การประยุกต์ใช้วิธีการ AHP และ TOPSIS ในการคัดเลือกเส้นทางปรับปรุงท่อประปา ในพื้นที่สำนักงานประปาสาขาประชาชื่น

พัฒนา จิตติถาวร

สารนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการทางวิศวกรรม วิทยาลัยนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีและ
วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์
พ.ศ. 2561

The Ranking of Water Pipelines Replacement in Prachacheun Branch Office's Area by Using AHP and TOPSIS

Pattana Jittithavorn

A Thematic Paper Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Engineering

College of Innovative Technology and Engineering

Dhurakij Pundit University

2018

ใบรับรองสารนิพนธ์

วิทยาลัยนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

หัวข้อสารนิพนธ์ การประยุกต์ใช้วิธีการ AHP และ TOPSIS ในการคัดเลือกเส้นทางปรับปรุงท่อประปา ในพื้นที่สำนักงานประปาสาขาประชาชื่น

เสนอโดย พัฒนา จิตติถาวร

สาขาวิชา การจัดการทางวิศวกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์ อาจารย์ ดร.ณัฐพัชร์ อารีรัชกุลกานต์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดยคณะกรรมการสอบสารนิพนธ์แล้ว

....ประธานกรรมการ

(อาจารย์ ดร.ประศาสน์ จันทราทิพย์)

....กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์

(อาจารย์ ดร.ณัฐพัชร์ อารีรัชกุลกานต์)

....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศุภรัชชัย วรรัตน์)

วิทยาลัยนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ รับรองแล้ว

....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณรงค์เดช กีรติพรานนท์)

คณบดีวิทยาลัยนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์

วันที่ ...1... เดือน ...พฤศจิกายน... พ.ศ. ...๒๕๖๑...

หัวข้อสารนิพนธ์	การประยุกต์ใช้วิธีการ AHP และ TOPSIS ในการคัดเลือกเส้นทางปรับปรุงท่อประปา ในพื้นที่สำนักงานประปาสาขาประชาชื่น
ชื่อผู้เขียน	พัฒนา จิตติถาวร
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.ณัฐพัชร์ อารีรัชกุลกานต์
สาขาวิชา	การจัดการทางวิศวกรรม
ปีการศึกษา	2561

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหาแนวทางในการเลือกปรับปรุงเส้นท่อประปาขนาด 100-300 มิลลิเมตร ภายในพื้นที่ของสำนักงานประปาสาขาประชาชื่น โดยมีการกำหนดปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการปรับปรุงเส้นท่อโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 6 ปัจจัย และทำการคัดเลือกเส้นทางต่าง ๆ ที่ผู้เชี่ยวชาญเห็นสมควรมีการปรับปรุงเส้นท่อจำนวน 8 เส้นทาง จากนั้นจึงเก็บข้อมูลความสำคัญของปัจจัยต่าง ๆ โดยวิธีการให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 20 คนทำแบบสอบถามแบบเปรียบเทียบเป็นคู่ (Pairwise Comparison) แล้วจึงนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ด้วยวิธีกระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับขั้น (Analytic Hierarchy Process : AHP)โดยใช้โปรแกรม Expert Choice เพื่อหาน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการคัดเลือกปรับปรุงเส้นท่อ แล้วจึงนำน้ำหนักความสำคัญที่ได้ มาวิเคราะห์ด้วยวิธีการตัดสินใจเลือกแบบหลายหลักเกณฑ์ (TOPSIS) เพื่อจัดลำดับความสำคัญ ก่อน-หลัง ของเส้นทางที่จะนำมาปรับปรุงเส้นท่อ โดยเส้นทางที่ได้คะแนนมากที่สุดซึ่งเปรียบเทียบจากค่าดัชนีประสิทธิภาพที่ใกล้อุดมคติ จะถูกนำมาปรับปรุงก่อน

ผลการศึกษาแบ่งเป็น 2 ส่วนที่สำคัญได้แก่ (1) การหาค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการปรับปรุงเส้นท่อประปาด้วยวิธีการ AHP (2) การคัดเลือกเส้นท่อที่เหมาะสมที่จะถูกนำมาปรับปรุงก่อน ด้วยวิธี TOPSIS โดยรายละเอียดของผลการศึกษาทั้งหมดสรุปได้ดังต่อไปนี้

• ในการหาค่าน้ำหนักของปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการปรับปรุงเส้นท่อที่จะใช้ในการวิเคราะห์ ด้วยวิธีการ AHP ผู้เชี่ยวชาญได้ให้น้ำหนักความสำคัญเรียงจากมากไปน้อยดังนี้

(1) ปัจจัยด้านน้ำสูญเสียภายในเส้น ท่อน้ำหนักความสำคัญ 0.257

(2) ปัจจัยด้านจำนวนจุดรั่วภายในเส้นท่อ น้ำหนักความสำคัญ 0.244

(3) ปัจจัยด้านความลึกหลังท่อ น้ำหนักความสำคัญ 0.187

(4) ปัจจัยเรื่องราคาที่ใช้ในการปรับปรุงเส้นท่อ น้ำหนักความสำคัญ 0.122

(5) ปัจจัยเรื่องชนิดของเส้นท่อ น้ำหนักความสำคัญ 0.118

(6) ปัจจัยเรื่องอายุของเส้นท่อ น้ำหนักความสำคัญ 0.071

• การคัดเลือกเส้นท่อที่เหมาะสมที่จะถูกนำมาปรับปรุงก่อน ด้วยวิธีการ TOPSIS ได้ผลเรียงตามค่าดัชนีประสิทธิภาพที่ใกล้อุดมคติจากมากไปน้อยดังนี้

(1) เส้นทาง D (บริเวณถนนเตชะวณิชตั้งแต่หน้า SCG ปูนซีเมนต์ไทย ถึง คลองบางซื่อ) มีค่าดัชนีประสิทธิภาพที่ใกล้อุดมคติ 0.8686

(2) เส้นทาง H (บริเวณถนนงามวงศ์วาน ตั้งแต่แยกงามวงศ์วานถึงปากซอยงามวงศ์วาน 45) มีค่าดัชนีประสิทธิภาพที่ใกล้อุดมคติ 0.45906

(3) เส้นทาง F (บริเวณชุมชนตึกแดง ถนนรถไฟ) มีค่าดัชนีประสิทธิภาพที่ใกล้อุดมคติ 0.45905

(4) เส้นทาง A (บริเวณริมถนนประชาชื่น ตั้งแต่สี่แยกเตาปูน ถึง ปากซอยประชาชื่น 19) มีค่าดัชนีประสิทธิภาพที่ใกล้อุดมคติ 0.3649

(5) เส้นทาง E (บริเวณถนนพิบูลสงคราม ตั้งแต่หมู่บ้านพิบูลถึง ถนนวงศ์สว่าง ซอยวงศ์สว่าง 9) มีค่าดัชนีประสิทธิภาพที่ใกล้อุดมคติ 0.3526

(6) เส้นทาง C (บริเวณซอยแจ้งวัฒนะ 14 ฝั่งซ้ายมือตั้งแต่ปากซอยถึงป้อมยามหน้าตู้ RTU 15-06-04) มีค่าดัชนีประสิทธิภาพที่ใกล้อุดมคติ 0.3309

(7) เส้นทาง G (บริเวณถนนแจ้งวัฒนะ ตั้งแต่ปากซอยหมู่บ้านพรหมประทาน ถึง กรมทหารปืนใหญ่ต่อสู้อากาศยาน) มีค่าดัชนีประสิทธิภาพที่ใกล้อุดมคติ 0.2857

(8) เส้นทาง B (บริเวณริมถนนกรุงเทพ-นนทบุรี ฝั่งเลขคู่) มีค่าดัชนีประสิทธิภาพที่ใกล้อุดมคติ 0.2547

Thematic Paper Title	The Ranking of Water Pipelines Replacement in Prachacheun Branch Office's Area by Using AHP and TOPSIS
Author	Pattana Jittithavorn
Thematic Paper Advisor	Natapat Areerakulkan , Ph.D.
Department	Engineering Management
Academic Year	2018

ABSTRACT

This study has the objective to find alternative solutions for replacing distribution pipe with diameter between 100 mm. to 300 mm. within Prachachuen Branch Office's area. First obtained from experts' opinion, this research considers 6 relevant factors and 8 alternative pipeline routes. The relative importance weight of related factors are collected via the pairwise comparison questionnaires, received from 20 experts. The Analytic Hierarchy Process (AHP) is implemented to analyze this obtained data with Expert Choice software. Then , using relative importance weight obtained from previous step, the water pipeline routes are ranking by Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) and the highest ranking score is selected for replacement first.

The result from this study can be divided in 2 sections ; (1) Finding relative importance weight of the relevant factors given by experts, using AHP, and (2) Ranking and choosing which pipeline route is the most suitable for replacing pipe first by using TOPSIS. The detail of these results are explained as follow ;

• The relative importance weight scores are sorted in descending order and shown as follow ;

(1) Water loss in pipe, the weight is 0.257.

(2) Leakage points in pipe, the weight is 0.244.

(3) Pipe's depth, the weight is 0.187.

(4) Pipe replacement cost, the weight is 0.122.

(5) Pipe material, the weight is 0.118.

(6) Pipe's age, the weight is 0.071.

• The pipeline routes sorted by Closeness Coefficient score in descending order for replacement are shown as follow ;

(1) Route D (Techa Wanit Road from SCG Siam Cement Group to Klong Bang Sue), the Closeness Coefficient is 0.8686.

(2) Route H (Ngam Wong Wan Road from Ngam Wong Wan intersection to Ngam Wong Wan Soi 45), the Closeness Coefficient is 0.45906.

(3) Route F (Tuek Dang Community Liap Thang Rotfai Road), the Closeness Coefficient is 0.45905.

(4) Route A (Prachachuen Road from Tao Poon intersection to Prachachuen soi 19), the Closeness Coefficient is 0.3649.

(5) Route E (Pibulsongklam Road from Pibul Village to Wong Sawang soi 19), the Closeness Coefficient is 0.3526.

(6) Route C (left side of Soi Chaeng Watthana 14 Road from entrance to RTU 15-06-04), the Closeness Coefficient is 0.3309.

(7) Route G (Chaeng Watthana Road from Prom Pratan Village to Antiaircraft Artillery Regiment), the Closeness Coefficient is 0.2857.

(8) Route B (Krungthep-Nonthaburi Road even number), the Closeness Coefficient is 0.2547.

กิตติกรรมประกาศ

สารนิพนธ์เรื่อง “การประยุกต์ใช้วิธีการ AHP และ TOPSIS ในการคัดเลือกเส้นทางปรับปรุงท่อประปา ในพื้นที่สำนักงานประปาสาขาประชาชื่น” ได้รับความกรุณาอย่างยิ่งจากดร.ณัฐพัชร์ อารีรัชกุลกานต์ ที่ได้ให้ความรู้และคำปรึกษาตลอดระยะเวลาของการวิจัยในฐานะอาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์ รวมถึง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศุภรัชชัย วรรัตน์ ผศ.ดร.อำนาจ ผดุงศิลป์ และ อ.บุญชัย แซ่สิ้ว ที่ได้ให้ความรู้ คำแนะนำ และข้อเสนอแนะต่าง ๆ ตลอดช่วงระยะเวลาที่ได้ทำการศึกษาวิจัย อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่องานสารนิพนธ์ และทำให้งานศึกษาวิจัยนี้ มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น ซึ่งผู้เขียนกราบขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

ผู้ทำวิจัย ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ที่ประสาทวิชาความรู้ทุกท่าน และผู้ที่ให้ข้อมูลคำแนะนำอันเป็นประโยชน์ต่อการจัดการทำสารนิพนธ์ฉบับนี้ ซึ่งได้แก่ พนักงานการประปานครหลวงทุกท่านที่ได้ให้คำแนะนำ และช่วยเหลือในการให้ข้อมูลที่จำเป็นในการวิจัยในครั้งนี้เป็นอย่างดียิ่ง อันส่งผลต่อผลงานงานศึกษาวิจัยนี้เป็นอย่างมาก ผู้วิจัยรู้สึกขอบพระคุณและเคารพเป็นอย่างสูง

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยขอกราบพระคุณบิดา มารดาและขอบคุณ ผู้บังคับบัญชาตลอดจนเพื่อนๆ ที่ให้กำลังใจต่อผู้ทำวิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

พัฒนา จิตติถาวร

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย..	ฆ
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..	จ
กิตติกรรมประกาศ..	ฌ
สารบัญตาราง...	ฎ
สารบัญภาพ..	ฑ
บทที่	
1. บทนำ…………………………………………………………………………	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา………………………………………………..	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษาวิจัย …………………………………………………	9
1.3 ขอบเขตของการศึกษา……………………………………………………………	9
1.4 วิธีดำเนินการโดยสังเขป……………………………………………………….	9
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ………………………………………………………	11
2. เอกสารอ้างอิงและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง………………………………………………	12
2.1 ทฤษฎีการตัดสินใจแบบพหุเกณฑ์…………………………………………….	12
2.2. กระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับขั้น (Analytic Hierarchy Process : AHP)………	14
2.3 โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Expert Choice………………………………………....	28
2.4 Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS)…….	30
2.5 ข้อแตกต่างระหว่าง AHP และ TOPSIS……………………………………….	32
2.6 กรรมวิธีผลิตน้ำประปา……………………………………………………………..	34
2.7 ระบบท่อจ่ายน้ำ…………………………………………………………………..	35
2.8. ชนิดของท่อ……………………………………………………………………..	36
2.9 อายุท่อและการแตกรั่ว…………………………………………………………….	41
2.10. งานลดน้ำสูญเสีย……………………………………………………………….	42
2.11. ระบบบริหารจัดการน้ำสูญเสีย (Water Leakage Management Application: WLMA)…………………………………………………….	44
2.12 องค์ประกอบของสมดุลน้ำ (Water Balance)………………………………...	45

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
2.13 ระบบพื้นที่เฝ้าระวังน้ำสูญเสีย DMA (Districted Meter Area)…………………	47
2.14 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง………………………………………………………..	51
3. ระเบียบวิธีวิจัย………………………………………………………………..	55
3.1 แหล่งข้อมูล…………………………………………………………………	55
3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย…………………………………………….	55
3.3 โปรแกรมและวิธีการที่ใช้ในการวิจัย…………………………………………….	55
3.4 วิธีดำเนินงานวิจัย…………………………………………………………...	55
3.5 ปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลเกี่ยวข้องกับการคัดเลือกปรับปรุงเส้นท่อประปา…………….	57
3.6 ข้อมูลเส้นทางต่าง ๆ ที่จะนำมาวิเคราะห์…………………………………………	58
3.7 แบบสอบถาม…………………………………………………………………	74
4. ผลการศึกษาวิจัย……………………………………………………………	79
4.1 การสร้างแบบสอบถาม………………………………………………………...	79
4.2 ผลลัพธ์ของแบบสอบถาม…………………………………………………….	80
4.3 สรุปผลจากแบบสอบถามผ่านการวิเคราะห์ด้วยวิธี AHP………………………..	80
4.4 การวิเคราะห์ด้วยวิธีการ TOPSIS……………………………………………...	82
5. สรุปผลการศึกษาวิจัย………………………………………………………...	92
5.1 สรุปผลการวิจัย……………………………………………………………..	92
5.2 ประโยชน์ที่ได้รับ……………………………………………………………....	92
5.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางการทำวิจัยในอนาคต…………………………………	93
บรรณานุกรม……………………………………………………………………	94
ภาคผนวก………………………………………………………………………	97
ประวัติผู้เขียน…………………………………………………………………...	138

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

1.1 ตารางประเมินความเสื่อมของท่อเพื่อประกอบการพิจารณาปรับปรุงท่อ
เพื่อลดน้ำสูญเสียแบบที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน... 8
1.2 Gant Chart แสดงระยะเวลาและขั้นตอนการวิจัย................................ 10
2.1 แสดงการเปรียบเทียบด้วยวิธีการเปรียบเทียบเป็นคู่ (Pairwise Comparison)...... 20
2.2 แสดงลำดับความสำคัญหรือความชอบของระดับ 1-9 (Scale 1-9)................. 20
2.3 เปรียบเทียบความสำคัญของเกณฑ์ตัดสินใจ.. 22
2.4 หาผลรวมในแต่ละคอลัมน์.. 22
2.5 นำตัวเลขในแต่ละคอลัมน์หารด้วยผลรวมของทุกคอลัมน์นั้นๆ..................... 23
2.6 หาผลรวมในแต่ละแถว... 23
2.7 หาลำดับความสำคัญ โดยหาค่าเฉลี่ยของตัวเลขในแต่ละแถว....................... 24
2.8 หาลำดับความสำคัญของทางเลือกแยกตามเกณฑ์ตัดสินใจด้าน
งบประมาณในการขนส่ง.. 24
2.9 หาลำดับความสำคัญของทางเลือกแยกตามเกณฑ์ตัดสินใจ
ด้านเวลาในการขนส่ง.. 24
2.10 หาลำดับความสำคัญของทางเลือกแยกตามเกณฑ์ตัดสินใจด้านความเสี่ยง
ของเส้นทางขนส่ง... 25
2.11 ค่าเฉลี่ย R.I. ที่ใช้กับจำนวนสมาชิกในการเปรียบเทียบความสำคัญ
1-10 จำนวน.. 27
2.12 ตัวอย่าง Evaluation Matrix ที่จะนำมาวิเคราะห์ TOPSIS......................... 31
2.13 การเปรียบเทียบข้อแตกต่างของวิธี AHP และ TOPSIS............................ 33
3.1 แสดงลำดับความสำคัญหรือความชอบของระดับ 1-9 ≈............................ 76
3.2 เปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยต่าง ๆ.. 77
4.1 สรุปค่าต่าง ๆ หลังจากวิเคราะห์ผลแบบสอบถามด้วยวิธี AHP..................... 80
4.2 แสดงข้อมูลของเส้นท่อที่จะนำมาจัดลำดับความสำคัญในการปรับปรุง............ 82
4.3 ข้อมูลเส้นท่อที่จะนำมาจัดลำดับความสำคัญในการปรับปรุงและน้ำหนัก
ที่หาได้จาก AHP.. 84

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

4.4 Evaluation Matrix ของข้อมูลเส้นท่อ………………………………………… 85

4.5 ค่า Normalize ของข้อมูลเส้นท่อ…………………………………………... 85

4.6 ค่า Normalize ถ่วงน้ำหนักของข้อมูลเส้นท่อ………………………………… 86

4.7 ตารางค่าอุดมคติเชิงบวกและลบ ของแต่ละปัจจัย……………………………. 88

4.8 แสดงค่าระยะห่างระหว่างแต่ละข้อมูลทางเลือกกับอุดมคติเชิงบวก (SPIS)….. 88

4.9 แสดงค่าระยะห่างระหว่างแต่ละข้อมูลทางเลือกกับอุดมคติเชิงลบ (SNIS)…... 89

4.10 แสดงค่าดัชนีประสิทธิภาพที่ใกล้แนวคิดในอุดมคติมากที่สุดของ
แต่ละทางเลือก………………………………………………………………. 89

4.11 แสดงการจัดลำดับความสำคัญก่อน-หลัง จากค่าดัชนีประสิทธิภาพที่
ใกล้อุดมคติมากที่สุด………………………………………………………. 90

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1.1 สัญลักษณ์ของการประปานครหลวง…………………………………………………	1
1.2 ผังบริหารงานสำนักงานประปาสาขา…………………………………………...	4
1.3 แผนที่พื้นที่รับผิดชอบทั้งหมดของสำนักงานประปาสาขาประชาชื่นและสาขาต่าง ๆ…………………………………………………………………	5
1.4 แผนภูมิยุทธศาสตร์การบริหารการประปานครหลวงฉบับที่ 4 ปี 2560-2564……..	6
2.1 กระบวนการตัดสินใจแบบพหุเกณฑ์…………………………………………………	12
2.2 แผนภูมิลำดับชั้น และเกณฑ์การตัดสินใจของ AHP………………………………..	19
1.3 โครงสร้างการจัดลำดับชั้น AHP ในการเลือกเส้นทางการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบ……………………………………………………………...	21
1.4 ตัวอย่างหน้าจอโปรแกรม Expert Choice…………………………………………...	29
2.5 ตัวอย่างหน้าจอการแสดงผลการวิเคราะห์เป็นกราฟในโปรแกรม Expert Choice……………………………………………………………………….	30
2.6 กรรมวิธีผลิตและจ่ายน้ำประปา…………………………………………………..	34
2.7 ท่อเหล็กเหนียว……………………………………………………………………...	37
2.8 ท่อเหล็กหล่อ………………………………………………………………………	37
2.9 ท่อซีเมนต์ใยหิน (AC)……………………………………………………………..	38
2.10 ท่อเหล็กอาบสังกะสี……………………………………………………………….	39
2.11 ท่อ PVC…………………………………………………………………………….	40
2.12 ท่อ PB………………………………………………………………………………..	41
2.13 อายุท่อกับการแตกรั่ว……………………………………………………………....	42
2.14 Modules ของระบบ WLMA………………………………………………………	44
2.15 แผนภาพแสดงความเชื่อมโยงการทำงานระบบบริหารจัดการน้ำสูญเสีย (WLMA)……………………………………………………………………………..	45
2.16 องค์ประกอบของสมดุลน้ำ………………………………………………………....	47
2.17 การแบ่งพื้นที่ DMA………………………………………………………………..	48
2.18 อุปกรณ์และหลักการทำงานของตู้ RTU…………………………………………...	49

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

2.19 Flow Meter แบบ Electromagnetic และ แบบใบพัด (Turbine)..................... 50
2.20 Pressure Sensor และจุดวัดแรงดันน้ำบนเส้นท่อ..................................... 50
2.21 สภาพภายนอกตู้ RTU และท่อ PB เชื่อมต่อ Pressure Sensor
เพื่อวัดแรงดันน้ำ.. 51
3.1 Flow Chart แสดง ขั้นตอนการวิจัย.. 56
3.2 แนวท่อของเส้นทาง A ริมถนนประชาชื่น... 59
3.3 แผนที่แสดงเส้นทาง A ริมถนนประชาชื่น.. 60
3.4 แนวท่อของเส้นทาง B ริมถนนกรุงเทพ-นนทบุรี ฝั่งเลขคู่............................. 61
3.5 แผนที่แสดงเส้นทาง B ริมถนนกรุงเทพ-นนทบุรี ฝั่งเลขคู่............................. 62
3.6 แนวท่อของเส้นทาง C ซอยแจ้งวัฒนะ 14 ฝั่งซ้าย.. 63
3.7 แผนที่แสดงเส้นทาง C ซอยแจ้งวัฒนะ 14 ฝั่งซ้าย....................................... 64
3.8 แนวท่อของเส้นทาง D ถนนเตชะวณิช ตั้งแต่ SCG ปูซีเมนต์ไทย
ถึง คลองบางซื่อ.. 65
3.9 แผนที่แสดงเส้นทาง D ถนนเตชะวณิช ตั้งแต่ SCG ปูซีเมนต์ไทย ถึง
คลองบางซื่อ.. 66
3.10 แนวท่อของเส้นทาง E ช่วงถนนพิบูลสงคราม... 67
3.11 แนวท่อของเส้นทาง E ถนนวงศ์สว่าง ตั้งแต่ซอยวงศ์สว่าง 1 ถึง
ซอยวงศ์สว่าง 9... 68
3.12 แผนที่แสดงเส้นทาง E ช่วงถนนพิบูลสงครามและถนนวงศ์สว่าง
ตั้งแต่ซอยหมู่บ้านพิบูล ถึงซอยวงศ์สว่าง 9.. 68
3.13 แนวท่อของเส้นทาง F บริเวณชุมชนตึกแดง ถนนรถไฟ............................... 69
3.14 แผนที่แสดงเส้นทาง F บริเวณชุมชนตึกแดง ถนนรถไฟ.............................. 70
3.15 แนวท่อของเส้นทาง G ริมถนนแจ้งวัฒนะ.. 71
3.16 แผนที่แสดงเส้นทาง G ริมถนนแจ้งวัฒนะ... 72
3.17 แนวท่อของเส้นทาง H ริมถนนงามวงศ์วาน.. 73
3.18 แผนที่แสดงเส้นทาง H ริมถนนงามวงศ์วาน.. 73

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

3.19 ตัวอย่างแบบสอบถามในส่วนที่ 1 คำอธิบายแบบสอบถาม........................... 74

4.1 แผนภูมิลำดับขั้นของปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกปรับปรุงเส้นท่อ..................... 79

4.2 ตัวอย่างแบบสอบถามในโปรแกรม Expert Choice.................................. 79

4.3 แผนภูมิแสดงค่าเฉลี่ยความสำคัญของปัจจัยต่าง ๆ ซึ่งให้น้ำหนัก
โดยผู้เชี่ยวชาญ 20 คน.. 82

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

การประปานครหลวง (กปน.) เป็นหน่วยงานรัฐวิสาหกิจภายใต้การกำกับดูแลของกระทรวงมหาดไทย ซึ่งมีภารกิจหลักในการผลิต จัดส่ง และจำหน่ายน้ำประปาในเขตท้องที่กรุงเทพมหานคร สมุทรปราการและนนทบุรี โดย กปน.จัดตั้งขึ้นเมื่อวันที่ 16 สิงหาคม พ.ศ. 2510 ตามพระราชบัญญัติการประปานครหลวง พ.ศ. 2510 โดยรวมกิจการกองประปากรุงเทพ กรมโยธาเทศบาล การประปานนทบุรีของกองประปาภูมิภาค กรมโยธาเทศบาล การประปาเทศบาลนครธนบุรีของเทศบาลนครธนบุรี และหมวดการประปาเทศบาลเมืองสมุทรปราการเมืองสมุทรปราการจังหวัดสมุทรปราการ รวม 4 แห่ง เข้าด้วยกัน และใช้ชื่อว่า "การประปานครหลวง" มีตราสัญลักษณ์ขององค์กร ประกอบด้วย 3 ส่วนหลักได้แก่ สัญลักษณ์พระแม่ธรณี ชื่อการประปานครหลวง และ เส้นน้ำ ดังแสดงในภาพที่ 1.1

ภาพที่ 1.1 สัญลักษณ์ของการประปานครหลวง

โดยการประปานครหลวงมี วิสัยทัศน์ พันธกิจ และค่านิยม ขององค์กรดังนี้

วิสัยทัศน์ “ เป็นองค์กรชั้นนำ ที่ให้บริการงานประปา ที่มีคุณภาพ ตอบสนองความต้องการของสังคม”

พันธกิจ “ให้บริการงานประปาที่มีมาตรฐานคุณภาพ คุ้มค่า ด้วยเทคโนโลยีทันสมัยและบุคลากร มืออาชีพเพื่อสร้างความพึงพอใจให้แก่ผู้ใช้บริการ”

ค่านิยม “มุ่งมั่น พัฒนาตน พัฒนางาน บริการสังคม ด้วยความโปร่งใส”

ปัจจุบันการประปานครหลวงมีโรงงานผลิตน้ำ 4 แห่ง คือ โรงงานผลิตน้ำบางเขน โรงงานผลิตน้ำสามเสน โรงงานผลิตน้ำธนบุรี และโรงงานผลิตน้ำมหาสวัสดิ์ รวมกำลังการผลิตทั้งสิ้น 5.52 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อวัน ส่งผ่านระบบท่อประปาไปยังพื้นที่ให้บริการ ซึ่งปัจจุบันครอบคลุม 2,250.5 ตารางกิโลเมตร หากคิดเป็นประชากรที่ได้รับบริการประมาณร้อยละ 96 ของประชากรในพื้นที่รับผิดชอบทั้งหมด มีผู้ใช้น้ำทั้งหมดประมาณ 1.8 ล้านราย หรือประมาณ 7.7 ล้านคน การประปานครหลวงแบ่งพื้นที่ เป็นสำนักงานประปาสาขาที่ให้บริการตามเขตรับผิดชอบ ดังนี้

1. สำนักงานประปาสาขาบางกอกน้อย
2. สำนักงานประปาสาขาตากสิน
3. สำนักงานประปาสาขาภาษีเจริญ
4. สำนักงานประปาสาขานนทบุรี
5. สำนักงานประปาสาขาประชาชื่น
6. สำนักงานประปาสาขาพญาไท
7. สำนักงานประปาสาขาบางเขน
8. สำนักงานประปาสาขาลาดพร้าว
9. สำนักงานประปาสาขาแม้นศรี
10. สำนักงานประปาสาขาทุ่งมหาเมฆ
11. สำนักงานประปาสาขาสุขุมวิท
12. สำนักงานประปาสาขาพระโขนง
13. สำนักงานประปาสาขาสมุทรปราการ
14. สำนักงานประปาสาขาบางบัวทอง
15. สำนักงานประปาสาขามีนบุรี
16. สำนักงานประปาสาขาสุขสวัสดิ์
17. สำนักงานประปาสาขามหาสวัสดิ์
18. สำนักงานประปาสาขาสุวรรณภูมิ

สำนักงานประปาสาขา นั้นมีภาระหน้าที่รับผิดชอบ ด้านงานเกี่ยวกับประปาต่าง ๆ ภายในพื้นที่รับผิดชอบ เช่น

- การออกแบบและติดตั้งประปาใหม่ให้แก่ ผู้มีความต้องการใช้น้ำในพื้นที่รับผิดชอบ

- จำหน่ายน้ำประปา(ผ่านรถขนน้ำ) อ่านมาตรวัดน้ำ ออกใบเสร็จค่าน้ำประปา จัดเก็บค่าน้ำและค่าบริการอื่นๆ

- รับคำร้องและข้อร้องเรียนต่างๆของผู้ใช้น้ำ รวมถึงแก้ไขปัญหาต่างๆเกี่ยวกับการใช้น้ำ

- ดูแลรักษาระบบท่อจ่ายน้ำและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับการประปา ทั้งหมด

- สำรวจออกแบบและก่อสร้างวางท่อจ่ายน้ำเพิ่มเติมในพื้นที่รับผิดชอบ รวมถึงการวางท่อใหม่เพื่อปรับปรุงทดแทนท่อเดิม

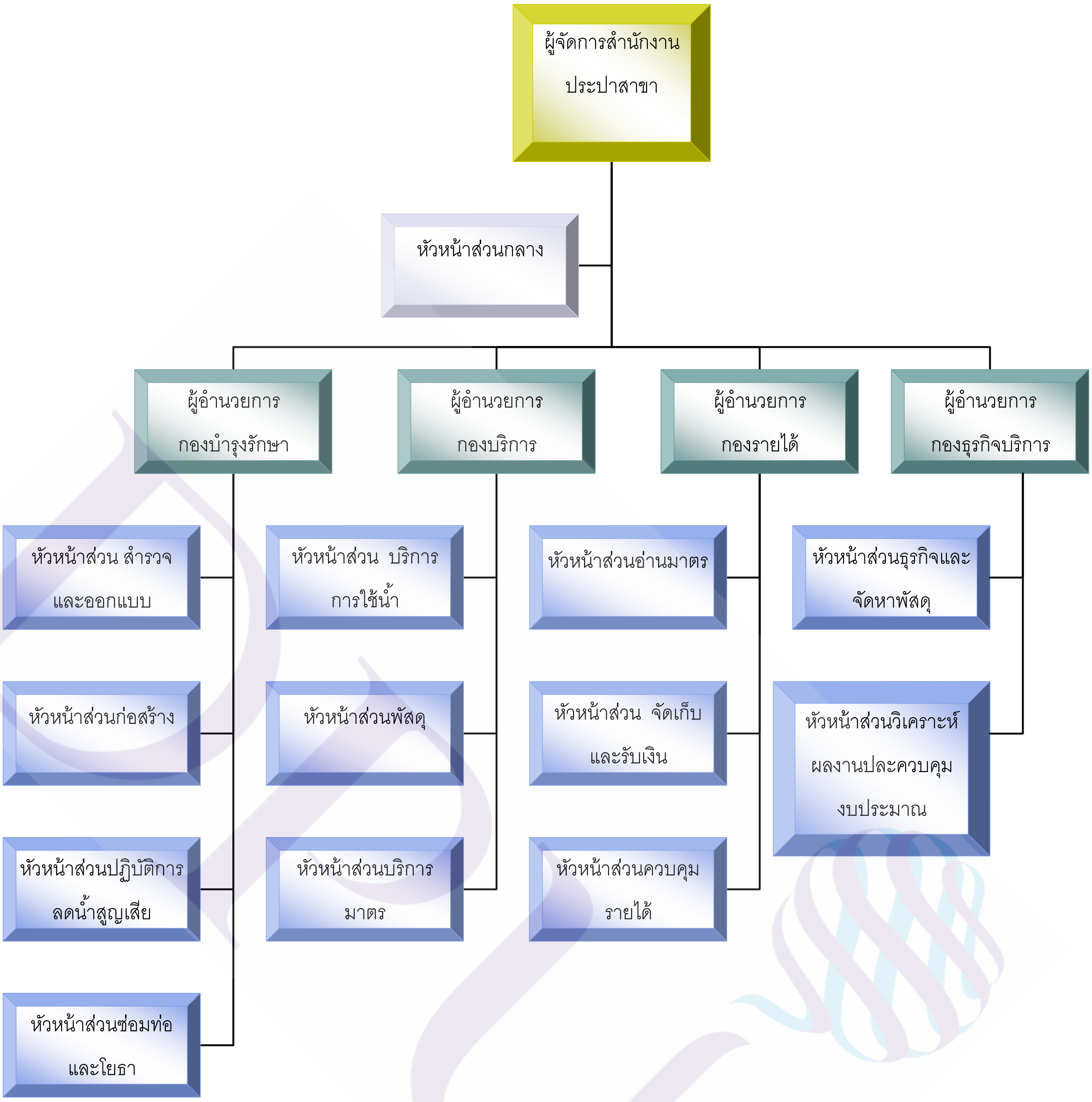
โดยผังการบริหารงานของสำนักงานประปาสาขานั้น (รูป 1.2) จะแบ่งเป็น 4 กอง ซึ่งกองที่มีหน้าที่โดยตรงเกี่ยวกับการปรับปรุงเส้นท่อเพื่อลดน้ำสูญเสียนั้นคือกองบำรุงรักษา ประกอบด้วยส่วนย่อย 4 ส่วนได้แก่

(1) ส่วนก่อสร้าง มีหน้าที่ดูแลงานติดตั้งประปาใหม่ และงานควบคุมดูแลการก่อสร้างต่าง ๆ

(2) ส่วนสำรวจและออกแบบ มีหน้าที่ควบคุมดูแลในงานด้านสำรวจออกแบบวางท่อ

(3) ส่วนปฏิบัติการลดน้ำสูญเสีย มีหน้าที่ควบคุมดูแลเกี่ยวกับงานด้านลดน้ำสูญเสีย และการสำรวจหาท่อรั่ว

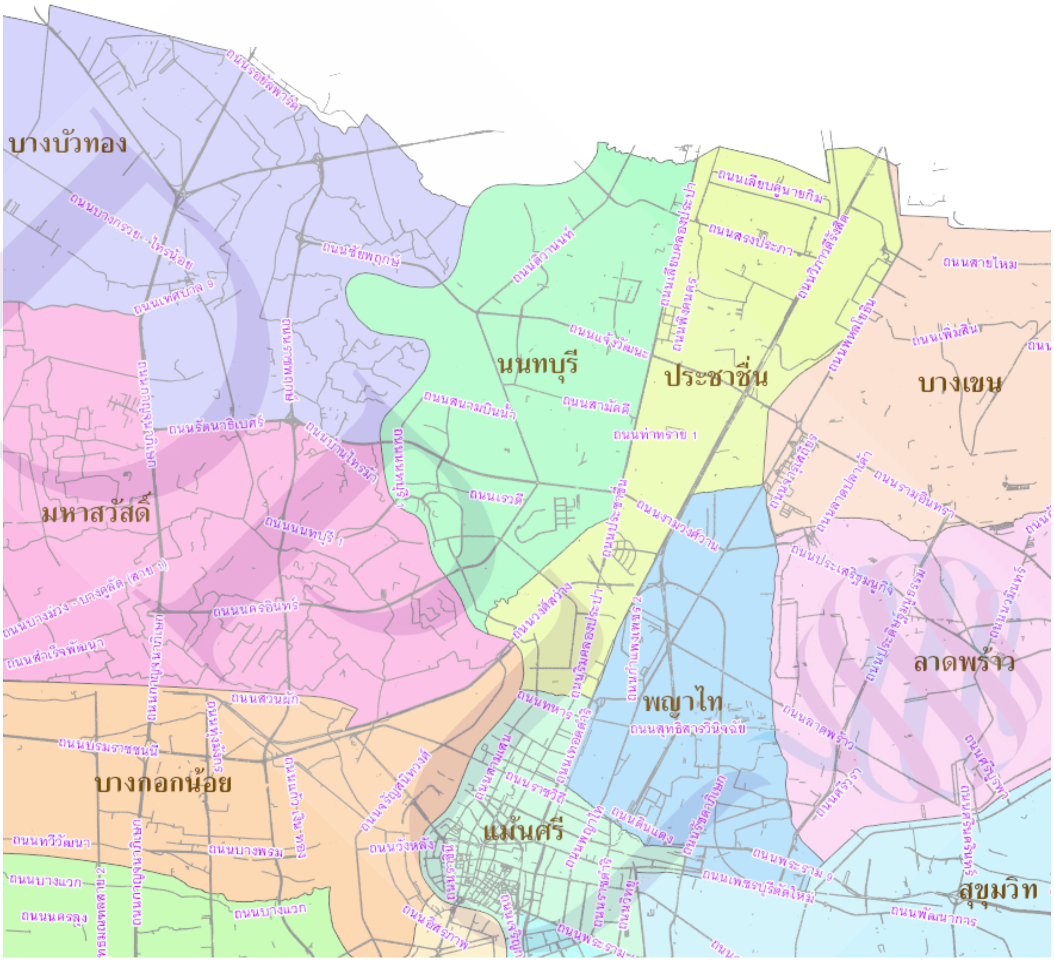
(4) ส่วนซ่อมบำรุงระบบท่อและโยธา มีหน้าที่ในการซ่อมแซมท่อแตกรั่วต่าง ๆ



ภาพที่ 1.2 ผังบริหารงานสำนักงานประปาสาขา

งานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ใช้พื้นที่ของสำนักงานประปาสาขาประชาชื่นเป็นพื้นที่วิจัย โดยพื้นที่รับผิดชอบของสำนักงานประปาสาขาประชาชื่นมีทั้งสิ้น 77.87 ตารางกิโลเมตร มีจำนวนผู้ใช้น้ำทั้งสิ้น 114,359 รายแบ่งเป็น ผู้ใช้น้ำรายเล็ก 112,018 ราย ผู้ใช้น้ำรายใหญ่ 1,093 ราย ผู้ใช้น้ำราชการ 1,248 ราย รวมผู้ใช้น้ำทั้งสิ้น 114,359 ราย ความยาวของระบบท่อภายในพื้นที่โดยประมาณประกอบด้วย ท่อประธาน(ท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 300 มิลลิเมตร ขึ้นไป) 88.194 กิโลเมตร ท่อจ่ายน้ำ (ท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 100 มิลลิเมตร- 300 มิลลิเมตร) 1,487.03 กิโลเมตร และท่อบริการ (ท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 20 มิลลิเมตร - 100 มิลลิเมตร) 323.595

กิโลเมตร โดย ขอบเขตพื้นที่ของรับผิดชอบของสำนักงานประปาสาขาประชาชื่นนั้น พื้นที่ทิศเหนือติดเขตรังสิตซึ่งขึ้นอยู่กับความรับผิดชอบของการประปาส่วนภูมิภาค ทิศตะวันออกติดกับพื้นที่รับผิดชอบของสำนักงานประปาสาขาบางเขน และ สำนักงานประปาสาขาพญาไท ทิศตะวันตกติดกับพื้นที่รับผิดชอบของสำนักงานประปาสาขานนทบุรีและสำนักงานประปาสาขามหาสวัสดิ์ ทิศใต้ติดกับพื้นที่รับผิดชอบของสำนักงานประปาสาขาแม้นศรี ดังแสดงในภาพที่ 1.3



ภาพที่ 1.3 แผนที่พื้นที่รับผิดชอบทั้งหมดของสำนักงานประปาสาขาประชาชื่นและสาขาต่าง ๆ

สำหรับพื้นที่รับผิดชอบทั้งหมดของสำนักงานประปาสาขาประชาชื่น เพื่อให้ง่ายต่อการบริหารจัดการน้ำสูญเสียและดูแลรักษาอุปกรณ์ประปาต่าง ๆ นั้นสำนักงานประปาสาขาประชาชื่น จะแบ่งเป็นพื้นที่ย่อย ๆ เรียกว่า Zone โดยแบ่งได้ 9 Zone แต่ละ Zone จะประกอบด้วยพื้นที่แบ่งย่อย ๆ ลงไปอีกเรียกว่า DMA (Districted Meter Area) รวมทั้งหมด 56 DMA โดยประกอบไปด้วยตู้ RTU (Remote Terminal Unit) เพื่อใช้วัดหรือเก็บข้อมูลน้ำเข้ามาภายใน DMA รวม 65 ตู้ ซึ่ง

บาง DMA อาจจะมีทางน้ำเข้ามากกว่า 1 ทางเพื่อเสริมแรงดันน้ำในพื้นที่ โดยจะใช้ชื่อเรียกเป็นตัวเลขแทนพื้นที่ เช่น พื้นที่ DMA 15-01-04-01 (15 คือรหัสสาขาในที่นี้หมายถึงสาขาประชาชื่น 01 คือเลข Zone 04 คือ หมายเลข DMA 01 คือ หมายเลขตู้ RTU ในพื้นที่ DMA นั้น ๆ ดังนั้น 15-01-04-01 จะหมายถึงพื้นที่ ของตู้RTUที่ 1 DMA ที่ 4 ใน Zone 1 ของสาขาประชาชื่น)

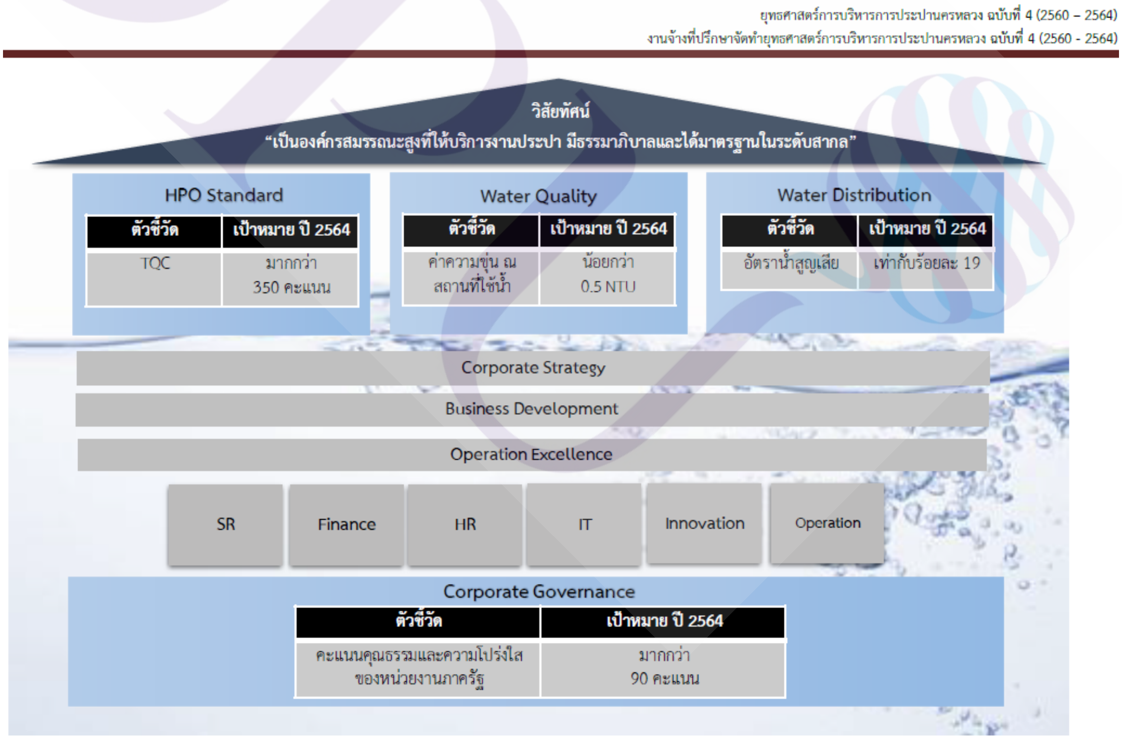
เนื่องจากปัจจุบัน ในการบริหารงานของการประปานครหลวงได้มีการกำหนดยุทธศาสตร์หลัก (ยุทธศาสตร์การบริหารการประปานครหลวง ฉบับที่ 4 ปี 2560-2564) โดยมีตัวชี้วัดที่สำคัญ ดังนี้

(1) TQC (Thai Quality Class) หรือ การบริหารสู่ความเป็นเลิศ ของมาตรฐานระดับสากลของการเป็นองค์กรสมรรถนะสูง (HPO Standard)

(2) ค่าความขุ่น ณ สถานที่ใช้น้ำ

(3) อัตราน้ำสูญเสีย

จากภาพที่ 1.4 จะเห็นได้ว่าน้ำสูญเสียเป็นตัวชี้วัดหลักที่มีความสำคัญอย่างมาก โดยที่น้ำสูญเสียนั้นโดยส่วนใหญ่ เกิดจากจุดรั่วในเส้นท่อประปา



ภาพที่ 1.4 แผนภูมิยุทธศาสตร์การบริหารการประปานครหลวง ฉบับที่ 4 ปี 2560-2564

โดยปัจจุบันเทคโนโลยีและวิธีการหาจุดรั่วในเส้นท่อประปานั้น อุปกรณ์ภาคสนามส่วนใหญ่ จะมุ่งเน้นไปที่การระบุเสียงที่เกิดจากจุดรั่วในเส้นท่อประปาโดยการใช้อุปกรณ์การฟังเสียงท่อรั่ว ซึ่งถ้าพื้นที่ต้องทำกิจกรรมภาคสนามค่อนข้างใหญ่ ยากแก่การระบุจุดรั่ว ก็จะมีวิธีการทำ Step-Test เพื่อระบุตำแหน่งท่อรั่วให้แคบลงเพื่อให้ง่ายแก่การค้นหาจุดรั่ว รวมไปถึงการสังเกตจากน้ำที่ไหลตกลงในท่อระบายว่ามีลักษณะใสและมีกลิ่นคลอรีนหรือไม่ แต่ในหลาย ๆ พื้นที่ก็ยังไม่สามารถระบุตำแหน่งจุดรั่วได้ เนื่องจากปัจจัยต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น เช่น ท่ออยู่ลึกยากแก่การฟังเสียงหรือท่อระบายเป็นฝาปิดแบบไม่มีรูให้ดูภายในท่อระบาย รวมถึงการแตกรั่วแบบแตกใต้ท้องท่อซึ่งจะทำให้ได้ยินเสียงเบา ยากแก่การระบุจุดรั่ว วิธีสุดท้ายที่จะนำมาใช้ในการลดน้ำสูญเสียได้แก่การปรับปรุงเปลี่ยนเส้นท่อทั้งเส้นเพื่อลดน้ำสูญเสีย ตามที่กล่าวมาแล้วข้างต้น พื้นที่รับผิดชอบของสำนักงานประปาสาขาประชาชื่นนั้นมีขนาดค่อนข้างใหญ่และประกอบด้วยเส้นท่อจำนวนมาก นอกจากนี้วิธีหรือเกณฑ์ในการคัดเลือกเส้นทางในปรับปรุงเส้นท่อจะขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ดังนั้นจึงทำให้การคัดเลือกเส้นทางในการปรับปรุงท่อต้องใช้เวลาค่อนข้างนานขึ้นอยู่กับเส้นท่อนั้น ๆ และ ปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งเกณฑ์ที่ได้นำมาใช้ในการพิจารณานั้นได้นำมาจากฝ่ายบริหารจัดการน้ำสูญเสีย(ฝจส.) โดยได้มีการใช้มาเป็นเวลานานแล้ว ดังรายละเอียดแสดงดังตารางที่ 1.1

จากการศึกษาและสอบถามจากผู้เชี่ยวชาญทางด้านน้ำสูญเสียของสำนักงานประปาสาขาประชาชื่นแล้วพบว่าปัจจัยของเกณฑ์ที่นำมาใช้ในการคัดเลือกเส้นทางในการปรับปรุงท่อนั้นน่าจะมีปัจจัยอื่นนอกเหนือจากเกณฑ์เดิมเข้ามาเกี่ยวข้อง รวมถึงการให้ค่าน้ำหนักของเกณฑ์ต่าง ๆ ที่ขึ้นอยู่กับมุมมองของการทำงานของแต่ละส่วน มีรายละเอียดดังนี้

(1) ส่วนปฏิบัติการลดน้ำสูญเสีย (สปน.) ซึ่งมีหน้าที่เกี่ยวกับการสำรวจหาท่อรั่วโดยตรง ก็จะให้น้ำหนักความสำคัญไปที่ปัจจัยน้ำสูญเสียในเส้นท่อ เพราะว่าส่วนปฏิบัติการลดน้ำสูญเสียมีวิธีและแนวทางในการวัดหรือหาค่าน้ำสูญเสียที่เกิดขึ้นในเส้นท่อ

(2) ส่วนซ่อมบำรุงระบบท่อและโยธาก็จะให้น้ำหนักความสำคัญไปที่จำนวนจุดรั่วที่เกิดขึ้นซ้ำๆ บนท่อเส้นเดิม ซึ่งอาจจะมองได้ว่าการเปลี่ยนเส้นท่อใหม่นั้นอาจจะทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายได้มากกว่าการซ่อมท่อเดิมซ้ำ ๆ ไปเรื่อย ๆ รวมถึงปัจจัยความลึกหลังท่อ ซึ่งทำให้ยากแก่การซ่อมแซมจุดรั่วและยากแก่การสำรวจพบจุดรั่ว

(3) ส่วนสำรวจและออกแบบก็จะมองถึงสภาพหน้างานในการวางท่อว่ามีอุปสรรคใดๆ หรือไม่ รวมถึงราคาค่างานในการปรับปรุงท่อเส้นนั้น ๆ โดยบางเส้นทางนั้นอาจจะใช้งบประมาณในการปรับปรุงค่อนข้างมากซึ่งอาจจะนำงบประมาณการปรับปรุงเส้นท่อเส้นนั้นไปปรับปรุงเส้นท่อเส้นอื่น ๆ ได้ หลายเส้นทาง

ดังนั้นผู้ศึกษาจึงได้ศึกษาเพื่อคิดเกณฑ์รวมถึงน้ำหนักความสำคัญใหม่ โดยแนวทางการศึกษานั้น ผู้ศึกษาจะรวบรวมข้อมูลต่าง ๆรวมทั้งสอบถามข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญทางด้านน้ำสูญเสียของการประปานครหลวง แล้วนำมาวิเคราะห์ผ่านวิธี AHP หาปัจจัยที่มีผลมากที่สุดเพื่อนำไปสู่วิธีการเลือกที่เหมาะสมที่สุดในการปรับปรุงเส้นท่อประปาขนาด 100 - 300 มิลลิเมตร ภายในพื้นที่รับผิดชอบของสำนักงานประปาสาขาประชาชื่น

ตารางที่1.1 ตารางประเมินความเสื่อมของท่อเพื่อประกอบการพิจารณาปรับปรุงท่อเพื่อลดน้ำสูญเสียแบบที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน

ตารางประเมินความเสื่อมของท่อเพื่อประกอบการพิจารณาปรับปรุงท่อเพื่อลดน้ำสูญเสีย สำนักงานประปาสาขา .... สถานที่วางท่อ..โซน.......................หมายเลข DMA…....…………..ขนาดท่อเดิม...........มม.					
ลำดับที่	**รายการ**	**คะแนน**	**น้ำหนัก**	**คะแนนรวม**	**รายละเอียดอื่น**
1	**ปริมาณน้ำสูญเสียใน DMA(m^3/month)**				
	☐ <10,000	4			**MNF**. ปัจจุบัน................m^3/hr
	☐ 10,000-20,000	7			ปริมาณน้ำสูญเสียคาดว่า
	☐ >20,000-30,000	8	3		จะลดลงได้.......................m^3hr
	☐ >30,000-40,000	9			
	☐ >40,000	10			
2	**ปริมาณน้ำสูญเสียภายใน Step(m^3/hr/km.)**				**คำชี้แจง**
	☐ <5	5			**<u>คะแนน</u>**
	☐ 5-10	7	3		ผลรวมคะแนนความเสื่อมท่อ
	☐ >10-15	8			ตั้งแต่ 50 คะแนน เห็นสมควรให้
	☐ >15	10			เปลี่ยนท่อ
	<u>สถิติการแตกรั่ว(จุด/กม./ปี)</u>				**<u>เอกสารแนบ</u>**
	☐ <3	5			ลำดับ 1-2 แนบเอกสาร(สปน.)
	☐ 3-10	7	2		ข้อมูลกิจกรรม Step Test/DMA
	☐ >10-15	8			ลำดับ 3 แนบเอกสาร (สซท.)
	☐ >15	10			ข้อมูลในระบบ WLMA

ตารางที่1.1 (ต่อ)

ตารางประเมินความเสื่อมของท่อเพื่อประกอบการพิจารณาปรับปรุงท่อเพื่อลดน้ำสูญเสีย สำนักงานประปาสาขา .... สถานที่วางท่อ...โซน.......................หมายเลข DMA……..……………ขนาดท่อเดิม...........มม.					
4	**อายุการใช้งานของท่อ (ปี)**				
	☐<10	5	1		**ประเมินโดย**
	☐10-15	7			
	☐>15-20	8			(...)
	☐>20-25	9			ตำแหน่ง.......................................
	☐>25	10			**ตรวจสอบโดย**
5	**ชนิดของท่อ**				
	☐ST.	0	1		(...)
	☐CI./AC.	8			หน.สปน.
	☐GI.	10			**เห็นชอบโดย**
	☐PVC.	3			
	☐PB./PE.	0			(...)
คะแนนความเสื่อมรวมทั้งสิ้น					ผอ.กรร.

