชุมพร อ.ตะกั่วป่า จ.พังงา อ.เมือง จ.ระนอง
ปี พ.ศ.2552	84,865,630	73,940,640	อ.หาดใหญ่ จ. สงขลา อ.เมือง จ.นครศรีธรรมราช อ.เมือง จ.สุราษฎร์ธานี อ.เมือง จ.ภูเก็ต
ปี พ.ศ.2553	113,674,900	99,022,480	อ.เมือง จ.ตรัง อ.เมือง จ.นราธิวาส อ.เมือง จ.กระบี่
ปี พ.ศ.2554	122,969,600	107,211,400	อ.เมือง จ.พัทลุง อ.เมือง จ.ปัตตานี อ.เมือง จ.ชุมพร
ปี พ.ศ.2555	153,388,400	133,664,000	อ.ตะกั่วป่า จ.พังงา อ.เมือง จ.สตูล อ.เมือง จ.ระนอง

จากตาราง 4.11 พบว่า เมื่อปริมาณวัตถุดิบของขยะคอมพิวเตอร์เปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2552 – พ.ศ. 2555 จากปริมาณขยะคอมพิวเตอร์ในปี พ.ศ. 2551 ต้นทุนรวมทั้งระบบมีค่าเท่ากับ 84,865,630 บาท 113,674,900 บาท 122,969,600 บาท และ 153,388,400 บาท ตามลำดับ จากการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนรวมทั้งระบบภายใต้การเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นของปริมาณขยะคอมพิวเตอร์ พบว่า ต้นทุนรวมของระบบจะแปรผันตรงกับปริมาณขยะคอมพิวเตอร์ นั่นคือ เมื่อปริมาณขยะคอมพิวเตอร์เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ต้นทุนรวมของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์เพิ่มขึ้น

2.4.2 กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่

ผลการวิเคราะห์ความไวของปริมาณขยะคอมพิวเตอร์ กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่ พบว่า ปริมาณขยะคอมพิวเตอร์ในปี พ.ศ. 2552 ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งที่ตั้ง แต่ปริมาณขยะคอมพิวเตอร์ในปี พ.ศ. 2553– พ.ศ. 2555 มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งที่ตั้ง คือ ในปี 2553 – ปี พ.ศ. 2554 พบว่า มีการเปิดศูนย์รวบรวมเพิ่มขึ้น 2 แห่ง คือ อ.กันตัง จ.ตรัง กับ อ.เขาพนม จ.กระบี่ และในปี พ.ศ. 2555 พบว่ามีการเปิดศูนย์รวบรวมเพิ่มขึ้น 3 แห่ง คือ และ อ.กันตัง จ.ตรัง อ.เขาพนม จ.กระบี่ อ.หลังสวน จ.ชุมพร เมื่อเทียบกับปีพ.ศ. 2551 ดังแสดงในตาราง 4.12

ตาราง 2.12: ผลการวิเคราะห์ความไวด้านปริมาณขยะคอมพิวเตอร์ กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่ แบบที่ 1 กับแบบที่ 2

ความสามารถของปริมาณคอมพิวเตอร์	แบบที่ 1	แบบที่ 2	ตำแหน่งที่ตั้งของศูนย์รวบรวม
ปี พ.ศ.2551	43,677,635	41,190,396	อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา อ.เมือง จ.นครศรีธรรมราช อ.บางขัน จ.นครศรีธรรมราช อ.เมือง จ.สุราษฎร์ธานี
ปี พ.ศ.2552	59,244,450	52,244,450	อ.มายอ จ.ปัตตานี อ.ท่าแซะ จ.ชุมพร อ.ท้ายเหมือง จ.พังงา

ตาราง 4.12: ผลการวิเคราะห์ความไวด้านปริมาณขยะคอมพิวเตอร์ กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่ แบบที่ 1 กับแบบที่ 2 (ต่อ)

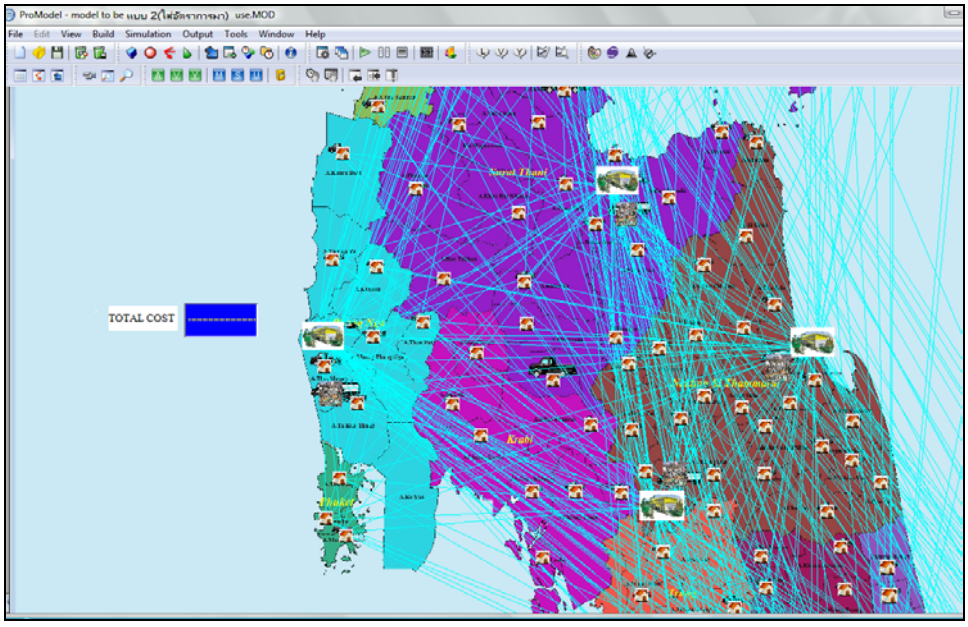
ความสามารถของปริมาณคอมพิวเตอร์	แบบที่ 1	แบบที่ 2	ตำแหน่งที่ตั้งของศูนย์รวบรวม
ปี พ.ศ.2553	73,798,800	64,798,800	อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา อ.เมือง จ.นครศรีธรรมราช อ.บางขัน จ.นครศรีธรรมราช อ.เมือง จ.สุราษฎร์ธานี
ปี พ.ศ.2554	83,798,800	77,943,370	อ.กันตัง จ.ตรัง อ.เขาพนม จ.กระบี่ อ.มายอ จ.ปัตตานี อ.ท่าแซะ จ.ชุมพร อ.ท้ายเหมือง จ.พังงา
ปี พ.ศ.2555	103,846,000	96,487,660	อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา อ.เมือง จ.นครศรีธรรมราช อ.บางขัน จ.นครศรีธรรมราช อ.เมือง จ.สุราษฎร์ธานี อ.กันตัง จ.ตรัง อ.เขาพนม จ.กระบี่ อ.มายอ จ.ปัตตานี อ.ท่าแซะ จ.ชุมพร อ.หลังสวน จ.ชุมพร อ.ท้ายเหมือง จ.พังงา

จากตาราง 4.12 พบว่า เมื่อปริมาณวัตถุดิบของขยะคอมพิวเตอร์เปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2552 – พ.ศ. 2555 จากปริมาณขยะคอมพิวเตอร์ในปี พ.ศ. 2551 ต้นทุนรวมทั้งระบบมีค่าเท่ากับ 59,244,450 บาท 73,798,800 บาท 83,798,800 บาท และ 103,846,000 บาท ตามลำดับ จากการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนรวมทั้งระบบภายใต้การเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นของปริมาณขยะคอมพิวเตอร์ พบว่า ต้นทุนรวมของระบบจะแปรผันตรงกับปริมาณขยะคอมพิวเตอร์ นั่นคือ

เมื่อปริมาณขยะคอมพิวเตอร์เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ต้นทุนรวมของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์เพิ่มขึ้น

2.5 การวิเคราะห์และอภิปรายผลการวิจัยที่ได้จากตัวแบบจำลองคอมพิวเตอร์

ผลการวิจัยที่ได้จากตัวแบบจำลองคอมพิวเตอร์ ซึ่งใช้วิธีการจำลองแบบด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป ProModel Version 7.0 ดังแสดงในภาพประกอบ 4.15 ทำให้ทราบถึงต้นทุนที่เกิดขึ้นในแต่ละฝ่ายที่เกี่ยวข้องและต้นทุนรวมทั้งระบบในโซ่อุปทานของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ที่มีค่าน้อยที่สุด โดยการอ้างอิงตำแหน่งที่ตั้งที่เหมาะสมของการเปิดศูนย์รวบรวมจากตัวแบบคณิตศาสตร์ ผลการวิจัยที่ได้จากตัวแบบจำลองคอมพิวเตอร์ ทำให้ทราบถึงต้นทุนที่เกิดขึ้นต่อปีในแต่ละฝ่ายที่เกี่ยวข้องและต้นทุนรวมทั้งระบบในโซ่อุปทานของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ในพื้นที่ 14 จังหวัดภาคใต้ นอกจากนี้ผลการวิจัยที่ได้จากตัวแบบจำลองคอมพิวเตอร์ทำให้ทราบถึงปริมาณการเคลื่อนย้ายของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดในระบบโซ่อุปทานของขยะคอมพิวเตอร์ต่อปี



ภาพประกอบ 2.15: หน้าต่างการทำงานของโปรแกรม ProModel Version 7.0

จากภาพประกอบ 4.15 พบว่า ตัวแบบจำลองคอมพิวเตอร์ที่ถูกพัฒนาขึ้นจะแสดงต้นทุนที่เกิดขึ้นในระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ จากนั้นทำการกำหนดจำนวนครั้งของการจำลองสถานการณ์ โดยดำเนินการจำลองสถานการณ์ทดลอง (Pilot Run) จำนวน 20 ครั้ง เพื่อนำผลที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ทดลอง มาคำนวณด้วยโปรแกรม Stat Fit เพื่อหาจำนวนครั้งของการจำลองสถานการณ์ ที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 กรณีที่ปริมาณขยะคอมพิวเตอร์มีการเปลี่ยนแปลง โดยการศึกษาแบ่งการประเมินระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ออกเป็น 2 กรณี คือ ระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็กและกรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

2.5.1 กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็ก

ผลการดำเนินงานจากตัวแบบจำลองคอมพิวเตอร์ของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ในกรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็ก สำหรับการกำหนดทางเลือกโดยการอ้างอิงตำแหน่งที่ตั้งศูนย์รวบรวมจากตัวแบบคณิตศาสตร์ นั่นคือ ตำแหน่งของศูนย์รวบรวมขยะคอมพิวเตอร์ ตั้งอยู่ในพื้นที่ 12 อำเภอ ได้แก่ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา อ.เมือง จ.นครศรีธรรมราช อ.เมือง จ.สุราษฎร์ธานี อ.เมือง จ.ภูเก็ต อ.เมือง จ.ตรัง อ.เมือง จ.นราธิวาส อ.เมือง จ.กระบี่ อ.เมือง จ.ปัตตานี อ.เมือง จ.พัทลุง อ.เมือง จ.ชุมพร อ.ตะกั่วป่า จ.พังงาและ อ.เมือง จ.ระนอง โดยดำเนินการจำลองสถานการณ์ทดลอง (Pilot Run) 20 ครั้ง พบว่า จำนวนครั้งของการจำลองสถานการณ์ที่ต้องการอย่างน้อย (Minimum Replicate Requirement) เท่ากับ 6 ครั้ง จึงจะเพียงพอต่อความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 95 ทั้งนี้พิจารณาต้นทุนที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ ภายใต้ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังแสดงในตาราง 4.13

ตาราง 2.13: ต้นทุนรวมที่เกิดขึ้นในระบบโซ่อุปทานของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็ก

หน่วย: บาทต่อปี

จำนวนซ้ำ	กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็ก	
	แบบที่ 1	**แบบที่ 2**
1	86,388,324	76,029,262
2	94,793,156	76,669,021
3	91,025,155	70,272,608
4	90,447,372	67,603,366
5	92,186,934	79,436,775
6	85,746,378	71,176,369
ช่วงความเชื่อมั่น 95%	86,459,866 - 93,735,907	68,785,163 - 78,277,304

ผลการวิจัยที่ได้จากตัวแบบจำลองคอมพิวเตอร์ สำหรับการสำหรับการอ้างอิงตำแหน่งที่ตั้งศูนย์รวบรวมที่เหมาะสมตั้งอยู่ในพื้นที่ดังกล่าว โดยพิจารณาภายใต้ความเชื่อมั่น 95 % พบว่า ต้นทุนรวมทั้งระบบในโซ่อุปทานของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็ก แบบที่ 1 อยู่ในช่วง 86,459,866 - 93,735,907 บาทต่อปีต่อปี และกรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็ก แบบที่ 2 อยู่ในช่วง 68,785,163 - 78,277,304 บาทต่อปี

2.5.2 กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่

ผลการดำเนินงานจากตัวแบบจำลองคอมพิวเตอร์ของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ในกรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่ สำหรับการกำหนดทางเลือกโดยการอ้างอิงตำแหน่งที่ตั้งศูนย์รวบรวมจากตัวแบบคณิตศาสตร์ นั่นคือ ตำแหน่งของศูนย์รวบรวมขยะคอมพิวเตอร์ ตั้งอยู่ในพื้นที่ 7 อำเภอ ได้แก่ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา อ.เมือง จ.นครศรีธรรมราช อ.บางขัน จ.นครศรีธรรมราช อ.เมือง จ.สุราษฎร์ธานี อ.มายอ จ.ปัตตานี อ.ท่าแซะ จ.ชุมพร และ อ.ท้ายเหมือง จ.พังงา โดยดำเนินการจำลองสถานการณ์ทดลอง (Pilot Run) 20 ครั้ง พบว่า จำนวนครั้งของการจำลองสถานการณ์ที่ต้องการอย่างน้อย (Minimum Replicate Requirement) เท่ากับ 4 ครั้ง จึงจะเพียงพอต่อความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 95 ทั้งนี้พิจารณาผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ ภายใต้ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังแสดงในตาราง 4.14

ตาราง 2.14: ต้นทุนรวมที่เกิดขึ้นในระบบโซ่อุปทานของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่

หน่วย: บาทต่อปี

ตัวแบบ	กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่	
	แบบที่ 1	**แบบที่ 2**
1	67,115,507	50,533,793
2	72,269,850	46,111,227
3	70,599,023	45,968,080
4	68,396,468	50,260,680
ช่วงความเชื่อมั่น 95%	65,949,580 - 73,240,844	44,210,155 - 52,226,735

ผลการวิจัยที่ได้จากตัวแบบจำลองคอมพิวเตอร์ สำหรับการสำหรับการอ้างอิงตำแหน่งที่ตั้งศูนย์รวบรวมที่เหมาะสมตั้งอยู่ในพื้นที่ดังกล่าว โดยพิจารณาภายใต้ความเชื่อมั่น 95 % พบว่า ต้นทุนรวมทั้งระบบในโซ่อุปทานของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่ แบบที่ 1 อยู่ในช่วง 65,949,580 - 73,240,844 บาทต่อปีต่อปี และกรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่ แบบที่ 2 อยู่ในช่วง 44,210,155 - 52,226,735 บาทต่อปี

บทที่ 5

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยการสร้างตัวแบบโซ่อุปทานของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ในเขตพื้นที่ 14 จังหวัดภาคใต้ มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาสภาพปัจจุบันของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ และศึกษาวิเคราะห์วิธีการรวมถึงการกำหนดแนวทางที่เหมาะสมในการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ เพื่อลดต้นทุนในการดำเนินการ และลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยขอบเขตของการศึกษาระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ในเขต 14 จังหวัดภาคใต้ โดยจะประยุกต์ใช้ระบบโลจิสติกส์ย้อนกลับในการวิเคราะห์กิจกรรมต่างๆที่เกิดขึ้น และนำเสนอกลยุทธ์ในการจัดการที่เหมาะสมและสอดรับกับทิศทางการเปลี่ยนแปลงที่จะเกิดในอนาคต

1.1 สรุปผลการดำเนินการวิจัย

จากการศึกษาโซ่อุปทานของการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ในปัจจุบันของพื้นที่ 14 จังหวัดภาคใต้ โดยเริ่มจากการลำเลียงขยะคอมพิวเตอร์ไปยังร้านรับซื้อของเก่าเพื่อทำการคัดแยก เมื่อกระบวนการคัดแยกเสร็จสิ้น ชิ้นส่วนก็จะถูกส่งต่อไปยังผู้รวบรวมเพื่อส่งไปรีไซเคิลยังโรงงานรีไซเคิลโดยผู้รวบรวมส่วนใหญ่จะเป็นผู้รวบรวมที่อยู่ในจังหวัดนั้นๆ เมื่อชิ้นส่วนถูกรวบรวมจะถูกส่งไปยังจำหน่ายโรงงานรีไซเคิล พบว่า ขยะประเภทพลาสติก เหล็ก ทองแดง จะถูกส่งไปยังโรงงานในกรุงเทพฯ ผลการศึกษาพบว่า ต้นทุนที่เกิดขึ้นในแต่ละฝ่ายที่เกี่ยวข้องรวมทั้งระบบของการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ 67,886,229 บาท/ปี จากการพัฒนาระบบการจัดการของขยะคอมพิวเตอร์ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Model) และเมื่อนำระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ในปัจจุบันมาเปรียบเทียบกับระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ทั้ง 2 กรณี คือ กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็ก และกรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่ พบว่า ต้นทุนที่เกิดขึ้นจากระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ในปัจจุบันมีค่ามากกว่าระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ทั้ง 2 กรณี เนื่องจากต้นทุนค่าขนส่งจากระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ในส่วนของแหล่งขยะคอมพิวเตอร์ สู่ร้านรับซื้อของเก่ามีค่าขนส่งลดลงส่งผลให้ต้นทุนรวมทั้งระบบของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ลดลงตามไปด้วย

การสร้างตัวแบบคณิตศาสตร์ ใช้หลักการการแก้ปัญหาของ Mixed Integer Programming (MIP) เพื่อพิจาณาตำแหน่งที่ตั้งที่เหมาะสมของศูนย์รวบรวมทั้งขนาดเล็กและขนาดใหญ่ในเขตพื้นที่ 14 จังหวัดภาคใต้ ที่ทำให้เกิดต้นทุนรวมทั้งระบบโซ่อุปทานของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ต่ำที่สุด ผลการดำเนินงานจากตัวแบบคณิตศาสตร์ แบ่งได้ออกเป็น 2 กรณี ได้แก่ (1) กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็ก ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ คือ แบบที่ 1 กับแบบที่ 2 พบว่า ตำแหน่งที่ตั้งที่เหมาะสมของศูนย์รวบรวมขนาดเล็กตั้งอยู่ในพื้นที่ 12 อำเภอ ได้แก่ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา อ.เมือง จ.นครศรีธรรมราช อ.เมือง จ.พัทลุงอ.เมือง จ.สุราษฎร์ธานี อ.เมือง จ.ภูเก็ต อ.เมือง จ.ตรัง อ.เมือง จ.นราธิวาส อ.เมือง จ.กระบี่ อ.เมือง จ.ปัตตานี อ.เมือง จ.ชุมพร อ.ตะกั่วป่า จ.พังงา และ อ.เมือง จ.ระนอง โดยต้นทุนรวมทั้งระบบในโซ่อุปทานของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ กรณีเปิดศูนย์รวมรวบขนาดเล็ก แบบที่ 1 กับแบบที่ 2 คือ 61,918,532 บาทต่อปี และ53,361,812 บาทต่อปี ตามลำดับ (2) กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่ ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ แบบที่ 1 กับแบบที่ 2 พบว่า ตำแหน่งที่ตั้งของศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่ตั้งอยู่ในพื้นที่ 7 อำเภอ ได้แก่ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา อ.เมืองจ.นครศรีธรรมราช อ.บางขัน จ.นครศรีธรรมราช อ.เมือง จ.สุราษฎร์ธานี อ.มายอ จ.ปัตตานี อ.ท่าแซะ จ.ชุมพร และ อ.ท้ายเหมือง จ.พังงา โดยต้นทุนรวมทั้งระบบในโซ่อุปทานของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ กรณีเปิดศูนย์รวมรวบขนาดใหญ่ แบบที่ 1 กับแบบที่ 2 คือ 43,746,882 บาทต่อปี และ 41,190,396บาทต่อปี ตามลำดับ

การสร้างตัวแบบจำลองคอมพิวเตอร์ พิจารณาภายใต้แนวคิดของความไม่แน่นอนของปริมาณขยะคอมพิวเตอร์ทางด้านผู้ส่งมอบ (แหล่งขยะคอมพิวเอตร์) ที่มีค่าไม่คงที่และเปลี่ยนแปลงไปตามช่วงเวลา ผลการดำเนินงานจากตัวแบบจำลองคอมพิวเตอร์ ทำให้ทราบถึงต้นทุนรวมทั้งระบบที่เกิดขึ้นต่อปีในโซ่อุปทานของระบบการจัดการการขยะคอมพิวเตอร์ โดยใช้การอ้างอิงคำตอบของตำแหน่งที่ตั้งที่เหมาะสมของศูนย์รวบรวมที่ได้จากตัวแบบคณิตศาสตร์ แบ่งได้เป็น 2 กรณี ได้แก่ (1) กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็ก ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ คือ แบบที่ 1 กับแบบที่ 2 พบว่า ต้นทุนรวมทั้งระบบในโซ่อุปทานของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ พิจารณาภายใต้ความเชื่อมั่น 95% กรณีเปิดศูนย์รวมรวบขนาดเล็ก แบบที่ 1 กับแบบที่ 2 อยู่ในช่วง 86,459,866 - 93,735,907 บาทต่อปี และ 68,785,163 - 78,277,304 บาทต่อปี ตามลำดับ (2) กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่ ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ แบบที่ 1 กับแบบที่ 2 พบว่า ต้นทุนรวมทั้งระบบในโซ่อุปทานของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ พิจารณาภายใต้ความเชื่อมั่น 95% กรณีเปิดศูนย์รวมรวบขนาดใหญ่แบบที่ 1 กับแบบที่ 2 อยู่ในช่วง 65,949,580 - 73,240,844 บาทต่อปี และ 44,210,155 - 52,226,735 บาทต่อปี ตามลำดับ

ต้นทุนที่เกิดในโซ่อุปทานของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ในเขตพื้นที่ 14 จังหวัดภาคใต้ แบบที่ 1 กับแบบที่ 2 พบว่าต้นทุนการแยกแบบที่ 1 มีค่ามากกว่าต้นทุนการแยกแบบที่ 2 เนื่องจากต้นทุนในการขนส่งจอคอมพิวเตอร์สูงส่งผลให้ต้นทุนทั้งระบบสูงขึ้นตามไปด้วย และจากการแยกขยะคอมพิวเตอร์แบบที่ 1 แยกออกได้เป็น พลาสติก เหล็ก ทองแดงและจอคอมพิวเตอร์ เพื่อนำไปรีไซเคิล สามารถลดการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ได้เท่ากับ 3,151,721 กิโลกรัม แต่การแยกขยะคอมพิวเตอร์แบบที่ 2 แยกออกได้เป็น พลาสติก เหล็ก ทองแดง อลูมิเนียม และตะกั่วเพื่อนำไปรีไซเคิล สามารถลดการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ได้เท่ากับ 14,705,212 กิโลกรัม ซึ่งจากผลการแยกชิ้นส่วนเพิ่มขึ้นของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์แบบที่ 2 ช่วยลดการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งส่งผลให้ลดภาวะโลกร้อนลดลงได้ดีกว่าแบบที่ 1

