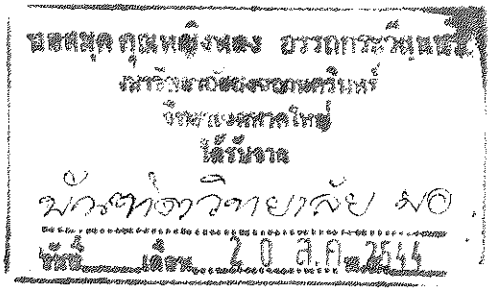
การประยุกต์ระบบโครงข่ายในการวางแผนการใช้น้ำในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่

Application of Network System to Planning Water-used in Hat Yai City Municipality

โสภิตา จันทมณีโชติ

Sopita Juntamaneechot



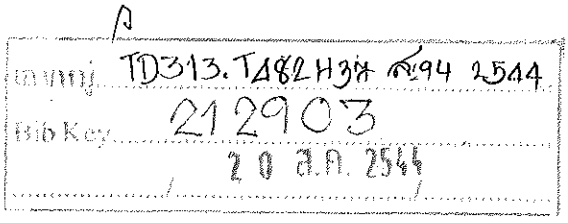
วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

Master of Science Thesis in Environmental Management

Prince of Songkla University

2544



ชื่อวิทยานิพนธ์	การประยุกต์ระบบโครงข่ายในการวางแผนการใช้น้ำในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่
ผู้เขียน	นางสาวโสภิตา จันทมณีโชติ
สาขาวิชา	การจัดการสิ่งแวดล้อม

คณะกรรมการที่ปรึกษา

.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โรจนัจฉริย์ ด่านสวัสดิ์)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุรพล อารีย์กุล)

.....กรรมการ
(ดร.อุดมผล พืชน์ไพบูลย์)

คณะกรรมการสอบ

.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โรจนัจฉริย์ ด่านสวัสดิ์)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุรพล อารีย์กุล)

.....กรรมการ
(ดร.อุดมผล พืชน์ไพบูลย์)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฉัตรไชย รัตนไชย)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ยอดดวง พันธุ์นรา)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร. ปิติ ทฤษฎิคุณ)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อวิทยานิพนธ์ การประยุกต์ระบบโครงข่ายในการวางแผนการใช้น้ำในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่
ผู้เขียน นางสาวโสภิตา จันทมณีโชติ
สาขาวิชา การจัดการสิ่งแวดล้อม
ปีการศึกษา 2543

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแบบจำลองคณิตศาสตร์เพื่อใช้ในการวางแผนการใช้น้ำ โดยอาศัยการวิเคราะห์ระบบการใช้น้ำ ในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ การศึกษาทำโดยการเก็บรวบรวมงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการใช้น้ำ และเก็บข้อมูลโดยใช้แบบสอบถาม ทำการวิเคราะห์ระบบการใช้น้ำภายในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ และแสดงความสัมพันธ์โดยระบบโครงข่าย รวบรวมปัญหา และเสนอแนะการวางแผนการใช้น้ำ โดยการพัฒนาแบบจำลองเชิงพหุวัตถุประสงค์ ในรูปแบบโปรแกรมอิงเป้าหมาย มาใช้เป็นเครื่องมือในการวางแผน

เมื่อพิจารณาถึงระบบการใช้น้ำ พบว่าปัญหาที่เกิดขึ้น ได้แก่ แหล่งน้ำที่มีคุณภาพในการอุปโภค-บริโภคไม่พอเพียงแก่ความต้องการ กิจกรรมต่าง ๆมีการใช้น้ำในอัตราที่สูงแต่ต้องการเสียค่าใช้จ่ายในการใช้น้ำต่ำสุด และขาดแผนการใช้น้ำเชิงระบบ จากปัญหาดังกล่าวนำไปสู่การขาดแคลนน้ำ และการขัดแย้งการใช้น้ำในอนาคต ซึ่งผู้วิจัยได้เสนอแนะแนวทางการจัดการปัญหาดังกล่าวโดยการพัฒนาแบบจำลองคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นเครื่องมือในการวางแผนการใช้น้ำมาใช้ในการจัดการ ซึ่งแบบจำลองจะให้คำตอบในการจัดสรรน้ำจากแหล่งน้ำไปยังกิจกรรมต่าง ๆ ภายใต้วัตถุประสงค์ดังนี้ คือ (1) งบประมาณค่าใช้จ่ายในการนำน้ำไม่เกินกว่าที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน (2) ปริมาณน้ำในแต่ละแหล่งน้ำ ที่นำมาใช้ไม่มากจนเป็นอันตรายต่อสภาพแวดล้อม และ (3)ปริมาณน้ำที่กิจกรรมต่าง ๆ นำมาใช้ไม่มากกว่าที่ใช้ในปัจจุบัน โดยที่เงื่อนไข คือ (1) แหล่งน้ำมีข้อจำกัดในเชิงปริมาณและคุณภาพ (2) ผู้ต้องการใช้น้ำแต่ละกลุ่มกิจกรรมต้องการปริมาณและคุณภาพที่แตกต่างกัน (3) ค่าใช้จ่ายในการนำน้ำจากแหล่งน้ำไปยังผู้ใช้น้ำในแต่ละกลุ่มกิจกรรม จะมีค่าใช้จ่ายไม่เท่ากันและ (4) แต่ละกิจกรรมมีข้อจำกัดทางด้านงบประมาณ

ในการศึกษาได้พัฒนาแบบจำลองเชิงพหุวัตถุประสงค์ในรูปแบบโปรแกรมอิงเป้าหมายเพื่อใช้ในการวางแผนการใช้น้ำใน 3 ลักษณะดังนี้ คือ (1) แบบจำลองที่ทุกวัตถุประสงค์ในการดำเนินงานมีความสำคัญเท่ากัน (2) แบบจำลองที่ทุกวัตถุประสงค์ในการดำเนินงานมีความสำคัญไม่เท่ากัน และวัตถุประสงค์แต่ละอย่างมีความสำคัญไม่แตกต่างกันมากและ (3) แบบ

จำลองที่ทุกวัตถุประสงค์ในการดำเนินงานมีความสำคัญไม่เท่ากันและวัตถุประสงค์แต่ละอย่างมีความสำคัญแตกต่างกันมาก ทั้งนี้การพัฒนาแบบจำลองอยู่ภายใต้สมมติฐานความสัมพันธ์ของตัวแปรเป็นความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงทั้งหมด

ผลการทดสอบแบบจำลองทั้งสามแบบกับข้อมูลการใช้น้ำปี พ.ศ. 2542 พบว่าแบบจำลองทั้งสามแบบให้คำตอบที่แตกต่างกัน เนื่องจากน้ำหนักความสำคัญของน้ำที่มีต่อกิจกรรมแตกต่างกัน เมื่อนำผลการทดสอบแบบจำลองเปรียบเทียบข้อมูลการใช้น้ำปี พ.ศ. 2552 พบว่าปริมาณน้ำที่มีไม่เพียงพอต่อความต้องการ ผลการทดสอบที่ได้พบว่ามีบางกิจกรรมไม่ได้รับการจัดสรรน้ำ จากผลการทดสอบของแบบจำลอง ได้นำไปให้ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในการใช้น้ำภายในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ตัดสินใจเลือกแบบจำลองในการนำไปใช้ พบว่าแบบจำลองที่ทุกวัตถุประสงค์ในการดำเนินงานมีความสำคัญไม่เท่ากันและวัตถุประสงค์แต่ละอย่างมีความสำคัญไม่แตกต่างกันมาก เป็นแบบจำลองที่ผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องลงความเห็นว่าเหมาะสมที่สุดในการนำไปใช้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสถานการณ์ที่ปริมาณน้ำไม่เพียงพอแก่ความต้องการในอนาคต ภายใต้แนวโน้มที่สามารถคาดการณ์ได้จากแบบจำลอง มาตรการควบคุมทั้งทางด้านอุปสงค์และอุปทานควรนำมาประยุกต์ใช้ร่วมกันด้วย

Thesis Title	Application of Network System to Planning Water-used in Hat Yai City Municipality
Author	Miss Sopita Juntamaneechot
Major Program	Environmental Management
Academic Year	2000

Abstract

This research was to develop a mathematical model for water use planning based in parts on the analysis of water use systems in Hat Yai city municipality. Relevant researches and water use data both primary and secondary were collected and analyzed, the result were illustrated as system networks whereby the problems and causes were identified. A water use planning model based on multi-objective goal programming approach was then developed and recommended.

The problems in Hat Yai City's water use system were insufficient water resource, conflicts between water demand and willingness to pay for it, and lack of systematic water use planning, all of which could lead to water shortage and water use conflicts in the future. Base upon these findings, the mathematical model use developed and purposed as a management tool for the future. The model would provide answers to water resource allocation questions asking about (1) the expenses required for water resource development; (2) the amount of water from each reservoir that can be used without causing damage to the environment; and (3) the amount of water useable by all activities not exceeding the current figure. The problem solving process was done under the following constraints (1) quantities and qualities limitation of water reservoirs; (2) different users activities need water with different quantities and qualities; and (3) costs of water allocation from reservoir to user are different; and (4) activities all have budgeting limit.

In this study a multi-objective "goal programming" model was developed and experimented in three different forms (1) with equally weighted objectives; (2) with differently weighted objectives; and (3) with orderly weighted objectives. The model

development was based on the assumption that all relationships among variables were linear.

The experiments, based on 1999 data, revealed that the three models resulted in different answers due to different weights assigned to each model. When using 2009 projected data they suggested that the water shortage be inevitable, some activities would not have sufficient water for normal uses. Through a verification process by discussion with major stakeholders in Hat Yai city municipality, all of the preferable model with differently weighted objectives, particularly in the case of water shortage in the future. In the case of water shortage in the future as predicted by the model, supporting measures such as those related to demand and supply management should be applied concurrently the model.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาให้คำปรึกษา ข้อเสนอแนะ แก้ไขข้อบกพร่อง และการให้กำลังใจจากอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ คือ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โรจนัจฉริย์ ด่านสวัสดิ์ และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม คือ รองศาสตราจารย์ ดร.สุรพล อารีย์กุล และ อาจารย์ ดร.อุดมผล พืชน์ไพบูลย์ ผู้ทำวิจัยต้องกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ ที่นี้ด้วย

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ทุกท่านที่ได้สั่งสอนมาจนมีความรู้ และขอบคุณเจ้าหน้าที่ทุกท่าน ในคณะการจัดการสิ่งแวดล้อมที่อำนวยความสะดวกในการทำวิทยานิพนธ์

ขอขอบพระคุณ คุณ บรรจง ร่มสงฆ์ และเจ้าหน้าที่เทศบาลนครหาดใหญ่ทุกท่าน สำนักงานประปาสงขลา การประปาส่วนภูมิภาคและ สำนักงานทรัพยากรธรณีจังหวัดสงขลา ที่ได้กรุณาให้ข้อมูลและความรู้ต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัยที่ให้ทุนสนับสนุนในการทำวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณ กล้วย หญิงอัญ จอย และผิง เพื่อน สวล.8 รุ่นพี่ รุ่นน้อง สวล. เพื่อน ๆ ทุกคน ที่เป็นกำลังใจ คอยช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ โดยเฉพาะ หนูจุน ที่ช่วยออกไปเก็บข้อมูล พี่นก ส้มจุก ที่คอยช่วยเหลือในทุก ๆ เรื่องมาตลอด

ขอขอบพระคุณ พ่อ แม่ น้าเอียด พี่สาว พี่ชาย หนูกวาง แมวเหมียว และญาติพี่น้องทุกคน ที่คอยเป็นกำลังเวลาท้อแท้ คอยช่วยเหลือ และให้ทุนทรัพย์ในการทำวิจัยครั้งนี้

ในท้ายที่สุดนี้ผู้ทำวิจัยหวังว่าวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะเป็นประโยชน์สำหรับผู้ที่ต้องการศึกษาการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการวางแผนการใช้น้ำ

โสภิตา จันทมณีโชติ

สารบาญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(3)
Abstract	(5)
กิตติกรรมประกาศ	(7)
สารบาญ	(8)
รายการตาราง	(11)
รายการภาพประกอบ	(15)
บทที่	
1. บทนำ	1
ความสำคัญและความเป็นมาของปัญหา	1
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	6
วัตถุประสงค์	28
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	28
ขอบเขตของการวิจัย	29
2. วิธีการดำเนินการวิจัย	30
การรวบรวมข้อมูลและตรวจสอบเอกสาร	30
การวิเคราะห์ข้อมูลและจัดเตรียมข้อมูล	31
การวิเคราะห์ระบบการใช้น้ำและแสดงความสัมพันธ์ด้วยระบบโครงข่าย	33
การพัฒนาแบบจำลองเพื่อการจัดการและแก้ไขปัญหา	33
เงื่อนไขและสมมติฐานในการพัฒนาแบบจำลอง	36
การวิเคราะห์ความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรต่าง ๆ	38
การประเมินแบบจำลอง	38
สรุปและเสนอแนะทางเลือกใหม่	38
3. ผลการศึกษา	39
สภาพทั่วไปของเทศบาลนครหาดใหญ่	39
ระบบการใช้น้ำในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่	41
- กิจกรรมที่มีการใช้น้ำภายในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่	41
- แหล่งน้ำในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่	44

สารบาญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
- ค่าใช้จ่ายในการใช้น้ำ	47
- งบประมาณที่กิจกรรมจ่ายในการใช้น้ำ	48
ปัญหาการใช้น้ำภายในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่	54
การวางแผนการใช้น้ำ	58
การศึกษาแบบจำลองที่ใช้ในการวางแผนการใช้น้ำ	61
แบบจำลองต้นแบบ	61
ที่มาของสมการวัตถุประสงค์ สมการเงื่อนไข และตัวแปรต้นแบบ	63
การคิดสมการวัตถุประสงค์ สมการเงื่อนไข และค่าทางขวามือ	64
แบบจำลองต้นแบบสำหรับกรณีศึกษา	73
- กรณีที่ทุกวัตถุประสงค์มีความสำคัญเท่ากันหมด	73
- กรณีที่ทุกวัตถุประสงค์ในการดำเนินงานมีความสำคัญไม่เท่ากัน	84
วัตถุประสงค์แต่ละอย่างมีความสำคัญไม่แตกต่างกันมากนัก	84
วัตถุประสงค์แต่ละอย่างมีความสำคัญแตกต่างกันมาก	93
การใช้แบบจำลองวางแผนการใช้น้ำในอนาคต	101
4. วิเคราะห์และวิจารณ์ผลการศึกษา	120
การศึกษาระบบการใช้น้ำภายในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่	120
วิเคราะห์ปัญหาการใช้น้ำ และ การวางแผนการใช้น้ำ	121
การออกแบบงานวิจัย	122
การพัฒนาแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการวางแผนการใช้น้ำ	123
- วิเคราะห์และวิจารณ์ผลการทดสอบแบบจำลอง	123
วิเคราะห์และวิจารณ์ผลการทดสอบแบบจำลองกับสถานการณ์ปัจจุบัน	134
วิเคราะห์และวิจารณ์การนำแบบจำลองไปใช้ในการวางแผนการใช้น้ำ	138
5. สรุปผลและข้อเสนอแนะ	140
สรุปผลการศึกษา	140
รูปแบบทั่วไปของแบบจำลองที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการวางแผนการใช้น้ำ	142

สารบาญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
ข้อเสนอแนะโดยทั่วไป	152
ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป	153
บรรณานุกรม	155
ภาคผนวก	160
ภาคผนวก ก.	161
ภาคผนวก ข.	166
ภาคผนวก ค.	172
ภาคผนวก ง.	178
ภาคผนวก จ.	180
ภาคผนวก ฉ.	188
ภาคผนวก ช	194
ภาคผนวก ซ	199
ภาคผนวก ฌ	211
ประวัติผู้เขียน	214

รายการตาราง

ตาราง		หน้า
1	จำนวนประชากรในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่	2
2	การประมาณการความต้องการใช้น้ำรายปีของอำเภอหาดใหญ่ (ล้านลูกบาศก์เมตร)	3
3	แหล่งข้อมูลและชนิดข้อมูล	30
4	ผลการณ์คาดการณ์ประชากรในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ ปี 2538-2558	40
5	แสดงกิจกรรม หน่วยของกิจกรรม อัตราการใช้น้ำ และปริมาณน้ำที่ใช้ของกิจกรรมต่าง ๆ ภายในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ ปี พ.ศ. 2542	43
6	แสดงปริมาณน้ำที่กิจกรรมต่าง ๆ ใช้ภายในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ ปี พ.ศ. 2542 – 2552	43
7	แสดงปริมาณน้ำท่ารายเดือนเฉลี่ยคลองอู่ตะเภาในช่วงปี พ.ศ. 2510-2534 (ล้าน ลบ.ม.).	44
8	แสดงปริมาณน้ำที่สำนักงานประปาสงขลา การประปาส่วนภูมิภาคผลิต ปี พ.ศ. 2542 –2552	47
9	แสดงค่าใช้จ่ายในการใช้น้ำภายในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ปี พ.ศ. 2542	49
10	ค่าใช้จ่ายและงบประมาณรายเดือนในการใช้น้ำภายในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ ปี พ.ศ. 2542	50
11	แสดงการเปรียบเทียบอัตราการใช้น้ำ	55
12	แสดงค่าสัมประสิทธิ์และค่าจำกัดทางขวามือปี พ.ศ. 2542	71
13	ผลการทดสอบแบบจำลองกรณีที่ทุกวัตถุประสงค์มีความสำคัญเท่ากันหมด	75
14	การเข้าถึงเป้าหมายของการทดสอบแบบจำลองกรณีที่ทุกวัตถุประสงค์มีความสำคัญเท่ากันหมด	77
15	การเปลี่ยนแปลงค่าใช้จ่ายที่สะท้อนถึงความหายากและปริมาณน้ำที่กิจกรรมต้องการ	78
16	แสดงการเปลี่ยนแปลงคำตอบในการจัดสรรน้ำจากแหล่งน้ำไปยังกิจกรรมที่มีผลจากการเปลี่ยนแปลงค่าทางขวามือของแบบจำลองกรณีที่ทุกวัตถุประสงค์มีความสำคัญเท่ากันหมด	79

รายการตาราง (ต่อ)

ตาราง		หน้า
17	การเปลี่ยนแปลงสัมประสิทธิ์ค่าใช้จ่ายในการใช้น้ำ	81
18	แสดงการเปลี่ยนแปลงคำตอบในการจัดสรรน้ำจากแหล่งน้ำไปยังกิจกรรมที่มีผลจากการเปลี่ยนแปลงค่าสัมประสิทธิ์ของแบบจำลองกรณีที่ทุกวัตถุประสงค์มีความสำคัญเท่ากัน	82
19	แสดงน้ำหนักความสำคัญของน้ำที่มีต่อกิจกรรมที่มีการใช้น้ำภายในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่	85
20	ผลการทดสอบแบบจำลองที่ทุกวัตถุประสงค์มีความสำคัญไม่เท่ากันกรณีที่น้ำหนักความสำคัญไม่แตกต่างกันมาก	86
21	การเข้าถึงเป้าหมายของการทดสอบแบบจำลองที่ทุกวัตถุประสงค์มีความสำคัญไม่เท่ากันกรณีที่น้ำหนักความสำคัญไม่แตกต่างกันมาก	87
22	แสดงการเปลี่ยนแปลงคำตอบในการจัดสรรน้ำจากแหล่งน้ำไปยังกิจกรรมที่มีผลจากการเปลี่ยนแปลงค่าทางขวามือของแบบจำลองที่ทุกวัตถุประสงค์มีความสำคัญไม่เท่ากันกรณีวัตถุประสงค์แต่ละอย่างมีความสำคัญไม่แตกต่างกันมาก	90
23	แสดงการเปลี่ยนแปลงคำตอบในการจัดสรรน้ำจากแหล่งน้ำไปยังกิจกรรมที่มีผลจากการเปลี่ยนแปลงค่าสัมประสิทธิ์ของแบบจำลองที่ทุกวัตถุประสงค์มีความสำคัญไม่เท่ากันกรณีวัตถุประสงค์แต่ละอย่างมีความสำคัญไม่แตกต่างกันมาก	91
24	ผลการทดสอบแบบจำลองที่ทุกวัตถุประสงค์มีความสำคัญไม่เท่ากันกรณีที่น้ำหนักความสำคัญแตกต่างกันมาก	93
25	การเข้าถึงเป้าหมายของการทดสอบแบบจำลองที่ทุกวัตถุประสงค์มีความสำคัญไม่เท่ากันกรณีที่น้ำหนักความสำคัญแตกต่างกันมาก	95
26	แสดงการเปลี่ยนแปลงคำตอบในการจัดสรรน้ำจากแหล่งน้ำไปยังกิจกรรมที่มีผลจากการเปลี่ยนแปลงค่าทางขวามือของแบบจำลองที่ทุกวัตถุประสงค์มีความสำคัญไม่เท่ากันกรณีวัตถุประสงค์แต่ละอย่างมีความสำคัญแตกต่างกันมาก	97

รายการตาราง (ต่อ)

ตาราง		หน้า
27	แสดงการเปลี่ยนแปลงคำตอบในการจัดสรรน้ำจากแหล่งน้ำไปยังกิจกรรมที่มีผลจากการเปลี่ยนแปลงค่าสัมประสิทธิ์ของแบบจำลองที่ทุกวัตถุประสงค์มีความสำคัญไม่เท่ากันกรณีวัตถุประสงค์แต่ละอย่างมีความสำคัญแตกต่างกันมาก	98
28	แสดงค่าสัมประสิทธิ์และค่าจำกัดทางขวามือ ปี พ.ศ. 2552 กรณีที่แหล่งน้ำมีปริมาณเท่าเดิม แต่อัตราการใช้น้ำเพิ่มมากขึ้น	102
29	แสดงการเปรียบเทียบผลการทดสอบแบบจำลองในการจัดสรรน้ำรายเดือนจากแหล่งน้ำไปยังกิจกรรมของแบบจำลองทั้งสามแบบ ปี พ.ศ.2552 กรณีที่แหล่งน้ำมีปริมาณเท่าเดิม แต่อัตราการมใช้เพิ่มมากขึ้น	104
30	แสดงการเปรียบเทียบการเข้าถึงเป้าหมายในการจัดสรรน้ำจากแหล่งน้ำไปยังกิจกรรม ของแบบจำลองทั้งสามแบบ ปี พ.ศ.2552 กรณีที่แหล่งน้ำมีปริมาณเท่าเดิม แต่อัตราการมใช้เพิ่มมากขึ้น	105
31	แสดงค่าสัมประสิทธิ์และค่าจำกัดทางขวามือ ปี พ.ศ. 2552 กรณีที่แหล่งน้ำมีปริมาณเท่าเดิม แต่อัตราการใช้น้ำลดลง	109
32	แสดงการเปรียบเทียบผลการทดสอบแบบจำลองในการจัดสรรน้ำรายเอนจากแหล่งน้ำไปยังกิจกรรม ของแบบจำลองทั้งสามแบบ ปี พ.ศ.2552 กรณีที่แหล่งน้ำมีปริมาณเท่าเดิม แต่อัตราการมใช้ลดลง	111
33	แสดงการเปรียบเทียบการเข้าถึงเป้าหมายในการจัดสรรน้ำจากแหล่งน้ำไปยังกิจกรรม ของแบบจำลองทั้งสามแบบ ปี พ.ศ.2552 กรณีที่แหล่งน้ำมีปริมาณเท่าเดิม แต่อัตราการมใช้ลดลง	112
34	แสดงการเปรียบเทียบผลการทดสอบแบบจำลองในการจัดสรรน้ำรายเอนจากแหล่งน้ำไปยังกิจกรรม ของแบบจำลองทั้งสามแบบ ปี พ.ศ.2552 กรณีที่แหล่งน้ำมีปริมาณลดลง แต่อัตราการมใช้ลดลง	116
35	แสดงการเปรียบเทียบการเข้าถึงเป้าหมายในการจัดสรรน้ำจากแหล่งน้ำไปยังกิจกรรม ของแบบจำลองทั้งสามแบบ ปี พ.ศ.2552 กรณีที่แหล่งน้ำมีปริมาณลดลง แต่อัตราการมใช้ลดลง	117

รายการตาราง (ต่อ)

ตาราง		หน้า
36	แสดงการเปรียบเทียบผลการทดสอบแบบจำลองในการจัดสรรน้ำรายเดือนจากแหล่งน้ำไปยังกิจกรรมของแบบจำลองทั้งสามแบบ	124
37	แสดงการเปรียบเทียบการเข้าถึงเป้าหมายในการจัดสรรน้ำรายเดือนจากแหล่งน้ำไปยังกิจกรรมของแบบจำลองทั้งสามแบบ	125
38	แสดงการเปรียบเทียบการใช้น้ำโดยแบบจำลองทั้งสามแบบกับการใช้น้ำในปัจจุบัน	135
39	ผลการทดสอบแบบจำลองที่ทุกวัตถุประสงค์มีความสำคัญไม่เท่ากันกรณีที่วัตถุประสงค์แต่ละอย่างมีความสำคัญไม่แตกต่างกันมาก โดยที่แบบจำลองไม่มีการกำหนดปริมาณน้ำบาดาลที่ใช้โดยไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม	137
40	แสดงช่วงของการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำของแหล่งน้ำบาดาลและกิจกรรมอุตสาหกรรม กิจกรรมอาบอบนวด ที่ยอมรับได้ ในการวางแผนการใช้น้ำในปี พ.ศ. 2542	139
41	แสดงการใช้น้ำกรณีที่ทุกวัตถุประสงค์ในการดำเนินงานมีความสำคัญเท่ากัน	144
42	แสดงการใช้น้ำกรณีที่ทุกวัตถุประสงค์ในการดำเนินงานมีความสำคัญไม่เท่ากันและความสำคัญไม่แตกต่างกันมาก	145
43	แสดงการใช้น้ำกรณีที่ทุกวัตถุประสงค์ในการดำเนินงานมีความสำคัญไม่เท่ากันและความสำคัญแตกต่างกันมาก	145

รายการภาพประกอบ

ภาพประกอบ		หน้า
1	แสดงความสัมพันธ์ขององค์ประกอบในระบบ	6
2	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง systems approach และ systems analysis	9
3	แสดงระบบปัญหาของเมือง A, B และ C โดยระบบโครงข่าย	12
4	ระบบโครงข่ายที่แสดงระบบการใช้น้ำในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่	53
5	ระบบโครงข่ายที่แสดงระบบปัญหาการใช้น้ำในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่	57
6	การแสดงตัวแปรต่าง ๆ ลงไปตามความสัมพันธ์ของระบบการใช้น้ำที่แสดงความสัมพันธ์ด้วยระบบโครงข่าย	59
7	ระบบโครงข่ายที่แสดงระบบการใช้น้ำในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่โดยการทดสอบแบบจำลองที่ทุกวัตถุประสงค์มีความสำคัญเท่ากัน	76
8	การเปรียบเทียบผลการทดสอบจากการเปลี่ยนแปลงค่าทางขวามือของแบบจำลองที่ทุกวัตถุประสงค์มีความสำคัญเท่ากัน	80
9	การเปรียบเทียบผลการทดสอบจากการเปลี่ยนแปลงค่าสัมประสิทธิ์ของแบบจำลองที่ทุกวัตถุประสงค์มีความสำคัญเท่ากัน	83
10	ระบบโครงข่ายที่แสดงระบบการใช้น้ำในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่โดยการทดสอบแบบจำลองที่ทุกวัตถุประสงค์มีความสำคัญไม่เท่ากันและความสำคัญไม่แตกต่างกันมาก	88
11	การเปรียบเทียบผลการทดสอบจากการเปลี่ยนแปลงค่าทางขวามือของแบบจำลองที่ทุกวัตถุประสงค์มีความสำคัญไม่เท่ากันและความสำคัญไม่แตกต่างกันมาก	92
12	การเปรียบเทียบผลการทดสอบจากการเปลี่ยนแปลงค่าสัมประสิทธิ์ของแบบจำลองที่ทุกวัตถุประสงค์มีความสำคัญไม่เท่ากันและความสำคัญไม่แตกต่างกันมาก	92
13	ระบบโครงข่ายที่แสดงระบบการใช้น้ำในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่โดยการทดสอบแบบจำลองที่ทุกวัตถุประสงค์มีความสำคัญไม่เท่ากันและความสำคัญแตกต่างกันมาก	94

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ		หน้า
14	การเปรียบเทียบผลการทดสอบจากการเปลี่ยนแปลงค่าทางขวามือของแบบจำลองที่ทุกวัตถุประสงค์มีความสำคัญไม่เท่ากันและความสำคัญแตกต่างกันมาก	99
15	การเปรียบเทียบผลการทดสอบ จากการเปลี่ยนแปลงค่าสัมประสิทธิ์ของแบบจำลองที่ทุกวัตถุประสงค์มีความสำคัญไม่เท่ากันและความสำคัญแตกต่างกันมาก	99
16	การแสดงปริมาณน้ำจากแหล่งน้ำต่างๆ ที่จัดสรรให้แต่ละกิจกรรม ปี พ.ศ. 2552 ในการทดสอบแบบจำลองที่ทุกวัตถุประสงค์มีความสำคัญเท่ากัน กรณีที่แหล่งน้ำมีปริมาณเท่าเดิม แต่อัตราการใช้น้ำเพิ่มมากขึ้น	106
17	การแสดงปริมาณน้ำจากแหล่งน้ำต่างๆที่จัดสรรให้แต่ละกิจกรรม ปี พ.ศ. 2552 ในการทดสอบแบบจำลองที่ทุกวัตถุประสงค์มีความสำคัญไม่เท่ากันและความสำคัญมีความแตกต่างกันไม่มาก ในสถานการณ์ที่แหล่งน้ำมีปริมาณเท่าเดิม แต่อัตราการใช้น้ำเพิ่มมากขึ้น	106
18	การแสดงปริมาณน้ำจากแหล่งน้ำต่างๆที่จัดสรรให้แต่ละกิจกรรม ปี พ.ศ. 2552 ในการทดสอบแบบจำลองที่ทุกวัตถุประสงค์มีความสำคัญไม่เท่ากันและความสำคัญมีความแตกต่างกันมาก ในสถานการณ์ที่แหล่งน้ำมีปริมาณเท่าเดิม แต่อัตราการใช้น้ำเพิ่มมากขึ้น	107
19	การแสดงปริมาณน้ำจากแหล่งน้ำต่างๆ ที่จัดสรรให้แต่ละกิจกรรม ปี พ.ศ. 2552 ในการทดสอบแบบจำลองที่ทุกวัตถุประสงค์มีความสำคัญเท่ากัน กรณีที่แหล่งน้ำมีปริมาณเท่าเดิม แต่อัตราการใช้น้ำลดลง	113
20	การแสดงปริมาณน้ำจากแหล่งน้ำต่างๆ ที่จัดสรรให้แต่ละกิจกรรม ปี พ.ศ. 2552 ในการทดสอบแบบจำลองที่ทุกวัตถุประสงค์มีความสำคัญไม่เท่ากันและความสำคัญมีความแตกต่างกันไม่มาก ในสถานการณ์ที่แหล่งน้ำมีปริมาณเท่าเดิมแต่อัตราการใช้น้ำลดลง	113

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ		หน้า
21	การแสดงปริมาณน้ำจากแหล่งน้ำต่างๆที่จัดสรรให้แต่ละกิจกรรม ปี พ.ศ. 2552 ในการทดสอบแบบจำลองที่ทุกวัตถุประสงค์มีความสำคัญไม่เท่ากัน และความสำคัญมีความแตกต่างกันมากในสถานการณ์ที่แหล่งน้ำมีปริมาณเท่าเดิม แต่อัตราการใช้น้ำลดลง	114
22	การแสดงปริมาณน้ำจากแหล่งน้ำต่างๆ ที่จัดสรรให้แต่ละกิจกรรม ปี พ.ศ. 2552 ในการทดสอบแบบจำลองที่ทุกวัตถุประสงค์มีความสำคัญเท่ากันกรณีที่แหล่งน้ำมีปริมาณลดลง แต่อัตราการใช้น้ำลดลง	118
23	การแสดงปริมาณน้ำจากแหล่งน้ำต่างๆ ที่จัดสรรให้แต่ละกิจกรรม ปี พ.ศ. 2552 ในการทดสอบแบบจำลองที่ทุกวัตถุประสงค์มีความสำคัญไม่เท่ากันและความสำคัญมีความแตกต่างกันไม่มาก ในสถานการณ์ที่แหล่งน้ำมีปริมาณลดลง แต่อัตราการใช้น้ำลดลง	118
24	การแสดงปริมาณน้ำจากแหล่งน้ำต่างๆ ที่จัดสรรให้แต่ละกิจกรรม ปี พ.ศ. 2552 ในการทดสอบแบบจำลองที่ทุกวัตถุประสงค์มีความสำคัญไม่เท่ากันและความสำคัญมีความแตกต่างกันมากในสถานการณ์ที่แหล่งน้ำมีปริมาณลดลง แต่อัตราการใช้น้ำลดลง	119
25	การแสดงปริมาณน้ำจากแหล่งน้ำต่าง ๆ ที่จัดสรรให้แต่ละกิจกรรมในการทดสอบแบบจำลองที่ทุกวัตถุประสงค์สำคัญเท่ากัน	126
26	การแสดงปริมาณน้ำจากแหล่งน้ำต่าง ๆ ที่จัดสรรให้แต่ละกิจกรรมในการทดสอบแบบจำลองที่ทุกวัตถุประสงค์สำคัญไม่เท่ากันและความสำคัญมีความสำคัญแตกต่างกันไม่มาก	126
27	การแสดงปริมาณน้ำจากแหล่งน้ำต่าง ๆ ที่จัดสรรให้แต่ละกิจกรรมในการทดสอบแบบจำลองที่ทุกวัตถุประสงค์สำคัญไม่เท่ากันและความสำคัญมีความสำคัญแตกต่างกันมาก	127
28	การเปรียบเทียบปริมาณน้ำประปาจากผลการทดสอบแบบจำลองทั้งสามแบบ	127

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ		หน้า
29	การเปรียบเทียบปริมาณน้ำบาดาลจากผลการทดสอบแบบจำลองทั้งสามแบบ	128
30	การเปรียบเทียบปริมาณน้ำผิวดินจากผลการทดสอบแบบจำลองทั้งสามแบบ	128
31	ขั้นตอนการสร้างแบบจำลองพื้นฐาน	149
32	ขั้นตอนการนำแบบจำลองไปใช้ในการวางแผนการใช้น้ำ	151

บทที่ 1

บทนำ

ความสำคัญและที่มาของปัญหาทำการวิจัย

ทรัพยากรน้ำเป็นสิ่งสำคัญและมีความจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับความต้องการพื้นฐานของสิ่งมีชีวิตทุกชนิด หากปราศจากซึ่งทรัพยากรน้ำแล้ว สิ่งมีชีวิตทั้งหลายในโลกคงมีชีวิตอยู่ไม่ได้ มนุษย์ต้องใช้น้ำเพื่อการดำรงชีพ ทั้งการอุปโภคบริโภค ตลอดจนใช้น้ำสำหรับผลผลิตทางเกษตรกรรม และการอุตสาหกรรม ทรัพยากรน้ำจึงเป็นปัจจัยหลักของการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคม ซึ่งในอดีตมนุษย์เคยเข้าใจ และคิดว่าน้ำที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ ที่มีอยู่มากมายในวัฏจักรของน้ำนั้นจะพอเพียงแก่ความต้องการของมนุษย์อยู่เสมอ แต่ในความเป็นจริงหาได้เป็นเช่นนั้นไม่ ปัญหาการขาดแคลนน้ำยังคงเกิดขึ้นทุกหนทุกแห่ง และนับวันจะมีมากขึ้นตามจำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้นไม่ว่าจะเป็นเมืองใหญ่ที่มีชุมชนหนาแน่นหรือพื้นที่อันกว้างใหญ่ไพศาลในชนบทต่างก็มีปัญหาด้วยกันทั้งสิ้น (นิวัติ เรืองพานิช , 2533 : 143)

ในอนาคตน้ำจะกลายเป็นปัญหาใหญ่ เป็นทรัพยากรธรรมชาติที่มีแนวโน้มขาดแคลน องค์การสหประชาชาติคาดว่าประเทศในเอเชียจะขาดแคลนทรัพยากรน้ำ ซึ่งปัญหาทรัพยากรก็จะส่งผลกระทบกระเทือนต่อการเจริญเติบโตทางด้านเศรษฐกิจเป็นอย่างมากและประเทศไทยเป็นประเทศหนึ่งที่จะต้องร่วมชะตากรรมนี้ ซึ่งปัญหาการขาดแคลนน้ำของไทยมีแง่มุมมองอยู่สองด้าน ได้แก่ ปัญหาเกิดจากแหล่งน้ำธรรมชาติมีไม่เพียงพอ กับปัญหาที่เกิดจากความไม่รู้จักจัดการกับน้ำที่มีอยู่ในธรรมชาติให้เพียงพอต่อความของประชากร ซึ่งหมายถึง การจัดการอนุรักษ์ป่าที่เป็นแหล่งที่มาของน้ำ การกักเก็บน้ำ การจัดสรรการใช้น้ำ มาตรการประหยัดน้ำ และรักษาคุณภาพน้ำ (อโนทัย อุเทนสุต , 2539 : 29)

ปัจจุบัน เมื่อมองในด้านปริมาณน้ำจากแหล่งน้ำตามธรรมชาติจะพบว่าภาพโดยรวมยังมีอยู่เพียงพอ ดังนั้นปัญหาที่เกิดภาวะขาดแคลน จะมาจากการไม่รู้จักจัดการน้ำอย่างรอบคอบและประหยัด ข้อสรุปนี้จะเห็นได้จากการศึกษาข้อมูลและศักยภาพการพัฒนาลุ่มน้ำ 25 ลุ่มน้ำจะเห็นว่าปี 2537 ลุ่มน้ำทั่วประเทศมีปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยต่อปีถึง 229,795 ล้านลบ.ม. เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับ ความต้องการใช้น้ำของประเทศในปีเดียวกันซึ่งได้ประมาณว่าปี 2537 ไทยใช้น้ำรวมทั้งสิ้น 38,692 ล้านลบ.ม. คิดเป็น 16.83 ของปริมาณน้ำทั้งหมด ภาพรวมของการใช้น้ำไม่ถึง

ร้อยละ 20 ของน้ำท่าเฉลี่ยทั้งหมด จึงถือว่าปัจจุบันมีปริมาณน้ำอยู่เกินพอ แต่ไม่ได้หมายความว่าในพื้นที่เฉพาะหรือบางภาคจะไม่ขาดแคลนน้ำ หากสภาพธรรมชาติสิ่งแวดล้อมเสื่อมโทรมลงหรือเป็นพื้นที่ที่มีการขยายตัวทางด้านเศรษฐกิจ ทางการผลิต ประชากรเพิ่มมากขึ้นและความต้องการน้ำมากเกินปริมาณที่มีอยู่เดิม (อโนทัย อุเทนสุต, 2539 : 35-36)

แนวโน้มการเติบโตในชุมชนเมือง เริ่มเห็นได้ชัดจากการใช้แผนพัฒนาฯ ฉบับที่ 7 พ.ศ.2535-2539 ภายใต้โครงการพัฒนาเมืองหลักภาคใต้ของกระทรวงมหาดไทย ได้มีการพัฒนาพื้นที่บริเวณเมืองสงขลาและเมืองหาดใหญ่ให้เป็นเมืองหลัก โดยมีการจัดตั้งนิคมอุตสาหกรรม โครงการพัฒนาบริการขั้นพื้นฐานทางสาธารณูปโภคที่จำเป็น เพื่อเป็นการรองรับการพัฒนา ให้เป็นศูนย์กลางความเจริญทางด้านเศรษฐกิจ ธุรกิจ อุตสาหกรรม และการท่องเที่ยว สำหรับเทศบาลนครหาดใหญ่มีพื้นที่ 21 ตารางกิโลเมตร ตั้งอยู่ที่ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา เป็นพื้นที่ที่มีความเจริญในทุกด้าน เช่น เป็นศูนย์กลางของธุรกิจการค้า ธุรกิจการบริการ รวมทั้งเป็นศูนย์กลางทางการศึกษาในภาคใต้ ส่งผลให้เทศบาลนครหาดใหญ่มีการขยายตัวอย่างรวดเร็ว จำนวนประชากรก็เพิ่มมากขึ้นตามลำดับและภายในเทศบาลนครหาดใหญ่มีกิจกรรมต่างๆซึ่งมีความต้องการใช้น้ำในการอุปโภคบริโภคเพิ่มขึ้นดังข้อมูลในตาราง 1 และ 2

ตาราง 1 จำนวนประชากรในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่

พ.ศ.	จำนวนคน
2536	154,756
2537	156,062
2538	156,462
2539	157,772
2540	156,575
2541	155,568

ที่มา : สำนักทะเบียนท้องถิ่น เทศบาลนครหาดใหญ่, 2541

ตาราง 2 การประมาณความต้องการใช้น้ำรายปีของอำเภอหาดใหญ่ (ล้านลูกบาศก์เมตร)

กิจกรรม	2529	2533	2543	2553
ประชากรอยู่อาศัย	4.497	7.363	20.060	28.515
สถานศึกษา	0.392	1.479	2.008	2.479
สถานที่ราชการ	3.082	2.432	2.945	3.607
โรงพยาบาล	0.434	0.767	0.790	0.819
ย่านพานิชยกรรม	0.482	0.555	0.742	0.992
อุตสาหกรรม	0.736	1.679	2.802	3.653
โรงแรม	0.121	0.154	0.255	0.376
ที่อยู่อาศัยหนาแน่น/ภัตตาคาร	0.290	0.326	0.439	0.587
ศาสนสถาน/อื่นๆ	0.139	0.160	0.208	0.253
รวม	10.173	14.915	30.250	41.279

ที่มา : C. Lotti & Associati, 1989

จากโครงการพัฒนาเมืองหลักภาคใต้ ทำให้เทศบาลนครหาดใหญ่มีกิจกรรมที่หลากหลายเกิดขึ้นซึ่งแต่ละกิจกรรมมีความต้องการใช้น้ำที่แตกต่างกัน ทั้งทางด้านคุณภาพและปริมาณ เช่น น้ำดิบในการทำประปา น้ำใช้ในกระบวนการผลิตทางอุตสาหกรรม น้ำใช้ในการอุปโภค-บริโภค ฯลฯ ในขณะที่แหล่งน้ำใช้ของเทศบาลนครหาดใหญ่มีดังนี้

แหล่งน้ำธรรมชาติ

1. น้ำผิวดิน ได้แก่ คลองอู่ตะเภา
2. น้ำใต้ดิน ได้แก่ น้ำบาดาล, น้ำบ่อตื้น

แหล่งน้ำที่มนุษย์สร้างขึ้น

น้ำประปา เป็นแหล่งน้ำที่ผลิตน้ำให้กิจกรรมต่าง ๆ ใช้ในการอุปโภคบริโภค ซึ่งในขั้นตอนการผลิตน้ำประปาจะใช้น้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติ

แหล่งน้ำใช้ที่ได้กล่าวถึง มีข้อจำกัดทางด้านปริมาณและคุณภาพ และแหล่งน้ำบางประเภท เช่น น้ำบาดาล ซึ่งขาดการควบคุมดูแลปริมาณน้ำที่ใช้ ทำให้มีการใช้น้ำในปริมาณที่มากเกินกว่าความสามารถในการ recharge โดยธรรมชาติ รวมทั้งการปล่อยของเสียลงสู่แหล่งน้ำจะส่งผลให้คุณภาพของแหล่งน้ำลดลง จากสาเหตุดังกล่าวจะส่งผลให้ค่าใช้จ่ายในการใช้น้ำสูงขึ้น

ในการนำน้ำจากแหล่งน้ำไปใช้ยังแต่ละกิจกรรมจะมีค่าใช้จ่ายที่แตกต่างกัน ซึ่งค่าใช้จ่ายในการใช้น้ำมีดังนี้ (เพ็ญพร เจนการกิจ, 2542 : 5)

ค่าใช้จ่ายในการใช้น้ำ = ค่าใช้จ่ายในการนำน้ำมาใช้ + ค่าใช้จ่ายที่สะท้อนถึงความหายาก + ค่าใช้จ่ายที่ก่อให้เกิดผลกระทบภายนอก

1. ค่าใช้จ่ายในการนำน้ำมาใช้ หมายถึง ค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ที่เกิดโดยตรงจากการนำน้ำมาใช้ เช่น ค่าใช้จ่ายในการพัฒนาน้ำมาใช้ ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและบำรุงรักษา ค่าใช้จ่ายในการขนส่ง และ ค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงคุณภาพ

2. ค่าใช้จ่ายที่สะท้อนถึงความหายาก เช่น ค่าน้ำดิบซึ่งผู้นำมาใช้จะต้องจ่ายให้กับผู้รับผิดชอบ

3. ค่าใช้จ่ายที่ก่อให้เกิดผลกระทบภายนอก เช่น ผู้ใช้น้ำก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมก็จะต้องมีการจ่ายค่าสร้างความเสียหายนี้ให้กับผู้ได้รับผลกระทบ ตามหลักผู้ก่อมลพิษเป็นผู้จ่าย (polluter pay principle)

ปัจจุบันแต่ละกิจกรรมต้องการน้ำใช้ที่มีคุณภาพและพอเพียงแก่ความต้องการและค่าใช้จ่ายในการใช้น้ำจะต้องต่ำที่สุด กิจกรรมต่าง ๆ มีความสามารถในการนำน้ำมาใช้ไม่เท่ากัน กลุ่มกิจกรรมใดมีความสามารถมากกว่าก็จะนำน้ำมาใช้ได้มาก การนำน้ำมาใช้ในกิจกรรมหนึ่ง ก็อาจจะส่งผลกระทบต่อการใช้ประโยชน์จากน้ำในอีกกิจกรรมหนึ่ง ดังเช่น อุตสาหกรรม และ โรงแรม เป็นกิจกรรมที่มีการใช้น้ำในปริมาณมาก จึงมีการเจาะบาดาลนำน้ำขึ้นมาใช้แทนการใช้น้ำประปาเนื่องจากน้ำบาดาลมีคุณภาพดี และสามารถนำมาใช้ได้ในราคาถูก และค่าน้ำบาดาลที่ใช้ต่อหน่วยมีราคาถูกกว่าการนำน้ำประปามาใช้ (ชัยธวัช เสาวพนธ์, 2542 : 4) ซึ่งการใช้น้ำบาดาลในปริมาณมากเกินไป จะส่งผลให้ระดับน้ำใต้ดินลดลงและทำให้เกิดปัญหาการขัดแย้งเรื่องการใช้น้ำกับผู้ใช้น้ำรายอื่น เนื่องจากปริมาณน้ำที่ลดต่ำลง จนไม่สามารถที่จะสูบน้ำขึ้นมาใช้ได้ ในภาพรวมของระบบจะมีค่าใช้จ่ายที่สูงขึ้นในการนำน้ำมาใช้ ถ้าการสูบน้ำบาดาลขึ้นมาใช้มากเกินสมดุลทางธรรมชาติ จะเป็นปัญหาสำคัญที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เช่น ชั้นน้ำสูญเสียคุณภาพ และเกิดแผ่นดินทรุดทำให้เกิดผลกระทบตามมาอีกมากมาย

ภายในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่มีหน่วยงานที่รับผิดชอบเกี่ยวกับการการใช้น้ำอยู่สองหน่วยงาน คือ สำนักงานประปาสงขลารับผิดชอบเกี่ยวกับการผลิตและการขายน้ำประปา ส่วนอีกหน่วยงานก็คือ สำนักงานทรัพยากรธรณีจังหวัดสงขลา กรมทรัพยากรธรณี ซึ่งรับผิดชอบเกี่ยวกับการขุดเจาะน้ำบาดาล และการเก็บค่าน้ำบาดาลจากผู้ใช้ หน่วยงานทั้งสองจะรับผิดชอบดูแลแหล่งน้ำและการใช้น้ำในส่วนที่ตนเองรับผิดชอบ ซึ่งไม่ได้มีการประสานกันในการทำงาน ถ้ามองการใช้น้ำทั้งระบบจะเห็นได้ว่าไม่มีหน่วยงานใดที่รับผิดชอบดูแลการวางแผนการใช้น้ำภายในเขต

เทศบาลนครหาดใหญ่ โดยหน่วยงานนั้นจะจัดสรรน้ำจากทุกๆแหล่งน้ำใช้ไปยังแต่ละกิจกรรม เพื่อให้ทุกกิจกรรมมีน้ำใช้เพียงพอต่อความต้องการ มีความเสมอภาคในการใช้น้ำและค่าใช้จ่ายในการจัดสรรในภาพรวมต่ำสุด จากข้อมูลในตารางที่ 1 และตารางที่ 2 พบว่าแนวโน้มของเทศบาลนครหาดใหญ่จะมีประชากรเพิ่มขึ้น ปริมาณการใช้น้ำก็มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นด้วย ในขณะที่แหล่งน้ำมีปริมาณน้ำคงเดิมและมีแนวโน้มที่จะลดลงถ้าขาดการดูแลบำรุงรักษาสภาพแหล่งน้ำที่ดีพอ และโดยเฉพาะในช่วงฤดูแล้งที่ปริมาณน้ำในแหล่งน้ำมีน้อย เช่น ในปี พ.ศ. 2533 เป็นปีที่ปริมาณน้ำน้อยมากจนเกิดสภาวะน้ำทะเลรุกตัว ทำให้เกิดสภาวะการขาดแคลนน้ำใช้ส่งผลให้เกิดความเดือดร้อนและนำมาสู่ปัญหาการแย่งชิงน้ำที่มีคุณภาพดี ดังนั้นปัญหาการขาดแคลนน้ำและปัญหาการขัดแย้งในการใช้น้ำเป็นปัญหาสำคัญที่มีแนวโน้มที่จะเกิดขึ้นในอนาคต

จากปัญหาดังกล่าวทางเทศบาลนครหาดใหญ่จะต้องมีการจัดการวางแผนการใช้น้ำโดยให้ทุกฝ่ายที่มีส่วนเกี่ยวข้องมาร่วมกันวางแผน เพื่อแก้ไขปัญหาการขาดแคลนน้ำและปัญหาการขัดแย้งเรื่องการใช้น้ำ ซึ่งการวางแผนการใช้น้ำเพื่อที่จัดสรรน้ำจากแหล่งน้ำไปยังกิจกรรมต่าง ๆ ควรมองค์รวมให้เกิดการใช้ประโยชน์ร่วมกัน ทุก ๆ กิจกรรมมีน้ำใช้เพียงพอกับความต้องการและใช้อย่างเสมอภาคโดยไม่ก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อม รวมทั้งการจัดสรรน้ำจะต้องมีค่าใช้จ่ายในภาพรวมต่ำสุด การวางแผนการใช้น้ำอย่างเป็นระบบจะต้องพิจารณาระบบปัญหาซึ่งมีความซับซ้อนเนื่องจาก กิจกรรมที่ใช้น้ำ แหล่งน้ำ มีความแตกต่างกัน และมีเงื่อนไขข้อจำกัดในการตัดสินใจที่หลากหลาย รวมทั้งจะต้องคำนึงถึงการอนุรักษ์สภาพแวดล้อม ซึ่งเป็นเรื่องยากในการหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดในการจัดสรรน้ำโดยผู้วางแผนในการจัดสรรน้ำจากทุก ๆ แหล่งน้ำไปยังกิจกรรมโดยจะต้องบรรลุวัตถุประสงค์ และเงื่อนไขต่าง ๆ ที่ตั้งไว้

ด้วยเหตุผลที่กล่าวมา ทำให้ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะศึกษา การประยุกต์ระบบโครงข่ายในการวางแผนการใช้น้ำภายในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ ซึ่งในการศึกษาจะทำการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ซึ่งอาศัยหลักการวิเคราะห์ระบบปัญหาและแสดงความสัมพันธ์ด้วยระบบโครงข่าย โดยที่แบบจำลองทางคณิตศาสตร์จะช่วยในการหาคำตอบในการจัดสรรทรัพยากรที่เหมาะสมที่สุด และช่วยให้เกิดความสะดวก เนื่องจากแบบจำลองจะแทนสภาพความเป็นจริงที่ยุ่งยาก และหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดเมื่อเรากำหนดวัตถุประสงค์ ข้อจำกัด และเงื่อนไขต่างๆ ที่ต้องการภายในระบบ ซึ่งเราสามารถที่จะเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของผลที่จะเกิดขึ้นได้ ดังนั้นจะส่งผลให้การจัดสรรน้ำจากแหล่งน้ำไปใช้ในแต่ละกิจกรรมนั้นเกิดความยุติธรรม ซึ่งจะนำไปสู่การลดการเกิดปัญหาการขัดแย้งในการใช้น้ำ และลดผลกระทบต่อแหล่งน้ำ ภายในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. เอกสารที่เกี่ยวข้อง

1.1 ระบบ (System)

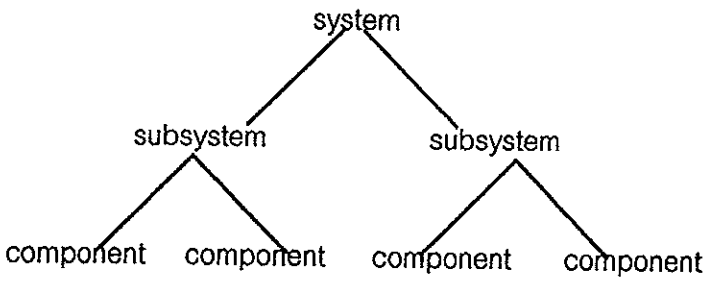
ระบบ หมายถึง ส่วนใดส่วนหนึ่งของสิ่งที่เราสนใจจะศึกษา โดยระบุขอบเขตที่แน่นอน ซึ่งขอบเขตนี้อาจจะมีจริงหรือสมมติขึ้นก็ได้ ส่วนที่เหลือทั้งหมดจากระบบเรียกว่า สิ่งแวดล้อม ระบบอาจจะมีการแลกเปลี่ยนสิ่งต่างๆ กับสิ่งแวดล้อม สิ่งแวดล้อมนี้อาจจะมองว่าเป็นอีกระบบหนึ่งก็ได้ ขึ้นกับว่าเรามองสิ่งใดเป็นระบบสิ่งที่เหลือก็จะเป็นสิ่งแวดล้อม ระบบแบ่งได้ 3 ประเภทดังนี้ (สมบัติ พุทธจักร, 2532 : 2)

1.1.1 ระบบปิด (closed system) คือ ระบบที่มีขอบเขตล้อมรอบ ซึ่งมวลของระบบไม่สามารถถ่ายเทกับสิ่งแวดล้อมได้ แต่พลังงานสามารถถ่ายเทกับสิ่งแวดล้อมได้

1.1.2 ระบบเปิด (open system) คือ ระบบที่มวลและพลังงานของระบบสามารถถ่ายเทกับสิ่งแวดล้อมได้

1.1.3 ระบบโดดเดี่ยว (isolated system) คือ ระบบที่ทั้งมวลและพลังงานไม่สามารถถ่ายเทกับสิ่งแวดล้อมได้

ในระบบประกอบด้วยองค์ประกอบ (component) ที่มีความหลากหลาย และอาจมีหน้าที่แตกต่างกัน แต่ละองค์ประกอบมีความเกี่ยวข้องกันโดยรูปแบบบางชนิด เช่น มีความเกี่ยวข้องเชื่อมโยงภายในองค์ประกอบ หรือมีความเกี่ยวข้องระหว่างองค์ประกอบ ซึ่งองค์ประกอบเหล่านี้จะตอบสนองต่อสิ่งที่เข้าไปในระบบ (input) และจะแสดงผลที่มีรูปแบบเฉพาะออกมาจากระบบ (output) บางครั้งองค์ประกอบอาจเป็นระบบ โดยตัวมันเองก็ได้หรืออาจจะเป็นระบบย่อย (subsystem) ในระบบที่ใหญ่กว่า ดังแสดงในภาพประกอบ 1



ภาพประกอบ 1 แสดงความสัมพันธ์ขององค์ประกอบในระบบ
ที่มา : Jewell, 1986 : 12

การเข้าใจว่าระบบประกอบไปด้วยอะไรบ้าง สามารถช่วยให้เราทราบปัญหา เข้าใจเหตุและผลของปัญหาได้อย่างครอบคลุม เราสามารถใช้แนวทางหรือวิธีการเชิงระบบ (system approach) และการวิเคราะห์ระบบ (system analysis) ในการหาคำตอบ และถ้าสามารถเข้าใจระบบและความสัมพันธ์ภายในระบบก็จะสามารถหาคำตอบที่ดีที่สุดได้ (optimal) แต่ถ้าในระบบที่ซับซ้อนมากๆคำตอบที่ได้อาจเป็นแค่เกือบจะดีที่สุด (near optimal) (Jewell, 1986 : 12-15)

1.2 **แนวทางหรือวิธีการเชิงระบบ** (System Approach)

แนวทางหรือวิธีการเชิงระบบ คือ เทคนิคการแก้ปัญหา ที่ต้องการบรรลุวัตถุประสงค์ในการวางแผนและออกแบบ ในการออกแบบที่ดีควรประกอบด้วยความเป็นเหตุเป็นผลและแนวทางหรือวิธีการเชิงระบบ ที่ซึ่ง สมมติฐาน เป้าหมาย วัตถุประสงค์ และ เกณฑ์ ถูกอธิบายอย่างชัดเจน ทั้งหมดจะมีความเกี่ยวข้องเชื่อมโยงและนำไปปฏิบัติได้ตามเป้าหมาย ในระบบที่มีความซับซ้อนในการวิเคราะห์เราจะต้องมองแต่ละองค์ประกอบหรือระบบย่อย และวิเคราะห์ออกมาในรูปเชิงปริมาณและไม่เป็นเชิงปริมาณ รวมทั้งมีการหาทางเลือก (Alternative) ออกมา

แนวทางหรือวิธีการเชิงระบบ จะทำการศึกษาองค์ประกอบ และความเกี่ยวข้องขององค์ประกอบต่างๆ ในระบบเพื่อที่จะบอกถึง สาเหตุและผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นภายในระบบ ซึ่งเป็นวิธีการแนวทางช่วยให้คนมีเหตุมีผล จะช่วยให้เราดำเนินการได้ถูกต้องในการจะบรรลุเป้าหมายที่วางไว้ นั้นคือ การเป็นเค้าโครงสำหรับการวิเคราะห์และตัดสินใจ ไม่ได้เป็นการแก้ปัญหา แต่จะช่วยให้ผู้ตัดสินใจยอมรับวิธีการแก้ปัญหา หาคำตอบอย่างมีเหตุมีผล ในการนำแนวทางหรือวิธีการเชิงระบบไปประยุกต์ใช้ ผู้ตัดสินใจไม่ควรมองที่ปัญหาเพียงอย่างเดียวแต่ควรจะมองที่อดีตของปัญหาและพยายามที่จะทำนายอนาคตเพื่อการดำเนินการแก้ไขหาคำตอบ และมองผลที่จะเกิดตามมาของการแก้ไขปัญหา

ขั้นตอนแนวทางหรือวิธีการเชิงระบบประกอบด้วย

1.2.1 การให้คำนิยามหรือความหมายของปัญหา (Definition of the problem)

1.2.2 การรวบรวมข้อมูล (Gathering of data)

1.2.3 การพัฒนาเกณฑ์ในการประเมินทางเลือก(Development of criteria for evaluating alternative)

1.2.4 การสร้างทางเลือก (Formulation of alternative)

1.2.5 การหาค่าของทางเลือก (Evaluation of alternative)

1.2.6 การเลือกทางเลือกที่ดีที่สุด (Choosing the best alternative)

การเข้าใจว่าระบบประกอบไปด้วยอะไรบ้าง สามารถช่วยให้เราทราบปัญหา เข้าใจเหตุและผลของปัญหาได้อย่างครอบคลุม เราสามารถใช้แนวทางหรือวิธีการเชิงระบบ (system approach) และการวิเคราะห์ระบบ (system analysis) ในการหาคำตอบ และถ้าสามารถเข้าใจระบบและความสัมพันธ์ภายในระบบก็จะสามารถหาคำตอบที่ดีที่สุดได้ (optimal) แต่ถ้าในระบบที่ซับซ้อนมากๆคำตอบที่ได้อาจเป็นแค่เกือบจะดีที่สุด (near optimal) (Jewell, 1986 : 12-15)

1.2 แนวทางหรือวิธีการเชิงระบบ (System Approach)

แนวทางหรือวิธีการเชิงระบบ คือ เทคนิคการแก้ปัญหา ที่ต้องการบรรลุวัตถุประสงค์ในการวางแผนและออกแบบ ในการออกแบบที่ดีควรประกอบด้วยความเป็นเหตุเป็นผลและแนวทางหรือวิธีการเชิงระบบ ที่ซึ่ง สมมติฐาน เป้าหมาย วัตถุประสงค์ และ เกณฑ์ ถูกอธิบายอย่างชัดเจน ทั้งหมดจะมีความเกี่ยวข้องเชื่อมโยงและนำไปปฏิบัติได้ตามเป้าหมาย ในระบบที่มีความซับซ้อนในการวิเคราะห์เราจะต้องมองแต่ละองค์ประกอบหรือระบบย่อย และวิเคราะห์ออกมาในรูปเชิงปริมาณและไม่เป็นเชิงปริมาณ รวมทั้งมีการหาทางเลือก (Alternative) ออกมา

แนวทางหรือวิธีการเชิงระบบ จะทำการศึกษาองค์ประกอบ และความเกี่ยวข้องขององค์ประกอบต่างๆ ในระบบเพื่อที่จะบอกถึง สาเหตุและผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นภายในระบบ ซึ่งเป็นวิธีการแนวทางช่วยให้คนมีเหตุมีผล จะช่วยให้เราดำเนินการได้ถูกต้องในการจะบรรลุเป้าหมายที่วางไว้ นั้นคือ การเป็นเค้าโครงสำหรับการวิเคราะห์และตัดสินใจ ไม่ได้เป็นการแก้ปัญหา แต่จะช่วยให้ผู้ตัดสินใจยอมรับวิธีการแก้ปัญหา หาคำตอบอย่างมีเหตุมีผล ในการนำแนวทางหรือวิธีการเชิงระบบไปประยุกต์ใช้ ผู้ตัดสินใจไม่ควรมองที่ปัญหาเพียงอย่างเดียวแต่ควรจะมองที่อดีตของปัญหาและพยายามที่จะทำนายอนาคตเพื่อการดำเนินการแก้ไขหาคำตอบ และมองผลที่จะเกิดตามมาของการแก้ไขปัญหา

ขั้นตอนแนวทางหรือวิธีการเชิงระบบประกอบด้วย

1.2.1 การให้คำนิยามหรือความหมายของปัญหา (Definition of the problem)

1.2.2 การรวบรวมข้อมูล (Gathering of data)

1.2.3 การพัฒนาเกณฑ์ในการประเมินทางเลือก(Development of criteria for evaluating alternatives)

1.2.4 การสร้างทางเลือก (Formulation of alternatives)

1.2.5 การหาค่าของทางเลือก (Evaluation of alternatives)

1.2.6 การเลือกทางเลือกที่ดีที่สุด (Choosing the best alternatives)

1.2.7 การออกแบบขั้นสุดท้าย/การดำเนินการของแผน (Final design / plan implementation)

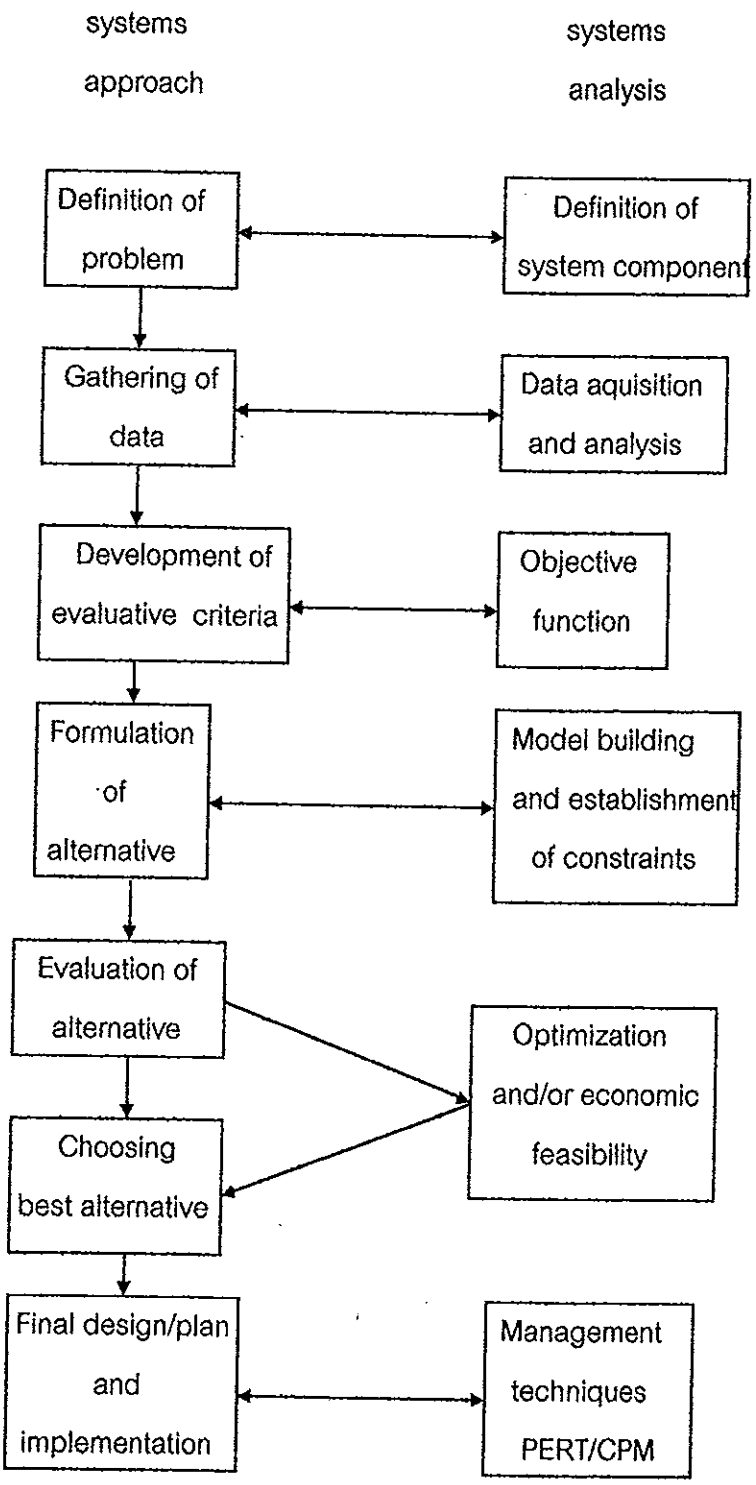
แนวทางหรือวิธีการเชิงระบบช่วยให้เข้าใจปัญหา ที่มาของปัญหา และผลของปัญหาชัดเจนยิ่งขึ้น (Jewell ,1986 : 12-15)

1.3 การวิเคราะห์ระบบ (Systems Analysis)

การวิเคราะห์ระบบ จัดเป็นเครื่องมือที่ช่วยให้แนวทางหรือวิธีการเชิงระบบมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น แต่ในบางครั้งอาจทำให้เกิดข้อผิดพลาดได้ ซึ่งก็เหมือนกับเครื่องมือทั่วไปที่เราจะต้องเข้าใจการใช้ ซึ่งการวิเคราะห์ระบบจะเกี่ยวข้องกับ การใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Model) และเทคนิคการแก้ปัญหา (solution technique) การหาคำตอบของปัญหาจะกระทำด้วยความเป็นเหตุเป็นผล ซึ่งแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และเทคนิคการแก้ปัญหาจะนำมาใช้เพื่อการวิเคราะห์เชิงปริมาณของระบบ ในการเปรียบเทียบทางเลือก ในการดำเนินการออกแบบ, การก่อสร้าง, การจัดการเชิงระบบเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ ฯลฯ

ในการใช้การวิเคราะห์ระบบจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องวิเคราะห์ ระบบ, ระบบย่อย, องค์ประกอบ และความเกี่ยวข้องขององค์ประกอบต่างๆในปัญหา ซึ่งการวิเคราะห์ระบบจะช่วยให้เราเข้าใจธรรมชาติและลักษณะของปัญหา และทำนายสิ่งที่จะเกิดขึ้น เมื่อเราเปลี่ยนสิ่งที่เข้าไปในระบบ โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ช่วยในการหาคำตอบ การวิเคราะห์ระบบไม่สามารถแทนที่แนวทางหรือวิธีการเชิงระบบ แต่ควรจะดำเนินการไปด้วยกัน เพื่อทำให้เข้าใจปัญหาและวิธีการจัดการอย่างมีประสิทธิภาพ ดังเช่นที่แสดงในภาพประกอบ 2 (Jewell, 1986 : 27-28)

การศึกษาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของระบบ พบว่ามีความเกี่ยวข้องเชื่อมโยง ระหว่างองค์ประกอบต่างๆ ภายในระบบมากมาย จากการศึกษาพบว่า มีวิธีการที่จะแสดงความสัมพันธ์ภายในระบบได้หลายวิธี ระบบโครงข่าย ก็เป็นอีกวิธีการหนึ่งที่จะแสดงความสัมพันธ์ต่างๆ ให้เราเข้าใจได้ง่าย



ภาพประกอบ 2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง systems approach และ systems analysis
ที่มา : Jewell , 1986 : 6

1.4 ระบบโครงข่าย (System Network)

ระบบโครงข่ายเป็นวิธีการแสดงความสัมพันธ์ภายในระบบ โดยการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ความเกี่ยวข้องเชื่อมโยงขององค์ประกอบ และแสดงความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ โดยระบบโครงข่าย ซึ่งเป็นการแสดงให้เห็นด้วยสายตา และเข้าใจด้วยความคิด นำไปสู่การเข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างเหตุการณ์ และสิ่งต่างๆ ภายในระบบ ระบบโครงข่ายถูกนำไปใช้เป็นตัวแทนแสดงความสัมพันธ์ของระบบมากมาย เช่น ระบบแม่น้ำ , แบบจำลองการแพร่กระจาย , ลำดับของเหตุการณ์ , แผนผังขององค์กร , การขนส่ง ฯลฯ (Phillips, 1981 : 3-5)

1.4.1 การใช้ระบบโครงข่ายมีข้อดีดังนี้คือ (Phillips, 1981 : 5)

1.4.1.1 การนำเสนอระบบโครงข่ายเล็กๆ ที่ไม่ยุ่งยาก และนำมาผสมผสานเพื่อใช้แสดงแทนระบบใหญ่ที่ยุ่งยาก

1.4.1.2 การอธิบายกระบวนการหรือขั้นตอนต่างๆ ในการดำเนินการเชิงระบบจะง่ายและชัดเจนเนื่องจากแสดงเป็นรูปภาพ

1.4.1.3 การสื่อสารกับผู้อื่นในการดำเนินการเชิงระบบ จะง่ายต่อการเข้าใจ

1.4.1.4 เป็นจุดเริ่มต้นของการวิเคราะห์และการดำเนินการเชิงระบบ

ในการใช้ระบบโครงข่ายแสดงความสัมพันธ์ภายในระบบ ได้นำความสัมพันธ์ระหว่าง โครงข่าย กราฟ มาช่วยซึ่งจะช่วยให้สามารถเข้าใจและวิเคราะห์ระบบปัญหาได้ง่ายขึ้น โดยอาศัยการประยุกต์ทฤษฎีทางกราฟ (graph theory)

1.4.2 คำจำกัดความ กราฟ และ โครงข่าย

ยอดดวง พันธ์นรา (2532 :5-7) ได้ให้คำจำกัดความทั่วไปเกี่ยวกับกราฟและโครงข่าย ซึ่งสามารถ สรุปได้ดังนี้

1.4.2.1 กราฟ (Graph) หมายถึงระบบที่ประกอบด้วยกลุ่มหรือชุดของจุดยอดหรือ จุดเชื่อม (Node) และกลุ่มของเส้นเชื่อมเรียกว่า Arc หรือ Edge เขียนเป็นสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ด้วย Set ดังนี้

$$G = (N,E) \text{ หรือ } G' = (N, A)$$

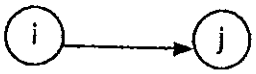
กราฟมีอยู่ 2 แบบคือ แบบไม่มีทิศทางจะแทนด้วย G ซึ่งประกอบด้วยจุดเชื่อม คือ Node (N) และเส้นเชื่อมไม่กำหนดทิศทาง คือ Edge (E) แบบที่ 2 เป็นแบบที่แสดงทิศทาง

การเดินด้วยเรียก Digraph (G′) โดยมีเส้นเชื่อมแสดงลูกศรบอกทิศทางด้วยคือ Arc (A) ซึ่งอาจมีเพียงทิศทางเดียวหรือสองทิศทางก็ได้

1.4.2.2 จุดเชื่อม (Node) จะมีความหมายแทนชุมทางของระบบขนส่ง สถานีส่งกำลังไฟฟ้าในระบบการจ่ายกระแสไฟฟ้า สนามบินในระบบการขนส่งทางอากาศหรือชุมทางโทรศัพท์ในระบบโทรคมนาคม ฯลฯ

1.4.2.3 เส้นเชื่อม (Edge หรือ Arc หรือ Transmittance) จะมีความหมายแทนถนนสายไฟฟ้า เส้นทางบินทางอากาศ หรือสายโทรศัพท์ ในหลายกรณีเส้นเชื่อมอาจจะมีความหมายเพียงแค่แทนสิ่งที่แสดงลำดับขั้นตอนของงาน หรือแสดงความสัมพันธ์ของจุดเชื่อมต่าง ๆ เท่านั้น เส้นเชื่อมแบ่งเป็น 2 ลักษณะคือ

ก. เส้นเชื่อมทิศทางเดียว (Directional) คือ ระยะทางไปแล้วย้อนกลับมีค่าไม่เท่ากัน มีความหมายทางคณิตศาสตร์ คือ

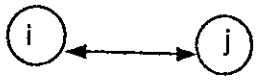


$d_{ij} \neq d_{ji}$

d_{ij} = ระยะทางจากจุด i ไปยังจุด j

d_{ji} = ระยะทางจากจุด j ไปยังจุด i

ข. เส้นเชื่อม 2 ทิศทาง (Non-direction) คือ ระยะทางไปและย้อนกลับมีค่าเท่ากันมีความหมายทางคณิตศาสตร์คือ



$d_{ij} = d_{ji}$

1.4.2.4 โครงข่าย (Network) คือ กราฟที่มีค่ากำหนดให้เส้นเชื่อมมีค่า ซึ่งค่านั้นเราเรียกว่าน้ำหนัก (Weight) ของเส้นเชื่อม เช่น ข่ายงานของระบบขนส่ง ถ้าเส้นเชื่อมหมายถึงถนน น้ำหนักจะหมายถึงความยาวของถนน, ถ้าเส้นเชื่อมหมายถึงช่องทางการขนส่งสินค้าจากแหล่งหนึ่งไปยังอีกแหล่งหนึ่ง น้ำหนักจะหมายถึง ปริมาณสินค้าที่ส่งผ่านช่องทางนั้นได้ การให้ความหมายจะขึ้นกับการประยุกต์ใช้

1.4.2.5 เส้นทาง (Path) คือ กราฟต่อเนื่องจากจุดเชื่อมหนึ่งไปยังจุดเชื่อมใด ๆ ซึ่งประกอบขึ้นจากเส้นเชื่อมระหว่างจุดเชื่อมกลุ่มนั้น

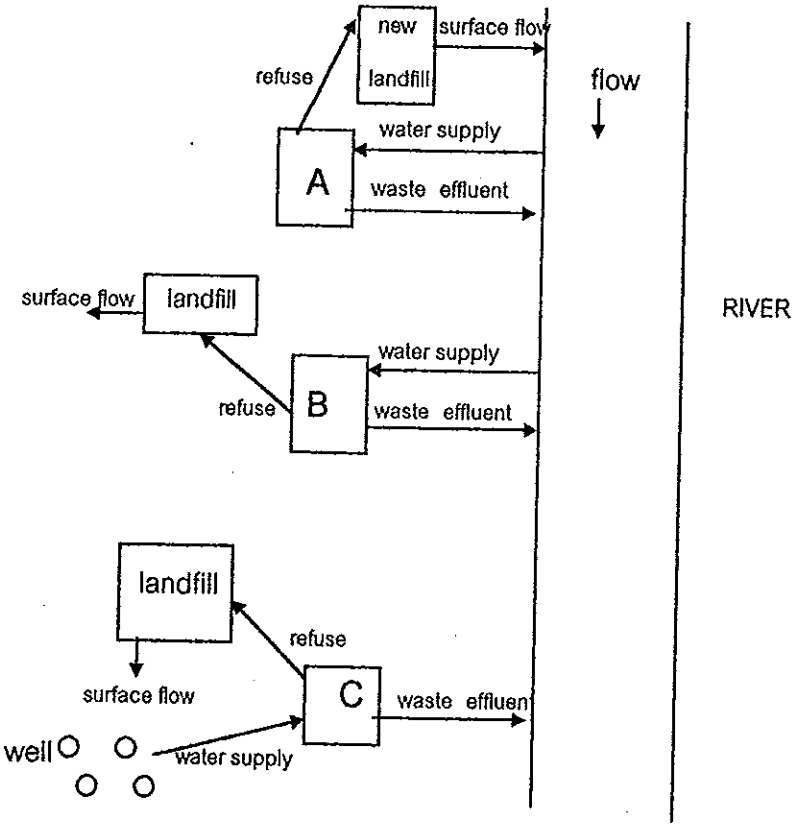
<u>ตัวอย่าง</u> มีเมือง 3 เมือง คือ A,B และ C ตั้งอยู่ริมแม่น้ำสายหนึ่ง ซึ่งทั้งสามเมืองใช้น้ำจากแม่น้ำสายเดียวกันในการอุปโภค บริโภค และปล่อยน้ำทิ้งลงสู่ แม่น้ำ ต่อมาพบว่า

เมือง C ปริมาณน้ำที่ใช้ลดลงและมีคุณภาพต่ำ

เมือง A ใช้น้ำจากแม่น้ำในการอุปโภค บริโภค และปิดที่ฝังกลบขยะเก่า แล้วเปิดใช้ที่ฝังกลบขยะใหม่ซึ่งใกล้กับแม่น้ำส่งผลให้เกิดการซึมผ่านของสารมลพิษลงสู่แหล่งน้ำ

เมือง B มีแหล่งฝังกลบขยะ 1 แห่ง แต่ไกลจากแหล่งน้ำ

ดังนั้นเมือง C จึงเปลี่ยนมาใช้น้ำจากบ่อแทน แต่พบว่ามีการปนเปื้อน ซึ่งมีสาเหตุมาจากแหล่งฝังกลบขยะ ซึ่งสามารถแสดงระบบปัญหาของเมืองทั้ง 3 เมืองโดยการใช้ ระบบโครงข่าย (system network) ดังภาพประกอบ 3



ภาพประกอบ 3 แสดงระบบปัญหาของเมือง A,B และ C โดยระบบโครงข่าย

ที่มา : Jewell, 1986 : 26

ระบบโครงข่ายจัดเป็นแบบจำลองชนิดหนึ่ง ซึ่งเป็นแบบจำลองที่ใช้รูป หรือสัญลักษณ์บรรยายลักษณะ ของระบบปัญหาที่กำลังสนใจแต่ไม่สามารถที่จะทำนายสิ่งที่จะเกิดขึ้นได้ หรือหาคำตอบที่ดีที่สุดได้ จากการศึกษาพบว่าแบบจำลองมีหลายแบบด้วยกันซึ่งขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของผู้ใช้ว่าต้องการนำแบบจำลองแบบใดไปใช้ประโยชน์

1.5 แบบจำลอง (Models)

แบบจำลอง เป็นรูปแบบตัวแทนของปัญหา และสะดวกต่อการวิเคราะห์เชิงปริมาณ โดยสามารถทำการได้อย่างรวดเร็วเป็นระบบ มีการหาค่าของทางเลือก ข้อมูลต่างๆถูกดำเนินการโดยแบบจำลอง และสามารถนำไปทำนายแนวโน้มในอนาคต ใช้ในการตัดสินใจวางแผนและออกแบบแบบจำลองซึ่งใช้ในการวิเคราะห์ระบบเพื่อศึกษาและทำนายสิ่งที่จะตอบสนองจากระบบเมื่อมีสิ่งต่างๆใส่เข้าไปในระบบ โดยไม่ต้องทดลองใช้กับระบบจริง ในกรณีที่ระบบถูกสมมติว่าเป็นตัวแทนของระบบจริง ในการออกแบบแบบจำลองจะถูกสร้างขึ้นมา เพื่อให้เป็นไปตามเป้าหมายที่วางไว้เป็นเหมือนตัวแทนของสิ่งที่เราต้องการ (Whitehouse, 1973 : 4 quoting Murdick and Ross, 1971)

การที่แบบจำลองจะถูกยอมรับ จะต้องมีการพัฒนาแบบจำลองให้มีสภาพใกล้เคียงความเป็นจริงมากที่สุด เพื่อที่จะนำไปใช้ประโยชน์ และผู้พัฒนาแบบจำลองจะต้องตะหนักถึงข้อด้อยทางทฤษฎีหรือ ความแตกต่างของข้อมูล และจะต้องไม่พยายามปิดบังปัญหานี้ ซึ่งในความเป็นจริงไม่มีแบบจำลองใด ที่จะแทนสภาพความเป็นจริงได้ครบถ้วน

1.6 การพัฒนาแบบจำลอง (Development of Models)

แบบจำลองจะช่วยอธิบายให้เข้าใจระบบได้ง่ายไม่ยุ่งยากในขณะเดียวกันจะต้องมีการพัฒนาแบบจำลองเพื่อที่จะได้วิธีการที่จะวัดการบรรลุวัตถุประสงค์ของระบบที่ได้จำลองแบบขึ้นมา และมีการหาทางเลือกในการจัดการที่ดีที่สุด

1.6.1 เกณฑ์ในการประเมิน (Evaluative Criteria)

เกณฑ์ในการประเมินเป็นเครื่องมือที่วัดระดับของการบรรลุวัตถุประสงค์ (objective function) เกณฑ์เหล่านี้เป็นสิ่งจำเป็นในการวัดประสิทธิผล (effectiveness) และประสิทธิภาพ (efficiency) เมื่อมีการจัดลำดับความสำคัญของทางเลือกหรือการตัดสินใจ ถ้าเป็นไปได้ การหาค่าเกณฑ์ในการประเมินควรเป็นเชิงปริมาณ ค่าเกณฑ์ของปัญหาเฉพาะจะถูกเลือกขึ้นมามีอิทธิพลและมีนัยสำคัญในการพัฒนาเงื่อนไขของปัญหา และทางเลือก (alternative) ที่เป็นไปได้

ในการหาคำตอบ ปัญหาอาจจะมีมากกว่าหนึ่งวัตถุประสงค์ในการจัดการได้ ปัญหาที่มีการวิเคราะห์ออกมาว่ามีหลายวัตถุประสงค์ก็จะต้องมีหลายเกณฑ์เช่นกัน ซึ่งเกณฑ์หลายอย่างจะถูกดำเนินการรวบรวมและแสดงผ่านแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ และมีการหาค่าโดยการใช้เทคนิคการวิเคราะห์พหุวัตถุประสงค์ สมการวัตถุประสงค์ก็เป็นรูปแบบของเกณฑ์ในการประเมิน ซึ่งใช้ในปัญหาที่ต้องการคำตอบที่เหมาะสมที่สุด (optimization problem) เป็นการวัดประสิทธิผลของระบบซึ่งแสดงโดยแบบจำลองที่ให้คำตอบที่ดีที่สุด (Optimization Model) (Jewell, 1986 : 109-110)

1.6.2 ทางเลือก (Alternative)

ในระหว่างการพัฒนาของเกณฑ์ในการประเมิน สิ่งสำคัญที่จะต้องทำคือ การพิจารณาเบื้องต้นเกี่ยวกับทางเลือกที่เป็นไปได้ ซึ่งจะแสดงให้เห็นว่าโครงการนั้นคุ้มค่าหรือไม่ และจะต้องพิจารณาการประหยัดเวลารวมทั้งสามารถที่จะกระทำได้จริง ทางเลือกที่เป็นไปได้จะต้องมีการพิจารณาขอบเขตของปัญหาและอยู่ในนิยามของปัญหา ทางเลือกแบ่งได้ 2 ชนิดดังนี้ (Jewell, 1986 : 110-111)

1.6.2.1 ทางเลือกของสิ่งแวดล้อมในการออกแบบระบบ (Scenario alternative) จัดทำขึ้นมาจากข้อมูล

1.6.2.2 ทางเลือกของคำตอบ (Alternative optimal solution)

การพัฒนาแบบจำลองเชิงระบบ ประกอบด้วยเกณฑ์ในการประเมิน (evaluative criteria) และแบบจำลองที่ดำเนินการหาทางเลือก (alternatives) ภายใต้เกณฑ์ในการประเมิน และมีการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้เป็นเกณฑ์ในการประเมินหาทางเลือกเพื่อจะนำไปสู่การปฏิบัติ (Jewell, 1986 : 109)

1.7 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical model)

แบบจำลองคณิตศาสตร์ คือ การจำลองสถานการณ์ ปรากฏการณ์ หรือสภาพการข้อเท็จจริงต่าง ๆ ออกมาในรูปของชุดสมการคณิตศาสตร์ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ของตัวแปรต่าง ๆ อันเป็นตัวแปรที่ต้องการการตัดสินใจ แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ส่วนใหญ่จะถูกนำมาใช้ในการทำนายปรากฏการณ์ที่จะเกิดขึ้นหรือใช้ในการควบคุมการดำเนินงานขององค์กร แม้ว่าแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ จะพยายามจำลองสถานการณ์ที่เป็นจริงให้ใกล้เคียงที่สุดแล้วก็ตาม แต่แบบจำลองลักษณะนี้ไม่อาจจำลองแบบของจริงได้อย่างครบถ้วน ดังนั้นการประยุกต์ใช้จะต้องคำนึงถึงประเด็นนี้เอาไว้ด้วย (สมคิด แก้วสนธิ, 2530 : 7) อย่างไรก็ตาม แบบจำลองทาง

คณิตศาสตร์ ก็มีข้อได้เปรียบตรงที่เป็นวิธีการที่สามารถนำมาวิเคราะห์ ทำนาย ควบคุม หรือออกแบบสถานการณ์ที่ซับซ้อนยุ่งยากที่จะดำเนินการด้วยวิธีทั่วไป แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ถูกนำมาใช้ในการวางแผน / การจัดการมีหลายรูปแบบด้วยกัน ที่เก่าแก่และยังคงมีผู้ใช้อยู่จนถึงปัจจุบัน คือ แบบจำลองที่มีที่มาจากโปรแกรมเชิงเส้นตรง

1.8 แบบจำลองที่ให้คำตอบที่ดีที่สุด (Optimization Model)

แบบจำลองที่ให้คำตอบที่ดีที่สุด คือ แบบจำลองที่มีรูปแบบที่ชัดเจน และแนะวิธีที่ดีที่สุดของการดำเนินการเชิงระบบ (system operation) ซึ่งการหาคำตอบที่ดีที่สุดจะต้องพิจารณาข้อจำกัดต่างๆ รวมทั้งพิจารณาสมการวัตถุประสงค์ที่มีการวัดระดับการบรรลุวัตถุประสงค์ สมการวัตถุประสงค์จะเป็นได้ทั้งแบบสมการเชิงเส้นตรง และสมการที่ไม่เป็นเชิงเส้นตรง ตัวแปรต่างๆจะถูกควบคุมโดยเงื่อนไขของระบบที่กำหนดในรูปสมการทางคณิตศาสตร์ ถึงแม้แบบจำลองจะให้คำตอบที่ดีที่สุดแต่จริงๆแล้วการพิจารณาตัดสินใจจะขึ้นกับผู้ตัดสินใจและต้องอาศัยผู้มีประสบการณ์ช่วยในการตัดสินใจ (Jewell, 1986 : 137)

แบบจำลองจะประกอบด้วย

1. สมการวัตถุประสงค์ (objective function)
2. สมการเงื่อนไข (constrain)
3. ตัวแปรตัดสินใจ (decision variable)
4. ตัวชี้วัด (parameter)

รูปแบบทั่วไปแสดงได้ดังนี้ (Eppen, Gould and Schmidt, 1988 : 32)

สมการวัตถุประสงค์ Max or Min $F(x_1,x_2,\ldots,x_n)$

สมการเงื่อนไข

$$g_1(x_1,x_2,\ldots,x_n) \quad \geq, =, \leq \quad b_1$$
$$g_2(x_1,x_2,\ldots,x_n) \quad \geq, =, \leq \quad b_2$$
$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$
$$g_m(x_1,x_2,\ldots,x_n) \quad \geq, =, \leq \quad b_m$$

โดยที่ $F(x)$ = ฟังก์ชั่นของสมการวัตถุประสงค์ (objective function)

$g_1,\ldots,g_m$ = ฟังก์ชั่นของสมการเงื่อนไข (constraints function)

$x_1\ldots, x_n$ = ตัวแปรตัดสินใจ (decision variables)

$b_1 ..., b_n$ = ค่าของเงื่อนไข

m = จำนวนเงื่อนไข

n = จำนวนตัวแปรอิสระในแบบจำลอง

1.8.1 แบบจำลองโปรแกรมเชิงเส้นตรง (Linear Programming Model)

แบบจำลองโปรแกรมเชิงเส้นตรง เป็นเทคนิคในการแก้ปัญหาทางการจัดสรรทรัพยากรที่มี หรือเสมือนมีลักษณะความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องเป็นเชิงเส้นตรง (all linear function) โดยส่วนใหญ่มีจุดมุ่งหมายเพื่อแก้ปัญหาให้เกิดผลตามแนวทางการดำเนินงานที่เหมาะสมที่สุด ที่ให้ผลประโยชน์มากที่สุดต่อระบบนั้นๆ ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดให้ การโปรแกรมเชิงเส้นตรงในการแก้ปัญหาใช้กันอย่างกว้างขวางมาก เช่น การจัดสรรทรัพยากรเพื่อการผลิต การจัดสรรกำลังคน การจัดสรรงบประมาณ การเลือกแนวทางในการขนส่ง และปัญหาอื่นๆอีกมากมาย (วิจิตร ตัณฑสุทธิ์, 2531 : 21)

1.8.1.1 ลักษณะของปัญหาที่อาจใช้แบบจำลองเชิงเส้นตรง ในการวิเคราะห์หาคำตอบได้ (สมบูรณ์ เจริญจิระตระกูล, 2535 : 2)

ก. ปัญหานั้นเกี่ยวข้องกับการวางแผน และการจัดการ

ข. ปัญหานั้นมีวัตถุประสงค์ที่แน่ชัด

ค. ปัญหานั้นต้องมีเงื่อนไขอย่างแน่ชัดและสามารถวัดค่าได้

ง. ความสัมพันธ์ของตัวแปรในสมการของปัญหาทั้งหมดเป็นเชิงเส้นตรง

จ ปัญหานั้นอาจมีทางเลือกในการจัดการได้หลายทางและต้องการคำตอบเพื่อหาทางเลือกที่ดีที่สุด

1.8.1.2 รูปแบบทั่วไปของแบบจำลองเชิงเส้นตรง (วิจิตร ตัณฑสุทธิ์, วันชัย วิจิรวณิช และ ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ, 2527 : 22)

ก. มีสมการวัตถุประสงค์ ซึ่งอาจต้องการให้บรรลุวัตถุประสงค์ต่ำสุดหรือสูงสุด

ข. มีสมการเงื่อนไข แสดงเงื่อนไขของการดำเนินงาน

ค. ความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ในระบบอยู่ในรูปสมการเชิงเส้นตรง

ง. ตัวแปรทุกตัวต้องมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับศูนย์

1.8.1.3 รูปแบบจำเพาะของปัญหาและแบบจำลองเชิงเส้นตรง

หากเราจะแยกรูปแบบของแบบจำลองตามประเภทของวัตถุประสงค์ออกอย่างกว้างๆก็อาจแยกได้เป็น 2 ประเภท

ก. วัตถุประสงค์เดี่ยว (Single objective) เป็นปัญหาที่มีวัตถุประสงค์เพียงประการเดียว คือ ต้องการทำสิ่งที่ให้ได้ออกมานั้นมีค่าสูงสุดหรือต่ำสุด เช่น ต้องการทำให้กำไรรวมสูงสุด หรือต้องการทำให้ต้นทุนต่ำสุด ทั้งนี้ภายใต้เงื่อนไขข้อจำกัดบางประการ เช่น ความสามารถในการผลิต เวลา เครื่องจักร คนงาน เป็นต้น กรณีปัญหาที่มีวัตถุประสงค์เดียวนี้การสร้างสมการวัตถุประสงค์ทำง่ายกว่ากรณีอื่น ๆ เช่น (วิจิตร ตัณฑสุธิ์, วันชัย ริจิรวณิช และ ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ, 2527 : 23)

สมการวัตถุประสงค์ : $\text{Max.}Z = F(X_j) = c_1x_1+c_2x_2+\ldots+c_nx_n$

สมการเงื่อนไข

$$: a_{11}x_1 + a_{12}x_2+\ldots+a_{1n}x_n \quad \geq , = , \leq \quad b_1$$

$$: a_{21}x_1 + a_{22}x_2 +\ldots+a_{2n}x_n \quad \geq , = , \leq \quad b_2$$

$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$

$$: a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2+\ldots+a_{mn}x_n \quad \geq , = , \leq \quad b_m$$

$$: x_1,x_2\ldots,x_n \quad \geq \quad 0$$

โดยมี

$F(x)$ = ฟังก์ชั่นของสมการวัตถุประสงค์

$x_1,\ldots,x_n$ = ค่าตัวแปรตัดสินใจ

a_i และc_j = ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรที่มีค่าคงที่

$b_1\ldots,b_m$ = ค่าของเงื่อนไข หรือ ปริมาณทรัพยากรที่นำมาใช้ประโยชน์

ข. วัตถุประสงค์เชิงพหุคูณ (Multiple objective) กรณีนี้ปัญหาหนึ่ง ๆ นั้นมีวัตถุประสงค์มากกว่า 1 วัตถุประสงค์ แต่ละวัตถุประสงค์อาจมีผลคล้อยตามไปในทิศทางเดียวกัน หรือวัตถุประสงค์ที่มีทิศทางตรงกันข้ามก็ได้ เช่น ต้องการให้ยอดขายสูงสุด และต้องการให้จำนวนขายในตลาด (Market share) สูงสุด หรือกำไรสูงสุด ถ้าเป้าหมายมีลักษณะนี้เรียกว่าเป็นเป้าหมายที่มีทิศทางคล้อยตามกัน และขณะเดียวกันก็ต้องการให้ได้รายรับสูงสุด แต่ในบางกรณีเป้าหมายอาจมีทิศทางที่ตรงข้ามกัน เช่น การเก็บน้ำในอ่างเก็บน้ำเป้าหมายเพื่อการเพาะปลูก ถ้าปล่อยน้ำมากเกินไปอาจถูกน้ำท่วมมีผลเสียต่อการเพาะปลูก ในขณะเดียวกันถ้าเก็บน้ำไว้มากเกินไปอาจทำให้เขื่อนรับน้ำหนักไม่ได้ และปริมาณฝนที่ตกอาจมีผลต่อความมั่นคงของเขื่อนได้ ซึ่งกรณีเช่นนี้เป้าหมายทั้งสองประการ คือ การปล่อยน้ำให้พอเหมาะกับการเพาะปลูกไม่ให้เกิดน้ำท่วม และ ความปลอดภัยของเขื่อนเมื่อมีน้ำมากเกินไป เป็นเป้าหมายที่ไม่ได้มีทิศทางไปทางเดียวกัน ในลักษณะของวัตถุประสงค์เชิงพหุคูณ โดยจะแสดงแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้ (Jewell, 1986 : 68)

สมการวัตถุประสงค์ Max.or Min $Z_1 = c_{11}x_{11}+c_{12}x_{12}+\ldots+c_{1n}x_{1n}$

$Z_2 = c_{21}x_{21}+c_{22}x_{22}+\ldots+c_{2n}x_{2n}$

.....

