บทที่ 6
สรุปขั้นตอนการดำเนินงานและผลการวิจัยแบบจำลองกระแสน้ำ

6.1 สรุปผลงานวิจัย

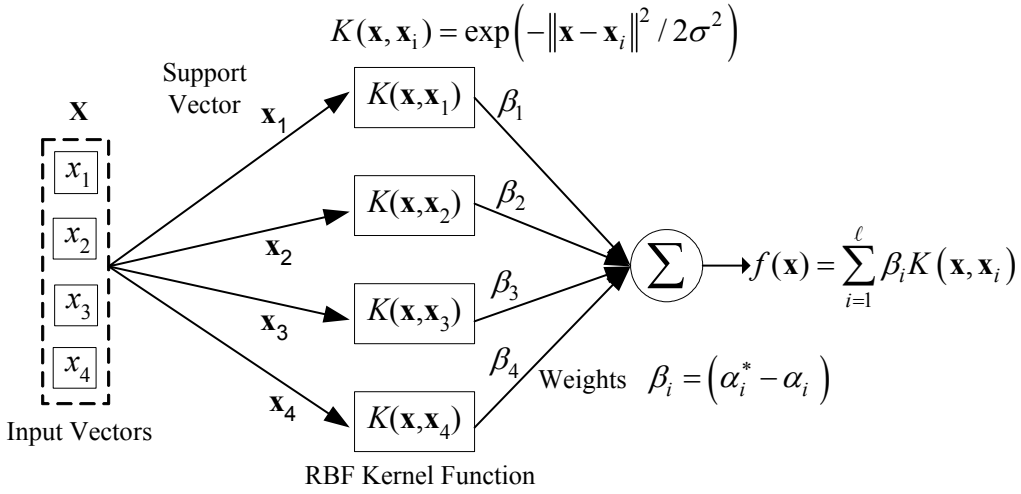
งานวิจัยนี้ได้นำเสนอแนวความคิด และวิธีการพัฒนาแบบจำลองกระแสน้ำในอ่าวไทยที่ใช้ชื่อว่า “แบบจำลองกระแสน้ำเชียงใหม่ (Chiang Mai Ocean Model: CMOM)” โดยอาศัยแบบจำลองกระแสน้ำพรินซ์ตัน (Princeton Ocean Model: POM) ซึ่งเป็นแบบจำลองกระแสน้ำจากต่างประเทศที่ถูกนำมากำหนดค่าพารามิเตอร์ให้ใช้ได้กับทะเลไทย และนำมาเป็นต้นแบบในการศึกษาเพื่อพัฒนางานวิจัยนี้

แบบจำลองกระแสน้ำที่ได้พัฒนาขึ้นนี้ได้ใช้ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมทชีน ซึ่งเป็นโครงข่ายประสาทเทียมรูปแบบใหม่ที่ได้ถูกพัฒนาเพื่อเพิ่มสมรรถนะในการทำงาน และให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้สะดวกมากขึ้น ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมทชีนแบ่งออกเป็น 2 ชนิดตามลักษณะการใช้งานคือ ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมทชีนสำหรับการแบ่งกลุ่ม (Support Vector Classification) และซัพพอร์ตเวกเตอร์แมทชีนสำหรับการถดถอย (Support Vector Regression) สำหรับงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมทชีนสำหรับการถดถอย เนื่องจากเป็นงานที่เกี่ยวกับการประมาณค่าฟังก์ชันและการวิเคราะห์การถดถอย

ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมทชีน เป็นโครงข่ายประสาทประเภทที่มีขั้นตอนการเรียนรู้แบบมีผู้ช่วยสอน (Supervised Learning) ดังนั้นแบบจำลองกระแสน้ำเชียงใหม่จึงต้องอาศัยข้อมูลการฝึกสอนที่เก็บรวบรวมจากชุดข้อมูล อินพุต-เอาต์พุต ที่ใช้ในการทำงานของแบบจำลองกระแสน้ำพรินซ์ตัน ในขั้นตอนการกำหนดโครงสร้างของแบบจำลองโครงข่ายประสาทนั้น ไม่ต้องมีการกำหนดจำนวนของชั้นซ่อน หรือจำนวนของโหนดในแต่ละชั้นซ่อนให้ยุ่งยาก แต่จะต้องเลือกใช้ฟังก์ชันเคอร์เนล และกำหนดค่าพารามิเตอร์บางตัวให้มีความเหมาะสมกับการใช้งาน วิธีการเลือกแบบจำลองที่เหมาะที่สุด (Optimal) ใช้ขั้นตอนวิธีการครอสแวลิเดชันแบบ 5 กลุ่ม (Five-fold Cross Validation) และใช้ค่าผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ย (Mean Square Error) เป็นเกณฑ์ในการวัดสมรรถนะของแบบจำลอง งานวิจัยนี้ได้เลือกใช้ฟังก์ชันเคอร์เนลชนิดฟังก์ชันเรเดียลเบซิส (RBF Kernel Function) เนื่องจากเป็นที่นิยมใช้สำหรับงานด้านการประมาณค่าฟังก์ชัน ค่าพารามิเตอร์ที่จะต้องหนดจะประกอบไปด้วยค่า C (Regularization Parameter) กับค่า ε (Error-insensitive) ซึ่งเป็น