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษาวิจัย

1.เพื่อศึกษาหาปัจจัยต่างๆ ที่มีผลกระทบต่อการเลือกปรับปรุงเส้นท่อประปาขนาด 100-300 มิลลิเมตร แล้วนำมาวิเคราะห์เพื่อจัดลำดับความสำคัญในการเลือกปรับปรุงเส้นท่อ

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

1. การศึกษานี้เป็นการศึกษาหาปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการคัดเลือกปรับปรุงเส้นท่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 100-300 มิลลิเมตร ในพื้นที่รับผิดชอบของสำนักงานประปาสาขาประชาชื่น

2.การศึกษานี้จะวิเคราะห์ความสำคัญของปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเลือกปรับปรุงเส้นท่อ โดยใช้วิธีการ AHP (Analytical Hierarchy Process) โปรแกรม Expert Choice และ กระบวนการ TOPSIS เพื่อช่วยในการเลือก

1.4 วิธีดำเนินการโดยสังเขป

1. ศึกษาถึงสาเหตุและปัญหาต่าง ๆ ที่เกี่ยวการวางท่อประปาและปรับปรุงเส้นท่อ

2. ศึกษาและกำหนดปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการตัดสินใจปรับปรุงเส้นท่อ

3. ศึกษาทฤษฎีและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิธีการใช้เทคนิคกระบวนการลำดับเชิงวิเคราะห์ (AHP)

4. สร้างแบบสอบถาม

5. ทำการรวบรวมข้อมูลแบบสอบถามจากผู้เชียวชาญทางด้านน้ำสูญเสียของการประปานครหลวง สำนักงานประปาสาขาประชาชื่น

6. นำข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามมาวิเคราะห์โดยวิธี AHP โปรแกรม Expert Choice และกระบวนการ TOPSIS

7. ทำการสรุปผล และเสนอแนวทางการคัดเลือกเส้นท่อ

ตารางที่ 1.2 Gant Chart แสดงระยะเวลาและขั้นตอนการวิจัย

ขั้นตอนในการวิจัย	ต.ค.-60	พ.ย.-60	ธ.ค.-60	ม.ค.-61	ก.พ.-61	มี.ค.-61	เม.ย.-61	พ.ค.-61	มิ.ย.-61	ก.ค.-61
1.ศึกษาทฤษฎีและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการปรับปรุงท่อประปาและวิธีกระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับขั้น (AHP)										
2.ศึกษาถึงสาเหตุ ปัญหา และปัจจัยที่มีผลต่อการคัดเลือกเส้นทางในการปรับปรุงท่อประปา										
3.สร้างแบบสอบถาม รวมถึงการให้ผู้เชี่ยวชาญเฉพาะทาง แสดงความคิดเห็นต่อแบบสอบถามเพื่อยืนยันได้ว่ามีความเหมาะสมและสามารถใช้งานได้จริง										
4.แจกแบบสอบถามให้ผู้เชี่ยวชาญเฉพาะทาง และรวบรวมข้อมูลแบบสอบถาม										
5.นำข้อมูลที่รวบรวมได้จากแบบสอบถามมาวิเคราะห์ด้วยวิธี AHP ,โปรแกรม Expert Choice และวิธีการ TOPSIS										

ตารางที่ 1.2 (ต่อ)

ขั้นตอนในการวิจัย	ต.ค.-60	พ.ย.-60	ธ.ค.-60	ม.ค.-61	ก.พ.-61	มี.ค.-61	เม.ย.-61	พ.ค.-61	มิ.ย.-61	ก.ค.-61
6.ประมวลผลและสรุปผลการวิจัย									■	
7.จัดทำรูปเล่มงานวิจัย										■

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทำให้ทราบว่าในมุมมองของผู้เชี่ยวชาญ ปัจจัยใดที่มีผลต่อการตัดสินใจปรับปรุงเส้นท่อมากที่สุด

2.ได้กระบวนการประเมินปัจจัยที่มีผลต่อการปรับปรุงเส้นท่อ ที่มีประสิทธิภาพ โดยใช้กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (AHP) และกระบวนการตัดสินใจแบบหลายเกณฑ์ (TOPSIS)

3.ทำให้ขั้นตอนในการคัดเลือกเส้นทางเพื่อที่จะนำมาปรับปรุงเส้นท่อ สามารถทำได้ง่ายและสะดวกรวดเร็วมากยิ่งขึ้น

บทที่ 2
เอกสารอ้างอิงและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีการตัดสินใจแบบพหุเกณฑ์

การตัดสินใจแบบพหุเกณฑ์ เป็นส่วนหนึ่งของปัญหาด้านการตัดสินใจที่มีแนวทางในการแก้ปัญหาหลายรูปแบบ แต่จุดประสงค์โดยรวมก็เพื่อทำการเลือกเป้าหมาย (Objective) ที่ดีที่สุดในทางเลือก (Alternative) ที่มีภายใต้ข้อกำหนดของการเปรียบเทียบหลักเกณฑ์ (Criteria) แต่ละด้านในแต่ละระดับ ซึ่งโดยทั่วไปแล้วการที่เราจะพิจารณาคำตอบการตัดสินใจได้นั้น ก็จะต้องทำการวางเป้าหมาย ประเด็น ปัญหาที่ต้องการ จากนั้นจึงทำการกำหนดปัจจัยในการพิจารณา แล้วจึงทำการเลือกกระบวนการที่จะนำมาตัดสินใจซึ่งมีมากมายหลายรูปแบบ ก่อนที่จะทำการประเมินและตัดสินใจตามลำดับ ซึ่งกระบวนการตัดสินใจแบบพหุเกณฑ์โดยทั่วไป สามารถแสดงขั้นตอนต่าง ๆของกระบวนการ ได้ดังภาพที่ 2.1

ภาพที่ 2.1 กระบวนการตัดสินใจแบบพหุเกณฑ์

ที่มา : วิฑูรย์ ตันศิริคงคล 2542

จากภาพที่ 2.1 จะเห็นได้ว่า ขั้นตอนการตัดสินใจแบบพหุเกณฑ์นั้น ก็คือกระบวนการที่จะมีเหตุผลและถูกต้องหรือไม่ นั้นจะขึ้นอยู่กับกระบวนการตัดสินใจที่นำมาเลือกใช้เป็นหลัก ยิ่งกรณีการตัดสินใจที่มีหลายหลักเกณฑ์ และเป็นการตัดสินใจแบบกลุ่มด้วยแล้ว ยิ่งเป็นการยากที่จะได้ผลการตัดสินใจที่ดี เนื่องจากสาเหตุจากความต้องการ ความสามารถและประสบการณ์ของแต่ละบุคคลไม่เหมือนกัน ดังนั้นจึงเป็นสาเหตุสำคัญที่ต้องมีการนำวิธีการในการตัดสินใจเข้ามาช่วยในการตัดสินใจเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ดี แต่ก็ไม่ได้หมายความว่าการตัดสินใจโดยการคาดคะเน จะถูกต้องเสมอไป เพราะฉะนั้นจึงเหมาะสมที่จะใช้กับการตัดสินใจง่าย ๆ หรือปัญหาที่เสียค่าใช้จ่ายน้อย เช่น การเลือกซื้อของใช้ในชีวิตประจำวัน การเลือกวิธีการเดินทางไปทำงาน การตัดสินใจว่าจะรับประทานอาหารอะไรเป็นต้น ถ้ากรณีที่เป็นปัญหาใหญ่ โดยที่เกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจไม่ได้มีเพียงแค่เกณฑ์เดียว เช่น การเลือกทำเลที่ตั้งของโรงงาน การเลือกซื้อวัตถุดิบ เครื่องมือต่างและเครื่องจักรต่าง ๆ ที่มีราคาแพง ๆ นั้นคงไม่มีผู้บริหารหรือผู้จัดการคนใด ทำการคาดเดา ลองผิดลองถูกในการตัดสินใจ แต่คงต้องวิธีการตัดสินใจที่ตั้งอยู่บนฐานข้อมูลและวิธีการที่เป็นเหตุเป็นผลเท่านั้น ซึ่งการตัดสินใจแต่ละครั้งมักไม่ได้มีเกณฑ์ในการเปรียบเทียบเพื่อการตัดสินใจเพียงเกณฑ์เดียว ตัวอย่างเช่น การตัดสินใจเพื่อสั่งซื้อเครื่องจักรมาใช้ในโรงงานนั้น เกณฑ์การคัดเลือกที่ต้องคำนึงถึง คือ ราคา คุณภาพ อายุการใช้งาน การบริการหลังการขาย เป็นต้น นอกจากนี้ผู้ตัดสินใจอาจไม่ได้มีเพียงคนเดียว แต่อาจประกอบไปด้วยบุคคลหลายคน ซึ่งแต่ละคนนั้นก็จะให้ความสำคัญหรือน้ำหนักในเกณฑ์แต่ละเกณฑ์แตกต่างกันไป เช่นแผนกจัดซื้อนั้นอาจจะให้น้ำหนักความสำคัญไปที่ราคาเป็นหลัก ในขณะที่แผนกอื่น ๆ อาจจะให้น้ำหนักความสำคัญไปที่เรื่องอื่นที่ลึกซึ้งและซับซ้อนมากกว่า ดังนั้นเพื่อให้การตัดสินใจเป็นไปอย่างเต็มประสิทธิภาพและเป็นที่พอใจต่อทุก ๆ ฝ่ายและเป็นประโยชน์ต่อบริษัทหรือองค์กรมากที่สุด จึงต้องมีเครื่องมือบางตัวมาช่วยในการตัดสินใจ เพื่อให้การตัดสินใจนั้น มีประสิทธิภาพมากที่สุด

สำหรับวิธีการตัดสินใจที่เรียกว่ามีเหตุผลนั้น ไม่ได้บอกว่าสิ่งที่ทำการตัดสินใจหรือผลลัพธ์ที่ได้นั้นคืออะไร แต่จะมุ่งเน้นว่ากระบวนการในการคิดวิเคราะห์นั้นเป็นอย่างไรเป็นหลัก ซึ่งวิธีที่สามารถนำมาแก้ไขปัญหาด้านการตัดสินใจนั้น มีหลายวิธี (Pohekar & Ramachandran, 2004) เช่น Weighted Sum Method (WSM), Weighted Product Method (WPM), Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation

(PROMETHEE), The Elimination and Choice Translating Reality (ELECTRE) และ Analytic Hierarchy Process (AHP) เป็นต้น ซึ่งทุกวิธีสามารถนำมาแก้ปัญหาการตัดสินใจความถนัดและความต้องการจองผู้ตัดสินใจเป็นหลัก โดยการศึกษาวิจัยนี้ จะใช้วิธีการ Analytic Hierarchy Process (AHP) นำมาช่วยวิเคราะห์ โดยที่ AHP นั้นมีการนำมาใช้กันอย่างแพร่หลาย โดยจะช่วยให้การตัดสินใจมีประสิทธิภาพ เป็นเหตุเป็นผลมากยิ่งขึ้น

วิธีการตัดสินใจนั้นเป็นอย่างไร (วิฑูรย์ ตันศิริคงคล 2542)

เนื่องจากวิธีการในการตัดสินใจนั้น มีมากมายหลายชนิด หลายรูปแบบ การที่จะเลือกวิธีการใดที่เป็นวิธีการที่ดี และมีประสิทธิภาพนั้น ควรจะมีลักษณะของวิธีการดังต่อไปนี้

1. ต้องเป็นวิธีการที่ง่ายในการเรียนรู้และทำความเข้าใจ
2. มีการจำแนกจุดประสงค์ ประเด็นหลัก ประเด็นรองชัดเจน
3. ต้องมีความน่าเชื่อถือของวิธีการคิดที่สอดคล้องกันแบบมีเหตุมีผล
4. พิจารณาปัญหาได้ทั้งทางด้านเชิงปริมาณ (Quantitative) ทางด้านเชิงคุณภาพ (Qualitative)
5. กระบวนการต้องมีลักษณะที่เหมือนกันกับกระบวนการพิจารณาของมนุษย์
6. สามารถนำไปใช้ตัดสินใจแบบกลุ่มได้ (Group Decision Making, GDM)

ซึ่งข้อดีของวิธีการตัดสินใจแบบมีประสิทธิภาพนี้ ล้วนมีอยู่ในกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (Analytic Hierarchy Process : AHP)

2.2. กระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับขั้น (Analytic Hierarchy Process : AHP)

กระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับขั้น (Analytic Hierarchy Process : AHP)ได้ถูกคิดค้นโดย Dr.Thomas Saaty ซึ่งเป็นผู้ที่ได้รับปริญญาเอกทางด้านคณิตศาสตร์ จาก Yale University ,USA โดยได้คิดพัฒนาวิธีการนี้เมื่อช่วงปลายปี 1970 ในขณะที่เป็นอาจารย์สอนอยู่ที่ University of Pennsylvania ,USA กระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับขั้น (Analytic Hierarchy Process : AHP)เป็นกระบวนการตัดสินใจที่นำเอาความรู้สึก หรือความคิดที่เป็นนามธรรมมาให้ค่าน้ำหนัก โดยใช้ตัวเลขแทนค่า เพื่อให้เห็นเป็นรูปแบบรูปธรรม จากการศึกษาของ Steuer และ Na (2003) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการเงินโดยใช้ AHP นอกจากนี้ AHP ถูกปรับใช้ในงานด้านการศึกษา ด้านวิศวกรรม การตัดสินใจของรัฐบาล ในอุตสาหกรรม ด้านการจัดการ ด้านการผลิตและกระบวนการทำงานในโรงงาน และการตัดสินใจส่วนบุคคล นอกจากนี้ยังมีด้านที่เกี่ยวข้องกับการเมืองและสังคม และด้านการกีฬา จากการศึกษาของ Vaidya และ Kumar (2006) กล่าวว่าการที่มีการนำ AHP ไปใช้งานอย่างกว้าง เนื่องจากความง่าย ความสะดวกในการใช้งาน และความ

ยืดหยุ่นได้นอกจากนี้ จากการศึกษาของ Ho (2008) พบว่า 20 ปีที่ผ่านมามีการใช้ AHP กับงานวิจัยจำนวนมากมีกว่า 150 บทความที่ใช้ AHP เป็นเครื่องมือในการตัดสินใจร่วมกับเครื่องมืออื่นๆ ได้เช่น การโปรแกรมเชิงเส้นที่ต้องการวิเคราะห์ทั้งปัจจัยเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ ซึ่งทำให้สามารถหาผลลัพธ์ที่ใกล้เคียงกับสภาพปัญหาจริง และการนำ AHP มาใช้ร่วมกับเครื่องมืออื่นๆนั้นจะช่วยให้สามารถช่วยในการตัดสินใจได้อย่างชัดเจนกว่าการใช้ AHP หรือเครื่องมืออื่นๆ แต่เพียงลำพัง ในการศึกษาของ Ho และคณะ (2006) กล่าวว่ามีการนำ AHP มาใช่งานร่วมกับ multi-commodity transportation model Kengpol (2008) มีการนำมาใช้ร่วมกับการโปรแกรมเป้าหมายแบบศูนย์หนึ่ง (Zero-One Goal Programming: ZOGP) ในการเลือกเส้นทางการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบ Kengpol และ Meethom (2009) และ Meethom และKengpol (2009) และงานวิจัยอื่นๆ อีก เช่น Badri (1999), Schniederjans และ Garvin (1997) นอกจากนี้ AHP ถูกใช้กว้างขวางในการตัดสินใจทั้งการประมวลผลทางวิชาการและในสถานประกอบการ อุตสาหกรรมต่างๆ เช่น Korpela และ Tuominen (1996), Ghodsypour และ O’Brien (1998), Korpela และ Lehmusvaara (1999), Kengpol และ O’Brien (2001), Kengpol (2004), วรพจน์ (2539), วรพจน์และอรรถกร (2552) นอกจากจะนำกระบวนการลำดับชั้นไปตัดสินใจเลือกทางเลือกต่างๆ แล้วยังมีการนำไปใช้ในการหาความสำคัญของปัจจัยต่างๆ อีกด้วย เพื่อให้ความสำคัญของปัจจัยที่ได้มีความเชื่อมั่นสูงเนื่องจากต้องมีค่าอัตราส่วนความสอดคล้องที่เป็นไปตามที่กำหนด เช่น นำไปหาความสำคัญของเกณฑ์รางวัลคุณภาพแห่งชาติในมุมมองของผู้ปฏิบัติ ในงานวิจัยของ Meethom and Kengpol (2008)

กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (Analytic Hierarchy Process : AHP) เป็นเทคนิคที่ใช้จัดการรวบรวมข้อมูลอย่างเป็นระบบ และวิเคราะห์หาแนวทางเลือกที่เหมาะสมในปัญหาการตัดสินใจที่ซับซ้อน โดยการสร้างรูปแบบปัญหาให้เป็นโครงสร้างลำดับชั้นและนำข้อมูลที่ได้จากความคิดเห็นของผู้ตัดสินใจ มาวิเคราะห์หาบทสรุปของแนวทางเลือกที่เหมาะสมเป็นกระบวนการช่วยในการตัดสินใจโดยอาศัยหลักการของการตัดสินใจแบบพหุเกณฑ์วิธีทำนั้นจะต้องจัดเกณฑ์ของเป้าหมายที่ต้องการศึกษาให้อยู่ในลักษณะเป็นลำดับชั้น ส่วนในระดับที่ต่ำลงมาจะเป็นเกณฑ์ เกณฑ์ย่อย (Sub-Criteria) ตามลำดับ จนถึงทางเลือก ซึ่งจะเป็นระดับต่ำสุดของการจัดลำดับขั้น การวิเคราะห์จะใช้หลักการเปรียบเทียบเป็นคู่ๆ (Pairwise Comparison) ของเกณฑ์ซึ่งค่าความสำคัญในการเปรียบเทียบจะอยู่ในช่วงตั้งแต่ มีความสำคัญเท่ากันจนถึงมีความสำคัญมากกว่าอย่างยิ่ง (มีความสำคัญเท่ากัน มีความสำคัญมากกว่าพอประมาณ มีความสำคัญมากกว่าอย่างเด่นชัด มีความสำคัญมากกว่าอย่างเด่นชัดมาก มีความสำคัญมากกว่าอย่างยิ่ง) ซึ่งสามารถแปลงมาเป็นตัวเลขระหว่าง 1 ถึง 9

ผลจากการเปรียบเทียบในแต่ละคู่เรียบร้อยแล้ว จะสามารถคำนวณหาน้ำหนักของแต่ละเกณฑ์ออกมาเป็นตัวเลข เพื่อแสดงให้ผู้บริหารได้เห็นถึงความสำคัญของแต่ละเกณฑ์อย่างชัดเจน

การคำนวณหาน้ำหนักของแต่ละเกณฑ์ในเมตริกซ์นั้น สามารถหาค่าได้ โดยใช้วิธีคำนวณไอเกนเวคเตอร์ (Eigenvector) ของแต่ละเมตริกซ์ และเวคเตอร์นี้จะถูกน้ำหนักด้วยน้ำหนักของเกณฑ์ในระดับที่สูงกว่า ขั้นตอนนี้จะถูกทำซ้ำไปเรื่อยๆ จากบนลงไปล่างตามโครงสร้างลำดับขั้นในที่สุดจะได้ทางเลือกที่เหมาะสมที่สุด

กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์นี้เหมาะสมสำหรับการตัดสินใจแบบพหุเกณฑ์ เนื่องจาก

(1) สามารถใช้กับการตัดสินใจคนเดียวและสามารถใช้ได้ดีกับการตัดสินใจที่มีผู้ตัดสินใจเป็นกลุ่ม ในการตัดสินใจเป็นกลุ่มสามารถช่วยอภิปรายหาวัตถุประสงค์รวม และทางเลือกที่ได้ ในขณะสร้างโครงสร้างการตัดสินใจ

(2) เป็นกระบวนการที่ให้ความสำคัญในขั้นตอนการเลือก (Choice) ในขั้นตอนการตัดสินใจ

(3) สามารถใช้งานได้ดีกับปัญหาที่มีความสลับซับซ้อน กระบวนการนี้มีขั้นตอนดำเนินการไม่ยุ่งยากสับสน และมีความยืดหยุ่นสูงในการปรับเปลี่ยนน้ำหนักความสำคัญหรือเกณฑ์การตัดสินใจต่างๆ ได้

(4) ใช้งานได้ทั้งปัญหาที่ประกอบด้วยปัจจัยที่ตีค่าเป็นเงินได้และตีค่าเป็นเงินไม่ได้

(5) การสร้างปัญหาให้เป็นไปตามโครงสร้างปัญหาของกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์จะช่วยให้กลุ่มผู้ตัดสินใจไม่ขาดหรือลืมนึกถึงเกณฑ์ตัดสินใจหรือวัตถุประสงค์ ตลอดจนทางเลือกที่จำเป็นในขณะการตัดสินใจ เนื่องจากสิ่งต่างๆ เหล่านี้มีจำนวนมาก สลับซับซ้อน และไม่สามารถจำได้หมดในขณะที่มีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกัน

จุดเด่นของกระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้ (Analytic Hierarchy Process : AHP) วิฑูรย์ ตันศิริคงคล ได้กล่าวถึงไว้ ดังนี้

(1) ง่ายในการสร้าง และสามารถนำเอาปัจจัยที่เป็นทั้งนามธรรมและรูปธรรม มาวินิจฉัยได้อย่างมีความสอดคล้องกันของเหตุผล

(2) สามารถใช้ได้ทั้งบุคคลธรรมดาและหมู่คณะ

(3) มีความคล้ายคลึงกับกระบวนการทางความคิดของมนุษย์

(4) สนับสนุนการสร้างประชามติและการประนีประนอม เนื่องจากในโลกของความเป็นจริงต้องมีการได้มาเสียไป เพื่อที่จะรักษาประโยชน์ร่วมกัน

(5) ไม่ต้องการผู้เชี่ยวชาญพิเศษมาคอยควบคุมชี้นำดังเช่นที่เกิดขึ้นกับการตัดสินใจโดยวิธีปกติธรรมดาทั่วไป

สุธรรม อรุณ ได้เขียนบทความถึงจุดเด่นของ กระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process : AHP) ไว้ดังนี้

(1) ให้ผลการสำรวจน่าเชื่อถือกว่าวิธีอื่น ๆ เนื่องจากใช้วิธีการเปรียบเทียบเชิงคู่ในการตัดสินใจก่อนที่จะลงมือตอบคำถาม

(2) มีโครงสร้างที่เป็นแผนภูมิลำดับขั้น เลียนแบบ กระบวนความคิดของมนุษย์ ทำให้ง่ายต่อการใช้และการทำความเข้าใจ

(3) ผลลัพธ์ที่ได้เป็นปริมาณตัวเลข ทำให้ง่ายต่อการจัดลำดับความสำคัญ และยังสามารถนำผลลัพธ์ดังกล่าวไปเปรียบเทียบ (Benchmarking) กับหน่วยงานอื่น ๆ ได้

(4) สามารถขจัดการตัดสินใจแบบมีอคติหรือลำเอียงออกไปได้

(5) ใช้ได้ทั้งกับการตัดสินใจแบบคนเดียวและแบบที่เป็นกลุ่มหรือหมู่คณะ

(6) ก่อให้เกิดการประนีประนอมและการสร้างประชามติ

(7) ไม่จำเป็นต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญพิเศษมาคอยควบคุม

จะเห็นได้ว่าเทคนิคกระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้นนั้นมีโครงสร้างหรือแนวคิดเลียนแบบความคิดของมนุษย์ที่ใช้เหตุผลในการแก้ปัญหา โดยวิเคราะห์ด้วยความสำคัญตามเหตุและผลที่เหมาะสมกับปัญหานั้นๆ(หรือเป้าหมายที่ต้องการ) นอกจากนี้ยังเป็นเทคนิคที่ใช้ง่ายทั้งในลักษณะเป็นรายบุคคลหรือหมู่คณะก็ได้ มีผลที่น่าเชื่อถือ และแม่นยำอีกด้วย เหมาะสำหรับใช้เป็นส่วนหนึ่งของข้อมูลในการนำไปใช้ในกระบวนการการตัดสินใจ ทั้งในระดับรายบุคคลหรือหมู่คณะประโยชน์ของกระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process : AHP

(1) ความเป็นหนึ่งเดียว กระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้นเป็นกระบวนการที่ง่ายต่อการเข้าใจและยืดหยุ่น

(2) ความซับซ้อน กระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้นมีการแยกโครงสร้างที่ซับซ้อนออกมาเป็นส่วนๆ เพื่อให้ง่ายต่อความเข้าใจ

(3) การเชื่อมโยง กระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้นสามารถใช้กับองค์ประกอบที่มีส่วนเชื่อมโยงกัน ไม่ว่าจะเป็นในรูปแบบไหนก็ตาม

(4) โครงสร้างที่เป็นแผนภูมิระดับชั้น กระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้นเป็นกระบวนการที่คล้ายคลึงกับความคิดของมนุษย์ ซึ่งทำให้ง่ายต่อการใช้และเข้าใจ

(5) การวัดผลกระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้นสามารถวัดคุณสมบัติที่เป็นนามธรรมได้ และมีผลของการตัดสินใจอยู่ในรูปของลำดับความสำคัญ

(6) ความสอดคล้อง กระบวนการวิเคราะห์ ตามลำดับชั้น สามารถตรวจสอบดูว่าการวินิจฉัยหาลำดับความสำคัญมีเหตุผลสอดคล้องกันหรือไม่

(7) การสังเคราะห์ กระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้นช่วยวิเคราะห์ทางเลือกในรูปของลำดับความสำคัญโดยรวม

(8) การได้มาเสียไป กระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้นพิจารณาถึงลำดับความสำคัญเปรียบเทียบของปัจจัยต่าง ๆ ในระบบและช่วยให้ผู้ตัดสินใจเลือกทางเลือกที่เหมาะสมที่สุดตรงตามเป้าหมาย

(9) การวินิจฉัยและประชามติ กระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้นไม่เน้นเรื่องการลงประชามติ แต่จะเน้นเรื่องการสังเคราะห์ข้อมูลที่มาจากการวินิจฉัยของทุก ๆ คนในกลุ่ม

(10) กระบวนการที่ทำซ้ำได้ กระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้นช่วยให้ผู้ตัดสินใจสามารถทำให้กรอบของปัญหาสมบูรณ์ขึ้นและเพิ่มประสิทธิภาพของการวินิจฉัยโดยการทบทวนซ้ำแล้วซ้ำอีกได้

กระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับขั้น (Analytic Hierarchy Process : AHP)เป็นกระบวนการตัดสินใจที่นำเอาความรู้สึก หรือความคิดที่เป็นนามธรรมมาให้ค่าน้ำหนัก โดยใช้ตัวเลขแทนค่า เพื่อให้เห็นเป็นรูปแบบรูปธรรม ซึ่งจะมีกระบวนการอยู่ 5 ขั้นตอน ดังนี้

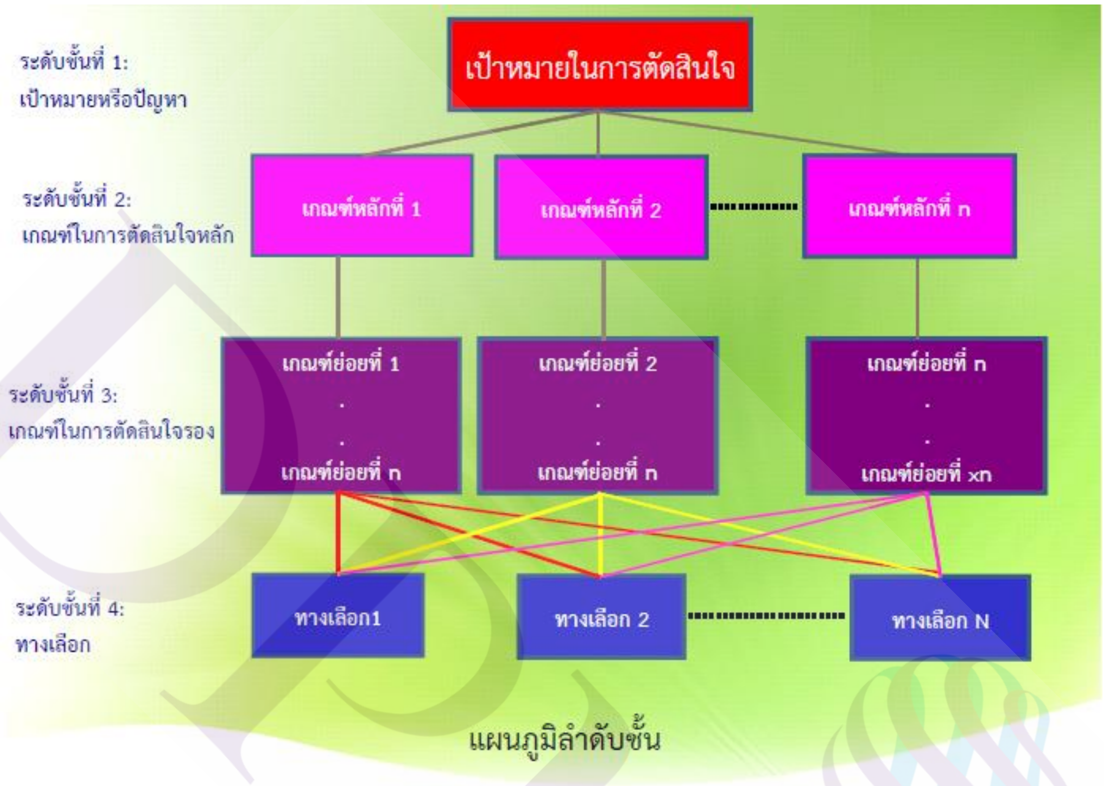
2.2.1. การจัดโครงสร้างลำดับขั้นการตัดสินใจ ด้วยกระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้นมีโครงสร้าง กระบวนการเลียนแบบความคิดของมนุษย์ ดังนั้นจึงมีการสร้างแผนภูมิเป็นลำดับชั้นเพื่อเลียนแบบกระบวนการความคิดเพื่อการตัดสินใจของมนุษย์ โดยแผนภูมิจะแบ่งออกเป็นหลายระดับชั้นขึ้นอยู่กับความซับซ้อนของปัญหา โดยแต่ละระดับชั้นจะประกอบด้วยกลุ่มของเกณฑ์ต่าง ๆ ได้แก่

ระดับชั้นที่ 1 เป็นชั้นบนสุดที่เป็นปัญหาหลักหรือเป้าหมายหลักโดยรวม หรือเรียกว่าจุดโฟกัส ซึ่งจะมีเพียงแค่ปัญหาหรือเป้าหมายเดียวเท่านั้น

ระดับชั้นที่ 2 เป็นระดับชั้นของเกณฑ์หลัก อาจมีหลายเกณฑ์ขึ้นอยู่กับว่าแผนภูมินั้นมีทั้งหมดกี่ระดับชั้น ถ้ามีมากกว่า 3 ระดับขึ้นไป จำนวนเกณฑ์ในระดับชั้นนี้ไม่ควรมีเกิน 3 เกณฑ์ แต่ถ้ามีมากกว่า 3 ระดับชั้น จำนวนเกณฑ์ต่าง ๆ อาจมีได้ถึง 9 เกณฑ์

ระดับชั้นที่ 3 เป็นระดับชั้นของเกณฑ์รอง ระดับชั้นนี้จะมีเกณฑ์เท่าไหร่ก็ได้ขึ้นอยู่กับความรู้ ความชำนาญ ข้อมูล และ ประสบการณ์ของผู้ศึกษา เพื่อที่จะนำมาใช้กำหนดเกณฑ์ต่าง ๆ ขึ้นมา

ระดับชั้นที่ 4 เป็นชั้นของทางเลือก หรือหนทางแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุด ภายใต้ปัญหาหรือเป้าหมายที่กำหนดไว้ในระดับชั้นที่ 1 จากที่กล่าวมาข้างต้นสามารถแสดงได้ตามภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 แผนภูมิลำดับชั้น และเกณฑ์การตัดสินใจของ AHP

2.2.2. การพิจารณาเปรียบเทียบความสำคัญเป็นคู่ๆ (Pairwise Comparison) เพื่อจัดลำดับความสำคัญ โดยหลังจากมีการจัดโครงสร้างปัญหาเรียบร้อยแล้วต้องมีการประเมินความสำคัญโดยเปรียบเทียบทางเลือกโดยอิงเกณฑ์ตัดสินใจทีละเกณฑ์ ประเมินความสำคัญโดยเปรียบเทียบการตัดสินใจโดยอิงวัตถุประสงค์ย่อย และประเมินความสำคัญโดยเปรียบเทียบของวัตถุประสงค์ย่อยอิงวัตถุประสงค์รวม โดยใช้วิธีการเปรียบเทียบเป็นคู่ (Pairwise Comparison) แล้วนำข้อมูลที่ได้มาสรุปหาน้ำหนักความสำคัญโดยเปรียบเทียบ และคำนวณหาค่าอัตราความสอดคล้องของข้อมูล (Consistency Ratio: C.R.) ที่ได้จากผู้ตัดสินใจแต่ละคนด้วย ซึ่งการเปรียบเทียบความสำคัญนี้สามารถทำได้โดยใช้ผู้ตัดสินใจคนเดียวหรือเป็นกลุ่มทั้งที่เป็นผู้เชี่ยวชาญหรือไม่ก็ได้ แต่ทุกคนจะต้องทราบหรือคุ้นเคยกับปัญหาที่ตัดสินใจนั้นๆ โดยโครงสร้างปัญหาที่เป็นลำดับชั้นจะถูกจัดอยู่

ในเมทริกซ์ของการเปรียบเทียบเป็นคู่ๆ และผลที่ได้จากการตอบแบบสอบถามการเปรียบเทียบความสำคัญทีละคู่ จะประเมินความสัมพันธ์เพียงครึ่งเดียวของสมาชิกในเมทริกซ์ทั้งหมดซึ่งอีกครึ่งหนึ่งจะเป็นการทำซ้ำในตำแหน่งเดิม แสดงดังรูปที่ 2 เป็นเมทริกซ์ของการเปรียบเทียบเป็นคู่ๆ ของการตัดสินใจของปัญหา แสดงดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 แสดงการเปรียบเทียบด้วยวิธีการเปรียบเทียบเป็นคู่ (Pairwise Comparison)

เกณฑ์ที่ 1	ทางเลือกที่ 1	ทางเลือกที่ 2	ทางเลือกที่ 3	ทางเลือกที่ 4
ทางเลือกที่ 1		a	b	c
ทางเลือกที่ 2	1/a		1	1/d
ทางเลือกที่ 3	1/b	1		1/e
ทางเลือกที่ 4	1/c	d	e	

การเปรียบเทียบเป็นคู่ๆ ต้องใช้ชุดตัวเลขสำหรับการเปรียบเทียบ ชุดตัวเลขนี้มีความสำคัญมากต้องเป็นชุดตัวเลขซึ่งมีความสำคัญในระดับต่างๆ แต่ละระดับ และชุดตัวเลขนี้ได้สร้างขึ้นมาจากการศึกษาของ Saaty (1980) ซึ่งมีความเชื่อถือได้สูง ชุดตัวเลขที่ใช้เปรียบเทียบและมีความหมายของค่าตัวเลขแต่ละตัว แสดงดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 แสดงลำดับความสำคัญหรือความชอบของระดับ 1-9 (Scale 1-9)

ระดับความสำคัญหรือความชอบ (Preference Level)	ค่าแสดงเป็นตัวเลข (Numerical Value)
เท่ากัน (Equally Preferred)	1
เท่ากันถึงปานกลาง (Equally to Moderately Preferred)	2
ปานกลาง (Moderately Preferred)	3

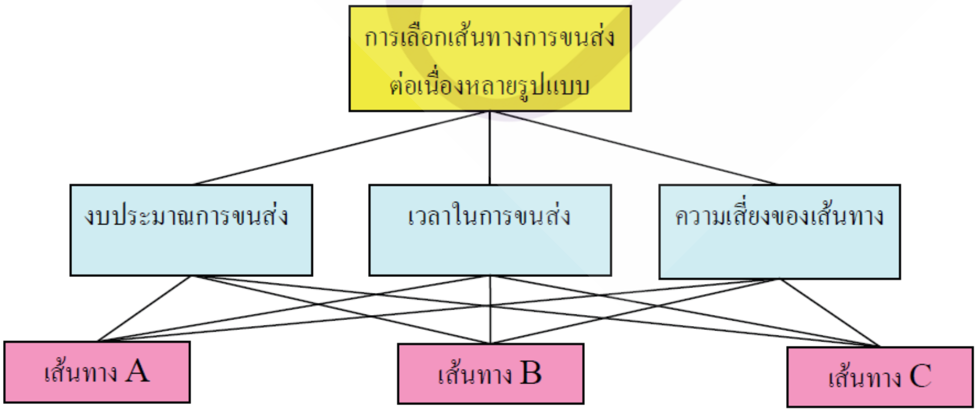
ตารางที่ 2.2 (ต่อ)

ระดับความสำคัญหรือความชอบ (Preference Level)	ค่าแสดงเป็นตัวเลข (Numerical Value)
ปานกลางถึงค่อนข้างมาก (Moderately to Strongly Preferred)	4
ค่อนข้างมาก (Strongly Preferred)	5
ค่อนข้างมากถึงมากกว่า (Strongly to Very Strongly Preferred)	6
มากกว่า (Very Strongly Preferred)	7
มากกว่าถึงมากที่สุด (Very Strongly to Extremely Preferred)	8
มากที่สุด (Extremely Preferred)	9

2.2.3 การหาน้ำหนักความสำคัญ

2.2.3.1 ขั้นตอนในการคำนวณหาน้ำหนักความสำคัญสามารถทำได้ ดังกรณีศึกษานี้ กรณีศึกษาเลือกเส้นทางการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบ

จาก Meethom และ Kengpol (2009) ในการเลือกเส้นทางการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบ(Multimodal Transportation) เพื่อขนส่งสินค้า มีทางเลือกอยู่ 3 เส้นทาง ในการตัดสินใจใช้เกณฑ์ตัดสินใจ 3 เกณฑ์ คือ งบประมาณการขนส่ง เวลาในการขนส่ง และความเสี่ยงของเส้นทาง มีโครงสร้างปัญหา ดังภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.3 โครงสร้างการจัดลำดับชั้น AHP ในการเลือกเส้นทางการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบ

ที่มา: ดัดแปลงจาก Meethom and Kengpol (2009)

ขั้นตอนการหาลำดับความสำคัญของเกณฑ์ตัดสินใจ

(1) สร้างตารางให้คะแนนเปรียบเทียบเกณฑ์ทั้ง 3 เกณฑ์ แบบเป็นคู่ๆ ดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 เปรียบเทียบความสำคัญของเกณฑ์ตัดสินใจ

เกณฑ์	งบประมาณการขนส่ง	เวลาในการขนส่ง	ความเสี่ยงของเส้นทาง
งบประมาณการขนส่ง	1	2	6
เวลาในการขนส่ง	1/2	1	3
ความเสี่ยงของเส้นทาง	1/6	1/3	1

(2) หาผลรวมในแต่ละคอลัมน์ ดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 หาผลรวมในแต่ละคอลัมน์

เกณฑ์	งบประมาณการขนส่ง	เวลาในการขนส่ง	ความเสี่ยงของเส้นทาง
งบประมาณการขนส่ง	1	2	6
เวลาในการขนส่ง	1/2	1	3
ความเสี่ยงของเส้นทาง	1/6	1/3	1
รวม	10/6	10/3	10

(3) นำตัวเลขในแต่ละคอลัมน์หารด้วยผลรวมของทุกคอลัมน์นั้นๆ ดังตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 นำตัวเลขในแต่ละคอลัมน์หารด้วยผลรวมของทุกคอลัมน์นั้นๆ

เกณฑ์	งบประมาณการขนส่ง	เวลาในการขนส่ง	ความเสี่ยงของเส้นทาง
งบประมาณการขนส่ง	6/10	6/10	6/10
เวลาในการขนส่ง	3/10	3/10	3/10
ความเสี่ยงของเส้นทาง	1/10	1/10	1/10
รวม	1	1	1

(4) หาผลรวมในแต่ละแถว ดังตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 หาผลรวมในแต่ละแถว

เกณฑ์	งบประมาณการขนส่ง	เวลาในการขนส่ง	ความเสี่ยงของเส้นทาง	รวม
งบประมาณการขนส่ง	6/10	6/10	6/10	18/10
เวลาในการขนส่ง	3/10	3/10	3/10	9/10
ความเสี่ยงของเส้นทาง	1/10	1/10	1/10	3/10
รวม	1	1	1	3

(5) หาลำดับความสำคัญ โดยหาค่าเฉลี่ยของตัวเลขในแต่ละแถว ดังตารางที่ 2.7

ตารางที่ 2.7 หาลำดับความสำคัญ โดยหาค่าเฉลี่ยของตัวเลขในแต่ละแถว

เกณฑ์	งบประมาณการขนส่ง	เวลาในการขนส่ง	ความเสี่ยงของเส้นทาง	รวม	น้ำหนักความสำคัญ
งบประมาณการขนส่ง	6/10	6/10	6/10	18/10	0.60
เวลาในการขนส่ง	3/10	3/10	3/10	9/10	0.30
ความเสี่ยงของเส้นทาง	1/10	1/10	1/10	3/10	0.10
รวม	1	1	1	3	1

(6) หาลำดับความสำคัญของทางเลือกแยกตามเกณฑ์ตัดสินใจต่างๆ ดังตารางที่ 2.8,2.9 และ 2.10

ตารางที่ 2.8 หาลำดับความสำคัญของทางเลือกแยกตามเกณฑ์ตัดสินใจด้านงบประมาณในการขนส่ง

เกณฑ์งบประมาณการขนส่ง	เส้นทาง A	เส้นทาง B	เส้นทาง C	น้ำหนักความสำคัญ
เส้นทาง A	1	1/2	2	0.29
เส้นทาง B	2	1	4	0.57
เส้นทาง C	1/2	1/4	1	0.14

ตารางที่ 2.9 หาลำดับความสำคัญของทางเลือกแยกตามเกณฑ์ตัดสินใจด้านเวลาในการขนส่ง

เกณฑ์เวลาในการขนส่ง	เส้นทาง A	เส้นทาง B	เส้นทาง C	น้ำหนักความสำคัญ
เส้นทาง A	1	1/2	1	0.25
เส้นทาง B	2	1	2	0.50
เส้นทาง C	1	1/2	1	0.25

ตารางที่ 2.10 หาลำดับความสำคัญของทางเลือกแยกตามเกณฑ์ตัดสินใจด้านความเสี่ยงของเส้นทางขนส่ง

เกณฑ์ความเสี่ยงของเส้นทางขนส่ง	เส้นทาง A	เส้นทาง B	เส้นทาง C	น้ำหนักความสำคัญ
เส้นทาง A	1	2	2	0.25
เส้นทาง B	1/2	1	1	0.50
เส้นทาง C	1/2	1	1	0.25

(7) หาน้ำหนักความสำคัญรวมของทางเลือกต่างๆ

เส้นทาง A= (0.60 × 0.29) + (0.30 × 0.25) + (0.10 × 0.50) = 0.30

เส้นทาง B = (0.60 × 0.57) + (0.30 × 0.50) + (0.10 ×0.25) = 0.52

เส้นทาง C = (0.60 × 0.14) + (0.30 × 0.25) + (0.10 ×0.25) = 0.18

ในการเลือกเส้นทางการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบโดยใช้เกณฑ์ 3 เกณฑ์ คือ งบประมาณการขนส่ง เวลาในการขนส่ง และความเสี่ยงของเส้นทาง ควรเลือกใช้เส้นทาง B มากที่สุด เนื่องจากมีน้ำหนักความสำคัญที่ได้จากการเปรียบเทียบมากที่สุด หมายถึงมีความเหมาะสมกับการตัดสินใจภายใต้สถานการณ์นี้ที่สุด

2.2.3.2 การสรุปหาน้ำหนักความสำคัญ สำหรับการตัดสินใจเป็นกลุ่ม โดยเปรียบเทียบที่เป็นตัวแทนของกลุ่มเพื่อหาทางเลือกที่เหมาะสมกับเป้าหมายที่ได้ตั้งไว้มากที่สุด ในการสรุปมีหลายวิธี เช่น วิธีการหาค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนัก คือเมื่อได้น้ำหนักความสำคัญโดยเปรียบเทียบของวัตถุประสงค์และเกณฑ์ตัดสินใจของแต่ละคนในกลุ่มแล้ว จะให้น้ำหนักความสำคัญของผู้ตัดสินใจในกลุ่มตัดสินใจแต่ละคนด้วยขึ้นอยู่กับความสำคัญของตำแหน่งหรือหน้าที่ที่รับผิดชอบหรือประสบการณ์ในการทำงาน โดยการหาน้ำหนักความสำคัญของสมาชิกในกลุ่มมีหลายวิธี เช่น

(1) การให้สมาชิกในกลุ่มเลือกผู้ที่เป็นที่ยอมรับในกลุ่มเป็นผู้ให้น้ำหนักความสำคัญของสมาชิกในกลุ่มแต่ละคน

(2) การให้ผู้เชี่ยวชาญพิเศษเป็นผู้ให้น้ำหนักความสำคัญของสมาชิกในกลุ่มก็ได้

(3) การให้น้ำหนักความสำคัญกันเองภายในกลุ่มก็ได้

โดยจะใช้กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ หรือใช้วิธีการระบุน้ำหนักความสำคัญของแต่ละคนโดยตรงเลยก็ได้ น้ำหนักความสำคัญโดยเฉลี่ยของวัตถุประสงค์และเกณฑ์ตัดสินใจแต่

ละข้อ เท่ากับ $A1W1 + A2W2 + ... + AnWn$ เมื่อน้ำหนักความสำคัญของสมาชิกแต่ละคนคิดเป็นร้อยละ (Wi) น้ำหนักความสำคัญโดยเปรียบเทียบของวัตถุประสงค์และเกณฑ์ตัดสินใจแต่ละอย่างของแต่ละคนในกลุ่ม (Ai)

(4) ตัวแบบ (Model) ที่ใช้ในการจัดการคำนวณของ GDSS แบบที่มีความสะดวกถูกต้องและเข้าใจง่าย จาก Kengpol and Tuominen (2006) คือวิธี Delphi ซึ่งพัฒนาโดยบริษัท Rand Corporationรวมกับ Maximise Agreement Heuristic (MAH) เรียกว่า Delphi MAH ซึ่งจะมี 3 ขั้นตอนคือ

(1) รับข้อมูลเป็นตัวเลขจากผู้ตัดสินใจแต่ละคน

(2) ทำการหาค่าเฉลี่ยของทุกคนรวมกัน

(3) แสดงค่าเฉลี่ยให้ผู้ตัดสินใจดูอีกครั้ง โดยไม่ให้มีใครทราบแหล่งที่มาของค่าเฉลี่ยนั้นหากมีความต้องการปรับปรุงข้อมูลการตัดสินใจในขั้นตอนแรกก็สามารถทำได้แต่ต้องนำค่าเฉลี่ยใหม่มาให้ผู้ตัดสินใจทุกคนดูอีกครั้ง และจะทำซ้ำๆ แบบนี้จนไม่มีผู้ตัดสินใจคนใดต้องการเปลี่ยนแปลงค่าอีก

2.2.4 การหาค่าอัตราส่วนความสอดคล้องของข้อมูล (Consistency Ratio: C.R.) ในกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ ใช้ทฤษฎีไอเกนเวคเตอร์ (Eigen Vector) ในการตรวจสอบลำดับความสำคัญของข้อมูลการเปรียบเทียบในเมทริกซ์และการหาความสอดคล้องของข้อมูลดิบที่ได้จากการตัดสินใจของผู้ตัดสินใจต่างๆ ในกลุ่มที่ตอบแบบสัมภาษณ์นั้น

การตรวจสอบความสอดคล้องของการตัดสินใจจะพิจารณาโดยใช้ค่าไอเกน (Eigen Vector) วัดได้จากอัตราส่วนความสอดคล้อง (Consistency Ratio: C.R.) ซึ่งเป็นอัตราส่วนระหว่างดัชนีความสอดคล้องของข้อมูล (Consistency Index: C.I.) และดัชนีความสอดคล้องของข้อมูลเชิงสุ่ม (Random Consistency Index: R.I.) โดย

$$\text{C.R.} = \frac{\text{C.I.}}{\text{R.I.}} \qquad (1)$$

เมื่อ C.I. เป็นดัชนีความสอดคล้องที่วัดจากความแปรปรวนของ λmax จาก N

$$\text{C.I.} = \frac{(\lambda max - N)}{(N-1)} \qquad (2)$$

เมื่อ λmax = ผลรวมของผลคูณระหว่างผลรวมของสมาชิกในแต่ละหลักของเมทริกซ์กับน้ำหนัก(Normal Form)

น้ำหนัก (Normal Form) = ค่าไอเกนของแต่ละแถวต่อผลรวมของค่าไอเกนของทุกสดมภ์

N = จำนวนสมาชิกในแถวหรือหลัก

ดัชนีความสอดคล้องของข้อมูลโดยการสุ่มตัวอย่าง ได้มาจากการสร้างเมทริกซ์ของการเปรียบเทียบเป็นคู่ๆ ในทำนองเดียวกันจากชุดตัวเลข 1 ถึง 9 ด้วยการสร้างเมทริกซ์ในทำนองเดียวกันหลายๆ ชุดจึงเรียกว่า ดัชนีความสอดคล้องของข้อมูลโดยการสุ่มตัวอย่าง (R.I.) ซึ่งดัชนีนี้สร้างขึ้นโดยOak Ridge Laboratory ค่าเฉลี่ย R.I.ที่ใช้กับจำนวนสมาชิกในการเปรียบเทียบความสำคัญ 1-10 จำนวน Saaty (1990) แสดงดังตารางที่ 2.11

ตารางที่ 2.11 ค่าเฉลี่ย R.I. ที่ใช้กับจำนวนสมาชิกในการเปรียบเทียบความสำคัญ 1-10 จำนวน

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
R.I.	0.00	0.00	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

หมายเหตุ: การศึกษาของผู้เชี่ยวชาญด้านจิตวิทยาพบว่ามนุษย์ จะยังคงตัดสินใจได้ดี ถ้าเกณฑ์ตัดสินใจ มีน้อยกว่าหรือเท่ากับ 7 เกณฑ์ ดังนั้นจำนวนเกณฑ์ตัดสินใจในแต่ละลำดับจึงไม่ควรมีเกินกว่า 7 เกณฑ์

อัตราส่วนความสอดคล้อง (C.R.) ที่ยอมรับได้มีค่าไม่เกิน 0.1 หรือ 10% ถ้าอัตราส่วนความสอดคล้องเป็น 0.1 หรือเกินกว่า แสดงว่าต้องทำการเปรียบเทียบใหม่หรือตัดข้อมูลทิ้งไป การหาอัตราส่วนความสอดคล้อง จะทำทุกระดับชั้นถึงระดับสุดท้าย เพื่อยืนยันน้ำหนักความสำคัญที่ได้มา

2.2.5 ทำการจัดลำดับความสำคัญพร้อมทั้งเลือกวิธีที่ดีและเหมาะสมที่สุดตามค่าน้ำหนักความสำคัญที่ได้มาจากการวิเคราะห์

2.2.6 ข้อจำกัดของกระบวนการลำดับขั้นเชิงวิเคราะห์ (AHP)

ข้อจำกัดของ AHP ได้มีรายงานของต่างประเทศศึกษาไว้ เช่น รายงานของ Ghotb และ Warren ได้มีการเปรียบเทียบข้อจำกัดของ AHP ในกรณีศึกษาการเปรียบเทียบกระบวนการ AHP และ Fuzzy Decision Methodology มีดังนี้

