

UNMANNED SURFACE VEHICLE FOR RTN's
FUTURE WARFARE : CONCEPTUAL DESIGN
OF SUITABLE PLATFORM

เรือผิวน้ำไร้คนขับ
สำหรับสงครามอนาคตทางบกกองทัพเรือไทย
: การออกแบบตัวเรือและระบบขับเคลื่อน
ในระดับเบื้องต้น

อ่าทึ่ นาอาโก ปริญญ์ กัณอญ์
หัวหน้ำออกแบบและทดลองเรือ กองแผนและประมาณการช่าง
อู่ทหารเรือธนบุรี กรมอู่ทหารเรือ

บทคัดย่อ

ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา เรือผิวน้ำไร้คนขับ (Unmanned Surface Vessels: USVs) ได้รับการพัฒนาและนำมาประยุกต์ใช้ในหลากหลายภารกิจโดยเฉพาะภารกิจทางทหาร เพื่อเป็นการตอบสนองความต้องการการใช้เรือตามแผนยุทธศาสตร์กองทัพเรือ ๒๐ ปี แผนการจัดหาเรือดำน้ำ และแผนการปฏิบัติงานของ ศูนย์อำนวยการรักษาผลประโยชน์ของชาติทางทะเล (ศรชล.) แพลตฟอร์มพื้นฐานสำหรับติดตั้งระบบ Mission Modules และระบบควบคุมสั่งการ AI ได้ถูกออกแบบขึ้นตามหลักการทางนาวิสถาปัตยกรรม ผสมผสานกับเทคนิคการออกแบบเรือสมัยใหม่ ทำให้เป็นจุดเริ่มต้นของการพัฒนาออกแบบและผลิต USVs ขึ้นมาใช้ราชการในกองทัพเรืออย่างเหมาะสมและสมบูรณ์แบบ

คำสำคัญ

USVs, Trimaran, Mission Modules

บทนำ

๑. สงครามอนาคตและทิศทางการเลือกใช้ประเภทของยุทโธปกรณ์ในยุทธรณาวี

ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา การพัฒนาทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรม ดำเนินไปอย่างก้าวกระโดด ส่งผลกระทบโดยตรงการดำเนินกิจกรรมทางด้านต่าง ๆ ของมนุษย์อย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ โดยทางด้านมิติของความมั่นคงทั้งในระดับจุลภาคและมหภาค เพื่อป้องกันภัยคุกคามในรูปแบบต่าง ๆ ที่อาจเกิดขึ้นได้จากความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีเหล่านี้ กองทัพเรือในฐานะหน่วยงานผู้ดูแลรับผิดชอบทางด้านความมั่นคง และการรักษาผลประโยชน์ของชาติทางทะเล ตระหนักถึงผลกระทบต่าง ๆ จากความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี ได้วางแผนยุทธศาสตร์กองทัพเรือ ๒๐ ปี เพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงที่จะเกิดขึ้น จึงจำเป็นต้องมีความพร้อมทั้งในส่วนของการกำลังทางเรือ ระบบสนับสนุน รวมทั้งอุตสาหกรรมเพื่อการป้องกันประเทศที่เกี่ยวข้องต้องได้รับการพัฒนาอย่างเป็นระบบ โดยตามแผนยุทธศาสตร์ดังกล่าว กองทัพเรือจะมีแนวทางการใช้กำลังทางเรือที่สามารถควบคุมสถานการณ์ได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ

ซึ่งแนวทางที่เหมาะสมกับสถานการณ์และธรรมชาติของกำลังรบทางเรือคือ การป้องกันเชิงรุก (Active Defense) ด้วยขนาดของกำลังที่เหมาะสม

เมื่อพิจารณาถึงประเภทเรือต่าง ๆ ตามแผนกำลังรบหลักตามยุทธศาสตร์ กองทัพเรือ ๒๐ ปี และแนวทางของเทคโนโลยีทางด้านนาวิสถาปัตยกรรม ผสมกับเทคโนโลยีของสงครามในอนาคต USV (Unmanned Surface Vehicle) เรือผิวน้ำไร้คนขับ มีความเหมาะสมในการพิจารณานำมาประยุกต์ใช้งาน ในภารกิจต่าง ๆ ของกองทัพเรือ อีกทั้งยังสามารถบูรณาการร่วมกับเทคโนโลยี Mission Module เพื่อให้ได้ยานผิวน้ำที่ทรงคุณประโยชน์ และตอบสนอง ความต้องการทางยุทธวิธีรอบด้าน โดยมีข้อดีสำหรับนำมาใช้ในการพิจารณา ดังนี้

๑.๑ USV สามารถปฏิบัติงานได้ในพื้นที่ตรากตรำและอันตราย อันเป็นข้อจำกัดที่มนุษย์ไม่สามารถเข้าถึงได้

๑.๒ USV มีความอ่อนตัวในแง่ของขนาดมิติ เมื่อเทียบกับเรือทั่วไป ที่สามารถปฏิบัติการกิจได้เหมือนกัน

๑.๓ Mission Module เป็นแนวทางที่สามารถนำมาประยุกต์บูรณาการ ร่วมกับ USV เพื่อให้ Platform พื้นฐานของยานหนึ่งลำ สามารถปฏิบัติการกิจ ที่หลากหลายได้

จากข้อดีของ USV ที่กล่าวมาข้างต้นสามารถลบจุดอ่อนสำคัญของ เรือผิวน้ำธรรมดาได้ในหลายประการ ทำให้มีความอ่อนตัวในการนำมาใช้ อีกทั้ง หากบูรณาการเข้ากับ Modularity Concept จะสามารถประยุกต์ใช้ USV ได้ในหลากหลายภารกิจบน Platform หลักหนึ่งหน่วย ซึ่งลดต้นทุนการผลิต และการดำเนินการกิจ จึงเป็นทางเลือกของยุทธโศปกรณ์ที่มีความเหมาะสม ในการพิจารณาจัดหาและนำมาประจำการใช้ในกองทัพเรือเพื่อตอบสนอง ภารกิจตามแผนยุทธศาสตร์กองทัพเรือ ๒๐ ปี

๒. ประวัติและบทบาทของ USV

Unmanned Surface Vessels (USVs) หรือบางครั้งถูกเรียกว่า Autonomous Surface Crafts (ASC) มีจุดเด่นจากนิยาม “ไร้คนขับ”^๑ ที่ทำให้มีศักยภาพในการปฏิบัติงานได้หลากหลายมากขึ้นเมื่อเทียบกับเรือทั่วไป

ผนวกกับความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีของระบบนำร่อง ระบบควบคุม และระบบปัญญาประดิษฐ์ ทำให้ USV ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมาถูกใช้ในหลายกิจกรรม ทั้งสำรวจ กู้ภัย และวัตถุประสงค์ทางทหาร แต่จำนวนของหน่วยที่ถูกนำมาใช้ ก็ยังมีน้อยกว่าเมื่อเทียบกับ Unmanned Undersea Vehicles (UUVs) ด้วยข้อจำกัดบางประการ จึงทำให้เป็นความท้าทายสำหรับสถาบันวิจัยต่าง ๆ ได้สามารถพัฒนา USVs ให้มีคุณสมบัติเทียบเท่ากับ UUVs ในทุก ๆ การใช้งาน ในภารกิจ

ในปี ค.ศ.๑๙๙๓ ซึ่งเป็นช่วงเริ่มต้นของการพัฒนา USVs^๖ Massachusetts Institute of Technology (MIT) ได้สร้าง USV ชื่อ ARTEMIS โดยพัฒนาสายเส้นตัวเรือมาจากเรือประมงอวนลากแล้วย่อขนาดลงให้เป็นแพลตฟอร์มที่สามารถติดตั้งระบบทำร่องและระบบควบคุมต่าง ๆ ที่จำเป็นสำหรับ USV และถูกนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการเก็บข้อมูล Bathymetry ในแม่น้ำ Charles ในบอสตัน ข้อบกพร่องสำคัญของ ARTEMIS คือ มีขนาดเล็ก ซึ่งส่งผลไปยังคุณสมบัติทางระยะปฏิบัติการ และคุณสมบัติความคงทนทะเล นอกจากนี้ พื้นที่ปฏิบัติการยังถูกจำกัดได้เพียงแคในแม่น้ำ Charles และสามารถประยุกต์ใช้ได้แค่เพียงการเก็บข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ จุดบกพร่องเหล่านี้ได้รับการแก้ไขโดยการพัฒนา USV รุ่นใหม่ที่มีขนาดใหญ่ขึ้น สามารถรองรับอุปกรณ์นำร่อง อุปกรณ์ควบคุม ปัญญาประดิษฐ์ และอุปกรณ์สำรวจตามภารกิจต่าง ๆ ได้หลากหลายและอ่อนตัวมากขึ้น โดยยังคงความสะดวกและง่ายในการปล่อยออกปฏิบัติการ จึงทำให้ USVs เริ่มพัฒนาเข้าสู่แพลตฟอร์มที่มีศักยภาพในการปฏิบัติงานในพื้นที่ชายฝั่งมากขึ้น (จากจุดเริ่มต้นเพียงในแต่แม่น้ำ) ส่งผลให้ USVs เริ่มมีการนำมาประยุกต์ใช้ในหลากหลายภารกิจมากยิ่งขึ้น นอกเหนือไปจากเพียงแค่การเก็บข้อมูลทางวิทยาศาสตร์

ในช่วง ๕ ปีที่ผ่านมา การพัฒนาเทคโนโลยีของ USVs เป็นไปอย่างก้าวกระโดด US Navy เริ่มต้นพัฒนา UUVs อย่างกว้างขวางมาก่อน ก่อนที่จะเริ่มให้ความสำคัญและความจริงจังในการพัฒนา USVs โดยเริ่มต้นด้วยการนำ USVs มาเป็นฐานเคลื่อนที่ในการขยายสัญญาณการสื่อสารระหว่าง UUVs กับห้องควบคุมภาคพื้น เพื่อเป็นการขยายระยะปฏิบัติการของ UUVs ให้เป็นแบบไร้คนขับอย่างสมบูรณ์แบบ จากนั้นได้มีการพัฒนาประยุกต์ในกิจการ

