บทที่ 4

การดำเนินการวิจัย

การวิจัยหาอายุเฉลี่ยการใช้งานของมาตรวัดน้ำขนาด 4 นิ้ว นี้เป็นงานวิจัยในเชิงสำรวจกึ่งทดลองผู้วิจัยได้ใช้วิธีการเก็บข้อมูลจากสนามซึ่งเป็นพื้นที่ที่ใช้น้ำประปาของการประปานครหลวงเพื่อให้ได้ผลตามสภาพการใช้งานจริง ๆ มาศึกษาทดสอบ โดยแบ่งขั้นตอนการศึกษาเป็นสองระยะคือระยะที่หนึ่ง ได้ทำการศึกษาตัวแปรต่าง ๆ ที่จำเป็นและมีผลต่ออายุการใช้งานเพื่อเป็นแนวทางในการพิจารณากำหนดกลุ่มตัวอย่างที่จะใช้ในการหาอายุการใช้งาน เช่นปริมาณการใช้น้ำ คุณภาพของน้ำใน 5 สาขา ความเที่ยงตรงเป็นต้นส่วนระยะที่สองทำการกำหนดกลุ่มตัวอย่างเก็บตัวอย่างมาศึกษาทดสอบหาอายุการใช้งาน และ เสนอแนวทางการถอดเปลี่ยนมาตรวัดน้ำดังมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

กลุ่มประชากร

ในการศึกษาวิจัยหาอายุเฉลี่ยการใช้งานของมาตรวัดน้ำขนาด 4 นิ้วผู้วิจัยได้เลือกศึกษาข้อมูลมาตรที่ใช้ในธุรกิจอุตสาหกรรม ซึ่งได้แก่ อพาร์ทเม้น คอนโด ศูนย์การค้า แฟลต โรงแรม โรงงานอุตสาหกรรม มาตรเหล่านี้ติดตั้งอยู่ใน 5 สาขาของการประปานครหลวงได้แก่สาขาพญาไท สาขาสมุทรปราการ สาขาพระโขนง สาขาแม้นศรี สาขาทุ่งมหาเมฆ ซึ่งเป็นสาขาที่ใช้มาตรขนาดนี้มากแต่ละสาขาจะมีปริมาณมาตรที่ติดตั้งแสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงปริมาณมาตรขนาด 4 นิ้ว ที่ติดตั้งใน 5 สาขา

สาขา	ปริมาณมาตร (เครื่อง)		รวม
	ยี่ห้อ B	ยี่ห้อ A	
พญาไท	68	60	128
พระโขนง	51	45	96
สมุทรปราการ	128	100	228
แม้นศรี	76	60	136
ทุ่งมหาเมฆ	62	50	112
รวม	385	215	700

(ที่มา : ฝ่ายวางแผนและพัฒนาการประปานครหลวง, 2535)

<u>ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับอายุเฉลี่ยการใช้งาน</u>

ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับอายุเฉลี่ยการใช้งานมาตรวัดน้ำมีมาก ตัวแปรบางตัวมีผลต่ออายุการใช้งานน้อยก็จะตัดออกไป ส่วนตัวแปรบางตัวมีผลมากก็จะต้องแยกวิจัยเป็นกลุ่ม ๆ และตัวแปรบางตัวจะต้องมีการทดสอบเก็บข้อมูลเบื้องต้นว่าตัวแปรนี้มีผลต่ออายุเฉลี่ยการใช้งานอย่างไรตัวแปรที่เกี่ยวข้องมีดังต่อไปนี้

1. ขนาดของมาตร ขนาดของมาตรที่แตกต่างกันจะมีผลต่ออายุการใช้งานโดยทั่วไปมาตรขนาดเล็กกว่า จะมีอายุการใช้งานได้นานกว่ามาตรขนาดใหญ่ ผู้วิจัยเลือกทำเฉพาะมาตรขนาด 4 นิ้วเท่านั้น

2. ยี่ห้อของมาตร โดยทั่วไปถ้ายี่ห้อของมาตรต่างกันจะทำให้อายุเฉลี่ยต่างกันผู้วิจัยศึกษา 2 ยี่ห้อคือ ยี่ห้อ A และยี่ห้อ B โดยการศึกษาจะแยกกันศึกษา

3. รุ่นของมาตร เนื่องจากได้ศึกษาสถิติการใช้มาตรตั้งแต่ปี 2530-2533 แต่ละรุ่นที่ผลิตจะไม่แตกต่างกัน

4. มาตรเก่าใหม่ มาตรที่ใช้แล้วหรือมาตรที่นำมาซ่อมแล้วนำไปใช้ย่อมมีอายุสั้นกว่ามาตรใหม่ ๆ ผู้วิจัยได้เลือกศึกษาเฉพาะมาตรใหม่