$Z_k = c_{k1}x_{k1}+c_{k2}x_{k2}+\ldots+c_{kn}x_{kn}$

สมการเงื่อนไข

1) $a_{11}x_{11}+a_{12}x_{12}+a_{13}x_{13}+\ldots+a_{1n}x_{1n} \geq , =, \leq b_1$

2) $a_{21}x_{21}+a_{22}x_{22}+a_{23}x_{23}+\ldots+a_{2n}x_{2n} \geq , =, \leq b_2$

.....

m) $a_{m1}x_{m1}+a_{m2}x_{m2}+a_{m3}x_{m3}+\ldots+a_{mn}x_{mn} \geq , =, \leq b_m$

$x_{mn}, b \geq 0$

โดยที่ Z = ฟังก์ชั่นของสมการวัตถุประสงค์

C_{kn} = ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรตัดสินใจในสมการวัตถุประสงค์

x_{mn} = ค่าตัวแปรตัดสินใจ

a_{mn} = ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรตัดสินใจในสมการเงื่อนไข

$b_1,\ldots,b_m$ = ค่าของเงื่อนไข ที่ m ในการดำเนินการ หรือ ปริมาณทรัพยากรที่นำมาใช้ประโยชน์

1.8.1.4 แบบจำลองอิงเป้าหมาย (Goal programming)

แบบจำลองอิงเป้าหมายพัฒนาขึ้นมาจาก แบบจำลองเชิงเส้นตรงที่เป็นการแก้ปัญหาเชิงพหุเกณฑ์พหุวัตถุประสงค์ ในที่นี้อาจแบ่งรูปแบบได้เป็นสองแบบคือ

ก. มีการจัดลำดับความสำคัญของเป้าหมาย

โดยที่เป้าหมายบางอย่าง จะต้องบรรลุเต็มที่ก่อนเป้าหมายที่ให้ความสำคัญต่ำกว่า มีรูปแบบทั่วไปของแบบจำลองดังนี้

สมการวัตถุประสงค์ Min $D = D^1, D^2, D^3, \ldots, D^k$

สมการเงื่อนไข

1) $a_{11}x_{11}+a_{12}x_{12}+a_{13}x_{13}+\ldots+a_{1n}x_{1n}-d_1^{+}+d_1^{-} = b_1$

2) $a_{21}x_{21}+a_{22}x_{22}+a_{23}x_{23}+\ldots+a_{2n}x_{2n}-d_2^{+}+d_2^{-} = b_2$

.....

m) $a_{m1}x_{m1}+a_{m2}x_{m2}+a_{m3}x_{m3}+\ldots+a_{mn}x_{mn}-d_m^{+}+d_m^{-} = b_m$

$a_{mn}, x_{mn}, b_m \geq 0$

โดยที่ D คือ ค่าเบี่ยงเบนรวมจากเป้าหมาย

D^k คือ ค่าเบี่ยงเบนจากแต่ละเป้าหมาย

$d_k^+ d_k^-$ คือ ค่าเบี่ยงเบนจากเป้าหมายที่ m (เกินกว่าและต่ำกว่าเป้าหมายตามลำดับ)

x_{mn} คือค่าตัวแปรตัดสินใจ

a_{mn} คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรตัดสินใจ

$b_1,\ldots,b_m$ คือ ค่าของเงื่อนไข ที่ m ในการดำเนินการ

ข. ไม่มีการจัดลำดับความสำคัญของเป้าหมายเพื่อให้เป้าหมายใดบรรลุก่อนหลังแบ่งได้เป็นสองลักษณะคือ

(1) มีการให้น้ำหนักความสำคัญของเป้าหมายที่แตกต่างกันมีรูปแบบทั่วไปดังนี้

สมการวัตถุประสงค์ $\quad \text{Min } D = \sum_{k=1}^{m} W_k d_k$

สมการเงื่อนไข

1) $a_{11}x_{11}+a_{12}x_{12}+a_{13}x_{13}+\ldots+a_{1n}x_{1n}-w_1d_1^++w_1d_1^- = b_1$

2) $a_{21}x_{21}+a_{22}x_{22}+a_{23}x_{23}+\ldots+a_{2n}x_{2n}-w_2d_2^++w_2d_2^- = b_2$

.....

m) $a_{m1}x_{m1}+a_{m2}x_{m2}+a_{m3}x_{m3}+\ldots+a_{mn}x_{mn}-w_md_m^++w_md_m^- = b_m$

$a_{mn}, x_{mn}, b_m \geq 0$

โดยที่ D คือ ค่าเบี่ยงเบนรวมจากเป้าหมาย

d_k คือ ค่าเบี่ยงเบนจากแต่ละเป้าหมาย

$d_k^+ d_k^-$ คือ ค่าเบี่ยงเบนจากเป้าหมายที่ m (เกินกว่าและต่ำกว่าเป้าหมายตามลำดับ)

x_{mn} คือค่าตัวแปรตัดสินใจ

a_{mn} คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรตัดสินใจ

$b_1,\ldots,b_m$ คือ ค่าของเงื่อนไข ที่ m ในการดำเนินการ

W_k คือ ค่าน้ำหนักความสำคัญของเป้าหมาย

Central Library
Prince of Songkla University

(2) ความสำคัญ ของเป้าหมายเท่ากันทุกเป้าหมาย มีรูปแบบทั่วไปดังนี้

สมการวัตถุ ประสงค์ $\text{Min } D = \sum_{k=1}^{m} dk$

สมการเงื่อนไข

1) $a_{11}x_{11}+a_{12}x_{12}+a_{13}x_{13}+\ldots+a_{1n}x_{1n}-d_1^{+}+d_1^{-} = b_1$

2) $a_{21}x_{21}+a_{22}x_{22}+a_{23}x_{23}+\ldots+a_{2n}x_{2n}-d_2^{+}+d_2^{-} = b_2$

.....

m) $a_{m1}x_{m1}+a_{m2}x_{m2}+a_{m3}x_{m3}+\ldots+a_{mn}x_{mn}-d_m^{+}+d_m^{-} = b_m$

$x_{mn}, b \geq 0$

โดยที่ D คือ ค่าเบี่ยงเบนรวมจากเป้าหมาย

d_k คือ ค่าเบี่ยงเบนจากแต่ละเป้าหมาย

d_k^{+} d_k^{-} คือ ค่าเบี่ยงเบนจากเป้าหมายที่ m (เกินกว่าและต่ำกว่าเป้าหมายตามลำดับ)

x_{mn} คือค่าตัวแปรตัดสินใจ

a_{mn} คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรตัดสินใจ

$b_1,\ldots,b_m$ คือ ค่าของเงื่อนไข ที่ m ในการดำเนินการ

1.9 วิธีการแก้ปัญหาโปรแกรมเชิงเส้นตรง

1.9.1 วิธีกราฟ (Graphical)

เป็นการหาคำตอบโดยวิธีง่ายๆสามารถมองเห็นเงื่อนไขบังคับ และจุดที่ให้คำตอบที่ดีที่สุจากกราฟแต่มีข้อจำกัด คือไม่สามารถใช้กับปัญหาเชิงเส้นตรงที่มีมากกว่า 3 ตัวแปรได้ และจะเพิ่มความยุ่งยากขึ้นถ้ามีสมการข้อจำกัดมากขึ้น (คณิต ไข่มุกต์, 2525 : 14)

1.9.2 การหาคำตอบโดยวิธีพีชคณิต (Algebraic Method)

เป็นการหาคำตอบจากสมการขอบข่ายโดยไม่พิจารณาสมการวัตถุประสงค์ วิธีนี้มีโอกาสที่จะทำให้ได้คำตอบที่อาจจะผิดไปจากความจริง ทั้งนี้เพราะไม่นำสมการวัตถุประสงค์มาคิด

1.9.3 การหาคำตอบโดยวิธีซิมเพล็กซ์ (Simplex Method)

เป็นวิธีการแก้ปัญหาการโปรแกรมเชิงเส้น ด้วยหลักการของการแก้ชุดสมการเชิงเส้น ที่มีจำนวนตัวแปรมากกว่าจำนวนสมการ โดยการสร้างตารางซิมเพล็กซ์และพัฒนาหาคำตอบที่ดีที่สุดจากตารางซิมเพล็กซ์ที่สร้างขึ้น ช่วยให้สังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรได้ง่าย เป็นวิธีการที่ให้ความแม่นยำสูง แต่มีข้อจำกัดคือ ต้องใช้เวลาในการแก้ปัญหามาก

(พิชิต สุขเจริญพงษ์, 2535 : 286)

1.9.4 การแก้ปัญหาโดยใช้คอมพิวเตอร์

เป็นวิธีการแก้ปัญหา โดยการใช้คอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการหาคำตอบ โดยใช้หลักการคิดแบบวิธีซิมเพล็กซ์ ซึ่งสามารถวิเคราะห์ปัญหาที่มีขนาดใหญ่ และให้ผลลัพธ์ในการคำนวณในระยะเวลาอันรวดเร็ว

1.10 การวิเคราะห์คำตอบโดยใช้วิธีการวิเคราะห์ความไว (Sensitivity Analysis)

ในการนำเอาเทคนิคโปรแกรมเชิงเส้นตรง และคำตอบของโจทย์โปรแกรมเชิงเส้นไปใช้จะต้องยอมรับว่า ค่าของข้อมูลต่างๆของโจทย์นั้นอาจไม่ได้เป็นข้อมูลตายตัว และค่าคำตอบของโจทย์จะเปลี่ยนแปลงไป ตามค่าข้อมูลของโจทย์ที่เปลี่ยนแปลงไป เทคนิควิธีการวิเคราะห์เกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงค่าของคำตอบกับค่าที่เปลี่ยนไปของข้อมูล วิธีที่ใช้กันทั่วไปคือ การวิเคราะห์เฉพาะที่(local analysis) เพื่อแสดงให้เห็นและเกิดความมั่นใจว่าแม้จะมีการเปลี่ยนแปลงค่าของข้อมูลของโจทย์บ้างก็จะไม่ทำให้ค่าของคำตอบเปลี่ยนไปมากนัก เทคนิคดังกล่าวเรียกว่า การวิเคราะห์ความไว ซึ่งสามารถทำได้โดยเปลี่ยนแปลงค่าข้อมูลของโจทย์ แล้วคำนวณคำตอบใหม่เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าคำตอบใหม่ และค่าคำตอบเดิม (ไกรศร จิตรธรรม, 2532 : 15)

ดังที่กล่าวมาแล้วว่า ข้อสมมติที่สำคัญประการหนึ่งของโปรแกรมเชิงเส้นตรง ก็คือข้อสมมติที่ว่าตัว พารามิเตอร์ในแบบจำลองเป็นค่าที่ถูกกำหนดขึ้นโดยสมมติว่า ค่านั้นแน่นอนและสามารถทราบได้ แต่ในความเป็นจริงแล้วค่าต่างๆ เป็นค่าที่คาดคะเนจากประสบการณ์ในอดีต ดังนั้นเมื่อปฏิบัติงานจริงค่าพารามิเตอร์ อาจแตกต่างจากตัวที่กำหนดขึ้นในแบบจำลอง จึงส่งผลให้คำตอบที่เหมาะสมที่สุดเปลี่ยนแปลงไป หากจะปรับปรุงแก้ไขข้อผิดพลาดนี้ อาจทำได้คือ การสร้างแบบจำลองใหม่และแก้ปัญหาเพื่อหาคำตอบใหม่ ซึ่งเสียเวลาเหมือนกับเริ่มต้นใหม่ วิธีการ

อีกวิธีหนึ่งที่ใช้ในการปรับปรุงคำตอบเพื่อให้ได้คำตอบที่เหมาะสมที่สุดเมื่อค่าพารามิเตอร์เปลี่ยนไปคือ วิธีวิเคราะห์ความไว

ลักษณะการเปลี่ยนแปลงตัวพารามิเตอร์อาจเกิดขึ้นได้ดังต่อไปนี้ (สมคิด แก้วสนธิ, 2530 : 25)

1.10.1 ข้อจำกัดเปลี่ยนแปลงไป คือ มีการเปลี่ยนแปลงตัวเลขด้านขวามือของสมการเงื่อนไข

1.10.2 สัมประสิทธิ์ของตัวแปรในสมการวัตถุประสงค์เปลี่ยนแปลงไป

1.10.3 สัมประสิทธิ์ของตัวแปรในสมการเงื่อนไขเปลี่ยนแปลง

1.10.4 ตัวแปรเพิ่มขึ้น

1.10.5 สมการข้อจำกัดเพิ่มขึ้น

1.11 น้ำและการใช้น้ำ

1.11.1 น้ำ

"น้ำ" เป็นสิ่งที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ มีการหมุนเวียนเคลื่อนที่จากที่หนึ่งไปยังอีก ที่หนึ่งและเปลี่ยนแปลงจากสถานะหนึ่งไปเป็นอีกสถานะหนึ่ง เช่น เป็นของแข็ง ของเหลวและเป็นไอน้ำ วัฏจักรของน้ำไม่มีจุดเริ่มต้นไม่มีจุดสิ้นสุด ประเภทของแหล่งน้ำสามารถแบ่งแยกได้เป็น 3 ประเภทดังนี้ (เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2536 : 5-6)

1.11.1.1 น้ำจากบรรยากาศ (precipitation or atmospheric water) เช่น น้ำฝน ซึ่งปริมาตรที่มีขึ้นอยู่กับฤดูกาล และสถานที่ตั้งของท้องถิ่นของพื้นภูมิประเทศ ส่วนคุณภาพน้ำฝนจัดเป็นน้ำที่มีความใสสะอาดมากที่สุดที่จะพึงหาได้จากธรรมชาติ แต่น้ำฝนที่ถูกนำมาใช้ในครัวเรือนนั้นอาจจะมีคุณภาพแตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับสถานที่รองรับน้ำฝน หลังคาและภาชนะสำหรับเก็บกักน้ำฝน

1.11.1.2 น้ำผิวดิน (surface water) ได้แก่ น้ำฝนที่ตกลงสู่พื้นดินแล้วไหลลงสู่ที่ต่ำตามลำธาร ลำคลอง หนองบึง แม่น้ำ อ่างเก็บน้ำ และ ยังรวมถึงน้ำที่ไหลล้นจากใต้ดินเข้ามาสบทบด้วย น้ำผิวดินจะพบได้ง่ายโดยทั่วไป และมีการนำมาใช้ประโยชน์ด้านต่างๆ อย่างมาก แต่คุณภาพของน้ำจากแหล่งเหล่านี้ จะไม่เหมาะสมกับการนำมาบริโภคโดยตรง เนื่องจากการไหลของน้ำผิวดินได้มีการชะล้างพัดพาเอาสิ่งต่างๆปะปน ทั้งพวกตะกอนและจุลชีพทำให้น้ำมี

คุณภาพไม่ดีพอ แต่อาจจะนำน้ำจากแหล่งเหล่านี้มาเป็นน้ำดิบในการผลิตน้ำที่มีคุณภาพ เช่นน้ำประปาได้

1.11.1.3 น้ำใต้ดิน (ground water) หมายถึง น้ำที่มีอยู่ในชั้นดินบนพื้นผิวโลก เป็นน้ำที่อยู่ในช่องว่างของชั้นดินหรือหิน ซึ่งต้นกำเนิดของน้ำใต้ดินจะมาจากน้ำในบรรยากาศและน้ำผิวดินต่าง ๆ โดยปกติคุณภาพน้ำของน้ำใต้ดิน ทางกายภาพและทางชีววิทยาจะอยู่ในเกณฑ์ดี เช่นมีความใส ปราศจากตะกอนขุ่น และเชื้อจุลชีพ เนื่องจากถูกกรองด้วยชั้นดิน แต่คุณภาพทางเคมีมักจะไม่แน่นอนส่วนมากมักจะมีแร่ธาตุและสารเคมีละลายปะปนมากกว่าในน้ำผิวดิน

1.11.2 การใช้น้ำแบ่งออกเป็น 2 แบบ (ไพโรจน์ เกรียงศิริ, 2538 : 289)

1.11.2.1 การใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค (consumptive use) คือ การใช้เพื่อการอุปโภคบริโภค รวมถึงการใช้น้ำในเมือง เกษตรกรรม อุตสาหกรรม และเหมืองแร่

1.11.2.2 การใช้ไม่ใช่เพื่อการอุปโภค (non consumptive use) คือการใช้เพื่อการผลิตไฟฟ้าพลังน้ำ การขนส่ง สถานที่พักผ่อนหย่อนใจ

1.11.3 ปริมาณความต้องการน้ำ

ปริมาณความต้องการน้ำสำหรับชุมชน โดยปกติแล้วจะถูกแบ่งโดยกิจกรรมที่มีการใช้น้ำที่แตกต่างกันออกไป ดังตัวอย่าง การแบ่งประเภทการใช้น้ำของกิจกรรมต่างๆในเขตเมือง ซึ่งแบ่งได้ดังนี้ (ไพโรจน์ เกรียงศิริ, 2538 : 289)

1) น้ำใช้ในครัวเรือน
2) น้ำใช้ในการพาณิช
3) น้ำใช้สำหรับหน่วยงานราชการและสถาบัน
4) น้ำใช้ในภาคอุตสาหกรรม
5) น้ำสูญเสีย

ในขณะที่ เกรียงศักดิ์ ศรีสุข (2542 : 2) ได้เสนอการใช้น้ำของกิจกรรมต่างๆ ดังนี้น้ำใช้ในชุมชน

1) น้ำใช้ในภาคอุตสาหกรรม
2) น้ำใช้ในภาคเกษตรกรรม
3) น้ำสำหรับการพักผ่อนหย่อนใจ
4) น้ำสำหรับระบบนิเวศน์วิทยา

1.11.4 ปัจจัยที่มีผลต่อการใช้น้ำ

ค่าปริมาณความต้องการน้ำต่อคนหรือต่อหน่วย ย่อมไม่คงที่แน่นอนเสมอไป ทั้งนี้เพราะปริมาณความต้องการน้ำอันเป็นกิจกรรมอันเกิดจากมนุษย์ ซึ่งพฤติกรรมของมนุษย์เปลี่ยนไปตามสภาวะแวดล้อมและปัจจัยภายนอกที่มีผลกระทบต่อมนุษย์ สามารถแบ่งกลุ่มของปัจจัยภายนอกเป็นกลุ่มใหญ่ๆ ได้ดังนี้ (มั่นสิน ตัณฑุลเวศน์, 2538 : 45-46)

1) ขนาดของชุมชน

2) จำนวนโรงงานอุตสาหกรรมที่มีในชุมชนนั้น

3) คุณภาพของน้ำ

4) ค่าน้ำประปา

5) สภาพอากาศ

6) สภาพความเป็นอยู่และอาชีพประชาชน

1.11.5 การทำนายการใช้น้ำในเมืองและอุตสาหกรรม

มีวิธีการหลายวิธีในการประยุกต์ใช้ตัวแปรพื้นฐานที่สำคัญ 2 ตัว คือ จำนวนประชากร และอัตราความต้องการน้ำต่อหน่วย เพื่อหาปริมาณความต้องการน้ำรวม ซึ่งแต่ละวิธีการก็มีภาพรวม และจุดมุ่งหมายรายละเอียดปลีกย่อยแตกต่างกันออกไปในที่นี้จะขอยกตัวอย่างวิธีสัมประสิทธิ์เดี่ยว (ไพโรจน์ เกรียงศิริ, 2538 : 292-296 อ้างจาก Boland, Baumann and Dziegielewski, 1981)

1.11.5.1 วิธีสัมประสิทธิ์เดี่ยว (single coefficient method)

ก. วิธีรวมต่อคน

$$Q(t) = u(t)\, POP(t)$$

Q(t) คือ ค่ามัชฌิมการใช้น้ำรายวัน

POP(t) คือ ประชากรในช่วงเวลา t

u(t) คือ ค่ามัชฌิมการใช้น้ำรายวันต่อคน (แกลลอน/คน/วัน หรือ ลิตร/คน/วัน)

1.11.6 แนวทางการจัดการทรัพยากรน้ำ

การจัดการทรัพยากรน้ำ คือ การที่จะดำเนินการอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างรวมกันเกี่ยวกับทรัพยากรน้ำ โดยมีเป้าหมายเพื่อประโยชน์ในการดำเนินชีวิตของทุก ๆ สิ่งใน

สังคม ทั้งคน สัตว์ และพืช ฯลฯ อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดและให้มีน้ำใช้อย่างยั่งยืน (ศรีสอาด ตั้งประเสริฐ, 2542 : 1-15)

1.11.6.1 การจัดการทรัพยากรน้ำทางด้านอุปทาน

ก. การจัดการต้นน้ำลำธาร ได้แก่ การดูแลสภาพของพื้นที่รับน้ำให้คงความสมบูรณ์ และปราศจากมลพิษ

ข. การจัดการพัฒนาแหล่งน้ำ ได้แก่ การก่อสร้างและบำรุงรักษาระบบต่าง ๆ เช่น อ่างเก็บน้ำ ระบบส่งน้ำ เพื่อให้ผู้ใช้น้ำในกลุ่มกิจกรรมต่าง ๆ มีน้ำใช้ตามความต้องการ

1.11.6.2 การจัดการด้านอุปสงค์

ก. กลไกลทางด้านราคา การเพิ่มอัตราค่าน้ำมีส่วนสำคัญในการช่วยให้ผู้ใช้น้ำได้เห็นความสำคัญในการประหยัดน้ำได้โดยตรง โดยกำหนดราคาน้ำ 1 ลูกบาศก์เมตร มีราคาสูงขึ้นตามปริมาณที่ใช้ เพื่อให้กิจกรรมต่าง ๆ ใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด นอกจากนี้ราคาค่าน้ำที่กำหนดขึ้นนี้จะต้องสอดคล้องกับ ชนิด ปริมาณ และเวลาที่ใช้ของกิจกรรมแต่ละประเภท

ข. มาตราการทางด้านกฎหมาย การควบคุมทางด้านกฎหมายจะเป็นการควบคุมการปล่อยน้ำทิ้ง หรือการใช้น้ำตามกฎหมายจะมีผลโดยตรงต่อประมาณการใช้น้ำ

(1) ควรเร่งรัดให้ออกกฎหมาย ที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาการใช้ การจัดสรร และ การอนุรักษ์น้ำ ของกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีออกมาบังคับใช้

(2) ควรจัดลำดับความสำคัญของการใช้น้ำในกิจกรรมต่าง ๆ โดยจัดเป็นประเภทการใช้สะท้อนถึงความจำเป็น ปริมาณความต้องการน้ำในกิจกรรมแต่ละประเภท และปริมาณน้ำต้นทุน ประเภทต่าง ๆ ของการใช้น้ำที่ต้องจัดอันดับความสำคัญประกอบด้วย

- น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภคในครัวเรือน
- น้ำเพื่อการเกษตร
- น้ำเพื่ออุตสาหกรรม
- น้ำเพื่อการค้าและบริหาร เช่น โรงแรม เป็นต้น
- น้ำเพื่อการคมนาคม
- อื่น ๆ เช่น น้ำเพื่อไล่น้ำเค็ม และเพื่อบำบัดน้ำเสีย

การจัดอันดับความสำคัญของการใช้น้ำในกิจกรรมต่าง ๆ จะทำให้การจัดสรรทรัพยากรน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพและสอดคล้องกับความต้องการของประชาชนและนโยบายของรัฐบาล

ค. มาตรการจูงใจและประชาสัมพันธ์ การประชาสัมพันธ์เรื่องการประหยัดน้ำตามสื่อมวลชนต่าง ๆ การจัดการสัมมนาฝึกอบรม การจัดทำและแจกจ่ายเอกสารแนะนำการอนุรักษ์น้ำและการเสริมหลักสูตรการเรียนการสอนให้เห็นความสำคัญของน้ำ ซึ่งมีความสำคัญในการจัดการทรัพยากรน้ำทางด้านอุปสงค์เป็นอย่างมาก มาตรการจูงใจและประชาสัมพันธ์ มีข้อดีคือ ไม่มีผลกระทบเชิงเศรษฐกิจต่อผู้ใช้น้ำ แต่ผลที่ได้อาจน้อยหรือต้องใช้เวลานาน

1.11.6.3 มาตรการสนับสนุน

ก. ส่งเสริมการวิจัยและพัฒนา ควรส่งเสริมให้มีการวิจัย และการพัฒนาเทคโนโลยีในด้านแหล่งน้ำ การส่งเสริมการวิจัยและพัฒนาอาจดัดแปลงเทคโนโลยีจากต่างประเทศ ให้พัฒนาเขากับสภาวะกาลของประเทศในด้านการใช้น้ำประเภทต่าง ๆ เช่น การเพิ่มประสิทธิภาพระบบจ่ายน้ำ การวิเคราะห์ด้านอุทกวิทยา เป็นต้น

ข. การพัฒนาบุคลากร

(1) ควรเพิ่มอัตรากำลังบุคลากร ให้สอดคล้องกับแผนการดำเนินงาน และสาขากิจกรรมของแหล่งน้ำ

(2) เสริมสร้างความรู้และประสบการณ์ โดยให้ทุนการศึกษา และการฝึกอบรม การจัดสัมมนา เป็นต้น

(3) การพัฒนาด้านการศึกษา เกี่ยวกับการพัฒนาแหล่งน้ำโดยการปรับปรุงหลักสูตรการศึกษาให้สอดคล้องกับความต้องการของแผนการแก้ไปัญหาน้ำในระยะยาว

ค. ฐานข้อมูลแหล่งน้ำ

ส่งเสริมให้มีการเก็บข้อมูลด้าน อุตุวิทยา อุทกวิทยา การใช้และการจัดหาน้ำของหน่วยงานต่าง ๆ อย่างมีระบบและให้สะดวกต่อการนำไปใช้ในการประมวลผลโดยธนาคารข้อมูล ทั้งนี้ในหน่วยงานสามารถใช้ข้อมูลซึ่งกันและกันได้โดยตรง

ง. องค์กรกำหนดนโยบาย

ส่งเสริมให้มีองค์กรกำหนดนโยบายเกี่ยวกับน้ำ โดยดำเนินการให้มีเจ้าหน้าที่ในการจัดทำแผนผสมผสานและประสานการปฏิบัติตามแผนของหน่วยงานที่มีอยู่แล้วให้เป็นรูปธรรมและมีกฎหมายรองรับ

จ. การติดตามประเมินผล

ในกรณีมีโครงการใด ๆ ควรมีการตรวจติดตามประเมินผล เพื่อจะได้บ่งชี้ความสำเร็จหรือความล้มเหลวของโครงการ

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาการประยุกต์ระบบโครงข่าย ในการวางแผนการใช้น้ำมีผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง หรือใกล้เคียงดังนี้

Wilchfort and Lund (1997 : 250-258) ได้ทำการศึกษา ปัญหาการขาดแคลนน้ำซึ่งเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นทั่วโลก จึงก่อให้เกิดการแก้ไขพัฒนาในด้านการจัดการ และทางเลือกในการเพิ่มแหล่งน้ำเพื่อที่จะแจกจ่ายไปยังจุดต่างๆ ที่ต้องการ ดังนั้นจึงพัฒนา a shortage management model เพื่อใช้สำหรับระบบแหล่งน้ำของเมือง แบบจำลองจะอยู่บนพื้นฐานของ two stage linear programming ซึ่งแบบจำลองนี้ จัดเป็นเครื่องมือในการรวมทางเลือก ของการจัดการทรัพยากรน้ำที่เป็นไปได้ ทั้งด้าน demand และ supply ในระยะสั้นและระยะยาว ในขณะเดียวกันก็ได้พิจารณาค่าใช้จ่ายและความไม่แน่นอนทางชลศาสตร์ แบบจำลองถูกนำไปประยุกต์ใช้กับ East Bay Municipal Utility District System ซึ่งผลที่ออกมาสนับสนุนว่า แบบจำลองช่วยทางด้านเศรษฐศาสตร์สำหรับการส่งน้ำไปยังจุดต่างๆ ในระบบของเมือง

Khaliquzzaman and Chanda (1997 : 15-22) ได้ทำการศึกษา a network flow programming (NFP) model สำหรับหาขีดความสามารถที่เหมาะสมภายใต้เงื่อนไข หรือหาขนาดของแต่ละอ่างเก็บน้ำที่เชื่อมโยงกันอยู่ในระบบเพื่อที่จะบริการน้ำไปสู่จุดต่างๆที่ต้องการ และยังได้พิจารณาความเปลี่ยนแปลงในช่วงเวลาต่างๆกันด้วยโดยใช้ a multiperiod NFP model รวมทั้งพิจารณาความเหมาะสมค่าใช้จ่ายกับการดำเนินการ ได้มีการนำแบบจำลองไปประยุกต์ใช้กับกรณีการหาขีดความสามารถของอ่างเก็บน้ำ 7 แห่งในการส่งน้ำของประเทศอินเดีย ซึ่งเกณฑ์ที่ใช้ก็คือการให้ป่าถูกน้ำท่วมน้อยที่สุด ซึ่งเปรียบเสมือนการใช้เกณฑ์ให้มีค่าใช้จ่ายต่ำสุด

Halhal, et al. (1997 : 137-146) ได้ทำการศึกษาปัญหาการซ่อมบำรุง, การเปลี่ยน, การขยาย ระบบโครงข่ายการ ซึ่งปัญหานี้ก็คือ การเลือกชุดโครงข่ายที่เป็นไปได้ นำมาปรับปรุงโดยใช้เงินทุนน้อยที่สุด ซึ่งปัญหานี้เป็นปัญหาใหญ่ที่ต้องการหาความเหมาะสม ผู้ศึกษาได้ใช้ Multiple objective และพิจารณาค่าใช้จ่าย ผลกำไร รวมทั้งจัดลำดับความสำคัญการแก้ปัญหาที่มีค่าใช้จ่ายที่แตกต่างกัน และได้ใช้ Structure Messy Genetic Algorithm ซึ่ง Algorithm นี้จัดเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิผล สำหรับปัญหาที่ต้องการหาความเหมาะสม ซึ่งมีรูปแบบเฉพาะ ทั้งที่มีหลายวัตถุประสงค์และปัญหาที่มีการเลือกกลุ่มตัวแปรเล็กๆ จากกลุ่มตัวแปรใหญ่ และได้มีการ

ปรับใช้กับเมืองหนึ่งในโมรอคโค เพื่อที่จะแสดงให้เห็นลักษณะของทฤษฎีและสมรรถนะของ algorithm

นิสัย วนากุล (บรรยาย), 2542 ได้ทำการประยุกต์ใช้ แบบจำลองโปรแกรมเชิงเส้นตรง (Linear Programming Model) ซึ่งแบบจำลองเป็นวัตถุประสงค์เดี่ยว(single objective) ช่วยในการจัดสรรน้ำที่ Tempa Bay รัฐฟลอริด้า ประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งจะจัดสรรน้ำจากแหล่งน้ำ เช่น น้ำบาดาล น้ำผิวดิน และน้ำประปา ไปยัง กิจกรรมต่างที่ต้องการใช้น้ำ ซึ่งแต่ละกิจกรรมมีความต้องการน้ำที่มีปริมาณและคุณภาพที่แตกต่างกัน ในการพัฒนาแบบจำลองเพื่อที่จะนำไปใช้ จะต้องทำการปรึกษาระหว่างผู้ว่าจ้าง ผู้ที่เกี่ยวข้อง และผู้พัฒนาแบบจำลอง จนว่าจะได้คำตอบเป็นที่พอใจ ซึ่งคำตอบที่ได้จากแบบจำลองจะเป็นคำตอบที่ดีที่สุดภายใต้ วัตถุประสงค์ ข้อจำกัด และเงื่อนไข

จากสาเหตุและความสำคัญของปัญหาการใช้น้ำในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ และตัวอย่างงานวิจัยในการประยุกต์แบบจำลองคณิตศาสตร์ไปใช้ในการจัดการทรัพยากรน้ำ ทำให้ผู้วิจัยเกิดความสนใจ ศึกษาการพัฒนาแบบจำลองคณิตศาตร์ซึ่งใช้เป็นเครื่องมือในการวางแผนการใช้น้ำ

วัตถุประสงค์

1. เพื่อรวบรวม และศึกษา ข้อมูลเกี่ยวกับการใช้น้ำในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่
2. เพื่อศึกษา ตัวแปร เกณฑ์ และ เงื่อนไข ในเชิงปริมาณ และคุณภาพที่ควรจะนำมาใช้ในการวางแผนการใช้น้ำ
3. เพื่อสร้างและพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อใช้ในการวางแผนการใช้น้ำ โดยอาศัยหลักการวิเคราะห์ระบบการใช้น้ำและแสดงความสัมพันธ์ระบบโครงข่ายภายใต้เกณฑ์และเงื่อนไขของเทศบาลนครหาดใหญ่

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ทราบข้อมูล สภาพปัญหา และแนวโน้มของปัญหาเกี่ยวกับการใช้น้ำในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่

2. ได้ชุดของ ตัวแปร เกณฑ์ และเงื่อนไขที่อาจนำมาใช้เป็นกรอบในการวางแผนการใช้น้ำในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่

3. ได้ต้นแบบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อใช้ในการวางแผนการใช้น้ำ โดยอาศัยหลักการวิเคราะห์ระบบการใช้น้ำและแสดงความสัมพันธ์ด้วยระบบโครงข่ายภายใต้เกณฑ์และเงื่อนไขของเทศบาลนครหาดใหญ่ รวมทั้งอาจนำไปดัดแปลงใช้ในพื้นที่เขตเทศบาล อื่นได้

4.เสนอแนะรูปแบบที่อาจนำไปใช้ในการจัดการควบคุมและจัดสรรทรัพยากรน้ำในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ ที่มีประสิทธิภาพ

ขอบเขตของการวิจัย

ขอบเขตของโครงการวิจัย จะครอบคลุมพื้นที่ และประเด็นต่าง ๆ ดังนี้

1. พื้นที่ศึกษาจะจำกัด อยู่ในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่
2. ขอบเขตการศึกษาจะครอบคลุมประเด็นต่อไปนี้
   - 2.1 ตรวจสอบเอกสารทางวิชาการและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
   - 2.2 ศึกษาข้อมูล ในพื้นที่ เกี่ยวกับสิ่งต่าง ๆ ดังนี้
     - 2.2.1 กิจกรรมต่าง ๆ ที่มีการใช้น้ำ รวมทั้ง ปริมาณ และคุณภาพที่ใช้
     - 2.2.2 ปริมาณและคุณภาพ ของแหล่งน้ำต่าง ๆ ใน เขตเทศบาลนครหาดใหญ่
     - 2.2.3 วิธีการการจัดสรรการใช้น้ำ และปัญหาของการใช้น้ำ
     - 2.2.4 ค่าใช้จ่ายในการนำน้ำจากแหล่งน้ำไปยังกิจกรรมต่างๆ
   - 2.3 ศึกษาตัวแปร เงื่อนไข และวิธีการที่สามารถนำมาใช้ในการวางแผนควบคุมการใช้น้ำ เช่น ปริมาณและคุณภาพในแต่ละแหล่งน้ำ ค่าใช้จ่ายในการนำน้ำแต่ละแหล่งมาใช้ ฯลฯ
   - 2.4 ศึกษาวิเคราะห์ระบบการใช้น้ำ และและแสดงความสัมพันธ์ด้วยระบบโครงข่ายเพื่อหาแนวทางนำมาใช้ในการวางแผนควบคุมการใช้น้ำ
   - 2.5 พัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โดยอาศัยระบบโครงข่ายที่แสดงความสัมพันธ์ระบบการใช้น้ำ เพื่อใช้วาง แผน ควบคุมการใช้น้ำ
   - 2.6 ทดสอบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ กับข้อมูลในพื้นที่ศึกษา และประเมินผลเพื่อปรับ แบบจำลองให้มีความเหมาะสม
   - 2.7 เสนอแนะแบบจำลอง ที่อาจนำไปใช้ในการควบคุมและจัดสรรทรัพยากรน้ำในเขตเทศบาล นครหาดใหญ่

บทที่ 2

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. การรวบรวมข้อมูลและตรวจสอบเอกสาร

1.1 การตรวจสอบเอกสารทางวิชาการและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในประเด็น

1.1.1 การใช้น้ำและปัจจัยที่มีผลต่อการใช้น้ำในชุมชนเมือง

1.1.2 การจัดการทรัพยากรน้ำในชุมชน

1.1.3 แนวคิดในการจัดการเชิงระบบ

1.1.4 การประยุกต์ระบบโครงข่ายในการจัดการสิ่งแวดล้อม

1.1.5 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ที่อาศัยหลักการของระบบโครงข่าย

1.1.6 กรณีศึกษาการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการจัดการทรัพยากรน้ำ

1.2 รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องในพื้นที่ศึกษา

การศึกษาการประยุกต์ระบบโครงข่ายในการวางแผนการใช้น้ำในเขตเทศบาลนคร หาดใหญ่โดยคาดหวังว่าจะใช้ประโยชน์จากข้อมูลดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แหล่งข้อมูลและชนิดข้อมูล

ชนิดของข้อมูล	แหล่งข้อมูล
ข้อมูลปฐมภูมิ	
- ความสำคัญของน้ำที่มีต่อกิจกรรมต่าง ๆ	ท.หญ. [1], ท.ธ [2]., ประปา, กิจกรรมที่ใช้น้ำ
ข้อมูลทุติยภูมิ	
ข้อมูลทั่วไป	
- แผนที่ขอบเขตการปกครอง	ท.หญ.
- ข้อมูลประชากรและที่อยู่อาศัย	ท.หญ.
-ข้อมูลชนิดและจำนวนของกิจกรรม	ท.หญ.
ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการใช้น้ำ	
- ข้อมูลวิธีการจัดสรรน้ำ	ท.หญ. , ท.ธ. , ประปา, ช.ป.[3]
-ข้อมูลเชิงปริมาณและคุณภาพของน้ำที่กิจกรรมต่างๆ ต้องการ	ท.หญ. , ท.ธ. , ประปา
- ข้อมูลเชิงปริมาณและคุณภาพของแหล่งน้ำ	ท.หญ. , ท.ธ. , ประปา, ช.ป.
- ข้อมูลค่าใช้จ่ายในการนำน้ำมาใช้ในแต่ละกิจกรรม	ท.หญ. , ท.ธ. , ประปา
- ค่าใช้จ่ายในการนำน้ำมาใช้	ท.หญ. , ท.ธ. , ประปา
- ค่าใช้จ่ายที่สะท้อนถึงความหายาก	ท.หญ. , ท.ธ. , ประปา
- ค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวกับผลกระทบภายนอก	ท.หญ. , ท.ธ. , ประปา
- ข้อมูลงบประมาณที่แต่ละกิจกรรมจ่ายในการใช้น้ำ	ท.หญ. , ท.ธ. , ประปา

หมายเหตุ (1) หมายถึง เทศบาลนครหาดใหญ่

(2) หมายถึง กรมทรัพยากรธรณี

(3) หมายถึง กรมชลประทาน

2. การเก็บรวบรวมข้อมูล

2.1 วางแผน กำหนดรายละเอียดของข้อมูลที่ต้องการ

2.2 ติดต่อกับหน่วยงานและบุคคลที่เกี่ยวข้อง

2.3 เก็บข้อมูล

3. การวิเคราะห์ข้อมูล และ ตรวจสอบข้อมูล ประเมินปัญหา เพื่อหาตัวแปร เงื่อนไข ข้อจำกัด ที่นำมาใช้ในการจัดการ

3.1 วิเคราะห์ปริมาณความต้องการน้ำด้านอุปโภคในปี พ.ศ. 2542 และคาดการณ์ล่วงหน้า 10 ปี ในปี พ.ศ. 2552 การคำนวณจะใช้สูตร

$$Q(t) = u(t)\, POP(t)$$

Q(t) คือ ค่ามัชฌิมการใช้น้ำรายวัน

POP(t) คือ ประชากรในช่วงเวลา t

u(t) คือ ค่ามัชฌิมการใช้น้ำรายวันต่อคน (แกลลอน/คน/วัน หรือ ลิตร/คน/วัน) (ไพโรจน์ เกรียงศิริ, 2538 : 292-296 อ้างจาก Boland, Baumann and Dziegielewski, 1981)

จากข้อมูลโครงการออกแบบรวมก่อสร้างระบบรวบรวมและบำบัดน้ำเสียรวม เทศบาลนครหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา พบว่าอัตราการเพิ่มเฉลี่ยของค่ามัชฌิมการใช้น้ำรายวันเท่ากับ 1% ต่อปี และอัตราการเพิ่มเฉลี่ยของประชากรเท่ากับ 2.67 คนต่อปี

3.2 วิเคราะห์ปริมาณน้ำในแหล่งน้ำที่สามารถนำมาใช้ได้

ปริมาณน้ำจากแต่ละแหล่งน้ำที่สามารถนำมาใช้ได้จะวิเคราะห์ออกมาในรูปแบบปริมาณน้ำรายเดือน (ลูกบาศก์เมตร/เดือน)

3.2.1 น้ำผิวดิน

ข้อมูลน้ำผิวดินในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ได้จาก กรมชลประทานซึ่งได้ทำการ

สำรวจวัดค่าปริมาณน้ำ ณ สถานี X.44 บ้านโคกเสม็ดชุน ซึ่งสถิติข้อมูลของสถานีตรวจวัดในช่วงเวลา ปี พ.ศ. 2511-2533 การหาศักยภาพน้ำผิวดินทางกรมชลประทานได้ทำการคำนวณโดยแปลงค่าระดับน้ำรายวันเป็นปริมาณน้ำรายปีโดยมีขั้นตอนการวิเคราะห์ดังนี้

3.2.1.1 สมการความสัมพันธ์อยู่ในรูป Exponential Equation ดังนี้

$$q = a(H-h)^b$$

เมื่อ q = อัตราการไหลหน่วยเป็น ลูกบาศก์เมตร/วินาที

a = ค่าคงที่

H = ค่าระดับที่อ่านจากเสาระดับน้ำมีหน่วยเป็น เมตร

h = ค่าระดับของศูนย์เสาระดับน้ำที่แปลงค่าระดับเป็นระดับน้ำทะเลกลาง มีหน่วยเป็นเมตร

b = ค่าคงที่

3.2.1.2 นำข้อมูลระดับน้ำรายวันมาแปลงเป็นปริมาณน้ำรายวันโดยใช้สมการของ Rating Curve ในขั้นที่ 1 เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณน้ำรายปี

ข้อมูลปริมาณน้ำผิวดินที่ได้จะนำมาคิดปริมาณน้ำผิวดินรายเดือน และคิดปริมาณน้ำที่นำมาใช้ได้โดยไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม โดยใช้วิธีการคิดดังนี้ รายละเอียดวิธีการคิดแสดงดังภาคผนวก ข.

ปริมาณน้ำผิวดินที่นำมาใช้ = ปริมาณน้ำผิวดินทั้งหมด – ปริมาณน้ำผิวดินที่ต้องเก็บรักษาในแหล่งน้ำ

3.2.2 น้ำใต้ดิน

ข้อมูลปริมาณน้ำใต้ดินจะพิจารณาจากการศึกษา สภาพน้ำบาดาลบริเวณแอ่งหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา ของกรมทรัพยากรธรณี (สภา สกุลแก้ว,2539 : 23) และ Water Supply Project for Nine Provicial Town Hadyai – Songkhla Master plan and Feasibility Study (C. Lotti & Assosiati , 1989 : 12) ข้อมูลปริมาณน้ำบาดาลที่ได้จะนำมาคิดปริมาณน้ำบาดาลรายเดือน

3.2.3 น้ำประปา

ข้อมูลปริมาณน้ำประปาที่ทำการผลิต และทำการขายในแต่ละปี จะเก็บรวบรวมจาก สำนักงานประปาสงขลา การประปาส่วนภูมิภาค ข้อมูลปริมาณน้ำประปาที่ได้จะนำมาคิดปริมาณน้ำประปารายเดือน

3.3 วิเคราะห์ค่าใช้จ่ายในการใช้น้ำ เช่น ค่าใช้จ่ายในการนำน้ำมาใช้ ค่าใช้จ่ายที่สะท้อนถึงความหายาก และค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวกับผลกระทบภายนอก หน่วยที่ใช้ ซึ่งจะคิดเป็นค่าใช้จ่ายต่อปริมาณน้ำที่ใช้ (บาท/ลบ.ม.)

3.4 วิเคราะห์งบประมาณที่กิจกรรมจ่ายในการใช้น้ำโดยจะคิดเป็น งบประมาณที่กิจกรรมจ่ายในการใช้น้ำต่อเดือน (บาท/เดือน)

3.4.1 งบประมาณค่าใช้จ่ายในการนำน้ำมาใช้ (บาท/เดือน)

3.4.2 งบประมาณค่าใช้จ่ายที่สะท้อนถึงความหายาก (บาท/เดือน)

3.4.3 งบประมาณค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวกับผลกระทบภายนอก (บาท/เดือน)

3.5 วิเคราะห์น้ำหนักความสำคัญของน้ำที่มีต่อกิจกรรมต่าง ๆ ภายในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่โดยใช้วิธี Pairwise Comparison ซึ่งเป็นวิธีการของ The Analytic Hiearachy Process (Thomas L. Saaty, 1980 : 25) เป็นการหาน้ำหนักความสำคัญโดยการเปรียบเทียบทีละคู่ ผู้ที่ทำการเปรียบเทียบจะเป็นผู้ที่เกี่ยวข้องหรือมีความรู้ในเรื่องนั้น ในการเปรียบเทียบน้ำที่มีความสำคัญต่อกิจกรรมจะทำการเปรียบเทียบจากแบบสอบถามความสำคัญของน้ำที่มีต่อกิจกรรมต่าง ๆ ภายในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ ดังแสดงรายละเอียดในภาคผนวก จ. และ ภาคผนวก ฉ.

4. วิเคราะห์ระบบการใช้น้ำในปัจจุบัน ซึ่งจะพิจารณาทั้ง อุปสงค์ และอุปทาน รวมทั้งวิธีการจัดสรรน้ำ หน่วยงานที่รับผิดชอบ และแสดงความสัมพันธ์ด้วยระบบโครงข่าย

5. วิเคราะห์ปัญหาการใช้น้ำและการวางแผนการใช้น้ำภายในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่

6. จัดเตรียมข้อมูลที่ผ่านการวิเคราะห์ข้อมูล เช่น ปริมาณที่ต้องการใช้ ปริมาณน้ำในแหล่งน้ำ ค่าใช้จ่ายในการนำน้ำมาใช้ ฯลฯ เพื่อนำไปใช้งานในขั้นตอนต่อไป

7. การพัฒนาแบบจำลองเพื่อการจัดการและแก้ไขปัญหา

7.1 จากการศึกษาและวิเคราะห์ระบบปัญหา จะนำไปสู่การกำหนดเป้าหมาย/วัตถุประสงค์และเงื่อนไขในการจัดการในเบื้องต้น โดยที่การกำหนดเป้าหมายในระยะแรกพิจารณาจากข้อมูลจริงที่ได้ทำการรวบรวมได้ในปัจจุบัน ซึ่งในระยะต่อไป อาจมีการปรับเปลี่ยนตามนโยบายของหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ถ้าหากมีการศึกษาร่วมกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

7.2 ออกแบบทางเลือกในการจัดสรรน้ำที่เป็นไปได้

7.3 กำหนดเกณฑ์ที่นำมาพัฒนาทางเลือกที่เหมาะสม

7.4 เสนอแนะทางเลือกใหม่ในการจัดสรรน้ำ โดยใช้แบบจำลองเชิงพหุเกณฑ์พหุวัตถุประสงค์ในการวิเคราะห์โดยใช้แบบจำลองขั้นต้นแสดงได้ดังนี้

7.4.1 แบบจำลองที่ใช้ในการวิเคราะห์

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ ได้อาศัยหลักการวิเคราะห์ระบบปัญหาโดยแสดงความสัมพันธ์ด้วยระบบโครงข่าย ในการแปลงระบบโครงข่ายปัญหาเป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ซึ่งจะเป็นรูปแบบเฉพาะ ของแบบจำลองเชิงเส้นตรงและจะเป็น deterministic เนื่องจากแบบจำลองจะมีชุดข้อมูลจำเพาะวัดผลออกมาได้แน่นอน แบบจำลองต้นแบบที่ใช้ในการวิเคราะห์ดัดแปลงมาจากแบบจำลองเส้นตรงแบบอิงเป้าหมาย (Linear Goal Programming) โดยมีสมการพื้นฐานตามรูปแบบที่เสนอโดย Zeleny ดังนี้ (Zeleny ,1982 : 212-230)

สมการวัตถุประสงค์ $\quad \text{Min } D = \sum_{k=1}^{p} d_k$

โดยที่

D คือ ค่าเบี่ยงเบนรวมจากเป้าหมายในการดำเนินการ

d_k คือ ค่าเบี่ยงเบนจากค่าทางขวามือของเงื่อนไขที่ k

p คือ จำนวนเงื่อนไขในการดำเนินงาน

7.4.2 แบบจำลองพื้นฐาน

7.4.2.1 ในกรณีของการให้น้ำหนักของวัตถุประสงค์ในการจัดการเท่ากันหมด สามารถเขียนเป็นแบบจำลองโปรแกรมเชิงเส้นตรงที่ใช้ในเบื้องต้น ได้ดังนี้

สมการวัตถุประสงค์ Min D = $\sum_{k=1}^{p} d_k$

สมการเงื่อนไข

1) $a_{11}x_{11}+a_{12}x_{12}+a_{13}x_{13}+\ldots+a_{1n}x_{1n}-d_1^{+}+d_1^{-} = b_1$

2) $a_{21}x_{21}+a_{22}x_{22}+a_{23}x_{23}+\ldots+a_{2n}x_{2n}-d_2^{+}+d_2^{-} = b_2$

.....

m) $a_{m1}x_{m1}+a_{m2}x_{m2}+a_{m3}x_{m3}+\ldots+a_{mn}x_{mn}-d_m^{+}+d_m^{-} = b_m$

$x_{mn}, b \geq 0$

โดยที่ D คือ ค่าเบี่ยงเบนรวมจากเป้าหมาย

d_k คือ ค่าเบี่ยงเบนจากแต่ละเป้าหมาย

d_k^{+} d_k^{-} คือ ค่าเบี่ยงเบนจากเป้าหมายที่ p

(เกินกว่าและต่ำกว่าเป้าหมายตามลำดับ)

x_{mn} คือค่าตัวแปรตัดสินใจ

a_{mn} คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรตัดสินใจ

$b_1,\ldots,b_m$ คือ ค่าของเงื่อนไข ที่ m ในการดำเนินการ

7.4.2.2 ในกรณีของการให้น้ำหนักของวัตถุประสงค์ ในการจัดการไม่เท่ากันหมด สามารถเขียนเป็นแบบจำลองโปรแกรมเชิงเส้นตรงที่ใช้ในเบื้องต้น ได้ดังนี้

ก. กรณีที่น้ำหนักความสำคัญของวัตถุประสงค์ในการจัดการ ไม่แตกต่างกันมากมีรูปแบบทั่วไปดังนี้

สมการวัตถุประสงค์ Min D = $\sum_{k=1}^{m} W_k d_k$

สมการเงื่อนไข

1) $a_{11}x_{11}+a_{12}x_{12}+a_{13}x_{13}+\ldots+a_{1n}x_{1n}-w_1d_1^{+}+w_1d_1^{-} = b_1$

2) $a_{21}x_{21}+a_{22}x_{22}+a_{23}x_{23}+\ldots+a_{2n}x_{2n}-w_2d_2^{+}+w_2d_2^{-} = b_2$

.....

m) $a_{m1}x_{m1}+a_{m2}x_{m2}+a_{m3}x_{m3}+\ldots+a_{mn}x_{mn}-w_md_m^{+}+w_md_m^{-} = b_m$

$a_{mn}, x_{mn}, b_m \geq 0$

โดยที่ D คือ ค่าเบี่ยงเบนรวมจากเป้าหมาย

d_k คือ ค่าเบี่ยงเบนจากแต่ละเป้าหมาย

$d_k^+ d_k^-$ คือ ค่าเบี่ยงเบนจากเป้าหมายที่ m
(เกินกว่าและต่ำกว่าเป้าหมายตามลำดับ)

x_{mn} คือค่าตัวแปรตัดสินใจ

a_{mn} คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรตัดสินใจ

$b_i,\ldots,b_m$ คือ ค่าของเงื่อนไข ที่ m ในการดำเนินการ

W_m คือ ค่าน้ำหนักความสำคัญของเป้าหมาย

ข. กรณีที่น้ำหนักความสำคัญของวัตถุประสงค์ในการจัดการ มีความแตกต่างกันมาก ทำให้แบบจำลองมีลักษณะที่มีการจัดลำดับความสำคัญของเป้าหมาย โดยที่เป้าหมายบางอย่าง จะต้องบรรลุเต็มที่ก่อนเป้าหมายที่ให้ความสำคัญต่ำกว่า มีรูปแบบทั่วไปของแบบจำลองดังนี้

สมการวัตถุประสงค์ Min D = $D^1, D^2, D^3, \ldots, D^k$

สมการเงื่อนไข

1) $a_{11}x_{11}+a_{12}x_{12}+a_{13}x_{13}+\ldots+a_{1n}x_{1n}-d_1^++d_1^- = b_1$

2) $a_{21}x_{21}+a_{22}x_{22}+a_{23}x_{23}+\ldots+a_{2n}x_{2n}-d_2^++d_2^- = b_2$

.....

m) $a_{m1}x_{m1}+a_{m2}x_{m2}+a_{m3}x_{m3}+\ldots+a_{mn}x_{mn}-d_m^++d_m^- = b_m$

$a_{mn}, x_{mn}, b_m \geq 0$

โดยที่ D คือ ค่าเบี่ยงเบนรวมจากเป้าหมาย

D^k คือ ค่าเบี่ยงเบนจากแต่ละเป้าหมาย

$d_k^+ d_k^-$ คือ ค่าเบี่ยงเบนจากเป้าหมายที่ m
(เกินกว่าและต่ำกว่าเป้าหมายตามลำดับ)

x_{mn} คือค่าตัวแปรตัดสินใจ

a_{mn} คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรตัดสินใจ

$b_i,\ldots,b_m$ คือ ค่าของเงื่อนไข ที่ m ในการดำเนินการ

7.4.3 ในการทำวิจัยโดยใช้แบบจำลองพหุวัตถุประสงค์เชิงเป้าหมายเป็นเครื่องมือในการวางแผนการใช้น้ำจะมีเงื่อนไขและสมมติฐานในการพัฒนาของแบบจำลองดังนี้

7.4.3.1 งบประมาณค่าใช้จ่ายในการใช้น้ำของกิจกรรมต่าง ๆ ภายในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่จะเท่ากับงบประมาณค่าใช้จ่ายสูงสุดที่กิจกรรมต่าง ๆ ยอมเสียค่าใช้จ่ายในการใช้น้ำและงบประมาณนั้นจะคิดจากข้อมูลการใช้น้ำในปี พ.ศ. 2542 เช่น

ก. งบประมาณค่าใช้จ่ายในการนำน้ำมาใช้ จะคิดจากงบประมาณสูงสุดที่กิจกรรมยอมจ่ายในการพัฒนาแหล่งน้ำมาใช้ การวิจัยนี้จะคิดจากงบประมาณในการพัฒนาน้ำบาดาลมาใช้เนื่องจาก ในปี พ.ศ. 2542 การพัฒนาน้ำบาดาลจะเสียค่าใช้จ่ายสูงสุดเมื่อเทียบกันการพัฒนาแหล่งน้ำอื่น ๆ

ข. งบประมาณค่าใช้จ่ายที่สะท้อนถึงความหายาก จะคิดจากงบประมาณสูงสุดที่กิจกรรมยอมจ่ายให้แก่หน่วยงานที่รับผิดชอบในการนำน้ำมาใช้ การวิจัยนี้พบว่าในการนำน้ำประปามาใช้จะมีค่าใช้จ่ายมากที่สุด เนื่องจากในปี พ.ศ. 2542 ค่าน้ำต่อหน่วยที่ใช้ของน้ำประปาสูงสุด

ค. งบประมาณค่าใช้จ่ายที่ก่อให้เกิดผลกระทบภายนอก จะคิดจากค่าใช้จ่ายที่กิจกรรมจะต้องจ่ายให้กับผู้ได้รับความเสียหายจากการใช้น้ำ

7.4.3.2 ปริมาณน้ำในแหล่งน้ำที่นำมาใช้ ในการวางแผนการใช้น้ำจะต้องเป็นปริมาณน้ำที่นำมาใช้แล้วไม่เกินขีดความสามารถในการให้น้ำโดยไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม

7.4.3.3 ปริมาณน้ำที่กิจกรรมต่าง ๆ ต้องการ จะคิดจากปริมาณน้ำใช้ในปีที่ต้องการวางแผน

7.4.3.4 ความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ต่อไปนี้ที่ใช้ในงานวิจัยจะอยู่ภายใต้ความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นตรง

ก. ความสัมพันธ์ระหว่าง ความสำคัญของน้ำที่มีต่อกิจกรรมต่าง ๆ กับปริมาณน้ำที่เปลี่ยนแปลง จะมีความสัมพันธ์เป็นเชิงเส้นตรง เช่น ปริมาณน้ำในแหล่งน้ำลดลง ความสำคัญของน้ำทีมีต่อกิจกรรมจะเพิ่มมากขึ้นเป็นสัดส่วนโดยตรง

ข. ความสัมพันธ์ของค่าใช้จ่าย และงบประมาณในการใช้น้ำ กับปริมาณน้ำใช้ที่กิจกรรมต่าง ๆ ต้องการมีความสัมพันธ์เป็นเชิงเส้นตรง เช่น ค่าใช้จ่ายในการใช้น้ำเพิ่ม จะส่งผลให้การใช้น้ำของกิจกรรมต่าง ๆ ลดลงเป็นสัดส่วนโดยตรงกับค่าใช้จ่าย

8. การนำข้อมูลที่เตรียมไว้ใน ข้อ 6 มาจัดเตรียมใน worksheet ของ MS Excel เพื่อนำมาใช้กับแบบจำลองที่จัดเตรียมไว้เพื่อความสะดวกในการใช้งาน

เช่น 1) ข้อมูลค่าใช้จ่ายในการนำน้ำมาใช้จัดเตรียมเป็นสัมประสิทธิ์ของตัวแปรตัดสินใจ

2) ข้อมูลงบประมาณที่จ่ายในการนำน้ำมาใช้ ข้อมูลปริมาณน้ำใช้ในแต่ละกิจกรรม และ ปริมาณน้ำในแหล่งน้ำ จัดเตรียมเป็นค่าคงที่ทางด้านขวามือ

9. พัฒนาแบบจำลอง

9.1 ทดสอบแบบจำลองที่ได้ศึกษาในขั้นตอนที่ 7 โดยใช้ข้อมูลที่จัดเตรียมในขั้นตอนที่ 8 ในการทดสอบใช้ software ชื่อ LP87 ซึ่งเป็นการใช้ simplex algorithm ในการประมวลผล

9.2 นำผลที่ได้มาวิเคราะห์ความเหมาะสมของแบบจำลอง

9.2 ปรับปรุงแบบจำลองจนได้แบบจำลองที่เหมาะสมที่จะนำไปใช้งานต่อไป

10. แสดงผลการจัดสรรน้ำซึ่งได้จากแบบจำลองคณิตศาสตร์ด้วยระบบโครงข่าย

11. วิเคราะห์ความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรต่างๆ

10.1 วิเคราะห์ความไว ต่อการเปลี่ยนแปลงของ ค่าทางขวามือของข้อจำกัด

10.2 วิเคราะห์ความไว ต่อการเปลี่ยนแปลงของ สัมประสิทธิ์ของข้อจำกัด

12. การใช้แบบจำลองวางแผนการใช้น้ำในอนาคต

13. การประเมินแบบจำลอง โดยนำผลการทดสอบที่ได้ มาเปรียบเทียบกับระบบปัจจุบัน

14. สรุป เสนอแนะทางเลือกใหม่ ที่เหมาะสมรวมทั้งข้อเสนอแนะอื่น ๆ ที่สามารถนำไปใช้ในสภาพการณ์ปัจจุบัน

บทที่ 3

ผลการศึกษา

ในการวิจัยเรื่องการประยุกต์ระบบโครงข่ายในการวางแผนการใช้น้ำ ได้ทำการศึกษาข้อมูลสภาพทั่วไป ระบบการใช้น้ำภายในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ จากการศึกษาข้อมูลและการพูดคุยกับผู้มีส่วนเกี่ยวข้องได้สรุปปัญหาการใช้น้ำ และเสนอการวางแผนการใช้น้ำ โดยมีการศึกษาพัฒนาแบบจำลองซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวางแผนการใช้น้ำ ซึ่งผลการวิจัยแสดงดังนี้

1. สภาพทั่วไปของเทศบาลนครหาดใหญ่

1.1 สภาพทั่วไปของพื้นที่

เทศบาลนครหาดใหญ่ครอบคลุมพื้นที่ 21 ตารางกิโลเมตร ตั้งอยู่ในบริเวณที่ราบลุ่มระหว่างคลองอู่ตะเภาและคลองเตยทางทิศตะวันออก เทศบาลนครหาดใหญ่เป็นชุมทางคมนาคมขนส่งทางบกที่สำคัญแห่งหนึ่งของภาคใต้เนื่องจากมีชุมทางรถไฟสายใต้ผ่านเข้าสู่ชุมชน โดยมีศูนย์กลางชุมชนอยู่ทางตะวันออกของสถานีรถไฟ

1.2 ลักษณะภูมิอากาศ

เทศบาลนครหาดใหญ่ตั้งอยู่ในเขตอากาศแบบมรสุมเมืองร้อน ซึ่งจะอยู่ภายใต้อิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ระหว่างเดือนพฤษภาคม ถึง กันยายน แต่จะมีปริมาณฝนไม่มากเนื่องจากมีเทือกเขาตะนาวศรี และเทือกเขานครศรีธรรมราชขวางกันทิศทางลม โดยปริมาณฝนจะมากในช่วงเดือนตุลาคม ถึง มกราคม ซึ่งเป็นช่วงที่ได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือและได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงใต้ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ ถึง เมษายน โดยเดือนที่ฝนตกชุกที่สุดได้แก่ เดือนธันวาคม และพฤศจิกายน รองลงมา

1.3 สภาพเศรษฐกิจและสังคม

เทศบาลนครหาดใหญ่ปัจจุบันจัดเป็นศูนย์กลางความเจริญที่ใหญ่ที่สุดของภาคใต้ทั้งทางด้านการอุตสาหกรรม การบริการ และคมนาคมขนส่ง จากการขยายตัวทางด้านเศรษฐกิจของเมืองหาดใหญ่ที่รวดเร็วและเป็นไปอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะในภาคบริการ การก่อสร้าง การธนาคาร การค้าส่ง การค้าปลีก ด้านอสังหาริมทรัพย์ ทำให้พื้นที่เมืองมีการขยายออกไปอย่างมาก มีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างกว้างขวาง

เทศบาลนครหาดใหญ่เป็นแหล่งบริการทางการศึกษาที่สำคัญของภาคใต้ โดยมีสถานศึกษาตั้งแต่ระดับก่อนประถมศึกษาจนถึงระดับอุดมศึกษา (ทั้งของภาครัฐและเอกชน) ประมาณ

51 แห่ง มีบริการทางด้านการแพทย์และสาธารณสุขที่สำคัญ นอกจากนั้นภายในเขตเทศบาลยังมีศาสนสถาน สวนสาธารณะ สถานสันทนาการ สำนักงานบริการสาธารณูปโภคและสาธณูปการ

1.4 ประชากรและการขยายตัวในอนาคต

เทศบาลนครหาดใหญ่เป็นเมืองที่สำคัญของภาคใต้โดยมีบทบาทเป็นเมืองศูนย์กลางความเจริญด้านธุรกิจและท่องเที่ยว จากการศึกษาของ เอส เอส กรุ๊ป ร่วมค้า (2538) พบว่าที่ผ่านมา จำนวนประชากรจะเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาตามการขยายตัวของเศรษฐกิจและการขยายตัวของเมืองและของเทศบาลที่มีการรวมเอาพื้นที่ใหม่ ๆ เข้าไว้ ซึ่งประชากรส่วนใหญ่จะกระจุกตัวอยู่ในบริเวณศูนย์กลางของเมืองและค่อยลดลงไปตามระยะห่างของเมือง จากสถิติข้อมูลประชากรในอดีตตั้งแต่ปี พ.ศ. 2526-2538 พบว่าเขตเทศบาลนครหาดใหญ่มีจำนวนประชากรเพิ่มขึ้น ในอัตราเฉลี่ยร้อยละ 2.67 ต่อปี จากการใช้ข้อมูลในอดีตมาพิจารณา สามารถหาสมการพยากรณ์จำนวนประชากรในอนาคตได้ คือ Linear Regression Model ซึ่งสามารถคาดการณ์จำนวนประชากรในอนาคตได้ โดยมีรายละเอียดดังตาราง 4

ตาราง 4 แสดงการณ์คาดการณ์ประชากรในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ ปี พ.ศ. 2538-2558

ปี พ.ศ.	จำนวนประชากร (คน)
2538	156,194
2539	165,267
2540	168,972
2541	172,677
2542	176,382
2543	180,087
2544	183,792
2545	187,497
2546	191,203
2547	194,908
2548	198,613
2549	202,318
2550	206,023

ตาราง 4 แสดงการณ์คาดการณ์ประชากรในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ ปี พ.ศ. 2538-2558 (ต่อ)

ปี พ.ศ.	จำนวนประชากร (คน)
2551	209,728
2552	213,433
2553	217,138
2554	220,843
2555	224,843
2556	228,253
2557	231,958
2558	235,663

ที่มา : เอส เอส กรุ๊ป ร่วมค้า , 2538 : 32

2. ระบบการใช้น้ำในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่

จากการศึกษาระบบการใช้น้ำในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ พ.ศ. 2542 พบว่าในระบบการใช้น้ำมีองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องหลายอย่าง ได้แก่ กิจกรรมต่าง ๆ แหล่งน้ำ ค่าใช้จ่ายในการใช้น้ำ เป็นต้น รายละเอียดแสดงดังต่อไปนี้

2.1 กิจกรรมที่มีการใช้น้ำภายในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่

สำหรับเทศบาลนครหาดใหญ่มีพื้นที่ 21 ตารางกิโลเมตร ตั้งอยู่ที่ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา เป็นพื้นที่ที่มีความเจริญในทุกด้าน เช่น เป็นศูนย์กลางของธุรกิจการค้า ธุรกิจการบริการ รวมทั้งเป็นศูนย์กลางทางการศึกษาในภาคใต้ ส่งผลให้เทศบาลนครหาดใหญ่มีการขยายตัวอย่างรวดเร็ว และจำนวนประชากรก็เพิ่มมากขึ้นตามลำดับ ดังนั้นเทศบาลนครหาดใหญ่จึงมีกิจกรรมที่มีความหลากหลายดังนี้ (เอส เอส กรุ๊ป ร่วมค้า, 2538 : 5)

2.1 ชุมชน ปัจจุบันประชากรที่อาศัยอยู่ในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ปี พ.ศ. 2542 มีจำนวน 176,382 คน โดยเฉลี่ย 5 คน/ครัวเรือน และมีอัตราการใช้น้ำเฉลี่ยเท่ากับ 256 ลิตร/คน

2.2 วัด ศาสนสถาน มีวัดพุทธศาสนนา (รวมสำนักสงฆ์ 1 แห่ง) อยู่ในเขตเทศบาลรวม 11 แห่ง มีโบสถ์คริสต์ 2 แห่ง และมัสยิด 4 แห่งมีผู้อาศัยรวมประมาณ 705 คน มีอัตราการใช้น้ำเฉลี่ย 227 ลิตร/คน

2.3 สถาบันราชการและสถานศึกษา เมืองหาดใหญ่มีสถานที่ราชการและรัฐวิสาหกิจตั้งอยู่จำนวนมากเพราะเป็นเมืองศูนย์กลางและบริหารด้วย ปัจจุบันมีส่วนราชการอยู่ในเขตเมืองประมาณ 49 แห่งและมีเจ้าหน้าที่บุคลากรประมาณ 8,500 คน ปัจจุบันมีสถานศึกษาจำนวน 42 แห่ง โดยครูและนักเรียนรวมกัน 61,981 คน อัตราการใช้น้ำเฉลี่ยเท่ากับ 26 ลิตร/คน

2.4 ตลาดสด ในเขตเทศบาลมีตลาดสด จำนวน 8 แห่ง โดยมีที่ดินใช้สอยอยู่ระหว่าง 250-3,700 ตารางเมตร อัตราการใช้น้ำเฉลี่ยเท่ากับ 3.05 ลิตร/ตารางเมตร

2.5 โรงพยาบาล ในเขตเทศบาลมีโรงพยาบาลที่มีเตียงรับผู้ป่วยค้างคืน จำนวน 5 แห่ง มีจำนวนเตียงรวมกัน 1,828 เตียง อัตราการใช้น้ำเฉลี่ยเท่ากับ 1,041 ลิตร/เตียง

2.6 โรงแรมเป็นกิจกรรมที่สำคัญโดยเฉพาะอย่างยิ่งในการรองรับการท่องเที่ยว ในปัจจุบันพบว่ามีโรงแรมในเขตเทศบาลจำนวน 77 แห่ง มีห้องพักรวม 8,606 ห้อง อัตราการใช้น้ำเฉลี่ยเท่ากับ 1,665 ลิตร/ห้อง

2.7 ภัตตาคาร สวนอาหาร และร้านอาหาร ในเขตเทศบาลมีภัตตาคารและร้นอาหารขนาดใหญ่ขนาดเล็กกระจายอยู่ในย่านพาณิชยกรรมและที่อยู่อาศัยหนาแน่นเป็นส่วนใหญ่ มีจำนวนรวมทั้งสิ้น 543 แห่ง

2.8 สถานบริการอาบอบนวด มีสถานบริการในเขตเทศบาล จำนวน 7 แห่ง จำนวนห้องรวมกัน 356 ห้อง อัตราการใช้น้ำเฉลี่ยเท่ากับ 780 ลิตร/ห้อง

2.9 อุตสาหกรรม ในพื้นที่ศึกษา โดยส่วนใหญ่เป็นอุตสาหกรรมบริการ และในครัวเรือน อุตสาหกรรมต่างๆ ประกอบด้วย อุตสาหกรรมทำน้ำมันพืช ยางพารา ห้องเย็นอาหารทะเลแช่แข็ง ผักกาดดอง ซีอิ้ว ลูกชิ้นเนื้อ และเส้นก๋วยเตี๋ยว การซุบโลหะ และการซ่อมรถยนต์จักรยานยนต์ จำนวนทั้งสิ้น 199 แห่ง รวมจำนวนคนงาน 5,000 คนและมีการใช้น้ำรวม 2,920,000 ลิตรต่อวัน

2.10 การเกษตร ในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่พบว่า เกือบทั้งหมดไม่ได้ทำการเพาะปลูกเลย ส่วนที่ทำการเพาะปลูกส่วนใหญ่ใช้น้ำบ่อตื้น หรือบ่อบาดาล

2.11 ประปา ในพื้นที่ศึกษาพบว่ามีระบบประปาที่สามารถจ่ายน้ำให้แก่ชุมชนเมืองหาดใหญ่และชุมชนเมืองสงขลา ซึ่งมีการใช้น้ำจากคลองอู่ตะเภาในการผลิต 96,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน

จากข้อมูลกิจกรรมภายในเทศบาลนครหาดใหญ่ที่มีความหลากหลายส่งผลให้มีความต้องการใช้น้ำในการอุปโภคบริโภคดังรายละเอียดในตาราง 5 และการคาดการณ์ปริมาณน้ำที่ต้องการใช้ในอนาคตจนถึง พ.ศ. 2552 แสดงดังตาราง 6

ตาราง 5 แสดงกิจกรรม หน่วยของกิจกรรม อัตราการใช้น้ำ และปริมาณน้ำที่ใช้ของกิจกรรมต่าง ๆ ภายในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ ปี พ.ศ. 2542

กิจกรรม	หน่วย	จำนวนหน่วย	อัตราการใช้น้ำ ลิตร/หน่วย/วัน	ปริมาณน้ำที่ใช้ ลิตร/วัน
ประชากรอยู่อาศัย	คน	176,382	256	45,153,792
วัด/ศาสนสถาน	คน	705	227	160,035
โรงเรียน/สถานที่ราชการ	คน	61,981	26	1,611,506
ตลาด	แผง	3,696	300	1,108,800
โรงพยาบาล	เตียง	1,954	1,041	2,034,114
โรงแรม	ห้อง	8,606	1,665	14,328,990
ภัตตาคาร/ร้านอาหาร	ที่นั่ง	9,782	52	508,664
อาบอบนวด	ห้อง	364	780	283,920
อุตสาหกรรม	–	-	-	2,920,000
การเกษตร	–	–	–	–
ประปา (*)	-	1	96,000,000	96,000,000

ที่มา : เอส เอส กรุ๊ป ร่วมค้า , 2539 : 64

ที่มา (*) : สำนักงานประปาสงขลา ,2541

ตาราง 6 แสดงปริมาณน้ำที่กิจกรรมต่าง ๆ ใช้ภายในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ ปี พ.ศ.2542-2552

กิจกรรม	ปริมาณน้ำที่ใช้ (ลูกบาศก์เมตร / ปี)					
	2542	2544	2546	2548	2550	2552
ประชากรอยู่อาศัย	16,481,134	17,518,712	18,591,440	19,700,114	20,845,846	22,029,677
วัด/ศาสนสถาน	58,413	61,994	65,795	69,829	74,111	78,654
โรงเรียน/สถานที่ราชการ	588,200	624,263	662,547	703,160	746,272	811,763
ตลาด	404,712	429,526	455,861	483,811	513,474	541,205
โรงพยาบาล	742,452	787,973	836,285	887,559	941,977	990,703
โรงแรม	5,230,081	5,550,748	5,891,076	6,252,270	6,635,609	6,976,554
ภัตตาคาร/ร้านอาหาร	185,662	197,046	209,127	221,949	235,557	251,877
อาบอบนวด	103,631	109,985	116,728	123,885	131,480	138,322
อุตสาหกรรม	1,063,610	1,084,989	1,106,797	1,129,043	1,151,737	1,174.887
การเกษตร	-	-	-	-	-	-
รวม	24,857,895	26,365,236	27,935,647	29,571,620	31,276,064	32,993,643

ที่มา : เอส เอส เอส กรุ๊ป ร่วมค้า, 2538 : 64-70

2.2 แหล่งน้ำในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่

เทศบาลนครหาดใหญ่มีกิจกรรมที่หลากหลายเกิดขึ้นซึ่งแต่ละกิจกรรมมีความต้องการใช้น้ำที่แตกต่างกัน ทั้งทางด้านคุณภาพและปริมาณ เช่น น้ำดิบในการทำประปา น้ำใช้ในการอุปโภค-บริโภค ฯลฯ ในขณะที่แหล่งน้ำใช้ของเทศบาลนครหาดใหญ่มีทั้งแหล่งน้ำธรรมชาติ และแหล่งน้ำที่มนุษย์สร้างขึ้น ซึ่งมีความแตกต่างทั้งทางด้านคุณภาพและปริมาณ ดังนี้

2.2.1 แหล่งน้ำธรรมชาติ

2.2.1.1 น้ำผิวดิน ได้แก่ คลองอู่ตะเภา, คลองเตย

ก. คลองอู่ตะเภา

คลองอู่ตะเภา อยู่ทางทิศตะวันตกของตัวเมือง ยาวประมาณ 15 กิโลเมตร มีเรือเล็กรับส่งผู้โดยสารใช้สัญจรไปมาได้ ไหลออกสู่ทะเลสาบสงขลา ซึ่งคลองอู่ตะเภานี้นับว่าเป็นเส้นชีวิตของอำเภอหาดใหญ่ เพราะเป็นแหล่งน้ำดิบที่จะนำมาใช้ในการอุปโภคบริโภค ซึ่งทางสำนักงานชลประทานที่ 12 ได้ทำการเก็บข้อมูลปริมาณน้ำท่าของคลองอู่ตะเภาในช่วงปี พ.ศ. 2510-2534 ที่สถานี x.44 บ้านโคกเสม็ดชุน มีพื้นที่รับน้ำฝน 1,740 ตารางกิโลเมตร อำเภอหาดใหญ่จังหวัดสงขลา ตำแหน่ง เส้นรุ้ง (น.) 7-00-02 เส้นแวง (อ.) 100-27-32 ซึ่งปริมาณน้ำท่ารายเดือนแสดงดังตาราง 7

ตาราง 7 แสดงปริมาณน้ำท่ารายเดือนของคลองอู่ตะเภาในช่วงปี พ.ศ.2510-2534 (ล้าน ลบ.ม.)