ตัวแบบโซ่อุปทานที่พัฒนาขึ้น สามารถเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่เกี่ยวข้อง คือสามารถช่วยในการจัดเก็บของเสียมีระเบียบ ช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายได้ในการขนส่งขยะคอมพิวเตอร์ ช่วยลดปัญหาในการจัดหาพื้นที่สำหรับการฝังกลบและลดปริมาณมลพิษที่เกิดจากการเผาไหม้กากของเสีย ซึ่งสามารถใช้เป็นแนวทางในการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ เนื่องจาก ตัวแบบเครือข่ายโซ่อุปทานสามารถช่วยในการกำหนดตำแหน่งที่ตั้ง นอกจากนี้ สามารถพิจารณาถึงปริมาณการเคลื่อนย้ายของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดในระบบโซ่อุปทานของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ ภายใต้เงื่อนไขของต้นทุนรวมทั้งระบบที่น้อยที่สุด สำหรับตัวแบบคณิตศาสตร์เป็นตัวแบบที่พิจารณาถึงการหาตำแหน่งที่ตั้งที่เหมาะสมของศูนย์รวบรวมในเขตพื้นที่ 14 จังหวัดภาคใต้ โดยเป้าหมายหลักของการสร้างตัวแบบโซ่อุปทาน คือ ต้นทุนรวมทั้งระบบที่น้อยที่สุดและสามารถตอบสนองต่อความต้องการของผู้บริโภคได้อย่างเพียงพอ ซึ่งผู้ที่เกี่ยวข้องสามารถนำประโยชน์จากตัวแบบของการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ไปใช้ในการพัฒนาการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ของประเทศต่อไป สำหรับตัวแบบจำลองคอมพิวเตอร์ พิจารณาภายใต้แนวคิดจากข้อจำกัดของตัวแบบคณิตศาสตร์ นั่นคือความไม่แน่นอนของปริมาณขยะคอมพิวเตอร์ที่เกิดขึ้น ดังนั้น ตัวแบบจำลองคอมพิวเตอร์สามารถรองรับข้อจำกัดที่เกิดขึ้นจากตัวแบบคณิตศาสตร์ได้ สำหรับตัวแบบจำลองคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นพิจารณาภายใต้ข้อมูลนำเข้าจากโปรแกรม Excel 2003 เพื่อเพิ่มความสะดวกแก่ผู้ใช้งานในการทดลองหาค่าคำตอบที่สนใจหรืออาจมีการกำหนดทางเลือก (Scenarios) ที่เหมาะสมเพิ่มเติม สำหรับการพิจารณาตำแหน่งที่ตั้งของศูนย์รวบรวมในเขตพื้นที่ 14 จังหวัดภาคใต้ นอกจากนี้ สามารถจะพิจารณาความไม่แน่นอนของข้อมูลที่ต้องการศึกษาเพิ่มเติมได้ เช่น พิจารณาภายใต้ความไม่แน่นอนของราคาวัตถุดิบ ต้นทุนคงที่ในการเปิดศูนย์รวบรวม เป็นต้น ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการพิจารณาเพื่อการตัดสินใจ ภายใต้สถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริงในปัจจุบันในระบบโซ่อุปทานของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ในเขตพื้นที่ 14 จังหวัดภาคใต้

1.2 แนวทางการนำผลทางการศึกษาไปประยุกต์ใช้

แนวทางในการจัดการขยะคอมพิวเตอร์อย่างมีประสิทธิภาพ นั่นภาครัฐควรต้องให้การสนับสนุนในการดำเนินการต่างๆภายใต้กฎหมายที่เกี่ยวข้องอย่างเคร่งครัด โดยแนวทางหนึ่งที่รัฐบาลหรือผู้เกี่ยวข้องสามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้ คือ การจัดเก็บค่าธรรมเนียมผลิตภัณฑ์ จากผู้ผลิตและผู้นำเข้าผลิตภัณฑ์ เพื่ออุดหนุนการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ที่ถูกต้องตามหลักวิชาการ โดยรายได้ที่ได้จากการจัดเก็บค่าธรรมเนียมจะนำไปใช้ในการพัฒนาระบบการเก็บรวบรวมและการรับซื้อคืนขยะคอมพิวเตอร์จากลูกค้าและส่งเสริมอุตสาหกรรมรีไซเคิลขยะคอมพิวเตอร์ภายในประเทศ สำหรับการคำนวณอัตราค่าธรรมเนียมขยะคอมพิวเตอร์ควรคำนวณจากต้นทุนต่อหน่วยของรูปแบบการจัดการที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งในงานวิจัยนี้รูปแบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่แบบที่ 2 ที่มีการการประยุกต์ใช้ระเบียบ ROHs (Restriction of Hazardous Substances) และ WEEE (Waste from Electrical and Electronic) โดยในปีแรกของการจัดเก็บค่าธรรมเนียมจะเสี่ยงต่อการขาดดุล เนื่องจากกลไกรับซื้อคืนอาจจูงใจให้ลูกค้านำขยะคอมพิวเตอร์ในอดีตที่ถูกเก็บไว้มาขายคืนให้ศูนย์รับซื้อเป็นจำนวนมากกว่าปริมาณคอมพิวเตอร์ที่ที่จะมีการจัดเก็บค่าธรรมเนียมผลิตภัณฑ์ อย่างไรก็ตาม ในระยะยาว คาดว่า รายได้ของศูนย์รวบรวมจะเป็นบวกเนื่องจากปริมาณขยะคอมพิวเตอร์ที่เข้าสู่ระบบนั้นจะมีการนำไปรีไซเคิลเพื่อเป็นการสร้างมูลค่าผลิตภัณฑ์ในขณะที่การจัดเก็บค่าธรรมเนียมจะจัดเก็บกับคอมพิวเตอร์ใหม่ทุกชิ้นซึ่งคาดว่าจะมีการเติบโตขึ้นเรื่อยๆเนื่องจากเทคโนโลยีที่มีการก้าวหน้าอย่างต่อเนื่อง โดยการคำนวณอัตราค่าธรรมเนียมจะครอบคลุมต้นทุนหลักของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ ได้แก่ ต้นทุนรับซื้อคืนขยะคอมพิวเตอร์ ต้นทุนการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ (เช่น การเก็บกัก การขนส่ง การคัดแยกรีไซเคิล และกำจัดเศษวัสดุหรือสารอันตราย) และ ต้นทุนการบริหารจัดการและค่าใช้จ่ายอื่นๆของระบบ สำหรับระบบการรับซื้อควรมีการกำหนดเกณฑ์ในการจัดตั้งศูนย์รวบรวมของภาครัฐและภาคเอกชนเพื่อไม่ให้เกิดการแข่งขันในการรับซื้อคืนมากเกินไป นอกจากนี้ควรเปิดโอกาสให้ผู้ประกอบการรายย่อย(ร้านรับซื้อของเก่า)เป็นส่วนหนึ่งของเครือข่ายการรับซื้อภายใต้เงื่อนไขต่างๆ เช่น รถที่ใช้ต้องได้รับอนุญาตขึ้นทะเบียนถูกต้อง เป็นต้น ทั้งนี้ในส่วนของกลยุทธ์การดำเนินงานต่างๆ และ การกำหนดหน้าที่ของผู้เกี่ยวข้องเป็นรายละเอียดที่ต้องมีการศึกษาในเชิงลึกต่อไป

1.3 ข้อเสนอแนะดำเนินงานวิจัย

1.3.1. การเก็บรวบรวมข้อมูล ควรมีการวางแผนการดำเนินงานที่มีความชัดเจนมากขึ้น โดยควรจะมีการคาดการณ์ถึงปัญหาต่างๆ ที่อาจจะเกิดขึ้นได้ในระหว่างการดำเนินงาน และสร้างเป็นแผนสำรองเพื่อรองรับกับปัญหาที่จะเกิดขึ้นในกรณีที่ไม่สามารถดำเนินการได้ตามแผนที่วางไว้ และเพื่อความสะดวกและความรวดเร็วในการดำเนินงาน

1.3.2. ต้องมีความพยายามในการหาข้อมูล เนื่องจากข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์บางส่วนอาจไม่สมบูรณ์จึงต้องมีการหาวิธีในการเชื่อมโยงกับข้อมูลอื่น และต้องมีการทวนสอบข้อมูลที่ได้กับข้อมูลทุติยภูมิต่างๆ เพื่อรองรับความน่าเชื่อถือให้กับข้อมูลให้มากยิ่งขึ้น

1.3.3. ข้อมูลต่างๆ ที่นำมาใช้ในส่วนของการสร้างแบบจำลองโซ่อุปทาน เป็นข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามที่จำลองให้เห็นถึงสภาพปัจจุบันของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ในเขตพื้นที่ 14 จังหวดภาคใต้ แต่อย่างไรก็ตามแบบจำลองโซ่อุปทานมีความยืดหยุ่นค่อนข้างสูง เมื่อข้อมูลมีการเปลี่ยนแปลงไปก็สามารปรับเปลี่ยนตัวเลขให้มีความเหมาะสมสอดคล้องกับความเป็นจริง ณ ช่วงเวลานั้นๆ

1.3.4. งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาในระดับอำเภอ ข้อมูลนำเข้าส่วนของต้นทุนต่างๆ ที่เกิดขึ้นในระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์มีการกำหนดให้เท่ากันในแต่ละอำเภอ ยกเว้นต้นทุนการขนส่งที่มีการผันแปรตามระยะทาง ดังนั้น การเก็บรวบรวมข้อมูลด้านต้นทุนที่ใช้เป็นข้อมูลนำเข้าสู่ตัวแบบ หากมีการเก็บข้อมูลได้อย่างละเอียดในระดับอำเภอจะทำให้คำตอบที่ได้จากตัวแบบมีความถูกต้องสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

บรรณานุกรม

[1] กนกอร แสงอรุณ สุรเชษฐ์ โชติมน และโสภิตา เสนาะจิต. 2548. ขยะอิเล็กทรอนิกส์และแนวทางการจัดการ กรณีศึกษาในเขตเทศบาลนครพิษณุโลก จังหวัดพิษณุโลก. รายงานวิจัยระดับปริญญาตรีคณะการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร

[2] จินต์ พุนธุ์ชัยโย ณัฐการย์ วงศ์ทองเหลือ นราทิพย์ ณ ระนอง พสุพร สมบูรณ์ธนสาร อริศรา พรมิ่งมาศและ รศ.ดร.รุธิร์ พนมยงค์. 2552. การประเมินการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในกระบวนการโลจิสติกส์ย้อนกลับของอุตสาหกรรมขวดแก้ว กรณีศึกษา บริษัท บางกอกกล๊าส จำกัด. การประชุมสัมมนาวิชาการด้านการจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน ครั้งที่ 9 (ThaiVCML2009). มหาวิทยาลัยบูรพา 19-21 พฤศจิกายน 2552

[3] พิมพิลาศ แก่นมั่น และไพรำภา ชิ้นจอหอ. 2548. การสำรวจปริมาณและสารปนเปื้อนจากขยะคอมพิวเตอร์ ในมหาวิทยาลัยขอนแก่นและพื้นที่ใกล้เคียง. รายงานวิจัยระดับปริญญาตรี ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยขอนแก่น

[4] เวชพิสิฐ เอี่ยมองอาจ. 2550. แนวทางการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ในอนาคตโดยใช้เทคนิคเดลฟาย.วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโทสาขาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร

[5] อัญชนา อินอ๊อด. 2548. พฤติกรรมการจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์ในครัวเรือนของประชาชนกรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโทสาขาวิชาสุขศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

[6] Khetriwal, D.S., Kraeuchi, P., and Schwaning, M. 2005. *A comparison waste electronic reyecling in Switzerland and in India*. Environmental Impact Assessment Review, 25: 492 – 504.

[7] Macaulaey, M., Palmer, K. and Shih, J.S. 2003. *Dealing with electronic waste: modeling the cost and environmental benefits of computer monitor disposal*. Environmental Management, 68:13 - 22.

[8] Shih, L.S. 2001. *Reverse logistic system planning for recycling electrical appliances and computers in Taiwan*. Resources conservation and recycling, 32: 55 – 72.

[9] Sharmaa, M., Ammonsa, J.C. and Hartmanb J.C. 2007. *Asset management with reverse product flows and environmental considerations.* Computers & Operation Research, 34: 464 – 486

[10] Assavapokee, T., Wayuparb, P., and Yao, H. *Reverse Logistics network design for electronic products in the state of Taxas*

[11] ขวัญฤดี. 2548. ***คอมพิวเตอร์ยุคเทคโนโลยี เปลี่ยนแปลงรวดเร็ว ถึงโปรแกรมเครื่องจะล้าหลัง แต่ฮาร์ดแวร์ อุปกรณ์ภายใน ก็ใช่ว่าจะไร้ประโยชน์***. สืบค้นจาก (ออนไลน์) : http://www cycle1.th.gs/webc/omrecycle1/page1.html [3 มกราคม 2551].

[12] ประชาไท. 2551. *ขยะอิเล็กทรอนิกส์ มหาศาลถูกผลักมากำจัดในเอเชีย*. สืบค้นจาก (ออนไลน์) : http:// www.measwatch.org/autopage/print.php?t=20&s_id=716&d_id=715& page=1 [3 มีนาคม 2551].

[13] สำนักงานข้อมูลสถิติแห่งชาติ. *บริการข้อมูลสถิติ*. สืบค้นจาก (ออนไลน์) : http://service.nso.go.th/nso/ go.th/nso/nsopublish/service/serv_census.html [10 กุมภาพันธ์ 2551]

[14] กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม(ทส.). 2546. *โครงการจัดทำมาตรการเรียกคืนซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์*. สืบค้นจาก (ออนไลน์) : http://www.pcd.go.th [10 กุมภาพันธ์ 2551]

[15] เสรีย์ ตู้ประกาย, สิรวัลภ์ เรืองช่วย และกฤษดา พิศลยบุตร. 2550. *โลจิสติกส์ย้อนกลับเพื่อสิ่งแวดล้อม*. เทคนิคเครื่องกล ไฟฟ้า อุตสาหการ ปีที่ 23 ฉบับที่ 272 เดือนมีนาคม 2550 หน้า 134 – 138.

[16] ศุวิศ ชมชัยยา. 2550. *ไอที "Green Technologies"และสิ่งแวดล้อม*. Micro computer ปีที่ 25 ฉบับที่ 228 เดือนพฤศจิกายน 2550 หน้า 61 – 67.

[17] องค์กรกรีนพีซ เอเชียตะวันออกเฉียงใต้. (2550). *ขยะอิเล็กทรอนิกส์จำนวนมหาศาลถูกผลักมากำจัดในเอเชีย*. สืบค้นจาก (ออนไลน์) : http://www.greenpeace.org/seasia/th/news/e-waste?content%5ftype%5fkey=campaign&mode= related%2ditems [3 มีนาคม 2551].

[18] อดิศักดิ์ ทองไข่มุกต์. 2549. *แผนแม่บทจัดการขยะแห่งชาติเพื่อรองรับปัญหาอิเล็กทรอนิกส์ในอนาคต*. For Quality ปีที่ 11 ฉบับที่ เดือนมกราคม 2549.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
แบบสัมภาษณ์สำหรับระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์

แบบสำรวจ/สอบถามระบบโลจิสติกส์
เพื่อการศึกษาระบบโลจิสติกส์ของขยะคอมพิวเตอร์ในเขตพื้นที่ภาคใต้
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

แบบสอบถามชุดนี้ได้จัดทำขึ้นเพื่อศึกษาระบบโลจิสติกส์ของขยะคอมพิวเตอร์ในเขตพื้นที่ภาคใต้ เพื่อประกอบการทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การศึกษาระบบโลจิสติกส์ย้อนกลับของขยะคอมพิวเตอร์ในภาคใต้ของ ประเทศไทยวัตถุประสงค์ของการทำวิทยานิพนธ์ ได้แก่

1. เพื่อศึกษาสภาพปัจจุบันของระบบการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ ในปัจจุบันของพื้นที่ 14 จังหวัดภาคใต้

2. ศึกษาวิเคราะห์วิธีการและกำหนดแนวทางที่เหมาะสมในการจัดการขยะคอมพิวเตอร์ เพื่อลดต้นทุนในการ ดำเนินการ และลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

ผลที่คาดว่าจะได้รับจากการทำวิทยานิพนธ์ คือ ได้ทราบถึงต้นทุนที่เกิดขึ้นในแต่ละฝ่ายที่เกี่ยวข้องระบบโลจิสติกส์ของขยะคอมพิวเตอร์

ขอขอบพระคุณในความร่วมมือของท่านที่กรุณาสละเวลากรอกแบบสอบถามฉบับนี้ ข้อมูลที่ได้จากท่านทางผู้วิจัยจะเก็บเป็นความลับและไม่เปิดเผยที่มาของข้อมูล โดยจะนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการวิจัยครั้งนี้เท่านั้น

ขอขอบพระคุณอย่างยิ่งในความร่วมมือ
ผู้วิจัย : นางสาวโสภิดา ส่งแสง
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่
ต.คอหงส์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90110
โทรศัพท์ : 085-6196506
E-mail : s.sopids.s@gmail.com

แบบสำรวจ/สอบถามระบบโลจิสติกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

<u>ส่วนที่ 1</u> : ข้อมูลทั่วไป

1. ชื่อ……..……..
2. ที่ตั้ง เลขที่…….……หมู่ที่…….ถนน……ตำบล……..……..
   อำเภอ……จังหวัด……..รหัสไปรษณีย์…….
   โทรศัพท์……..……โทรสาร……...
3. ชื่อ-สกุลผู้ให้ข้อมูล……

<u>ส่วนที่ 2</u> : รายละเอียดเกี่ยวกับการรวบรวมวัตถุดิบ ประเภทผู้ประกอบการ

1. ประเภทผู้ประกอบการ

- Λ ร้านรับซื้อของเก่า (ไม่มีคัดแยกวัตถุดิบ)
- Λ ร้านรับซื้อของเก่า (มีการคัดแยกวัตถุดิบ)
- Λ ร้านซ่อมอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์
- Λ โรงงานรีไซเคิล

2. การรับซื้อวัตถุดิบ (แหล่งที่รับซื้อวัตถุดิบ พวกอุปกรณ์คอมพิวเตอร์)

(1) รัศมีที่รับซื้อคอมพิวเตอร์…….....ปริมาณ……ตัน/เดือน

- **ชนิดของวัตถุดิบและราคาที่รับซื้อวัตถุดิบ (ราคาขยะคอมพิวเตอร์ ณ. ราคาปัจจุบัน)**

Λ คอมพิวเตอร์ทั้งเครื่อง ราคารับซื้อ..... ราคาขาย.....

Λ แผ่นวงจร (PCB) ราคารับซื้อ..... ราคาขาย.....

Λ หน้าจอ ราคารับซื้อ..... ราคาขาย.....

Λ Power supply ราคารับซื้อ..... ราคาขาย.....

Λ เครื่องใช้ไฟฟ้า ราคารับซื้อ..... ราคาขาย.....

Λ อื่นๆ.....ราคารับซื้อ..... ราคาขาย.....

รูปแบบการขนส่ง

- Λ ทางร้านนำรถไปรับซื้อ
- Λ ลูกค้านำมาขายเองที่ร้าน
- Λ ซาเล้งนำมาขายเองที่ร้าน

- **ประเภทรถบรรทุกที่ใช้ขนส่ง**

รถ **3** ล้อ จำนวนเที่ยวในการขนส่ง**.....**ต่อเดือน

รถกระบะ **4** ล้อ จำนวนเที่ยวในการขนส่ง**.....**ต่อเดือน

อื่นๆ(โปรดระบุ)**.....**คน จำนวนเที่ยวในการขนส่ง**.....**ต่อเดือน

3. กรณีที่ร้านค้ามีการแยกชิ้นส่วน

Λ กรณีที่มีการแยก (recycle)

หน้าจอคอม - ส่งไปยัง

ร้านขายของมือสอง

ร้านรับซื้อของเก่า

ทางร้านดำเนินการขายเอง

โรงงาน

(1) ชื่อโรงงาน/ร้านขายของมือสอง……...

อำเภอ……จังหวัด……ระยะ.....km

ปริมาณ……...เครื่อง/เดือน

(2) ชื่อโรงงาน/ร้านขายของมือสอง……...

อำเภอ……จังหวัด……ระยะ.....km

ปริมาณ……...เครื่อง/เดือน

(3) ชื่อโรงงาน/ร้านขายของมือสอง……..

อำเภอ……จังหวัด……ระยะ.....km

ปริมาณ……...เครื่อง/เดือน

<u>รูปแบบการขนส่ง</u>

Λ การว่าจ้างบริษัทขนส่งจากภายนอก

ชื่อบริษัทว่าจ้าง……

ประเภทรถที่ใช้ขนส่ง (โปรดระบุ)……..

ความถี่……..เที่ยว/เดือน ค่าใช้จ่ายต่อเที่ยว……บาท

Λ การขนส่งโดยทางร้านดำเนินการเอง

Λ การขนส่งโดยทางบริษัทมารับซื้อเองที่ร้าน

- **<u>ประเภทรถบรรทุกที่ใช้ขนส่ง</u>**

รถกระบะ 4 ล้อ จำนวนเที่ยวในการขนส่ง……..ต่อเดือน

รถบรรทุก 6 ล้อ จำนวนเที่ยวในการขนส่ง……..ต่อเดือน

รถบรรทุก 10 ล้อ จำนวนเที่ยวในการขนส่ง……..ต่อเดือน

อื่นๆ……จำนวนเที่ยวในการขนส่ง……...ต่อเดือน

เหล็ก - ส่งไปยัง

ร้านขายของมือสอง

ร้านรับซื้อของเก่า

ทางร้านดำเนินการขายเอง

โรงงาน

(1) ชื่อโรงงาน/ร้านขายของมือสอง……...

อำเภอ……จังหวัด……ระยะ.....km

ปริมาณ……....เครื่อง/เดือน

(2) ชื่อโรงงาน/ร้านขายของมือสอง……...

อำเภอ……จังหวัด……ระยะ.....km

ปริมาณ……....เครื่อง/เดือน

(3) ชื่อโรงงาน/ร้านขายของมือสอง……..

อำเภอ……จังหวัด……ระยะ.....km

ปริมาณ……....เครื่อง/เดือน

<u>รูปแบบการขนส่ง</u>

Λ **การว่าจ้างบริษัทขนส่งจากภายนอก**

ชื่อบริษัทว่าจ้าง……

ประเภทรถที่ใช้ขนส่ง (โปรดระบุ)……..

ความถี่……..เที่ยว/เดือน ค่าใช้จ่ายต่อเที่ยว……บาท

Λ **การขนส่งโดยทางร้านดำเนินการเอง**

Λ **การขนส่งโดยทางบริษัทมารับซื้อเองที่ร้าน**

- **<u>ประเภทรถบรรทุกที่ใช้ขนส่ง</u>**

รถกระบะ 4 ล้อ จำนวนเที่ยวในการขนส่ง……..ต่อเดือน

รถบรรทุก 6 ล้อ จำนวนเที่ยวในการขนส่ง……..ต่อเดือน

รถบรรทุก 10 ล้อ จำนวนเที่ยวในการขนส่ง……..ต่อเดือน

อื่นๆ……จำนวนเที่ยวในการขนส่ง……...ต่อเดือน

พลาสติก - ส่งไปยัง

ร้านขายของมือสอง

ร้านรับซื้อของเก่า

ทางร้านดำเนินการขายเอง

โรงงาน

(1) ชื่อโรงงาน/ร้านขายของมือสอง……...

อำเภอ……จังหวัด……ระยะ.....km

ปริมาณ……....เครื่อง/เดือน

(2) ชื่อโรงงาน/ร้านขายของมือสอง……...

อำเภอ……จังหวัด……ระยะ.....km

ปริมาณ……...เครื่อง/เดือน

(3) ชื่อโรงงาน/ร้านขายของมือสอง……..