5. ลักษณะการใช้น้ำลักษณะการใช้น้ำ หมายถึงพฤติกรรมการใช้น้ำ ได้แก่ ความถี่ในการใช้น้ำ และปริมาณที่ใช้ในแต่ละครั้งคือถ้าความถี่ในการใช้สูงปริมาณน้ำมากอายุการใช้งานจะน้อย ผู้วิจัยได้ศึกษามาตรขนาดใหญ่ส่วนมากจะมีถังพัก หรือบ่อพักน้ำขนาดใหญ่ซึ่งจะมีประโยชน์ทำให้สามารถเก็บน้ำไว้ใช้ได้ต่อเนื่อง เมื่อยามขาดแคลน อีกทั้งยังทำให้น้ำใสขึ้น คือจะตกตะกอนในถัง ถังพักดังกล่าวจะมีผลทำให้ความถี่ในการใช้มาตรลดลงกว่าการไม่มีถังพักฉะนั้นถ้าปริมาณน้ำที่ใช้ต่อเดือนใกล้เคียงกันลักษณะการใช้น้ำย่อมไม่ต่างกันมาก

6. สภาพแวดล้อมในการติดตั้ง ผู้วิจัยได้เลือกตัวอย่างเฉพาะมาตรที่มีการติดตั้งได้มาตรฐานในตำแหน่งที่เหมาะสมดังนั้นสภาพแวดล้อมจึงมีผลน้อย

7. ความดันน้ำ ความดันน้ำที่ส่งน้ำไปตามท่อ จะมีผลต่อปริมาณน้ำที่จะไหลผ่านมาตรด้วยคือถ้าความดันต่ำจะทำให้ปริมาณน้ำไหลผ่านจะอ่อนมาตรจะเดินช้ากว่าปกติดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกเฉพาะเส้นทางที่มีความดันระหว่าง 8-20 เมตรน้ำ

8. เครื่องมือที่ใช้ทดสอบ เครื่องมือที่ใช้ทดสอบใช้หลักง่ายคือให้น้ำไหลผ่านเข้ามาตรด้วยอัตราที่ได้มาตรฐานแล้วปล่อยน้ำไหลเข้าถังบรรจุน้ำที่มีสเกลอยู่สามารถทราบว่าในถังมีกี่ลิตรดังนั้น ความผิดพลาดน้อยมาก

9. ปริมาณน้ำที่ใช้ ปริมาณน้ำเป็นตัวแปรที่จำเป็นอีกตัวหนึ่งถ้าใช้น้ำมาตรทำงานมากอายุการใช้งานจะน้อยลง ถ้าน้อยไปจะไม่คุ้มกับการใช้มาตรใหญ่ในปัจจุบันสถิติมาตรขนาด 4 นิ้ว มีอัตราการใช้ของผู้ใช้เฉลี่ยประมาณ 500-4,000 ลบม./เดือน (ฝ่ายวางแผนและพัฒนาการประปานครหลวง, 2535)ถ้าเทียบกับมาตรฐานของอเมริกันระหว่าง 1,200-2,700ลบม./เดือน แต่จากมาตรฐานดังกล่าวเป็นเพียงข้อแนะนำสำหรับมาตรทั่ว ๆไปเพื่อให้ปริมาณน้ำที่ใช้เป็นไปด้วยความเหมาะสม จึงทำการทดลองสุ่มเก็บตัวอย่างมาตรวัดน้ำขนาด 4 นิ้วยี่ห้อ Aและยี่ห้อ B อย่างละ 7 เครื่อง โดยตรวจสอบจากประวัติก่อนติดตั้ง มีความคลาดเคลื่อนใกล้เคียงกัน มีอายุการใช้งานเท่ากันคือ 3 ปี ปริมาณน้ำที่ใช้แต่ละเดือนเฉลี่ยแตกต่างกัน เก็บมาแล้วทำการทดสอบความเที่ยงตรงเพื่อจะศึกษาว่าเมื่อปริมาณน้ำที่ใช้แตกต่างกันจะมีผลต่อค่าคลาดเคลื่อนของความเที่ยงตรงไปจากเดิมเท่าไร จากตารางที่ 4.2 และ 4.3 เป็นกลุ่มตัวอย่างที่สุ่มเลือกมาศึกษา มียี่ห้อ A และ ยี่ห้อ B

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าคลาดเคลื่อนของมาตรยี่ห้อ B ขนาด 4 นิ้ว เมื่อปริมาณน้ำเฉลี่ยที่ใช้ต่อเดือนแตกต่างกัน

ตัวอย่างที่	ปริมาณใช้น้ำเฉลี่ยต่อเดือน (ลบม./เดือน)	ความเที่ยงตรง (%) ก่อนติดตั้ง
1	1008	0.60
2	1500	0.70
3	2030	0.65
4	2560	0.60
5	3000	0.68
6	3600	0.60
7	4000	0.70

ตารางที่ 4.3 แสดงตัวอย่างของมาตรวัดน้ำ ยี่ห้อ A ขนาด 4 นิ้วเพื่อศึกษาผลของปริมาณการใช้น้ำเฉลี่ยต่อเดือนซึ่งแตกต่างกัน

ตัวอย่างที่	ปริมาณใช้น้ำเฉลี่ยต่อเดือน (ลบม./เดือน)	ความเที่ยงตรง (%) ก่อนติดตั้ง
1	1040	0.40
2	1502	0.35
3	2037	0.42
4	2500	0.38
5	3045	0.40
6	3650	0.30
7	3950	0.35