(1) การเปรียบเทียบปัจจัยทีละคู่ บางครั้งยุ่งยากเกินไป

(2) การให้สเกลน้ำหนัก 9 ระดับ สำหรับการให้ความหมายของน้ำหนักความสำคัญนั้นการแปลความหมายอาจมีการเข้าใจผิดเกิดขึ้น

(3) สำหรับซอฟแวร์ที่นำมาใช้ในการประมวลผลนั้น มีการจำกัดจำนวนปัจจัยของระดับชั้นแผนภูมิ

รายงานของ Qureshi และ Harrison ได้มีการศึกษาถึงข้อจำกัดในการใช้เทคนิค AHP โดยจากงานวิจัยเรื่อง "Application of the Analytical Hierarchy Process to Riparian Revegetation Policy Option " เป็นการใช้เทคนิค AHP ในการให้น้ำหนักเป้าหมาย ได้แก่ สิ่งแวดล้อม สังคมและเศรษฐกิจ ซึ่งจะใช้เป็นการจัดลำดับความสำคัญของการกำหนดนโยบายชายฝั่งแม่น้ำพฤกษศาสตร์ในบริเวณสันปันน้ำ โดยมีกลุ่ม Stakeholder หลาย ๆ กลุ่ม เช่น ผู้จับของที่ดิน ตัวแทนของเจ้าหน้าที่ท้องถิ่น เป็นกลุ่มที่ให้น้ำหนักคะแนน พบข้อจำกัดของการนำ AHP ไปใช้ เช่น

(1) ปัญหาความไม่สอดคล้องกัน ระหว่างความชอบส่วนตัวกับเป้าหมายที่ควรจะเลือก

(2) เทคนิคของ AHP บางครั้งเป็นการใช้ความคิดในลักษณะการตัดสินใจแบบง่าย ๆ ซึ่งเป็นการยากที่จะพบกับปัญหาที่แท้จริง

(3) ผลของการตัดสินใจอาจจะไม่ได้รับการยอมรับเสมอไป

(4) การตัดสินใจเกี่ยวกับการกำหนด Policy นั้น อาจจะเป็นการตัดสินใจที่ไม่อยู่บนสภาพความเป็นจริง

(5) ปัญหาเรื่องปัจจัยและเกณฑ์ที่เยอะจะทำให้แบบสอบถามที่จะเก็บข้อมูลนั้นมีจำนวนที่ต้องตอบค่อนข้างมาก ทำให้เกิดปัญหาความเบื่อหน่ายหรือเสียเวลาแก่ผู้ตอบแบบสอบถาม จนบางครั้ง ผู้ตอบแบบสอบถามจึงทำแบบสอบถามแบบลวก ๆ ส่งผลให้เกิดความไม่สอดคล้องของแบบสอบถาม

2.3 โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Expert Choice

โปรแกรม Expert Choice เป็นเครื่องมือช่วยสนับสนุนการตัดสินใจแบบพหุเกณฑ์ที่อยู่บนพื้นฐานของกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (Analytic Hierarchy Process: AHP) ทฤษฎีทางคณิตศาสตร์ถูกพัฒนาขึ้นครั้งแรกที่ Wharton school ของมหาวิทยาลัยเพนซิลวาเนีย โดย Thomas L. Saaty สำหรับ AHP เป็นวิธีการที่มีความสามารถและเข้าใจง่ายในการทำการตัดสินใจที่ใช้ทั้ง ข้อมูลที่วัดได้และการตัดสินใจจากผู้ตัดสินใจ โดยโปรแกรม Expert Choice? มีลักษณะการทำงานแบบแขนงการตัดสินใจแต่ วางตัวอยู่ในลักษณะ Hierarchical กล่าวคือ เรียงลำดับ

ความสำคัญลงมา จึงมักนิยมเรียกวิธีการของ EC ว่า Analytical Hierarch Approach ; AHP ซึ่งมีขั้นตอนสำคัญเรียงลำดับกันดังนี้

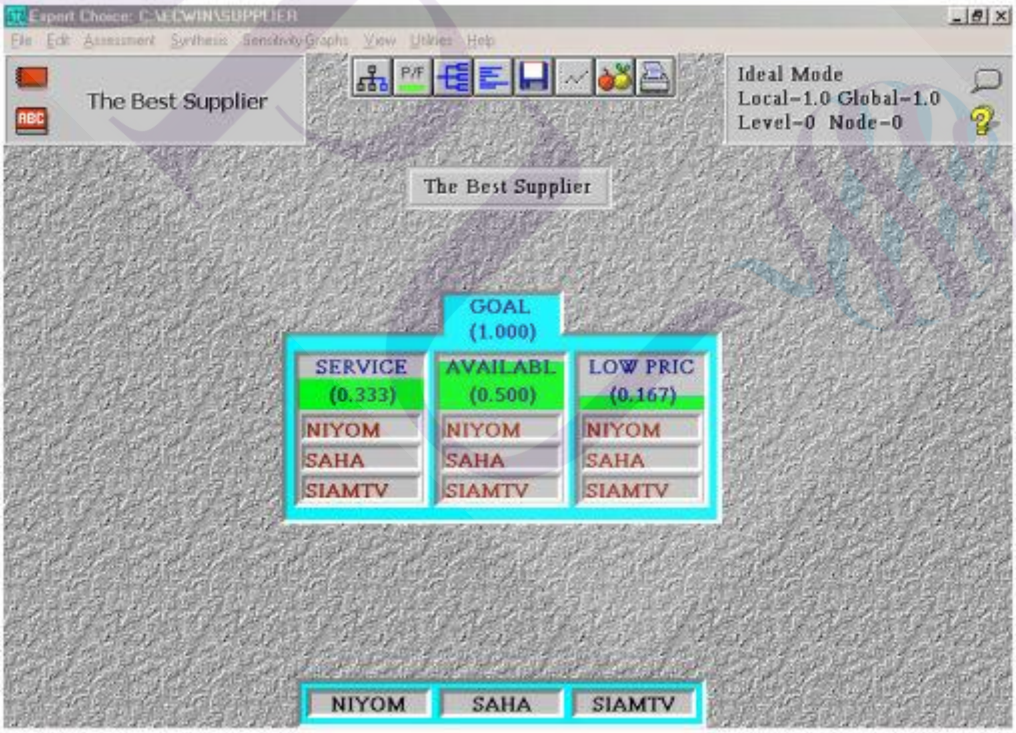
ขั้นที่ 1 เป็นการระบุปัญหา และกำหนดวัตถุประสงค์ (Identification Problem and setting objectives)

ขั้นที่ 2 เป็นการกำหนดเกณฑ์ต่างๆ ที่จะใช้เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์นั้น (Determination of Criteria)

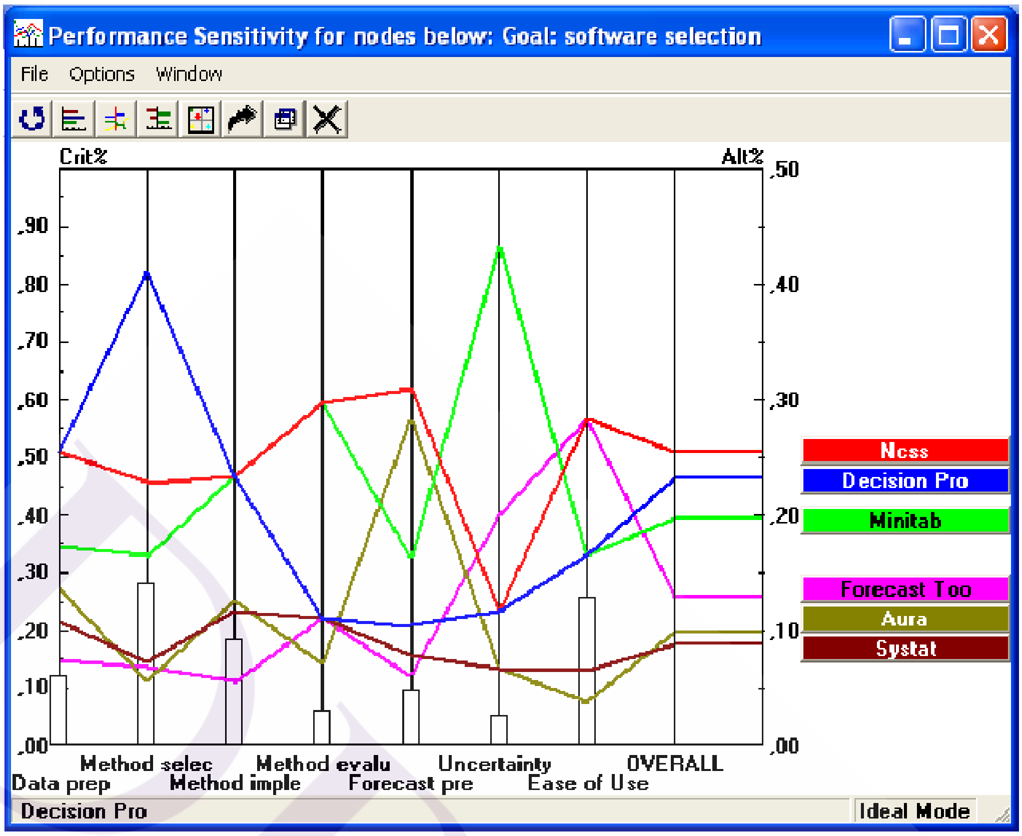
ขั้นที่ 3 เป็นการกำหนดทางเลือกต่างๆ เพื่อให้ระบบช่วยตัดสินใจเลือกให้ (Determination of Alternatives)

จากนั้นโปรแกรมจะ Implement ให้ได้คำตอบในเบื้องต้น ถ้าเราต้องการปรับสัดส่วนต่างๆ ของ เกณฑ์ที่กำหนด จะสามารถปรับเปลี่ยนได้อย่างคล่องตัว จึงเป็นโปรแกรมที่มีความยืดหยุ่นสูงและใช้งานง่ายมากในปัจจุบัน (ที่มา http://courseware.payap.ac.th/docu/mk380/f5.9.htm)

5.9.2 โปรแกรม Expert Choice ; EC pro



ภาพที่ 2.4 ตัวอย่างหน้าจอโปรแกรม Expert Choice



ภาพที่ 2.5 ตัวอย่างหน้าจอการแสดงผลการวิเคราะห์เป็นกราฟในโปรแกรม Expert Choice

2.4 Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS)

กระบวนการ TOPSIS ถือเป็นหนึ่งในวิธีการวิเคราะห์การตัดสินใจแบบหลายเกณฑ์ เพื่อหาวิธีหรือทางเลือกที่ดีที่สุด หลักการของวิธี TOPSIS คือการพยายามหาทางเลือกที่มีสมรรถนะโดยรวมใกล้เคียงกับค่าที่ดีที่สุดในแต่ละเกณฑ์ รวมทั้งห่างไกลจากค่าที่แย่ที่สุดในแต่ละเกณฑ์เช่นกัน โดยในการประยุกต์ใช้ TOPSIS นั้น ผู้วิเคราะห์ต้องทำการให้น้ำหนักความสำคัญกับเกณฑ์ในการตัดสินใจแต่ละเกณฑ์ TOPSIS เป็นเครื่องมือที่ช่วยในการจัดลำดับของทางเลือกโดยอาศัยข้อมูลการประเมินผลของแต่ละทางเลือกบนเกณฑ์ที่ใช้ประกอบการตัดสินใจแต่ละเกณฑ์ ดังนั้น TOPSIS จึงเหมาะสำหรับการตัดสินใจโดยใช้เกณฑ์เชิงปริมาณซึ่งสามารถประเมินผลทางเลือกออกมาเป็นตัวเลขได้

ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลของ TOPSIS เป็นไปตาม ขั้นตอนต่อไปนี้

(1) ทำการกำหนดน้ำหนักความสำคัญของแต่ละเกณฑ์ (W_j) โดยให้ผลรวมค่าน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์ทุกตัวมีค่าเท่ากับ 1 ซึ่งในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ใช้ค่าน้ำหนัก ที่ได้รับมาจากการวิเคราะห์ปัจจัยและเกณฑ์ต่าง ๆ ด้วยวิธี AHP โดยใช้โปรแกรม Expert Choice แล้วจึงนำมา

สร้าง Evaluation Matrix ดังตาราง 2.12 แล้วจึงนำข้อมูลเชิงปริมาณต่าง ๆ ของทางเลือกมาใส่ลงไปในตาราง Evaluation Matrix

ตารางที่ 2.12 ตัวอย่าง Evaluation Matrix ที่จะนำมาวิเคราะห์ TOPSIS

น้ำหนัก(ได้จากการคำนวณ AHP)	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1
ปัจจัย / ทางเลือก	ปัจจัย 1	ปัจจัย 2	ปัจจัย 3	ปัจจัย 4	ปัจจัย 5	ปัจจัย 6
A	ข้อมูลเชิงปริมาณในแต่ละปัจจัยของทางเลือก A					
B	ข้อมูลเชิงปริมาณในแต่ละปัจจัยของทางเลือก B					
C	ข้อมูลเชิงปริมาณในแต่ละปัจจัยของทางเลือก C					
D	ข้อมูลเชิงปริมาณในแต่ละปัจจัยของทางเลือก D					
E	ข้อมูลเชิงปริมาณในแต่ละปัจจัยของทางเลือก E					
F	ข้อมูลเชิงปริมาณในแต่ละปัจจัยของทางเลือก F					
G	ข้อมูลเชิงปริมาณในแต่ละปัจจัยของทางเลือก G					
H	ข้อมูลเชิงปริมาณในแต่ละปัจจัยของทางเลือก H					

(2) ทำการปรับข้อมูลของแต่ละเกณฑ์ที่อยู่ในหน่วยที่แตกต่างกันให้มีมาตรฐานเดียวกันหรือเรียกว่าการทำ Normalization โดยการนำข้อมูลของแต่ละทางเลือกในแต่ละปัจจัยมาหารด้วยรากที่ 2 ของผลรวมของค่าในแถวของปัจจัยนั้น ๆ

(3) จากนั้นนำค่า Normalize ที่คำนวณได้มาถ่วงน้ำหนัก โดยการนำมาคูณด้วยน้ำหนักของแต่ละปัจจัยที่หาได้จากวิธี AHP จากสมการ

$$Vij = WjNij$$

โดยที่ i = 1, 2,…, m ทางเลือก

j = 1, 2,…, n ปัจจัย

Nij = ข้อมูลการประเมินผลที่ถูกปรับค่าแล้วของทางเลือกที่ i บนปัจจัยที่ j

(4) หาค่าอุดมคติเชิงบวก (Positive Ideal Solution : PIS) และค่าอุดมคติเชิงลบ (Negative Ideal Solution : NIS) ของปัจจัยการตัดสินใจทั้งหมด ในที่นี้ PIS คือค่าที่ดีที่สุดในแต่ละเกณฑ์เมื่อเปรียบเทียบทางเลือกทั้งหมดที่มีอยู่และ NIS คือค่าที่แย่ที่สุด โดย อุดมคติเชิงบวก นั้นจะมีลักษณะเป็นปัจจัยเชิงผลประโยชน์ (ยิ่งมีค่าสูงยิ่งดี) ส่วนอุตมคติเชิงลบนั้นจะมีลักษณะเป็นปัจจัยเชิงต้นทุน (ยิ่งมีค่าต่ำยิ่งดี)

โดยที่ PIS = $\{PIS_1, PIS_2, PIS_3, \ldots, PISn\}$ ฃ

NIS = $\{NIS_1, NIS_2, NIS_3, \ldots, NISn\}$

ซึ่ง PIS คือค่ามากที่สุด (Max) ของทุกค่าในคอลัมน์ของปัจจัยนั้น ๆ

NIS คือค่าน้อยที่สุด (Min) ของทุกค่าในคอลัมน์ของปัจจัยนั้น ๆ

(5) คำนวณระยะห่างจากค่าเชิงอุดมคติเชิงบวกและอุดมคติเชิงลบของแต่ละทางเลือกจากสมการ

อุดมคติเชิงบวก $S_{PIS} = \sqrt{\sum_{j=1}^{n}(Vij - PISj)^2}$

อุดมคติเชิงลบ $S_{NIS} = \sqrt{\sum_{j=1}^{n}(Vij - NISj)^2}$

(6) คำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ที่ใกล้แนวคิดในอุดมคติที่สุด (Closeness Coefficient: CC) ของแต่ละทางเลือกจากสมการ

$$CC_i = \frac{S_{NIS_i}}{S_{PIS_i} + S_{NIS_i}}$$

(7) จัดลำดับของทางเลือกจากค่า CCi ที่คำนวณได้ โดยทั่วไปมักเลือกทางเลือกที่มีค่า CCi สูงที่สุด

2.5 ข้อแตกต่างระหว่าง AHP **และ** TOPSIS

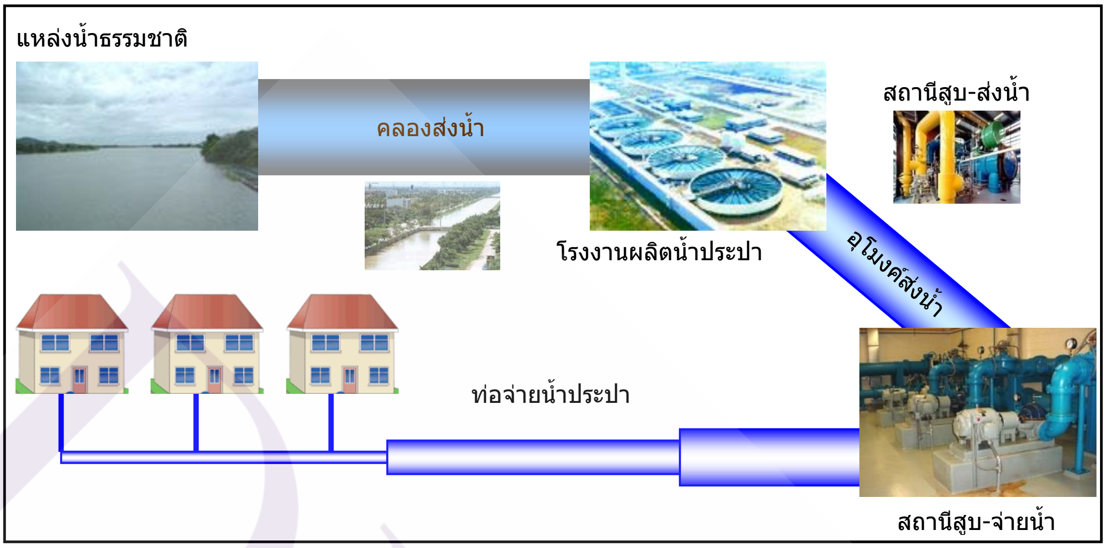
AHP จะให้ประสิทธิภาพในการวิเคราะห์ข้อมูลที่จับต้องได้และในเชิงนามธรรม โดยเฉพาะการตัดสินเรื่องสำคัญที่เป็นลักษณะที่ต้องใช้ความรู้สึกตัดสิน การตัดสินใจที่มีความยืดหยุ่นมากกว่า สนับสนุนการวางลำดับปัจจัย การเปรียบเทียบปัจจัยหรือทางเลือกในลักษณะเป็นคู่ แต่มีการคำนวณความซับซ้อนมากกว่า TOPSIS ในขณะที่ TOPSIS ไม่มีการเปรียบเทียบเป็นคู่ แต่จะใช้วิธีการเลือกวิธีที่ดีที่สุดจากข้อมูล ซึ่งอาจจะไม่เหมาะสมที่สุด การเปรียบเทียบข้อแตกต่างของเทคนิคทั้งสอง แสดงในตารางที่ 2.13

ตารางที่ 2.13 การเปรียบเทียบข้อแตกต่างของวิธี AHP และ TOPSIS

วิธีการ	หลักการ	ข้อดี	ข้อเสีย
AHP	- ค่าน้ำหนักของเกณฑ์และค่าคะแนนความเหมาะสมได้จากการใช้หลักการเปรียบเทียบทีละคู่ตามลำดับชั้นการตัดสินใจ	- ให้ผลสำรวจที่น่าเชื่อถือ - มีโครงสร้างที่เป็นแผนภูมิลำดับขั้น - ผลลัพธ์ที่ได้เป็นปริมาณตัวเลข ทำให้ง่ายต่อการเปรียบเทียบและจัดลำดับความสำคัญ -.สามารถขจัดการตัดสินใจแบบมีอคติหรือลำเอียงออกไปได้ - ใช้ได้ทั้งการตัดสินใจแบบคนเดียวและแบบที่เป็นกลุ่มหรือหมู่ - ก่อให้เกิดการประนีประนอมและการสร้างประชามติ - ไม่จำเป็นต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญพิเศษคอยควบคุม	- การเก็บข้อมูลซับซ้อน - ใช้เวลาค่อนข้างมากในการเก็บข้อมูล เนื่องจากต้องอธิบายระดับความสำคัญอย่างละเอียดและชัดเจนให้เข้าใจตรงกันสำหรับกลุ่มผู้ให้ข้อมูล - ใช้เวลาในการวิเคราะห์มากหากมีปัจจัยหลายปัจจัย จะเกิดความยุ่งยากและซับซ้อน
TOPSIS	-จัดอันดับความเหมาะสมของทางเลือก โดยการพิจารณาทางเลือกที่มีค่าเข้าใกล้ค่าที่ดีที่สุดในทางบวกและออกห่างค่าที่แย่ที่สุดในทางลบ	-เหมาะสำหรับการตัดสินใจบนเกณฑ์เชิงปริมาณ - เหมาะสำหรับการตัดสินใจที่อยู่บนทั้งเกณฑ์เชิงบวกและเชิงลบ	- หากมีทางเลือกจำนวนมากอาจเกิดความผิดพลาดในการพิจารณาทางเลือกที่มีค่าดีที่สุด หรือแย่ที่สุด

2.6 กรรมวิธีผลิตน้ำประปา

กรรมวิธีผลิตน้ำประปานั้น ดังที่จะอธิบายในภาพที่ 2.6 ดังนี้



ภาพที่ 2.6 กรรมวิธีผลิตและจ่ายน้ำประปา

ที่มา : การประปานครหลวง, 2552

2.6.1 น้ำดิบจากคลองประปาจะผ่านการตรวจสอบคุณภาพน้ำดิบเบื้องต้น มีการวิเคราะห์หาอัตราการใช้สารเคมี และเข้าสู่กระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำก่อนการผลิตด้วยการเติมอากาศและสารเคมี ผ่านตะแกรงหยาบและละเอียด

2.6.2 โรงสูบน้ำดิบจะทำการเติมสารส้ม, ปูนขาว, โซดาไฟเพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำอีกครั้ง พร้อมทั้งเติมคลอรีนกรณีน้ำดิบสกปรกมาก การเติมสารช่วยตกตะกอน

2.6.3 ถังตกตะกอน กระบวนการนี้เพื่อลดความขุ่นของสารแขวนลอยขนาดใหญ่กว่า 10 ไมครอนขึ้นไป ลดปริมาณจุลินทรีย์, แบคทีเรีย, สาหร่าย

2.6.4 บ่อกรองน้ำ ลดความขุ่นของสารแขวนลอยขนาดต่ำกว่า 1 ไมครอน ลดปริมาณจุลินทรีย์, แบคทีเรีย, โปรโตซัว ได้ถึงร้อยละ 90 ขึ้นไป เติมคลอรีนเพื่อฆ่าเชื้อโรคต่างๆ เติมปูนขาวเพื่อปรับสภาพน้ำ

2.6.5 ถังเก็บน้ำประปา ต้องมีคลอรีนคงเหลือในน้ำประปา 1.0 – 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ความขุ่นไม่เกิน 2 NTU และต้องไม่พบแบคทีเรีย, เชื้อโรคระบาดทางน้ำ

2.6.6 สถานีสูบจ่ายน้ำประปา ต้องมีคลอรีนคงเหลือในน้ำประปาไม่ต่ำกว่า 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร และต้องไม่พบแบคทีเรีย, เชื้อโรคระบาดทางน้ำ

2.6.7 ระบบจ่ายน้ำ ผ่านอุโมงค์ส่งน้ำ ขนาด 1,800 มิลลิเมตรขึ้นไป จากนั้นจึงเชื่อมผ่านท่อประธาน ขนาด 500 – 1,800 มิลลิเมตรต่อด้วยท่อจ่ายน้ำ ขนาด 100 – 400 มิลลิเมตร สุดท้ายจึงผ่านท่อบริการขนาด ½ นิ้ว – 3 นิ้ว จำหน่ายแก่ผู้ใช้น้ำต่อไป

2.7 ระบบท่อจ่ายน้ำ

หลังจากน้ำดิบผ่านกรรมวิธีการผลิต น้ำประปาจะถูกเก็บไว้ในถังน้ำใส จากนั้นจึงถูกจ่ายเข้าเส้นท่อส่งไปยังผู้ใช้น้ำ ระบบจ่ายน้ำประกอบด้วยความดันเริ่มต้น (Pressure head) เพื่อให้น้ำประปาสามารถไหลไปตามท่อและเหลือความดันเพียงพอสำหรับผู้รับบริการซึ่งอยู่ไกลสุดได้ ความดันเริ่มต้นสามารถได้มาจากเครื่องสูบน้ำหรือแรงโน้มถ่วงโลก หรือทั้งสองอย่างประกอบกัน หลังจากนั้น น้ำประปาจะไหลไปตามท่อประธานที่มีขนาดใหญ่และไหลต่อไปยังท่อจ่ายน้ำเพื่อส่งต่อไปยังผู้ใช้น้ำต่อไป โดยระบบท่อจ่ายน้ำมี 2 รูปแบบ คือ

2.7.1 ระบบท่อจ่ายน้ำแบบแยกแขนง (Branching System) ระบบนี้ท่อใหญ่สุดจะเป็นท่อหลักในการจ่ายน้ำ ส่วนท่อแขนงจะแยกออกไปจากท่อหลักและสิ้นสุดที่จุดใดจุดหนึ่ง โดยไม่ได้บรรจบกับท่อสายอื่น คือมีลักษณะเช่นเดียวกับกิ่งก้านของต้นไม้ การวางท่อจ่ายน้ำแบบแยกแขนงนี้ง่ายในการออกแบบและวางท่อ แต่ไม่เป็นที่นิยมกันในปัจจุบัน เนื่องจากมีข้อเสียหลายประการ คือ

- น้ำบริเวณปลายท่อไม่มีการหมุนเวียนถ่ายเท จะอยู่ในลักษณะนิ่งนานๆ ทำให้มีการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ อาจเกิดกลิ่น นอกจากนี้ยังมีการตกตะกอนเกิดขึ้นได้
- การควบคุมปริมาณคลอรีนที่ปลายท่อกระทำได้ยากเนื่องจากลักษณะสมบัติของน้ำไม่คงที่ดังที่กล่าวในข้อ 2.7 1
- เมื่อมีการซ่อมแซมที่จุดใดจุดหนึ่ง ซึ่งต้องปิดประตูน้ำระหว่างซ่อม ท่อที่อยู่ถัดไปจะไม่มีน้ำใช้จนกว่าจะซ่อมแซมเสร็จ

2.7.2 ระบบท่อจ่ายน้ำแบบวงรอบ (Grid System) ในระบบท่อแบบนี้ท่อทุกเส้นจะบรรจบกันโดยรอบและไม่มีปลาย น้ำประปาจะไหลไปสู่จุดใดจุดหนึ่งได้จากหลายเส้นทางทำให้ไม่มีปัญหาต่างๆ ดังที่เกิดขึ้นในระบบแยกแขนง และแรงดันของน้ำยังเท่ากันทั้งระบบด้วย ข้อเสียที่มีก็คือการออกแบบขนาดท่อให้ได้ถูกต้องเหมาะสมต้องใช้การคำนวณค่อนข้างยุ่งยาก แต่ในปัจจุบันการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการคำนวณออกแบบสะดวกและรวดเร็วกว่าเดิมมาก

2.8. ชนิดของท่อ

ในระบบท่อจ่ายน้ำจะมีการใช้ท่อหลายชนิดและหลายขนาด ขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งานซึ่งอาจจำแนกได้ดังนี้

2.8.1 ท่อเหล็กเหนียว (Steel Pipe) มีความแข็งแรงมาก อ่อนโค้งได้บ้างทำให้ไม่หัก ทนแรงกระแทกได้ดี แต่ต้องมีการป้องกันการกัดกร่อนทั้งภายนอกและภายใน เช่น การเคลือบด้วยน้ำมันดิน หรือปูนเปียก ท่อเหล็กเหนียวมีกรรมวิธีการผลิต 2 รูปแบบ คือ เชื่อมด้วยไฟฟ้าหรือรีดม้วน การต่อท่อในสนามทำได้หลายวิธีการ เช่น การเชื่อม การขันน็อตหน้าจาน การย้ำหมุด การเสียบปลายสำหรับท่อแบบระฆังและข้อต่อสั้นโดยมีประเก็นยางกันรั่วซึม

คุณสมบัติทั่วไป

นอกจากจะกำหนดเป็นอย่างอื่นแล้ว ท่อเหล็กเหนียว อุปกรณ์ท่อ และข้อต่อ ต้องผลิตตามมาตรฐาน AWWA C 200 หรือ BS 534 หรือ JIS G 3457 ท่อเหล็กเหนียว อุปกรณ์ท่อและข้อต่อต้องออกแบบให้สามารถทนความดันใช้งาน (Working Pressure) ได้ไม่น้อยกว่า 10 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร ขนาดและมิติ

2.8.1.1 ขนาดและมิติของท่อเหล็กเหนียวต้องเป็นไปตามที่กำหนดในตารางที่ 1 และแบบมาตรฐานการประปานครหลวงที่แนบ ความยาวท่อที่ต่างไปจากที่กำหนดและจำเป็นต้องใช้เพื่อให้เหมาะสมกับระยะการวางในสนาม เช่น จุดตัดบรรจบ ต้องได้รับความเห็นชอบจากวิศวกรโครงการ

2.8.1.2 ขนาดและมิติของอุปกรณ์ท่อต้องเป็นไปตามแบบมาตรฐานของการประปานครหลวง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก ความหนาของแผ่นเหล็กที่ใช้ทำอุปกรณ์ฯ และความหนาของการเคลือบภายในด้วยปูนสอ (cement mortar) ต้องเป็นไปตามที่กำหนด หากมิได้ระบุในแบบและรายละเอียด ขนาด และมิติของอุปกรณ์ท่อจะต้องเป็นไปตามมาตรฐาน AWWA C 208 หรือแบบที่เหมาะสมกับสภาพงานวางท่อและผู้รับจ้างจะต้องเสนอแบบขอรับความเห็นชอบจากกองมาตรฐานวิศวกรรม การประปานครหลวง

2.8.1.3 ขนาดและมิติของ Mechanical Coupling และ Flexible Coupling ให้เป็นไปตามแบบมาตรฐานของการประปานครหลวง หรือเทียบเท่า ในกรณีขอเทียบเท่าผู้รับจ้างจะต้องเสนอแบบขอรับความเห็นชอบจากกองมาตรฐานวิศวกรรม

ภาพที่ 2.7 ท่อเหล็กเหนียว

2.8.2 ท่อเหล็กหล่อ (Cast Iron Pipe) ปัจจุบันการประปานครหลวงได้เลิกใช้แล้ว จึงไม่มีการกำหนดคุณสมบัติในมาตรฐานของการประปานครหลวง ในอดีตเคยใช้เป็นท่อประปารวมถึงใช้เป็นท่อส่งก๊าซ โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อมีตั้งแต่ 75 มิลลิเมตร ขึ้นไปจนใหญ่กว่า 1000 มิลลิเมตรความสามารถในการรับแรงดันได้ดี แต่ขึ้นอยู่กับความหนาของท่อซึ่งมีหลายขนาด การป้องกัน การกัดกร่อนใช้วิธีเคลือบภายนอกภายในเช่นเดียวกับท่อเหล็กกล้า การต่อท่อมีหลายวิธี เช่น การเสียบปากระฆัง การขันน็อตหน้าจาน

ภาพที่ 2.8 ท่อเหล็กหล่อ

2.8.3 ท่อซีเมนต์ใยหิน หรือเรียกว่าท่อAC (Asbestos Cement) ผลิตจากส่วนผสมของปอร์ตแลนด์ซีเมนต์กับแร่ใยหิน ข้อดีของท่อชนิดนี้คือมีราคาถูกเมื่อเทียบกับท่อชนิดอื่น ทนการกัดกร่อนต่อสภาพดินธรรมดาได้พอสมควร ไม่นำไฟฟ้า เรียบ การต่อท่อง่ายโดยใช้ข้อต่อซึ่งภายในมีวงแหวนยางกันรั่วทำให้สามารถปรับตัวได้ดี แต่มีข้อเสียคือ เปราะ แตกร้าวง่ายโดยเฉพาะหากไม่ระมัดระวังในการขนย้าย ท่อซีเมนต์ใยหินมีตั้งแต่ขนาด 100 มิลลิเมตร ขึ้นไปจนถึง 600 มิลลิเมตร ความยาวท่อนละ 5 เมตร

คุณสมบัติทั่วไป นอกจากจะกำหนดเป็นอย่างอื่นแล้ว ท่อซีเมนต์ใยหินต้องมีคุณสมบัติตามมาตรฐาน มอก.81 ชั้นคุณภาพ PP 20 ท่อต้องมีความยาวท่อนละ 5.00 เมตร ข้อต่อสำหรับท่อซีเมนต์ใยหิน ต้องมีคุณสมบัติตามมาตรฐาน มอก.126 ชั้นคุณภาพ PJ 20 แหวนยางสำหรับใช้กับข้อต่อ ต้องมีคุณสมบัติตามมาตรฐาน มอก. 237

ประเภทของท่อซีเมนต์ใยหินและข้อต่อท่อซีเมนต์ใยหินและข้อต่อตามรายละเอียดนี้ แบ่งออกตามลักษณะการใช้งานและวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตเป็น 2 ประเภท คือ

(1) ท่อซีเมนต์ใยหินและข้อต่อ ประเภท ก (ประเภทธรรมดา)

(2) ท่อซีเมนต์ใยหินและข้อต่อ ประเภท ข (ประเภททนซัลเฟตได้สูง)

ท่อซีเมนต์ใยหินประเภท ก จะต้องได้รับอนุญาตแสดงเครื่องหมายมาตรฐานกับผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมจากคณะกรรมการมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแล้วเท่านั้น

ภาพที่ 2.9 ท่อซีเมนต์ใยหิน (AC)

2.8.4 ท่อเหล็กอาบสังกะสี (Galvanized Steel Pipe) เป็นท่อที่มีความแข็งแรง ทนทาน แต่มีราคาแพง จึงมักใช้ในกรณีที่ต้องการความคงทนแข็งแรง เช่น ท่อที่ติดตั้งกับเครื่องสูบน้ำ (รับแรงสั่นสะเทือน) ท่อส่วนที่ไม่ได้ฝังกลบ เช่น ท่อข้ามคลอง ท่อลอดถนน ซึ่งต้องรับน้ำหนักและความสั่นสะเทือนจากยานพาหนะ ท่อเหล็กอาบสังกะสีมีอยู่หลายขนาด อย่างไรก็ตามท่อชนิดนี้มีข้อเสียหลายประการ เช่นไม่ทนต่อการกัดกร่อนและเป็นสนิมง่าย การตัดและต่อท่อยุ่งยาก น้ำหนักมากและราคาแพง ความนิยมใช้จึงลดน้อยลง

คุณสมบัติทั่วไป

ท่อเหล็กอาบสังกะสีต้องมีคุณสมบัติตามมาตรฐาน ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.277 ประภท 2 ท่อทุกท่อนต้องมีความยาว 6.00 ± 0.025 เมตร ข้อต่อสำหรับใช้กับท่อเหล็กอาบสังกะสีต้องเป็นชนิดต่อด้วยเกลียว ออกแบบมาให้มีคุณสมบัติและความแข็งแรงเช่นเดียวกับตัวท่อ และต้องจัดข้อต่อให้ 1 ตัว ต่อท่อ 1 ท่อน อุปกรณ์ท่อให้เป็นไปตามมาตรฐาน มอก.249

ภาพที่ 2.10 ท่อเหล็กอาบสังกะสี

2.8.5 ท่อ PVC (Polyvinyl Chloride Pipe) ในอดีตท่อชนิดนี้ถูกผลิตขึ้นเพื่อใช้เป็นท่อเล็กต่อเข้าบ้านแต่ปัจจุบันมีการผลิตท่อขนาดใหญ่จนนำมาใช้สำหรับเป็นท่อหลักจ่ายน้ำได้ มีความเหนียวยืดหยุ่นตัวได้ ทนต่อแรงดันน้ำได้ดี ทนต่อการกัดกร่อนของกรดหรือด่างได้ดี ใช้เป็นฉนวนไฟฟ้าได้ดีเพราะไม่เป็นตัวนำไฟฟ้า เป็นวัสดุไม่ติดไฟ มีผิวมันเรียบช่วยให้การไหลของน้ำได้ดี มีน้ำหนักเบาและราคาถูก แอ่นตัวได้ดี แต่มีข้อเสียคือ เปราะ กรอบ และแตกหักง่าย ไม่ทนทาน

ต่อแรงกระแทกและแสงแดดหรือแสงยูวี (UV) การต่อท่ออาจเป็นแบบใช้ข้อต่อทาน้ำยาเชื่อม หรือเป็นแบบปากระฆังมีวงแหวนกันรั่วซึ่งเหมาะสมกับท่อพีวีซีขนาดใหญ่

คุณสมบัติทั่วไป

ท่อ PVC ต้องเป็นแบบปลายข้างหนึ่งเป็นปากระฆัง (Belled End) อีกข้างหนึ่งเป็นปลายเรียบ (Plain End) โดยด้านที่เป็นปลายปากระฆังให้เป็นไปตามการออกแบบของผู้ผลิต และต้องมีคุณสมบัติทนความดันน้ำใช้งานได้ไม่น้อยกว่า 8.5 กก./ตร.ซม. ที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส

ภาพที่ 2.11 ท่อ PVC

2.8.6 ท่อ PB. (Polybutylene Pipe) ปัจจุบันการประปานครหลวงได้ยกเลิกท่อชนิดนี้ในการใช้งานวางระบบท่อจ่ายน้ำแล้ว แต่ยังใช้งานในระบบท่อบริการ (ขนาด 20 – 50 มิลลิเมตร)ที่ต่อจากท่อจ่ายน้ำเข้าสู่บ้านผู้ใช้น้ำอยู่ โดยทั่วไปเป็นท่อพลาสติกสีดำ ที่มีความหนาแน่นสูง ผลิตขึ้นตามมาตรฐาน มอก.910-2532 มีการผลิตได้สองรูปแบบคือ ชนิดอ่อนและชนิดแข็ง ชนิดอ่อนหมายถึงท่อที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ½ ถึง 4 นิ้ว ที่สามารถม้วนความยาวท่อได้ถึง 200 เมตร ส่วนชนิดแข็งหมายถึง ท่อที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่กว่า 6 นิ้ว ซึ่งจะม้วนและขนส่งได้ลำบาก จึงนิยมตัดเป็นท่อนๆ ความยาวท่อนละ 4 ถึง 6 เมตร มีความยืดหยุ่นตัวและโค้งไปมาได้สูงมาก ทนแรงดันได้สูงถึง 200 ปอนด์/ตารางนิ้ว ทนทานต่อการฉีกขาด ทนทานต่อแรงกระแทกได้เป็น 2 เท่าของท่อพีวีซี ทนทานต่อความร้อน/ความเย็น ใช้เป็นฉนวนไฟฟ้าได้ดี คงทนต่อสารเคมี มีผิวเรียบมัน จึงมีแรงเสียดทานในเส้นท่อน้อย ทนทานต่อแสงยูวี (UV) อายุใช้งานยาวนานถึง 50 ปี มีน้ำหนักเบา

กว่าท่อพีวีซีและท่อเหล็ก โดยมีน้ำหนักเพียง 2/3 ของท่อพีวีซี และ 1/5 ของท่อเหล็ก สำหรับข้อด้อยของท่อพีบีคือ ราคาค่อนข้างแพง การประกอบท่อจะต้องใช้อุปกรณ์หรือช่างที่ชำนาญงานโดยเฉพาะ ทั้งนี้ การต่อท่อพีบี สามารถทำได้ 3 แบบคือ แบบเชื่อมหลอมละลายด้วยความร้อน แบบใช้เครื่องมือผายปากท่อให้กว้างและยึดด้วยข้อต่อเกลียว และแบบกัดเกลียวที่ปลายท่อแล้วยึดด้วยข้อต่อเกลียว

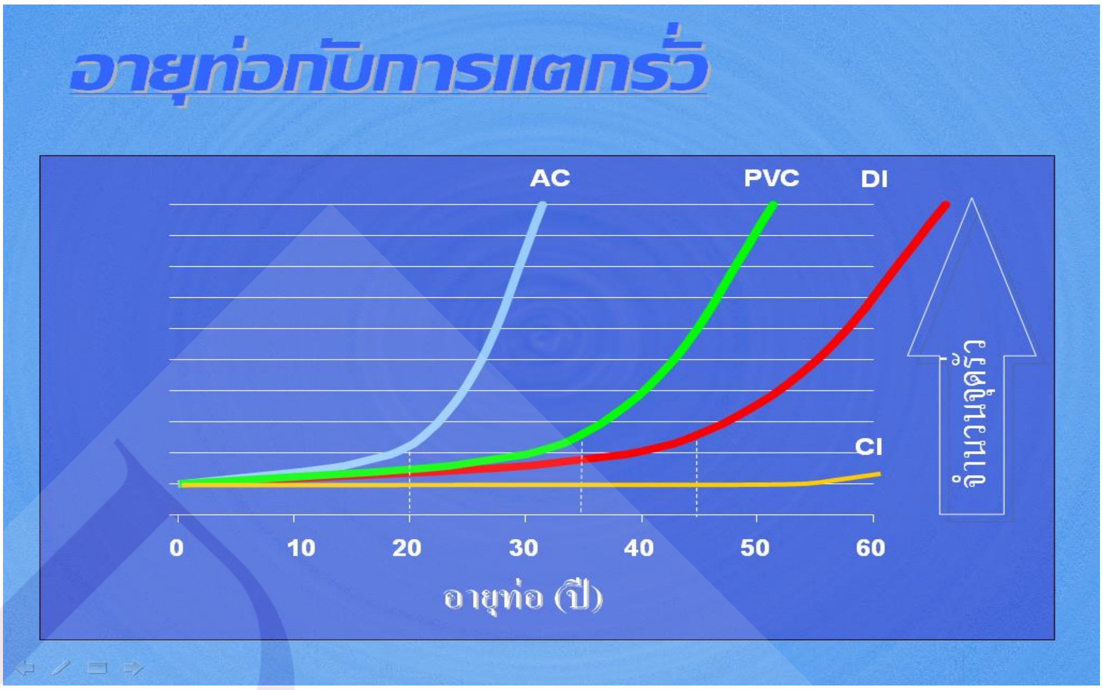
คุณสมบัติทั่วไป

นอกจากจะกำหนดเป็นอย่างอื่นแล้ว ท่อ พีบี ต้องมีคุณสมบัติตามมาตรฐาน AWWA C 902 หรือ มอก.910 ท่อ พีบี ต้องออกแบบให้สามารถทนความดันใช้งานได้ไม่น้อยกว่า 10 กก./ตร.ซม. ที่อุณหภูมิ 23 องศาเซลเซียส

ภาพที่ 2.12 ท่อ PB

2.9 อายุท่อและการแตกรั่ว

อายุการใช้งานของท่อแต่ละชนิดมีผลต่อการเสื่อมสภาพของท่อ มีผลต่อการแตกรั่วของท่อ จากภาพที่ 10 ท่อซีเมนต์ใยหิน (AC) เมื่อใช้งานไปได้ 20 ปี จะมีความเสี่ยงต่อการแตกรั่วสูงขึ้นเรื่อยๆ ท่อพีวีซี (PVC) มีอายุการใช้งานเฉลี่ยที่ 30 ปี ก็จะเริ่มมีปัญหาการรั่วซึม ในขณะที่ท่อเหล็กหล่อ (CI) มีอายุการใช้งานที่สูงถึง 55 ปี และท่อ ST มีอายุการใช้งาน 30 ปี ดังภาพ 2.13



ภาพที่ 2.13 อายุท่อกับการแตกรั่ว

ที่มา : อบรมงานลดน้ำสูญเสีย การประปานครหลวง

2.10. งานลดน้ำสูญเสีย

เป้าหมายในการลดน้ำสูญเสียของการประปานครหลวง มีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาศักยภาพการบริหารงานควบคุมระบบจ่ายน้ำและควบคุมอัตราน้ำสูญเสียให้อยู่ในเกณฑ์ที่เกิดประสิทธิภาพสูงสุด โดยมีมาตรการลดน้ำสูญเสียประกอบด้วย 3 มาตรการ **คือ**

(1) มาตรการพื้นฐาน (Fundamental Measures) ได้แก่

- การเตรียมงานขั้นพื้นฐานเพื่อจัดหาและเตรียมสถิติข้อมูลต่างๆ โดยจัดทำและปรับปรุงระบบ-แผนที่ระบบท่อประปา และอุปกรณ์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ตรวจสอบความถูกต้องของอุปกรณ์เครื่องวัดต่างๆ

- การตรวจสอบสภาพที่แท้จริงของแต่ละพื้นที่ โดยการหาปริมาณหรืออัตราการรั่วไหลในระบบจ่ายน้ำและวัดแรงดันน้ำรอบพื้นที่

- ศึกษาเทคนิควิธีการและเทคโนโลยีที่ทันสมัย เพื่อนำมาปรับปรุงการดำเนินงานลดน้ำสูญเสียให้เป็นไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่น ศึกษาวิธีการและเทคนิคในการตรวจหาท่อรั่วใต้ดิน วิธีการซ่อมท่อ และขั้นตอนเพื่อการปรับปรุงท่อ ฯลฯ เป็นต้น

(2) มาตรการแก้ไข (Symptomatic Measures) ได้แก่

- การสำรวจหาท่อรั่ว ทั้งบนดินและใต้ดิน โดยใช้เครื่องมือสำรวจหาท่อรั่วและบุคลากรที่มีประสิทธิภาพ

- ซ่อมท่อและอุปกรณ์ท่อที่ชำรุดแตกรั่ว

(3) มาตรการปรับปรุงป้องกัน (Preventive Measures) ได้แก่

- ปรับปรุง/เปลี่ยนระบบท่อที่ชำรุดหมดสภาพการใช้งานออกจากระบบ

- ปรับปรุงระบบแผนที่ และจัดทำระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (GIS) เพื่อให้สามารถวางแผนและดำเนินงานลดน้ำสูญเสียได้อย่างมีประสิทธิภาพ

- ควบคุมการสูบจ่ายน้ำให้สอดคล้องกับความต้องการใช้น้ำที่แท้จริงในแต่ละช่วงเวลา

- จัดทำแบบจำลองระบบโครงข่ายระบบท่อประปา (Network Model) เพื่อให้สามารถวิเคราะห์ปริมาณ แรงดัน และทิศทางการไหลของระบบท่อประปาในขอบเขตพื้นที่ดำเนินงาน และนำไปใช้ในการวิเคราะห์เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการจ่ายน้ำในอนาคต

- ติดตั้งระบบเฝ้าระวังและตรวจสอบน้ำสูญเสียแบบพื้นที่ย่อย (District Metering Area : DMA) รวมทั้งประตูน้ำลดแรงดัน (Pressure Reducing Valve : PRV) ในจุดที่เหมาะสม

- ตรวจสอบมาตรผู้ใช้น้ำ

- ฝึกอบรมพนักงานให้มีความรู้ความเข้าใจในการลดน้ำสูญเสีย

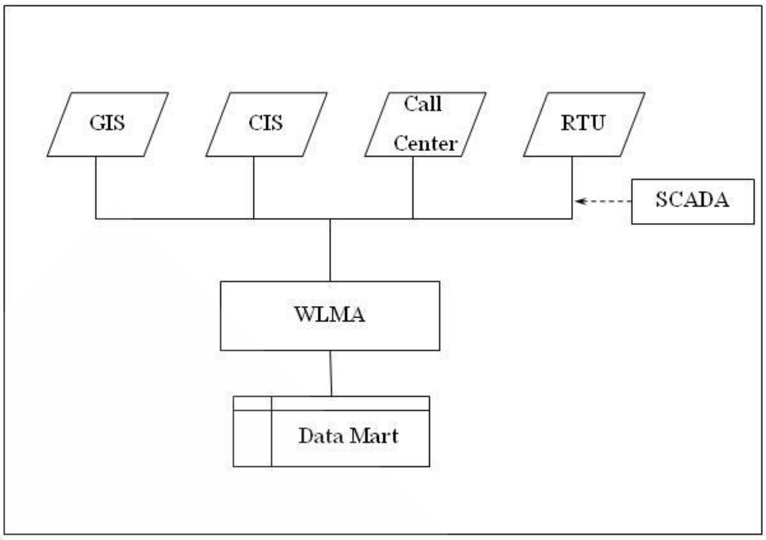
2.11. ระบบบริหารจัดการน้ำสูญเสีย **(Water Leakage Management Application: WLMA)**

การประปานครหลวง (2551) ได้ใช้ระบบบริหารจัดการน้ำสูญเสียเป็นระบบที่พัฒนาตามกระบวนงานและมาตรฐาน International Water Association (IWA) เพื่อพัฒนาศักยภาพของระบบควบคุมการสูบจ่ายน้ำ ระบบบริหารการจ่ายน้ำและระบบควบคุมน้ำสูญเสีย ให้มีขีดความสามารถสูงขึ้น และเพื่อเป็นกรอบในการนำเทคโนโลยีสารสนเทศมาช่วยในการพัฒนากระบวนการทำงานอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้มีระบบที่สามารถควบคุมการสูบจ่ายน้ำ ได้อย่างสอดคล้องกับพฤติกรรมการใช้น้ำของแต่ละพื้นที่บริการ และมีระบบเฝ้าระวังตรวจสอบน้ำสูญเสียที่มีประสิทธิภาพและทันสมัย มีศักยภาพในการบริหารกิจกรรมลดน้ำสูญเสียของ กปน. อีกทั้งเพื่อให้

สามารถบริหารจัดการข้อมูลที่มีอยู่อย่างมีประสิทธิภาพ และให้หน่วยงานต่าง ๆ ของ กปน.สามารถใช้ข้อมูลร่วมกันได้อย่างมีประสิทธิผล

ภาพที่ 2.14 Modules ของระบบ WLMA

หลักการมาตรฐานการบริหารจัดการน้ำสูญเสียของการประปานครหลวง การประปานครหลวง ได้มีแนวคิดในการจัดการกระบวนงานในการบริหารจัดการน้ำสูญเสียโดยนำเอาหลักการมาตรฐานตลอดจนแนวปฏิบัติของประเทศชั้นนำที่สามารถปรับปรุงกระบวนงานการบริหารจัดการน้ำสูญเสียได้เป็นผลสำเร็จ ซึ่งการกำหนดมาตรฐาน การจัดสร้างหลักการและแนวคิดด้านการบริหารจัดการน้ำสูญเสียนั้นจะใช้หลักการของ International Water Association (IWA) โดยหัวข้อที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาครั้งนี้ คือ การกำหนดองค์ประกอบของความสมดุลของน้ำ (Water Balance) พื้นที่เฝ้าระวังน้ำสูญเสีย (District Meter Area) การบริหารจัดการแรงดันน้ำ (Pressure Management) โดยใช้หลักการและแนวคิดของ IWA ที่นำมาประยุกต์ใช้



ภาพที่ 2.15 แผนภาพแสดงความเชื่อมโยงการทำงานระบบบริหารจัดการน้ำสูญเสีย (WLMA)

2.12 องค์ประกอบของสมดุลน้ำ (Water Balance)

การวิเคราะห์องค์ประกอบของสมดุลน้ำของการประปานครหลวงเป็นการจำแนกปริมาณน้ำประปาที่ส่งเข้าสู่ระบบทั้งหมด เพื่อวิเคราะห์ปริมาณน้ำที่สูญหายไปโดยไม่ก่อให้เกิดประโยชน์ หรือรายได้ ผลการวิเคราะห์จะนำไปสู่การวางแผนในการดำเนินงานลดน้ำสูญเสียต่อไป จัดสร้างขึ้นเพื่อตรวจสอบปริมาณน้ำสูญเสีย โดยใช้ปริมาณน้ำผลิต น้ำขาย น้ำจ่าย และปริมาณการใช้น้ำของผู้ใช้น้ำเป็นข้อมูลหลักในการประเมินการคำนวณปริมาณน้ำสูญเสียโดยใช้หลักการของ Water Balance เพื่อเป็นแนวทางให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถตรวจสอบได้ว่าน้ำสูญเสียที่เกิดขึ้นในระบบนั้นเป็นน้ำสูญเสียประเภทใดโดยเฉพาะอย่างยิ่งในส่วนของน้ำสูญเสียที่เกิดจากการบริหารจัดการและน้ำสูญเสียที่เกิดขึ้นทางเทคนิคซึ่งเป็นน้ำสูญเสียในส่วนที่จะต้องทำให้ลดลง องค์ประกอบของสมดุลน้ำดังแสดงในรูปที่ 2.16 สามารถสรุปหลักการโดยสังเขปได้ดังนี้