ค่าพารามิเตอร์ของซัพพอร์ตเวกเตอร์แมทชีน และค่าพารามิเตอร์ของฟังก์ชันเคอร์เนลชนิดฟังก์ชันเรเดียลเบซิส (σ) การหาค่าพารามิเตอร์เหล่านี้ได้มาจากการทดลองหาค่าที่เหมาะสมที่สุด โดยใช้วิธีการกำหนดค่าในช่วงที่ควรจะเป็นจากน้อยไปมากขึ้นมาทั้งหมด 10 ค่า จากนั้นทำการทดลองเปลี่ยนค่าไปเรื่อยๆ และเลือกใช้ค่าที่ทำให้แบบจำลองมีค่าผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ยต่ำที่สุด

โครงสร้างการทำงานโดยสรุปของซัพพอร์ตเวกเตอร์แมทชีน ที่ออกแบบให้ใช้สำหรับงานวิจัยนี้แสดงดังรูป 6.1

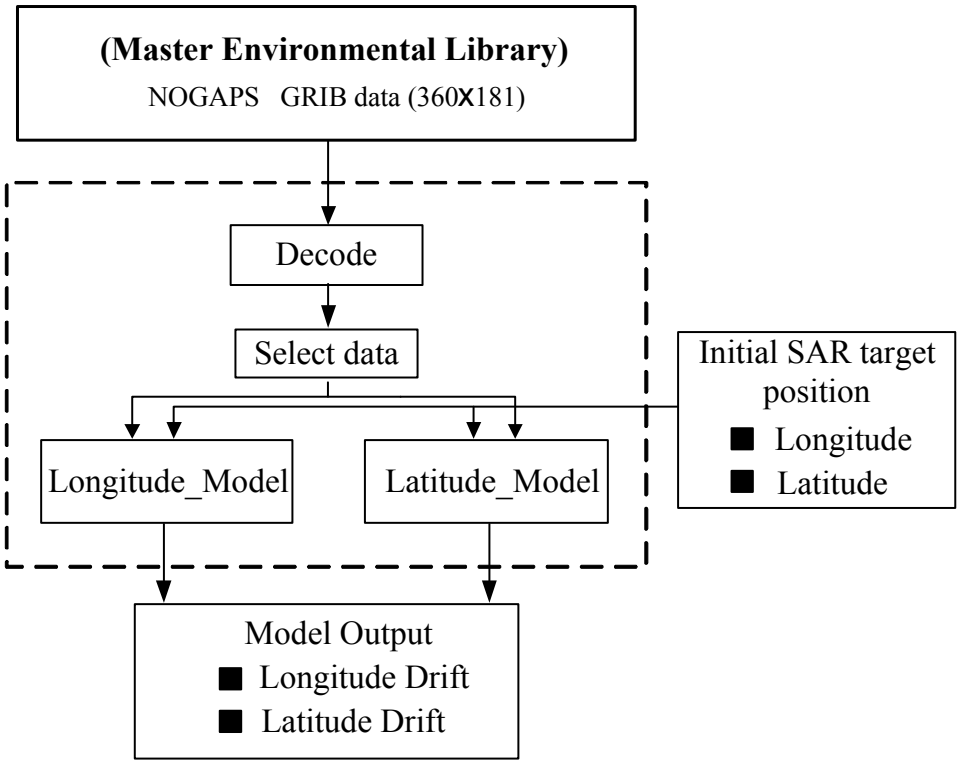


รูป 6.1 สถาปัตยกรรมของซัพพอร์ตเวกเตอร์แมทชีนสำหรับแบบจำลองกระแสน้ำเชียงใหม่

จากรูป 6.1 การทำงานของแบบจำลองกระแสน้ำที่ใช้ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมทชีนสำหรับการถดถอย เริ่มจากนำข้อมูลเวกเตอร์อินพุตที่จะทดสอบ ($\mathbf{x}$) กับข้อมูลที่เป็นซัพพอร์ตเวกเตอร์มาผ่านการแมป (Mapping) โดยใช้ฟังก์ชันเคอร์เนลแบบฟังก์ชันเรเดียลเบซิส เพื่อให้สามารถใช้วิธีการแบบเชิงเส้นกับข้อมูลดังกล่าวได้ จากนั้นนำข้อมูลที่ผ่านการแมปมาคูณกับเวกเตอร์น้ำหนักที่ได้จากขั้นตอนการฝึกสอน และนำผลลัพธ์แต่ละค่ามารวมกันในขั้นตอนสุดท้าย

ผลจากการทดสอบแบบจำลองกระแสน้ำเชียงใหม่โดยใช้ข้อมูลที่นำมาฝึกสอนนั้น ได้ผลการทำนายออกมาค่อนข้างแม่นยำ เมื่อเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากแบบจำลองกระแสน้ำพรินซ์ตัน โดยความผิดพลาดเฉลี่ยรวมเท่ากับ 64.55 เมตร แต่สำหรับการทดสอบด้วยข้อมูลที่ไม่ได้นำมาฝึกสอนนั้นพบว่ามีความผิดพลาดเพิ่มมากขึ้น