หมายเหตุ การเก็บตัวอย่างมาตรดังกล่าวจะต้องทำเรื่องขออนุญาตไปยังสาขาพญาไท สาขาจะต้องไปจดอ่านเลขน้ำก่อน เพื่อจะได้ไม่มีปัญหาในการเก็บค่าน้ำเมื่อสาขาต่อรับอนุญาตแล้ว จึงทำการถอดเปลี่ยนมาศึกษาได้เมื่อถอดเปลี่ยนมาแล้วนำมาทดสอบที่กองมาตรวัดน้ำทันที ถ้าทิ้งไว้หลายวันสนิมจะจับส่วนต่าง ๆ ทำให้การทดสอบคลาดเคลื่อนไปได้

10. มาตรตั้งความเที่ยงตรงแตกต่างกัน มาตรที่ตั้งความเที่ยงตรงเป็นบวกมากมาตรจะเดินเร็วทำให้อ่านค่าน้ำได้มากกว่าน้ำที่ผ่านตัวมาตรจริง ค่าคลาดเคลื่อนเกิดขึ้นย่อมสูงกว่ามาตรที่ ตั้งความเที่ยงตรงเป็นลบ จากมาตรฐานการผลิตของมาตรยี่ห้อ B จะตั้งเดิน อยู่ระหว่าง1.5% ถึง -0.5% ส่วนยี่ห้อ A จะเดินอยู่ระหว่าง 1.2% ถึง - 0.6% ผู้วิจัยต้องการ ทดสอบว่ามาตรที่ตั้งความเที่ยงตรงแตกต่างกันในช่วงดังกล่าวเมื่อถูกนำไปใช้งานผ่านไป 3 ปี แล้วจะทำให้ค่าคลาดเคลื่อนแตกต่างกันมากหรือไม่ จึงได้กำหนดกลุ่มตัวอย่างมาตรวัดน้ำขนาด 4 นิ้ว รวมทั้งยี่ห้อ A และยี่ห้อ B อย่างละ 7 เครื่องที่ติดตั้งในสาขาพญาไท โดยมีเงื่อนไข มีปริมาณน้ำเฉลี่ยต่อเดือน

ใกล้เคียงกันอายุการใช้งาน 3 ปี แล้วทำการถอดเปลี่ยนจากสนามมาทำการทดสอบความเที่ยงตรง และหาค่าคลาดเคลื่อนระหว่างก่อนติดตั้งและหลังใช้แล้ว จากการเลือกตัวอย่างได้ดังตารางที่ 4.4 และตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.4 แสดงตัวอย่างของมาตรวัดน้ำยี่ห้อ B ขนาด 4 นิ้ว เพื่อศึกษาการตั้งความเที่ยงตรงแตกต่างกันจะมีผลต่อค่าคลาดเคลื่อนอย่างไร

ตัวอย่างที่	ปริมาณใช้น้ำเฉลี่ยต่อเดือน (ลบม./เดือน)	ความเที่ยงตรงก่อนติดตั้ง(%)
1	1500	-0.5
2	1510	-0.5
3	1530	0.0
4	1505	0.5
5	1520	1.0
6	1540	1.5
7	1515	1.5

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.5 แสดงตัวอย่างของมาตรวัดน้ำ ยี่ห้อ A ขนาด 4 นิ้ว เพื่อศึกษาการตั้งความเที่ยงตรงแตกต่างกันจะมีผลต่อค่าคลาดเคลื่อนอย่างไร

ตัวอย่างที่	ปริมาณใช้น้ำเฉลี่ยต่อเดือน (ลบม./เดือน)	ความเที่ยงตรง (%) ก่อนติดตั้ง
1	1550	-0.6
2	1560	-0.6
3	1555	0.0
4	1540	0.5
5	1530	1.0
6	1510	1.2
7	1520	1.2

หมายเหตุ การเก็บตัวอย่างมาตรวัดน้ำก็จะต้องทำเรื่องขออนุญาตเช่นกันจึงจะทำการถอดได้ ส่วนวิธีการทดสอบความเที่ยงตรงทำเหมือนดังหน้า 50

11. ความแม่นยำของมาตรตัวอย่าง ค่าความแม่นยำของมาตรใหม่ๆ ทั้งสองยี่ห้ออยู่ระหว่าง $\pm$ 0.02% ถึง $\pm$ 0.025% ซึ่งเป็นค่าที่เข้าใกล้ศูนย์ถือว่ามาตรมีความแม่นยำสูง ก่อนทำการติดตั้งไม่มีประวัติการทดสอบเก็บไว้ เนื่องจากทำการทดสอบเพียงหนึ่งครั้งต่อเครื่อง ดังนั้นจึงสมมติว่ามาตรใหม่ทุกตัวมีความแม่นยำใกล้เคียงกัน

12. คุณภาพน้ำ คุณภาพน้ำเป็นตัวแปรที่สำคัญ คือถ้าคุณภาพน้ำไม่ดี อายุการใช้งานของมาตรวัดน้ำจะสั้นกว่าคุณภาพน้ำดี น้ำประปาเมื่อถูกส่งมาจากโรงกรองสามเสน และโรงกรองบางเขนจะผ่านเส้นท่อต่าง ๆ อาจจะทำให้สภาพทางเคมีหรือทางกายภาพเปลี่ยนไปโดยเฉพาะท่อ

