



สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

แบบสรุปผู้บริหาร
[Executive Summary]

1) รายละเอียดเกี่ยวกับโครงการวิจัย / แผนงานวิจัย

1.1. ชื่อเรื่อง

(ภาษาไทย) เรืออัตโนมัติที่เคลื่อนที่ตามจุดพิกัดที่กำหนด เพื่อใช้วิเคราะห์คุณภาพน้ำ

(ภาษาอังกฤษ) Autonomous way-point tracking surface vehicle for water quality analysis

1.2. ชื่อคณะผู้วิจัย

1.2.1. ผู้อำนวยการแผนงาน

ชื่อ-สกุล: ดร. ปรัชญา เรมปรานีรัชต์

หน่วยงาน: ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ถนนรังสิต-นครนายก ต.คลองหก อ. ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110

โทรศัพท์/โทรสาร: 0-2549-4415/0-2549-3432 E-mail: pradya@alum.mit.edu

1.2.2 ผู้ร่วมวิจัย

1) ชื่อ-สกุล: ดร. ปาชาณ กุลวานิช

หน่วยงาน: กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กรมวิทยาศาสตร์บริการ
75/7 ถนนพระรามที่6 กรุงเทพฯ 10400

โทรศัพท์/โทรสาร: 02-201-7388/02-201-7388 E-mail: pasan@dss.go.th

2) ชื่อ-สกุล: ดร. มนุศักดิ์ จานทอง

หน่วยงาน: ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ถนนรังสิต-นครนายก ต.คลองหก อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110

โทรศัพท์/โทรสาร: 0-2549-3430/0-2549-3432 E-mail: patnu@yahoo.com

1.3 งบประมาณและระยะเวลาที่ทำงานวิจัย

ได้รับงบประมาณ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2554 งบประมาณที่รับ 1,092,000 บาท
ระยะเวลาทำวิจัย ตั้งแต่ 11 กรกฎาคม 2554 ถึง 15 มกราคม 2556

2. สรุปโครงการวิจัย

การจัดการทรัพยากรน้ำและการพัฒนาแหล่งน้ำนับว่าเป็นปัจจัยสำคัญอย่างยิ่ง เนื่องจากน้ำจัดว่าเป็นสิ่งสำคัญมากต่อการอุปโภคบริโภค และ ภาคการเกษตร และมีประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับประชาชนในเรื่องของความเป็นอยู่ ซึ่งการตรวจวัดคุณภาพน้ำนั้นเป็นหนึ่งในหัวข้อสำคัญในการประเมินสถานภาพของแหล่งน้ำสำคัญต่างๆ เช่น คุณภาพน้ำที่ใกล้แหล่งชุมชน แหล่งอุตสาหกรรม และแหล่งเกษตรกรรม เป็นต้น เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการพัฒนาและปรับปรุงทรัพยากรแหล่งน้ำ แต่ปัจจุบันนี้ยังขาดกำลังเจ้าหน้าที่ๆเพียงพอในการอนุรักษ์และตรวจวัดข้อมูลของแหล่งน้ำต่างๆทั่วประเทศ ดังนั้นในงานวิจัยนี้ต้องการเน้นการพัฒนาและปรับปรุงประสิทธิภาพของเรือที่ขับเคลื่อนโดยใช้ podded propulsion ที่สามารถใช้ช่วยตรวจวัดคุณภาพน้ำและรายงานผลมายังผู้ปฏิบัติการได้แบบ ณ เวลาจริง ฉะนั้นการตรวจวัดคุณภาพน้ำจะทำได้อย่างรวดเร็ว โดยไม่ต้องส่งผู้ปฏิบัติการลงไปพร้อมกับเรือ และ ผู้ปฏิบัติการที่ออกไปดำเนินการในภาคสนามทั้งในน้ำจืดและน้ำทะเลนั้น จะใช้เพียง 3-4 คน เท่านั้นในการปฏิบัติงาน

โดยวัตถุประสงค์หลักของงานวิจัยนี้คือ 1) เพื่อพัฒนาเรือที่เคลื่อนที่ได้โดยอัตโนมัติ ที่สามารถใช้ตรวจวัดคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำ เช่น แม่น้ำ อ่างเก็บน้ำ หรือ เขื่อน ได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีประสิทธิภาพ 2) เพื่อพัฒนาและ