ทางทหารมากขึ้น เช่น การตรวจการณ์ชายฝั่ง การล่าทำลายทุ่นระเบิด เป็นต้น แพลตฟอรม์ที่ใช้สำหรับสร้าง USVs คือ เรือผิวน้ำขนาดเล็กปกติทั่วไปที่ได้รับการติดตั้งระบบนำร่อง ควบคุมสั่งการ ปัญญาประดิษฐ์ และอุปกรณ์สำหรับภารกิจต่าง ๆ อาจกล่าวได้ว่า เรือขนาดเล็กทุกชนิดสามารถนำมาใช้เป็นแพลตฟอร์มพื้นฐานของ USVs ได้ทั้งหมด ทำให้บรรลุวัตถุประสงค์หลักตามนิยามของ USVs คือการที่สามารถใช้งานได้ในภารกิจที่มนุษย์ยากจะเข้าถึง และมีอันตรายอย่างไ้ก็ดี ในภารกิจทางทหารบางประเภท เช่น การก่อกวนช่วยเหลือตัวประกัน และการเข้าจู่โจม USVs ไม่สามารถเป็นพาหนะไร้คนขับได้อย่างสมบูรณ์แบบ โดยเมื่อเข้าพื้นที่ปฏิบัติการ ระบบควบคุมจะถูกส่งกลับไปที่สถานีควบคุมที่มีมนุษย์คอยสั่งการผ่านทางระบบควบคุมระยะไกล เพื่อหลีกเลี่ยงผลที่ไม่พึงประสงค์จากการประมวลผลของปัญญาประดิษฐ์ ในภารกิจที่มีความอ่อนไหวเป็นอย่างสูง

ในภารกิจทางด้านการสำรวจ นอกเหนือจากเรือท้องเดี่ยว (Monohull) แล้ว เรือสองท้อง (Catamaran) ยังได้รับความนิยมในการนำมาประยุกต์ใช้เป็นแพลตฟอร์มหลัก ด้วยคุณสมบัติที่ได้เปรียบเมื่อเทียบกับเรือท้องเดี่ยว เช่น น้ำหนักและพื้นที่บรรทุกที่เพิ่มมากขึ้น การทรงตัว ความสะดวกทนทะเล เป็นต้น ในขณะเดียวกัน ภารกิจการสำรวจบางประเภท เช่น การสำรวจทางอุทกศาสตร์ เลือกใช้แพลตฟอร์มประเภท Semi-Submersible ซึ่งได้รับการพัฒนามากจาก SWATH โดยใช้ท้องเรือเพียงท้องเดียว พื้นที่ส่วนใหญ่ของแพลตฟอร์มประเภทนี้จะอยู่ใต้น้ำ ยกเว้นส่วนเสาอากาศที่ใช้สื่อสารกับห้องควบคุม ข้อได้เปรียบของแพลตฟอร์มประเภทนี้คือ คุณสมบัติความคงทนทะเล ที่จะสามารถนำภารกิจประเภทนี้ไปได้ไกลมากขึ้น

๓. การใช้ USVs ในยุทธนาวี

Heo^๓ ได้ทบทวนวรรณกรรม สรุป และเปรียบเทียบข้อมูลของ Military USVs ไว้อย่างครอบคลุม US Navy ได้พัฒนา USVs มาใช้ในหลากหลายภารกิจ เช่น Anaconda 2.0 สำหรับภารกิจลาดตระเวน และการหาข่าวทางยุทธวิธีระดับสูง ACTUV (Anti-Submarine Warfare Continuous Trail Unmanned Vehicle) สำหรับภารกิจการต่อต้าน และการตรวจหา

เรือดำน้ำ USVs ระดับสูง ทั้งสองชุดนี้เป็นชุดที่ได้รับการพัฒนาอย่างจริงจัง และมีเทคโนโลยี AI สูงที่สุดในปัจจุบันนี้ จนอาจกล่าวได้ว่าเป็น USVs ที่ปฏิบัติการโดยไร้คนขับได้อย่างสมบูรณ์แบบ นอกจากนี้ USVs ที่ใช้ใน US Navy ยังมี CUSV (Common Unmanned Surface Vehicle) สำหรับภารกิจลาดตระเวน และหาข่าวชายฝั่งทั่วไป และ ASW USV (Anti-Submarine Warfare Unmanned Surface Vehicle) สำหรับภารกิจการต่อต้านเรือดำน้ำทั่วไป ในขณะเดียวกัน กองทัพเรือชาติอื่น ๆ ได้ทำการพัฒนา USVs ให้มีความทันสมัยตอบสนองกับภัยคุกคามที่กำลังเผชิญอยู่ เช่น Israel Navy ได้พัฒนา KATANA สำหรับภารกิจรักษาความปลอดภัยชายฝั่ง และทำเรือ Silver Marine สำหรับภารกิจลาดตระเวนหาข่าวทั้งกลางวันและกลางคืน เป็นต้น

๓.๑ การใช้ USV ในกองทัพเรือไทย

๓.๑.๑. แนวความคิดในการใช้ USV ของกองทัพเรือไทย

จากการพัฒนาอย่างต่อเนื่องของแนวทางการใช้ USV ทำให้เกิดผลกระทบที่ต้องพิจารณาทั้งในแง่มุมมองของเครื่องมือที่ทันสมัยสำหรับภารกิจทางทหาร และในแง่มุมมองของสิ่งที่จะมาเป็นภัยคุกคามในรูปแบบใหม่ภายในกองทัพเรือได้มีงานวิจัยที่มีผลผลิตออกมาเป็น USVs (ไม่นับรวมเรือไร้คนขับบังคับด้วยวิทยุ: Remoted Control Vessel) อยู่ ๒ โครงการ โดยผลการทำงานของทั้งสองโครงการสามารถสรุปได้ว่า ภารกิจที่เป็นโจทย์หลักสามารถดำเนินการลุ่ล่งได้ด้วย USVs โครงการที่ ๑ ดำเนินการสร้าง USV ขึ้นมาบนพื้นฐานการปฏิบัติการในลำน้ำ มีคุณสมบัติความคงทนทะเลที่ระดับ Sea State 2 ตัวเรือเป็นแบบมาตรฐาน Hard Chined V-Shape ที่มี Deadrise Angel (มุมท้องเรือ) ไม่สูง สามารถยกตัว (Planing) ได้ง่ายในน้ำเรียบ ระบบควบคุมสั่งการ (Command and Control) สามารถตอบสนองภารกิจ และยุทธวิธีของเรือปฏิบัติการลำน้ำได้ดี แต่ก็ถูกจำกัดพื้นที่ปฏิบัติการไว้เพียงแต่ในลำน้ำเท่านั้น โครงการที่ ๒ ได้นำเอาเรือยางท้องแข็ง (RHIB) มาใช้เป็นแพลตฟอร์มพื้นฐาน ซึ่งเรือประเภทนี้โดยทั่วไปถูกนำมาใช้เป็นเรือเร็วปฏิบัติการเอนกประสงค์ โดยมีจุดเด่นในเรื่องของน้ำหนักที่เบา และสามารถขนย้ายได้ง่าย อีกทั้งยังสามารถปฏิบัติการในทะเลเปิดที่ต้องมีคุณสมบัติความคงทนทะเลที่สูง อย่างไรก็ตาม ด้วยข้อจำกัดเรื่องขนาดของ

แพลตฟอร์มของทั้งสองโครงการ อุปกรณ์ที่จำเป็นต้องใช้ในการกิจประเภ
ต่าง ๆ จะถูกจำกัดให้สามารถนำไปติดตั้งในแพลตฟอร์มได้เพียงพอ
ต่อการปฏิบัติการกิจนั้น ๆ เท่านั้น การจะติดตั้งอุปกรณ์ชุดใหม่สำหรับปฏิบัติ
ภารกิจที่แตกต่างไม่สามารถทำได้โดยสะดวก และยืดหยุ่นคล่องตัว ส่งผล
ต่อความยืดหยุ่นในการปฏิบัติงาน ทำให้เกิดแนวความคิดใหม่ในการเตรียมการ
ออกแบบให้แพลตฟอร์มของ USVs สามารถรองรับการปฏิบัติการกิจได้หลากหลาย
มากขึ้น จึงเป็นที่มาของระบบ Modularity^{๔,๕}

แนวความคิดในการใช้ระบบ Modularity เริ่มต้นมา
ตั้งแต่ทศวรรษ ๑๙๗๐ และมีการพัฒนานำมาใช้ทั้งในเรือปฏิบัติการภารกิจ
ทางพลเรือนและเรือรบ มีจุดเด่นในด้านของความยืดหยุ่น และความคุ้มค่า
ในการติดตั้ง และปรับปรุงให้ทันสมัย โดยเรือที่ออกแบบมาภายใต้แนวความคิดนี้
จะถูกวางแผนการปฏิบัติการกิจในอนาคตระยะยาว เพื่อวางแผนในการ
ปรับปรุงให้ยืดหยุ่นและทันสมัยกับการกิจที่แตกต่างกัน และมีความสะดวก
ในการติดตั้งอุปกรณ์ที่ตอบสนองต่อภารกิจใหม่ที่แตกต่างกันไปนั้น ๆ
แนวความคิดนี้ได้รับความสนใจเป็นอย่างสูงในเทคโนโลยีวิศวกรรมเรือรบ
ด้วยประสิทธิภาพที่สามารถเปลี่ยนแปลงภารกิจการปฏิบัติการได้ตามความเหมาะสม
บนพื้นฐานของแพลตฟอร์มเดียวกัน ส่งผลให้สามารถลดต้นทุนในการจัดหา
ยุทโธปกรณ์หลักคือ ตัวแพลตฟอร์มสำหรับปฏิบัติการกิจนั้น ๆ ซึ่งประเภทของ
Modularity สามารถพิจารณาแบ่งเป็น ๓ ประเภท ที่แตกต่างกันคือ

ประเภทที่ ๑ Common Modules คือลักษณะ
ของ Module ที่เป็นมาตรฐาน ที่สามารถประยุกต์ติดตั้งเข้าในแพลตฟอร์ม
หลากหลายประเภท โดยที่แพลตฟอร์มนั้น ๆ จะได้รับการออกแบบ
ด้วยแนวคิดมาตรฐานตามที่ Module ตั้งไว้เพื่อให้สามารถรองรับการติดตั้งได้
เช่น ห้องพัก และห้องน้ำในเรือโดยสารขนาดใหญ่ที่ผู้ออกแบบเรือสามารถ
ออกแบบเพื่อรองรับ Module นั้น ๆ ที่สามารถหาได้ในท้องตลาด

ประเภทที่ ๒ Self-Contained Modules คือ
Module ที่มีขอบเขตชัดเจนที่จะติดตั้งลงในแพลตฟอร์ม โดยมี Connectors
และ Interphase ที่เป็นมาตรฐาน โดยที่อุปกรณ์ภายในและฟังก์ชันการทำงาน
ของอุปกรณ์สามารถเปลี่ยนได้หลากหลายรูปแบบตามการใช้งานภายใต้ขอบเขต