ที่เป็นสนิมหรือมีสิ่งสกปรกภายใน บางทีจะไปดึงเอาอ็อกซิเจนที่ผสมอยู่ในน้ำให้ลดน้อยลงไป บางทีทำให้น้ำขุ่นขึ้นด้วย เหตุนี้ผู้วิจัยจึงอยากจะทราบว่าสาขาทั้ง 5 สาขาคุณภาพน้ำใกล้เคียงกันหรือไม่ และจะเป็นประโยชน์ต่อการกำหนดกลุ่มตัวอย่างในแต่ละพื้นที่ เพื่อหาอาธุการใช้งาน คือถ้าหากว่าสาขาใดคุณภาพเหมือนกันก็สามารถสุ่มตัวอย่างร่วมกันได้ [เพราะขนาดตัวอย่างมีจำกัด] จึงได้วางแผนกำหนดกลุ่มตัวอย่างโดยเก็บตัวอย่างน้ำจาก 5 สาขา สาขาละ 4 ตัวอย่างโดยแต่ละเขตสุ่มให้กระจายไปในพื้นที่ แล้วทำการเก็บตัวอย่างนำเข้าห้องทดปฏิบัติการทางเคมีและกายภาพ

12.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ประชากรได้แก่จุดต่าง ๆ ที่ใช้มาตรวัดน้ำขนาด 4 นิ้วใน 5 สาขาได้แก่ พญาไท สมุทรปราการ พระโขนง แม้นศรี ทุ่งมหาเมฆ ส่วนกลุ่มตัวอย่างจะสุ่มเลือกโดยยึดหลักว่า ต้องเป็นจุดที่ติดตั้งมาตรขนาด 4 นิ้ว เป็นส่วนใหญ่โดยมีข้อตกลงคือ

12.1.1 คุณภาพน้ำของโรงกรองน้ำไม่แตกต่างกันคือโรงกรองสามเสนและโรงกรองบางเขน

12.1.2 ไม่พิจารณาเส้นทางที่ใช้น้ำบาดาล

12.1.3 ช่วงเวลาที่เก็บตัวอย่างน้ำจะไม่มีผลต่อคุณภาพน้ำ

จุดเก็บกลุ่มตัวอย่างน้ำที่กำหนดขึ้น สามารถดูตำแหน่งได้จากแผนที่ใน ภาคผนวก ข หน้า 156

12.2 ตัวแปร ค่าที่จะตรวจสอบจากน้ำมี 9 ค่า คือ ความขุ่น ของแข็ง กรดด่าง แคลเซียม แมกนีเซียม เหล็ก ซัลเฟต ครอไรด์ และอ็อกซิเจน

12.3 การเก็บตัวอย่างน้ำในการเก็บตัวอย่างน้ำจะต้องทำเรื่องขอความร่วมมือจากกองคุณภาพน้ำของการประปานครหลวง เพื่อช่วยทดลองหาค่าตัวแปร 9 ค่าในน้ำซึ่งมีผลต่ออาธุการใช้งานของมาตรวัดน้ำเมื่อกองคุณภาพน้ำตอบรับ ผู้วิจัยจึงได้ออกเก็บตัวอย่างน้ำโดยแยกเป็นสาย ๆ โดยเริ่มจากสาขาพญาไท สมุทรปราการ พระโขนง แม้นศรี และทุ่งมหาเมฆ ตามลำดับช่วงเวลา 8.00-12.00 น. ตอนช่วงเวลาบ่ายจะนำเข้าส่งห้องทดลองขณะเข้าไปเก็บ จะต้องขออนุญาตเจ้าของ หรือคนดูแลสถานที่ก่อนโดยจะไปขอน้ำตรงจุดที่น้ำผ่านตัวมาตร ไม่ใช่ไปเก็บน้ำที่อยู่ในบ่อพักซึ่งจะตกตะกอนแล้วซึ่งจะไม่ได้ผล น้ำที่เก็บจะบรรจุขวดที่สะอาดขนาด 0.75-ลิตร พร้อมฝาปิด ติดฉลากตามแบบฟร์อมหน้า 323

12.4 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ทดสอบ ในการวิเคราะห์เพื่อหาว่าคุณภาพน้ำ

แต่ละสาขาแตกต่างกันหรือไม่นั้น เนื่องจากระดับปัจจัยมี 5 สาขา จึงต้องวิเคราะห์ที่โดยแยกตัวแปรแต่ละตัวคือทดสอบทีละค่าโดยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว(Single Factor-,ANOVA) โดยมีขั้นตอนดังนี้

