บทที่ 5

การทดสอบโปรแกรมและแนวทางการพัฒนาโปรแกรมเพิ่มเติม

5.1 การทดสอบโปรแกรมส่วนออกแบบ

เพื่อเป็นการป้องกันความผิดพลาดขณะใช้งานโปรแกรมส่วนออกแบบ ผู้วิจัยจึงได้ทำการทดสอบโปรแกรมในส่วนออกแบบเป็นขั้นๆ เพื่อให้โปรแกรมมีความสมบูรณ์มากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ โดยมีวิธีการดำเนินการดังนี้

5.1.1 การทดสอบโปรแกรมขณะทำการพัฒนาโปรแกรม เป็นการทดสอบที่ตัวแปลภาษา (Compiler) ของ Visual Basic ได้เตรียมไว้รองรับอยู่แล้ว กล่าวคือ ถ้ามีการพิมพ์คำสั่งผิดพลาดในแง่ของไวยากรณ์ (Syntax) ภาษา Visual Basic จะแสดงข้อความเตือนผู้พิมพ์และไม่ยอมให้มีการรันโปรแกรมดังกล่าว จนกว่าจะมีการแก้ไขคำสั่งหรือไวยากรณ์ให้ถูกต้อง ดังนั้นโปรแกรมภาษา Visual Basic ที่สามารถรันได้แสดงว่าโครงสร้างด้านไวยากรณ์และคำสั่งจะต้องถูกต้อง

5.1.2 การทดสอบโปรแกรมเมื่อพัฒนาเสร็จแล้ว เป็นการทดสอบว่าโปรแกรมส่วนออกแบบที่พัฒนาแล้วนี้ สามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์หรือไม่ สำหรับวิธีการทดสอบในขั้นตอนนี้ จะใช้ลักษณะการทำงานของโปรแกรมส่วนออกแบบมาเป็นประโยชน์ในการทดสอบ กล่าวคือ เนื่องจากโปรแกรมส่วนออกแบบสามารถคำนวณค่าทางชลศาสตร์ของแง่ประกอบทางชลศาสตร์ได้ทุกค่า โดยให้ผู้ใช้ป้อนค่าที่ใช้ในการคำนวณที่จำเป็นที่เหลือ ดังนั้นวิธีการทดสอบจึงทำขึ้นโดย

1) สมมติข้อมูลเกี่ยวกับองค์ประกอบทางชลศาสตร์ขึ้น 1 ชุด ที่เพียงพอต่อการคำนวณผลลัพธ์ซึ่งเป็นค่าทางชลศาสตร์ที่เหลือได้

2) ป้อนข้อมูลดังกล่าวให้กับโปรแกรม แล้วให้โปรแกรมคำนวณหาคำตอบออกมา

3) เลือกชนิดผลลัพธ์ใหม่จากค่าใดค่าหนึ่งที่เป็นค่าซึ่งใช้เป็นข้อมูลในการคำนวณครั้งแรก และนำค่าผลลัพธ์จากการคำนวณครั้งแรกมาเป็นข้อมูลแทน

4) ให้โปรแกรมคำนวณหาผลลัพธ์ออกมาใหม่ จากนั้นนำค่าผลลัพธ์นี้ไปเปรียบเทียบกับข้อมูลที่เคยป้อนไว้ตั้งแต่การคำนวณครั้งแรกว่ามีค่าเท่ากันหรือไม่

5) ปรับแก้โปรแกรมจนกระทั่งค่าดังกล่าวเท่ากัน เมื่อค่าทั้งสองเท่ากันแล้วแสดงว่าโปรแกรมส่วนออกแบบทำงานได้ถูกต้อง

6) สำหรับบางองค์ประกอบที่ชนิดของผลลัพธ์มีเพียงชนิดเดียว หรือชนิดของผลลัพธ์แต่ละขององค์ประกอบนั้น ไม่มีความสัมพันธ์กัน เช่น องค์ประกอบถังตกตะกอน องค์ประกอบลักษณะนี้มักจะเป็นองค์ประกอบที่ผู้ใช้สนใจเฉพาะคำตอบบางอย่างเท่านั้น เช่น ผู้ใช้สนใจหาความดันสูญเสียของข้องอ มากกว่ากรณีที่ทราบความดันสูญเสียแล้วจะหาว่าเกิดจากข้องอขนาดเท่าไร ในกรณีนี้จะใช้การคำนวณจากโปรแกรมประเภท Spreadsheet เช่น Excel หรือจากเครื่องคำนวณอิเลคทรอนิคส์มาคำนวณผลลัพธ์ โดยใช้สมการเดียวกันกับโปรแกรมส่วนออกแบบ เพื่อนำผลลัพธ์ดังกล่าวมาเปรียบเทียบกัน

ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดสอบโปรแกรมส่วนวิเคราะห์ตามแนวทางดังกล่าว และได้ทำการแก้ไขจนโปรแกรมส่วนออกแบบสามารถใช้งานได้ และมีความถูกต้องทั้งหมดโดยในที่นี้ผู้วิจัยเสนอผลการทดสอบโปรแกรมส่วนออกแบบในบางส่วน เพื่อเป็นการยืนยันการทดสอบ โดยมีรายละเอียดดังนี้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1) การทดสอบองค์ประกอบประเภทรางรูปสี่เหลี่ยม

ข้อมูล	อัตราการไหล (ลบ.ม./วินาที)	ความชันของราง	ความกว้างของราง (ม.)	ความลึกของน้ำ (ม.)	ชนิดและค่าของผลลัพธ์
คำนวณครั้งที่ 1	-	1:100	1.0	1.0	อัตราการไหล = 3.2 ลบ.ม./วินาที
คำนวณครั้งที่ 2	3.20	1:100	-	1.0	ความกว้างของราง = 1.02 ม.

หมายเหตุ : - ใช้ค่าคงที่ของ Manning (n) = 0.015

- ผลการคำนวณความกว้างของรางในกรณีที่ 2 มากกว่า ข้อมูลที่ป้อนในกรณีที่ 1 เล็กน้อย เนื่องจากผลของการปัดเศษคำตอบในกรณีที่ 1

2) การทดสอบองค์ประกอบประเภทรางรูปสี่เหลี่ยมคางหมู

ข้อมูล	อัตราการไหล (ลบ.ม./วินาที)	ความชันของราง	ความกว้างท้องราง (ม.)	ความลึกของน้ำ (ม.)	ความชันขอบราง	ชนิดและค่าของผลลัพธ์
คำนวณครั้งที่ 1	-	1:100	1	1	2	อัตราการไหล = 13.40 ลบ.ม./วินาที
คำนวณครั้งที่ 2	13.40	1:100	1	1	-	ความชันขอบ ราง = 1:2

หมายเหตุ : - ใช้ค่าคงที่ของ Manning (n) = 0.015

- ผลการคำนวณความชันขอบรางในกรณีที่ 2 เท่ากับ ข้อมูลที่ป้อนในกรณีที่ 1

3) การทดสอบองค์ประกอบประเภทเวียร์รูปสี่เหลี่ยมแบบไม่เต็มหน้าตัด

ข้อมูล	อัตราการไหล (ลบ.ม./วินาที)	ความยาวสันเวียร์ (ม.)	ระดับน้ำเหนือสันเวียร์ (ม.)	ชนิดและค่าของผลลัพธ์
คำนวณครั้งที่ 1	-	0.5	0.05	อัตราการไหล = 0.01 ลบ.ม./วินาที
คำนวณครั้งที่ 2	0.01	-	0.05	ความยาวสันเวียร์ = 0.49 ม.

หมายเหตุ : - ใช้ค่าคงที่ของ Manning (n) = 0.015

- ผลการคำนวณความยาวสันเวียร์ในกรณีที่ 2 น้อยกว่า ข้อมูลที่ป้อนในกรณีที่ 1 เล็กน้อย เนื่องจากผลของการปัดเศษคำตอบในกรณีที่ 1

4) การทดสอบองค์ประกอบประเภทท่อกลม

ข้อมูล	อัตราการไหล (ลบ.ม./วินาที)	ความลึกน้ำ (ม.)	เส้นผ่าศูนย์กลางท่อ (ม.)	ความชัน	ชนิดและค่าของผลลัพธ์
คำนวณครั้งที่ 1	1	1	1	-	ความชัน 1:432
คำนวณครั้งที่ 2	-	1	1	1:432	อัตราการไหล = 0.9997 ลบ.ม./วินาที