ของ Module นั้น เช่น ตู้คอนเทนเนอร์ในเรือขนคอนเทนเนอร์ และระบบ VLS ในเรือฟริเกต

ประเภทที่ ๓ Modular Installations คือ ลักษณะ Module ที่มีคุณสมบัติแตกต่างกันตามภารกิจ ที่สามารถติดตั้งลงในแพลตฟอร์มชนิดเดียวกันหนึ่งระบบได้ โดยแต่ละ Module นี้ จะถูกออกแบบให้ติดตั้งในเรือลำใดลำหนึ่งเท่านั้น หรือติดตั้งในเรือประเภทที่แตกต่างกันก็ได้ แพลตฟอร์มที่ใช้ Module ประเภทนี้ส่วนใหญ่จะเป็นเรือรบประเภทเรือลาดตระเวนชายฝั่ง ที่ติดตั้ง Mission Modules สำหรับ Anti-Submarine Warfare (ASW) Mine Countermeasure (MCM) หรือ Surface Warfare (SUW) เป็นต้น

ด้วยคุณสมบัติตามประเภทของ Modularity ทั้ง ๓ ประเภท มีความเหมาะสมที่จะนำมาประยุกต์ใช้ในแพลตฟอร์มของ USVs เพื่อให้ USVs มีความเป็นเรือเอนกประสงค์และมีความยืดหยุ่นคล่องตัวในการปฏิบัติการตามคุณลักษณะที่เป็นจุดเด่นของแพลตฟอร์มประเภทนี้ที่ได้กล่าวไว้ในเบื้องต้น Mission Modules ตามภารกิจต่าง ๆ ที่จะนำมาใช้ ต้องได้รับการออกแบบอย่างละเอียดอีกครั้ง เพื่อให้สามารถติดตั้งเข้ากับตัวแพลตฟอร์มหลักที่กำลังดำเนินการออกแบบได้อย่างเหมาะสม และมีประสิทธิภาพสูงสุด

๓.๑.๒ คุณลักษณะเบื้องต้นของแพลตฟอร์ม USV

เพื่อให้ตอบสนองความต้องการในการปฏิบัติการ USVs ควรมีคุณสมบัติพื้นฐานเรื่องความคล่องตัว สามารถปฏิบัติการได้ทั้งในย่านความเร็วสูง และความเร็วต่ำ เพื่อตอบสนองภารกิจที่หลากหลาย ซึ่งโดยทั่วไปลักษณะของตัวเรือที่ใช้สร้างเป็นแพลตฟอร์มของ USVs ในภารกิจทางทหารจะเป็นประเภท Monohull (ท้องเดียว) บนพื้นฐานของความสะดวกในการสร้างหรือการนำแพลตฟอร์มของเรือเล็กที่มีอยู่แล้วมาดัดแปลง เรือประเภท Multihull (หลายท้อง) มีปรากฏให้เห็นบ้างใน USVs ในภารกิจทางพลเรือน แต่เนื่องจากในปัจจุบัน เรือรบประเภทเรือตรวจการณ์ชายฝั่ง ได้ใช้เรือประเภท Multihull มากขึ้น จากเหตุผลของข้อได้เปรียบหลายประการทางนาวิสถาปัตยกรรม การพิจารณาเลือกเรือประเภท Multihull มาใช้ใน USVs จึงเป็นประเด็นที่ได้รับความสนใจ

เรือ Multihull ที่ใช้หลากหลายในปัจจุบันมี ๒ ประเภท คือ Catamaran (สองห้อง) และ Trimaran (สามห้อง) เรือ Multihull เหล่านี้ ถูกออกแบบและนำมาใช้บนพื้นฐานหลักการของการลดพื้นที่ดัดน้ำของเรือ (Waterplane Area) เมื่อเทียบกับเรือ Monohull ที่มีมิติหลักเท่ากัน (Length x Beam x Draft: ยาว x กว้าง x กินน้ำลึก) การลด Waterplane Area ทำให้ลดแรงต้านทานการขับเคลื่อน โดยเฉพาะอย่างยิ่งแรงต้านทานการขับเคลื่อนที่เกิดจากคลื่น (Wave Resistance) เมื่อสามารถลดแรงต้านทานได้แล้วจะสามารถประหยัดพลังงานและกำลังที่ใช้ในการขับเคลื่อน ทำให้สามารถลดขนาดของเครื่องต้นกำลังขับเคลื่อน หรือรักษาขนาดของเครื่องไว้แล้วเพิ่มความเร็วที่ต้องการขึ้นมาได้ การได้ความเร็วเพิ่มขึ้น และการประหยัดพลังงานขับเคลื่อน จึงเป็นจุดเด่นหลักของเรือ Multihull อย่างไรก็ดี นอกเหนือจากประเด็นแรงต้านทานการเคลื่อนที่แล้ว คุณสมบัติอื่นอีก ๒ ประการที่นักวาทสถาปนิกต้องคำนึงถึงคือ คุณสมบัติการทรงตัว (Stability) และคุณสมบัติความคงทนทะเล (Seakeeping)

การเปรียบเทียบคุณสมบัติทางวาทสถาปัตยกรรมทั้ง ๓ ข้อ จำเป็นต้องเปรียบเทียบบนพื้นฐานความคล้ายคลึงของมิติที่เทียบเคียงกัน และต้องเปรียบเทียบคู่ต่อคู่แยกเป็นแต่ละกรณี ดังนี้

กรณีที่ ๑ การเปรียบเทียบเรือ Monohull กับเรือ Catamaran ที่มีมิติความยาว และความกว้างเท่ากัน Hull (ห้องเรือ) ของเรือ Monohull จะกินน้ำลึกน้อยกว่า Demihull (ห้องเรือแต่ละห้อง) ของเรือ Catamaran แต่เรือ Monohull จะมี Waterplane Area มากกว่า ส่งผลให้เรือ Catamaran มีแรงต้านทานการเคลื่อนที่น้อยกว่า ใช้พลังงานมากกว่า และสามารถทำความเร็วได้สูงกว่า หากติดตั้งเครื่องจักรขับเคลื่อนที่มีกำลังเท่ากัน เมื่อพิจารณาถึงคุณสมบัติทางด้าน Stability เรือ Catamaran จะมีค่า Metacenter (GMt) สูงกว่า ส่งผลให้ GZ Curve ของ Catamaran อยู่สูงกว่า Monohull มีโมเมนต์ตั้งตรงสูงกว่า และดึงเรือกลับมาอยู่ในสภาพ Static Equilibrium ได้ดีกว่า และเมื่อพิจารณาคุณสมบัติ Seakeeping สืบเนื่องจากลักษณะของ GZ Curves เส้นกราฟของ RAO (Response Amplitude Operator) ของเรือ Catamaran จะอยู่สูงกว่า RAO ของ Monohull ส่งผลให้เรือ Catamaran ตอบสนองคลื่นไวกว่า

และรุนแรงกว่าเรือ Monohull แต่อย่างไรก็ดีประเด็นคุณสมบัติ Seakeeping ต้องได้รับการพิจารณาอย่างละเอียด เพื่อที่จะสามารถทำการสรุปเป็นกรณี ๆ ไป เพราะมีปัจจัยอื่น ๆ ที่ส่งผลต่อคุณสมบัตินี้ และสามารถหักล้างปัจจัยที่เกี่ยวข้องออกไป เช่น Waterplane Area ที่สามารถปรับได้ตามความเหมาะสมของลายเส้นตัวเรือ

กรณีที่๒ การเปรียบเทียบเรือ Monohull กับเรือ Trimaran คุณลักษณะเทียบเคียงของเรือทั้งสองประเภทจะถูกพิจารณาแตกต่างออกไปโดยทั่วไปแล้ว รูปทรงของเรือ Trimaran จะมีพื้นฐานมาจากเรือ Monohull ต้นแบบที่ถูกขยายปีกออกไปทั้งสองข้าง ส่วนปีกที่ขยายออกทั้งสองข้างถูกเรียกว่า Amas จะมีส่วนที่จมน้ำอยู่เพียงเล็กน้อยเท่านั้น แรงลอยตัว (Buoyancy) ๘๐% - ๙๐% จะอยู่ที่ตัวเรือหลัก (Main Hull) ส่งผลให้แรงต้านทานการเคลื่อนที่ไม่แตกต่างจาก Monohull มากนัก แต่มีโมเมนต์ตั้งตรงสูงกว่าเรือ Monohull จากการที่มีการกระจายตัวของจุดศูนย์กลางแรงลอยตัว (Center of Buoyancy) ไปที่ Amas ทั้งสองด้าน และมีคุณสมบัติ Seakeeping ใกล้เคียงกับเรือ Monohull บนพื้นฐานข้อได้เปรียบของพื้นที่ระวางบรรทุกที่สูงขึ้น

จากคุณสมบัติทางนาวาสถาปัตยกรรมที่กล่าวมาข้างต้น แพลตฟอรม์พื้นฐานสำหรับ USVs ต้นแบบลำนี้ จะยกลายเส้นตัวเรือของ Monohull รายการหนึ่ง มาทำการพัฒนาขยายแบบเป็น Trimaran เปรียบเทียบคุณสมบัติพื้นฐานทางด้าน Resistance Stability และ Seakeeping และบูรณาการร่วมกับแนวความคิด Modularity เพื่อพิจารณาเตรียมการพื้นที่ในการจัดวาง Mission Modules ที่เหมาะสม สามารถตอบสนองภารกิจต่าง ๆ ตามที่กำหนดไว้ และเกิดประโยชน์สูงสุด

๓.๒ ขั้นตอนการออกแบบในระดับ Conceptual Design

๓.๒.๑ การออกแบบรูปทรงและลายเส้นตัวเรือ

คุณสมบัติที่ใช้เป็นปัจจัยหลักในการออกแบบ USVs เอนกประสงค์ลำนี้ คือ การตอบสนองภารกิจที่หลากหลาย ภายใต้แพลตฟอร์มหลักหนึ่งเดียว อุปกรณ์ที่ใช้ในการปฏิบัติการกิจแต่ละภารกิจจะถูกติดตั้งอยู่ใน Mission Modules ที่แตกต่างกันในฟังก์ชัน แต่มีมิติเดียวกันสำหรับติดตั้งลงใน

แพลตฟอร์มหลัก ดังนั้น ปัจจัยถัดมาที่ต้องคำนึงถึงในการออกแบบแพลตฟอร์มที่เหมาะสมคือ มิติหลักของแพลตฟอร์ม และความเร็วที่ใช้ในการปฏิบัติการ