เดือน	ปริมาณน้ำท่ารายเดือนเฉลี่ย (ล้าน ลบ.ม.)
เม.ย.	23.27
พ.ค.	26.29
มิ.ย.	17.17
ก.ค.	17.60
ส.ค.	16.07
ก.ย.	24.87
ต.ค.	66.64
พ.ย.	206.13
ธ.ค.	265.56
ม.ค.	87.27
ก.พ.	31.56
มี.ค.	29.29
รวม	811.73

ที่มา : รายงานการวิจัย การศึกษาลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา, 2541

คุณภาพ

คลองอู่ตะเภาถูกจัดคุณภาพโดยสำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม(ซีเทคอินเตอร์เนชั่นแนล, 2538 : 15) ซึ่งคุณภาพน้ำจัดอยู่ในชั้นที่ 4 เมื่อเทียบกับมาตรฐาน ซึ่งคุณภาพน้ำจัดอยู่ในชั้นที่ 4 คือ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ

1) การอุปโภค บริโภค โดยผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน

2) การอุตสาหกรรม

ข. คลองเตย

คลองเตย อยู่ทางทิศตะวันออกของเมืองหาดใหญ่ มีสภาพเป็นคลองตื้นเขิน ไม่สามารถที่จะใช้สัญจรไปมาได้ คลองเตยเป็นสาขาหนึ่งของคลองอู่ตะเภา โดยแยกออกมาทางทิศเหนือของตัวเมือง เทศบาลนครหาดใหญ่จะบูรณะเป็นที่พักผ่อน และเป็นทางระบายน้ำในฤดูฝน

คุณภาพน้ำจากตารางผนวก จ. 1 สรุปผลการวิเคราะห์ดัชนีคุณภาพน้ำคลองเตยในฤดูฝนและฤดูแล้ง โดยภาพรวมจะได้ว่าน้ำในคลองเตยมีความสกปรกสูงตลอดทั้งปี ในบางช่วงของลำน้ำจะมีการเจริญเติบโตของวัชพืชอย่างมาก เนื่องจากเป็นน้ำนิ่งและมีสารอาหารไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ซึ่งทำให้น้ำในคลองเตยไม่เหมาะสมในการนำไปใช้ประโยชน์ใดทั้งสิ้น

2.2.1.2 น้ำใต้ดิน ได้แก่ น้ำบาดาล

จากแผนที่ทางอุทกธรณีวิทยากรมทรัพยากรธรณี อัตราส่วน 1 : 50,000 ซึ่งจัดทำโดย วจี รามณรงค์และคณะ (Ramnarong, et al. 1984) ได้แบ่งชั้นน้ำบาดาลของหาดใหญ่ออกเป็น 3 ชั้น คือ

ก. ชั้นหินอุ้มน้ำหาดใหญ่ (The Hat Yai Aquifer) เป็นชั้นน้ำที่มีความสำคัญและให้น้ำปริมาณมากที่สุด โดยมีน้ำบาดาลอยู่ภายใน unconfined sand, semi-confined sand และ gravel aquifer ที่ระดับความลึก 20-40 เมตร จากผิวดินในเขตเมือง

ข. ชั้นหินอุ้มน้ำคูเต่า (The Khu Tao aquifer) เป็น semi-confined sand และ multi-layer aquifer ซึ่งเป็นชั้นน้ำที่มีความลึกจากผิวดิน 45-80 เมตรในเขตเมือง

ค. ชั้นหินอุ้มน้ำคอหงส์ (The Kho-Hong aquifer) เป็นชั้นน้ำที่อยู่ในระดับความลึกมากกว่า 100 เมตร และเป็นชั้นน้ำที่ให้น้ำน้อยที่สุด

ชั้นหินอุ้มน้ำทั้งสามถูกแยกออกจากกันด้วยชั้นทรายละเอียด ดินร่วนและดินเหนียวที่น้ำซึมผ่านได้น้อย บริเวณใจกลางหุบเขาซึ่งเป็นเขตใจกลางเมืองเหนือชั้นหินอุ้มน้ำหาดใหญ่ จะเป็นชั้นดินเหนียวและตะกอนร่วนที่เกิดใหม่และมักจะอิ่มตัวด้วยน้ำที่ความลึก 1-4 เมตร

ศักยภาพของน้ำบาดาลในแอ่งหาดใหญ่พอจะสรุปข้อมูลได้ดังนี้ (สุรพล อารีย์กุล, 2535 : 38-39) ชั้นน้ำที่ให้น้ำมากที่สุดคือ ชั้นน้ำหาดใหญ่ ซึ่งอยู่ช่วงตรงกลางแอ่ง ครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 20-25 ตารางเมตร การ recharge ของน้ำได้จากน้ำฝน โดยประเมินจาก hydrologic model ประมาณ 120 ม.ม./ปี บริษัท C.Lotti and Assosiate (1989) ได้ทำการศึกษาศักยภาพในการให้น้ำของชั้นน้ำหาดใหญ่ พบว่าปริมาณน้ำบาดาลที่มีนั้นไม่สามารถจะรองรับความต้องการในระยะยาว. และปริมาณน้ำที่นำมาใช้ได้ไม่ควรมากกว่า 10,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวันโดยจะไม่ก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อม เช่น ปัญหากรวยน้ำลด ปัญหาน้ำเค็มรุกตัวเข้าสู่ชั้นน้ำเป็นต้น

คุณภาพของน้ำใต้ดินจากการศึกษาของ เอส เอส กรุ๊ป ร่วมค้า (2538) ได้สรุปผลการวิเคราะห์คุณภาพของน้ำใต้ดินดังตารางผนวก จ.2 ซึ่งวิเคราะห์คุณภาพน้ำใต้ดินไว้ 6 แห่ง ค่าความเป็นกรดด่างอยู่ระหว่าง 6.5-7 ไนเตรตไม่เกิน 45 มก/ล ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ใช้บริโภค ค่าความกระด้างส่วนใหญ่น้อยกว่า 75 มก/ล ซึ่งจัดเป็นน้ำอ่อน ผลการวิเคราะห์เหล็กพบว่ามีปริมาณเหล็กสูงกว่าหรือใกล้เคียงกับค่าที่อนุโลมเพื่อการบริโภคซึ่งกำหนดไว้ไม่เกิน 1 มก/ล ถ้าจะนำมาบริโภคจะต้องทำการกำจัดเหล็กก่อน สำหรับแบคทีเรียพบว่าเกินกว่าเกณฑ์กำหนดที่เหมาะสม(MPN/100) ซึ่งไม่เกิน 2.2 โดยภาพรวมจะเห็นว่าน้ำใต้ดินมีคุณสมบัติไม่เหมาะสมที่จะนำมาบริโภคโดยตรงเนื่องจากมีดัชนีบางค่าเกินค่ามาตรฐานหากจะใช้เพื่อการบริโภคควรทำการปรุงแต่งคุณภาพน้ำก่อน

2.2.2 แหล่งน้ำที่มนุษย์สร้างขึ้น

2.2.2.1 น้ำประปา

การประปาหาดใหญ่-สงขลา เริ่มเปิดดำเนินการเมื่อเดือนกุมภาพันธ์ 2503 และได้รับการปรับปรุงขยายมา 5 ครั้ง ในปี 2508, 2513, 2517, 2523 และ 2539 ตามลำดับ แหล่งน้ำดิบที่ใช้ในการผลิตน้ำประปา ใช้น้ำในคลองอู่ตะเภา แต่ในฤดูแล้งที่ปริมาณน้ำในคลองอู่ตะเภามีน้อย จำเป็นต้องมีแหล่งน้ำเสริม ซึ่งปัจจุบันแหล่งน้ำเสริม อยู่ในความดูแลของกรมชลประทาน ซึ่งสามารถระบายน้ำเข้าสู่คลองเพื่อเสริมปริมาณน้ำในคลองให้เพียงพอ ต่อการผลิตน้ำประปาในช่วงเกิดภาวะแล้งและฝนทิ้งช่วงเวลานาน ได้แก่ อ่างเก็บน้ำคลองสะเดา ความจุประมาณ 50 ล้านลูกบาศก์เมตร การประปาสงขลา สามารถจ่ายน้ำให้แก่ชุมชนเมืองหาดใหญ่

ชุมชนเมืองสงขลา และชุมชนขนาดเล็กระหว่างทางหลวง สายหาดใหญ่ – สงขลา ซึ่งรวมถึงพื้นที่เขตอุตสาหกรรมบางส่วนการประปาหาดใหญ่-สงขลา จัดเป็นทั้งกิจกรรมที่มีการใช้น้ำ และแหล่งน้ำใช้ของเทศบาลนครหาดใหญ่ ปี พ.ศ. 2542 มีกำลังผลิตรวม 96,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ปริมาณน้ำที่คาดการณ์ว่าจะผลิตเพื่อรองรับความต้องการของกิจกรรมต่างจะแสดงดังตาราง 8

คุณภาพ การผลิตน้ำประปาจะผลิตน้ำให้มีคุณภาพตามมาตรฐาน W.H.O

ตาราง 8 แสดงปริมาณน้ำที่สำนักงานประปาสงขลา การประปาส่วนภูมิภาคผลิต พ.ศ.2542-2552

	ปริมาณน้ำ (ล้านลูกบาศก์เมตร)					
	2542	2544	2546	2548	2550	2552
ปริมาณน้ำที่กิจกรรมต้องการ	29.02	31.38	33.63	35.88	38.04	40.20
ปริมาณน้ำดิบที่ใช้ในการผลิต	34.82	37.66	40.36	43.06	45.65	48.24

ที่มา : C.Lotti and Assosiate ,1989

ในการที่กิจกรรมต่าง ๆ ซึ่งมีความต้องการน้ำที่แตกต่างทั้งทางด้าน คุณภาพและปริมาณต้องการนำน้ำไปใช้ในการอุปโภค-บริโภค ส่งผลให้ค่าใช้จ่ายในการใช้น้ำมีความแตกต่างกัน ในการนำน้ำจากแหล่งน้ำไปใช้จะมีค่าใช้จ่ายดังนี้

2.3 ค่าใช้จ่ายในการใช้น้ำ

ค่าใช้จ่ายในการใช้น้ำประกอบไปด้วยค่าใช้จ่ายหลาย ๆ อย่างที่แตกต่างกัน ซึ่งผู้วิจัยได้คิดค่าใช้จ่ายในการใช้น้ำภายในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ โดยวิธีการของ เพ็ญพร เจนการกิจ (2542 : 9-10)ซึ่งค่าใช้จ่ายในการใช้น้ำมีดังนี้

ค่าใช้จ่ายในการใช้น้ำ = ค่าใช้จ่ายในการนำน้ำมาใช้ + ค่าใช้จ่ายที่สะท้อนถึงความหายาก + ค่าใช้จ่ายที่ก่อให้เกิดผลกระทบภายนอก

2.3.1 ค่าใช้จ่ายในการนำน้ำมาใช้ หมายถึง ค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ที่เกิดโดยตรงจากการนำน้ำมาใช้ เช่น ค่าใช้จ่ายในการพัฒนาน้ำมาใช้ ค่าขนส่ง ค่าปรับปรุงคุณภาพ

2.3.1.1 ค่าใช้จ่ายของน้ำผิวดิน ได้แก่ ค่าติดตั้งเครื่องสูบน้ำ, ค่าถังเก็บน้ำ, ค่าขนส่ง, ค่าสารเคมีในการปรับปรุงคุณภาพ ฯลฯ

2.3.1.2 ค่าใช้จ่ายของน้ำใต้ดิน ได้แก่ ค่าขุดเจาะ, ค่าติดตั้งเครื่องสูบน้ำ, ค่าถังเก็บน้ำ, ค่าเปาล้างท่อสูบน้ำ , ค่าสารเคมีในการปรับปรุงคุณภาพ

2.3.1.3 ค่าใช้จ่ายของน้ำประปา ได้แก่ ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งระบบประปา, ค่าขนส่ง

2.3.2 ค่าใช้จ่ายที่สะท้อนถึงความหายาก เช่น ค่าน้ำดิบ ซึ่งผู้นำมาใช้จะต้องจ่ายให้กับผู้รับผิดชอบทรัพยากรน้ำดิบ ฯลฯ

2.3.3 ค่าใช้จ่ายที่ก่อให้เกิดผลกระทบภายนอก เช่น ผู้ใช้น้ำก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมก็จะต้องมีการจ่ายค่าสร้างความเสียหายนี้ให้กับผู้ได้รับผลกระทบ ตามหลักผู้ก่อมลพิษเป็นผู้จ่าย (Polluter pays principle)

จากการศึกษาพบว่าในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ แต่ละกิจกรรมมีค่าใช้จ่ายที่ไม่เท่ากัน เนื่องจากในการนำน้ำจากแหล่งน้ำที่ต่างกันมาใช้จะมีค่าใช้จ่ายที่แตกต่างกันด้วย วิธีการในการนำน้ำมาใช้ที่ต่างกันมีผลต่อค่าพัฒนาแหล่งน้ำ ความใกล้ไกลแหล่งน้ำมีผลต่อค่าขนส่งจากแหล่งน้ำไปยังกิจกรรมซึ่งไม่เท่ากัน และค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงคุณภาพจากแต่ละแหล่งน้ำไม่เท่ากัน ส่วนค่าใช้จ่ายที่สะท้อนถึงความหายากพบว่าการนำน้ำจากแหล่งน้ำผิวดินมาใช้ไม่ต้องมีค่าใช้จ่ายในส่วนนี้ เนื่องจากไม่มีหน่วยงานใดจัดเก็บ ทุกกิจกรรมสามารถนำไปใช้ได้โดยไม่มีค่าใช้จ่ายในส่วนนี้ ในส่วนของน้ำบาดาลจะต้องเสียค่าใช้จ่ายที่สะท้อนถึงความหายาก ซึ่งก็คือค่าน้ำต่อหน่วยที่ใช้ให้แก่กรมทรัพยากรธรณีตาม กฎกระทรวง ฉบับที่ 7 พ.ศ. 2540 ออกตามความในพระราชบัญญัติน้ำบาดาล พ.ศ. 2520 ส่วนน้ำประปาต้องเสียค่าน้ำต่อหน่วยที่ใช้ตามอัตราค่าน้ำประปาที่สำนักงานประปาสงขลา การประปาส่วนภูมิภาคกำหนด ส่วนค่าใช้จ่ายที่ก่อให้เกิดผลกระทบภายนอกปัจจุบันไม่มีการจัดเก็บ รายละเอียดค่าใช้จ่ายในการที่กิจกรรมนำน้ำมาใช้จะแสดงดังตาราง 9 ซึ่งวิธีการคิดจะแสดงดังภาคผนวก ค.

2.4 งบประมาณที่กิจกรรมจ่ายในการใช้น้ำ

ในการใช้น้ำทุกกิจกรรมจะมีงบประมาณที่ยอมจ่ายในการใช้น้ำ ในการวิจัยครั้งนี้จะคิดงบประมาณที่กิจกรรมจ่ายในการใช้น้ำ 3 แบบ ซึ่งคิดงบประมาณดังค่าใช้จ่ายในการใช้น้ำประกอบด้วยงบประมาณต่าง ๆ ดังนี้ งบประมาณค่าใช้จ่ายในการนำน้ำมาใช้ งบประมาณค่าใช้จ่ายที่สะท้อนถึงความหายาก และงบประมาณค่าใช้จ่ายที่ก่อให้เกิดผลกระทบภายนอกวิธีการคิดจะแสดงในภาคผนวก ค.และข้อมูลงบประมาณที่กิจกรรมจ่ายในการใช้น้ำปี พ.ศ.2542 แสดงดังตาราง 10

ตาราง 9. แสดงค่าใช้จ่ายในการใช้น้ำภายในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ ปี พ.ศ. 2542

กิจกรรม	ค่าใช้จ่ายในการนำน้ำมาใช้ (บาท /ลบ.ม)									ค่าใช้จ่ายที่สะท้อนถึงความหายาก (บาท /ลบ.ม)			ค่าใช้จ่ายที่ก่อให้เกิดผลกระทบภายนอก (บาท /ลบ.ม)		
	น้ำประปา			น้ำบาดาล			น้ำผิวดิน			น้ำประปา	น้ำบาดาล	น้ำผิวดิน	น้ำประปา	น้ำบาดาล	น้ำผิวดิน
	ค่าพัฒนาน้ำ	ค่าขนส่ง	ค่าปรับปรุงคุณภาพ	ค่าพัฒนาน้ำ	ค่าขนส่ง	ค่าปรับปรุงคุณภาพ	ค่าพัฒนาน้ำ	ค่าขนส่ง	ค่าปรับปรุงคุณภาพ						
ครัวเรือน	0.86	-	-	14.99	-	-	-	-	-	12.75	3.5	-	-	-	-
วัด/ศาสนสถาน	0.36	-	-	2.05	-	-	-	-	-	14.6	3.5	-	-	-	-
โรงเรียน/สถานที่ราชการ	0.19	-	-	0.99	-	-	-	-	-	14.7	3.5	-	-	-	-
ตลาด	0.05	-	-	0.39	-	-	-	-	-	15	3.5	-	-	-	-
โรงพยาบาล	0.02	-	-	0.19	-	-	-	-	-	15	3.5	-	-	-	-
โรงแรม	0.04	-	-	0.38	-	-	-	-	-	21	3.5	-	-	-	-
ภัตตาคาร/ร้านอาหาร	1.17	-	-	20.94	-	-	-	-	-	13	3.5	-	-	-	-
อาบอบนวด	0.03	-	-	1.29	-	-	-	-	-	21.5	3.5	-	-	-	-
โรงงานอุตสาหกรรม	0.07	-	-	1.31	-	-	-	-	-	21.75	3.5	-	-	-	-
เกษตรกรรม	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ประปา	-	-	-	-	-	-	0.96	-	7.14	-	-	-	-	-	-

หมายเหตุ - หมายถึงไม่มีข้อมูล

ที่มา : สำนักงานประปาสงขลา การประปาส่วนภูมิภาค

สำนักงานทรัพยากรธรณีจังหวัดสงขลา

ตาราง 10. ค่าใช้จ่ายและงบประมาณรายเดือนในการใช้น้ำภายในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ ปี พ.ศ. 2542

กิจกรรม	ค่าใช้จ่ายในการนำน้ำมาใช้ (บาท /ลบ.ม)			งบประมาณในการนำน้ำมาใช้	ค่าใช้จ่ายที่สะท้อนถึงความหายาก (บาท /ลบ.ม)			งบประมาณที่สะท้อนถึงความหายาก	ค่าใช้จ่ายที่ก่อให้เกิดผลกระทบภายนอก (บาท /ลบ.ม)			งบประมาณที่ก่อให้เกิดผลกระทบภายนอก
	น้ำประปา	น้ำบาดาล	น้ำผิวดิน		น้ำประปา	น้ำบาดาล	น้ำผิวดิน		น้ำประปา	น้ำบาดาล	น้ำผิวดิน	
				(บาท/เดือน)				(บาท/เดือน)				(บาท/เดือน)
ครัวเรือน	0.86	14.99	-	20,577,667	12.75	3.5	-	17,540,991	-	-	-	-
วัด/ศาสนสถาน	0.36	2.05	-	9,917	14.6	3.5	-	70,985	-	-	-	-
โรงเรียน/สถานที่ราชการ	0.19	0.99	-	53,083	14.7	3.5	-	721,020	-	-	-	-
ตลาด	0.05	0.39	-	12,500	15	3.5	-	505,920	-	-	-	-
โรงพยาบาล	0.02	0.19	-	16,875	15	3.5	-	928,050	-	-	-	-
โรงแรม	0.04	0.38	-	182,875	21	3.5	-	9,152,220	-	-	-	-
ภัตตาคาร/ร้านอาหาร	1.17	20.94	-	316,750	13	3.5	-	197,652	-	-	-	-
อาบอบนวด	0.03	1.29	-	10,938	21.5	3.5	-	185,717	-	-	-	-
โรงงานอุตสาหกรรม	0.07	1.31	-	116,083	21.75	3.5	-	1,926,071	-	-	-	-
เกษตรกรรม	-	-	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-
ประปา	-	-	8.1	23,652,000	-	-	-	-	-	-	-	-

หมายเหตุ - หมายถึงไม่มีข้อมูล

ที่มา : สำนักงานประปาสงขลา การประปาส่วนภูมิภาค

สำนักงานทรัพยากรธรณีจังหวัดสงขลา

จากการศึกษาการใช้น้ำของเทศบาลนครหาดใหญ่ พบว่าในการนำน้ำมาใช้มีปัจจัยหลายอย่างที่มีผลต่อการใช้น้ำ ได้แก่

1. ขนาดของชุมชน เนื่องจากเทศบาลนครหาดใหญ่เป็นชุมชนขนาดใหญ่ประชากรอาศัยเป็นจำนวนมากและเป็นชุมชนเมืองดังนั้นจึงส่งผลให้ใช้น้ำเป็นปริมาณมาก และน้ำนั้นต้องมีคุณภาพที่ดีเหมาะแก่การอุปโภคบริโภค

2. จำนวนโรงงานอุตสาหกรรม และ จำนวนโรงแรมที่ให้บริการภายในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่มี ซึ่งจำนวนอุตสาหกรรมทั้งสิ้น 199 แห่ง และโรงแรม 77 แห่ง ส่งผลให้มีการใช้น้ำเป็นจำนวนมาก

3. คุณภาพน้ำ เมื่อพิจารณาจากแหล่งน้ำใช้ภายในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ พบว่าน้ำประปาและน้ำบาดาลมีคุณภาพที่เหมาะแก่การนำไปใช้อุปโภค ส่วนน้ำผิวดินถ้าจะนำไปใช้จะต้องทำการปรับปรุงคุณภาพเสียก่อนจึงจะนำไปใช้ได้ การที่แหล่งน้ำมีคุณภาพที่แตกต่างกันจะส่งผลให้ค่าใช้จ่ายในการนำน้ำที่มีคุณภาพดังต้องการจากแหล่งต่าง ๆไปใช้นั้น มีค่าใช้จ่ายที่ไม่เหมือนกัน

4. ค่าน้ำ จากการศึกษาพบว่า น้ำประปาจะมีค่าน้ำสูงสุดในการใช้เนื่องจากอัตราค่าน้ำจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อปริมาณการใช้เพิ่มขึ้น ส่วนค่าน้ำบาดาลมีการจัดเก็บโดยกรมทรัพยากรธรณีซึ่งมีราคาถูกกว่าน้ำประปามาก ส่วนน้ำผิวดินไม่มีหน่วยงานใดจัดเก็บ ดังนั้นกิจกรรมที่มีการใช้น้ำเป็นจำนวนมาก เช่น โรงแรม โรงงานต่าง ๆ จึงนิยมที่จะใช้น้ำบาดาลซึ่งมีราคาถูกมากกว่าน้ำประปา

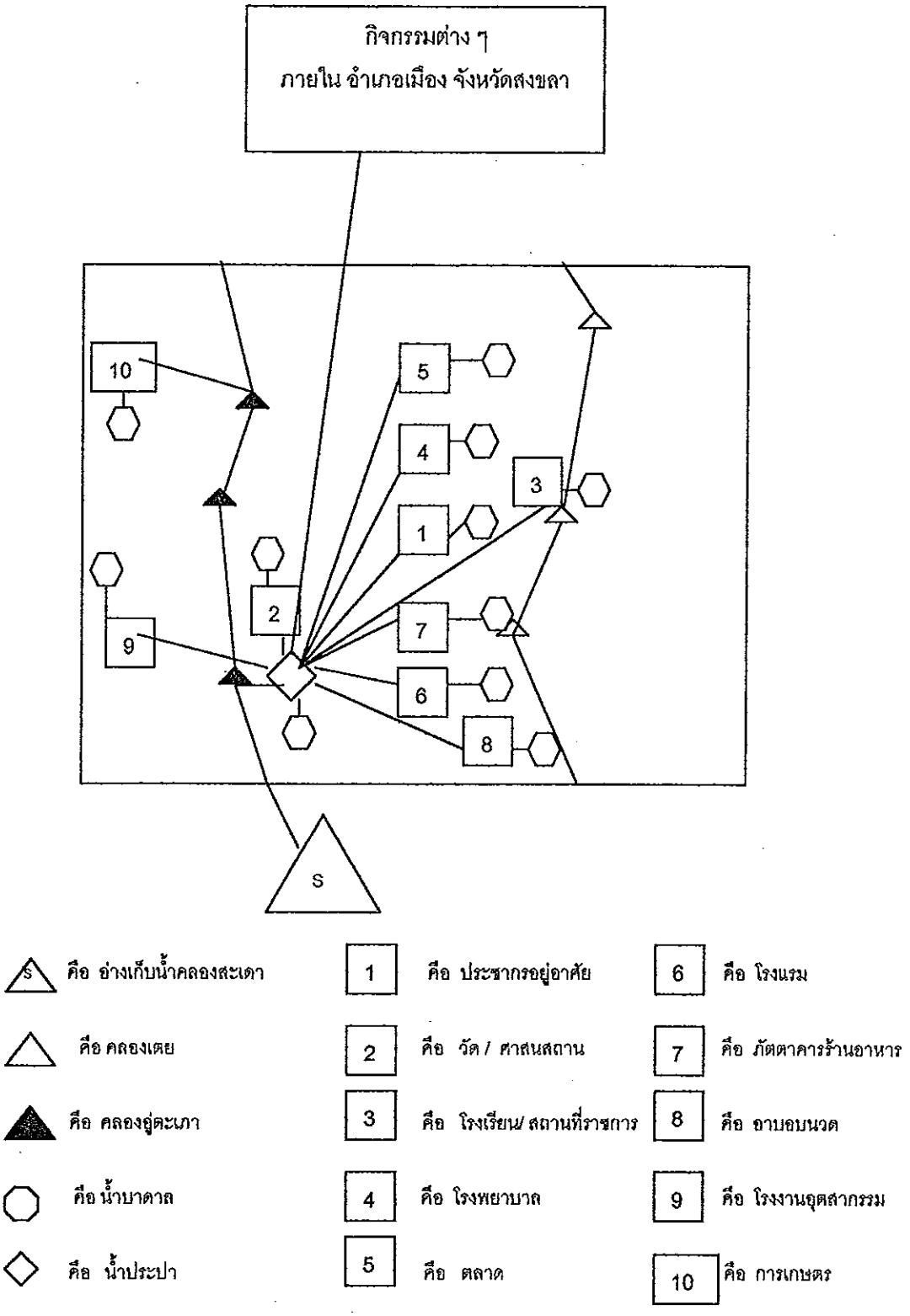
5. สภาพอากาศ เทศบาลนครหาดใหญ่ตั้งอยู่ในเขตอากาศแบบมรสุมเมืองร้อน จะมีเพียงสองฤดู คือ ฤดูร้อน และ ฤดูฝน ซึ่งจะมีผลต่ออัตราการใช้น้ำ และปริมาณน้ำในแหล่งน้ำ

6. สภาพความเป็นอยู่และอาชีพประชาชน ส่งผลให้ความต้องการในการใช้น้ำมีอัตราที่แตกต่างกัน ซึ่งลักษณะของกิจกรรมที่แตกต่างกันจะส่งผลให้เกิดความต้องการน้ำใช้ ที่แตกต่างกันทั้งในด้านคุณภาพและปริมาณ และสภาพเศรษฐกิจของเทศบาลนครหาดใหญ่ ก็จะมีผลต่องบประมาณสูงสุดที่ยอมจ่ายในการนำน้ำมาใช้

จากการศึกษาระบบการใช้น้ำในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่พบว่าระบบการใช้น้ำเป็นระบบเปิดเนื่องจากมีการนำน้ำจากนอกระบบเข้ามาใช้ ซึ่งก็คือน้ำจากอ่างเก็บน้ำสะเดาโดยจะส่งมาเพิ่มให้กับคลองอู่ตะเภาเพื่อผลิตน้ำประปาในช่วงฤดูแล้ง และ มีการนำน้ำออกจากระบบโดยสำนักงานประปาสงขลาขายน้ำประปาให้กับกิจกรรมต่าง ๆ ใน อำเภอเมือง จังหวัดสงขา ภายในระบบการใช้น้ำประกอบด้วย แหล่งน้ำ ซึ่งก็คือ น้ำประปา น้ำบาดาล น้ำผิวดิน และกิจกรรมต่าง ๆ

ที่มีการใช้น้ำ ซึ่งบางกิจกรรม เช่น ประปา ทำหน้าที่เป็นทั้งผู้ใช้น้ำ และ เป็นแหล่งน้ำ กิจกรรมต่างๆ มีการใช้น้ำในรูปแบบของการอุปโภคบริโภค การประกอบธุรกิจ และ การใช้น้ำเพื่อสันทนาการและสิ่งแวดล้อม ในการใช้น้ำเพื่อการอุปโภค-บริโภค พบว่ามีการใช้น้ำจากการประปา และ น้ำบาดาล โดยในส่วนศูนย์กลางเมืองย่านพานิชยกรรม และชุมชนหนาแน่นจะใช้น้ำจากการประปา แต่ก็มีพื้นที่บางส่วนในเมืองที่ไม่ได้รับบริการเนื่องจากการขยายตัวเมืองเป็นไปอย่างรวดเร็วมีผู้อพยพเข้ามาตั้งถิ่นฐานมากขึ้นทำให้การบริการไม่ทั่วถึง ส่วนในพื้นที่รอบๆ เช่น โรงงานอุตสาหกรรม โรงแรม(บางส่วน) และชุมชนที่ไม่ได้รับบริการน้ำประปาจะใช้น้ำจากบ่อบาดาล ซึ่งจะมีการสูบน้ำมาใช้โดยประมาณ 12,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน (เอส เอส กรุ๊ป ร่วมค้า, 2538 : 11) ส่วนน้ำผิวดินมีการใช้โดยการประปาสงขลาซึ่งจะสูบน้ำจากคลองอู่ตะเภา ขึ้นมาเพื่อผลิตเป็นน้ำประปาส่งไปขายแก่ผู้อุปโภค-บริโภค ในเขตอำเภอหาดใหญ่และอำเภอเมือง จังหวัดสงขลา จากการศึกษาระบบการใช้น้ำของเทศบาลนครหาดใหญ่สามารถแสดงความสัมพันธ์ ด้วยระบบโครงข่าย ดังแสดงในภาพประกอบ 4. ซึ่งแบบจำลองจะแสดงรายละเอียดความสัมพันธ์ของระบบการใช้น้ำภายในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ซึ่งง่ายต่อการเข้าใจ

การใช้น้ำภายในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ มีแนวโน้มที่จะมากขึ้นเนื่องจากผลการคาดการณ์ประชากรมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้น และมีกิจกรรมที่มีความหลากหลาย แต่ละกิจกรรมมีความต้องการใช้น้ำที่แตกต่างกันทั้งคุณภาพและปริมาณ ซึ่งทุกกิจกรรมต้องการน้ำใช้ที่มีคุณภาพตามความต้องการในปริมาณที่มากที่สุดและในราคาที่ถูกที่สุดด้วย ในขณะที่แหล่งน้ำมีข้อจำกัดทางด้านคุณภาพและปริมาณ การนำน้ำมาใช้จะต้องมีการคำนึงถึงสิ่งแวดล้อมด้วยดังนั้นปริมาณน้ำที่นำมาใช้ ไม่สามารถที่จะนำมาใช้ได้หมด จะต้องมีน้ำเหลือไว้ในแหล่งน้ำเพื่อรักษาสภาพแวดล้อม จะเห็นได้ว่าในการใช้น้ำ มีแนวโน้มที่จะเกิดปัญหาความขัดแย้งเนื่องจากแต่ละฝ่ายต้องการน้ำที่มีคุณภาพดีมาใช้ให้มากที่สุด และถ้าประชากร และกิจกรรมต่าง ๆ มีการเพิ่มโดยปราศจาก การควบคุม ปัญหาการใช้น้ำก็จะเป็นปัญหาสำคัญที่เกิดขึ้นในอนาคตอย่างแน่นอน



ภาพประกอบ 4. ระบบโครงข่ายที่แสดงระบบการใช้น้ำในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่

3. ปัญหาการใช้น้ำภายในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่

จากการศึกษาระบบการใช้น้ำและพูดคุยกับผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในการใช้น้ำ ผู้วิจัยได้สรุปปัญหาการใช้น้ำภายในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่มาจากสาเหตุดังนี้

3.1 ปัญหาแหล่งน้ำที่มีคุณภาพในการอุปโภค-บริโภคไม่พอเพียงแก่ความต้องการ

3.1.1 น้ำประปา เนื่องจากปี พ.ศ. 2542 การประปาสงขลาผลิตน้ำประปาประมาณ 96,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ซึ่งจำหน่ายทั้งหาดใหญ่และสงขลา โดยจำหน่ายให้แก่หาดใหญ่ประมาณ 38,400 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ในขณะที่ความต้องการน้ำภายในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่มีประมาณ 65,190 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ซึ่งจะเห็นได้ว่าปริมาณน้ำประปาไม่เพียงพอแก่ความต้องการ และการให้บริการน้ำประปายังไม่ครอบคลุมทุกพื้นที่ภายในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ ดังนั้นจึงส่งผลให้มีการใช้น้ำบาดาลซึ่งเป็นน้ำที่มีคุณภาพดีเป็นปริมาณมากในขณะที่น้ำบาดาลก็มีข้อจำกัดในเชิงปริมาณ

3.1.2 น้ำบาดาล จากการศึกษาของ C.Lotti and Assosiate (1989) พบว่าศักยภาพการให้น้ำของชั้นน้ำหาดใหญ่ ควรจะนำน้ำมาใช้ไม่เกินวันละ 10,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ปัจจุบันมีการสูบน้ำมาใช้มากกว่า 12,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน (สภา สกุลแก้ว, 2539 : 57) ซึ่งการสูบน้ำบาดาลขึ้นมาใช้มากเกินสมดุลทางธรรมชาติ จะเป็นปัญหาสำคัญที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม จากการใช้น้ำบาดาลในปริมาณที่มากเกินไป จะส่งผลให้เกิดปัญหาต่อสภาพน้ำบาดาล เนื่องจากผลการศึกษาสภาพน้ำบาดาลบริเวณแอ่งหาดใหญ่ (สภา สกุลแก้ว, 2539 : 32-37) พบว่าบริเวณที่มีระดับน้ำบาดาลต่ำกว่าระดับน้ำทะเล ในปี พ.ศ. 2535 จะคลุมพื้นที่ประมาณ 26 ตารางกิโลเมตร และในปี พ.ศ. 2538 บริเวณที่มีระดับต่ำกว่าระดับน้ำทะเลเพิ่มขึ้นเป็น 41 ตารางกิโลเมตร ซึ่งการใช้น้ำบาดาลในปริมาณมากเกินไป จะส่งผลให้ระดับน้ำใต้ดินลดลงและเป็นปัญหาสำคัญที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เช่น ชั้นน้ำสูญเสียคุณภาพ ซึ่งจะส่งผลให้น้ำบาดาลไม่สามารถนำขึ้นมาใช้ได้ในอนาคต

3.2 ปัญหาจากกิจกรรมต่าง ๆ

3.2.1 กิจกรรมต่าง ๆ มีการใช้น้ำในอัตราสูง

เนื่องจากการศึกษาการใช้น้ำพบว่าอัตราการใช้น้ำของแต่ละกิจกรรมภายในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ พ.ศ. 2542 ที่ศึกษาโดย เอส เอส กรุ๊ป ร่วมค้า (2538) มีอัตราการใช้น้ำค่อนข้างสูงเมื่อเปรียบเทียบกับอัตราการใช้น้ำที่ C.Lotti and Assosiate (1989) ได้ทำการศึกษาให้แก่การประปาส่วนภูมิภาค ซึ่งได้แสดงเปรียบเทียบดังตารางที่ 11 จากอัตราการใช้น้ำที่

ค่อนข้างสูงมีสาเหตุมาจากเทศบาลนครหาดใหญ่เป็นชุมชนเมืองขนาดใหญ่และครัวเรือนมีรายได้เฉลี่ย 176,297.73 บาทต่อปี (เอส เอส กรุ๊ป ร่วมค้า ,2539 : 14) ความเป็นอยู่ดีรวมทั้ง พฤติกรรมการบริโภคที่ค่อนข้างจะฟุ่มเฟือย เป็นสาเหตุให้มีการใช้น้ำที่ค่อนข้างสูง

ตาราง 11 แสดงการเปรียบเทียบอัตราการใช้น้ำ

กิจกรรม	อัตราการใช้น้ำ	
	เอส เอส กรุ๊ป ร่วมค้า	C.Lotti and Assosiate
ประชากรอยู่อาศัย (ลิตร/คน/วัน)	256	195
วัด/ศาสนสถาน (ลูกบาศก์เมตร/วัน)	160	138
โรงเรียน/สถานที่ราชการ (ลิตร/คน/วัน)	26	15
โรงพยาบาล (ลิตร/เตียง)	1,041	600
โรงแรม (ลูกบาศก์เมตร/ห้อง/วัน)	1.67	1.53

ที่มา : เอส เอส กรุ๊ป ร่วมค้า, 2538

C.Lotti and Assosiate, 1989

3.2.2 กิจกรรมต่าง ๆ มีแนวโน้มมีปริมาณมากขึ้น

จากผลการศึกษาระบบการใช้น้ำภายในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ พบว่าจำนวนประชากรมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นดังแสดงในตาราง 4 และจำนวนกิจกรรมมีมากขึ้น(เอส เอส กรุป ร่วมค้า, 2538 : 36) จากการที่จำนวนประชากรมากขึ้น จำนวนกิจกรรมมากขึ้น ส่งผลให้มีการใช้น้ำในปริมาณสูง และ จะเพิ่มมากขึ้นในอนาคต ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ก่อให้เกิดปัญหาการขัดแย้งการใช้น้ำ

3.3 ปัญหาค่าใช้จ่ายในการใช้น้ำ

3.3.1 กิจกรรมต่าง ๆ ต้องการค่าใช้จ่ายในการใช้น้ำต่ำสุด

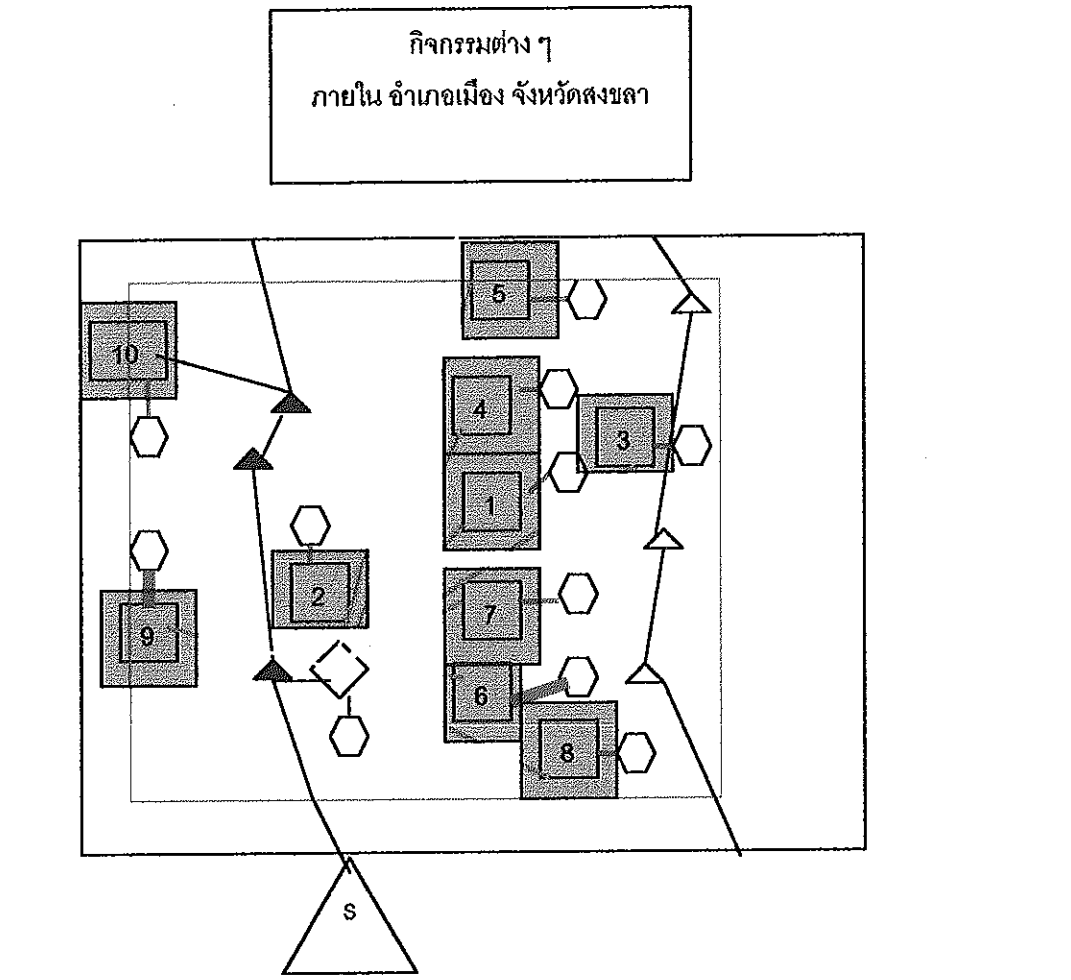
ในการที่แต่ละกิจกรรมนำน้ำจากแหล่งน้ำต่าง ๆ มาใช้ จะมีวิธีการ และค่าใช้จ่ายที่แตกต่างกันเนื่องจากคุณภาพและปริมาณที่แต่ละกิจกรรมต้องการไม่เหมือนกัน ซึ่งทุกกิจกรรมต้องการน้ำที่มีคุณภาพดีในราคาถูก เช่น ในการนำน้ำมาใช้ การนำน้ำประปาหรือน้ำบาดาลมาใช้จะต้องเสียค่าน้ำต่อหน่วยที่ใช้ตามอัตราที่หน่วยงานที่รับผิดชอบกำหนด (ภาคผนวก ช) จะเห็นได้ว่าอัตราค่าน้ำของน้ำประปาจะสูงกว่าน้ำบาดาลมาก ส่งผลให้งบประมาณในส่วนค่าใช้จ่ายที่สะท้อนถึงความหายากสูงขึ้นด้วย ดังนั้นกิจกรรมที่ต้องใช้น้ำในปริมาณมาก ดังเช่น อุตสาหกรรม และ โรงแรม จึงนิยมใช้น้ำบาดาลมากกว่าน้ำประปา เพราะจะทำให้งบประมาณค่าใช้จ่ายในส่วนที่สะท้อนถึงความหายากลดลง ถึงแม้ว่าค่าใช้จ่ายเริ่มต้นในการพัฒนาน้ำมาใช้ของน้ำบาดาลจะ

สูงกว่าประปามากก็ตาม (ชัยธวัช เสาวพนธ์, 2542 : 4) การที่มีการใช้น้ำบาดาลมากเกินไปจะส่งผลให้เกิดปัญหาน้ำบาดาลได้

3.4 ขาดแผนการใช้น้ำเชิงระบบ

ภายในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่มีหน่วยงานที่รับผิดชอบเกี่ยวกับการการใช้น้ำอยู่สองหน่วยงาน คือ ประปาสงขลารับผิดชอบเกี่ยวกับการผลิตและการขายน้ำประปา ส่วนอีกหน่วยงานก็คือ สำนักงานทรัพยากรธรณีจังหวัดสงขลา ซึ่งรับผิดชอบเกี่ยวกับการขุดเจาะน้ำบาดาลและการเก็บค่าน้ำบาดาลจากผู้ใช้ ปัญหาการใช้น้ำเป็นปัญหาที่ซับซ้อนเกี่ยวข้องกับหลาย ๆ ฝ่ายมีหลายปัจจัยเข้ามาเกี่ยวข้อง เช่น แหล่งน้ำ ปริมาณความต้องการ ค่าใช้จ่ายในการใช้น้ำ ซึ่งปัญหาตรงนี้ที่ผ่านมาหน่วยงานต่าง ๆ ได้แก้ไขในส่วนที่ตนเองรับผิดชอบไม่ได้มีการประสานงานและแก้ไขอย่างเป็นระบบ ซึ่งจะเห็นได้ว่าไม่มีหน่วยงานใดที่รับผิดชอบควบคุมดูแลระบบการใช้น้ำภายในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ โดยที่หน่วยงานนั้นจะต้องทำการวางแผนการใช้น้ำ และการจัดสรรน้ำใช้ภายในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่จากทุกๆ แหล่งน้ำใช้ไปยังแต่ละกิจกรรม โดยให้ทุกกิจกรรมมีน้ำใช้เพียงพอต่อความต้องการและมีความเสมอภาคในการใช้น้ำ โดยที่ภาพรวมในการใช้จ่ายต่ำสุด และลดการเกิดปัญหาต่อทรัพยากรน้ำและสภาพแวดล้อม

จากปัญหาการใช้น้ำซึ่งได้ทำการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา สามารถแสดงความสัมพันธ์ของระบบปัญหาด้วยระบบโครงข่ายจากภาพประกอบ 4 ซึ่งระบบปัญหาดังกล่าวจะแสดงความสัมพันธ์ด้วยระบบโครงข่ายดังภาพประกอบ 5



ภาพประกอบ 5 ระบบโครงข่ายที่แสดงระบบปัญหาการใช้น้ำในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่

จากระบบปัญหาที่ได้วิเคราะห์สาเหตุ และแสดงด้วยระบบโครงข่าย ดังภาพประกอบ 5 สามารถวิเคราะห์แนวโน้มของปัญหาในอนาคตได้ ในการแสดงความสัมพันธ์ขององค์ประกอบ เช่น กิจกรรมการใช้น้ำ และ แหล่งน้ำภายในระบบ พบว่ากิจกรรมต่าง ๆ มีการขยายตัว ส่งผลให้มีการใช้น้ำจากน้ำประปา และ น้ำบาดาล เพิ่มมากขึ้น และจะส่งผลถึงการใช้น้ำผิวดินเนื่องจากการผลิตน้ำประปาจะนำน้ำผิวดินมาทำการผลิต จากความสัมพันธ์แสดงให้เห็นว่ากิจกรรม โรงแรม และกิจกรรมอุตสาหกรรม มีการใช้น้ำบาดาลในปริมาณมากกว่ากิจกรรมอื่น ๆ และถ้ากิจกรรมอื่น ๆ มีการใช้ในปริมาณมากโดยไม่มีการควบคุมที่ดี ส่งผลให้ปริมาณน้ำบาดาลในแอ่งหาดใหญ่ลดลง แหล่งน้ำภายในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ยังคงมีเท่าเดิมและถ้าไม่มีการควบคุมดูแลคุณภาพของแหล่งน้ำที่ดีพอแนวโน้มคุณภาพน้ำในอนาคตจะแย่ลง ทำให้ปริมาณน้ำที่นำมาใช้มีปริมาณลดลงและ เป็นสาเหตุให้ค่าใช้จ่ายในการนำน้ำมาใช้สูงขึ้น จะเห็นว่าปริมาณน้ำที่กิจกรรมต้องการในอนาคตเพิ่มมากขึ้นเนื่องจากการขยายตัวของเมือง และปริมาณน้ำที่มีในแหล่งน้ำคงเดิม หรือมีแนวโน้มจะลดลง ซึ่งจะส่งผลให้เกิดปัญหาการขัดแย้ง และ ขาดแคลนน้ำในอนาคตได้

ในปัจจุบันปัญหาการขาดแคลนน้ำและปัญหาการขัดแย้งการใช้น้ำได้ปรากฏขึ้นบ้างในช่วงฤดูแล้งเนื่องจากในฤดูแล้งปริมาณน้ำในแหล่งน้ำมีน้อย และมีแนวโน้มที่จะเป็นปัญหาสำคัญในอนาคต ผู้วิจัยมีความเห็นว่าทางเทศบาลนครหาดใหญ่และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรจะพิจารณาปัญหาการใช้น้ำในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ และควรมีการวางแผนการใช้น้ำอย่างเหมาะสมเพื่อป้องกันปัญหาที่จะเกิดขึ้น โดยการวางแผนจะต้องให้ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในการใช้น้ำเข้ามามีส่วนร่วมในการวางแผน ในงานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้เสนอการวางแผนการใช้น้ำซึ่งแผนดังกล่าวได้มาจากการพูดคุยกับผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง การศึกษาเอกสาร การศึกษาระบบปัญหา โดยที่แผนการใช้น้ำมีดังนี้

4. การวางแผนการใช้น้ำ

ในการวิจัยครั้งนี้ขอกำหนดคำว่า " การวางแผนการใช้น้ำ " จะหมายถึง การวางแผนจัดสรรน้ำใช้จากแหล่งน้ำไปยังกิจกรรม

การวางแผนการใช้น้ำเป็นหนึ่งในแนวทางการจัดการทรัพยากรน้ำเพื่อแก้ไขปัญหาการใช้น้ำที่เกิดขึ้น (ศรีสอาด ตั้งประเสริฐ, 2542 : 1-15) ในการวางแผนจะต้องพิจารณาจากหลาย ๆ ด้าน เช่น อุปสงค์ อุปทาน ลำดับความสำคัญในการใช้น้ำของกิจกรรมต่าง ๆ และค่าใช้จ่ายในการใช้น้ำ รวมทั้งหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ฯลฯ จากรายละเอียดของระบบการใช้น้ำ และปัญหาการใช้น้ำในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ แผนการใช้น้ำนี้ผู้วิจัยต้องการจัดสรรปริมาณน้ำที่มีจากแหล่ง

น้ำต่าง ๆ ไปยังแต่ละกิจกรรม โดยจะต้องบรรลุเงื่อนไขและวัตถุประสงค์ที่ได้จากระบบปัญหา ซึ่งผู้วิจัยได้สรุป ตัวแปร วัตถุประสงค์ และเงื่อนไขในการวางแผนใช้น้ำดังนี้

4.1 ตัวแปร คือ ปริมาณน้ำที่จัดสรรจากแหล่งน้ำไปยังกิจกรรม

4.2 วัตถุประสงค์ในการวางแผนการใช้น้ำ

4.2.1 ค่าใช้จ่ายในการใช้น้ำในภาพรวมควรจะต่ำสุด

4.2.2 ปริมาณน้ำจากแหล่งน้ำที่นำมาใช้ จะต้องไม่มากเกินจนเป็นอันตรายต่อแหล่งน้ำ

4.2.3 ทุกกิจกรรมมีน้ำใช้เพียงพอแก่ความต้องการ

4.3 เงื่อนไขในการวางแผนการใช้น้ำ

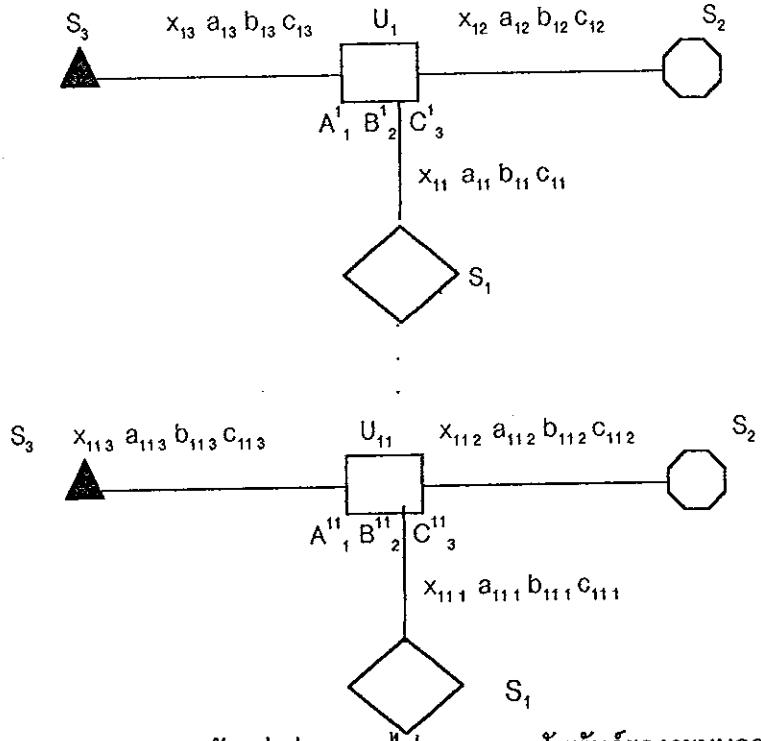
4.3.1 กิจกรรมที่แตกต่างกันมีความต้องการใช้น้ำที่แตกต่างกันทั้งปริมาณและคุณภาพ

4.3.2 แหล่งน้ำต่าง ๆ มีข้อจำกัดในเชิงปริมาณและคุณภาพ

4.3.3 ค่าใช้จ่ายในการใช้น้ำของกิจกรรมต่อแหล่งน้ำ มีค่าใช้จ่ายที่ไม่เท่ากัน

4.3.4 ข้อจำกัดทางด้านงบประมาณของกิจกรรม ในการใช้น้ำภายในเทศบาลนครหาดใหญ่

จาก ตัวแปร วัตถุประสงค์ และเงื่อนไขในการวางแผนการใช้น้ำสามารถแสดงตัวแปรต่าง ๆ ลงไปตามความสัมพันธ์ที่แสดงด้วยระบบโครงข่ายดังภาพประกอบ 6



ภาพประกอบ 6 การแสดงตัวแปรต่าง ๆ ลงไปตามความสัมพันธ์ของระบบการใช้น้ำที่แสดงด้วยระบบโครงข่าย

โดยที่ x_{ij} คือ ปริมาณน้ำที่จัดสรรให้กิจกรรม i ใช้จากแหล่งน้ำ j

U_i คือ ปริมาณน้ำที่กิจกรรม i ต้องการใช้

S_j คือ ปริมาณน้ำของแหล่งน้ำ j

A_j^i คือ งบประมาณค่าใช้จ่ายในการนำน้ำจากแหล่งน้ำ j ขึ้นมาใช้ในกิจกรรม i

B_j^i คือ งบประมาณค่าใช้จ่ายที่สะท้อนถึงความหายากในการนำน้ำจากแหล่งน้ำ j ขึ้นมาใช้ในกิจกรรม i

C_j^i คือ งบประมาณค่าใช้จ่ายที่ก่อให้เกิดผลกระทบภายนอกในการนำน้ำจากแหล่งน้ำ j ขึ้นมาใช้ในกิจกรรม i

a_{ij} คือ ค่าใช้จ่ายในการนำน้ำจากแหล่งน้ำ j ขึ้นมาใช้ในกิจกรรม i

b_{ij} คือ ค่าใช้จ่ายที่สะท้อนถึงความหายากในการนำน้ำจากแหล่งน้ำ j ขึ้นมาใช้ในกิจกรรม i

c_{ij} คือ ค่าใช้จ่ายที่ก่อให้เกิดผลกระทบภายนอกในการนำน้ำจากแหล่งน้ำ j ขึ้นมาใช้ในกิจกรรม i

i คือ กิจกรรมที่ใช้น้ำ โดยที่ i = 1,2,3, ...,m

j คือ แหล่งน้ำ โดยที่ j = 1,2,3,...,n

k คือ จำนวนสมการเป้าหมาย โดยที่ k = 1,2,3,...,p

i = 1,2,3, ..., 11

1 คือ ประชากรอยู่อาศัย
2 คือ วัด / ศาสนสถาน
3 คือ โรงเรียน / สถานที่ราชการ
4 คือ ตลาด
5 คือ โรงพยาบาล
6 คือ โรงแรม
7 คือ ภัตตาคารร้านอาหาร
8 คือ อาบอบนวด
9 คือ โรงงานอุตสาหกรรม
10 คือ การเกษตร
11 คือ ประปา

j = 1,2,3

1 คือ น้ำประปา

2 คือ น้ำบาดาล

3 คือ น้ำผิวดิน

ในการวางแผนหรือการบริหารจัดการสิ่งแวดล้อม จะต้องเกี่ยวข้องกับบุคคลหลายฝ่าย และจำเป็นจะต้องคำนึงถึงวัตถุประสงค์และเงื่อนไขหลาย ๆ ด้าน ทั้งนี้เพราะว่าการดำเนินงานของหน่วยงานหรือองค์กรจะต้องมีหลายวัตถุประสงค์ และการที่จะให้บรรลุวัตถุประสงค์ใดวัตถุประสงค์หนึ่งเพียงอย่างเดียวในช่วงเวลานั้น จะไม่ประสบความสำเร็จในการบริหารจัดการ ดังเช่น การวางแผนการใช้น้ำในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ จะต้องเกี่ยวข้องกับบุคคลหลาย ๆ ฝ่าย เช่น เทศบาลนครหาดใหญ่ในฐานะผู้ดูแลความเป็นอยู่ของกิจกรรมต่าง ๆ ภายในพื้นที่รับผิดชอบ สำนักงานประปาสงขลา สำนักงานทรัพยากรธรณีจังหวัดสงขลา ในฐานะผู้ดูแลแหล่งน้ำใช้ และกิจกรรมต่าง ๆ ในฐานะผู้ใช้น้ำ ในการจัดการจำเป็นจะต้องบรรลุวัตถุประสงค์หลาย ๆ อย่างในเวลาเดียวกัน เช่น ทุกกิจกรรมมีน้ำใช้เพียงพอแก่ความต้องการ ปริมาณน้ำที่นำมาใช้จะต้องไม่มากจนเป็นอันตรายต่อแหล่งน้ำ และค่าใช้จ่ายในการใช้น้ำในภาพรวมควรจะต่ำสุด ถ้าเทศบาลดำเนินงานเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ใดวัตถุประสงค์หนึ่ง ในช่วงเวลานั้นอาจไม่ประสบความสำเร็จในการดำเนินงานโดยส่วนรวมก็ได้ ซึ่งในการจัดสรรน้ำที่มีหลายวัตถุประสงค์และหลายเงื่อนไข โดยใช้การตัดสินใจโดยบุคคลเพียงอย่างเดียวจะเป็นเรื่องยุ่งยากและอาจเกิดความผิดพลาด ซึ่งจะส่งผลให้เกิดความไม่ยุติธรรมในการจัดสรรน้ำได้ ดังนั้นการนำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์มาเป็นเครื่องมือที่ช่วยในการวางแผนการใช้น้ำจะช่วยในการตัดสินใจ และลดข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นได้

5. การศึกษาแบบจำลองที่ใช้ในการวางแผนการใช้น้ำ

การนำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์มาช่วยในการวางแผนการใช้น้ำจะช่วยให้เกิดความสะดวกสบาย และป้องกันข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากการตัดสินใจของบุคคล แต่ทั้งนี้ในการจะใช้แบบจำลองนั้นจะต้องมีการวิเคราะห์ระบบปัญหาให้ชัดเจน และในการศึกษานี้จะแสดงความสัมพันธ์ของระบบปัญหาด้วยระบบโครงข่ายเพื่อช่วยให้เข้าใจระบบได้ง่ายขึ้น สุดท้ายจะแสดงในรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ซึ่งจะนำไปใช้ในการหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดในการวางแผนการใช้น้ำ

5.1 แบบจำลองต้นแบบ

การสร้างแบบจำลองในขั้นต้นนี้เพื่อจำลองระบบการใช้น้ำภายในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ให้อยู่ในรูปแบบจำลองทางคณิคศาสตร์ซึ่งอาศัยหลักการวิเคราะห์ระบบปัญหา โดยแสดงความสัมพันธ์ด้วยระบบโครงข่าย และสุดท้ายแสดงด้วยในรูปแบบจำลองคณิตศาสตร์ วัตถุประสงค์ของการสร้างแบบจำลองต้นแบบ เพื่อสร้างแบบจำลองพื้นฐาน พร้อมทั้งวิเคราะห์ผลการทดสอบแบบจำลองพื้นฐาน และนำผลการทดสอบไปปรับปรุงแบบจำลองที่จะนำไปวิเคราะห์ผลในขั้นตอนต่อไป

แบบจำลองต้นแบบที่สร้างขึ้น โดยการดัดแปลงมาจากแบบจำลองคณิตศาสตร์เชิงพหุเกณฑ์พหุวัตถุประสงค์แบบอิงเป้าหมาย ดังที่ได้นำเสนอในวิธีการดำเนินการวิจัย ในบทที่ 2 การสร้างแบบจำลองให้ถูกต้องจะต้องสอดคล้องกับระบบปัญหาจริงและสอดคล้องกับแนวทางการจัดการของระบบนั้น และในการสร้างแบบจำลองจะต้องยอมรับว่าไม่มีแบบจำลองใดที่แทนสภาพความเป็นจริงได้ครบถ้วน แบบจำลองที่ใช้จะมีรูปแบบของวัตถุประสงค์ของแบบจำลองที่ใช้ในการแก้ปัญหาอาจมีลักษณะที่แตกต่างกันดังนี้

5.1.1 กรณีที่ทุกวัตถุประสงค์ในการดำเนินงานมีความสำคัญเท่ากัน

แบบจำลองลักษณะนี้สอดคล้องกับการดำเนินงานที่มีหลายวัตถุประสงค์และให้ความสำคัญกับทุกวัตถุประสงค์เท่ากันหมด (น้ำหนักความสำคัญของทุกวัตถุประสงค์มีค่าเท่ากับ 1) และให้ความสำคัญกับเป้าหมายรวมเป็นหลัก ซึ่งแบบจำลองพื้นฐานที่เป็นแบบทั่วไปของโปรแกรมเชิงเส้นตรงแบบอิงเป้าหมาย (Linear goal programming)

5.1.2 กรณีที่วัตถุประสงค์ในการดำเนินการมีความสำคัญไม่เท่ากัน

แบบจำลองลักษณะนี้สอดคล้องกับการดำเนินงานที่มีหลายวัตถุประสงค์และความสำคัญของวัตถุประสงค์ไม่เท่ากัน (น้ำหนักความสำคัญของวัตถุประสงค์ไม่เท่ากันหมดทุกวัตถุประสงค์) ความสำคัญของวัตถุประสงค์สามารถจัดลำดับความสำคัญ และให้ความสำคัญในรูปตัวเลขน้ำหนักก่อนหลังของวัตถุประสงค์ที่ต้องการให้บรรลุเป้าหมาย สำหรับกรณีนี้สามารถแบ่งลักษณะของวัตถุประสงค์ได้เป็น 2 ลักษณะ ซึ่งมีรูปแบบดังนี้

5.1.2.1 วัตถุประสงค์แต่ละอย่างมีความสำคัญไม่แตกต่างกันมากนัก การสร้างแบบจำลองและการแก้ปัญหาสามารถทำได้โดยการให้น้ำหนักความสำคัญของวัตถุประสงค์ตามความสำคัญก่อนหลัง

5.1.2.2 วัตถุประสงค์แต่ละอย่างมีความสำคัญแตกต่างกันมาก คือในการดำเนินงานจริงยอมให้วัตถุประสงค์ที่สำคัญกว่าบรรลุอย่างเต็มที่ ถึงแม้ว่าวัตถุประสงค์ที่สำคัญรองลงมาจะไม่บรรลุวัตถุประสงค์ที่วางไว้ก็ตาม การสร้างแบบจำลองและการแก้ปัญหาสำหรับวัตถุประสค์ลักษณะนี้สามารถทำได้โดยการใช้วัตถุประสงค์ที่มีความสำคัญมากที่สุดเป็นวัตถุประสงค์หลักในการแก้ปัญหา และดึงวัตถุประสงค์อื่น ๆ มาเป็นสมการเงื่อนไข แล้วจึงทดสอบแบบจำลองนำผลที่ได้จาการทดสอบแบบจำลอง (คำตอบ) มาเป็นค่าทางขวามือสำหรับสมการวัตถุประสงค์ที่จะเปลี่ยนเป็นสมการเงื่อนไข ในการทดสอบแบบจำลองในขั้นตอนต่อไปและใช้วัตถุประสงค์ที่รองลงไปเป็นวัตถุประสงค์หลักในการแก้ปัญหา และให้วัตถุประสงค์อื่นเป็นข้อจำกัด แต่สำหรับค่าทางขวามือของวัตถุประสงค์ที่สำคัญกว่าที่เปลี่ยนมาเป็นเงื่อนไขให้ใช้ค่าที่ได้จาการแก้ปัญหาในครั้งที่

ผ่านมา รูปแบบทั่วไปของแบบจำลองลักษณะนี้ เหมือนรูปแบบทั่วไปของแบบจำลองที่มีลักษณะวัตถุประสงค์เดียวเพียงแต่ขั้นตอนและวิธีการแก้ปัญหาเท่านั้นที่แตกต่างกัน

5.2 ที่มาของสมการวัตถุประสงค์ สมการเงื่อนไข และตัวแปรต้นแบบ

การสร้างแบบจำลองที่ใช้ในการวางแผนการใช้น้ำของเทศบาลนครหาดใหญ่ จะประกอบด้วยสมการวัตถุประสงค์ สมการเงื่อนไข และตัวแปรต้นแบบ ที่มาของสมการและตัวแปรจะได้จากการวางแผนการใช้น้ำภายในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ ซึ่งในการวางแผนการใช้น้ำจะมีการกำหนด ตัวแปร วัตถุประสงค์ และเงื่อนไข ในการใช้น้ำดังนี้

5.2.1 ตัวแปรต้นแบบ

ตัวแปรต้นแบบ ได้กำหนดขึ้นจากปริมาณน้ำที่จัดสรรจากแหล่งน้ำไปยังกิจกรรม โดยที่

X_{ij} คือ ปริมาณน้ำจากแหล่งน้ำ j ไปยังกิจกรรม i

i คือ กิจกรรม 1 , 2 , 3 ,...,m และ j คือ แหล่งน้ำ 1 , 2 , 3 ,...,n

5.2.2 วัตถุประสงค์

การกำหนดวัตถุประสงค์ในการวางแผนการใช้น้ำ ได้คำนึงถึงสิ่งที่ต้องการหาค่าต่ำสุดในการจัดสรรน้ำซึ่งก็ คือ ปริมาณน้ำที่จัดสรรจากแหล่งน้ำไปยังกิจกรรม ค่าใช้จ่ายในการจัดสรรน้ำและปริมาณน้ำในแหล่งน้ำที่นำมาใช้ในการสร้างแบบจำลองได้กำหนดวัตถุประสงค์ดังนี้

5.2.2.1 ค่าใช้จ่าย/งบประมาณ ในการจัดสรรน้ำใช้ให้แต่ละกิจกรรมในภาพรวมจะต้องมีค่าใช้จ่ายต่ำสุด โดยจะต้องไม่มากกว่าที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน

5.2.2.2 ปริมาณน้ำที่ใช้จากแหล่งน้ำจะต้องไม่มากจนเป็นอันตรายต่อแหล่งน้ำ

5.2.2.3 กิจกรรมทุกกิจกรรมมีน้ำใช้เพียงพอแก่ความต้องการ โดยจะต้องไม่มากกว่าที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน

5.2.3 เงื่อนไขเบื้องต้น คือ

5.2.3.1 แหล่งน้ำมีข้อจำกัดในเชิงปริมาณและคุณภาพ

5.2.3.2 ผู้ต้องการใช้น้ำแต่ละกลุ่มกิจกรรม ต้องการปริมาณและคุณภาพที่แตกต่างกัน

5.2.3.3 ค่าใช้จ่ายในการนำน้ำจากแหล่งน้ำ ไปยังผู้ใช้น้ำในแต่ละกลุ่มกิจกรรมจะมีค่าใช้จ่ายไม่เท่ากัน

5.2.3.4 แต่ละกิจกรรมมีข้อจำกัดทางด้านงบประมาณ

5.3 การคิดสมการวัตถุประสงค์ สมการเงื่อนไข และค่าทางขวามือ

การคิดสมการวัตถุประสงค์หรือสมการเงื่อนไข คิดสมการจากความสัมพันธ์ระหว่างวัตถุประสงค์ และ/หรือ เงื่อนไขกับตัวแปรต่าง ๆ โดยมีการกำหนดว่าสมการวัตถุประสงค์หรือสมการเงื่อนไข สามารถสร้างได้จากผลรวมของวัตถุประสงค์หรือเงื่อนไขนั้น ๆ ดังนั้นสมการวัตถุประสงค์และเงื่อนไขได้มาจากวัตถุประสงค์และเงื่อนไขที่ได้กำหนดไว้จากแผนการใช้น้ำในปัจจุบันแล้วแปลงเป็นสมการคณิตศาสตร์ ส่วนค่าทางขวามือของสมการกำหนดจากเป้าหมายในการดำเนินงานที่ได้กำหนดไว้

5.3.1 การสร้างสมการจากวัตถุประสงค์ และเงื่อนไข

จากหัวข้อ 5.2 ได้พูดถึง ตัวแปร วัตถุประสงค์ และ เงื่อนไข ที่ใช้ในการวางแผนการใช้น้ำ จากหัวข้อดังกล่าว ได้นำมาสร้างเป็นชุดสมการต่าง ๆ ในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการวางแผนการใช้น้ำ

5.3.1.1 สมการที่สร้างจากวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำจากแหล่งน้ำที่นำมาใช้จะต้องไม่มากจนเป็นอันตรายต่อแหล่งน้ำ และเงื่อนไขข้อจำกัดของปริมาณน้ำที่สามารถนำน้ำมาใช้ในแต่ละกิจกรรม

จากวัตถุประสงค์และเงื่อนไขข้อจำกัดดังกล่าว พบว่าในการนำน้ำจากแหล่งน้ำ j ไปยังกิจกรรม i ปริมาณน้ำไม่ควรเกินขีดความสามารถในการให้น้ำของแหล่งน้ำโดยไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อแหล่งน้ำ ซึ่งปริมาณน้ำที่สามารถนำมาใช้ได้จัดเป็นข้อจำกัดทางด้านขวามือ ดังนั้นสามารถสร้างสมการเงื่อนไขได้ดังนี้

$$
\begin{aligned}
x_{11} + x_{21} + x_{31} + x_{41} + \ldots + x_{i1} &\leq s_1 \\
x_{12} + x_{22} + x_{32} + x_{42} + \ldots + x_{i2} &\leq s_2 \\
&\ldots\ldots\ldots\ldots \\
x_{1j} + x_{2j} + x_{3j} + x_{4j} + \ldots + x_{ij} &\leq s_j
\end{aligned}
$$

โดยที่ x_{ij} คือ ปริมาณน้ำที่นำไปใช้ในกิจกรรม i จากแหล่งน้ำ j

s_j คือ ปริมาณน้ำในแหล่งน้ำ j ที่สามารถนำไปใช้ได้โดยไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อแหล่งน้ำ

5.3.1.2 สมการที่สร้างจากวัตถุประสงค์ทุกกิจกรรมมีน้ำใช้เพียงพอแก่ความต้องการ และเงื่อนไขปริมาณความต้องการน้ำที่แตกต่างกันของแต่ละกิจกรรม

จากวัตถุประสงค์และเงื่อนไขความต้องการน้ำของแต่ละกิจกรรม พบว่าแต่ละกิจกรรมมีความต้องการน้ำในเชิงปริมาณไม่เท่ากัน ดังนั้นในการจัดสรรจากแหล่งน้ำ j ไปยัง กิจกรรม i ปริมาณน้ำที่จัดสรรจะต้องไม่มากกว่าปริมาณความต้องการของแต่ละกิจกรรมเนื่องจากการศึกษาอัตราการใช้น้ำในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ พบว่าอัตราการใช้น้ำค่อนข้างสูงมากเมื่อเปรียบเทียบกับอัตราการใช้น้ำที่การประปาส่วนภูมิภาคได้ประมาณการไว้ดังนั้น ปริมาณน้ำที่แต่ละกิจกรรมได้รับจึงไม่ควรที่จะมากกว่าปริมาณการใช้น้ำในปัจจุบัน โดยที่ ปริมาณน้ำที่แต่ละกิจกรรมต้องการจัดเป็นข้อจำกัดทางด้านขวามือ ดังนั้นสามารถสร้างสมการเงื่อนไขได้ดังนี้

$$x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} + \ldots + x_{1j} \leq U_1$$
$$x_{21} + x_{22} + x_{23} + x_{24} + \ldots + x_{2j} \leq U_2$$
$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$
$$x_{i1} + x_{i2} + x_{i3} + x_{i4} + \ldots + x_{ij} \leq U_i$$

โดยที่ x_{ij} คือ ปริมาณน้ำที่นำไปใช้ในกิจกรรม i จากแหล่งน้ำ j

U_i คือ ปริมาณน้ำที่กิจกรรม i ต้องการ

5.3.1.3 สมการที่สร้างจากวัตถุประสงค์ค่าใช้จ่ายในภาพรวมควรจะต่ำที่สุด เงื่อนไขข้อจำกัดในเชิงคุณภาพของแหล่งน้ำ คุณภาพน้ำที่กิจกรรมต้องการแตกต่างกัน ค่าใช้จ่ายที่แตกต่างกันในการนำน้ำจากแต่ละแหล่งน้ำมาใช้ และ งบประมาณค่าใช้จ่ายในการใช้น้ำที่ไม่ท่ากัน

สำหรับวัตถุประสงค์ค่าใช้จ่ายในภาพรวม เงื่อนไขข้อจำกัดในเชิงคุณภาพ และ ข้อจำกัดงบประมาณ พบว่าแหล่งน้ำแต่ละแหล่งมีคุณภาพที่แตกต่างกัน และแต่ละกิจกรรมก็ต้องการน้ำที่มีคุณภาพและปริมาณที่แตกต่างกันด้วย ดังนั้นในแต่ละกิจกรรมจะมีค่าใช้จ่ายในการใช้น้ำต่างกัน เช่น ค่าใช้จ่ายในการนำน้ำจากแหล่งน้ำต่างๆมาใช้ในแต่ละกิจกรรม และค่าใช้จ่ายที่สะท้อนถึงความหายาก และค่าใช้จ่ายที่ก่อให้เกิดผลกระทบภายนอก ซึ่งค่าใช้จ่ายเหล่านี้จะน้อยกว่างบประมาณที่แต่ละกิจกรรมกำหนดไว้ เงื่อนไขของงบประมาณค่าใช้จ่ายซึ่งเป็นข้อจำกัดของแต่ละกิจกรรม ก็จะเป็นข้อจำกัดทางด้านขวามือ และค่าใช้จ่ายในการใช้น้ำจะคิดเป็นสัมประสิทธิ์ของตัวแปร โดยกำหนดดังนี้

รูปแบบสมการเงื่อนไขสามารถสร้างได้ดังนี้

$$
\begin{aligned}
a_{11}x_{11} + a_{12}x_{12} + \ldots + a_{1j}x_{1j} &\leq d^1_1 \\
b_{11}x_{11} + b_{12}x_{12} + \ldots + b_{1j}x_{1j} &\leq d^1_2 \\
c_{11}x_{11} + c_{12}x_{12} + \ldots + c_{1j}x_{1j} &\leq d^1_3 \\
&\ldots\ldots\ldots\ldots \\
a_{i1}x_{i1} + a_{i2}x_{i2} + \ldots + a_{ij}x_{ij} &\leq d^i_1 \\
b_{i1}x_{i1} + b_{i2}x_{i2} + \ldots + b_{ij}x_{ij} &\leq d^i_2 \\
c_{i1}x_{i1} + c_{i2}x_{i2} + \ldots + c_{ij}x_{ij} &\leq d^i_3
\end{aligned}
$$

โดยที่

a_{ij} = ค่าใช้จ่ายในการนำน้ำจากแหล่งน้ำ j ไปใช้ในกิจกรรม i

b_{ij} = ค่าใช้จ่ายที่สะท้อนถึงความหายากในการนำน้ำจากแหล่งน้ำ j ไปใช้ในกิจกรรม i

c_{ij} = ค่าใช้จ่ายที่ก่อให้เกิดผลกระทบภายนอกในการนำน้ำจากแหล่งน้ำ j ไปใช้ในกิจกรรม i

d^i_1 = งบประมาณสูงสุดของค่าใช้จ่ายในการนำน้ำมาใช้ในกิจกรรม i

d^i_2 = งบประมาณสูงสุดของค่าใช้จ่ายที่สะท้อนถึงความหายากในการนำน้ำมาใช้ในกิจกรรม i

d^i_3 = งบประมาณสูงสุดของค่าใช้จ่ายที่ก่อให้เกิดผลกระทบภายนอกในการนำน้ำมาใช้ในกิจกรรม i

สมการพหุวัตถุประสงค์ที่ใช้ในการวางแผนการใช้น้ำมีรูปแบบดังนี้

สมการวัตถุประสงค์

$$\text{Min} \sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{n} a_{ij}x_{ij} \leq A^i_i$$

$$\text{Min} \sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{n} b_{ij}x_{ij} \leq B^i_i$$

$$\text{Min} \sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{n} c_{ij}x_{ij} \leq C^i_i$$

สมการเงื่อนไข

$$\sum_{i=1}^{m} x_{ij} \leq S_j$$

$$\sum_{j=1}^{n} x_{ij} \leq U_i$$

โดยที่

x_{ij} คือ ปริมาณน้ำที่จัดสรรให้กิจกรรม i ใช้จากแหล่งน้ำ j

U_i คือ ปริมาณน้ำที่กิจกรรม i ต้องการใช้

S_j คือ ปริมาณน้ำของแหล่งน้ำ j

A_j^i คือ งบประมาณค่าใช้จ่ายในการนำน้ำจากแหล่งน้ำ j ขึ้นมาใช้ในกิจกรรม i

B_j^i คือ งบประมาณค่าใช้จ่ายที่สะท้อนถึงความหายากในการนำน้ำจากแหล่งน้ำ j ขึ้นมาใช้ในกิจกรรม i

C_j^i คือ งบประมาณค่าใช้จ่ายที่ก่อให้เกิดผลกระทบภายนอกในการนำน้ำจากแหล่งน้ำ j ขึ้นมาใช้ในกิจกรรม i

a_{ij} คือ ค่าใช้จ่ายในการนำน้ำจากแหล่งน้ำ j ขึ้นมาใช้ในกิจกรรม i

b_{ij} คือ ค่าใช้จ่ายที่สะท้อนถึงความหายากในการนำน้ำจากแหล่งน้ำ j ขึ้นมาใช้ในกิจกรรม i

c_{ij} คือ ค่าใช้จ่ายที่ก่อให้เกิดผลกระทบภายนอกในการนำน้ำจากแหล่งน้ำ j ขึ้นมาใช้ในกิจกรรม i

i คือ กิจกรรมที่ใช้น้ำ โดยที่ $i = 1,2,3,\ldots,m$

j คือ แหล่งน้ำ โดยที่ $j = 1,2,3,\ldots,n$

k คือ จำนวนสมการเป้าหมาย โดยที่ $k = 1,2,3,\ldots,p$

$i = 1,2,3,\ldots, 11$

1 คือ ประชากรอยู่อาศัย

2 คือ วัด / ศาสนสถาน

3 คือ โรงเรียน / สถานที่ราชการ

4 คือ ตลาด

5 คือ โรงพยาบาล

6 คือ โรงแรม

7 คือ ภัตตาคารร้านอาหาร

8 คือ อาบอบนวด

9 คือ โรงงานอุตสากรรม

10 คือ การเกษตร

11 คือ ประปา

j = 1,2,3

1 คือ น้ำประปา

2 คือ น้ำบาดาล

3 คือ น้ำผิวดิน

k = 1,2,3,...,47

5.3.2 การกำหนดเป้าหมาย

ในการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เชิงพหุเกณฑ์พหุวัตถุประสงค์ โดยใช้แนวทางของโปรแกรมเชิงเป้าหมาย (Goal programming) สมการวัตถุประสงค์ดังกล่าวสามารถปรับให้เป็นสมการเงื่อนไขในการดำเนินงาน ส่วนสมการวัตถุประสงค์ในแบบจำลองได้มาจากการ Minimize ค่าเบี่ยงเบนจากเป้าหมายในการดำเนินงาน ซึ่งในเบื้องต้นกำหนดให้สามารถเบี่ยงเบนได้ทั้งสองทิศทาง (Two ways) คือ การยอมให้คำตอบที่ได้มีค่ามากกว่าหรือน้อยกว่าเป้าหมายที่กำหนดได้ ซึ่งเป้าหมายที่กำหนดในการดำเนินงานในขั้นตอนนี้ คือ

1. ค่าใช้จ่ายในการจัดสรรน้ำในภาพรวมจะต้องมีค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด
2. กิจกรรมต่าง ๆ จะต้องได้รับน้ำจากการจัดสรรพอเพียงแก่ความต้องการ
3. ปริมาณน้ำในแหล่งน้ำที่นำมาใช้จะต้องนำมาใช้จะต้องไม่มากจนเป็นอันตรายต่อแหล่งน้ำ

การดำเนินงานในขั้นแรกได้กำหนดวัตถุประสงค์ที่เป็นเป้าหมายเชิงปริมาณ ซึ่งการกำหนดเป้าหมายขึ้นทั้งหมดในการดำเนินงานมาจาก ข้อมูลจริงที่รวบรวมได้ในปัจจุบัน และในบางส่วนได้มาจากการคำนวณดังแสดงวิธีการคิดไว้ในภาคผนวก ก. ถึงภาคผนวก ค.ไว้ดังนี้

1. ค่าใช้จ่าย/งบประมาณ ในการจัดสรรน้ำใช้ ให้แต่ละกิจกรรมโดยมีค่าใช้จ่ายในภาพรวมไม่มากกว่า 57,472,180 บาท/เดือน

2. มีการใช้น้ำจากแหล่งน้ำต่าง ๆไม่มากว่าปริมาณ ดังนี้
   น้ำประปาไม่มากกว่า 1,168,000 ลูกบาศก์เมตร/เดือน
   แหล่งน้ำใต้ดินไม่มากว่า 304,167 ลูกบาศก์เมตร/เดือน
   แหล่งน้ำผิวดินไม่มากว่า 5,000,000 ลูกบาศก์เมตร/เดือน

3. แต่ละกิจกรรมมีน้ำใช้ไม่มากกว่าปริมาณดังต่อไปนี้

ประชากรอยู่อาศัย	1,372,569	ลูกบาศก์เมตร/เดือน
วัด/ศาสนสถาน	4,862	ลูกบาศก์เมตร/เดือน
โรงเรียน/สถานที่ราชการ	49,017	ลูกบาศก์เมตร/เดือน
ตลาด	33,726	ลูกบาศก์เมตร/เดือน
โรงพยาบาล	61,781	ลูกบาศก์เมตร/เดือน
โรงแรม	435,840	ลูกบาศก์เมตร/เดือน
ภัตตาคาร/ร้านอาหาร	15,472	ลูกบาศก์เมตร/เดือน
อาบอบนวด	8,636	ลูกบาศก์เมตร/เดือน
อุตสาหกรรม	86,634	ลูกบาศก์เมตร/เดือน
การเกษตร	-	ลูกบาศก์เมตร/เดือน
ประปา	2,920,000	ลูกบาศก์เมตร/เดือน

5.3.3 ตัวแปรตัดสินใจ (Decision variable)

ตัวแปรตัดสินใจ (Decision variable) ของแบบจำลองที่เป็นตัวแปรต้นแบบ คือ ปริมาณน้ำที่จัดสรรจากแหล่งน้ำไปยังกิจกรรม แต่ในกรณีนี้แบบจำลองที่สร้างขึ้นเป็นแบบพหุวัตถุประสงค์ในรูปแบบของโปนแกรมอิงเป้าหมาย ตัวแปรตัดสินใจโดยตรงคือตัวแปรเบี่ยงเบน (Deviation variable) จากเป้าหมายของแต่ละเป้าหมายทั้งนี้เพื่อความสะดวกในการทดสอบแบบจำลอง โดยที่ การกำหนดให้เป้าหมายสามารถเบี่ยงเบนได้ทั้งสองทิศทาง ซึ่งทำให้ในแต่ละสมการมีตัวแปรเบี่ยงเบน อย่างน้อยหนึ่งตัว คือ ตัวที่ยอมให้มากกว่าหรือตัวที่ยอมให้น้อยกว่าเป้าหมายที่ตั้งไว้

โดยที่

d^+ = ตัวแปรเบี่ยงเบนที่ยอมให้มากกว่าเป้าหมาย

d^- = ตัวแปรเบี่ยงเบนที่ยอมให้น้อยกว่าเป้าหมาย

5.3.4 ค่าสัมประสิทธิ์และค่าทางขวามือของตัวแปร

5.3.4.1 การคิดค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปร ในสมการเงื่อนไขค่าใช้จ่ายในที่แตกต่างกันในการนำน้ำมาใช้ในแต่ละกิจกรรม หน่วยที่ใช้ คือ (บาท / ลูกบาศก์เมตร) วิธีการคิดดังภาคผนวก ข. และ ภาคผนวก ค.