หมายเหตุ : - ใช้ค่าคงที่ของ Manning (n) = 0.015
- โปรแกรมทำการคำนวณโดยคิดเป็นท่อภายใต้แรงดัน
- ผลการคำนวณอัตราการไหลในกรณีที่ 2 น้อยกว่า ข้อมูลที่ป้อนในกรณีที่ 1 เล็กน้อย เนื่องจากผลของการปัดเศษคำตอบในกรณีที่ 1

5) การทดสอบองค์ประกอบถังเติมอากาศ

ข้อมูล	อัตราการไหล (ลบ.ม./วินาที)	ความเร็วน้ำในท่อเข้า (ม.วินาที)	ความเร็วน้ำในท่อออก (ม./วินาที)	อัตราเวียนตะกอนกลับ	ผลลัพธ์	
					ขนาดท่อเข้า (ม.)	ขนาดท่อออก (ม.)
คำนวณโดยโปรแกรม	0.05	0.6	0.6	0.5	0.33	0.40
คำนวณโดยเครื่องคำนวณ	0.05	0.6	0.6	0.5	$\left(\frac{0.05x4}{0.6\pi}\right)^{0.5}$ = 0.33 ม.	$\left(\frac{0.05x1.5x4}{0.6\pi}\right)^{0.5}$ = 0.40 ม.

จากตัวอย่างการทดสอบข้างต้น จะเห็นได้ว่าโปรแกรมในส่วนการออกแบบ สามารถใช้งานได้อย่างถูกต้อง การที่คำตอบบางกรณีคลาดเคลื่อนไปก็เนื่องจากคำตอบของการคำนวณครั้งที่ 1 ที่นำไปใช้เป็นข้อมูลในการคำนวณครั้งที่ 2 นั้นได้ผ่านการปัดเศษมาแล้ว

5.2 การทดสอบโปรแกรมส่วนวิเคราะห์

เพื่อเป็นการป้องกันความผิดพลาดขณะใช้งานโปรแกรมส่วนวิเคราะห์ ผู้วิจัยจึงได้ทำการทดสอบโปรแกรมส่วนวิเคราะห์เป็นขั้นๆ เพื่อให้โปรแกรมมีความสมบูรณ์มากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ โดยมีวิธีการคำนวณดังต่อไปนี้

5.2.1 การทดสอบโปรแกรมขณะทำการพัฒนาโปรแกรม เป็นการทดสอบโปรแกรมในด้านไวยากรณ์โดยตัวแปลภาษา (Compiler) ของ Visual Basic เช่นเดียวกับในกรณีของโปรแกรมส่วนออกแบบ

5.2.2 การทดสอบโปรแกรมโดยการทดสอบทีละองค์ประกอบ (Component Test) เป็นการทดสอบโปรแกรมส่วนวิเคราะห์ที่ผ่านขั้นตอนการทดสอบในข้อ 5.2.1 แล้ว วิธีการทดสอบในขั้นนี้คือ

1) การทดลองให้โปรแกรมทำการคำนวณโดยป้อนข้อมูลองค์ประกอบทางชลศาสตร์ทีละ 1 ชนิด

2) นำผลที่ได้จากการคำนวณไปเปรียบเทียบกับผลจากโปรแกรมส่วนออกแบบหรือผลจากการใช้โปรแกรมประเภท spread sheet หรือเครื่องคำนวณอิเลคทรอนิคส์ และทำการปรับจนคำตอบจากทั้งสองส่วนมีค่าเท่ากัน ซึ่งแสดงว่าโปรแกรมส่วนวิเคราะห์ทำงานได้ถูกต้อง ตัวอย่างการทดสอบโปรแกรมส่วนออกแบบสำหรับบางองค์ประกอบจะมีรายละเอียดดังนี้

1) การทดสอบองค์ประกอบประเภทรางสี่เหลี่ยม

ผลลัพธ์จากโปรแกรมส่วนออกแบบ

ข้อมูล				ผลลัพธ์	
อัตราการไหล (ลบ.ม./วินาที)	ความกว้างราง (ม.)	ความชัน	n	ความลึกปกติ (ม.)	ความลึกวิกฤต (ม.)
1	1	1:10	0.015	0.1818	0.4671