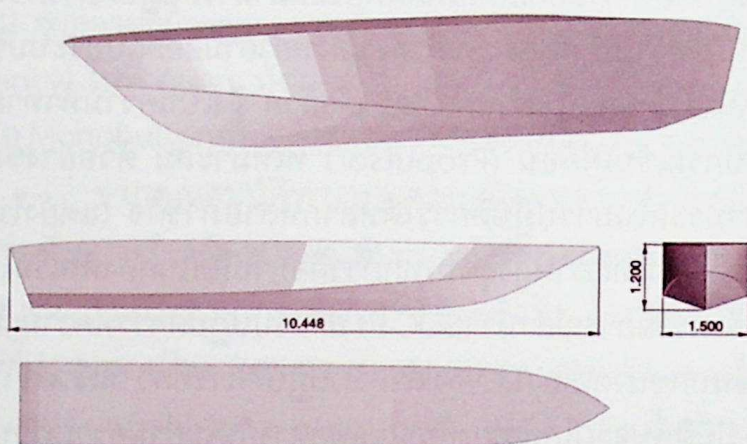
ในด้านปัจจัยมิติหลักของแพลตฟอร์ม เรือที่ใช้การในหลากหลายภารกิจจะมีต้นแบบมิติแนวคิดมาจากเรือประเภทเรือใช้งานทั่วไป (Work Boat) โดยจะมีมิติหลัก ๆ ใกล้เคียงกันที่ความยาวตลอดลำระหว่าง ๑๐ - ๑๕ เมตร อัตราส่วนความยาวต่อความกว้าง L/B ระหว่าง ๓ - ๕ ระบายขับเคลื่อนที่ ระหว่าง ๒ - ๗ ต้น

ในด้านปัจจัยความเร็วปฏิบัติการ โดยทั่วไปในระหว่างการออกแบบ เรือหนึ่งลำจะถูกออกแบบให้ปฏิบัติการกิจที่ย่านความเร็วหลักเพียงหนึ่งย่านความเร็วเท่านั้น ด้วยข้อจำกัดทางนาวสถาปัตยกรรมในการเลือกใช้ระบบขับเคลื่อนที่ตอบสนองภารกิจในหลากหลายย่านความเร็ว เป็นสิ่งที่ทำได้ยาก หากต้องการออกแบบแพลตฟอร์มที่สามารถปฏิบัติการกิจหลายย่านความเร็ว ให้ยืดความเร็วสูงสุดเป็นตัวตั้ง แล้วพยายามออกแบบระบบขับเคลื่อนให้มีประสิทธิภาพสูงสุดในย่านความเร็วต่ำด้วย จึงเป็นความท้าทายของการคัดเลือกอุปกรณ์ขับเคลื่อน (Propulsor) ที่เหมาะสม ตัวอย่างของเรือที่มีขีดความสามารถในการปฏิบัติการได้หลากหลายภารกิจ (แต่ยังไม่สามารถยืนยันได้ว่ามีประสิทธิภาพสูงสุดในทุกภารกิจ) ที่มีใช้ในกองทัพเรือในปัจจุบัน ได้แก่ เรือเร็วตรวจการณ์ลำน้ำ (SOC-R) สำหรับปฏิบัติการที่ความเร็วสูง และเรือยกพลขึ้นบกขนาดเล็ก (LCVP) สำหรับปฏิบัติการที่ความเร็วต่ำ เรือทั้งสองประเภทนี้ มีมิติพื้นฐานใกล้เคียงกัน แต่แตกต่างกันในย่านความเร็วปฏิบัติการ เมื่อผสมผสานคุณลักษณะหลักของเรือทั้งสองประเภท เพื่อออกแบบแพลตฟอร์มพื้นฐาน ทำให้สามารถกำหนดมิติเบื้องต้นได้ดังนี้

- ความยาวตลอดลำ
- ความกว้าง
- ความลึก
- กินน้ำลึก
- ระบายขับเคลื่อน
- ความเร็วสูงสุด

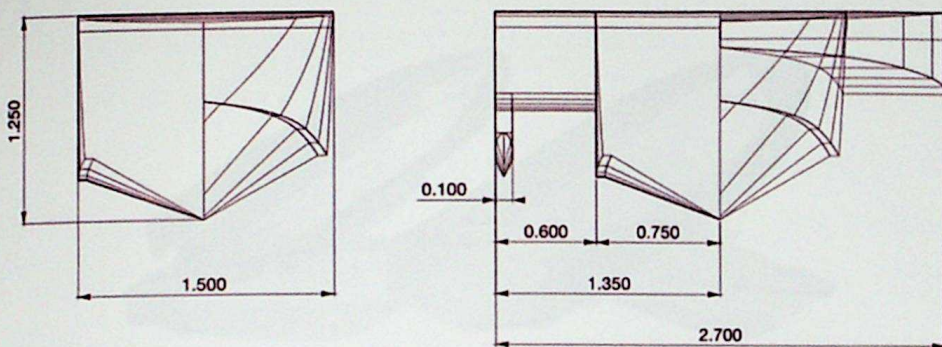
มิติต่าง ๆ ด้านบน จะถูกนำมาใช้สร้างเรขาคณิตและ
 ลายเส้นตัวเรือ (Hull Geometries and Lines Plan) สำหรับกันหอยออกแบบ
 วงแรกเมื่อพิจารณาสมมติฐานที่ตั้งไว้ว่าจะใช้เรือ SOC-R เป็นเรือเทียบเคียง
 เรือ Trimaran จะมีความยาวเท่ากับเรือเทียบเคียง มีความกว้างสูงสุดเท่ากัน
 แต่จะมีตัวเรือหลัก (Main Hull) ที่มีความกว้างน้อยกว่า เพื่อใช้ประโยชน์จาก
 คุณสมบัติความเพรียว (Slenderness) ในการลดแรงต้านทานการขับเคลื่อน
 ทำให้ได้ Main Hull ที่มีมิติหลักดังนี้ (ภาพที่ ๑)

- $L_{OA} = 10.448\text{m}$
- $B = 1.5\text{m}$
- $D = 1.25\text{m}$



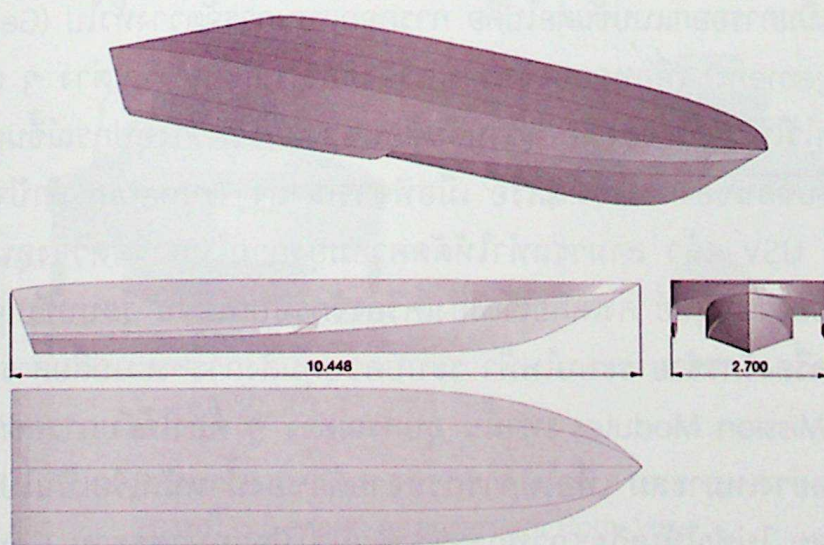
ภาพที่ ๑ ตัวเรือหลัก (Main Hull)

Main Hull ที่มีความกว้างน้อยกว่าเรือเทียบเคียงนี้
 จะมีคุณสมบัติช่วยลดกำลังที่จำเป็นต้องใช้ในการขับเคลื่อน จากคุณลักษณะ
 Slender Body และเพื่อให้มีคุณสมบัติในการจัดวาง Pay Load เทียบเท่ากับ
 เรือเทียบเคียง ส่วนต่อขยายเพื่อปรับสภาพตัวเรือให้เป็น Trimaran จะพิจารณา
 ต่อเติมให้ได้สัดส่วนที่เหมาะสม ตามภาพที่ ๒

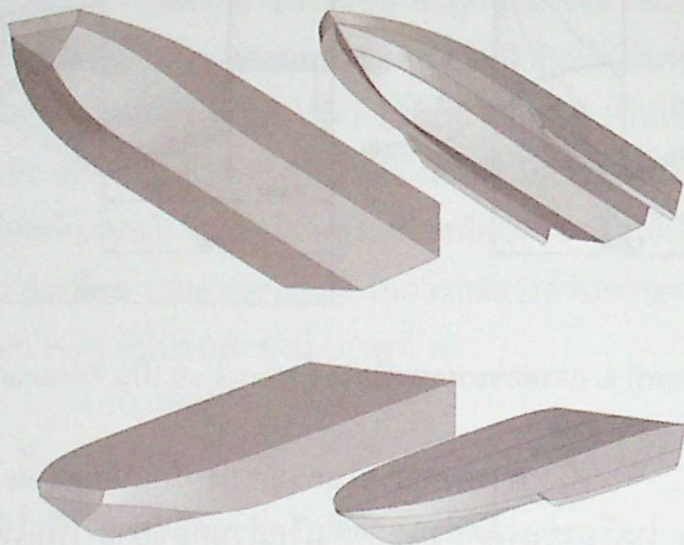


ภาพที่ ๒ การต่อขยายทรงเรือจาก Monohull เป็น Trimaran

การต่อขยายในกรณีของ Trimaran จะแตกต่างกับ Catamaran ในเรื่องของสัดส่วนของตัวเรือส่วนต่อขยาย เพื่อให้เป็นไปตามแนวคิดของเรือ Trimaran ที่ให้แรงลอยตัวส่วนใหญ่เกิดขึ้นที่ Main Hull ตัวเรือส่วนต่อขยายของ Trimaran จะมีความยาวประมาณครึ่งหนึ่งของความยาวตลอดลำ โดยอาจเริ่มต่อขยายจาก Transom หรือจุดอื่นที่เหมาะสมที่ไม่เกิน ๑๐% ของระยะจาก Transom เมื่อปรับสัดส่วนจนมีความเหมาะสมแล้ว จะได้รูปทรงเรือที่ต้องการ ตามภาพที่ ๓ และมีมิติหลักเป็นไปในแนวทางเดียวกับเรือเทียบเคียง (เรือเร็วตรวจการณ์ลำน้ำ: SOC – R) ตามภาพที่ ๔



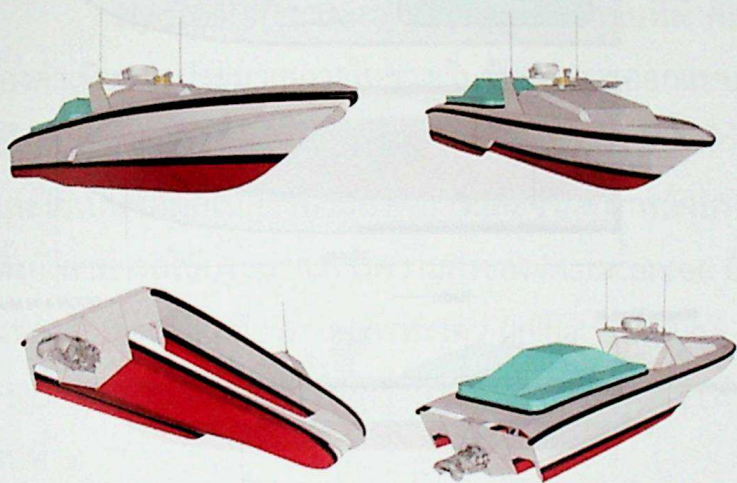
ภาพที่ ๓ ตัวเรือ Trimaran ตามคุณลักษณะที่ต้องการ