โดยความผิดพลาดเฉลี่ยรวมเท่ากับ 138.17 เมตร แต่ก็ยังอยู่ในเกณฑ์ที่ไม่มากนักโดยยังสามารถนำไปใช้งานจริงได้ เนื่องจากระยะดังกล่าวสามารถมองเห็นวัตถุที่ลอยน้ำได้ด้วยตาเปล่า สำหรับในกรณีทดสอบด้วยข้อมูลจริงที่ได้มีการเก็บบันทึกไว้จากการ

ใช้งาน และทดสอบแบบจำลองกระแสน้ำพรินซ์ตันในทะเลนั้น กรณีเหตุการณ์ที่ 1 ค้นหานักบินที่สูญหายในทะเล ผลที่ได้จากการทดสอบแสดงถึงข้อจำกัดในการใช้งานของแบบจำลองกระแสน้ำ เนื่องจาก แบบจำลองได้ถูกออกแบบการทำงานเฉพาะกรณีวัตถุเคลื่อนที่ลอยไปตามกระแสน้ำที่เกิดจากอิทธิพลของลม แต่เหตุการณ์ดังกล่าวนักบินจมลงสู่ใต้ทะเลทำให้การลอยตัวไม่เป็นไปตามทิศทางของกระแสน้ำตามทฤษฎี อีกทั้งในกรณีนี้เราไม่สามารถทราบเส้นทางการเคลื่อนที่ของนักบินก่อนหน้านี้ได้ และระยะเวลาที่พบนักบินห่างจากวันที่ประสบเหตุถึง 18 วัน โดยปกติแล้วแบบจำลองกระแสน้ำจะต้องถูกนำมาใช้งานให้เร็วที่สุด ทั้งนี้ความแม่นยำของแบบจำลองจะลดลงตามเวลาและจำนวนวันที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงเป็นการยากที่จะสรุปได้ว่า แบบจำลองกระแสน้ำชนิดใดให้ผลการทำนายที่แม่นยำมากกว่ากันจากเหตุผลตามที่ได้กล่าวดังข้างต้น ส่วนเหตุการณ์ที่ 2 กรณีทิ้งทุ่นลอยทดสอบในทะเลนั้น ผลที่ได้จากแบบจำลองกระแสน้ำทั้ง 2 มีทิศทางที่สอดคล้องกับการเคลื่อนที่ของวัตถุ เนื่องจากเป็นกรณีที่วัตถุมีการลอยตัวเป็นไปอย่างปกติ แต่ผลที่ได้จากแบบจำลองกระแสน้ำเชียงใหม่ มีความใกล้เคียงกับตำแหน่งของวัตถุมากกว่า ทั้งนี้เพื่อที่จะยืนยันความเชื่อถือได้ของแบบจำลอง จะต้องมีการทดสอบในทะเลเพิ่มเติมต่อไปอีกในอนาคต