สร้างต้นแบบเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพน้ำในแหล่งน้ำที่มีความลึกโดยเฉลี่ย มากกว่าหรือเท่ากับ 5 เมตร โดยที่ตัวอย่างน้ำจะถูกเก็บจากที่ผิวน้ำและที่ระดับความลึก 1 เมตร จากผิวน้ำ (เพื่อสอดคล้องกับ ความต้องการของ Thailand National Environment Board) 3) เพื่อพัฒนาและปรับปรุงระบบควบคุมหรือระบบนำร่องแบบอัตโนมัติที่สามารถบังคับเรือให้เคลื่อนที่ตามจุดพิกัดที่ต้องการได้อย่างแม่นยำ นอกจากนั้นยังสามารถควบคุมในโหมดบังคับวิทยุระยะไกลโดยผู้ปฏิบัติการได้อีกด้วย 4) เพื่อพัฒนาและปรับปรุงระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำที่ติดกับเรือให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น คือ สามารถควบคุมระดับความลึกได้แบบอัตโนมัติ และสามารถส่งถ่ายข้อมูลของคุณภาพน้ำมายังคอมพิวเตอร์บนฝั่งได้แบบ ณ จุด โดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศด้วยระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตแบบ 3G 5) เพื่อพัฒนาระบบนำร่องอัตโนมัติของเรือเก็บตัวอย่างน้ำ โดยจะเน้นการบูรณาการของข้อมูลที่ได้จากเซนเซอร์ GPS และ IMU หลายตัวเข้าด้วยกัน เพื่อให้ได้ค่าประมาณของตำแหน่งและองศาการหันเหของหัวเรือที่จะใช้สำหรับควบคุมการเคลื่อนที่ของเรือไปตามพิกัดที่กำหนดไว้ได้อย่างแม่นยำ ซึ่งจะช่วยลดต้นทุนการผลิตที่ต้องใช้เซนเซอร์ราคาแพง

การศึกษาและพัฒนาเรืออัตโนมัติเพื่อวิเคราะห์คุณภาพน้ำ สามารถแบ่งได้เป็น 4 ส่วนใหญ่ด้วยกันดังนี้ ส่วนที่ 1 เป็นการพัฒนาระบบควบคุมแบบอัตโนมัติ โดยเริ่มแรกได้ทำการสร้างและทดสอบระบบควบคุมแบบป้อนกลับตัวแปรสถานะกับแบบจำลองทางพลศาสตร์ของเรือในคอมพิวเตอร์จนมีประสิทธิภาพดี แล้วจึงนำระบบการควบคุมการเคลื่อนที่แบบอัตโนมัติไปใช้กับเรือคายัคจริง ในส่วนที่ 2 นั้นจะเน้นการออกอุปกรณ์เพื่อเพิ่มสมรรถนะของระบบต่างๆ ของเรือคายัคจริง เช่น ระบบกลไกของ podded propulsion ที่ใช้งานในทะเลได้และสามารถพับเก็บได้ ท่นช่วยการทรงตัว เพื่อเพิ่มเสถียรภาพและป้องกันการโคลงตัวของเรือ ในส่วนที่ 3 ได้พัฒนาระบบนำร่องที่ใช้การบูรณาการข้อมูลที่ได้จากเซนเซอร์ GPS และ IMU หลายตัวเข้าด้วยกัน โดยใช้เทคนิค Kalman Filter โดยขั้นเริ่มแรกนั้นได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพและคุณลักษณะของเซนเซอร์ละตัวก่อนแล้วจึงนำมาบูรณาการเข้าด้วยกันเพื่อให้ได้ความแม่นยำของตำแหน่งการเคลื่อนที่ที่ดีขึ้น ในส่วนที่ 4 นั้นเป็นการออกแบบระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำที่เข้าร่วมกับระบบโทรมาตร ทำให้สามารถส่งข้อมูลและสั่งงานผ่านอินเทอร์เน็ตได้ โดยได้ทดสอบการส่งข้อมูลของเครื่องวัดคุณภาพน้ำ เช่น อุณหภูมิ ค่าความเค็ม ค่าออกซิเจน และ ค่าความเป็นกรด-ด่าง