จากผลดังกล่าวข้างต้น จะพบว่า มีค่าความลึกวิกฤตมากกว่าความลึกปกติ ถ้าระดับน้ำด้านท้ายรางต่ำกว่าความลึกวิกฤต น้ำในรางจะไหลแบบมีความลึกเท่ากับความลึกวิกฤตตลอดความยาวของราง

ผลลัพธ์จากโปรแกรมส่วนวิเคราะห์

ลำดับที่	ID Type	คำอธิบาย	อัตราการไหล	ระดับน้ำต้นน้ำ	ระดับน้ำท้ายน้ำ	ระดับท้องต้นน้ำ	ระดับท้องท้ายน้ำ
1	40	จุดน้ำเข้า	1				
2	1	รางรูปสี่เหลี่ยม	1	1.4671	0.4671	1	0
3	41	จุดน้ำออก	1	0			

ข้อมูลที่ป้อนในองค์ประกอบรูปสี่เหลี่ยมได้แก่

- ความสูงของราง = 1 ม.
- ค่าคงที่ Manning = 0.015
- ความกว้างของราง = 10 ม.
- ความยาวของราง = 10 ม.

จากข้อมูลที่ป้อนให้โปรแกรมในส่วนวิเคราะห์ ระดับน้ำที่จุดน้ำออกต่ำกว่าความลึกวิกฤต ดังนั้นน้ำในรางจะมีความลึกเท่ากับความลึกวิกฤต ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.4671 ม. ตามที่ได้คำนวณไว้ในส่วนออกแบบ ดังนั้น ถ้าระดับท้องต้นน้ำและท้องท้ายน้ำของรางมีค่าเท่ากับ +1.0 และ ±0.00 ม. ค่าระดับน้ำที่ต้นน้ำและท้ายน้ำจะต้องมีค่าเท่ากับ 1.4671 และ 0.4671 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าค่านี้ตรงกับค่าที่ได้จากโปรแกรมส่วนวิเคราะห์

2) การทดสอบองค์ประกอบประเภทเวียร์สี่เหลี่ยมแบบเต็มหน้าตัด

ผลลัพธ์จากโปรแกรมส่วนออกแบบ

ข้อมูล		ผลลัพธ์
อัตราการไหล (ลบ.ม./วินาที)	ความยาวสันเวียร์	ความสูงน้ำเหนือสันเวียร์ (ม.)
0.09	10	0.03

ผลลัพธ์จากโปรแกรมส่วนวิเคราะห์

ลำดับที่	ID Type	คำอธิบาย	อัตราการไหล	ระดับน้ำต้นน้ำ	ระดับน้ำท้ายน้ำ	ระดับท้องต้นน้ำ	ระดับท้องท้ายน้ำ
1	40	จุดน้ำเข้า	0.09				
2	13	เวียร์เต็มหน้าตัด	0.09	6.0288	5	5	4
3	41	จุดน้ำออก	0.09	5			

ข้อมูลที่ป้อนในองค์ประกอบรูปสี่เหลี่ยมเต็มหน้าตัดได้แก่

- Weir Crest = 6 ม.
- ความยาวสันเวียร์ = 10 ม.

จากสภาวะที่ป้อนให้โปรแกรมส่วนวิเคราะห์ ระดับน้ำท้ายน้ำของเวียร์ต่ำกว่าสันเวียร์ ดังนั้น สามารถใช้สมการเวียร์ปกติในการคำนวณได้โดยไม่ต้องคิดเป็นเวียร์จมน้ำ ค่าความสูงน้ำเหนือสันเวียร์จากโปรแกรมส่วนคำนวณเท่ากับ 0.03 ม. ดังนั้น ถ้าสันเวียร์อยู่ที่ระดับ +6.0 ม. ระดับน้ำเหนือเวียร์จะเท่ากับ 6.03 ม. ส่วนค่าที่ได้จากส่วนวิเคราะห์จะเท่ากับ +6.0288 ม. ซึ่งเมื่อปัดให้มีทศนิยมเท่ากับโปรแกรมส่วนคำนวณก็จะมีค่าเท่ากับ 6.03 ม. เช่นกัน

ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดสอบองค์ประกอบทุกอย่างที่มีในโปรแกรมส่วนวิเคราะห์ตามแนวทางเดียวกับที่แสดงไว้ใน 2 ตัวอย่างข้างต้น พบว่า โปรแกรมส่วนวิเคราะห์สามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง เช่นเดียวกับโปรแกรมส่วนออกแบบ

5.2.3 การทดสอบโปรแกรมส่วนวิเคราะห์กับระบบบำบัดน้ำเสียจริง

เมื่อได้ทดสอบโปรแกรมส่วนวิเคราะห์แบบทีละส่วนตามข้อ 5.2.2 แล้ว ผู้วิจัยได้ทดลองนำโปรแกรมส่วนวิเคราะห์ไปใช้ในการคำนวณระบบบำบัดน้ำเสียจริง ซึ่งได้มีการออกแบบไว้แล้วเพื่อนำผลการทดสอบที่ได้ไปเปรียบเทียบกับผลที่ผู้ออกแบบได้ทำไว้

ผลการทดสอบตามหัวข้อพบว่าโปรแกรมสามารถคำนวณผลลัพธ์ได้ถูกต้องตามที่ผู้ออกแบบได้ทำไว้ จึงสามารถสรุปได้ว่า โปรแกรมในส่วนวิเคราะห์สามารถใช้งานได้จริงและมีความถูกต้องแม่นยำพอสมควร ในบทที่ 6 จะได้กล่าวถึงการทดสอบโปรแกรมกับระบบบำบัดน้ำเสียจริงโดยละเอียดอีกครั้ง เพื่อให้ผู้ใช้ได้เข้าใจถึงวิธีใช้โปรแกรมและเพื่อแสดงประสิทธิภาพในการคำนวณของโปรแกรม

5.3 แนวทางการพัฒนาโปรแกรมเพิ่มเติม

เนื่องจากข้อจำกัดทางด้านเวลาและด้านขีดความสามารถของซอฟท์แวร์ในขณะผู้วิจัยดำเนินการพัฒนาโปรแกรม ประกอบกับ โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นตามวิทยานิพนธ์นี้เป็นโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นเป็นครั้งแรก ด้วยเหตุนี้ตัวโปรแกรมจึงยังมีข้อจำกัดอยู่บ้างดังที่กล่าวไว้แล้วในตอนต้น

ดังนั้นผู้วิจัยจึงขอแสดงแนวทางในการพัฒนาโปรแกรมตามวิทยานิพนธ์นี้เพิ่มเติมเพื่อให้โปรแกรมมีขีดความสามารถมากขึ้น และสามารถใช้ประโยชน์เกี่ยวกับการคำนวณด้านชลศาสตร์ได้กว้างขวางยิ่งขึ้น

1) โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นตามวิทยานิพนธ์นี้ โดยเฉพาะในส่วนคำนวณมีปัญหาในด้านการส่งข้อมูลกับโปรแกรม Excel ซึ่งค่อนข้างกินเวลานาน ดังนั้นในอนาคตควรมีการปรับโครงสร้างโปรแกรม เพื่อให้การประมวลผลส่วนใหญ่เกิดขึ้นในโปรแกรมส่วนที่เป็นภาษา Visual Basic หรือปรับปรุงวิธีการเชื่อมโยงข้อมูลให้มีความเร็วสูงขึ้น ซึ่งในอนาคตอาจจะมีวิธีการเชื่อมโยงใหม่ที่รวดเร็วกว่าเดิมเกิดขึ้นได้

นอกจากนี้ในด้านการแสดงผล ซึ่งปัจจุบันใช้การแสดงผลใน Excel ซึ่งพบกับปัญหาความล่าช้าในการเชื่อมโยงข้อมูลเช่นเดียวกัน แนวทางในการพัฒนาคือ ทดลองเปลี่ยนโปรแกรมแสดงผลจาก Excel เป็นโปรแกรมอื่นที่มีการส่งข้อมูลกับภาษา Visual Basic ได้เร็วกว่า เช่น โปรแกรม Crystal Report แต่เนื่องจากขณะที่ทำการวิจัยวิทยานิพนธ์นี้ โปรแกรม Crystal Report และโปรแกรมอื่นที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน ยังมีขีดความสามารถด้อยกว่า Excel อยู่บ้างในด้านการแสดงผล จึงเป็นเหตุผลที่ผู้วิจัยเลือกใช้ Excel แต่ในอนาคต Crystal Report อาจมีการพัฒนาหรือมีโปรแกรมอื่นที่อาจมีขีดความสามารถสูงกว่า Excel และส่งข้อมูลได้รวดเร็วกว่า ดัง