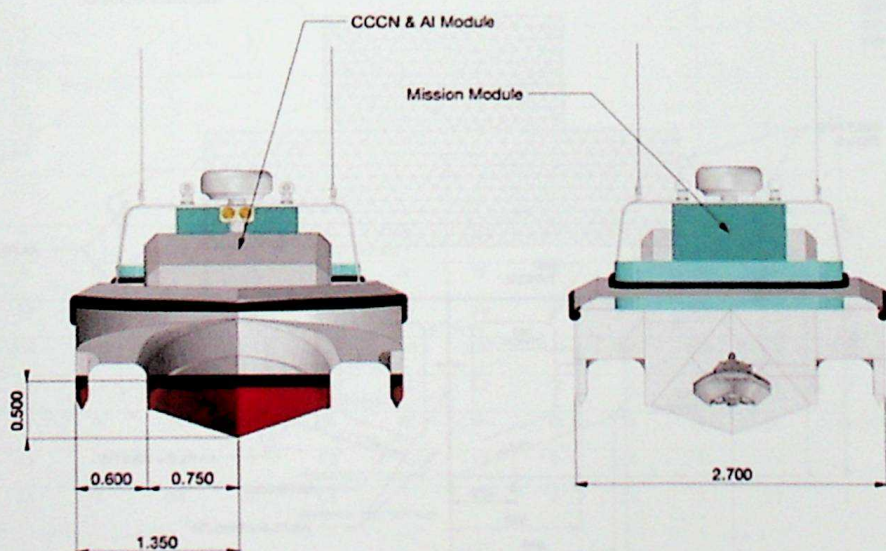
ภาพที่ ๔ Monohull (SOC-R) VS Trimaran

๓.๒.๒ การออกแบบการจัดวางทั่วไปของเรือ (General Arrangement: GA)

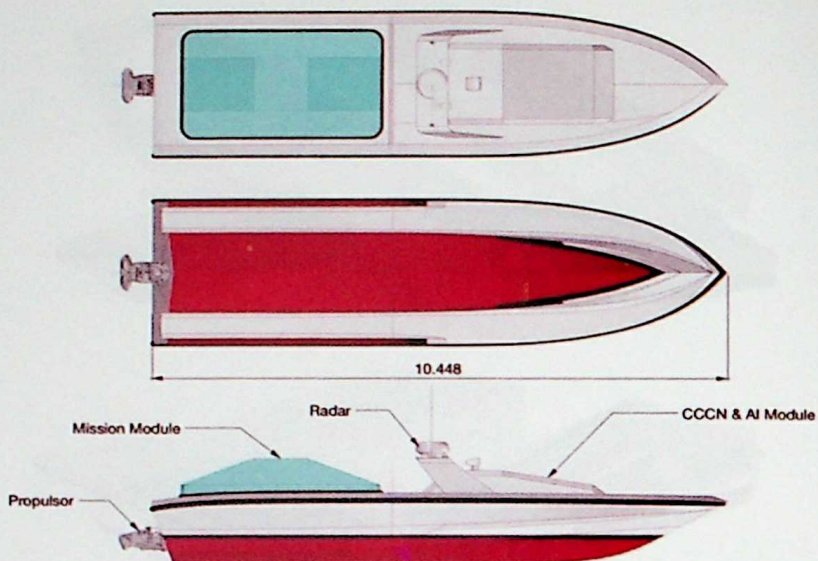
เมื่อสามารถกำหนดรูปทรงและลายเส้นของตัวเรือได้แล้ว การดำเนินการออกแบบขั้นต่อไปคือ การออกแบบการจัดวางทั่วไป (General Arrangement) เพื่อทดลองจัดวางเครื่องจักร และอุปกรณ์ต่าง ๆ ตามที่กำหนดไว้ในภารกิจของเรือ ความซับซ้อนของการจัดวางอุปกรณ์ขึ้นอยู่กับความซับซ้อนของการใช้งานเรือ เมื่อพิจารณาถึง Trimaran ลำปัจจุบัน ซึ่งเป็น USV แล้ว สามารถทำให้ตัดความยุ่งยากในการจัดวางอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับมนุษย์ คงเหลือไว้เพียงเครื่องจักรขับเคลื่อน ระบบขับเคลื่อน ระบบเครื่องจักรช่วย ระบบไฟฟ้า ระบบควบคุมสั่งการ ระบบสื่อสาร และระบบ Mission Modules เท่านั้น อุปกรณ์ต่าง ๆ ต้องได้รับการออกแบบจัดวางอย่างเหมาะสม เพื่อให้การกระจายตัวของน้ำหนักเรือเป็นไปอย่างเหมาะสม ไม่ทำให้เสถียรภาพการทรงตัวผิดไปจากมาตรฐาน General Arrangement ของ Trimaran ลำปัจจุบัน แสดงให้เห็นตามภาพที่ ๕ - ภาพที่ ๘



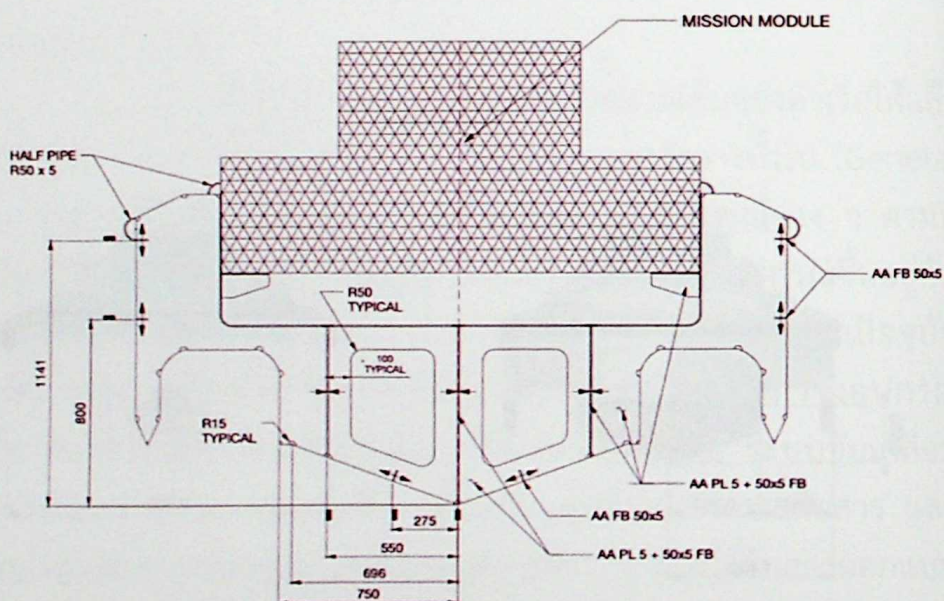
ภาพที่ ๕ General Arrangement 3D Perspective



ภาพที่ ๖ General Arrangement Body View



ภาพที่ ๗ General Arrangement Plan View and Profile View

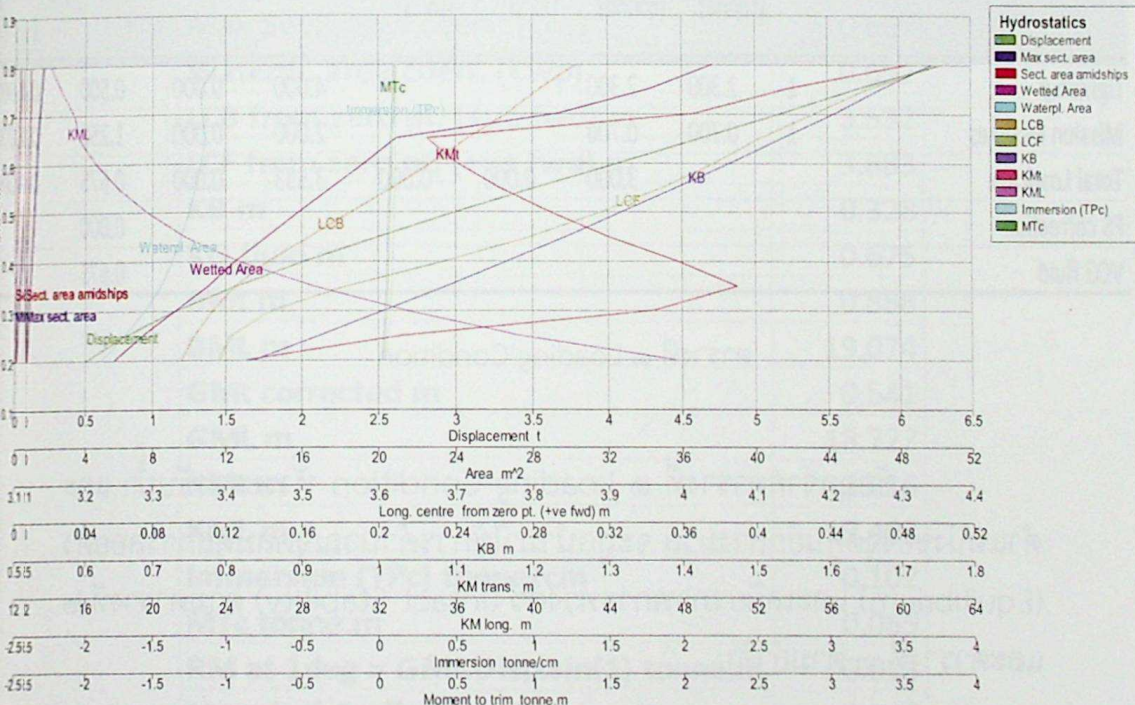


ภาพที่ ๘ Midship Section

๓.๒.๓ การศึกษาคุณสมบัติทาง Hydrostatics and Stability

เบื้องต้น

Hydrostatic Data เป็นข้อมูลเบื้องต้นที่สำคัญที่นาสถาปนิกต้องดำเนินการประมาณการในช่วงเริ่มต้นของการออกแบบ เพื่อนำข้อมูลมาใช้ในการประเมินน้ำหนักรวมของเรือตามระยะแนวน้ำที่กำหนดไว้เบื้องต้น และใช้เป็นข้อมูลในการประมาณการและจำกัดน้ำหนักบรรทุกของระวาง อีกทั้งยังสามารถใช้ประมาณการความสูงของ Metacenter: GMt เพื่อปรับปรุงทรงของตัวเรือให้มีเสถียรภาพการทรงตัว (Initial Stability) ที่เหมาะสม ข้อมูล Hydrostatic เบื้องต้นที่ $Trim = 0.00\ m$ ของ Trimaran ลำปัจจุบันแสดงตามรูปที่ ๙