เมื่อทำการทดสอบระบบต่างๆ ของเรือคายัคที่ควบคุมแบบอัตโนมัติและระบบการตรวจวัดคุณภาพน้ำให้ทำงานร่วมกัน ผลการทดสอบของระบบต่าง ๆ นั้นมีดังนี้ 1) ในการสร้างและพัฒนาปรับปรุงระบบโดยรวมของเรืออัตโนมัติ จะสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ส่วนใหญ่ๆ ได้ดังนี้ คือ

- ระบบกลไกการควบคุมการบังคับเลี้ยวของ podded propulsion ที่ประกอบไปด้วยมอเตอร์ขับเคลื่อน (thruster) ที่ทนการกัดกร่อนของน้ำทะเล ที่ให้แรงผลักดันสูงสุด 356 นิวตัน และ มอเตอร์บังคับเลี้ยว (heading motor) ที่ขับเคลื่อนด้วยสายพานและหุ้มอยู่ในโครงสร้างที่กันน้ำและสามารถยกพับเก็บให้ขนานกับท้ายเรือได้ เพื่อให้เรือคายัคนั้นสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานในทะเลได้
- ระบบระบายความร้อนอากาศสำหรับห้องเก็บอุปกรณ์คอมพิวเตอร์และอิเล็กทรอนิกส์ภายในเรือ โดยการใช้พัดลมช่วยในการดูดอากาศที่ร้อนออก และ มีช่องนำอากาศที่มีสารดูดความชื้นติดตั้งอยู่เพื่อช่วยนำอากาศจากภายนอกเข้ามาหมุนเวียน ทำให้เรือสามารถทำงานติดต่อกันได้ถึง 2 ชั่วโมงเป็นอย่างน้อยในการทดสอบจริง
- ระบบท่นช่วยการทรงตัว เพื่อเพิ่มเสถียรภาพในการทรงตัวหรือกันการโคลงของเรือหรือพลิกคว่ำของเรือ เมื่อนำไปปฏิบัติการในทะเลที่มีคลื่นลมมาประทะ และ จะไม่เพิ่มแรงต้านในการเคลื่อนที่จากน้ำเมื่อไม่ใช้งาน
- ระบบตรวจวัดความลึกของแหล่งน้ำโดยใช้เซนเซอร์คลื่นเสียง (Echo Sounder) เพื่อช่วยบ่งบอกถึงความลึกในแหล่งน้ำที่ปฏิบัติการ โดยสามารถวัดความลึกต่ำสุดได้ไม่น้อยกว่า 50 เซนติเมตร และ สูงสุดได้ไม่เกิน 457 เมตร โดยความเร็วของเรือต้องน้อยกว่า 2 เมตรต่อวินาที จึงจะวัดค่าความลึกจากเซนเซอร์ได้

2) ระบบนำร่องของเรือที่ถูกพัฒนาขึ้นโดยการบูรณาการข้อมูลจากเซนเซอร์ GPS ที่ให้ค่าพิกัดตำแหน่ง เข้ากับ ข้อมูลจากเซนเซอร์ Accelerometer ที่ให้ค่าความเร่งและเซนเซอร์ Gyroscope ที่ให้ค่าอัตราเร็วเชิงมุมในการเคลื่อนที่ โดยใช้เทคนิค Extended Kalman Filter เพื่อให้ได้ค่าประมาณของตำแหน่งและองศาการหันเหของหัวเรือและความเร็วในการเคลื่อนที่พร้อมทั้งค่าเบี่ยงเบน ที่จะนำมาใช้สำหรับควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ของเรือคายัคแบบอัตโนมัติ 3) ระบบควบคุมการเคลื่อนที่ตามจุดพิกัดที่กำหนดแบบอัตโนมัติของเรือคายัค (kayak) ที่ขับเคลื่อนด้วย