อำเภอ……จังหวัด……ระยะ.....km

ปริมาณ……...เครื่อง/เดือน

<u>รูปแบบการขนส่ง</u>

Λ **การว่าจ้างบริษัทขนส่งจากภายนอก**

ชื่อบริษัทว่าจ้าง……

ประเภทรถที่ใช้ขนส่ง (โปรดระบุ)……..

ความถี่……..เที่ยว/เดือน ค่าใช้จ่ายต่อเที่ยว……บาท

Λ **การขนส่งโดยทางร้านดำเนินการเอง**

Λ **การขนส่งโดยทางบริษัทมารับซื้อเองที่ร้าน**

- **<u>ประเภทรถบรรทุกที่ใช้ขนส่ง</u>**

รถกระบะ 4 ล้อ จำนวนเที่ยวในการขนส่ง……..ต่อเดือน

รถบรรทุก 6 ล้อ จำนวนเที่ยวในการขนส่ง……..ต่อเดือน

รถบรรทุก 10 ล้อ จำนวนเที่ยวในการขนส่ง……..ต่อเดือน

อื่นๆ……จำนวนเที่ยวในการขนส่ง……...ต่อเดือน

สายไฟ - ส่งไปยัง

ร้านขายของมือสอง

ร้านรับซื้อของเก่า

ทางร้านดำเนินการขายเอง

โรงงาน

(1) ชื่อโรงงาน/ร้านขายของมือสอง……...

อำเภอ……จังหวัด……ระยะ.....km

ปริมาณ……...เครื่อง/เดือน

(2) ชื่อโรงงาน/ร้านขายของมือสอง……...

อำเภอ……จังหวัด……ระยะ.....km

ปริมาณ……...เครื่อง/เดือน

(3) ชื่อโรงงาน/ร้านขายของมือสอง……..

อำเภอ……จังหวัด……ระยะ.....km

ปริมาณ……...เครื่อง/เดือน

<u>รูปแบบการขนส่ง</u>

Λ **การว่าจ้างบริษัทขนส่งจากภายนอก**

ชื่อบริษัทว่าจ้าง……

ประเภทรถที่ใช้ขนส่ง (โปรดระบุ)……..

ความถี่……..เที่ยว/เดือน ค่าใช้จ่ายต่อเที่ยว……บาท

Λ **การขนส่งโดยทางร้านดำเนินการเอง**

Λ **การขนส่งโดยทางบริษัทมารับซื้อเองที่ร้าน**

- **<u>ประเภทรถบรรทุกที่ใช้ขนส่ง</u>**

รถกระบะ 4 ล้อ จำนวนเที่ยวในการขนส่ง……..ต่อเดือน

รถบรรทุก 6 ล้อ จำนวนเที่ยวในการขนส่ง……..ต่อเดือน

รถบรรทุก 10 ล้อ จำนวนเที่ยวในการขนส่ง……..ต่อเดือน

อื่นๆ……จำนวนเที่ยวในการขนส่ง……...ต่อเดือน

แผ่นวงจร (Printed Circuit Board : PCB)

- **ส่งไปยัง**

ร้านขายของมือสอง

ร้านรับซื้อของเก่า

ทางร้านดำเนินการขายเอง

โรงงาน

(1) ชื่อโรงงาน/ร้านขายของมือสอง……..…

อำเภอ……จังหวัด……ระยะ.....km

ปริมาณ……kg/เดือน ราคา.....บาท/กิโลกรัม

(2) ชื่อโรงงาน/ร้านขายของมือสอง……..…

อำเภอ……จังหวัด……ระยะ.....km

ปริมาณ……kg/เดือน ราคา.....บาท/กิโลกรัม

(3) ชื่อโรงงาน/ร้านขายของมือสอง……..…

อำเภอ……จังหวัด……ระยะ.....km

ปริมาณ……kg/เดือน ราคา.....บาท/กิโลกรัม

<u>รูปแบบการขนส่ง</u>

Λ **การว่าจ้างบริษัทขนส่งจากภายนอก**

ชื่อบริษัทว่าจ้าง……

ประเภทรถที่ใช้ขนส่ง (โปรดระบุ)……..

ความถี่……..เที่ยว/เดือน ค่าใช้จ่ายต่อเที่ยว……บาท

Λ การขนส่งโดยทางร้านดำเนินการเอง

Λ การขนส่งโดยทางบริษัทมารับซื้อเองที่ร้าน

- **<u>ประเภทรถบรรทุกที่ใช้ขนส่ง</u>**

รถกระบะ 4 ล้อ จำนวนเที่ยวในการขนส่ง……..ต่อเดือน

รถบรรทุก 6 ล้อ จำนวนเที่ยวในการขนส่ง……..ต่อเดือน

รถบรรทุก 10 ล้อ จำนวนเที่ยวในการขนส่ง……..ต่อเดือน

อื่นๆ……จำนวนเที่ยวในการขนส่ง……...ต่อเดือน

Power supply **- ส่งไปยัง**

ร้านขายของมือสอง

ร้านรับซื้อของเก่า

ทางร้านดำเนินการขายเอง

โรงงาน

(1) ชื่อโรงงาน/ร้านขายของมือสอง……..…

อำเภอ……จังหวัด……ระยะ.....km

ปริมาณ……kg/เดือน ราคา.....บาท/กิโลกรัม

(2) ชื่อโรงงาน/ร้านขายของมือสอง……..…

อำเภอ……จังหวัด……ระยะ.....km

ปริมาณ……kg/เดือน ราคา.....บาท/กิโลกรัม

(3) ชื่อโรงงาน/ร้านขายของมือสอง……..…

อำเภอ……จังหวัด……ระยะ.....km

ปริมาณ……kg/เดือน ราคา.....บาท/กิโลกรัม

<u>รูปแบบการขนส่ง</u>

Λ การว่าจ้างบริษัทขนส่งจากภายนอก

ชื่อบริษัทว่าจ้าง……

ประเภทรถที่ใช้ขนส่ง (โปรดระบุ)……..

ความถี่……..เที่ยว/เดือน ค่าใช้จ่ายต่อเที่ยว……บาท

Λ การขนส่งโดยทางร้านดำเนินการเอง

Λ การขนส่งโดยทางบริษัทมารับซื้อเองที่ร้าน

- **<u>ประเภทรถบรรทุกที่ใช้ขนส่ง</u>**

รถกระบะ 4 ล้อ จำนวนเที่ยวในการขนส่ง……..ต่อเดือน

รถบรรทุก 6 ล้อ จำนวนเที่ยวในการขนส่ง……..ต่อเดือน

รถบรรทุก 10 ล้อ จำนวนเที่ยวในการขนส่ง……..ต่อเดือน

อื่นๆ……จำนวนเที่ยวในการขนส่ง……...ต่อเดือน

อื่นๆ……..

- **ส่งไปยัง**

ร้านขายของมือสอง

ร้านรับซื้อของเก่า

ทางร้านดำเนินการขายเอง

โรงงาน

(1) ชื่อโรงงาน/ร้านขายของมือสอง……

อำเภอ……จังหวัด……ระยะ.....km

ปริมาณ……kg/เดือน ราคา.....บาท/กิโลกรัม

(2) ชื่อโรงงาน/ร้านขายของมือสอง……..…

อำเภอ……จังหวัด……ระยะ.....km

ปริมาณ……kg/เดือน ราคา.....บาท/กิโลกรัม

(3) ชื่อโรงงาน/ร้านขายของมือสอง……..……..…

อำเภอ……จังหวัด……ระยะ.....km

ปริมาณ……kg/เดือน ราคา.....บาท/กิโลกรัม

<u>รูปแบบการขนส่ง</u>

Λ **การว่าจ้างบริษัทขนส่งจากภายนอก**

ชื่อบริษัทว่าจ้าง……

ประเภทรถที่ใช้ขนส่ง (โปรดระบุ)……..

ความถี่……..เที่ยว/เดือน ค่าใช้จ่ายต่อเที่ยว……บาท

Λ **การขนส่งโดยทางร้านดำเนินการเอง**

Λ **การขนส่งโดยทางบริษัทมารับซื้อเองที่ร้าน**

- **<u>ประเภทรถบรรทุกที่ใช้ขนส่ง</u>**

รถกระบะ 4 ล้อ จำนวนเที่ยวในการขนส่ง……..ต่อเดือน

รถบรรทุก 6 ล้อ จำนวนเที่ยวในการขนส่ง……..ต่อเดือน

รถบรรทุก 10 ล้อ จำนวนเที่ยวในการขนส่ง……..ต่อเดือน

อื่นๆ……จำนวนเที่ยวในการขนส่ง……...ต่อเดือน

Λ **กรณีที่มีการแยกและซ่อม**

อุปกรณ์ที่เปลี่ยนบ่อยๆ

(1) ……

(2) ……

(3) ……

(4) ……

(5) ……

ราคาค่าแรงในการซ่อม.....บาท

จำนวนพนักงานซ่อม..... คน

อัตราค่าแรงพนักงาน……...ต่อคน

4 : เครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่ใช้ในการแยกและซ่อม

- เครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่ใช้ในการแยกหรือซ่อม

(1)…… ราคา……..……บาท

(2)…….... ราคา..……บาท

(3)…….... ราคา……..บาท

(4)…… ราคา……บาท

(5)…… ราคา……บาท

5 : ปริมาณน้ำหนักของประเภทรถขนส่งวัตถุดิบ

- รถ 3 ล้อ ความสามารถในการบรรทุก……กิโลกรัม/คัน
- รถกระบะ 4 ล้อ ความสามารถในการบรรทุก…….....ตัน/คัน
- รถบรรทุก 6 ล้อ ความสามารถในการบรรทุก…….……ตัน/คัน
- รถบรรทุก 10 ล้อ ความสามารถในการบรรทุก…….....ตัน/คัน
- อื่นๆ(โปรดระบุ)…….. ความสามารถในการบรรทุก……ตัน/คัน

6 : ในกรณีรถบรรทุก เป็นรถของร้าน

รถกระบะ 4 ล้อ จำนวน……คัน

ค่าบำรุงยานพาหนะ……....บาท/เดือน

ราคารถ…….……..…….....บาท/คัน

อายุการใช้งาน…….……..ปี

รถบรรทุก 6 ล้อ จำนวน…….…....คัน

ค่าบำรุงยานพาหนะ……....บาท/เดือน

ราคารถ…….……..……บาท/คัน

อายุการใช้งาน……...……ปี

รถบรรทุก 10 ล้อ จำนวน…….....คัน

ค่าบำรุงยานพาหนะ…….……...บาท/เดือน

ราคารถ…….……...…...บาท/คัน

อายุการใช้งาน…….…..ปี

อื่นๆ (โปรดระบุ)…… จำนวน……คัน

ค่าบำรุงยานพาหนะ…….…….บาท/เดือน

ราคารถ…….……...….บาท/คัน

อายุการใช้งาน……ปี

7. : การจัดการคำสั่งซื้อวัตถุดิบ

1. จำนวนพนักงานขนส่ง……...…...คน
2. อัตราเงินเดือนพนักงานขนส่ง…….บาท/คน/เดือน
3. จำนวนพนักงานรับวัตถุดิบ…….คน
4. อัตราเงินเดือนพนักงานรับวัตถุดิบของบริษัท…… ……...บาท/คน/เดือน
5. จำนวนพนักงานซ่อมคอมพิวเตอร์…….…..คน
6. อัตราเงินเดือนพนักงานซ่อมคอมพิวเตอร์……..บาท/คน/เดือน

ภาคผนวก ข

ผลการดำเนินงานจากตัวแบบคณิตศาสตร์ กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็ก แบบที่ 1

ตาราง ข.1 ปริมาณการไหลของขยะคอมพิวเตอร์จากแหล่งขยะคอมพิวเตอร์สู่ร้านรับซื้อของเก่า

ร้านรับซื้อของเก่า	แหล่งขยะคอมพิวเตอร์	ปริมาณ (กิโลกรัม)
อ.เมืองสงขลา	อ.เมืองสงขลา	97,518
อ.กระแสสินธุ์	อ.กระแสสินธุ์	8,265
อ.คลองหอยโข่ง	อ.คลองหอยโข่ง	11,569
อ.ควนเนียง	อ.รัตภูมิ	34,605
อ.จะนะ	อ.จะนะ	40,466
อ.เทพา	อ.เทพา	28,724
อ.นาทวี	อ.นาทวี	27,735
อ.นาหม่อม	อ.หาดใหญ่	218,984
อ.บางกล่ำ	อ.บางกล่ำ	14,639
อ.ระโนด	อ.ระโนด	39,472
อ.รัตภูมิ	อ.ควนเนียง	16,062
อ.สทิงพระ	อ.สทิงพระ	23,699
อ.สะเดา	อ.สะเดา	59,673
อ.สะบ้าย้อย	อ.สะบ้าย้อย	25,450
อ.สิงหนคร	อ.สิงหนคร	36,461
อ.หาดใหญ่	อ.นาหม่อม	11,956
อ.เมืองนคร	อ.พระพรหม	25,245
กิ่ง อ.นบพิตำ	กิ่ง อ.นบพิตำ	16,760
อ.ขนอม	อ.ขนอม	21,662
อ.จุฬาภรณ์	อ.ชะอวด	48,928
อ.ฉวาง	อ.ถ้ำพรรณรา	11,429
อ.เฉลิมพระเกียรติ	อ.เชียรใหญ่	26,174
อ.ชะอวด	อ.จุฬาภรณ์	17,306
อ.เชียรใหญ่	อ.เฉลิมพระเกียรติ	18,828
อ.ถ้ำพรรณรา	อ.ฉวาง	43,722
อ.ท่าศาลา	อ.ท่าศาลา	58,785
อ.ทุ่งสง	อ.นาบอน	15,404
อ.ทุ่งใหญ่	อ.ทุ่งใหญ่	40,402
อ.บางขัน	อ.บางขัน	22,296

ตาราง ข.1 ปริมาณการไหลของขยะคอมพิวเตอร์จากแหล่งขยะคอมพิวเตอร์สู่ร้านรับซื้อของเก่า (ต่อ)

ร้านรับซื้อของเก่า	แหล่งขยะคอมพิวเตอร์	ปริมาณ (กิโลกรัม)
อ.นาบอน	กิ่ง อ.ช้างกลาง	18,270
	อ.ทุ่งสง	95,039
อ.ปากพนัง	อ.ปากพนัง	61,220
อ.พรหมคีรี	อ.พรหมคีรี	20,119
อ.พระพรหม	อ.เมืองนคร	172,878
	อ.ร่อนพิบูลย์	46,009
	อ.ลานสกา	25,323
อ.พิปูน	อ.พิปูน	18,487
อ.สิชล	อ.สิชล	49,297
อ.หัวไทร	อ.หัวไทร	44,368
อ.เมืองสุราษฎร์ธานี	อ.กาญจนดิษฐ์	58,588
อ.บ้านตาขุน	อ.บ้านตาขุน	9,236
	อ.พนม	18,217
กิ่งอ.วิภาวดี	อ.พุนพิน	59,213
อ.กาญจนดิษฐ์	อ.เมืองสุราษฎร์ธานี	129,865
อ.เกาะสมุย	อ.เกาะสมุย	42,466
อ.คีรีรัฐนิคม	อ.คีรีรัฐนิคม	23,202
อ.ชัยบุรี	อ.ชัยบุรี	13,451
อ.ไชยา	อ.ท่าฉาง	17,266
อ.ดอนสัก	อ.ดอนสัก	22,705
อ.ท่าฉาง	อ.ไชยา	28,133
อ.ท่าชนะ	อ.ท่าชนะ	31,242
อ.บ้านนาเดิม	อ.บ้านนาสาร	37,901
อ.บ้านนาสาร	อ.บ้านนาเดิม	12,498
อ.พระแสง	อ.เวียงสระ	33,652
อ.พุนพิน	กิ่ง อ.วิภาวดี	7,677
อ.เวียงสระ	อ.พระแสง	33,469
อ.เคียนซา	อ.เคียนซา	24,529
อ.เกาะพงัน	อ.เกาะพงัน	11,867
อ.กะทู้	อ.เมืองภูเก็ต	285,807

ตาราง ข.1 ปริมาณการไหลของขยะคอมพิวเตอร์จากแหล่งขยะคอมพิวเตอร์สู่ร้านรับซื้อของเก่า (ต่อ)

ร้านรับซื้อของเก่า	แหล่งขยะคอมพิวเตอร์	ปริมาณ (กิโลกรัม)
อ.เมืองภูเก็ต	อ.กะทู้	81,127
	อ.ถลาง	96,720
อ.เมืองตรัง	อ.นาโยง	14,664
อ.กันตัง	อ.กันตัง	23,616
อ.นาโยง	อ.เมืองตรัง	52,165
อ.ย่านตาขาว	กิ่ง อ.หาดสำราญ	4,586
	อ.ปะเหลียน	12,380
	อ.ย่านตาขาว	23,411
อ.รัษฎา	อ.ห้วยยอด	40,344
อ.วังวิเศษ	อ.วังวิเศษ	14,388
อ.สิเกา	อ.สิเกา	27,215
อ.ห้วยยอด	อ.รัษฎา	10,645
อ.เมืองนราธิวาส	อ.ยี่งอ	5,717
	อ.ระแงะ	11,408
อ.จะแนะ	อ.จะแนะ	3,981
อ.ตากใบ	อ.ตากใบ	9,161
อ.ยี่งอ	อ.เมืองนราธิวาส	19,783
	อ.บาเจาะ	6,245
อ.ระแงะ	อ.เจาะไอร้อง	4,802
อ.รือเสาะ	อ.รือเสาะ	9,087
อ.แว้ง	อ.สุคิริน	4,510
อ.ศรีสาคร	อ.ศรีสาคร	4,567
อ.สุคิริน	อ.แว้ง	6,567
อ.สุไหงโกลก	อ.สุไหงปาดี	6,323
อ.สุไหงปาดี	อ.สุไหงโกลก	15,714
อ.เมืองกระบี่	อ.เหนือคลอง	23,200
อ.เขาพนม	อ.เขาพนม	18,472
อ.คลองท่อม	อ.คลองท่อม	27,752
	อ.ลำทับ	9,109
อ.ปลายพระยา	อ.ปลายพระยา	15,372
อ.เหนือคลอง	อ.เมืองกระบี่	47,094

ตาราง ข.1 ปริมาณการไหลของขยะคอมพิวเตอร์จากแหล่งขยะคอมพิวเตอร์สู่ร้านรับซื้อของเก่า (ต่อ)

ร้านรับซื้อของเก่า	แหล่งขยะคอมพิวเตอร์	ปริมาณ (กิโลกรัม)
อ.อ่าวลึก	อ.อ่าวลึก	23,102
	อ.ทับปุด	10,771
อ.เกาะลันตา	อ.เกาะลันตา	10,588
อ.เมืองปัตตานี	อ.ยะรัง	23,936
	อ.ยะหริ่ง	22,761
	อ.หนองจิก	20,570
อ.โคกโพธิ์	อ.แม่ลาน	5,056
อ.ทุ่งยางแดง	อ.มายอ	15,585
อ.มายอ	อ.ทุ่งยางแดง	5,733
อ.แม่ลาน	อ.เมืองยะลา	59,933
อ.ไม้แก่น	อ.สายบุรี	20,286
อ.ยะหริ่ง	อ.ปะนาเระ	14,492
อ.สายบุรี	อ.กะพ้อ	4,858
	อ.ไม้แก่น	4,023
อ.หนองจิก	อ.เมืองปัตตานี	50,692
	อ.โคกโพธิ์	25,116
อ.เมืองพัทลุง	กิ่ง อ.ศรีนครินทร์	8,376
อ.บางแก้ว	อ.ตะโหมด	8,813
อ.ป่าพะยอม	อ.ควนขนุน	27,257
กิ่ง อ.ศรีนครินทร์	อ.เมืองพัทลุง	40,705
	อ.กงหรา	9,155
อ.เขาชัยสน	อ.เขาชัยสน	13,925
อ.ควนขนุน	อ.ป่าพะยอม	9,964
	อ.ศรีบรรพต	5,558
อ.ตะโหมด	อ.บางแก้ว	7,616
	อ.ป่าบอน	13,533
อ.ปากพะยูน	อ.ปากพะยูน	14,928
อ.เมืองชุมพร	อ.กระบุรี	21,218
อ.ท่าแซะ	อ.ปะทิว	14,348
อ.ปะทิว	อ.ท่าแซะ	23,387

ตาราง ข.1 ปริมาณการไหลของขยะคอมพิวเตอร์จากแหล่งขยะคอมพิวเตอร์สู่ร้านรับซื้อของเก่า (ต่อ)

ร้านรับซื้อของเก่า	แหล่งขยะคอมพิวเตอร์	ปริมาณ (กิโลกรัม)
อ.ทุ่งตะโก	อ.สวี	22,904
	อ.หลังสวน	22,131
อ.พะโต๊ะ	อ.พะโต๊ะ	7,466
อ.สวี	อ.ทุ่งตะโก	7,255
อ.หลังสวน	อ.ละแม	8,619
อ.เมืองพังงา	ตะกั่วทุ่ง	21,933
อ.กะปง	อ.กะปง	7,288
อ.คุระบุรี	อ.คุระบุรี	13,924
อ.ตะกั่วทุ่ง	อ.เมืองพังงา	22,068
อ.ตะกั่วป่า	อ.ตะกั่วป่า	27,249
อ.ท้ายเหมือง	อ.ท้ายเหมือง	26,925
อ.เมืองสตูล	อ.เมืองสตูล	21,256
อ.ควนกาหลง	อ.ควนโดน	4,136
อ.ควนโดน	อ.ควนกาหลง	6,226
อ.ท่าแพ	อ.ท่าแพ	4,723
อ.ทุ่งหว้า	อ.ทุ่งหว้า	3,914
อ.ละงู	อ.ละงู	12,307
กิ่ง อ.มะนัง	กิ่ง อ.มะนัง	2,922
อ.เมืองระนอง	อ.เมืองระนอง	46,638
กิ่ง อ.สุขสำราญ	กิ่ง อ.สุขสำราญ	3,457
อ.กระบุรี	อ.เมืองชุมพร	51,148
อ.กะเปอร์	อ.กะเปอร์	8,145
อ.ละอุ่น	อ.ละอุ่น	5,792
กิ่ง อ.กรงปินัง	กิ่ง อ.กรงปินัง	5,426
อ.ธารโต	อ.ธารโต	9,140
อ.บันนังสตา	อ.บันนังสตา	17,898
อ.เบตง	อ.เบตง	25,038
อ.ยะหา	อ.กาบัง	5,541
	อ.ยะหา	13,139
อ.รามัน	อ.รามัน	23,460

ตาราง ข.2 ปริมาณการไหลของพลาสติกจากร้านรับซื้อของเก่าสู่ศูนย์รวบรวม

ศูนย์รวบรวม	ร้านรับซื้อของเก่า	ปริมาณ (กิโลกรัม)
อ.หาดใหญ่	อ.เมืองสงขลา	14,628
	อ.คลองหอยโข่ง	1,735
	อ.ควนเนียง	5,191
	อ.จะนะ	6,070
	อ.นาทวี	4,160
	อ.นาหม่อม	32,848
	อ.บางกล่ำ	2,196
	อ.รัตภูมิ	2,409
	อ.สทิงพระ	3,555
	อ.สะเดา	8,951
	อ.สิงหนคร	5,469
	อ.หาดใหญ่	1,793
	อ.เมืองสตูล	3,188
	อ.ควนกาหลง	620
	อ.ควนโดน	934
อ.เมืองนคร	อ.กระแสสินธุ์	7,161
	อ.ระโนด	5,921
	อ.เมืองนคร	3,787
	กิ่ง อ.นบพิตำ	2,514
	อ.จุฬาภรณ์	7,339
	อ.เฉลิมพระเกียรติ	3,926
	อ.ชะอวด	2,596
	อ.เชียรใหญ่	2,824
	อ.ท่าศาลา	8,818
	อ.ทุ่งสง	2,311
	อ.นาบอน	16,996
	อ.บางขัน	3,344
	อ.ปากพนัง	9,183
	อ.พรหมคีรี	3,018
	อ.พระพรหม	36,632
	อ.หัวไทร	6,655