1) ตั้งสมมติฐานที่จะทดสอบ

2) คำนวณผลบวกกำลังสองทั้งหมด, SS_T

$$SS_T = \sum_{j=1}^{k} \sum_{j=1}^{n} (X_{ij} - X..)^2$$

$$= \sum_{j} \sum_{i} X^2_{ij} - (\sum_{j} \sum_{i} X_{ij})^2/nk$$

ดีกรีของความอิสระ $V_T = nk - 1$

3) คำนวณผลบวกกำลังสองเนื่องจากปัจจัย, SS_{Tr}

$$SS_{Tr} = \sum_{j} n(X._j - X..)^2$$

$$= \sum_{j} (\sum_{i} X^2_{ij})/n - (\sum_{j} \sum_{i} X_{ij})^2/nk$$

ดีกรีของความอิสระ $V_{Tr} = k - 1$

4) คำนวณผลบวกกำลังสองเนื่องจากความผิดพลาดแบบสุ่ม, SS_E

$$SS_E = SS_T - SS_{Tr}$$

ดีกรีของความอิสระ $V_E = nk - k$

5) คำนวณค่าเฉลี่ยผลบวกกำลังสอง, MS

$$MS_{Tr} = SS_{Tr}/V_{Tr}$$

$$MS_E = SS_E/V_E$$

6) คำนวณค่าสถิติสำหรับทดสอบ F

$$F = MS_{Tr}/MS_E$$

7) เปรียบเทียบค่าสถิติสำหรับทดสอบ F กับ F_{α, V_{Tr}, V_E}

ถ้า $F > F_{\alpha, V_{Tr}, V_E}$ ปฏิเสธ Ho

ถ้า $F < F\alpha, V_{Tr}, V_E$ ยอมรับ Ho

นำไปเขียนโปรแกรมด้วยภาษาเบสิคแสดงดังภาคผนวก ฌ หน้า 299

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างมาตรวัดน้ำที่ใช้ในการศึกษาหาอายุเฉลี่ยการใช้งานนี้ ได้คัดเลือกตัวอย่างมาจาก 5 สาขาของการประปานครหลวงได้แก่สาขาพญาไท สาขาสมุทรปราการ สาขาพระโขนง สาขาแม้นศรี และสาขาทุ่งมหาเมฆ เนื่องจากเป็นสาขาที่มีปริมาณการใช้มากกว่าสาขาอื่น ๆ ในการคัดเลือก ได้พิจารณาเงื่อนไขหลายประการ เพื่อให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับงานได้อย่างสมเหตุสมผลได้แก่สถานที่ติดตั้งอายุที่ติดตั้ง ความเที่ยงตรงก่อนติดตั้ง ปริมาณน้ำที่ใช้ ระบบเส้นท่อ ความดันในเส้นท่อ เป็นต้นเงื่อนไขในการเลือกมาตรมีหลักเกณฑ์ดังนี้

1. มาตรที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง จะต้องเป็นมาตรใหม่ขนาด 4 นิ้ว ยี่ห้อ A และยี่ห้อ B ที่ติดตั้งระหว่าง พศ. 2531-2534

2. มาตรที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง จะต้องมีปริมาณน้ำที่ใช้โดยเฉลี่ยระหว่าง 1200 ลบม. ถึง 2700 ลบม./เดือน

3. มาตรที่เป็นกลุ่มตัวอย่างต้องมีความเที่ยงตรงของมาตรซึ่งผ่านการทดสอบเดินปกติระหว่าง-0.5% ถึง 1.5% สำหรับมาตรยี่ห้อ B และอยู่ระหว่าง -0.6% ถึง 1.2% สำหรับมาตรยี่ห้อ A ตามลำดับ

4. มาตรที่เป็นกลุ่มตัวอย่างจะต้องติดตั้งในบริเวณที่มีความดันน้ำอยู่ระหว่าง 8-20 เมตรน้ำ

5. มาตรที่เป็นกลุ่มตัวอย่างจะต้องไม่ติดตั้งอยู่ในบริเวณที่กำลังปรับปรุงเส้นท่อซึ่งอาจจะทำให้สิ่งปฏิกูลเข้าไปติดภายในมาตรทำให้เสียหายหรือหยุดเดินได้

หลังจากทำการเลือกมาตรได้แล้ว จึงทำการสุ่มตามเส้นทางของแต่ละสาขา ในกรณีที่มีตัวอย่างมากแต่ถ้าเส้นทางใดมีจำนวนจำกัดก็ไม่ต้องสุ่มสำหรับแผนการสุ่มนั้นใช้วิธีจับฉลากเมื่อเก็บตัวอย่างมาแล้ว ทำการทดสอบหาค่าตัวแปรต่าง ๆ ถ้าข้อมูลที่ได้เบี่ยงเบนมาก จะสุ่มเก็บเพิ่มเติมขนาดของตัวอย่างทั้งหมด 140 เครื่องประมาณ 20% ของประชากร ซึ่งจำนวนตัวอย่างแยกตามยี่ห้อและปริมาณการใช้น้ำเป็น 2 ช่วง แสดงดังตารางที่ 4.6, 4.7, 4.8 และ 4.9

ตารางที่ 4.6 แสดงจำนวนตัวอย่างที่ได้จากการสุ่มของมาตรยี่ห้อ B
มีปริมาณการใช้น้ำเฉลี่ย 1200-2000 ลบม./เดือน