- ปริมาณน้ำเข้าสู่ระบบจะคำนวณจากปริมาณของน้ำที่สูบจ่ายเข้าระบบ

- ปริมาณน้ำจำหน่ายจะประกอบไปด้วยปริมาณน้ำที่สูบจ่ายให้กับผู้ใช้น้ำที่มีข้อมูลอยู่ในฐานข้อมูลของการประปานครหลวงทั้งที่สามารถจัดเก็บเป็นรายได้และงานบริการสาธารณะประโยชน์

- ปริมาณน้ำที่ไม่ก่อให้เกิดรายได้นั้นจะมีค่าเท่ากับผลต่างระหว่างปริมาณน้ำที่สูบจ่ายเข้าระบบและปริมาณน้ำที่สามารถจัดเก็บเป็นรายได้ได้ ซึ่งปริมาณน้ำที่ไม่ก่อให้เกิดรายได้จะประกอบไปด้วย

(1) ปริมาณน้ำที่ไม่สามารถจัดเก็บเป็นรายได้

(2) ปริมาณน้ำสูญเสีย

- ปริมาณน้ำสูญเสียจะมีค่าเท่ากับผลต่างระหว่างปริมาณน้ำสูบจ่ายเข้าสู่ระบบและปริมาณน้ำจำหน่ายโดยที่ปริมาณน้ำสูญเสียจะประกอบไปด้วย

(1) ปริมาณน้ำสูญเสียที่เกิดจากการบริหารจัดการ

(2) ปริมาณน้ำสูญเสียทางเทคนิค

การแบ่งประเภทน้ำประปาที่เข้าสู่ระบบเพื่อนำไปวิเคราะห์ผังองค์ประกอบสมดุลน้ำข้างต้นจะนำเข้าไปวิเคราะห์ข้อมูลในระดับพื้นที่เฝ้าระวังย่อยโดยระบบบริหารจัดการน้ำสูญเสีย (WLMA) เพื่อให้ทราบค่าปริมาณน้ำสูญเสียทางด้านเทคนิคของแต่ละพื้นที่ภายในสำนักงานประปาสาขา และนำไปประกอบการวางแผนการดำเนินงานลดน้ำสูญเสียในพื้นที่นั้นๆ ต่อไป

ปริมาณน้ำเข้าสู่ระบบ System input volume	ปริมาณน้ำจำหน่าย Authorised consumption	ปริมาณน้ำที่มีรายได้ Billed authorised consumption	ปริมาณน้ำขายจากการออกบิลค่าน้ำ Billed metered consumption (including water exported)	ปริมาณน้ำขาย Revenue water
			ปริมาณน้ำขายโดยวิธีอื่น Billed unmetered consumption	
		ปริมาณน้ำที่ไม่มีรายได้ Unbilled authorised consumption	ปริมาณน้ำที่ใช้ในกิจกรรมต่าง ๆ Unbilled metered consumption	ปริมาณน้ำที่ไม่ก่อให้เกิดรายได้ Non-revenue water
			ปริมาณน้ำใช้ที่ไม่ได้เรียกเก็บและที่ไม่ได้ผ่านมาตร Unbilled unmetered consumption	
	ปริมาณน้ำสูญเสีย Water losses	ปริมาณน้ำสูญเสียจากการบริหาร-จัดการ Apparent losses	ปริมาณน้ำจากการลักใช้น้ำ Unauthorized consumption	
			ปริมาณน้ำจากมาตรวัดน้ำที่ไม่เที่ยงตรง Metering inaccuracies	
		ปริมาณน้ำสูญเสียทางเทคนิค Real losses	ปริมาณน้ำสูญเสียจริงจากท่อส่งน้ำดิบและที่โรงผลิตน้ำ (ถ้ามี) Real losses on raw water mains and at the treatment works (if applicable)	
			ปริมาณน้ำรั่วในระบบท่อส่งและท่อจ่ายน้ำ Leakage and transmission and/or distribution mains	
			ปริมาณน้ำรั่วในระบบท่อและน้ำล้นจากถังพักน้ำใส Leakage and overflows at transmission and/or distribution storange tanks	
			ปริมาณน้ำรั่วในระบบท่อบริการจนถึงมาตรผู้ใช้น้ำ Leakage on service connections up to the measurement point	

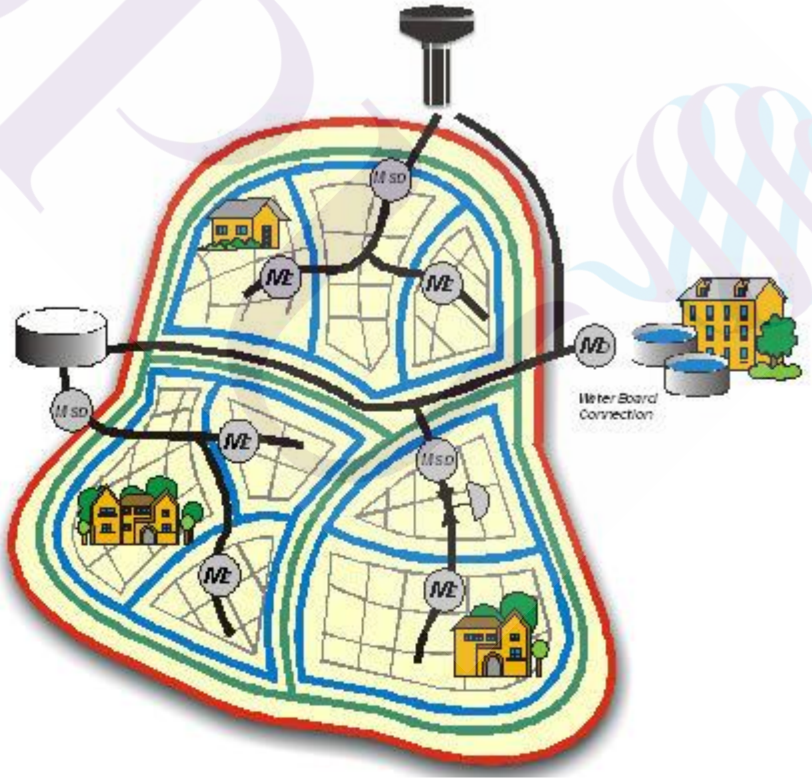
ภาพที่ 2.16 องค์ประกอบของสมดุลน้ำ

2.13 ระบบพื้นที่เฝ้าระวังน้ำสูญเสีย DMA (Districted Meter Area)

(ทำความรู้จักกับกับอุปกรณ์ DMA ,การประปานครหลวง,KM/LO ปี 2551)การประปานครหลวงมีพื้นที่ให้บริการขนาดใหญ่ ทำให้การบริหารจัดการและการบำรุงรักษาระบบท่อ

จ่ายน้ำ ทำได้ยากและไม่ทั่วถึง การแตกรั่วของท่อประปาเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลกระทบโดยตรงต่อปริมาณน้ำสูญเสียที่จะเกิดขึ้นในระบบ แต่เนื่องจากสำรวจหาท่อรั่ว การซ่อมท่อ และ การปรับปรุงระบบท่อประปา ต้องใช้เวลาและงบประมาณสูง ดังนั้นการตัดสินใจดำเนินกิจกรรมในแต่ละพื้นที่จึงต้องมีประสิทธิภาพสูงสุด เพื่อให้เกิดความคุ้มทุนมากที่สุด การประปานครหลวงจึงแบ่งพื้นที่การจ่ายน้ำให้เป็นพื้นที่ย่อยๆ เรียกว่า DMA (District Metering Area) เพื่อจัดลำดับความสำคัญในการดำเนินกิจกรรมดังกล่าว

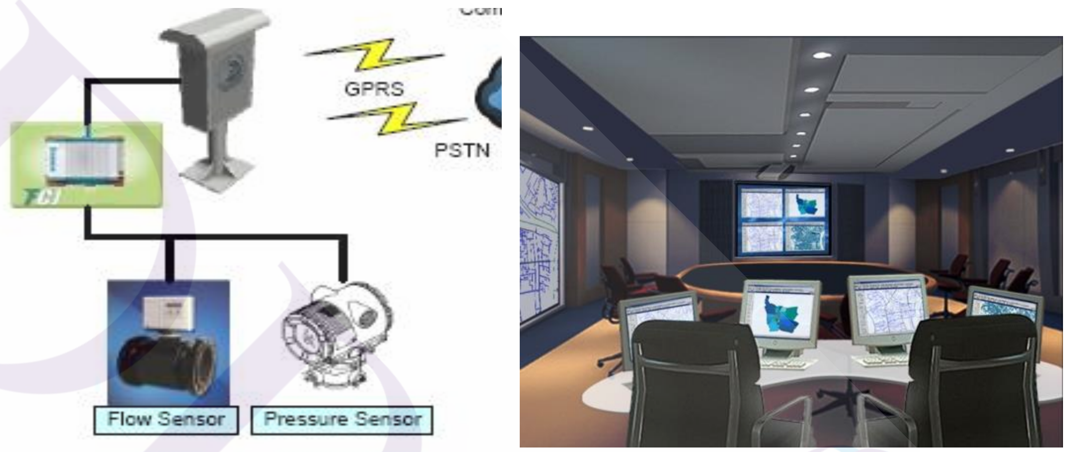
District Metering Area (DMA) คือ การกำหนดพื้นที่ย่อย ในระบบจ่ายน้ำให้เป็นอิสระต่อกัน เพื่อเฝ้าระวังการเกิดน้ำสูญเสีย โดยในแต่ละพื้นที่ย่อยติดตั้ง มาตรวัดน้ำ (Flow Meter) และอุปกรณ์วัดแรงดัน (Pressure Sensor) อย่างถาวร ทำให้สามารถเฉพาะเจาะจงตำแหน่งที่ทำให้เกิดน้ำสูญเสียจากการสำรวจหาท่อรั่วได้แม่นยำ ตรวจสอบน้ำสูญเสียในแต่ละพื้นที่ได้ถูกต้องและรวดเร็ว เพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารจัดการทรัพยากร และเป็นพื้นฐานในการควบคุมแรงดันน้ำให้เพียงพอในแต่ละพื้นที่ เมื่อเราทราบสภาพของแต่ละพื้นที่ เราจึงตัดสินใจเลือกพื้นที่ที่จะทำการปรับปรุงทั้งการปรับปรุงระบบท่อประปา และปรับปรุงแรงดันน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด



ภาพที่ 2.17 การแบ่งพื้นที่ DMA

2.13.1 องค์ประกอบของอุปกรณ์ DMA

ประกอบด้วย อุปกรณ์หลัก 3 ส่วน คือ มาตรวัดน้ำ (Flow Meter) อุปกรณ์วัดแรงดัน (Pressure Sensor) และ อุปกรณ์ตรวจวัดและควบคุมภาคสนาม (Remote Terminal Unit : RTU) ซึ่งสามารถบันทึกและส่งข้อมูล อัตราการไหล และ แรงดันน้ำ ในแต่ละช่วงเวลา ผ่านสายโทรศัพท์ (PSTN) หรือ สัญญาณมือถือ (GPRS) มายัง Control Center ในแต่ละสำนักงานประปาสาขา แสดงดังภาพ 2.18



ภาพที่ 2.18 อุปกรณ์และหลักการทำงานของตู้ RTU

2.13.2 รายละเอียดอุปกรณ์และเครื่องมือวัด

(1) มาตรวัดน้ำ (Flow Meter) ที่ การประปานครหลวงใช้งานมีด้วยกัน 2 แบบ คือ แบบ Electromagnetic และแบบใบพัด (Turbine) โดยมาตรวัดน้ำแบบ Electromagnetic เป็นเครื่องวัดอัตราการไหลน้ำโดยใช้หลักการเหนี่ยวนำสนามไฟฟ้า อาศัยตัว electrode ตรวจวัดสนามไฟฟ้าที่เกิดขึ้น เพื่อคำนวณอัตราไหลและค่าอื่น ที่เกี่ยวข้อง ส่วนมาตรวัดน้ำแบบใบพัด (Turbine) กับเครื่องบันทึกแบบอิเล็กทรอนิกส์ เป็นมาตรแบบ Woltman และแสดงผลแบบอิเล็กทรอนิกส์ มาตรวัดน้ำทั้งสองแบบ ประกอบด้วยชุดอุปกรณ์ sensor และชุดแสดงผล แสดงดังภาพ 2.19

ภาพที่ 2.19 Flow Meter แบบ Electromagnetic และ แบบใบพัด (Turbine)

(2) อุปกรณ์วัดแรงดันน้ำ (Pressure Sensor) อุปกรณ์วัดแรงดันน้ำเป็นแบบ electronic ใช้สำหรับวัดการเปลี่ยนแปลงของแรงดันน้ำ สามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ระบบตรวจวัดและควบคุมภาคสนาม (RTU)

ภาพที่ 2.20 Pressure Sensor และจุดวัดแรงดันน้ำบนเส้นท่อ

(3) อุปกรณ์ระบบตรวจวัดและควบคุมภาคสนาม (RTU) เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิคส์ในระบบเฝ้าระวังตรวจสอบน้ำสูญเสียสำหรับเชื่อมต่อกับอุปกรณ์วัดและควบคุมภาคสนาม เช่น มาตรวัดน้ำ และอุปกรณ์วัดแรงดันน้ำ โดยอุปกรณ์ระบบตรวจวัดฯ สามารถบันทึกข้อมูลภาคสนาม

และเหตุการณ์ผิดปกติที่เกิดขึ้นในพื้นที่เฝ้าระวังลงในหน่วยความจำ และส่งไฟล์ข้อมูลที่บันทึกไว้ไปยังระบบงานบริหารจัดการน้ำสูญเสีย ได้ทั้งแบบ Batch และแบบ Real Time

ภาพที่ 2.21 สภาพภายนอกตู้ RTU และท่อ PB เชื่อมต่อ Pressure Sensor เพื่อวัดแรงดันน้ำ

2.13.3. หลักการทำงานของอุปกรณ์

การทำงานโดยทั่วไปของอุปกรณ์ DMA มีลักษณะคล้ายกันตามภาพด้านบน ประกอบด้วย มาตรวัดน้ำ (Flow Meter) ทำหน้าที่เก็บข้อมูลอัตราการไหล ส่งผ่านตัวแปรสัญญาณ (Converter / Transmitter) ไปยังอุปกรณ์เก็บข้อมูล (Data Logger) ส่วนอุปกรณ์วัดแรงดัน (Pressure Sensor) ทำหน้าที่เก็บข้อมูลแรงดัน ส่งไปยังอุปกรณ์เก็บข้อมูล (Data Logger) หลังจากนั้น Control Center ในแต่ละสาขาจะเรียกใช้งานข้อมูลทั้งอัตราการไหลและแรงดัน ผ่านอุปกรณ์ส่งสัญญาณ (Modem) ผ่านสายโทรศัพท์ (PSTN) หรือ สัญญาณมือถือ (GPRS) เพื่อใช้ในการประมวลผลและวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป

2.14 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ภาสกร เจริญองอาจ (2548) ศึกษาเกี่ยวกับการวางแผนปรับปรุงระบบท่อประปาอย่างเหมาะสมด้วย Differential Evolution (DE)ในการวางแผนปรับปรุงระบบท่อประปาในแต่ละปี

จำเป็นต้องตรวจสอบและตัดสินใจอย่างเป็นระบบ ผู้วางแผนต้องใช้การวิเคราะห์พิจารณาอย่างละเอียดรอบคอบ เพื่อจัดลำดับความสำคัญโดยคัดสรรเส้นท่อที่มีความจำเป็นต้องปรับปรุงก่อน อีกทั้งค่าใช้จ่ายทั้งหมดต้องสอดคล้องกับงบประมาณที่ได้รับ หากขาดกระบวนการช่วยตัดสินใจที่เหมาะสม เป็นไปได้ที่บางเส้นท่อซึ่งมีความจำเป็นต้องปรับปรุงก่อน อาจถูกละเลย เนื่องจากความสลับซับซ้อนของโครงข่ายระบบท่อขนาดใหญ่ การศึกษานี้ได้นำเสนอกระบวนการวางแผนเพื่อปรับปรุงระบบท่อประปาอย่างเหมาะสมโดยนำกระบวนการหาค่าเหมาะสมด้วยวิธี Differential Evolution (DE) มาพัฒนาเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อจัดลำดับความสำคัญของท่อที่ต้องปรับปรุง พัฒนาโดยภาษา Delphi 7.0 ทำงานร่วมกับแบบจำลองโครงข่ายระบบท่อ EPANET ผ่านการเชื่อมโยงเข้ากับ EPANET toolkit จากผลการศึกษาเมื่อนำไปใช้วางแผนปรับปรุงระบบท่อประปาของโครงข่ายระบบท่อประปาจังหวัดนครสวรรค์ และโครงข่ายระบบท่อประปาบริเวณหมู่บ้านวังทองเฮาส์ เขตบึงกุ่ม ของการประปานครหลวง ภายใต้ข้อจำกัดด้านงบประมาณ และพิจารณาอายุการใช้งาน และข้อจำกัดทางชลศาสตร์ของเส้นท่อ โปรแกรมซึ่งพัฒนาขึ้นสามารถคัดเลือกเส้นท่อมาทำการปรับปรุงได้อย่างเหมาะสม โดยมีค่าใช้จ่ายใกล้เคียงกับงบประมาณที่ตั้งไว้ ผู้วางแผนสามารถนำผลของการเลือกเส้นท่อที่ได้ดังกล่าว ไปใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงระบบท่อประปาด้วยความเหมาะสม และใช้งบประมาณได้อย่างเกิดประโยชน์สูงสุด

สุกิจ มูสิกพันธ์ (2549) ศึกษาเกี่ยวกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์สำหรับงานบำรุงรักษาระบบท่อประปา โดยได้ศึกษาและทดลองดำเนินการในพื้นที่สำนักงานประปาสาขานนทบุรี ซึ่งเป็นการศึกษาวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการแตกรั่วของท่อจ่ายน้ำประปา ปัจจัยที่มีผลต่อการบริหารจัดการน้ำสูญเสีย เพื่อใช้ผลการวิเคราะห์กำหนดเป็นเกณฑ์ในการพิจารณาจัดทำและนำเสนอแผนงานบำรุงรักษาระบบท่อประปาในพื้นที่ศึกษา ผลการศึกษาพบว่าปัจจัยที่มีผลต่อการแตกรั่วของท่อจ่ายน้ำประปา ประกอบด้วย แรงดันน้ำ การเคลื่อนตัวและทรุดตัวของดิน การกัดกร่อน สภาพจราจร อายุการใช้งานของท่อ และพฤติกรรมของผู้ปฏิบัติงาน ปัจจัยที่มีผลต่อการบริหารจัดการน้ำสูญเสีย แบ่งออกเป็น 4 ส่วน ได้แก่ การบริหารจัดการแรงดันน้ำ ความรวดเร็วและคุณภาพในการซ่อมท่อ การสำรวจหาท่อรั่ว และการบริหารจัดการระบบท่อ ผลการวิเคราะห์ปัจจัยทั้ง 4 โดยใช้ GIS ทำให้ได้รูปแบบในการนำเสนอแผนงานบำรุงรักษาระบบท่อประปา 3 แผนงานตามความจำเป็นเร่งด่วนและระยะเวลาในการแก้ปัญหา ได้แก่ แผนเร่งด่วน คือการจัดทำแผนงานสำรวจหาท่อรั่ว ระยะกลาง คือ แผนงานปรับปรุงท่อจากสถิติการแตกระเบิดของท่อจ่ายน้ำ ระยะยาว คือ แผนการเปลี่ยนท่อจากการวิเคราะห์ความเสี่ยงของท่อจ่ายน้ำ จากการประยุกต์ใช้ GIS ในการศึกษาครั้งนี้จะได้แผนงานที่ลดปัญหาในเรื่องการซ้ำซ้อนของงาน รวมทั้งบริหารจัดการ

งบประมาณได้อย่างมีประสิทธิภาพ อันนำไปสู่การปรับปรุงและแก้ไขในการดำเนินงานบำรุงรักษาระบบท่อจ่ายน้ำประปาของการประปานครหลวงต่อไป

วันชัย (2542) ได้ศึกษาการใช้เทคนิค AHP ในการตัดสินใจเลือกสร้างต้นแบบชิ้นส่วนรถยนต์จากเครื่อง CNC และ RP โดยวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้จึงเป็นการนำเสนอโปรแกรมช่วยในการตัดสินใจสร้างต้นแบบชิ้นส่วนรถยนต์ระหว่างเครื่อง CNC และ RP โดยใช้หลักการของAnalytic Hierarchy Process (AHP) ซึ่งเป็นวิธีที่ช่วยในการตัดสินใจที่มีประสิทธิภาพ โดยแบ่งองค์ประกอบของปัญหาออกเป็นส่วน ๆ ในรูปของแผนภูมิตามลำดับชั้น จากนั้นกำหนดค่าของการวินิจฉัยเปรียบเทียบปัจจัยต่าง ๆ และนำค่าเหล่านั้นมาคำนวณเพื่อดูว่าปัจจัยและทางเลือกอะไรมีค่าลำดับความสำคัญสูงที่สุด เพื่อเป็นแนวทางในการตัดสินใจเลือกใช้เครื่องจักรที่เหมาะสมสำหรับการสร้างชิ้นงานต้นแบบ ปัจจัยที่ทำการศึกษาในงานวิจัยนี้ ได้แก่ คุณภาพความเรียบผิวของชิ้นงาน เวลาในการผลิตเริ่มจากการออกแบบชิ้นงาน การติดตั้งเครื่องจักรจนถึงการสร้างชิ้นงาน ต้นทุนในการผลิตชิ้นงาน และความยากง่ายของชิ้นงานที่นำมาสร้าง จากผลการทดลองพบว่าโปรแกรม Expert Choices บน AHP สามารถคำนวณเพื่อหาค่าการตัดสินใจในการสร้างชิ้นงานจากเครื่อง CNC= 0.678 และจากเครื่อง RP = 0.322 แสดงว่าการทดลองนี้เลือกเครื่อง CNC ในการผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ โดยอ้างอิงจากปัจจัยคุณภาพของพื้นผิวเป็นอันดับแรก กรณีที่กำหนดน้ำหนักของปัจจัยเป็น เวลา ต้นทุนการผลิต หรือความยากง่ายของแบบเป็นอันดับแรกก็สามารถทำได้ โดยเรียงลำดับความสำคัญใหม่บน AHP ดังนั้นผู้ใช้สามารถเลือกกำหนดความต้องการเองได้ตามความเหมาะสม

ขวัญพัฒน์ และคณะ (2542) ได้ศึกษาการสร้างตัวแบบช่วยตัดสินใจในการออกแบบผลิตภัณฑ์ไฟฟ้า และอิเลคทรอนิคส์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอวิธีการและตัวแบบสำหรับประเมินความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์โทรทัศน์ วิธีการวิจัยเริ่มจากการศึกษาค้นคว้าข้อมูลกฎระเบียบข้อบังคับต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ แล้วทำการวิเคราะห์ผลกระทบที่มีต่อผู้ประกอบการ เพื่อเน้นให้เห็นถึงความสำคัญของงานวิจัยนี้ จากนั้นสร้างเกณฑ์การประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ โดยอาศัยการศึกษาบทความและตำราทางวิชาการรวมทั้งประสบการณ์จากผู้ผลิต เกณฑ์ที่สร้างขึ้นจะมีการจัดแบ่งตามวัฏจักรชีวิต (life cycle) ของผลิตภัณฑ์เพื่อให้ง่ายต่อการประเมินและสอดคล้องกับวิธีส่วนใหญ่ที่ใช้ในการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเกณฑ์ดังกล่าวจะถูกนำมาหาระดับความสำคัญ โดยการออกแบบสำรวจความคิดเห็นของผู้ผลิต แล้ววิเคราะห์โดยใช้กระบวนการ Analytical Hierarchy Process (AHP) จากนั้นนำผลลัพธ์ที่ได้ไปสร้างเป็นตัวแบบเพื่อช่วยตัดสินใจในการออกแบบผลิตภัณฑ์ไฟฟ้า และอิเลคทรอนิคส์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ตัวแบบที่สร้างขึ้นจะ

ผ่านการนำไปทดลองประเมินกับผลิตภัณฑ์จริงเพื่อหาแนวทางในการปรับปรุงการออกแบบผลิตภัณฑ์ให้เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากยิ่งขึ้นผลที่ได้จากงานวิจัยพบว่า ผู้ผลิตให้ความสำคัญกับเกณฑ์ในการออกแบบเพื่อสิ่งแวดล้อมในแต่ละช่วงวัฏจักรชีวิตแตกต่างกัน โดยพบว่าผู้ผลิตให้ความสำคัญกับเกณฑ์ในการออกแบบผลิตภัณฑ์ในช่วงการกำจัดทิ้งสูงสุด คิดเป็นร้อยละ 29.1 รองลงมาได้แก่ ช่วงการจัดหาวัตถุดิบ คิดเป็นร้อยละ 26.9 ช่วงการผลิต คิดเป็นร้อยละ 19.6 ช่วงการใช้งานคิดเป็นร้อยละ14.7 และช่วงการกระจายสินค้าและการขนส่ง คิดเป็นร้อยละ 9.6 ตามลำดับ สำหรับตัวแบบเพื่อช่วยตัดสินใจที่ได้จากการวิจัยนี้ได้นำไปทดลองใช้กับผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง และได้ผลลัพธ์มีลักษณะเป็นผลรวมของคะแนนความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมของแต่ละเกณฑ์ย่อยของช่วงวัฏจักรชีวิตต่างๆ โดยคิดเป็นร้อยละ

บทที่ 3
ระเบียบวิธีวิจัย

3.1 แหล่งข้อมูล

ในการศึกษางานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ข้อมูลทั้งจากแหล่งทุติยภูมิ อันได้แก่ข้อมูลที่นำมาเป็นแนวทางการสร้างปัจจัยและแบบสอบถาม และข้อมูลปฐมภูมิ อันได้แก่ข้อมูลที่ได้จากการรวบรวมแบบสอบถามจากผู้เชี่ยวชาญเพื่อนำมาวิเคราะห์ ด้วยวิธี AHP,โปรแกรม Expert Choice วิธีการตัดสินใจเลือกแบบหลายหลักเกณฑ์(TOPSIS) เพื่อหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุดในการจัดลำดับความสำคัญเพื่อคัดเลือกเส้นทางในการปรับปรุงเส้นท่อประปา

3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

3.2.1 เครื่องคอมพิวเตอร์

3.2.2 แบบสอบถาม

3.3 โปรแกรมและวิธีการที่ใช้ในการวิจัย

3.3.1 วิธีกระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับขั้น (Analytic Hierarchy Process : AHP)

3.3.2 โปรแกรม Expert Choice

3.3.3 วิธีการตัดสินใจเลือกแบบหลายหลักเกณฑ์ (TOPSIS)

3.3.4 โปรแกรมระบบเฝ้าระวังน้ำสูญเสีย Water Leakage Management System (WLMA)

3.3.5 โปรแกรมระบบฐานข้อมูลผู้ใช้น้ำการประปานครหลวง (Customer Information System ,CIS)

3.3.6 ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อการสืบค้นและปรับปรุงข้อมูล (GIS Web Application)

3.3.7 โปรแกรม Microsoft Excel

3.4 วิธีดำเนินงานวิจัย

3.4.1 ศึกษาทฤษฎีและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการปรับปรุงท่อประปาและวิธีกระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับขั้น (Analytic Hierarchy Process: AHP)

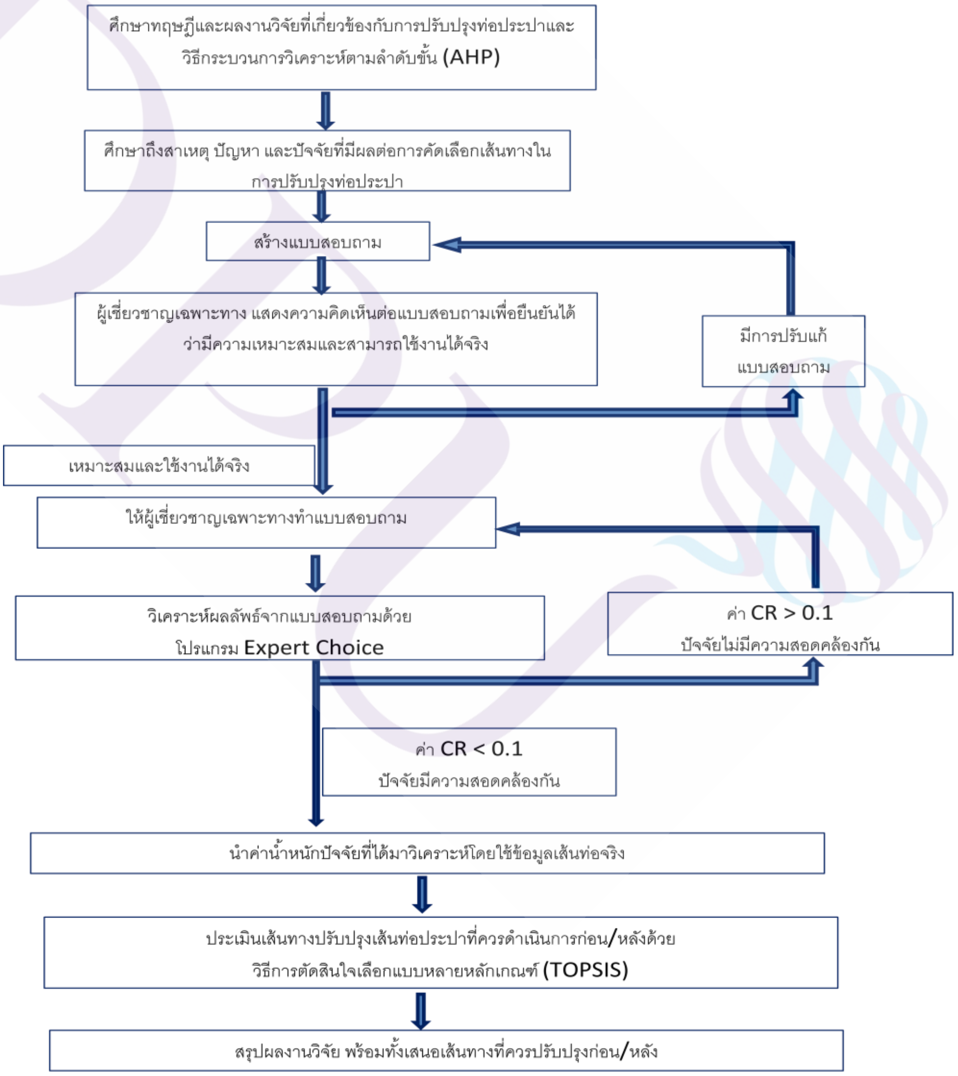
3.4.2 ศึกษาถึงสาเหตุปัญหา และปัจจัยที่มีผลต่อการคัดเลือกเส้นทางปรับปรุงท่อประปา

3.4.3 สร้างแบบสอบถาม รวมถึงการให้ผู้เชี่ยวชาญเฉพาะทาง แสดงความคิดเห็นต่อแบบสอบถามเพื่อยืนยันได้ว่ามีความเหมาะสมและสามารถใช้งานได้จริง

3.4.4 แจกแบบสอบถามให้ผู้เชี่ยวชาญเฉพาะทาง และรวบรวมข้อมูลแบบสอบถาม

3.4.5 นำข้อมูลที่รวบรวมได้จากแบบสอบถามมาวิเคราะห์ด้วยวิธีการ AHP และโปรแกรม Expert Choice

3.4.6 นำค่าน้ำหนักที่ได้มาวิเคราะห์ด้วยวิธีการตัดสินใจเลือกแบบหลายหลักเกณฑ์ (TOPSIS) พร้อมทั้งสรุปผลการวิจัย โดยสามารถสรุปขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยเป็นแผนภาพ Flow Chart แสดงดังภาพ3.1



ภาพที่ 3.1 Flow Chart แสดง ขั้นตอนการวิจัย

3.5 ปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลเกี่ยวข้องกับการคัดเลือกปรับปรุงเส้นท่อประปา

จากการสอบถามจากผู้เชี่ยวชาญเฉพาะทางด้านลดน้ำสูญเสียของสำนักงานประปาสาขาประชาชื่น จำนวน 5 คน อันประกอบด้วย

(1) ผู้อำนวยการกองบำรุงรักษา สำนักงานประปาสาขาประชาชื่น

(2) หัวหน้าส่วนปฏิบัติการลดน้ำสูญเสีย กองบำรุงรักษา สำนักงานประปาสาขาประชาชื่น

(3) หัวหน้าส่วนซ่อมบำรุงระบบท่อและโยธา กองบำรุงรักษา สำนักงานประปาสาขาประชาชื่น

(4) หัวหน้าส่วนสำรวจและออกแบบกองบำรุงรักษา สำนักงานประปาสาขาประชาชื่น

(5) หัวหน้าส่วนก่อสร้าง กองบำรุงรักษา สำนักงานประปาสาขาประชาชื่น

ได้ผลสรุปว่า ปัจจัยที่มีผลเกี่ยวข้องกับการคัดเลือกปรับปรุงเส้นท่อประปามี 6 ปัจจัย คือ

3.5.1 ปัจจัยเรื่องราคาที่ใช้ในการปรับปรุงเส้นท่อ

ปัจจุบัน งบการปรับปรุงเส้นท่อนั้น มีจำนวนจำกัดในแต่ละปีงบประมาณ ดังนั้น ปัจจัยที่ นำมาพิจารณาคัดเลือกเส้นทางในการปรับปรุงเส้นท่อ ควรจะมีเรื่องราคาเข้ามาเกี่ยวข้อง เนื่องจาก บางเส้นทางใช้งบประมาณในการปรับปรุงเส้นท่อจำนวนหนึ่ง ซึ่งในขณะเดียวกันนั้น งบประมาณจำนวนดังกล่าวอาจจะนำไปปรับปรุงเส้นทางอื่น ๆ ได้มากกว่า 1 เส้นทาง

3.5.2 ปัจจัยเรื่องชนิดของท่อ

ชนิดของท่อนั้น นับเป็นปัจจัยสำคัญปัจจัยหนึ่งที่มีส่วนเกี่ยวข้องทางด้านลดน้ำสูญเสีย เนื่องจากในสมัยก่อนการประปานครหลวงนั้นจะมีการวางท่อชนิด AC หรือท่อปูนซึ่งหาได้ง่ายและมีราคาถูกกว่าท่อ PVC แต่ข้อเสียก็คือเวลาเกิดการแตกรั่วหรือระเบิดนั้น ท่อ AC จะมีผลกระทบค่อนข้างมากเนื่องจากเป็นท่อปูน เวลาระเบิดจะเกิดแผลจากการระเบิดค่อนข้างใหญ่ ทำให้น้ำสูญเสียค่อนข้างมากและบางครั้งน้ำที่เกิดจากท่อระเบิดนั้นอาจจะไหลเข้าไปท่วมในบ้านของผู้ใช้น้ำ ทำให้เกิดความเสียหาย ส่งผลต่อภาพลักษณ์ขององค์กรและยังทำให้เกิดค่าใช้จ่ายที่ต้องจ่ายเพื่อชดใช้ความเสียหายต่าง ๆ ให้แก่ผู้ใช้น้ำ ซึ่งในปัจจุบัน การประปานครหลวงนั้น มีนโยบายให้เปลี่ยนท่อเป็นชนิด PVC ในท่อที่จะวางใหม่ และงดใช้ท่อชนิด AC แต่ก็ยังมีเส้นท่อบางเส้นนั้น ยังไม่ได้ปรับปรุง และเป็นท่อชนิด AC อยู่

3.5.3 ปัจจัยเรื่องอายุของท่อ

ยิ่งอายุของท่อมากขึ้นก็ยิ่งทำให้ประสิทธิภาพในการใช้งานของท่อลดลงตามอายุ มีการผุกร่อนเกิดขึ้นซึ่งโดยปกติ อายุการใช้งานของท่อนั้นจะอยู่ประมาณ 30-40 ปี แต่บางกรณีอาจจะ

มีอายุการใช้งานของท่อสั้นกว่านั้น ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ เช่น ชนิดและขนาดของท่อ รวมถึงสภาพแวดล้อมและที่ตั้งของท่อ เช่น อยู่ใต้ดินหรือตากแดด เป็นต้น ซึ่งโดยส่วนมาก ท่อจ่ายของการประปานครหลวง จะมีอายุเฉลี่ยต่อการใช้งานอยู่ที่ 25-30 ปี

3.5.4 ปัจจัยเรื่องปริมาณน้ำสูญเสียในเส้นท่อต่อความยาวท่อ 1 กิโลเมตร

ปริมาณน้ำสูญเสียในเส้นท่อนั้น คือปริมาณการไหลของน้ำที่หายไปในท่อเส้นนั้น ๆ ในหนึ่งช่วงเวลา มีหน่วยเป็น ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ซึ่ง ส่วนปฏิบัติการลดน้ำสูญเสีย มีวิธีการหาค่าอัตราการไหลในเส้นท่อด้วยวิธีการทำ Step Test คือ การปิดประตูน้ำในเวลาที่ไม่มีการใช้น้ำ เพื่อแบ่งท่อเป็นช่วง ๆ แล้วสังเกตค่าอัตราการไหลที่ Flow Meter อ่านได้ในช่วงเส้นท่อ เส้นนั้น ๆ ผ่านระบบ WLMA

3.5.5 ปัจจัยเรื่องจำนวนจุดรั่วที่เกิดในเส้นท่อต่อความยาวท่อ 1 กิโลเมตร

จำนวนจุดรั่วที่เกิดซ้ำ ๆ ในเส้นท่อเส้นเดิม ๆ นั้น ส่วนซ่อมบำรุงระบบท่อและโยธาจะมีการเก็บข้อมูลจำนวนจุดรั่วที่เกิดขึ้นย้อนหลัง 2 ปี ไว้ในระบบ GIS และ WLMA ซึ่งเส้นท่อบางเส้นอาจจะมีจำนวนจุดรั่วซ้ำ ๆ เกิดขึ้นในเส้นท่อเส้นเดิมบ่อยครั้ง ดังนั้น การปรับปรุงเปลี่ยนเส้นท่อเส้นนั้นทั้งเส้น อาจจะประหยัดค่าใช้จ่าย เวลา และ แรงงานในการซ่อม ได้มากกว่า

3.5.6 ปัจจัยเรื่องความลึกหลังท่อ

ปัจจุบัน พื้นที่ต่าง ๆ อาจมีการถมถนน ทางเท้า พื้นดินให้สูงขึ้น เพื่อป้องกันปัญหาน้ำท่วมหรือมีการก่อสร้างทำถนนใหม่ เมื่อครบอายุการใช้งานของถนนเส้นนั้น ๆ ทำให้ท่อประปาที่อยู่ในพื้นที่นั้น ๆ อยู่ลึกลงไปในพื้นมากขึ้น ทำให้ยากแก่การซ่อมแซมท่อแตกรั่ว และ ทำให้ยากแก่การสำรวจหาจุดรั่ว เนื่องจากการสำรวจหาจุดรั่วปัจจุบันนั้น ใช้อุปกรณ์ในการฟังเสียงน้ำที่แตกรั่วจากท่อ รวมถึงสังเกตจากน้ำที่ลงท่อระบายหรือเอ่อล้นขึ้นมาบนถนน เพราะฉะนั้นท่อยิ่งอยู่ลึกจะยิ่งยากแก่การฟังเสียงท่อแตกรั่วรวมถึงยากที่น้ำจะเอ่อล้นขึ้นมาบนพื้นดินหรือลงท่อระบาย

3.6 ข้อมูลเส้นทางต่าง ๆ ที่จะนำมาวิเคราะห์

เส้นทางต่าง ๆ ที่จะนำมาวิเคราะห์ด้วย AHP และ TOPSIS เพื่อจัดลำดับความสำคัญในที่นี้ ผู้ศึกษาได้ขอตัวอย่างเส้นทางต่าง ๆ ที่น่าจะมีการปรับปรุงเส้นท่อ เพื่อที่จะนำมาวิเคราะห์จาก ผู้เชี่ยวชาญ 4 คนได้แก่

(1) หัวหน้าส่วนปฏิบัติการลดน้ำสูญเสีย กองบำรุงรักษา สำนักงานประปาสาขาประชาชื่น

(2)หัวหน้าส่วนซ่อมบำรุงระบบท่อและโยธา กองบำรุงรักษา สำนักงานประปาสาขาประชาชื่น

(3) หัวหน้าส่วนสำรวจและออกแบบกองบำรุงรักษา สำนักงานประปาสาขาประชาชื่น

(4) หัวหน้าส่วนก่อสร้าง กองบำรุงรักษา สำนักงานประปาสาขาประชาชื่นโดยให้ทำการเลือกเส้นทางมา คนละ 2 เส้นทาง รวมทั้งสิ้นเป็น 8 เส้นทาง ประกอบด้วย

เส้นทาง A ริมถนนประชาชื่น ตั้งแต่สี่แยกเตาปูน ถึง ปากซอยประชาชื่น 19

- เป็นท่อชนิด AC
- มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 300 มิลลิเมตร
- มีอายุ 36 ปี
- มีความยาวท่อ 1,526.52 เมตร
- ความลึกหลังท่อ 1.7 เมตร
- อัตราน้ำสูญเสียในเส้นท่อ 33.41 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง
- จำนวนจุดรั่วสะสมที่เคยเกิดในเส้นท่อ 45.86 จุดต่อกิโลเมตร
- ราคาค่าจ้างเหมาในการวางท่อ และซ่อมคืนผิว 1,866,933.96 บาท

ภาพที่ 3.2 แนวท่อของเส้นทาง A ริมถนนประชาชื่น

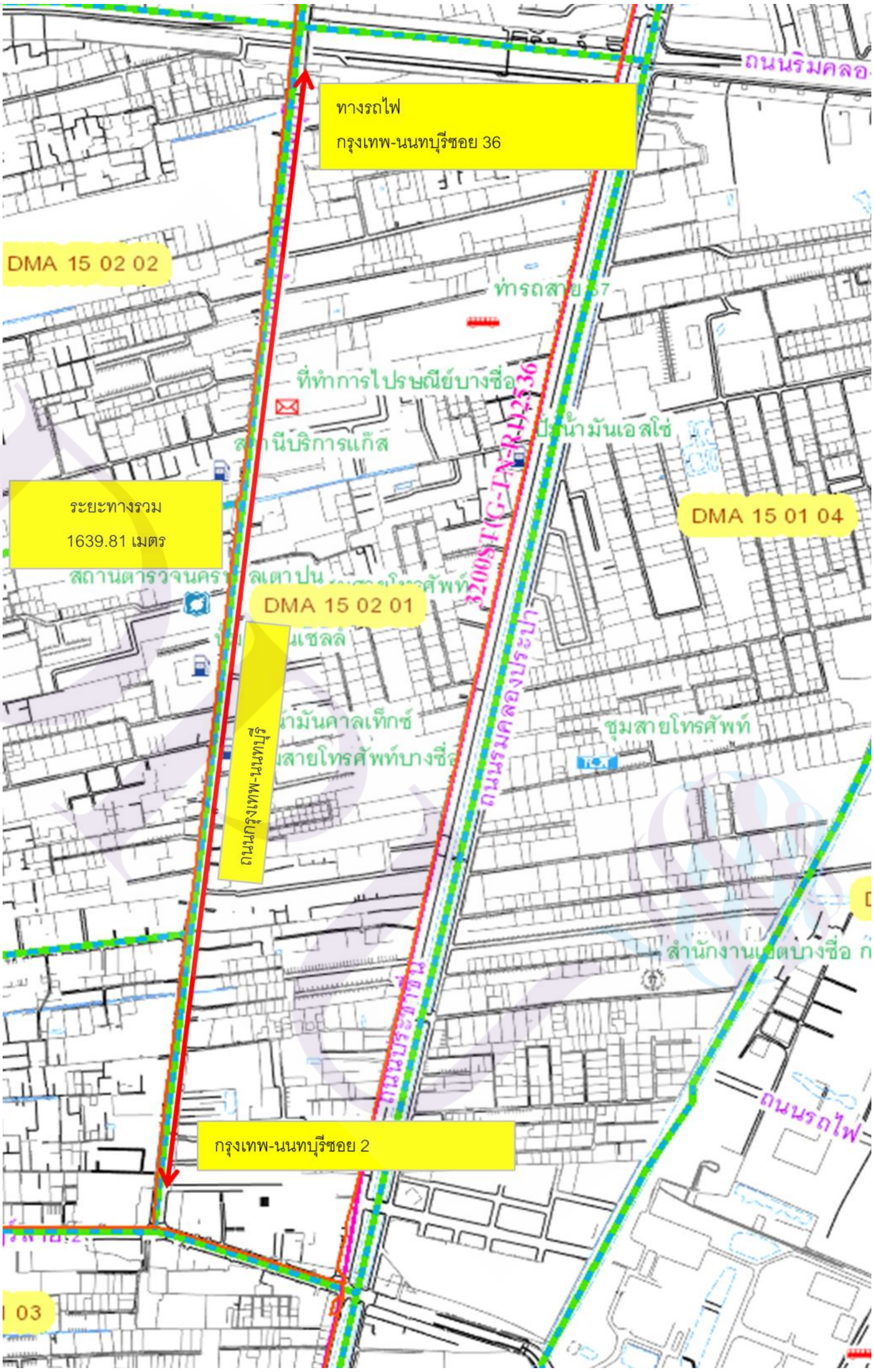
ภาพที่ 3.3 แผนที่แสดงเส้นทาง A ริมถนนประชาชื่น

เส้นทาง B ริมถนนกรุงเทพ-นนทบุรี ฝั่งเลขคู่ ตั้งแต่ปากซอย กรุงเทพ-นนทบุรี ซอย 2 ถึง ทางรถไฟ (ซอย กรุงเทพ-นนทบุรี ซอย 36)

- เป็นท่อชนิด AC
- มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 300 มิลลิเมตร
- มีอายุ 38 ปี
- มีความยาวท่อ 1,639.81 เมตร

- ความลึกหลังท่อ 1.1 เมตร
- อัตราน้ำสูญเสียในเส้นท่อ 35.98 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง
- จำนวนจุดรั่วสะสมที่เคยเกิดในเส้นท่อ 32.32 จุดต่อกิโลเมตร
- ราคาค่าจ้างเหมาในการวางท่อ และซ่อมคืนผิว 2,005,487.63 บาท

ภาพที 3.4 แนวท่อของเส้นทาง B ริมถนนกรุงเทพ-นนทบุรี ฝั่งเลขคู่

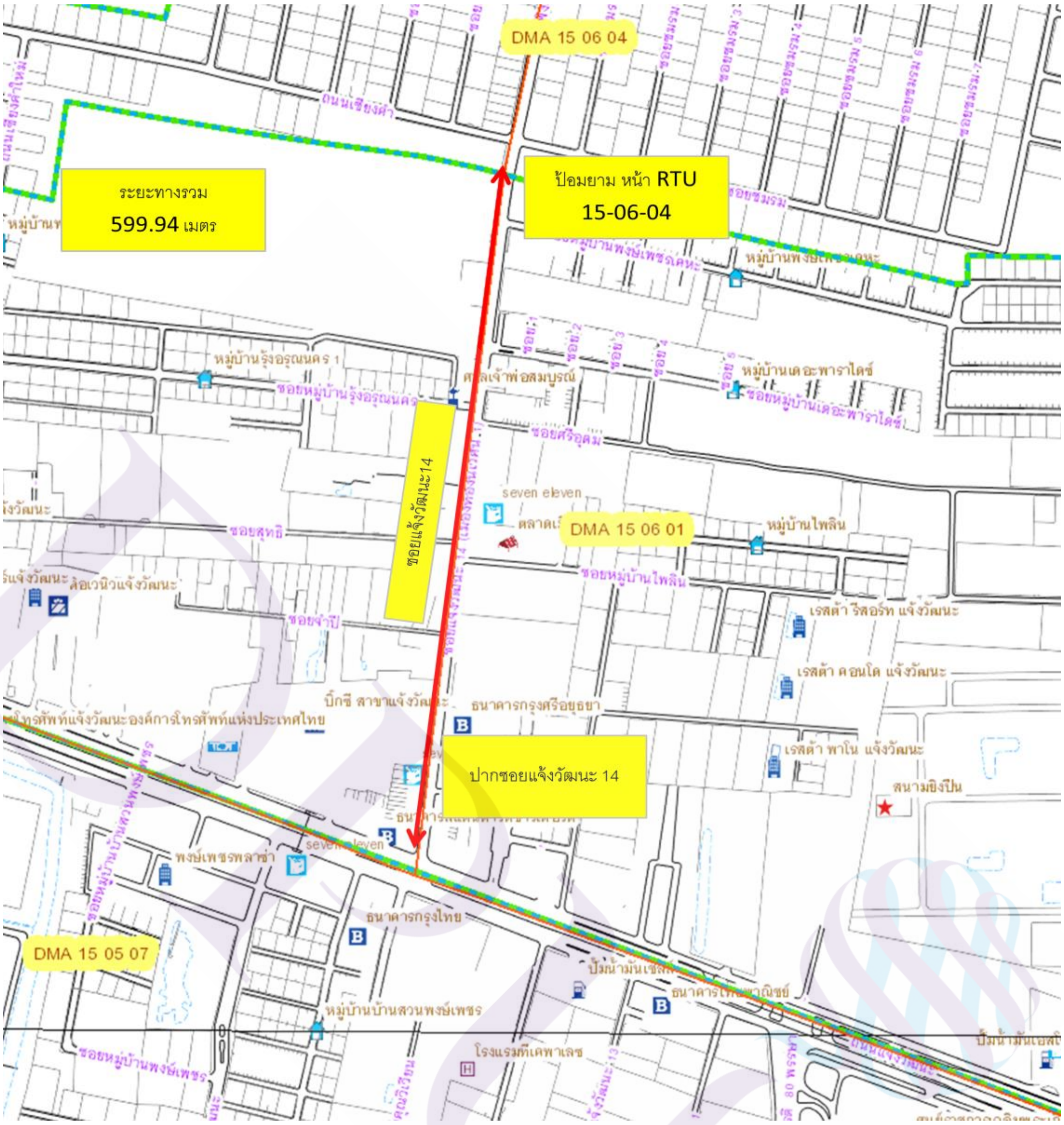


ภาพที่ 3.5 แผนที่แสดงเส้นทาง B ริมถนนกรุงเทพ-นนทบุรี ฝั่งเลขคู่

เส้นทาง C ซอยแจ้งวัฒนะ 14 ฝั่งซ้ายมือตั้งแต่ปากซอยถึงป้อมยามหน้าตู้ RTU 15-06-04

- เป็นท่อชนิด AC
- มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 300 มิลลิเมตร
- มีอายุ 20 ปี
- มีความยาวท่อ 599.94 เมตร
- ความลึกหลังท่อ 0.8 เมตร
- อัตราน้ำสูญเสียในเส้นท่อ 43.34 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง
- จำนวนจุดรั่วสะสมที่เคยเกิดในเส้นท่อ 36.67 จุดต่อกิโลเมตร
- ราคาค่าจ้างเหมาในการวางท่อ และซ่อมคืนผิว 733,726.62 บาท

ภาพที่ 3.6 แนวท่อของเส้นทาง C ซอยแจ้งวัฒนะ 14 ฝั่งซ้าย

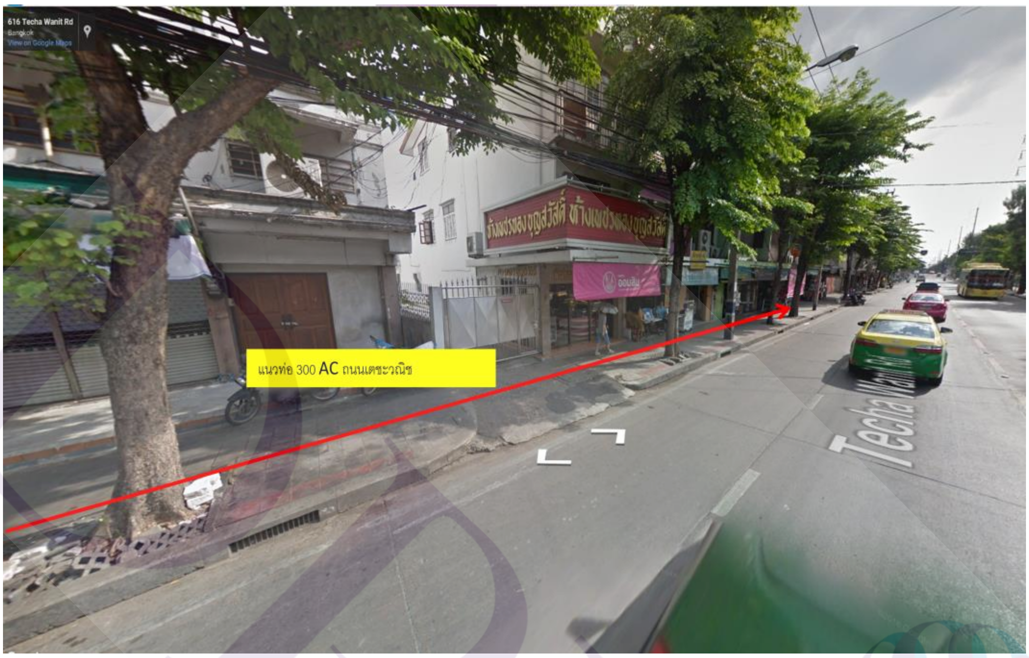


ภาพที่ 3.7 แผนที่แสดงเส้นทาง C ซอยแจ้งวัฒนะ 14 ฝั่งซ้าย

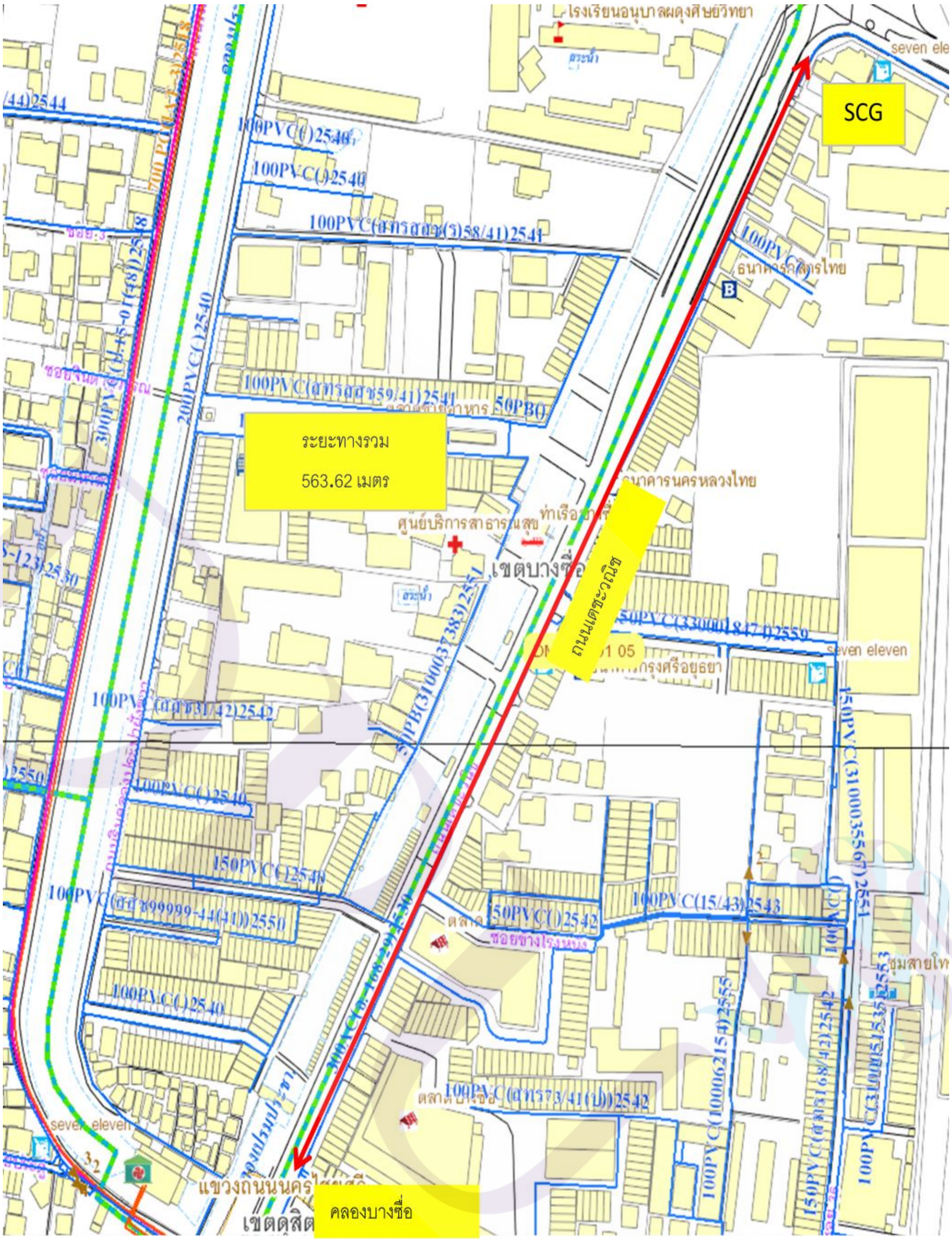
เส้นทาง D ถนนเตชะวณิช ตั้งแต่ SCG ปูซีเมนต์ไทย ถึง คลองบางซื่อ

- เป็นท่อชนิด AC
- มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 300 มิลลิเมตร
- มีอายุ 31 ปี
- มีความยาวท่อ 563.62 เมตร
- ความลึกหลังท่อ 1.8 เมตร

- อัตราน้ำสูญเสียในเส้นท่อ 72.74 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง
- จำนวนจุดรั่วสะสมที่เคยเกิดในเส้นท่อ 90.49 จุดต่อกิโลเมตร
- ราคาค่าจ้างเหมาในการวางท่อ และซ่อมคืนผิว 689,307.26 บาท



ภาพที่ 3.8 แนวท่อของเส้นทาง D ถนนเตชะวณิช ตั้งแต่ SCG ปูซีเมนต์ไทย ถึง คลองบางซื่อ

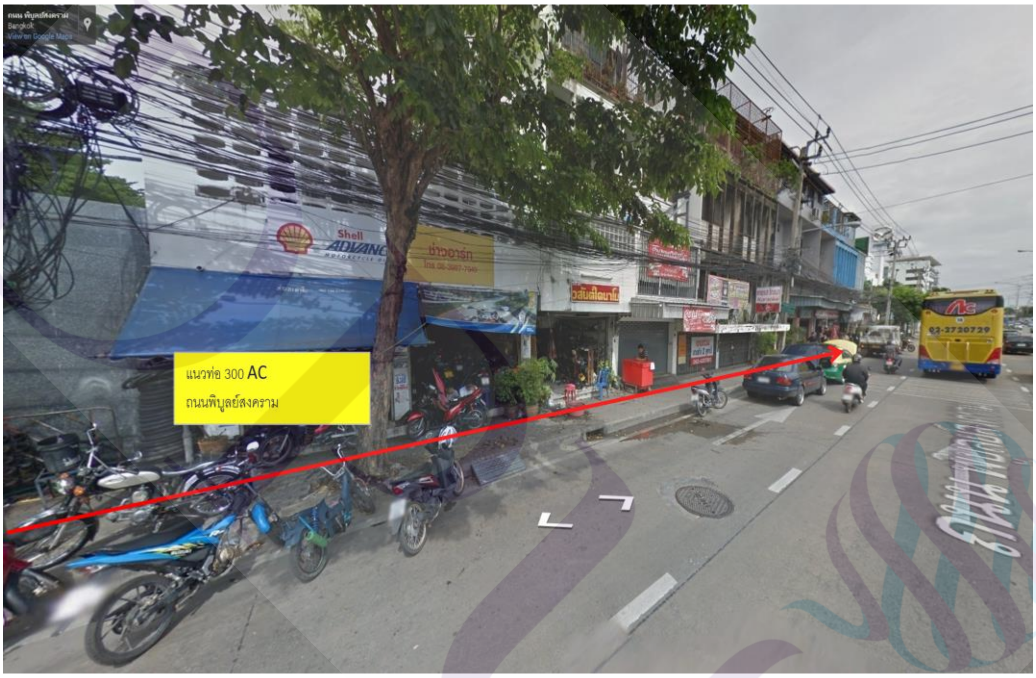


ภาพที่ 3.9 แผนที่แสดงเส้นทาง D ถนนเตชะวณิช ตั้งแต่ SCG ปูซีเมนต์ไทย ถึง คลองบางซื่อ

เส้นทาง E ถนนพิบูลสงครามตั้งแต่ซอยหมู่บ้านพิบูล ถึง ถนนวงศ์สว่าง ซอยวงศ์สว่าง 9

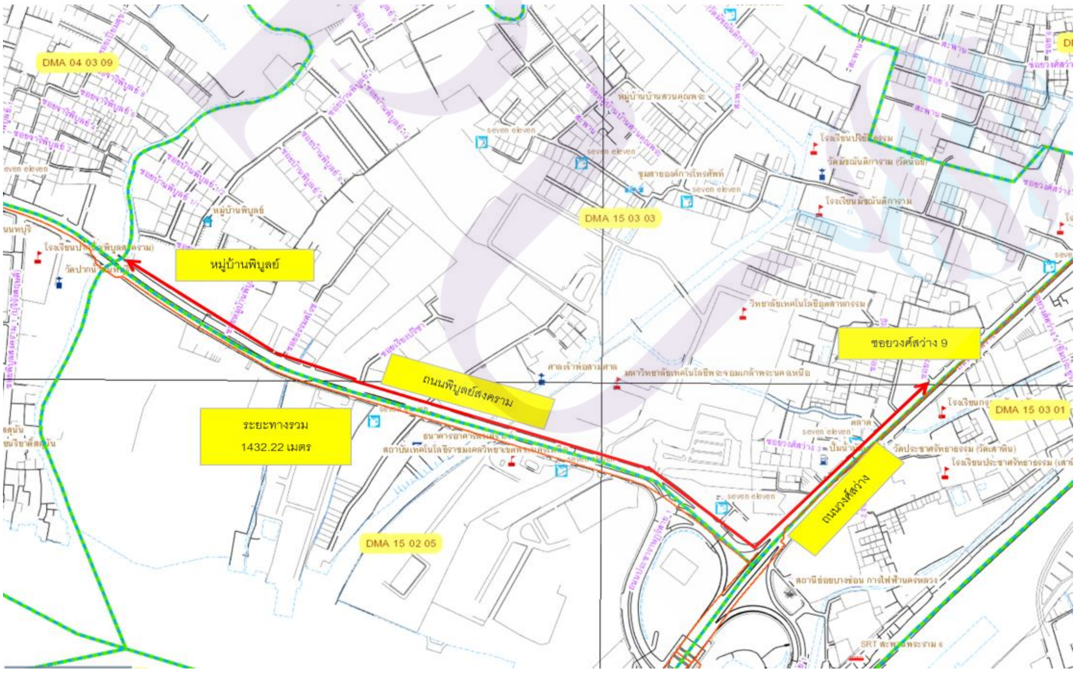
- เป็นท่อชนิด AC
- มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 300 มิลลิเมตร

- มีอายุ 33 ปี
- มีความยาวท่อ 1432.22 เมตร
- ความลึกหลังท่อ 1.5 เมตร
- อัตราน้ำสูญเสียในเส้นท่อ 37.01 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง
- จำนวนจุดรั่วสะสมที่เคยเกิดในเส้นท่อ 44.69 จุดต่อกิโลเมตร
- ราคาค่าจ้างเหมาในการวางท่อ และซ่อมคืนผิว 1,751,605.06 บาท



ภาพที่ 3.10 แนวท่อของเส้นทาง E ช่วงถนนพิบูลสงคราม

ภาพที่ 3.11 แนวท่อของเส้นทาง E ถนนวงศ์สว่าง ตั้งแต่ซอยวงศ์สว่าง 1 ถึง ซอยวงศ์สว่าง 9

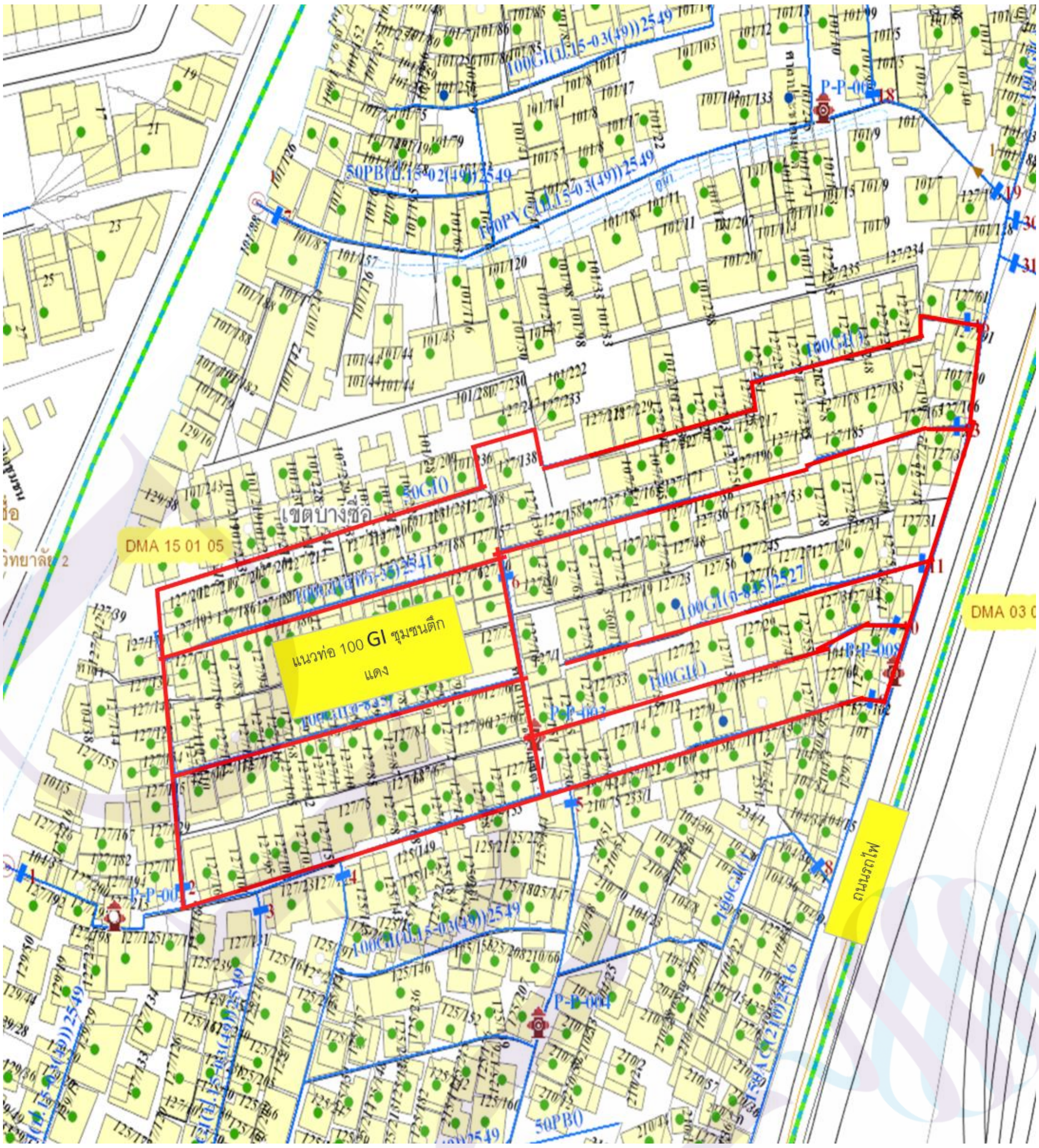


ภาพที่ 3.12 แผนที่แสดงเส้นทาง E ช่วงถนนพิบูลสงครามและถนนวงศ์สว่าง ตั้งแต่ซอยหมู่บ้านพิบูล ถึงซอยวงศ์สว่าง 9

เส้นทาง F ชุมชนชนตึกแดง ถนนรถไฟ

- เป็นท่อชนิด GI
- มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 100 มิลลิเมตร
- มีอายุ 20 ปี
- มีความยาวท่อ 1,414.8 เมตร
- ความลึกหลังท่อ 0.30 เมตร
- อัตราน้ำสูญเสียในเส้นท่อ 24.74 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง
- จำนวนจุดรั่วสะสมที่เคยเกิดในเส้นท่อ 103.92 จุดต่อกิโลเมตร
- ราคาค่าจ้างเหมาในการวางท่อ และซ่อมคืนผิว 1,212,483.60 บาท

ภาพที่ 3.13 แนวท่อของเส้นทาง F บริเวณชุมชนตึกแดง ถนนรถไฟ



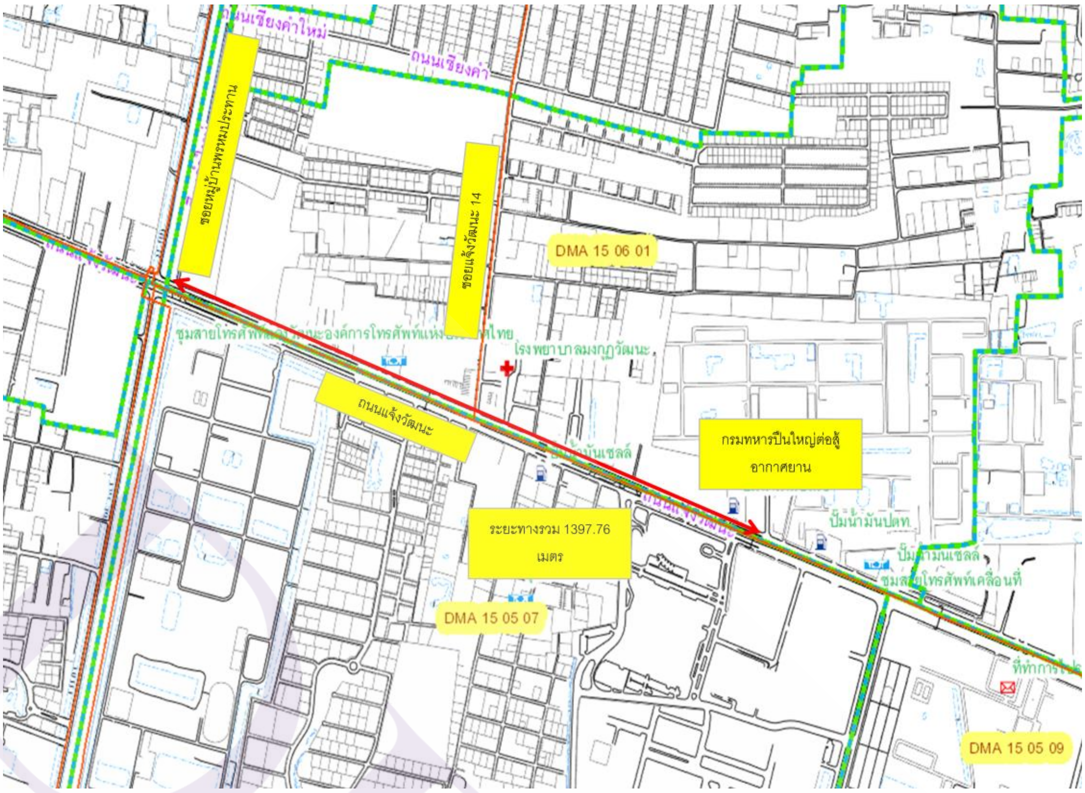
ภาพที่ 3.14 แผนที่แสดงเส้นทาง F บริเวณชุมชนตึกแดง ถนนรถไฟ

เส้นทาง G ถนนแจ้งวัฒนะ ตั้งแต่ปากซอยหมู่บ้านพรหมประทาน ถึง กรมทหารปืนใหญ่ต่อสู้อากาศยาน

- เป็นท่อชนิด AC
- มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 300 มิลลิเมตร
- มีอายุ 35 ปี
- มีความยาวท่อ 1397.76 เมตร
- ความลึกหลังท่อ 1.1 เมตร

- อัตราน้ำสูญเสียในเส้นท่อ 41.49 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง
- จำนวนจุดรั่วสะสมที่เคยเกิดในเส้นท่อ 28.62 จุดต่อกิโลเมตร
- ราคาค่าจ้างเหมาในการวางท่อ และซ่อมคืนผิว 1,709,460.48 บาท

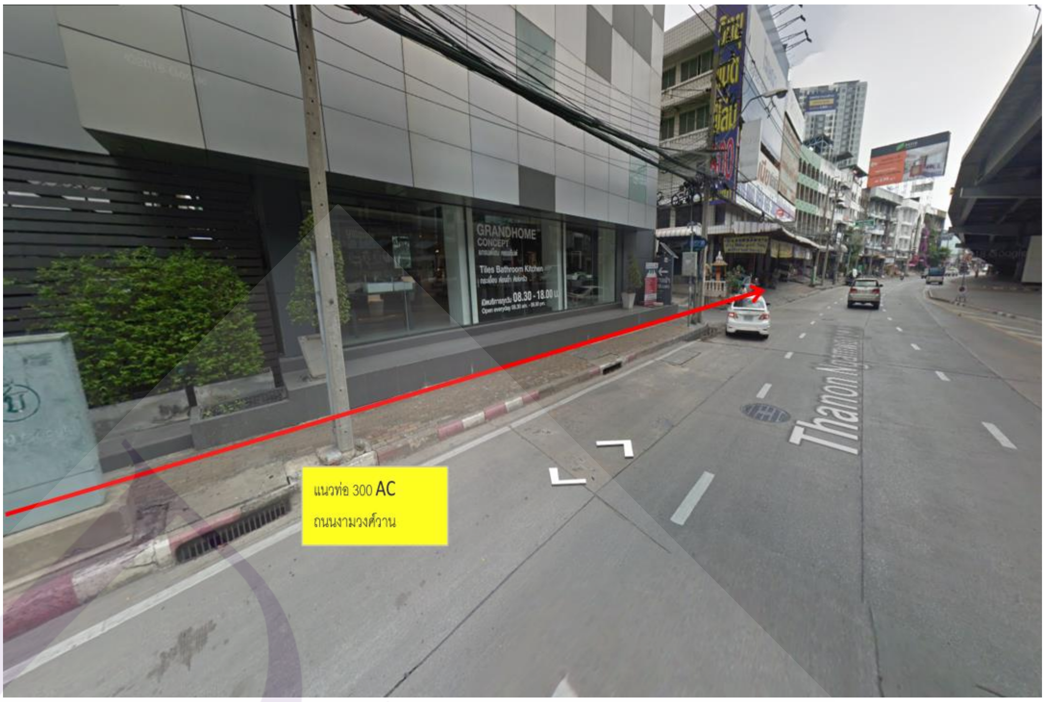
ภาพที่ 3.15 แนวท่อของเส้นทาง G ริมถนนแจ้งวัฒนะ



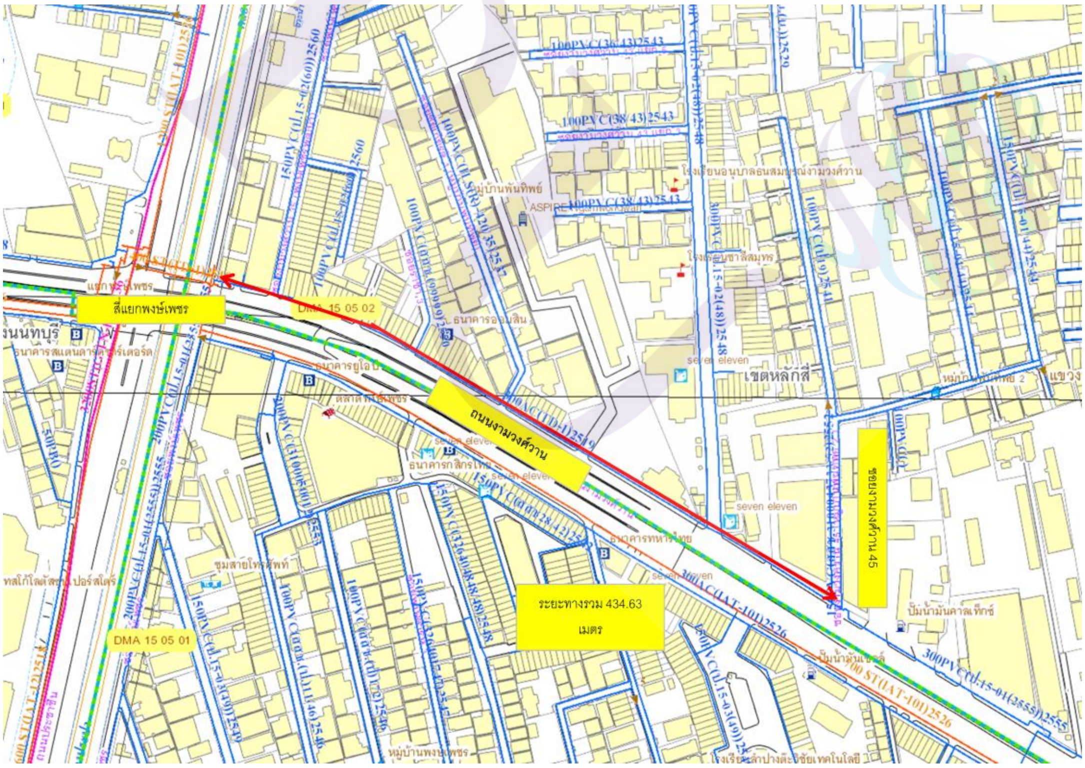
ภาพที่ 3.16 แผนที่แสดงเส้นทาง G ริมถนนแจ้งวัฒนะ

เส้นทาง H ถนนงามวงศ์วาน ตั้งแต่แยกงามวงศ์วานถึงปากซอยงามวงศ์วาน 45

- เป็นท่อชนิด AC
- มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 300 มิลลิเมตร
- มีอายุ 42 ปี
- มีความยาวท่อ 434.63 เมตร
- ความลึกหลังท่อ 2 เมตร
- อัตราน้ำสูญเสียในเส้นท่อ 39.11 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง
- จำนวนจุดรั่วสะสมที่เคยเกิดในเส้นท่อ 41.41 จุดต่อกิโลเมตร
- ราคาค่าจ้างเหมาในการวางท่อ และซ่อมคืนผิว 531,552.49 บาท



ภาพที่ 3.17 แนวท่อของเส้นทาง H ริมถนนงามวงศ์วาน



ภาพที่ 3.18 แผนที่แสดงเส้นทาง H ริมถนนงามวงศ์วาน

3.7 แบบสอบถาม

กลุ่มตัวอย่างที่จะมาเป็นคนตอบแบบสอบถามประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านการลดน้ำสูญเสีย ซึ่งมีประสบการณ์การทำงานอยู่กองบำรุงรักษา สำนักงานประปาสาขาประชาชื่น ซึ่งจะรับผิดชอบดูแลเกี่ยวกับเรื่องน้ำสูญเสียในพื้นที่รับผิดชอบของสำนักงานประปาสาขาประชาชื่น ไม่น้อยกว่า 3 ปี โดยจะประกอบ ด้วยวิศวกร นักบริหารงานด้านช่าง และ ช่าง จำนวนทั้งหมด 20 คน โดย แบบสอบถามที่จะนำมาใช้นั้น จะแบ่งเป็น 3 ส่วน ได้แก่

(1) คำอธิบายแบบสอบถาม แสดงดังภาพ 3.19

แบบสอบถาม

<u>เรื่อง</u> การจัดลำดับความสำคัญของปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการพิจารณาปรับปรุงเปลี่ยนเส้นท่อประปาในพื้นที่สำนักงานประปาสาขาประชาชื่น

<u>ส่วนที่ 1</u> คำอธิบายแบบสอบถาม

แบบสอบถามนี้จัดทำขึ้นเพื่อสำรวจความคิดเห็นเรื่องการจัดลำดับความสำคัญของปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการพิจารณาปรับปรุงเปลี่ยนเส้นท่อประปา ซึ่งจะนำผลจากแบบสอบถามมาทำการวิเคราะห์ แล้วเก็บข้อมูลเพื่อที่จะนำมาเป็นแนวทางในการใช้พิจารณาปรับปรุงเส้นท่อ ข้าพเจ้าจึงใคร่ขอรบกวนเวลาท่านร่วมทำแบบสอบถามนี้ และเพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีความถูกต้องและมีประโยชน์ในอนาคต ข้าพเจ้าจึงขอความอนุเคราะห์ตอบแบบสอบถามตามความเป็นจริง โดยแบบสอบถามนี้จะไม่ส่งผลกระทบใด ๆ ต่อหน้าที่การงานของท่าน รวมทั้งข้อมูลทุกอย่างของท่านจะถูกเก็บเป็นความลับ

ข้าพเจ้าหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความร่วมมือจากท่านเป็นอย่างดี และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง มา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

นายพัฒนา จิตติถาวร
นักศึกษาปริญญาโท คณะวิศวกรรมศาสตร์
สาขาการจัดการทางวิศวกรรม มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ภาพที่ 3.19 ตัวอย่างแบบสอบถามในส่วนที่ 1 คำอธิบายแบบสอบถาม

(2) ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม โดยจะมีลักษณะเป็นแบบสำรวจรายการ (Check List)

ส่วนที่ 2 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับผู้ตอบแบบสอบถาม

1. เพศ ☐ ชาย ☐ หญิง
2. อายุ ☐ ต่ำกว่า 30 ปี
   ☐ 30 – 45 ปี
   ☐ 45 – 60 ปี
3. การศึกษา ☐ ต่ำกว่าปริญญาตรี
   ☐ ปริญญาตรี
   ☐ สูงกว่าปริญญาตรี
4. ตำแหน่ง ☐ ช่าง
   ☐ วิศวกร
5. สังกัดในกองบำรุงรักษา
   ☐ ส่วนปฏิบัติการลดน้ำสูญเสีย
   ☐ ส่วนซ่อมบำรุงระบบท่อและโยธา
   ☐ ส่วนก่อสร้าง
   ☐ ส่วนสำรวจและออกแบบ
6. ประสบการณ์การทำงานด้านงานลดน้ำสูญเสีย
   ☐ 1 – 3 ปี
   ☐ 3 – 10 ปี
   ☐ มากกว่า 10 ปี

(3) ข้อมูลความคิดเห็นเกี่ยวกับการจัดลำดับความสำคัญของปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการคัดเลือกปรับปรุงเส้นท่อประปา ในพื้นที่ของสำนักงานประปาสาขาประชาชื่น โดยมีลักษณะเป็นการเปรียบเทียบระดับความสำคัญของปัจจัยเป็นคู่ ๆ โดยใช้ตัวเลขตั้งแต่ 1-9 โดยความหมายของตัวเลขแสดงดังตาราง 3.1

ตารางที่ 3.1 แสดงลำดับความสำคัญหรือความชอบของระดับ 1-9 ≈

ระดับความสำคัญหรือความชอบ (Preference Level)	ค่าแสดงเป็นตัวเลข (Numerical Value)
เท่ากัน (Equally Preferred)	1
เท่ากันถึงปานกลาง (Equally to Moderately Preferred)	2
ปานกลาง (Moderately Preferred)	3
ปานกลางถึงค่อนข้างมาก (Moderately to Strongly Preferred)	4
ค่อนข้างมาก (Strongly Preferred)	5
ค่อนข้างมากถึงมากกว่า (Strongly to Very Strongly Preferred)	6
มากกว่า (Very Strongly Preferred)	7
มากกว่าถึงมากที่สุด (Very Strongly to Extremely Preferred)	8
มากที่สุด (Extremely Preferred)	9

กำหนดให้ ตัวแปร แทนค่าปัจจัยที่มีผลต่อการพิจารณาปรับปรุงเส้นท่อ ดังนี้

A = ปัจจัยเรื่องชนิดของท่อ

B = ปัจจัยเรื่องอายุของท่อ

C = ปัจจัยเรื่องความลึกหลังท่อ

D = ปัจจัยเรื่องราคาที่ใช้ในการปรับปรุงเส้นท่อ

E = ปัจจัยเรื่องจำนวนจุดรั่วที่เกิดในเส้นท่อต่อความยาวท่อ 1 กิโลเมตร

F = ปัจจัยเรื่องปริมาณน้ำสูญเสียในเส้นท่อ

ตารางแบบสอบถาม ที่จะให้กลุ่มตัวอย่างกรอกคะแนนจะเป็นลักษณะตารางเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยต่าง ๆ โดยการจับคู่เปรียบเทียบ (Pair-wise) ซึ่งจะเป็นการจับคู่เปรียบเทียบทุกคู่ของปัจจัย จะเป็นการให้คะแนนความสำคัญ โดยทำเครื่องหมายลงในช่องว่างตามค่าคะแนนที่ต้องการให้ ถ้าอยู่ข้างหน้าแสดงว่าปัจจัยแรกมีความสำคัญมากกว่าปัจจัยหลัง กลับกันถ้าอยู่ข้างหลังจะหมายถึงปัจจัยหลังสำคัญกว่าปัจจัยแรก ถ้าอยู่ตรงกลางแสดงว่าทั้งสองปัจจัยมีความสำคัญเท่ากัน ดังตาราง 3.2

ตารางที่ 3.2 เปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยต่าง ๆ

ปัจจัย	ปัจจัยแรกมีความสำคัญมากกว่าปัจจัยหลัง								เท่ากัน	ปัจจัยหลังมีความสำคัญมากกว่าปัจจัยแรก								ปัจจัย
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
A																		B
A																		C
A																		D
A																		E
A																		F
B																		C
B																		D
B																		E
B																		F
C																		D
C																		E
C																		F
D																		E
D																		F
E																		F

จากนั้นจึงนำค่าความสำคัญของปัจจัยต่าง ๆ ที่ได้จากการตอบแบบสอบถาม มาวิเคราะห์หาน้ำหนักของปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการพิจารณาคัดเลือกปรับปรุงเส้นท่อ ด้วยวิธี AHP โดยใช้โปรแกรม Expert Choice แล้วจึงนำค่าน้ำหนักที่ได้ มาวิเคราะห์ เทียบกับข้อมูลของแต่ละเส้นทางท่อ ด้วยวิธี TOPSIS เพื่อจัดลำดับความสำคัญก่อน - หลัง ของเส้นทางต่าง ๆ ที่จะนำมาปรับปรุงท่อ โดยมีขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้

(1) สร้าง Evolution Matrix และทำการ Normalization เพื่อทำการปรับสเกลของค่าต่าง ๆ เพื่อให้ข้อมูลต่าง ๆ อยู่ในสเกลเดียวกัน สามารถนำมาวิเคราะห์ร่วมกันได้

(2) นำค่าที่ได้จากการ Normalization มาถ่วงน้ำหนัก โดยน้ำหนักที่นำมาถ่วงจะเป็นน้ำหนักที่วิเคราะห์คำนวณมาได้ด้วยวิธี AHP

(3) หาค่าอุดมคติเชิงบวก (Positive Ideal Solution: PIS) และค่าอุดมคติเชิงลบ (Negative Ideal Solution : NIS) ของแต่ละปัจจัยโดยเลือกค่า Max , Min ของชุดข้อมูลในแต่ละปัจจัย

(4) คำนวณหาระยะห่างของแต่ละข้อมูลทางเลือกกับอุดมคติเชิงบวก (S_{PIS}) และอุดมคติเชิงลบ(S_{NIS})

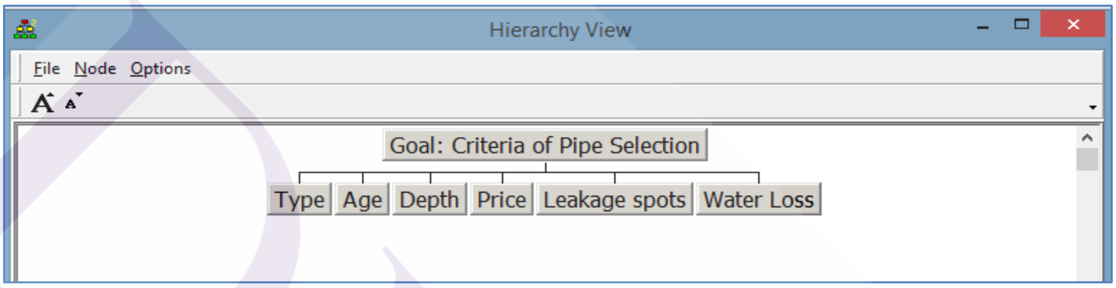
(5) คำนวณหาดัชนีประสิทธิภาพที่ใกล้แนวคิดในอุดมคติมากที่สุด (Closeness Coefficient : CC)

หลังจากที่ได้ค่า ดัชนีประสิทธิภาพที่ใกล้แนวคิดในอุดมคติมากที่สุด (Closeness Coefficient : CC) ของแต่ละทางเลือกเส้นท่อที่จะปรับปรุงแล้ว จึงนำมาจัดลำดับความสำคัญ ก่อน-หลัง โดยเรียงเส้นทางที่มีค่า CC มากที่สุด จะมีความสำคัญที่สุด ส่วนเส้นทางที่มีค่า CC น้อยที่สุดจะสำคัญน้อยที่สุด

บทที่ 4
ผลการศึกษาวิจัย

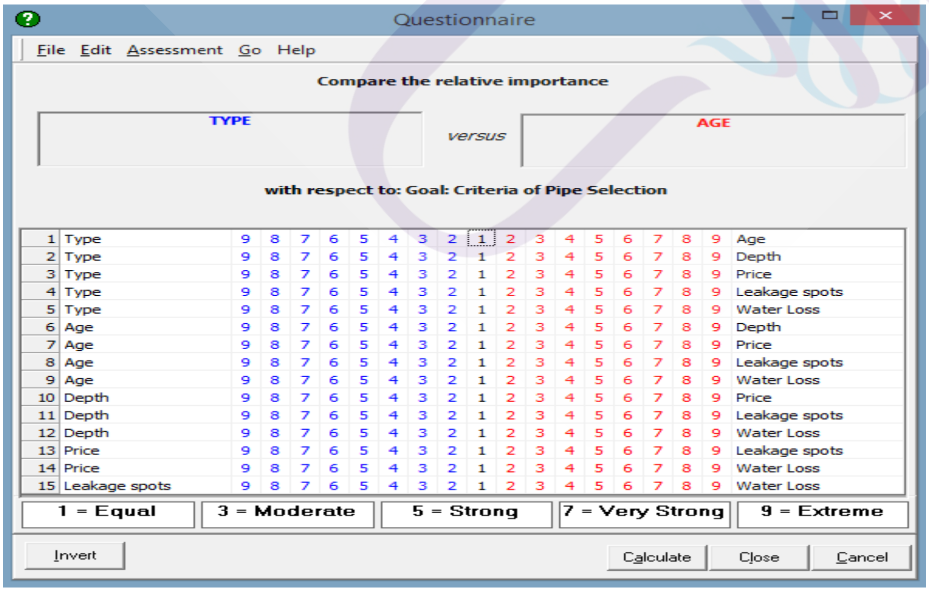
4.1 การสร้างแบบสอบถาม

สำหรับแบบสอบถามที่ได้มาจากการศึกษา วิจัยและสัมภาษณ์จากผู้เชี่ยวชาญทางด้านลดน้ำสูญเสียมีแผนภูมิลำดับขั้นดังภาพ 4.1



ภาพที่ 4.1 แผนภูมิลำดับขั้นของปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกปรับปรุงเส้นท่อ

โดยสามารถนำมาสร้างเป็นแบบสอบถามในโปรแกรม Expert Choice ได้ดังภาพ 4.2



ภาพที่ 4.2 ตัวอย่างแบบสอบถามในโปรแกรม Expert Choice

4.2 ผลลัพธ์ของแบบสอบถาม

สำหรับกลุ่มตัวอย่างที่ได้นำมาตอบแบบสอบถามประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญที่ทำงานทางด้านลดน้ำสูญเสีย จำนวน 20 คนนั้น ได้แสดงผลลัพธ์ของแบบสอบถามทั้งหมดไว้ในภาคผนวก

4.3 สรุปผลจากแบบสอบถามผ่านการวิเคราะห์ด้วยวิธี AHP

ตารางที่ 4.1 สรุปค่าต่าง ๆ หลังจากวิเคราะห์ผลแบบสอบถามด้วยวิธี AHP

ปัจจัย / ผู้ตอบ	ปัจจัยเรื่องชนิดของเส้นท่อ	ปัจจัยเรื่องอายุของเส้นท่อ	ปัจจัยเรื่องความลึกหลังท่อ	ปัจจัยเรื่องราคาประมาณการวางท่อ	ปัจจัยเรื่องจำนวนจุดรั่วในเส้นท่อ	ปัจจัยเรื่องน้ำสูญเสียในเส้นท่อ
ผู้เชี่ยวชาญ 1	0.308	0.076	0.137	0.084	0.145	0.250
ผู้เชี่ยวชาญ 2	0.169	0.070	0.159	0.084	0.224	0.295
ผู้เชี่ยวชาญ 3	0.075	0.080	0.197	0.145	0.177	0.326
ผู้เชี่ยวชาญ 4	0.101	0.064	0.089	0.228	0.197	0.322
ผู้เชี่ยวชาญ 5	0.077	0.038	0.327	0.202	0.166	0.191
ผู้เชี่ยวชาญ 6	0.136	0.095	0.124	0.076	0.286	0.283
ผู้เชี่ยวชาญ 7	0.107	0.046	0.192	0.073	0.402	0.180
ผู้เชี่ยวชาญ 8	0.064	0.066	0.223	0.083	0.384	0.180
ผู้เชี่ยวชาญ 9	0.099	0.087	0.216	0.066	0.318	0.213
ผู้เชี่ยวชาญ 10	0.138	0.058	0.145	0.306	0.136	0.217
ผู้เชี่ยวชาญ 11	0.114	0.069	0.186	0.098	0.250	0.282
ผู้เชี่ยวชาญ 12	0.169	0.061	0.182	0.084	0.345	0.159
ผู้เชี่ยวชาญ 13	0.071	0.071	0.130	0.068	0.236	0.425
ผู้เชี่ยวชาญ 14	0.056	0.098	0.199	0.113	0.327	0.206
ผู้เชี่ยวชาญ 15	0.073	0.044	0.191	0.113	0.206	0.374
ผู้เชี่ยวชาญ 16	0.126	0.094	0.238	0.074	0.258	0.211
ผู้เชี่ยวชาญ 17	0.159	0.114	0.161	0.127	0.159	0.280

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

ปัจจัย / ผู้ตอบ	ปัจจัยเรื่องชนิดของเส้นท่อ	ปัจจัยเรื่องอายุของเส้นท่อ	ปัจจัยเรื่องความลึกหลังท่อ	ปัจจัยเรื่องราคาประมาณการวางท่อ	ปัจจัยเรื่องจำนวนจุดรั่วในเส้นท่อ	ปัจจัยเรื่องน้ำสูญเสียในเส้นท่อ
ผู้เชี่ยวชาญ 18	0.150	0.071	0.314	0.106	0.167	0.192
ผู้เชี่ยวชาญ 19	0.100	0.067	0.235	0.101	0.286	0.211
ผู้เชี่ยวชาญ 20	0.074	0.058	0.098	0.208	0.212	0.350
ค่าเฉลี่ย	0.118	0.071	0.187	0.122	0.244	0.257

จากตาราง 4.1 จะเห็นได้ว่าจากค่าเฉลี่ยของทั้ง 20 คน ได้ให้น้ำหนักความสำคัญเรียงตามลำดับความสำคัญ ดังนี้

ลำดับที่ 1 ปัจจัยเรื่องน้ำสูญเสียในเส้นท่อ

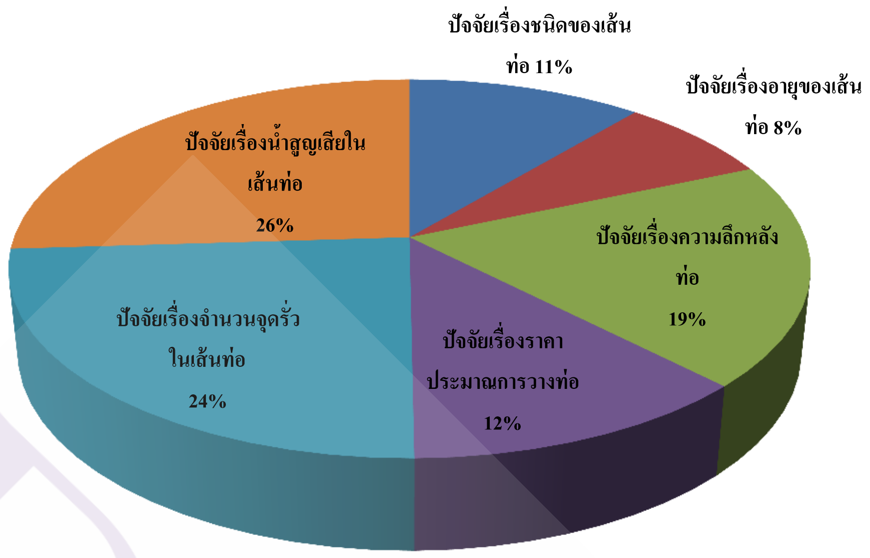
ลำดับที่ 2 ปัจจัยเรื่องจำนวนจุดรั่วในเส้นท่อ

ลำดับที่ 3 ปัจจัยเรื่องความลึกหลังท่อ

ลำดับที่ 4 ปัจจัยเรื่องราคาประมาณการวางท่อ

ลำดับที่ 5 ปัจจัยเรื่องชนิดของเส้นท่อ

ลำดับที่ 6 ปัจจัยเรื่องอายุของเส้นท่อ



ภาพที่ 4.3 แผนภูมิแสดงค่าเฉลี่ยความสำคัญของปัจจัยต่าง ๆ ซึ่งให้น้ำหนักโดยผู้เชี่ยวชาญ 20 คน

4.4 การวิเคราะห์ด้วยวิธีการ TOPSIS

นำค่าน้ำหนักที่หาได้มาวิเคราะห์ เทียบกับข้อมูลเส้นทางท่อที่มี เพื่อลำดับความสำคัญของเส้นทางที่จะทำการปรับปรุงก่อน-หลัง โดยข้อมูลของเส้นทางต่าง ๆ ดังตาราง 4.2

ตารางที่ 4.2 แสดงข้อมูลของเส้นท่อที่จะนำมาจัดลำดับความสำคัญในการปรับปรุง

เส้นทาง	ตำแหน่ง	ชนิดท่อ	ระดับความรุนแรงเมื่อเกิดท่อแตก	อายุท่อ (ปี)	ความลึกหลังท่อ (เมตร)	ปริมาณน้ำสูญเสียต่อความยาวท่อ1กม. (ลบ.ม.ต่อชั่วโมง)	จำนวนจุดรั่วต่อความยาวท่อ1กม. (จุด)	ราคาประมาณการวางท่อ (บาท)
A	ริมถนนประชาชื่น ตั้งแต่สี่แยกเตาปูน ถึง ปากซอยประชาชื่น 19	AC	3	36	1.7	33.409	45.856	1,866,933.96
B	ริมถ.กรุงเทพ-นนทบุรี ฝั่งเลขคู่	AC	3	38	1.1	35.980	32.321	2,005,487.63

ตารางที่ 4.2 (ต่อ)

เส้นทาง	ตำแหน่ง	ชนิดท่อ	ระดับความรุนแรงเมื่อเกิดท่อแตก	อายุท่อ (ปี)	ความลึกหลังท่อ (เมตร)	ปริมาณน้ำสูญเสียต่อความยาวท่อ1 กม. (ลบ.ม. ต่อชั่วโมง)	จำนวนจุดรั่วต่อความยาวท่อ1กม. (จุด)	ราคาประมาณการวางท่อ (บาท)
C	ซอยแจ้งวัฒนะ 14 ฝั่งซ้ายมือ ตั้งแต่ปากซอยถึงป้อมยามหน้าตู้ RTU 15-06-04	AC	3	20	0.8	43.338	36.670	733,726.62
D	ถนนเตชะวณิชตั้งแต่หน้า SCG ถึงคลองบางซื่อ	AC	3	31	1.8	72.744	90.486	689,307.26
E	ถนนพิบูลสงคราม ตั้งแต่หมู่บ้านพิบูล ถึง ถนนวงศ์สว่าง ซอยวงศ์สว่าง 9	AC	3	33	1.5	37.005	44.686	1,751,605.06
F	ชุมชนตึกแดง ถนนรถไฟ	GI	1	20	0.5	24.738	103.902	1,212,483.60
G	ถนนแจ้งวัฒนะ ตั้งแต่ปากซอยหมู่บ้านพรหมประทาน ถึง กรมทหารปืนใหญ่ต่อสู้อากาศยาน	AC	3	35	1.1	41.495	28.617	1,709,460.48
H	ถนนงามวงศ์วาน ตั้งแต่แยกงามวงศ์วาน ถึง ปากซอยงามวงศ์วาน 45	AC	3	42	2	39.114	41.415	531,552.49

จากตาราง 4.2 จะเห็นได้ว่า ชนิดท่อนั้น ไม่สามารถนำมาวิเคราะห์ด้วยวิธี TOPSIS ได้ เนื่องจากข้อมูลนั้นไม่ได้เป็นตัวเลข ไม่สามารถนำมาคำนวณได้ จึงต้องแบ่งระดับความรุนแรงเมื่อท่อชนิดนั้น ๆ เกิดแตกขึ้นโดยจะแบ่งเป็น 3 ระดับ โดย

ระดับ 3 จะมีความรุนแรงมากที่สุด

ระดับ 2 จะมีความรุนแรงปานกลาง

ระดับ 1 จะมีความรุนแรงน้อยที่สุด

เพื่อจะได้สามารถนำค่าตัวเลขมาวิเคราะห์ คำนวณด้วยวิธี TOPSIS ได้ โดยจากข้อมูลในตาราง 4.22 นั้น

ท่อชนิด AC จะมีความรุนแรงเมื่อท่อแตกมากที่สุด ที่ระดับ 3

ท่อชนิด PVC จะมีความรุนแรงปานกลางเมื่อท่อแตก ที่ระดับ 2

ท่อชนิด ST และ GI จะมีความรุนแรงเมื่อท่อแตกน้อยที่สุด ที่ระดับ 1

โดยความรุนแรงที่เกิดจากท่อแตกนั้น จะวัดจากความสูญเสียต่าง ๆ เกิดขึ้นจากท่อแตก เช่น

(1) น้ำทะลักเข้าบ้านผู้ใช้น้ำทำให้เกิดความเสียหาย

(2) เกิดน้ำทะลักเข้าท่วมถนนเกิดการกีดขวางจราจร และเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุ

(3) เกิดพื้นที่น้ำไม่ไหลเนื่องจากท่อแตก กระทบผู้ใช้น้ำเป็นวงกว้าง

(4) เกิดน้ำสูญเสียที่เกิดจากท่อแตกปริมาณมาก

จากนั้นจึงนำมาวิเคราะห์ด้วยวิธี TOPSIS โดย มีวิธีการดังนี้

(1) สร้าง Evaluation Matrix จากข้อมูลเส้นทางต่าง ๆ และค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยที่วิเคราะห์ได้มาจากวิธี AHP ดังตาราง 4.3

ตารางที่ 4.3 ข้อมูลเส้นท่อที่จะนำมาจัดลำดับความสำคัญในการปรับปรุงและน้ำหนักที่หาได้จาก AHP

น้ำหนัก	0.111	0.074	0.191	0.260	0.242	0.122
ปัจจัย / เส้นทาง	ชนิดของท่อ	อายุของท่อ	ความลึกหลังท่อ	น้ำสูญเสียในเส้นท่อ	จำนวนจุดรั่วในเส้นท่อ	ราคาประมาณการวางท่อ
A	3	36	1.7	33.409	45.856	1,866,933.96
B	3	38	1.1	35.980	32.321	2,005,487.63
C	3	20	0.8	43.338	36.670	733,726.62
D	3	31	1.8	72.744	90.486	689,307.26
E	3	33	1.5	37.005	44.686	1,751,605.06
F	1	20	0.5	24.738	103.902	1,212,483.60
G	3	35	1.1	41.495	28.617	1,709,460.48
H	3	42	2	39.114	41.415	531,552.49

นำค่าต่าง ๆ มายกกำลังสองดังตาราง 4.4 เพื่อหา Evaluation Matrix

ตารางที่ 4.4 Evaluation Matrix ของข้อมูลเส้นท่อ

น้ำหนัก	0.111	0.074	0.191	0.260	0.242	0.122
ปัจจัย / เส้นทาง	ชนิดของท่อ	อายุของท่อ	ความลึกหลังท่อ	น้ำสูญเสียในเส้นท่อ	จำนวนจุดรั่วในเส้นท่อ	ราคาประมาณการวางท่อ
A	9	1296	2.89	1116.1829	2,102.77	3,485,442,411,001.28
B	9	1444	1.21	1294.5444	1,044.64	4,021,980,634,083.02
C	9	400	0.64	1878.1534	1,344.71	538,354,752,896.63
D	9	961	3.24	5291.6964	8,187.81	475,144,498,688.71
E	9	1089	2.25	1369.4061	1,996.83	3,068,120,286,217.60
F	1	400	0.25	611.99234	10,795.54	1,470,116,480,268.96
G	9	1225	1.21	1721.832	818.95	2,922,255,132,681.83
H	9	1764	4	1529.8838	1,715.16	282,548,049,625.20
ผลรวมกำลังสอง	64	8579	15.69	14813.691	28,006.40	16,263,962,245,463.20
รากที่2ของผลรวม	8.00	92.62	3.96	121.71	167.35	4,032,860.31

(2) ทำการ Normalize เพื่อปรับสเกลของแต่ละปัจจัยให้ตรงกัน โดยการนำข้อมูลของแต่ละเส้นทางในแต่ละปัจจัยมาหารด้วยรากที่ 2 ของผลรวมของค่าในแถวของปัจจัยนั้น ๆ ดังตาราง 4.5

ตารางที่ 4.5 ค่า Normalize ของข้อมูลเส้นท่อ

น้ำหนัก	0.111	0.074	0.191	0.260	0.242	0.122
ปัจจัย / เส้นทาง	ชนิดของท่อ	อายุของท่อ	ความลึกหลังท่อ	น้ำสูญเสียในเส้นท่อ	จำนวนจุดรั่วในเส้นท่อ	ราคาประมาณการวางท่อ
A	0.375	0.389	0.429	0.274	0.274	0.463
B	0.375	0.410	0.278	0.296	0.193	0.497
C	0.375	0.216	0.202	0.356	0.219	0.182

ตารางที่ 4.5 (ต่อ)

น้ำหนัก	0.111	0.074	0.191	0.260	0.242	0.122
ปัจจัย / เส้นทาง	ชนิดของท่อ	อายุของท่อ	ความลึกหลังท่อ	น้ำสูญเสียในเส้นท่อ	จำนวนจุดรั่วในเส้นท่อ	ราคาประมาณการวางท่อ
D	0.375	0.335	0.454	0.598	0.541	0.171
E	0.375	0.356	0.379	0.304	0.267	0.434
F	0.125	0.216	0.126	0.203	0.621	0.301
G	0.375	0.378	0.278	0.341	0.171	0.424
H	0.375	0.453	0.505	0.321	0.247	0.132

(3) จากนั้นนำค่า Normalize ที่คำนวณได้มาถ่วงน้ำหนัก โดยการนำมาคูณด้วยน้ำหนักของแต่ละปัจจัยที่หาได้จากวิธี AHP ดังตาราง 4.6

ตารางที่ 4.6 ค่า Normalize ถ่วงน้ำหนักของข้อมูลเส้นท่อ

น้ำหนัก	0.111	0.074	0.191	0.260	0.242	0.122
ปัจจัย / เส้นทาง	ชนิดของท่อ	อายุของท่อ	ความลึกหลังท่อ	น้ำสูญเสียในเส้นท่อ	จำนวนจุดรั่วในเส้นท่อ	ราคาประมาณการวางท่อ
A	0.042	0.029	0.082	0.071	0.066	0.056
B	0.042	0.030	0.053	0.077	0.047	0.061
C	0.042	0.016	0.039	0.093	0.053	0.022
D	0.042	0.025	0.087	0.155	0.131	0.021
E	0.042	0.026	0.072	0.079	0.065	0.053
F	0.014	0.016	0.024	0.053	0.150	0.037
G	0.042	0.028	0.053	0.089	0.041	0.052
H	0.042	0.034	0.096	0.083	0.060	0.016

(4) หาค่าอุดมคติเชิงบวก (Positive Ideal Solution: PIS) และ เชิงลบ (Negative Ideal Solution : NIS) ของแต่ละปัจจัยโดยเลือกค่า Max , Min ของชุดข้อมูลในแต่ละปัจจัย โดยที่

-ปัจจัยเรื่องชนิดของท่อ

อุดมคติเชิงบวกจะเป็นค่า Max เนื่องจากยิ่งความรุนแรงมาก ยิ่งมีผลให้ต้องการเปลี่ยนท่อ มากขึ้น

อุดมคติเชิงลบจะเป็นค่า Min เนื่องจากยิ่งความรุนแรงน้อย ยิ่งมีผลให้ต้องการเปลี่ยนท่อ น้อยลง

-ปัจจัยเรื่องอายุของท่อ

อุดมคติเชิงบวกจะเป็นค่า Max เนื่องจากยิ่งอายุของท่อมาก ยิ่งมีผลให้ต้องการเปลี่ยนท่อ มากขึ้น

อุดมคติเชิงลบจะเป็นค่า Min เนื่องจากยิ่งอายุของท่อน้อย ยิ่งมีผลให้ต้องการเปลี่ยนท่อ น้อยลง

-ปัจจัยเรื่องความลึกหลังท่อ

อุดมคติเชิงบวกจะเป็นค่า Max เนื่องจากยิ่งความลึกหลังท่อมาก ยิ่งมีผลให้ต้องการเปลี่ยนท่อ มากขึ้น

อุดมคติเชิงลบจะเป็นค่า Min เนื่องจากยิ่งความลึกหลังท่อน้อย ยิ่งมีผลให้ต้องการเปลี่ยนท่อ น้อยลง

-ปัจจัยเรื่องน้ำสูญเสียในเส้นท่อ

อุดมคติเชิงบวกจะเป็นค่า Max เนื่องจากยิ่งน้ำสูญเสียมาก ยิ่งมีผลให้ต้องการเปลี่ยนท่อ มากขึ้น

อุดมคติเชิงลบจะเป็นค่า Min เนื่องจากยิ่งน้ำสูญเสียน้อย ยิ่งมีผลให้ต้องการเปลี่ยนท่อน้อยลง

-ปัจจัยเรื่องจำนวนจุดรั่วในเส้นท่อ

อุดมคติเชิงบวกจะเป็นค่า Max เนื่องจากยิ่งจำนวนจุดรั่วในเส้นท่อมาก ยิ่งมีผลให้ต้องการเปลี่ยนท่อ มากขึ้น

อุดมคติเชิงลบจะเป็นค่า Min เนื่องจากยิ่งจำนวนจุดรั่วในเส้นท่อน้อย ยิ่งมีผลให้ต้องการเปลี่ยนท่อ น้อยลง

-ปัจจัยเรื่องราคาประมาณการในการวางท่อ

อุดมคติเชิงบวกจะเป็นค่า Min เนื่องจากยิ่งราคาในการวางท่อน้อย ยิ่งมีผลให้ต้องการเปลี่ยนท่อ มากขึ้น

อุดมคติเชิงลบจะเป็นค่า Max เนื่องจากยิ่งราคาในการวางท่อมาก ยิ่งมีผลให้ต้องการเปลี่ยนท่อ น้อยลงจะได้ค่าอุดมคติเชิงบวกและอุดมคติเชิงลบดังตาราง 4.7

ตารางที่ 4.7 ตารางค่าอุดมคติเชิงบวกและลบ ของแต่ละปัจจัย

ปัจจัย	ชนิดของท่อ	อายุของท่อ	ความลึกหลังท่อ	น้ำสูญเสียในเส้นท่อ	จำนวนจุดรั่วในเส้นท่อ	ราคาประมาณการวางท่อ
A+	0.042	0.034	0.096	0.155	0.150	0.016
A-	0.014	0.016	0.024	0.053	0.041	0.061

(5) คำนวณหาระยะห่างของแต่ละข้อมูลทางเลือกกับอุดมคติเชิงบวก (S_{PIS}) และ เชิงลบ (S_{NIS}) โดยคำนวณจากสูตร

อุดมคติเชิงบวก $S_{PIS} = \sqrt{\sum_{j=1}^{n}(Vij - PISj)^2}$

อุดมคติเชิงลบ $S_{NIS} = \sqrt{\sum_{j=1}^{n}(Vij - NISj)^2}$

โดยจะได้ค่าระยะห่างระหว่างค่าของข้อมูลกับค่าอุดมคติเชิงบวกและเชิงลบ แสดงในตาราง 4.8 และ 4.9

ตารางที่ 4.8 แสดงค่าระยะห่างระหว่างแต่ละข้อมูลทางเลือกกับอุดมคติเชิงบวก (S_{PIS})

ปัจจัย	ชนิดของท่อ	อายุของท่อ	ความลึกหลังท่อ	น้ำสูญเสียในเส้นท่อ	จำนวนจุดรั่วในเส้นท่อ	ราคาประมาณการวางท่อ	ผลรวม	ระยะห่างจากอุดมคติเชิงบวก (S_{PIS})
A	0.00000	0.00002	0.00021	0.00705	0.00704	0.00163	0.01595	0.1262942
B	0.00000	0.00001	0.00188	0.00616	0.01070	0.00199	0.02074	0.1440125
C	0.00000	0.00031	0.00335	0.00394	0.00944	0.00004	0.01707	0.1306641
D	0.00000	0.00008	0.00009	0.00000	0.00038	0.00002	0.00057	0.0238542
E	0.00000	0.00005	0.00058	0.00582	0.00732	0.00136	0.01514	0.1230349
F	0.00077	0.00031	0.00523	0.01050	0.00000	0.00042	0.01724	0.1312882
G	0.00000	0.00003	0.00188	0.00445	0.01184	0.00127	0.01947	0.1395325
H	0.00000	0.00000	0.00000	0.00515	0.00815	0.00000	0.01331	0.1153598

ตารางที่ 4.9 แสดงค่าระยะห่างระหว่างแต่ละข้อมูลทางเลือกกับอุดมคติเชิงลบ (S_{NIS})

ปัจจัย	ชนิดของท่อ	อายุของท่อ	ความลึกหลังท่อ	น้ำสูญเสียในเส้นท่อ	จำนวนจุดรั่วในเส้นท่อ	ราคาประมาณการวางท่อ	ผลรวม	ระยะห่างจากอุดมคติเชิงลบ (S_{NIS})
A	0.00077	0.00016	0.00335	0.00034	0.00062	0.00002	0.00527	0.0725614
B	0.00077	0.00021	0.00084	0.00058	0.00003	0.00000	0.00242	0.0492231
C	0.00077	0.00000	0.00021	0.00158	0.00014	0.00148	0.00418	0.0646173
D	0.00077	0.00008	0.00393	0.01050	0.00799	0.00159	0.02486	0.1576655
E	0.00077	0.00011	0.00232	0.00069	0.00054	0.00006	0.00449	0.0670090
F	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.01184	0.00058	0.01241	0.1114116
G	0.00077	0.00014	0.00084	0.00128	0.00000	0.00008	0.00311	0.0558088
H	0.00077	0.00031	0.00523	0.00094	0.00034	0.00199	0.00958	0.0978978

(6) คำนวณหาดัชนีประสิทธิภาพที่ใกล้แนวคิดในอุดมคติมากที่สุด (Closeness Coefficient : CC)

จากสูตร

$$CC_i = \frac{S_{NIS_i}}{S_{PIS_i}+S_{NIS_i}}$$

โดยที่ i หมายถึงจำนวนของทางเลือกที่จะนำมาจัดลำดับความสำคัญ

จะได้ค่าดัชนีประสิทธิภาพที่ใกล้แนวคิดในอุดมคติมากที่สุด (Closeness Coefficient : CC) ของแต่ละเส้นทางดังตาราง 4.10

ตารางที่ 4.10 แสดงค่าดัชนีประสิทธิภาพที่ใกล้แนวคิดในอุดมคติมากที่สุดของแต่ละทางเลือก

เส้นทาง	ตำแหน่ง	ค่าดัชนีประสิทธิภาพที่ใกล้อุดมคติมากที่สุด (CC)
A	ริมถนนประชาชื่น ตั้งแต่สี่แยกเตาปูน ถึง ปากซอยประชาชื่น 19	0.364894947
B	ริมถนนกรุงเทพ-นนทบุรี ฝั่งเลขคู่	0.254731048

ตารางที่ 4.10 (ต่อ)

เส้นทาง	ตำแหน่ง	ค่าดัชนีประสิทธิภาพที่ใกล้อุดมคติมากที่สุด (CC)
C	ซอยแจ้งวัฒนะ 14 ฝั่งซ้ายมือตั้งแต่ปากซอยถึงป้อมยามหน้าตู้ RTU 15-06-04	0.330893302
D	ถนนเตชะวณิชตั้งแต่หน้า SCG ถึงคลองบางซื่อ	0.868586043
E	ถนนพิบูลสงคราม ตั้งแต่หมู่บ้านพิบูลถึงถนนวงศ์สว่าง ซอยวงศ์สว่าง 9	0.352597516
F	ชุมชนตึกแดง ถนนรถไฟ	0.459051106
G	ถนนแจ้งวัฒนะ ตั้งแต่ปากซอยหมู่บ้านพรหมประทาน ถึง กรมทหารปืนใหญ่ต่อสู้อากาศยาน	0.285699089
H	ถนนงามวงศ์วาน ตั้งแต่แยกงามวงวานถึงปากซอยงามวงศ์วาน 45	0.459058887

จากผลการคำนวณและวิเคราะห์ด้วย วิธีการ TOPSIS จะสามารถจัดลำดับความสำคัญของการเลือกปรับปรุงเส้นท่อได้ดัง ตาราง 4.11

ตารางที่ 4.11 แสดงการจัดลำดับความสำคัญก่อน-หลัง จากค่าดัชนีประสิทธิภาพที่ใกล้อุดมคติมากที่สุด

เส้นทาง	ตำแหน่ง	ค่าดัชนีประสิทธิภาพที่ใกล้อุดมคติมากที่สุด (CC)	ลำดับความสำคัญ
D	ถนนเตชะวณิชตั้งแต่หน้า SCG ถึงคลองบางซื่อ	0.868586043	1
H	ถนนงามวงศ์วาน ตั้งแต่แยกงามวงศ์วานถึงปากซอยงามวงศ์วาน 45	0.459058887	2
F	ชุมชนตึกแดง ถนนรถไฟ	0.459051106	3

ตารางที่ 4.11 (ต่อ)

เส้นทาง	ตำแหน่ง	ค่าดัชนีประสิทธิภาพที่ใกล้อุดมคติมากที่สุด (CC)	ลำดับความสำคัญ
A	ริมถนนประชาชื่น ตั้งแต่สี่แยกเตาปูน ถึง ปากซอยประชาชื่น 19	0.364894947	4
E	ถนนพิบูลสงคราม ตั้งแต่หมู่บ้านพิบูลถึงถนนวงศ์สว่าง ซอยวงศ์สว่าง 9	0.352597516	5
C	ซอยแจ้งวัฒนะ 14 ฝั่งซ้ายมือตั้งแต่ปากซอยถึงป้อมยามหน้าตู้ RTU 15-06-04	0.330893302	6
G	ถนนแจ้งวัฒนะ ตั้งแต่ปากซอยหมู่บ้านพรหมประทาน ถึง กรมทหารปืนใหญ่ต่อสู้อากาศยาน	0.285699089	7
B	ริมถนนกรุงเทพ-นนทบุรี ฝั่งเลขคู่	0.254731048	8

โดยจากผลการวิเคราะห์จัดลำดับความสำคัญด้วยวิธีการ TOPSIS จะได้ว่า เส้นทางต่าง ๆ ที่ควรมีการปรับปรุงเส้นท่อเรียงตามลำดับความสำคัญจากมากสุดไปน้อยสุดดังนี้

(1) เส้นทาง D ถนนเตชะวณิชตั้งแต่หน้า SCG ปูนซีเมนต์ไทย ถึงคลองบางซื่อ

(2) เส้นทาง H ถนนงามวงศ์วาน ตั้งแต่แยกงามวงศ์วานถึงปากซอยงามวงศ์วาน 45

(3) เส้นทาง F ชุมชนตึกแดง ถนนรถไฟ

(4) เส้นทาง A ริมถนนประชาชื่น ตั้งแต่สี่แยกเตาปูน ถึง ปากซอยประชาชื่น 19

(5) เส้นทาง E ถนนพิบูลสงคราม ตั้งแต่หมู่บ้านพิบูล ถึง ถนนวงศ์สว่าง ซอยวงศ์สว่าง 9

(6) เส้นทาง C ซอยแจ้งวัฒนะ 14 ฝั่งซ้ายมือตั้งแต่ปากซอยถึงป้อมยามหน้าตู้ RTU 15-06-04

(7) เส้นทาง G ถนนแจ้งวัฒนะ ตั้งแต่ปากซอยหมู่บ้านพรหมประทาน ถึง กรมทหารปืนใหญ่ต่อสู้อากาศยาน

(8) เส้นทาง B ริมถนนกรุงเทพ - นนทบุรี ฝั่งเลขคู่

บทที่ 5
สรุปผลการศึกษาวิจัย

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาวิจัยพบว่า วิธีการ AHP นั้น สามารถนำมาปรับใช้ในการให้ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยต่าง ๆ ที่มีส่วนเกี่ยวข้อง ได้อย่างลงตัว และ เป็นที่ยอมรับของกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ โดยผลลัพธ์ที่ได้มาจากการวิเคราะห์ด้วยวิธี AHP พบว่า ผู้เชี่ยวชาญส่วนใหญ่ได้ให้น้ำหนักความสำคัญไปที่ ปัจจัยด้านน้ำสูญเสียภายในเส้นท่อมากที่สุด รองลงมาเป็นปัจจัยด้านจำนวนจุดรั่วภายในเส้นท่อ และ ปัจจัยด้านความลึกหลังท่อตามลำดับ และเนื่องจากผลที่ได้มาจากการวิเคราะห์นั้น ก็นำมาจากการวิเคราะห์ผลของแบบสอบถามที่ให้กลุ่มผู้เชี่ยวชาญเป็นคนตอบนั่นเอง ส่วนวิธีการ TOPSIS นั้นก็สามารถนำมาใช้เป็นตัวช่วยในการเลือกเส้นทางจากทางเลือกต่าง ๆ ได้ อย่างเหมาะสมเช่นกัน ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์นั้น ได้ระบุว่า เส้นทาง เส้นทาง D (บริเวณถนนเตชวณิชตั้งแต่หน้า SCG ปูนซีเมนต์ไทย ถึงคลองบางซื่อ) นั้นมีความสำคัญและควรจะมีการปรับปรุงเป็นอันดับแรก ตามมาด้วย เส้นทาง H (บริเวณถนนงามวงศ์วาน ตั้งแต่แยกงามวงศ์วานถึงปากซอยงามวงศ์วาน 45) และ เส้นทาง F (บริเวณชุมชนตึกแดง ถนนรถไฟ) ในอันดับที่ 2 และ 3 ตามลำดับ ซึ่งผลที่ออกมานั้นเป็นที่ยอมรับได้ และถือได้ว่ามีความใกล้เคียงกับการพิจารณาเพื่อปรับปรุงเส้นท่อจริง โดยที่ความเป็นจริงแล้ว อาจจะมีปัจจัยอื่น ๆ มากกว่านี้เข้ามาเกี่ยวข้อง ซึ่งผู้วิจัยจะได้ทำการศึกษา ปรับแก้ต่อไปในอนาคต

5.2 ประโยชน์ที่ได้รับ

5.2.1 ช่วยลดระยะเวลาในการพิจารณาเลือกเส้นทางในการปรับปรุงเส้นท่อ โดยปรกตินั้นจะมีวิธีการเลือกปรับปรุงเส้นท่อในเส้นทางต่าง ๆ ซึ่งต้องผ่านการวิเคราะห์จากหลายส่วนงาน โดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนต่าง ๆ ซึ่งถ้ามีวิธีการวิเคราะห์จัดลำดับความสำคัญด้วย วิธีการ AHP และ TOPSIS จะทำให้ง่ายต่อการจัดลำดับความสำคัญของเส้นท่อที่จะนำมาปรับปรุง

5.2.2 เกิดการมีส่วนร่วมและลดความขัดแย้งของทุกส่วนงานที่รับผิดชอบเกี่ยวกับเรื่องน้ำสูญเสีย เนื่องจากแบบสอบถามที่ได้เก็บข้อมูลมานั้น ได้เก็บข้อมูลมาจากผู้เชี่ยวชาญด้านงานลดน้ำสูญเสียในทุก ๆ ส่วน ทำให้เกณฑ์และน้ำหนักต่าง ๆ ที่นำมาวิเคราะห์นั้น ค่อนข้างเป็นมาตรฐานและยอมรับได้

5.2.3 สามารถนำไปต่อยอดต่าง ๆ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ เช่น มีการกำหนดเกณฑ์หรือปัจจัย ที่มากยิ่งขึ้นในอนาคต เพื่อให้ผลลัพธ์ที่ออกมาใกล้เคียงความเป็นจริงมากยิ่งขึ้น หรือ นำมาทำเป็น Software หรือ Macro Excel เพื่อให้ง่ายต่อการใช้งาน เป็นต้น

5.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางการทำวิจัยในอนาคต

5.3.1 การที่มีปัจจัยทางเลือกและเกณฑ์ต่าง ๆ ที่มาก ส่งผลให้จำนวนแบบสอบถามที่ต้องตอบมีมากขึ้น จึงทำให้ผู้ตอบแบบสอบถามเกิดการเบื่อหน่ายหรือทำให้เสียเวลา ส่งผลให้เกิดการตอบแบบสอบถามแบบขอไปที ไม่ได้คิดวิเคราะห์ให้ถี่ถ้วน จึงทำให้เกิดความไม่สอดคล้องของข้อมูล ทั้งนี้ผู้วิจัยจึงได้นำวิธีการ TOPSIS เข้ามาช่วยเพื่อลดจำนวนแบบสอบถามที่ผู้ตอบแบบสอบถามต้องตอบ เพื่อให้ผู้ตอบนั้นมีเวลาคิด วิเคราะห์อย่างถี่ถ้วน ส่งผลให้ข้อมูลมีความสอดคล้องกัน

5.3.2 สำหรับปัจจัยต่าง ๆ ที่นำวิเคราะห์น้ำหนักนั้น ควรมีการปรับปรุงข้อมูลต่าง ๆ ให้เป็นปัจจุบันเช่น ชนิดของท่อ แนวท่อ เป็นต้น

5.3.3 ในอนาคตอาจจะมีปัจจัยอื่น ๆ ที่มีผลต่อการตัดสินใจในการเลือกปรับปรุงเส้นท่อที่มากขึ้น เช่น การพัฒนาของวัสดุต่าง ๆ ที่ใช้ผลิตท่อ

5.3.4 สามารถนำมาเขียนเป็น Code โปรแกรมสำเร็จรูป หรือ Macro Excel เพื่อให้ง่ายต่อการใช้งานมากยิ่งขึ้น

5.3.5 ในอนาคตอาจจะนำวิธีการนี้ ไปประยุกต์ปรับใช้กับท่อขนาดใหญ่ขึ้น เช่น ท่อประธาน โดยอาจจะมีการเลือกปัจจัยอื่น ๆ ที่สอดคล้องกับสถานการณ์นั้น ๆ มาทำการวิเคราะห์

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

การประปานครหลวง (2560) รายงานประจำปี 2560, 48

การประปานครหลวง (2551) *เอกสารการอบรมงานลดน้ำสูญเสีย พนักงานระดับ 3 ฝ่ายฝึกอบรมธุรกิจประปา กรุงเทพฯ*

ข้อมูลหน่วยงาน การประปานครหลวง, http://intra.mwa.co.th (2561)

ทำความรู้จักกับกับอุปกรณ์ DMA ,การประปานครหลวง,KM/LO (2551)

สราวุธ เพชรพิศาล (2553).*ปัจจัยที่ใช้ในการประเมินสภาพท่อ งานปรับปรุงท่อจ่ายน้ำเพื่อลดน้ำสูญเสียของสำนักงานประปาสาขา การประปานครหลวง.* , มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาสกร เจริญองอาจ (2548).*การวางแผนการปรับปรุงระบบท่อประปาอย่างเหมาะสมด้วย Differential Evolution (DE).*,มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สุกิจ มูสิกพันธ์ (2549).*ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์สำหรับงานบำรุงรักษาระบบท่อประปา.* , มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กวินภพ ศรีวัฒนานุศาสตร์ และ ปนิทัศน์ สุริยธนาภาส (2560).*การคัดเลือกผู้จัดส่งวัตถุดิบโดยใช้วิธีการ TOPSIS และ ROC : กรณีศึกษาอุตสาหกรรมร้านอาหาร.*วารสารวิจัยและพัฒนา มจธ. ปีที่ 40 ฉบับที่ 3

กระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้น Analytic Hierarchy Process: AHP สถาบันเทคโนโลยีป้องกันประเทศ (องค์การมหาชน) / www.dti.or.th

กิตติพงษ์ รักษ์เจริญ (2557) .*การศึกษาระบบการขนส่งและเลือกทำเลที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้า กรณีศึกษา : ธุรกิจรับจัดการขนส่งสินค่าของธุรกิจค้าปลีก* , มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

อภิรดี สรวิสูตร (2559).*การตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์: เปรียบเทียบแนวคิดและวิธีการระหว่าง SAW AHP และ TOPSIS* , วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ ปีที่ 8 ฉบับที่ 2

ณัฐพร สว่างวงศ์สิน (2555).*การประยุกต์ใช้กระบวนการ AHP ในการประเมินผู้ขาย : กรณีศึกษา ธุรกิจค้าปลีกสินค้ากลุ่มห้องน้ำ* , มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ปุณยนุช อยู่รอด (2552).*การประยุกต์ใช้วิธีการ AHP ในการคัดเลือกบริษัทขนส่ง : กรณีศึกษาธนาคารพาณิชย์* , มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

จุฑาภรณ์ เชื้อทอง (2552).*การประยุกต์ใช้กระบวนการ AHP เพื่อเลือกผู้แทนจำหน่ายคอมพิวเตอร์โน๊ตบุ๊คที่เหมาะสม* , มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

วรพจน์ มีถม (2553).*กระบวนการลำดับขั้นเชิงวิเคราะห์ (Analytic Hierarchy Process)* , วารสารบริหารธุรกิจเทคโนโลยีมหานคร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร ปีที่ 7 ฉบับที่ 3

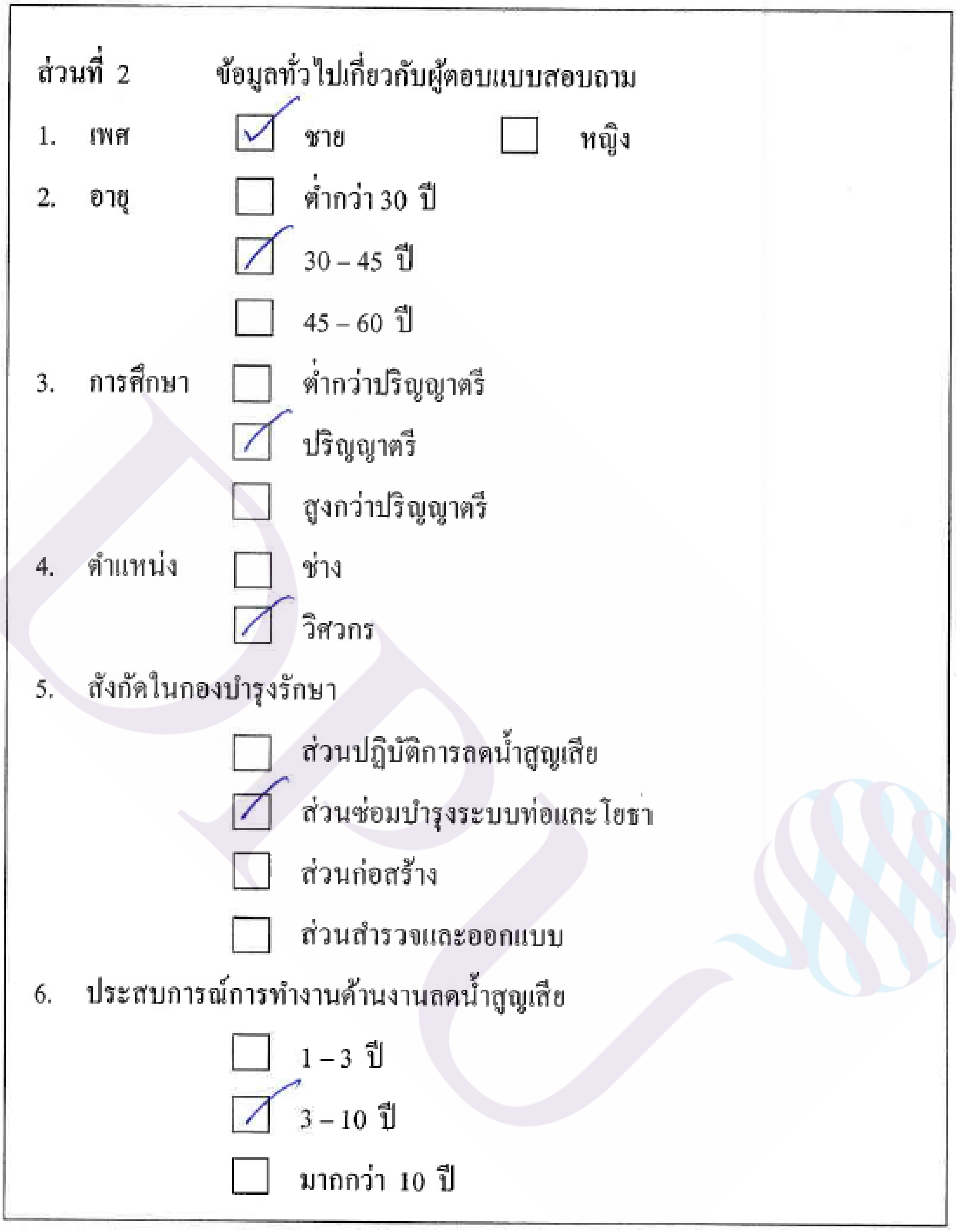
รพิกร ฉลองสัพพัญญู และ จันทร์จิรา พยัคฆ์เพศ (2557).*การประยุกต์ AHP สาหรับการตัดสินใจเลือกหอพัก: หอพักเอกชนบริเวณมหาวิทยาลัยนเรศวร* , มหาวิทยาลัยนเรศวร

ชมัยพร รัศมิทัต (2552).*การตัดสินใจเลือกผู้ผลิตกระจกด้วยกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์กรณีศึกษาบริษัทผู้ผลิตบานประตูหน้าต่าง* , มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ขวัญพัฒน์ วงศ์วิเศษ,บุษบา พฤกษาพันธุ์รัตน์,มณฑลี ศาสนนันทน์ (2542).*การสร้างตัวแบบช่วยตัดสินใจในการออกแบบผลิตภัณฑ์ไฟฟ้า และอิเลคทรอนิคส์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม* , มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

วันชัย รัตนวงษ์ (2542).*การใช้เทคนิค AHP ในการตัดสินใจเลือกสร้างต้นแบบชิ้นส่วนรถยนต์จากเครื่อง CNC และ RP.* , มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย

ภาคผนวก



ส่วนที่ 2 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับผู้ตอบแบบสอบถาม

1. เพศ ☑ ชาย ☐ หญิง

2. อายุ
   - ☐ ต่ำกว่า 30 ปี
   - ☑ 30 – 45 ปี
   - ☐ 45 – 60 ปี

3. การศึกษา
   - ☐ ต่ำกว่าปริญญาตรี
   - ☑ ปริญญาตรี
   - ☐ สูงกว่าปริญญาตรี

4. ตำแหน่ง
   - ☐ ช่าง
   - ☑ วิศวกร

5. สังกัดในกองบำรุงรักษา
   - ☐ ส่วนปฏิบัติการลดน้ำสูญเสีย
   - ☑ ส่วนซ่อมบำรุงระบบท่อและโยธา
   - ☐ ส่วนก่อสร้าง
   - ☐ ส่วนสำรวจและออกแบบ

6. ประสบการณ์การทำงานด้านงานลดน้ำสูญเสีย
   - ☐ 1 – 3 ปี
   - ☑ 3 – 10 ปี
   - ☐ มากกว่า 10 ปี

ภาพที่ 1 ตัวอย่างแบบสอบถามจากผู้เชี่ยวชาญคนที่ 6 (1)

กำหนดให้ ตัวแปร แทนค่าปัจจัยที่มีผลต่อการพิจารณาปรับปรุงเส้นท่อ ดังนี้

A = ปัจจัยเรื่องชนิดของท่อ

B = ปัจจัยเรื่องอายุของท่อ

C = ปัจจัยเรื่องความลึกหลังท่อ

D = ปัจจัยเรื่องราคาที่ใช้ในการปรับปรุงเส้นท่อ

E = ปัจจัยเรื่องจำนวนจุดรั่วที่เกิดในเส้นท่อต่อความยาวท่อ 1 กิโลเมตร

F = ปัจจัยเรื่องปริมาณน้ำสูญเสียในเส้นท่อ

ตารางเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยต่าง ๆ

ปัจจัย	ปัจจัยแรกมีความสำคัญมากกว่าปัจจัยหลัง								เท่ากัน	ปัจจัยหลังมีความสำคัญมากกว่าปัจจัยแรก								ปัจจัย
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
A									X									B
A							X											C
A									X									D
A											X							E
A											X							F
B										X								C
B								X										D
B												X						E
B											X							F
C								X										D
C										X								E
C										X								F
D											X							E
D												X						F
E									X									F

ภาพที่ 2 ตัวอย่างแบบสอบถามจากผู้เชี่ยวชาญคนที่ 6 (2)

ส่วนที่ 2 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับผู้ตอบแบบสอบถาม

1. เพศ ☑ ชาย ☐ หญิง
2. อายุ
   - ☐ ต่ำกว่า 30 ปี
   - ☑ 30 – 45 ปี
   - ☐ 45 – 60 ปี
3. การศึกษา
   - ☐ ต่ำกว่าปริญญาตรี
   - ☑ ปริญญาตรี
   - ☐ สูงกว่าปริญญาตรี
4. ตำแหน่ง
   - ☐ ช่าง
   - ☑ วิศวกร
5. สังกัดในกองบำรุงรักษา
   - ☑ ส่วนปฏิบัติการลดน้ำสูญเสีย
   - ☐ ส่วนซ่อมบำรุงระบบท่อและโยธา
   - ☐ ส่วนก่อสร้าง
   - ☐ ส่วนสำรวจและออกแบบ
6. ประสบการณ์การทำงานด้านงานลดน้ำสูญเสีย
   - ☐ 1 – 3 ปี
   - ☑ 3 – 10 ปี
   - ☐ มากกว่า 10 ปี

ภาพที่ 3 ตัวอย่างแบบสอบถามจากผู้เชี่ยวชาญคนที่ 2 (1)

กำหนดให้ ตัวแปร แทนค่าปัจจัยที่มีผลต่อการพิจารณาปรับปรุงเส้นท่อ ดังนี้

A = ปัจจัยเรื่องชนิดของท่อ

B = ปัจจัยเรื่องอายุของท่อ

C = ปัจจัยเรื่องความลึกหลังท่อ

D = ปัจจัยเรื่องราคาที่ใช้ในการปรับปรุงเส้นท่อ

E = ปัจจัยเรื่องจำนวนจุดรั่วที่เกิดในเส้นท่อต่อความยาวท่อ 1 กิโลเมตร

F = ปัจจัยเรื่องปริมาณน้ำสูญเสียในเส้นท่อ

ตารางเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยต่าง ๆ

ปัจจัย	ปัจจัยแรกมีความสำคัญมากกว่าปัจจัยหลัง								เท่ากัน	ปัจจัยหลังมีความสำคัญมากกว่าปัจจัยแรก								ปัจจัย
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
A					✓													B
A									✓									C
A								✓										D
A											✓							E
A										✓								F
B										✓								C
B									✓									D
B											✓							E
B											✓							F
C								✓										D
C									✓									E
C										✓								F
D										✓								E
D											✓							F
E										✓								F

ภาพที่ 4 ตัวอย่างแบบสอบถามจากผู้เชี่ยวชาญคนที่ 2 (2)

ส่วนที่ 2 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับผู้ตอบแบบสอบถาม

1. เพศ ☑ ชาย ☐ หญิง

2. อายุ
- ☐ ต่ำกว่า 30 ปี
- ☑ 30 – 45 ปี
- ☐ 45 – 60 ปี

3. การศึกษา
- ☐ ต่ำกว่าปริญญาตรี
- ☐ ปริญญาตรี
- ☑ สูงกว่าปริญญาตรี

4. ตำแหน่ง
- ☐ ช่าง
- ☑ วิศวกร

5. สังกัดในกองบำรุงรักษา
- ☐ ส่วนปฏิบัติการลดน้ำสูญเสีย
- ☐ ส่วนซ่อมบำรุงระบบท่อและโยธา
- ☐ ส่วนก่อสร้าง
- ☑ ส่วนสำรวจและออกแบบ

6. ประสบการณ์การทำงานด้านงานลดน้ำสูญเสีย
- ☐ 1 – 3 ปี
- ☑ 3 – 10 ปี
- ☐ มากกว่า 10 ปี

ภาพที่ 5 ตัวอย่างแบบสอบถามจากผู้เชี่ยวชาญคนที่ 10 (1)

กำหนดให้ ตัวแปร แทนค่าปัจจัยที่มีผลต่อการพิจารณาปรับปรุงเส้นท่อ ดังนี้

A = ปัจจัยเรื่องชนิดของท่อ

B = ปัจจัยเรื่องอายุของท่อ

C = ปัจจัยเรื่องความลึกหลังท่อ

D = ปัจจัยเรื่องราคาที่ใช้ในการปรับปรุงเส้นท่อ

E = ปัจจัยเรื่องจำนวนจุดรั่วที่เกิดในเส้นท่อต่อความยาวท่อ 1 กิโลเมตร

F = ปัจจัยเรื่องปริมาณน้ำสูญเสียในเส้นท่อ

ตารางเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยต่าง ๆ

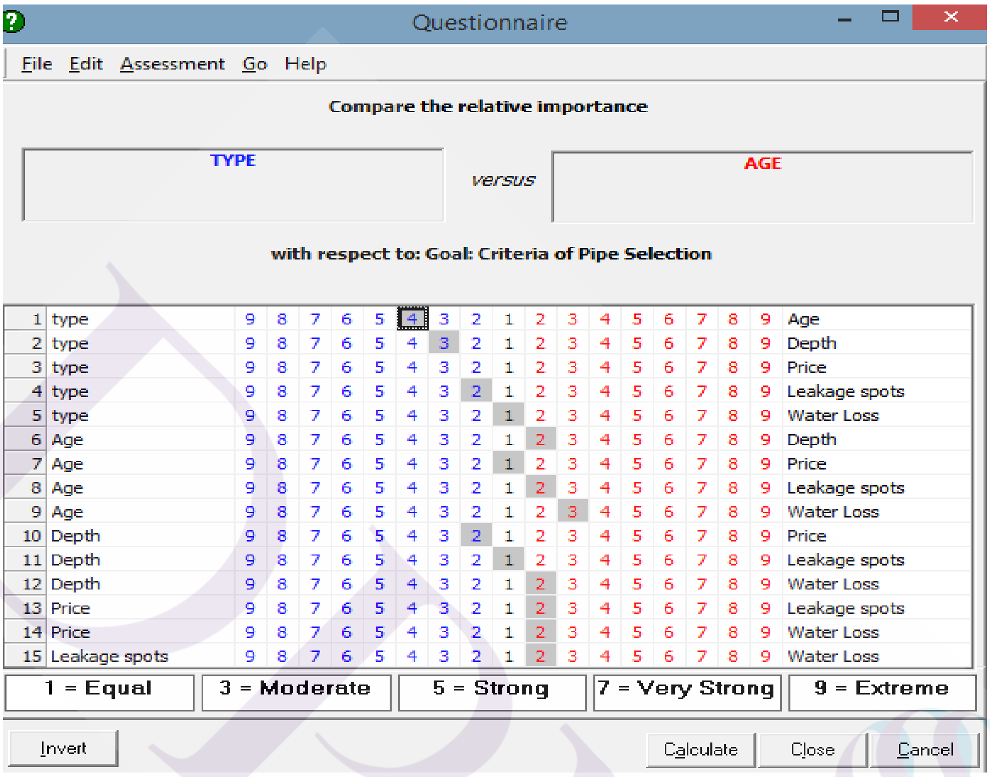
ปัจจัย	ปัจจัยแรกมีความสำคัญมากกว่าปัจจัยหลัง								เท่ากัน	ปัจจัยหลังมีความสำคัญมากกว่าปัจจัยแรก								ปัจจัย
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
A							✓											B
A								✓										C
A											✓							D
A										✓								E
A										✓								F
B											✓							C
B												✓						D
B										✓								E
B											✓							F
C										✓								D
C								✓										E
C										✓								F
D								✓										E
D								✓										F
E										✓								F

ภาพที่ 6 ตัวอย่างแบบสอบถามจากผู้เชี่ยวชาญคนที่ 10 (2)

ผลลัพธ์ของแบบสอบถาม

สำหรับกลุ่มตัวอย่างที่ได้นำมาตอบแบบสอบถามประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญที่ทำงานทางด้านลดน้ำสูญเสีย จำนวน 20 คนได้ผลดังนี้

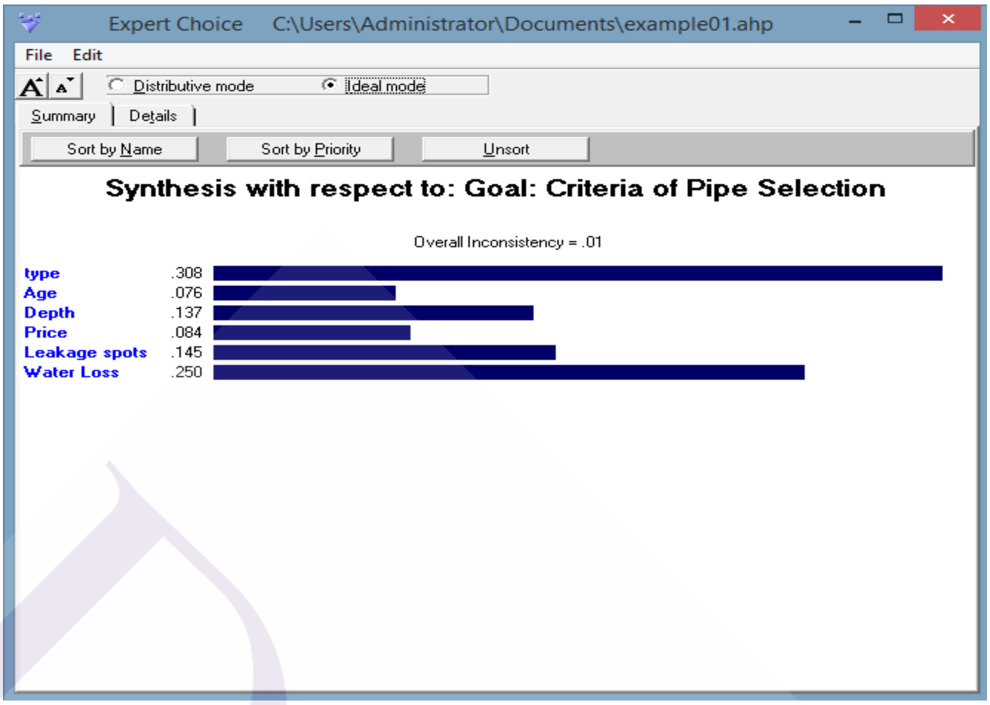
(1) ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 1



ภาพที่ 7 ผลลัพธ์ของแบบสอบถามของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 1

ตารางที่ 1 ผลลัพธ์ของแบบสอบถามของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 1

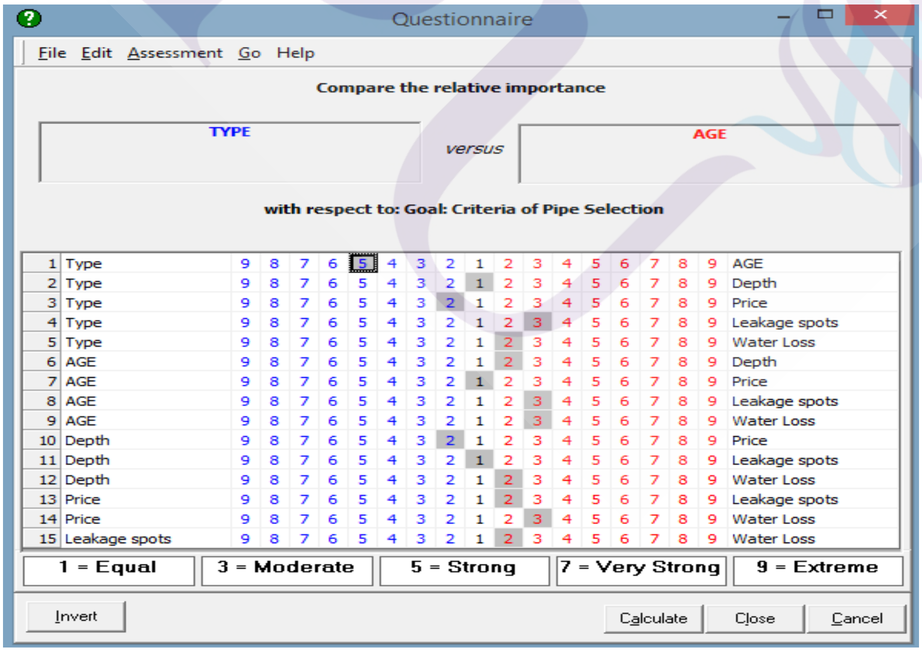
ตัวอย่างที่ 1	ชนิดของเส้นท่อ	อายุของเส้นท่อ	ความลึกหลังท่อ	ราคาประมาณการวางท่อ	จำนวนจุดรั่วในเส้นท่อ	น้ำสูญเสียในเส้นท่อ
ชนิดของเส้นท่อ		4	3	4	2	1
อายุของเส้นท่อ	1/4		1/2	1	1/2	1/3
ความลึกหลังท่อ	1/3	2		2	1	1/2
ราคาประมาณการวางท่อ	1/4	1	1/2		1/2	1/2
จำนวนจุดรั่วในเส้นท่อ	1/2	2	1	2		1/2
น้ำสูญเสียในเส้นท่อ	1	3	2	2	2	



ภาพที่ 8 ผลลัพธ์ของการวิเคราะห์แบบสอบถามของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 1 ด้วยวิธี AHP

จากรูปที่ 8 จะเห็นได้ว่า ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 1 ได้ให้น้ำหนักความสำคัญของชนิดของเส้นท่อมากที่สุด = 0.308 โดยมีค่าความสอดคล้อง (Consistency Ratio : CR) = 0.01

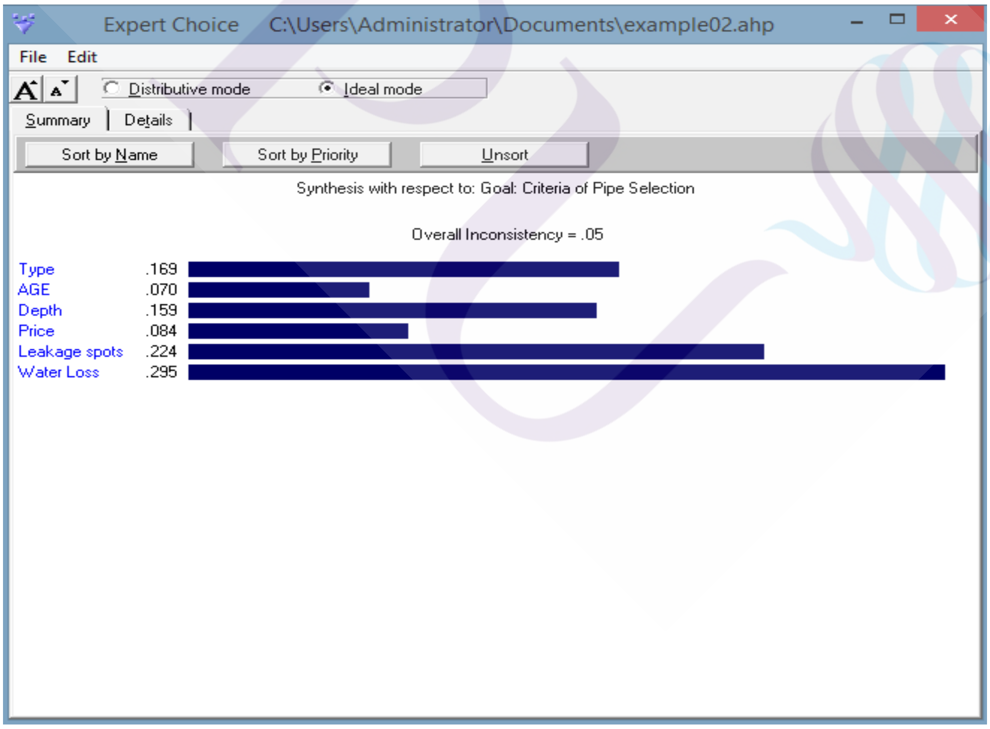
(2) ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 2



ภาพที่ 9 ผลลัพธ์ของแบบสอบถามของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 2

ตารางที่ 2 ผลลัพธ์ของแบบสอบถามของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 2

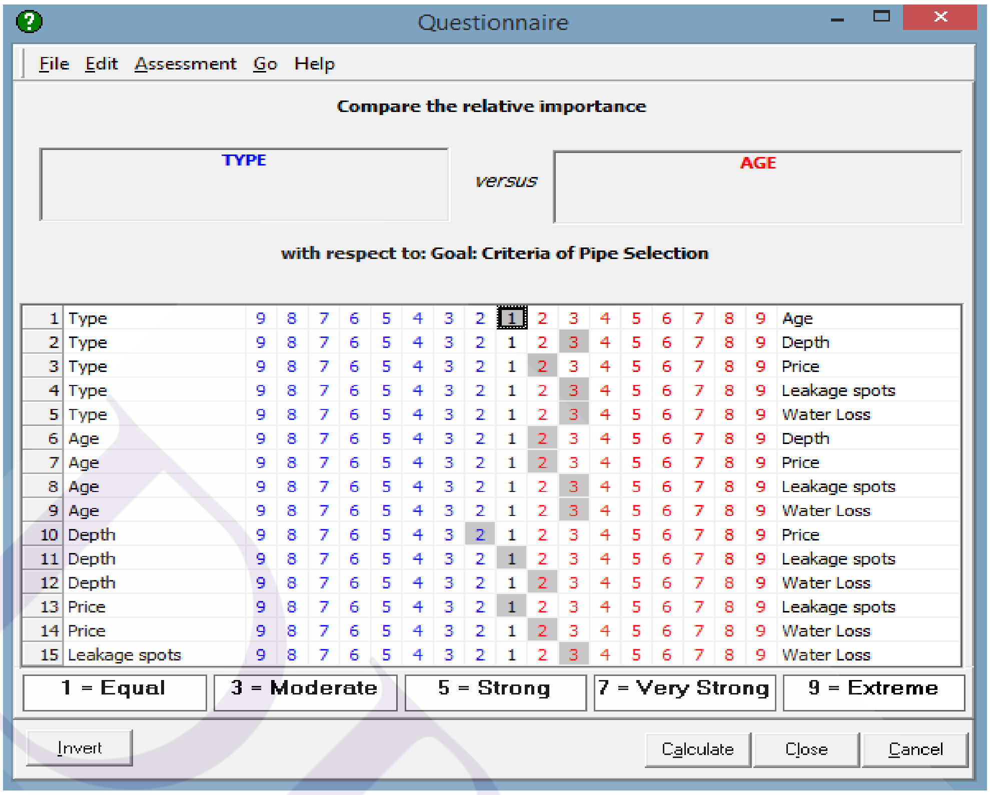
ปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกปรับปรุงเส้นท่อ						
ตัวอย่างที่ 2	ชนิดของเส้นท่อ	อายุของเส้นท่อ	ความลึกหลังท่อ	ราคาประมาณการวางท่อ	จำนวนจุดรั่วในเส้นท่อ	น้ำสูญเสียในเส้นท่อ
ชนิดของเส้นท่อ		5	1	2	1/3	1/2
อายุของเส้นท่อ	1/5		1/2	1	1/3	1/3
ความลึกหลังท่อ	1	2		2	1	1/2
ราคาประมาณการวางท่อ	1/2	1	1/2		1/2	1/3
จำนวนจุดรั่วในเส้นท่อ	3	3	1	2		1/2
น้ำสูญเสียในเส้นท่อ	2	3	2	3	2	



ภาพที่ 10 ผลลัพธ์ของการวิเคราะห์แบบสอบถามของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 2 ด้วยวิธี AHP

จากภาพที่ 10 จะเห็นได้ว่า ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 2 ได้ให้น้ำหนักความสำคัญของน้ำสูญเสียในเส้นท่อมากที่สุด = 0.295 โดยมีค่าความสอดคล้อง (Consistency Ratio : CR) = 0.05