ตาราง ข.2 ปริมาณการไหลของพลาสติกจากร้านรับซื้อของเก่าสู่ศูนย์รวบรวม (ต่อ)

ศูนย์รวบรวม	ร้านรับซื้อของเก่า	ปริมาณ (กิโลกรัม)
อ.เมืองสุราษฎร์ธานี	อ.ขนอม	3,249
	อ.ฉวาง	1,714
	อ.ถ้ำพรรณรา	6,558
	อ.ทุ่งใหญ่	6,060
	อ.พิปูน	2,773
	อ.สิชล	6,655
	อ.เมืองสุราษฎร์ธานี	8,788
	อ.บ้านตาขุน	4,118
	กิ่ง อ.วิภาวดี	8,882
	อ.กาญจนดิษฐ์	19,480
	อ.เกาะสมุย	6,370
	อ.คีรีรัฐนิคม	3,480
	อ.ชัยบุรี	2,018
	อ.ดอนสัก	3,406
	อ.ท่าฉาง	4,220
	อ.บ้านนาเดิม	5,685
	อ.บ้านนาสาร	1,875
	อ.พระแสง	5,048
	อ.พุนพิน	1,152
	อ.เวียงสระ	5,020
	อ.เคียนซา	3,679
	อ.เกาะพงัน	1,780
อ.เมืองภูเก็ต	อ.เมืองภูเก็ต	26,677
	อ.กะทู้	42,871
อ.เมืองตรัง	อ.เมืองตรัง	2,200
	อ.กันตัง	3,542
	อ.นาโยง	7,825
	อ.ย่านตาขาว	6,057
	อ.รัษฎา	6,052
	อ.วังวิเศษ	2,158

ตาราง ข.2 ปริมาณการไหลของพลาสติกจากร้านรับซื้อของเก่าสู่ศูนย์รวบรวม (ต่อ)

ศูนย์รวบรวม	ร้านรับซื้อของเก่า	ปริมาณ (กิโลกรัม)
อ.เมืองตรัง	อ.สิเกา	4,082
	อ.ห้วยยอด	1,597
	อ.ท่าแพ	708
	อ.ทุ่งหว้า	587
	อ.ละงู	1,846
	กิ่ง อ.มะนัง	438
อ.เมืองนราธิวาส	อ.เมืองนราธิวาส	2,569
	อ.จะแนะ	597
	อ.ตากใบ	1,374
	อ.ยี่งอ	9,304
	อ.ระแงะ	720
	อ.รือเสาะ	1,363
	อ.แว้ง	677
	อ.ศรีสาคร	685
	อ.สุคิริน	985
	อ.สุไหงโกลก	948
	อ.สุไหงปาดี	2,357
	อ.ไม้แก่น	3,043
อ.เมืองกระบี่	อ.เมืองกระบี่	3,480
	อ.เขาพนม	2,771
	อ.คลองท่อม	5,529
	อ.ปลายพระยา	2,306
	อ.เหนือคลอง	7,064
	อ.อ่าวลึก	5,081
อ.เมืองปัตตานี	อ.เทพา	4,309
	อ.สะบ้าย้อย	3,818
	อ.เมืองปัตตานี	6,500
	อ.โคกโพธิ์	758
	อ.ทุ่งยางแดง	2,338
	อ.มายอ	4,450

ตาราง ข.2 ปริมาณการไหลของพลาสติกจากร้านรับซื้อของเก่าสู่ศูนย์รวบรวม (ต่อ)

ศูนย์รวบรวม	ร้านรับซื้อของเก่า	ปริมาณ (กิโลกรัม)
อ.เมืองปัตตานี	อ.แม่ลาน	8,990
	อ.ยะหริ่ง	2,174
	อ.สายบุรี	1,332
	อ.หนองจิก	11,371
	กิ่ง อ.กรงปินัง	814
	อ.ธารโต	1,371
	อ.บันนังสตา	2,685
	อ.เบตง	3,756
	อ.ยะหา	2,802
	อ.รามัน	3,519
อ.เมืองพัทลุง	อ.เมืองพัทลุง	1,256
	อ.บางแก้ว	1,322
	อ.ป่าพะยอม	4,089
	กิ่ง อ.ศรีนครินทร์	7,479
	อ.เขาชัยสน	2,089
	อ.ควนขนุน	2,328
	อ.ตะโหมด	3,172
	อ.ปากพะยูน	2,239
อ.เมืองชุมพร	อ.ไชยา	2,589
	อ.ท่าชนะ	4,686
	อ.เกาะสันตา	1,588
	อ.เมืองชุมพร	3,183
	อ.ท่าแซะ	2,152
	อ.ทุ่งตะโก	6,755
	อ.ปะทิว	3,508
	อ.พะโต๊ะ	1,120
	อ.สวี	1,088
	อ.หลังสวน	1,293
	อ.กระบุรี	7,672

ตาราง ข.2 ปริมาณการไหลของพลาสติกจากร้านรับซื้อของเก่าสู่ศูนย์รวบรวม (ต่อ)

ศูนย์รวบรวม	ร้านรับซื้อของเก่า	ปริมาณ (กิโลกรัม)
อ.ตะกั่วป่า	อ.เมืองพังงา	3,290
	อ.กะปง	1,093
	อ.คุระบุรี	2,089
	อ.ตะกั่วทุ่ง	3,310
	อ.ตะกั่วป่า	4,087
	อ.ท้ายเหมือง	4,039
อ.เมืองระนอง	อ.เมืองระนอง	6,996
	กิ่ง อ.สุขสำราญ	519
	อ.กะเปอร์	1,222
	อ.ละอุ่น	869

ตาราง ข.3 ปริมาณการไหลของเหล็กจากร้านรับซื้อของเก่าสู่ศูนย์รวบรวม

ศูนย์รวบรวม	ร้านรับซื้อของเก่า	ปริมาณ (กิโลกรัม)
อ.หาดใหญ่	อ.เมืองสงขลา	16,578
	อ.กระแสสินธุ์	1,405
	อ.คลองหอยโข่ง	1,967
	อ.ควนเนียง	5,883
	อ.จะนะ	6,879
	อ.นาทวี	4,715
	อ.นาหม่อม	37,227
	อ.บางกล่ำ	2,489
	อ.รัตภูมิ	2,731
	อ.สทิงพระ	4,029
	อ.สะเดา	10,144
	อ.สิงหนคร	6,198
	อ.หาดใหญ่	2,033
	อ.เมืองสตูล	3,617
	อ.ควนกาหลง	703
	อ.ควนโดน	1,058
	อ.ท่าแพ	803

ตาราง ข.3 ปริมาณการไหลของเหล็กจากร้านรับซื้อของเก่าสู่ศูนย์รวบรวม (ต่อ)

ศูนย์รวบรวม	ร้านรับซื้อของเก่า	ปริมาณ (กิโลกรัม)
อ.เมืองนคร	อ.ระโนด	6,710
	อ.เมืองนคร	4,292
	กิ่ง อ.นบพิตำ	2,849
	อ.จุฬาภรณ์	8,320
	อ.ฉวาง	1,943
	อ.เฉลิมพระเกียรติ	4,450
	อ.เชียรใหญ่	3,201
	อ.ถ้ำพรรณรา	7,433
	อ.ท่าศาลา	9,993
	อ.ทุ่งสง	2,619
	อ.ทุ่งใหญ่	6,868
	อ.นาบอน	19,263
	อ.ปากพนัง	10,407
	อ.พรหมคีรี	3,420
	อ.พระพรหม	41,515
	อ.พิปูน	7
	อ.หัวไทร	7,543
อ.เมืองสุราษฎร์ธานี	อ.ขนอม	3,683
	อ.สิชล	8,380
	อ.เมืองสุราษฎร์ธานี	9,960
	อ.บ้านตาขุน	4,667
	กิ่ง อ.วิภาวดี	10,066
	อ.กาญจนดิษฐ์	22,077
	อ.เกาะสมุย	7,219
	อ.คีรีรัฐนิคม	3,944
	อ.ไชยา	2,935
	อ.ดอนสัก	3,896
	อ.ท่าฉาง	4,783
	อ.ท่าชนะ	5,311

ตาราง ข.3 ปริมาณการไหลของเหล็กจากร้านรับซื้อของเก่าสู่ศูนย์รวบรวม (ต่อ)

ศูนย์รวบรวม	ร้านรับซื้อของเก่า	ปริมาณ (กิโลกรัม)
อ.เมืองสุราษฎร์ธานี	อ.บ้านนาเดิม	6,443
	อ.บ้านนาสาร	2,125
	อ.พระแสง	5,721
	อ.พุนพิน	1,305
	อ.เวียงสระ	5,690
	อ.เคียนซา	4,170
	อ.เกาะพงัน	2,017
อ.เมืองภูเก็ต	อ.เมืองภูเก็ต	30,234
	อ.กะทู้	48,587
อ.เมืองตรัง	อ.บางขัน	3,790
	อ.เมืองตรัง	2,493
	อ.กันตัง	4,015
	อ.นาโยง	8,868
	อ.ย่านตาขาว	6,864
	อ.รัษฎา	6,865
	อ.วังวิเศษ	2,446
	อ.สิเกา	4,627
	อ.ห้วยยอด	1,810
	อ.ทุ่งหว้า	665
	อ.ละงู	2,092
	กิ่ง อ.มะนัง	497
อ.เมืองนราธิวาส	อ.เมืองนราธิวาส	2,911
	อ.จะแนะ	677
	อ.ตากใบ	1,557
	อ.ยี่งอ	4,425
	อ.ระแงะ	816
	อ.รือเสาะ	1,545
	อ.แว้ง	767
	อ.ศรีสาคร	776
	อ.สุคิริน	1,116
	อ.สุไหงโกลก	1,075

ตาราง ข.3 ปริมาณการไหลของเหล็กจากร้านรับซื้อของเก่าสู่ศูนย์รวบรวม (ต่อ)

ศูนย์รวบรวม	ร้านรับซื้อของเก่า	ปริมาณ (กิโลกรัม)
อ.เมืองนราธิวาส	อ.สุไหงปาดี	26,713
	อ.ไม้แก่น	3,449
	อ.สายบุรี	1,510
อ.เมืองกระบี่	อ.ชัยบุรี	2,287
	อ.เมืองกระบี่	3,944
	อ.เขาพนม	3,140
	อ.คลองท่อม	6,266
	อ.ปลายพระยา	2,613
	อ.เหนือคลอง	8,006
	อ.อ่าวลึก	5,758
	อ.เกาะลันตา	1,800
อ.เมืองปัตตานี	อ.เทพา	4,883
	อ.สะบ้าย้อย	4,327
	อ.เมืองปัตตานี	7,366
	อ.โคกโพธิ์	860
	อ.ทุ่งยางแดง	2,649
	อ.มายอ	5,044
	อ.แม่ลาน	10,189
	อ.ยะหริ่ง	2,464
	อ.หนองจิก	12,887
	กิ่ง อ.กรงปินัง	922
	อ.ธารโต	1,554
	อ.บันนังสตา	3,043
	อ.เบตง	4,256
	อ.ยะหา	3,176
	อ.รามัน	3,988
อ.เมืองพัทลุง	อ.ชะอวด	2,942
	อ.เมืองพัทลุง	1,424
	อ.บางแก้ว	1,498
	อ.ป่าพะยอม	4,634

ตาราง ข.3 ปริมาณการไหลของเหล็กจากร้านรับซื้อของเก่าสู่ศูนย์รวบรวม (ต่อ)

ศูนย์รวบรวม	ร้านรับซื้อของเก่า	ปริมาณ (กิโลกรัม)
อ.เมืองพัทลุง	กิ่ง อ.ศรีนครินทร์	8,476
	อ.เขาชัยสน	2,367
	อ.ควนขนุน	2,639
	อ.ตะโหมด	3,595
	อ.ปากพะยูน	2,538
อ.เมืองชุมพร	อ.เมืองชุมพร	3,607
	อ.ท่าแซะ	2,439
	อ.ทุ่งตะโก	7,656
	อ.ปะทิว	3,976
	อ.สวี	1,233
	อ.หลังสวน	1,465
	อ.กระบุรี	8,695
อ.ตะกั่วป่า	อ.เมืองพังงา	3,729
	อ.กะปง	1,239
	อ.คุระบุรี	2,367
	อ.ตะกั่วทุ่ง	3,752
	อ.ตะกั่วป่า	4,632
	อ.ท้ายเหมือง	4,577
อ.เมืองระนอง	อ.พะโต๊ะ	1,269
	อ.เมืองระนอง	7,928
	กิ่ง อ.สุขสำราญ	588
	อ.กะเปอร์	1,385
	อ.ละอุ่น	985

ตาราง ข.4 ปริมาณการไหลของทองแดงจากร้านรับซื้อของเก่าสู่ศูนย์รวบรวม

ศูนย์รวบรวม	ร้านรับซื้อของเก่า	ปริมาณ (กิโลกรัม)
อ.หาดใหญ่	อ.เมืองสงขลา	5,851
	อ.กระแสสินธุ์	496
	อ.คลองหอยโข่ง	694
	อ.ควนเนียง	2,076

ตาราง ข.4 ปริมาณการไหลของทองแดงจากร้านรับซื้อของเก่าสู่ศูนย์รวบรวม (ต่อ)

ศูนย์รวบรวม	ร้านรับซื้อของเก่า	ปริมาณ (กิโลกรัม)
อ.หาดใหญ่	อ.จะนะ	2,428
	อ.นาทวี	1,664
	อ.นาหม่อม	13,139
	อ.บางกล่ำ	878
	อ.รัตภูมิ	964
	อ.สทิงพระ	1,422
	อ.สะเดา	3,580
	อ.สิงหนคร	2,188
	อ.หาดใหญ่	717
	อ.เมืองสตูล	1,275
	อ.ควนกาหลง	248
	อ.ควนโดน	374
	อ.ท่าแพ	283
อ.เมืองนคร	อ.ระโนด	2,368
	อ.เมืองนคร	1,515
	กิ่ง อ.นบพิตำ	1,006
	อ.จุฬาภรณ์	2,936
	อ.ฉวาง	686
	อ.เฉลิมพระเกียรติ	1,570
	อ.เชียรใหญ่	1,130
	อ.ถ้ำพรรณรา	2,623
	อ.ท่าศาลา	3,527
	อ.ทุ่งสง	924
อ.เมืองนคร	อ.ทุ่งใหญ่	2,424
	อ.นาบอน	6,799
	อ.ปากพนัง	3,673
	อ.พรหมคีรี	1,207
	อ.พระพรหม	14,653
	อ.พิปูน	1,109
	อ.หัวไทร	2,662

ตาราง ข.4 ปริมาณการไหลของทองแดงจากร้านรับซื้อของเก่าสู่ศูนย์รวบรวม (ต่อ)

ศูนย์รวบรวม	ร้านรับซื้อของเก่า	ปริมาณ (กิโลกรัม)
อ.เมืองสุราษฎร์ธานี	อ.ขนอม	1,300
	อ.สิชล	2,958
	อ.เมืองสุราษฎร์ธานี	3,515
	อ.บ้านตาขุน	1,647
	กิ่ง อ.วิภาวดี	3,553
	อ.กาญจนดิษฐ์	7,792
	อ.เกาะสมุย	2,548
	อ.คีรีรัฐนิคม	1,392
	อ.ไชยา	1,036
	อ.ดอนสัก	1,362
	อ.ท่าฉาง	1,688
	อ.ท่าชนะ	1,875
	อ.บ้านนาเดิม	2,274
	อ.บ้านนาสาร	750
	อ.พระแสง	2,019
	อ.พุนพิน	461
	อ.เวียงสระ	2,008
	อ.เคียนซา	1,472
	อ.เกาะพงัน	712
อ.เมืองภูเก็ต	อ.เมืองภูเก็ต	10,671
	อ.กะทู้	17,148
อ.เมืองตรัง	อ.บางขัน	1,338
	อ.เมืองตรัง	880
	อ.กันตัง	1,417
	อ.นาโยง	3,130
	อ.ย่านตาขาว	2,423
	อ.รัษฎา	2,421
	อ.วังวิเศษ	863
	อ.สิเกา	1,633
	อ.ห้วยยอด	639

ตาราง ข.4 ปริมาณการไหลของทองแดงจากร้านรับซื้อของเก่าสู่ศูนย์รวบรวม (ต่อ)

ศูนย์รวบรวม	ร้านรับซื้อของเก่า	ปริมาณ (กิโลกรัม)
อ.เมืองตรัง	อ.ทุ่งหว้า	235
	อ.ละงู	738
	กิ่งอ.มะนัง	175
อ.เมืองนราธิวาส	อ.เมืองนราธิวาส	1,028
	อ.จะแนะ	239
	อ.ตากใบ	550
	อ.ยี่งอ	1,562
	อ.ระแงะ	288
	อ.รือเสาะ	545
	อ.แว้ง	271
	อ.ศรีสาคร	274
	อ.สุคิริน	394
	อ.สุไหงโกลก	379
	อ.สุไหงปาดี	943
	อ.ไม้แก่น	1,217
	อ.สายบุรี	533
อ.เมืองกระบี่	อ.ชัยบุรี	807
	อ.เมืองกระบี่	1,392
	อ.เขาพนม	1,108
อ.เมืองกระบี่	อ.คลองท่อม	2,212
	อ.ปลายพระยา	922
	อ.เหนือคลอง	2,826
	อ.อ่าวลึก	2,032
	อ.เกาะลันตา	635
อ.เมืองปัตตานี	อ.เทพา	1,723
	อ.สะบ้าย้อย	1,527
	อ.เมืองปัตตานี	2,600
	อ.โคกโพธิ์	303
	อ.ทุ่งยางแดง	935
	อ.มายอ	1,780

ตาราง ข.4 ปริมาณการไหลของทองแดงจากร้านรับซื้อของเก่าสู่ศูนย์รวบรวม (ต่อ)

ศูนย์รวบรวม	ร้านรับซื้อของเก่า	ปริมาณ (กิโลกรัม)
อ.เมืองปัตตานี	อ.ยะหริ่ง	870
	อ.แม่ลาน	3,596
	อ.หนองจิก	4,548
	กิ่ง อ.กรงปินัง	326
	อ.ธารโต	548
	อ.บันนังสตา	1,074
	อ.เบตง	1,502
	อ.ยะหา	1,121
	อ.รามัน	1,408
อ.เมืองพัทลุง	อ.ชะอวด	1,038
	อ.เมืองพัทลุง	503
	อ.บางแก้ว	529
	อ.ป่าพะยอม	1,635
	กิ่ง อ.ศรีนครินทร์	2,992
	อ.เขาชัยสน	836
	อ.ควนขนุน	931
	อ.ตะโหมด	1,269
	อ.ปากพะยูน	896
อ.เมืองชุมพร	อ.เมืองชุมพร	1,273
	อ.ท่าแซะ	861
	อ.ทุ่งตะโก	2,702
	อ.ปะทิว	1,403
	อ.สวี	435
	อ.หลังสวน	517
	อ.กระบุรี	3,069
อ.ตะกั่วป่า	อ.เมืองพังงา	1,316
	อ.กะปง	437
	อ.คุระบุรี	835
	อ.ตะกั่วทุ่ง	1,324

ตาราง ข.4 ปริมาณการไหลของทองแดงจากร้านรับซื้อของเก่าสู่ศูนย์รวบรวม (ต่อ)

ศูนย์รวบรวม	ร้านรับซื้อของเก่า	ปริมาณ (กิโลกรัม)
อ.ตะกั่วป่า	อ.ตะกั่วป่า	1,635
	อ.ท้ายเหมือง	1,616
อ.เมืองระนอง	อ.พะโต๊ะ	448
	อ.เมืองระนอง	2,798
	กิ่ง อ.สุขสำราญ	207
	อ.กะเปอร์	489
	อ.ละอุ่น	348

ตาราง ข.5 ปริมาณการไหลหน้าจอคอมพิวเตอร์จากร้านรับซื้อของเก่าสู่ศูนย์รวบรวม

ศูนย์รวบรวม	ร้านรับซื้อของเก่า	ปริมาณ (กิโลกรัม)
อ.หาดใหญ่	อ.เมืองสงขลา	32,181
	อ.กระแสสินธุ์	2,727
	อ.คลองหอยโข่ง	3,818
	อ.ควนเนียง	11,420
	อ.จะนะ	13,354
	อ.นาทวี	9,153
	อ.นาหม่อม	72,265
	อ.บางกล่ำ	4,831
	อ.รัตภูมิ	5,300
	อ.สทิงพระ	7,821
	อ.สะเดา	19,692
	อ.สิงหนคร	12,032
	อ.หาดใหญ่	3,945
	อ.เมืองสตูล	7,014
	อ.ควนกาหลง	1,365
	อ.ควนโดน	2,055
	อ.ท่าแพ	1,559
อ.เมืองนคร	อ.ระโนด	13,026
	อ.เมืองนคร	8,331

ตาราง ข.5 ปริมาณการไหลหน้าจอคอมพิวเตอร์จากร้านรับซื้อของเก่าสู่ศูนย์รวบรวม (ต่อ)

ศูนย์รวบรวม	ร้านรับซื้อของเก่า	ปริมาณ (กิโลกรัม)
	กิ่ง อ.นบพิตำ	5,531
	อ.จุฬาภรณ์	16,146
	อ.ฉวาง	3,772
	อ.เฉลิมพระเกียรติ	8,637
	อ.เชียรใหญ่	6,213
	อ.ถ้ำพรรณรา	14,428
	อ.ท่าศาลา	19,399
	อ.ทุ่งสง	5,083
	อ.ทุ่งใหญ่	13,333
	อ.นาบอน	37,392
	อ.ปากพนัง	20,203
	อ.พรหมคีรี	6,639
	อ.พระพรหม	80,589
	อ.พิปูน	6,101
	อ.หัวไทร	14,641
อ.เมืองสุราษฎร์ธานี	อ.ขนอม	7,148
	อ.สิชล	16,268
	อ.เมืองสุราษ	19,334
	อ.บ้านตาขุน	9,059
	กิ่ง อ.วิภาวดี	19,540
	อ.กาญจนดิษฐ์	42,855
	อ.เกาะสมุย	14,014
	อ.คีรีรัฐนิคม	7,657
	อ.ไชยา	5,698
	อ.ดอนสัก	7,493
	อ.ท่าฉาง	9,284
	อ.ท่าชนะ	10,310
	อ.บ้านนาเดิม	12,507
	อ.บ้านนาสาร	4,124
	อ.พระแสง	11,105

ตาราง ข.5 ปริมาณการไหลหน้าจอคอมพิวเตอร์จากร้านรับซื้อของเก่าสู่ศูนย์รวบรวม (ต่อ)

ศูนย์รวบรวม	ร้านรับซื้อของเก่า	ปริมาณ (กิโลกรัม)
อ.เมืองสุราษฎร์ธานี	อ.พุนพิน	2,533
	อ.เวียงสระ	11,045
	อ.เคียนซา	8,095
	อ.เกาะพงัน	3,916
อ.เมืองภูเก็ต	อ.เมืองภูเก็ต	58,690
	อ.กะทู้	94,316
อ.เมืองตรัง	อ.บางขัน	7,358
	อ.เมืองตรัง	4,839
	อ.กันตัง	7,793
	อ.นาโยง	17,214
	อ.ย่านตาขาว	13,324
	อ.รัษฎา	13,314
	อ.วังวิเศษ	4,748
	อ.สิเกา	8,981
	อ.ห้วยยอด	3,513
	อ.ทุ่งหว้า	1,292
	อ.ละงู	4,061
	กิ่ง อ.มะนัง	964
อ.เมืองนราธิวาส	อ.เมืองนราธิวาส	5,651
	อ.จะแนะ	1,314
	อ.ตากใบ	3,023
	อ.ยี่งอ	8,589
	อ.ระแงะ	1,585
	อ.รือเสาะ	2,999
	อ.แว้ง	1,488
	อ.ศรีสาคร	1,507
	อ.สุคิริน	2,167
	อ.สุไหงโกลก	2,087
	อ.สุไหงปาดี	5,186
	อ.ไม้แก่น	6,694