ปีที่ติดตั้ง	อายุ	จำนวน (เครื่อง)	สาขาละ (เครื่อง)	ความเที่ยงตรง (%)
2534	1	5	1	อยู่ระหว่าง
2533	2	10	2	0.5-1.5
2532	3	10	2	
2531	4	10	2	
รวม		35 เครื่อง		

ตารางที่ 4.7 แสดงจำนวนตัวอย่างที่ได้จากการสุ่มของมาตรยี่ห้อ B
มีปริมาณการใช้น้ำเฉลี่ย 2001-2700 ลบม./เดือน

ปีที่ติดตั้ง	อายุ	จำนวน (เครื่อง)	สาขาละ (เครื่อง)	ความเที่ยงตรง (%)
2534	1	5	1	อยู่ระหว่าง
2533	2	10	2	0.5-1.5
2532	3	10	2	
2531	4	10	2	
รวม		35 เครื่อง		

ตารางที่ 4.8 แสดงจำนวนตัวอย่างที่ได้จากการสุ่มของมาตรยี่ห้อ A
มีปริมาณการใช้น้ำเฉลี่ย 1200-2000 ลบม./เดือน

ปีที่ติดตั้ง	อายุ	จำนวน (เครื่อง)	สาขาละ (เครื่อง)	ความเที่ยงตรง (%)
2534	1	5	1	อยู่ระหว่าง
2533	2	10	2	0.6-1.2
2532	3	10	2	
2531	4	10	2	
รวม		35 เครื่อง		

ตารางที่ 4.9 แสดงจำนวนตัวอย่างที่ได้จากการสุ่มของมาตรยี่ห้อ A
มีปริมาณการใช้น้ำเฉลี่ย 2001-2700 ลบม./เดือน

ปีที่ติดตั้ง	อายุ	จำนวน (เครื่อง)	สาขาละ (เครื่อง)	ความเที่ยงตรง (%)
2534	1	5	1	อยู่ระหว่าง
2533	2	10	2	0.5-1.2
2532	3	10	2	
2531	4	10	2	
รวม		35 เครื่อง		

รายละเอียดประวัติของมาตรวัดน้ำแสดงดังภาคผนวก ข หน้า 162

การเก็บตัวอย่างมาตร

หลังจากได้กำหนดกลุ่มตัวอย่างแล้วขั้นตอนต่อไปเป็นการเก็บรวบรวมตัวอย่าง การเก็บจะต้องแยกเก็บเป็นสาขา เพราะแต่ละสาขาจะรับผิดชอบพื้นที่ ของจำนวนบริเวณ หรือจุดที่จะเก็บตัวอย่างแสดงดัง ภาคผนวก ข หน้า 166 ซึ่งในการเก็บจะแยกเก็บทีละสาขาโดยจะต้องทำเรื่องขอความร่วมมือจากสาขาต่าง ๆ เพื่อขออนุญาตถอดเปลี่ยนมาตรวัดน้ำ โดยแนบรายละเอียดของหมายเลขมาตรและอื่น ๆ ตามแบบฟอร์มที่ภาคผนวก ฎ หน้า 324 สาขาจะไปบันทึกอ่านปริมาณน้ำจะได้ไม่เกิดปัญหาเรื่องการเก็บค่าน้ำเมื่อเวลาสิ้นเดือนจากนั้นสาขาจะตอบรับให้ไปถอดเปลี่ยนได้ การถอดเริ่มจากสาขาพญาไท สาขาสมุทรปราการ สาขาพระโขนง สาขาแม้นศรี และสาขาทุ่งมหาเมฆ ตามลำดับ มาตรที่เก็บมาจากสนามส่งเข้ากองมาตรเพื่อทำการทดสอบความเที่ยงตรงและความแม่นยำโดยมาตรแต่ละตัวจะติดสลากไว้ว่าเป็นมาตรวิจัย จะได้ไม่ปนกับมาตรซ่อมอื่น ๆ

การทดสอบความเที่ยงตรงและความแม่นยำ

การทดสอบหาความเที่ยงตรงและความแม่นยำได้ทำการทดสอบ 2 ครั้ง คือทดสอบก่อนทำการซ่อม [ถอดมาจากสนาม] และทดสอบหลังจากซ่อมมาตรแล้ว โดยทดสอบน้ำไหลค่อยเพราะน้ำไหลค่อยมาตรจะเกิดความคลาดเคลื่อนสูงกว่ามาตรเดินเร็ว การทดสอบก่อนซ่อมเพื่อใช้หาอายุว่าควรจะถอดเปลี่ยนมาตรจากสนามเมื่อไร ส่วนการทดสอบหลังซ่อมแล้ว เพื่อให้ทราบว่ามาตรยังคงใช้ได้ต่อไปหรือไม่เมื่อผ่านการซ่อมแล้ว

1. ขั้นตอนการทดสอบความเที่ยงตรง การทดสอบจะเดินน้ำอัตราการไหลอ่อน ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1) นำมาตรที่ถอดมาจากสนามเข้าประกอบกับท่อทางน้ำเข้าและท่อน้ำออกขนาด 4 นิ้ว โดยขันสกรูให้หน้าแปลนติดกับตัวมาตร