ภาพที่ ๙ Upright Hydrostatic Data in Graphic Form

ในการออกแบบ Trimaran ลำปัจจุบัน ระยะกินน้ำลึกเบื้องต้น (Design Draught) ถูกกำหนดให้อยู่ที่ระดับ $T = 0.500\text{ m}$ ทำให้มีระวางขับน้ำรวม $\Delta \approx 3.000\text{ tonne}$ ต้องมีการประมาณการกระจายตัวของน้ำหนักอย่างเหมาะสม ข้อมูลที่ตกผลึกสำหรับการประมาณการกระจายตัวนี้ในระดับ Conceptual Design หรือวงรอบแรกของการออกแบบจะใช้ข้อมูลของเรือที่มีลักษณะและคุณสมบัติใกล้เคียงเป็นแนวทางการกระจายตัวของน้ำหนักเรือและจุดศูนย์กลางมวลของเรือ แสดงให้เห็นตามตารางที่ ๑

Item Name	Quantity	Unit Mass (tonne)	Total Mass (tonne)	Unit Volume (m ³)	Total Volume (m ³)	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)	Total FSM (tonne.m)
Lightship	1	2.300	2.300			4.000	0.000	0.500	0.00
Mission Modules	1	0.700	0.700			2.000	0.000	1.250	0.00
Total Loadcase			3.000	0.000	0.000	3.533	0.000	0.675	0.00
FS correction								0.000	
VCG fluid								0.675	

ตารางที่ ๑ Loading Condition

ข้อมูลจากตารางที่ ๑ Loading Condition ทั้งระวางขับน้ำ และตำแหน่งของจุดศูนย์กลางมวล จะถูกนำมาใช้ในการคำนวณจุดสมดุลการลอยตัว (Equilibrium) และเสถียรภาพการทรงตัว (Intact Stability) ตามตารางที่ ๒ และตารางที่ ๓ ตามลำดับ

Parameters/Conditions	Full Load
Draft Amidships m	0.500
Displacement t	3.000
Heel deg	-0.200
Draft at FP m	0.493
Draft at AP m	0.507
Draft at LCF m	0.501
Trim (+ve by stern) m	0.014
WL Length m	9.010
Beam max extents on WL m	2.700
Wetted Area m ²	15.867
Waterpl. Area m ²	9.980
Prismatic coeff. (Cp)	0.540
Block coeff. (Cb)	0.377
Max Sect. area coeff. (Cm)	0.697
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0.652
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	3.532
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	3.883
KB m	0.328
KG fluid m	0.675
BMt m	0.888
BML m	19.074
GMt corrected m	0.541
GML m	18.727
KMt m	1.216
KML m	19.402
Immersion (TPc) tonne/cm	0.102
MTc tonne.m	0.065
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	0.028
Max deck inclination deg	0.247
Trim angle (+ve by stern) deg	0.092

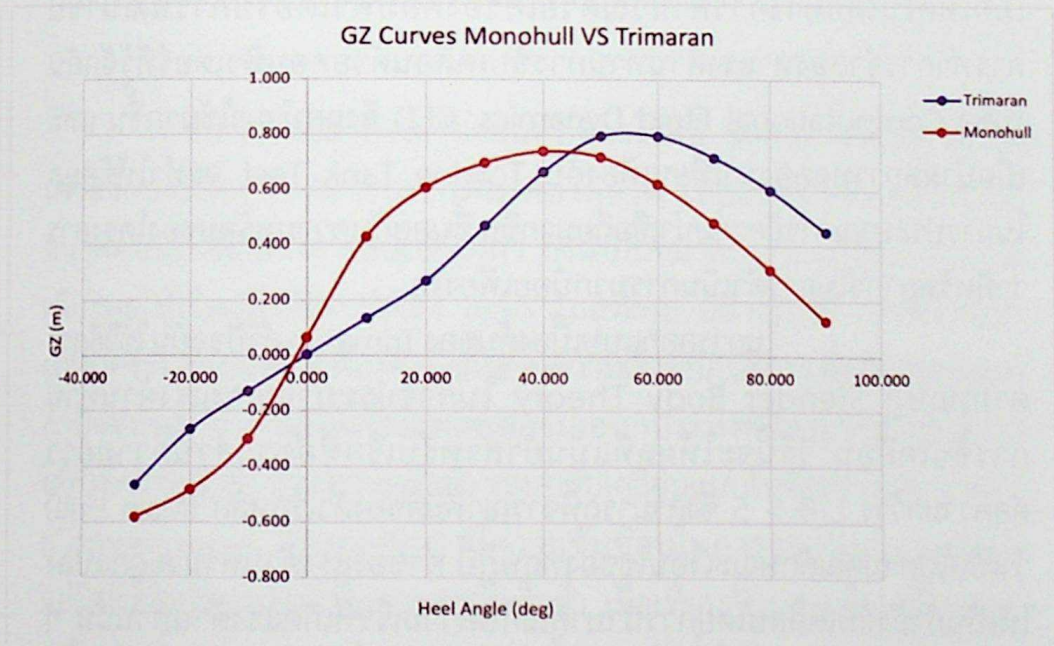
ตารางที่ ๒ Equilibrium

Heel to Starboard (deg)	-30.000	-20.000	-10.000	0.000	10.000	20.000	30.000	40.000	50.000	60.000	70.000	80.000	90.000
GZ (m)	-0.391	-0.240	-0.100	0.005	0.106	0.244	0.394	0.525	0.581	0.553	0.457	0.329	0.187
Area under GZ curve from zero heel (m.rad)	0.092	0.037	0.008	0.000	0.009	0.040	0.095	0.176	0.274	0.374	0.463	0.532	0.577
Displacement (tonne)	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
Draft at FP (m)	0.377	0.461	0.487	0.493	0.487	0.461	0.377	0.241	0.045	-0.301	-1.026	-3.116 n/a	
Draft at AP (m)	0.335	0.434	0.501	0.507	0.499	0.432	0.332	0.194	0.032	-0.176	-0.511	-1.463 n/a	
WL Length (m)	8.991	9.100	9.081	9.009	9.080	9.099	8.992	9.139	9.305	9.374	9.383	9.391	9.456
Beam max extents on WL (m)	1.978	2.078	2.701	2.700	2.700	2.075	1.976	1.836	1.619	1.369	1.187	1.108	1.070
Wetted Area (m ²)	20.940	19.784	17.018	15.886	17.390	20.506	21.682	22.518	23.358	23.425	24.060	24.360	24.381
Waterpl. Area (m ²)	11.908	11.742	10.449	9.995	10.412	11.734	11.905	11.204	9.487	6.781	5.013	4.167	3.735
Prismatic coeff. (Cp)	0.556	0.541	0.530	0.541	0.534	0.545	0.560	0.553	0.533	0.503	0.465	0.434	0.408
Block coeff. (Cb)	0.227	0.250	0.318	0.377	0.321	0.251	0.228	0.222	0.227	0.258	0.269	0.276	0.279
LCB from zero pt. (+ve fwd) (m)	3.535	3.534	3.533	3.533	3.533	3.535	3.535	3.536	3.534	3.528	3.517	3.504	3.492
LCF from zero pt. (+ve fwd) (m)	4.123	3.901	3.734	3.878	3.740	3.899	4.123	4.291	4.329	4.253	4.182	3.949	3.773
Max deck inclination (deg)	30.001	20.001	10.000	0.090	10.000	20.001	30.001	40.001	50.000	60.001	70.004	80.006	90.000
Trim angle (+ve by stern) (deg)	-0.277	-0.173	0.092	0.090	0.081	-0.188	-0.295	-0.314	-0.090	0.830	3.409	10.831 n/a	

ตารางที่ ๓ Intact Stability

ในสภาพ Equilibrium เรือ Trimaran ลำปัจจุบันมีค่า $trim = 0.014$ แสดงให้เห็นว่า เรือในจุดสมดุลการลอยตัวอยู่ในสภาพเกือบตั้งตรง (Even Keel) หัวเรืออยู่ในสภาพยกขึ้นเล็กน้อย เหมาะสมต่อการเคลื่อนที่และเปลี่ยนสภาพการลอยตัวจาก Displacement Mode สู่ Planing Mode เมื่อเคลื่อนที่ที่ความเร็วสูง

ในขณะเดียวกัน Intact Stability เป็นข้อมูลสำคัญในการออกแบบเบื้องต้นที่ใช้บ่งบอกคุณสมบัติการทรงตัวของเรือ คุณภาพของ Stability จะถูกชี้วัดโดยคุณลักษณะของแกนโมเมนต์ตั้งตรง (GZ) ซึ่งแปรผันตามมุมเอียงของเรือในระดับต่าง ๆ เมื่อถูกแรงภายนอก เช่น แรงลม แรงคลื่น แรงกระแสน้ำ และแรงสู่ศูนย์กลางเมื่อหันเลี้ยว เป็นต้น ค่า GZ นี้ จะถูกนำเสนอในรูปแบบของกราฟ GZ - Φ คุณภาพของ GZ จะถูกกำหนดมาตรฐานโดยองค์กรที่เกี่ยวข้องกับการเดินเรือและความปลอดภัยในการปฏิบัติงานทางเรือต่าง ๆ ซึ่งสำหรับเรือประเภท Trimaran นี้ จะมีจุดเด่นที่ชัดเจนในเรื่องของคุณภาพของ GZ ที่ดีกว่าเมื่อเทียบกับเรือเทียบเคียง ดังที่แสดงในภาพที่ ๑๐ กราฟ GZ ของเรือ Trimaran จะอยู่สูงกว่า และมีจุดสูงสุดที่มุมเอียงที่มากกว่า ทำให้มีเสถียรภาพการทรงตัวที่ดีกว่า



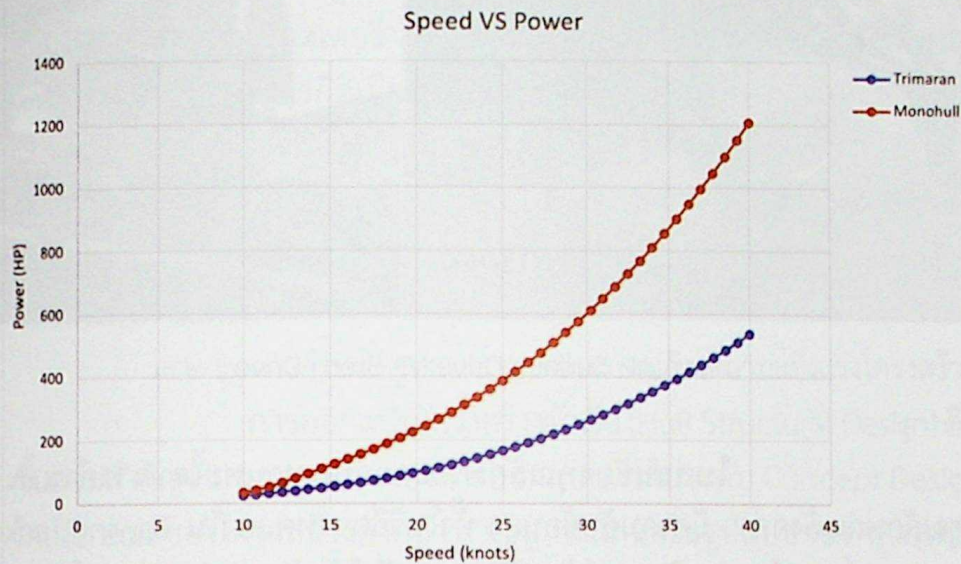
ภาพที่ ๑๐ GZ Curves

๓.๒.๔ การประมาณการแรงต้านทาน แรงขับเคลื่อน ประเภทของระบบขับเคลื่อน และคุณสมบัติความคงทนทะเล