ตาราง ข.5 ปริมาณการไหลหน้าจอคอมพิวเตอร์จากร้านรับซื้อของเก่าสู่ศูนย์รวบรวม (ต่อ)

ศูนย์รวบรวม	ร้านรับซื้อของเก่า	ปริมาณ (กิโลกรัม)
อ.เมืองนราธิวาส	อ.สายบุรี	2,931
อ.เมืองกระบี่	อ.ชัยบุรี	4,439
	อ.เมืองกระบี่	7,656
	อ.เขาพนม	6,096
	อ.คลองท่อม	12,164
	อ.ปลายพระยา	5,073
	อ.เหนือคลอง	15,541
	อ.อ่าวลึก	11,178
	อ.เกาะลันตา	3,494
อ.เมืองปัตตานี	อ.เทพา	9,479
	อ.สะบ้าย้อย	8,399
	อ.เมืองปัตตานี	14,299
	อ.โคกโพธิ์	1,668
	อ.ทุ่งยางแดง	5,143
	อ.มายอ	9,791
	อ.แม่ลาน	19,778
	อ.ยะหริ่ง	4,782
	อ.หนองจิก	25,017
	กิ่ง อ.กรงปินัง	1,791
	อ.ธารโต	3,016
	อ.บันนังสตา	5,906
	อ.เบตง	8,263
	อ.ยะหา	6,164
	อ.รามัน	7,742
อ.เมืองพัทลุง	อ.ชะอวด	5,711
	อ.เมืองพัทลุง	2,764
	อ.บางแก้ว	2,908
	อ.ป่าพะยอม	8,995
	กิ่ง อ.ศรีนครินทร์	16,454
	อ.เขาชัยสน	4,595

ตาราง ข.5 ปริมาณการไหลหน้าจอคอมพิวเตอร์จากร้านรับซื้อของเก่าสู่ศูนย์รวบรวม (ต่อ)

ศูนย์รวบรวม	ร้านรับซื้อของเก่า	ปริมาณ (กิโลกรัม)
อ.เมืองพัทลุง	อ.ควนขนุน	5,122
	อ.ตะโหมด	6,979
	อ.ปากพะยูน	4,926
อ.เมืองชุมพร	อ.เมืองชุมพร	7,002
	อ.ท่าแซะ	4,735
	อ.ทุ่งตะโก	14,862
	อ.ปะทิว	7,718
	อ.สวี	2,394
	อ.หลังสวน	2,844
	อ.กระบุรี	16,879
อ.ตะกั่วป่า	อ.เมืองพังงา	7,238
	อ.กะปง	2,405
	อ.คุระบุรี	4,595
	อ.ตะกั่วทุ่ง	7,282
	อ.ตะกั่วป่า	8,992
	อ.ท้ายเหมือง	8,885
อ.เมืองระนอง	อ.พะโต๊ะ	1,464
	อ.เมืองระนอง	15,391
	กิ่ง อ.สุขสำราญ	1,141
	อ.กะเปอร์	2,688
	อ.ละอุ่น	1,911

ตาราง ข.6 ปริมาณการไหลของชิ้นส่วนอื่นๆ (ขยะ) จากร้านรับซื้อของเก่าสู่เทศบาล

เทศบาล	ร้านรับซื้อของเก่า	ปริมาณ (กิโลกรัม)
อ.เมืองสงขลา	อ.เมืองสงขลา	28,280
อ.กระแสสินธุ์	อ.กระแสสินธุ์	2,397
อ.คลองหอยโข่ง	อ.คลองหอยโข่ง	3,355
อ.ควนเนียง	อ.ควนเนียง	4,658

ตาราง ข.6 ปริมาณการไหลของชิ้นส่วนอื่นๆ (ขยะ) จากร้านรับซื้อของเก่าสู่เทศบาล (ต่อ)

เทศบาล	ร้านรับซื้อของเก่า	ปริมาณ (กิโลกรัม)
อ.จะนะ	อ.จะนะ	11,735
อ.เทพา	อ.เทพา	8,330
อ.นาทวี	อ.นาทวี	8,043
อ.นาหม่อม	อ.หาดใหญ่	3,467
อ.บางกล่ำ	อ.บางกล่ำ	4,245
	อ.มายอ	8,604
อ.ระโนด	อ.ระโนด	11,447
อ.รัตภูมิ	อ.ควนเนียง	10,035
อ.สทิงพระ	อ.สทิงพระ	6,873
อ.สะเดา	อ.สะเดา	17,305
อ.สะบ้าย้อย	อ.สะบ้าย้อย	7,381
อ.สิงหนคร	อ.สิงหนคร	10,574
อ.หาดใหญ่	อ.นาหม่อม	63,505
อ.เมืองนคร	อ.พระพรหม	70,821
กิ่ง อ.นบพิตำ	กิ่ง อ.นบพิตำ	4,860
อ.ขนอม	อ.ขนอม	6,282
อ.จุฬาภรณ์	อ.ชะอวด	5,019
อ.ฉวาง	อ.ถ้ำพรรณรา	12,679
อ.เฉลิมพระเกียรติ	อ.เชียรใหญ่	5,460
อ.ชะอวด	อ.จุฬาภรณ์	14,189
อ.เชียรใหญ่	อ.เฉลิมพระเกียรติ	7,590
อ.ถ้ำพรรณรา	อ.ฉวาง	3,314
อ.ท่าศาลา	อ.ท่าศาลา	17,048
อ.ทุ่งสง	อ.นาบอน	32,860
อ.ทุ่งใหญ่	อ.ทุ่งใหญ่	11,717
อ.นาบอน	อ.ทุ่งสง	4,467
อ.บางขัน	อ.บางขัน	6,466
อ.ปากพนัง	อ.ปากพนัง	17,754
อ.พรหมคีรี	อ.พรหมคีรี	5,835
อ.พระพรหม	อ.เมืองนคร	7,321

ตาราง ข.6 ปริมาณการไหลของชิ้นส่วนอื่นๆ (ขยะ) จากร้านรับซื้อของเก่าสู่เทศบาล (ต่อ)

เทศบาล	ร้านรับซื้อของเก่า	ปริมาณ (กิโลกรัม)
อ.พิปูน	อ.พิปูน	5,361
อ.สิชล	อ.สิชล	14,296
อ.หัวไทร	อ.หัวไทร	12,867
อ.เมืองสุราษฎร์ธานี	อ.กาญจนดิษฐ์	37,661
กิ่ง อ.วิภาวดี	อ.พุนพิน	2,226
อ.กาญจนดิษฐ์	อ.เมืองสุราษฎร์ธานี	16,991
อ.เกาะสมุย	อ.เกาะสมุย	12,315
อ.คีรีรัฐนิคม	อ.คีรีรัฐนิคม	6,729
อ.ชัยบุรี	อ.ชัยบุรี	3,901
อ.ไชยา	อ.ท่าฉาง	8,159
อ.ดอนสัก	อ.ดอนสัก	6,584
อ.ท่าฉาง	อ.ไชยา	5,007
อ.ท่าชนะ	อ.ท่าชนะ	9,060
อ.บ้านนาสาร	อ.บ้านนาเดิม	10,991
	อ.บ้านนาสาร	3,624
อ.พนม	อ.บ้านตาขุน	7,961
อ.พระแสง	อ.เวียงสระ	9,706
อ.พุนพิน	กิ่งอ.วิภาวดี	17,172
อ.เวียงสระ	อ.พระแสง	9,759
อ.เคียนซา	อ.เคียนซา	7,113
อ.เกาะพงัน	อ.เกาะพงัน	3,441
อ.เมืองภูเก็ต	อ.กะทู้	82,884
อ.กะทู้	อ.เมืองภูเก็ต	51,576
อ.เมืองตรัง	อ.นาโยง	15,128
อ.กันตัง	อ.กันตัง	6,849
อ.นาโยง	อ.เมืองตรัง	4,253
อ.ย่านตาขาว	อ.ย่านตาขาว	11,709
อ.รัษฎา	อ.ห้วยยอด	3,087
อ.วังวิเศษ	อ.วังวิเศษ	4,173
อ.สิเกา	อ.สิเกา	7,892

ตาราง ข.6 ปริมาณการไหลของชิ้นส่วนอื่นๆ (ขยะ) จากร้านรับซื้อของเก่าสู่เทศบาล (ต่อ)

เทศบาล	ร้านรับซื้อของเก่า	ปริมาณ (กิโลกรัม)
อ.ห้วยยอด	อ.รัษฎา	11,700
อ.เมืองนราธิวาส	อ.ยี่งอ	7,548
	อ.ระแงะ	1,393
อ.จะแนะ	อ.จะแนะ	1,154
อ.ตากใบ	อ.ตากใบ	2,657
อ.ยี่งอ	อ.เมืองนราธิวาส	4,966
อ.รือเสาะ	อ.รือเสาะ	2,635
อ.แว้ง	อ.สุคิริน	1,904
อ.ศรีสาคร	อ.ศรีสาคร	1,324
อ.สุคิริน	อ.แว้ง	1,308
อ.สุไหงโกลก	อ.สุไหงปาดี	4,557
อ.สุไหงปาดี	อ.สุไหงโกลก	1,834
อ.เมืองกระบี่	อ.เหนือคลอง	13,657
อ.เขาพนม	อ.เขาพนม	5,357
อ.คลองท่อม	อ.คลองท่อม	10,690
อ.ปลายพระยา	อ.ปลายพระยา	4,458
อ.เหนือคลอง	อ.เมืองกระบี่	6,728
อ.อ่าวลึก	อ.อ่าวลึก	9,823
อ.เกาะลันตา	อ.เกาะลันตา	3,071
อ.เมืองปัตตานี	อ.ยะหริ่ง	4,203
	อ.หนองจิก	21,984
อ.เมืองปัตตานี	อ.แม่ลาน	17,381
อ.มายอ	อ.ทุ่งยางแดง	4,520
อ.ไม้แก่น	อ.สายบุรี	2,575
อ.สายบุรี	อ.ไม้แก่น	5,883
อ.หนองจิก	อ.เมืองปัตตานี	12,566
	อ.โคกโพธิ์	1,466
อ.เมืองพัทลุง	กิ่ง อ.ศรีนครินทร์	14,459
อ.บางแก้ว	อ.ตะโหมด	6,133
อ.ป่าพะยอม	อ.ควนขนุน	4,501

ตาราง ข.6 ปริมาณการไหลของชิ้นส่วนอื่นๆ (ขยะ) จากร้านรับซื้อของเก่าสู่เทศบาล (ต่อ)

เทศบาล	ร้านรับซื้อของเก่า	ปริมาณ (กิโลกรัม)
กึ่ง อ.ศรีนครินทร์	อ.เมืองพัทลุง	2,429
อ.เขาชัยสน	อ.เขาชัยสน	4,038
อ.ควนขนุน	อ.ป่าพะยอม	7,905
อ.ตะโหมด	อ.บางแก้ว	2,556
อ.ปากพะยูน	อ.ปากพะยูน	4,329
อ.เมืองชุมพร	อ.กระบุรี	14,833
อ.ท่าแซะ	อ.ปะทิว	6,782
อ.ทุ่งตะโก	อ.สวี	2,104
	อ.หลังสวน	2,500
อ.ปะทิว	อ.ท่าแซะ	4,161
อ.พะโต๊ะ	อ.พะโต๊ะ	2,165
อ.หลังสวน	อ.ทุ่งตะโก	13,060
อ.เมืองพังงา	อ.ตะกั่วทุ่ง	6,400
อ.กะปง	อ.กะปง	2,114
อ.คุระบุรี	อ.คุระบุรี	4,038
อ.ตะกั่วทุ่ง	อ.เมืองพังงา	6,361
อ.ตะกั่วป่า	อ.ตะกั่วป่า	7,902
อ.ท้ายเหมือง	อ.ท้ายเหมือง	7,808
อ.เมืองสตูล	อ.เมืองสตูล	6,164
อ.ควนกาหลง	อ.ควนโดน	1,806
อ.ควนโดน	อ.ควนกาหลง	1,199
อ.ท่าแพ	อ.ท่าแพ	1,370
อ.ทุ่งหว้า	อ.ทุ่งหว้า	1,135
อ.ละงู	อ.ละงู	3,569
กึ่ง อ.มะนัง	กึ่ง อ.มะนัง	847
อ.เมืองระนอง	เมืองระนอง	13,525
กึ่ง อ.สุขสำราญ	กึ่ง อ.สุขสำราญ	1,003
อ.กระบุรี	เมืองชุมพร	6,153
อ.กะเปอร์	อ.กะเปอร์	2,362
อ.ละอุ่น	อ.ละอุ่น	1,680

ตาราง ข.6 ปริมาณการไหลของชิ้นส่วนอื่นๆ (ขยะ) จากร้านรับซื้อของเก่าสู่เทศบาล (ต่อ)

เทศบาล	ร้านรับซื้อของเก่า	ปริมาณ (กิโลกรัม)
กิ่ง อ.กรงปินัง	กิ่ง อ.กรงปินัง	1,574
อ.ธารโต	อ.ธารโต	2,651
อ.บันนังสตา	อ.บันนังสตา	5,190
อ.เบตง	อ.เบตง	7,261
อ.ยะหา	อ.ยะหา	5,417
อ.รามัน	อ.รามัน	6,803

ตาราง ข.7 ปริมาณการไหลของชิ้นส่วนคอมพิวเตอร์จากศูนย์รวบรวมสู่โรงงานรีไซเคิล

ศูนย์รวบรวม	โรงงานรีไซเคิล	ปริมาณ (กิโลกรัม)			
		พลาสติก	เหล็ก	ทองแดง	หน้าจอ
อ.หาดใหญ่	จ. สมุทรสาคร	93,748	108,455	38,278	206,245
อ.เมืองนคร	จ. สมุทรสาคร	117,103	143,967	50,812	257,627
อ.เมืองสุราษฎร์ธานี	จ. สมุทรสาคร	112,750	114,356	40,361	253,748
อ.เมืองภูเก็ต	จ. สมุทรสาคร	69,548	78,821	27,819	153,006
อ.เมืองตรัง	จ. สมุทรสาคร	37,092	45,025	15,891	81,602
อ.เมืองนราธิวาส	จ. สมุทรสาคร	19,223	23,295	8,222	42,290
อ.เมืองกระบี่	จ. สมุทรสาคร	26,231	33,815	11,935	57,708
อ.เมืองปัตตานี	จ. สมุทรสาคร	60,986	67,607	23,861	134,168
อ.เมืองพัทลุง	จ. สมุทรสาคร	23,975	30,113	10,628	52,744
อ.เมืองชุมพร	จ. สมุทรสาคร	35,636	29,071	10,261	72,701
อ.ตะกั่วป่า	จ. สมุทรสาคร	17,908	20,296	7,163	39,398
อ.เมืองระนอง	จ. สมุทรสาคร	9,605	12,155	4,290	21,131

ภาคผนวก ค

ผลการดำเนินงานจากตัวแบบคณิตศาสตร์ กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดเล็ก แบบที่ 2

ตาราง ค.1 ปริมาณการไหลของขยะคอมพิวเตอร์จากแหล่งขยะคอมพิวเตอร์สู่ร้านรับซื้อของเก่า

ศูนย์รวบรวม	แหล่งขยะคอมพิวเตอร์	ปริมาณ(กิโลกรัม)
อ.เมืองสงขลา	อ.เมืองสงขลา	97,518
อ.กระแสสินธุ์	อ.กระแสสินธุ์	8,265
อ.คลองหอยโข่ง	อ.คลองหอยโข่ง	11,569
อ.ควนเนียง	อ.รัตภูมิ	34,605
อ.จะนะ	อ.จะนะ	40,466
อ.เทพา	อ.เทพา	28,724
อ.นาทวี	อ.นาทวี	27,735
อ.นาหม่อม	อ.หาดใหญ่	218,984
อ.บางกล่ำ	อ.บางกล่ำ	14,639
อ.ระโนด	อ.ระโนด	39,472
อ.รัตภูมิ	อ.ควนเนียง	16,062
อ.สทิงพระ	อ.สทิงพระ	23,699
อ.สะเดา	อ.สะเดา	59,673
อ.สะบ้าย้อย	อ.สะบ้าย้อย	25,450
อ.สิงหนคร	อ.สิงหนคร	36,461
อ.หาดใหญ่	อ.นาหม่อม	11,956
อ.เมืองนคร	อ.พระพรหม	25,245
กิ่ง อ.นบพิตำ	กิ่ง อ.นบพิตำ	16,760
อ.ขนอม	อ.ขนอม	21,662
อ.จุฬาภรณ์	อ.ชะอวด	48,928
อ.ฉวาง	อ.ถ้ำพรรณรา	11,429
อ.เฉลิมพระเกียรติ	อ.เชียรใหญ่	26,174
อ.ชะอวด	อ.จุฬาภรณ์	17,306
อ.เชียรใหญ่	อ.เฉลิมพระเกียรติ	18,828
อ.ถ้ำพรรณรา	อ.ฉวาง	43,722
อ.ท่าศาลา	อ.ท่าศาลา	58,785
อ.ทุ่งสง	อ.นาบอน	15,404
อ.นาบอน	กิ่ง อ.ช้างกลาง	18,270
	อ.ทุ่งสง	95,039

ตาราง ค.1 ปริมาณการไหลของขยะคอมพิวเตอร์จากแหล่งขยะคอมพิวเตอร์สู่ร้านรับซื้อของเก่า (ต่อ)

ศูนย์รวบรวม	แหล่งขยะคอมพิวเตอร์	ปริมาณ(กิโลกรัม)
อ.ทุ่งใหญ่	อ.ทุ่งใหญ่	40,402
อ.บางขัน	อ.บางขัน	22,296
อ.ปากพนัง	อ.ปากพนัง	61,220
อ.พรหมคีรี	อ.พรหมคีรี	20,119
อ.พระพรหม	อ.เมืองนคร	172,878
	อ.ร่อนพิบูลย์	46,009
	อ.ลานสกา	25,323
อ.พิปูน	อ.พิปูน	18,487
อ.สิชล	อ.สิชล	49,297
อ.หัวไทร	อ.หัวไทร	44,368
อ.เมืองสุราษฎร์ธานี	อ.กาญจนดิษฐ์	58,588
อ.บ้านตาขุน	อ.บ้านตาขุน	9,236
กิ่ง อ.วิภาวดี	อ.พุนพิน	59,213
อ.กาญจนดิษฐ์	อ.เมืองสุราษฎร์ธานี	129,865
อ.เกาะสมุย	อ.เกาะสมุย	42,466
อ.คีรีรัฐนิคม	อ.คีรีรัฐนิคม	23,202
อ.ชัยบุรี	อ.ชัยบุรี	13,451
อ.ไชยา	อ.ท่าฉาง	17,266
อ.ดอนสัก	อ.ดอนสัก	22,705
อ.ท่าฉาง	อ.ไชยา	28,133
อ.ท่าชนะ	อ.ท่าชนะ	31,242
อ.บ้านนาเดิม	อ.บ้านนาสาร	37,901
อ.บ้านนาสาร	อ.บ้านนาเดิม	12,498
อ.พนม	อ.พนม	18,217
อ.พระแสง	อ.เวียงสระ	33,652
อ.พุนพิน	กิ่ง อ.วิภาวดี	7,677
อ.เวียงสระ	อ.พระแสง	33,469
อ.เคียนซา	อ.เคียนซา	24,529
อ.เกาะพงัน	อ.เกาะพงัน	11,867
อ.เมืองภูเก็ต	อ.กะทู้	81,127
	อ.ถลาง	96,720

ตาราง ค.1 ปริมาณการไหลของขยะคอมพิวเตอร์จากแหล่งขยะคอมพิวเตอร์สู่ร้านรับซื้อของเก่า (ต่อ)

ศูนย์รวบรวม	แหล่งขยะคอมพิวเตอร์	ปริมาณ(กิโลกรัม)
อ.กะทู้	อ.เมืองภูเก็ต	285,807
อ.เมืองตรัง	อ.นาโยง	14,664
กิ่ง อ.หาดสำราญ	กิ่ง อ.หาดสำราญ	4,586
อ.กันตัง	อ.กันตัง	23,616
อ.นาโยง	อ.เมืองตรัง	52,165
อ.ปะเหลียน	อ.ปะเหลียน	12,380
อ.ย่านตาขาว	อ.ย่านตาขาว	23,411
อ.รัษฎา	อ.ห้วยยอด	40,344
อ.วังวิเศษ	อ.วังวิเศษ	14,388
อ.สิเกา	อ.สิเกา	27,215
อ.ห้วยยอด	อ.รัษฎา	10,645
อ.เมืองนราธิวาส	อ.ยี่งอ	5,717
	อ.ระแงะ	11,408
อ.จะแนะ	อ.จะแนะ	3,981
อ.ตากใบ	ตากใบ	9,161
อ.ยี่งอ	อ.เมืองนราธิวาส	19,783
	อ.บาเจาะ	6,245
อ.ระแงะ	อ.เจาะไอร้อง	4,802
อ.รือเสาะ	รือเสาะ	9,087
อ.แว้ง	อ.สุคิริน	4,510
อ.ศรีสาคร	อ.ศรีสาคร	4,567
อ.สุคิริน	อ.แว้ง	6,567
อ.สุไหงโกลก	อ.สุไหงปาดี	6,323
อ.สุไหงปาดี	อ.สุไหงโกลก	15,714
อ.เมืองกระบี่	อ.เหนือคลอง	23,200
อ.เขาพนม	อ.เขาพนม	18,472
อ.คลองท่อม	อ.คลองท่อม	27,752
	อ.ลำทับ	9,109
อ.ปลายพระยา	อ.ปลายพระยา	15,372
อ.เหนือคลอง	อ.เมืองกระบี่	47,094

ตาราง ค.1 ปริมาณการไหลของขยะคอมพิวเตอร์จากแหล่งขยะคอมพิวเตอร์สู่ร้านรับซื้อของเก่า (ต่อ)

ศูนย์รวบรวม	แหล่งขยะคอมพิวเตอร์	ปริมาณ(กิโลกรัม)
อ.อ่าวลึก	อ.อ่าวลึก	23,102
	อ.ทับปุด	10,771
อ.เกาะลันตา	อ.เกาะลันตา	10,588
อ.เมืองปัตตานี	อ.ยะหริ่ง	22,761
	อ.หนองจิก	20,570
อ.โคกโพธิ์	อ.แม่ลาน	5,056
อ.ทุ่งยางแดง	อ.มายอ	15,585
อ.มายอ	อ.ทุ่งยางแดง	5,733
	อ.ยะรัง	23,936
อ.แม่ลาน	อ.เมืองยะลา	59,933
อ.ไม้แก่น	อ.สายบุรี	20,286
อ.ยะหริ่ง	อ.ปะนาเระ	14,492
อ.สายบุรี	อ.กะพ้อ	4,858
	อ.ไม้แก่น	4,023
อ.หนองจิก	อ.เมืองปัตตานี	50,692
	อ.โคกโพธิ์	25,116
อ.เมืองพัทลุง	กิ่ง อ.ศรีนครินทร์	8,376
อ.บางแก้ว	อ.ตะโหมด	8,813
อ.ป่าพะยอม	อ.ควนขนุน	27,257
กิ่งอ.ศรีนครินทร์	อ.เมืองพัทลุง	40,705
	อ.กงหรา	9,155
อ.เขาชัยสน	อ.เขาชัยสน	13,925
อ.ควนขนุน	อ.ป่าพะยอม	9,964
	อ.ศรีบรรพต	5,558
อ.ตะโหมด	อ.บางแก้ว	7,616
	อ.ป่าบอน	13,533
อ.ปากพะยูน	อ.ปากพะยูน	14,928
อ.เมืองชุมพร	อ.กระบุรี	21,218
อ.ท่าแซะ	อ.ปะทิว	14,348
อ.ปะทิว	อ.ท่าแซะ	23,387