2) ปล่อยน้ำเดินเข้ามาตร มาตรจะหมุนประมาณ 1 นาทีเพื่อไล่ฟองอากาศที่อยู่ในท่อ อยู่ในมาตรออก ละเพื่อให้มาตรเดินได้เป็นปกติเหมือนอยู่ในสนามเนื่องจากเก็บมาตรมารอไว้เพียง 1-2 วัน มาตรจะแห้งทำให้สนิมจะจับที่ส่วนต่าง ๆ ของมาตรแข็งตัวจะทำให้ฝืด

3) ปล่อยน้ำในถัง 1000 ลิตรออกให้หมดอ่านและจดบันทึกและน้ำด้วยแบบฟอร์มดังภาคผนวก ฎ หน้า 325

4) ตั้งอัตราไหลน้ำ 50 ลิตรต่อนาที ความดัน 6 ปอนด์ต่อตารางนิ้วแล้วทำการเปิดวาวล์ปล่อยน้ำผ่านเข้าตัวมาตร ไหลออกลงถังมาตรฐานจนถึงขีด 1000 ลิตร จะใช้เวลาเดินทดสอบ 20 นาทีต่อครั้งจึงหยุดแล้วอ่านค่าจดบันทึกเลขน้ำทดลอง

5) ทำการทดลองโดยเริ่มจากข้อ 3-5 ต่ออีก 2 ครั้ง รวมเป็น 3 ครั้ง

เมื่อทดสอบแล้วนำค่าที่จดมาทำการคำนวณตามสูตรดังนี้

$$\text{ความเที่ยงตรง (\%)} = \frac{(I_2 - I_1) - (Q_2 - Q_1)}{Q_2 - Q_1} \times 100$$

เมื่อ I_1 = ปริมาณน้ำที่แสดงบนหน้าปัทม์ของมาตรก่อนการทดสอบ (ลิตร)

I_2 = ปริมาณน้ำที่แสดงบนหน้าปัทม์ของมาตรหลังการทดสอบ (ลิตร)

Q_1 = ระดับน้ำในถังก่อนทดสอบ (ลิตร)

Q_2 = ระดับน้ำในถังหลังทดสอบ (ลิตร)

2. การคำนวณหาความแม่นยำ ค่าของความแม่นยำ วัดด้วยค่าของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่าง ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ต้องการโดยคิดเป็นแบบช่วงดังนี้

$$\text{ความแม่นยำ} = \pm\ t_{\alpha/2}\ s/\sqrt{n}$$

เมื่อ s = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่าง

n = จำนวนตัวอย่าง

ซึ่งค่าที่นำมาหาความแม่นยำนั้นได้จากการทดสอบหาความเที่ยงตรงได้ทดลอง 3 ครั้งต่อหนึ่งตัวอย่าง ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

$$\text{ความแม่นยำของมาตรวัดน้ำ} = \pm\ 4.303 \times \frac{si}{\sqrt{3}}$$

การวิเคราะห์หาอายุเฉลี่ยการใช้งาน

อายุการใช้งานของมาตรวัดน้ำ จะขึ้นอยู่กับค่าของความเที่ยงตรง ค่าของความแม่นยำ และค่าการสึกหรอเสียหายของชิ้นส่วนต่าง ๆ ที่เสียง่ายโดยนำข้อมูลจากการทดลองมาหาค่าคลาดเคลื่อนไปจากเมื่อตอนก่อนนำมาตรไปติดตั้งที่สนามเท่าไร ค่าคลาดเคลื่อนจะสัมพันธ์ กับเวลาจึงได้นำเอาค่าคลาดเคลื่อนไปหาสมการที่เหมาะสม (Curve Fitting) โดยใช้หลักการถดถอย (Regression Analysis) เทคนิคหรือวิธีกำลังสองน้อยสุด (Least Square Method) เขียนด้วยภาษาเบสิคโดยมีรูปแบบของสมการดังต่อไปนี้[โปรแกรมแสดงที่ภาคผนวก ฎ หน้า 228]

1. สมการเส้นตรง (Linear equation)
2. สมการล็อก (Logarithmic equation)
3. สมการยกกำลัง (Polynomial equation)
4. สมการเอกโปเนลเชียล (Exponential equation)
5. สมการกำลัง (Power equation)

1) สมการเส้นตรง

รูปแบบของสมการ $y = a + bx$

$$a = \frac{\Sigma y - b\Sigma x}{n}$$

$$b = \frac{n\Sigma xy - \Sigma x.\Sigma y}{n\Sigma x^2 - (\Sigma x.)^2}$$

$$r = \frac{n\Sigma xy - \Sigma x.\Sigma y}{\sqrt{(n\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2 (n\Sigma y^2 - (\Sigma y)^2)}}$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2) สมการล็อก

รูปแบบของสมการ $y = a + b \ln x$

$$a = \frac{\Sigma y - b \Sigma}{n}$$

$$b = \frac{n \Sigma (\ln x)y - \Sigma \ln x . \Sigma y}{n\Sigma(\ln x)^2 - (\Sigma \ln x)^2}$$

$$r = \frac{n \Sigma (\ln x)y - \Sigma \ln x . \Sigma y}{\sqrt{(n \Sigma (\ln x)^2 - (\Sigma \ln x)^2)(n\Sigma y^2 - (\Sigma y)^2)}}$$