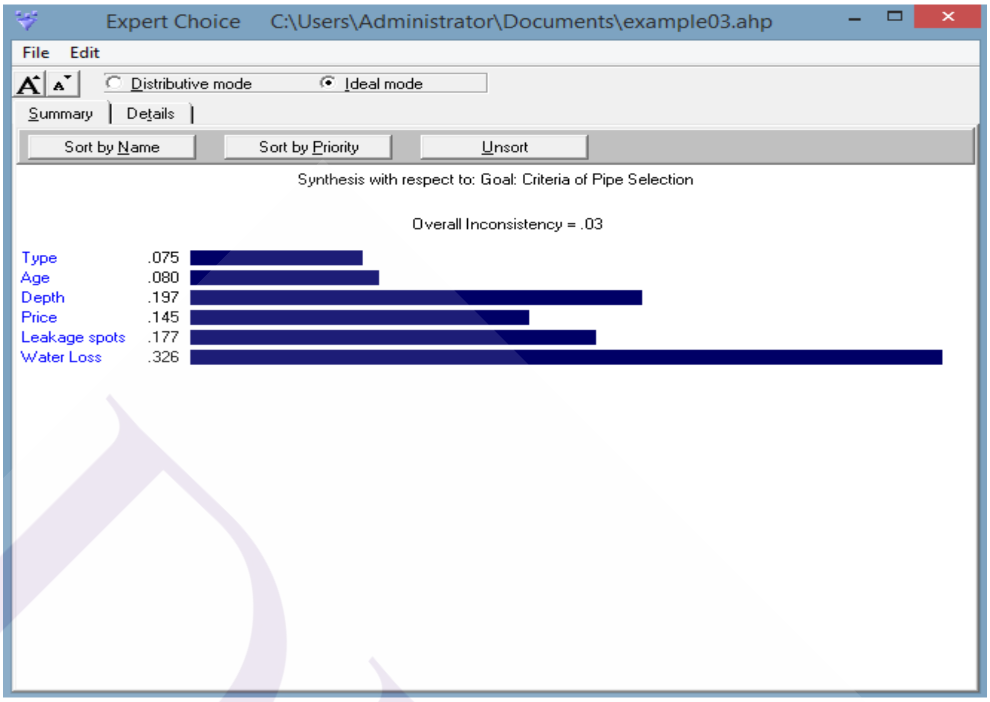
(3) ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 3



ภาพที่ 11 ผลลัพธ์ของแบบสอบถามของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 3

ตารางที่ 3 ผลลัพธ์ของแบบสอบถามของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 3

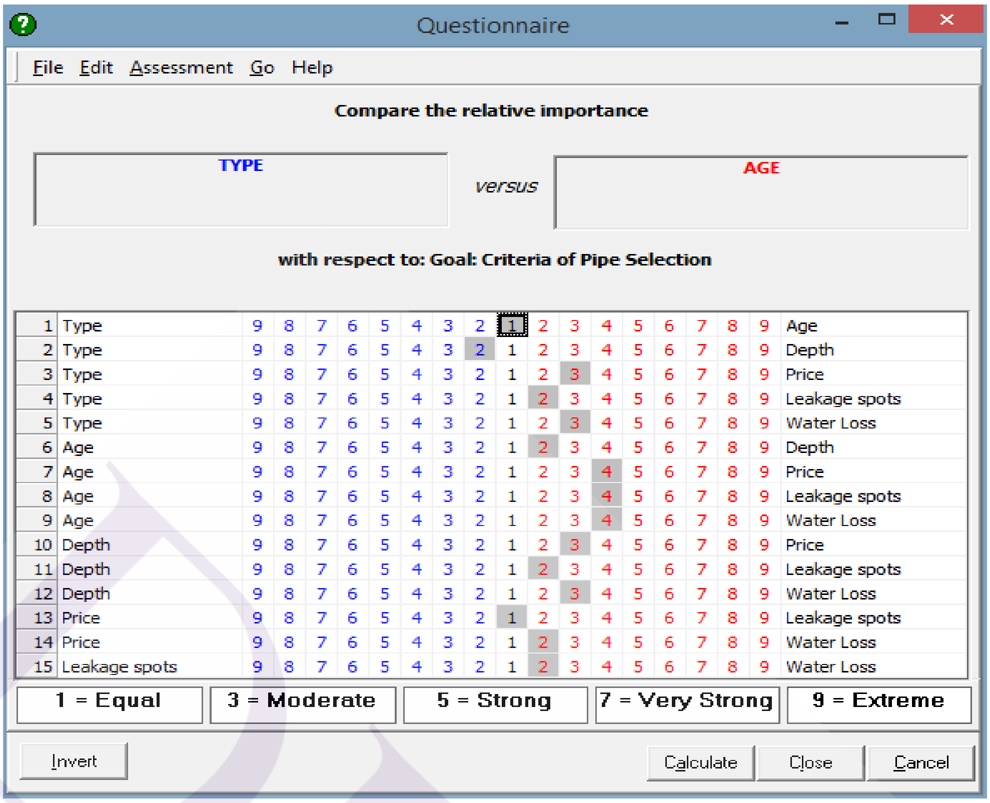
ปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกปรับปรุงเส้นท่อ						
ตัวอย่างที่ 3	ชนิดของเส้นท่อ	อายุของเส้นท่อ	ความลึกหลังท่อ	ราคาประมาณการวางท่อ	จำนวนจุดรั่วในเส้นท่อ	น้ำสูญเสียในเส้นท่อ
ชนิดของเส้นท่อ		1	1/3	1/2	1/3	1/3
อายุของเส้นท่อ	1		1/2	1/2	1/3	1/3
ความลึกหลังท่อ	3	2		2	1	1/2
ราคาประมาณการวางท่อ	2	2	1/2		1	1/2
จำนวนจุดรั่วในเส้นท่อ	3	3	1	1		1/3
น้ำสูญเสียในเส้นท่อ	3	3	2	2	3	



ภาพที่ 12 ผลลัพธ์ของการวิเคราะห์แบบสอบถามของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 3 ด้วยวิธี AHP

จากภาพที่ 12 จะเห็นได้ว่า ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 3 ได้ให้น้ำหนักความสำคัญของน้ำสูญเสียในเส้นท่อมากที่สุด = 0.326 โดยมีค่าความสอดคล้อง (Consistency Ratio : CR) = 0.03

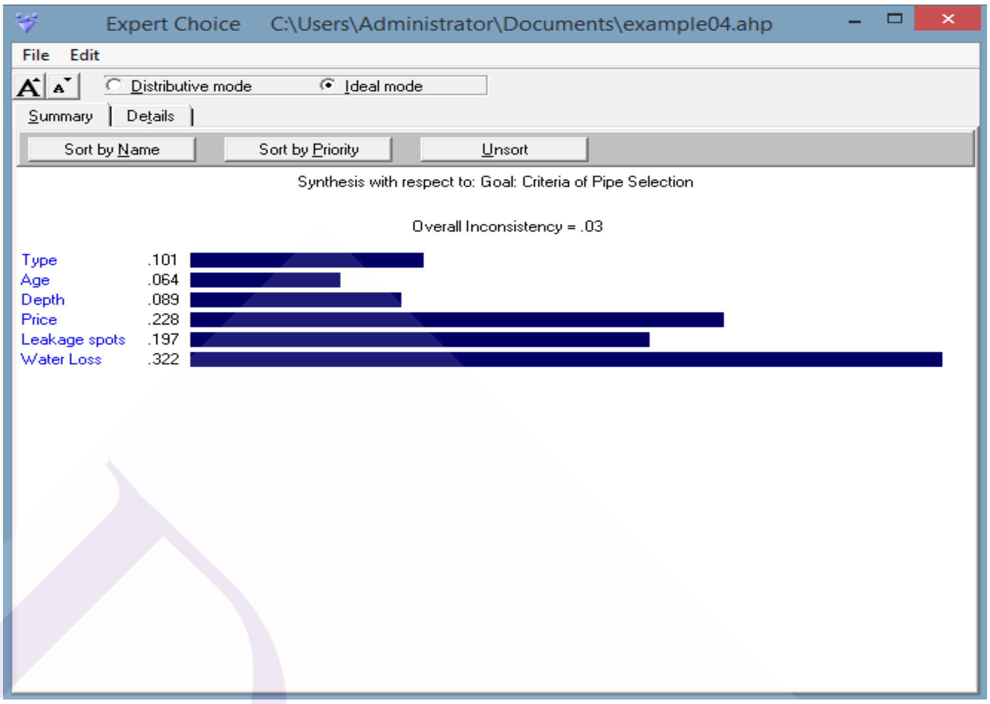
(4) ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 4



ภาพที่ 13 ผลลัพธ์ของแบบสอบถามของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 4

ตารางที่ 4 ผลลัพธ์ของแบบสอบถามของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 4

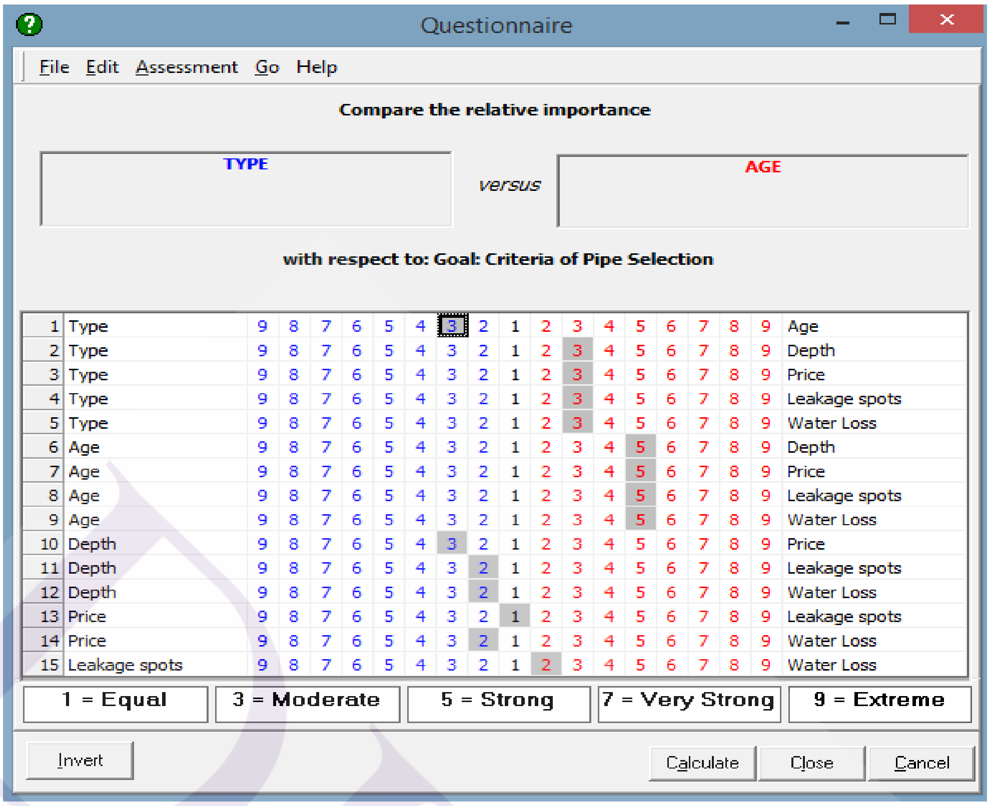
ปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกปรับปรุงเส้นท่อ						
ตัวอย่างที่ 4	ชนิดของเส้นท่อ	อายุของเส้นท่อ	ความลึกหลังท่อ	ราคาประมาณการวางท่อ	จำนวนจุดรั่วในเส้นท่อ	น้ำสูญเสียในเส้นท่อ
ชนิดของเส้นท่อ		1	2	1/3	1/2	1/3
อายุของเส้นท่อ	1		1/2	1/4	1/4	1/4
ความลึกหลังท่อ	1/2	2		1/3	1/2	1/3
ราคาประมาณการวางท่อ	3	4	3		1	1/2
จำนวนจุดรั่วในเส้นท่อ	2	4	2	1		1/2
น้ำสูญเสียในเส้นท่อ	3	4	3	2	2	



ภาพที่ 14 ผลลัพธ์ของการวิเคราะห์แบบสอบถามของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 4 ด้วยวิธี AHP

จากภาพที่ 14 จะเห็นได้ว่า ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 4 ได้ให้น้ำหนักความสำคัญของน้ำสูญเสียในเส้นท่อมากที่สุด = 0.322 โดยมีค่าความสอดคล้อง (Consistency Ratio : CR) = 0.03

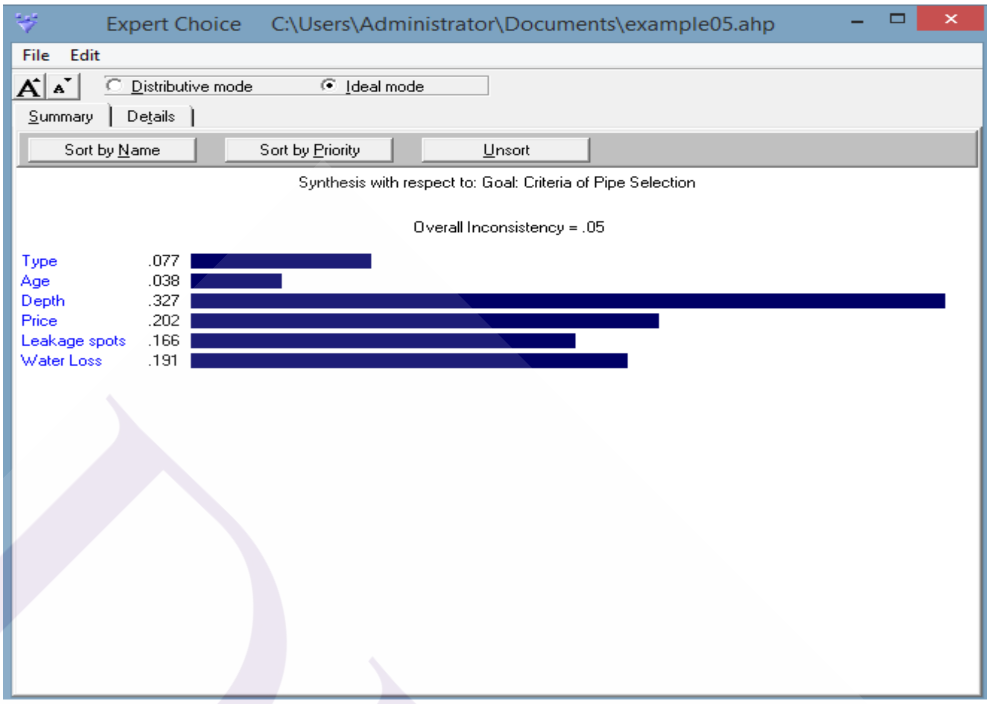
(5) ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 5



ภาพที่ 15 ผลลัพธ์ของแบบสอบถามของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 5

ตารางที่ 5 ผลลัพธ์ของแบบสอบถามของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 5

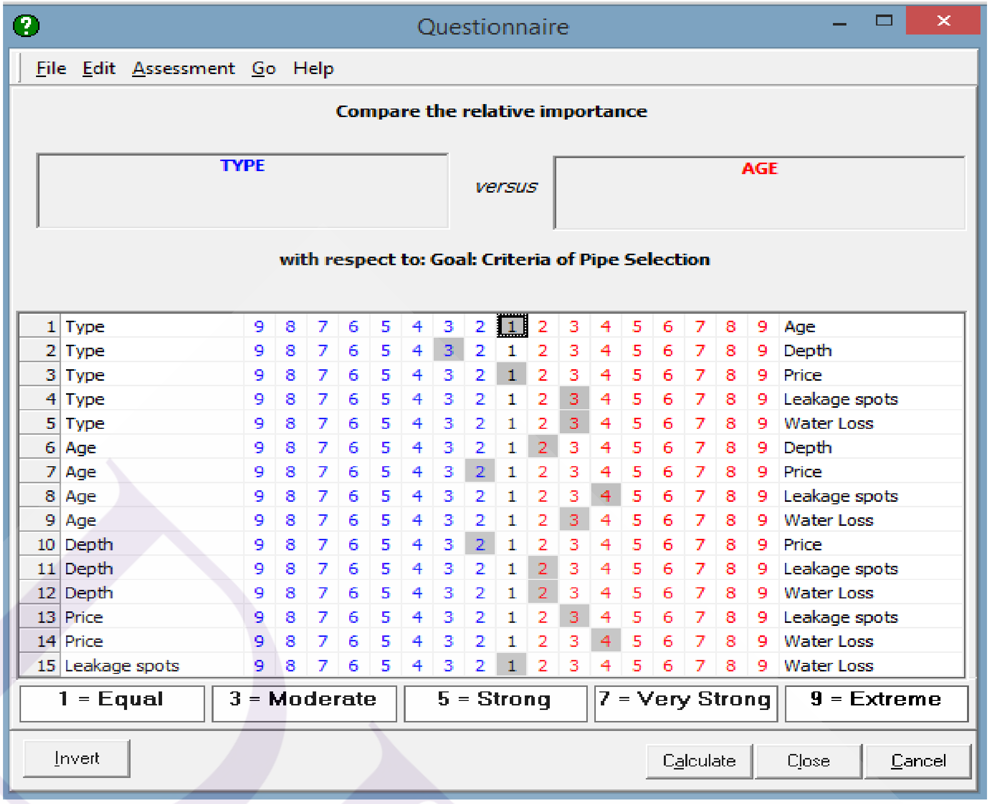
ปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกปรับปรุงเส้นท่อ						
ตัวอย่างที่ 5	ชนิดของเส้นท่อ	อายุของเส้นท่อ	ความลึกหลังท่อ	ราคาประมาณการวางท่อ	จำนวนจุดรั่วในเส้นท่อ	น้ำสูญเสียในเส้นท่อ
ชนิดของเส้นท่อ		3	1/3	1/3	1/3	1/3
อายุของเส้นท่อ	1/3		1/5	1/5	1/5	1/5
ความลึกหลังท่อ	3	5		3	2	2
ราคาประมาณการวางท่อ	3	5	1/3		1	2
จำนวนจุดรั่วในเส้นท่อ	3	5	1/2	1		1/2
น้ำสูญเสียในเส้นท่อ	3	5	1/2	1/2	2	



ภาพที่ 16 ผลลัพธ์ของการวิเคราะห์แบบสอบถามของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 5 ด้วยวิธี AHP

จากภาพที่ 16 จะเห็นได้ว่า ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 5 ได้ให้น้ำหนักความสำคัญของความลึกหลังท่อมากที่สุด = 0.327 โดยมีค่าความสอดคล้อง (Consistency Ratio : CR) = 0.05

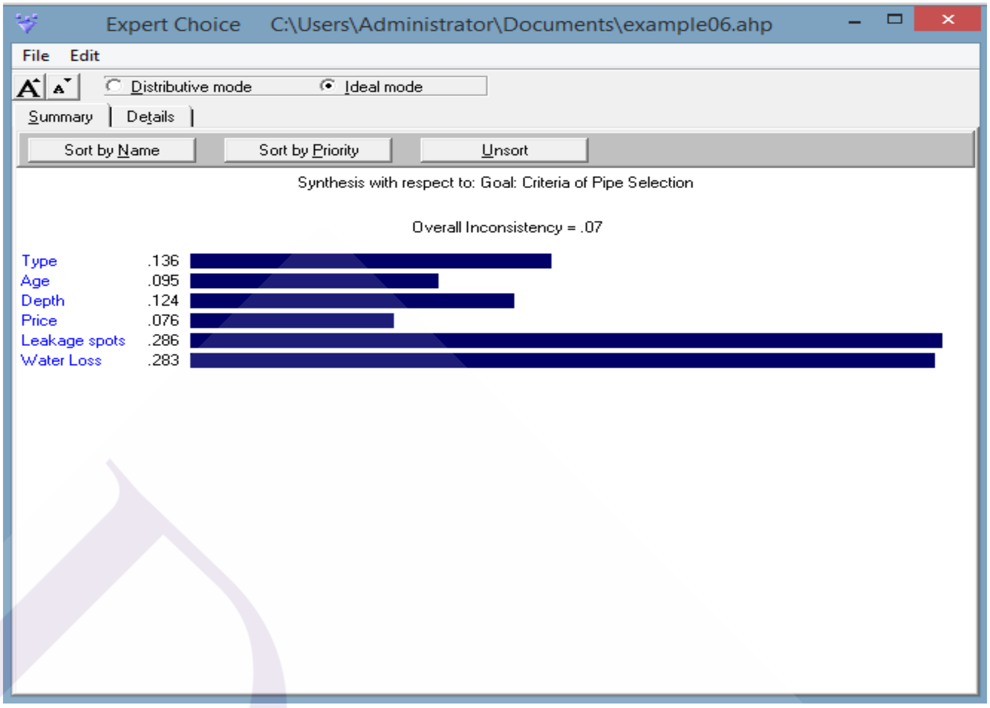
(6) ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 6



ภาพที่ 17 ผลลัพธ์ของแบบสอบถามของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 6

ตารางที่ 6 ผลลัพธ์ของแบบสอบถามของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 6

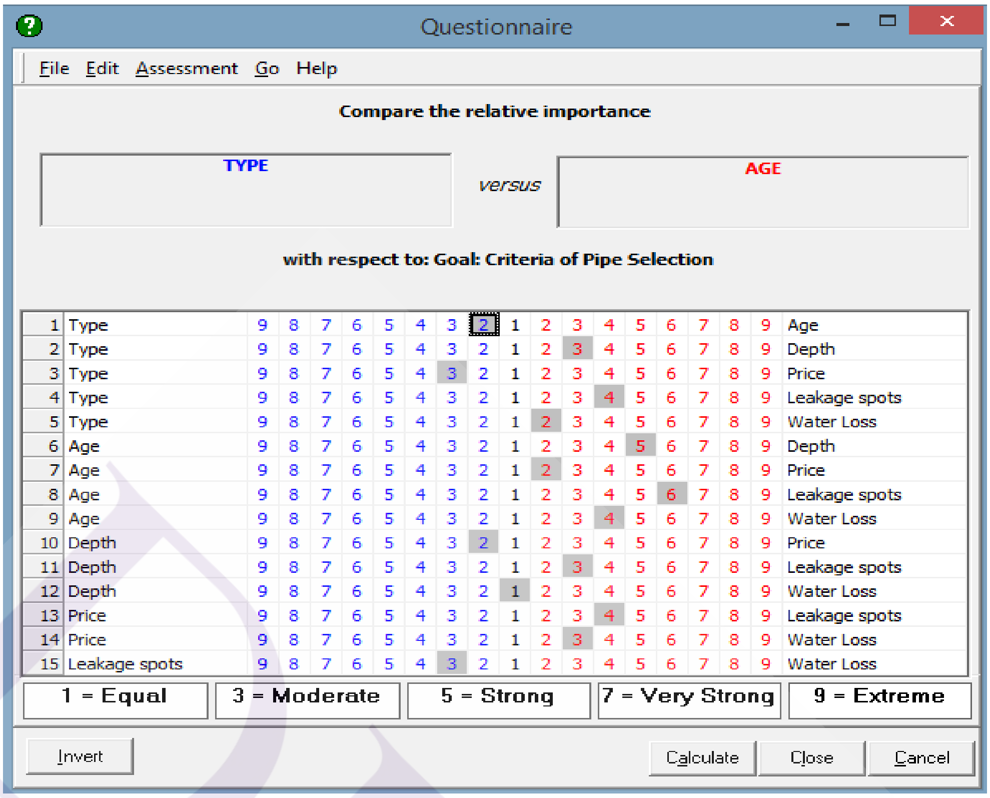
ปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกปรับปรุงเส้นท่อ						
ตัวอย่างที่ 6	ชนิดของเส้นท่อ	อายุของเส้นท่อ	ความลึกหลังท่อ	ราคาประมาณการวางท่อ	จำนวนจุดรั่วในเส้นท่อ	น้ำสูญเสียในเส้นท่อ
ชนิดของเส้นท่อ		1	3	1	1/3	1/3
อายุของเส้นท่อ	1		1/2	2	1/4	1/3
ความลึกหลังท่อ	1/3	2		2	1/2	1/2
ราคาประมาณการวางท่อ	1	1/2	1/2		1/3	1/4
จำนวนจุดรั่วในเส้นท่อ	3	4	2	3		1
น้ำสูญเสียในเส้นท่อ	3	3	2	4	1	



ภาพที่ 18 ผลลัพธ์ของการวิเคราะห์แบบสอบถามของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 6 ด้วยวิธี AHP

จากภาพที่ 18 จะเห็นได้ว่า ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 6 ได้ให้น้ำหนักความสำคัญของจำนวนจุดรั่วที่เกิดขึ้นในเส้นท่อมากที่สุด = 0.286 โดยมีค่าความสอดคล้อง (Consistency Ratio : CR) = 0.07

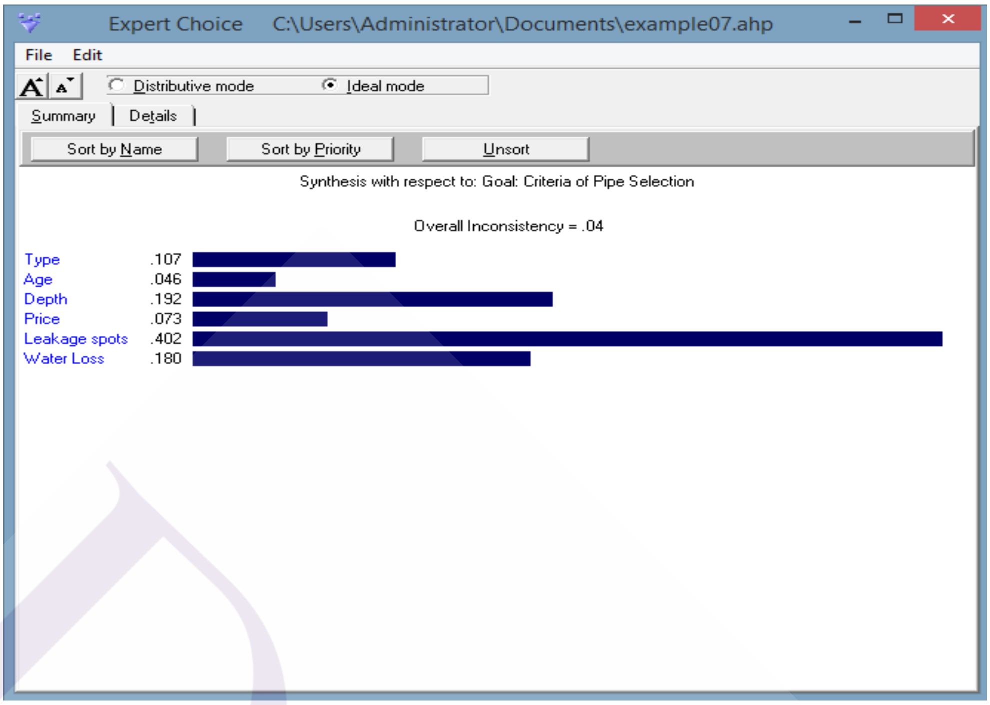
(7) ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 7



ภาพที่ 19 ผลลัพธ์ของแบบสอบถามของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 7

ตารางที่ 7 ผลลัพธ์ของแบบสอบถามของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 7

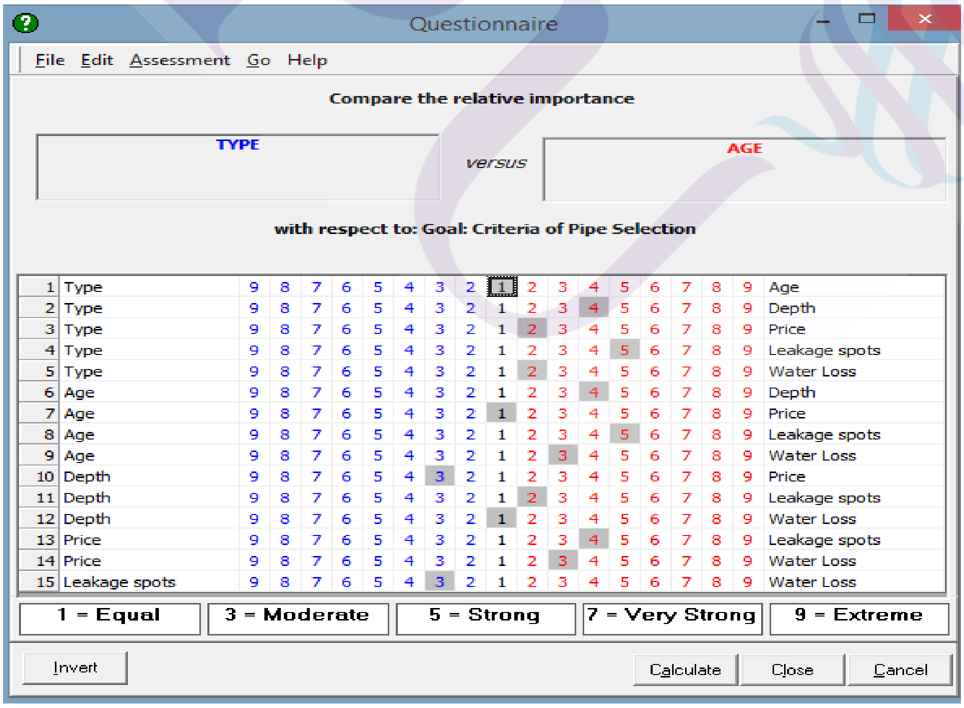
ปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกปรับปรุงเส้นท่อ						
ตัวอย่างที่ 7	ชนิดของเส้นท่อ	อายุของเส้นท่อ	ความลึกหลังท่อ	ราคาประมาณการวางท่อ	จำนวนจุดรั่วในเส้นท่อ	น้ำสูญเสียในเส้นท่อ
ชนิดของเส้นท่อ		2	1/3	3	1/4	1/2
อายุของเส้นท่อ	1/2		1/5	1/2	1/6	1/4
ความลึกหลังท่อ	3	5		2	1/3	1
ราคาประมาณการวางท่อ	1/3	2	1/2		1/4	1/3
จำนวนจุดรั่วในเส้นท่อ	4	6	3	4		3
น้ำสูญเสียในเส้นท่อ	2	4	1	3	1/3	



ภาพที่ 20 ผลลัพธ์ของการวิเคราะห์แบบสอบถามของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 7 ด้วยวิธี AHP

จากภาพที่ 20 จะเห็นได้ว่า ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 7 ได้ให้น้ำหนักความสำคัญของจำนวนจุดรั่วที่เกิดขึ้นในเส้นท่อมากที่สุด = 0.402 โดยมีค่าความสอดคล้อง (Consistency Ratio : CR) = 0.04

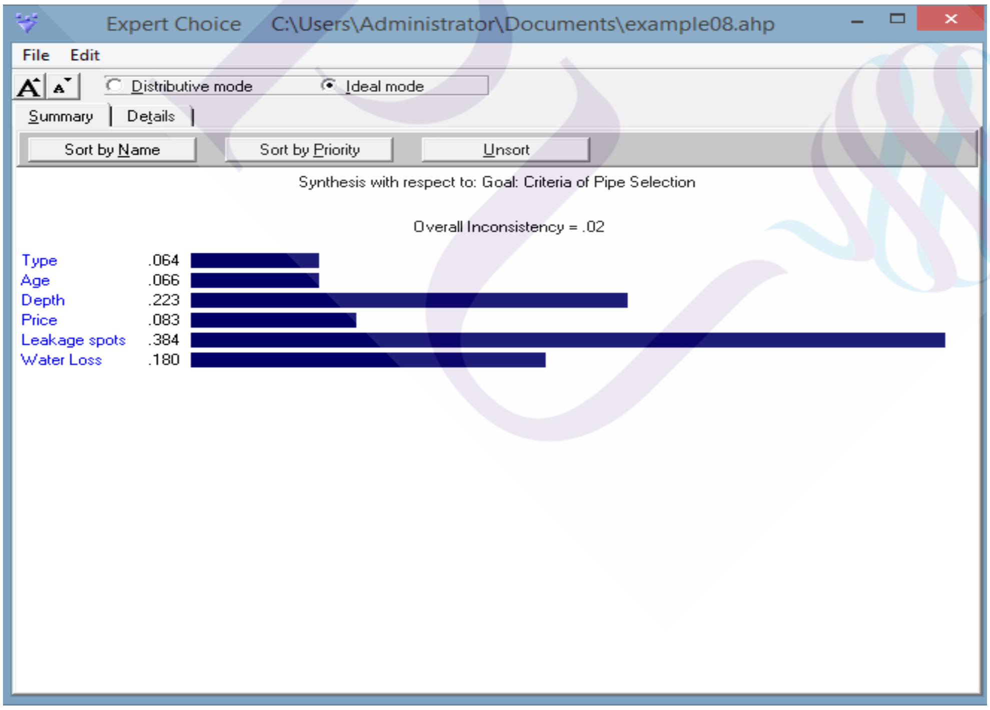
(8) ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 8



ภาพที่ 21 ผลลัพธ์ของแบบสอบถามของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 8

ตารางที่ 8 ผลลัพธ์ของแบบสอบถามของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 8

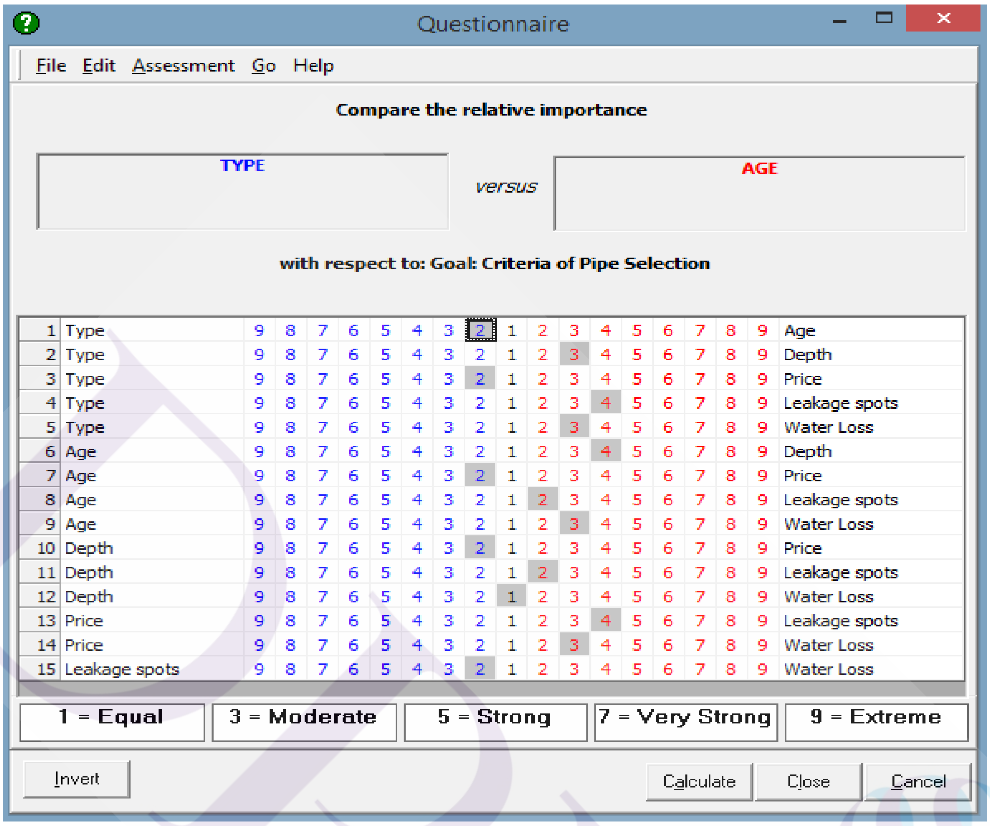
ปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกปรับปรุงเส้นท่อ						
ตัวอย่างที่ 8	ชนิดของเส้นท่อ	อายุของเส้นท่อ	ความลึกหลังท่อ	ราคาประมาณการวางท่อ	จำนวนจุดรั่วในเส้นท่อ	น้ำสูญเสียในเส้นท่อ
ชนิดของเส้นท่อ		1	1/4	1/2	1/5	1/2
อายุของเส้นท่อ	1		1/4	1	1/5	1/3
ความลึกหลังท่อ	4	4		3	1/2	1
ราคาประมาณการวางท่อ	2	1	1/3		1/4	1/3
จำนวนจุดรั่วในเส้นท่อ	5	5	2	4		3
น้ำสูญเสียในเส้นท่อ	2	3	1	3	1/3	



ภาพที่ 22 ผลลัพธ์ของการวิเคราะห์แบบสอบถามของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 8 ด้วยวิธี AHP

จากภาพที่ 22 จะเห็นได้ว่า ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 8 ได้ให้น้ำหนักความสำคัญของจำนวนจุดรั่วที่เกิดขึ้นในเส้นท่อมากที่สุด = 0.384 โดยมีค่าความสอดคล้อง (Consistency Ratio : CR) = 0.02

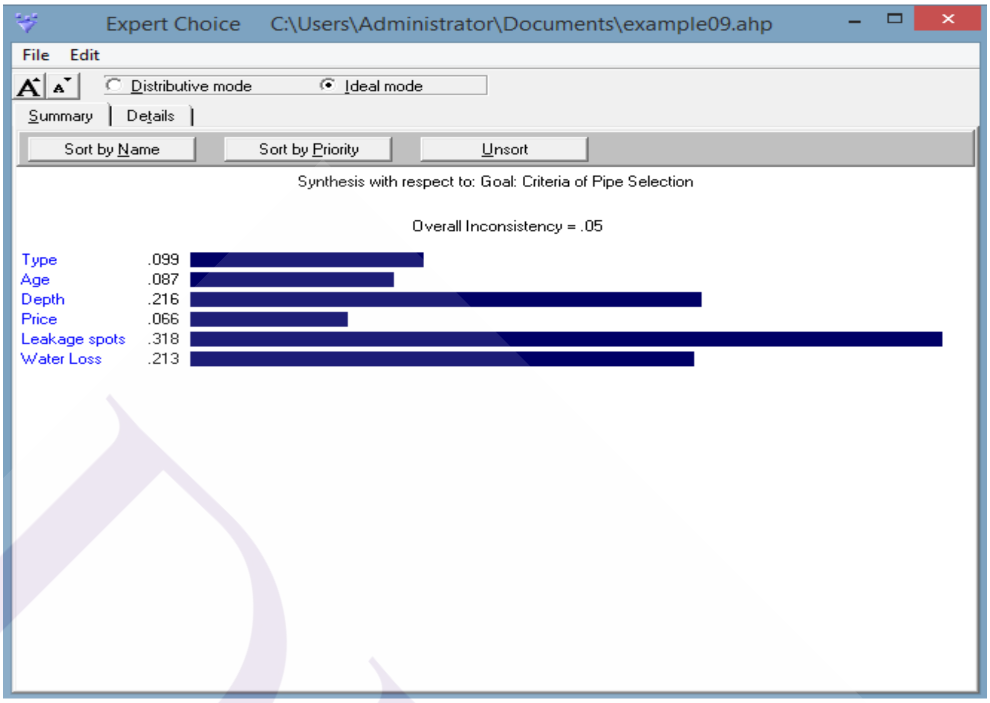
(9) ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 9



ภาพที่ 23 ผลลัพธ์ของแบบสอบถามของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 9

ตารางที่ 9 ผลลัพธ์ของแบบสอบถามของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 9

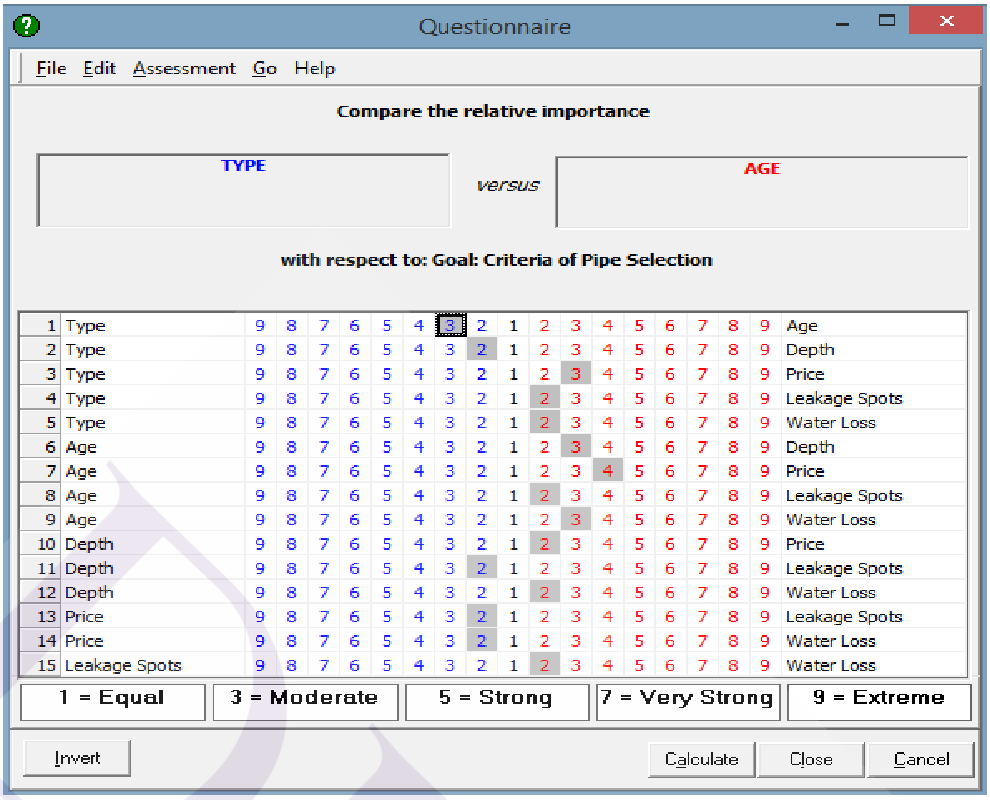
ปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกปรับปรุงเส้นท่อ						
ตัวอย่างที่ 9	ชนิดของเส้นท่อ	อายุของเส้นท่อ	ความลึกหลังท่อ	ราคาประมาณการวางท่อ	จำนวนจุดรั่วในเส้นท่อ	น้ำสูญเสียในเส้นท่อ
ชนิดของเส้นท่อ		2	1/3	2	1/4	1/3
อายุของเส้นท่อ	1/2		1/4	2	1/2	1/3
ความลึกหลังท่อ	3	4		2	1/2	1
ราคาประมาณการวางท่อ	1/2	1/2	1/2		1/4	1/3
จำนวนจุดรั่วในเส้นท่อ	4	2	2	4		2
น้ำสูญเสียในเส้นท่อ	3	3	1	3	1/2	



ภาพที่ 24 ผลลัพธ์ของการวิเคราะห์แบบสอบถามของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 9 ด้วยวิธี AHP

จากภาพที่ 24 จะเห็นได้ว่า ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 9 ได้ให้น้ำหนักความสำคัญของจำนวนจุดรั่วที่เกิดขึ้นในเส้นท่อมากที่สุด = 0.318 โดยมีค่าความสอดคล้อง (Consistency Ratio : CR) = 0.05

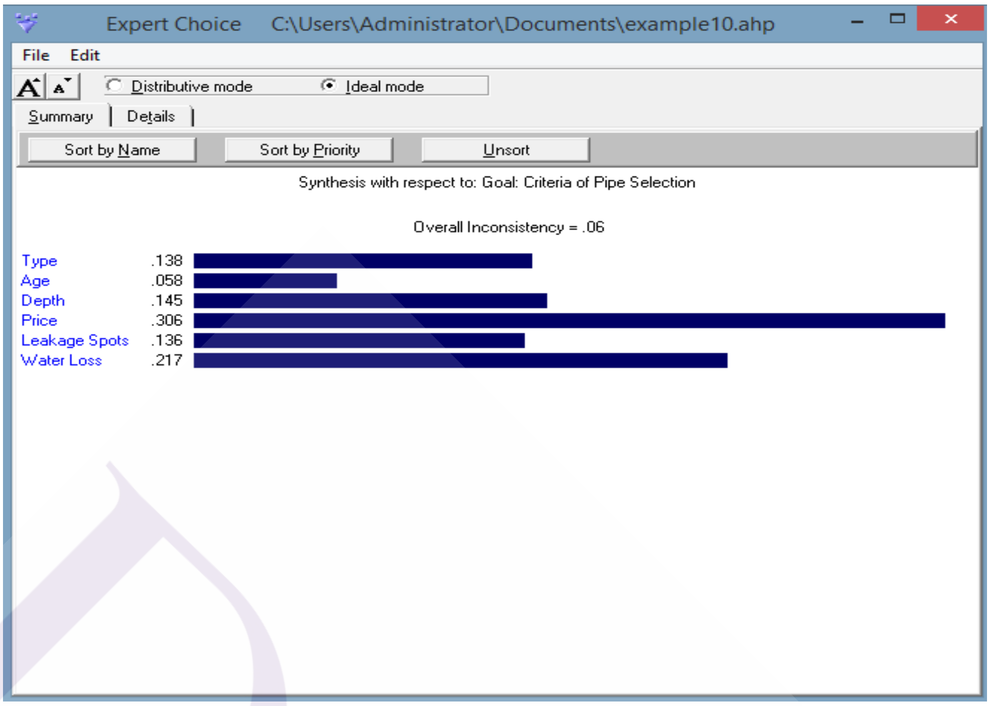
(10) ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 10



ภาพที่ 25 ผลลัพธ์ของแบบสอบถามของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 10

ตารางที่ 10 ผลลัพธ์ของแบบสอบถามของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 10

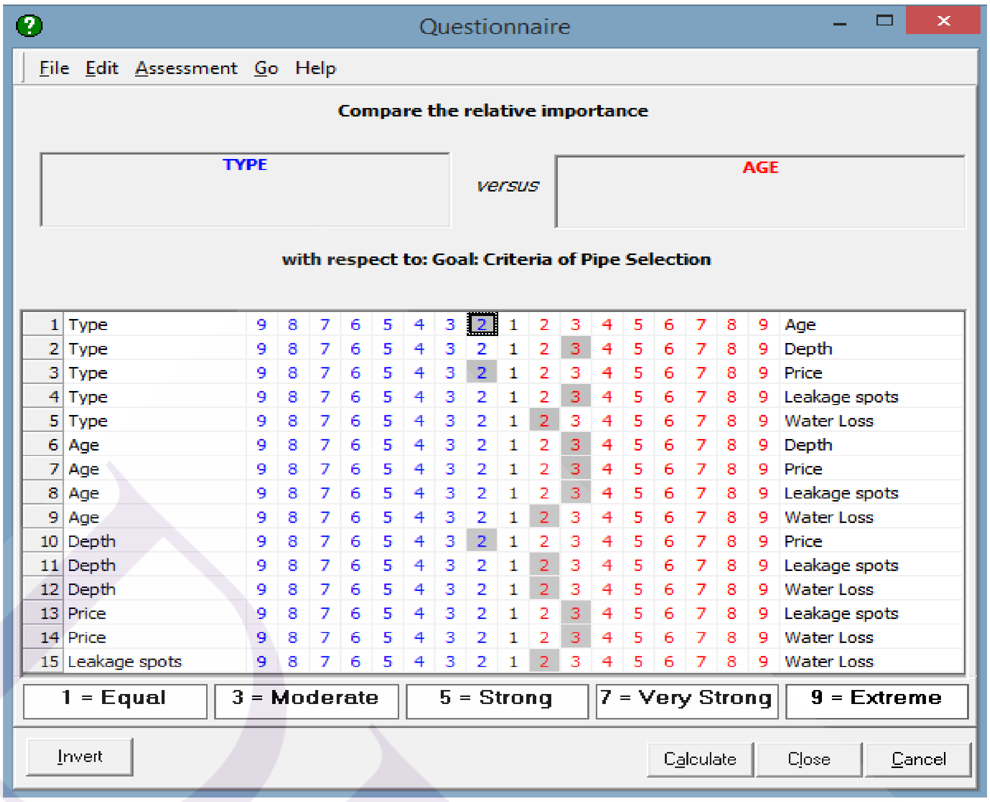
ปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกปรับปรุงเส้นท่อ						
ตัวอย่างที่ 10	ชนิดของเส้นท่อ	อายุของเส้นท่อ	ความลึกหลังท่อ	ราคาประมาณการวางท่อ	จำนวนจุดรั่วในเส้นท่อ	น้ำสูญเสียในเส้นท่อ
ชนิดของเส้นท่อ		3	2	1/3	1/2	1/2
อายุของเส้นท่อ	1/3		1/3	1/4	1/2	1/3
ความลึกหลังท่อ	1/2	3		1/2	2	1/2
ราคาประมาณการวางท่อ	3	4	2		2	2
จำนวนจุดรั่วในเส้นท่อ	2	2	1/2	1/2		1/2
น้ำสูญเสียในเส้นท่อ	2	3	2	1/2	2	



ภาพที่ 26 ผลลัพธ์ของการวิเคราะห์แบบสอบถามของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 10 ด้วยวิธี AHP

จากภาพที่ 26 จะเห็นได้ว่า ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 10 ได้ให้น้ำหนักความสำคัญของราคาประมาณการในการวางท่อมากที่สุด = 0.306 โดยมีค่าความสอดคล้อง (Consistency Ratio : CR) = 0.06

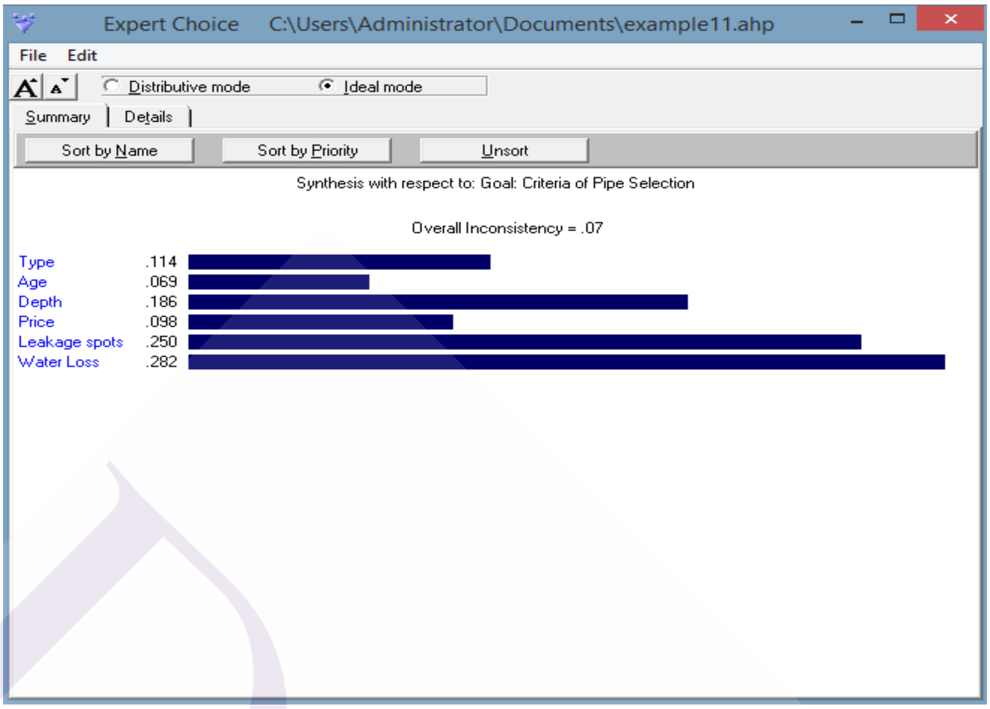
(11) ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 11



ภาพที่ 27 ผลลัพธ์ของแบบสอบถามของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 11

ตารางที่ 11 ผลลัพธ์ของแบบสอบถามของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 11

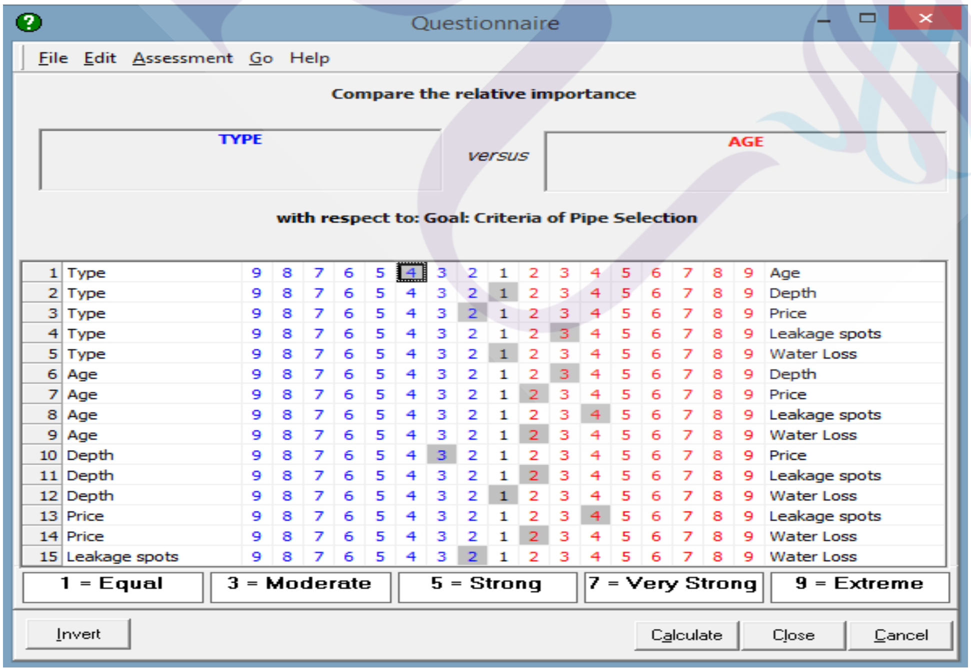
ปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกปรับปรุงเส้นท่อ						
ตัวอย่างที่ 11	ชนิดของเส้นท่อ	อายุของเส้นท่อ	ความลึกหลังท่อ	ราคาประมาณการวางท่อ	จำนวนจุดรั่วในเส้นท่อ	น้ำสูญเสียในเส้นท่อ
ชนิดของเส้นท่อ		2	1/3	2	1/3	1/2
อายุของเส้นท่อ	1/2		1/3	1/3	1/3	1/2
ความลึกหลังท่อ	3	3		2	1/2	1/2
ราคาประมาณการวางท่อ	1/2	3	1/2		1/3	1/3
จำนวนจุดรั่วในเส้นท่อ	3	3	2	3		1/2
น้ำสูญเสียในเส้นท่อ	2	2	2	3	2	