ตาราง ค.1 ปริมาณการไหลของขยะคอมพิวเตอร์จากแหล่งขยะคอมพิวเตอร์สู่ร้านรับซื้อของเก่า (ต่อ)

ศูนย์รวบรวม	แหล่งขยะคอมพิวเตอร์	ปริมาณ(กิโลกรัม)
อ.ทุ่งตะโก	อ.สวี	22,904
	อ.หลังสวน	22,131
อ.พะโต๊ะ	อ.พะโต๊ะ	7,466
อ.สวี	อ.ทุ่งตะโก	7,255
อ.หลังสวน	อ.ละแม	8,619
อ.เมืองพังงา	อ.ตะกั่วทุ่ง	21,933
อ.กะปง	อ.กะปง	7,288
อ.คุระบุรี	อ.คุระบุรี	13,924
อ.ตะกั่วทุ่ง	อ.เมืองพังงา	22,068
อ.ตะกั่วป่า	อ.ตะกั่วป่า	27,249
อ.ท้ายเหมือง	อ.ท้ายเหมือง	26,925
อ.เมืองสตูล	อ.เมืองสตูล	21,256
อ.ควนกาหลง	อ.ควนโดน	4,136
อ.ควนโดน	อ.ควนกาหลง	6,226
อ.ท่าแพ	อ.ท่าแพ	4,723
อ.ทุ่งหว้า	อ.ทุ่งหว้า	3,914
อ.ละงู	อ.ละงู	12,307
กิ่ง อ.มะนัง	กิ่ง อ.มะนัง	2,922
อ.เมืองระนอง	อ.เมืองระนอง	46,638
กิ่ง อ.สุขสำราญ	กิ่ง อ.สุขสำราญ	3,457
อ.กระบุรี	อ.เมืองชุมพร	51,148
อ.กะเปอร์	อ.กะเปอร์	8,145
อ.ละอุ่น	อ.ละอุ่น	5,792
กิ่ง อ.กรงปีนัง	กิ่ง อ.กรงปีนัง	5,426
อ.ธารโต	อ.ธารโต	9,140
อ.บันนังสตา	อ.บันนังสตา	17,898
อ.เบตง	อ.เบตง	25,038
อ.ยะหา	อ.กาบัง	5,541
	อ.ยะหา	13,139
อ.รามัน	อ.รามัน	23,460

ตาราง ค.2 ปริมาณการไหลของพลาสติกจากร้านรับซื้อของเก่าสู่ศูนย์รวบรวม

ศูนย์รวบรวม	ร้านรับซื้อของเก่า	ปริมาณ (กิโลกรัม)
อ.หาดใหญ่	อ.เมืองสงขลา	22,429
	อ.คลองหอยโข่ง	2,661
	อ.ควนเนียง	7,959
	อ.จะนะ	9,307
	อ.นาทวี	6,379
	อ.นาหม่อม	50,366
	อ.บางกล่ำ	3,367
	อ.รัตภูมิ	3,694
	อ.สทิงพระ	5,451
	อ.สะเดา	13,725
	อ.สิงหนคร	8,386
	อ.หาดใหญ่	2,750
	อ.เมืองสตูล	4,889
	อ.ควนกาหลง	951
	อ.ควนโดน	1,432
อ.เมืองนคร	อ.กระแสสินธุ์	1,901
	อ.ระโนด	9,079
	อ.เมืองนคร	5,806
	กิ่ง อ.นบพิตำ	3,855
	อ.จุฬาภรณ์	11,253
	อ.เฉลิมพระเกียรติ	6,020
	อ.ชะอวด	3,980
	อ.เชียรใหญ่	4,330
	อ.ท่าศาลา	13,521
	อ.ทุ่งสง	3,543
	อ.นาบอน	26,061
	อ.บางขัน	5,128
	อ.ปากพนัง	14,081
	อ.พรหมคีรี	4,627
	อ.พระพรหม	56,168
	อ.หัวไทร	10,205

ตาราง ค.2 ปริมาณการไหลของพลาสติกจากร้านรับซื้อของเก่าสู่ศูนย์รวบรวม (ต่อ)

ศูนย์รวบรวม	ร้านรับซื้อของเก่า	ปริมาณ (กิโลกรัม)
อ.เมืองสุราษฎร์ธานี	อ.ขนอม	4,982
	อ.ฉวาง	2,629
	อ.ถ้ำพรรณรา	10,056
	อ.ทุ่งใหญ่	9,292
	อ.พิปูน	4,252
	อ.สิชล	11,338
	อ.เมืองสุราษฎร์ธานี	13,475
	อ.บ้านตาขุน	2,124
	กิ่ง อ.วิภาวดี	13,619
	อ.กาญจนดิษฐ์	29,869
	อ.เกาะสมุย	9,767
	อ.คีรีรัฐนิคม	5,336
	อ.ชัยบุรี	3,094
	อ.ดอนสัก	5,222
	อ.ท่าฉาง	6,471
	อ.บ้านนาเดิม	8,717
	อ.บ้านนาสาร	2,875
	อ.พนม	4,190
	อ.พระแสง	7,740
	อ.พุนพิน	1,766
	อ.เวียงสระ	7,698
	อ.เคียนซา	5,642
	อ.เกาะพงัน	2,729
อ.เมืองภูเก็ต	อ.เมืองภูเก็ต	40,905
	อ.กะทู้	65,736
อ.เมืองตรัง	อ.เมืองตรัง	3,373
	กิ่ง อ.หาดสำราญ	1,055
	อ.กันตัง	5,432
	อ.นาโยง	11,998
	อ.ปะเหลียน	2,847

ตาราง ค.2 ปริมาณการไหลของพลาสติกจากร้านรับซื้อของเก่าสู่ศูนย์รวบรวม (ต่อ)

ศูนย์รวบรวม	ร้านรับซื้อของเก่า	ปริมาณ (กิโลกรัม)
อ.เมืองตรัง	อ.ย่านตาขาว	5,385
	อ.รัษฎา	9,279
	อ.วังวิเศษ	3,309
	อ.สิเกา	6,259
	อ.ห้วยยอด	2,448
	อ.ท่าแพ	1,086
	อ.ทุ่งหว้า	900
	อ.ละงู	2,831
	กิ่ง อ.มะนัง	672
อ.เมืองนราธิวาส	อ.เมืองนราธิวาส	3,939
	อ.จะแนะ	916
	อ.ตากใบ	2,107
	อ.ยี่งอ	5,986
	อ.ระแงะ	1,104
	อ.รือเสาะ	2,090
	อ.แว้ง	1,037
	อ.ศรีสาคร	1,050
	อ.สุคิริน	1,510
	อ.สุไหงโกลก	1,454
	อ.สุไหงปาดี	3,614
	อ.ไม้แก่น	4,666
อ.เมืองกระบี่	อ.เมืองกระบี่	5,336
	อ.เขาพนม	4,249
	อ.คลองท่อม	8,478
	อ.ปลายพระยา	3,536
	อ.เหนือคลอง	10,832
	อ.อ่าวลึก	7,791
อ.เมืองปัตตานี	อ.เทพา	6,607
	อ.สะบ้าย้อย	5,854
	อ.เมืองปัตตานี	9,966

ตาราง ค.2 ปริมาณการไหลของพลาสติกจากร้านรับซื้อของเก่าสู่ศูนย์รวบรวม (ต่อ)

ศูนย์รวบรวม	ร้านรับซื้อของเก่า	ปริมาณ (กิโลกรัม)
อ.เมืองปัตตานี	อ.โคกโพธิ์	1,163
	อ.ทุ่งยางแดง	3,585
	อ.มายอ	6,824
	อ.แม่ลาน	13,785
	อ.ยะหริ่ง	3,333
	อ.สายบุรี	2,043
	อ.หนองจิก	17,436
	กิ่ง อ.กรงปินัง	1,248
	อ.กาบัง	1,274
	อ.ธารโต	2,102
	อ.บันนังสตา	4,117
	อ.เบตง	5,759
	อ.ยะหา	3,022
	อ.รามัน	5,396
อ.เมืองพัทลุง	อ.เมืองพัทลุง	1,926
	อ.บางแก้ว	2,027
	อ.ป่าพะยอม	6,269
	กิ่ง อ.ศรีนครินทร์	11,468
	อ.เขาชัยสน	3,203
	อ.ควนขนุน	3,570
	อ.ตะโหมด	4,864
	อ.ปากพะยูน	3,433
อ.เมืองชุมพร	อ.ไชยา	3,971
	อ.ท่าชนะ	7,186
	อ.เกาะสันตา	2,435
	อ.เมืองชุมพร	4,880
	อ.ท่าแซะ	3,300
	อ.ทุ่งตะโก	10,385
	อ.ปะทิว	5,379
	อ.พะโต๊ะ	1,717

ตาราง ค.2 ปริมาณการไหลของพลาสติกจากร้านรับซื้อของเก่าสู่ศูนย์รวบรวม (ต่อ)

ศูนย์รวบรวม	ร้านรับซื้อของเก่า	ปริมาณ (กิโลกรัม)
อ.เมืองชุมพร	อ.หลังสวน	1,982
	อ.สวี	1,669
	อ.กระบุรี	11,764
อ.ตะกั่วป่า	อ.เมืองพังงา	5,045
	อ.กะปง	1,676
	อ.คุระบุรี	3,203
	อ.ตะกั่วทุ่ง	5,076
	อ.ตะกั่วป่า	6,267
	อ.ท้ายเหมือง	6,193
อ.เมืองระนอง	อ.เมืองระนอง	10,727
	กิ่ง อ.สุขสำราญ	795
	อ.กะเปอร์	1,873
	อ.ละอุ่น	1,332

ตาราง ค.3 ปริมาณการไหลของเหล็กจากร้านรับซื้อของเก่าสู่ศูนย์รวบรวม

ศูนย์รวบรวม	ร้านรับซื้อของเก่า	ปริมาณ (กิโลกรัม)
อ.หาดใหญ่	อ.เมืองสงขลา	19,504
	อ.กระแสสินธุ์	1,653
	อ.คลองหอยโข่ง	2,314
	อ.ควนเนียง	6,921
	อ.จะนะ	8,093
	อ.นาทวี	5,547
	อ.นาหม่อม	43,797
	อ.บางกล่ำ	2,928
	อ.รัตภูมิ	3,212
	อ.สทิงพระ	4,740
	อ.สะเดา	11,935
	อ.สิงหนคร	7,292
	อ.หาดใหญ่	2,391

ตาราง ค.3 ปริมาณการไหลของเหล็กจากร้านรับซื้อของเก่าสู่ศูนย์รวบรวม (ต่อ)

ศูนย์รวบรวม	ร้านรับซื้อของเก่า	ปริมาณ (กิโลกรัม)
อ.หาดใหญ่	อ.เมืองสตูล	4,251
	อ.ควนกาหลง	827
	อ.ควนโดน	1,245
	อ.ท่าแพ	945
อ.เมืองนคร	อ.ระโนด	7,894
	อ.เมืองนคร	5,049
	กิ่ง อ.นบพิตำ	3,352
	อ.จุฬาภรณ์	9,786
	อ.ฉวาง	2,286
	อ.เฉลิมพระเกียรติ	5,235
	อ.เชียรใหญ่	3,766
	อ.ถ้ำพรรณรา	8,744
	อ.ท่าศาลา	11,757
	อ.ทุ่งสง	3,081
	อ.ทุ่งใหญ่	8,080
	อ.นาบอน	22,662
	อ.ปากพนัง	12,244
	อ.พรหมคีรี	4,024
	อ.พระพรหม	48,842
	อ.พิปูน	3,697
	อ.หัวไทร	8,874
อ.เมืองสุราษฎร์ธานี	อ.ขนอม	4,332
	อ.สิชล	9,859
	อ.เมืองสุราษฎร์ธานี	11,718
	อ.บ้านตาขุน	1,847
	กิ่ง อ.วิภาวดี	11,843
	อ.กาญจนดิษฐ์	25,974
	อ.เกาะสมุย	8,493
	อ.คีรีรัฐนิคม	4,640
	อ.ไชยา	3,453

ตาราง ค.3 ปริมาณการไหลของเหล็กจากร้านรับซื้อของเก่าสู่ศูนย์รวบรวม (ต่อ)

ศูนย์รวบรวม	ร้านรับซื้อของเก่า	ปริมาณ (กิโลกรัม)
อ.เมืองสุราษฎร์ธานี	อ.ท่าชนะ	6,248
	อ.ดอนสัก	4,541
	อ.ท่าฉาง	5,627
	อ.บ้านนาเดิม	7,580
	อ.บ้านนาสาร	2,500
	อ.พระแสง	6,730
	อ.พุนพิน	1,535
	อ.เวียงสระ	6,699
	อ.เคียนซา	4,906
	อ.เกาะพงัน	2,373
อ.เมืองภูเก็ต	อ.เมืองภูเก็ต	35,569
	อ.กะทู้	57,161
อ.เมืองตรัง	อ.บางขัน	4,459
	อ.เมืองตรัง	2,933
	กิ่ง อ.หาดสำราญ	917
	อ.กันตัง	4,723
	อ.นาโยง	10,433
	อ.ปะเหลียน	2,476
	อ.ย่านตาขาว	4,682
	อ.รัษฎา	8,069
	อ.วังวิเศษ	2,878
	อ.สิเกา	5,443
	อ.ห้วยยอด	2,129
	อ.ทุ่งหว้า	783
	อ.ละงู	2,461
	กิ่ง อ.มะนัง	584
อ.เมืองนราธิวาส	อ.เมืองนราธิวาส	3,425
	อ.จะแนะ	796
	อ.ตากใบ	1,832
	อ.ยี่งอ	5,206

ตาราง ค.3 ปริมาณการไหลของเหล็กจากร้านรับซื้อของเก่าสู่ศูนย์รวบรวม (ต่อ)

ศูนย์รวบรวม	ร้านรับซื้อของเก่า	ปริมาณ (กิโลกรัม)
อ.เมืองนราธิวาส	อ.ระแงะ	960
	อ.รือเสาะ	1,817
	อ.แว้ง	902
	อ.ศรีสาคร	913
	อ.สุคิริน	1,313
	อ.สุไหงโกลก	1,265
	อ.สุไหงปาดี	3,143
	อ.ไม้แก่น	4,057
	อ.สายบุรี	1,776
	อ.รามัน	4,692
อ.เมืองกระบี่	ชัยบุรี	2,690
	อ.เมืองกระบี่	4,640
	อ.เขาพนม	3,694
	อ.คลองท่อม	7,372
	อ.ปลายพระยา	3,074
	อ.เหนือคลอง	9,419
	อ.อ่าวลึก	6,775
	อ.เกาะลันตา	2,118
อ.เมืองปัตตานี	อ.เทพา	5,745
	อ.สะบ้าย้อย	5,090
	อ.เมืองปัตตานี	8,666
	อ.โคกโพธิ์	1,011
	อ.ทุ่งยางแดง	3,117
	อ.มายอ	5,933
	อ.แม่ลาน	11,987
	อ.ยะหริ่ง	2,898
	อ.หนองจิก	15,162
	กิ่ง อ.กรงปินัง	1,085
	อ.ธารโต	1,828
	อ.บันนังสตา	3,580

ตาราง ค.3 ปริมาณการไหลของเหล็กจากร้านรับซื้อของเก่าสู่ศูนย์รวบรวม (ต่อ)

ศูนย์รวบรวม	ร้านรับซื้อของเก่า	ปริมาณ (กิโลกรัม)
อ.เมืองปัตตานี	อ.กาบัง	1,108
	อ.เบตง	5,008
	อ.ยะหา	2,628
อ.เมืองพัทลุง	อ.ชะอวด	3,461
	อ.เมืองพัทลุง	1,675
	อ.บางแก้ว	1,763
	อ.ป่าพะยอม	5,451
	กิ่ง อ.ศรีนครินทร์	9,972
	อ.เขาชัยสน	2,785
	อ.ควนขนุน	3,104
	อ.ตะโหมด	4,230
	อ.ปากพะยูน	2,986
อ.เมืองชุมพร	อ.เมืองชุมพร	4,244
	อ.ท่าแซะ	2,870
	อ.ทุ่งตะโก	9,007
	อ.ปะทิว	4,677
	อ.สวี	1,451
	อ.หลังสวน	1,724
	อ.กระบุรี	10,230
อ.ตะกั่วป่า	อ.พนม	3,643
	อ.เมืองพังงา	4,387
	อ.กะปง	1,458
	อ.คุระบุรี	2,785
	อ.ตะกั่วทุ่ง	4,414
	อ.ตะกั่วป่า	5,450
	อ.ท้ายเหมือง	5,385
อ.เมืองระนอง	อ.พะโต๊ะ	1,493
	อ.เมืองระนอง	9,328
	กิ่ง อ.สุขสำราญ	691
	อ.กะเปอร์	1,629
	อ.ละอุ่น	1,158

ตาราง ค.4 ปริมาณการไหลของทองแดงจากร้านรับซื้อของเก่าสู่ศูนย์รวบรวม

ศูนย์รวบรวม	ร้านรับซื้อของเก่า	ปริมาณ (กิโลกรัม)
อ.หาดใหญ่	อ.เมืองสงขลา	6,826
	อ.กระแสสินธุ์	579
	อ.คลองหอยโข่ง	810
	อ.ควนเนียง	2,422
	อ.จะนะ	2,833
	อ.นาทวี	1,941
	อ.นาหม่อม	15,329
	อ.บางกล่ำ	1,025
	อ.รัตภูมิ	1,124
	อ.สทิงพระ	1,659
	อ.สะเดา	4,177
	อ.สิงหนคร	2,552
	อ.หาดใหญ่	837
	อ.เมืองสตูล	1,488
	อ.ควนกาหลง	290
	อ.ควนโดน	436
	อ.ท่าแพ	331
อ.เมืองนคร	อ.ระโนด	2,763
	อ.เมืองนคร	1,767
	กิ่ง อ.นบพิตำ	1,173
	อ.จุฬาภรณ์	3,425
อ.เมืองนคร	อ.ฉวาง	800
	อ.เฉลิมพระเกียรติ	1,832
	อ.เชียรใหญ่	1,318
	อ.ถ้ำพรรณรา	3,061
	อ.ท่าศาลา	4,115
	อ.ทุ่งสง	1,078
	อ.ทุ่งใหญ่	2,828
	อ.นาบอน	7,932
	อ.ปากพนัง	4,285
	อ.พรหมคีรี	1,408

ตาราง ค.4 ปริมาณการไหลของทองแดงจากร้านรับซื้อของเก่าสู่ศูนย์รวบรวม (ต่อ)

ศูนย์รวบรวม	ร้านรับซื้อของเก่า	ปริมาณ (กิโลกรัม)
อ.เมืองนคร	อ.พระพรหม	17,095
	อ.พิปูน	1,294
	อ.หัวไทร	3,106
อ.เมืองสุราษฎร์ธานี	อ.ขนอม	1,516
	อ.สิชล	3,451
	อ.เมืองสุราษฎร์ธานี	4,101
	อ.บ้านตาขุน	647
	กิ่ง อ.วิภาวดี	4,145
	อ.กาญจนดิษฐ์	9,091
	อ.เกาะสมุย	2,973
	อ.คีรีรัฐนิคม	1,624
	อ.ไชยา	1,209
	อ.ดอนสัก	1,589
	อ.ท่าฉาง	1,969
	อ.ท่าชนะ	2,187
	อ.บ้านนาเดิม	2,653
	อ.บ้านนาสาร	875
	อ.พระแสง	2,356
อ.เมืองสุราษฎร์ธานี	อ.พุนพิน	537
	อ.เวียงสระ	2,343
	อ.เคียนซา	1,717
	อ.เกาะพงัน	831
อ.เมืองภูเก็ต	อ.เมืองภูเก็ต	12,449
	อ.กะทู้	20,006
อ.เมืองตรัง	อ.บางขัน	1,561
	อ.เมืองตรัง	1,026
	กิ่ง อ.หาดสำราญ	321
	อ.กันตัง	1,653
	อ.นาโยง	3,652
	อ.ปะเหลียน	867

ตาราง ค.4 ปริมาณการไหลของทองแดงจากร้านรับซื้อของเก่าสู่ศูนย์รวบรวม (ต่อ)

ศูนย์รวบรวม	ร้านรับซื้อของเก่า	ปริมาณ (กิโลกรัม)
	อ.ย่านตาขาว	1,639
	อ.รัษฎา	2,824
	อ.วังวิเศษ	1,007
	อ.สิเกา	1,905
	อ.ห้วยยอด	745
	อ.ทุ่งหว้า	274
	อ.ละงู	861
	กิ่ง อ.มะนัง	205
อ.เมืองนราธิวาส	อ.เมืองนราธิวาส	1,199
	อ.จะแนะ	279
	อ.ตากใบ	641
	อ.ยี่งอ	1,822
	อ.ระแงะ	336
	อ.รือเสาะ	636
	อ.แว้ง	316
	อ.ศรีสาคร	320
	อ.สุคิริน	460
	อ.สุไหงโกลก	443
	อ.สุไหงปาดี	1,100
	อ.ไม้แก่น	1,420
	อ.สายบุรี	622
อ.เมืองกระบี่	อ.รามัน	942
	อ.ชัยบุรี	1,624
	อ.เมืองกระบี่	1,293
	อ.เขาพนม	2,580
	อ.คลองท่อม	1,076
	อ.ปลายพระยา	3,297
	อ.เหนือคลอง	2,371
	อ.อ่าวลึก	741

ตาราง ค.4 ปริมาณการไหลของทองแดงจากร้านรับซื้อของเก่าสู่ศูนย์รวบรวม (ต่อ)

ศูนย์รวบรวม	ร้านรับซื้อของเก่า	ปริมาณ (กิโลกรัม)
อ.เมืองปัตตานี	อ.เกาะลันตา	2,011
	อ.เทพา	1,782
	อ.สะบ้าย้อย	3,033
	อ.เมืองปัตตานี	354
	อ.โคกโพธิ์	1,091
	อ.ทุ่งยางแดง	2,077
	อ.มายอ	4,195
	อ.แม่ลาน	1,014
	อ.ยะหริ่ง	5,307
	อ.หนองจิก	380
	กิ่ง อ.กรงปินัง	388
	อ.กาบัง	640
	อ.ธารโต	1,253
	อ.บันนังสตา	1,753
	อ.เบตง	920
อ.เมืองปัตตานี	อ.ยะหา	1,642
อ.เมืองพัทลุง	อ.ชะอวด	1,211
	อ.เมืองพัทลุง	586
	อ.บางแก้ว	617
	อ.ป่าพะยอม	1,908
	กิ่ง อ.ศรีนครินทร์	3,490
	อ.เขาชัยสน	975
	อ.ควนขนุน	1,087
	อ.ตะโหมด	1,480
	อ.ปากพะยูน	1,045
อ.เมืองชุมพร	อ.เมืองชุมพร	1,485
	อ.ท่าแซะ	1,004
	อ.ทุ่งตะโก	3,152
	อ.ปะทิว	1,637
	อ.สวี	508

ตาราง ค.4 ปริมาณการไหลของทองแดงจากร้านรับซื้อของเก่าสู่ศูนย์รวบรวม (ต่อ)

ศูนย์รวบรวม	ร้านรับซื้อของเก่า	ปริมาณ (กิโลกรัม)
อ.เมืองชุมพร	อ.หลังสวน	603
	อ.กระบุรี	3,580
อ.ตะกั่วป่า	อ.พนม	1,275
	อ.เมืองพังงา	1,535
	อ.กะปง	510
	อ.คุระบุรี	975
	อ.ตะกั่วทุ่ง	1,545
	อ.ตะกั่วป่า	1,907
	อ.ท้ายเหมือง	1,885
อ.เมืองระนอง	อ.พะโต๊ะ	523
	อ.เมืองระนอง	3,265
	กิ่ง อ.สุขสำราญ	242
	อ.กะเปอร์	570
	อ.ละอุ่น	405