podded propulsion ถูกพัฒนาและปรับปรุงโดยใช้การควบคุมแบบป้อนกลับตัวแปรสถานะ (Full-State Feedback) ร่วมกับตัวสังเกตการณ์สถานะ (Observer) และ ทำการเปรียบเทียบการจำลองการเคลื่อนที่โดยใช้สมการพลศาสตร์ (ทางคณิตศาสตร์) เพื่อศึกษาสมรรถนะและประสิทธิภาพของเรือก่อนนำไปประยุกต์ใช้งานจริง 4) ระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำ โดยสามารถวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง และ ค่าความเค็มของน้ำ จากจุดพิกัดต่างๆที่ต้องการ และที่ระดับความลึกที่ไม่เกิน 5 เมตร โดยเวลาที่วัดและข้อมูลคุณภาพน้ำที่ได้นี้จะถูกส่งผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตแบบ 3G ไปยัง Web Server หรือ คอมพิวเตอร์ของผู้ปฏิบัติการโดยมีค่าหน่วยเวลาประมาณ 6-7 วินาที ซึ่งทำให้สามารถรายงานผลได้อย่างรวดเร็ว

เรือคายัคที่พัฒนาขึ้นนี้จะสามารถควบคุมได้ 2 ระบบ คือ ใช้การแบบควบคุมระยะไกลผ่านคลื่นวิทยุโดยผู้ปฏิบัติการ และใช้การควบคุมแบบอัตโนมัติ ในโหมดอัตโนมัติ จุดพิกัดในการเคลื่อนที่จะถูกกำหนดโดยผู้ปฏิบัติการในโปรแกรมของคอมพิวเตอร์ที่อยู่บนเรือ จากนั้นระบบควบคุมแบบป้อนกลับตัวแปรสถานะที่ได้พัฒนาขึ้น ก็จะพยายามรักษาสัญเส้นทางเคลื่อนที่ของเรือให้อยู่ในแนวเส้นตรงที่เชื่อมระหว่างจุดพิกัดสองจุดโดยการปรับหัวเรือให้เข้าสู่เส้นตรงนี้เสมอ โดยทีมวิจัยได้นำเรืออัตโนมัติไปช่วยสำรวจความลึกของคลองต่างๆในกรุงเทพฯและปทุมธานี แต่ในการนำเรือคายัคที่ควบคุมแบบอัตโนมัติไปใช้งานได้ในคลองหรือแม่น้ำจริงนั้นจะกระทำได้อย่างยากเนื่องจากมีอุปสรรคสิ่งกีดขวางมากมาย เช่น อวน ยอ กอผักตบชวา และ สะพานไม้ที่เตี้ย ซึ่งอุปสรรคเหล่านี้ไม่ได้ถูกกำหนดไว้หรือที่สามารถคาดการณ์ได้ล่วงหน้า จากประสบการณ์ในการลงพื้นที่เพื่อการสำรวจคลองจริงนั้นยังจำเป็นต้องพึ่งการ ควบคุมผ่านคลื่นวิทยุโดยผู้ปฏิบัติการ แต่ถ้าเป็นการสำรวจรอบชายฝั่งทะเลที่มีอุปสรรคสิ่งกีดขวางที่น้อย นั้นการใช้งานของระบบควบคุมแบบอัตโนมัติจะมีความเหมาะสมมากกว่า ซึ่งก็ยังจำเป็นต้องพัฒนาระบบหลบหลีกสิ่งกีดขวางเพิ่มเติมเพื่อช่วยให้ระบบการควบคุมสามารถหลบอุปสรรคหรือสิ่งกีดขวาง เช่น เรือ หรือ หุ่นในทะเล ได้ ซึ่งควรที่จะใช้ Sonar หรือ Laser Range Finder ในการตรวจจับวัตถุในเส้นทางเคลื่อนที่เพื่อที่จะวางแผนปรับเปลี่ยนเส้นทางเคลื่อนที่ได้ล่วงหน้า ก่อนที่จะเข้าใกล้สิ่งกีดขวางต่างๆ

ระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำอัตโนมัติเป็นส่วนหนึ่งของอุปกรณ์ที่ใช้งานบนเรือนี้นี้ การตรวจวัดคุณภาพน้ำจะสามารถปล่อยหัววัดคุณภาพน้ำไปยังความลึกที่กำหนด โดยจะมีการจัดเก็บสายไฟฟ้าของหัววัดคุณภาพน้ำเพื่อป้องกันการพันกันของสายไฟระหว่างการใช้งาน ระบบที่มีความสามารถที่จะช่วยบรรเทาและลดภาระงานของนักวิทยาศาสตร์ นอกเหนือจากระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำที่ติดไปกับเรือแล้ว อีกทั้งยังติดตั้งเซนเซอร์วัดความลึกน้ำแบบคลื่นเสียง (echo sounder) เข้ากับเรือ เพื่อวัดความลึกของร่องน้ำ โดยจะนำข้อมูลที่ได้จะมีประโยชน์ใช้ช่วยในการคำนวณหาปริมาตรรวมของแหล่งน้ำต่างๆจากการประมวลผลภายหลังได้ ซึ่งสถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้นำเรืออัตโนมัติไปลงสำรวจในคลองเพื่อตรวจวัดความลึกหรือความตื้นเขินของคลองต่างๆเพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลในการบริหารจัดการน้ำของกรุงเทพฯและปริมณฑลอีกด้วย

คณะผู้วิจัยมีความประสงค์จะนำเรืออัตโนมัติไปประยุกต์ใช้ร่วมกับหุ่นยนต์ดำน้ำขนาดเล็กที่สามารถติดตั้งไปกับเรือคายัคได้ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการเก็บข้อมูลคุณภาพน้ำหรือเพื่อช่วยลงไปสำรวจสภาพแวดล้อมใต้น้ำ โดยการถ่ายภาพใต้น้ำทั้งในแหล่งน้ำที่เป็นน้ำจืดหรือน้ำเค็มก็ได้ และ ส่งข้อมูลภาพมาในรูปแบบ real-time สำหรับการสำรวจบริเวณผิวน้ำที่ลึกนั้นจะกระทำโดยผ่านการควบคุมระยะไกลจากผู้ปฏิบัติการที่อยู่บนเรือเองหรือที่อยู่บนฝั่งผ่านสายที่เชื่อมต่อระหว่างเรือและหุ่นยนต์ดำน้ำขนาดเล็กนี้

ปัญหาสำคัญอีกประเด็นหนึ่งที่น่าสนใจในการนำเรือคายัคนี้ไปประยุกต์ใช้งานในภาคสนามจริงคือ แหล่งพลังงานที่จะใช้กับระบบขับเคลื่อนแบบ podded propulsion นั้นเป็นระบบไฟฟ้าซึ่งจะจ่ายจากแบตเตอรี่แบบ deep-cycle ที่สามารถให้พลังงานได้อย่างต่อเนื่องนานเฉลี่ยได้น้อยประมาณ 2-3 ชั่วโมง แล้วจะต้องนำเรือคายัคเข้าเทียบท่าเพื่อทำการเปลี่ยนแบตเตอรี่ ดังนั้นถ้าสามารถนำแหล่งพลังงานอื่นที่มีอัตราการเก็บพลังงานต่อหน่วยได้มากกว่าแบตเตอรี่ที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน หรือ เป็นแหล่งพลังงานอื่นที่สามารถนำมาแปลงเป็นกระแสไฟฟ้าได้ เช่นเดียวกับระบบไฮบริดที่มีการใช้พลังงานน้ำมันควบคู่ไปกับมอเตอร์ไฟฟ้าจะทำให้สามารถปฏิบัติงานได้เป็นระยะทางที่ไกลหรือทำงานได้เป็นระยะเวลานานขึ้นก็จะสามารถช่วยลดเวลาในการทำงานจริงโดยลดจำนวนครั้งที่นำเรือเข้าเทียบท่าลง

3. บทคัดย่อภาษาไทยและบทคัดย่อภาษาอังกฤษ

การตรวจวัดมลพิษของน้ำ นับปัจจัยที่มีความสำคัญอย่างยิ่งในการประเมินสถานภาพมลพิษของน้ำในแหล่งน้ำสำคัญต่างๆ เช่น คุณภาพน้ำทิ้งจากแหล่งชุมชน แหล่งอุตสาหกรรม และเกษตรกรรม การตรวจวัดคุณภาพของน้ำจะสามารถนำมาใช้ประเมินถึงสภาพของคุณภาพน้ำได้อย่างรวดเร็วและบ่อยครั้ง และสามารถช่วยแก้ไขปัญหาล้างแฉะได้ทันทั่วทั้งที่ แต่ในปัจจุบันยังไม่มีบุคลากรที่เพียงพอที่จะช่วยเฝ้าระวังการตรวจวัดคุณภาพน้ำที่เพียงพอ ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงได้มีแนวคิดที่จะพัฒนาเรืออัตโนมัติที่ขับเคลื่อนด้วย podded propulsion ให้สามารถปฏิบัติงานได้ทั้งในน้ำจืดและในทะเล โดยเฉพาะบริเวณชายฝั่งทะเล พร้อมทั้งมีระบบตรวจวัดและวิเคราะห์คุณภาพน้ำในรูปแบบที่เป็นพลศาสตร์ ให้สามารถรายงานผลไปยังผู้ปฏิบัติการผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตแบบ 3G แบบ ณ เวลาจริง เพื่อลดความเสี่ยงและอำนวยความสะดวกต่อผู้ปฏิบัติการในการออกสำรวจพื้นที่จริง โดยในแผนงานนี้นั้นจะประกอบไปด้วยระบบหลักๆดังนี้

1. ระบบขับเคลื่อนแบบ podded propulsion ที่ได้ถูกพัฒนาขึ้นให้สามารถทำงานได้ทั้งในน้ำจืดและน้ำทะเล ซึ่งจะให้แรงผลักดันสูงถึง 356 นิวตัน ทำให้ต้านกระแสในทะเลได้ดี และได้สร้างชุดบังคับเลี้ยวแบบสายพานและบังคับความเร็วของใบพัดที่ติดตั้งไว้ทางท้ายเรือ ให้สามารถพับเก็บให้ขนานกับลำเรือได้ เพื่อสะดวกต่อการหลบหลีกสิ่งกีดขวางในน้ำและต่อการขนย้าย ในการปฏิบัติงานจะสามารถควบคุมความเร็วใบพัดและทิศทางการหมุนของใบพัดผ่านคอมพิวเตอร์ เพื่อนำไปใช้ร่วมกับระบบควบคุมอัตโนมัติ
2. ระบบระบายความร้อนและป้องกันไอน้ำและไอเค็มจากทะเลสำหรับอุปกรณ์ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้กับระบบควบคุมต่างๆ โดยออกแบบให้ห้องเก็บอุปกรณ์นั้นกันน้ำกระเด็นและมีพัดลมดูดอากาศเข้าออกจากห้องเก็บอุปกรณ์ พร้อมทั้งมีสารดูดความชื้นเพื่อป้องกันไอน้ำที่อาจเข้ามาได้ ซึ่งจากการทดสอบจะช่วยให้ระบบปฏิบัติการได้นานกว่า 2 ชั่วโมง
3. ระบบหุ่นลอยช่วยการทรงตัวและเพิ่มเสถียรภาพในการลอยตัวของเรือคายัคเมื่อเผชิญกับคลื่นลม โดยใช้หุ่นโพนทรงกระบอกติดกับแกนที่ยึดออกไปทางด้านข้างของเรือเพื่อช่วยเพิ่มพื้นที่สัมผัสน้ำทางด้านข้าง ซึ่งช่วยป้องกันการโคลงของเรือคายัคเมื่อมุมโคลงน้อยกว่า 30 องศา เมื่อลงปฏิบัติการในพื้นที่ที่มีคลื่นต่ำกว่า 50 cm และลมแรงได้ เช่นใน ทะเล หรือ บริเวณรอบชายฝั่งทะเล นอกจากนั้นหุ่นลอยในรูปแบบที่สองจะสามารถพับเก็บแนบกับเรือได้อีกด้วยเมื่อต้องการหลบสิ่งกีดขวางและไม่ใช้งาน
4. ระบบควบคุมการเคลื่อนที่ตามจุดพิกัดที่กำหนดแบบอัตโนมัติของเรือคายัคที่ขับเคลื่อนด้วย podded propulsion ใช้การควบคุมแบบป้อนกลับตัวแปรสถานะและตัวสังเกตการณ์สถานะ โดยเริ่มต้นได้สร้างแบบจำลองของเรือคายัคที่ขับเคลื่อนด้วย podded propulsion และสร้างระบบควบคุม แล้วทดสอบปรับปรุงประสิทธิภาพการควบคุมการเคลื่อนที่ในโปรแกรมจนดีแล้ว จึงนำระบบควบคุมที่ได้มาประยุกต์ใช้กับเรือคายัคจริง ซึ่งจะช่วยเพิ่มเสถียรภาพและเพิ่มความแม่นยำในการเคลื่อนที่ตามจุดพิกัดที่กำหนด
5. ระบบนำร่องของเรือโดยการบูรณาการข้อมูลจากเซนเซอร์ GPS ที่ให้ค่าพิกัดตำแหน่ง เข้ากับ เซนเซอร์ Accelerometer และ Gyroscope ที่ให้ค่าความเร่งและค่าอัตราเร็วเชิงมุมใน 3 แกน ตามลำดับ โดยใช้เทคนิค Extended Kalman Filter (EKF) เพื่อให้ได้ค่าประมาณของตำแหน่งและองศาการหันเหของหัวเรือที่จะใช้สำหรับควบคุมการเคลื่อนที่ของเรือคายัคแบบอัตโนมัติ ในขั้นแรกได้ทำการเปรียบเทียบค่าความแม่นยำของ GPS ที่มีความแม่นยำสูงแต่ราคาแพง กับ GPS หลายตัวที่ราคาประหยัดในพื้นที่สี่เหลี่ยม ผลการทดสอบค่าเฉลี่ยพิกัดจาก GPS ที่ราคาประหยัดหลายๆตัวเมื่อตัดค่าพิกัดที่ไม่เกาะกลุ่มกับตัวอื่นๆออกไป จะมีค่าใกล้เคียงกับค่าพิกัดของ GPS ที่มีความแม่นยำสูง หลังจากนั้นจึงทำการบูรณาการข้อมูลจาก GPS Accelerometer และ

Gyroscope ด้วยเทคนิค EKF จะได้ค่าพิกัดตำแหน่ง องศาการหันเห ความเร็วในการเคลื่อนที่ใน 3 มิติ พร้อมทั้งค่าเบี่ยงเบนของค่าต่างๆด้วย

6. ระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำ ที่สามารถวัดคุณภาพน้ำ (ค่าอุณหภูมิ ค่าความเป็นกรด-ด่าง และ ค่าความเค็มหรือปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ) โดยสามารถตรวจสอบค่าเหล่านี้ได้ที่ระดับความลึกต่างๆไม่เกิน 5 เมตร ตามคำสั่งของผู้ปฏิบัติการผ่านเราเตอร์อินเทอร์เน็ตแบบ 3G ที่ติดตั้งไว้ทั้งบนเรือและบนฝั่ง โดยข้อมูลคุณภาพน้ำที่ได้นี้จะถูกส่งผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตแบบ 3G ไปยัง Web Server และ คอมพิวเตอร์ของผู้ปฏิบัติการ ได้แบบ ณ เวลาจริง ในพื้นที่ๆครอบคลุมด้วยระบบเครือข่าย 3G โดยจะมีค่าหน่วยเวลาโดยเฉลี่ยประมาณ 6 วินาที ในการรับข้อมูลจากเรือมายังผู้ปฏิบัติการ หรือ ในการส่งคำสั่งจากผู้ปฏิบัติการไปยังเรือในการปรับระดับความลึกของหัววัดคุณภาพน้ำ

โดยเรือที่ขับเคลื่อนแบบอัตโนมัติด้วย podded propulsion ที่พัฒนาขึ้นมานี้ จะสามารถนำไปประยุกต์ใช้ตรวจวัดคุณภาพน้ำตามจุดที่ต้องการ จะช่วยลดความเสี่ยงและประหยัดเวลาของผู้ปฏิบัติงานในภาคสนาม ในงานวิจัยนี้ได้เน้นไปที่การพัฒนาและปรับปรุงระบบต่างๆให้มีประสิทธิภาพที่สูงขึ้นและช่วยลดต้นทุนในการนำเข้าสู่อุปกรณ์ราคาแพง และ เพิ่มศักยภาพให้แก่ระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำและระบบการรายงานข้อมูลโดยผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตได้อย่างรวดเร็ว นอกจากนั้นแล้วเรือกายัคนั้นถูกติดตั้งด้วยเซนเซอร์ echosounder และได้ถูกนำไปประยุกต์ใช้งานในภาคสนามจริง เพื่อช่วยสำรวจความลึกของคลองต่างๆในจังหวัดกรุงเทพฯ และ ปทุมธานี โดยได้รับความร่วมมือจากสถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร (องค์การมหาชน) เพื่อนำข้อมูลไปใช้ในการบริหารจัดการน้ำและเพื่อเป็นฐานข้อมูลของประเทศอีกด้วย