เมื่อได้ตัวเรือที่มีคุณสมบัติเบื้องต้นทาง Hydrostatic และ Stability ที่เหมาะสมแล้ว นาวาสถาปนิกจะดำเนินการประมาณการกำลังที่ใช้ในการขับเคลื่อน ตามคุณลักษณะเบื้องต้นทางด้านความเร็วหลักที่จะใช้ในการปฏิบัติการกิจ กำลังที่ใช้ในการขับเคลื่อนจะถูกประมาณการบนหลักการของกำลังที่ใช้ในการผลักเรือให้มีความเร็วตามที่ต้องการ เพื่อเอาชนะแรงต้านทานที่เกิดขึ้นเมื่อเรือวิ่งที่ความเร็วนั้น ๆ อย่างไรก็ดี เรือเป็นยานพาหนะที่เคลื่อนที่ในของไหลสองโดเมน (น้ำและอากาศ) การประมาณการแรงต้านทานที่เกิดขึ้นตามทฤษฎีจึงมีความซับซ้อนเป็นอย่างมาก ในยุคเริ่มต้นของทฤษฎีทางนาวาสถาปัตยกรรม วิธีการประมาณการแรงต้านทานการขับเคลื่อนที่มีความแม่นยำและนิยมใช้มากที่สุดคือ การทำการทดลองเรือจำลองที่มีรูปทรงเดียวกันในคลองทดสอบ (Resistance Experiment in Towing Tank) นาวาสถาปนิกจะทำการวัดค่าแรงต้านทานที่เกิดขึ้นในเรือจำลอง และนำข้อมูลที่ได้นมาขยายผลให้เป็นแรงต้านทานการขับเคลื่อนในเรือจริง อย่างไรก็ดี การทำการทดลองประเภทนี้มีความยุ่งยากและสิ้นเปลืองทรัพยากรเป็นอย่างสูง เมื่อเทคโนโลยีทางการคำนวณด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์มีการพัฒนาขึ้น การทำการจำลองหาแรงต้านทานการขับเคลื่อนด้วยคอมพิวเตอร์ที่รู้จักกันในชื่อ Computational Fluid Dynamics: CFD จึงถูกนำมาใช้มากขึ้น และเมื่อนำผลการทดลองมาเทียบเคียงกับ Towing Tank Test จะทำให้ข้อมูลในการประมาณการมีความน่าเชื่อถือมากขึ้น ขึ้นอยู่กับความพร้อมของโครงการว่ามีทรัพยากรในการดำเนินการมากน้อยเพียงใด

ในการออกแบบเบื้องต้นของ Trimaran ลำปัจจุบันใช้วิธีการตามทฤษฎี Slender Body Theory ในการประมาณการแรงต้านทานการขับเคลื่อน วิธีนี้จะให้ผลที่แม่นยำสำหรับเรือที่อัตราส่วนความยาวต่อความกว้าง $L/B > 5$ ซึ่งสามารถพิจารณาที่มิติของตัวเรือหลัก (Main Hull) ว่าเป็นไปตามคุณลักษณะเงื่อนไขของทฤษฎีนี้ ค่าของแรงต้านทานจะถูกแปลงให้เป็นกำลังขับเคลื่อนโดยการนำมาคูณกับความเร็วที่เกิดแรงต้านทานนั้น ๆ ร่วมกับประสิทธิภาพ (Efficiency) ที่สูญเสียกำลังไปในแนวของระบบขับเคลื่อน

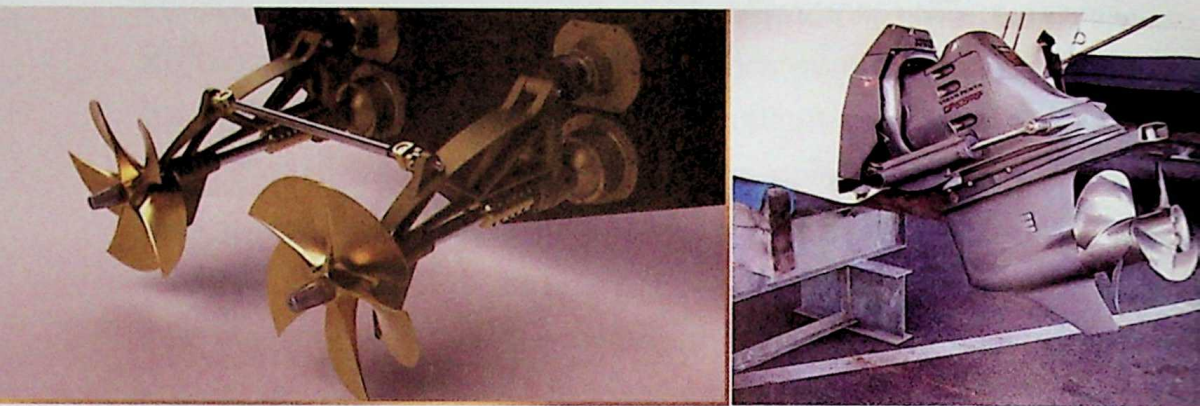
(เกียร์ และเพลลา) และนำมานำเสนอคู่กับช่วงความเร็วนั้น ๆ ตามรูปที่ ๑๑ ซึ่งจะเห็นได้ว่า Trimaran ที่มีมิติหลักเดียวกันกับเรือเร็วตรวจการณ์ลำน้ำ (SOC-R) จะใช้กำลังในการขับเคลื่อนน้อยกว่าที่ความเร็วเท่ากัน ซึ่งเป็นผลมาจากคุณสมบัติของความเพรียวที่มีมากกว่า



ภาพที่ ๑๑ Speed VS Power

ขนาดของกำลังเครื่องยนต์ที่ต้องใช้คือ 300HP เป็นขนาดของเครื่องยนต์ดีเซลที่สามารถหาได้ในท้องตลาด โดยในปัจจุบันเครื่องยนต์ขนาดดังกล่าวมีอัตราการสิ้นเปลืองต่ำ ถังน้ำมันขนาด ๑,๐๐๐ ลิตร สามารถเพียงพอให้เรือปฏิบัติการได้ถึง ๓๐๐ ไมล์ทะเล อย่างไรก็ตาม การพิจารณากำหนดระบบขับเคลื่อนต้องคำนึงถึงย่านความเร็วที่ปฏิบัติการ ซึ่งเรือ Trimaran ลำปัจจุบันถูกกำหนดให้เป็นแพลตฟอร์มเอนกประสงค์ที่สามารถปฏิบัติการได้ทั้งที่ความเร็วสูง และความเร็วต่ำ ระบบขับเคลื่อนแบบใบจักรทางเลื้อยธรรมดา (Conventional Propeller) มีความซับซ้อนในการออกแบบและติดตั้ง แต่มีประสิทธิภาพดีกว่าในย่านความเร็วต่ำ เมื่อเทียบกับระบบขับเคลื่อนแบบเครื่องพ่นน้ำ (Waterjet) ที่สามารถออกแบบและติดตั้งได้ง่ายกว่า ทางเลือกอื่น ๆ

ที่สามารถตอบสนองความต้องการในการปฏิบัติการนี้ได้คือ ระบบขับเคลื่อนแบบ Stern Drive และระบบขับเคลื่อนแบบ Surface Drive ซึ่งเป็นการผสมผสานใบจักรแบบธรรมดา กับ Module ของระบบที่สะดวกในการติดตั้ง



ภาพที่ ๑๒ Surface Drive VS Stern Drive

ในส่วนของคุณลักษณะความคงทนทะเล การคำนวณคุณลักษณะดังกล่าว มีความซับซ้อนสูง ทั้งในวิธีการทดลองใน Towing Tank และการจำลองในคอมพิวเตอร์ด้วยวิธี CFD ซึ่งใช้ทรัพยากรมหาศาลในการดำเนินการ จึงเป็นขั้นตอนที่จะถูกวางแผนดำเนินการในระดับวงรอบเล็ก ๆ ของการออกแบบ อย่างไรก็ตาม คุณสมบัติสามารถอนุมานเบื้องต้นได้จากคุณสมบัติเสถียรภาพการทรงตัว เรือที่มีเส้นโค้ง GZ Curve สูง ซึ่งเป็นผลมาจาก Water Plan ที่สูง จะส่งผลกระทบไปถึง Response Amplitude Operator: ROA ที่มีค่าสูงกว่าในทุกย่านความถี่ นับเป็นข้อจำกัดที่ต้องแลกมา กับเสถียรภาพการทรงตัว อย่างไรก็ตาม คุณสมบัตินี้ความคงทนทะเล จะถูกชี้วัดโดยสิ่งที่เกี่ยวข้องหลัก ๒ ประการคือ ๑) ความแข็งแรงของตัวเรือที่ทนทะเลในระดับนั้น ๆ ได้ และ ๒) ผู้ปฏิบัติงานสามารถทำงานบนเรือที่ทะเลระดับนั้น ๆ ได้ ตัวชี้วัดตัวหลังสามารถถูกตัดออกไปได้ในกรณีของเรือ USVs และในส่วนของความแข็งแรงโครงสร้าง สามารถออกแบบให้มีความเหมาะสมได้ตามมาตรฐานที่สมาคมจัดชั้นเรือได้ระบุไว้

๓.๒.๕ ระบบเครื่องจักรช่วย และระบบไฟฟ้ากำลัง

ในกรณีของเรือทั่วไปที่มีผู้ปฏิบัติงานบนเรือ ระบบเครื่องจักรช่วย และระบบไฟฟ้า จะมีความสำคัญทั้งต่อการทำงานของ