ตาราง ค.5 ปริมาณการไหลอลูมิเนียมจากร้านรับซื้อของเก่าสู่ศูนย์รวบรวม

ศูนย์รวบรวม	ร้านรับซื้อของเก่า	ปริมาณ (กิโลกรัม)
อ.หาดใหญ่	อ.เมืองสงขลา	13,653
	อ.กระแสสินธุ์	1,157
	อ.คลองหอยโข่ง	1,620
	อ.ควนเนียง	4,845
	อ.จะนะ	5,665
	อ.นาทวี	3,883
	อ.นาหม่อม	30,658
	อ.บางกล่ำ	2,049
	อ.รัตภูมิ	2,249
	อ.สทิงพระ	3,318
	อ.สะเดา	8,354
	อ.สิงหนคร	5,105

ตาราง ค.5 ปริมาณการไหลอลูมิเนียมจากร้านรับซื้อของเก่าสู่ศูนย์รวบรวม (ต่อ)

ศูนย์รวบรวม	ร้านรับซื้อของเก่า	ปริมาณ (กิโลกรัม)
อ.หาดใหญ่	อ.หาดใหญ่	1,674
	อ.เมืองสตูล	3,976
	อ.ควนกาหลง	579
	อ.ควนโดน	872
	อ.ท่าแพ	661
อ.เมืองนคร	อ.ระโนด	5,526
	อ.เมืองนคร	3,534
	กิ่ง อ.นบพิตำ	2,346
	อ.จุฬาภรณ์	6,850
อ.เมืองนคร	อ.ฉวาง	1,600
	อ.เฉลิมพระเกียรติ	3,664
	อ.เชียรใหญ่	2,636
	อ.ถ้ำพรรณรา	6,121
	อ.ท่าศาลา	8,230
	อ.ทุ่งสง	2,157
	อ.ทุ่งใหญ่	5,656
	อ.นาบอน	15,863
	อ.ปากพนัง	8,571
	อ.พรหมคีรี	2,817
	อ.พระพรหม	34,189
	อ.พิปูน	2,588
	อ.หัวไทร	6,212
อ.เมืองสุราษฎร์ธานี	อ.ขนอม	3,033
	อ.สิชล	6,902
	อ.เมืองสุราษฎร์ธานี	8,202
	อ.บ้านตาขุน	1,293
	กิ่ง อ.วิภาวดี	8,290
	อ.กาญจนดิษฐ์	18,181
	อ.เกาะสมุย	5,945
	อ.คีรีรัฐนิคม	3,248

ตาราง ค.5 ปริมาณการไหลอลูมิเนียมจากร้านรับซื้อของเก่าสู่ศูนย์รวบรวม (ต่อ)

ศูนย์รวบรวม	ร้านรับซื้อของเก่า	ปริมาณ (กิโลกรัม)
	อ.ไชยา	2,417
	อ.ดอนสัก	3,179
	อ.ท่าฉาง	3,939
	อ.ท่าชนะ	4,374
	อ.บ้านนาเดิม	5,306
	อ.บ้านนาสาร	1,750
	อ.พระแสง	4,711
อ.เมืองสุราษฎร์ธานี	อ.พุนพิน	1,075
	อ.เวียงสระ	4,686
	อ.เคียนซา	3,434
	อ.เกาะพงัน	1,661
อ.เมืองภูเก็ต	อ.เมืองภูเก็ต	24,899
	อ.กะทู้	40,013
อ.เมืองตรัง	อ.บางขัน	3,121
	อ.เมืองตรัง	2,053
	กิ่ง อ.หาดสำราญ	642
	อ.กันตัง	3,306
	อ.นาโยง	7,303
	อ.ปะเหลียน	1,733
	อ.ย่านตาขาว	3,278
	อ.รัษฎา	5,648
	อ.วังวิเศษ	2,014
	อ.สิเกา	3,810
	อ.ห้วยยอด	1,490
	อ.ทุ่งหว้า	548
	อ.ละงู	1,723
	กิ่ง อ.มะนัง	409
อ.เมืองนราธิวาส	อ.เมืองนราธิวาส	2,398
	อ.จะแนะ	557
	อ.ตากใบ	1,283

ตาราง ค.5 ปริมาณการไหลอลูมิเนียมจากร้านรับซื้อของเก่าสู่ศูนย์รวบรวม (ต่อ)

ศูนย์รวบรวม	ร้านรับซื้อของเก่า	ปริมาณ (กิโลกรัม)
อ.เมืองนราธิวาส	อ.ยี่งอ	3,644
	อ.ระแงะ	672
	อ.รือเสาะ	1,272
	อ.แว้ง	631
	อ.ศรีสาคร	639
	อ.สุคิริน	919
	อ.สุไหงโกลก	885
	อ.สุไหงปาดี	2,200
	อ.ไม้แก่น	2,840
	อ.สายบุรี	1,243
	อ.รามัน	3,284
อ.เมืองกระบี่	อ.ชัยบุรี	1,883
	อ.เมืองกระบี่	3,248
	อ.เขาพนม	2,586
	อ.คลองท่อม	5,161
	อ.ปลายพระยา	2,152
	อ.เหนือคลอง	6,593
	อ.อ่าวลึก	4,742
	อ.เกาะลันตา	1,482
อ.เมืองปัตตานี	อ.เทพา	4,021
	อ.สะบ้าย้อย	3,563
	อ.เมืองปัตตานี	6,066
	อ.โคกโพธิ์	708
	อ.ทุ่งยางแดง	2,182
	อ.มายอ	4,154
	อ.แม่ลาน	8,391
	อ.ยะหริ่ง	2,029
	อ.หนองจิก	10,613
	กิ่ง อ.กรงปินัง	760
	อ.กาบัง	776

ตาราง ค.5 ปริมาณการไหลอลูมิเนียมจากร้านรับซื้อของเก่าสู่ศูนย์รวบรวม (ต่อ)

ศูนย์รวบรวม	ร้านรับซื้อของเก่า	ปริมาณ (กิโลกรัม)
อ.เมืองปัตตานี	อ.ธารโต	1,280
	อ.บันนังสตา	2,506
	อ.เบตง	3,505
	อ.ยะหา	1,839
อ.เมืองพัทลุง	อ.ชะอวด	2,423
	อ.เมืองพัทลุง	1,173
	อ.บางแก้ว	1,234
	อ.ป่าพะยอม	3,816
	กิ่ง อ.ศรีนครินทร์	6,980
	อ.เขาชัยสน	1,950
	อ.ควนขนุน	2,173
	อ.ตะโหมด	2,961
	อ.ปากพะยูน	2,090
อ.เมืองชุมพร	อ.เมืองชุมพร	2,971
	อ.ท่าแซะ	2,009
	อ.ทุ่งตะโก	6,305
	อ.ปะทิว	3,274
	อ.สวี	1,016
	อ.หลังสวน	1,207
	อ.กระบุรี	7,161
อ.ตะกั่วป่า	อ.พนม	2,550
	อ.เมืองพังงา	3,071
	อ.กะปง	1,020
	อ.คุระบุรี	1,949
	อ.ตะกั่วทุ่ง	3,090
	อ.ตะกั่วป่า	3,815
	อ.ท้ายเหมือง	3,770
อ.เมืองระนอง	อ.พะโต๊ะ	1,045
	อ.เมืองระนอง	6,529
	กิ่ง อ.สุขสำราญ	484

ตาราง ค.5 ปริมาณการไหลอลูมิเนียมจากร้านรับซื้อของเก่าสู่ศูนย์รวบรวม (ต่อ)

ศูนย์รวบรวม	ร้านรับซื้อของเก่า	ปริมาณ (กิโลกรัม)
อ.เมืองระนอง	อ.กะเปอร์	1,140
	อ.ละอุ่น	811

ตาราง ค.6 ปริมาณการไหลของตะกั่วจากร้านรับซื้อของเก่าสู่ศูนย์รวบรวม

ศูนย์รวบรวม	ร้านรับซื้อของเก่า	ปริมาณ (กิโลกรัม)
อ.หาดใหญ่	อ.เมืองสงขลา	5,851
	อ.กระแสสินธุ์	496
	อ.คลองหอยโข่ง	394
	อ.ควนเนียง	2,076
	อ.จะนะ	2,428
	อ.นาทวี	1,664
	อ.นาหม่อม	13,139
	อ.บางกล่ำ	878
	อ.รัตภูมิ	964
	อ.สทิงพระ	1,422
	อ.สะเดา	3,580
	อ.สิงหนคร	2,188
	อ.หาดใหญ่	717
	อ.เมืองสตูล	1,275
	อ.ควนกาหลง	248
	อ.ควนโดน	374
	อ.ท่าแพ	283
อ.เมืองนคร	อ.ระโนด	2,368
	อ.เมืองนคร	1,515
	กิ่ง อ.นบพิตำ	1,006
	อ.จุฬาภรณ์	2,936
	อ.ฉวาง	686
	อ.เฉลิมพระเกียรติ	1,570
	อ.เชียรใหญ่	1,130
	อ.ถ้ำพรรณรา	2,623

ตาราง ค.6 ปริมาณการไหลของตะกั่วจากร้านรับซื้อของเก่าสู่ศูนย์รวบรวม (ต่อ)

ศูนย์รวบรวม	ร้านรับซื้อของเก่า	ปริมาณ (กิโลกรัม)
อ.เมืองนคร	อ.ท่าศาลา	3,527
	อ.ทุ่งสง	924
	อ.ทุ่งใหญ่	2,424
	อ.นาบอน	6,799
	อ.ปากพนัง	3,673
	อ.พรหมคีรี	1,207
	อ.พระพรหม	14,653
	อ.พิปูน	1,109
	อ.หัวไทร	2,662
อ.เมืองสุราษฎร์ธานี	อ.ขนอม	1,300
	อ.สิชล	2,958
	อ.เมืองสุราษฎร์ธานี	3,515
	อ.บ้านตาขุน	554
	กิ่งอ.วิภาวดี	3,553
	อ.กาญจนดิษฐ์	7,792
	อ.เกาะสมุย	2,548
	อ.คีรีรัฐนิคม	1,392
	อ.ไชยา	1,036
	อ.ดอนสัก	1,362
	อ.ท่าฉาง	1,688
	อ.ท่าชนะ	1,875
	อ.บ้านนาเดิม	2,274
	อ.บ้านนาสาร	750
	อ.พระแสง	2,019
	อ.พุนพิน	461
	อ.เวียงสระ	2,008
	อ.เคียนซา	1,472
	อ.เกาะพงัน	712
อ.เมืองภูเก็ต	อ.เมืองภูเก็ต	10,671
	อ.กะทู้	17,148

ตาราง ค.6 ปริมาณการไหลของตะกั่วจากร้านรับซื้อของเก่าสู่ศูนย์รวบรวม (ต่อ)

ศูนย์รวบรวม	ร้านรับซื้อของเก่า	ปริมาณ (กิโลกรัม)
อ.เมืองตรัง	อ.บางขัน	1,338
	อ.เมืองตรัง	880
	กิ่งอ.หาดสำราญ	275
	อ.กันตัง	1,417
	อ.นาโยง	3,130
	อ.ปะเหลียน	743
	อ.ย่านตาขาว	1,405
	อ.รัษฎา	2,421
	อ.วังวิเศษ	863
	อ.สิเกา	1,633
	อ.ห้วยยอด	639
	อ.ทุ่งหว้า	235
	อ.ละงู	738
	กิ่ง อ.มะนัง	175
อ.เมืองนราธิวาส	อ.เมืองนราธิวาส	1,028
	อ.จะแนะ	284
	อ.ตากใบ	550
	อ.ยี่งอ	1,562
	อ.ระแงะ	288
	อ.รือเสาะ	545
	อ.แว้ง	271
	อ.ศรีสาคร	274
	อ.สุคิริน	394
	อ.สุไหงโกลก	379
	อ.สุไหงปาดี	943
	อ.ไม้แก่น	1,217
	อ.สายบุรี	533
อ.เมืองกระบี่	อ.ชัยบุรี	807
	อ.เมืองกระบี่	1,392
	อ.เขาพนม	1,108
	อ.คลองท่อม	2,212

ตาราง ค.6 ปริมาณการไหลของตะกั่วจากร้านรับซื้อของเก่าสู่ศูนย์รวบรวม (ต่อ)

ศูนย์รวบรวม	ร้านรับซื้อของเก่า	ปริมาณ (กิโลกรัม)
	อ.ปลายพระยา	922
	อ.เหนือคลอง	2,826
	อ.อ่าวลึก	2,032
	อ.เกาะลันตา	635
อ.เมืองปัตตานี	อ.เทพา	1,723
	อ.สะบ้าย้อย	1,527
	อ.เมืองปัตตานี	2,600
	อ.โคกโพธิ์	303
	อ.ทุ่งยางแดง	935
	อ.มายอ	1,780
	อ.แม่ลาน	3,596
	อ.ยะหริ่ง	870
	อ.หนองจิก	4,548
	กิ่ง อ.กรงปินัง	326
	อ.กาบัง	332
	อ.ธารโต	548
	อ.บันนังสตา	1,074
	อ.เบตง	1,502
	อ.ยะหา	788
	อ.รามัน	1,408
อ.เมืองพัทลุง	อ.ชะอวด	1,038
	อ.เมืองพัทลุง	503
	อ.บางแก้ว	529
	อ.ป่าพะยอม	1,635
	กิ่ง อ.ศรีนครินทร์	2,992
	อ.เขาชัยสน	836
	อ.ควนขนุน	931
	อ.ตะโหมด	1,269
	อ.ปากพะยูน	896

ตาราง ค.6 ปริมาณการไหลของตะกั่วจากร้านรับซื้อของเก่าสู่ศูนย์รวบรวม (ต่อ)

ศูนย์รวบรวม	ร้านรับซื้อของเก่า	ปริมาณ (กิโลกรัม)
อ.เมืองชุมพร	อ.เมืองชุมพร	1,273
	อ.ท่าแซะ	861
	อ.ทุ่งตะโก	2,702
	อ.ปะทิว	1,403
	อ.สวี	435
	อ.หลังสวน	517
	อ.กระบุรี	3,069
อ.ตะกั่วป่า	อ.พนม	1,093
	อ.เมืองพังงา	1,316
	อ.กะปง	437
	อ.คุระบุรี	835
	อ.ตะกั่วทุ่ง	1,324
	อ.ตะกั่วป่า	1,635
	อ.ท้ายเหมือง	1,616
อ.เมืองระนอง	อ.พะโต๊ะ	448
	อ.เมืองระนอง	2,798
	กิ่ง อ.สุขสำราญ	207
	อ.กะเปอร์	489
	อ.ละอุ่น	348

ตาราง ค.7 ปริมาณการไหลของชิ้นส่วนอื่นๆ (ขยะ) จากร้านรับซื้อของเก่าสู่ศูนย์รวบรวม

ศูนย์รวบรวม	เทศบาล	ปริมาณ (กิโลกรัม)
อ.เมืองสงขลา	อ.เมืองสงขลา	29,255
อ.กระแสสินธุ์	อ.กระแสสินธุ์	2,480
อ.คลองหอยโข่ง	อ.คลองหอยโข่ง	3,471
อ.ควนเนียง	อ.รัตภูมิ	4,819
อ.จะนะ	อ.จะนะ	12,140
อ.เทพา	อ.เทพา	8,617
อ.นาทวี	อ.นาทวี	8,321

ตาราง ค.7 ปริมาณการไหลของชิ้นส่วนอื่นๆ (ขยะ) จากร้านรับซื้อของเก่าสู่ศูนย์รวบรวม (ต่อ)

ศูนย์รวบรวม	เทศบาล	ปริมาณ (กิโลกรัม)
อ.นาหม่อม	อ.หาดใหญ่	3,587
อ.บางกล่ำ	อ.บางกล่ำ	4,392
อ.ระโนด	อ.ระโนด	11,842
อ.รัตภูมิ	อ.ควนเนียง	10,382
อ.สทิงพระ	อ.สทิงพระ	7,110
อ.สะเดา	อ.สะเดา	17,902
อ.สะบ้าย้อย	อ.สะบ้าย้อย	7,635
อ.สิงหนคร	อ.สิงหนคร	10,938
อ.หาดใหญ่	อ.นาหม่อม	65,695
อ.เมืองนคร	อ.พระพรหม	73,263
กิ่ง อ.นบพิตำ	กิ่ง อ.นบพิตำ	5,028
อ.ขนอม	อ.ขนอม	6,499
อ.จุฬาภรณ์	อ.ชะอวด	5,192
อ.ฉวาง	อ.ถ้ำพรรณรา	13,117
อ.เฉลิมพระเกียรติ	อ.เชียรใหญ่	5,648
อ.เชียรใหญ่	อ.จุฬาภรณ์	14,678
อ.ถ้ำพรรณรา	อ.เฉลิมพระเกียรติ	7,852
อ.ถ้ำพรรณรา	อ.ฉวาง	3,429
อ.ท่าศาลา	อ.ท่าศาลา	17,636
อ.ทุ่งสง	อ.นาบอน	33,993
อ.ทุ่งใหญ่	อ.ทุ่งใหญ่	12,121
อ.นาบอน	อ.ทุ่งสง	4,621
อ.บางขัน	อ.บางขัน	6,689
อ.ปากพนัง	อ.ปากพนัง	18,366
อ.พรหมคีรี	อ.พรหมคีรี	6,036
อ.พระพรหม	อ.เมืองนคร	7,574
อ.พิปูน	อ.พิปูน	5,546
อ.หัวไทร	อ.สิชล	14,789
อ.ขนอม	อ.หัวไทร	13,310
อ.สิชล	อ.กาญจนดิษฐ์	38,960

ตาราง ค.7 ปริมาณการไหลของชิ้นส่วนอื่นๆ (ขยะ) จากร้านรับซื้อของเก่าสู่ศูนย์รวบรวม (ต่อ)

ศูนย์รวบรวม	เทศบาล	ปริมาณ (กิโลกรัม)
อ.เมืองสุราษฎร์ธานี	อ.บ้านตาขุน	2,771
อ.บ้านตาขุน	อ.พุนพิน	2,303
กิ่งอ.วิภาวดี	อ.เมืองสุราษฎร์ธานี	17,576
อ.เกาะสมุย	อ.เกาะสมุย	12,740
อ.คีรีรัฐนิคม	กิ่งอ.วิภาวดี	17,764
อ.ชัยบุรี	อ.คีรีรัฐนิคม	6,961
อ.ไชยา	อ.ชัยบุรี	4,035
อ.ดอนสัก	อ.ท่าฉาง	8,440
อ.ท่าฉาง	ดอนสัก	6,812
อ.ท่าชนะ	ไชยา	5,180
อ.บ้านนาเดิม	อ.ท่าชนะ	9,373
อ.บ้านนาสาร	อ.บ้านนาเดิม	11,370
อ.พนม	อ.บ้านนาสาร	3,749
อ.พระแสง	อ.พนม	5,465
อ.พุนพิน	อ.เวียงสระ	10,041
อ.เวียงสระ	อ.พระแสง	10,096
อ.เคียนซา	อ.เคียนซา	7,359
อ.เกาะพงัน	อ.เกาะพงัน	3,560
อ.เมืองภูเก็ต	อ.กะทู้	85,742
อ.กะทู้	อ.เมืองภูเก็ต	53,354
อ.เมืองตรัง	อ.นาโยง	15,650
กิ่ง อ.หาดสำราญ	กิ่ง อ.หาดสำราญ	1,376
อ.กันตัง	อ.กันตัง	7,085
อ.นาโยง	อ.เมืองตรัง	4,399
อ.ปะเหลียน	อ.ปะเหลียน	3,714
อ.ย่านตาขาว	อ.ย่านตาขาว	7,023
อ.รัษฎา	อ.ห้วยยอด	3,194
อ.วังวิเศษ	อ.วังวิเศษ	4,316
อ.สิเกา	อ.สิเกา	8,165
อ.ห้วยยอด	อ.รัษฎา	12,103

ตาราง ค.7 ปริมาณการไหลของชิ้นส่วนอื่นๆ (ขยะ) จากร้านรับซื้อของเก่าสู่ศูนย์รวบรวม (ต่อ)

ศูนย์รวบรวม	เทศบาล	ปริมาณ (กิโลกรัม)
อ.เมืองนราธิวาส	อ.ยี่งอ	7,808
อ.จะแนะ	อ.ระแงะ	1,441
อ.ตากใบ	อ.จะแนะ	1,194
อ.ยี่งอ	อ.ตากใบ	2,748
อ.ระแงะ	อ.เมืองนราธิวาส	5,138
อ.รือเสาะ	อ.รือเสาะ	2,726
อ.แว้ง	อ.สุคิริน	1,970
อ.ศรีสาคร	อ.ศรีสาคร	1,370
อ.สุคิริน	อ.แว้ง	1,353
อ.สุไหงโกลก	อ.สุไหงปาดี	4,714
อ.สุไหงปาดี	อ.สุไหงโกลก	1,897
อ.เมืองกระบี่	อ.เหนือคลอง	14,128
อ.เขาพนม	อ.เขาพนม	5,542
อ.คลองท่อม	อ.คลองท่อม	11,058
อ.ปลายพระยา	อ.ปลายพระยา	4,612
อ.เหนือคลอง	อ.เมืองกระบี่	6,960
อ.อ่าวลึก	อ.อ่าวลึก	10,162
อ.เกาะลันตา	อ.เกาะลันตา	3,176
อ.เมืองปัตตานี	อ.ยะหริ่ง	4,348
อ.โคกโพธิ์	อ.หนองจิก	22,742
อ.ทุ่งยางแดง	อ.แม่ลาน	17,980
อ.มายอ	อ.มายอ	8,901
อ.แม่ลาน	อ.ทุ่งยางแดง	4,676
อ.ไม้แก่น	อ.สายบุรี	2,664
อ.ยะหริ่ง	อ.ไม้แก่น	6,086
อ.สายบุรี	อ.เมืองปัตตานี	12,999
อ.หนองจิก	อ.โคกโพธิ์	1,517
อ.เมืองพัทลุง	กิ่ง อ.ศรีนครินทร์	14,958
อ.บางแก้ว	อ.ตะโหมด	6,345
อ.ป่าพะยอม	ควนขนุน	4,657

ตาราง ค.7 ปริมาณการไหลของชิ้นส่วนอื่นๆ (ขยะ) จากร้านรับซื้อของเก่าสู่ศูนย์รวบรวม (ต่อ)

ศูนย์รวบรวม	เทศบาล	ปริมาณ (กิโลกรัม)
กิ่ง อ.ศรีนครินทร์	อ.เมืองพัทลุง	2,513
อ.เขาชัยสน	อ.เขาชัยสน	4,178
อ.ควนขนุน	อ.ป่าพะยอม	8,177
อ.ตะโหมด	อ.บางแก้ว	2,644
อ.ปากพะยูน	อ.ปากพะยูน	4,478
อ.เมืองชุมพร	อ.กระบุรี	15,344
อ.ท่าแซะ	อ.ปะทิว	7,016
อ.ทุ่งตะโก	อ.สวี	2,177
	อ.หลังสวน	2,586
อ.ปะทิว	อ.ท่าแซะ	4,304
อ.พะโต๊ะ	อ.พะโต๊ะ	2,240
อ.หลังสวน	อ.ทุ่งตะโก	13,511
อ.เมืองพังงา	อ.ตะกั่วทุ่ง	6,620
อ.กะปง	อ.กะปง	2,186
อ.คุระบุรี	อ.คุระบุรี	4,177
อ.ตะกั่วทุ่ง	อ.เมืองพังงา	6,580
อ.ตะกั่วป่า	อ.ตะกั่วป่า	8,175
อ.ท้ายเหมือง	อ.ท้ายเหมือง	8,078
อ.เมืองสตูล	อ.เมืองสตูล	6,377
อ.ควนกาหลง	อ.ควนโดน	1,868
อ.ควนโดน	อ.ควนกาหลง	1,241
อ.ท่าแพ	อ.ท่าแพ	1,417
อ.ทุ่งหว้า	อ.ทุ่งหว้า	1,174
อ.ละงู	อ.ละงู	3,692
กิ่ง อ.มะนัง	กิ่ง อ.มะนัง	877
อ.เมืองระนอง	อ.เมืองระนอง	13,991
กิ่ง อ.สุขสำราญ	กิ่ง อ.สุขสำราญ	1,037
อ.กะเปอร์	อ.กะเปอร์	2,444
อ.ละอุ่น	อ.ละอุ่น	1,738
กิ่ง อ.กรงปินัง	กิ่ง อ.กรงปินัง	1,628