รูป 6.2 สรุปขั้นตอนการทำงานของแบบจำลองกระแสเชียงใหม่

จากรูป 6.2 แสดงการทำงานโดยภาพรวมของแบบจำลองกระแสน้ำเชียงใหม่ ขั้นตอนการใช้งานจะเริ่มจากทำการขอข้อมูลลมจากแบบจำลองพยากรณ์ NOGAPS และดาวน์โหลดผ่านทางอินเตอร์เน็ตจากเว็บไซต์ของห้องสมุดสิ่งแวดล้อมมาสเตอร์ (Master Environmental Library) ซึ่งจะได้ข้อมูลที่มีขนาดใหญ่มาก จากนั้นนำข้อมูลมาถอดรหัส (Decode) ด้วยโปรแกรมที่ใช้สำหรับอ่านข้อมูลทางด้านอุตุนิยมวิทยา และเลือกเอาเฉพาะข้อมูลในจุดที่ต้องการใช้ซึ่งมีผลต่อการเคลื่อนที่ของวัตถุ ป้อนข้อมูลลม และข้อมูลตำแหน่งเริ่มต้นของวัตถุที่ต้องการค้นหาและช่วยเหลือ (Search and Rescue Target) ให้กับแบบจำลองค่าลองจิจูด และแบบจำลองค่าละติจูด ค่าเอาต์พุตที่ได้จากแบบจำลองทั้งสองเป็นค่าผลต่างของตำแหน่งวัตถุ ณ ชั่วโมงถัดไป จากตำแหน่ง ณ ชั่วโมงที่ผ่านมา 1 ตำแหน่ง ส่วนการทำนายตำแหน่งของวัตถุในชั่วโมงต่อๆ ไปจะได้จากการป้อนกลับของตำแหน่งที่ได้จากการทำนายก่อนหน้านั้น 1 ตำแหน่ง โดยแบบจำลองจะทำงานในลักษณะเช่นนี้ไปเรื่อยๆ ตามขนาดช่วงเวลาของข้อมูลลมที่ได้ป้อนให้กับแบบจำลอง

6.2 ปัญหาและแนวทางการแก้ไขปัญหา

ปัญหาที่พบ และมีผลต่องานวิจัยตลอดจนแนวทางการแก้ไขสามารถสรุปได้ดังนี้

(1) ข้อจำกัดในการใช้งานของซัพพอร์ตเวกเตอร์แมทชีนที่ให้ค่าเอาต์พุตได้ครั้งละ 1 ค่า แนวทางการแก้ไขสำหรับงานวิจัยนี้ จึงได้ออกแบบแบบจำลอง 2 รูปแบบ เพื่อให้ได้ค่าเอาต์พุตตามที่ต้องการ

(2) ปัญหาในการเลือกใช้ฟังก์ชันเคอร์เนล และ การเลือกค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะที่สุดในระหว่างขั้นตอนการฝึกสอนของซัพพอร์ตเวกเตอร์แมทชีน แนวทางในการแก้ปัญหาสำหรับงานวิจัยนี้ ในการเลือกใช้ฟังก์ชันเคอร์เนลจะใช้วิธีการศึกษาจากเอกสารอ้างอิง ส่วนค่าพารามิเตอร์อื่นๆ ใช้วิธีทดลองเปลี่ยนค่า 10 ค่า และเลือกใช้ค่าที่ทำให้แบบจำลองมีค่าผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ยต่ำที่สุด ซึ่งค่าที่ได้จากการทดลองนั้น มีค่าต่ำกว่าค่าสมรรถนะเป้าหมายที่ได้ตั้งไว้ ซึ่งถือว่าเพียงพอสำหรับใช้ในงานวิจัยนี้

(3) ข้อมูลลมที่ใช้สำหรับแบบจำลอง จะต้องทำการขอและดาวน์โหลดข้อมูลผ่านเว็บไซต์จากต่างประเทศซึ่งปัญหาที่เกิดขึ้นก็คือ เรื่องระบบการรักษาความปลอดภัยของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ให้บริการข้อมูล กล่าวคือ เครื่องคอมพิวเตอร์ที่จะเข้าไปขอข้อมูลได้นั้นจะต้องเป็นเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีหมายเลขไอพี (IP Address) ที่ได้รับอนุญาตจากทางเว็บมาสเตอร์เท่านั้น แนวทางในการแก้ปัญหาใช้วิธีส่งอีเมล์ไปแจ้งขออนุญาตใช้ข้อมูลจากเว็บมาสเตอร์ ซึ่งก็ได้รับการตอบรับด้วยดี แต่ในระยะหลังจะถูกยกเลิกการใช้งานทุกหมายเลขไอพี ยกเว้นต้องขอข้อมูลผ่านทางเครื่องเซิร์ฟเวอร์ของกองอุตุนิยมวิทยา ที่ฐานทัพเรือสัตหีบ