ตัวเรือเอง และการทำงานของผู้ปฏิบัติงาน อย่างไรก็ดี ในเรือเทียบเคียงที่มีมิติ และภารกิจใกล้เคียงกับ Trimaran USV ลำปัจจุบัน ระบบเครื่องจักรช่วย จะประกอบไปด้วยเพียงระบบเครื่องจักรช่วยเครื่องจักรใหญ่ เช่น ปั๊มน้ำมัน เชื้อเพลิง ปั๊มสูบน้ำดับความร้อนเครื่องจักรใหญ่ ซึ่งถูกติดตั้งอยู่ในหน่วย เดียวกันกับเครื่องจักรใหญ่แล้ว และระบบไฟฟ้า จะใช้พลังงานจากแหล่งหลัก เพียงอย่างเดียวคือ แบตเตอรี่ ส่งผลให้เรือขนาดนี้ไม่มีความซับซ้อนในทั้งสอง ระบบนี้นักออกแบบ อย่างไรก็ดีเมื่อเรือ Trimaran ลำปัจจุบัน ถูกกำหนดให้เป็น เรือเอนกประสงค์ รองรับ Mission Modules กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในภารกิจต่าง ๆ จะต้องได้รับการประมาณการอย่างละเอียดอีกครั้งด้วยวิธีการ Electrical Load Analysis เพื่อสามารถพิจารณาแหล่งพลังงานที่เหมาะสมได้ ทั้งแบตเตอรี่ และเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

๓.๒.๖ การกำหนดรูปแบบ และประมาณการความแข็งแรงโครงสร้าง การออกแบบโครงสร้างตัวเรือ (Hull Structural Design) คือ ขั้นตอนสำคัญขั้นตอนสุดท้ายของการออกแบบเรือในระดับ Concept Design โดยลักษณะของโครงสร้างดังกล่าว จะถูกนำเสนอในรูปแบบของ Midship Section ตามรูปที่ ๘ ซึ่งเป็นแบบที่นำเสนอโครงสร้างหลักที่บริเวณกลางลำ ที่สามารถนำมาขยายผลในการออกแบบโครงสร้างส่วนอื่น ๆ ได้ตามความ เหมาะสมต่อการใช้งานในแต่ละบริเวณ

ในการออกแบบโครงสร้างตัวเรือ นาวาสถาปนิกจะทำการ กำหนดรูปแบบการจัดวางโครงสร้าง ประเภทของโครงสร้างที่จะนำมาใช้ ขนาดของโครงสร้าง และคำนวณความแข็งแรงให้เพียงพอที่จะรับแรงกระทำ จากภายนอกเมื่อนำไปปฏิบัติงาน การออกแบบโครงสร้างนี้ นาวาสถาปนิก จะกำหนดตามรูปแบบของเรือเทียบเคียง และปรับให้เหมาะสมกับรูปแบบปัจจุบัน ตามธรรมเนียมปฏิบัติ โครงสร้างเรือจะประกอบด้วย ๔ องค์ประกอบหลัก ได้แก่ ๑) เปลือกเรือ ๒) โครงสร้างตามยาว ๓) โครงสร้างตามขวาง และ ๔) พื้นเรือ โดยในการประกอบ จะทำการตั้งโครงสร้างทั้งสองแนวให้แล้วเสร็จ แล้วประกอบเปลือกเรือตามเข้าไป ในลักษณะของการตามเสริมความแข็งแรง โครงสร้างแยกเป็นชิ้น ๆ เข้ากับเปลือกในส่วนต่าง ๆ อย่างไรก็ดี ด้วยเทคโนโลยี ในการตัดและการเตรียมชิ้นงานในปัจจุบัน แนวทางการออกแบบโครงสร้าง

จึงมีการพัฒนาตามมาอย่างเหมาะสม โดยลักษณะการเดินโครงสร้างในเรือ Trimaran ลำปัจจุบันใช้วิธีการตัดแผ่น Plate ให้เข้ากับเปลือกเรือ เดินเต็มแผ่นตลอดแนว แล้วตัดให้สอดคล้องกับเปลือกเรือในจุดต่าง ๆ จากนั้น หากต้องการลดน้ำหนักของโครงสร้าง จะใช้วิธีการเจาะ Lightning Holes ที่แผ่นโครงสร้างตามความเหมาะสม

การคำนวณและตรวจสอบความแข็งแรงของโครงสร้างสามารถทำได้โดย ๒ วิธีหลัก คือ ๑) การคำนวณโดยตรง (Direct Calculation) ด้วยวิธี Finite Element Analysis ซึ่งเทคโนโลยีของคอมพิวเตอร์ในปัจจุบันสามารถทำให้ดำเนินการได้สะดวกมากขึ้น และ ๒) การกำหนดโครงสร้างแล้วตรวจสอบด้วยกฎข้อบังคับของสมาคมจัดชั้นเรือ (Classification Societies)

๓.๒.๗ การนำไปประยุกต์ใช้ร่วมกับระบบ Modularity และ AI

เพื่อให้การออกแบบ Trimaran USV เป็นไปอย่างครบถ้วนตามวัตถุประสงค์ที่ตอบสนองภารกิจต่าง ๆ ของกองทัพเรือ เมื่อสามารถกำหนดคุณสมบัติของแพลตฟอร์มที่เหมาะสมได้แล้ว การกำหนดคุณลักษณะของ Mission Modules และระบบควบคุมสั่งการให้ได้อย่างเหมาะสม ภารกิจสำคัญที่อาจถูกกำหนดให้เป็นภารกิจพื้นฐานของ Trimaran USV ลำนี้ เช่น การลาดตระเวนถ่ายภาพนิ่งและภาพเคลื่อนไหวของสถานการณ์ปัจจุบันที่บริเวณเส้นเขตแดนทางทะเล ที่อาจมีการลักลอบจากเรือต่างสัญชาติ หรือการลักลอบเข้าไปในประเทศเพื่อนบ้านของเรือสัญชาติไทย เพื่อตอบสนองภารกิจการรักษาผลประโยชน์ของชาติทางทะเลของ ศรชล. การปฏิบัติภารกิจประเภทนี้ เรือจะปฏิบัติการที่ย่านความเร็วต่ำ ซึ่งแพลตฟอร์มสามารถปฏิบัติการได้อย่างมีประสิทธิภาพตามคุณลักษณะของระบบขับเคลื่อนที่ได้กำหนดไว้ Mission Module ต้องได้รับการออกแบบให้สามารถดำเนินการได้อย่างต่อเนื่อง บริเวณพื้นที่ติดตั้ง Mission Modules ต้องได้รับการออกแบบให้เหมาะสมสอดคล้องกับตัว Unit ของ Mission Modules สามารถยก Module ตัวหนึ่งออก และติดตั้ง Modules อีกหนึ่งภารกิจที่อาจถูกกำหนดให้เป็นภารกิจหลักคือ การใช้ USV เป็นฐานขยายสัญญาณการสื่อสารของเรือดำน้ำ เพื่อตอบสนองการขยายขีดความสามารถของเรือดำน้ำที่กองทัพเรือจะได้รับมอบเร็ว ๆ นี้ สำหรับภารกิจอื่น ๆ เช่น การล่าทำลายทุ่นระเบิด การจู่โจม ได้ด้วยคุณลักษณะแบบ Plug

and Play รวมถึงระบบควบคุมสั่งการ ที่ต้องสามารถกำหนดให้เรือปฏิบัติการกิจด้วยตัวเองได้อย่างคล่อง และสามารถคืนการบังคับบัญชาให้กับผู้ควบคุมที่สถานีควบคุม เมื่อเกิดสถานการณ์จำเป็น โดยการออกแบบ Mission Modules และระบบควบคุมสั่งการ จะมีรายละเอียดมากขึ้นในขั้นตอนต่อไปของการออกแบบ

บทสรุป

เมื่อพิจารณาขั้นตอนการออกแบบแพลตฟอร์มของ Multihull Vessel ประเภท Trimaran ตามหัวข้อ Conceptual Design แล้ว สรุปได้ว่า แพลตฟอร์มในรูปแบบ Trimaran ปัจจุบัน มีความเหมาะสมที่จะติดตั้งระบบควบคุมสั่งการ ระบบสื่อสาร และระบบปัญญาประดิษฐ์บูรณาการเข้ากับระบบ Modularity เพื่อกำหนดให้เป็น Trimaran Unmanned Surface Vessel with Capability of Mission Modules ซึ่งเป็นการรวมเอาข้อดีของคุณสมบัติทางนาวาสถาปัตยกรรมของเรือประเภท Trimaran มาใช้เป็นแพลตฟอร์มสำหรับการติดตั้ง Mission Modules ที่บรรจุระบบ และอุปกรณ์ที่จำเป็นสำหรับการปฏิบัติการกิจที่หลากหลาย ตั้งแต่การลาดตระเวนหาข่าวด้วย Real Time Videos การล่าทำลายหุ่นระเบิด การเป็นแพลตฟอร์มส่วนขยายของการสื่อสารของเรือดำน้ำ ที่ย่านความเร็วต่ำไปจนถึงภารกิจโจมตี ช่วยเหลือตัวประกัน ที่ย่านความเร็วสูง จึงสามารถกล่าวได้ว่า แพลตฟอร์มนี้มีความเหมาะสมที่จะนำมาเป็นจุดเริ่มต้นในการพัฒนาการออกแบบ Modularity USVs ที่สมบูรณ์ โดยการบูรณาการร่วมกับเทคโนโลยี Modularity และ AI ที่จะเข้ามาเป็นหัวข้อลำดับต่อไปในการพัฒนา USVs ลำปัจจุบันนี้ให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

- ๑ Y. Liu, H. Pu, J. Luo, S. Xie, Y. Peng, Y. Yang, X. Li, Z. Su, S. Gao, W. Shao, C. Zhu, J. Ke, J. Cui และ D. Qu, "Development of and Unmanned Surface Vehicle for the Emergency Response Mission of the 'Sanchi' Oil Tanker Collision and Explosion Accident," *Applied Sciences*, 2020.
- ๒ J. E. Manlry, "Unmanned Surface Vehicles, 15 Years of Development," *IEEE*, 2008.
- ๓ J. Heo, J. Kim และ Y. Kwon, "Analysis of Design Directions for Unmanned Surface Vehicles," *Journal of Computer and Communications*, pp. 92-100, 2017.
- ๔ J. F. Schank, S. Savitz, K. Munson, B. Perkinson, J. McGee and J. M. Sollinger, *Designing Adaptable Ships*, Santa Monica, California: RAND Corporation, 2016.
- ๕ D. Manley, "The NATO Drive to Mission Modularity," ใน *Warship 2018: Procurement of Future Surface Vessel*, London, UK, 2018.
- ๖ R. B. Luhulima, D. Setyawan และ I. K. A. P. Utama, "Selecting Monohull, Catamaran and Trimaran as Suitable Passenger Vessels Based on tability and Seakeeping Criteria," ใน *The 14th International Ship Stabiltiy Workshop (ISSW)*, Kuala Lumpur, 2014.
- ๗ H. Sun, J. Zou, Z. Sun และ S. Lu, "Numerical Investigations on the Resistance and Longitudinal Motion Stability of aHigh-Speed Planing Trimaran," *Marine Science and Engineering*, 2020.