นั้นการปรับโครงสร้างโปรแกรม CHU เพื่อให้ส่งข้อมูลไปยังโปรแกรมนั้นจะทำให้โปรแกรม CHU มีความเร็วสูงขึ้น และประหยัดเวลาได้มากขึ้น

2) โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นตามวิทยานิพนธ์ในปัจจุบัน มีการเรียกโปรแกรมแสดงผล ซึ่งได้แก่ โปรแกรม Excel โดยอัตโนมัติ แต่ในกรณีของการปิดโปรแกรม Excel นั้นผู้ใช้จะต้องทำการปิดด้วยตนเองโดยใช้คำสั่งของ Excel เอง ซึ่งอาจทำให้เกิดความยุ่งยากต่อผู้ใช้งานอยู่บ้าง ดังนั้นในอนาคตควรมีการพัฒนาโปรแกรม โดยให้โปรแกรม CHU สามารถเปิดและปิดโปรแกรม Excel ได้ด้วยส่วนควบคุมที่มีตัวโปรแกรม CHU เอง

โดยในขณะที่ผู้วิจัยดำเนินการพัฒนาโปรแกรมอยู่ การที่จะสร้างส่วนควบคุม เช่น ปุ่มปิดโปรแกรมขึ้นในหน้าจอ Excel นั้น ยังมีปัญหาซึ่งเป็นปัญหาที่เกิดจากโปรแกรม Excel เอง กล่าวคือ การจะสร้างส่วนควบคุมดังกล่าว จะต้องมีการเขียนโปรแกรมเฉพาะที่ Excel กำหนดขึ้น ซึ่งเรียกว่า Add-ins ไว้ในโปรแกรม Excel เพื่อใช้สร้างส่วนควบคุมดังกล่าว ซึ่ง Add-ins ดังกล่าวจะค้างอยู่ในโปรแกรม Excel ตลอดเวลาแม้จะเป็นการทำงานปกติที่มิได้ใช้ร่วมกับโปรแกรม CHU โดย Excel จะเรียก Add-ins นี้ขึ้นมาทุกครั้งที่มีการเปิดหรือปิดไฟล์ Excel ถ้า Add-ins ดังกล่าวใช้สร้างปุ่มก็จะมีปุ่มดังกล่าวเกิดขึ้นมาทุกครั้งที่มีการเปิดปิดไฟล์ Excel โดยจะเพิ่มขึ้นทีละ 1 ปุ่มทุกครั้ง จนเต็มส่วนทูลบาร์ของ Excel ดังนั้นผู้วิจัยจึงไม่ได้ดำเนินการสร้าง Add-ins ดังกล่าว แต่ในอนาคตคาดว่าปัญหาดังกล่าวน่าจะได้รับการแก้ไข

3) โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นตามวิทยานิพนธ์ในปัจจุบัน ขาดความสามารถในการเปลี่ยนหน่วย ดังนั้น ถ้ามีการเพิ่มส่วนของโปรแกรมที่ทำหน้าที่เปลี่ยนหน่วย น่าจะช่วยโปรแกรมใช้งานสะดวกขึ้น เพราะในบางครั้งเกณฑ์การออกแบบอุปกรณ์บางชนิดหรือหน่วยกระบวนการบางหน่วยที่วิศวกรนิยมใช้ มิได้ใช้หน่วย SI โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เกณฑ์หรือค่าต่างๆ ที่เสนอโดยผู้วิจัยหรือผู้ผลิตอุปกรณ์จากสหรัฐอเมริกา

4) โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นตามวิทยานิพนธ์นี้ มีข้อจำกัดในด้านการแบ่งอัตราการไหล โดยจะมีสมมติฐานว่า อัตราการไหลที่ไหลไปยังหน่วยกระบวนการที่ขนานกันจะมีค่าเท่ากัน ซึ่งในบางครั้งหน่วยกระบวนการที่ขนานกันนี้อาจมีบางองค์ประกอบทางชลศาสตร์ที่ต่างกันบ้าง เช่น ความยาวของรางน้ำเข้า ซึ่งอาจทำให้อัตราการไหลเข้าแต่ละองค์ประกอบแตกต่างกันไปบ้าง ซึ่ง

การคำนวณดังกล่าว สามารถทำได้โดยการใช้วิธีการวนซ้ำ หรือใช้เทคนิควิธีทางคณิตศาสตร์ (Numerical Method) แต่ก็จะทำให้การคำนวณช้าลง ดังนั้นในอนาคตถ้าตัวซอฟท์แวร์และฮาร์ดแวร์มีการพัฒนาความเร็วขึ้น การคำนวณดังกล่าวอาจทำได้รวดเร็วขึ้น จนสามารถผนวกไว้ในโปรแกรม CHU ได้โดยไม่ทำให้เสียเวลาคำนวณนานเกินไป ซึ่งจะช่วยให้การวิเคราะห์ชลศาสตร์ด้วยโปรแกรม มีความยืดหยุ่นสูงขึ้นด้วย

5) โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นตามวิทยานิพนธ์นี้ มีความตั้งใจจะให้ใช้ในการคำนวณทางชลศาสตร์ของระบบบำบัดน้ำเสีย แต่จะมีความคล้ายคลึงกันในทางชลศาสตร์ระหว่างระบบบำบัดน้ำเสียและระบบผลิตประปา ดังนั้น จึงมีความเป็นไปได้ที่จะพัฒนาขีดความสามารถเพิ่มเติมเพื่อให้สามารถคำนวณระบบทางชลศาสตร์ของระบบผลิตประปาได้ เช่น เพิ่มองค์ประกอบที่ใช้คำนวณความดันสูญเสียของชั้นสารกรอง ระบบระบายน้ำใต้ถังกรอง เป็นต้น นอกจากนั้นยังสามารถปรับปรุงโดยการเติมองค์ประกอบประเภททางชลศาสตร์อื่นๆ ที่อาจมีใช้ในระบบบำบัดน้ำเสีย เช่น รางรูปเกือกม้า รางรูปไข่ (Oval) เป็นต้น เพื่อให้โปรแกรมสามารถใช้งานได้กว้างขวาง

6) เนื่องจากโปรแกรมตามวิทยานิพนธ์นี้เป็นการพัฒนาขึ้นครั้งแรก ดังนั้น อาจทำให้ยังมีข้อบกพร่องในบางส่วนที่ผู้วิจัยอาจคาดไม่ถึงหรือตรวจสอบไม่พบ ดังนั้น ทางผู้วิจัยขอเสนอให้มีการเผยแพร่โปรแกรมดังกล่าวไปสู่ผู้สนใจทั่วไปที่ทำงานเกี่ยวข้องกับระบบบำบัดน้ำเสีย เพื่อให้เกิดการใช้งานโปรแกรมอย่างกว้างขวาง พร้อมกันนี้ควรส่งแบบสอบถามแจ้งสถานที่ที่ทางผู้ใช้สามารถส่งคำแนะนำหรือแก้ปัญหาที่พบในการใช้งาน ให้ทางภาควิชาฯ ทราบเพื่อนำไปใช้ในการปรับปรุงโปรแกรมในลำดับถัดไปให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น

จากแนวทางการพัฒนาข้างต้นจะเห็นได้ว่าโปรแกรมตามวิทยานิพนธ์นี้ยังสามารถปรับปรุงได้อีกมาก เพื่อให้โปรแกรมมีขีดความสามารถสูงขึ้น และรองรับงานได้หลายประเภทมากขึ้น ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้มอบรหัสต้นฉบับของโปรแกรมตามวิทยานิพนธ์นี้ไว้ในกับอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อให้ผู้สนใจสามารถติดต่อขอคัดลอก เพื่อใช้ในการพัฒนาเพิ่มเติมในอนาคต