5.3.4.2 การคิดค่าทางขวามือของแบบจำลอง ในกรณีปริมาณน้ำในแหล่งน้ำและปริมาณน้ำที่กิจกรรมใช้ จะคิดปริมาณน้ำดังกล่าวเป็นปริมาณน้ำรายเดือน ในการคิดปริมาณน้ำในแหล่งน้ำที่สามารถนำมาใช้ได้จะต้องคำนึงถึงสิ่งแวดล้อม ในการนำน้ำมาใช้ไม่สามารถนำน้ำมาใช้ได้หมดจะต้องเหลือน้ำในแหล่งน้ำไว้รักษาสภาพแวดล้อม ซึ่งวิธีการคิดแสดงไว้ในภาคผนวก ข.

5.3.4.3 การคิดค่าทางขวามือของแบบจำลอง ในสมการเงื่อนไขค่าใช้จ่ายในการใช้น้ำ หน่วยที่ใช้ (บาท/เดือน) ค่าทางขวามือ คือ งบประมาณที่กิจกรรมจ่ายในการใช้น้ำ ในการวิจัยครั้งนี้ กำหนด ให้ทุกกิจกรรมมีงบประมาณสำหรับค่าใช้จ่ายในการใช้น้ำจากแหล่งน้ำต่าง ๆ ที่มีค่าใช้จ่ายสูงสุด เช่นงบประมาณค่าใช้จ่ายในการนำน้ำมาใช้คิดจากค่าใช้จ่ายในการพัฒนาน้ำบาดาลมาใช้เนื่องจากค่าใช้จ่ายของน้ำบาดาลสูงที่สุด งบประมาณค่าใช้จ่ายที่สะท้อนถึงความหายากให้คิดจากค่าน้ำต่อหน่วยที่กิจกรรมใช้น้ำประปาเนื่องจากค่าน้ำประปาสูงสุด วิธีการคิดแสดงดังภาคผนวก ค. ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรและค่าจำกัดทางขวามือ จะแสดงดังตาราง 12

ตาราง 12 แสดงค่าสัมประสิทธิ์และค่าจำกัดทางขวามือปี พ.ศ. 2542

	ค่าสัมประสิทธิ์ (บาท/ลูกบาศก์เมตร)			ค่าจำกัดทางขวามือ
	ประปา	บาดาล	น้ำผิวดิน	(10^3 บาท/เดือน)
ครัวเรือน				
ค่าใช้จ่ายในการนำน้ำมาใช้	0.86	14.99	0	20,577.667
ค่าใช้จ่ายที่สะท้อนถึงความหายาก	12.75	3.5	0	17,540.991
ค่าใช้จ่ายที่ก่อให้เกิดผลกระทบภายนอก	0	0	0	0
วัด/ศาสนสถาน				
ค่าใช้จ่ายในการนำน้ำมาใช้	0.36	2.05	0	9.917
ค่าใช้จ่ายที่สะท้อนถึงความหายาก	14.6	3.5	0	70.985
ค่าใช้จ่ายที่ก่อให้เกิดผลกระทบภายนอก	0	0	0	0
โรงเรียน/สถานที่ราชการ				
ค่าใช้จ่ายในการนำน้ำมาใช้	0.19	0.99	0	53.083
ค่าใช้จ่ายที่สะท้อนถึงความหายาก	14.7	3.5	0	721.02
ค่าใช้จ่ายที่ก่อให้เกิดผลกระทบภายนอก	0	0	0	0
ตลาด				
ค่าใช้จ่ายในการนำน้ำมาใช้	0.05	0.39	0	12.5
ค่าใช้จ่ายที่สะท้อนถึงความหายาก	15	3.5	0	505.92
ค่าใช้จ่ายที่ก่อให้เกิดผลกระทบภายนอก	0	0	0	0
โรงพยาบาล				
ค่าใช้จ่ายในการนำน้ำมาใช้	0.02	0.19	0	16.875
ค่าใช้จ่ายที่สะท้อนถึงความหายาก	15	3.5	0	928.05
ค่าใช้จ่ายที่ก่อให้เกิดผลกระทบภายนอก	0	0	0	0
โรงแรม				
ค่าใช้จ่ายในการนำน้ำมาใช้	0.04	0.38	0	182.875
ค่าใช้จ่ายที่สะท้อนถึงความหายาก	21	3.5	0	9,152.220
ค่าใช้จ่ายที่ก่อให้เกิดผลกระทบภายนอก	0	0	0	0
ภัตตาคาร/ร้านอาหาร				
ค่าใช้จ่ายในการนำน้ำมาใช้	1.17	20.94	0	316.75
ค่าใช้จ่ายที่สะท้อนถึงความหายาก	13	3.5	0	197.652
ค่าใช้จ่ายที่ก่อให้เกิดผลกระทบภายนอก	0	0	0	0
อาบอบนวด				
ค่าใช้จ่ายในการนำน้ำมาใช้	0.03	1.29	0	10.938
ค่าใช้จ่ายที่สะท้อนถึงความหายาก	21.5	3.5	0	185.717
ค่าใช้จ่ายที่ก่อให้เกิดผลกระทบภายนอก	0	0	0	0

ตาราง 12 แสดงค่าสัมประสิทธิ์และค่าจำกัดทางขวามือ ปี พ.ศ. 2542 (ต่อ)

	ค่าสัมประสิทธิ์ (บาท/ลูกบาศก์เมตร)			ค่าจำกัดทางขวามือ
	ประปา	บาดาล	น้ำผิวดิน	(10^3 บาท/เดือน)
โรงงานอุตสาหกรรม				
ค่าใช้จ่ายในการนำน้ำมาใช้	0.07	1.31	0	116.083
ค่าใช้จ่ายที่สะท้อนถึงความหายาก	21.75	3.5	0	1,926.071
ค่าใช้จ่ายที่ก่อให้เกิดผลกระทบภายนอก	0	0	0	0
เกษตรกรรม				
ค่าใช้จ่ายในการนำน้ำมาใช้	0	0	0	0
ค่าใช้จ่ายที่สะท้อนถึงความหายาก	0	0	0	0
ค่าใช้จ่ายที่ก่อให้เกิดผลกระทบภายนอก	0	0	0	0
ประปา				
ค่าใช้จ่ายในการนำน้ำมาใช้	0	0	8.1	23,652.000
ค่าใช้จ่ายที่สะท้อนถึงความหายาก	0	0	0	0
ค่าใช้จ่ายที่ก่อให้เกิดผลกระทบภายนอก	0	0	0	0

สัมประสิทธิ์ของตัวแปรตัดสินใจในเงื่อนไขข้อจำกัดทางด้านปริมาณในแหล่งน้ำ จะมีสัมประสิทธิ์ เท่ากับ 1

ค่าทางขวามือ ในเงื่อนไขข้อจำกัดทางด้านปริมาณในแหล่งน้ำ (หน่วย เป็น 10^3 ลูกบาศก์เมตร/เดือน)

น้ำประปา	1,168
น้ำบาดาล	304.167
น้ำผิวดิน	5,000

สัมประสิทธิ์ของตัวแปรตัดสินใจในเงื่อนไขความต้องการน้ำของแต่ละกิจกรรมจะมีสัมประสิทธิ์ เท่ากับ 1

ค่าทางขวามือ ในความต้องการน้ำของแต่ละกิจกรรม (หน่วย เป็น 10^3 ลูกบาศก์เมตร/เดือน)

ครัวเรือน	1,372.57
วัด/ศาสนสถาน	4.862
โรงเรียน/สถานที่ราชการ	49.017
ตลาด	33.726
โรงพยาบาล	61.871
โรงแรม	435.840
ภัตตาคาร/ร้านอาหาร	15.472
อาบอบนวด	8.636
โรงงานอุตสาหกรรม	86.634
เกษตรกรรม	0
ประปา	2,920

5.4 แบบจำลองต้นแบบสำหรับกรณีศึกษา

แบบจำลองที่สร้างขึ้นในครั้งนี้ เป็นแบบจำลองเชิงพหุวัตถุประสงค์ (Multiobjective Optimization Model) ในรูปแบบของโปรแกรมอิงเป้าหมาย (Goal Programming) ซึ่งแบบจำลองจะแบ่งได้สองแบบ คือ กรณีที่ทุกวัตถุประสงค์มีความสำคัญเท่ากันหมด กับกรณีที่ทุกวัตถุประสงค์มีความสำคัญไม่เท่ากัน

5.4.1 กรณีที่ทุกวัตถุประสงค์มีความสำคัญเท่ากันหมด

ในขั้นต้นกำหนดให้การวางแผนการใช้น้ำทุกวัตถุประสงค์มีความสำคัญเท่ากันหมด และเป้าหมายในการดำเนินการจะเบี่ยงเบนโดยพิจารณาจากสมการที่ได้สร้างขึ้นจากความสัมพันธ์ของระบบปัญหา

สมการวัตถุประสงค์ $\text{Min } D = \sum_{k=1}^{p} d_k$

สมการเงื่อนไข

$$\sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{n} a_{ij} x_{ij} + d_k^- = A_i^l$$

$$\sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{n} b_{ij} x_{ij} + d_k^- = B_j^l$$

$$\sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{n} c_{ij} x_{ij} + d_k^- = C_j^l$$

$$\sum_{i=1}^{m} x_{ij} + d_k^- = S_j$$

$$\sum_{j=1}^{n} x_{ij} + d_k^- = U_i$$

โดยที่

d_k^+ คือ ค่าเบี่ยงเบนจากเป้าหมายในทิศทางที่สูงกว่าเป้าหมายของเงื่อนไขที่ k

d_k^- คือ ค่าเบี่ยงเบนจากเป้าหมายในทิศทางที่ต่ำกว่าเป้าหมายของเงื่อนไขที่ k

x_{ij} คือ ปริมาณน้ำที่จัดสรรให้กิจกรรม i ใช้จากแหล่งน้ำ j

U_i คือ ปริมาณน้ำที่กิจกรรม i ต้องการใช้

S_j คือ ปริมาณน้ำของแหล่งน้ำ j

A_j^l คือ งบประมาณค่าใช้จ่ายในการนำน้ำจากแหล่งน้ำ j ขึ้นมาใช้ในกิจกรรม i

B_j^i คือ งบประมาณค่าใช้จ่ายที่สะท้อนถึงความหายากในการนำน้ำจากแหล่งน้ำ j ขึ้นมาใช้ในกิจกรรม i

C_j^i คือ งบประมาณค่าใช้จ่ายที่ก่อให้เกิดผลกระทบภายนอกในการนำน้ำจากแหล่งน้ำ j ขึ้นมาใช้ในกิจกรรม i

a_{ij} คือ ค่าใช้จ่ายในการนำน้ำจากแหล่งน้ำ j ขึ้นมาใช้ในกิจกรรม i

b_{ij} คือ ค่าใช้จ่ายที่สะท้อนถึงความหายากในการนำน้ำจากแหล่งน้ำ j ขึ้นมาใช้ในกิจกรรม i

c_{ij} คือ ค่าใช้จ่ายที่ก่อให้เกิดผลกระทบภายนอกในการนำน้ำจากแหล่งน้ำ j ขึ้นมาใช้ในกิจกรรม i

i คือ กิจกรรมที่ใช้น้ำ โดยที่ i = 1,2,3, ...,m

j คือ แหล่งน้ำ โดยที่ j = 1,2,3,...,n

k คือ จำนวนสมการเป้าหมาย โดยที่ k = 1,2,3,...,p

i = 1,2,3, ..., 11

1 คือ ประชากรอยู่อาศัย

2 คือ วัด / ศาสนสถาน

3 คือ โรงเรียน / สถานที่ราชการ

4 คือ ตลาด

5 คือ โรงพยาบาล

6 คือ โรงแรม

7 คือ ภัตตาคารร้านอาหาร

8 คือ อาบอบนวด

9 คือ โรงงานอุตสาหกรรม

10 คือ การเกษตร

12 คือ ประปา

j = 1,2,3

1 คือ น้ำประปา

2 คือ น้ำบาดาล

3 คือ น้ำผิวดิน

k = 1,2,3,...,47

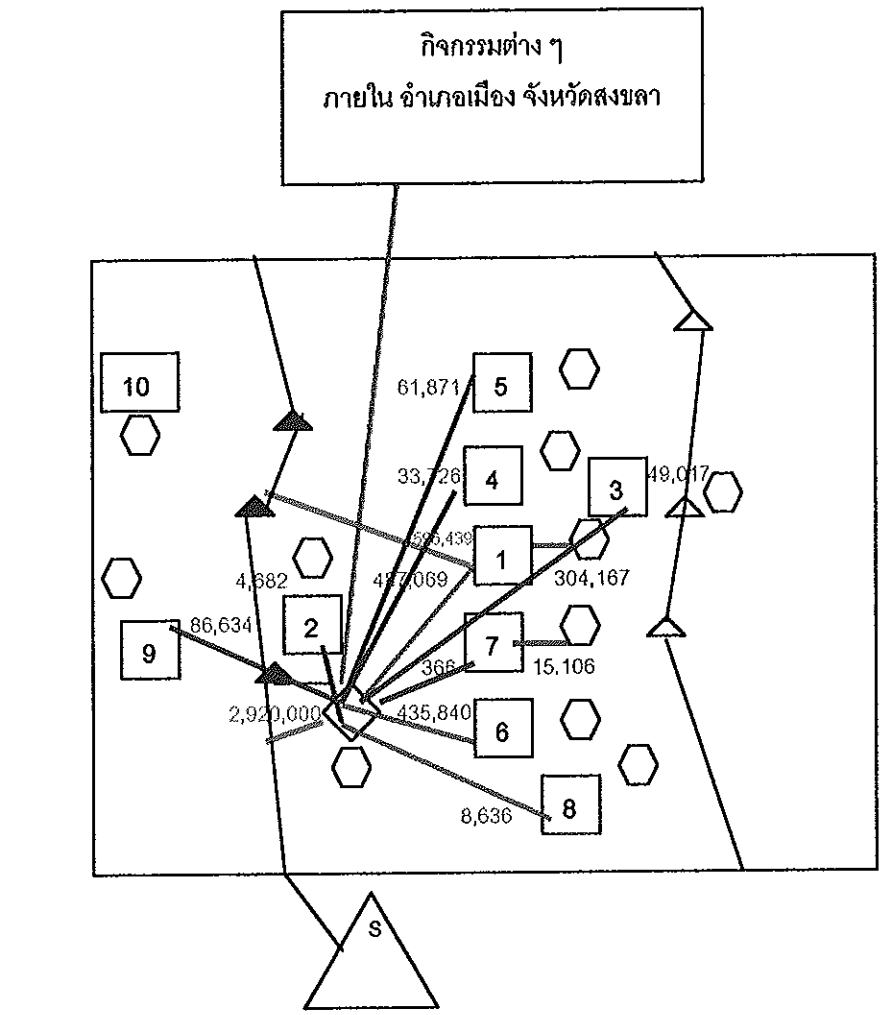
5.4.1.1 ทดสอบแบบจำลอง

เมื่อได้ศึกษาแบบจำลองที่ใช้ในการวางแผนการใช้น้ำกรณีที่ทุกวัตถุประสงค์มีความสำคัญเท่ากันหมดสำหรับเทศบาลนครหาดใหญ่ ในขั้นแรกแล้วเพื่อให้การใช้แบบจำลองในการวิเคราะห์มีความถูกต้องและสามารถใช้ได้ตามสถานการณ์ที่เปลี่ยนไปจึงได้พัฒนาแบบจำลองโดยการนำแบบจำลองไปทดสอบกับข้อมูลต่างๆที่ได้รวบรวมไว้ในตารางที่ 12 ในการวิเคราะห์ผลการทดลองจะนำผลที่ได้จากการแก้ปัญหามาวิเคราะห์ความเหมาะสมและความเป็นไปได้ของคำตอบ โดยที่คำตอบจะต้องผ่านเกณฑ์ของแบบจำลอง และผ่านเกณฑ์ของผู้วิจัย หลังจากค้นหาสาเหตุที่ทำให้คำตอบออกมาในลักษณะดังกล่าว ถ้าพบว่าแบบจำลองมีความไม่เหมาะสมจะทำการปรับปรุงแบบจำลองตามสาเหตุที่ได้วิเคราะห์ไว้ข้างต้นเพื่อให้ผลจากการวิเคราะห์โดยแบบจำลองมีความเหมาะสมและสามารถนำไปใช้งานได้จริง

ผลการทดสอบแบบจำลอง

ตาราง 13 ผลการทดสอบแบบจำลองกรณีที่ทุกวัตถุประสงค์มีความสำคัญเท่ากันหมด

กิจกรรม	น้ำประปา (ลบ.ม. x 10^3)	น้ำบาดาล (ลบ.ม. x 10^3)	น้ำผิวดิน (ลบ.ม. x 10^3)	ปริมาณน้ำรวม (ลบ.ม. x 10^3)
ครัวเรือน	487.069	289.061	596.439	1,372.569
วัด/ศาสนสถาน	4.862	0.000	0.000	4.862
โรงเรียน/สถานที่ราชการ	49.017	0.000	0.000	49.017
ตลาด	33.726	0.000	0.000	33.726
โรงพยาบาล	61.870	0.000	0.000	61.871
โรงแรม	435.840	0.000	0.000	435.840
ภัตตาคาร/ร้านอาหาร	0.366	15.106	0.000	15.472
อาบอบนวด	8.636	0.000	0.000	8.636
อุตสาหกรรม	86.634	0.000	0.000	86.634
การเกษตร	0.000	0.000	0.000	0.000
ประปา	0.000	0.000	2,920.000	2,920.000
ปริมาณน้ำรวม	1,168.000	304.167	3,516.460	4,988.627



S คือ อ่างเก็บน้ำคลองสะเดา

คือ คลองเตย

คือ คลองอู่ตะเภา

คือ น้ำบาดาล

คือ น้ำประปา

1 คือ ประชากรอยู่อาศัย

2 คือ วัด / ศาสนสถาน

3 คือ โรงเรียน/ สถานที่ราชการ

4 คือ โรงพยาบาล

5 คือ ตลาด

6 คือ โรงแรม

7 คือ ภัตตาคารร้านอาหาร

8 คือ อาบอบนวด

9 คือ โรงงานอุตสาหกรรม

10 คือ การเกษตร

n คือ ปริมาณน้ำประปาที่กิจกรรมนำไปใช้ โดยที่ n หมายถึงปริมาณน้ำ มีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร

n คือ ปริมาณน้ำบาดาลที่กิจกรรมนำไปใช้ โดยที่ n หมายถึงปริมาณน้ำ มีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร

n คือ ปริมาณน้ำผิวดินที่กิจกรรมนำไปใช้ โดยที่ n หมายถึงปริมาณน้ำ มีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร

ภาพประกอบ 7 ระบบโครงข่ายที่แสดงระบบการใช้น้ำในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ โดยการทดสอบแบบจำลองที่ทุกวัตถุประสงค์มีความสำคัญเท่ากัน

ตาราง 14 การเข้าถึงเป้าหมายของการทดสอบแบบจำลองกรณีที่ทุกวัตถุประสงค์มีความสำคัญเท่ากันหมด

เป้าหมาย	ค่าเป้าหมาย	ผลการทดสอบ	ค่าเบี่ยงเบน
ค่าใช้จ่ายรวมในการจัดสรรน้ำ (บาท)	57,472,180	30,768,326	26,703,854
ปริมาณน้ำที่ใช้จากแหล่งน้ำ (ลบ.ม/เดือน)			
น้ำประปา	1,168,000	1,168,000	0
น้ำบาดาล	304,167	304,167	0
น้ำผิวดิน	5,000,000	3,516,460	1,483,540
ปริมาณน้ำที่ทุกกิจกรรมได้รับ (ลบ.ม/เดือน)			
ครัวเรือน	1,372,569	1,372,569	0
วัด/ศาสนสถาน	4,862	4,862	0
โรงเรียน/สถานที่ราชการ	49,017	49,017	0
ตลาด	33,726	33,726	0
โรงพยาบาล	61,871	61,871	0
โรงแรม	435,840	435,840	0
ภัตตาคาร/ร้านอาหาร	15,472	15,472	0
อาบอบนวด	8,636	8,636	0
อุตสาหกรรม	86,634	86,634	0
การเกษตร	0	0	0
ประปา	2,920,000	2,920,000	0
ปริมาณน้ำรวมที่ทุกกิจกรรมได้รับ	4,988,627	4,988,627	0

ผลการทดสอบแบบจำลองในตาราง 13 และตาราง 14 แสดงให้เห็นว่าปริมาณน้ำที่มีการจัดสรรให้แต่ละกิจกรรมทั้งหมดมีค่าใกล้เคียงเป้าหมาย และปริมาณน้ำจากแหล่งน้ำที่นำมาใช้อยู่ในขอบเขตของความสามารถในการให้น้ำของแหล่งน้ำนั้น ๆ เช่น น้ำประปา และน้ำบาดาล น้ำผิวดิน ค่าใช้จ่ายในภาพรวมเท่ากับ 30,768,326 บาท เมื่อพิจารณาการใช้น้ำพบว่าน้ำประปาถูกจัดสรรให้แก่ทุกกิจกรรมจนบรรลุความต้องการ มีเพียงกิจกรรมครัวเรือนและภัตตาคาร/ร้านอาหารที่ที่ต้องใช้น้ำจากแหล่งอื่นเพิ่มเติม ส่วนน้ำดาลถูกจัดสรรให้แก่ ประชากร และ ร้านอาหาร เนื่องจากทั้งสองกิจกรรมมีค่าใช้จ่ายในการใช้น้ำจากน้ำบาดาลสูงกว่ากิจกรรมอื่น ส่วนประชากรพบว่ามีการใช้น้ำจากแหล่งน้ำทั้งสามแหล่ง เมื่อพิจารณาพบว่าปริมาณน้ำผิวดินที่ประชากรใช้เป็น

ค่าที่ชี้ให้เห็นว่าหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ควรจัดหาแหล่งน้ำที่มีคุณภาพเพิ่มเติมให้แก่กิจกรรม เพราะน้ำใช้ที่มีคุณภาพเช่น น้ำประปา และน้ำบาดาลไม่เพียงพอแก่ความต้องการ เมื่อพิจารณาจากสถานการณ์ปัจจุบันพบว่าประชากรไม่ได้นำน้ำผิวดินมาใช้แต่มีการใช้น้ำบาดาลแทน เนื่องจากในแบบจำลองกำหนดปริมาณน้ำบาดาลนำมาใช้ในปริมาณจำกัด แต่ในสภาพความเป็นจริงทุกกิจกรรมยังสามารถสูบน้ำบาดาลขึ้นมาใช้อย่างอิสระ ดังนั้นปริมาณน้ำจากแหล่งน้ำผิวดินที่ครัวเรือนใช้เป็นตัวชี้ปัญหาว่าในความเป็นจริงประชากรคงไม่เลือกใช้น้ำผิวดินเนื่องจากคุณภาพน้ำไม่เหมาะแก่การอุปโภค และแหล่งน้ำอยู่ไกลกับกิจกรรมจะต้องมีค่าใช้จ่ายในส่วนของการนำน้ำมาใช้ เช่น ค่าพัฒนา ค่าขนส่ง และค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงคุณภาพ ซึ่งประชากรจะเลือกใช้น้ำบาดาลมากกว่าเพราะค่าใช้จ่ายในการนำน้ำมาใช้ต่ำกว่าน้ำผิวดินเนื่องจากไม่ต้องมีค่าใช้จ่ายในการขนส่ง และการปรับปรุงคุณภาพ ผลการทดสอบที่แสดงปริมาณน้ำผิวดินที่จัดสรรให้แต่ละกิจกรรมยกเว้นการจัดสรรให้ประปา คือ ปริมาณน้ำประปาที่สำนักงานประปาสงขลาต้องผลิตเพิ่มเติมให้กับกิจกรรมต่าง ๆ ที่ต้องการใช้น้ำเนื่องจากแบบจำลองได้กำหนดปริมาณน้ำบาดาลที่นำมาใช้โดยไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมดังนั้นจะมีกิจกรรมบางส่วนไม่ได้รับการจัดสรรน้ำที่มีคุณภาพถ้าหากสำนักงานประปาสงขลาไม่ผลิตน้ำประปาเพิ่ม

5.4.1.2 ทดสอบความเที่ยงของแบบจำลอง

ก. ทดสอบความเที่ยงจากการเปลี่ยนแปลงจำนวนทรัพยากร

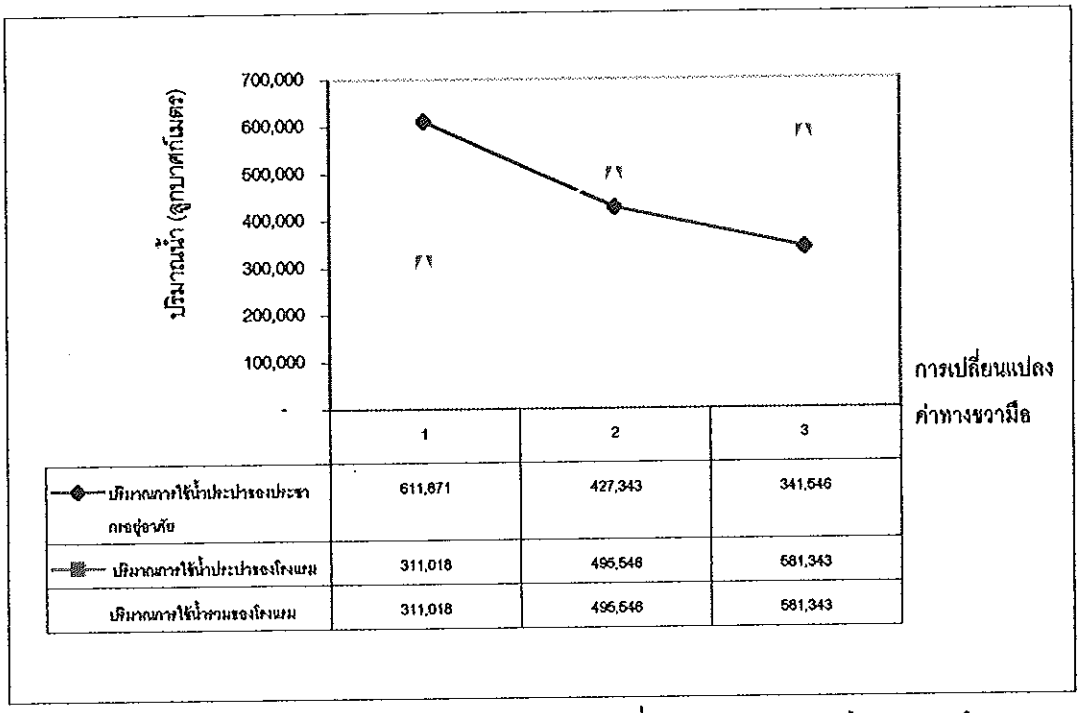
สำหรับการปรับแบบจำลองในขั้นตอนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการวัดความเที่ยงของแบบจำลอง คือ ดูการเปลี่ยนแปลงของคำตอบ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงจำนวนทรัพยากรที่ใช้ ในที่นี้ก็คือการเปลี่ยนแปลงค่าทางขวามือ ซึ่งจะทำการทดสอบโดยการลดและเพิ่มงบประมาณสำหรับค่าใช้จ่ายที่สะท้อนถึงความหายาก และปริมาณน้ำของกิจกรรมโรงแรมดังตารางที่ 15 แล้วพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำที่จัดสรรจากแหล่งน้ำไปยังกิจกรรม ว่ามีทิศทางการเปลี่ยนแปลงอย่างไร แบบจำลองที่ใช้คือแบบจำลองที่ผ่านการทดสอบแล้ว ซึ่งผลการทดสอบจะแสดงดังตารางที่ 16 และภาพประกอบที่ 8

ตาราง 15 การเปลี่ยนแปลงค่าใช้จ่ายที่สะท้อนถึงความหายากและปริมาณน้ำที่กิจกรรมต้องการ

ค่าทางขวามือ	ก่อนการเปลี่ยนแปลง	การเปลี่ยนแปลง		
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
ค่าใช้จ่ายที่สะท้อนถึงความหายาก	9,152,220	6,622,100	10,406,495	12,3208,292
ปริมาณน้ำที่กิจกรรมต้องการ	435,480	311,018	495,546	581,347

ตาราง 16 แสดงการเปลี่ยนแปลงของคำตอบในการจัดสรรน้ำจากแหล่งน้ำไปยังกิจกรรมที่มีผลจากการเปลี่ยนแปลงค่าทางขวามือของแบบจำลอง กรณีที่ทุกวัตถุประสงค์มีความสำคัญเท่ากัน

กิจกรรม	ผลการทดสอบแบบจำลอง											
	น้ำประปา (x 1,000 ลูกบาศก์เมตร)			น้ำบาดาล (x 1,000 ลูกบาศก์เมตร)			น้ำผิวดิน (x 1,000 ลูกบาศก์เมตร)			ปริมาณน้ำรวม (x 1,000 ลูกบาศก์เมตร)		
	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3
1. ประชากรอยู่อาศัย	611.871	427.343	341.546	289.061	289.061	289.061	471.673	656.165	741.962	1,372.605	1,372.569	1,372.569
2. วัด/ศาสนสถาน	4.862	4.862	4.862	0	0	0	0	0	0	4.862	4.862	4.862
3. โรงเรียน/สถานที่ราชการ	49.017	49.017	49.017	0	0	0	0	0	0	49.017	49.017	49.017
4. ตลาด	33.726	33.726	33.726	0	0	0	0	0	0	33.726	33.726	33.726
5.โรงพยาบาล	61.870	61.870	61.870	0	0	0	0	0	0	61.870	61.870	61.870
6. โรงแรม	311.018	495.546	581.343	0	0	0	0	0	0	311.018	495.546	581.343
7.ภัตตาคาร/ร้านอาหาร	0.366	0.366	0.366	15.106	15.106	15.106	0	0	0	15.472	15.472	15.472
8.อาบอบนวด	8.636	8.636	8.636	0	0	0	0	0	0	8.636	8.636	8.636
9.อุตสาหกรรม	86.634	86.634	86.634	0	0	0	0	0	0	86.634	86.634	86.634
10. การเกษตร	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11.ประปา	0	0	0	0	0	0	2,920.000	2,920.000	2,920.000	2,920.000	2,920.000	2,920.000



ภาพประกอบ 8 การเปรียบเทียบผลการทดสอบจากการเปลี่ยนแปลงค่าทางขวามือของแบบจำลองที่ทุกวัตถุประสงค์มีความสำคัญเท่ากัน

จากผลการทดสอบแบบจำลองเพื่อดูความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงคำตอบในการจัดสรรน้ำ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงจำนวนทรัพยากรที่ใช้พบว่า เมื่อทำการลดงบประมาณค่าใช้จ่ายที่สะท้อนถึงความหายาก และลดปริมาณน้ำที่กิจกรรมโรงแรมต้องการในการทดสอบครั้งที่1 มีผลทำให้ปริมาณน้ำที่จัดสรรจากแหล่งน้ำประปาไปยังกิจกรรมโรงแรมลดลงจากเดิม 425,686 ลูกบาศก์เมตรต่อเดือน เป็น 311,018 ลูกบาศก์เมตรต่อเดือน เมื่อทำการเพิ่มจำนวนทรัพยากรค่าใช้จ่ายที่สะท้อนถึงความหายากและปริมาณที่กิจกรรมโรงแรมต้องการในครั้งที่ 2 และ 3 ซึ่งเป็นการเพิ่มที่มากขึ้นตามลำดับ พบว่าคำตอบที่ได้มีการเพิ่มขึ้นไปในทิศทางเดียวกัน จากการที่ผลการทดสอบออกมาในลักษณะเช่นนี้ บ่งชี้ให้เห็นว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นมีความเที่ยงในการใช้งานและสามารถนำไปใช้ได้จริงในการหาปริมาณน้ำที่จัดสรรจากแหล่งน้ำไปยังกิจกรรมต่าง ๆ

ข. ทดสอบความเที่ยงจากการเปลี่ยนแปลงสัมประสิทธิ์ค่าใช้จ่ายในการใช้น้ำ

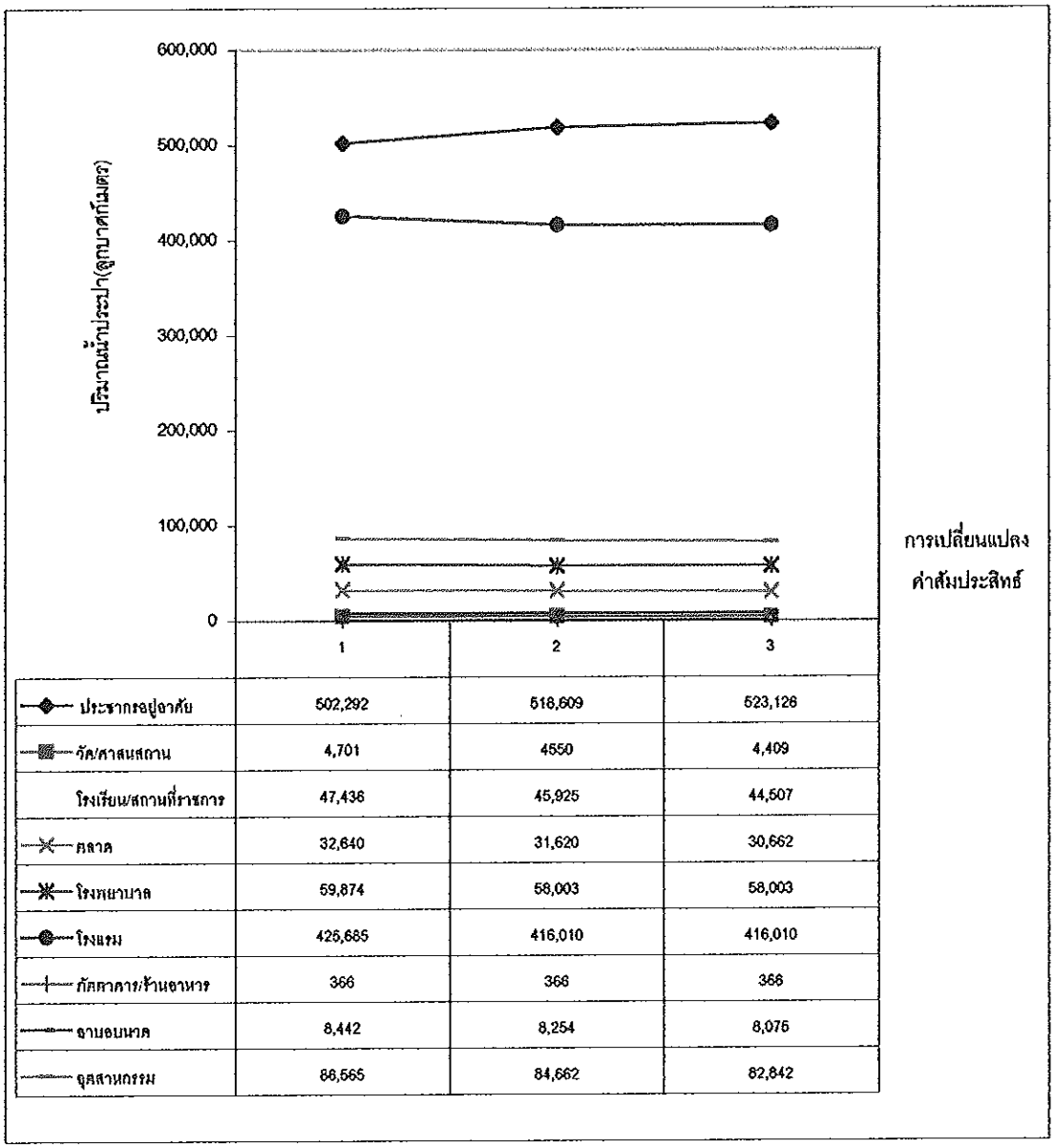
สำหรับการปรับแบบจำลองในขั้นตอนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการวัดความเที่ยงของแบบจำลอง คือ ดูการเปลี่ยนแปลงของคำตอบ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงสัมประสิทธิ์ที่ใช้ในที่นี้ก็คือการเปลี่ยนแปลงอัตราค่าน้ำประปาที่ใช้ โดยที่อัตราค่าน้ำประปาเพิ่มขึ้นครั้งละ 0.5 บาท ซึ่งการเพิ่มขึ้นของอัตราค่าน้ำประปาดังกล่าวเป็นอัตราการปรับราคาค่าน้ำประปาที่สำนักงานประปาสงขลานำมาใช้ในการปรับราคาค่าน้ำในช่วง พ.ค. 2541 – ม.ค. 2542 ดังแสดงในภาคผนวก ช. เมื่อทำการปรับราคาค่าน้ำประปาต่อหน่วยที่ใช้แล้วจะพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำที่จัดสรรจากแหล่งน้ำไปยังกิจกรรม ว่ามีทิศทางการเปลี่ยนแปลงอย่างไร แบบจำลองที่ใช้คือแบบจำลองที่ผ่านการทดสอบแล้ว ซึ่งผลการทดสอบจะแสดงดังตารางที่ 18 และ ภาพประกอบที่ 9

ตาราง 17 การเปลี่ยนแปลงสัมประสิทธิ์ค่าใช้จ่ายในการใช้น้ำ

สัมประสิทธิ์ที่ทำการเปลี่ยนแปลง	การเปลี่ยนแปลง		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
อัตราค่าน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาค	+0.5	+1.0	+1.5

ตาราง 18 แสดงการเปลี่ยนแปลงของคำตอบในการจัดสรรน้ำจากแหล่งน้ำไปยังกิจกรรมที่มีผลจากการเปลี่ยนแปลงค่าสัมประสิทธิ์ของแบบจำลอง กรณีที่ทุกวัตถุประสงค์มีความสำคัญเท่ากัน

กิจกรรม	ผลการทดสอบแบบจำลอง											
	น้ำประปา (x 1,000 ลูกบาศก์เมตร)			น้ำบาดาล (x 1,000 ลูกบาศก์เมตร)			น้ำผิวดิน (x 1,000 ลูกบาศก์เมตร)			ปริมาณน้ำรวม (x 1,000 ลูกบาศก์เมตร)		
	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3
1. ประชากรอยู่อาศัย	502.292	518.609	523.126	289.061	289.061	289.061	581.216	564.899	560.382	1,372.569	1,372.569	1,372.569
2. วัด/ศาสนสถาน	4.701	4.55	4.409	0	0	0	0.161	0.312	0.453	4.862	4.862	4.862
3. โรงเรียน/สถานที่ราชการ	47.436	45.925	44.507	0	0	0	1.581	3.092	4.510	49.017	49.017	49.017
4. ตลาด	32.64	31.62	30.662	0	0	0	1.086	2.106	3.064	33.726	33.726	33.726
5.โรงพยาบาล	59.874	58.003	58.003	0	0	0	1.997	3.868	3.868	61.871	61.871	61.871
6. โรงแรม	425.685	416.010	416.010	0	0	0	10.155	19.830	19.830	435.840	435.840	435.840
7.ภัตตาคาร/ร้านอาหาร	0.366	0.366	0.366	15.106	15.106	15.106	0	0	0	15.472	15.472	15.472
8.อาบอบนวด	8.442	8.254	8.075	0	0	0	0.194	0.382	0.561	8.636	8.636	8.636
9.อุตสาหกรรม	86.565	84.662	82.842	0	0	0	0.069	1.972	3.792	86.634	86.634	86.634
10. การเกษตร	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-
11.ประปา	0	0	0	0	0	0	2,920.000	2,920.000	2,920.000	2,920.000	2,920.000	2,920.000



	1	2	3
ประชากรอยู่อาศัย	502,292	518,609	523,126
วัด/ศาสนสถาน	4,701	4550	4,409
โรงเรียน/สถานที่ราชการ	47,436	45,925	44,507
ตลาด	32,640	31,620	30,662
โรงพยาบาล	59,874	58,003	58,003
โรงแรม	425,685	416,010	416,010
ภัตตาคาร/ร้านอาหาร	366	366	366
อาบอบนวด	8,442	8,254	8,075
อุตสาหกรรม	86,565	84,662	82,842

ภาพประกอบ 9 การเปรียบเทียบผลการทดสอบจากการเปลี่ยนแปลงค่าสัมประสิทธิ์ของแบบจำลองที่ทุกวัตถุประสงค์มีความสำคัญเท่ากัน

จากผลการทดสอบในตารางจะเห็นได้ว่า เมื่อทดลองปรับสัมประสิทธิ์คือการปรับค่าน้ำประปาต่อหนวยที่ใช้เพิ่มขึ้น 0.5 บาทจากอัตราค่าน้ำประปาเดิมของการประปาส่วนภูมิภาคในการทดสอบครั้งที่ 1 พบว่าทุกกิจกรรมยกเว้นประชากรอยู่อาศัยมีการใช้น้ำประปาลดลง แต่จะไปเพิ่มการใช้น้ำผิวดิน ซึ่งจากผลการทดสอบอธิบายได้ว่า เมื่อค่าน้ำประปาเพิ่มขึ้นทำให้กิจกรรมต่างมีการใช้น้ำประปาลดลงจากเดิมเนื่องจากข้อจำกัดของงบประมาณค่าใช้จ่ายในส่วนที่สะท้อนถึงความหายาก เมื่อลดการใช้น้ำประปา จึงต้องใช้น้ำจากแหล่งน้ำอื่นที่มีค่าใช้จ่ายต่ำกว่าเพิ่มเติมซึ่งได้แก่น้ำผิวดินเพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการ ส่งผลให้ปริมาณน้ำประปาเหลือพอที่จะจัดสรรไปให้กิจกรรมอื่น ในการทดสอบพบว่ากิจกรรมประชากรอยู่อาศัยเป็นกิจกรรมที่มีงบประมาณเหลือพอที่จะจ่ายเพื่อใช้น้ำประปา ดังนั้นปริมาณน้ำที่กิจกรรมประชากรอยู่อาศัยมีการใช้น้ำประปาเพิ่มและลดการใช้น้ำผิวดิน จากนั้นจึงทำการปรับสัมประสิทธิ์ค่าน้ำประปาเพิ่มขึ้นจากเดิม1.0 และ 1.5 ในการทดสอบครั้งที่ 2 และ 3 พบว่าผลการทดสอบเป็นไปในทิศทางเดียวกับการทดสอบครั้งแรก ผลการทดสอบลักษณะนี้บ่งชี้ให้เห็นว่าแบบจำลองมีความเที่ยงในการใช้งาน

5.4.2 กรณีที่ทุกวัตถุประสงค์ในการดำเนินงานมีความสำคัญไม่เท่ากัน

แบบจำลองลักษณะนี้สอดคล้องกับการดำเนินงานที่มีหลายวัตถุประสงค์และให้ความสำคัญกับวัตถุประสงค์ไม่เท่ากันหมด ซึ่งความสำคัญของแต่ละวัตถุประสงค์สามารถจัดลำดับความสำคัญและให้น้ำหนักความสำคัญในรูปตัวเลขน้ำหนักก่อนหลังของวัตถุประสงค์ที่ต้องการให้บรรลุเป้าหมาย สำหรับกรณีนี้สามารถแบ่งลักษณะของวัตถุประสงค์ออกเป็นสองลักษณะซึ่งมีรูปแบบดังนี้

5.4.2.1 วัตถุประสงค์แต่ละอย่างมีความสำคัญไม่แตกต่างกันมากนัก

ในการบริหารการจัดการสมมุติว่าทางเทศบาลนครหาดใหญ่ให้ความสำคัญกับวัตถุประสงค์ไม่เท่ากันหมด แต่ความสำคัญไม่แตกต่างกันมากนัก โดยที่สามารถแสดงตัวเลขน้ำหนักแทนความสำคัญของวัตถุประสงค์ดังแสดงในตาราง 19 ซึ่งตัวเลขน้ำหนักความสำคัญในตาราง 19 คือ ตัวเลขน้ำหนักความสำคัญของน้ำที่มีต่อกิจกรรมต่าง ๆ โดยที่ตัวเลขเหล่านี้จะหาจากการสอบถามความคิดเห็นของผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในการใช้น้ำภายในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ดังรายละเอียดในภาคผนวก จ และภาคผนวก ฉ

ตาราง 19 แสดงน้ำหนักความสำคัญของน้ำที่มีต่อกิจกรรมที่มีการใช้น้ำภายในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่

กิจกรรม	น้ำหนักความสำคัญ	สัญลักษณ์
1. ครัวเรือน	0.15	W_1
2. วัด/ศาสนสถาน	0.08	W_2
3. โรงเรียน/สถานที่ราชการ	0.11	W_3
4. ตลาด	0.10	W_4
5. โรงพยาบาล	0.16	W_5
6. โรงแรม	0.09	W_6
7. ภัตตาคาร/ร้านอาหาร	0.08	W_7
8. อาบอบนวด	0.05	W_8
9. อุตสาหกรรม	0.09	W_9
10. การเกษตร	0.09	W_{10}

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์กรณีที่แบบจำลองที่ทุกวัตถุประสงค์มีความสำคัญไม่เท่ากันกรณีน้ำหนักความสำคัญนั้นไม่แตกต่างกันมาก รูปแบบสมการเงื่อนไข ค่าสัมประสิทธิ์และ ค่าทางขวามือ เหมือนกับแบบจำลองที่ทุกวัตถุประสงค์มีความสำคัญเท่ากัน จะมีความแตกต่างกันที่สมการวัตถุประสงค์ ซึ่งสมการวัตถุประสงค์แสดงได้ดังนี้

สมการวัตถุประสงค์

$$\begin{aligned}\text{Min } D = {} & w1(d_1^- + d_2^- + d_3^-) + w2(d_4^- + d_5^- + d_6^-) + w3(d_7^- + d_8^- + d_9^-) + \\ & w4(d_{10}^- + d_{11}^- + d_{12}^-) + w5(d_{13}^- + d_{14}^- + d_{15}^-) + w6(d_{16}^- + d_{17}^- + d_{18}^-) + \\ & w7(d_{19}^- + d_{20}^- + d_{21}^-) + w8(d_{22}^- + d_{23}^- + d_{24}^-) + w9(d_{25}^- + d_{26}^- + d_{27}^-) + \\ & w10(d_{28}^- + d_{29}^- + d_{30}^-) + (d_{31}^- + d_{32}^- + d_{33} + d_{34}^- + d_{35}^- + d_{36}^-) + w1(d_{37}^-) + \\ & w2(d_{38}^-) + w3(d_{39}^-) + w4(d_{40}^-) + w5(d_{41}^-) + w6(d_{42}^-) + w7(d_{43}^-) + \\ & w8(d_{44}^-) + w9(d_{45}^-) + w10(d_{46}^-) + (d_{47}^-)\end{aligned}$$

โดยที่

d_k^+ คือ ค่าเบี่ยงเบนจากเป้าหมายในทิศทางที่สูงกว่าเป้าหมายของเงื่อนไขที่ k

d_k^- คือ ค่าเบี่ยงเบนจากเป้าหมายในทิศทางที่ต่ำกว่าเป้าหมายของเงื่อนไขที่ k

w_k คือ ความสำคัญของน้ำที่ต่อกิจกรรมในเงื่อนไขที่ k

ผลการทดสอบแบบจำลอง

ตาราง 20 ผลการทดสอบแบบจำลองที่ทุกวัตถุประสงค์มีความสำคัญไม่เท่ากันกรณีน้ำหนักความสำคัญนั้นไม่แตกต่างกันมาก

กิจกรรม	น้ำประปา (ลบ.ม. x 10^3)	น้ำบาดาล (ลบ.ม. x 10^3)	น้ำผิวดิน (ลบ.ม. x 10^3)	ปริมาณน้ำรวม (ลบ.ม. x 10^3)
ครัวเรือน	1019.495	304.167	48.907	1,372.569
วัด/ศาสนสถาน	0.000	0.000	4.862	4.862
โรงเรียน/สถานที่ราชการ	0.000	0.000	49.017	49.017
ตลาด	0.000	0.000	33.726	33.726
โรงพยาบาล	61.871	0.000	0.000	61.871
โรงแรม	0.000	0.000	435.840	435.840
ภัตตาคาร/ร้านอาหาร	0.000	0.000	15.472	15.472
อาบอบนวด	0.000	0.000	8.636	8.636
อุตสาหกรรม	86.634	0.000	0.000	86.634
การเกษตร	0.000	0.000	0.000	0.000
ประปา	0.000	0.000	2,920.000	2,920.000
ปริมาณน้ำรวม	1,168.000	304.167	3,516.460	4,988.627

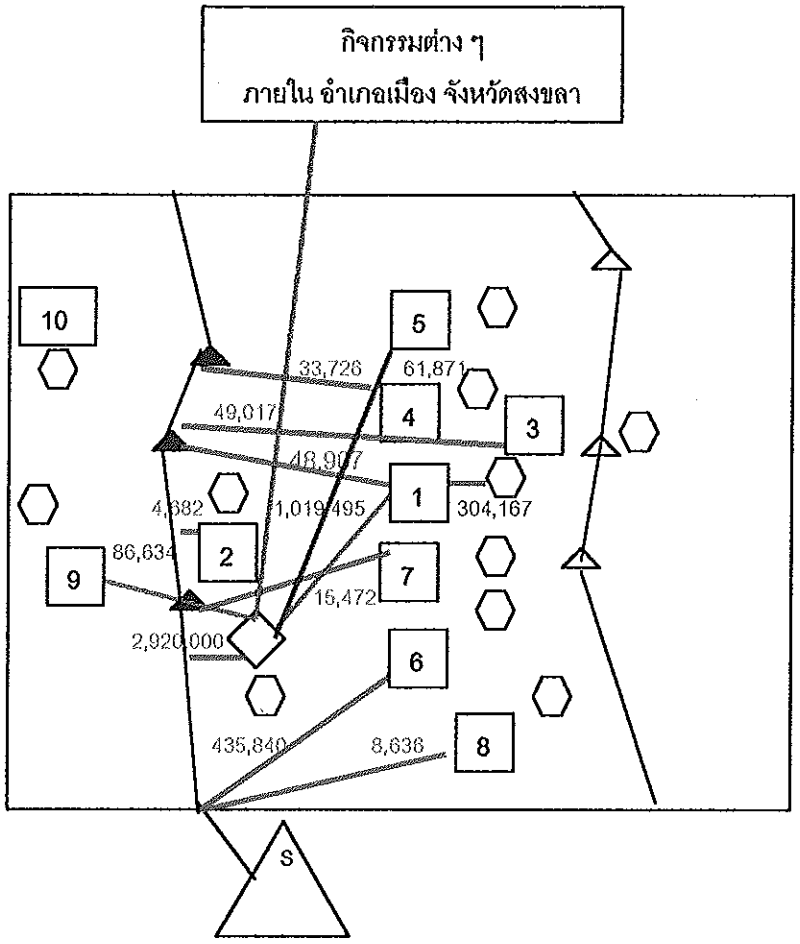
ตาราง 21 การเข้าถึงเป้าหมายของการทดสอบแบบจำลองที่ทุกวัตถุประสงค์มีความสำคัญไม่เท่ากันกรณีที่ความสำคัญไม่แตกต่างกันมาก

เป้าหมาย	ค่าเป้าหมาย	ผลการทดสอบ	ค่าเบี่ยงเบน
ค่าใช้จ่ายรวมในการจัดสรรน้ำ (บาท)	57,472,180	27,253,830	30,218,350
ปริมาณน้ำที่ใช้จากแหล่งน้ำ (ลบ.ม/เดือน)			
น้ำประปา	1,168,000	1,168,000	0
น้ำบาดาล	304,167	304,167	0
น้ำผิวดิน	5,000,000	3,516,460	1,483,540
ปริมาณน้ำที่ทุกกิจกรรมได้รับ (ลบ.ม/เดือน)			
ครัวเรือน	1,372,569	1,372,569	0
วัด/ศาสนสถาน	4,862	4,862	0
โรงเรียน/สถานที่ราชการ	49,017	49,017	0

ตาราง 21 การเข้าถึงเป้าหมายของการทดสอบแบบจำลองที่ทุกวัตถุประสงค์มีความสำคัญไม่เท่ากันกรณีที่ความสำคัญไม่แตกต่างกันมาก (ต่อ)

เป้าหมาย	ค่าเป้าหมาย	ผลการทดสอบ	ค่าเบี่ยงเบน
ตลาด	33,726	33,726	0
โรงพยาบาล	61,871	61,871	0
โรงแรม	435,840	435,840	0
ภัตตาคาร/ร้านอาหาร	15,472	15,472	0
อาบอบนวด	8,636	8,636	0
อุตสาหกรรม	86,634	8,634	0
การเกษตร	0	0	0
ประปา	2,920,000	2,920,000	0
ปริมาณน้ำรวมที่ทุกกิจกรรมได้รับ	4,988,627	4,988,627	0

จากตารางที่ 20 และ 21 พบว่าปริมาณน้ำที่จัดสรรจากแหล่งน้ำให้แต่ละกิจกรรมมีค่าใกล้เคียงเป้าหมาย และปริมาณน้ำที่ใช้ไม่เกินขีดความสามารถของแหล่งน้ำ และค่าใช้จ่ายในภาพรวมเท่ากับ 27,253,830 บาท เมื่อพิจารณาปริมาณน้ำจากแหล่งน้ำที่จัดสรรให้แต่ละกิจกรรมพบว่าน้ำประปาจัดสรรให้แก่ โรงพยาบาล ประชากรอยู่อาศัย และ อุตสาหกรรม ส่วนน้ำบาดาลที่มีจัดสรรให้แก่ ประชากรอยู่อาศัย ส่วนกิจกรรมอื่น ๆ ใช้น้ำจากน้ำผิวดิน ปริมาณน้ำผิวดินคือปริมาณน้ำที่ สำนักงานประปาควรผลิตน้ำประปาเพิ่ม ซึ่งผลการทดสอบแบบจำลองเป็นลักษณะนี้เนื่องจากแบบจำลองที่ทำการทดสอบเป็นแบบที่ทุกวัตถุประสงค์มีความสำคัญไม่เท่ากันหมดและเป็นกรณีที่ความสำคัญไม่แตกต่าง ซึ่งคำตอบที่ได้เนื่องจากตัวเลขที่แทนน้ำหนักความสำคัญมีผลต่อการทดสอบ ดังนั้นปริมาณน้ำประปา และบาดาล จะถูกจัดสรรไปยังกิจกรรมที่มีความสำคัญมากที่สุด และกิจกรรมที่มีความสำคัญรองลงมา ตามลำดับ ในส่วนของกิจกรรมอุตสาหกรรมพบว่าถึงแม้น้ำหนักความสำคัญของอุตสาหกรรม จะน้อยกว่า กิจกรรมโรงเรียน/สถานที่ราชการ แต่ผลการทดสอบพบว่าน้ำประปาถูกจัดสรรให้กับอุตสาหกรรมก่อนเนื่องจากในแบบจำลองอุตสาหกรรมที่สัมประสิทธิ์ค่าใช้จ่ายในการใช้น้ำ ค่าใช้จ่ายที่สะท้อนถึงความหายาก และ ค่าน้ำต่อหน่วย สูงมาก ซึ่งเป็นสาเหตุให้อุตสาหกรรมได้รับน้ำประปาแทนที่ โรงเรียน/สถานที่ราชการจะได้รับน้ำในส่วนนี้ก่อน ซึ่งแบบจำลองจะพยายาหาคำตอบที่ทำให้เกิดภาพรวมค่าใช้จ่ายในการใช้น้ำต่ำสุดเพื่อความเหมาะสมในการจัดการในภาพรวมถึงแม้ว่าบางกิจกรรมจะไม่บรรลุเป้าหมาย



S คือ อ่างเก็บน้ำคลองสะเดา

คือ คลองเตย

คือ คลองอู่ตะเภา

คือ น้ำบาดาล

คือ น้ำประปา

1 คือ ประชากรอยู่อาศัย

2 คือ วัด / ศาสนสถาน

3 คือ โรงเรียน/ สถานที่ราชการ

4 คือ โรงพยาบาล

5 คือ ตลาด

6 คือ โรงแรม

7 คือ ภัตตาคารร้านอาหาร

8 คือ อาบอบนวด

9 คือ โรงงานอุตสาหกรรม

10 คือ การเกษตร

n คือ ปริมาณน้ำประปาที่กิจกรรมนำไปใช้ โดยที่ n หมายถึงปริมาณน้ำ มีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร

n คือ ปริมาณน้ำบาดาลที่กิจกรรมนำไปใช้ โดยที่ n หมายถึงปริมาณน้ำ มีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร

n คือ ปริมาณน้ำผิวดินที่กิจกรรมนำไปใช้ โดยที่ n หมายถึงปริมาณน้ำ มีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร

ภาพประกอบ 10 ระบบโครงข่ายที่แสดงระบบการใช้น้ำในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ โดยการทดสอบแบบจำลองที่ทุกวัตถุประสงค์มีความสำคัญไม่เท่ากัน และความสำคัญไม่แตกต่างกันมาก

ก. ทดสอบความเที่ยงของแบบจำลอง

(1) ทดสอบความเที่ยงจากการเปลี่ยนแปลงจำนวนทรัพยากร

สำหรับการปรับแบบจำลองในขั้นตอนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการวัดความเที่ยงของแบบจำลอง เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงจำนวนทรัพยากรที่ใช้ ในที่นี้ก็คือการเปลี่ยนแปลงค่าทางขวามือ ซึ่งจะทำการทดสอบโดยการลดและเพิ่มงบประมาณสำหรับค่าใช้จ่ายที่สะท้อนถึงความหายาก และปริมาณน้ำของกิจกรรมโรงแรมดังตารางที่ 14 แล้วพิจารณาทิศทางการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำที่จัดสรรจากแหล่งน้ำไปยังกิจกรรม แบบจำลองที่ใช้คือแบบจำลองที่ผ่านการทดสอบแล้ว ซึ่งผลการทดสอบจะแสดงดังตารางที่ 22 และภาพประกอบที่ 11

(2) ทดสอบความเที่ยงจากการเปลี่ยนแปลงสัมประสิทธิ์ค่าใช้จ่ายในการใช้น้ำ

สำหรับการปรับแบบจำลองในขั้นตอนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการวัดความเที่ยงของแบบจำลอง คือ ดูการเปลี่ยนแปลงของคำตอบ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงสัมประสิทธิ์ที่ใช้ในที่นี้ก็คือการเปลี่ยนแปลงอัตราค่าน้ำประปาที่ใช้ดังตารางที่ 17 แล้วพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำที่จัดสรรจากแหล่งน้ำไปยังกิจกรรม ว่ามีทิศทางการเปลี่ยนแปลงอย่างไร แบบจำลองที่ใช้คือแบบจำลองที่ผ่านการทดสอบแล้ว ซึ่งผลการทดสอบจะแสดงดังตารางที่ 23 และภาพประกอบที่ 12

จากการทดสอบความเที่ยงโดยการเปลี่ยนจำนวนทรัพยากร หรือค่าทางขวามือ พบว่า ผลจากการทดสอบแบบจำลองโดยการเปลี่ยนแปลงงบประมาณค่าใช้จ่ายที่สะท้อนถึงความหายากและปริมาณน้ำที่กิจกรรมโรงแรมต้องการ พบว่าผลที่ได้มีการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกัน คือ เมื่อมีการเปลี่ยนปลงค่าทางขวามือในทิศทางที่ลดลงหรือเพิ่มขึ้น ปริมาณน้ำที่จัดสรรให้กิจกรรมจะลดลงหรือเพิ่มขึ้นตามการเปลี่ยนแปลงนั้นด้วย

จากการทดสอบความเที่ยงโดยการเปลี่ยนแปลงค่าสัมประสิทธิ์ค่าใช้จ่ายในการใช้น้ำ พบว่าเมื่อทำการเพิ่มค่าน้ำประปา กิจกรรมโรงพยาบาล และ อุตสาหกรรม ซึ่งมีงบประมาณจำกัด ลดการใช้น้ำประปาลงและไปใช้น้ำจากแหล่งน้ำผิวดินซึ่งมีค่าใช้จ่ายต่ำกว่าเพื่อให้ปริมาณน้ำเพียงพอต่อความต้องการ ส่วนกิจกรรมประชากรอยู่อาศัยได้รับปริมาณน้ำประปาเพิ่มขึ้นเนื่องจากปริมาณน้ำประปาจะมีเหลือในขณะที่งบประมาณค่าใช้จ่ายในการใช้น้ำของประชากรอยู่อาศัยมีเหลือ ทำให้ประชากรอยู่อาศัยได้รับการจัดสรรให้ใช้น้ำประปาเพิ่มขึ้น ส่วนกิจกรรมอื่น ๆ ที่เหลือไม่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากกิจกรรมที่เหลือได้รับการจัดสรรให้ใช้น้ำผิวดินดังนั้นการเปลี่ยนแปลงสัมประสิทธิ์ค่าน้ำประปาจึงไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลง จากการปรับราคาน้ำประปาทุกครั้งทิศทางการเปลี่ยนแปลงของคำตอบเป็นไปในทิศทางเดียวกันทุกครั้ง

ก. ทดสอบความเที่ยงของแบบจำลอง

(1) ทดสอบความเที่ยงจากการเปลี่ยนแปลงจำนวนทรัพยากร

สำหรับการปรับแบบจำลองในขั้นตอนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการวัดความเที่ยงของแบบจำลอง เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงจำนวนทรัพยากรที่ใช้ ในที่นี้ก็คือการเปลี่ยนแปลงค่าทางขวามือ ซึ่งจะทำการทดสอบโดยการลดและเพิ่มงบประมาณสำหรับค่าใช้จ่ายที่สะท้อนถึงความหายาก และปริมาณน้ำของกิจกรรมโรงแรมดังตารางที่ 14 แล้วพิจารณาทิศทางการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำที่จัดสรรจากแหล่งน้ำไปยังกิจกรรม แบบจำลองที่ใช้คือแบบจำลองที่ผ่านการทดสอบแล้ว ซึ่งผลการทดสอบจะแสดงดังตารางที่ 22 และภาพประกอบที่ ๑

(2) ทดสอบความเที่ยงจากการเปลี่ยนแปลงสัมประสิทธิ์ค่าใช้จ่ายในการใช้น้ำ

สำหรับการปรับแบบจำลองในขั้นตอนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการวัดความเที่ยงของแบบจำลอง คือ ดูการเปลี่ยนแปลงของคำตอบ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงสัมประสิทธิ์ที่ใช้ในที่นี้ก็คือการเปลี่ยนแปลงอัตราค่าน้ำประปาที่ใช้ดังตารางที่ 17 แล้วพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำที่จัดสรรจากแหล่งน้ำไปยังกิจกรรม ว่ามีทิศทางการเปลี่ยนแปลงอย่างไร แบบจำลองที่ใช้คือแบบจำลองที่ผ่านการทดสอบแล้ว ซึ่งผลการทดสอบจะแสดงดังตารางที่ 23 และภาพประกอบที่ ๑๒

จากการทดสอบความเที่ยงโดยการเปลี่ยนจำนวนทรัพยากร หรือค่าทางขวามือ พบว่า ผลจากการทดสอบแบบจำลองโดยการเปลี่ยนแปลงงบประมาณค่าใช้จ่ายที่สะท้อนถึงความหายากและปริมาณน้ำที่กิจกรรมโรงแรมต้องการ พบว่าผลที่ได้มีการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกัน คือ เมื่อมีการเปลี่ยนปลงค่าทางขวามือในทิศทางที่ลดลงหรือเพิ่มขึ้น ปริมาณน้ำที่จัดสรรให้กิจกรรมจะลดลงหรือเพิ่มขึ้นตามการเปลี่ยนแปลงนั้นด้วย

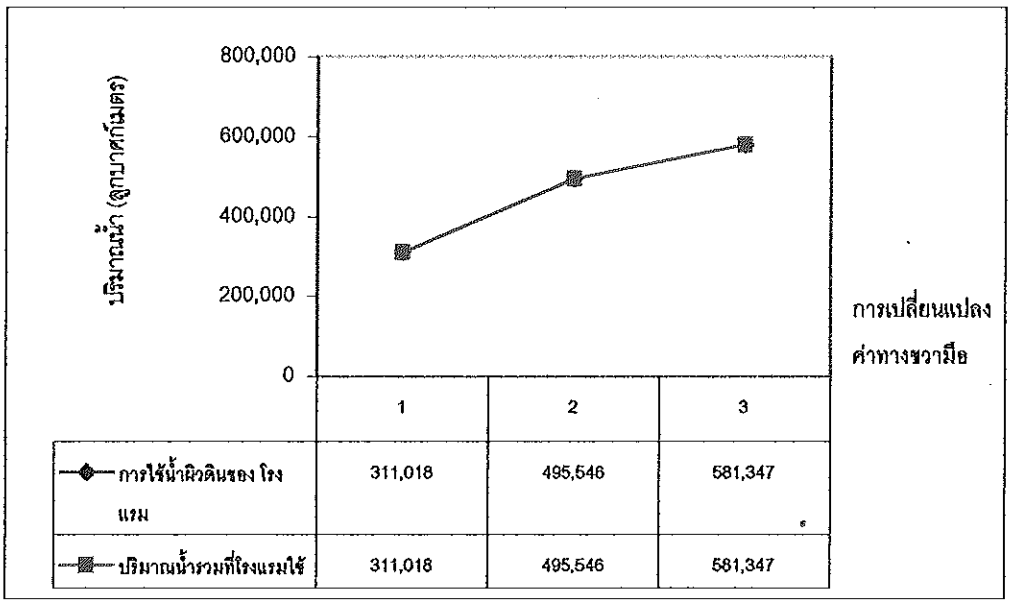
จากการทดสอบความเที่ยงโดยการเปลี่ยนแปลงค่าสัมประสิทธิ์ค่าใช้จ่ายในการใช้น้ำ พบว่าเมื่อทำการเพิ่มค่าน้ำประปา กิจกรรมโรงพยาบาล และ อุตสาหกรรม ซึ่งมีงบประมาณจำกัด ลดการใช้น้ำประปาลงและไปใช้น้ำจากแหล่งน้ำผิวดินซึ่งมีค่าใช้จ่ายต่ำกว่าเพื่อให้ปริมาณน้ำเพียงพอต่อความต้องการ ส่วนกิจกรรมประชากรอยู่อาศัยได้รับปริมาณน้ำประปาเพิ่มขึ้นเนื่องจากปริมาณน้ำประปาจะมีเหลือในขณะที่งบประมาณค่าใช้จ่ายในการใช้น้ำของประชากรอยู่อาศัยมีเหลือ ทำให้ประชากรอยู่อาศัยได้รับการจัดสรรให้ใช้น้ำประปาเพิ่มขึ้น ส่วนกิจกรรมอื่น ๆ ที่เหลือไม่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากกิจกรรมที่เหลือได้รับการจัดสรรให้ใช้น้ำผิวดินดังนั้นการเปลี่ยนแปลงสัมประสิทธิ์ค่าน้ำประปาจึงไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลง จากการปรับราคาน้ำประปาทุกครั้งทิศทางการเปลี่ยนแปลงของคำตอบเป็นไปในทิศทางเดียวกันทุกครั้ง

ตาราง 22 แสดงการเปลี่ยนแปลงของคำตอบในการจัดสรรน้ำจากแหล่งน้ำไปยังกิจกรรมที่มีผลจากการเปลี่ยนแปลงค่าทางขวามือของแบบจำลอง ที่ทุกวัตถุประสงค์มีความสำคัญไม่เท่ากันกรณีที่วัตถุประสงค์แต่ละอย่างมีความสำคัญไม่แตกต่างกันมาก

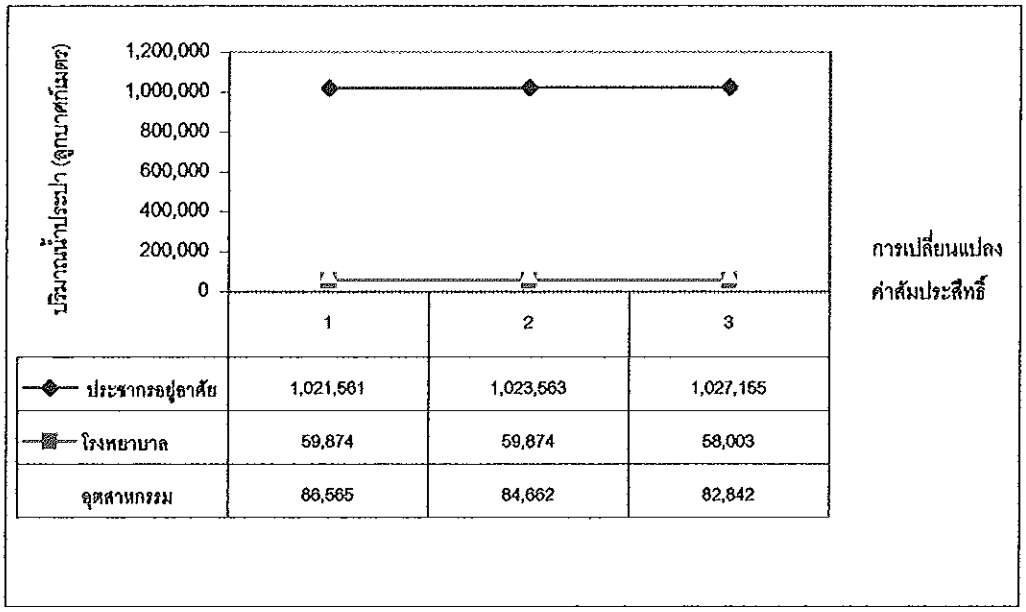
กิจกรรม	ผลการทดลองแบบจำลอง											
	น้ำประปา (x 1,000 ลูกบาศก์เมตร)			น้ำบาดาล (x 1,000 ลูกบาศก์เมตร)			น้ำผิวดิน (x 1,000 ลูกบาศก์เมตร)			ปริมาณน้ำรวม (x 1,000 ลูกบาศก์เมตร)		
	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3
1. ประชากรอยู่อาศัย	1019.496	1019.496	1019.496	304.167	304.167	304.167	48.906	48.906	48.906	1,372.569	1,372.569	1,372.569
2. วัด/ศาสนสถาน	0	0	0	0	0	0	4.862	4.862	4.862	4.862	4.862	4.862
3. โรงเรียน/สถานที่ราชการ	0	0	0	0	0	0	49.017	49.017	49.017	49.017	49.017	49.017
4. ตลาด	0	0	0	0	0	0	33.726	33.726	33.726	33.726	33.726	33.726
5.โรงพยาบาล	61.880	61.880	61.880	0	0	0	0	0	0	61.880	61.880	61.880
6. โรงแรม	0	0	0	0	0	0	311.018	495.546	581.347	311.018	495.546	581.347
7.ภัตตาคาร/ร้านอาหาร	0	0	0	0	0	0	15.472	15.472	15.472	15.472	15.472	15.472
8.อาบอบนวด	0	0	0	0	0	0	8.636	8.636	8.636	8.636	8.636	8.636
9.อุตสาหกรรม	86.634	86.634	86.634	0	0	0	0	0	0	86.634	86.634	86.634
10. การเกษตร	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-
11.ประปา	0	0	0	0	0	0	2,920.000	2,920.000	2,920.000	2,920.000	2,920.000	2,920.000

ตาราง 23 แสดงการเปลี่ยนแปลงของคำตอบในการจัดสรรน้ำจากแหล่งน้ำไปยังกิจกรรมที่มีผลจากการเปลี่ยนแปลงค่าสัมประสิทธิ์ของแบบจำลอง ที่ทุกวัตถุประสงค์มีความสำคัญไม่เท่ากันกรณีที่วัตถุประสงค์แต่ละอย่างมีความสำคัญไม่แตกต่างกันมาก

กิจกรรม	ผลการทดสอบแบบจำลอง											
	น้ำประปา (x 1,000 ลูกบาศก์เมตร)			น้ำบาดาล (x 1,000 ลูกบาศก์เมตร)			น้ำผิวดิน (x 1,000 ลูกบาศก์เมตร)			ปริมาณน้ำรวม (x 1,000 ลูกบาศก์เมตร)		
	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3
1. ประชากรอยู่อาศัย	1021.561	1023.563	1027.155	304.167	304.167	304.167	46.841	44.939	41.247	1,372.569	1,372.669	1,372.569
2. วัด/ศาสนสถาน	0	0	0	0	0	0	4.862	4.862	4.862	4.862	4.862	4.862
3. โรงเรียน/สถานที่ราชการ	0	0	0	0	0	0	49.017	49.017	49.017	49.017	49.017	49.017
4. ตลาด	0	0	0	0	0	0	33.726	33.726	33.726	33.726	33.726	33.726
5.โรงพยาบาล	59.874	59.874	58.003	0	0	0	1.997	1.997	3.868	61.871	61.871	61.871
6. โรงแรม	0	0	0	0	0	0	435.84	435.84	435.84	435.840	435.840	435.840
7.ภัตตาคาร/ร้านอาหาร	0	0	0	0	0	0	15.472	15.472	15.472	15.472	15.472	15.472
8.อาบอบนวด	0	0	0	0	0	0	8.636	8.636	8.636	8.636	8.636	8.636
9.อุตสาหกรรม	86.565	84.662	82.842	0	0	0	0.069	1.972	3.792	86.634	86.634	86.634
10. การเกษตร	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-
11.ประปา	0	0	0	0	0	0	2,920.000	2,920.000	2,920.000	2,920.000	2,920.000	2,920.000



ภาพประกอบ 11 การเปรียบเทียบผลการทดสอบจากการเปลี่ยนแปลงค่าทางขวามือของแบบจำลองที่ทุกวัตถุประสงค์มีความสำคัญไม่เท่ากัน และความสำคัญไม่แตกต่างกันมาก



ภาพประกอบ 12 การเปรียบเทียบผลการทดสอบจากการเปลี่ยนแปลงค่าสัมประสิทธิ์ของแบบจำลองที่ทุกวัตถุประสงค์มีความสำคัญไม่เท่าและความสำคัญไม่แตกต่างกันมาก

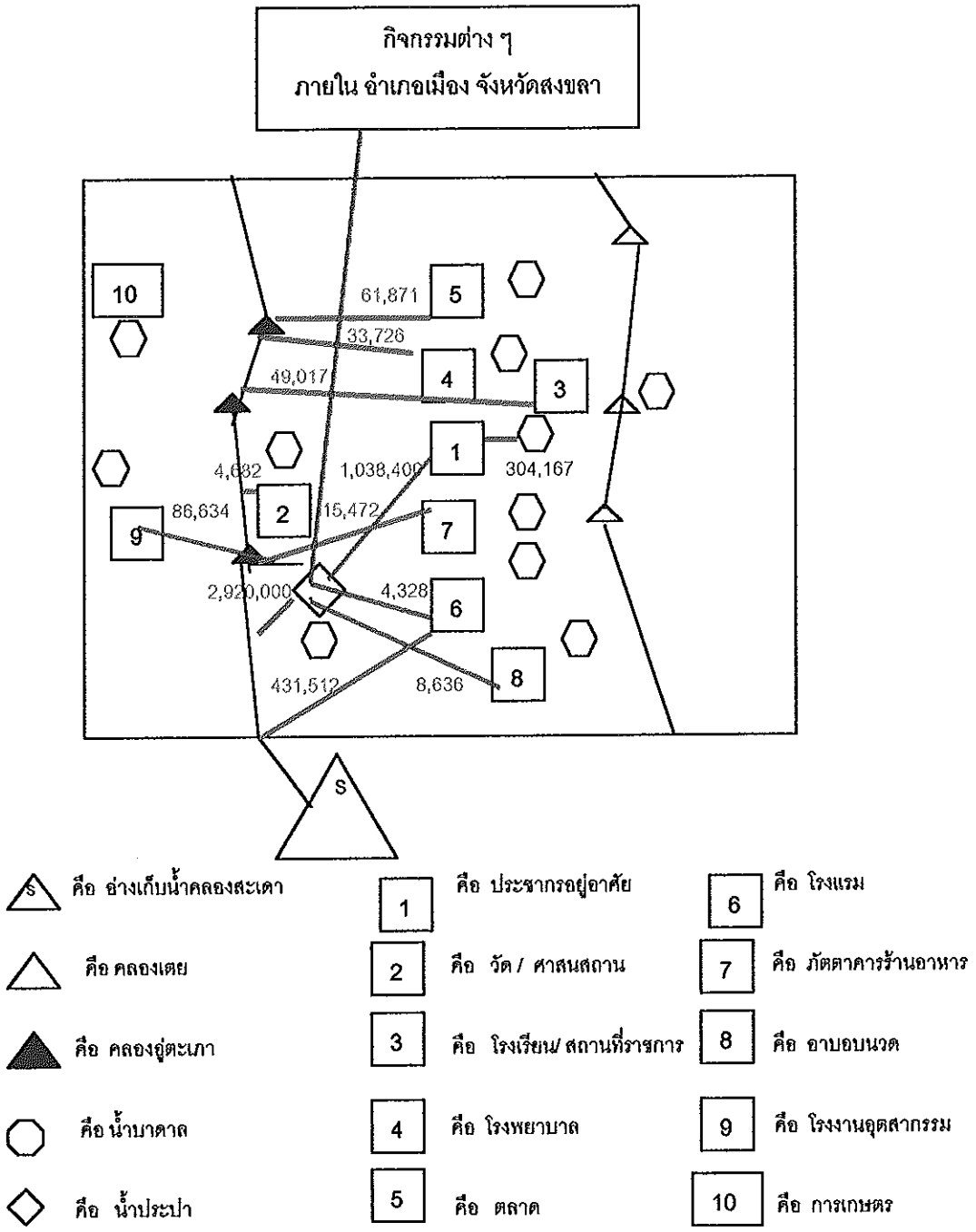
5.4.2.2 วัตถุประสงค์แต่ละอย่างมีความแตกต่างกันมาก

ในการดำเนินการจริงยอมให้วัตถุประสงค์ที่สำคัญกว่าบรรลุอย่างเต็มที่ ถึงแม้ว่าวัตถุประสงค์ที่รองลงมาจะไม่บรรลุวัตถุประสงค์ที่วางไว้ก็ตาม การสร้างแบบจำลองในและการแก้ปัญหาสำหรับวัตถุประสงค์ในลักษณะนี้สามารถทำได้โดยการใช้วัตถุประสงค์ที่มีความสำคัญมากที่สุดเป็นวัตถุประสงค์หลักในการแก้ปัญหา และดึงวัตถุประสงค์อื่นเป็นสมการเงื่อนไข แล้วจึงทดสอบแบบจำลองนำผลที่ได้จากการทดสอบแบบจำลอง (คำตอบ) มาเป็นค่าทางขวามือสำหรับสมการวัตถุประสงค์ที่เปลี่ยนมาเป็นสมการเงื่อนไขในการทดสอบแบบจำลองขั้นตอนต่อไป และใช้วัตถุประสงค์ที่สำคัญรองลงมาเป็นวัตถุประสงค์ในการแก้ปัญหา และให้วัตถุประสงค์อื่นเป็นข้อจำกัด รูปแบบทั่วไปของแบบจำลองลักษณะนี้เหมือนกับรูปแบบทั่วไปของลักษณะที่มีวัตถุประสงค์เดียวเพียงแต่ขั้นตอนและวิธีแก้เท่านั้นที่แตกต่างกัน

ผลการทดสอบแบบจำลอง

ตาราง 24 ผลการทดสอบแบบจำลองที่ทุกวัตถุประสงค์มีความสำคัญไม่เท่ากัน กรณีที่ความสำคัญแตกต่างกันมาก

กิจกรรม	น้ำประปา (ลบ.ม. x 10^3)	น้ำบาดาล (ลบ.ม. x 10^3)	น้ำผิวดิน (ลบ.ม. x 10^3)	ปริมาณน้ำรวม (ลบ.ม. x 10^3)
ครัวเรือน	1,068.400	304.167	0.000	1,372.569
วัด/ศาสนสถาน	0.000	0.000	4.862	4.862
โรงเรียน/สถานที่ราชการ	0.000	0.000	49.017	49.017
ตลาด	0.000	0.000	33.726	33.726
โรงพยาบาล	0.000	0.000	61.871	61.871
โรงแรม	4.328	0.000	431.512	435.840
ภัตตาคาร/ร้านอาหาร	0.000	0.000	15.472	15.472
อาบอบนวด	8.636	0.000	0.000	8.636
อุตสาหกรรม	86.634	0.000	0.000	86.634
การเกษตร	0.000	0.000	0.000	0.000
ประปา	0.000	0.000	2,920.000	2,920.000
ปริมาณน้ำรวม	1,168.000	304.167	3,516.460	4,988.627



ภาพประกอบ 13 ระบบโครงข่ายที่แสดงระบบการใช้น้ำในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ โดยการทดสอบแบบจำลองที่ทุกวัตถุประสงค์มีความสำคัญไม่เท่ากัน และความสำคัญแตกต่างกันมาก

ตาราง 25 การเข้าถึงเป้าหมายของการทดสอบแบบจำลองที่ทุกวัตถุประสงค์มีความสำคัญไม่เท่ากันกรณีที่ความสำคัญแตกต่างกันมาก

เป้าหมาย	ค่าเป้าหมาย	ผลการทดสอบ	ค่าเบี่ยงเบน
ค่าใช้จ่ายรวมในการจัดสรรน้ำ (บาท)	57,472,180	27,267,506	30,204,674
ปริมาณน้ำที่ใช้จากแหล่งน้ำ (ลบ.ม/เดือน)			
น้ำประปา	1,168,000	1,168,000	0
น้ำบาดาล	304,167	304,167	0
น้ำผิวดิน	5,000,000	3,516,460	1,483,540
ปริมาณน้ำที่ทุกกิจกรรมได้รับ (ลบ.ม/เดือน)			
ครัวเรือน	1,372,569	1,372,569	0
วัด/ศาสนสถาน	4,862	4,862	0
โรงเรียน/สถานที่ราชการ	49,017	49,017	0
ตลาด	33,726	33,726	0
โรงพยาบาล	61,871	61,871	0
โรงแรม	435,840	435,840	0
ภัตตาคาร/ร้านอาหาร	15,472	15,472	0
อาบอบนวด	8,636	8,636	0
อุตสาหกรรม	86,634	8,634	0
การเกษตร	0	0	0
ประปา	2,920,000	2,920,000	0
ปริมาณน้ำรวมที่ทุกกิจกรรมได้รับ	4,988,627	4,988,627	0

จากตาราง 24 และ 25 ผลการทดสอบแบบที่ทุกวัตถุประสงค์มีความสำคัญไม่เท่ากันกรณีที่วัตถุประสงค์แต่ละอย่างมีความสำคัญแตกต่างกันมาก ซึ่งในการศึกษานี้จะแบ่งความสำคัญของน้ำที่มีต่อกิจกรรมเป็น 2 กลุ่ม คือ ประชากรอยู่อาศัย และ กิจกรรมอื่น ๆ จากผลการทดสอบแบบจำลองพบว่า ปริมาณน้ำที่จัดสรรจากแหล่งน้ำไปยังกิจกรรมมีค่าใกล้เคียงเป้าหมายค่าใช้จ่ายในการใช้น้ำในภาพรวมเท่ากับ 27,267,506 บาท โดยที่ น้ำประปา และน้ำบาดาลที่มีจะถูกจัดสรรให้แก่ประชากรอยู่อาศัยจนบรรลุเป้าหมายปริมาณน้ำที่ต้องการ จากนั้นปริมาณน้ำประปาที่เหลือจะถูกจัดสรรให้แก่กิจกรรมอื่น ๆ ที่เหลือ ผลปรากฏว่าน้ำประปาที่เหลือถูกจัดสรรให้แก่ อาบอบนวด อุตสาหกรรม และโรงแรม เนื่องจาก ทั้งสามกิจกรรมนี้มีค่าใช้จ่าย

และงบประมาณในการใช้น้ำสูง ซึ่งแบบจำลองในงานวิจัยเป็นลักษณะอิงเป้าหมาย ดังนั้นจึงเป็นสาเหตุให้เกิดการเบี่ยงเบนน้อยที่สุดจากเป้าหมายซึ่งเป็นค่าทางขวามือ ผลการทดสอบที่ได้จึงจัดสรรน้ำประปาที่เหลือให้แก่สามกิจกรรมนี้ ส่วนกิจกรรมอื่น ๆ ที่เหลือใช้น้ำจากแหล่งน้ำผิวดิน

ก. ทดสอบความเที่ยงของแบบจำลอง

(1) ทดสอบความเที่ยงจากการเปลี่ยนแปลงจำนวนทรัพยากร

สำหรับการปรับแบบจำลองในขั้นตอนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการวัดความเที่ยงของแบบจำลอง คือ ดูการเปลี่ยนแปลงของคำตอบ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงจำนวนทรัพยากรที่ใช้ ในที่นี้ก็คือการเปลี่ยนแปลงค่าทางขวามือ ซึ่งจะทำการทดสอบโดยการลดและเพิ่มงบประมาณสำหรับค่าใช้จ่ายที่สะท้อนถึงความหายาก และปริมาณน้ำของกิจกรรมโรงแรมดังตารางที่ 15 แล้วพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำที่จัดสรรจากแหล่งน้ำไปยังกิจกรรม ว่ามีทิศทางการเปลี่ยนแปลงอย่างไร แบบจำลองที่ใช้คือแบบจำลองที่ผ่านการทดสอบแล้ว ซึ่งผลการทดสอบจะแสดงดังตารางที่ 26 และภาพประกอบที่ 14

(2) ทดสอบความเที่ยงจากการเปลี่ยนแปลงสัมประสิทธิ์ค่าใช้จ่ายในการใช้น้ำ

สำหรับการปรับแบบจำลองในขั้นตอนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการวัดความเที่ยงของแบบจำลอง คือ ดูการเปลี่ยนแปลงของคำตอบ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงสัมประสิทธิ์ที่ใช้ในที่นี้ก็คือการเปลี่ยนแปลงอัตราค่าน้ำประปาที่ใช้ดังตารางที่ 17 แล้วพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำที่จัดสรรจากแหล่งน้ำไปยังกิจกรรม ว่ามีทิศทางการเปลี่ยนแปลงอย่างไร แบบจำลองที่ใช้คือแบบจำลองที่ผ่านการทดสอบแล้ว ซึ่งผลการทดสอบจะแสดงดังตารางที่ 27 และภาพประกอบที่ 15

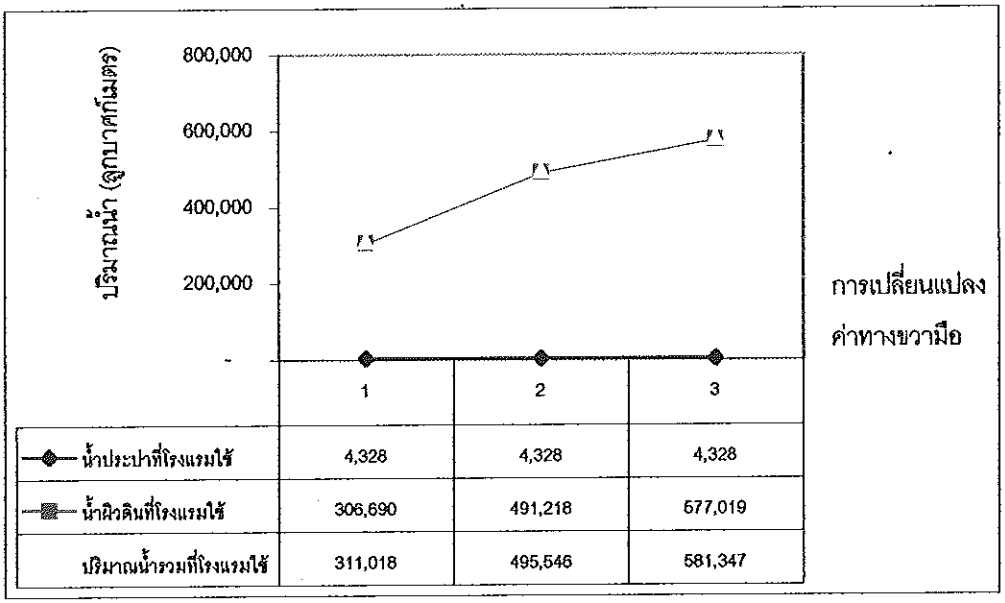
ตาราง 26 แสดงการเปลี่ยนแปลงของคำตอบในการจัดสรรน้ำจากแหล่งน้ำไปยังกิจกรรมที่มีผลจากการเปลี่ยนแปลงค่าทางขวามือของแบบจำลอง ที่ทุกวัตถุประสงค์มีความสำคัญไม่เท่ากันกรณีที่วัตถุประสงค์แต่ละอย่างมีความสำคัญแตกต่างกันมาก

กิจกรรม	ผลการทดสอบแบบจำลอง											
	น้ำประปา (x 1,000 ลูกบาศก์เมตร)			น้ำบาดาล (x 1,000 ลูกบาศก์เมตร)			น้ำผิวดิน (x 1,000 ลูกบาศก์เมตร)			ปริมาณน้ำรวม (x 1,000 ลูกบาศก์เมตร)		
	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3
1. ประชากรอยู่อาศัย(ครัวเ	1068.400	1068.400	1068.400	304.167	304.167	304.167	0	0	0	1,372.567	1,372.567	1,372.567
2. วัด/ศาสนสถาน	0	0	0	0	0	0	4.862	4.862	4.862	4.862	4.862	4.862
3. โรงเรียน/สถานที่ราชการ	0	0	0	0	0	0	49.017	49.017	49.017	49.017	49.017	49.017
4. ตลาด	0	0	0	0	0	0	33.726	33.726	33.726	33.726	33.726	33.726
5.โรงพยาบาล	0	0	0	0	0	0	61.871	61.871	61.871	61.871	61.871	61.871
6. โรงแรม	4.328	4.328	4.328	0	0	0	306.69	491.218	577.019	311.018	495.546	581.347
7.ภัตตาคาร/ร้านอาหาร	0	0	0	0	0	0	15.472	15.472	15.472	15.472	15.472	15.472
8.อาบอบนวด	8.636	8.636	8.636	0	0	0	0	0	0	8.636	8.636	8.636
9.อุตสาหกรรม	86.634	86.634	86.634	0	0	0	0	0	0	86.634	86.634	86.634
10. การเกษตร	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-
11.ประปา	0	0	0	0	0	0	2,920.000	2,920.000	2,920.000	2,920.000	2,920.000	2,920.000

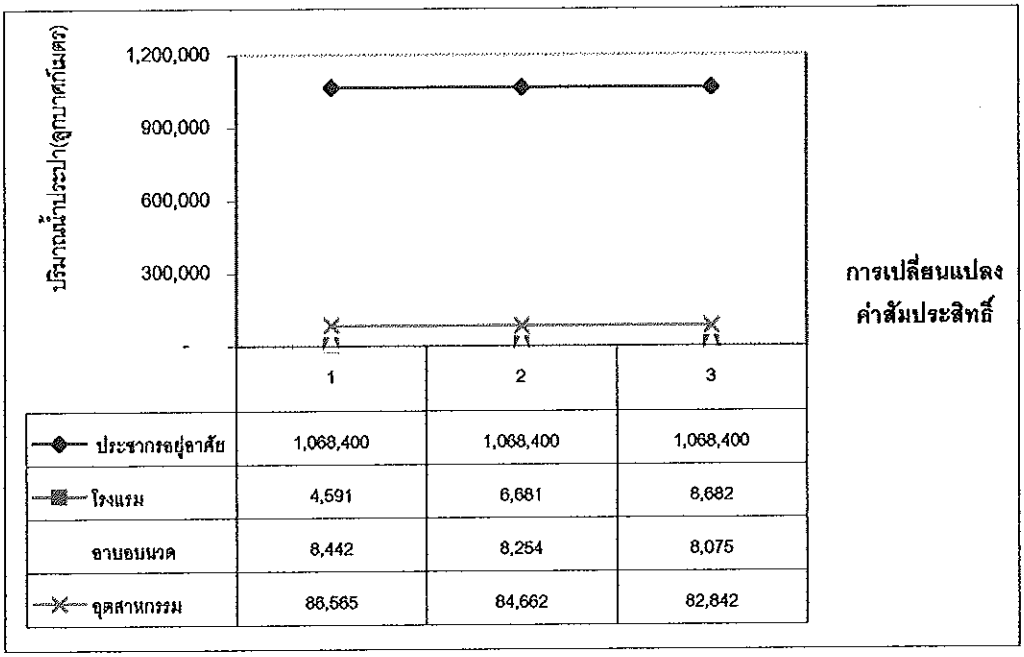
ตาราง 27 แสดงการเปลี่ยนแปลงของคำตอบในการจัดสรรน้ำจากแหล่งน้ำไปยังกิจกรรมที่มีผลจากการเปลี่ยนแปลงค่าสัมประสิทธิ์ของแบบจำลอง ที่ทุกวัตถุประสงค์มีความสำคัญไม่เท่ากันกรณีที่วัตถุประสงค์แต่ละอย่างมีความสำคัญแตกต่างกันมาก

กิจกรรม	ผลการทดสอบแบบจำลอง											
	น้ำประปา (x 1,000 ลูกบาศก์เมตร)			น้ำบาดาล (x 1,000 ลูกบาศก์เมตร)			น้ำผิวดิน (x 1,000 ลูกบาศก์เมตร)			ปริมาณน้ำรวม (x 1,000 ลูกบาศก์เมตร)		
	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3
1. ประชากรอยู่อาศัย	1068.400	1068.400	1068.400	304.167	304.167	304.167	0	0	0	1,372.567	1,372.567	1,372.567
2. วัด/ศาสนสถาน	0	0	0	0	0	0	4.862	4.862	4.862	4.862	4.862	4.862
3. โรงเรียน/สถานที่ราชการ	0	0	0	0	0	0	49.017	49.017	49.017	49.017	49.017	49.017
4. ตลาด	0	0	0	0	0	0	33.726	33.726	33.726	33.726	33.726	33.726
5.โรงพยาบาล	0	0	0	0	0	0	61.871	61.871	61.871	61.871	61.871	61.871
6. โรงแรม	4.591	6.681	8.682	0	0	0	306.69	304.337	302.336	311.281	311.018	311.018
7.ภัตตาคาร/ร้านอาหาร	0	0	0	0	0	0	15.472	15.472	15.472	15.472	15.472	15.472
8.อาบอบนวด	8.442	8.254	8.075	0	0	0	0.194	0.382	0.561	8.636	8.636	8.636
9.อุตสาหกรรม	86.565	84.662	82.842	0	0	0	0.069	1.972	3.792	86.634	86.634	86.634
10. การเกษตร	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-
11.ประปา	0	0	0	0	0	0	2,920.000	2,920.000	2,920.000	2,920.000	2,920.000	2,920.000

86



ภาพประกอบ14 การเปรียบเทียบผลการทดสอบจากการเปลี่ยนแปลงค่าทางขวามือของแบบจำลองที่ทุกวัตถุประสงค์มีความสำคัญไม่เท่ากันและความสำคัญแตกต่างกันมาก



ภาพประกอบ 15 การเปรียบเทียบผลการทดสอบจากการเปลี่ยนแปลงค่าสัมประสิทธิ์แบบจำลองที่ทุกวัตถุประสงค์มีความสำคัญไม่เท่ากันและความสำคัญแตกต่างกันมาก

ผลการทดสอบความเที่ยง

จากการทดสอบความเที่ยงโดยการเปลี่ยนจำนวนทรัพยากร หรือค่าทางขวามือพบว่าผลจากการทดสอบแบบจำลองโดยการเปลี่ยนแปลงงบประมาณค่าใช้จ่ายที่สะท้อนถึงความหายากและปริมาณน้ำที่กิจกรรมโรงแรมต้องการ พบว่าผลที่ได้มีการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกัน คือ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าทางขวามือในทิศทางที่ลดลงหรือเพิ่มขึ้น ปริมาณน้ำที่จัดสรรให้กิจกรรมโรงแรมจะลดลงหรือเพิ่มขึ้นตามการเปลี่ยนแปลงนั้นด้วย โดยการลดลงหรือเพิ่มขึ้นจะเปลี่ยนแปลงในส่วนน้ำผิวดินเท่านั้น ส่วนกิจกรรมอื่น ๆ พบว่าปริมาณน้ำที่จัดสรรยังคงมาจากแหล่งน้ำเดิมและปริมาณเท่าเดิม

จากการทดสอบความเที่ยงโดยการเปลี่ยนแปลงค่าสัมประสิทธิ์ค่าใช้จ่ายในการใช้น้ำ พบว่าเมื่อทำการเพิ่มค่าน้ำประปาโดยการเพิ่มจาก 0.5 ,1.0 , และ 1.5 ผลการทดสอบที่ได้เป็นไปในทิศทางเดียวกัน คือ ปริมาณน้ำประปาที่กิจกรรมประชากรอยู่อาศัยที่ได้รับไม่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากงบประมาณในส่วนค่าใช้จ่ายที่สะท้อนถึงความหายากมีมากพอแม้ค่าน้ำประปาจะมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นงบประมาณที่มีก็ยังมากพอที่จะจ่ายเพื่อให้ได้น้ำประปาและบาดาลในปริมาณที่ต้องการ ส่วนปริมาณน้ำประปาที่จัดสรรให้กิจกรรมโรงแรมมีทิศทางเพิ่มขึ้นในขณะที่ปริมาณน้ำประปาที่จัดสรรให้กิจกรรมอาบอบนวดและอุตสาหกรรมมทิศทางลดลง เนื่องจาก งบประมาณในส่วนค่าใช้จ่ายที่สะท้อนถึงความหายากของทั้งสองกิจกรรมมีจำกัด เมื่อมีการเพิ่มค่าน้ำประปาที่ใช้จะมีผลทำให้ปริมาณน้ำที่ได้รับลดลง ในขณะเดียวกันต้องใช้น้ำผิวดินเพิ่มเติมเพื่อให้ปริมาณน้ำเพียงพอแก่ความต้องการ ดังนั้นปริมาณน้ำประปาที่เหลือจากส่วนนี้จึงนำไปเพิ่มในกิจกรรมโรงแรม ซึ่งกิจกรรมโรงแรมมีงบประมาณในส่วนที่สะท้อนถึงความหายากเหลืออยู่มากพอที่จะรับภาระค่าน้ำประปาที่เพิ่มขึ้นได้ ส่วนกิจกรรมอื่น ๆ ที่เหลือไม่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากกิจกรรมที่เหลือได้รับการจัดสรรให้ใช้น้ำผิวดินดังนั้นการเปลี่ยนแปลงสัมประสิทธิ์ค่าน้ำประปาจึงไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลง

5.5 การใช้แบบจำลองวางแผนการใช้น้ำในอนาคต

เนื่องจากการศึกษาระบบการใช้น้ำในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่พบว่ามีอัตราการใช้น้ำเพิ่มมากขึ้นในอนาคต ในขณะที่ปริมาณน้ำยังคงมีปริมาณเท่าเดิม หรืออาจจะมีปริมาณน้ำน้อยลงในปีที่เกิดความแห้งแล้ง ซึ่งในอนาคตมีแนวโน้มที่เกิดปัญหาการขัดแย้งการใช้น้ำ ในการวิจัยครั้งนี้ได้ทำการใช้แบบจำลองวางแผนการใช้น้ำในอนาคต โดยใช้ข้อมูลการใช้น้ำ ในปี พ.ศ. 2552 ในการวิจัยครั้งนี้ได้กำหนดสถานการณ์การใช้น้ำในปี พ.ศ. 2552ดังนี้

5.5.1 แหล่งน้ำมีปริมาณเท่าเดิมอัตราการใช้น้ำเพิ่มขึ้น

กรณีนี้กำหนดให้แหล่งน้ำภายในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่มีปริมาณคงเดิมในขณะที่กิจกรรมมีการขยายตัว อัตราการใช้น้ำของกิจกรรมต่าง ๆ เพิ่มมากขึ้น ซึ่งในการวางแผนการใช้น้ำได้ใช้แบบจำลองทั้งสามแบบในการวางแผนดังนี้

5.5.1.1 การวางแผนโดยใช้แบบจำลองที่ทุกวัตถุประสงค์ในการดำเนินงานมีความสำคัญเท่ากันหมด

5.5.1.2 การวางแผนโดยใช้แบบจำลองที่ทุกวัตถุประสงค์ในการดำเนินงานมีความสำคัญไม่เท่ากัน กรณีที่ทุกวัตถุประสงค์ในการดำเนินงานมีความสำคัญไม่แตกต่างกันมาก

5.5.1.3 การวางแผนโดยใช้แบบจำลองที่ทุกวัตถุประสงค์ในการดำเนินงานมีความสำคัญไม่เท่ากัน กรณีที่ทุกวัตถุประสงค์ในการดำเนินงานมีความสำคัญแตกต่างกันมาก

แบบจำลองทั้งสามกรณีใช้สัมประสิทธิ์ค่าใช้จ่ายในการใช้น้ำดังตาราง 28 ในการทดสอบและแสดงผลการทดสอบดังตาราง 29 และ30 ภาพประกอบ16-18

ตาราง 28 แสดงค่าสัมประสิทธิ์และค่าจำกัดทางขวามือ ปี พ.ศ. 2552 กรณีที่แหล่งน้ำมีปริมาณเท่าเดิม แต่อัตราการใช้น้ำเพิ่มมากขึ้น

	ค่าสัมประสิทธิ์ (บาท/ลูกบาศก์เมตร)			ค่าจำกัดทางขวามือ
	ประปา	บาดาล	น้ำผิวดิน	(10^3 บาท/เดือน)
ครัวเรือน				
ค่าใช้จ่ายในการนำน้ำมาใช้	0.86	14.99	0	27,539.823
ค่าใช้จ่ายที่สะท้อนถึงความหายาก	12.75	3.5	0	23,424.466
ค่าใช้จ่ายที่ก่อให้เกิดผลกระทบภายนอก	0	0	0	0
วัด/ศาสนสถาน				
ค่าใช้จ่ายในการนำน้ำมาใช้	0.36	2.05	0	13.444
ค่าใช้จ่ายที่สะท้อนถึงความหายาก	14.6	3.5	0	95.747
ค่าใช้จ่ายที่ก่อให้เกิดผลกระทบภายนอก	0	0	0	0
โรงเรียน/สถานที่ราชการ				
ค่าใช้จ่ายในการนำน้ำมาใช้	0.19	0.99	0	65.9786
ค่าใช้จ่ายที่สะท้อนถึงความหายาก	14.7	3.5	0	979.6815
ค่าใช้จ่ายที่ก่อให้เกิดผลกระทบภายนอก	0	0	0	0
ตลาด				
ค่าใช้จ่ายในการนำน้ำมาใช้	0.05	0.39	0	17.582
ค่าใช้จ่ายที่สะท้อนถึงความหายาก	15	3.5	0	676.230
ค่าใช้จ่ายที่ก่อให้เกิดผลกระทบภายนอก	0	0	0	0
โรงพยาบาล				
ค่าใช้จ่ายในการนำน้ำมาใช้	0.02	0.19	0	15.687
ค่าใช้จ่ายที่สะท้อนถึงความหายาก	15	3.5	0	1,238.415
ค่าใช้จ่ายที่ก่อให้เกิดผลกระทบภายนอก	0	0	0	0
โรงแรม				
ค่าใช้จ่ายในการนำน้ำมาใช้	0.04	0.38	0	220.912
ค่าใช้จ่ายที่สะท้อนถึงความหายาก	21	3.5	0	12,208.287
ค่าใช้จ่ายที่ก่อให้เกิดผลกระทบภายนอก	0	0	0	0
ภัตตาคาร/ร้านอาหาร				
ค่าใช้จ่ายในการนำน้ำมาใช้	1.17	20.94	0	440.494
ค่าใช้จ่ายที่สะท้อนถึงความหายาก	13	3.5	0	273.468
ค่าใช้จ่ายที่ก่อให้เกิดผลกระทบภายนอก	0	0	0	0
อาบอบนวด				
ค่าใช้จ่ายในการนำน้ำมาใช้	0.03	1.29	0	14.844
ค่าใช้จ่ายที่สะท้อนถึงความหายาก	21.5	3.5	0	40.275
ค่าใช้จ่ายที่ก่อให้เกิดผลกระทบภายนอก	0	0	0	0

ตาราง 28 แสดงค่าสัมประสิทธิ์และค่าจำกัดทางขวามือ ปี พ.ศ. 2552 กรณีที่แหล่งน้ำมีปริมาณเท่าเดิม แต่อัตราการใช้น้ำเพิ่มมากขึ้น (ต่อ)

	ค่าสัมประสิทธิ์ (บาท/ลูกบาศก์เมตร)			ค่าจำกัดทางขวามือ
	ประปา	บาดาล	น้ำผิวดิน	(10^3 บาท/เดือน)
โรงงานอุตสาหกรรม				
ค่าใช้จ่ายในการนำน้ำมาใช้	0.07	1.31	0	125.714
ค่าใช้จ่ายที่สะท้อนถึงความหายาก	21.75	3.5	0	2,087.239
ค่าใช้จ่ายที่ก่อให้เกิดผลกระทบภายนอก	0	0	0	0
เกษตรกรรม				
ค่าใช้จ่ายในการนำน้ำมาใช้	0	0	0	0
ค่าใช้จ่ายที่สะท้อนถึงความหายาก	0	0	0	0
ค่าใช้จ่ายที่ก่อให้เกิดผลกระทบภายนอก	0	0	0	0
ประปา				
ค่าใช้จ่ายในการนำน้ำมาใช้	0	0	8.1	35,478.000
ค่าใช้จ่ายที่สะท้อนถึงความหายาก	0	0	0	0
ค่าใช้จ่ายที่ก่อให้เกิดผลกระทบภายนอก	0	0	0	0

สัมประสิทธิ์ของตัวแปรตัดสินใจในเงื่อนไขข้อจำกัดทางด้านปริมาณในแหล่งน้ำ จะมีสัมประสิทธิ์ เท่ากับ 1

ค่าทางขวามือ ในเงื่อนไขข้อจำกัดทางด้านปริมาณในแหล่งน้ำ (หน่วย เป็น 10^3ลูกบาศก์เมตร/เดือน)	
น้ำประปา	1752
น้ำบาดาล	304.167
น้ำผิวดิน	5000

สัมประสิทธิ์ของตัวแปรตัดสินใจในเงื่อนไขความต้องการน้ำของแต่ละกิจกรมจะมีสัมประสิทธิ์ เท่ากับ 1

ค่าทางขวามือ ในความต้องการน้ำของแต่ละกิจกรม (หน่วย เป็น 10^3ลูกบาศก์เมตร/เดือน)	
ครัวเรือน	1,837.213
วัด/ศาสนสถาน	6.558
โรงเรียน/สถานที่ราชการ	66.645
ตลาด	45.082
โรงพยาบาล	82.561
โรงแรม	581.347
ภัตตาคาร/ร้านอาหาร	21.036
อาบอบนวด	11.507
โรงงานอุตสาหกรรม	95.965
เกษตรกรรม	0
ประปา	4,380

ตาราง 29 แสดงการเปรียบเทียบผลการทดสอบแบบจำลองในการจัดสรรน้ำรายเดือนจากแหล่งน้ำไปยังกิจกรรมของแบบจำลองทั้งสามแบบ ปี พ.ศ. 2552 กรณีที่แหล่งน้ำมีปริมาณเท่าเดิม แต่อัตราการใช้เพิ่มมากขึ้น

กิจกรรม	ผลการทดสอบแบบจำลอง											
	น้ำประปา (x 1,000 ลูกบาศก์เมตร)			น้ำบาดาล (x 1,000 ลูกบาศก์เมตร)			น้ำผิวดิน (x 1,000 ลูกบาศก์เมตร)			ปริมาณน้ำรวม (x 1,000 ลูกบาศก์เมตร)		
	แบบจำลอง1	แบบจำลอง2	แบบจำลอง3	แบบจำลอง1	แบบจำลอง2	แบบจำลอง3	แบบจำลอง1	แบบจำลอง2	แบบจำลอง3	แบบจำลอง1	แบบจำลอง2	แบบจำลอง3
1. ประชากรอยู่อาศัย	862.417	1533.043	1533.046	283.131	304.167	304.167	620	0	0	1,765.548	1,837.210	1,837.213
2. วัด/ศาสนสถาน	6.558	0	0	0	0	0	0	0	6.558	6.558	-	6.558
3. โรงเรียน/สถานที่ราชการ	66.612	0	0	0	0	0	0	66.645	66.645	66.612	66.645	66.645
4. ตลาด	45.08	0	0	0	0	0	0	45.082	45.082	45.080	45.082	45.082
5.โรงพยาบาล	82.561	82.561	0	0	0	0	0	0	82.561	82.561	82.561	82.561
6. โรงแรม	581.347	40.478	111.529	0	0	0	0	508.273	530.683	581.347	548.751	642.212
7.ภัตตาคาร/ร้านอาหาร	0	0	0	21.036	0	0	0	0	0	21.036	-	-
8.อาบอบนวด	11.507	0	11.507	0	0	0	0	0	11.507	11.507	-	23.014
9.อุตสาหกรรม	95.918	95.918	95.918	0	0	0	0	0	95.918	95.918	95.918	191.836
10. การเกษตร	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11.ประปา	0	0	0	0	0	0	4,380.00	4,380.00	4,380.00	4,380.000	4,380.000	4,380.000

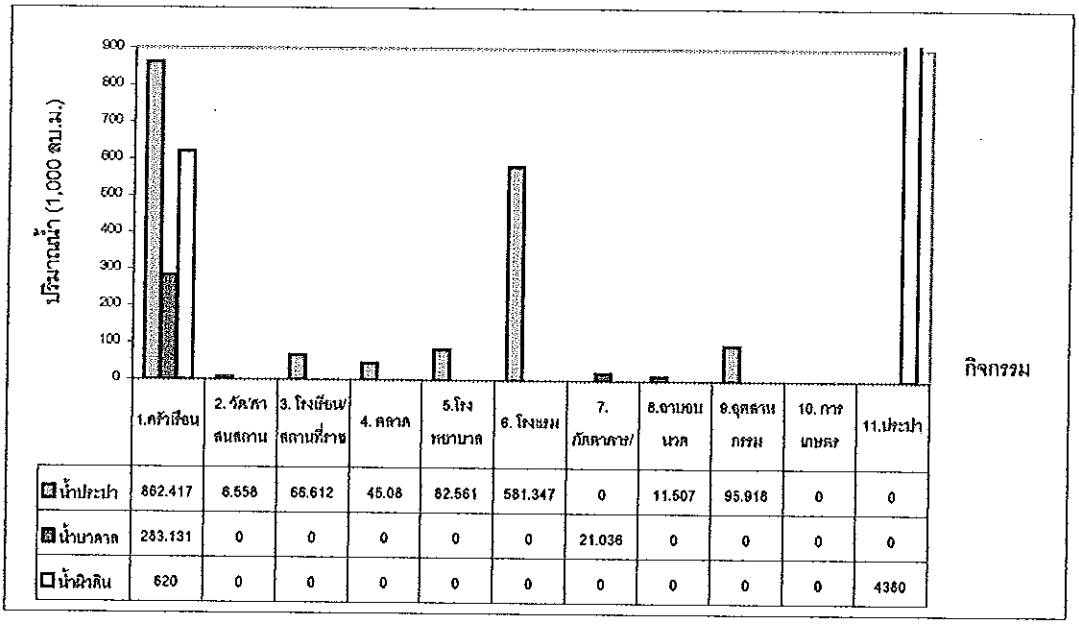
หมายเหตุ แบบจำลอง 1 หมายถึง แบบจำลองที่ทุกวัตถุประสงค์ในการดำเนินงานมีความสำคัญเท่ากัน

แบบจำลอง 2 หมายถึง แบบจำลองที่วัตถุประสงค์นการดำเนินงานมีความสำคัญไม่เท่ากัน กรณีที่วัตถุประสงค์มีความสำคัญไม่แตกต่างกันมาก

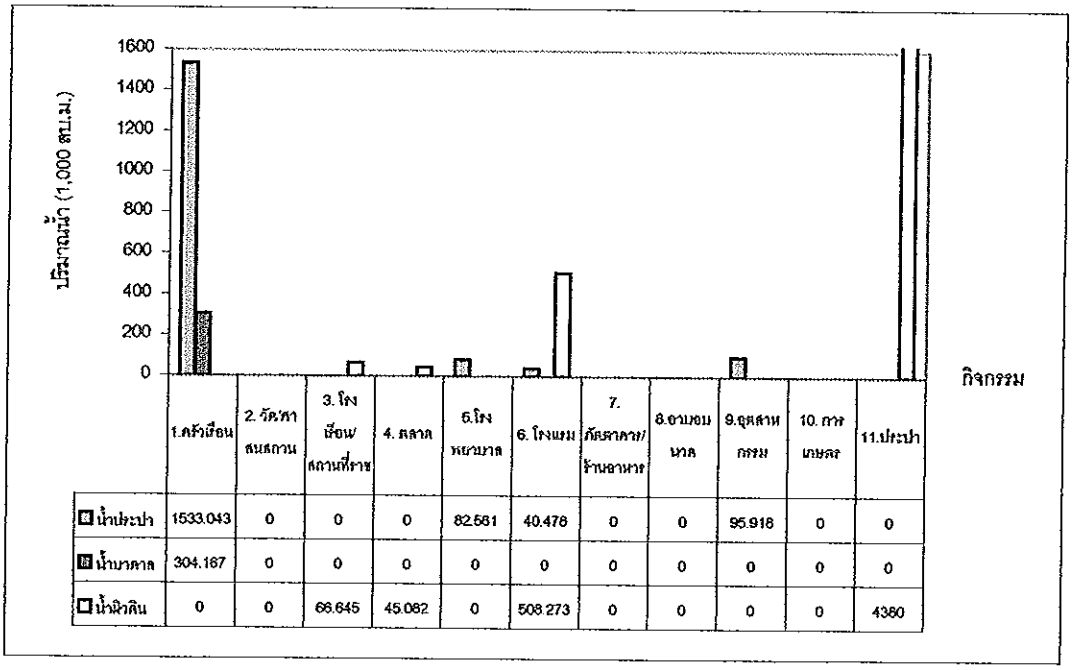
แบบจำลอง 3 หมายถึง แบบจำลองที่วัตถุประสงค์นการดำเนินงานมีความสำคัญไม่เท่ากัน กรณีที่วัตถุประสงค์มีความสำคัญแตกต่างกันมาก

ตาราง 30 แสดงการเปรียบเทียบการเข้าถึงเป้าหมายในการจัดสรรน้ำจากแหล่งน้ำไปยังกิจกรรมของแบบจำลองทั้งสามแบบ ปี พ.ศ.2552 กรณีที่แหล่งน้ำมีปริมาณเท่าเดิม แต่อัตราการใช้เพิ่มมากขึ้น

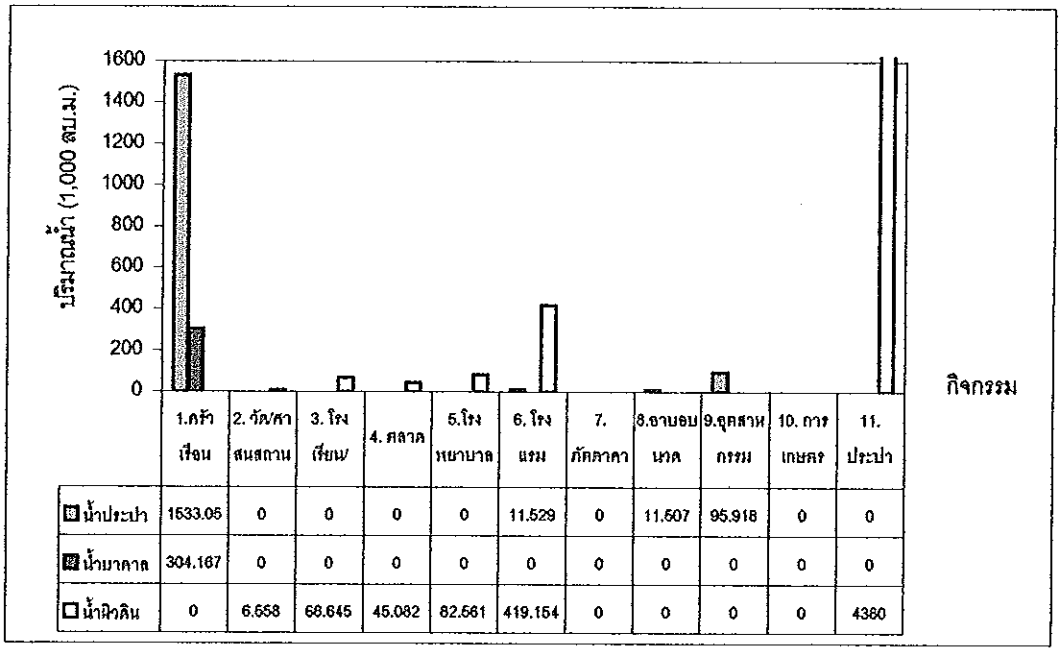
กิจกรรม	ค่าเป้าหมาย	ผลการทดสอบแบบจำลอง			ค่าเบี่ยงเบน		
		แบบจำลอง 1	แบบจำลอง 2	แบบจำลอง 3	แบบจำลอง 1	แบบจำลอง 2	แบบจำลอง 3
ค่าใช้จ่ายรวมในการจัดสรรน้ำ (บาท)	85,822,310	42,422,568	38,074,041	60,961,561	43,399,742	47,748,269	24,860,749
ปริมาณน้ำที่ใช้จากแหล่งน้ำ (ลบ.ม./เดือน)							
น้ำประปา	1,752,000	1,752,000	1,752,000	1,752,000	0	0	0
น้ำบาดาล	304,167	304,167	304,167	304,167	0	0	0
น้ำผิวดิน	5,000,000	5,000,000	5,000,000	5,000,000	0	0	0
ปริมาณน้ำที่ทุกกิจกรรมได้รับ (ลบ.ม./เดือน)							
ประชากรอยู่อาศัย(ครัวเรือน)	1,837,213	1,765,513	1,837,213	1,837,213	71,700	0	0
วัด/ศาสนสถาน	6,558	6,558	0	6,558	0	6,558	0
โรงเรียน/สถานที่ราชการ	66,645	66,645	66,645	66,645	0	0	0
ตลาด	45,082	45,082	45,082	45,082	0	0	0
โรงพยาบาล	82,561	82,561	82,561	82,561	0	0	0
โรงแรม	581,347	581,347	548,748	530,683	0	32,599	50,664
ภัตตาคาร/ร้านอาหาร	21,036	21,036	0	0	0	21,036	21,036
อาบอบนวด	11,507	11,507	0	11,507	0	11,507	0
อุตสาหกรรม	95,965	95,918	95,918	95,918	47	47	47
การเกษตร	0	0	0	0	0	0	0
ประปา	4,380,000	4,380,000	4,380,000	4,380,000	0	0	0
ปริมาณน้ำรวมที่ทุกกิจกรรมได้รับ	7,127,914	7,056,167	7,056,167	7,056,167	71,747	71,747	71,747



ภาพประกอบ 16 การแสดงปริมาณน้ำจากแหล่งน้ำต่าง ๆ ที่จัดสรรให้แต่ละกิจกรรม ปี พ.ศ. 2552 ในการทดสอบแบบจำลองที่ทุกวัตถุประสงค์มีความสำคัญเท่ากัน กรณีที่แหล่งน้ำมีปริมาณเท่าเดิม แต่อัตราการใช้น้ำเพิ่มมากขึ้น



ภาพประกอบ 17 การแสดงปริมาณน้ำจากแหล่งน้ำต่าง ๆ ที่จัดสรรให้แต่ละกิจกรรม ปี พ.ศ. 2552 ในการทดสอบแบบจำลองที่ทุกวัตถุประสงค์มีความสำคัญไม่เท่ากัน และความสำคัญมีความแตกต่างกันไม่มาก ในสถานการณ์ที่แหล่งน้ำมีปริมาณเท่าเดิม แต่อัตราการใช้น้ำเพิ่มมากขึ้น



	1.ครัวเรือน	2. วัด/ศาสนสถาน	3. โรงเรียน/	4. ศาลา	5.โรงพยาบาล	6. โรงแรม	7. ภัตตาคาร	8.อาบอบนวด	9.อุตสาหกรรม	10. การเกษตร	11. ประปา
น้ำประปา	1533.05	0	0	0	0	11.529	0	11.607	95.918	0	0
น้ำบาดาล	304.167	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
น้ำผิวดิน	0	6.658	68.645	45.082	82.561	419.154	0	0	0	0	4380

ภาพประกอบ 18 การแสดงปริมาณน้ำจากแหล่งน้ำต่าง ๆ ที่จัดสรรให้แต่ละกิจกรรม ปี พ.ศ. 2552 ในการทดสอบแบบจำลองที่ทุกวัตถุประสงค์มีความสำคัญไม่เท่ากัน และความสำคัญมีความแตกต่างกันมาก ในสถานการณ์ที่แหล่งน้ำ มีปริมาณเท่าเดิม แต่อัตราการใช้น้ำเพิ่มมากขึ้น

ผลการทดสอบแบบจำลองทั้งสามแบบให้ผลการจัดสรรน้ำที่แตกต่างกันตามลักษณะของแบบจำลอง ดังแสดงผลการจัดสรรน้ำในภาพประกอบ 16-18 ผลการทดสอบของทั้งสามแบบจำลองพบว่า ปริมาณน้ำในแหล่งน้ำภายในเทศบาลนครหาดใหญ่ไม่เพียงพอต่อความต้องการ และพบว่าปริมาณน้ำที่ทุกกิจกรรมได้รับขาดไปถึง 71,747 ลูกบาศก์เมตรต่อเดือน จากผลการทดสอบพบว่ามีหลายกิจกรรมได้รับการจัดสรรให้ใช้น้ำผิวดิน ซึ่งมีปริมาณถึง 620,000 ลูกบาศก์เมตรต่อเดือน ซึ่งปริมาณน้ำดังกล่าวชี้ให้เห็นปัญหาการขาดแคลนน้ำและขัดแย้งในการใช้น้ำที่เกิดขึ้นในอนาคต ดังนั้นหน่วยงานที่เกี่ยวข้องและสำนักงานประปาสงขลาควรวางแผนจัดการการใช้น้ำ เช่น

การจัดการด้านอุปทาน โดยการพัฒนาแหล่งน้ำใหม่ หรือจัดซื้อน้ำจากแหล่งน้ำอื่น ๆ มาเพิ่มเติมแหล่งน้ำในระบบ ซึ่งปริมาณน้ำดังกล่าวจะต้องมากกว่า 71,747 ลูกบาศก์เมตรต่อเดือน และทำการผลิตน้ำประปาเพิ่มเติมเพื่อรองรับความต้องการในอนาคตเท่ากับ 620,000 ลูกบาศก์เมตรต่อเดือน

การจัดการด้านอุปสงค์ โดยการรณรงค์ให้กิจกรรมใช้น้ำอย่างประหยัด กลไกลทางด้านราคามาใช้ และจัดลำดับความสำคัญของการใช้น้ำ

5.5.2 แหล่งน้ำมีปริมาณเท่าเดิมอัตราการใช้น้ำลดลง

กรณีนี้กำหนดให้แหล่งน้ำภายในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่มีปริมาณคงเดิมในขณะที่กิจกรรมมีการขยายตัว แต่มีการกำหนดอัตราการใช้น้ำของกิจกรรมต่าง ๆ ลดลงเนื่องจากการใช้น้ำในอัตราเดิมปริมาณน้ำในระบบไม่พอ ซึ่งอัตราการใช้น้ำที่กำหนดให้กิจกรรมต่าง ๆ ใช้ได้มาจากอัตราการใช้น้ำ ที่การประปาส่วนภูมิภาคใช้ในการออกแบบสร้างระบบประปา ที่อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา ซึ่งในการวางแผนการใช้น้ำได้ใช้แบบจำลองทั้งสามแบบในการวางแผนดังนี้

5.5.2.1 การวางแผนโดยใช้แบบจำลองที่ทุกวัตถุประสงค์ในการดำเนินงานมีความสำคัญเท่ากันหมด

5.5.2.2 การวางแผนโดยใช้แบบจำลองที่ทุกวัตถุประสงค์ในการดำเนินงานมีความสำคัญไม่เท่ากัน กรณีที่ทุกวัตถุประสงค์ในการดำเนินงานมีความสำคัญไม่แตกต่างกันมาก

5.5.2.3 การวางแผนโดยใช้แบบจำลองที่ทุกวัตถุประสงค์ในการดำเนินงานมีความสำคัญไม่เท่ากัน กรณีที่ทุกวัตถุประสงค์ในการดำเนินงานมีความสำคัญแตกต่างกันมาก

แบบจำลองทั้งสามกรณีใช้สัมประสิทธิ์ค่าใช้จ่ายในการใช้น้ำดังตาราง 31 ในการทดสอบ และแสดงผลการทดสอบดังตาราง 32 และ33 ภาพประกอบ19-21

ตาราง 31 แสดงค่าสัมประสิทธิ์และค่าจำกัดทางขวามือ ปี พ.ศ. 2552 กรณีที่แหล่งน้ำมีปริมาณเท่าเดิม แต่อัตราการใช้น้ำลดลง

	ค่าสัมประสิทธิ์ (บาท/ลูกบาศก์เมตร)			ค่าจำกัดทางขวามือ
	ประปา	บาดาล	น้ำผิวดิน	(10^3 บาท/เดือน)
ครัวเรือน				
ค่าใช้จ่ายในการนำน้ำมาใช้	0.86	14.99	0	20,922.487
ค่าใช้จ่ายที่สะท้อนถึงความหายาก	12.75	3.5	0	17,795.978
ค่าใช้จ่ายที่ก่อให้เกิดผลกระทบภายนอก	0	0	0	0
วัด/ศาสนสถาน				
ค่าใช้จ่ายในการนำน้ำมาใช้	0.36	2.05	0	8.141
ค่าใช้จ่ายที่สะท้อนถึงความหายาก	14.6	3.5	0	57.977
ค่าใช้จ่ายที่ก่อให้เกิดผลกระทบภายนอก	0	0	0	0
โรงเรียน/สถานที่ราชการ				
ค่าใช้จ่ายในการนำน้ำมาใช้	0.19	0.99	0	38.6773
ค่าใช้จ่ายที่สะท้อนถึงความหายาก	14.7	3.5	0	574.2996
ค่าใช้จ่ายที่ก่อให้เกิดผลกระทบภายนอก	0	0	0	0
ตลาด				
ค่าใช้จ่ายในการนำน้ำมาใช้	0.05	0.39	0	15.818
ค่าใช้จ่ายที่สะท้อนถึงความหายาก	15	3.5	0	608.400
ค่าใช้จ่ายที่ก่อให้เกิดผลกระทบภายนอก	0	0	0	0
โรงพยาบาล				
ค่าใช้จ่ายในการนำน้ำมาใช้	0.02	0.19	0	9.040
ค่าใช้จ่ายที่สะท้อนถึงความหายาก	15	3.5	0	713.715
ค่าใช้จ่ายที่ก่อให้เกิดผลกระทบภายนอก	0	0	0	0
โรงแรม				
ค่าใช้จ่ายในการนำน้ำมาใช้	0.04	0.38	0	202.968
ค่าใช้จ่ายที่สะท้อนถึงความหายาก	21	3.5	0	11,216.625
ค่าใช้จ่ายที่ก่อให้เกิดผลกระทบภายนอก	0	0	0	0
ภัตตาคาร/ร้านอาหาร				
ค่าใช้จ่ายในการนำน้ำมาใช้	1.17	20.94	0	394.928
ค่าใช้จ่ายที่สะท้อนถึงความหายาก	13	3.5	0	245.18
ค่าใช้จ่ายที่ก่อให้เกิดผลกระทบภายนอก	0	0	0	0
อาบอบนวด				
ค่าใช้จ่ายในการนำน้ำมาใช้	0.03	1.29	0	13.367
ค่าใช้จ่ายที่สะท้อนถึงความหายาก	21.5	3.5	0	36.267
ค่าใช้จ่ายที่ก่อให้เกิดผลกระทบภายนอก	0	0	0	0

ตาราง 31 แสดงค่าสัมประสิทธิ์และค่าจำกัดทางขวามือ ปี พ.ศ. 2552 กรณีที่แหล่งน้ำมีปริมาณเท่าเดิม แต่อัตราการใช้น้ำลดลง (ต่อ)

	ค่าสัมประสิทธิ์ (บาท/ลูกบาศก์เมตร)			ค่าจำกัดทางขวามือ
	ประปา	บาดาล	น้ำผิวดิน	(10^3 บาท/เดือน)
โรงงานอุตสาหกรรม				
ค่าใช้จ่ายในการนำน้ำมาใช้	0.07	1.31	0	113.143
ค่าใช้จ่ายที่สะท้อนถึงความหายาก	21.75	3.5	0	1,878.526
ค่าใช้จ่ายที่ก่อให้เกิดผลกระทบภายนอก	0	0	0	0
เกษตรกรรม				
ค่าใช้จ่ายในการนำน้ำมาใช้	0	0	0	0
ค่าใช้จ่ายที่สะท้อนถึงความหายาก	0	0	0	0
ค่าใช้จ่ายที่ก่อให้เกิดผลกระทบภายนอก	0	0	0	0
ประปา				
ค่าใช้จ่ายในการนำน้ำมาใช้	0	0	8.1	35,478.000
ค่าใช้จ่ายที่สะท้อนถึงความหายาก	0	0	0	0
ค่าใช้จ่ายที่ก่อให้เกิดผลกระทบภายนอก	0	0	0	0

สัมประสิทธิ์ของตัวแปรตัดสินใจในเงื่อนไขข้อจำกัดทางด้านปริมาณในแหล่งน้ำ จะมีสัมประสิทธิ์ เท่ากับ 1

ค่าทางขวามือ ในเงื่อนไขข้อจำกัดทางด้านปริมาณในแหล่งน้ำ (หน่วย เป็น 10^3 ลูกบาศก์เมตร/เดือน)	
น้ำประปา	1752
น้ำบาดาล	304.167
น้ำผิวดิน	5000

สัมประสิทธิ์ของตัวแปรตัดสินใจในเงื่อนไขความต้องการน้ำของแต่ละกิจกรรมจะมีสัมประสิทธิ์ เท่ากับ 1

ค่าทางขวามือ ในความต้องการน้ำของแต่ละกิจกรรม (หน่วย เป็น 10^3 ลูกบาศก์เมตร/เดือน)	
ครัวเรือน	1,395.763
วัด/ศาสนสถาน	3.971
โรงเรียน/สถานที่ราชการ	39.068
ตลาด	40.56
โรงพยาบาล	47.581
โรงแรม	534.125
ภัตตาคาร/ร้านอาหาร	18.86
อาบอบนวด	10.362
โรงงานอุตสาหกรรม	86.369
เกษตรกรรม	0
ประปา	4,380

ตาราง 32 แสดงการเปรียบเทียบผลการทดสอบแบบจำลองในการจัดสรรน้ำรายเดือนจากแหล่งน้ำไปยังกิจกรรมของแบบจำลองทั้งสามแบบ ปี พ.ศ. 2552 กรณีที่แหล่งน้ำมีปริมาณเท่าเดิม แต่อัตราการใช้ลดลง

กิจกรรม	ผลการทดสอบแบบจำลอง											
	น้ำประปา (x 1,000 ลูกบาศก์เมตร)			น้ำบาดาล (x 1,000 ลูกบาศก์เมตร)			น้ำผิวดิน (x 1,000 ลูกบาศก์เมตร)			ปริมาณน้ำรวม (x 1,000 ลูกบาศก์เมตร)		
	แบบจำลอง1	แบบจำลอง2	แบบจำลอง3	แบบจำลอง1	แบบจำลอง2	แบบจำลอง3	แบบจำลอง1	แบบจำลอง2	แบบจำลอง3	แบบจำลอง1	แบบจำลอง2	แบบจำลอง3
1. ประชากรอยู่อาศัย	989.964	1091.593	1091.593	285.307	304.167	304.167	120.489	0	0	1,395.760	1,395.760	1,395.760
2. วัด/ศาสนสถาน	3.971	0	0	0	0	0	0	3.971	3.971	3.971	3.971	3.971
3. โรงเรียน/สถานที่ราชการ	39.068	0	0	0	0	0	0	39.068	39.068	39.068	39.068	39.068
4. ตลาด	40.56	0	29.551	0	0	0	0	40.56	11.009	40.560	40.560	40.560
5.โรงพยาบาล	47.581	47.581	0	0	0	0	0	0	47.581	47.581	47.581	47.581
6. โรงแรม	534.125	526.457	534.125	0	0	0	0	7.668	0	534.125	534.125	534.125
7.ภัตตาคาร/ร้านอาหาร	0	0	0	18.86	0	0	0	18.86	18.86	18.860	18.860	18.860
8.อาบอบนวด	10.362	0	10.362	0	0	0	0	10.362	0	10.362	10.362	10.362
9.อุตสาหกรรม	86.369	86.369	86.369	0	0	0	0	0	0	86.369	86.369	86.369
10. การเกษตร	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11.ประปา	0	0	0	0	0	0	4,380.00	4,380.00	4,380.00	4,380.000	4,380.000	4,380.000

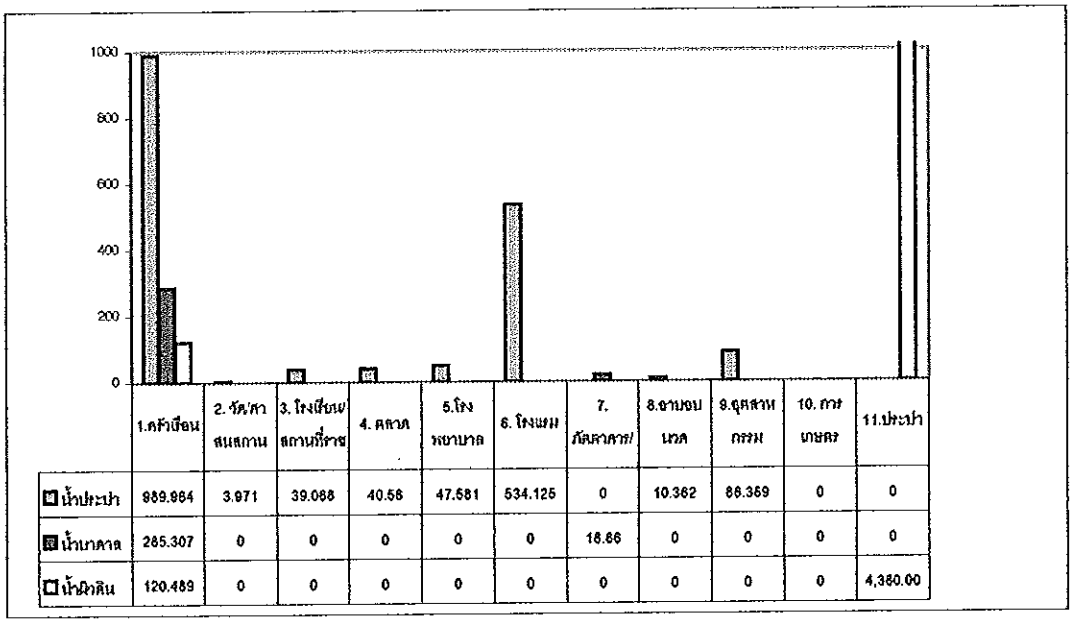
หมายเหตุ แบบจำลอง 1 หมายถึง แบบจำลองที่ทุกวัตถุประสงค์ในการดำเนินงานมีความสำคัญเท่ากัน

แบบจำลอง 2 หมายถึง แบบจำลองที่วัตถุประสงค์นการดำเนินงานมีความสำคัญไม่เท่ากัน กรณีที่วัตถุประสงค์มีความสำคัญไม่แตกต่างกันมาก

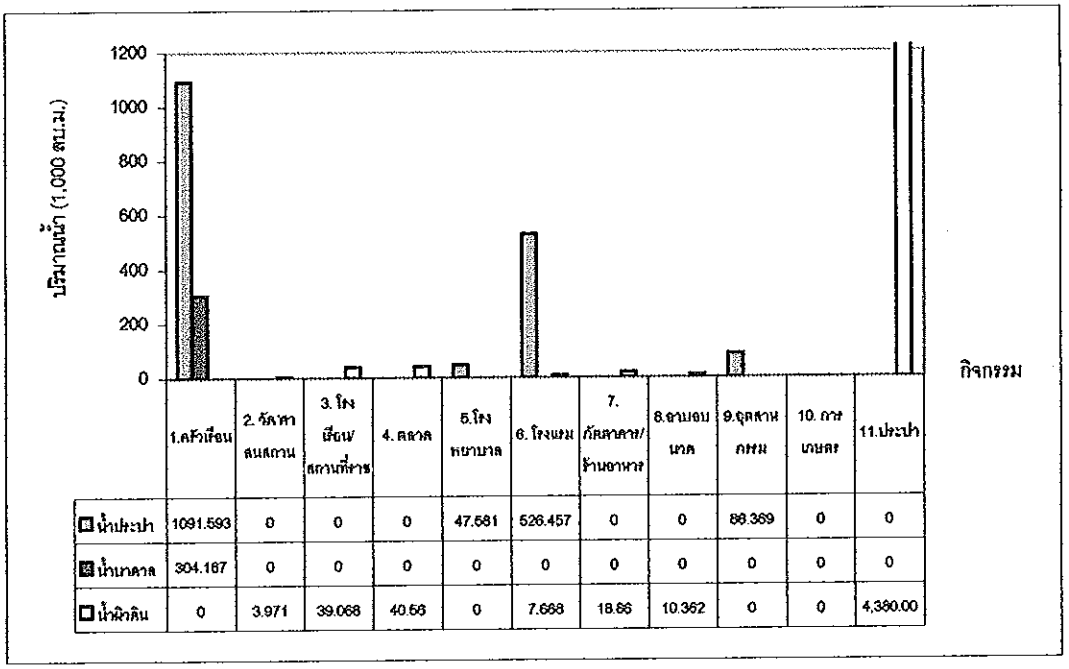
แบบจำลอง 3 หมายถึง แบบจำลองที่วัตถุประสงค์นการดำเนินงานมีความสำคัญไม่เท่ากัน กรณีที่วัตถุประสงค์มีความสำคัญแตกต่างกันมาก

ตาราง 33 แสดงการเปรียบเทียบการเข้าถึงเป้าหมายในการจัดสรรน้ำจากแหล่งน้ำไปยังกิจกรรมของแบบจำลองทั้งสามแบบ ปี พ.ศ.2552 กรณีที่แหล่งน้ำมีปริมาณเท่าเดิม แต่อัตราการใช้ลดลง

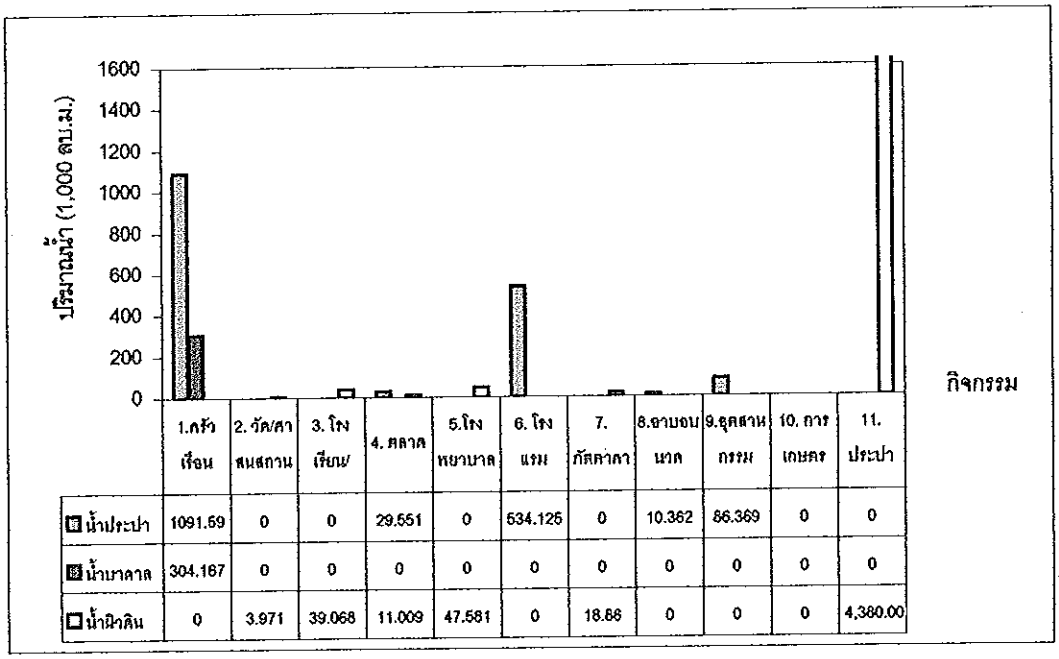
กิจกรรม	ค่าเป้าหมาย	ผลการทดสอบแบบจำลอง			ค่าเบี่ยงเบน		
		แบบจำลอง 1	แบบจำลอง 2	แบบจำลอง 3	แบบจำลอง 1	แบบจำลอง 2	แบบจำลอง 3
ค่าใช้จ่ายรวมในการจัดสรรน้ำ (บาท)	104,956,285	61,032,521	33,240,841	61,708,632	43,923,764	71,715,444	43,247,653
ปริมาณน้ำที่ใช้จากแหล่งน้ำ (ลบ.ม./เดือน)							
น้ำประปา	1,752,000	1,752,000	1,752,000	1,752,000	0	0	0
น้ำบาดาล	304,167	304,167	304,167	304,167	0	0	0
น้ำผิวดิน	5,000,000	4,500,489	4,500,489	4,500,489	499,511	499,511	499,511
ปริมาณน้ำที่ทุกกิจกรรมได้รับ (ลบ.ม./เดือน)							
ประชากรอยู่อาศัย(ครัวเรือน)	1,395,760	1,395,760	1,395,760	1,395,760	0	0	0
วัด/ศาสนสถาน	3,971	3,971	3,971	3,971	0	0	0
โรงเรียน/สถานที่ราชการ	39,068	39,068	39,068	39,068	0	0	0
ตลาด	40,560	40,560	40,560	40,560	0	0	0
โรงพยาบาล	47,581	47,581	47,581	47,581	0	0	0
โรงแรม	534,125	534,125	534,125	534,125	0	0	0
ภัตตาคาร/ร้านอาหาร	18,860	18,860	18,860	18,860	0	0	0
อาบอบนวด	10,362	10,362	10,362	10,362	0	0	0
อุตสาหกรรม	86,369	86,369	86,369	86,369	0	0	0
การเกษตร	0	0	0	0	0	0	0
ประปา	4,380,000	4,380,000	4,380,000	4,380,000	0	0	0
ปริมาณน้ำรวมที่ทุกกิจกรรมได้รับ	6,556,656	6,556,656	6,556,656	6,556,656	0	0	0



ภาพประกอบ 19 การแสดงปริมาณน้ำจากแหล่งน้ำต่าง ๆ ที่จัดสรรให้แต่ละกิจกรรม ปี พ.ศ. 2552 ในการทดสอบแบบจำลองที่ทุกวัตถุประสงค์มีความสำคัญเท่ากัน กรณีที่แหล่งน้ำมีปริมาณเท่าเดิม แต่อัตราการใช้น้ำลดลง



ภาพประกอบ 20 การแสดงปริมาณน้ำจากแหล่งน้ำต่าง ๆ ที่จัดสรรให้แต่ละกิจกรรม ปี พ.ศ. 2552 ในการทดสอบแบบจำลองที่ทุกวัตถุประสงค์มีความสำคัญไม่เท่ากัน และความสำคัญมีความแตกต่างกันไม่มาก ในสถานการณ์ที่แหล่งน้ำมีปริมาณเท่าเดิม แต่อัตราการใช้น้ำลดลง



ภาพประกอบ 21 การแสดงปริมาณน้ำจากแหล่งน้ำต่าง ๆ ที่จัดสรรให้แต่ละกิจกรรม ปี พ.ศ. 2552 ในการทดสอบแบบจำลองที่ทุกวัตถุประสงค์มีความสำคัญไม่เท่ากัน และความสำคัญมีความแตกต่างกันมาก ในสถานการณ์ที่แหล่งน้ำ มีปริมาณเท่าเดิม แต่อัตราการใช้น้ำลดลง

ผลการทดสอบพบว่าปริมาณน้ำที่จัดสรรให้แต่ละกิจกรรม เพียงพอต่อความต้องการ น้ำผิวดินเหลือ 499,511 ลูกบาศก์เมตรต่อเดือน ซึ่งรูปแบบการจัดสรรน้ำจะแตกต่างกันขึ้นกับแบบจำลองที่ใช้ การที่ปริมาณน้ำเพียงพอเนื่องจากกิจกรรมลดการใช้น้ำลงส่งผลให้ปริมาณน้ำในแหล่งน้ำที่มีเพียงพอต่อความต้องการ ซึ่งกรณีที่แหล่งน้ำมีปริมาณเท่าเดิมแต่อัตราการใช้ลดลง เปรียบได้กับการที่ผู้วางแผนการใช้น้ำนำการจัดการด้านอุปสงค์ไปใช้ จะเห็นได้ว่าถ้ากิจกรรมต่าง ๆ ใช้น้ำอย่างประหยัด ทางเทศบาลนครหาดใหญ่ไม่ต้องหาแหล่งน้ำมาเพิ่มเติมในระบบและช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายในการพัฒนาแหล่งน้ำใหม่ ในส่วนปริมาณน้ำผิวดินที่จัดสรรให้กับกิจกรรม แสดงให้เห็นว่าปริมาณน้ำที่มีคุณภาพไม่เพียงพอ ซึ่งปริมาณน้ำดังกล่าวเป็นปริมาณน้ำประปาที่สำนักงานประปาส่วนภูมิภาคควรผลิตเพิ่มเติมเพื่อให้กิจกรรมมีน้ำใช้ที่มีคุณภาพเพียงพอต่อความต้องการ

5.5.3 แหล่งน้ำมีปริมาณน้อยลงอัตราการใช้น้ำลดลง

กรณีนี้กำหนดให้แหล่งน้ำภายในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่มีปริมาณลดลงเนื่องจากสภาพภูมิอากาศแห้งแล้งส่งผลให้ปริมาณน้ำในแหล่งน้ำน้อยลงโดยจะใช้ข้อมูลปริมาณน้ำในคลองอู่ตะเภาปี 2533 ซึ่งเป็นปีที่มีความแห้งแล้งทำให้ปริมาณฝนน้อย ทำให้เกิดการขาดแคลนน้ำ ขณะที่กิจกรรมมีการขยายตัว แต่มีการกำหนดอัตราการใช้น้ำของกิจกรรมต่าง ๆ ลดลงเนื่องจากการใช้น้ำในอัตราเดิมปริมาณน้ำในระบบไม่พอ ซึ่งอัตราการใช้น้ำที่กำหนดให้กิจกรรมต่าง ๆ ใช้ได้มาจากอัตราการใช้น้ำ ที่การประปาส่วนภูมิภาคใช้ในการออกแบบสร้างระบบประปา ที่อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา ซึ่งในการวางแผนการใช้น้ำได้ใช้แบบจำลองทั้งสามแบบในการวางแผนดังนี้

5.5.3.1 การวางแผนโดยใช้แบบจำลองที่ทุกวัตถุประสงค์ในการดำเนินงานมีความสำคัญเท่ากันหมด

5.5.3.2 การวางแผนโดยใช้แบบจำลองที่ทุกวัตถุประสงค์ในการดำเนินงานมีความสำคัญไม่เท่ากัน กรณีที่ทุกวัตถุประสงค์ในการดำเนินงานมีความสำคัญไม่แตกต่างกันมาก

5.5.3.3 การวางแผนโดยใช้แบบจำลองที่ทุกวัตถุประสงค์ในการดำเนินงานมีความสำคัญไม่เท่ากัน กรณีที่ทุกวัตถุประสงค์ในการดำเนินงานมีความสำคัญแตกต่างกันมาก

ปริมาณน้ำผิวดินที่นำมาใช้จะคิดจากช่วงเดือน พ.ค.-ส.ค. ซึ่งเป็นช่วงที่ปริมาณน้ำในแหล่งน้ำมีน้อยมาใช้ได้เท่ากับ 9.68 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อเดือน ปริมาณจากอ่างเก็บน้ำสะเดาส่งมาเพิ่มเติม 5.72 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อเดือน ในขณะที่ปริมาณน้ำที่ต้องเหลือไว้ในแหล่งน้ำเพื่อรักษาสภาพแวดล้อมเท่ากับ 22 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อเดือน และปริมาณความต้อการน้ำ ของกิจกรรมต่าง ๆ เท่ากับ 4.6 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อเดือน วิธีการคิดแสดงดังภาคผนวก ข. ซึ่งปริมาณน้ำผิวดินที่มีไม่เพียงพอในการนำมาใช้ ดังนั้นทางผู้เกี่ยวข้องและสำนักงานประปาสงขลาจะต้องจัดหาหรือซื้อน้ำจากนอกระบบมาเพิ่มเติม 11.20 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อเดือน เพื่อให้ปริมาณน้ำเพียงพอต่อความต้องการ ดังนั้นปริมาณน้ำในแหล่งน้ำผิวดินที่นำมาใช้ในแบบจำลองมีค่าเท่ากับ 4.6 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อเดือน และแบบจำลองทั้งสามกรณีใช้สัมประสิทธิ์ค่าใช้จ่ายในการใช้น้ำดังตาราง 31 ในการทดสอบ และแสดงผลการทดสอบดังตาราง 34 และ35 ภาพประกอบ 22-24

ตาราง 34 แสดงการเปรียบเทียบผลการทดสอบแบบจำลองในการจัดสรรน้ำรายเดือนจากแหล่งน้ำไปยังกิจกรรมของแบบจำลองทั้งสามแบบ ปี พ.ศ. 2552 กรณีที่แหล่งน้ำมีปริมาณลดลง แต่อัตราการใช้ลดลง

กิจกรรม	ผลการทดสอบแบบจำลอง											
	น้ำประปา (x 1,000 ลูกบาศก์เมตร)			น้ำบาดาล (x 1,000 ลูกบาศก์เมตร)			น้ำผิวดิน (x 1,000 ลูกบาศก์เมตร)			ปริมาณน้ำรวม (x 1,000 ลูกบาศก์เมตร)		
	แบบจำลอง1	แบบจำลอง2	แบบจำลอง3	แบบจำลอง1	แบบจำลอง2	แบบจำลอง3	แบบจำลอง1	แบบจำลอง2	แบบจำลอง3	แบบจำลอง1	แบบจำลอง2	แบบจำลอง3
1. ประชากรอยู่อาศัย	989.964	1091.593	1091.593	285.307	304.167	304.167	120.489	0	0	1,395.760	1,395.760	1,395.760
2. วัด/ศาลนสถาน	3.971	0	0	0	0	0	0	3.971	3.971	3.971	3.971	3.971
3. โรงเรียน/สถานที่ราชการ	39.068	0	0	0	0	0	0	39.068	39.068	39.068	39.068	39.068
4. ตลาด	40.56	0	29.551	0	0	0	0	40.56	11.009	40.560	40.560	40.560
5.โรงพยาบาล	47.581	47.581	0	0	0	0	0	0	47.581	47.581	47.581	47.581
6. โรงแรม	534.125	526.457	534.125	0	0	0	0	7.668	0	534.125	534.125	534.125
7.ภัตตาคาร/ร้านอาหาร	0	0	0	18.86	0	0	0	18.86	18.86	18.860	18.860	18.860
8.อาบอบนวด	10.362	0	10.362	0	0	0	0	10.362	0	10.362	10.362	10.362
9.อุตสาหกรรม	86.369	86.369	86.369	0	0	0	0	0	0	86.369	86.369	86.369
10. การเกษตร	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11.ประปา	0	0	0	0	0	0	4,380.00	4,380.00	4,380.00	4,380.000	4,380.000	4,380.000

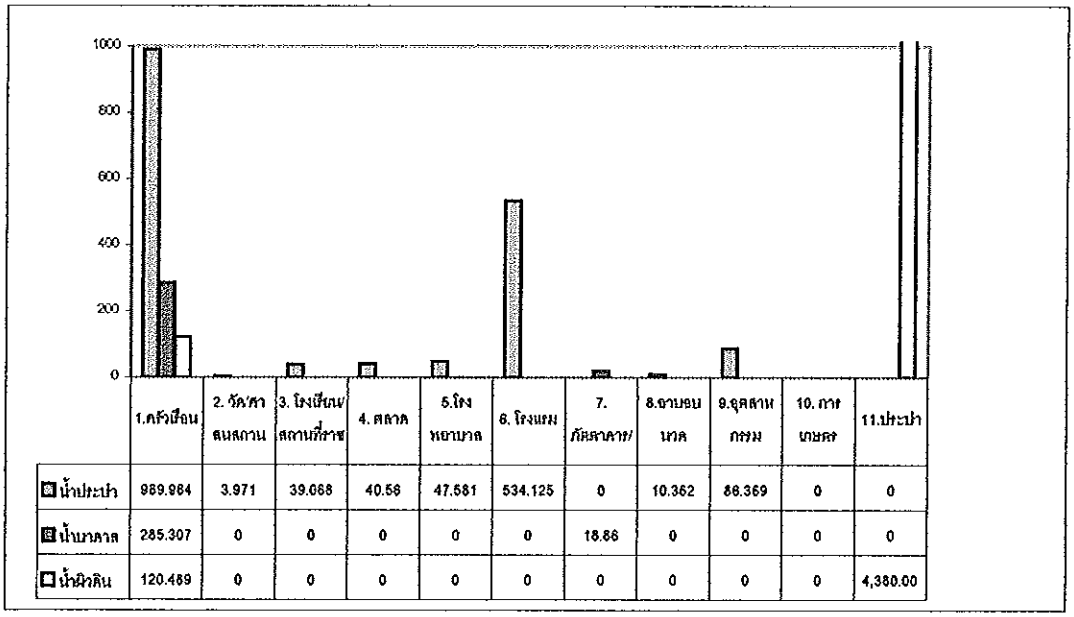
หมายเหตุ แบบจำลอง 1 หมายถึง แบบจำลองที่ทุกวัตถุประสงค์ในการดำเนินงานมีความสำคัญเท่ากัน

แบบจำลอง 2 หมายถึง แบบจำลองที่วัตถุประสงค์นการดำเนินงานมีความสำคัญไม่เท่ากัน กรณีที่วัตถุประสงค์มีความสำคัญไม่แตกต่างกันมาก

แบบจำลอง 3 หมายถึง แบบจำลองที่วัตถุประสงค์นการดำเนินงานมีความสำคัญไม่เท่ากัน กรณีที่วัตถุประสงค์มีความสำคัญแตกต่างกันมาก

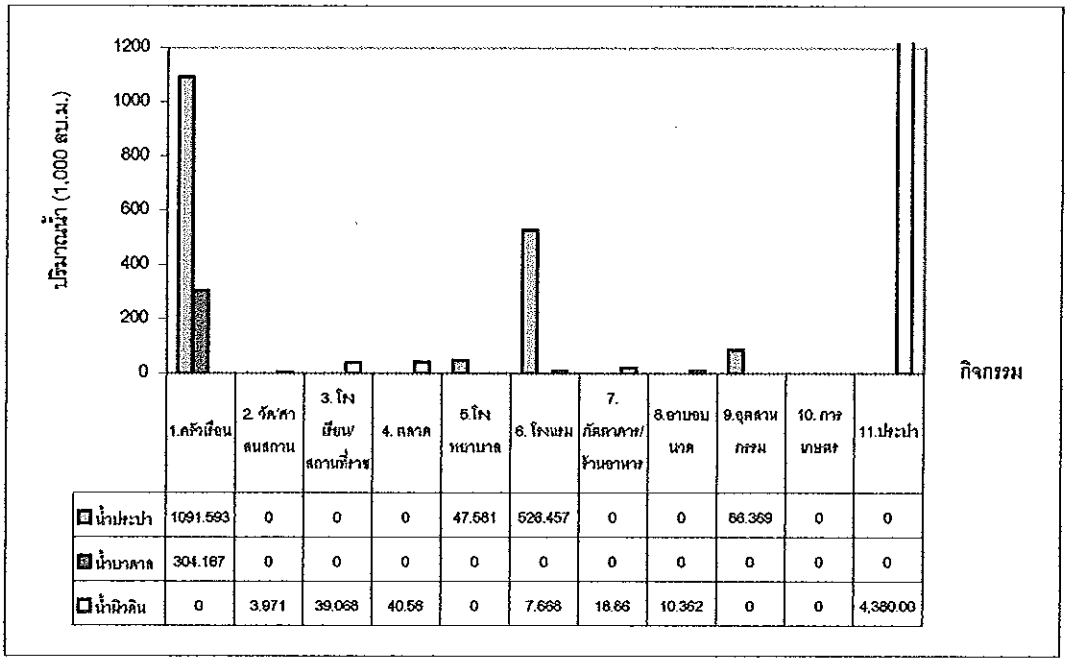
ตาราง 35 แสดงการเปรียบเทียบการเข้าถึงเป้าหมายในการจัดสรรน้ำจากแหล่งน้ำไปยังกิจกรรมของแบบจำลองทั้งสามแบบ ปี พ.ศ.2552 กรณีที่แหล่งน้ำมีปริมาณลดลง แต่อัตราการใช้ลดลง

กิจกรรม	ค่าเป้าหมาย	ผลการทดสอบแบบจำลอง			ค่าเบี่ยงเบน		
		แบบจำลอง 1	แบบจำลอง 2	แบบจำลอง 3	แบบจำลอง 1	แบบจำลอง 2	แบบจำลอง 3
ค่าใช้จ่ายรวมในการจัดสรรน้ำ (บาท)	104,956,285	61,032,521	33,240,841	61,708,632	43,923,764	71,715,444	43,247,653
ปริมาณน้ำที่ใช้จากแหล่งน้ำ (ลบ.ม./เดือน)							
น้ำประปา	1,752,000	1,752,000	1,752,000	1,752,000	0	0	0
น้ำบาดาล	304,167	304,167	304,167	304,167	0	0	0
น้ำผิวดิน	4,500,489	4,500,489	4,500,489	4,500,489	0	0	0
ปริมาณน้ำที่ทุกกิจกรรมได้รับ (ลบ.ม./เดือน)							
ประชากรอยู่อาศัย(ครัวเรือน)	1,395,760	1,395,760	1,395,760	1,395,760	0	0	0
วัด/ศาสนสถาน	3,971	3,971	3,971	3,971	0	0	0
โรงเรียน/สถานที่ราชการ	39,068	39,068	39,068	39,068	0	0	0
ตลาด	40,560	40,560	40,560	40,560	0	0	0
โรงพยาบาล	47,581	47,581	47,581	47,581	0	0	0
โรงแรม	534,125	534,125	534,125	534,125	0	0	0
ภัตตาคาร/ร้านอาหาร	18,860	18,860	18,860	18,860	0	0	0
อาบอบนวด	10,362	10,362	10,362	10,362	0	0	0
อุตสาหกรรม	86,369	86,369	86,369	86,369	0	0	0
การเกษตร	0	0	0	0	0	0	0
ประปา	4,380,000	4,380,000	4,380,000	4,380,000	0	0	0
ปริมาณน้ำรวมที่ทุกกิจกรรมได้รับ	6,556,656	6,556,656	6,556,656	6,556,656	0	0	0



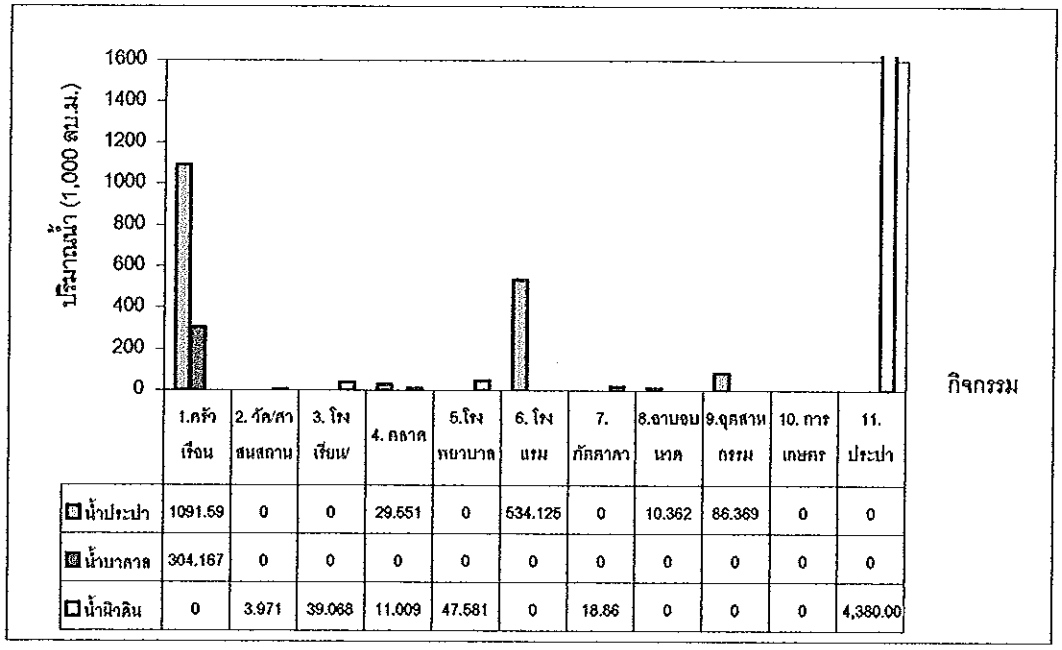
	1.ครัวเรือน	2. วัด/ศาสนสถาน	3. โรงเรียน/สถานที่ราช	4. ตลาด	5.โรงพยาบาล	6. โรงแรม	7. ภัตตาคาร/	8.อาบอบนวด	9.อุตสาหกรรม	10. การเกษตร	11.ประปา
น้ำประปา	989.984	3.971	39.068	40.56	47.581	534.125	0	10.362	86.369	0	0
น้ำบาดาล	285.307	0	0	0	0	0	18.66	0	0	0	0
น้ำผิวดิน	120.489	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,380.00

ภาพประกอบ 22 การแสดงปริมาณน้ำจากแหล่งน้ำต่าง ๆ ที่จัดสรรให้แต่ละกิจกรรม ปี พ.ศ. 2552 ในการทดสอบแบบจำลองที่ทุกวัตถุประสงค์มีความสำคัญเท่ากัน กรณีที่แหล่งน้ำมีปริมาณลดลง แต่อัตราการใช้น้ำลดลง



	1.ครัวเรือน	2. วัด/ศาสนสถาน	3. โรงเรียน/สถานที่ราช	4. ตลาด	5.โรงพยาบาล	6. โรงแรม	7. ภัตตาคาร/ร้านอาหาร	8.อาบอบนวด	9.อุตสาหกรรม	10. การเกษตร	11.ประปา
น้ำประปา	1091.593	0	0	0	47.581	526.457	0	0	86.369	0	0
น้ำบาดาล	304.187	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
น้ำผิวดิน	0	3.971	39.068	40.56	0	7.668	18.66	10.362	0	0	4,380.00

ภาพประกอบ 23 การแสดงปริมาณน้ำจากแหล่งน้ำต่าง ๆ ที่จัดสรรให้แต่ละกิจกรรม ปี พ.ศ. 2552 ในการทดสอบแบบจำลองที่ทุกวัตถุประสงค์มีความสำคัญไม่เท่ากัน และความสำคัญมีความแตกต่างกันไม่มาก ในสถานการณ์ที่แหล่งน้ำมีปริมาณลดลง แต่อัตราการใช้น้ำลดลง



	1.ครัวเรือน	2. วัด/สถานสถาน	3. โรงเรียน/	4. ตลาด	5.โรงพยาบาล	6. โรงแรม	7. ภัตตาคาร	8.อาบอบนวด	9.อุตสาหกรรม	10. การเกษตร	11. ประปา
น้ำประปา	1091.59	0	0	29.551	0	534.125	0	10.362	86.369	0	0
น้ำบาดาล	304.167	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
น้ำฝิาดิน	0	3.971	39.068	11.009	47.581	0	18.86	0	0	0	4,380.00

ภาพประกอบ 24 การแสดงปริมาณน้ำจากแหล่งน้ำต่าง ๆ ที่จัดสรรให้แต่ละกิจกรรม ปี พ.ศ. 2552 ในการทดสอบแบบจำลองที่ทุกวัตถุประสงค์มีความสำคัญไม่เท่ากัน และความสำคัญมีความแตกต่างกันมาก ในสถานการณ์ที่แหล่งน้ำ มีปริมาณลดลง แต่อัตราการใช้น้ำลดลง

ผลการทดสอบที่ได้พบว่ารูปแบบการจัดสรรเหมือนกับกรณีที่แหล่งน้ำมีปริมาณเท่าเดิม แต่อัตราการใช้ลดลง เนื่องจากก่อนจะทำการวางแผนจัดสรรน้ำ พบว่าปริมาณน้ำในแหล่งน้ำในช่วงเดือน พ.ค.-ส.ค. ไม่เพียงพอต่อความต้องการ ดังนั้นจึงได้นำน้ำจากนอกระบบเข้ามาเพิ่มเติมเท่ากับ 11.20 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อเดือน เพื่อให้ปริมาณน้ำเพียงพอต่อความต้องการ ซึ่งในสถานการณ์ที่มีปริมาณลดลงแต่อัตราการใช้ลดลง จะต้องจัดการทั้งทางด้านอุปสงค์และอุปทาน จึงจะทำให้ระบบการใช้น้ำในเทศบาลนครหาดใหญ่ลดปัญหาการขาดแคลนน้ำและการขัดแย้งการใช้น้ำ

บทที่ 4

วิเคราะห์และวิจารณ์ผลการศึกษา

จากการศึกษาระบบการใช้น้ำและการวางแผนการใช้น้ำ ภายในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ ได้นำไปสู่การพัฒนาแบบจำลองเชิงพหุวัตถุประสงค์ (Multiobjective model) แบบอิงเป้าหมาย (Goal Programming) และทดลองใช้ในการวางแผนการใช้น้ำ ภายในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ โดยมีขั้นตอนการศึกษาดังนี้

1. การศึกษาระบบการใช้น้ำภายในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่

การศึกษาระบบการใช้น้ำในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่พบว่า แหล่งน้ำมีข้อจำกัด ในเชิงคุณภาพและปริมาณ ผู้ใช้น้ำมีความหลากหลายมีความต้องการใช้น้ำที่แตกต่างทั้งคุณภาพและปริมาณ เช่นกัน ซึ่งค่าใช้จ่ายในการใช้น้ำมีความแตกต่างกัน และการใช้น้ำในปัจจุบันมีการตะหนักถึงปัญหาที่จะเกิดกับแหล่งน้ำน้อยมาก จากการศึกษาพบว่าเทศบาลนครหาดใหญ่ไม่มีหน่วยงานที่รับผิดชอบเกี่ยวกับการใช้น้ำในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ เนื่องจาก การประปาส่วนภูมิภาค ได้ให้การให้บริการน้ำประปาครอบคลุมพื้นที่ของเทศบาลนครหาดใหญ่ และ การใช้น้ำใต้ดิน เช่น น้ำบาดาล จะอยู่ภายใต้การควบคุมดูแล ของ สำนักงานทรัพยากรธรณีจังหวัดสงขลา ในขณะที่น้ำผิวดิน เช่น คลองอู่ตะเภา และ คลองเตย ทางเทศบาลจะดูแลในเชิงคุณภาพ ไม่ได้ดูแลในเชิงปริมาณ และแต่ละหน่วยงานที่รับผิดชอบแหล่งน้ำ ต่างก็ดูแลในส่วนที่ตนเองรับผิดชอบ ไม่ได้มีการประสานกัน เมื่อเกิดปัญหาขึ้นมา จะยากต่อการแก้ไข จากความสัมพันธ์ขององค์ประกอบต่าง ๆ ภายในระบบได้แสดงความสัมพันธ์ดังกล่าวด้วยระบบโครงข่าย

1.1 ปัญหาที่พบในการทำวิจัยในขั้นตอนนี้

1.1.1 งานวิจัยที่ทำการศึกษาระบบการใช้น้ำภายในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่มีไม่มากนัก และส่วนใหญ่งานวิจัยดังกล่าว จะศึกษาในเชิงคุณภาพ ส่วนการศึกษาในเชิงปริมาณจะมีน้อยมาก

1.1.2 ข้อมูลพื้นฐานของแหล่งน้ำ และ การใช้น้ำของกิจกรรมต่าง ๆ มีน้อยมาก ทำให้ข้อมูลบางส่วนของงานวิจัยครั้งนี้ขาดหายไป หรือ ข้อมูลบางส่วนได้จากการกำหนดเงื่อนไขในการคิด

เช่น 1. ข้อมูลปริมาณน้ำในแหล่งน้ำที่นำมาใช้โดยการตะหนักถึงสิ่งแวดล้อม

2. ข้อมูลความเต็มใจที่จะจ่ายในการใช้น้ำของแต่ละกิจกรรม

2. วิเคราะห์ปัญหาการใช้น้ำและการวางแผนการใช้น้ำ

จากระบบการใช้น้ำที่ทำการศึกษา และ การพูดคุยกับผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในการใช้น้ำทุก ๆ ฝ่าย จะพบปัญหาที่เกิดขึ้นในปัจจุบันและอนาคต ปัญหาดังกล่าวได้แก่

1. แหล่งน้ำที่มีคุณภาพในการอุปโภค-บริโภค ไม่พอเพียงแก่ความต้องการ
2. กิจกรรมต่าง ๆ มีการใช้น้ำในอัตราที่สูง
3. กิจกรรมต่าง ๆ ต้องการค่าใช้จ่ายในการใช้น้ำต่ำสุด
4. ขาดแผนการใช้น้ำเชิงระบบ

จากปัญหาที่ได้ทำการวิเคราะห์พบว่าแนวโน้มในอนาคตจะเกิดปัญหาการขัดแย้งในการใช้น้ำอย่างแน่นอน เนื่องจากปริมาณน้ำที่ใช้โดยไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม ไม่สมดุลกับปริมาณความต้องการน้ำ ในการแก้ไขปัญหาดังกล่าวโดยการวางแผนการใช้น้ำภายในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ ซึ่งแผนการใช้น้ำมีลักษณะดังนี้

ตัวแปร คือ ปริมาณน้ำที่จัดสรรจากแหล่งน้ำไปยังกิจกรรม

วัตถุประสงค์ในการวางแผนการใช้น้ำ

1. ค่าใช้จ่ายในการใช้น้ำในภาพรวมควรจะต่ำสุด
2. ปริมาณน้ำจากแหล่งน้ำที่นำมาใช้ จะต้องไม่มากเกินจนเป็นอันตรายต่อแหล่งน้ำ
3. ทุกกิจกรรมมีน้ำใช้เพียงพอแก่ความต้องการ

เงื่อนไขในการวางแผนการใช้น้ำ

1. แต่ละกิจกรรม จะมีความต้องการใช้น้ำที่แตกต่างกันทั้งปริมาณ และคุณภาพ
2. แหล่งน้ำต่าง ๆ มีข้อจำกัดในเชิงปริมาณและคุณภาพ
3. ค่าใช้จ่ายในการใช้น้ำของกิจกรรมต่อแหล่งน้ำ มีค่าใช้จ่ายที่ไม่เท่ากัน
4. ข้อจำกัดทางด้านงบประมาณของกิจกรรม ในการใช้น้ำภายในเทศบาลนครหาดใหญ่

2.1 ปัญหาที่พบในการทำวิจัยในขั้นตอนนี้

2.1.1 การวิเคราะห์ปัญหาการใช้น้ำ ที่ได้จากการสัมภาษณ์กับผู้ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งผู้วิจัยได้มีการพูดคุยกับผู้เกี่ยวข้องและรวบรวมปัญหาต่าง ๆมาวิเคราะห์ ไม่ได้เป็นการอภิปรายพูดคุยพร้อมกันกับทุกฝ่าย ที่เกี่ยวข้องทำให้ปัญหาที่ได้ อาจจะไม่สมบูรณ์ครบถ้วน

2.1.2 เนื่องจากไม่ได้มีการอภิปรายพูดคุยกับทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องพร้อม ๆ กันดังนั้นผู้วิจัย

จึงได้เสนอแผนการใช้น้ำ ซึ่งได้จากการวิเคราะห์ปัญหาแล้วเสนอแผนแก้ไข โดยที่แผนดังกล่าว ได้กำหนดวัตถุประสงค์ และเงื่อนไขที่ได้จาก ระบบการใช้น้ำและปัญหาที่ศึกษามาก่อนหน้านี้

3. การออกแบบงานวิจัย

จากการรวบรวมข้อมูลวิเคราะห์ปัญหาทำให้ทราบว่า การแก้ไขปัญหาการใช้น้ำโดยการจัดสรรน้ำมีความซับซ้อน เนื่องจากระบบการใช้น้ำมีหลายเงื่อนไข เข้ามาเกี่ยวข้องในการจัดสรรน้ำโดยจะต้องคำนึงถึงทุก ๆ เงื่อนไข จะเป็นเรื่องยุ่งยากและโอกาสเกิดความผิดพลาดในการตัดสินใจได้ ดังนั้นการนำ แบบจำลองทางคณิตศาสตร์มาใช้เป็นเครื่องมือตัวหนึ่งที่ช่วยในการวางแผนการใช้น้ำ เนื่องจาก การจัดสรรวางแผนการใช้น้ำที่ดีจะต้องบรรลุทุก ๆ วัตถุประสงค์และทุกเงื่อนไขที่กำหนดไว้ ในงานวิจัยนี้จึงใช้แบบจำลองเชิงพหุวัตถุประสงค์ และเลือกใช้ เทคนิคเชิงเป้าหมายในการหาคำตอบของแบบจำลองเชิงพหุวัตถุประสงค์ ซึ่งเทคนิคดังกล่าวไม่ยุ่งยากซับซ้อนเหมาะสำหรับการนำไปใช้ ผลลัพธ์ที่ได้ ก็ง่ายต่อการเข้าใจ

ในการพัฒนาแบบจำลอง มีการคิดค่าสัมประสิทธิ์ ค่าทางขวามือ ค่าน้ำหนักความสำคัญของน้ำที่มีต่อกิจกรรม โดยการกำหนดวิธีการคิดดังแสดงในภาคผนวก ก. ข. จ. และ ฉ.

3.1 ปัญหาที่พบในการทำวิจัยในขั้นตอนนี้

3.1.1 ในการคิดค่าสัมประสิทธิ์ และ ค่าทางขวามือ จะต้องใช้ข้อมูลปริมาณน้ำในแหล่งน้ำ ปริมาณที่กิจกรรมต้องการ ค่าใช้จ่ายในการใช้น้ำ และ งบประมาณในการใช้น้ำ มาแปลงเป็นค่าสัมประสิทธิ์ และ ค่าทางขวามือ เนื่องจากไม่มีข้อมูลดังกล่าวในบางส่วนซึ่งผู้วิจัยจะกำหนดวิธีการคิด และ สำหรับข้อมูลบางส่วนที่ขาดหาย หรือที่จะมีในอนาคตผู้วิจัยจะมีช่องสำหรับข้อมูลที่จะเพิ่มเติมได้ถ้ามีข้อมูลในส่วนนี้มาเพิ่มเติม เช่น ค่าใช้จ่ายในการนำน้ำมาใช้ และค่าใช้จ่ายที่สะท้อนถึงความหายาก ในการนำน้ำผิวดินมาใช้เป็นต้น

3.1.2 การคิดน้ำหนักความสำคัญของน้ำที่มีต่อกิจกรรม ในการวิจัยครั้งนี้ จะได้มาจากการออกแบบสอบถามกับทุกฝ่ายที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการใช้น้ำ ซึ่งผู้วิจัยมีข้อจำกัดทางด้านเวลาและงบประมาณ เนื่องจากค่าน้ำหนักความสำคัญเป็นเพียงส่วนหนึ่งของงานวิจัย ทำให้จำนวนแบบสอบถามที่ได้มาน้อยกว่าที่ควรจะเป็น

4. การพัฒนาแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการวางแผนการใช้น้ำ

ในขั้นตอนดังกล่าวผู้วิจัยพบว่า น้ำหนักความสำคัญในสมการวัตถุประสงค์มีผลต่อคำตอบที่ได้จากการทดสอบแบบจำลองดังนั้นผู้วิจัยจึงกำหนดแบบจำลองต้นแบบสำหรับกรณีศึกษาดังนี้

1. แบบจำลองที่ทุกวัตถุประสงค์ในการดำเนินงานมีความสำคัญเท่ากัน
2. แบบจำลองที่วัตถุประสงค์ในการดำเนินงานมีความสำคัญไม่เท่ากัน
   2.1 วัตถุประสงค์แต่ละอย่างมีความสำคัญไม่แตกต่างกันมาก
   2.2 วัตถุประสงค์แต่ละอย่างมีความสำคัญแตกต่างกันมาก

ทดสอบแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ได้พัฒนากับข้อมูลที่ได้จากระบบการใช้น้ำภายในเทศบาลนครหาดใหญ่ ซึ่งผลการทดสอบที่ได้จะยอมรับและสามารถนำไปใช้ก็ต่อเมื่อผ่านเกณฑ์ดังต่อไปนี้

1. เกณฑ์ของแบบจำลอง คือ แบบจำลองจะยืนยันว่าคำตอบที่ได้ เหมาะสมที่สุดแล้ว
2. เกณฑ์จากผู้วิจัย คือ ผู้วิจัยวิเคราะห์คำตอบโดยพิจารณาความเป็นเหตุเป็นผลของคำตอบที่ได้ และมีการทดสอบความเที่ยงโดยการเปลี่ยนแปลงค่าสัมประสิทธิ์ และค่าทางขวามือว่าคำตอบที่ได้เปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกันหรือไม่ ถ้าไปในทิศทางเดียวกันแสดงว่าแบบจำลองนี้สามารถนำไปใช้ในการวางแผนได้
3. เกณฑ์จากผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง คือ ผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้อง เช่น เทศบาลนครหาดใหญ่ สำนักงานทรัพยากรธรณีจังหวัดสงขลา สำนักงานประปาสงขลา ประชาชนผู้ใช้น้ำ เป็นผู้พิจารณาผลการทดสอบแบบจำลองทั้งสามแบบ แล้วตัดสินใจว่าแบบจำลองใดที่เหมาะสมที่สุดในการนำไปใช้วางแผนการใช้น้ำ

4.1 วิเคราะห์และวิจารณ์ผลการทดสอบแบบจำลอง

จากผลการทดสอบแบบจำลองทั้ง 2 ตัวแบบได้ทำการเปรียบเทียบปริมาณน้ำในการจัดสรรจากแหล่งน้ำไปยังกิจกรรมต่าง ๆ และการเข้าถึงเป้าหมายของแบบจำลองในรูปแบบต่าง ๆ แสดงรายละเอียดการเปรียบเทียบผลการทดสอบในตาราง 36 , 37 ผลการเปรียบเทียบปริมาณน้ำจากแหล่งน้ำต่าง ๆ ที่จัดสรรให้แต่ละกิจกรรม โดยใช้แบบจำลองที่มีตัวแบบแตกต่างกัน แสดงดังภาพประกอบ 25 , 26 และ 27 ส่วนการเปรียบเทียบปริมาณน้ำประปา บาดาล และ น้ำผิวดินที่ควรจัดสรรให้แก่กิจกรรมต่าง ๆ เมื่อทดสอบแบบจำลองที่มีตัวแบบต่าง ๆ กัน แสดงดังภาพประกอบ 28 , 29, 30

ตาราง 36 แสดงการเปรียบเทียบผลการทดสอบแบบจำลองในการจัดสรรน้ำรายเดือนจากแหล่งน้ำไปยังกิจกรรมของแบบจำลองทั้งสามแบบ

กิจกรรม	ผลการทดสอบแบบจำลอง											
	น้ำประปา (x 1,000 ลูกบาศก์เมตร)			น้ำบาดาล (x 1,000 ลูกบาศก์เมตร)			น้ำผิวดิน (x 1,000 ลูกบาศก์เมตร)			ปริมาณน้ำรวม (x 1,000 ลูกบาศก์เมตร)		
	แบบจำลอง1	แบบจำลอง2	แบบจำลอง3	แบบจำลอง1	แบบจำลอง2	แบบจำลอง3	แบบจำลอง1	แบบจำลอง2	แบบจำลอง3	แบบจำลอง1	แบบจำลอง2	แบบจำลอง3
1. ประชากรอยู่อาศัย	487.069	1019.496	1068.4	289.061	304.167	304.167	596.439	48.906	0	1,372.569	1,372.569	1,372.567
2. วัด/ศาสนสถาน	4.862	0	0	0	0	0	0	4.862	4.862	4.862	4.862	4.862
3. โรงเรียน/สถานที่ราชการ	49.017	0	0	0	0	0	0	49.017	49.017	49.017	49.017	49.017
4. ตลาด	33.726	0	0	0	0	0	0	33.726	33.726	33.726	33.726	33.726
5.โรงพยาบาล	61.87	61.88	0	0	0	0	0	0	61.871	61.870	61.880	61.871
6. โรงแรม	435.82	0	4.328	0	0	0	0.02	435.84	431.512	435.840	435.840	435.840
7.ภัตตาคาร/ร้านอาหาร	0.366	0	0	15.106	0	0	0	15.472	15.472	15.472	15.472	15.472
8.อาบอบนวด	8.636	0	8.636	0	0	0	0	8.636	0	8.636	8.636	8.636
9.อุตสาหกรรม	86.634	86.634	86.634	0	0	0	0	0	0	86.634	86.634	86.634
10. การเกษตร	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11.ประปา	0	0	0	0	0	0	2,920.00	2,920.00	2,920.00	2,920.000	2,920.000	2,920.000

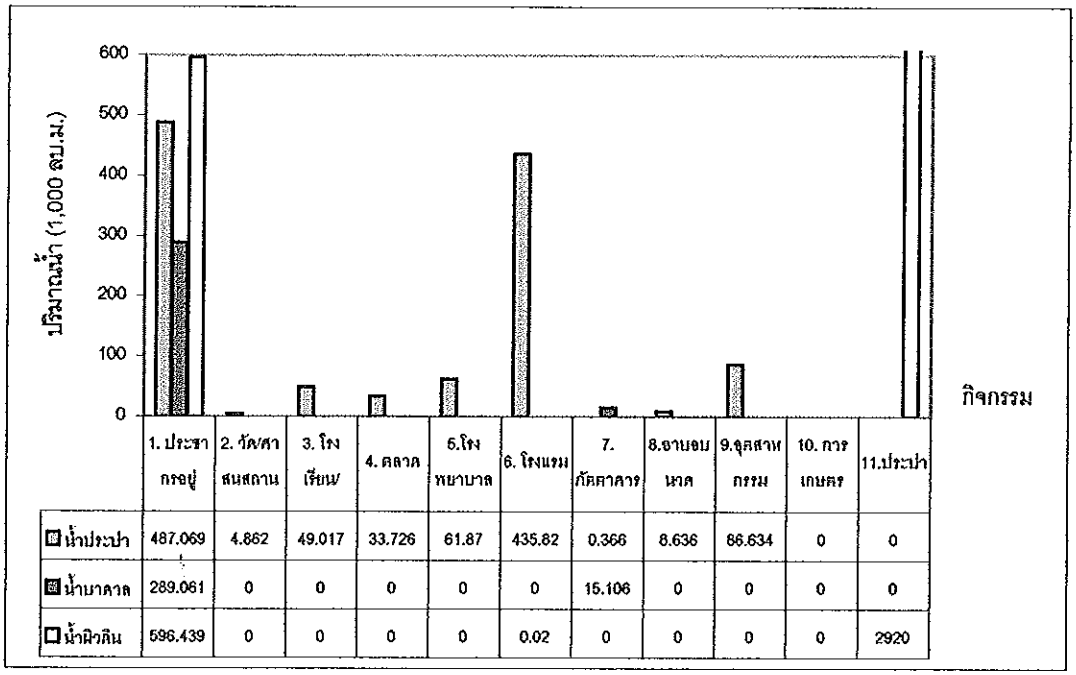
หมายเหตุ แบบจำลอง 1 หมายถึง แบบจำลองที่ทุกวัตถุประสงค์ในการดำเนินงานมีความสำคัญเท่ากัน

แบบจำลอง 2 หมายถึง แบบจำลองที่วัตถุประสงค์นการดำเนินงานมีความสำคัญไม่เท่ากัน กรณีที่วัตถุประสงค์มีความสำคัญไม่แตกต่างกันมาก

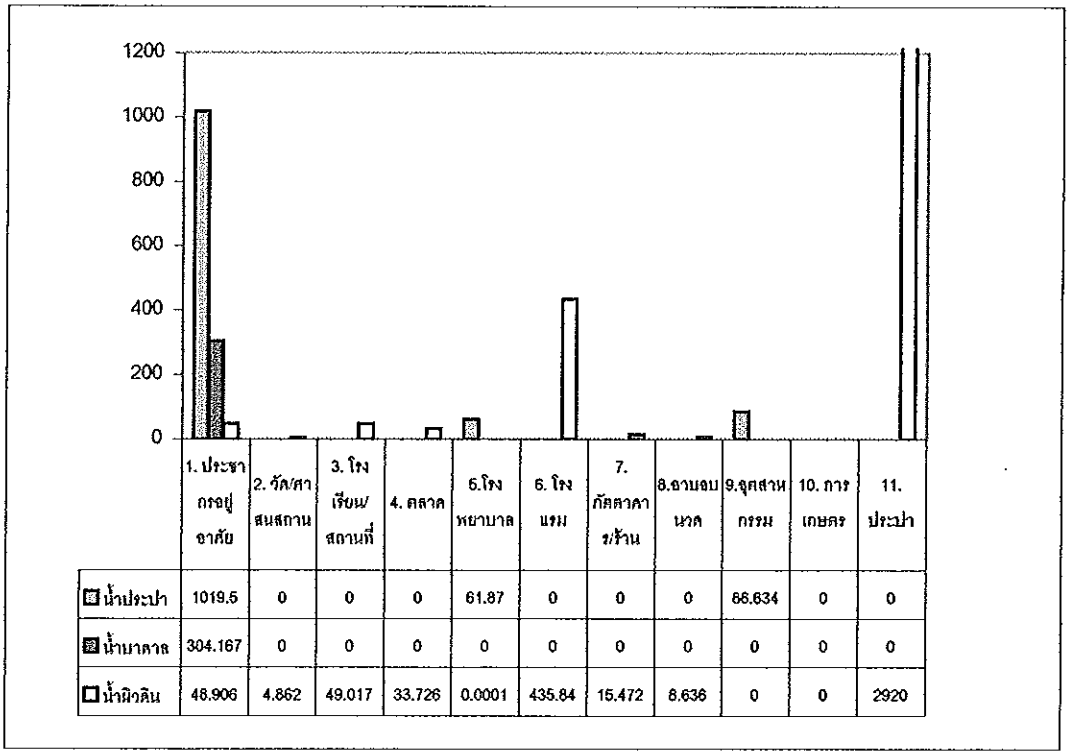
แบบจำลอง 3 หมายถึง แบบจำลองที่วัตถุประสงค์นการดำเนินงานมีความสำคัญไม่เท่ากัน กรณีที่วัตถุประสงค์มีความสำคัญแตกต่างกันมาก

ตาราง 37 แสดงการเปรียบเทียบการเข้าถึงเป้าหมายในการจัดสรรน้ำจากแหล่งน้ำไปยังกิจกรรมของแบบจำลองทั้งสามแบบ

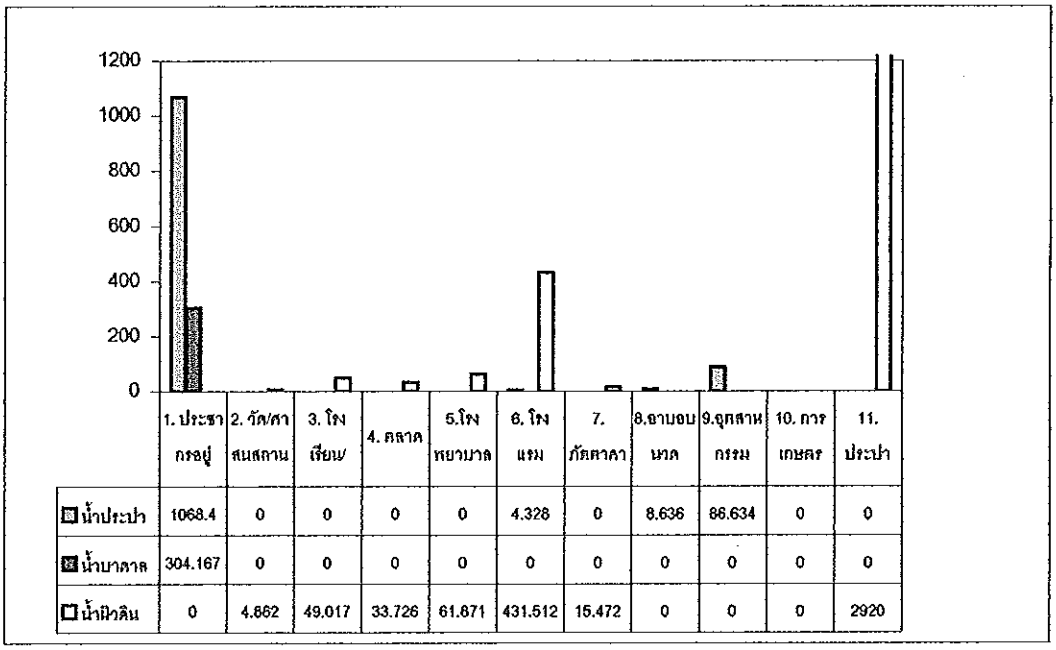
กิจกรรม	ค่าเป้าหมาย	ผลการทดสอบแบบจำลอง			ค่าเบี่ยงเบน		
		แบบจำลอง 1	แบบจำลอง 2	แบบจำลอง 3	แบบจำลอง 1	แบบจำลอง 2	แบบจำลอง 3
ค่าใช้จ่ายรวมในการจัดสรรน้ำ (บาท)	57,472,180	30,768,326	27,533,830	27,267,506	26,703,854	30,218,350	30,204,674
ปริมาณน้ำที่ใช้จากแหล่งน้ำ (ลบ.ม./เดือน)							
น้ำประปา	1,168,000	1,168,000	1,168,000	1,168,000	0	0	0
น้ำบาดาล	304,167	304,167	304,167	304,167	0	0	0
น้ำผิวดิน	5,000,000	3,516,460	3,516,460	3,516,460	1,483,540	1,483,540	1,483,540
ปริมาณน้ำที่ทุกกิจกรรมได้รับ (ลบ.ม./เดือน)							
ประชากรอยู่อาศัย(ครัวเรือน)	1,372,569	1,372,569	1,372,569	1,372,569	0	0	0
วัด/ศาสนสถาน	4,862	4,862	4,862	4,862	0	0	0
โรงเรียน/สถานที่ราชการ	49,017	49,017	49,017	49,017	0	0	0
ตลาด	33,726	33,726	33,726	33,726	0	0	0
โรงพยาบาล	61,871	61,871	61,871	61,871	0	0	0
โรงแรม	435,840	435,840	435,840	435,840	0	0	0
ภัตตาคาร/ร้านอาหาร	15,472	15,472	15,472	15,472	0	0	0
อาบอบนวด	8,636	8,636	8,636	8,636	0	0	0
อุตสาหกรรม	86,634	86,634	86,634	86,634	0	0	0
การเกษตร	0	0	0	0	0	0	0
ประปา	2,920,000	2,920,000	2,920,000	2,920,000	0	0	0
ปริมาณน้ำรวมที่ทุกกิจกรรมได้รับ	4,988,627	4,988,627	4,988,627	4,988,627	0	0	0



ภาพประกอบ 25 การแสดงปริมาณน้ำจากแหล่งน้ำต่าง ๆ ที่จัดสรรให้แต่ละกิจกรรม ในการทดสอบแบบจำลองที่ทุกวัตถุประสงค์ในการดำเนินงานเท่ากัน

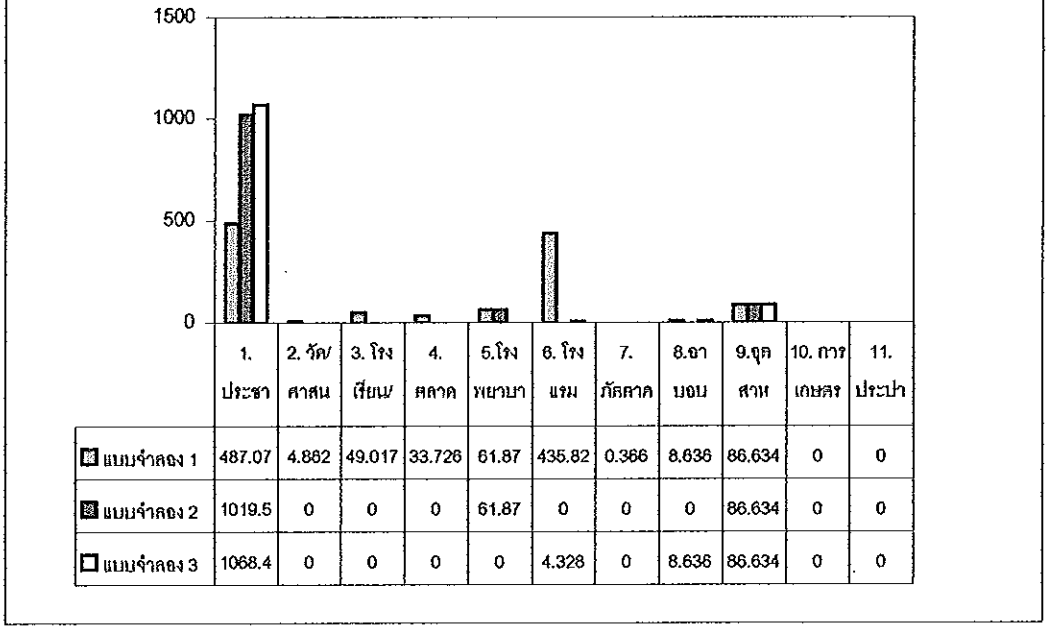


ภาพประกอบ 26 การแสดงปริมาณน้ำจากแหล่งน้ำต่าง ๆ ที่จัดสรรให้แต่ละกิจกรรม ในการทดสอบแบบจำลองที่ทุกวัตถุประสงค์สำคัญไม่เท่ากัน และความสำคัญมีความแตกต่างกันไม่มาก



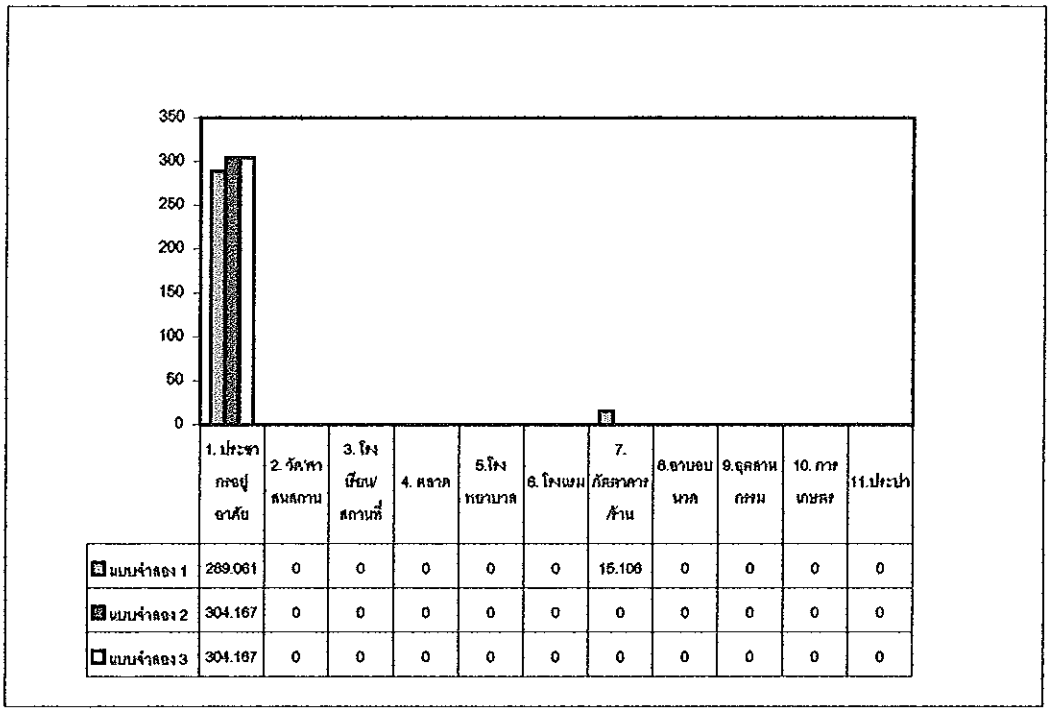
	1. ประชากรอยู่	2. วัด/สถานสถาน	3. โรงเรียน/	4. ตลาด	5.โรงพยาบาล	6. โรงแรม	7. ภัตตาคา	8.อาบอบนาด	9.อุตสาหกรรม	10. การเกษตร	11. ประปา
น้ำประปา	1068.4	0	0	0	0	4.328	0	8.636	86.634	0	0
น้ำบาดาล	304.167	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
น้ำฝนลิน	0	4.862	49.017	33.726	61.871	431.512	15.472	0	0	0	2920

ภาพประกอบ 27 การแสดงปริมาณน้ำจากแหล่งน้ำต่าง ๆ ที่จัดสรรให้แต่ละกิจกรรมในการทดสอบแบบจำลองที่ทุกวัตถุประสงค์สำคัญไม่เท่ากัน และความสำคัญมีความแตกต่างกันมาก

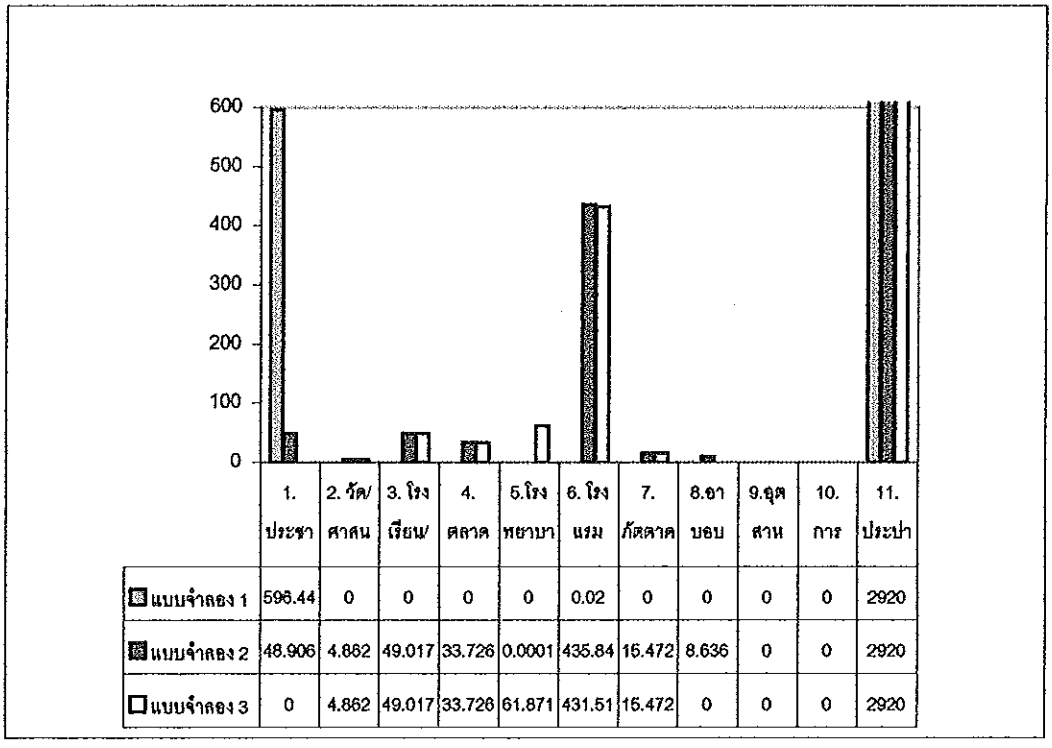


	1. ประชา	2. วัด/ศาสน	3. โรงเรียน/	4. ตลาด	5.โรงพยาบา	6. โรงแรม	7. ภัตตาค	8.อาบอบ	9.อุตสาห	10. การเกษตร	11. ประปา
แบบจำลอง 1	487.07	4.862	49.017	33.726	61.87	435.82	0.366	8.636	86.634	0	0
แบบจำลอง 2	1019.5	0	0	0	61.87	0	0	0	86.634	0	0
แบบจำลอง 3	1068.4	0	0	0	0	4.328	0	8.636	86.634	0	0

ภาพประกอบ 28 การเปรียบเทียบปริมาณน้ำประปาจากผลการทดสอบแบบจำลองทั้งสามแบบ



ภาพประกอบ 29 การเปรียบเทียบปริมาณน้ำบาดาลจากผลการทดสอบแบบจำลองทั้งสามแบบ



ภาพประกอบ 30 การเปรียบเทียบปริมาณน้ำผิวดินจากผลการทดสอบแบบจำลองทั้งสามแบบ

4.1.1 สิ่งที่มีผลต่อผลการทดสอบแบบจำลอง

4.1.1.1 การให้น้ำหนักความสำคัญในสมการวัตถุประสงค์

แบบจำลองที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ แบบจำลองพหุวัตถุประสงค์แบบอิงเป้าหมาย โดยที่สมการวัตถุประสงค์ของแบบจำลองมีรูปแบบทั่วไปดังนี้

$$\text{Min } d_k w_k$$

โดยที่ d_k คือ ค่าเบี่ยงเบนจากเป้าหมาย

w_k คือ ค่าน้ำหนักความสำคัญของน้ำที่มีต่อกิจกรรม

ในการวิจัยครั้งนี้พบว่าค่าน้ำหนักความสำคัญ นั้นมีผลทำให้ผลการทดสอบของแบบจำลองมีความแตกต่างกันดังนี้

ก. แบบจำลองที่1

แบบจำลองกรณีนี้เปรียบได้กับการวางแผนการใช้น้ำที่ผู้วางแผนมองว่าน้ำมีความสำคัญต่อทุกกิจกรรมเท่าเทียมกัน

การให้น้ำหนักความสำคัญ (w_k) ในแบบจำลอง มีค่าเท่ากัน

ผลการทดสอบแบบจำลองพบว่าเมื่อน้ำมีความสำคัญต่อทุกกิจกรรมเท่ากันสิ่งที่ผลต่อผลการทดสอบของแบบจำลอง ก็คือ ค่าสัมประสิทธิ์ และ ค่าทางขวามือ

ข. แบบจำลองที่2

แบบจำลองกรณีนี้เปรียบได้กับการวางแผนการใช้น้ำที่ผู้วางแผนมองว่าน้ำมีความสำคัญต่อทุกกิจกรรมไม่เท่ากัน โดยที่น้ำมีความสำคัญต่อทุกกิจกรรมไม่แตกต่างกันมาก

การให้น้ำหนักความสำคัญ (w_k) ในแบบจำลอง มีค่าไม่เท่ากัน แต่ไม่แตกต่างกันมาก

ผลการทดสอบพบว่าน้ำหนักความสำคัญจะมีผลต่อปริมาณน้ำที่แต่ละกิจกรรมได้รับ เนื่องจากผลการทดสอบในตาราง 31 ชี้ให้เห็นกิจกรรมที่น้ำมีความสำคัญต่อกิจกรรมนั้นมาก เช่น โรงพยาบาล ประชากรอยู่อาศัย จะได้รับน้ำประปาก่อนกิจกรรมอื่น ๆ

ค. แบบจำลองที่ 3

แบบจำลองกรณีนี้เปรียบได้กับ การวางแผนการใช้น้ำที่ผู้วางแผนมองว่าน้ำมีความสำคัญต่อทุกกิจกรรมไม่เท่ากัน โดยที่น้ำมีความสำคัญต่อทุกกิจกรรมแตกต่างกันมาก

การให้น้ำหนักความสำคัญ (w_k) ในแบบจำลอง มีค่าไม่เท่ากันและมีความแตกต่างกันมาก

ในการวิจัยครั้งนี้ กำหนดให้น้ำมีความสำคัญต่อกิจกรรมประชากรอยู่อาศัยมากที่สุด ส่วนกิจกรรมที่เหลือมีความสำคัญเท่ากัน ผลการทดสอบพบว่าน้ำหนักความสำคัญที่มีความแตกต่างกันมากทำให้ผลการทดสอบออกมาในลักษณะดังนี้ คือ น้ำจะถูกจัดสรร

ให้กิจกรรมที่น้ำมีความสำคัญต่อกิจกรรมนั้นมากที่สุด และมีความสำคัญมากกว่ากิจกรรมอื่น ๆ มาก ซึ่งน้ำจะถูกจัดสรรให้กิจกรรมนั้นบรรลุเป้าหมายความต้องการก่อนที่จะทำการจัดสรรให้กิจกรรมอื่น ๆ และผลการทดสอบก็ชี้ให้เห็นว่ากิจกรรม กิจกรรมครัวเรือนอยู่อาศัย ได้รับการจัดสรรให้ใช้น้ำประปา และบาดาล จนบรรลุเป้าหมายความต้องการถึงแม้ว่าจะค่าใช้จ่ายในการใช้น้ำต่ำกว่าหลาย ๆ กิจกรรม ส่วนกิจกรรมที่เหลือได้รับการจัดสรรน้ำจากปริมาณน้ำที่เหลือโดยที่น้ำมีความสำคัญต่อทุกกิจกรรมเท่ากัน ดังนั้น ค่าสัมประสิทธิ์และค่าทางขวามือมีผลต่อการจัดสรรน้ำ

4.1.1.2 ค่าสัมประสิทธิ์ และค่าทางขวามือ

เนื่องจากแบบจำลองเป็นแบบจำลองพหุวัตถุประสงค์แบบอิงเป้าหมาย ค่าทางขวามือในแบบจำลองก็คือ ค่าเป้าหมายที่ต้องการจะบรรลุในการจัดการ โดยที่สมการวัตถุประสงค์จะเป็นการ Min d ดังนั้นในการหาคำตอบของแบบจำลองจะต้องให้ค่าเบี่ยงเบน (d^+ , d^-) ในสมการเงื่อนไขมีค่าน้อยที่สุด ดังนั้นการหาปริมาณน้ำที่แต่ละกิจกรรมควรได้รับจากสมการเงื่อนไข พบว่าค่าค่าสัมประสิทธิ์ และ ค่าทางขวามือ มีผลต่อคำตอบที่ได้ในแต่ละแบบจำลอง เนื่องจาก การกำหนดค่าทางขวามือดังนี้

งบประมาณค่าใช้จ่ายในการนำน้ำมาใช้ คิดจาก งบประมาณที่คนยอมจ่ายค่าน้ำบาดาล
งบประมาณค่าใช้จ่ายที่สะท้อนถึงความหายาก คิดจาก งบประมาณที่คนยอมจ่ายค่าน้ำประปา

การกำหนดค่าทางขวามือดังกล่าว มาจากข้อกำหนดที่ว่าคนยอมจ่ายเพื่อให้ได้ใช้น้ำประปา และ น้ำบาดาลซึ่งเป็นน้ำที่มีคุณภาพ ดังนั้นคำตอบในการจัดสรรน้ำ จะออกมาในรูปการจัดสรรน้ำประปา และน้ำบาดาล ก่อนน้ำผิวดิน และ กิจกรรมใดที่มีค่าสัมประสิทธิ์ค่าใช้จ่ายในการใช้น้ำสูงก็จะได้รับการจัดสรรให้ใช้น้ำประปา บาดาลก่อน เพื่อทำให้ค่าเบี่ยงเบนจากเป้าหมายในสมการมีค่าน้อยที่สุด

การกำหนดค่าทางขวามือ ของสมการเงื่อนไข ปริมาณน้ำในแหล่งน้ำที่นำมาใช้ และปริมาณน้ำที่กิจกรรมต้องการ

ปริมาณน้ำจากแหล่งน้ำที่นำมาใช้ คิดจาก ปริมาณน้ำที่นำมาใช้โดยมีการคำนึงถึงสิ่งแวดล้อม
ปริมาณน้ำที่กิจกรรมต้องการ คิดจาก ปริมาณน้ำที่กิจกรรมใช้ในปี พ.ศ. 2542

จากการกำหนดดังกล่าว ส่งผลการจัดสรรน้ำทุกกิจกรรมได้รับน้ำตามความต้องการ และปริมาณน้ำที่นำมาใช้อยู่ภายใต้ค่าที่กำหนดไว้โดยไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมเนื่องจากแบบจำลองจะพยายามให้เกิดค่าเบี่ยงเบนจากเป้าหมายน้อยที่สุด

การกำหนดค่าสัมประสิทธิ์ในสมการเงื่อนไข ที่เกี่ยวข้องค่าใช้จ่ายในการใช้น้ำโดยจะคิดในหน่วยของ บาท/ลบ.ม.

สัมประสิทธิ์ค่าใช้จ่ายในการใช้น้ำ คิดจาก ผลรวมของค่าพัฒนา ค่าขนส่ง และค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงคุณภาพ

สัมประสิทธิ์ค่าใช้จ่ายที่สะท้อนถึงความหายาก จะคิดจากอัตราค่าน้ำต่อหน่วยของ การประปาส่วนภูมิภาค และ กรมทรัพยากรธรณี

ก. แบบจำลองที่ 1

ผลการทดสอบแสดงดังตาราง 36 และภาพประกอบ 25 เนื่องจากแบบจำลองที่1 ค่าน้ำหนักความสำคัญของน้ำที่มีต่อทุกกิจกรรมเท่ากันแล้วดังนั้นค่าเป้าหมายซึ่งเป็นค่าทางขวามือที่ได้มาโดยการกำหนดข้างต้น และค่าสัมประสิทธิ์มีผลต่อคำตอบในการทดสอบแบบจำลอง ผลจากแบบจำลองชี้ให้เห็นว่า กิจกรรมใดที่มีสัมประสิทธิ์ค่าใช้จ่ายในการใช้น้ำสูง ก็จะได้น้ำจากแหล่งน้ำประปาและบาดาลซึ่งเป็นแหล่งน้ำที่ต้องมีค่าใช้จ่ายในการใช้น้ำ เช่น น้ำประปา จะถูกจัดสรรให้กับกิจกรรม อาบอบนวด โรงแรม และ อุตสาหกรรม ซึ่งมีสัมประสิทธิ์ค่าใช้จ่ายในการใช้น้ำประปาสูง ส่วนน้ำบาดาล จะถูกจัดสรรให้ประชากรอยู่อาศัย และ ร้านอาหาร ซึ่งมีสัมประสิทธิ์ค่าใช้จ่ายในการใช้น้ำบาดาลสูง สำหรับกิจกรรมอื่น ๆ ที่มีสัมประสิทธิ์ค่าใช้จ่ายในการใช้น้ำต่ำกว่า จะได้รับการจัดสรรน้ำประปาและบาดาลในส่วนที่เหลือถ้าปริมาณน้ำที่ได้ไม่บรรลุความต้องการจะต้องใช้น้ำจากแหล่งน้ำผิวดินจนบรรลุความต้องการ ผลการทดสอบที่ได้ในลักษณะดังกล่าวเนื่องจากแบบจำลองพยายามที่จะให้มีการเบี่ยงเบนจากเป้าหมายน้อยที่สุด ดังนั้น สมการเงื่อนไขใดที่มีสัมประสิทธิ์ค่าใช้จ่ายในการใช้น้ำสูง ก็จะได้รับการจัดสรรน้ำ ประปา และบาดาลก่อนสมการเงื่อนไขใดที่มีสัมประสิทธิ์ค่าใช้จ่ายในการใช้น้ำที่ต่ำกว่า

ข. แบบจำลองที่ 2

ผลจากการทดสอบแบบจำลองแสดงดังภาพประกอบ 26 เมื่อเปรียบเทียบผลการทดสอบกับแบบจำลองที่ 1 จะพบความแตกต่างของปริมาณน้ำจากแหล่งน้ำที่จัดสรรให้แต่ละกิจกรรม ดังการเปรียบเทียบในตาราง 36 และภาพประกอบ 28 , 29 และ 30 จากผลการทดสอบแบบจำลองที่ 2 เมื่อเปรียบเทียบกับแบบจำลองที่1 พบว่า ปริมาณน้ำประปาและ บาดาลที่มีจำกัด จะถูกจัดสรรให้กิจกรรมต่าง ๆ แตกต่างกัน ซึ่งผลที่แตกต่างเนื่องจากแบบจำลองที่ 2 การวางแผนการใช้น้ำที่ผู้วางแผนมองว่า น้ำมีความสำคัญต่อกิจกรรมต่าง ๆ ไม่เท่ากัน เปรียบได้กับการให้น้ำหนักความสำคัญกับวัตถุประสงค์ในการดำเนินงานไม่เท่ากัน และผลการทดสอบก็ชี้ให้เห็นว่ากิจกรรมใด ๆ ที่น้ำมีความสำคัญต่อกิจกรรมนั้นมากที่สุด จะได้รับการจัดสรรน้ำประปา หรือน้ำบาดาล เช่น ประชากรอยู่อาศัย ถึงแม้ว่าจะมีสัมประสิทธิ์ค่าใช้จ่ายในการใช้น้ำต่ำกว่าหลาย ๆ กิจกรรม แต่ผลจากการทดสอบพบว่าได้รับการจัดสรรให้ใช้น้ำประปา และน้ำบาดาล เนื่องจากน้ำมีความสำคัญต่อกิจกรรมดังกล่าวมากที่สุด แต่สัมประสิทธิ์ค่าใช้จ่าย และค่าทางขวามือ ในการใช้น้ำก็ยังมีผลต่อแบบจำลอง ดังเช่น ข้อมูลในตาราง 36 ชี้ให้เห็นว่า อุตสาหกรรม ได้รับน้ำประปา ในขณะที่กิจกรรม โรงเรียน/สถานที่ราชการ และตลาด ไม่ได้รับการจัดสรรให้ใช้น้ำประปาและบาดาล

ถึงแม้ว่าน้ำมีความสำคัญต่อกิจกรรม โรงเรียน/สถานที่ราชการ และตลาดมากกว่า ก็ตาม ผลที่ได้ดังกล่าวเนื่องจาก อุตสาหกรรมมีสัมประสิทธิ์ค่าใช้จ่ายในการใช้น้ำประปา สูงกว่า โรงเรียน และตลาด ส่วนกิจกรรมอื่น ๆ ที่เหลือจะได้รับการจัดสรรให้ใช้น้ำจากแหล่งน้ำผิวดิน คำตอบที่ได้ในลักษณะดังกล่าวจะทำค่าเบี่ยงเบนจากเป้าหมายน้อยที่สุดและมีความเหมาะสมในภาพรวมภายใต้เงื่อนไขข้อจำกัดที่ได้กำหนดไว้

ค. แบบจำลองที่ 3

ผลจากการทดสอบแบบจำลองแสดงดังภาพประกอบ 27 เมื่อเปรียบเทียบผลการทดสอบกับแบบจำลองที่ 1 และ 2 จะพบความแตกต่าง ดังการเปรียบเทียบในตาราง 36 และภาพประกอบ 28 , 29 และ 30 ซึ่งผลที่แตกต่างเนื่องจากแบบจำลองในกรณีที่ 3 ได้ให้ความสำคัญของน้ำที่มีต่อกิจกรรมประชากรอยู่อาศัยมากที่สุด และผลการทดสอบก็ชี้ให้เห็นว่ากิจกรรมประชากรอยู่อาศัยได้รับการจัดสรรน้ำประปา หรือน้ำบาดาล ซึ่งเป็นน้ำที่มีคุณภาพและมีปริมาณจำกัดก่อน ถึงแม้ว่าจะค่าใช้จ่ายในการใช้น้ำต่ำกว่า หลาย ๆ กิจกรรม ผลจากการทดสอบพบว่าได้รับการจัดสรรให้ใช้น้ำประปา และน้ำบาดาล จนเต็มความต้องการโดยไม่ต้องใช้น้ำผิวดิน จากนั้นกิจกรรมอื่น ๆ จึงได้รับการจัดสรรน้ำประปาและบาดาล ซึ่งค่าความสำคัญของน้ำที่มีต่อกิจกรรมและสัมประสิทธิ์ค่าใช้จ่ายมีผลต่อการจัดสรรน้ำไปให้กิจกรรม เนื่องจากกิจกรรมที่เหลือมีความสำคัญเท่ากัน ดังนั้นกิจกรรมที่มีค่าใช้จ่ายสูงได้รับการจัดสรรให้ใช้น้ำประปาที่เหลือก่อนจนน้ำประปาหมด ส่วนกิจกรรมที่เหลือได้รับการจัดสรรให้ใช้น้ำผิวดินซึ่งเป็นแหล่งน้ำสุดท้ายที่เหลืออยู่

จากผลการทดสอบพบว่าแบบจำลองทั้งสามแบบสามารถนำไปใช้ในการวางแผนการใช้น้ำได้ เนื่องจากผลการทดสอบของแบบจำลองเป็นไปตามเหตุและผล ดังนั้นผู้วิจัยจึงนำแบบจำลองไปใช้ในการวางแผนการใช้น้ำในปี พ.ศ. 2552 ผู้วิจัยได้กำหนดสถานการณ์ที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต แล้วใช้แบบจำลองทั้งสามแบบหาคำตอบในการจัดสรรน้ำที่เหมาะสม ดังได้แสดงในบทที่ 3 สถานการณ์มีดังต่อไปนี้

1) ปริมาณน้ำในแหล่งน้ำมีเท่าเดิม แต่อัตราการใช้น้ำมีมากขึ้น

การใช้แบบจำลองทั้งสามแบบจัดสรรน้ำให้แต่ละกิจกรรม ได้แสดงคำตอบดังตาราง 29 และ 30 และภาพประกอบ 16-18 พบว่าปริมาณน้ำที่มีไม่พอเพียงต่อความต้องการของกิจกรรม โดยที่ปริมาณน้ำที่ไม่พอเท่ากับ 71,747 ลูกบาศก์เมตรต่อเดือน ดังนั้นจะมีบางกิจกรรมที่ไม่ได้รับการจัดสรรให้ใช้น้ำ ซึ่งแบบจำลองที่ 1 ปริมาณน้ำที่กิจกรรมได้รับจะขึ้นกับค่าใช้จ่าย ถ้ากิจกรรมใดมีความสามารถที่จะจ่ายมากที่สุดก็จะได้รับน้ำก่อน ซึ่งจะไม่เป็นธรรมต่อกิจกรรมที่มีความสามารถในการจ่ายน้อยกว่า เช่น ประชากรอยู่อาศัยซึ่งเป็นกิจกรรมที่ไม่ได้รับน้ำพอเพียงแก่

ความต้องการ ส่วนแบบจำลองที่ 2 ลักษณะของแบบจำลองสอดคล้องกับความสำคัญของน้ำที่มีต่อกิจกรรม กิจกรรมใดที่น้ำมีความสำคัญมากที่สุดจะได้รับการจัดสรรน้ำก่อน ส่วนแบบจำลองที่ 3 พบว่า กิจกรรมประชากรอยู่อาศัยมีความสำคัญที่สุด ได้รับน้ำเต็มความต้องการ ส่วนกิจกรรมอื่นมีความสำคัญเท่ากันได้รับการจัดสรรน้ำในส่วนที่เหลือ คำตอบในการจัดสรรน้ำที่ได้พบว่า แบบจำลองที่ 1 กิจกรรมที่มีงบประมาณในการใช้น้ำน้อยได้รับน้ำหลังสุดและปริมาณน้ำที่ได้รับไม่พอเพียงต่อความต้องการ แบบจำลอง 2 กิจกรรมที่น้ำมีความสำคัญจะได้รับน้ำก่อน แต่ก็มีบางกิจกรรมที่ไม่ได้รับการจัดสรรน้ำ ส่วนแบบจำลอง 3 ประชากรได้รับน้ำเต็มความต้องการ ส่วนกิจกรรมอื่น ๆ บางกิจกรรมได้รับน้ำไม่พอตามความต้องการ แต่จากกรณีการใช้น้ำในเงื่อนไขนี้พบว่าถ้ากิจกรรมลดอัตราการใช้น้ำก็จะมีน้ำใช้เพียงพอแก่ความต้องการ

2) ปริมาณน้ำในแหล่งน้ำมีเท่าเดิม แต่อัตราการใช้น้ำลดลง

การใช้แบบจำลองทั้งสามแบบจัดสรรน้ำให้แต่ละกิจกรรม ได้แสดงคำตอบดังตาราง 32 และ 33 และภาพประกอบ 19-21 ในสถานการณ์นี้เปรียบได้กับการจัดการทรัพยากรน้ำทางด้านอุปสงค์ โดยการออกมาตรการจูงใจและประชาสัมพันธ์ให้ทุกกิจกรรมมีการใช้น้ำอย่างประหยัด หรือการจัดสรรน้ำให้แต่ละกิจกรรมโดยพิจารณาจากความต้องการน้ำขั้นต่ำที่กิจกรรมควรได้รับ ผลการทดสอบทั้งสามแบบจำลองพบว่าถึงแม้ว่าจะมีการขยายตัวของกิจกรรม ปริมาณน้ำที่มียังเพียงพอแก่ความต้องการของทุก ๆ กิจกรรม ผลการทดสอบของแบบจำลองที่ 1 พบว่าคำตอบที่ได้จะขึ้นกับค่าใช้จ่าย ถ้ากิจกรรมใดมีความสามารถที่จะจ่ายมากที่สุดก็จะได้รับน้ำก่อน เช่น ภัตตาคาร/ร้านอาหาร อุตสาหกรรม ฯลฯ ซึ่งจะไม่เป็นธรรมต่อกิจกรรมที่มีความสามารถในการจ่ายน้อยกว่า แบบจำลองที่ 2 ลักษณะของแบบจำลองสอดคล้องกับความสำคัญของน้ำที่มีต่อกิจกรรมแตกต่างกัน กิจกรรมที่มีน้ำมีความสำคัญต่อกิจกรรมนั้นที่สุด เช่น ประชากรอยู่อาศัย ได้รับน้ำก่อนกิจกรรมอื่น ๆ ส่วนกิจกรรมอื่นได้รับน้ำตามลำดับความสำคัญ ส่วนแบบจำลองที่ 3 พบว่ากิจกรรมประชากรอยู่อาศัยมีความสำคัญที่สุด ได้รับน้ำเต็มความต้องการ ส่วนกิจกรรมอื่นมีความสำคัญเท่ากันได้รับการจัดสรรน้ำในส่วนที่เหลือ

3) ปริมาณน้ำในแหล่งน้ำลดลงและ อัตราการใช้น้ำลดลง

การใช้แบบจำลองทั้งสามแบบจัดสรรน้ำให้แต่ละกิจกรรม ได้แสดงคำตอบดังตาราง 34 และ 35 และภาพประกอบ 22-24 ในสถานการณ์นี้เปรียบได้กับการจัดการทรัพยากรน้ำด้านอุปสงค์ในปีที่เกิดความแห้งแล้งปริมาณน้ำผิวดินน้อยกว่าเดิม ซึ่งปริมาณน้ำในแหล่งน้ำไม่พอในการนำมาใช้อุปโภค-บริโภค จึงมีการนำน้ำจากนอกระบบมาเพิ่มในปริมาณ 11.20 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อเดือน เพื่อให้ปริมาณน้ำพอเพียงแก่ความต้องการ ผลการทดสอบทั้งสามของแบบ

จำลองพบว่า เหมือนกับการจัดสรรในกรณี ปริมาณน้ำมีเท่าเดิมแต่อัตราการใช้ลดลง แบบจำลองที่ 1 คำตอบที่ได้จะขึ้นกับค่าใช้จ่าย ถ้ากิจกรรมใดมีความสามารถที่จะจ่ายมากที่สุดก็จะได้รับน้ำก่อน ซึ่งจะไม่เป็นธรรมต่อกิจกรรมที่มีความสามารถในการจ่ายน้อยกว่า แบบจำลองที่ 2 ลักษณะของแบบจำลองสอดคล้องกับความสำคัญของน้ำที่มีต่อกิจกรรมแตกต่างกัน ส่วนแบบจำลองที่ 3 พบว่า กิจกรรมประชากรอยู่อาศัยมีความสำคัญที่สุด ได้รับน้ำเต็มความต้องการ ส่วนกิจกรรมอื่นมีความสำคัญเท่ากันได้รับการจัดสรรน้ำในส่วนที่เหลือ ในกรณีที่ปริมาณน้ำมีน้อยแบบจำลองที่ 3 พบว่า กิจกรรมประชากรอยู่อาศัยมีความสำคัญที่สุด ได้รับน้ำเต็มความต้องการ ส่วนกิจกรรมอื่นมีความสำคัญเท่ากันได้รับการจัดสรรน้ำในส่วนที่เหลือ

4.1.2 การวิจารณ์ผลการทดสอบแบบจำลองจากผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง

จากการที่ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องได้พิจารณาผลการทดสอบแบบจำลองให้ความเห็นว่า แบบจำลองที่ 2 ซึ่งเป็นแบบจำลองที่จัดสรรน้ำโดยที่น้ำหนักความสำคัญของน้ำที่มีต่อกิจกรรมไม่เท่ากัน แต่ไม่แตกต่างกันมาก เหมาะสมที่สุดในการนำไปใช้ เนื่องจากผลการทดสอบที่ได้เป็นธรรมต่อทุกกิจกรรม เพราะในแบบจำลองที่ 1 การคิดได้ไม่ได้นำความสำคัญของน้ำที่มีต่อกิจกรรมมาคิด ดังนั้นค่าใช้จ่ายจะมีผลอย่างเดียว ซึ่งผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องได้ให้ความเห็นว่าแบบจำลองลักษณะนี้ไม่เป็นธรรมต่อกิจกรรมที่มีรายได้น้อย และในแบบจำลองที่ 3 ได้นำความสำคัญของน้ำที่มีต่อกิจกรรมมาใช้โดยให้น้ำสำคัญต่อกิจกรรมประชากรอยู่อาศัยมากที่สุดซึ่งกิจกรรมนี้จะได้น้ำเต็มตามความต้องการก่อนถึงแม้ว่าบางกิจกรรมจะขาดน้ำ ซึ่งผู้เกี่ยวข้องได้ให้ความเห็นว่า ถึงแม้ว่าน้ำจะมีความสำคัญต่อกิจกรรมประชากรอยู่อาศัยมากที่สุด แต่น้ำก็มีความสำคัญต่อกิจกรรมอื่น ๆ เช่นกัน ดังนั้นในการจัดสรรน้ำควรจัดสรรตามน้ำหนักความสำคัญ ไม่ควรจัดสรรให้กิจกรรมใดกิจกรรมหนึ่งบรรลุความต้องการก่อน แล้วส่วนที่เหลือจึงจัดสรรให้กับกิจกรรมที่มีความสำคัญรองลงมา ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องได้ลงความเห็นว่า แบบจำลองที่ 2 มีความเหมาะสมในการจัดสรรน้ำมากที่สุด

5 วิเคราะห์ และ วิจารณ์ ผลการทดสอบแบบจำลองกับสถานการณ์ปัจจุบัน

แบบจำลองทั้งสามแบบสามารถนำไปใช้ในการวางแผนการใช้น้ำได้ เนื่องจากผลการทดสอบเป็นไปตามเหตุและผลและให้คำตอบที่เหมาะสมที่สุดในภาพรวม และแต่ละแบบจำลองได้ทำการทดสอบความเที่ยงโดยการเปลี่ยนแปลง ค่าทางขวามือ และสัมประสิทธิ์ของแบบจำลองซึ่งผลการทดสอบออกมาเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับการเปลี่ยนแปลงค่าทางขวามือและสัมประสิทธิ์แบบจำลองที่ได้พัฒนาขึ้นมา เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับสถานการณ์การใช้น้ำในปัจจุบันพบความแตกต่าง ดังแสดงในตาราง 38

ตาราง 38 แสดงการเปรียบเทียบการใช้น้ำโดยแบบจำลองทั้งสามแบบกับการใช้น้ำในปัจจุบัน

กิจกรรม	ผลการทดสอบแบบจำลอง			ปัจจุบัน
	แบบจำลอง1	แบบจำลอง2	แบบจำลอง3	
ค่าใช้จ่ายรวมในการจัดสรรน้ำ (บาท)	30,768,326	27,533,830	27,267,506	-
ปริมาณน้ำที่ใช้จากแหล่งน้ำ(ลบ.ม./เดือน)				
น้ำประปา	1,168,000	1,168,000	1,168,000	≅1,168,000
น้ำบาดาล	304,167	304,167	304,167	> 360,000
น้ำผิวดิน	3,516,460	3,516,460	3,516,460	-
ปริมาณน้ำที่ทุกกิจกรรมได้รับ(ลบ.ม./เดือน)				
ครัวเรือน	1,372,569	1,372,569	1,372,569	1,372,569
วัด/ศาสนสถาน	4,862	4,862	4,862	4,862
โรงเรียน/สถานที่ราชการ	49,017	49,017	49,017	49,017
ตลาด	33,726	33,726	33,726	33,726
โรงพยาบาล	61,871	61,871	61,871	61,871
โรงแรม	435,840	435,840	435,840	435,840
ภัตตาคาร/ร้านอาหาร	15,472	15,472	15,472	15,472
อาบอบนวด	8,636	8,636	8,636	8,636
อุตสาหกรรม	86,634	86,634	86,634	86,634
การเกษตร	0.000	0.000	0.000	0.000
ประปา	2,920,000	2,920,000	2,920,000	2,920,000

หมายเหตุ - หมายถึงไม่มีข้อมูล

≅ หมายถึง ค่าโดยประมาณ

> หมายถึง มากกว่า

จากผลการเปรียบเทียบแสดงให้เห็นว่าการใช้น้ำในปัจจุบัน และการใช้น้ำจากผลการทดสอบแบบจำลองทั้ง 3 แบบแต่ละกิจกรรมได้น้ำในปริมาณได้รับน้ำเหมือนเดิม เนื่องจากแบบจำลองกำหนดเป้าหมายให้ทุกกิจกรรมได้รับน้ำไม่เกินจากที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน แบบจำลองพหุวัตถุประสงค์ที่ใช้เทคนิคเชิงเป้าหมาย จะให้ผลการทดสอบแบบจำลองใกล้เคียงเป้าหมายและมีค่าเบี่ยงเบนจากเป้าหมายต่ำสุด

ในส่วนของข้อมูลปริมาณน้ำผิวดิน และปริมาณน้ำบาดาลที่ใช้โดยไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม จะไม่มีข้อมูลในส่วนนี้ ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่า ผู้ที่เกี่ยวข้องกับการใช้น้ำมีการตะหนักถึงปัญหาดังกล่าวน้อยมาก ในแบบจำลอง ทั้งสามแบบ ได้กำหนดปริมาณน้ำจากแหล่งน้ำที่ใช้ได้โดยมีการตะหนักถึงปัญหาสิ่งแวดล้อม ส่วนปริมาณความต้องการใช้น้ำของแต่ละกิจกรรมคิดจากอัตราการใช้น้ำ และจำนวนกิจกรรมต่าง ๆ ในปัจจุบัน เมื่อพิจารณาปริมาณน้ำจากแหล่งน้ำประปา บาดาล และปริมาณความต้องการน้ำ จะพบว่าไม่สมดุลกัน ซึ่งผลจากแบบจำลองทั้งสามแบบแสดงให้เห็นว่า เมื่อปริมาณน้ำประปา และบาดาลถูกใช้จนหมด ได้มีการนำน้ำผิวดินมาจัดสรรให้กับบางกิจกรรมที่ยังไม่ได้ใช้น้ำ จากข้อมูลปริมาณน้ำผิวดินที่แต่ละกิจกรรมนำมาใช้ในการทดสอบแบบจำลองทั้งสามแบบจะเป็นตัวชี้ให้เห็นปัญหาต่าง ๆ แก่ผู้วางแผนการใช้น้ำ เช่น ปัญหาน้ำที่มีคุณภาพที่เหมาะสมในการอุปโภคบริโภคไม่พอเพียงแก่ความต้องการ และกิจกรรมต่าง ๆ มีการใช้น้ำในปริมาณมากซึ่งไม่สมดุลกับปริมาณน้ำที่นำมาใช้โดยไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม จากผลการศึกษาพบว่า น้ำผิวดินเป็นแหล่งน้ำที่มีคุณภาพไม่เหมาะสมในการอุปโภคบริโภคโดยตรงจะต้องผ่านขบวนการปรับปรุงคุณภาพก่อน และระยะห่างของแหล่งน้ำต่อกิจกรรมมีผลต่อค่าใช้จ่ายและความสะดวกในการใช้น้ำ ทุก ๆ กิจกรรมต้องการน้ำที่มีคุณภาพดีราคาถูกมาใช้ การนำน้ำผิวดินไปใช้จะต้องมีค่าใช้จ่ายในการขนส่ง ค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงคุณภาพ ฯลฯ ซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายที่สูง ดังนั้นกิจกรรมต่างๆ จะไม่ใช้น้ำผิวดินโดยตรง แต่จะหันมาใช้น้ำบาดาล ซึ่งการพัฒนาน้ำบาดาลมาใช้สามารถทำได้ไม่ยากเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำผิวดิน และค่าน้ำต่อหน่วยในการใช้ถูกกว่าการใช้น้ำประปา ดังนั้นเมื่อมีการใช้น้ำบาดาลในปริมาณมากเกินไป จะก่อให้เกิดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อม เช่น ปัญหากรวยน้ำลด ปัญหาน้ำเค็มรุกตัว ฯลฯ ปัญหาการใช้น้ำบาดาลในปริมาณที่มากเกินไปยังเป็นปัญหาที่ยังไม่สามารถแก้ไขได้ เนื่องจากกรมทรัพยากรธณียังไม่ได้ประกาศกำหนดปริมาณน้ำบาดาลในแต่ละโซนที่สามารถนำไปใช้ได้ โดยไม่เป็นอันตรายต่อแหล่งน้ำ ซึ่งปัญหาดังกล่าว สามารถแสดงผลการใช้น้ำบาดาลในกรณีที่ไม่มีการควบคุมปริมาณการใช้น้ำบาดาลโดยทดสอบกับแบบจำลองที่ 2 แสดงผลดังตาราง 39

ตาราง 39 ผลการทดสอบแบบจำลองที่ทุกวัตถุประสงค์มีความสำคัญไม่เท่ากันกรณีที่วัตถุประสงค์แต่ละอย่างมีความสำคัญไม่แตกต่างกัน โดยที่แบบจำลองไม่มีการกำหนดปริมาณน้ำบาดาลที่ใช้โดยไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม

กิจกรรม	น้ำประปา (ลบ.ม. x 10^3)	น้ำบาดาล (ลบ.ม. x 10^3)	น้ำผิวดิน (ลบ.ม. x 10^3)	ปริมาณน้ำรวม (ลบ.ม. x 10^3)
ครัวเรือน	534.659	837.910	0.000	1,372.569
วัด/ศาสนสถาน	0.000	0.000	4.862	4.862
โรงเรียน/สถานที่ราชการ	49.017	0.000	0.000	49.017
ตลาด	0.000	0.000	33.726	33.726
โรงพยาบาล	61.870	0.000	0.000	61.871
โรงแรม	435.840	0.000	0.000	435.840
ภัตตาคาร/ร้านอาหาร	0.000	0.000	15.472	15.472
อาบอบนวด	0.000	0.000	8.636	8.636
อุตสาหกรรม	86.634	0.000	0.000	86.634
การเกษตร	0.000	0.000	0.000	0.000
ประปา	0.000	0.000	2,920.000	2,920.000
ปริมาณน้ำรวม	1,168.000	837.910	2,982.717	4,988.627

จากผลการทดสอบพบว่า มีการใช้น้ำบาดาลในปริมาณ 837,910 ลบ.ม./เดือน ซึ่งในขณะที่ปริมาณน้ำบาดาลที่ใช้โดยไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมเท่ากับ 304,167 ลบ.ม./เดือน การใช้น้ำบาดาลในปริมาณที่มากจะก่อให้เกิดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อม

การแก้ไขปัญหาแหล่งน้ำที่มีคุณภาพในการอุปโภค-บริโภค ไม่พอเพียงต่อความต้องการ ส่งผลให้มีการใช้น้ำบาดาลเพิ่มมากขึ้น ทุก ๆ ฝ่ายที่มีส่วนร่วมในการใช้น้ำควรมาวางแผนจัดการแก้ไขปัญหา โดยใช้แนวทางการจัดการทรัพยากรน้ำ ทั้งทางด้านอุปทานและอุปสงค์ เช่น เพิ่มกำลังการผลิตน้ำประปา การปรับปรุงระบบการส่งน้ำประปาเพื่อลดการสูญเสีย การรณรงค์การใช้น้ำอย่างประหยัด การกำหนดปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถนำไปใช้ได้โดยไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม และ การเพิ่มราคาน้ำบาดาลที่นำไปใช้โดยใช้วิธีการคิดอัตราก้าวหน้าเหมือนที่การประปาส่วนภูมิภาคใช้ เป็นต้น

6. วิเคราะห์ และ วิจารณ์ การนำแบบจำลองไปใช้ในการวางแผนการใช้น้ำ

แบบจำลองที่ได้พัฒนาขึ้นในการวิจัยครั้งนี้เป็นแบบจำลองพหุวัตถุประสงค์โดยใช้แนวทางเชิงเป้าหมายที่ใช้ในการวางแผนการใช้น้ำในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ การนำแบบจำลองไปประยุกต์ใช้ในการวางแผนการใช้น้ำกับพื้นที่อื่น แบบจำลองจะมีความเหมาะสมกับพื้นที่ระดับเทศบาลหรือเทศบาลนครมากที่สุด เนื่องจาก ลักษณะของกิจกรรม แหล่งน้ำ ค่าใช้จ่ายในการใช้น้ำ และรูปแบบความสัมพันธ์ภายในระบบการใช้น้ำ ใกล้เคียงกับแบบจำลองในงานวิจัยครั้งนี้มาก ในการวางแผนโดยใช้แบบจำลองจะต้องยอมรับข้อจำกัดและเงื่อนไขที่กำหนดขึ้นในการพัฒนาแบบจำลอง ในการวางแผนการใช้น้ำ ข้อมูลต่าง ๆ ที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองเชิงเส้นจะต้องทราบแน่ชัด แต่ในความเป็นจริง ค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ เช่น C_j ,a_{ij} , b_i ที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองเชิงเส้นจะหาตัวเลขที่แน่นอนยาก ตัวเลขส่วนใหญ่ที่ได้มาจะเป็นค่าประมาณหรือค่าเฉลี่ย นอกจากนั้นยังมีการเปลี่ยนแปลงปัจจัยต่าง ๆ ที่อยู่นอกเหนือการควบคุมแต่มีผลทำให้ข้อมูลที่ใช้ในแบบจำลองเชิงเส้นเปลี่ยนไป เช่น การเปลี่ยนแปลงราคาขายของน้ำประปา ฯลฯ ดังนั้นเมื่อมีการใช้ข้อมูลชุดหนึ่งมาทำการสร้างตัวแบบและแก้ปัญหากำหนดการเชิงเส้นได้ผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุดแล้ว ถ้าเกิดข้อมูลมีการเปลี่ยนแปลง ซึ่งการเปลี่ยนแปลงข้อมูลดังกล่าวมีผลต่อผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุดหรือไม่อย่างไร ผู้วางแผนสามารถทราบได้โดยการ พิจารณาจากผลการทดสอบการวิเคราะห์ความไว (sensitivity analysis) ซึ่งพิจารณาช่วงของการเปลี่ยนแปลงค่าทางขวามือ และ ผลลัพธ์ของปัญหาควบคู่ (dual problem)

ในการวิจัยครั้งนี้ผลการทดสอบการวิเคราะห์ความไวพบว่า ผลลัพธ์ที่ได้จากปัญหาควบคู่ของแบบจำลองทั้งสามกรณี การเปลี่ยนแปลงความต้องการใช้น้ำของกิจกรรม อุตสาหกรรม มีผลกระทบต่อระบบการใช้น้ำมากที่สุด ลำดับถัดมาคือการใช้น้ำของอาบอบนวด ในส่วนของแหล่งน้ำ การเปลี่ยนแปลงการใช้น้ำในแหล่งน้ำบาดาลจะเกิดผลกระทบต่อระบบการใช้น้ำมากที่สุด ซึ่งผลการวิเคราะห์ความไวแสดงในภาคผนวก ซ. ผลลัพธ์จากปัญหาควบคู่ที่ได้เป็นสิ่งที่ผู้วางแผนนำมาพิจารณาควบคุมการใช้น้ำและการขยายตัวของกิจกรรมดังกล่าวเนื่องจากถ้ากิจกรรมอุตสาหกรรม และ อาบอบนวดขยายตัวมากเกินไปจะกระทบต่อปริมาณน้ำและค่าใช้จ่ายภายในระบบการใช้น้ำของเทศบาลนครหาดใหญ่ และการใช้น้ำจากแหล่งน้ำบาดาลต้องมีการควบคุมดูแลเป็นพิเศษกว่าแหล่งน้ำอื่น ๆ ส่วนผลการจัดสรรน้ำที่ได้จากแบบจำลองทั้งสามกรณีจะยอมรับได้ ถึงแม้ข้อมูลมีการเปลี่ยนแปลง เช่น ปริมาณน้ำในแหล่งน้ำที่นำมาใช้โดยไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม ปริมาณน้ำที่กิจกรรมต้องการ ถ้าการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวอยู่ในช่วงของการเปลี่ยนแปลงค่าทางขวามือ ดังแสดงในตารางผนวก ฌ .1-3 ในการวางแผนการใช้น้ำสิ่งที่ต้องระวังที่

สุดในการวางแผน คือ ปริมาณน้ำบาดาลที่นำมาใช้ และปริมาณการใช้น้ำของอุตสาหกรรมและอาบอบนวด เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงจะมีผลกระทบต่อระบบการใช้น้ำของเทศบาลนครหาดใหญ่ที่สุด ซึ่งช่วงของการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำที่ยอมรับได้โดยไม่ต้องทดสอบแบบจำลองใหม่ดังแสดงในตาราง 40

ตาราง 40 แสดงช่วงของการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำของแหล่งน้ำบาดาล และ กิจกรรมอุตสาหกรรม กิจกรรมอาบอบนวดที่ยอมรับได้ในการวางแผนการใช้น้ำ ปี พ.ศ.2542

	ปริมาณน้ำ (1,000 ลบ.ม)	ปริมาณน้ำต่ำสุด (1,000 ลบ.ม)	ปริมาณน้ำสูงสุด (1,000 ลบ.ม)
แบบจำลอง 1			
น้ำบาดาล	304.167	15.106	900.606
อุตสาหกรรม	86.634	0	88.555
อาบอบนวด	8.636	0	8.638
แบบจำลอง 2			
น้ำบาดาล	304.167	0	353.073
อุตสาหกรรม	86.634	37.728	888.555
อาบอบนวด	8.636	0	1,616.998
แบบจำลอง 3			
น้ำบาดาล	304.167	204.568	1,372.569
อุตสาหกรรม	86.634	37.728	88.555
อาบอบนวด	8.636	0	1,616.998

หมายเหตุ

แบบจำลอง 1 คือ แบบจำลองที่วัตถุประสงค์ในการดำเนินงานมีความสำคัญเท่ากัน

แบบจำลอง 2 คือ แบบจำลองที่วัตถุประสงค์ในการดำเนินงานมีความสำคัญไม่เท่ากันและความสำคัญไม่แตกต่างกันมาก

แบบจำลอง3 คือ แบบจำลองที่วัตถุประสงค์ในการดำเนินงานมีความสำคัญไม่เท่ากันและความสำคัญแตกต่างกันมาก

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

1. สรุปผลการศึกษา

การศึกษาระบบการใช้น้ำภายในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ โดยการรวบรวมข้อมูลและศึกษาจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่าแหล่งน้ำมีข้อจำกัด ในเชิงคุณภาพและปริมาณ ผู้ใช้น้ำมีความหลากหลายมีความต้องการใช้น้ำที่แตกต่างทั้งคุณภาพและปริมาณเช่นกัน ซึ่งค่าใช้จ่ายในการใช้น้ำมีความแตกต่างกัน และการใช้น้ำในปัจจุบันมีการตะหนักถึงปัญหาที่จะเกิดกับแหล่งน้ำน้อยมาก จากการศึกษาพบว่าเทศบาลนครหาดใหญ่ไม่มีหน่วยงานที่รับผิดชอบเกี่ยวกับการใช้น้ำในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ เนื่องจาก การประปาส่วนภูมิภาค ได้ให้การให้บริการน้ำประปาคลอบคลุมพื้นที่ของเทศบาลนครหาดใหญ่ และ การใช้น้ำใต้ดิน เช่น น้ำบาดาล จะอยู่ภายใต้การควบคุมดูแล ของสำนักงานทรัพยากรธรณีจังหวัดสงขลา ในขณะที่น้ำผิวดิน เช่น คลองอู่ตะเภา และคลองเตย ทางเทศบาลจะดูแลในเชิงคุณภาพ ไม่ได้ดูแลในเชิงปริมาณ การวิเคราะห์ระบบการใช้น้ำ พบว่าจำนวนประชากรและแนวโน้มประชากรในอนาคต ปริมาณน้ำที่กิจกรรมต่าง ๆ ใช้ภายในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ ดังแสดงในตารางที่ 4 และ 6 ปริมาณน้ำในแหล่งน้ำที่นำมาใช้โดยไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม ดังแสดงในข้อ 6 ของบทที่3 ทำให้ทราบว่าภายในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่มีแนวโน้มที่เกิดปัญหาการขัดแย้งในการใช้น้ำในอนาคตเนื่องจากจำนวนประชากรและปริมาณน้ำที่กิจกรรมต่าง ๆ ใช้มีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้น ในขณะที่แหล่งน้ำมีปริมาณจำกัด ซึ่งการใช้น้ำจากแหล่งน้ำต่าง ๆ โดยปราศจากการควบคุมดูแลในเชิงปริมาณ จะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในอนาคต ดังนั้นผู้วิจัยจึงวิเคราะห์ระบบปัญหาซึ่งได้จากการศึกษาและสัมภาษณ์ผู้ที่เกี่ยวข้อง มีดังนี้

1. แหล่งน้ำที่มีคุณภาพในการอุปโภค-บริโภค ไม่พอเพียงแก่ความต้องการ
2. กิจกรรมต่าง ๆ มีการใช้น้ำในอัตราที่สูง
3. กิจกรรมต่าง ๆ ต้องการค่าใช้จ่ายในการใช้น้ำต่ำสุด
4. ขาดแผนการใช้น้ำเชิงระบบ

จากการวิเคราะห์ระบบปัญหาผู้วิจัยได้เสนอแผนการใช้น้ำ ซึ่งเป็นการจัดสรรน้ำจากแต่ละแหล่งน้ำไปยังแต่ละกิจกรรม โดยที่วัตถุประสงค์และเงื่อนไขได้มาจากการวิเคราะห์ระบบปัญหาการใช้น้ำดังนี้

วัตถุประสงค์คือ

1. งบประมาณค่าใช้จ่ายในการใช้น้ำไม่เกินกว่าที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน

2. ปริมาณน้ำในแต่ละแหล่งน้ำที่นำมาใช้ไม่มากเกินจนเป็นอันตรายต่อสภาพแวดล้อม

3. ปริมาณน้ำที่กิจกรรมต่าง ๆ นำมาใช้ไม่มากกว่าที่ใช้ในปัจจุบัน

เงื่อนไขคือ

1. แหล่งน้ำมีข้อจำกัดในเชิงปริมาณและคุณภาพ

2. ผู้ต้องการใช้น้ำแต่ละกลุ่มกิจกรรมต้องการปริมาณและคุณภาพที่แตกต่างกัน

3. ค่าใช้จ่ายในการนำน้ำจากแหล่งน้ำ ไปยังผู้ใช้น้ำในแต่ละกลุ่มกิจกรรมจะมีค่าใช้จ่ายไม่เท่ากัน

4. แต่ละกิจกรรมมีข้อจำกัดทางด้านงบประมาณ

ปริมาณน้ำของแหล่งน้ำ ปริมาณน้ำที่กิจกรรมต้องการ ค่าใช้ในการใช้น้ำ งบประมาณค่าใช้จ่ายในการใช้น้ำ แสดงดัง หน้า 68-70 และ แสดงวิธีคิดดังภาคผนวก ก ,ข และ ค

ซึ่งการวางแผนการใช้น้ำโดยผู้วางแผนเป็นคนพิจารณาว่าน้ำที่มีควรจะจัดสรรให้กิจกรรมใดโดยพิจารณาวัตถุประสงค์และเงื่อนไข หลาย ๆ อย่าง จะเป็นเรื่องยุ่งยากและซับซ้อน โอกาสเกิดข้อผิดพลาดได้ง่าย ดังนั้นผู้วิจัยจึงพัฒนาแบบจำลองคณิตศาสตร์ซึ่งเป็นเครื่องที่ช่วยในการวางแผนการใช้น้ำภายในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ ซึ่งได้ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เชิงพหุวัตถุประสงค์แบบอิงเป้าหมาย เนื่องจากแบบจำลองเหมาะกับการจัดการที่ต้องการบรรลุวัตถุประสงค์หลาย ๆ วัตถุประสงค์ ในการใช้เทคนิคเชิงเป้าหมายในขั้นแรกนั้นสมการวัตถุประสงค์ได้มาจากการ Minimize ค่าเบี่ยงเบนจากเป้าหมายในการดำเนินงาน ซึ่งค่าเบี่ยงเบนจากเป้าหมายสามารถเบี่ยงเบนเพิ่มขึ้นหรือลดลงขึ้นกับเงื่อนไขของสมการนั้น ซึ่งรูปแบบทั่วไปของแบบจำลองมีดังนี้

รูปแบบทั่วไปของแบบจำลองที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการวางแผนการใช้น้ำ ค่าสัมประสิทธิ์ และค่าทางขวามือที่ใช้ในการทดสอบแบบจำลอง

สมการวัตถุประสงค์ $\text{Min } D = \sum_{k=1}^{p} w_k d_k$

สมการเงื่อนไข

$$\sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{n} a_{ij} x_{ij} + d_k^- = A_i^l$$

$$\sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{n} b_{ij} x_{ij} + d_k^- = B_j^i$$

$$\sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{n} c_{ij} x_{ij} + d_k^- = C_j^i$$

$$\sum_{i=1}^{m} x_{ij} + d_k^- = S_j$$

$$\sum_{j=1}^{n} x_{ij} + d_k^- = U_i$$

โดยที่

d_k^+ คือ ค่าเบี่ยงเบนจากเป้าหมายในทิศทางที่สูงกว่าเป้าหมายของเงื่อนไขที่ k

d_k^- คือ ค่าเบี่ยงเบนจากเป้าหมายในทิศทางที่ต่ำกว่าเป้าหมายของเงื่อนไขที่ k

x_{ij} คือ ปริมาณน้ำที่จัดสรรให้กิจกรรม i ใช้จากแหล่งน้ำ j

w_k คือ ความสำคัญของน้ำที่ต่อกิจกรรมในเงื่อนไขที่ k

U_i คือ ปริมาณน้ำที่กิจกรรม i ต้องการใช้

S_j คือ ปริมาณน้ำของแหล่งน้ำ j

A_j^l คือ งบประมาณค่าใช้จ่ายในการนำน้ำจากแหล่งน้ำ j ขึ้นมาใช้ในกิจกรรม i

B_j^i คือ งบประมาณค่าใช้จ่ายที่สะท้อนถึงความหายากในการนำน้ำจากแหล่งน้ำ j ขึ้นมาใช้ในกิจกรรม i

C_j^i คือ งบประมาณค่าใช้จ่ายที่ก่อให้เกิดผลกระทบภายนอกในการนำน้ำจากแหล่งน้ำ j ขึ้นมาใช้ในกิจกรรม i

a_{ij} คือ ค่าใช้จ่ายในการนำน้ำจากแหล่งน้ำ j ขึ้นมาใช้ในกิจกรรม i

b_{ij} คือ ค่าใช้จ่ายที่สะท้อนถึงความหายากในการนำน้ำจากแหล่งน้ำ j ขึ้นมาใช้ในกิจกรรม i

c_{ij} คือ ค่าใช้จ่ายที่ก่อให้เกิดผลกระทบภายนอกในการนำน้ำจากแหล่งน้ำ j ขึ้นมาใช้ในกิจกรรม i

i คือ กิจกรรมที่ใช้น้ำ โดยที่ i = 1,2,3, ...,m

j คือ แหล่งน้ำ โดยที่ j = 1,2,3,...,n

k คือ จำนวนสมการเป้าหมาย โดยที่ k = 1,2,3,...,p

รูปแบบทั่วไปของแบบจำลองเชิงพหุวัตถุประสงค์แบบอิงเป้าหมายที่ใช้ในการวางแผนการใช้น้ำ เป็นแบบจำลองพื้นฐานทั่วไปของแบบจำลองที่ทำการศึกษา โดยที่แบบจำลองมีความแตกต่างกันในเรื่องความสำคัญของวัตถุประสงค์ในการจัดการ ในงานวิจัยครั้งนี้ ค่าน้ำหนักความสำคัญของน้ำที่มีต่อกิจกรรม (w_k) จะเป็นตัวที่ทำให้แบบจำลอง มีความแตกต่างกัน ดังเช่น

1. การวางแผนการใช้น้ำกรณีที่ทุกวัตถุประสงค์มีความสำคัญเท่ากัน ในการหาคำตอบจะกำหนดให้ w_k มีค่าเท่ากับ 1

2. การวางแผนการใช้น้ำกรณีที่ทุกวัตถุประสงค์มีความสำคัญไม่เท่ากันในการหาคำตอบจะต้องมีการหาค่า w_k จากทุกฝ่ายที่มีส่วนเกี่ยวข้อง ซึ่งค่าของ w_k มีผลคำตอบในการจัดสรรน้ำแตกต่างกันดังนี้

2.1 กรณีที่ w_k แตกต่างกันไม่มาก คำตอบที่ได้จะจัดสรรปริมาณน้ำที่มีไปให้กิจกรรมต่าง ๆ มากน้อยก่อนหลังตาม w_k และค่าสัมประสิทธิ์ที่มีในแบบจำลอง

2.2 กรณีที่ w_k แตกต่างกันมาก คำตอบที่ได้จะจัดสรรปริมาณน้ำที่มีไปให้กิจกรรมที่มี w_k มากที่สุดจนบรรลุเป้าหมาย ส่วนกิจกรรมอื่น ๆ ก็จะได้ตาม w_k และค่าสัมประสิทธิ์ที่มีในแบบจำลอง

ทดสอบแบบจำลองด้วยข้อมูลการใช้น้ำในปี พ.ศ. 2542 ซึ่งมีการจัดเตรียมเป็นค่าสัมประสิทธิ์ และค่าทางขวามือซึ่งเป็นเป้าหมายของแบบจำลอง ถ้าผลการทดสอบที่ได้ไม่เหมาะสมที่สุดในภาพรวมจำเป็นจะต้องทำการปรับปรุงแบบจำลองใหม่ ในขั้นตอนนี้เริ่มต้นโดยการพัฒนาจากจุดบกพร่องของแบบจำลองในขั้นแรก คือตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองที่ใช้ เช่น ค่าสัมประสิทธิ์ ค่าทางขวามือหรือจำนวนทรัพยากร เครื่องหมายในสมการ ถ้าทำการปรับปรุงและทดสอบแบบจำลองแล้วทำการทดสอบแบบจำลอง

ใหม่ ซึ่งผลการทดสอบของแบบจำลอง จะต้องผ่านเกณฑ์ของแบบจำลอง และเกณฑ์ของผู้วิจัยดังนี้

1. เกณฑ์ของแบบจำลอง คือ แบบจำลองจะยืนยันว่าคำตอบที่ได้ เหมาะสมที่สุดแล้ว

2. เกณฑ์จากผู้วิจัย คือ ผู้วิจัยวิเคราะห์คำตอบโดยพิจารณาความเป็นเหตุเป็นผลของคำตอบที่ได้ และมีการทดสอบความเที่ยงโดยการเปลี่ยนแปลงค่าสัมประสิทธิ์และค่าทางขวามือว่าคำตอบที่ได้เปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกันหรือไม่ ถ้าไปในทิศทางเดียวกันแสดงว่าแบบจำลองนี้สามารถนำไปใช้ในการวางแผนได้

3. เกณฑ์จากผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง คือ ผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้อง เช่น เทศบาลนครหาดใหญ่ สำนักงานทรัพยากรธรณีจังหวัดสงขลา สำนักงานประปาสงขลา ประชาชนผู้ใช้น้ำ เป็นผู้พิจารณาผลการทดสอบแบบจำลองทั้งสามแบบ แล้วตัดสินใจว่าแบบจำลองใดที่เหมาะสมที่สุดในการนำไปใช้วางแผนการใช้น้ำ

ปริมาณน้ำที่จัดสรรให้แต่ละกิจกรรมซึ่งได้จากการทดสอบแบบจำลองแสดงดังตาราง 41, 42 และ 43

ตาราง 41 แสดงการใช้น้ำกรณีที่ทุกวัตถุประสงค์ในการดำเนินงานมีความสำคัญเท่ากัน

กิจกรรม	น้ำหนักความสำคัญ	ปริมาณน้ำที่กิจกรรมใช้จากแหล่งน้ำ (x 10^3 ลบ.ม.)			
		น้ำประปา	น้ำบาดาล	น้ำผิวดิน	ปริมาณน้ำรวม
ครัวเรือน	1	487.069	289.061	596.439	1,372.569
วัด/ศาสนสถาน	1	4.862	0.000	0.000	4.862
โรงเรียน/สถานที่ราชการ	1	49.017	0.000	0.000	49.017
ตลาด	1	33.726	0.000	0.000	33.726
โรงพยาบาล	1	61.870	0.000	0.000	61.871
โรงแรม	1	435.840	0.000	0.000	435.840
ภัตตาคาร/ร้านอาหาร	1	0.366	15.106	0.000	15.472
อาบอบนวด	1	8.636	0.000	0.000	8.636
อุตสาหกรรม	1	86.634	0.000	0.000	86.634
การเกษตร	1	0.000	0.000	0.000	0.000
ประปา	1	0.000	0.000	2,920.000	2,920.000
ปริมาณน้ำรวม		1,168.000	304.167	3,516.460	4,988.627

ตาราง 42 แสดงการใช้น้ำ กรณีที่ทุกวัตถุประสงค์ในการดำเนินงานมีความสำคัญไม่เท่ากันและความสำคัญไม่แตกต่างกันมาก

กิจกรรม	น้ำหนักความสำคัญ	ปริมาณน้ำที่กิจกรรมใช้จากแหล่งน้ำ (x 10^3 ลบ.ม.)			
		น้ำประปา	น้ำบาดาล	น้ำผิวดิน	ปริมาณน้ำรวม
ครัวเรือน	0.15	1019.495	304.167	48.907	1,372.569
วัด/ศาสนสถาน	0.08	0.000	0.000	4.862	4.862
โรงเรียน/สถานที่ราชการ	0.11	0.000	0.000	49.017	49.017
ตลาด	0.10	0.000	0.000	33.726	33.726
โรงพยาบาล	0.16	61.871	0.000	0.000	61.871
โรงแรม	0.09	0.000	0.000	435.840	435.840
ภัตตาคาร/ร้านอาหาร	0.08	0.000	0.000	15.472	15.472
อาบอบนวด	0.05	0.000	0.000	8.636	8.636
อุตสาหกรรม	0.09	86.634	0.000	0.000	86.634
การเกษตร	0.09	0.000	0.000	0.000	0.000
ประปา	-	0.000	0.000	2,920.000	2,920.000
ปริมาณน้ำรวม		1,168.000	304.167	3,516.460	4,988.627

ตาราง 43 แสดงการใช้น้ำ กรณีที่ทุกวัตถุประสงค์ในการดำเนินงานมีความสำคัญไม่เท่ากันและความสำคัญแตกต่างกันมาก

กิจกรรม	ลำดับความสำคัญ	ปริมาณน้ำที่กิจกรรมใช้จากแหล่งน้ำ (x 10^3 ลบ.ม.)			
		น้ำประปา	น้ำบาดาล	น้ำผิวดิน	ปริมาณน้ำรวม
ครัวเรือน	1	1,068.400	304.167	0.000	1,372.569
วัด/ศาสนสถาน	2	0.000	0.000	4.862	4.862
โรงเรียน/สถานที่ราชการ	2	0.000	0.000	49.017	49.017
ตลาด	2	0.000	0.000	33.726	33.726
โรงพยาบาล	2	0.000	0.000	61.871	61.871
โรงแรม	2	4.328	0.000	431.512	435.840
ภัตตาคาร/ร้านอาหาร	2	0.000	0.000	15.472	15.472
อาบอบนวด	2	8.636	0.000	0.000	8.636
อุตสาหกรรม	2	86.634	0.000	0.000	86.634
การเกษตร	2	0.000	0.000	0.000	0.000
ประปา	2	0.000	0.000	2,920.000	2,920.000
ปริมาณน้ำรวม		1,168.000	304.167	3,516.460	4,988.627

ผลการทดสอบแบบจำลองทั้งสามแบบ พบว่าปริมาณน้ำที่ทุกกิจกรรมได้รับและปริมาณน้ำจากแหล่งน้ำที่นำมาใช้มีค่าเท่ากัน เนื่องจากทุกแบบจำลองได้กำหนดเป้าหมายปริมาณน้ำที่แต่ละกิจกรรมต้องการและปริมาณน้ำในแหล่งน้ำที่นำมาใช้เท่ากัน แต่รูปแบบการจัดสรรน้ำจากแหล่งน้ำไปให้กิจกรรมต่าง ๆ จะแตกต่างกัน เนื่องจากการให้น้ำหนักความสำคัญของวัตถุประสงค์ในการดำเนินงานที่แตกต่างกัน โดยที่ ค่าน้ำหนักความสำคัญของน้ำที่มีต่อกิจกรรมใด มีค่ามากที่สุดก็จะได้รับการจัดสรรน้ำก่อนกิจกรรมที่น้ำมีความสำคัญน้อยกว่า ในส่วนของการจัดสรรปริมาณน้ำผิวดินให้กิจกรรมต่าง ๆ ใช้ยกเว้น การประปา ผลการทดสอบดังกล่าวชี้ให้เห็นว่าปริมาณน้ำที่มีคุณภาพในการนำไปใช้ไม่พอเพียงต่อความต้องการ ซึ่งกิจกรรมต่าง ๆ จะไม่นำน้ำผิวดินมาใช้เนื่องจากมีค่าใช้จ่ายสูงและมีความยุ่งยาก แต่จะใช้น้ำบาดาลแทนซึ่งการใช้น้ำบาดาลในปริมาณมากนำไปสู่ปัญหาได้ สำนักงานประปาสงขลาควรผลิตน้ำประปาเพิ่มเพื่อรองรับความต้องการของกิจกรรมต่างๆ

ผลการตัดสินใจจากผู้มีส่วนเกี่ยวข้องกับการใช้น้ำภายในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ได้ลงความเห็นว่าแบบจำลองที่ทุกวัตถุประสงค์ในการดำเนินงานมีความสำคัญไม่เท่ากันและความสำคัญนั้นไม่แตกต่างกันมาก มีความเหมาะสมที่สุดในการนำไปใช้เนื่องจาก ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องได้ให้เหตุผลว่า น้ำมีความสำคัญต่อกิจกรรมไม่เท่ากันแต่ก็ไม่แตกต่างกันมาก ดังนั้นในการพิจารณาจัดสรรน้ำนอกจากค่าใช้จ่ายแล้ว ค่าน้ำหนักความสำคัญของน้ำก็ควรนำมาคิดด้วย ส่วนแบบจำลองที่ทุกวัตถุประสงค์ในการดำเนินงานมีความสำคัญไม่เท่ากันและความสำคัญนั้นแตกต่างกันมาก ไม่เหมาะสมเนื่องจาก ทุกกิจกรรมน้ำมีความสำคัญแม้จะไม่เท่ากัน แต่การให้กิจกรรมใดที่น้ำมีความสำคัญมากกว่าได้น้ำจนบรรลุความต้องการแล้วน้ำที่เหลือจึงจัดสรรให้แก่กิจกรรมอื่น ๆ ก็ไม่เหมาะสมในทางปฏิบัติ

การทดสอบความเที่ยงของแบบจำลอง โดยการเปลี่ยนแปลงจำนวนทรัพยากรหรือค่าทางขวามือ เช่น การเปลี่ยนแปลง งบประมาณที่ยอมจ่ายในการใช้น้ำ และปริมาณน้ำที่กิจกรรมโรงแรมใช้ การเปลี่ยนแปลงค่าสัมประสิทธิ์ เช่น การเปลี่ยนแปลงอัตราค่าน้ำประปา เป็นต้น แล้วพิจารณาคำตอบซึ่งก็คือ ปริมาณน้ำที่จัดสรรให้แต่ละกิจกรรม ว่ามีทิศทางการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกันกับการเปลี่ยนแปลงทรัพยากรหรือไม่ ผลที่ได้

พบว่าการเปลี่ยนแปลงของคำตอบไปในทิศทางเดียวกับการเปลี่ยนแปลงจำนวนทรัพยากร และ ค่าสัมประสิทธิ์ นั้นคือแบบจำลองมีความเที่ยงในการใช้งานจริง

การนำแบบจำลองการวางแผนการใช้น้ำไปใช้ในอนาคต ปี พ.ศ. 2552 ผู้วิจัยได้กำหนดสถานการณ์ที่อาจจะเกิดในอนาคตแล้วใช้แบบจำลองทั้งสามแบบในการวางแผนการใช้น้ำพบว่า

1. สถานการณ์ปริมาณน้ำที่ปริมาณน้ำเท่าเดิมอัตราการใช้น้ำเพิ่มขึ้น

ผลการทดสอบพบว่าปริมาณน้ำในแหล่งน้ำที่มีไม่พอเพียงกับปริมาณความต้องการน้ำของกิจกรรม ซึ่งปริมาณน้ำดังกล่าวเท่ากับ 71,747 ลูกบาศก์เมตรต่อเดือน ส่งผลให้บางกิจกรรมไม่ได้รับการจัดสรรน้ำ ซึ่งผลการทดสอบสะท้อนให้เห็นว่า ปัญหาการขาดแคลนน้ำและปัญหาการขัดแย้งการใช้น้ำ คงเกิดขึ้นแน่ในอนาคต ซึ่งผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้อง ควรมีการเตรียมตัวป้องกันโดยการนำมาตรการจัดการทรัพยากรน้ำทั้งทางด้านอุปสงค์และอุปทานเข้ามาใช้ เช่น การหาแหล่งน้ำเพิ่มเติม รณรงค์ให้กิจกรรมต่าง ๆ ประหยัดการใช้น้ำ และมีการควบคุมการขยายตัวของกิจกรรมต่าง ๆ ภายในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ เพื่อป้องกันปัญหาที่จะเกิดขึ้นในอนาคต

2. สถานการณ์ที่แหล่งน้ำเท่าเดิมอัตราการใช้น้ำลดลง

สถานการณ์ดังกล่าวเปรียบได้กับการนำมาตรการจัดการด้านอุปสงค์มาใช้ โดยผู้วิจัยได้สมมติกรณีที่มีการใช้น้ำอย่างประหยัดด้วยอัตราการใช้น้ำที่การประปาส่วนภูมิภาคคิดไว้ดังตารางการใช้น้ำในภาคผนวก ก4. พบว่าถึงแม้กิจกรรมจะขยายตัวแต่ถ้าทุกกิจกรรมใช้น้ำด้วยอัตราที่ลดลงปริมาณน้ำในแหล่งน้ำที่มีภายในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่จะพอเพียงแก่ความต้องการ และลดปัญหาการขัดแย้งที่อาจจะเกิดขึ้นได้ในอนาคตได้

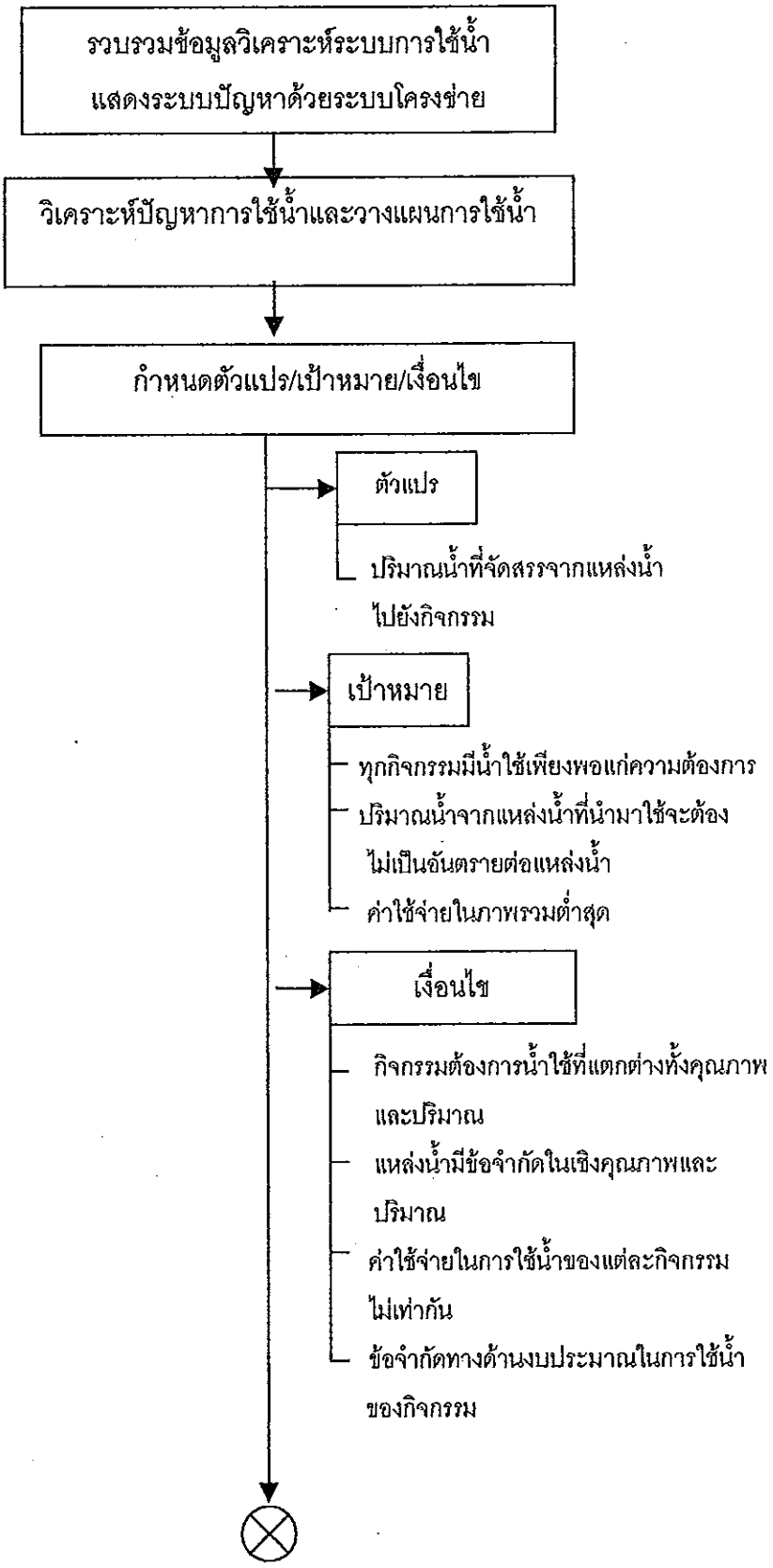
3. สถานการณ์ที่แหล่งน้ำลดลงอัตราการใช้น้ำลดลง

สถานการณ์เปรียบได้กับการนำมาตรการด้านอุปสงค์มาใช้ แต่ถ้าเกิดภาวะแห้งแล้ง หรือแหล่งน้ำเสื่อมคุณภาพ ปริมาณน้ำที่มีในแหล่งน้ำคงไม่เพียงพอแก่ความต้องการ โดยการนำข้อมูลปริมาณน้ำในปี พ.ศ. 2533 ซึ่งเป็นปีที่เกิดความแห้งแล้งปริมาณฝนน้อยดังนั้นปริมาณน้ำในคลองอู่ตะเภามีน้อยมากไม่สามารถนำมาใช้ได้ ดังนั้นจึงมีการนำน้ำจากนอกระบบเข้ามาเท่ากับ 11.20 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อเดือน เพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการ ซึ่งผลการจัดสรรเหมือนกับกรณีที่แหล่งน้ำมีเท่าเดิมแต่อัตราการใช้ลดลง ซึ่งในกรณีที่แหล่งน้ำลดลงอัตราการใช้ลดลงผู้มีส่วนเกี่ยวข้องต้องนำมาตรการการจัดการด้านอุปทานเข้ามาใช้ โดยการพัฒนาแหล่งน้ำเพิ่มเติมหรือ จัดหา จัดซื้อ น้ำจากแหล่งน้ำ

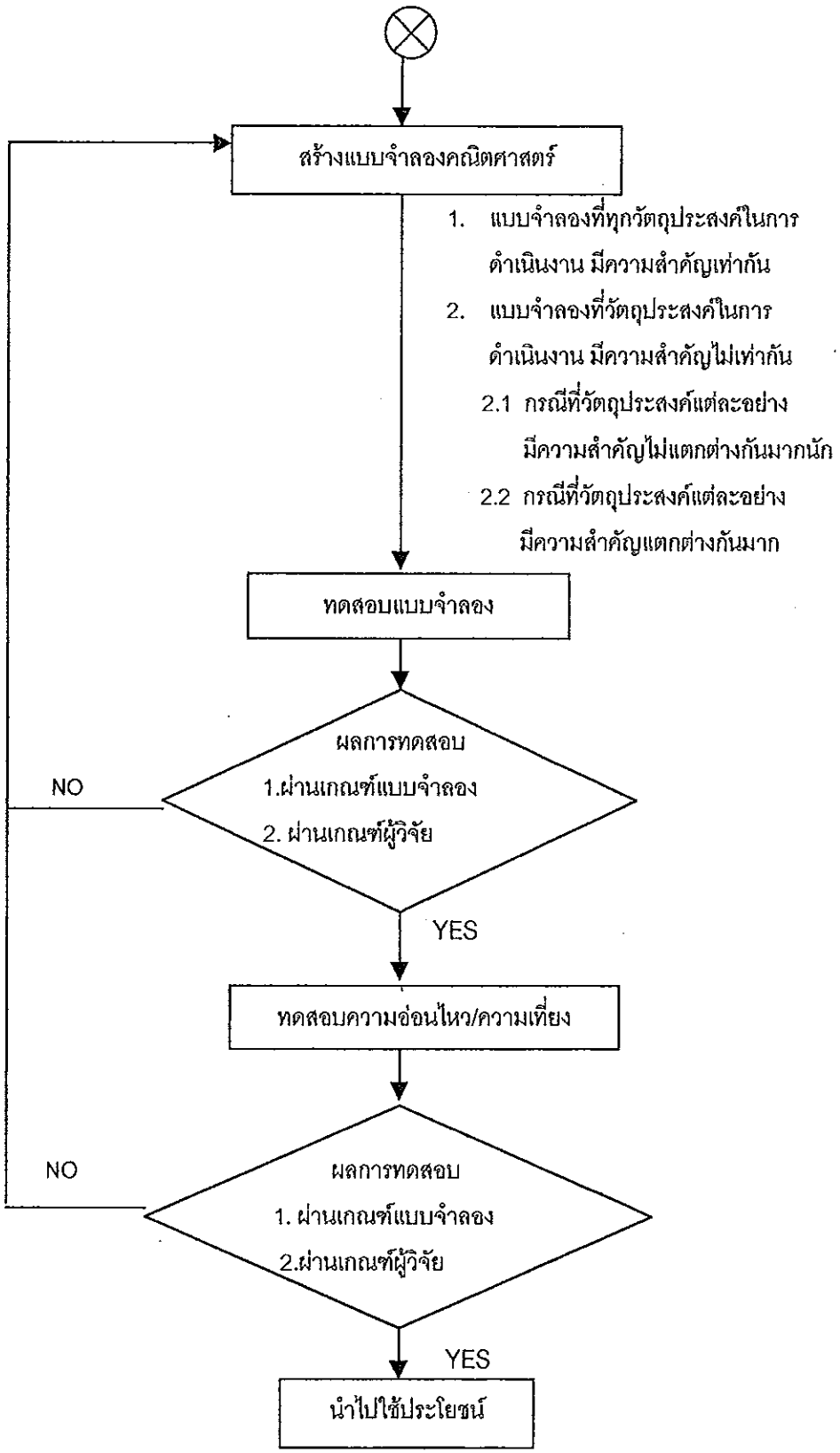
นอกระบบรวมทั้งการ การดูแลรักษาต้นน้ำลำธาร เพื่อให้แหล่งน้ำนั้นมีคุณภาพที่ดีและปริมาณเพียงพอต่อความต้องการของกิจกรรมต่าง ๆ ในขณะเดียวกันต้องมีการจัดการด้านอุปสงค์ โดยการรณรงค์การประหยัดน้ำ การนำกลไกลทางด้านราคามาใช้ การจัดลำดับความสำคัญ เป็นต้น

การนำแบบจำลองไปใช้ในการวางแผนการใช้น้ำจริง ควรจะมีการพูดคุยกับเทศบาลนครหาดใหญ่ในฐานะผู้ดูแลกิจกรรมต่าง ๆ ภายในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ และตัวแทนของหน่วยงานต่าง ๆ ที่มีส่วนเกี่ยวข้อง รวมทั้งตัวแทนของกิจกรรมต่างๆ ที่เป็นผู้ใช้น้ำ เพื่อวางแผนการใช้น้ำ ซึ่งผลจากการพูดคุยนำมาปรับปรุงเป้าหมายและเงื่อนไขในการปฏิบัติงาน ซึ่งจะนำไปสู่การเลือกแบบจำลองที่มีรูปแบบตามที่ต้องการ และการปรับแบบจำลองให้เหมาะสมสอดคล้องกับสถานการณ์จริง จากนั้นจึงทดสอบแบบจำลองถ้าแบบจำลองให้คำตอบไม่เหมาะสมก็จะกลับไปปรับแบบจำลองใหม่ แล้วทำการทดสอบแบบจำลองใหม่ทำดังขั้นตอนนี้ จนกว่าแบบจำลองจะให้คำตอบที่เหมาะสมตรงกับความต้องการของทุกฝ่าย เมื่อแบบจำลองให้คำตอบที่ทุกฝ่ายพอใจจึงนำแผนการใช้น้ำดังกล่าวไปใช้ในสถานการณ์จริง

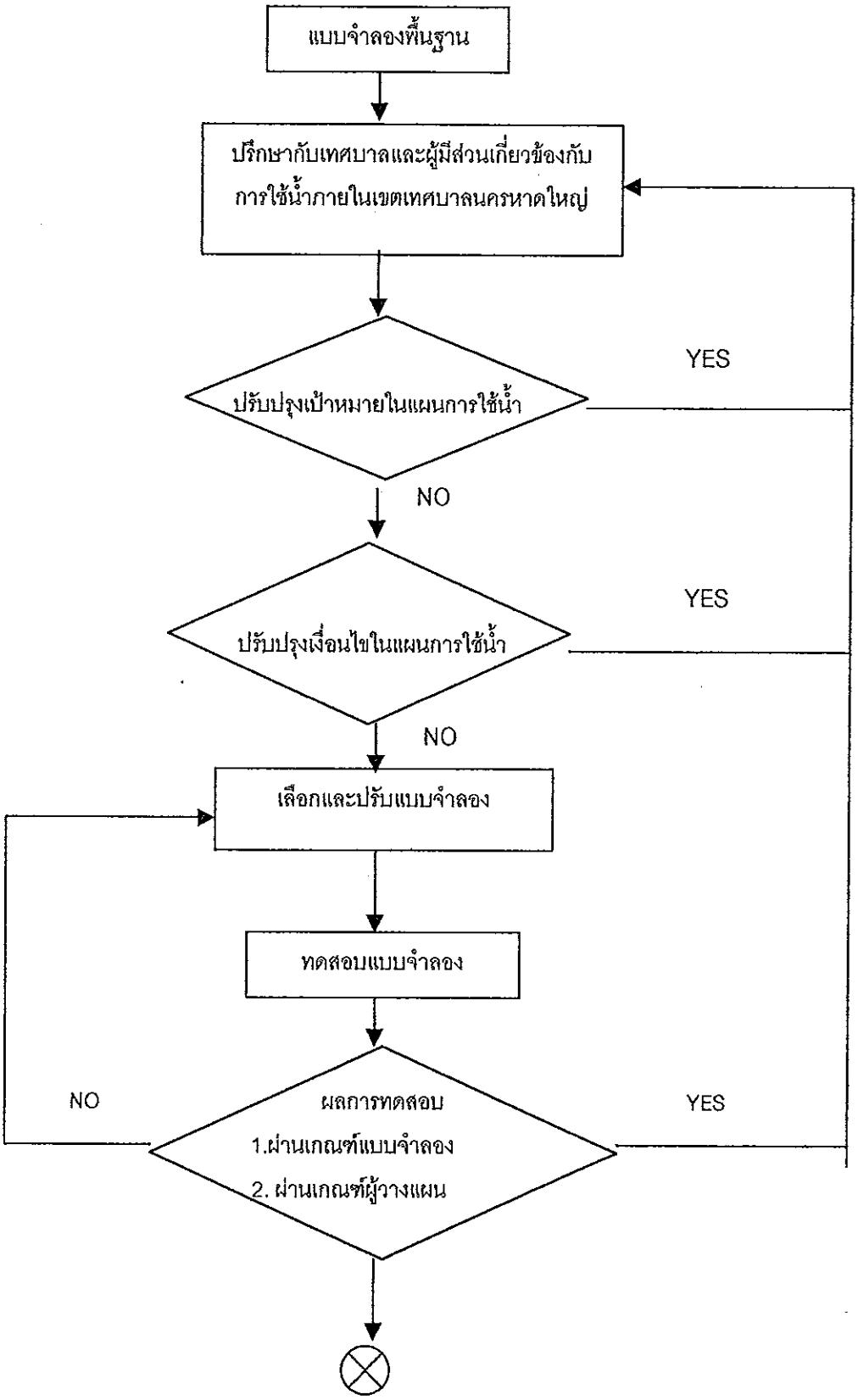
ขั้นตอนการสร้างแบบจำลองพื้นฐานและแบบจำลองที่สามารถนำไปใช้ในการวางแผนการใช้น้ำจริง สามารถสรุปได้ดังภาพประกอบ 31 และ 32 ตามลำดับ



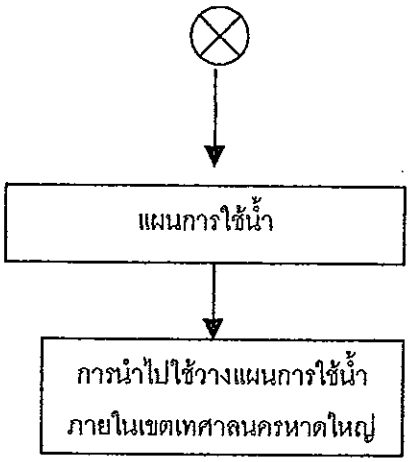
ภาพประกอบ 31 ขั้นตอนการสร้างแบบจำลองพื้นฐาน



ภาพประกอบ 31 ขั้นตอนการสร้างแบบจำลองพื้นฐาน (ต่อ)



ภาพประกอบ 32 ขั้นตอนการนำแบบจำลองไปใช้ในการวางแผนการใช้น้ำ



ภาพประกอบ 32 ขั้นตอนการนำแบบจำลองไปใช้ในการวางแผนการใช้น้ำ (ต่อ)

2 ข้อเสนอแนะ

2.1 ข้อเสนอแนะโดยทั่วไป

จากการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยพบว่ามีปัญหาหลายอย่าง จึงขอเสนอแนวทางเกี่ยวกับการวางแผนการใช้น้ำโดยทั่วไปดังนี้

2.1.1 ในการทำวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยมีข้อจำกัดของเวลา การเงิน พื้นฐานความรู้ของผู้ทำวิจัย ดังนั้นแบบจำลองเชิงพหุวัตถุประสงค์โดยใช้แนวทางเชิงเป้าหมายที่ผู้วิจัยใช้ในการวางแผนการใช้น้ำ จึงมีการตั้งขอกำหนดและเงื่อนไข เพื่อให้ข้อมูลบางส่วนที่นำมาใช้และผลการศึกษาที่ได้เป็นที่ยอมรับ ซึ่งในการนำไปใช้ผู้ใช้จะต้องเข้าใจและยอมรับผลการศึกษาที่ได้ภายใต้ข้อกำหนดและเงื่อนไขที่ผู้ทำวิจัยตั้งไว้

2.1.2 การวางแผนการใช้น้ำโดยผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้อง

ควรมีการวางแผนการใช้น้ำโดยให้ เทศบาลนครหาดใหญ่ในฐานะผู้ดูแลความเป็นอยู่ของทุกกิจกรรม สำนักงานทรัพยากรธรณีจังหวัดสงขลาในฐานะผู้ดูแลน้ำใต้ดิน สำนักงานประปาสงขลาในฐานะผู้ผลิต และผู้ใช้น้ำ รวมทั้งตัวแทนของทุก ๆ กิจกรรมที่มีการใช้น้ำ เพื่อทำการวางแผน กำหนดวัตถุประสงค์ เงื่อนไขและเป้าหมายในการจัดการเพื่อให้ปริมาณน้ำที่จัดสรรให้แต่ละกิจกรรมมีความเป็นธรรมที่สุด

2.1.3 ในงานวิจัยครั้งนี้ได้นำแบบจำลองไปใช้ในการการวางแผนการใช้น้ำในปี 2552 ในกรณี แหล่งน้ำมีปริมาณเท่าเดิมแต่อัตราการใช้เพิ่มขึ้น พบว่าปริมาณน้ำไม่เพียงพอเท่ากับ 71,747 ลูกบาศก์เมตรต่อเดือนซึ่งผู้วิจัยเสนอว่าควรนำการจัดการด้านอุปสงค์มาใช้ เช่น กลไกลทางด้านราคา มาตรการทางด้านกฎหมาย มาตรการจูงใจประชาสัมพันธ์ ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้นำแบบจำลองไปใช้วางแผนกรณีแหล่งน้ำมีปริมาณเท่าเดิมอัตราการใช้ลดลง ซึ่งเป็นการนำการนำการจัดการด้านอุปสงค์มาใช้ พบว่าปริมาณน้ำที่มีเพียงพอต่อความต้องการของกิจกรรมโดยไม่ต้องหาแหล่งน้ำเพิ่มเติม

2.1.4 การวางแผนการใช้น้ำในปี 2552 กรณี แหล่งน้ำมีปริมาณลดลงและอัตราการใช้ลดลง ในกรณีนี้ได้มีการนำการจัดการด้านอุปสงค์มาใช้แต่พบว่าปริมาณน้ำไม่เพียงพอเท่ากับ 11.20 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อเดือน ซึ่งผู้วิจัยเสนอว่าควรนำการจัดการด้านอุปทานมาใช้ เพื่อแก้ปัญหาเช่น

2.1.4.1 การจัดการด้านอุปทาน เช่น การจัดการต้นน้ำลำธาร การพัฒนาแหล่งน้ำใหม่เพื่อรองรับความต้องการที่เพิ่มในอนาคต

2.1.5 การวางแผนการใช้น้ำในปี พ.ศ. 2552 กรณีที่ปริมาณน้ำในแหล่งน้ำลดลง และอัตราการใช้ลดลง กรณีดังกล่าวจากการศึกษาพบว่า ในเดือน พ.ค-ส.ค. ปริมาณน้ำในแหล่งน้ำไม่เพียงพอต่อความต้องการประมาณ 11.20 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อเดือน ในการพัฒนาแหล่งน้ำใหม่เพื่อนำมารองรับความต้องการของกิจกรรมต่าง ๆ ในการใช้น้ำ จะต้องใช้งบประมาณในการพัฒนาเป็นจำนวนมาก ซึ่งผู้วิจัยขอเสนอแนะว่าในสถานการณ์ที่เกิดความแห้งแล้งปริมาณน้ำไม่เพียงพอ ควรจะประสานกับกรมชลประทานซึ่งเป็นผู้ดูแล อ่างเก็บน้ำจำไหร และอ่างเก็บน้ำคลองหลา ซึ่งแหล่งน้ำดังกล่าวอยู่ห่างจากเทศบาลนครหาดใหญ่ประมาณ 35 กิโลเมตร

อ่างเก็บน้ำจำไหรมีความจุในการเก็บน้ำได้ 6 ล้านลูกบาศก์เมตร

อ่างเก็บน้ำจำไหรสามารถจ่ายน้ำได้ประมาณ 0.5 ล้านลูกบาศก์เมตร /เดือน

อ่างเก็บน้ำคลองหลามีความจุในการเก็บน้ำได้ 25 ล้านลูกบาศก์เมตร

อ่างเก็บน้ำจำไหรสามารถจ่ายน้ำได้ประมาณ 3 ล้านลูกบาศก์เมตร /เดือน

ปริมาณน้ำรวมที่ได้จากอ่างเก็บน้ำทั้งสองประมาณ 3.5 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อเดือน

จะเห็นได้ว่าปริมาณที่ได้ยังไม่เพียงพอต่อความต้องการ ผู้วิจัยเสนอทางเลือกในการจัดการปริมาณน้ำที่มีให้เพียงพอต่อความต้องการ โดยไม่ต้องพัฒนาแหล่งน้ำใหม่ โดยการปรับเปลี่ยนปริมาณน้ำในแหล่งน้ำที่ควรเหลือไว้เพื่อรักษาสภาพแวดล้อมของแหล่งน้ำไม่ให้เป็นอันตราย จะเปลี่ยนปริมาณน้ำที่เก็บให้เหลือเพียง 5.07 ล้านลูกบาศก์เมตร เพื่อป้องกันการรุกตัวของน้ำเค็ม ดังวิธีการคิดในภาคผนวก ข. ซึ่งวิธีการคิดดังกล่าว ส่งผลให้ปริมาณน้ำที่นำมาใช้เพิ่มขึ้น และปริมาณน้ำที่ต้องหาเพิ่มให้กับแหล่งน้ำเพียง 3.49 ล้านลูกบาศก์/เดือน เท่านั้น ถ้าแหล่งน้ำได้รับน้ำเพิ่มจากอ่างเก็บน้ำจำไหร และอ่างเก็บน้ำคลองหลาในปริมาณ 3.5 ล้านลูกบาศก์เมตร/เดือน จะพบปริมาณน้ำเพียงพอต่อความต้องการ

2.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

จากการวิจัยครั้งนี้ใคร่ขอเสนอแนะงานวิจัยเชิงลึกในประยุกต์ระบบโครงข่ายในการวางแผนการใช้น้ำ ดังนี้

2.2.1 การศึกษาขีดความสามารถของแหล่งน้ำธรรมชาติในกรณีที่มีการใช้น้ำจากแหล่งน้ำ

2.2.2 การศึกษาความเต็มใจที่จะจ่ายในการใช้น้ำของกิจกรรมต่าง ๆ ภายในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่

2.2.3 การศึกษาน้ำหนักความสำคัญของน้ำที่มีต่อกิจกรรมต่าง ๆ ภายในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่

บรรณานุกรม

เกรียงศักดิ์ ศรีสุข. 2542. "การบริหารจัดการแหล่งน้ำใต้ดิน" ใน การฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ เรื่อง การจัดการทรัพยากรน้ำในชุมชนเมือง. สงขลา : คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์. 2536. วิศวกรรมการประปา. กรุงเทพฯ : มิตรนราการพิมพ์.

ไกรศร จิตรธรรม. 2532. วิธีคอมพิวเตอร์เพื่อการวิจัยดำเนินงาน. เชียงใหม่ : คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

คณิค ไข่มุกต์. 2525. วิธีการทางสถิติเพื่อการวิจัยดำเนินงาน. ปัตตานี : มหาวิทยาลัยสงขลา-นครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี.

ชัยธวัช เสาวพนธ์. 2542. "ปัญหาการจัดการรทรัพยากรน้ำในเขตชุมชนเมืองของประเทศในเอเชียและแปซิฟิก" ใน การฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการเรื่อง การจัดการทรัพยากรน้ำในชุมชนเมือง. คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

บริษัทซีเทค อินเตอร์เนชั่นแนล. 2538. โครงการศึกษาเพื่อจัดลำดับความสำคัญ การจัดน้ำเสียชุมชน. รายงานฉบับสมบูรณ์ สำนักงาน นโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม กองนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม.

นิวัติ เรืองพานิช. 2533. การอนุรักษ์ทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตร-ศาสตร์.

นิสัย วนากุล. 2542. บรรยาย เรื่องแบบจำลองเพื่อการจัดการแหล่งน้ำใต้ดิน. คณะการจัดการ-สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 4 กุมภาพันธ์ 2542.

พิชิต สุขเจริญพงศ์. 2535. "การโปรแกรมเชิงเส้น การแก้ปัญหาด้วยวิธีซิมเพล็ก" ใน เอกสารการสอนชุดวิชาการวิจัยดำเนินงาน. นนทบุรี : สาขาวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยสุโขทัย-ธรรมมาธิราช.

ไพโรจน์ เกรียงศิริ. 2538. การจัดการด้านวิศวกรรมและการหาความเหมาะสมกับทรัพยากรน้ำ. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. อ้างจาก Boland, J.J. ; Baumann, D.D. and Dziegielewd\ski. An Assesment of Municipal and Industrial Water Use Forecasting Approaches. Contract Report 81-C05, U.S. Army Engineer Institute For water Resource, Fort Belvoir, va.

เพ็ญพร เจนการกิจ. 2542. "เศรษฐศาสตร์ในการจัดการทรัพยากรน้ำ" ใน การฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ เรื่อง การจัดการทรัพยากรน้ำในชุมชนเมือง. สงขลา : คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

วิจิตร ตัณฑสุทธิ์, วันชัย ริจิรวณิช และ ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ. 2527. การวิจัยดำเนินการ. กรุงเทพ : ซีเอ็ดยูเคชั่น.

วิจิตร ตัณฑสุทธิ์. 2531. การวิจัยดำเนินการภาค deterministic. กรุงเทพ : ซีเอ็ดยูเคชั่น.

ศรีสะอาด ตั้งประเสริฐ. 2542 การจัดการทรัพยากรน้ำในประเทศไทย. กรุงเทพฯ : ภาควิชาภูมิศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

มั่นสิน ตัณฑุลเวศน์. 2526. วิศวกรรมการประปาเล่ม 1. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ยอดดวง พันธ์นารา. 2632. โปรแกรมสำเร็จรูป ทฤษฎีการจำลองแบบข่ายงาน. สงขลา : ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ลักษณา เนาว์รัตน์. 2534. "ความสามารถในการรองรับของเสียของคลองอู่ตะเภา(The Waste-Loading Capacity of Kholng U-tapao)", วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. (สำเนา)

สภา สกุลแก้ว. 2539. สภาพน้ำบาดาลบริเวณแอ่งหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา. กรุงเทพ : ฝ่ายอุทกธรณีวิทยา กองน้ำบาดาล กรมทรัพยากรธรณี

สมคิด แก้วสนธิ. 2530. ลีเนียร์โปรแกรม หลักและการประยุกต์. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์-มหาวิทยาลัย.

สมบัติ พุทธจักร. 2532. เทอร์โมไดนามิกส์. ปัตตานี : คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ .

สมบูรณ์ เจริญจิระตระกูล. 2535. การประยุกต์ลิเนียร์โปรแกรมมิ่งเพื่อการวางแผนการผลิตและการจัดการทางการเกษตร. สงขลา : คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลา-นครินทร์.

สำนักงานทะเบียนท้องถิ่น, เทศบาลนครหาดใหญ่. 2541.

สำนักชลประทาน 12, กรมชลประทาน. 2544

สุรพล อารีย์กุล. 2535. ศักยภาพน้ำบาดาลในแอ่งหาดใหญ่. สงขลา : คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

อโนทัย อุเทนสุต. 2539. "น้ำ", ใน สถานการณ์สิ่งแวดล้อมไทย 2539. นฤมล อภินิเวศ และไพศาล เปี่ยมเมตตาวัฒน์, บรรณาธิการ. กรุงเทพฯ : มูลนิธิโลกสีเขียว.

เอส เอส กรุ๊ป ร่วมค้า. 2538. โครงการออกแบบรวบรวมและบำบัดน้ำเสียรวม เทศบาลนครหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา . รายงานการสำรวจแหล่งกำเนิดมลพิษ. เทศบาลนครหาดใหญ่

เอส เอส กรุ๊ป ร่วมค้า. 2539. โครงการออกแบบรวบรวมและบำบัดน้ำเสียรวม เทศบาลนครหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา . รายงานฉบับสุดท้ายการสำรวจแหล่งกำเนิดมลพิษ. เทศบาลนครหาดใหญ่

Bazaraa, M.S. and Jarvis, J.J. 1977. Linear Programming and Network Flows. New York : John Wiley & Sons, Inc.

C. Lotti & Assosiati. 1989. Water Supply Project for Nine Provincial Town Hadyai – Songkhla Master plan and Feasibility Study. Volume 1 : Main Report and Executive Summary. Provincial Waterworks Authority.

Eppen, G.D. : Gound, F.J. and Schmide, c. 1979-1988. Quantitative Concept for Management. 2d ed. Englewood Cliffs. New Jersey : Prentice-Hall, Inc.

Halhal, D.,*et al.* 1997. "Water Network Rehabilitation with Structured Messy Genetic Algorithm", Journal Water Resource Planning and Management. 123 (May./Jun.)

Jewell, T.K. 1986. A System Approach to Civil Engineering Planning and Design. New York : Harpeer & Row, Publishers, Inc.

Khaliquzzman and Chander, Subhash. 1997. "Network Flow Programming Model for Multireservior Sizing", Journal Water Resource Planning and Management. 123(Jan./Feb.).

Philips, D.T. 1981. Fundamentals of Network Analysis. Englewood Cliffs. New Jersey : Prentice-Hall, Inc.

Whitehouse, G.E. 1973. System Analysis and Design Using Network Technique. Englewood Cliffs. New Jersey : Prentice-Hall, Inc. quoting Murdick, R.G. and Ross, J.E., 1971. Information System for Modern Management. Englewood Cliff. New Jersey : Prentice-Hall, Inc.

Wilchfort, O. and Lund, J.R., 1997. "Shortage Management Modelling for Urban Water Supply System", Journal Water Resource Planning and Management. 123 (July./August.).

Zeleny M., 1982 Multiple Criteria Decision Making. McGraw-Hill , Inc.

ภาคผนวก

ตารางผนวก ก.1 แสดงกิจกรรม หน่วยของกิจกรรม และอัตราการใช้น้ำและปริมาณน้ำใช้รวม ภายในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ ปี 2542

กิจกรรม	หน่วย	จำนวน, หน่วย	จำนวน, กิจกรรม (แห่ง)	หน่วย/กิจกรรม (คน/กิจกรรม)	อัตราการใช้น้ำ (ลิตร/หน่วย/วัน)	ปริมาณน้ำใช้แต่ละกิจกรรม (ลิตร/วัน)	ปริมาณน้ำใช้แต่ละกิจกรรม (ลบ.ม./เดือน)	ปริมาณน้ำใช้รวมแต่ละกิจกรรม (ลบ.ม./เดือน)
1. ประชากรอยู่อาศัย(ครัวเรือน)	คน	176,382	35,276	5	256	1,279	39	1,372,569
2. วัด/ศาสนสถาน	คน	705	17	41	227	9,402	286	4,862
3. โรงเรียน/สถานที่ราชการ	คน	61,981	91	681	26	17,709	539	49,017
4. ตลาด	แผง	3,696	8	462	300	138,600	4,216	33,726
5.โรงพยาบาล	เตียง	1,954	5	391	1,041	406,823	12,374	61,871
6. โรงแรม	ห้อง	8,606	77	112	1,665	186,091	5,660	435,840
7.ภัตตาคาร/ร้านอาหาร	ที่นั่ง	9,782	543	18	52	937	28	15,472
8.อาบอบนวด	ห้อง	364	7	52	780	40,560	1,234	8,636
9.อุตสาหกรรม	-	-	199	-	-	14,643	445	88,634
10. การเกษตร	-	-	-	-	-	-	-	-
11.ประปา	แห่ง	-	1	-	-	-	2,920,000	2,920,000

ที่มา :

1-10 : เอส เอส กรุ๊ป ร่วมค้า (2539) โครงการออกแบบรวบรวมและบำบัดน้ำเสียรวม เทศบาลนครหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา

11 : สำนักงานประปาสงขลา การประปาส่วนภูมิภาค

ตารางผนวก ก.2 แสดงกิจกรรม หน่วยของกิจกรรม และอัตราการใช้น้ำและปริมาณน้ำใช้รวม ภายในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ ปี 2547

กิจกรรม	หน่วย	จำนวน, หน่วย	จำนวน, กิจกรรม (แห่ง)	หน่วย/กิจกรรม (คน/กิจกรรม)	อัตราการใช้น้ำ (ลิตร/หน่วย/วัน)	ปริมาณน้ำใช้ แต่ละกิจกรรม (ลิตร/วัน)	ปริมาณน้ำใช้ แต่ละกิจกรรม (ลบ.ม./เดือน)	ปริมาณน้ำใช้รวม แต่ละกิจกรรม (ลบ.ม./เดือน)
1. ประชากรอยู่อาศัย(ครัวเรือน)	คน	194,908	38,982	5	269	1,345	41	1,594,753
2. วัด/ศาสนสถาน	คน	778	17	46	239	10,938	333	5,656
3. โรงเรียน/สถานที่ราชการ	คน	68,432	91	752	27	20,304	618	56,200
4. ตลาด	แผง	4,080	8	510	315	160,650	4,886	39,092
5.โรงพยาบาล	เตียง	2,157	5	431	1,105	476,697	14,500	72,498
6. โรงแรม	ห้อง	9,315	77	121	1,749	211,584	6,436	495,546
7.ภัตตาคาร/ร้านอาหาร	ที่นั่ง	10,588	543	19	55	1,072	33	17,713
8.อาบอบนวด	ห้อง	364	7	52	820	42,640	1,297	9,079
9.อุตสาหกรรม	-	-	199	-	-	15,392	468	93,166
10. การเกษตร	-	-	-	-	-	-	-	-
11.ประปา	แห่ง	-	1	-	-	-	3,650,000	3,650,000

ที่มา :

1-10 : เอส เอส กรุ๊ป ร่วมค้า (2539) โครงการออกแบบรวบรวมและบำบัดน้ำเสียรวม เทศบาลนครหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา

11 : สำนักงานประปาสงขลา การประปาส่วนภูมิภาค

ตารางผนวก ก.3 แสดงกิจกรรม หน่วยของกิจกรรม และอัตราการใช้น้ำและปริมาณน้ำใช้รวม ภายในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ ปี 2552

กิจกรรม	หน่วย	จำนวน, หน่วย	จำนวน, กิจกรรม (แห่ง)	หน่วย/กิจกรรม (คน/กิจกรรม)	อัตราการใช้น้ำ (ลิตร/หน่วย/วัน)	ปริมาณน้ำใช้แต่ละกิจกรรม (ลิตร/วัน)	ปริมาณน้ำใช้แต่ละกิจกรรม (ลบ.ม./เดือน)	ปริมาณน้ำใช้รวมแต่ละกิจกรรม (ลบ.ม./เดือน)
1. ประชากรอยู่อาศัย(ครัวเรือน)	คน	213,433	42,687	5	283	1,415	43	1,837,213
2. วัด/ศาสนสถาน	คน	859	17	51	251	12,683	386	6,558
3. โรงเรียน/สถานที่ราชการ	คน	75,554	91	830	29	24,078	732	66,645
4. ตลาด	แผง	4,505	8	563	329	185,268	5,635	45,082
5.โรงพยาบาล	เตียง	2,381	5	476	1,140	542,868	16,512	82,561
6. โรงแรม	ห้อง	10,490	77	136	1,822	248,218	7,550	581,347
7.ภัตตาคาร/ร้านอาหาร	ที่นั่ง	11,924	543	22	58	1,274	39	21,036
8.อาบอบนวด	ห้อง	443	7	63	854	54,046	1,644	11,507
9.อุตสาหกรรม	-	-	199	-	-	15,854	482	95,965
10. การเกษตร	-	-	-	-	-	-	-	-
11.ประปา	แห่ง	-	1	-	-	-	4,380,000	4,380,000

ที่มา :

1-10 : เอส เอส กรุ๊ป ร่วมค้า (2539) โครงการออกแบบรวบรวมและบำบัดน้ำเสียรวม เทศบาลนครหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา

11 : สำนักงานประปาสงขลา การประปาส่วนภูมิภาค

ตารางผนวก ก.4 แสดงกิจกรรม หน่วยของกิจกรรม และอัตราการใช้น้ำและปริมาณน้ำใช้รวมที่มีการประหยัดการใช้น้ำ ภายในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ ปี 2552

กิจกรรม	หน่วย	จำนวน, หน่วย	จำนวน, กิจกรรม (แห่ง)	หน่วย/กิจกรรม	อัตราการใช้น้ำ (ลิตร/หน่วย/วัน)	ปริมาณน้ำใช้แต่ละกิจกรรม (ลิตร/วัน)	ปริมาณน้ำใช้แต่ละกิจกรรม (ลบ.ม./เดือน)	ปริมาณน้ำใช้รวมแต่ละกิจกรรม (ลบ.ม./เดือน)
1. ประชากรอยู่อาศัย(ครัวเรือน)	คน	213,433	42,687	5	215	1,075	33	1,395,763
2. วัด/ศาสนสถาน	คน	859	17	51	152	7,680	234	3,971
3. โรงเรียน/สถานที่ราชการ	คน	75,554	91	830	17	14,114	429	39,068
4. ตลาด	แผง	4,505	8	563	296	166,685	5,070	40,560
5.โรงพยาบาล	เตียง	2,381	5	476	657	312,863	9,516	47,581
6. โรงแรม	ห้อง	10,490	77	136	1,674	228,055	6,937	534,125
7.ภัตตาคาร/ร้านอาหาร	ที่นั่ง	11,924	543	22	52	1,142	35	18,860
8.อาบอบนวด	ห้อง	443	7	63	769	48,667	1,480	10,362
9.อุตสาหกรรม	-	-	199	-	-	14,269	434	86,369
10. การเกษตร	-	-	-	-	-	-	-	-
11.ประปา	แห่ง	-	1	-	-	-	4,380,000	4,380,000

ที่มา :

1-10 : เอส เอส กรุ๊ป ร่วมค้า (2539) โครงการออกแบบรวบรวมและบำบัดน้ำเสียรวม เทศบาลนครหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา

11 : สำนักงานประปาสงขลา การประปาส่วนภูมิภาค

: C.Lotti and Assosiate, 1989

หมายเหตุ กิจกรรม 1, 2, 3, 5, 6 คิดอัตราการใช้น้ำตาม C.Lotti and Assosiate, 1989

กิจกรรมอื่น ๆ จะลดอัตราการใช้น้ำลง 10 %

ภาคผนวก ข. วิธีการคิด ปริมาณน้ำใช้ของแหล่งน้ำ

น้ำผิวดิน

ข้อกำหนดวิธีการคิดปริมาณน้ำผิวดินที่นำมาใช้

ปริมาณน้ำผิวดินที่นำมาใช้ = ปริมาณน้ำผิวดินทั้งหมด – ปริมาณน้ำผิวดินที่ต้องเก็บรักษาในแหล่งน้ำ

ในงานวิจัยนี้จะคิดปริมาณน้ำที่นำมาใช้ได้รายเดือน ปริมาณน้ำทั้งหมดเป็นรายเดือนจะคิดจากตาราง 1

ตาราง 1 ปริมาณน้ำท่ารายเดือน (ล้านลูกบาศก์เมตร)

ช่วงปีสถิติข้อมูล	ปริมาณน้ำท่ารายเดือนเฉลี่ย (ล้าน ลบ.ม.)												ปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ย (ล้าน ลบ.ม.)
	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	
2510-2534	23.27	26.29	17.17	17.6	16.07	24.87	68.64	206.13	265.56	87.27	31.56	29.29	811.73

ที่มา : รายงานการวิจัย การศึกษาลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา (2541)

การคิดปริมาณน้ำที่นำมาใช้มี 2 กรณี

กรณีที่ 1

วิธีการคิดจะคิดจาก จากข้อมูลข้างต้นจะเลือกใช้ปริมาณน้ำในเดือน มิถุนายน-สิงหาคม ซึ่งเป็นช่วงที่มีปริมาณน้ำน้อยมาก โดยจะเลือกเดือนสิงหาคมเป็นตัวแทนเนื่องจากมีปริมาณน้ำน้อยที่สุดในช่วงหนึ่งปี ส่วนปริมาณน้ำที่ควรจะเหลือไว้ในแหล่งน้ำเพื่อรักษาสภาพน้ำในแหล่งน้ำไม่ให้เกิดสภาพปัญหาสิ่งแวดล้อม เช่น น้ำเค็มรุกตัว ในงานวิจัยนี้จะเลือกใช้ปริมาณน้ำในแหล่งน้ำที่ต้องเหลือไว้ในแหล่งน้ำเพื่อป้องกันสิ่งแวดล้อม 5.07 ล้านลูกบาศก์เมตร เนื่องจากในปี 2533 เกิดสภาวะความแห้งแล้ง ปริมาณน้ำฝนน้อย ทำให้ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนในคลองอู่ตะเภาเหลือ 3.00-5.07 ล้านลูกบาศก์เมตร ส่งผลให้เกิดปัญหาการขาดแคลนน้ำ และเป็นสาเหตุให้น้ำจากทะเลสาบสงขลาหนุนทะลักเข้าคลองอู่ตะเภา ทำให้เกิดการเสื่อมโทรมของลำน้ำ ดังนั้นปริมาณน้ำที่เหลือไว้รักษาแหล่งน้ำควรจะมีอย่างน้อย 5.07 ล้านลูกบาศก์เมตร ดังนั้นปริมาณน้ำในคลองอู่ตะเภาที่สามารถนำมาใช้ได้คือ

ปริมาณน้ำใช้ = ปริมาณน้ำที่มี – ปริมาณน้ำที่ต้องเก็บรักษาในแหล่งน้ำ

ปริมาณน้ำใช้ = 16.07 – 5.07 (ล้านลูกบาศก์เมตร)

ปริมาณน้ำใช้ = 11.00 (ล้านลูกบาศก์เมตร)

กรณีที่ 2

จะคิดปริมาณน้ำที่ควรเหลือไว้รักษาแหล่งน้ำ จากปริมาณน้ำที่ควรเหลือไว้เพื่อรองรับของเสียจากคลองอู่ตะเภา จาก วิทยานิพนธ์ ความสามารถในการรับของเสียของ (ลักษณา เนาวรัตน์, 2534) ควรเหลือน้ำ ไว้ประมาณ 22.00 ล้านลูกบาศก์เมตร ดังนั้นในช่วงเดือน พ.ค.-ส.ค. ซึ่งมีปริมาณน้ำเฉลี่ย 19.28 ล้านลูกบาศก์เมตร/เดือน ดังนั้นปริมาณน้ำในแหล่งน้ำจะไม่พอใช้ต้องหาแหล่งน้ำเสริม ส่วนปริมาณน้ำที่นำมาใช้ในช่วงเดือน ก.ย.-เม.ย. จะมีปริมาณน้ำท่ารายเดือนเฉลี่ยมีปริมาณเท่ากับ 91.82 ล้านลูกบาศก์เมตร/เดือน

ดังนั้นปริมาณน้ำในคลองอู่ตะเภาที่สามารถนำมาใช้ได้ในช่วงเดือน ก.ย.-เม.ย. คือ

ปริมาณน้ำใช้ = ปริมาณน้ำที่มี – ปริมาณน้ำที่ต้องเก็บรักษาในแหล่งน้ำ

ปริมาณน้ำใช้ = 91.82 – 22.00 (ล้านลูกบาศก์เมตร/เดือน)

ปริมาณน้ำใช้ = 69.82 (ล้านลูกบาศก์เมตร/เดือน)

ดังนั้นปริมาณน้ำในคลองอู่ตะเภาที่สามารถนำมาใช้ได้ในช่วงเดือน พ.ค.- ส.ค. คือ

ปริมาณน้ำใช้ = ปริมาณน้ำที่มี – ปริมาณน้ำที่ต้องเก็บรักษาในแหล่งน้ำ

ปริมาณน้ำใช้ = 19.28 – 22.00 (ล้านลูกบาศก์เมตร/เดือน)

ปริมาณน้ำใช้ = - 2.72 (ล้านลูกบาศก์เมตร/เดือน)

เนื่องจากในปี พ.ศ. 2542 กิจกรรมต่าง ๆ มีความต้องการใช้น้ำประมาณ 3 ล้านลูกบาศก์เมตร/เดือน ดังนั้นจะต้องหาแหล่งน้ำเสริมปริมาณาน้ำในคลองอู่ตะเภา ประมาณ 5.72 ล้านลูกบาศก์เมตร/เดือน

การคิดปริมาณน้ำที่นำมาใช้ ในปี 2552 ในกรณีที่เกิดการขาดแคลน

การคิดปริมาณน้ำในแหล่งน้ำในกรณีที่ปีนั้นมีความแห้งแล้งจะใช้ข้อมูลปริมาณในคลองอู่ตะเภาในปี 2533 ดังตารางที่ 2 ซึ่งเป็นปีที่มีความแห้งแล้งมาก

ตาราง 2 ปริมาณน้ำท่ารายเดือน (ล้านลูกบาศก์เมตร)

ปีข้อมูล	ปริมาณน้ำท่ารายเดือนเฉลี่ย (ล้าน ลบ.ม.)												ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ย (ล้าน ลบ.ม.)
	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	
2533	3.92	25.31	5.32	3.00	5.07	3.13	18.84	72.96	77.94	10.37	-	-	29.59

ที่มา : กรมชลประทาน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2533

กรณีที่ 1

วิธีการคิดจะคิดจาก ปริมาณน้ำที่ควรจะเหลือไว้ในแหล่งน้ำเพื่อรักษาสภาพน้ำในแหล่งน้ำไม่ให้เกิดสภาพปัญหาสิ่งแวดล้อม เช่น น้ำเค็มรุกตัว ในงานวิจัยนี้จะเลือกใช้ ปริมาณน้ำในแหล่งน้ำที่ต้องเหลือไว้ในแหล่งน้ำเพื่อป้องกันสิ่งแวดล้อม 5.07 ล้านลูกบาศก์เมตร เนื่องจากในปี 2533 เกิดสภาวะความแห้งแล้ง ปริมาณน้ำฝนน้อย ทำให้ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนในคลองอู่ตะเภาเหลือ 3.00-5.07 ล้านลูกบาศก์เมตร ส่งผลให้เกิดปัญหาการขาดแคลนน้ำ และเป็นสาเหตุให้น้ำจากทะเลสาบสงขลาหนุนทะลักเข้าคลองอู่ตะเภา ทำให้เกิดการเสื่อมโทรมของลำน้ำ ดังนั้นปริมาณน้ำที่เหลือไว้รักษาแหล่งน้ำควรจะมีอย่างน้อย 5.07 ล้านลูกบาศก์เมตร

ดังนั้นปริมาณน้ำในคลองอู่ตะเภาที่สามารถนำมาใช้ได้คือ

ปริมาณน้ำใช้ = ปริมาณน้ำที่มี – ปริมาณน้ำที่ต้องเก็บรักษาในแหล่งน้ำ

ปริมาณน้ำใช้ = 9.68 – 5.07 (ล้านลูกบาศก์เมตร/เดือน)

ปริมาณน้ำใช้ = -4.61 (ล้านลูกบาศก์เมตร/เดือน)

เนื่องจากกิจกรรมต้องการใช้น้ำ 4.6 ล้านลูกบาศก์เมตร/เดือน ดังนั้นผู้มีส่วนเกี่ยวข้องจะต้องหาแหล่งน้ำเสริม ซึ่งแหล่งน้ำเสริมได้แก่ อ่างเก็บน้ำสะเดาซึ่งสามารถให้น้ำได้เท่ากับ 5.72 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อเดือน ซึ่งไม่เพียงพอต่อความต้องการ ดังนั้นผู้มีส่วนเกี่ยวข้องจะต้องหาแหล่งน้ำเสริมในปริมาณ 3.49 ล้านลูกบาศก์เมตร/เดือน

กรณีที่ 2

ปริมาณน้ำที่ควรเหลือไว้รักษาแหล่งน้ำ จะคิดจากปริมาณน้ำที่ควรเหลือไว้เพื่อรองรับของเสียจากคลองอู่ตะเภา จาก วิทยานิพนธ์ ความสามารถในการรับของเสียของ (ลักษณา เนาวรัตน์, 2534) ควรเหลือน้ำ ไว้ประมาณ 22.00 ล้านลูกบาศก์เมตร ดังนั้นในช่วงเดือน

พ.ค.-ส.ค. ซึ่งมีปริมาณน้ำเฉลี่ย 9.68 ล้านลูกบาศก์เมตร ดังนั้นปริมาณน้ำในแหล่งน้ำจะไม่พอใช้ ต้องหาแหล่งน้ำเสริม

ปริมาณน้ำในคลองอู่ตะเภาที่สามารถนำมาใช้ได้ในช่วงเดือน พ.ค.- ส.ค. คือ

ปริมาณน้ำใช้ = ปริมาณน้ำที่มี – ปริมาณน้ำที่ต้องเก็บรักษาในแหล่งน้ำ

ปริมาณน้ำใช้ = 9.68 – 22.00 (ล้านลูกบาศก์เมตร/เดือน)

ปริมาณน้ำใช้ = - 12.32 (ล้านลูกบาศก์เมตร/เดือน)

เนื่องจากในปี พ.ศ. 2552 กิจกรรมต่าง ๆ มีความต้องการใช้น้ำประมาณ 4.6 ล้านลูกบาศก์เมตร/เดือน ปริมาณน้ำรวมที่ต้องการประมาณ 16.92 ล้านลูกบาศก์เมตร/เดือน ดังนั้นจะต้องหาแหล่งน้ำเสริมปริมาณน้ำในคลองอู่ตะเภา การประปาส่วนภูมิภาคได้แหล่งน้ำเสริมจากอ่างเก็บน้ำสะเดาประมาณ 5.72 ล้านลูกบาศก์เมตร/เดือน แต่ปริมาณน้ำไม่เพียงพอต่อความต้องการ ดังนั้นปริมาณน้ำที่ทางการประปาส่วนภูมิภาคต้องจัดหาเพิ่มเติมเท่ากับ 11.20ล้านลูกบาศก์เมตร/เดือน

น้ำบาดาล

จากงานวิจัย ของ C.Lotti and Associate (1989) ได้ทำการศึกษาศักยภาพในการให้น้ำของชั้นน้ำหาดใหญ่ พบว่าชั้นน้ำหาดใหญ่มีการการประมาณการให้น้ำว่ามากกว่า 12,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ปริมาณน้ำบาดาลที่มีไม่สามารถรองรับความต้องการในระยะยาว และปริมาณน้ำที่นำมาใช้ ไม่ควรมากกว่า 10,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน โดยจะไม่ก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมเช่น ปัญหากรวยน้ำลด และปัญหาน้ำเค็มรุกตัว

น้ำประปา

จากข้อมูลของการประปาหาดใหญ่-สงขลา พบว่าอัตราการผลิตน้ำประปา 96,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ซึ่งปริมาณน้ำที่ผลิตได้จะจ่ายน้ำบริการให้แก่ชุมชนเมืองหาดใหญ่ และชุมชนเมืองสงขลา ดังนั้นจะข้อกำหนดข้อตกลงเบื้องต้นดังนี้

ปริมาณน้ำที่ผลิต 100 %

ปริมาณน้ำที่จ่ายแก่ชุมชนเมืองหาดใหญ่ 40 %

ปริมาณน้ำที่จ่ายแก่ชุมชนเมืองสงขลา 40 %

ปริมาณน้ำสูญเสีย 20 %

ปริมาณน้ำประปาที่นำมาใช้ในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่จะคิดจากปริมาณน้ำที่จ่ายให้แก่ชุมชนเมืองหาดใหญ่ เท่ากับ 38,400 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน

ภาคผนวก ค. วิธีการและข้อกำหนดการคิดค่าใช้จ่ายในการใช้น้ำของเทศบาลนครหาดใหญ่

ในการนำน้ำจากแหล่งน้ำไปใช้ยังกิจกรรม จะมีค่าใช้จ่ายที่แตกต่างกันซึ่งค่าใช้จ่ายในการใช้น้ำมีดังนี้(เพ็ญพร เจนการกิจ, 2542 : 9-10)

ค่าใช้จ่ายในการใช้น้ำ = ค่าใช้จ่ายในการนำน้ำมาใช้ + ค่าใช้จ่ายที่สะท้อนถึงความหายาก + ค่าใช้จ่ายที่ก่อให้เกิดผลกระทบภายนอก

1. ค่าใช้จ่ายในการนำน้ำมาใช้ประกอบด้วย ค่าพัฒนาน้ำ ค่าขนส่ง และค่าปรับปรุงคุณภาพ

1.1 ค่าพัฒนาน้ำ

น้ำประปา ได้แก่ ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งระบบประปา

น้ำบาดาล ได้แก่ ค่าขุดเจาะ ค่าติดตั้งเครื่องสูบน้ำ ค่าเปาล้าง

น้ำผิวดิน ได้แก่ ค่าติดตั้งระบบสูบน้ำ ระบบบำบัด ถังเก็บน้ำ ค่าใช้จ่ายในการผลิต เช่น ค่ากระแสไฟฟ้า ค่าจ้างพนักงาน ค่าซ่อมแซม

1.2 ค่าขนส่ง

น้ำประปา เนื่องจาก การประปาสงขลาคิดค่าน้ำประปาในอัตราที่เท่ากันทุกพื้นที่ที่มีการใช้น้ำประปาดังนั้นในการคำนวณจะไม่มีข้อมูลในส่วนนี้

น้ำบาดาล เนื่องจากกิจกรรมที่มีการใช้น้ำบาดาลในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่จะสูบน้ำบาดาลขึ้นมาใช้ ณ ที่ตั้งของกิจกรรม ดังนั้นจึงไม่คิดค่าขนส่งในส่วนนี้

น้ำผิวดิน เนื่องจากกิจกรรมที่มีการใช้น้ำผิวดินในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ คือ การประปาสงขลาที่ตั้งของโรงประปาที่ทำการนำน้ำมาใช้ในการผลิต ตั้งอยู่บริเวณแหล่งน้ำ ดังนั้นจึงไม่มีค่าใช้จ่ายในการขนส่ง

1.3 ค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงคุณภาพ

น้ำประปา เนื่องจากน้ำประปามีคุณภาพตามมาตรฐาน W.H.O สามารถนำไปใช้ในการอุปโภค-บริโภค ดังนั้นในการวิจัยนี้จะกำหนดให้ทุกกิจกรรมนำน้ำไปใช้โดยไม่ต้องปรับปรุงคุณภาพเพิ่มเติม

น้ำบาดาล เนื่องจากคุณภาพน้ำบาดาลในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ สามารถนำมาใช้ในการอุปโภคแต่ไม่เหมาะที่จะนำมาบริโภค ดังนั้นจึงกำหนดให้ไม่มีค่าใช้จ่ายในส่วนนี้

2. ค่าใช้จ่ายที่สะท้อนถึงความหายาก

น้ำประปา ได้แก่ ค่าน้ำประปาซึ่งจัดเก็บโดยการประปาสงขลา

น้ำบาดาล ได้แก่ ค่าน้ำบาดาลซึ่งจัดเก็บโดยกรมทรัพยากรธรณี ตามกฎกระทรวง ฉบับที่ 7 พ.ศ. 2540 ออกตามความในพระราชบัญญัติน้ำบาดาล พ.ศ. 2520

น้ำผิวดิน เนื่องจากไม่มีหน่วยงานใดที่รับผิดชอบจัดเก็บค่าน้ำผิวดิน ดังนั้นจึงไม่มีค่าใช้จ่ายในส่วนนี้

3. ค่าใช้จ่ายที่ก่อให้เกิดผลกระทบภายนอก

ในการใช้น้ำหากก่อให้เกิดผลกระทบภายนอก จะต้องมีการคิดค่าต้นทุนเสียหายด้วย หากผลกระทบภายนอกที่เกิดขึ้นเป็นผลกระทบทางลบ ตัวอย่างเช่น ผู้ที่ใช้น้ำประปาสูบน้ำมาใช้แล้วก่อให้เกิดแผ่นดินทรุด ก็จะต้องมีการจ่ายค่าเสียหายให้กับผู้รับผลกระทบ

ข้อกำหนดในการใช้น้ำประปา

ในการขอติดตั้งประปา ผู้ขอใช้น้ำประปาต้องยื่นคำร้องขอใช้น้ำตามแบบคำขอ ณ สำนักงานประปา ซึ่งในการขอติดตั้งนั้นแต่ละกิจกรรม มีความต้องการใช้น้ำแตกต่างกันขึ้นกับขนาดของมาตรวัดน้ำที่ใช้และระยะห่างจากท่อส่งน้ำหลัก ซึ่งทางสำนักงานประปาดำเนินการสำรวจดังนั้นค่าใช้จ่ายก็จะไม่เท่ากันซึ่งจะประมาณการและแจ้งค่าใช้จ่ายในการติดตั้งประปา หลังจากได้ใช้น้ำแล้วจะต้องจ่ายค่าน้ำที่ใช้ตามที่ประปาได้กำหนดไว้ ซึ่งในงานวิจัยนี้ จะกำหนดให้ทุกกิจกรรมที่ขอติดตั้งประปาอยู่ติดกับท่อส่งน้ำหลัก ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งประปาในตารางผนวก ค 1. เป็นค่าเฉลี่ยได้จาก การประมาณการของหัวหน้างานบริการสำนักงานประปาสงขลา

ข้อกำหนดในการใช้น้ำบาดาล

การนำน้ำบาดาลขึ้นมาใช้ในปัจจุบันต้องอนุญาติขุดเจาะจากกรมทรัพยากร และเมื่อนำน้ำมาใช้จะต้องเสียค่าน้ำต่อหน่วยที่ใช้ตามที่กรมทรัพยากรกำหนด แต่ละกิจกรรมมีค่าใช้จ่ายในการขุดเจาะไม่เท่ากันซึ่งขึ้นกับปริมาณน้ำที่ใช้ในแต่ละวัน เนื่องจากว่าในการขุดเจาะช่างผู้รับเหมาจะทำการประมาณขนาดท่อที่ใช้ในการสูบน้ำให้พอดีกับปริมาณน้ำที่ใช้ ซึ่งขนาดท่อที่ต่างกันจะทำให้ค่าใช้จ่ายต่างกัน และค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องในการใช้น้ำบาดาลอีกอย่างหนึ่งก็คือ ค่าเปาล้างท่อเนื่องจากเมื่อใช้ไปประมาณ 3 ปี ท่อจะเริ่มอุดตันต้องมี

การเปำล้างการประมาณการค่าใช้จ่ายในการขุดเจาะ และการเปำล้างได้จากการสอบถามบริษัทที่ทำการขุดเจาะน้ำบาดาลซึ่งได้แก่ บริษัทมงคลบาดาล

วิธีการคำนวณ

ค่าใช้จ่ายในการนำน้ำมาใช้ /ปริมาณน้ำที่ใช้ = (ค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการน้ำมาใช้) / (ปริมาณน้ำที่ใช้ ตลอดอายุการใช้งาน)

ค่าน้ำ/หน่วยที่ใช้ = พิจารณาปริมาณน้ำที่ใช้ในแต่ละเดือนแล้วนำไปคิดเทียบกับค่าน้ำต่อหน่วยที่ใช้จากอัตราการเก็บค่าน้ำประปาของการประปาสงขลา หรือ กรมทรัพยากรธรณี

ค่าน้ำ/เดือน/กิจกรรม = (ค่าน้ำ/หน่วยที่ใช้) X (ปริมาณน้ำที่ใช้/กิจกรรม)

ค่าน้ำ/เดือน (รวมทั้งหมด) = (ค่าน้ำ/เดือน/กิจกรรม) X จำนวนกิจกรรม

งบประมาณที่กิจกรรมจ่ายในการใช้น้ำ

ในการวิจัยกำหนดวิธีการคิดงบประมาณต่าง ๆ ดังนี้

1. งบประมาณในการนำน้ำมาใช้

ประปา จะคิดจากค่าใช้จ่ายในการลงทุนสร้างระบบประปา และค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงคุณภาพ และค่าจ้างพนักงาน จากข้อมูลของการประปาสงขลา

กิจกรรมอื่น ๆ จะคิดจากงบประมาณในการใช้น้ำของน้ำบาดาล เนื่องจากค่าใช้จ่ายในการพัฒนาน้ำบาดาลสูงกว่าน้ำประปา ดังนั้นจึงกำหนดให้เป็นงบประมาณสูงสุดที่ทุกกิจกรรมยอมจ่ายในการนำน้ำมาใช้

2. งบประมาณสำหรับค่าใช้จ่ายที่สะท้อนถึงความหายาก

วิธีการคิดงบประมาณในส่วนนี้ จะคิดจากปริมาณน้ำที่กิจกรรมใช้ต่อเดือนแล้วคำนวณค่าใช้จ่ายที่เป็นค่าน้ำต่อหน่วยในการนำมาใช้โดยคิดอัตราค่าน้ำของการประปาสงขลาเนื่องจากอัตราค่าน้ำสูงกว่าน้ำบาดาล ดังน้ำจึงกำหนดให้เป็นงบประมาณสูงสุดที่กิจกรราจ่ายเป็นค่าใช้จ่ายที่สะท้อนถึงความหายาก

3. งบประมาณสำหรับค่าใช้จ่ายที่ก่อให้เกิดผลกระทบภายนอก

เนื่องจากไม่สามารถหาข้อมูลในส่วนนี้ภายในเทศบาลนครหาดใหญ่ได้ ดังนั้นงบประมาณในส่วนนี้จะไม่มี

ตารางผนวก ค 1. แสดงค่าใช้จ่ายในการใช้น้ำประปาปี พ.ศ. 2542

กิจกรรม	เส้นผ่า ศ.ก. มาตรวัดน้ำ (นิ้ว)	ค่าใช้จ่าย ในการติดตั้ง (บาท)	จำนวน, กิจกรรม (แห่ง)	อายุการ ใช้งาน (ปี)	ปริมาณน้ำ ที่ใช้/กิจกรรม (ลิตร/วัน)	ปริมาณน้ำ ที่ใช้/กิจกรรม (ลบ.ม./เดือน)	ค่าพัฒนา/ * ปริมาณน้ำที่ใช้ (บาท/ลบ.ม.)	ค่าน้ำ/ ** ปริมาณน้ำที่ใช้ (บาท/ลบ.ม.)	ค่าน้ำ/เดือน /กิจกรรม (บาท/เดือน)	ค่าน้ำ/เดือน *** รวมทั้งหมด (บาท/เดือน)	ค่าพัฒนาน้ำ/เดือน รวมทั้งหมด (บาท/เดือน)
ครัวเรือน	0.75-1.0	8,000	35,276	20	1,279	39	0.86	12.75	497	17,540,991	1,178,801
วัด/ศาสนสถาน	1.5-2.0	25,000	17	20	9,402	286	0.36	14.6	4,176	70,985	1,771
โรงเรียน/สถานที่ราชการ	1.5-2.0	25,000	91	20	17,709	539	0.19	14.7	7,923	721,020	9,485
ตลาด	2.0-4.0	55,000	8	20	138,600	4,216	0.05	15	63,240	505,920	1,833
โรงพยาบาล	2.0-4.0	55,000	5	20	406,823	12,374	0.02	15	185,610	928,050	1,146
โรงแรม	2.0-4.0	55,000	77	20	186,091	5,660	0.04	21	118,860	9,152,220	17,645
ภัตตาคาร/ร้านอาหาร	1	8,000	543	20	937	28	1.17	13	364	197,652	17,782
อาบอบนวด	1	8,000	7	20	40,560	1,234	0.03	21.5	26,531	185,717	233
อุตสาหกรรม	1	8,000	199	20	14,643	445	0.07	21.75	9,679	1,926,071	6,628
เกษตรกรรม	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ประปา	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

ที่มา : สำนักงานประปาสงขลา การประปาส่วนภูมิภาค (2541)

หมายเหตุ * นำไปใช้เป็นค่าสัมประสิทธิ์ในการนำน้ำประปามาใช้

** นำไปใช้เป็น สัมประสิทธิ์ค่าใช้จ่ายที่สะท้อนถึงความหายากในการใช้น้ำประปา

*** นำไปใช้เป็นค่าทางขวามืองบประมาณค่าใช้จ่ายที่สะท้อนถึงความหายาก

ตารางผนวก ค 2. แสดงค่าใช้จ่ายในการใช้น้ำบาดาลปี พ.ศ. 2542

กิจกรรม	เส้นผ่า ศ.ก. ท่อสูบน้ำ (นิ้ว)	ค่าใช้จ่ายในการติดตั้ง (บาท)	ค่าเปาล้าง (บาท)	ค่าใช้จ่ายรวม (บาท)	อายุการใช้งาน (ปี)	จำนวน กิจกรรม (แห่ง)	ปริมาณน้ำที่ใช้/กิจกรรม (ลิตร/วัน)	ปริมาณน้ำที่ใช้/กิจกรรม (ลบ.ม./เดือน)	ค่าใช้จ่าย/* หน่วยที่ใช้ (บาท/ลบ.ม.)	ค่าน้ำ/** หน่วยที่ใช้ (บาท/ลบ.ม.)	งบประมาณรวม*** ในการพัฒนาน้ำมาใช้ (บาท/เดือน)
ครัวเรือน	2.0-3.0	70,000	70,000	140,000	20	35,276	1,279	39	14.99	3.5	20,577,667
วัด/ศาสนสถาน	2.0-3.0	70,000	70,000	140,000	20	17	9,376	285	2.05	3.5	9,917
โรงเรียน/สถานที่ราชการ	2.0-3.0	70,000	70,000	140,000	20	91	19,358	589	0.99	3.5	53,083
ตลาด	4.0	270,000	105,000	375,000	20	8	130,572	3,972	0.39	3.5	12,500
โรงพยาบาล	8.0	600,000	210,000	810,000	20	5	570,336	17,348	0.19	3.5	16,875
โรงแรม	6.0	430,000	140,000	570,000	20	77	207,762	6,319	0.38	3.5	182,875
ภัตตาคาร/ร้านอาหาร	2.0-3.0	70,000	70,000	140,000	20	543	916	28	20.94	3.5	316,750
อาบอบนวด	4.0	270,000	105,000	375,000	20	7	39,669	1,207	1.29	3.5	10,938
โรงงานอุตสาหกรรม	2.0-3.0	70,000	70,000	140,000	20	199	14,643	445	1.31	3.5	116,083
เกษตรกรรม	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ประปา	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