ภาพที่ 28 ผลลัพธ์ของการวิเคราะห์แบบสอบถามของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 11 ด้วยวิธี AHP

จากภาพที่ 28 จะเห็นได้ว่า ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 11 ได้ให้น้ำหนักความสำคัญของน้ำสูญเสียในเส้นท่อมากที่สุด = 0.282 โดยมีค่าความสอดคล้อง (Consistency Ratio : CR) = 0.07

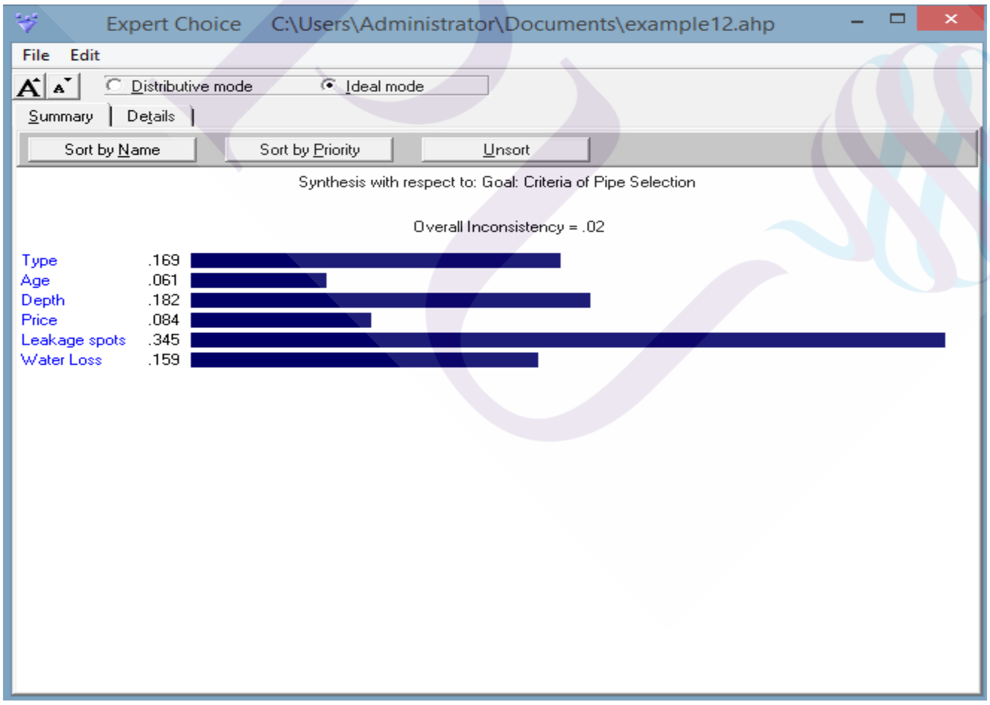
(12) ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 12



ภาพที่ 29 ผลลัพธ์ของแบบสอบถามของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 12

ตารางที่ 12 ผลลัพธ์ของแบบสอบถามของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 12

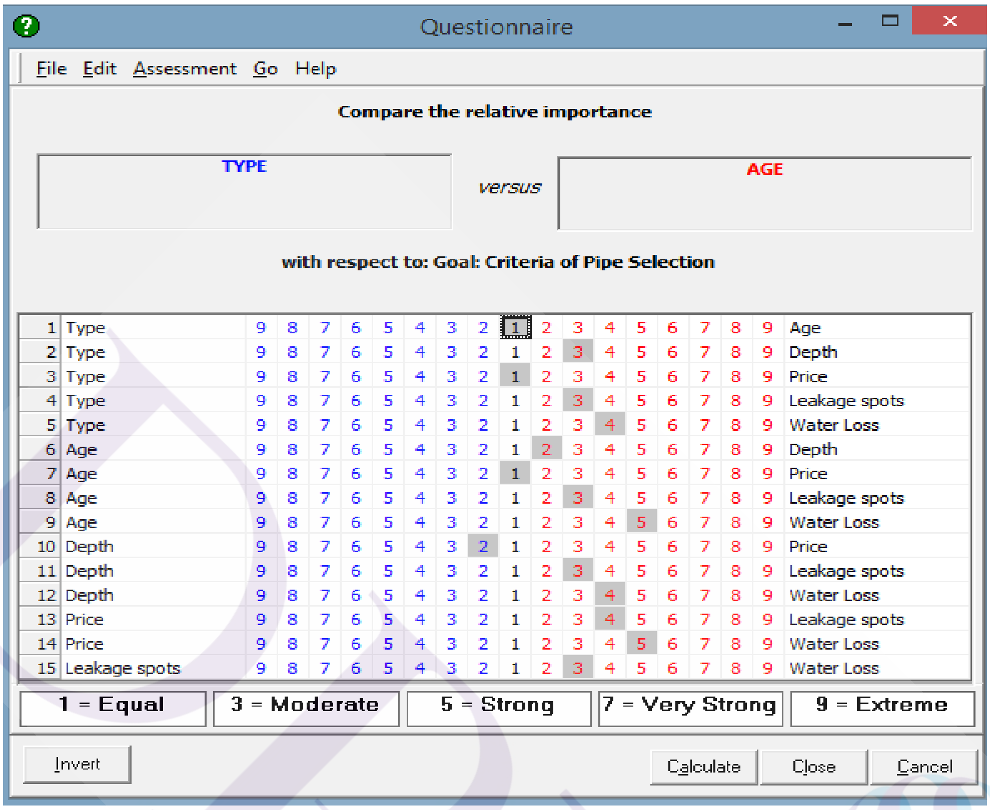
ปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกปรับปรุงเส้นท่อ						
ตัวอย่างที่ 12	ชนิดของเส้นท่อ	อายุของเส้นท่อ	ความลึกหลังท่อ	ราคาประมาณการวางท่อ	จำนวนจุดรั่วในเส้นท่อ	น้ำสูญเสียในเส้นท่อ
ชนิดของเส้นท่อ		4	1	2	1/3	1
อายุของเส้นท่อ	1/4		1/3	1/2	1/4	1/2
ความลึกหลังท่อ	1	3		3	1/2	1
ราคาประมาณการวางท่อ	1/2	2	1/3		1/4	1/2
จำนวนจุดรั่วในเส้นท่อ	3	4	2	4		2
น้ำสูญเสียในเส้นท่อ	1	2	1	2	1/2	



ภาพที่ 30 ผลลัพธ์ของการวิเคราะห์แบบสอบถามของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 12 ด้วยวิธี AHP

จากภาพที่ 30 จะเห็นได้ว่า ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 12 ได้ให้น้ำหนักความสำคัญของจำนวนจุดรั่วที่เกิดขึ้นในเส้นท่อมากที่สุด = 0.345 โดยมีค่าความสอดคล้อง (Consistency Ratio : CR) = 0.02

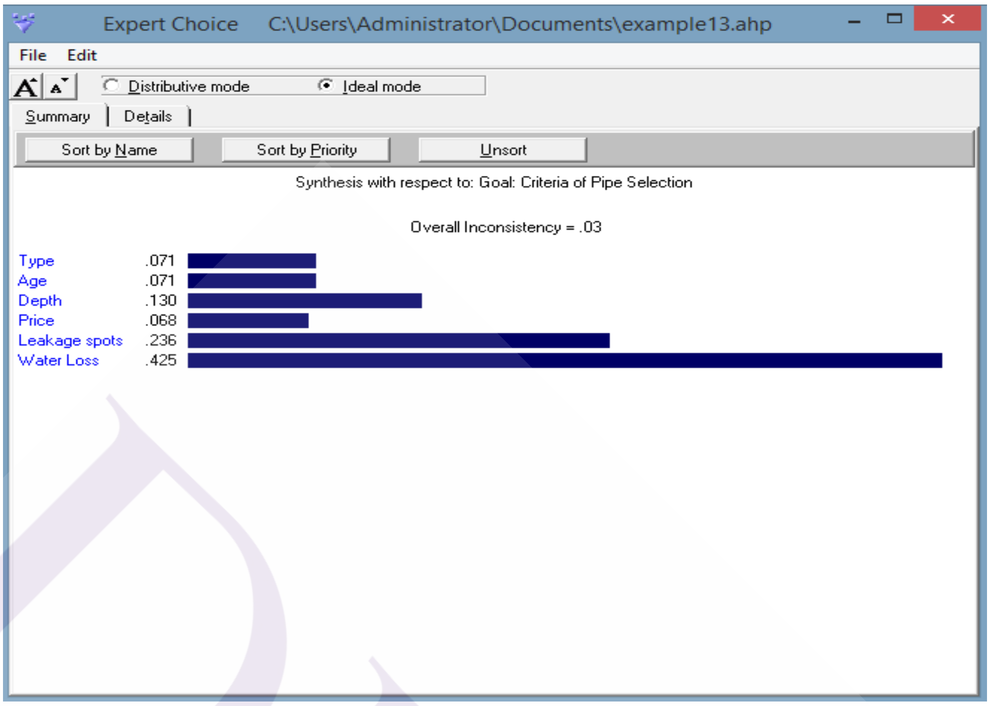
(13) ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 13



ภาพที่ 31 ผลลัพธ์ของแบบสอบถามของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 13

ตารางที่ 13 ผลลัพธ์ของแบบสอบถามของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 13

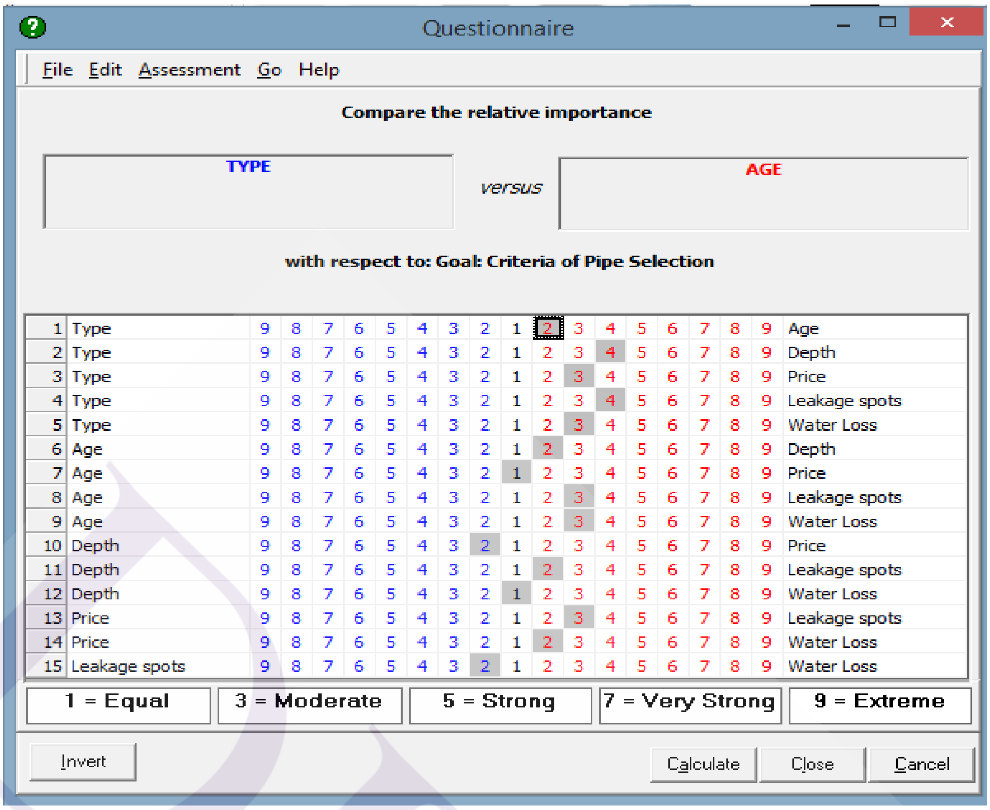
ปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกปรับปรุงเส้นท่อ						
ตัวอย่างที่ 13	ชนิดของเส้นท่อ	อายุของเส้นท่อ	ความลึกหลังท่อ	ราคาประมาณการวางท่อ	จำนวนจุดรั่วในเส้นท่อ	น้ำสูญเสียในเส้นท่อ
ชนิดของเส้นท่อ		1	1/3	1	1/3	1/4
อายุของเส้นท่อ	1		1/2	1	1/3	1/5
ความลึกหลังท่อ	3	2		2	1/3	1/4
ราคาประมาณการวางท่อ	1	1	1/2		1/4	1/5
จำนวนจุดรั่วในเส้นท่อ	3	3	3	4		1/3
น้ำสูญเสียในเส้นท่อ	4	5	4	5	3	



ภาพที่ 32 ผลลัพธ์ของการวิเคราะห์แบบสอบถามของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 13 ด้วยวิธี AHP

จากภาพที่ 32 จะเห็นได้ว่า ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 13 ได้ให้น้ำหนักความสำคัญของน้ำสูญเสียในเส้นท่อมากที่สุด = 0.425 โดยมีค่าความสอดคล้อง (Consistency Ratio : CR) = 0.03

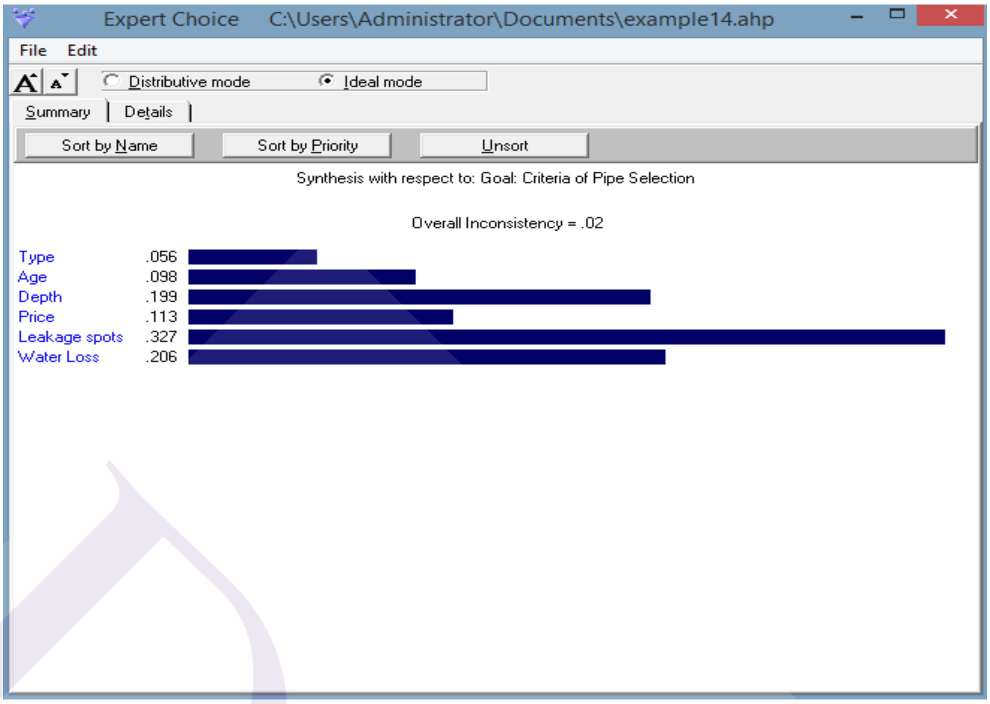
(14) ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 14



ภาพที่ 33 ผลลัพธ์ของแบบสอบถามของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 14

ตารางที่ 14 ผลลัพธ์ของแบบสอบถามของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 14

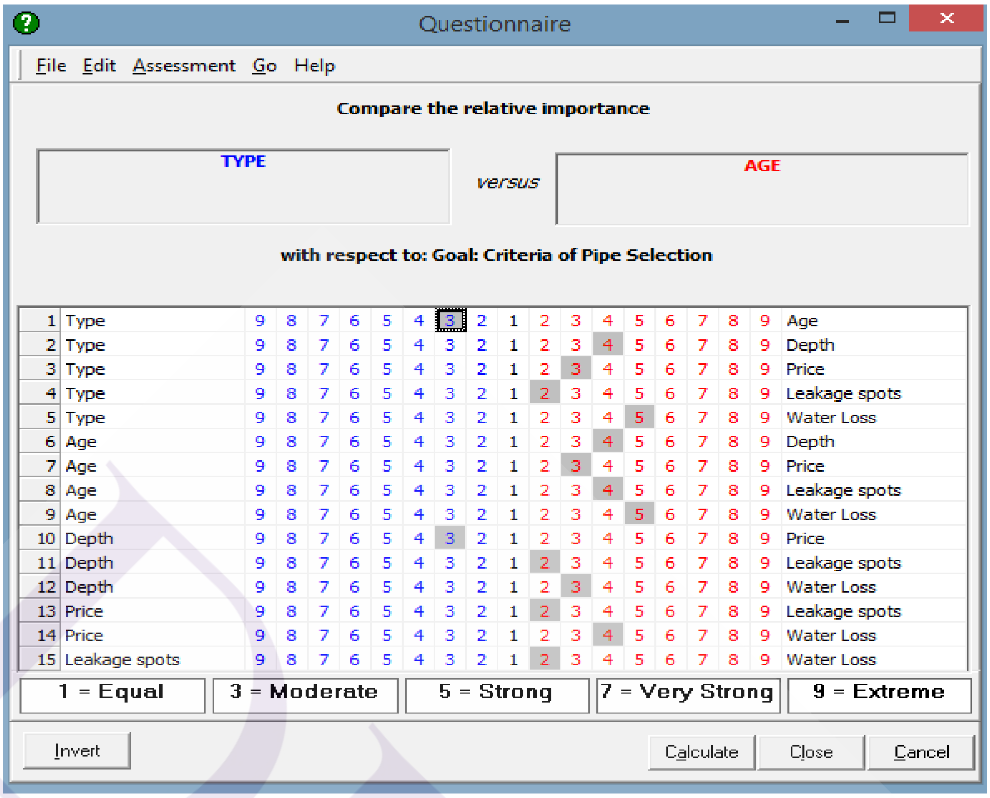
ปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกปรับปรุงเส้นท่อ						
ตัวอย่างที่ 14	ชนิดของเส้นท่อ	อายุของเส้นท่อ	ความลึกหลังท่อ	ราคาประมาณการวางท่อ	จำนวนจุดรั่วในเส้นท่อ	น้ำสูญเสียในเส้นท่อ
ชนิดของเส้นท่อ		1/2	1/4	1/3	1/4	1/3
อายุของเส้นท่อ	2		1/2	1	1/3	1/3
ความลึกหลังท่อ	4	2		2	1/2	1
ราคาประมาณการวางท่อ	3	1	1/2		1/3	1/2
จำนวนจุดรั่วในเส้นท่อ	4	3	2	3		2
น้ำสูญเสียในเส้นท่อ	3	3	1	2	1/2	



ภาพที่ 34 ผลลัพธ์ของการวิเคราะห์แบบสอบถามของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 14 ด้วยวิธี AHP

จากภาพที่ 34 จะเห็นได้ว่า ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 14 ได้ให้น้ำหนักความสำคัญของจำนวนจุดรั่วที่เกิดขึ้นในเส้นท่อมากที่สุด = 0.327 โดยมีค่าความสอดคล้อง (Consistency Ratio : CR) = 0.02

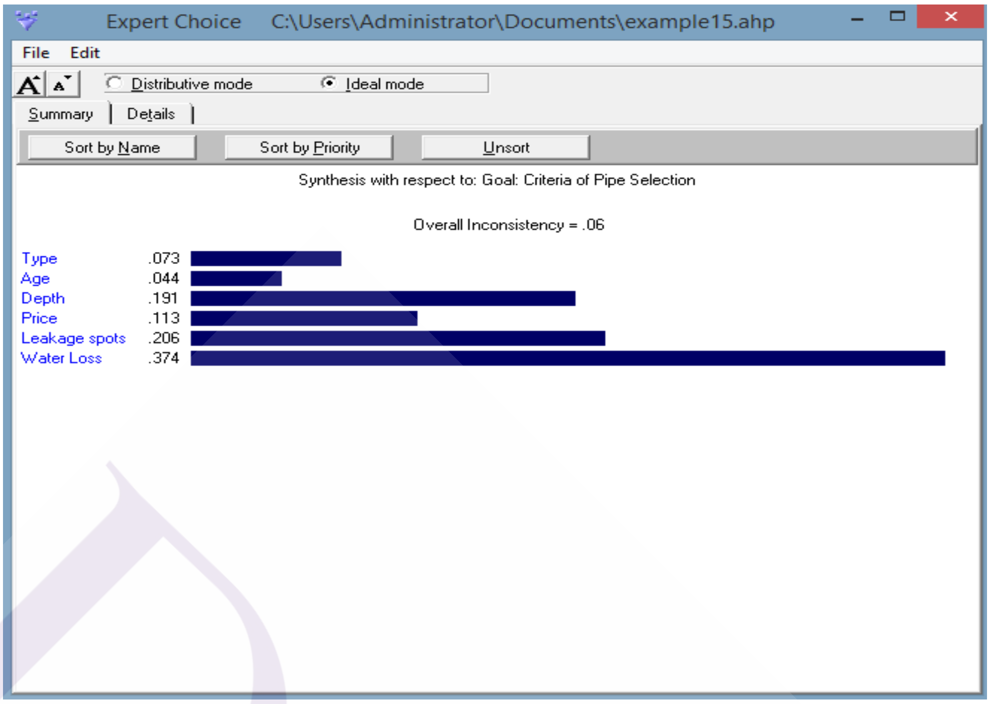
(15) ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 15



ภาพที่ 35 ผลลัพธ์ของแบบสอบถามของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 15

ตารางที่ 15 ผลลัพธ์ของแบบสอบถามของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 15

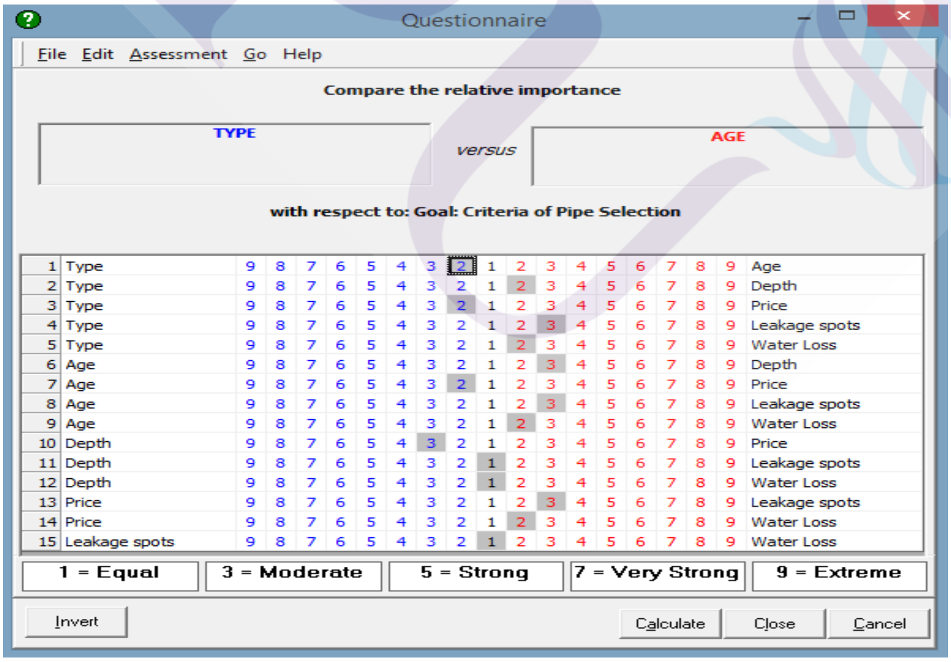
ปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกปรับปรุงเส้นท่อ						
ตัวอย่างที่ 15	ชนิดของเส้นท่อ	อายุของเส้นท่อ	ความลึกหลังท่อ	ราคาประมาณการวางท่อ	จำนวนจุดรั่วในเส้นท่อ	น้ำสูญเสียในเส้นท่อ
ชนิดของเส้นท่อ		3	1/4	1/3	1/2	1/5
อายุของเส้นท่อ	1/3		1/4	1/3	1/4	1/5
ความลึกหลังท่อ	4	4		3	1/2	1/3
ราคาประมาณการวางท่อ	3	3	1/3		1/2	1/4
จำนวนจุดรั่วในเส้นท่อ	2	4	2	2		1/2
น้ำสูญเสียในเส้นท่อ	5	5	3	4	2	



ภาพที่ 36 ผลลัพธ์ของการวิเคราะห์แบบสอบถามของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 15 ด้วยวิธี AHP

จากภาพที่ 36 จะเห็นได้ว่า ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 15 ได้ให้น้ำหนักความสำคัญของน้ำสูญเสียในเส้นท่อมากที่สุด = 0.374 โดยมีค่าความสอดคล้อง (Consistency Ratio : CR) = 0.06

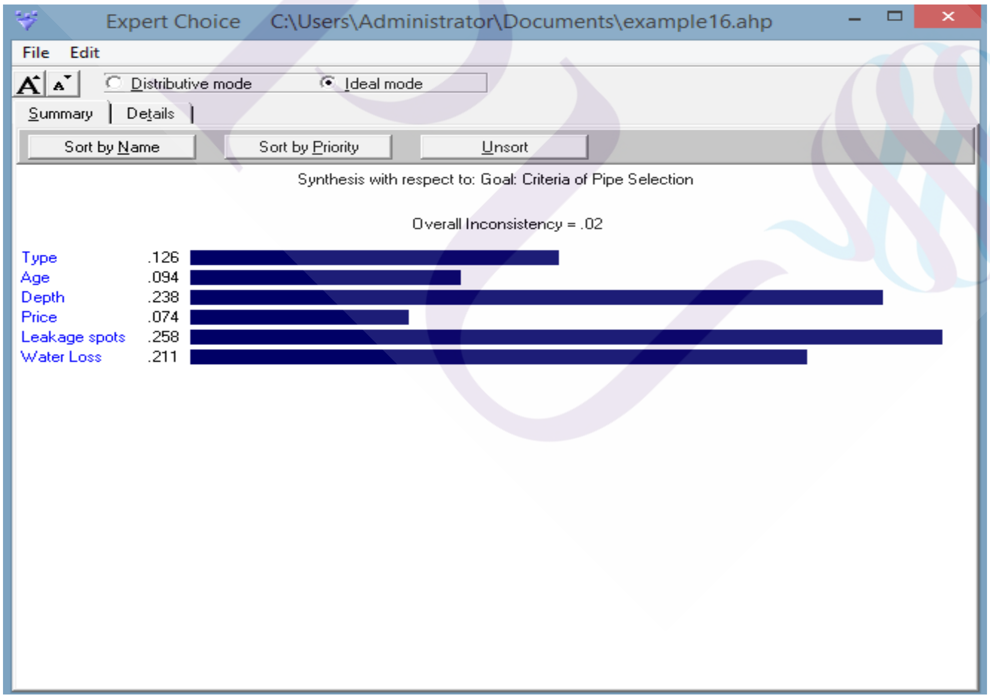
(16) ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 16



ภาพที่ 37 ผลลัพธ์ของแบบสอบถามของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 16

ตารางที่ 16 ผลลัพธ์ของแบบสอบถามของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 16

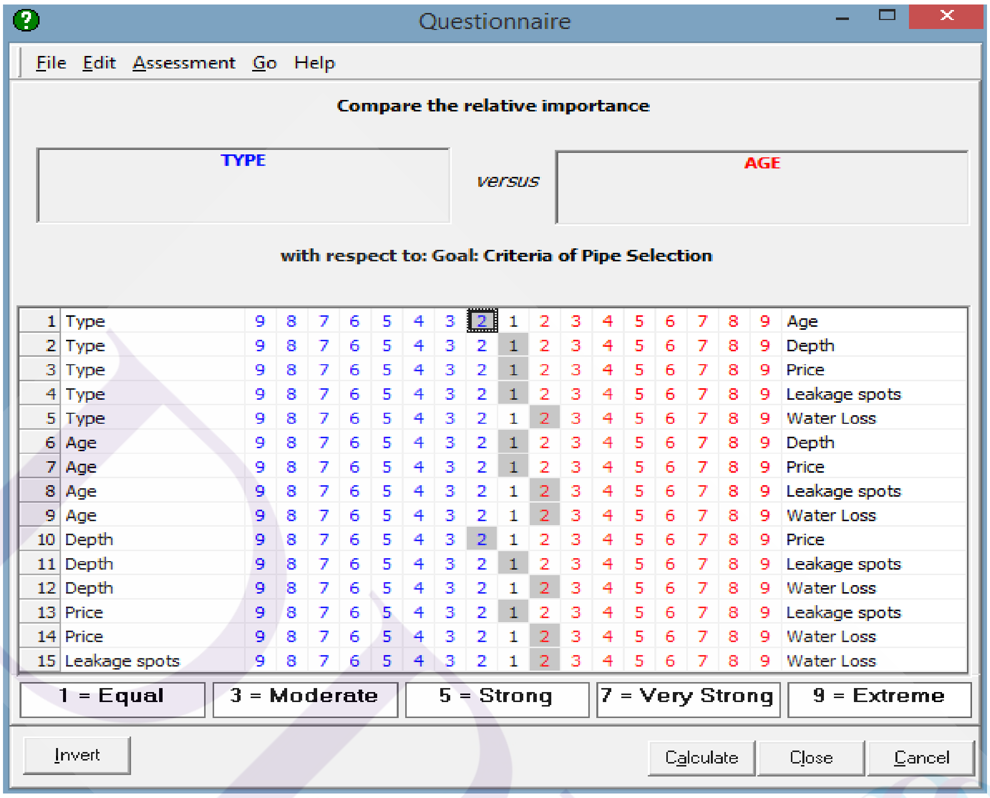
ปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกปรับปรุงเส้นท่อ						
ตัวอย่างที่ 16	ชนิดของเส้นท่อ	อายุของเส้นท่อ	ความลึกหลังท่อ	ราคาประมาณการวางท่อ	จำนวนจุดรั่วในเส้นท่อ	น้ำสูญเสียในเส้นท่อ
ชนิดของเส้นท่อ		2	1/2	2	1/3	1/2
อายุของเส้นท่อ	1/2		1/3	2	1/3	1/2
ความลึกหลังท่อ	2	3		3	1	1
ราคาประมาณการวางท่อ	1/2	1/2	1/3		1/3	1/2
จำนวนจุดรั่วในเส้นท่อ	3	3	1	3		1
น้ำสูญเสียในเส้นท่อ	2	2	1	2	1	



ภาพที่ 38 ผลลัพธ์ของการวิเคราะห์แบบสอบถามของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 16 ด้วยวิธี AHP

จากภาพที่ 38 จะเห็นได้ว่า ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 16 ได้ให้น้ำหนักความสำคัญของจำนวนจุดรั่วที่เกิดขึ้นในเส้นท่อมากที่สุด = 0.258 โดยมีค่าความสอดคล้อง (Consistency Ratio : CR) = 0.02

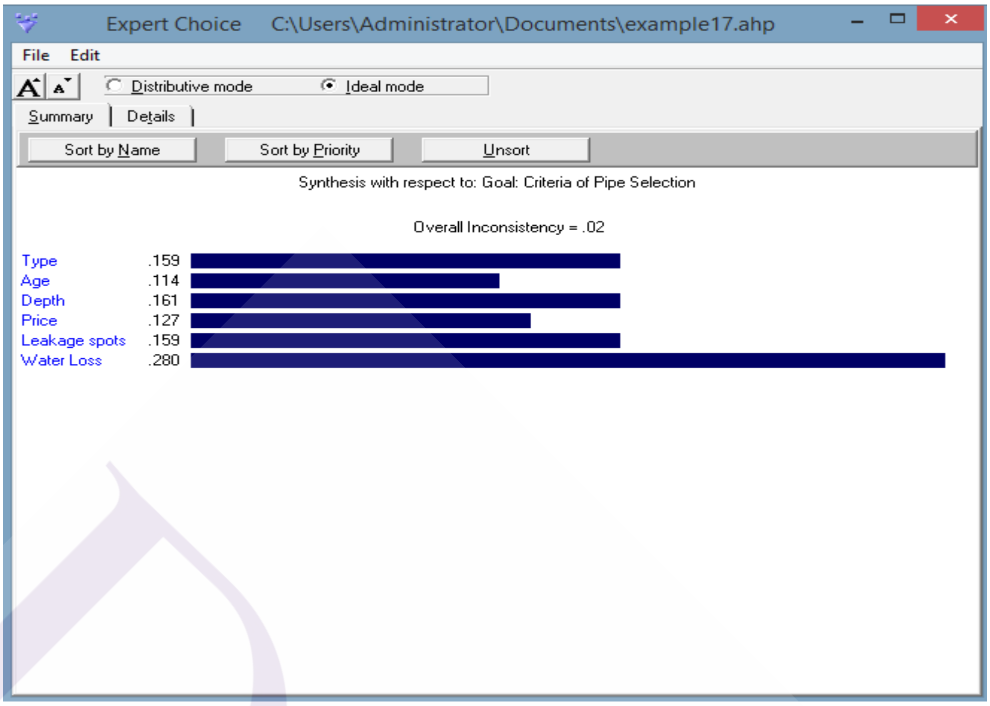
(17) ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 17



ภาพที่ 39 ผลลัพธ์ของแบบสอบถามของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 17

ตารางที่ 17 ผลลัพธ์ของแบบสอบถามของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 17

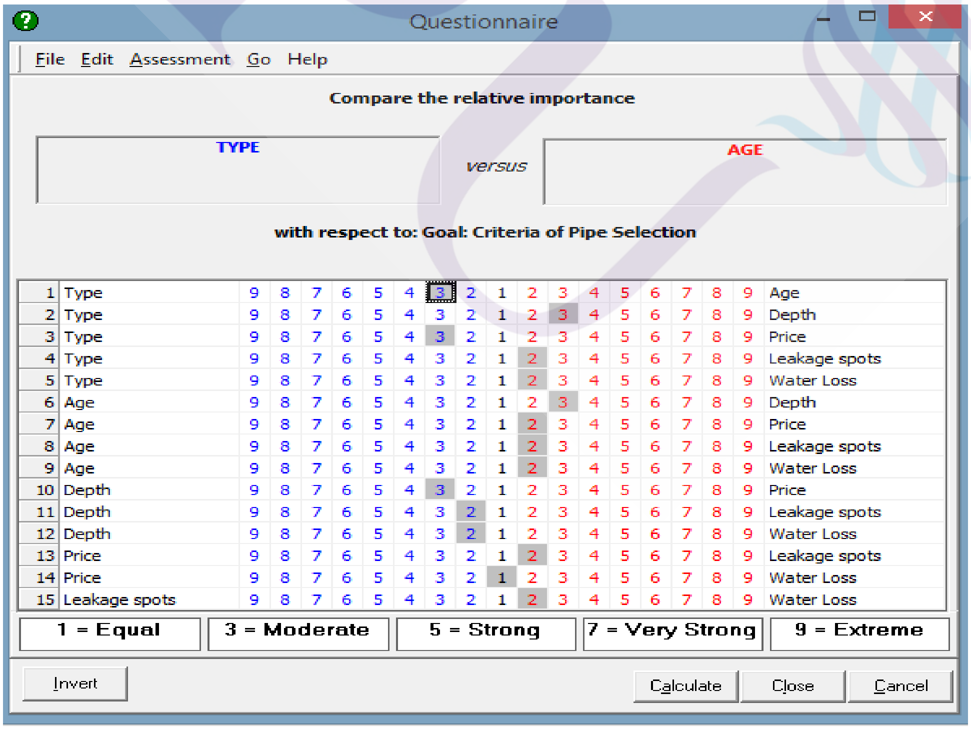
ปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกปรับปรุงเส้นท่อ						
ตัวอย่างที่ 17	ชนิดของเส้นท่อ	อายุของเส้นท่อ	ความลึกหลังท่อ	ราคาประมาณการวางท่อ	จำนวนจุดรั่วในเส้นท่อ	น้ำสูญเสียในเส้นท่อ
ชนิดของเส้นท่อ		2	1	1	1	1/2
อายุของเส้นท่อ	1/2		1	1	1/2	1/2
ความลึกหลังท่อ	1	1		2	1	1/2
ราคาประมาณการวางท่อ	1	1	1/2		1	1/2
จำนวนจุดรั่วในเส้นท่อ	1	2	1	1		1/2
น้ำสูญเสียในเส้นท่อ	2	2	2	2	2	



ภาพที่ 40 ผลลัพธ์ของการวิเคราะห์แบบสอบถามของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 17 ด้วยวิธี AHP

จากภาพที่ 40 จะเห็นได้ว่า ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 17 ได้ให้น้ำหนักความสำคัญของน้ำสูญเสียในเส้นท่อมากที่สุด = 0.280 โดยมีค่าความสอดคล้อง (Consistency Ratio : CR) = 0.02

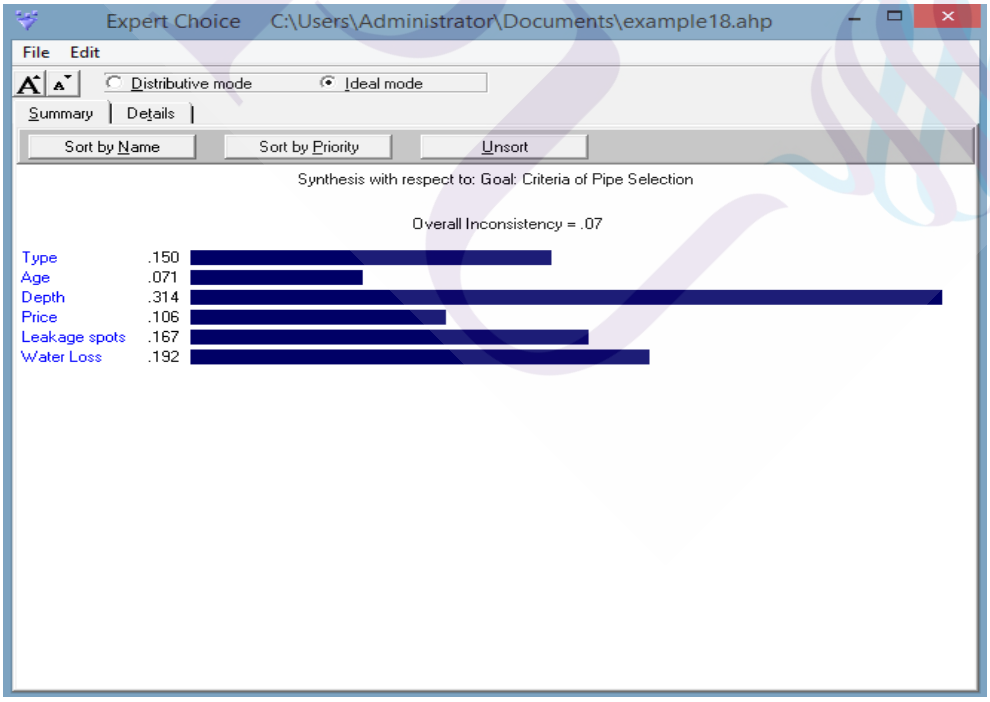
(18) ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 18



ภาพที่ 41 ผลลัพธ์ของแบบสอบถามของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 18

ตารางที่ 18 ผลลัพธ์ของแบบสอบถามของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 18

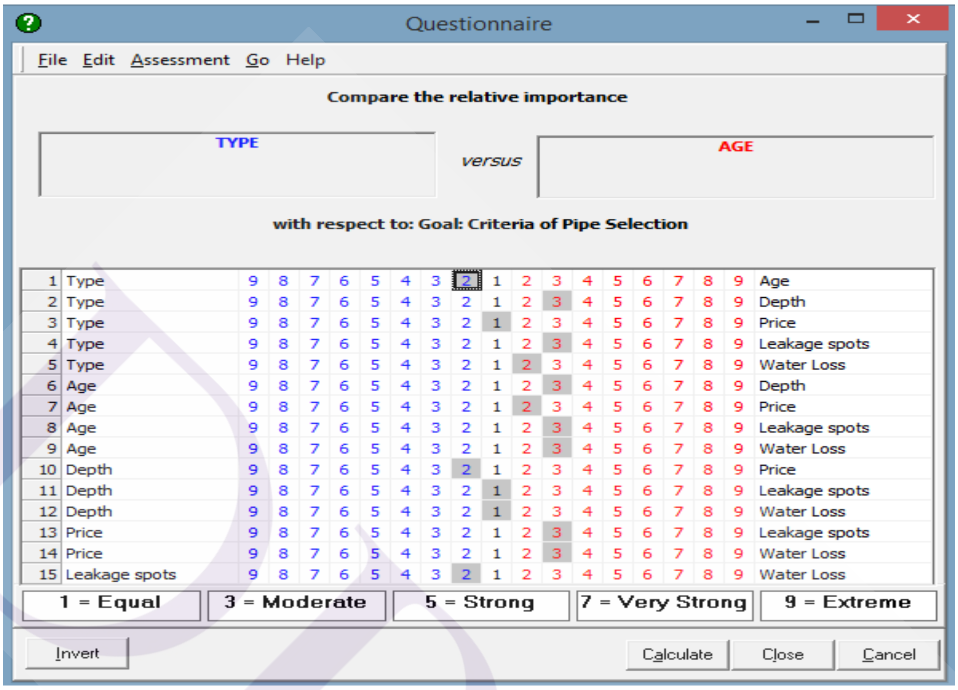
ปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกปรับปรุงเส้นท่อ						
ตัวอย่างที่ 18	ชนิดของเส้นท่อ	อายุของเส้นท่อ	ความลึกหลังท่อ	ราคาประมาณการวางท่อ	จำนวนจุดรั่วในเส้นท่อ	น้ำสูญเสียในเส้นท่อ
ชนิดของเส้นท่อ		3	1/3	3	1/2	1/2
อายุของเส้นท่อ	1/3		1/3	1/2	1/2	1/2
ความลึกหลังท่อ	3	3		3	2	2
ราคาประมาณการวางท่อ	1/3	2	1/3		1/2	1
จำนวนจุดรั่วในเส้นท่อ	2	2	1/2	2		1/2
น้ำสูญเสียในเส้นท่อ	2	2	1/2	1	2	



ภาพที่ 42 ผลลัพธ์ของการวิเคราะห์แบบสอบถามของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 18 ด้วยวิธี AHP

จากภาพที่ 42 จะเห็นได้ว่า ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 18 ได้ให้น้ำหนักความสำคัญของความลึกหลังท่อมากที่สุด = 0.314 โดยมีค่าความสอดคล้อง (Consistency Ratio : CR) = 0.07

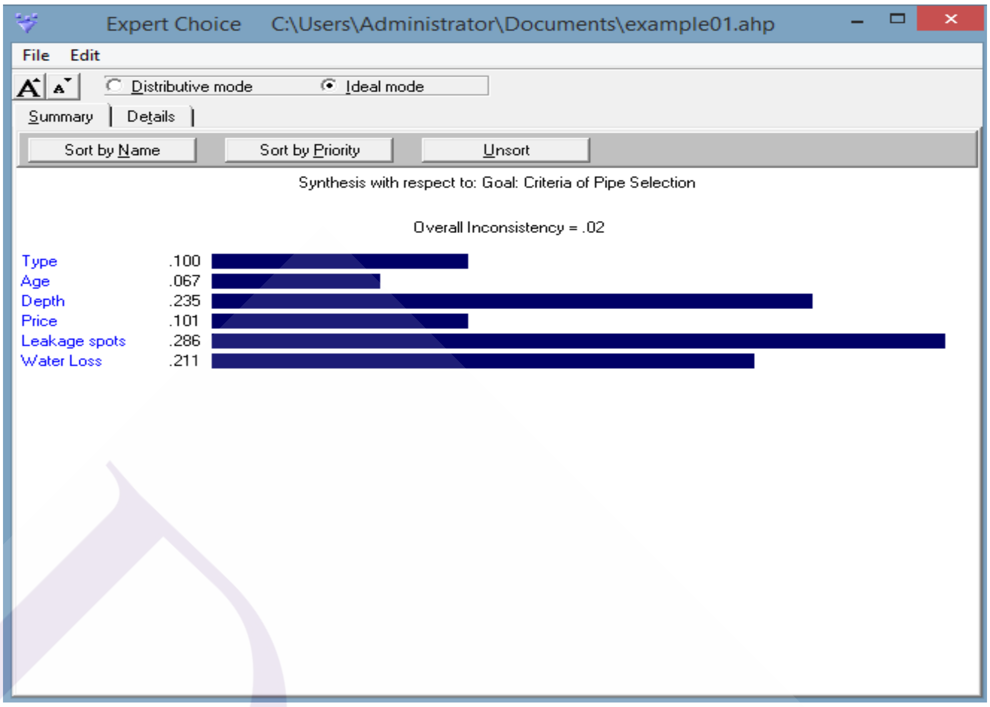
(19) ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 19



ภาพที่ 43 ผลลัพธ์ของแบบสอบถามของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 19

ตารางที่ 19 ผลลัพธ์ของแบบสอบถามของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 19

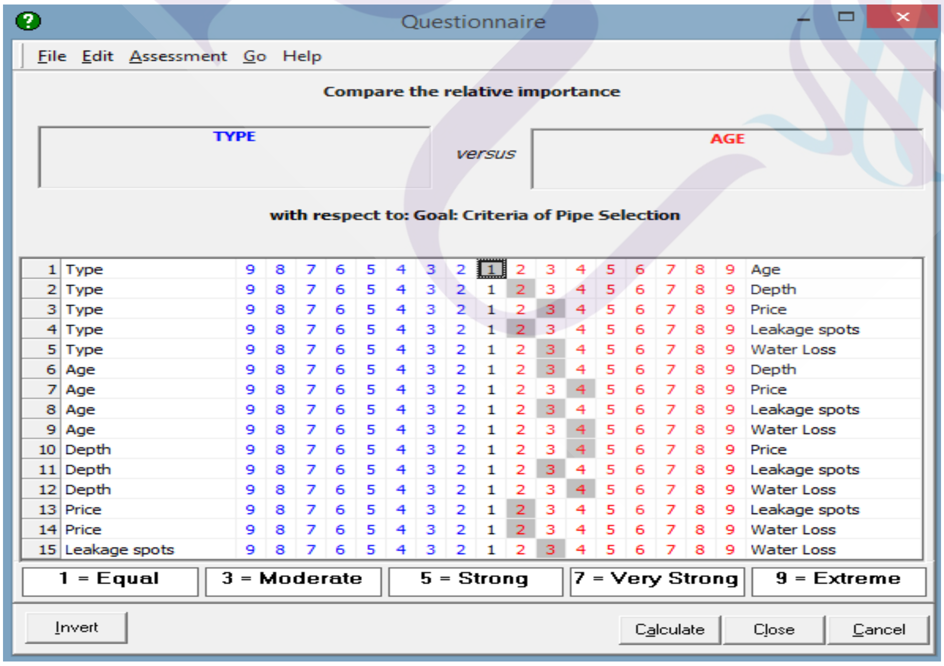
ปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกปรับปรุงเส้นท่อ						
ตัวอย่างที่ 19	ชนิดของเส้นท่อ	อายุของเส้นท่อ	ความลึกหลังท่อ	ราคาประมาณการวางท่อ	จำนวนจุดรั่วในเส้นท่อ	น้ำสูญเสียในเส้นท่อ
ชนิดของเส้นท่อ		2	1/3	1	1/3	1/2
อายุของเส้นท่อ	1/2		1/3	1/2	1/3	1/3
ความลึกหลังท่อ	3	3		2	1	1
ราคาประมาณการวางท่อ	1	2	1/2		1/3	1/3
จำนวนจุดรั่วในเส้นท่อ	3	3	1	3		2
น้ำสูญเสียในเส้นท่อ	2	3	1	3	1/2	



ภาพที่ 44 ผลลัพธ์ของการวิเคราะห์แบบสอบถามของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 19 ด้วยวิธี AHP

จากภาพที่ 44 จะเห็นได้ว่า ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 19 ได้ให้น้ำหนักความสำคัญของจำนวนจุดรั่วที่เกิดขึ้นในเส้นท่อมากที่สุด = 0.286 โดยมีค่าความสอดคล้อง (Consistency Ratio : CR) = 0.02

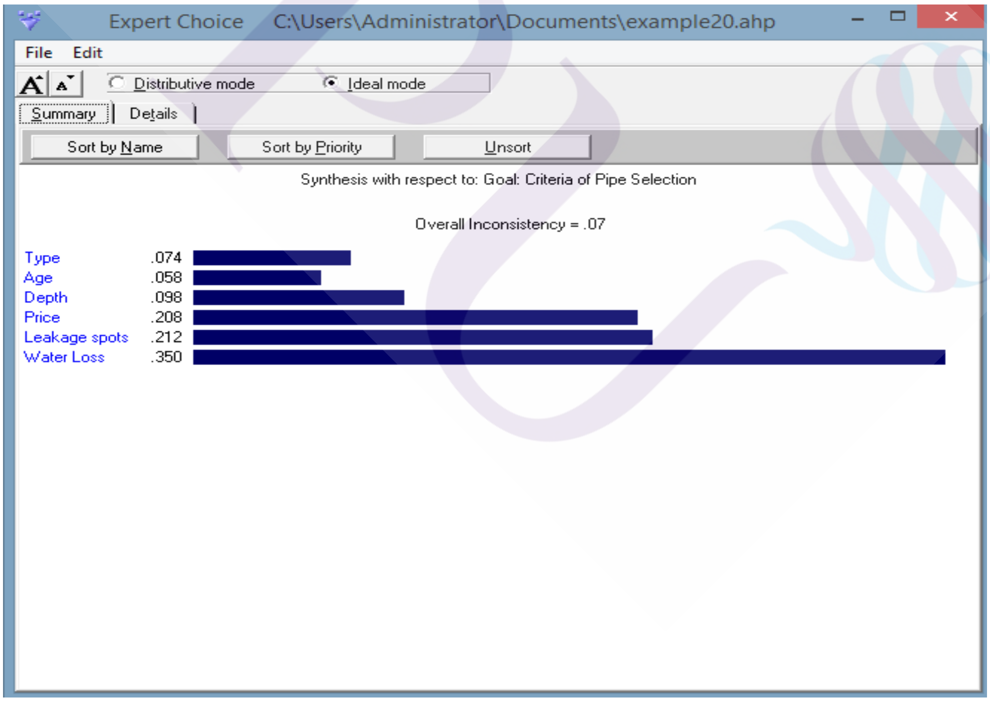
(20) ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 20



ภาพที่ 45 ผลลัพธ์ของแบบสอบถามของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 20

ตารางที่ 20 ผลลัพธ์ของแบบสอบถามของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 20

ปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกปรับปรุงเส้นท่อ						
ตัวอย่างที่ 20	ชนิดของเส้นท่อ	อายุของเส้นท่อ	ความลึกหลังท่อ	ราคาประมาณการวางท่อ	จำนวนจุดรั่วในเส้นท่อ	น้ำสูญเสียในเส้นท่อ
ชนิดของเส้นท่อ		1	1/2	1/3	1/2	1/3
อายุของเส้นท่อ	1		1/3	1/4	1/3	1/4
ความลึกหลังท่อ	2	3		1/4	1/3	1/4
ราคาประมาณการวางท่อ	3	4	4		1/2	1/2
จำนวนจุดรั่วในเส้นท่อ	2	3	3	2		1/3
น้ำสูญเสียในเส้นท่อ	3	4	4	2	3	



ภาพที่ 46 ผลลัพธ์ของการวิเคราะห์แบบสอบถามของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 20 ด้วยวิธี AHP

จากภาพที่ 46 จะเห็นได้ว่า ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 20 ได้ให้น้ำหนักความสำคัญของน้ำสูญเสียที่เกิดขึ้นในเส้นท่อมากที่สุด = 0.350 โดยมีค่าความสอดคล้อง (Consistency Ratio : CR) = 0.07

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นาย พัฒนา จิตติถาวร
วัน เดือน ปี ที่เกิด	24 กุมภาพันธ์ 2525
ประวัติการศึกษา	Bachelor of Computer Application Symbiosis Institute of Study and Research Pune , India (2550)
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	นักคอมพิวเตอร์ 5 ส่วนปฏิบัติการลดน้ำสูญเสีย
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	ส่วนปฏิบัติการลดน้ำสูญเสีย กองบำรุงรักษา สำนักงานประปาสาขาประชาชื่น การประปานครหลวง