ตาราง ค.7 ปริมาณการไหลของชิ้นส่วนอื่นๆ (ขยะ) จากร้านรับซื้อของเก่าสู่ศูนย์รวบรวม (ต่อ)

ศูนย์รวบรวม	เทศบาล	ปริมาณ (กิโลกรัม)
อ.กาบัง	อ.กาบัง	1,662
อ.ธารโต	อ.ธารโต	2,742
อ.บันนังสตา	อ.บันนังสตา	5,369
อ.เบตง	อ.เบตง	7,511
อ.ยะหา	อ.ยะหา	3,942
อ.รามัน	อ.รามัน	7,038

ตาราง ค.8 ปริมาณการไหลของชิ้นส่วนคอมพิวเตอร์จากศูนย์รวบรวมสู่โรงงานรีไซเคิล

ศูนย์รวบรวม	โรงงานรีไซเคิล	ปริมาณ (กิโลกรัม)				
		พลาสติก	เหล็ก	ทองแดง	อลูมิเนียม	ตะกั่ว
อ.หาดใหญ่	จ.สมุทรสาคร	143,747	127,595	44,658	89,316	38,278
อ.เมืองนคร	จ.สมุทรสาคร	179,559	169,372	59,280	118,561	50,812
อ.เมืองสุราษฎร์ธานี	จ.สมุทรสาคร	172,884	130,894	45,813	91,626	39,268
อ.เมืองภูเก็ต	จ.สมุทรสาคร	106,640	92,731	32,456	64,912	27,819
อ.เมืองตรัง	จ.สมุทรสาคร	56,874	52,971	18,540	37,079	15,891
อ.เมืองนราธิวาส	จ.สมุทรสาคร	29,475	32,098	9,592	22,469	8,222
อ.เมืองกระบี่	จ.สมุทรสาคร	40,221	39,782	13,924	27,848	11,935
อ.เมืองปัตตานี	จ.สมุทรสาคร	93,511	74,846	27,838	52,392	23,861
อ.เมืองพัทลุง	จ.สมุทรสาคร	36,761	35,427	12,400	24,799	10,628
อ.เมืองชุมพร	จ.สมุทรสาคร	54,642	34,202	11,971	23,941	10,261
อ.ตะกั่วป่า	จ.สมุทรสาคร	27,459	27,521	9,632	19,265	8,256
อ.เมืองระนอง	จ.สมุทรสาคร	14,727	14,300	5,005	10,010	4,290

ภาคผนวก ง
ผลการดำเนินงานจากตัวแบบคณิตศาสตร์ กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่ แบบที่ 1

ตาราง ง.1 ปริมาณการไหลของขยะคอมพิวเตอร์จากแหล่งขยะคอมพิวเตอร์สู่ศูนย์รวบรวม

ศูนย์รวบรวม	แหล่งขยะคอมพิวเตอร์	ปริมาณ(กิโลกรัม)
อ.หาดใหญ่	อ.เมืองสงขลา	97518
	อ.คลองหอยโข่ง	11569
	อ.ควนเนียง	16062
	อ.จะนะ	40466
	อ.เทพา	28724
	อ.นาทวี	27735
	อ.นาหม่อม	11956
	อ.บางกล่ำ	14639
	อ.รัตภูมิ	34605
	อ.สทิงพระ	23699
	อ.สะเดา	59673
	อ.สิงหนคร	36461
	อ.หาดใหญ่	218984
	อ.บางแก้ว	7616
	อ.เขาชัยสน	13925
	อ.ตะโหมด	8813
	อ.ปากพะยูน	14928
	อ.ป่าบอน	13533
	อ.เมืองสตูล	21256
	อ.ควนกาหลง	6226
	อ.ควนโดน	4136
	อ.ท่าแพ	4723
	อ.ละงู	12307
	กิ่ง อ.มะนัง	2922
อ.เมืองนคร	อ.กระแสสินธุ์	8265
	อ.ระโนด	39472
	อ.เมืองนคร	172878
	กิ่ง อ.ช้างกลาง	18270
	กิ่ง อ.นบพิตำ	16760
	อ.เฉลิมพระเกียรติ	18828
	อ.เชียรใหญ่	26174

ตาราง ง.1 ปริมาณการไหลของขยะคอมพิวเตอร์จากแหล่งขยะคอมพิวเตอร์สู่ศูนย์รวบรวม (ต่อ)

ศูนย์รวบรวม	แหล่งขยะคอมพิวเตอร์	ปริมาณ(กิโลกรัม)
อ.เมืองนคร	อ.ท่าศาลา	58785
	อ.ปากพนัง	61220
	อ.พรหมคีรี	20119
	อ.พระพรหม	25245
	อ.พิปูน	18487
	อ.ร่อนพิบูลย์	46009
	อ.ลานสกา	25323
	อ.หัวไทร	44368
อ.บางขัน	อ.จุฬาภรณ์	17306
	อ.ชะอวด	48928
	อ.ทุ่งสง	95039
	อ.ทุ่งใหญ่	40402
	อ.นาบอน	15404
	อ.บางขัน	22296
	อ.เมืองตรัง	52165
	กิ่ง อ.หาดสำราญ	4586
	อ.กันตัง	23616
	อ.นาโยง	14664
	อ.ปะเหลียน	12380
	อ.ย่านตาขาว	23411
	อ.รัษฎา	10645
	อ.วังวิเศษ	14388
	อ.สิเกา	27215
	อ.ห้วยยอด	40344
อ.บางขัน	อ.เมืองกระบี่	47094
	อ.เขาพนม	18472
	อ.คลองท่อม	27752
	อ.ลำทับ	9109
	อ.เหนือคลอง	23200
	อ.เกาะลันตา	10588

ตาราง ง.1 ปริมาณการไหลของขยะคอมพิวเตอร์จากแหล่งขยะคอมพิวเตอร์สู่ศูนย์รวบรวม (ต่อ)

ศูนย์รวบรวม	แหล่งขยะคอมพิวเตอร์	ปริมาณ(กิโลกรัม)
	อ.เมืองพัทลุง	40705
	อ.ป่าพะยอม	9964
	กิ่ง อ.ศรีนครินทร์	8376
	อ.กงหรา	9155
	อ.ควนขนุน	27257
	อ.ศรีบรรพต	5558
	อ.ทุ่งหว้า	3914
เมืองสุราษฎร์ธานี	อ.ขนอม	21662
	อ.ฉวาง	43722
	อ.ถ้ำพรรณรา	11429
	อ.สิชล	49297
	อ.เมืองสุราษฎร์ธานี	129865
	อ.บ้านตาขุน	9236
	กิ่ง อ.วิภาวดี	7677
	อ.กาญจนดิษฐ์	58588
	อ.เกาะสมุย	42466
	อ.คีรีรัฐนิคม	23202
	อ.ชัยบุรี	13451
	อ.ไชยา	28133
	อ.ดอนสัก	22705
	อ.ท่าฉาง	17266
	อ.ท่าชนะ	31242
อ. เมืองสุราษฎร์ธานี	อ.บ้านนาเดิม	12498
	อ.บ้านนาสาร	37901
	อ.พนม	18217
	อ.พระแสง	33469
	อ.พุนพิน	59213
	อ.เวียงสระ	33652
	อ.เคียนซา	24529
	อ.ปลายพระยา	15372

ตาราง ง.1 ปริมาณการไหลของขยะคอมพิวเตอร์จากแหล่งขยะคอมพิวเตอร์สู่ศูนย์รวบรวม (ต่อ)

ศูนย์รวบรวม	แหล่งขยะคอมพิวเตอร์	ปริมาณ(กิโลกรัม)
อ.มายอ	อ.สะบ้าย้อย	25450
	อ.เมืองนราธิวาส	19783
	อ.จะแนะ	3981
	อ.เจาะไอร้อง	4802
	ตากใบ	9161
	อ.บาเจาะ	6245
	อ.ยี่งอ	5717
	อ.ระแงะ	11408
	อ.รือเสาะ	9087
	อ.แว้ง	6567
	อ.ศรีสาคร	4567
	อ.สุคิริน	4510
	อ.สุไหงโกลก	15714
	อ.สุไหงปาดี	6323
	อ.เมืองปัตตานี	50692
	อ.กะพ้อ	4858
	อ.โคกโพธิ์	25116
	อ.ทุ่งยางแดง	5733
	อ.ปะนาเระ	14492
	อ.มายอ	15585
อ.มายอ	อ.แม่ลาน	5056
	อ.ไม้แก่น	4023
	อ.ยะรัง	23936
	อ.ยะหริ่ง	22761
	อ.สายบุรี	20286
	อ.หนองจิก	20570
	อ.เมืองยะลา	59933
	กิ่ง อ.กรงปินัง	5426
	อ.กาบัง	5541
	อ.ธารโต	9140

ตาราง ง.1 ปริมาณการไหลของขยะคอมพิวเตอร์จากแหล่งขยะคอมพิวเตอร์สู่ศูนย์รวบรวม (ต่อ)

ศูนย์รวบรวม	แหล่งขยะคอมพิวเตอร์	ปริมาณ(กิโลกรัม)
	อ.บันนังสตา	17898
	อ.เบตง	25038
	อ.ยะหา	13139
	อ.รามัน	23460
อ.ท่าแซะ	อ.เมืองชุมพร	51148
	อ.ท่าแซะ	23387
	อ.ทุ่งตะโก	7255
	อ.ปะทิว	14348
	อ.พะโต๊ะ	7466
	อ.ละแม	8619
	อ.สวี	22904
	อ.หลังสวน	22131
	อ.เมืองระนอง	46638
	อ.กระบุรี	21218
	อ.ละอุ่น	5792
อ.ท้ายเหมือง	อ.เกาะพงัน	11867
	อ.เมืองภูเก็ต	285807
	อ.กะทู้	81127
อ.ท้ายเหมือง	อ.ถลาง	96720
	อ.อ่าวลึก	23102
	อ.เมืองพังงา	22068
	อ.กะปง	7288
	อ.คุระบุรี	13924
	อ.ตะกั่วทุ่ง	21933
	อ.ตะกั่วป่า	27249
	อ.ทับปุด	10771
	อ.ท้ายเหมือง	26925
	กิ่ง อ.สุขสำราญ	3457
	อ.กะเปอร์	8145

ตาราง ง.2 ปริมาณการไหลชิ้นส่วนของคอมพิวเตอร์จากศูนย์รวบรวมสู่โรงงานรีไซเคิล

ศูนย์รวบรวม	โรงงาน	ปริมาณ (กิโลกรัม)			
		พลาสติก	เหล็ก	ทองแดง	หน้าจอ
อ.หาดใหญ่	จ.สมุทรสาคร	109871.4	124520.9	43948.56	241717.1
อ.เมืองนคร	จ.สมุทรสาคร	90030.45	102034.5	36012.18	198067
อ.บางขัน	จ.สมุทรสาคร	105590	119668.6	42235.98	232297.9
อ.เมืองสุราษฎร์ธานี	จ.สมุทรสาคร	113498.8	128632	45399.54	249697.5
อ.มายอ	จ.สมุทรสาคร	75899.7	86019.66	30359.88	166979.3
อ.ท่าแซะ	จ.สมุทรสาคร	34635.9	39254.02	13854.36	76198.98
อ.ท้ายเหมือง	จ.สมุทรสาคร	94277.4	10684.7	37710.96	207410.3

ตาราง ง.3 ปริมาณการไหลของชิ้นส่วนอื่นๆ(ขยะ)จากศูนย์รวบรวมสู่เทศบาล

เทศบาล	ศูนย์รวบรวม	ปริมาณ (กิโลกรัม)
อ.หาดใหญ่	อ.หาดใหญ่	224968.8
อ.เมืองนคร	อ.เมืองนคร	190698
อ.บางขัน	อ.บางขัน	211862.1
อ.เมืองสุราษฎร์ธานี	อ.เมืองสุราษฎร์ธานี	205840.8
อ.มายอ	อ.มายอ	151799.4
อ.ท่าแซะ	อ.ท่าแซะ	69271.8
อ.ท้ายเหมือง	อ.ท้ายเหมือง	193166.4

ภาคผนวก จ

ผลการดำเนินงานจากตัวแบบคณิตศาสตร์ กรณีเปิดศูนย์รวบรวมขนาดใหญ่ แบบที่ 2

ตาราง จ.1 ปริมาณการไหลของขยะคอมพิวเตอร์จากแหล่งขยะคอมพิวเตอร์สู่ศูนย์รวบรวม

ศูนย์รวบรวม	แหล่งขยะคอมพิวเตอร์	ปริมาณ (กิโลกรัม)
อ.หาดใหญ่	อ.เมืองสงขลา	97518
	อ.กระแสสินธุ์	8265
	อ.คลองหอยโข่ง	11569
	อ.ควนเนียง	16062
	อ.จะนะ	40466
	อ.เทพา	28724
	อ.นาทวี	27735
	อ.นาหม่อม	11956
	อ.บางกล่ำ	14639
	อ.รัตภูมิ	34605
	อ.สทิงพระ	23699
	อ.สะเดา	59673
	อ.สิงหนคร	36461
	อ.หาดใหญ่	218984
	อ.บางแก้ว	7616
	อ.กงหรา	9155
	อ.เขาชัยสน	13925
	อ.ตะโหมด	8813
	อ.ปากพะยูน	14928
	อ.ป่าบอน	13533
	อ.เมืองสตูล	21256
	อ.ควนกาหลง	6226
	อ.ควนโดน	4136
	อ.ท่าแพ	4723
	อ.ละงู	12307
	กิ่ง อ.มะนัง	2922
อ.เมืองนคร	อ.ระโนด	39472
	อ.เมืองนคร	172878
	กิ่ง อ.ช้างกลาง	18270
	กิ่ง อ.นบพิตำ	16760
	อ.ฉวาง	43722

ตาราง จ.1 ปริมาณการไหลของขยะคอมพิวเตอร์จากแหล่งขยะคอมพิวเตอร์สู่ศูนย์รวบรวม (ต่อ)

ศูนย์รวบรวม	แหล่งขยะคอมพิวเตอร์	ปริมาณ (กิโลกรัม)
อ.เมืองนคร	อ.เฉลิมพระเกียรติ	18828
	อ.เชียรใหญ่	26174
	อ.ท่าศาลา	58785
	อ.ปากพนัง	61220
	อ.พรหมคีรี	20119
	อ.พระพรหม	25245
	อ.พิปูน	18487
	อ.ร่อนพิบูลย์	46009
	อ.ลานสกา	25323
	อ.หัวไทร	44368
อ.บางขัน	อ.จุฬาภรณ์	17306
	อ.ชะอวด	48928
	อ.ถ้ำพรรณรา	11429
	อ.ทุ่งสง	95039
	อ.ทุ่งใหญ่	40402
	อ.นาบอน	15404
	อ.บางขัน	22296
	อ.เมืองตรัง	52165
	กิ่ง อ.หาดสำราญ	4586
	อ.กันตัง	23616
	อ.นาโยง	14664
	อ.ปะเหลียน	12380
	อ.ย่านตาขาว	23411
อ.บางขัน	อ.รัษฎา	10645
	อ.วังวิเศษ	14388
	อ.สิเกา	27215
	อ.ห้วยยอด	40344
	อ.เมืองกระบี่	47094
	อ.เขาพนม	18472
	อ.คลองท่อม	27752

ตาราง จ.1 ปริมาณการไหลของขยะคอมพิวเตอร์จากแหล่งขยะคอมพิวเตอร์สู่ศูนย์รวบรวม (ต่อ)

ศูนย์รวบรวม	แหล่งขยะคอมพิวเตอร์	ปริมาณ (กิโลกรัม)
อ.บางขัน	อ.ลำทับ	9109
	อ.เหนือคลอง	23200
	อ.เกาะลันตา	10588
	อ.เมืองพัทลุง	40705
	อ.ป่าพะยอม	9964
	กิ่ง อ.ศรีนครินทร์	8376
	อ.ควนขนุน	27257
	อ.ศรีบรรพต	5558
	อ.ทุ่งหว้า	3914
อ.เมืองสุราษฎร์ธานี	อ.ขนอม	21662
	อ.สิชล	49297
	อ.เมืองสุราษฎร์ธานี	129865
	อ.บ้านตาขุน	9236
	กิ่ง อ.วิภาวดี	7677
	อ.กาญจนดิษฐ์	58588
	อ.เกาะสมุย	42466
	อ.คีรีรัฐนิคม	23202
	อ.ชัยบุรี	13451
	อ.ไชยา	28133
	อ.ดอนสัก	22705
	อ.ท่าฉาง	17266
อ.เมืองสุราษฎร์ธานี	อ.ท่าชนะ	31242
	อ.บ้านนาเดิม	12498
	อ.บ้านนาสาร	37901
	อ.พนม	18217
	อ.พระแสง	33469
	อ.พุนพิน	59213
	อ.เวียงสระ	33652
	อ.เคียนซา	24529

ตาราง จ.1 ปริมาณการไหลของขยะคอมพิวเตอร์จากแหล่งขยะคอมพิวเตอร์สู่ศูนย์รวบรวม (ต่อ)

ศูนย์รวบรวม	แหล่งขยะคอมพิวเตอร์	ปริมาณ (กิโลกรัม)
อ.มายอ	อ.สะบ้าย้อย	25450
	อ.เมืองนราธิวาส	19783
	อ.จะแนะ	3981
	อ.เจาะไอร้อง	4802
	ตากใบ	9161
	อ.บาเจาะ	6245
	อ.ยี่งอ	5717
	อ.ระแงะ	11408
	อ.รือเสาะ	9087
	อ.แว้ง	6567
	อ.ศรีสาคร	4567
	อ.สุคิริน	4510
	อ.สุไหงโกลก	15714
	อ.สุไหงปาดี	6323
	อ.เมืองปัตตานี	50692
	อ.กะพ้อ	4858
	อ.โคกโพธิ์	25116
	อ.ทุ่งยางแดง	5733
	อ.ปะนาเระ	14492
	อ.มายอ	15585
อ.มายอ	อ.แม่ลาน	5056
	อ.ไม้แก่น	4023
	อ.ยะรัง	23936
	อ.ยะหริ่ง	22761
	อ.สายบุรี	20286
	อ.หนองจิก	20570
	อ.เมืองยะลา	59933
	กิ่ง อ.กรงปินัง	5426
	อ.กาบัง	5541
	อ.ธารโต	9140

ตาราง จ.1 ปริมาณการไหลของขยะคอมพิวเตอร์จากแหล่งขยะคอมพิวเตอร์สู่ศูนย์รวบรวม (ต่อ)

ศูนย์รวบรวม	แหล่งขยะคอมพิวเตอร์	ปริมาณ (กิโลกรัม)
อ.มายอ	อ.บันนังสตา	17898
	อ.เบตง	25038
	อ.ยะหา	13139
	อ.รามัน	23460
อ.ท่าแซะ	อ.เมืองชุมพร	51148
	อ.ท่าแซะ	23387
	อ.ทุ่งตะโก	7255
	อ.ปะทิว	14348
	อ.พะโต๊ะ	7466
	อ.ละแม	8619
	อ.สวี	22904
	อ.หลังสวน	22131
	อ.เมืองระนอง	46638
	อ.กระบุรี	21218
	อ.ละอุ่น	5792
อ.ท้ายเหมือง	อ.เกาะพงัน	11867
	อ.เมืองภูเก็ต	285807
	อ.กะทู้	81127
	อ.ถลาง	96720
	อ.ปลายพระยา	15372
	อ.อ่าวลึก	23102
	อ.เมืองพังงา	22068
	อ.กะปง	7288
	อ.คุระบุรี	13924
	อ.ตะกั่วทุ่ง	21933
	อ.ตะกั่วป่า	27249
	อ.ทับปุด	10771
	อ.ท้ายเหมือง	26925
	กิ่ง อ.สุขสำราญ	3457
	อ.กะเปอร์	8145

ตาราง จ.2 ปริมาณการไหลของชิ้นส่วนคอมพิวเตอร์จากศูนย์รวบรวมสู่โรงงานรีไซเคิล

ศูนย์รวบรวม	โรงงานรีไซเคิล	ปริมาณ (กิโลกรัม)				
		พลาสติก	เหล็ก	ทองแดง	อลูมิเนียม	ตะกั่ว
อ.หาดใหญ่	จ.สมุทรสาคร	172,476	149,979	52,493	104,985	44,994
อ.เมืองนคร	จ.สมุทรสาคร	146,202	127,132	44,496	88,992	38,140
อ.บางขัน	จ.สมุทรสาคร	162,428	141,241	49,434	98,869	42,372
อ.เมืองสุราษฎร์ธานี	จ.สมุทรสาคร	157,811	137,227	48,030	96,059	41,168
อ.มายอ	จ.สมุทรสาคร	116,380	101,200	35,420	70,840	30,360
อ.ท่าแซะ	จ.สมุทรสาคร	53,108	46,181	16,163	32,327	13,854
อ.ท้ายเหมือง	จ.สมุทรสาคร	148,094	128,778	45,072	90,144	38,633

ตาราง จ.3 ปริมาณการไหลชิ้นส่วนอื่นๆ (ขยะ) จากศูนย์รวบรวมสู่เทศบาล

เทศบาล	ศูนย์รวบรวม	ปริมาณ (กิโลกรัม.)
อ.หาดใหญ่	อ.หาดใหญ่	224968.8
อ.เมืองนคร	อ.เมืองนคร	190698
อ.บางขัน	อ.บางขัน	211862.1
อ.เมืองสุราษฎร์ธานี	อ.เมืองสุราษฎร์ธานี	205840.8
อ.มายอ	อ.มายอ	151799.4
อ.ท่าแซะ	อ.ท่าแซะ	69271.8
อ.ท้ายเหมือง	อ.ท้ายเหมือง	193166.4

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ สกุล นางสาวโสภิดา ส่งแสง

รหัสประจำตัวนักศึกษา 5010120083

วุฒิการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
วิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมีชีววิทยา)	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	2550

ทุนการศึกษา (ที่ได้รับในระหว่างการศึกษา)

ทุนยกเว้นค่าเล่าเรียน จากคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ทุนผู้ช่วยสอน จากคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

การตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน

Sopida Songsang, Sakesun Suthammanon, Nikorn Sirivongpaisal and Pallapat Penchamrat. 2009. A Study of Reverse Logistics for Computer Wastes in the South of Thailand. Proceedings of the 1st International Conference on Logistics and Transport, December 17-19, 2009. Chiangmai, Thailand.

Sopida Songsang, Sakesun Suthummanon, Nikorn Sirivongpaisal, Pallapat Penchamrat and Laksiri Treeranurat. 2010. A Quantitative model of Reverse Logistics for Computer Waste Management in the South of Thailand. การบูรณาการเทคโนโลยีโลจิสติกส์และการจัดการโซ่อุปทานในการผลิตและบริการ. 11 -12 พฤศจิกายน 2553. กระบี่, ประเทศไทย.