ที่มา : สำนักงานทรัพยากรธรรณีจังหวัดสงขลา (2541)

หมายเหตุ * นำไปใช้เป็นค่าสัมประสิทธิ์ในการนำน้ำบาดาลมาใช้

** นำไปใช้เป็น สัมประสิทธิ์ค่าใช้จ่ายที่สะท้อนถึงความหายากในการใช้น้ำบาดาล

*** นำไปใช้เป็นค่าทางขวามือของบประมาณค่าใช้จ่ายในการนำน้ำมาใช้

ตารางผนวก ค 3. ข้อมูลค่าใช้จ่ายในการนำน้ำผิวดินมาใช้ปี พ.ศ. 2542

กิจกรรม	อายุการใช้งาน (ปี)	อัตราการใช้น้ำ (ลบ.ม./วัน)	ค่าใช้จ่ายในการพัฒนาระบบประปา (บาท)	ค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงคุณภาพ (บาท/ปี)	ค่าพัฒนา/หน่วยที่ใช้ (บาท/ลบ.ม.)	ค่าปรับปรุงคุณภาพ/หน่วยที่ใช้ (บาท/ลบ.ม.)	ค่าใช้จ่ายในการนำน้ำมาใช้ * (บาท/ลบ.ม.)	ค่าใช้จ่ายที่สะท้อนถึงความหายาก ** (บาท/ลบ.ม.)	งบประมาณสูงสุดในการนำน้ำมาใช้ *** (บาท/เดือน)	งบประมาณสูงสุดค่าใช้จ่ายที่สะท้อนถึงความหายาก **** (บาท/เดือน)
ประปา	20	96,000	670,000,000	25,862,390	0.96	7.14	8.10	-	23,652,000	-

ที่มา : สำนักงานประปาสงขลา การประปาส่วนภูมิภาค (2541)

หมายเหตุ * นำไปใช้เป็นค่าสัมประสิทธิ์ในการนำน้ำผิวดินมาใช้

** นำไปใช้เป็น สัมประสิทธิ์ค่าใช้จ่ายที่สะท้อนถึงความหายากในการใช้น้ำผิวดิน

*** นำไปใช้เป็นค่าทางขวามือของบประมาณค่าใช้จ่ายในการนำน้ำผิวดินมาใช้

**** นำไปใช้เป็นค่าทางขวามือของบประมาณค่าใช้จ่ายที่สะท้อนถึงความหายากในการนำน้ำผิวดินมาใช้

ตารางผนวก ค 4. แสดงค่าใช้จ่ายในการใช้น้ำประปาปี พ.ศ. 2552

กิจกรรม	เส้นผ่า ศ.ก. มาตรวัดน้ำ (นิ้ว)	ค่าใช้จ่าย ในการติดตั้ง (บาท)	จำนวน, กิจกรรม (แห่ง)	อายุการ ใช้งาน (ปี)	ปริมาณน้ำ ที่ใช้/กิจกรรม (ลิตร/วัน)	ปริมาณน้ำ ที่ใช้/กิจกรรม (ลบ.ม./เดือน)	ค่าพัฒนา/ * ปริมาณน้ำที่ใช้ (บาท/ลบ.ม.)	ค่าน้ำ/ ** ปริมาณน้ำที่ใช้ (บาท/ลบ.ม.)	ค่าน้ำ/เดือน /กิจกรรม (บาท/เดือน)	ค่าน้ำ/เดือน *** รวมทั้งหมด (บาท/เดือน)	ค่าพัฒนาน้ำ/เดือน รวมทั้งหมด (บาท/เดือน)
ครัวเรือน	0.75-1.0	8,000	42,687	20	1,415	43.00	0.77	12.75	548	23,403,148	1,421,591
วัด/ศาสนสถาน	1.5-2.0	25,000	17	20	12,683	386.00	0.27	14.6	5,636	95,805	1,772
โรงเรียน/สถานที่ราชการ	1.5-2.0	25,000	91	20	24,078	732	0.14	14.7	10,760	979,196	9,474
ตลาด	2.0-4.0	55,000	8	20	185,268	5,635	0.04	15	84,525	676,200	1,833
โรงพยาบาล	2.0-4.0	55,000	5	20	542,868	16,512	0.01	15	247,680	1,238,400	1,146
โรงแรม	2.0-4.0	55,000	77	20	248,218	7,550	0.03	21	158,550	12,208,350	17,646
ภัตตาคาร/ร้านอาหาร	1	8,000	543	20	1,274	39	0.86	13	507	275,301	18,216
อาบอบนวด	1	8,000	7	20	54,046	1,644	0.02	21.5	35,346	247,422	233
อุตสาหกรรม	1	8,000	199	20	15,854	482	0.07	21.75	10,484	2,086,217	6,630
เกษตรกรรม	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ประปา	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

ที่มา : สำนักงานประปาสงขลา การประปาส่วนภูมิภาค (2541)

หมายเหตุ * นำไปใช้เป็นค่าสัมประสิทธิ์ในการนำน้ำประปามาใช้

** นำไปใช้เป็น สัมประสิทธิ์ค่าใช้จ่ายที่สะท้อนถึงความหายากในการใช้น้ำประปา

*** นำไปใช้เป็นค่าทางขวามืองบประมาณค่าใช้จ่ายที่สะท้อนถึงความหายาก

ตารางผนวก ค 5. แสดงค่าใช้จ่ายในการใช้น้ำบาดาลปี พ.ศ. 2552

กิจกรรม	เส้นผ่า ศ.ก. ท่อสูบน้ำ (นิ้ว)	ค่าใช้จ่ายในการติดตั้ง (บาท)	ค่าเบ่าล้าง (บาท)	ค่าใช้จ่ายรวม (บาท)	อายุการใช้งาน (ปี)	จำนวน กิจกรรม (แห่ง)	ปริมาณน้ำที่ใช้/กิจกรรม (ลิตร/วัน)	ปริมาณน้ำที่ใช้/กิจกรรม (ลบ.ม./เดือน)	ค่าใช้จ่าย/* หน่วยที่ใช้ (บาท/ลบ.ม.)	ค่าน้ำ/** หน่วยที่ใช้ (บาท/ลบ.ม.)	งบประมาณรวม*** ในการพัฒนาน้ำมาใช้ (บาท/เดือน)
ครัวเรือน	2.0-3.0	70,000	70,000	140,000	20	42,687	1,415	43	13.57	3.5	24,900,750
วัด/ศาสนสถาน	2.0-3.0	70,000	70,000	140,000	20	17	12,683	386	1.51	3.5	9,917
โรงเรียน/สถานที่ราชการ	2.0-3.0	70,000	70,000	140,000	20	91	24,078	732	0.80	3.5	53,083
ตลาด	4.0	270,000	105,000	375,000	20	8	185,268	5,635	0.28	3.5	12,500
โรงพยาบาล	8.0	600,000	210,000	810,000	20	5	542,868	16,512	0.20	3.5	16,875
โรงแรม	6.0	430,000	140,000	570,000	20	77	248,218	7,550	0.31	3.5	182,875
ภัตตาคาร/ร้านอาหาร	2.0-3.0	70,000	70,000	140,000	20	543	1,274	39	14.96	3.5	316,750
อาบอบนวด	4.0	270,000	105,000	375,000	20	7	54,046	1,644	0.95	3.5	10,938
โรงงานอุตสาหกรรม	2.0-3.0	70,000	70,000	140,000	20	199	15,854	482	1.21	3.5	116,083
เกษตรกรรม	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ประปา	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

ที่มา : สำนักงานทรัพยากรธรณีจังหวัดสงขลา (2541)

หมายเหตุ * นำไปใช้เป็นค่าสัมประสิทธิ์ในการนำน้ำบาดาลมาใช้

** นำไปใช้เป็น สัมประสิทธิ์ค่าใช้จ่ายที่สะท้อนถึงความหายากในการใช้น้ำบาดาล

*** นำไปใช้เป็นค่าทางขวามือของบประมาณค่าใช้จ่ายในการนำน้ำมาใช้

ตารางผนวก ค 6. ข้อมูลค่าใช้จ่ายในการนำน้ำผิวดินมาใช้ปี พ.ศ. 2552

กิจกรรม	อายุการใช้งาน (ปี)	อัตราการใช้น้ำ (ลบ.ม./วัน)	ค่าใช้จ่ายในการพัฒนาระบบประปา (บาท)	ค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงคุณภาพ (บาท/ปี)	ค่าพัฒนา/หน่วยที่ใช้ (บาท/ลบ.ม.)	ค่าปรับปรุงคุณภาพ/หน่วยที่ใช้ (บาท/ลบ.ม.)	ค่าใช้จ่ายในการนำน้ำมาใช้ * (บาท/ลบ.ม.)	ค่าใช้จ่ายที่สะท้อนถึงความหายาก ** (บาท/ลบ.ม.)	งบประมาณสูงสุดในการนำน้ำมาใช้ *** (บาท/เดือน)	งบประมาณสูงสุดค่าใช้จ่ายที่สะท้อนถึงความหายาก **** (บาท/เดือน)
ประปา	20	120,000	670,000,000	62,410,000	0.76	1.42	2.19	-	7,992,500	-

ที่มา : สำนักงานประปาสงขลา การประปาส่วนภูมิภาค (2541)

หมายเหตุ * นำไปใช้เป็นค่าสัมประสิทธิ์ในการนำน้ำผิวดินมาใช้

** นำไปใช้เป็น สัมประสิทธิ์ค่าใช้จ่ายที่สะท้อนถึงความหายากในการใช้น้ำผิวดิน

*** นำไปใช้เป็นค่าทางขวามือของบประมาณค่าใช้จ่ายในการนำน้ำผิวดินมาใช้

**** นำไปใช้เป็นค่าทางขวามือของบประมาณค่าใช้จ่ายที่สะท้อนถึงความหายากในการนำน้ำผิวดินมาใช้

ตารางผนวก ง.1 สรุปผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำคลองเตย

ดัชนี	หน่วย	9 พฤศจิกายน 2538				24 มกราคม 2539			
		KT1	KT2	KT3	KT4	KT1	KT2	KT3	KT4
pH	Unit	6.8	7.5	7.3	6.8	7	6.5	7.5	7
Temperater	°C	30.5	31	30	29	28.5	29	31	28
BOD_5	mg/l	19.7	42.8	17	13.1	15.2	128.4	68.4	35.2
Dissoved Oxygen	mg/l	5.54	1.74	4.62	5.74	4.86	0	4.3	6.74
Suspended Solids	mg/l	23	105	85	59	20	48	23	41
TKN	mg/l	1.82	10.64	3.08	2.52	2.46	42.2	21.6	17.9
Phssphorus	mg/l	0.07	0.24	0.08	0.06	0.94	6.92	5.72	3.88
Coliform bacteria	MPN/100m	>2400	>2400	>2400	>2400	245	>2400	>2400	>2400
Oil & Grease	mg/l	0.72	0.45	0.38	0.57	50	52	74	90
Cd	ppb	<1	<1	<1	<1	3.64	<1	<1	<1
Cr	ppb	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Nl	ppb	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Pb	ppb	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50
Cu	ppb	<1	<1	<1	<1	11.59	24.06	<1	<1

ที่มา : เอส เอส กรุ๊ปร่วมค้า , 2539

หมายเหตุ KT1 = คลองเตยก่อนเข้าตัวเมือง

KT2 = สะพานศุภสารรังสรรค์

KT3 = สะพานรถไฟไปสงขลา

KT4 = สะพานใกล้ถนนลพบุรีราเมศร์

ตารางผนวก ง.2 สรุปผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำใต้ดินเทศบาลนครหาดใหญ่

Location	Parameter						
	pH	BOD	NO	TDS	Hardness	Iron	Coliform Bacteria
		mg/l	mg/l	mg/l	mg/l as CaCO3	mg/l	MPN/100 ml
GW 1	6.5	9.36	0.97	60	51	1.16	350
GW 2	7.5	2.64	0.23	29	7	0.15	< 2
GW 3	7	4.92	0.4	71	56	4.58	1600
GW 4	6.5	3.24	0.74	120	113	0.97	920
GW 5	7	4.92	0.48	28	12	0.87	> 2400
GW 6	7	3.48	0.4	104	98	6.9	1600

ที่มา : เอส เอส กรุ๊ปร่วมค้า , 2539

หมายเหตุ

GW 1 วัดปากน้ำ (น้ำบาดาล)
GW 2 วัดโคกสมานคุณ (น้ำบาดาล)
GW 3 วัดหาดใหญ่ใน (น้ำบ่อตื้น)
GW 4 วัดคลองเรียน (น้ำบ่อตื้นลึก)
GW 5 วัดโคกนาว (น้ำบ่อตื้น)
GW 6 วัดคอหงส์ (น้ำบ่อตื้น)

TDS = Total Dissoved Solids
เก็บตัวอย่างเมื่อ 16 กุมภาพันธ์ 2539

ภาคผนวก จ. แบบสอบถามแบบสอบถามเพื่อประกอบการศึกษา การจัดลำดับความสำคัญของการใช้น้ำ

แบบสอบถามเพื่อประกอบการศึกษา การจัดลำดับความสำคัญของการใช้น้ำ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของวิทยานิพนธ์เรื่อง การประยุกต์โครงข่ายในการวางแผนการใช้น้ำ

ชื่อหน่วยงาน.....จังหวัด.....

ชื่อผู้ให้ข้อมูล.....ตำแหน่ง.....

สถานที่ติดต่อ.....

โทรศัพท์.....วันที่บันทึกข้อมูล...../...../.....

คำชี้แจง

1) แบบสอบถามนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิทยานิพนธ์เรื่อง การประยุกต์โครงข่ายในการวางแผนการใช้น้ำ ในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ เนื่องจากในการศึกษาการใช้น้ำภายในเขตเทศบาลพบว่าจำนวนกิจกรรมที่ใช้น้ำและอัตราการใช้น้ำมีแนวโน้มสูงขึ้น ในขณะที่แหล่งน้ำมีปริมาณจำกัด ปัญหาการขาดแคลนน้ำก็จะเป็นปัญหาสำคัญที่จะเกิดขึ้นในอนาคต เทศบาลนครหาดใหญ่ควรจะมีการวางแผนการใช้น้ำภายในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ ซึ่งในการวางแผนควรจะมีการจัดสรรน้ำจากแหล่งน้ำไปยังกิจกรรมต่าง ๆ ที่มีการใช้น้ำ ในขณะที่น้ำมีความสำคัญต่อกิจกรรมแตกต่างกัน ซึ่งปริมาณน้ำที่มีจำกัดควรจะจัดสรรให้แก่กิจกรรมที่น้ำมีความสำคัญต่อกิจกรรมนั้นมากที่สุดก่อน จะจัดสรรให้แก่กิจกรรมที่น้ำมีความสำคัญรองลงมา การที่จะตัดสินใจจัดสรรน้ำที่มีจำกัดไปยังกิจกรรมต่าง ๆ ที่ต้องการน้ำเพียงคนกลุ่มเดียวไม่ได้ ควรจะให้ทุกฝ่ายที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการใช้น้ำมีส่วนร่วมในการตัดสินใจ ได้แก่

1. เทศบาลนครหาดใหญ่ ในฐานะผู้จัดการดูแลความเป็นอยู่ของประชาชน และกิจกรรมต่าง ๆ ภายในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่
2. สำนักงานประปาสงขลา การประปาส่วนภูมิภาค ในฐานะผู้ผลิตน้ำประปาเพื่อขายให้แก่กิจกรรมต่าง ๆ ภายในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่
3. กรมทรัพยากรธรณีจังหวัดสงขลา ในฐานะผู้ดูแลการใช้และการขุดเจาะน้ำบาดาลซึ่งเป็นแหล่งน้ำที่มีการใช้โดยกิจกรรมต่าง ๆ ภายในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่
4. ประชาชน ในฐานะผู้ใช้น้ำ

ในแบบสอบถามนี้ต้องการให้ผู้มีส่วนร่วมทุกฝ่าย ได้พิจารณาตัดสินใจว่าน้ำมีความสำคัญต่อกิจกรรมใดมากกว่ากัน ซึ่งผลจากการตัดสินใจของทุกฝ่ายจะนำไปหาค่าเฉลี่ยเพื่อพิจารณาว่าน้ำมีความสำคัญต่อกิจกรรมใดมากที่สุด แล้วนำข้อมูลในส่วนนี้ไปใช้ในการทดสอบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ซึ่งเป็นแบบจำลองที่พัฒนาจากระบบโครงข่ายซึ่งจะช่วยในการวางแผนการใช้น้ำโดย

การจัดสรรน้ำจากแหล่งน้ำไปยังกิจกรรมต่าง ๆ แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ดังกล่าวจะเป็นเครื่องมือที่ช่วยในการวางแผนการใช้น้ำเพื่อหาปริมาณน้ำที่เหมาะสมที่สุดที่ควรจัดสรรจากแหล่งน้ำไปยังกิจกรรมต่าง ๆ

2) การเปรียบเทียบความสำคัญของน้ำที่มีต่อกิจกรรมต่าง ๆ ภายในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ ซึ่งกิจกรรมภายในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่มีดังนี้

1. ครัวเรือน
2. วัด/ศาสนสถาน
3. โรงเรียน/สถานที่ราชการ
4. ตลาด
5. โรงพยาบาล
6. โรงแรม
7. ภัตตาคาร/ร้านอาหาร
8. อาบอบนวด
9. อุตสาหกรรม
10. การเกษตร
11. อื่น ๆ (โปรดระบุ) *_____

* กรณีที่ท่านคิดว่าควรจะมีกิจกรรมอื่น ๆ ที่มีการใช้น้ำนอกเหนือจากกิจกรรมที่กำหนด

3) แบบสอบถามมีทั้งหมด 46 ข้อ โปรดตอบคำถามให้ครบเพื่อความสมบูรณ์ของแบบสอบถามในการนำไปใช้ประโยชน์ต่องานวิจัยครั้งนี้

แบบสอบถาม

กรุณาเปรียบเทียบความสำคัญของน้ำที่มีต่อกิจกรรม 2 ประเภทในหัวข้อต่อไปนี้ และทำเครื่องหมาย / ลงใน ☐ ที่สอดคล้องกับที่ท่านต้องการมากที่สุด

ตัวอย่าง ถ้าท่านต้องเปรียบเทียบความสำคัญของน้ำที่มีต่อครัวเรือน กับ ภัตตาคาร/ร้านอาหาร กรณีที่ท่านเปรียบเทียบความสำคัญแล้วรู้สึกว่าน้ำมีความสำคัญต่อครัวเรือน **มากกว่า** ภัตตาคาร ร้านอาหาร ให้ท่านทำเครื่องหมาย / ลงในช่อง ☐ มากกว่า

น้ำมีความสำคัญต่อครัวเรือน .....เมื่อเปรียบเทียบกับร้านอาหาร

☐ น้อยที่สุด ☐ น้อยกว่า ☐ เท่ากัน ☑ มากกว่า ☐ มากที่สุด

1. น้ำมีความสำคัญต่อครัวเรือน.....เมื่อเปรียบเทียบกับวัด/ศาสนสถาน

☐ น้อยที่สุด ☐ น้อยกว่า ☐ เท่ากัน ☐ มากกว่า ☐ มากที่สุด

2. น้ำมีความสำคัญต่อครัวเรือน.....เมื่อเปรียบเทียบกับโรงเรียน/สถานที่ราชการ

☐ น้อยที่สุด ☐ น้อยกว่า ☐ เท่ากัน ☐ มากกว่า ☐ มากที่สุด

3. น้ำมีความสำคัญต่อครัวเรือน.....เมื่อเปรียบเทียบกับตลาด

☐ น้อยที่สุด ☐ น้อยกว่า ☐ เท่ากัน ☐ มากกว่า ☐ มากที่สุด

4. น้ำมีความสำคัญต่อครัวเรือน.....เมื่อเปรียบเทียบกับโรงพยาบาล

☐ น้อยที่สุด ☐ น้อยกว่า ☐ เท่ากัน ☐ มากกว่า ☐ มากที่สุด

5. น้ำมีความสำคัญต่อครัวเรือน.....เมื่อเปรียบเทียบกับโรงแรม

☐ น้อยที่สุด ☐ น้อยกว่า ☐ เท่ากัน ☐ มากกว่า ☐ มากที่สุด

6. น้ำมีความสำคัญต่อครัวเรือน.....เมื่อเปรียบเทียบกับภัตตาคาร/ร้านอาหาร

☐ น้อยที่สุด ☐ น้อยกว่า ☐ เท่ากัน ☐ มากกว่า ☐ มากที่สุด

7. น้ำมีความสำคัญต่อครัวเรือน.....เมื่อเปรียบเทียบกับอาบอบนวด

☐ น้อยที่สุด ☐ น้อยกว่า ☐ เท่ากัน ☐ มากกว่า ☐ มากที่สุด

8. น้ำมีความสำคัญต่อครัวเรือน.....เมื่อเปรียบเทียบกับอุตสาหกรรม

☐ น้อยที่สุด ☐ น้อยกว่า ☐ เท่ากัน ☐ มากกว่า ☐ มากที่สุด

9. น้ำมีความสำคัญต่อครัวเรือน.....เมื่อเปรียบเทียบกับการเกษตร

☐ น้อยที่สุด ☐ น้อยกว่า ☐ เท่ากัน ☐ มากกว่า ☐ มากที่สุด

10. น้ำมีความสำคัญต่อวัด/ศาสนสถาน.....เมื่อเปรียบเทียบกับโรงเรียน/สถานที่ราชการ

☐ น้อยที่สุด ☐ น้อยกว่า ☐ เท่ากัน ☐ มากกว่า ☐ มากที่สุด

11. น้ำมีความสำคัญต่อวัด/ศาสนสถาน.....เมื่อเปรียบเทียบกับตลาด

☐ น้อยที่สุด ☐ น้อยกว่า ☐ เท่ากัน ☐ มากกว่า ☐ มากที่สุด

12. น้ำมีความสำคัญต่อวัด/ศาสนสถาน.....เมื่อเปรียบเทียบกับโรงพยาบาล

☐ น้อยที่สุด ☐ น้อยกว่า ☐ เท่ากัน ☐ มากกว่า ☐ มากที่สุด

13. น้ำมีความสำคัญต่อวัด/ศาสนสถาน.....เมื่อเปรียบเทียบกับโรงแรม

☐ น้อยที่สุด ☐ น้อยกว่า ☐ เท่ากัน ☐ มากกว่า ☐ มากที่สุด

14. น้ำมีความสำคัญต่อวัด/ศาสนสถาน.....เมื่อเปรียบเทียบกับภัตตาคาร/ร้านอาหาร

☐ น้อยที่สุด ☐ น้อยกว่า ☐ เท่ากัน ☐ มากกว่า ☐ มากที่สุด

15. น้ำมีความสำคัญต่อวัด/ศาสนสถาน.....เมื่อเปรียบเทียบกับอาบอบนวด

☐ น้อยที่สุด ☐ น้อยกว่า ☐ เท่ากัน ☐ มากกว่า ☐ มากที่สุด

16. น้ำมีความสำคัญต่อวัด/ศาสนสถาน.....เมื่อเปรียบเทียบกับอุตสาหกรรม

☐ น้อยที่สุด ☐ น้อยกว่า ☐ เท่ากัน ☐ มากกว่า ☐ มากที่สุด

17. น้ำมีความสำคัญต่อวัด/ศาสนสถาน.....เมื่อเปรียบเทียบกับการเกษตร

☐ น้อยที่สุด ☐ น้อยกว่า ☐ เท่ากัน ☐ มากกว่า ☐ มากที่สุด

18. น้ำมีความสำคัญต่อโรงเรียน/สถานที่ราชการ.....เมื่อเปรียบเทียบกับตลาด

☐ น้อยที่สุด ☐ น้อยกว่า ☐ เท่ากัน ☐ มากกว่า ☐ มากที่สุด

19. น้ำมีความสำคัญต่อโรงเรียน/สถานที่ราชการ.....เมื่อเปรียบเทียบกับโรงพยาบาล

☐ น้อยที่สุด ☐ น้อยกว่า ☐ เท่ากัน ☐ มากกว่า ☐ มากที่สุด

20. น้ำมีความสำคัญต่อโรงเรียน/สถานที่ราชการ.....เมื่อเปรียบเทียบกับโรงแรม

☐ น้อยที่สุด ☐ น้อยกว่า ☐ เท่ากัน ☐ มากกว่า ☐ มากที่สุด

21. น้ำมีความสำคัญต่อโรงเรียน/สถานที่ราชการ.....เมื่อเปรียบเทียบกับภัตตาคาร/ร้านอาหาร

☐ น้อยที่สุด ☐ น้อยกว่า ☐ เท่ากัน ☐ มากกว่า ☐ มากที่สุด

22. น้ำมีความสำคัญต่อโรงเรียน/สถานที่ราชการ.....เมื่อเปรียบเทียบกับอาบอบนวด

☐ น้อยที่สุด ☐ น้อยกว่า ☐ เท่ากัน ☐ มากกว่า ☐ มากที่สุด

23. น้ำมีความสำคัญต่อโรงเรียน/สถานที่ราชการ.....เมื่อเปรียบเทียบกับอุตสาหกรรม

☐ น้อยที่สุด ☐ น้อยกว่า ☐ เท่ากัน ☐ มากกว่า ☐ มากที่สุด

24. น้ำมีความสำคัญต่อโรงเรียน/สถานที่ราชการ.....เมื่อเปรียบเทียบกับการเกษตร

☐ น้อยที่สุด ☐ น้อยกว่า ☐ เท่ากัน ☐ มากกว่า ☐ มากที่สุด

25. น้ำมีความสำคัญต่อตลาด.....เมื่อเปรียบเทียบกับโรงพยาบาล

☐ น้อยที่สุด ☐ น้อยกว่า ☐ เท่ากัน ☐ มากกว่า ☐ มากที่สุด

26. น้ำมีความสำคัญต่อตลาด.....เมื่อเปรียบเทียบกับโรงแรม

☐ น้อยที่สุด ☐ น้อยกว่า ☐ เท่ากัน ☐ มากกว่า ☐ มากที่สุด

27. น้ำมีความสำคัญต่อตลาด.....เมื่อเปรียบเทียบกับภัตตาคาร/ร้านอาหาร

☐ น้อยที่สุด ☐ น้อยกว่า ☐ เท่ากัน ☐ มากกว่า ☐ มากที่สุด

28. น้ำมีความสำคัญต่อตลาด.....เมื่อเปรียบเทียบกับอาบอบนวด

☐ น้อยที่สุด ☐ น้อยกว่า ☐ เท่ากัน ☐ มากกว่า ☐ มากที่สุด

29. น้ำมีความสำคัญต่อตลาด.....เมื่อเปรียบเทียบกับอุตสาหกรรม

☐ น้อยที่สุด ☐ น้อยกว่า ☐ เท่ากัน ☐ มากกว่า ☐ มากที่สุด

30. น้ำมีความสำคัญต่อตลาด.....เมื่อเปรียบเทียบกับการเกษตร

☐ น้อยที่สุด ☐ น้อยกว่า ☐ เท่ากัน ☐ มากกว่า ☐ มากที่สุด

31. น้ำมีความสำคัญต่อโรงพยาบาล.....เมื่อเปรียบเทียบกับโรงแรม

☐ น้อยที่สุด ☐ น้อยกว่า ☐ เท่ากัน ☐ มากกว่า ☐ มากที่สุด

32. น้ำมีความสำคัญต่อโรงพยาบาล.....เมื่อเปรียบเทียบกับภัตตาคาร/ร้านอาหาร

☐ น้อยที่สุด ☐ น้อยกว่า ☐ เท่ากัน ☐ มากกว่า ☐ มากที่สุด

33. น้ำมีความสำคัญต่อโรงพยาบาล.....เมื่อเปรียบเทียบกับอาบอบนวด

☐ น้อยที่สุด ☐ น้อยกว่า ☐ เท่ากัน ☐ มากกว่า ☐ มากที่สุด

34. น้ำมีความสำคัญต่อโรงพยาบาล.....เมื่อเปรียบเทียบกับอุตสาหกรรม

☐ น้อยที่สุด ☐ น้อยกว่า ☐ เท่ากัน ☐ มากกว่า ☐ มากที่สุด

35. น้ำมีความสำคัญต่อโรงพยาบาล.....เมื่อเปรียบเทียบกับการเกษตร

☐ น้อยที่สุด ☐ น้อยกว่า ☐ เท่ากัน ☐ มากกว่า ☐ มากที่สุด

36. น้ำมีความสำคัญต่อโรงแรม.....เมื่อเปรียบเทียบกับภัตตาคาร/ร้านอาหาร

☐ น้อยที่สุด ☐ น้อยกว่า ☐ เท่ากัน ☐ มากกว่า ☐ มากที่สุด

37. น้ำมีความสำคัญต่อโรงแรม.....เมื่อเปรียบเทียบกับอาบอบนวด

☐ น้อยที่สุด ☐ น้อยกว่า ☐ เท่ากัน ☐ มากกว่า ☐ มากที่สุด

38. น้ำมีความสำคัญต่อโรงแรม.....เมื่อเปรียบเทียบกับอุตสาหกรรม

☐ น้อยที่สุด ☐ น้อยกว่า ☐ เท่ากัน ☐ มากกว่า ☐ มากที่สุด

39. น้ำมีความสำคัญต่อโรงแรม.....เมื่อเปรียบเทียบกับการเกษตร

☐ น้อยที่สุด ☐ น้อยกว่า ☐ เท่ากัน ☐ มากกว่า ☐ มากที่สุด

40. น้ำมีความสำคัญต่อภัตตาคาร/ร้านอาหาร.....เมื่อเปรียบเทียบกับอาบอบนวด

☐ น้อยที่สุด ☐ น้อยกว่า ☐ เท่ากัน ☐ มากกว่า ☐ มากที่สุด

41. น้ำมีความสำคัญต่อภัตตาคาร/ร้านอาหาร.....เมื่อเปรียบเทียบกับอุตสาหกรรม

☐ น้อยที่สุด ☐ น้อยกว่า ☐ เท่ากัน ☐ มากกว่า ☐ มากที่สุด

42. น้ำมีความสำคัญต่อภัตตาคาร/ร้านอาหาร.....เมื่อเปรียบเทียบกับการเกษตร

☐ น้อยที่สุด ☐ น้อยกว่า ☐ เท่ากัน ☐ มากกว่า ☐ มากที่สุด

43. น้ำมีความสำคัญต่ออาบอบนวด.....เมื่อเปรียบเทียบกับอุตสาหกรรม

☐ น้อยที่สุด ☐ น้อยกว่า ☐ เท่ากัน ☐ มากกว่า ☐ มากที่สุด

44. น้ำมีความสำคัญต่ออาบอบนวด.....เมื่อเปรียบเทียบกับการเกษตร

☐ น้อยที่สุด ☐ น้อยกว่า ☐ เท่ากัน ☐ มากกว่า ☐ มากที่สุด

45. น้ำมีความสำคัญต่ออุตสาหกรรม.....เมื่อเปรียบเทียบกับการเกษตร

☐ น้อยที่สุด ☐ น้อยกว่า ☐ เท่ากัน ☐ มากกว่า ☐ มากที่สุด

46. ท่านคิดว่ามีกิจกรรมอื่น ๆ ที่มีการใช้น้ำภายในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่นอกเหนือจากที่กำหนดหรือไม่

☐ ไม่มี ☐ มี (โปรดระบุ)*_____

* ถ้าท่านตอบว่ามีกิจกรรมอื่นที่มีการใช้น้ำนอกเหนือจากกิจกรรมที่กำหนดไว้ กรุณาตอบข้อ 46.1 – 46.10

46.1น้ำมีความสำคัญต่อครัวเรือน.....เมื่อเปรียบเทียบกับอื่นๆ (โปรดระบุ)_____

☐ น้อยที่สุด ☐ น้อยกว่า ☐ เท่ากัน ☐ มากกว่า ☐ มากที่สุด

46.2น้ำมีความสำคัญต่อวัด/ศาสนสถาน.....เมื่อเปรียบเทียบกับอื่น ๆ(โปรดระบุ)_____

☐ น้อยที่สุด ☐ น้อยกว่า ☐ เท่ากัน ☐ มากกว่า ☐ มากที่สุด

46.3น้ำมีความสำคัญต่อโรงเรียน/สถานที่ราชการ.....เมื่อเปรียบเทียบกับอื่น ๆ (โปรดระบุ)_____

☐ น้อยที่สุด ☐ น้อยกว่า ☐ เท่ากัน ☐ มากกว่า ☐ มากที่สุด

46.4 น้ำมีความสำคัญต่อตลาด.....เมื่อเปรียบเทียบกับอื่น ๆ (โปรดระบุ)_____

☐ น้อยที่สุด ☐ น้อยกว่า ☐ เท่ากัน ☐ มากกว่า ☐ มากที่สุด

46.5 น้ำมีความสำคัญต่อโรงพยาบาล.....เมื่อเปรียบเทียบกับอื่น ๆ (โปรดระบุ)_____

☐ น้อยที่สุด ☐ น้อยกว่า ☐ เท่ากัน ☐ มากกว่า ☐ มากที่สุด

46.6 น้ำมีความสำคัญต่อโรงแรม.....เมื่อเปรียบเทียบกับอื่น ๆ (โปรดระบุ)_____

☐ น้อยที่สุด ☐ น้อยกว่า ☐ เท่ากัน ☐ มากกว่า ☐ มากที่สุด

46.7น้ำมีความสำคัญต่อภัตตาคาร/ร้านอาหาร.....เมื่อเปรียบเทียบกับอื่น ๆ (โปรดระบุ)_____

☐ น้อยที่สุด ☐ น้อยกว่า ☐ เท่ากัน ☐ มากกว่า ☐ มากที่สุด

46.8 น้ำมีความสำคัญต่ออาบอบนวด.....เมื่อเปรียบเทียบกับอื่น ๆ(โปรดระบุ)_____

☐ น้อยที่สุด ☐ น้อยกว่า ☐ เท่ากัน ☐ มากกว่า ☐ มากที่สุด

46.9 น้ำมีความสำคัญต่ออุตสาหกรรม.....เมื่อเปรียบเทียบกับอื่น ๆ(โปรดระบุ)_____

☐ น้อยที่สุด ☐ น้อยกว่า ☐ เท่ากัน ☐ มากกว่า ☐ มากที่สุด

46.10 น้ำมีความสำคัญต่อการเกษตร.....เมื่อเปรียบเทียบกับอื่น ๆ(โปรดระบุ)_____

☐ น้อยที่สุด ☐ น้อยกว่า ☐ เท่ากัน ☐ มากกว่า ☐ มากที่สุด

ภาคผนวก ฉ. การหาน้ำหนักความสำคัญของการใช้น้ำ

การหาน้ำหนักความสำคัญของการใช้น้ำ

การหาน้ำหนักความสำคัญ (weight) ของการใช้น้ำจากกิจกรรมต่าง ๆ ภายในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ ในงานวิจัยครั้งนี้จะใช้วิธีการ Pairwise Comparison ซึ่งเป็นวิธีการของ The Analytic Hierarchy Process (Thomas L. Saaty, 1980) เป็นการหาน้ำหนักความสำคัญโดยการเปรียบเทียบทีละคู่ ซึ่งผู้ที่ทำการเปรียบเทียบจะเป็นผู้ที่เกี่ยวข้องหรือมีความรู้ในเรื่องนั้น ในการเปรียบเทียบจะมีการกำหนดอัตราการให้คะแนนจากระดับความสำคัญดังตารางที่ 1

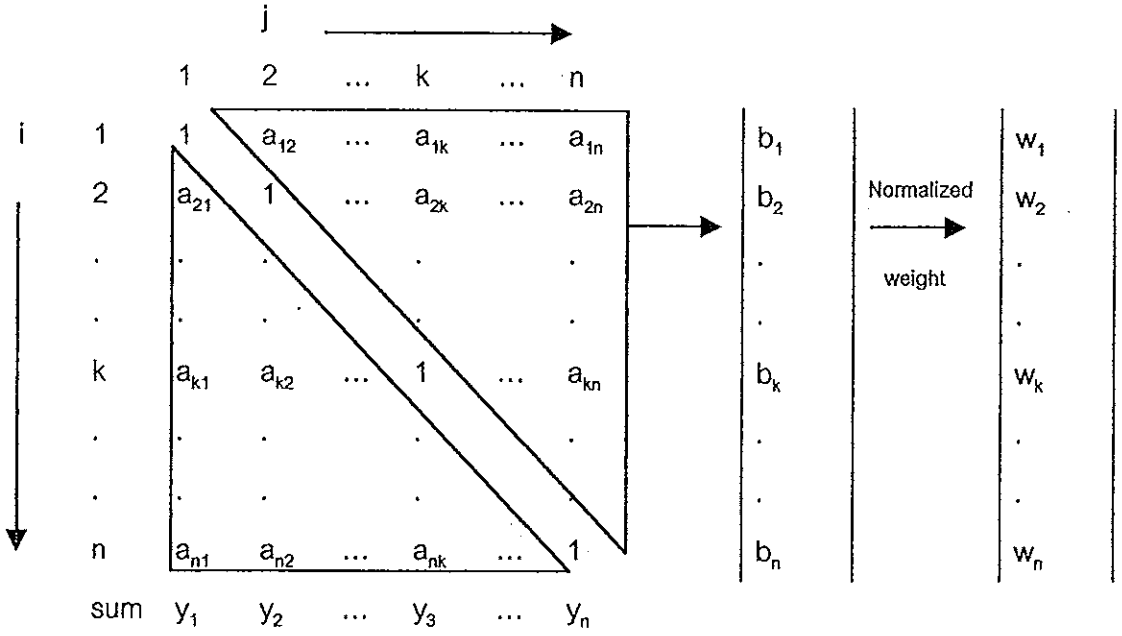
ตารางที่ 1 การกำหนดอัตราการให้คะแนนจากการเปรียบเทียบระดับความสำคัญ

ระดับคะแนน	ความหมาย	คำอธิบาย
1	มีความสำคัญเท่ากัน	สองกิจกรรมมีความสำคัญเท่ากัน
3	มีความสำคัญเล็กน้อย	กิจกรรมหนึ่งมีความสำคัญมากกว่าเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับอีกกิจกรรม
5	มีความสำคัญมาก	กิจกรรมหนึ่งมีความสำคัญมากเมื่อเปรียบเทียบกับอีกกิจกรรม
7	มีความสำคัญมาก ๆ	กิจกรรมหนึ่งมีความสำคัญมาก ๆ เมื่อเปรียบเทียบกับอีกกิจกรรม
9	มีความสำคัญมากที่สุด	กิจกรรมหนึ่งมีความสำคัญมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับอีกกิจกรรม
2,4,6,8	ระดับความสำคัญที่อยู่ระหว่างระดับคะแนน 1,3,5,7,9	
ส่วนกลับของระดับคะแนนที่มากกว่า 0	ถ้าระดับคะแนนจากการเปรียบเทียบกิจกรรม i กับกิจกรรม j มีค่ามากกว่า 0 ส่วนกลับของระดับคะแนนหมายถึงระดับคะแนนจากการเปรียบเทียบ กิจกรรม j กับกิจกรรม i	

เมื่อทำการเปรียบเทียบเสร็จสิ้นจึงนำข้อมูลที่ได้จากการเปรียบเทียบจำนวน (n(n-1)/2) ข้อมูล เมื่อ n คือจำนวนกิจกรรมที่นำไปเปรียบเทียบ ใส่ลงในสามเหลี่ยมด้านบนของเมตริกซ์ดังภาพที่ 1.ในขณะที่สามเหลี่ยมด้านล่างเป็นส่วนกลับของข้อมูลจากสามเหลี่ยมด้านบนเนื่องจากข้อกำหนด

$$P_c(A_i,A_j) = 1 / P_c(A_j,A_i) \qquad \text{สำหรับ ทุก ๆ } A_i \text{ และ } A_j$$

โดยที่ $P_c(A_i,A_j)$ หมายถึง ระดับความสำคัญที่ได้จากการเปรียบเทียบกิจกรรม i กับ กิจกรรม j



ภาพที่ 1. เมตริกซ์ของ Pairwise Comparison

โดยที่ i และ j เป็นทางเลือก หรือ กิจกรรม ที่ต้องการเปรียบเทียบ

a_{ij} คือ การแสดงถึงระดับความสำคัญ ของ กิจกรรม i ที่มากกว่า กิจกรรม j

n คือ จำนวนทางเลือกหรือกิจกรรมที่ต้องการเปรียบเทียบ

$$y_k = \sum_{i=1}^{n} a_{ij}$$

เมื่อ i และ j = 1, 2, 3,..., n.

$$b_k = a_{k1} + a_{k2} + a_{k3} + \ldots + a_{kn}$$

เมื่อ $k = 1, 2, 3, \ldots, n$

คำนวณ Normalized weight โดยใช้วิธีการดังนี้

$$W_k = \frac{b_k}{\sum_{k=1}^{n} b_k}$$

เมื่อ $k = 1, 2, 3, \ldots, n$

การวัดค่า Saaty's consistency จะวัดในรูปแบบของ Consistency Index (C.I.)

$$C.I. = \frac{\lambda_{max} - n}{n-1}$$

โดยที่ $\lambda_{max} = y_1w_1 + y_2w_2 + \ldots + y_kw_k + \ldots + y_nw_n = \sum_{k=1}^{n} y_kw_k$

การยอมรับน้ำหนักความสำคัญที่ได้จากการเปรียบเทียบจะวัดออกมาในรูปแบบของ Consistency Ratio (C.R.) โดยที่ค่า C.R. ไม่เกิน 10%

$$C.R. = \frac{C.I.}{R.I.} \times 100\%$$

เมื่อ R.I. คือค่า Randomly generated consistency Index ซึ่งจะขึ้นกับจำนวนทางเลือก หรือ จำนวนกิจกรรม (n) ค่า R.I จะแสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่า Randomly generated consistency Index

Matrix Size(n)	1	2	3	4	5	6	7	8
Average R.I.	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41

Matrix Size(n)	9	10	11	12	13	14	15
Average R.I.	1.45	1.49	1.51	1.53	1.55	1.56	1.59

การหาน้ำหนักความสำคัญในการใช้น้ำภายในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่

วิธีการหาน้ำหนักความสำคัญในการใช้น้ำภายในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ จะทำโดยการเปรียบเทียบความสำคัญของน้ำที่มีต่อกิจกรรมต่าง ๆ ภายในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ซึ่งกิจกรรมที่นำมาเปรียบเทียบมีดังนี้

1. ครัวเรือน
2. วัด/ศาสนสถาน
3. โรงเรียน/สถานที่ราชการ
4. ตลาด
5. โรงพยาบาล
6. โรงแรม
7. ภัตตาคาร/ร้านอาหาร
8. อาบอบนวด
9. อุตสาหกรรม
10. การเกษตร
11. อื่น ๆ (โปรดระบุ) *_____

* กรณีที่ท่านคิดว่าควรจะมีกิจกรรมอื่น ๆ ที่มีการใช้น้ำนอกเหนือจากกิจกรรมที่กำหนด

การเปรียบเทียบความสำคัญของน้ำที่มีต่อกิจกรรมต่างจะใช้แบบสอบถามดังรายละเอียดในภาคผนวก จ . ในการสอบถามจะสอบถามจากผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในการวางแผนการใช้น้ำ ได้แก่

1. เทศบาลนครหาดใหญ่ ในฐานะผู้จัดการดูแลความเป็นอยู่ของประชาชน และกิจกรรมต่าง ๆ ภายในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่

2. สำนักงานประปาสงขลา การประปาส่วนภูมิภาค ในฐานะผู้ผลิตน้ำประปาเพื่อขายให้แก่กิจกรรมต่าง ๆ ภายในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่

3. สำนักงานทรัพยากรธรณีจังหวัดสงขลา ในฐานะผู้ดูแลการใช้และการขุดเจาะน้ำบาดาลซึ่งเป็นแหล่งน้ำที่มีการใช้โดยกิจกรรมต่าง ๆ ภายในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่

4. ประชาชน ในฐานะผู้ใช้น้ำ

ในแบบสอบถามนี้ต้องการให้ผู้มีส่วนร่วมทุกฝ่าย ได้พิจารณาตัดสินใจว่าน้ำมีควาสำคัญต่อกิจกรรมใดมากกว่ากัน ซึ่งผลจากการตัดสินใจของทุกฝ่ายจะนำไปหาค่าเฉลี่ยและนำไปทำการหาน้ำหนักความสำคัญเพื่อพิจารณาว่าน้ำมีความสำคัญต่อกิจกรรมใดมากที่สุด

จำนวนกลุ่มตัวอย่างที่ทำการสุ่มเพื่อตอบแบบสอบถาม

1. เทศบาลนครหาดใหญ่ ทำการเก็บแบบสอบถามจากกองสาธารณสุขจำนวน 10 ชุด โดยให้หัวหน้าแผนกต่าง ๆ เป็นผู้ตอบแบบสอบถาม

2. สำนักงานประปาสงขลา การประปาส่วนภูมิภาค ทำการเก็บแบบสอบถามจากงานบริการและงานผลิตจำนวน 10 ชุด โดยให้หัวหน้าแผนกและพนักงานที่เกี่ยวข้องเป็นผู้ตอบแบบสอบถาม

3. สำนักงานทรัพยากรธรณีจังหวัดสงขลา ทำการเก็บแบบสอบถามจากเจ้าหน้าที่ทุกคน จำนวน 8 ชุด

4. ประชาชน ในฐานะผู้ใช้น้ำ ทำการเก็บแบบสอบถามจำนวน 30 ชุด โดยสุ่มจากประชาชนทั่วไป

แบบสอบถามในภาคผนวก จ. มีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

น้อยที่สุด	มีค่าเท่ากับ	1/5
น้อยกว่า	มีค่าเท่ากับ	1/3
เท่ากัน	มีค่าเท่ากับ	1
มากกว่า	มีค่าเท่ากับ	3
มากที่สุด	มีค่าเท่ากับ	5

ผลจากการเก็บตัวอย่างแบบสอบถามแล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยเพื่อนำไปหาน้ำหนักความสำคัญดังนี้

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	weight
1	1.00	2.57	2.00	1.81	0.94	1.94	1.57	2.00	1.60	1.51	0.15
2	0.39	1.00	1.00	0.90	0.65	0.80	0.81	2.00	0.74	0.89	0.08
3	0.50	1.00	1.00	1.48	1.18	1.38	1.81	2.00	1.29	1.19	0.11
4	0.55	1.11	0.68	1.00	0.76	1.19	1.24	2.00	1.09	0.85	0.10
5	1.06	1.54	0.85	.1.31	1.00	2.57	2.86	3.00	1.62	2.05	0.16
6	0.51	1.25	0.72	0.84	0.39	1.00	1.81	2.00	0.95	1.05	0.09
7	0.64	1.24	0.55	0.81	0.35	0.55	1.00	2.00	1.24	1.00	0.08
8	0.47	0.56	0.50	0.43	0.32	0.55	0.47	1.00	0.55	0.55	0.05
9	0.63	1.35	0.78	0.92	0.62	1.05	0.81	2.00	1.00	1.10	0.09
10	0.66	1.13	0.84	1.18	0.49	0.95	1.00	2.00	0.91	1.00	0.09

λ_{max} = 10.26

C.I. = 0.026

C.R. = 1.72 %

จากการเก็บแบบสอบถามการจัดลำดับความสำคัญของการใช้น้ำสรุปผลได้ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 น้ำหนักความสำคัญของน้ำที่มีต่อกิจกรรมที่ใช้น้ำภายในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่

กิจกรรม	น้ำหนักความสำคัญ
1. ครัวเรือน	0.15
2. วัด/ศาสนสถาน	0.08
3. โรงเรียน/สถานที่ราชการ	0.11
4. ตลาด	0.10
5. โรงพยาบาล	0.16
6. โรงแรม	0.09
7. ภัตตาคาร/ร้านอาหาร	0.08
8. อาบอบนวด	0.05
9. อุตสาหกรรม	0.09
10. การเกษตร	0.09

ภาคผนวก ช. ข้อมูลอัตราค่าน้ำประปา และ ค่าน้ำบาดาล

น้ำประปา ข้อมูลอัตราค่าน้ำได้จากการประปาสงขลา การประปาส่วนภูมิภาค

น้ำบาดาล ข้อมูลอัตราค่าน้ำบาดาลซึ่งจัดเก็บโดยกรมทรัพยากรธรณี ตามกฎกระทรวง ฉบับที่ 7 พ.ศ. 2540 ออกตามความในพระราชบัญญัติน้ำบาดาล พ.ศ. 2520

ร่างที่กระทรวงอุตสาหกรรม(กทธ.) เสนอ และผ่านการพิจารณาของคณะกรรมการกฤษฎีกาแล้ว

การเรียกเก็บค่าใช้น้ำบาดาล

ตามกฎกระทรวง ฉบับที่ 7 (พ.ศ. 40)

ออกตามความในพระราชบัญญัติน้ำบาดาล พ.ศ. 2520

ประเภท	อัตราค่าใช้น้ำบาดาลลูกบาศก์เมตรละ 3.50 บาท	
	ท้องที่ที่มีน้ำประปาใช้	ท้องที่ที่ไม่มีน้ำประปาใช้
1. อุปโภคบริโภค หรืออุปโภค	เก็บเต็ม (3.50 บาท/ลบ.ม.)	ยกเว้น
2. - ธุรกิจที่ไม่ใช้วัตถุดิบจากผลิตผลการเกษตรตามประเภท และชนิดที่รัฐมนตรีกำหนด	เก็บเต็ม (3.50 บาท/ลบ.ม.)	ลดหย่อนแล้วเก็บเพียง 75 % ของปริมาณน้ำ หรือเท่ากับเก็บเพียง 3.5 x 75 % = 2.625 บาท/ลบ.ม.
- ธุรกิจที่ใช้วัตถุดิบจากผลิตผลการเกษตรตามประเภท และชนิดที่รัฐมนตรีกำหนด	เก็บเต็ม (3.50 บาท/ลบ.ม.)	ลดหย่อนแล้วเก็บเพียง 30 % ของปริมาณน้ำ หรือเท่ากับเก็บเพียง 3.5 x 30 % = 1.05 บาท/ลบ.ม.
3. เกษตรกรรม - การเพาะปลูก	เก็บเต็ม (3.50 บาท/ลบ.ม.)	ยกเว้น
- การเลี้ยงสัตว์ที่ได้รับอนุญาตให้ใช้น้ำบาดาลไม่เกินวันละ 50 ลบ.ม.	เก็บเต็ม (3.50 บาท/ลบ.ม.)	ยกเว้น
- การเลี้ยงสัตว์ที่ได้รับอนุญาตให้ใช้น้ำบาดาลเกินวันละ 50 ลบ.ม.(เก็บเฉพาะส่วนที่เกิน)	เก็บเต็ม (3.50 บาท/ลบ.ม.)	ลดหย่อนเฉพาะส่วนที่เกินกว่าวันละ 50 ลบ.ม. แล้วเก็บเพียง 30 % ของปริมาณน้ำ หรือเท่ากับเก็บเพียง 3.5 x30 % = 1.05 บาท/ลบ.ม.

<u>การชำระค่าใช้น้ำบาดาล</u>

ต้องชำระภายใน 30 วัน นับแต่วันเริ่มงวดถัดไป หากไม่ชำระตามกำหนด ต้องชำระในอัตราสองเท่าของอัตราค่าใช้น้ำบาดาล (เท่ากับลูกบาศก์เมตรละ 7 บาท)

<u>หมายเหตุ</u> *ร่างกฎกระทรวงนี้ เมื่อประกาศในราชกิจจานุเบกษาแล้ว จะใช้บังคับตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม 2540 เป็นต้นไป*

การเรียกเก็บค่าใช้น้ำบาดาล

ลูกบาศก์เมตรละ 3.50 บาท

ในท้องที่ที่มีน้ำประปาใช้

- เก็บทุกรายทุกประเภท (ไม่ได้รับการยกเว้นหรือลดหย่อนค่าใช้น้ำบาดาล)
  - ตามปริมาณน้ำบาดาลที่วัดได้จากเครื่องวัดปริมาณน้ำหรือ
  - ตามปริมาณน้ำบาดาลสูงสุดที่กำหนดไว้ในใบอนุญาตใช้น้ำบาดาล

ในท้องที่ที่ไม่มีน้ำประปาใช้

<u>ยกเว้น</u>

- ประเภทอุปโภคบริโภคหรืออุปโภค ทั้งนี้ ไม่รวมถึงการใช้น้ำบาดาลของโรงงานอุตสาหกรรม
- เกษตรกรรม (การเพาะปลูก)
- เกษตรกรรม (การเลี้ยงสัตว์) ที่ใช้น้ำบาดาลไม่เกินวันละ 50 ลูกบาศก์เมตร

<u>เก็บ</u>

- ธุรกิจที่ไม่ใช้วัตถุดิบจากผลิตผลการเกษตร ได้รับการลดหย่อน โดยคิดค่าใช้น้ำบาดาลเพียงร้อยละ 75 ของปริมาณน้ำบาดาลที่วัดได้จากเครื่องวัดปริมาณน้ำหรือปริมาณน้ำบาดาลสูงสุดที่กำหนดไว้ในใบอนุญาตใช้น้ำบาดาล
- ธุรกิจที่ใช้วัตถุดิบจากผลิตผลการเกษตร ได้รับการลดหย่อน โดยคิดค่าใช้น้ำบาดาลเพียงร้อยละ 30 ของปริมาณน้ำบาดาลที่วัดได้จากเครื่องวัดปริมาณน้ำหรือปริมาณน้ำบาดาลสูงสุดที่กำหนดไว้ในใบอนุญาตใช้น้ำบาดาล
- เกษตรกรรม (การเลี้ยงสัตว์) ที่ใช้น้ำบาดาลเกินวันละ 50 ลูกบาศก์เมตร (เก็บเฉพาะส่วนที่เกิน) ได้รับการลดหย่อน โดยคิดค่าใช้น้ำบาดาลเพียงร้อยละ 30 ของปริมาณน้ำบาดาลที่วัดได้จากเครื่องวัดปริมาณน้ำหรือ ปริมาณน้ำบาดาลสูงสุดที่กำหนด ไว้ในใบอนุญาตใช้น้ำบาดาล

การชำระค่าใช้น้ำบาดาล

ต้องชำระค่าใช้น้ำบาดาล ปีละ 4 งวด ดังนี้ :

งวดที่ 1

มกราคม - มีนาคม (90 วัน) ชำระภายในวันที่ 30 เมษายน

(ยกเว้นปีที่เดือนกุมภาพันธ์ มีจำนวน 29 วัน)

งวดที่ 2

เมษายน - มิถุนายน (91 วัน) ชำระภายในวันที่ 30 กรกฎาคม

งวดที่ 3

กรกฎาคม - กันยายน (92 วัน) ชำระภายในวันที่ 30 ตุลาคม

งวดที่ 4

ตุลาคม - ธันวาคม (92 วัน) ชำระภายในวันที่ 30 มกราคม

ระยะเวลาการชำระค่าน้ำบาดาล

- ต้องชำระภายใน 30 วัน นับตั้งแต่เริ่มงวดถัดไป หากไม่ชำระตามกำหนดต้องชำระในอัตราสองเท่าของอัตราค่าใช้น้ำบาดาล (เท่ากับลูกบาศก์เมตรละ 7 บาท)

- ชำระด้วยเงินสดหรือเช็คด้วยตนเอง หรือส่งทางไปรษณีย์โดยเช็คขีดคร่อม สั่งจ่าย กรมทรัพยากรธรณี

(กฎกระทรวง ฉบับที่ .. (พ.ศ. 2540) ประกาศราชกิจจานุเบกษา .... เล่ม ... ตอนที่ .. วันที่ ...) เมื่อประกาศในราชกิจจานุเบกษาแล้วจะใช้บังคับตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม 2540 เป็นต้นไป

ที่มา : กองควบคุมกิจการน้ำบาดาล กรมทรัพยากรธรณี

ตารางอัตราค่าน้ำประปา (ยกเว้นในพื้นที่ อ.ชลบุรี)

ช่วงการใช้น้ำ (ลบ.ม./เดือน)	พ.ค.41	มิ.ย.41	ก.ค.41	ส.ค.41	ก.ย.41	ต.ค.41	พ.ย.41	ธ.ค.41	ม.ค.42
ประเภทที่อยู่อาศัยและอื่นๆ			(ไม่ต่ำกว่า 30 บาท)						
หน่วยน้ำขั้นต่ำ	0 - 8	0 - 7	0 - 6	0 - 5	0 - 5	0 - 4	0 - 4	0 - 4	0 - 3
0 - 10	3.75	4.25	4.75	5.25	5.75	6.25	6.75	7.25	7.75
11 - 20	4.50	5.00	5.50	6.00	6.50	7.00	7.50	8.00	8.50
21 - 30	6.75	7.25	7.75	8.25	8.75	9.25	9.75	10.25	10.75
31 - 50	8.75	9.25	9.75	10.25	10.75	11.25	11.75	12.25	12.75
51 - 80	10.00	10.50	11.00	11.50	12.00	12.50	13.00	13.50	14.00
81 - 100	10.50	11.00	11.50	12.00	12.50	13.00	13.50	14.00	14.50
101 - 300	10.60	11.10	11.60	12.10	12.60	13.10	13.60	14.10	14.60
301 - 1000	10.70	11.20	11.70	12.20	12.70	13.20	13.70	14.20	14.70
1001 - 2000	10.80	11.30	11.80	12.30	12.80	13.30	13.80	14.30	14.80
2001 - 3000	10.90	11.40	11.90	12.40	12.90	13.40	13.90	14.40	14.90
3001 ขึ้นไป	11.00	11.50	12.00	12.50	13.00	13.50	14.00	14.50	15.00
ประเภทราชการ รัฐวิสาหกิจ และธุรกิจขนาดเล็ก			(ไม่ต่ำกว่า 50 บาท)						
หน่วยน้ำขั้นต่ำ	0 - 10	0 - 9	0 - 8	0 - 7	0 - 7	0 - 6	0 - 6	0 - 5	0 - 5
0 - 10	5.00	5.50	6.00	6.50	7.00	7.50	8.00	8.50	9.00
11 - 20	7.75	8.25	8.75	9.25	9.75	10.25	10.75	11.25	11.75
21 - 30	9.00	9.50	10.00	10.50	11.00	11.50	12.00	12.50	13.00
31 - 50	10.00	10.50	11.00	11.50	12.00	12.50	13.00	13.50	14.00
51 - 80	10.40	10.90	11.40	11.90	12.40	12.90	13.40	13.90	14.40
81 - 100	10.50	11.00	11.50	12.00	12.50	13.00	13.50	14.00	14.50
101 - 300	10.60	11.10	11.60	12.10	12.60	13.10	13.60	14.10	14.60
301 - 1000	10.70	11.20	11.70	12.20	12.70	13.20	13.70	14.20	14.70
1001 - 2000	10.80	11.30	11.80	12.30	12.80	13.30	13.80	14.30	14.80
2001 - 3000	10.90	11.40	11.90	12.40	12.90	13.40	13.90	14.40	14.90
3001 ขึ้นไป	11.00	11.50	12.00	12.50	13.00	13.50	14.00	14.50	15.00
ประเภทอุตสาหกรรม และธุรกิจใหญ่			(ไม่ต่ำกว่า 100 บาท)						
หน่วยน้ำขั้นต่ำ	0 - 14	0 - 13	0 - 13	0 - 12	0 - 11	0 - 11	0 - 10	0 - 10	0 - 10
0 - 10	6.00	6.50	7.00	7.50	8.00	8.50	9.00	9.50	10.00
11 - 20	9.00	9.50	10.00	10.50	11.00	11.50	12.00	12.50	13.00
21 - 30	12.00	12.50	13.00	13.50	14.00	14.50	15.00	15.50	16.00
31 - 50	15.00	15.50	16.00	16.50	17.00	17.50	18.00	18.50	19.00
51 - 80	17.00	17.50	18.00	18.50	19.00	19.50	20.00	20.50	21.00
81 - 100	17.25	17.75	18.25	18.75	19.25	19.75	20.25	20.75	21.25
101 - 300	17.50	18.00	18.50	19.00	19.50	20.00	20.50	21.00	21.50
301 - 1000	17.75	18.25	18.75	19.25	19.75	20.25	20.75	21.25	21.75
1001 - 2000	17.50	18.00	18.50	19.00	19.50	20.00	20.50	21.00	21.50
2001 - 3000	17.25	17.75	18.25	18.75	19.25	19.75	20.25	20.75	21.25
3001 ขึ้นไป	17.00	17.50	18.00	18.50	19.00	19.50	20.00	20.50	21.00

ภาผนวก ซ. ผลการทดสอบแบบจำลองและการวิเคราะห์ความไวต่อการเปลี่ยนแปลง กรณีการวางแผนการใช้น้ำในปี 2542

กำหนดให้

model 1 คือ แบบจำลองที่วัตถุประสงค์ในการดำเนินงานมีความสำคัญเท่ากัน

model 2 คือ แบบจำลองที่วัตถุประสงค์ในการดำเนินงานมีความสำคัญไม่เท่ากันและความสำคัญไม่แตกต่างกันมาก

model 2 คือ แบบจำลองที่วัตถุประสงค์ในการดำเนินงานมีความสำคัญไม่เท่ากันและความสำคัญแตกต่างกันมาก

Model 1 SOLUTION IS OPTIMAL DATE 12-12-2000 TIME 17:56:52

MINIMUM			ENTERS:	X.30		BASIS X:	47	VARIABLES:	80
PIVOTS:	17		LEAVES:	d46-		BASIS S:	0	SLACKS:	0
LAST INV:	0		DELTA	-2.000000		COST	28187.39	CONSTRAINTS:	47

BASIS	d1-	d2-	d3-	d4-	X.4	d6-	d7-	d8-	d9-
d10-	d11-	d12-	d13-	X.13	d15-	d16-	X.16	d18-	X.20
d20-	d21-	d22-	d23-	d24-	d25-	d26-	d27-	d28-	d29-
d30-	d31-	d32-	d33-	X.1	X.2	d36-	X.3	X.6	X.7
X.10	X.15	X.18	X.19	X.22	X.25	X.30	X.33		
PRIMAL	15826	10319	.00000	8.1667	4.8620	.00000	43.770	.47010	.00000
10.814	.03000	.00000	15.638	61.870	.00000	165.44	435.82	.00000	15.106
140.02	.00000	10.679	.04300	.00000	110.02	41.782	.00000	.00000	.00000
.00000	12.066	.00000	.00000	487.07	289.06	1483.5	596.44	.00001	49.017
33.726	.00100	.02000	.36589	8.6360	86.634	.00000	2920.0		
DUAL	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	.90753	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	.90600	1.0000	1.0000	.64619	1.0000	.72736
1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	-12.610	-17.490	1.0000	-1.0000	-1.0000	-2.2800
-2.4400	-1.0000	-1.0000	-1.2410	-8.9200	-9.2100	-1.0000	-2.6900		

Model 1 SOLUTION IS MINIMUM COST 28187.39349 DATE 12-12-2000
RIGHT-HAND-SIDE RANGES TIME 17:57:10

CONSTRAINT	STATUS	DUAL VALUE	RHS VALUE	MINIMUM	MAXIMUM
Y.1	BINDING	1.0000000	20577.667	4751.9022	NONE
Y.2	BINDING	1.0000000	17540.991	7221.8444	NONE
Y.3	BINDING	1.0000000	.00000000	.00000000	NONE
Y.4	BINDING	1.0000000	9.9170000	1.7503151	NONE
Y.5	BINDING	.90753425	70.985000	.00000000	70.985200
Y.6	BINDING	1.0000000	.00000000	.00000000	NONE
Y.7	BINDING	1.0000000	53.083000	9.3132300	NONE
Y.8	BINDING	1.0000000	721.02000	720.54990	NONE
Y.9	BINDING	1.0000000	.00000000	.00000000	NONE
Y.10	BINDING	1.0000000	12.500000	1.6863000	NONE
Y.11	BINDING	1.0000000	505.92000	505.89000	NONE
Y.12	BINDING	1.0000000	.00000000	.00000000	NONE
Y.13	BINDING	1.0000000	16.875000	1.2374000	NONE
Y.14	BINDING	.90600000	928.05000	.00000000	928.06500
Y.15	BINDING	1.0000000	.00000000	.00000000	NONE
Y.16	BINDING	1.0000000	182.87500	17.432800	NONE
Y.17	BINDING	.64619048	9152.2200	.00000000	9152.6400
Y.18	BINDING	1.0000000	.00000000	.00000000	NONE
Y.19	BINDING	.72736469	316.75000	25.352627	323.98368
Y.20	BINDING	1.0000000	197.65200	57.627972	NONE
Y.21	BINDING	1.0000000	.00000000	.00000000	NONE
Y.22	BINDING	1.0000000	10.938000	.25908000	NONE

Y.23	BINDING	1.0000000	185.71700	185.67400	NONE
Y.24	BINDING	1.0000000	.00000000	.00000000	NONE
Y.25	BINDING	1.0000000	116.08300	6.0643800	NONE
Y.26	BINDING	1.0000000	1926.0710	1884.2895	NONE
Y.27	BINDING	1.0000000	.00000000	.00000000	NONE
Y.28	BINDING	1.0000000	.00000000	.00000000	NONE
Y.29	BINDING	1.0000000	.00000000	.00000000	NONE
Y.30	BINDING	1.0000000	.00000000	.00000000	NONE
Y.31	BINDING	1.0000000	4946.8660	4934.8000	NONE
Y.32	BINDING	1.0000000	.00000000	.00000000	NONE
Y.33	BINDING	1.0000000	.00000000	.00000000	NONE
Y.34	BINDING	-12.610000	1168.0000	680.93088	1764.4390
Y.35	BINDING	-17.490000	304.16700	15.106108	900.60599
Y.36	BINDING	1.0000000	5000.0000	3516.4600	NONE
Y.37	BINDING	-1.0000000	1372.5690	776.13001	2856.1090
Y.38	BINDING	-1.0000000	4.8620000	4.8619863	1488.4020
Y.39	BINDING	-2.2800000	49.017000	.00000000	49.048980
Y.40	BINDING	-2.4400000	33.726000	.00000000	33.728000
Y.41	BINDING	-1.0000000	61.871000	61.870000	1545.4110
Y.42	BINDING	-1.0000000	435.84000	435.82000	1919.3800
Y.43	BINDING	-1.2410167	15.472000	15.126552	25.796569
Y.44	BINDING	-8.9200000	8.6360000	.00000000	8.6380000
Y.45	BINDING	-9.2100000	86.634000	.00000000	88.554989
Y.46	BINDING	-1.0000000	.00000000	.00000000	1483.5400
Y.47	BINDING	-2.6900000	2920.0000	.00000000	2927.1396

Model 2 SOLUTION IS OPTIMAL DATE 02-21-2001 TIME 23:37:59

MINIMUM		ENTERS:	X.30	BASIS X:	47	VARIABLES:	80		
PIVOTS:	14	LEAVES:	d46-	BASIS S:	0	SLACKS:	0		
LAST INV:	0	DELTA	-2.000000	COST	5226.721	CONSTRAINTS:	47		

BASIS	d1-	d2-	d3-	d4-	d5-	d6-	d7-	d8-	d9-
d10-	d11-	d12-	d13-	X.13	d15-	d16-	d17-	d18-	d19-
d20-	d21-	d22-	d23-	d24-	d25-	d26-	d27-	d28-	d29-
d30-	d31-	d32-	d33-	X.1	X.2	d36-	X.3	X.6	X.9
X.12	X.15	X.18	X.21	X.24	X.25	X.30	X.33		
PRIMAL	15141	3477.8	.00000	9.9170	70.985	.00000	53.083	721.02	.00000
12.500	505.92	.00000	15.638	61.870	.00000	182.88	6622.1	.00000	316.75
197.65	.00000	10.938	185.72	.00000	110.02	41.782	.00000	.00000	.00000
.00000	12.066	.00000	.00000	1019.5	304.17	1608.4	48.906	4.8620	49.017
33.726	.00100	311.02	15.472	8.6360	86.634	.00000	2920.0		
DUAL	.15000	.15000	.15000	.07000	.07000	.07000	.11000	.11000	.11000
.08000	.08000	.08000	.16000	.13589	.16000	.09000	.09000	.09000	.08000
.08000	.08000	.05000	.05000	.05000	.10000	.10000	.10000	.11000	.11000
.11000	1.0000	1.0000	1.0000	-1.0415	-1.7735	1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000
-1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.1405	-1.0000	-2.6900		

Model 2 SOLUTION IS MINIMUM COST 5226.721199 DATE 02-21-2001
RIGHT-HAND-SIDE RANGES TIME 23:38:03

CONSTRAINT	STATUS	DUAL VALUE	RHS VALUE	MINIMUM	MAXIMUM
Y.1	BINDING	.15000000	20577.667	5436.2299	NONE
Y.2	BINDING	.15000000	17540.991	14063.159	NONE
Y.3	BINDING	.15000000	.00000000	.00000000	NONE
Y.4	BINDING	.07000000	9.9170000	.00000000	NONE
Y.5	BINDING	.07000000	70.985000	.00000000	NONE
Y.6	BINDING	.07000000	.00000000	.00000000	NONE
Y.7	BINDING	.11000000	53.083000	.00000000	NONE
Y.8	BINDING	.11000000	721.02000	.00000000	NONE
Y.9	BINDING	.11000000	.00000000	.00000000	NONE
Y.10	BINDING	.08000000	12.500000	.00000000	NONE
Y.11	BINDING	.08000000	505.92000	.00000000	NONE
Y.12	BINDING	.08000000	.00000000	.00000000	NONE
Y.13	BINDING	.16000000	16.875000	1.2374000	NONE
Y.14	BINDING	.13588667	928.05000	194.46000	928.06500
Y.15	BINDING	.16000000	.00000000	.00000000	NONE
Y.16	BINDING	.09000000	182.87500	.00000000	NONE
Y.17	BINDING	.09000000	6622.1000	.00000000	NONE
Y.18	BINDING	.09000000	.00000000	.00000000	NONE
Y.19	BINDING	.08000000	316.75000	.00000000	NONE
Y.20	BINDING	.08000000	197.65200	.00000000	NONE
Y.21	BINDING	.08000000	.00000000	.00000000	NONE
Y.22	BINDING	.05000000	10.938000	.00000000	NONE

Y.23	BINDING	.05000000	185.71700	.00000000	NONE
Y.24	BINDING	.05000000	.00000000	.00000000	NONE
Y.25	BINDING	.10000000	116.08300	6.0643800	NONE
Y.26	BINDING	.10000000	1926.0710	1884.2895	NONE
Y.27	BINDING	.10000000	.00000000	.00000000	NONE
Y.28	BINDING	.11000000	.00000000	.00000000	NONE
Y.29	BINDING	.11000000	.00000000	.00000000	NONE
Y.30	BINDING	.11000000	.00000000	.00000000	NONE
Y.31	BINDING	1.0000000	4946.8660	4934.8000	NONE
Y.32	BINDING	1.0000000	.00000000	.00000000	NONE
Y.33	BINDING	1.0000000	.00000000	.00000000	NONE
Y.34	BINDING	-1.0415000	1168.0000	148.50400	1216.9060
Y.35	BINDING	-1.7735000	304.16700	.00000000	353.07300
Y.36	BINDING	1.0000000	5000.0000	3391.6380	NONE
Y.37	BINDING	-1.0000000	1372.5690	1323.6630	2980.9310
Y.38	BINDING	-1.0000000	4.8620000	.00000000	1613.2240
Y.39	BINDING	-1.0000000	49.017000	.00000000	1657.3790
Y.40	BINDING	-1.0000000	33.726000	.00000000	1642.0880
Y.41	BINDING	-1.0000000	61.871000	61.870000	1670.2330
Y.42	BINDING	-1.0000000	311.01800	.00000000	1919.3800
Y.43	BINDING	-1.0000000	15.472000	.00000000	1623.8340
Y.44	BINDING	-1.0000000	8.6360000	.00000000	1616.9980
Y.45	BINDING	-1.1405000	86.634000	37.728000	88.554989
Y.46	BINDING	-1.0000000	.00000000	.00000000	1608.3620
Y.47	BINDING	-2.6900000	2920.0000	.00000000	2927.1396

Model 3 SOLUTION IS OPTIMAL DATE 02-26-2001 TIME 21:49:42

MINIMUM		ENTERS: X.1	BASIS X: 5	VARIABLES:	7
PIVOTS:	2	LEAVES: d37-	BASIS S: 2	SLACKS:	3
LAST INV:	0	DELTA -14.61000	COST 17953.66	CONSTRAINTS:	7

BASIS	d1-	d2-	d3-	S.4	X.2	S.6	X.1
PRIMAL	15099	2854.3	.00000	99.598	304.17	5000.0	1068.4
DUAL	1.0000	1.0000	1.0000	.00000	-4.8800	.00000	-13.610

Model 3 SOLUTION IS OPTIMAL DATE 06-18-2001 TIME 07:56:15

MINIMUM		ENTERS: X.1	BASIS X: 5	VARIABLES:	7
PIVOTS:	2	LEAVES: d37-	BASIS S: 2	SLACKS:	3
LAST INV:	0	DELTA -14.61000	COST 17953.66	CONSTRAINTS:	7

BASIS	d1-	d2-	d3-	S.4	X.2	S.6	X.1
PRIMAL	15099	2854.3	.00000	99.598	304.17	5000.0	1068.4
DUAL	1.0000	1.0000	1.0000	.00000	-4.8800	.00000	-13.610

Model 3 SOLUTION IS MINIMUM COST 17953.65895 DATE 06-18-2001
RIGHT-HAND-SIDE RANGES TIME 07:56:23

CONSTRAINT	STATUS	DUAL VALUE	RHS VALUE	MINIMUM	MAXIMUM
Y.1	BINDING	1.0000000	20577.667	5478.2890	NONE
Y.2	BINDING	1.0000000	17540.991	14686.710	NONE
Y.3	BINDING	1.0000000	.00000000	.00000000	NONE
Y.34	NONBINDING	.00000000	1168.0000	1068.4020	NONE
Y.35	BINDING	-4.8800000	304.16700	204.56900	1372.5690
Y.36	NONBINDING	.00000000	5000.0000	.00000000	NONE
Y.37	BINDING	-13.610000	1372.5690	304.16700	1472.1670

Model 3 SOLUTION IS OPTIMAL DATE 12-17-2000 TIME 18:36:09

MINIMUM		ENTERS:	d43+	BASIS X:	54	VARIABLES:	85		
PIVOTS:	42	LEAVES:	d43-	BASIS S:	4	SLACKS:	6		
LAST INV:	0	DELTA	-1.000000	COST	13959.35	CONSTRAINTS:	58		

BASIS	S.1	S.2	S.3	d4-	d5-	d6-	d7-	d8-	d9-
d10-	d11-	d12-	d13-	d14-	d15-	d16-	d17-	d18-	d19-
d20-	d21-	d22-	d23-	d24-	d25-	d26-	d27-	d28-	d29-
d30-	d31-	d32-	d33-	X.16	X.20	d36-	X.3	d38+	d39+
d40+	d41+	d42+	d43+	d44+	d45+	X.30	d47+	S.48	X.6
X.9	X.12	X.15	X.18	X.21	X.22	X.25	d46+	X.33	

PRIMAL	.00000	.00000	.00000	9.9170	70.985	.00000	53.083	721.02	.00000
12.500	505.92	.00000	16.875	928.05	.00000	182.70	9061.3	.00000	316.75
197.65	.00000	10.679	.04300	.00000	110.02	41.782	.00000	.00000	.00000
.00000	12.066	.00000	.00000	4.3280	.00000	1483.5	.00000	1.4700	20.802
20.708	32.639	124.82	5.0490	3.2180	15.727	.00000	.00000	.00000	4.8620
49.017	33.726	61.871	431.51	15.472	8.6360	86.634	.00000	2920.0	

DUAL	.00000	.00000	.00000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	-20.040	-23.440	1.0000	-1.0000	.00000	.00000
.00000	.00000	.00000	.00000	-.49000	-.78000	.00000	-1.6900	.00000	-1.0000
-1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000	

Model 3 SOLUTION IS MINIMUM COST 13959.34892 DATE 12-17-2000
RIGHT-HAND-SIDE RANGES TIME 18:36:15

CONSTRAINT	STATUS	DUAL VALUE	RHS VALUE	MINIMUM	MAXIMUM
Y.1	NONBINDING	.00000000	.00000000	.00000000	NONE
Y.2	NONBINDING	.00000000	.00000000	.00000000	NONE
Y.3	NONBINDING	.00000000	.00000000	.00000000	NONE
Y.4	BINDING	1.0000000	9.9170000	.00000000	NONE
Y.5	BINDING	1.0000000	70.985000	.00000000	NONE
Y.6	BINDING	1.0000000	.00000000	.00000000	NONE
Y.7	BINDING	1.0000000	53.083000	.00000000	NONE
Y.8	BINDING	1.0000000	721.02000	.00000000	NONE
Y.9	BINDING	1.0000000	.00000000	.00000000	NONE
Y.10	BINDING	1.0000000	12.500000	.00000000	NONE
Y.11	BINDING	1.0000000	505.92000	.00000000	NONE
Y.12	BINDING	1.0000000	.00000000	.00000000	NONE
Y.13	BINDING	1.0000000	16.875000	.00000000	NONE
Y.14	BINDING	1.0000000	928.05000	.00000000	NONE
Y.15	BINDING	1.0000000	.00000000	.00000000	NONE
Y.16	BINDING	1.0000000	182.87500	.17312000	NONE
Y.17	BINDING	1.0000000	9152.2200	90.888000	NONE
Y.18	BINDING	1.0000000	.00000000	.00000000	NONE
Y.19	BINDING	1.0000000	316.75000	.00000000	NONE
Y.20	BINDING	1.0000000	197.65200	.00000000	NONE
Y.21	BINDING	1.0000000	.00000000	.00000000	NONE
Y.22	BINDING	1.0000000	10.938000	.25908000	NONE

Y.23	BINDING	1.0000000	185.71700	185.67400	NONE
Y.24	BINDING	1.0000000	.00000000	.00000000	NONE
Y.25	BINDING	1.0000000	116.08300	6.0643800	NONE
Y.26	BINDING	1.0000000	1926.0710	1884.2895	NONE
Y.27	BINDING	1.0000000	.00000000	.00000000	NONE
Y.28	BINDING	1.0000000	.00000000	.00000000	NONE
Y.29	BINDING	1.0000000	.00000000	.00000000	NONE
Y.30	BINDING	1.0000000	.00000000	.00000000	NONE
Y.31	BINDING	1.0000000	4946.8660	4934.8000	NONE
Y.32	BINDING	1.0000000	.00000000	.00000000	NONE
Y.33	BINDING	1.0000000	.00000000	.00000000	NONE
Y.34	BINDING	-20.040000	99.598000	95.270000	531.09000
Y.35	BINDING	-23.440000	.00000000	.00000000	15.126552
Y.36	BINDING	1.0000000	5000.0000	3516.4600	NONE
Y.37	BINDING	-1.0000000	.00000000	.00000000	1483.5400
Y.38	NONBINDING	.00000000	4.8620000	3.3920000	1488.4020
Y.39	NONBINDING	.00000000	49.017000	28.215000	1532.5570
Y.40	NONBINDING	.00000000	33.726000	13.018000	1517.2660
Y.41	NONBINDING	.00000000	61.871000	29.232000	1545.4110
Y.42	NONBINDING	.00000000	435.84000	311.01800	1919.3800
Y.43	NONBINDING	.00000000	15.472000	10.423000	1499.0120
Y.44	BINDING	-.49000000	8.6360000	5.4180000	8.6380000
Y.45	BINDING	-.78000000	86.634000	70.907000	88.554989
Y.46	NONBINDING	.00000000	.00000000	.00000000	1483.5400
Y.47	BINDING	-1.6900000	2920.0000	2920.0000	2927.1396

ตาราง ฌ. 1 แสดงช่วงของการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำจากแหล่งน้ำ และปริมาณน้ำที่กิจกรรมต้องการจากผลการทดสอบแบบจำลองที่วัตถุประสงค์ในการดำเนินงานสำคัญเท่ากัน

	ปริมาณน้ำ (1,000 ลบ.ม.)	ค่าต่ำสุด (1,000 ลบ.ม.)	ค่าสูงสุด (1,000 ลบ.ม.)
แหล่งน้ำ			
ประปา	1,168.000	680.931	1,764.439
บาดาล	304.167	15.106	900.606
ผิวดิน	5,000.000	3,516.460	∞
กิจกรรม			
ประชากร	1,372.569	776.130	2,856.109
วัด	4.862	4.862	1,488.402
ร.ร./ราชการ	49.017	0	49.049
ตลาด	33.726	0	33.728
โรงพยาบาล	61.871	61.870	1,545.411
โรงแรม	435.840	435.820	1,919.380
ร้านอาหาร	15.472	15.127	25.797
อาบอบนวด	8.636	0	8.638
อุตสาหกรรม	86.634	0	88.555
การเกษตร	0	0	1,483.540
ประปา	2,920.000	0	2,927.140

ตาราง ฌ. 2 แสดงช่วงของการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำจากแหล่งน้ำ และปริมาณน้ำที่กิจกรรมต้องการจากผลการทดสอบแบบจำลองที่วัตถุประสงค์ในการดำเนินงานสำคัญไม่เท่ากันและความสำคัญไม่แตกต่างกันมาก

	ปริมาณน้ำ (1,000 ลบ.ม.)	ค่าต่ำสุด (1,000 ลบ.ม.)	ค่าสูงสุด (1,000 ลบ.ม.)
แหล่งน้ำ			
ประปา	1,168.000	148.504	1,216.906
บาดาล	304.167	0	353.073
ผิวดิน	5,000.000	3,391.638	∞
กิจกรรม			
ประชากร	1,372.569	1,323.663	2,980.931
วัด	4.862	0	1,613.224
ร.ร./ราชการ	49.017	0	1,657.379
ตลาด	33.726	0	1,642.088
โรงพยาบาล	61.871	61.870	1,670.233
โรงแรม	311.018	0	1,919.380
ร้านอาหาร	15.472	0	1,623.834
อาบอบนวด	8.636	0	1,616.998
อุตสาหกรรม	86.634	37.728	88.555
การเกษตร	0	0	1,608.362
ประปา	2,920.000	0	2,927.140

ตาราง ฌ. 3 แสดงช่วงของการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำจากแหล่งน้ำ และปริมาณน้ำที่กิจกรรมต้องการจากผลการทดสอบแบบจำลองที่วัตถุประสงค์ในการดำเนินงานสำคัญไม่เท่ากันและความสำคัญแตกต่างกันมาก

	ปริมาณน้ำ (1,000 ลบ.ม.)	ค่าต่ำสุด (1,000 ลบ.ม.)	ค่าสูงสุด (1,000 ลบ.ม.)
แหล่งน้ำ			
ประปา	1,168.000	1,068.400	∞
บาดาล	304.167	204.569	1,372.569
ผิวดิน	5,000.000	5,000.000	∞
กิจกรรม			
ประชากร	1,372.569	304.167	1,472.569
วัด	4.862	0	1,613.224
ร.ร./ราชการ	49.017	0	1,657.379
ตลาด	33.726	0	1,642.088
โรงพยาบาล	61.871	61.870	1,670.233
โรงแรม	311.018	0	1,919.380
ร้านอาหาร	15.472	0	1,623.834
อาบอบนวด	8.636	0	1,616.998
อุตสาหกรรม	86.634	37.728	88.555
การเกษตร	0	0	1,608.362
ประปา	2,920.000	0	2,927.140

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ นางสาวโสภิตา จันทมณีโชติ

วัน เดือน ปีเกิด 19 พฤษภาคม 2515

วุฒิการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
วิทยาศาสตรบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ทั่วไป) (คณิตศาสตร์-เคมี)	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่	2537