Measurement of water pollution is one of the most significant factors in evaluating pollution condition in various important water resources, like drainage water from communities, from industrial and agricultural areas. The objective of water quality measurement is to quickly and frequently monitor water quality state and to quickly resolve environmental problem in time. However, one of the existing problems is insufficient knowledgeable personnel to help monitoring water quality. Thus, our research group proposes to develop a kayak boat driven by podded propulsion that can be operated in both fresh- and salt-water, especially along the costal lines. In additions, we developed an in situ water-quality measurement system that can collect dynamic water quality information and transfer this data from sampling points to a user in real time through 3G internet network. As a result, this system can help reducing the risk as well as increasing flexibility in field operations. This research project includes the following topics:

1. Developed podded propulsion system is capable to operate in both fresh- and salt-water. New podded propulsion provides maximum thrust of 356 N, as a result the kayak boat can overcome stronger flow current. This new design for timing-belt steering and controlling speed of podded propulsion can be folded parallel to the boat such that it can avoid obstacle in water and it is convenient for transporting. In field operation, both propeller speed as well as propeller thrust direction can be controlled through computer, which is useful for the autonomous way-point tracking integration.
2. Cooling and water-tight system can prevent electrical and electronics equipment for all control systems from over-heating in long and continuous operation and from fresh-water and sea-

water corrosion. This electronics compartment is designed to protect water splash and to circulate internal air flow with inlet- and outlet-fans, to absorb internal moisture with silica gel. From testing, boat equipment can be operated more than 2 hour without any accumulated heat.

3. Buoy system helps increasing boat stabilizing when the boat encounters strong wind or wave in field operation. This buoy system, built from cylindrical foams, can extend outward along boat side to increase side-span water-contact area. As a result, rolling stability for roll angle $< 30^\circ$ and wave height < 50 cm can be achieved with this buoy system, thus the boat can operate in mild sea or along shore line. Moreover, the second buoy system can be folded along boat side for avoiding obstacle and for transporting.
4. Automatic way-point tracking system for the kayak driven by podded propulsion combines a full-state feedback with an observer. First, the way-point tracking controller is constructed, tested, and improved using a mathematical model of kayak boat driven by podded propulsion. Second, this controller is then applied to use with the actual kayak boat to guarantee control system stability and to increase way-point tracking accuracy.
5. Navigation system for the kayak boat can fuse Latitude and Longitude coordinate from GPS with 3-axis acceleration and angular rotation from Accelerometer and Gyroscope, respectively, using the Extended Kalman Filter (EKF) technique. As a result, estimated position and orientation of kayak can be used for a kayak way-point tracking control. In the first step, a high-accuracy expensive GPS is compared against several low-accuracy inexpensive GPSs in terms of horizontal accuracy within a rectangular surveying area. A mean horizontal position from several inexpensive GPSs, excluding GPS outliers, is almost equivalent to the horizontal position from the high-accuracy GPS. In the second step, signals from both Accelerometer and Gyroscope sensors are integrated with GPS position using EKF such that 3-dimensional positions, attitudes, velocities along with their deviations are obtained.
6. Water-quality measurement system can measure water quality (temperature, pH, salinity and dissolved oxygen) at various depths upto the maximum depth of 5 meter according to operator's command. The command is transmitted through 3G internet routers, installed on the boat and on the shore. Then, the water-quality information can be reported to the operators in real time through Web Server using the 3G internet network with an average delay of 6 second. This delay time exists in both transmitting water-quality information from the measurement system to operator and transmitting depth command from operator to the measurement system.

This developed kayak boat driven by podded propulsion can be conveniently used for water-quality measurement at desired points such that the operating time and users' risk to expose to contamination in the field can be reduced. This research emphasizes on developing and improving

of all systems to increase efficiency and to lessen overall cost, particularly expensive sensors. At the same time, the performance of water-quality monitoring and measurement is enhanced with 3G internet network. Moreover, this kayak boat, equipped with an echo sounder, has been deployed to survey canals' depth in Bangkok and Pathumthani provinces by Hydro and Agro Informatics Institute cooperation. The canals' and rivers' depth information will be used in water management and updated Thailand water resource database as well.