6.3 ข้อเสนอแนะ

ผลสรุปของงานวิจัยที่ได้ดำเนินการนี้ ในกรณีเปรียบเทียบกับการทำงานของแบบจำลองกระแสน้ำพรินซ์ตันถือว่าให้ผลออกมาดี ส่วนกรณีการนำไปเปรียบเทียบกับการใช้งานจริงนั้น ผลการทำนายยังมีค่าผิดพลาดอยู่มาก แต่สำหรับในการปฏิบัติงานจริงแล้วก็ยังสามารถที่จะทำการค้นหาได้ตามหลักวิธีการค้นหา และช่วยเหลือผู้ประสบภัยทางทะเลด้วยวิธีเซกเตอร์สแกน (Sector Scan) ตามที่ได้อธิบายไว้ในบทที่ 2 ดังนั้นงานของการออกแบบและพัฒนาแบบจำลองกระแสน้ำในทะเลยังคงเป็นงานที่ท้าทาย เนื่องจากเป็นการยากที่จะสามารถทำนายตำแหน่งการเคลื่อนที่ของวัตถุลอยน้ำได้อย่างแม่นยำ ดังนั้นงานวิจัยนี้ยังไม่อาจจะสรุปได้ว่า แบบจำลองกระแสน้ำชนิดใดให้ผลของการทดสอบที่ดีกว่ากัน เนื่องจากข้อมูลที่ได้ทำการทดลองและเก็บบันทึกไว้นั้นน้อยเกินไป ทั้งนี้เนื่องจากการเก็บข้อมูลจริงในทะเลนั้นจะต้องใช้งบประมาณมาก และจะต้องกระทำในขณะที่ทะเลมีคลื่นลมแรง ซึ่งเป็นการยากลำบากแก่ผู้ที่ปฏิบัติงานในทะเล ดังนั้นแนวทางในการพัฒนางานวิจัยนี้ต่อไปในอนาคตมีข้อเสนอแนะดังต่อไปนี้

(1) ควรใช้เครื่องรับจีพีเอสที่มีระบบบันทึกข้อมูลอัตโนมัติติดตั้งไปกับทุ่นลอยด้วย เพื่อบันทึกข้อมูลอย่างถูกต้องและต่อเนื่องแทนการใช้เจ้าหน้าที่ในการบันทึกข้อมูล ซึ่งอาจมีข้อผิดพลาดในกรณีที่ทะเลมีคลื่นลมแรง

(2) ควรมีการทดสอบเปรียบเทียบการทำงานของแบบจำลองกระแสน้ำในทะเลมากขึ้น โดยการทดสอบอาจจะกระทำในระหว่างที่มีการฝึกภาคทะเลประจำปี ซึ่งการฝึกในแต่ละครั้งจะมีการกำหนดปัญหาฝึก การค้นหาและช่วยเหลือผู้ประสบภัยทางทะเลเป็นประจำ

(3) ควรมีการทดสอบ หรือพัฒนาแบบจำลองให้สามารถใช้กับวัตถุประเภทอื่นๆ เช่น การลอยตัวของคราบน้ำมัน การลอยตัวของวัตถุที่มีโครงสร้างขนาดต่างๆกันออกไป ฯลฯ

(4) อาจมีการพัฒนาแบบจำลองเพิ่มเติม ในกรณีที่ทิศทางการเคลื่อนตัวของกระแสน้ำมีปัจจัยอื่นมาเกี่ยวร่วมด้วย เช่น กระแสน้ำที่เกิดจากน้ำขึ้น-น้ำลง (Tidal Current) ที่มีผลมาจากการโคจรของดวงจันทร์ และฤดูกาลที่เปลี่ยนไป

(5) อาจมีการพัฒนาแบบจำลองให้ครอบคลุมพื้นที่การทำงานเพิ่มมากขึ้น โดยออกแบบให้สามารถใช้งานแบบจำลองได้ในฝั่งทะเลอันดามันด้วย ซึ่งจะต้องมีการเก็บรวบรวมข้อมูลเพิ่มเติมในโอกาสต่อไป

อย่างไรก็ดี ปัญหาของการออกแบบแบบจำลองกระแสน้ำในทะเล หรือในมหาสมุทรยังคงเป็นงานที่พัฒนามาอย่างต่อเนื่องจนถึงปัจจุบัน ซึ่งจะเห็นได้จากมีงานวิจัยและพัฒนาที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบแบบจำลองกระแสน้ำในลักษณะต่างๆ มากมายในปัจจุบัน [3]