3) สมการเอกโปเนลเชียล

รูปแบบของสมการ $y = ab^x$

$$\log y = \log a + x \log b$$

$$a = \text{Exp} \frac{(\Sigma(\ln y) - b \Sigma x)}{n}$$

$$b = \text{Exp} \frac{(n\Sigma x . \ln y - \Sigma x . \Sigma \ln y)}{n\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2}$$

$$r = \frac{n\Sigma x \ln x - \Sigma x . \Sigma \ln y}{\sqrt{(n \Sigma x^2 - \Sigma x))^2 (n\Sigma (\ln y)^2 - (\Sigma \ln y)^2}}$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4) สมการกำลัง

รูปแบบของสมการ $y = ax^b$

$$\log y = \log y + x \log xb$$

$$a = \text{Exp}\ \frac{(\Sigma \ln y - b\ \Sigma \ln x)}{n}$$

$$b = \text{Exp}\ \frac{(n\ \Sigma \ln x - \Sigma \ln x\ \Sigma \ln y)}{n\ \Sigma\ (\Sigma \ln x)^2 - (\Sigma \ln x)^2}$$

$$r = \frac{n\ \Sigma \ln x.\ln y - \Sigma \ln y\ \Sigma \ln y}{\sqrt{(n\Sigma(\ln x)^2-(\Sigma \ln x)^2(n\Sigma(\ln y)^2-(\Sigma \ln y)^2)}}$$

5) สมการยกกำลังสอง

รูปแบบของสมการ

$$y = a + b_1 x - b_2 x^2$$

$$\Sigma y = n_m + b_1\ \Sigma x + b_2\ \Sigma x^2$$

$$\Sigma y = a\ \Sigma x + b_1 \Sigma x^2 + b_2\ \Sigma x^3$$

$$\Sigma x^2 y = a\Sigma x^2 + b_1 \Sigma x^3 + b_2\ \Sigma x^4$$

จากรูปแบบของสมการที่เหมาะสมวัดด้วยค่าผิดผลาด (Square Error) จากการลบกันระหว่างข้อมูลจากการเก็บมากับข้อมูลจากสมการถอดถอยแล้วยกกำลังสอง ซึ่งค่าผิดผลาดที่สามารถนำมาเปรียบเทียบกันได้ว่าข้อมูลการจะเหมาะสมกับสมการรูปแบบไหน จากนั้นนำสมการ

ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าคลาดเคลื่อนของความเที่ยงตรง กับระยะเวลา ความแม่นยำ กับ-ระยะเวลาจะเป็นตัวกำหนดอายุการใช้งานว่าควรจะถอดเปลี่ยนจากสนามมาซ่อมเมื่อไร โดยอายุสิ้นสุดจะเป็นตัวกำหนดอายุการใช้งานในการถอดเปลี่ยนมาตรวัดน้ำ

<u>การถอดศึกษาชิ้นส่วนของมาตรวัดน้ำ</u>

เมื่อนำมาตรตัวอย่าง จากสนามมาทดสอบเสร็จแล้ว จึงถอดชิ้นส่วนภายในที่สำคัญมาศึกษาดูสภาพการสึกหรอของชิ้นส่วนต่าง ๆ ว่ายังอยู่ในสภาพที่ใช้งานได้ต่อไปหรือไม่ โดยชิ้นส่วนที่ตรวจสอบมีดังนี้

1) แกนเพลาด้านหน้าและด้านหลังของใบพัด (ดูแบบในภาคผนวก ช หน้า 228 ประกอบ) โดยจะวัดขนาดทั้งเส้นผ่าศูนย์กลางและความยาวแกนเพลา

2) แบริ่งด้านหน้าและด้านหลังท้ายของใบพัด (ดูแบบในภาคผนวก ช หน้า 228 ประกอบ) โดยจะวัดขนาดทั้งเส้นผ่าศูนย์กลางและความลึกของแบริ่ง

3) ชุดเฟืองทดส่งกำลัง ประกอบด้วยเฟืองหลายตัวขบกันจะสึกหรอที่ฟันของมันจะวัดด้วยเครื่องฉายโปรไฟล์ (Profile) ดูรูปที่ ก-1 หน้า 130 รูปที่ ก-3 หน้า 145 ประกอบ

4) ชุดแม่เหล็กส่งกำลัง จะเป็นตัวส่งกำลังระหว่างชุดเฟืองทด กับชุดอ่านเลขน้ำ ถ้าแม่เหล็กแรงดึงดูดต่ำลง เมื่อถึงจุดหนึ่งจะส่งกำลังไม่ได้เต็มที่ จึงตรวจสอบด้วยเครื่องวัดแรง

5) ชุดอ่านเลขน้ำ (ดูรูปที่ ก-2 หน้า 131 รูปที่ ก-4 หน้า 146 ประกอบ)ชุดอ่านเลขมีโอกาสเสียได้หลายประการ เช่น น้ำเข้าเป็นฝ้าอ่านไม่เห็น ชุดอ่านคลาดเคลื่อนเป็นต้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย