

## การจำลองการพายเรือกรรเชียงประเภทสองคนพายคู่ด้วยมุมที่เหมือนและแตกต่างกัน

### Simulation of Double Sculling between Symmetry and Asymmetry Oars Angle

พรเทพ ราชนาวิ<sup>1</sup>

Pornthep Rachnavy<sup>1</sup>

#### บทคัดย่อ

เทคนิคการพายเรือกรรเชียงประเภท 2 คนพายคู่โดยนักพายเรือสามารถออกแรงพายได้อย่างมีประสิทธิภาพเหมือนทั้งสองคนเป็นเรื่องยากที่จะควบคุมได้เนื่องจากรูปแบบการพายของนักพายเรือแต่ละคนแตกต่างกัน ประสิทธิภาพการพายเรือกรรเชียงต้องอาศัยความสามารถทั้งทางด้านร่างกายและเทคนิคการพายของนักกีฬาแต่ละคน รูปแบบของแรงพายที่ถูกส่งไปยังใบพายขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย และปัจจัยที่สำคัญอันหนึ่งคือมุมของการพาย วัตถุประสงค์ของการศึกษาในครั้งนี้คือการจำลองแบบการพายเรือกรรเชียงด้วยคอมพิวเตอร์เพื่อศึกษาความเร็วของเรือขณะพายด้วยมุมการพายที่สมมาตรและมุมการพายที่ไม่สมมาตรกัน การจำลองแบบด้วยคอมพิวเตอร์เป็นเครื่องมือที่ทำให้สามารถเข้าใจกลไกการพายเรือกรรเชียงได้เป็นอย่างดี โดยในการศึกษาครั้งนี้ได้พัฒนารูปแบบทางกายภาพของการพายเรือขึ้นมาเพื่อใช้ในการจำลองมุมการพาย แบบจำลองสามารถทำนายความเร็วของเรือ อัตราการพายและประสิทธิภาพการพาย ความเร็วของเรือถูกคำนวณขณะที่พายด้วยมุมการพายที่สมมาตรและไม่สมมาตร ผลที่ได้จากแบบจำลองการพายเรือถูกนำไปเปรียบเทียบความถูกต้องกับข้อมูลที่ได้จากการพายเรือจริงในน้ำ ผลการศึกษาพบว่าความเร็วสูงสุดของการพายเรือกรรเชียงไม่ได้เกิดขึ้นเฉพาะขณะพายด้วยมุมการพายที่สมมาตรแต่ยังเกิดขึ้นในขณะที่พายด้วยมุมการพายที่ไม่สมมาตรด้วยเช่นกัน

#### ABSTRACT

Double sculling technique that produces efficient force is difficult to master due to difference sculling style of each rower. Efficient sculling requires both physical and technical abilities of the human. The pattern of force production on the oars depends on several factors. One factor is oars angle of the sculling. The aim of this study was to use a computer simulation model of rowing to investigate the boat velocity between sculling with symmetry and asymmetry oars angle. Computer simulation is a powerful tool to gain understanding the mechanics of sculling. A physically-rowing model is presented to simulate the oars angle of rowing boat. The model can predict boat velocity, stroke rate, and sculling efficiency. The velocity of the boat was calculated during sculling with symmetry and asymmetry angles. The rowing model was validated by comparing results of the simulation with data from on-water measurements. As a result of study, it was found that maximum velocity of the rowing boat occur not only on symmetry angle but also in asymmetry angle.

<sup>1</sup> สาขาวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

<sup>1</sup> School of Sports Science, Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima, Thailand

Key Words : simulation, rowing, symmetry asymmetry angle

E-mail : rachnavy@sut.ac.th

## คำนำ

การพายเรือกรรเชียงประเภทสองคนพายคู่ เป็นกีฬาที่ต้องอาศัยความพร้อมเพรียงและการทำงานในลักษณะเป็นทีม การพายเรือประเภทสองคนพายคู่ไม่ได้อยู่ที่เทคนิคการพายเพียงอย่างเดียวเท่านั้นแต่ยังขึ้นอยู่กับความพร้อมเพรียงของนักกีฬาทั้งสองคนในขณะออกแรงพายแต่ละครั้งตลอดระยะทาง 2000 เมตร (Alexander, 1925), (Abbott, 1995). ความท้าทายของการศึกษาในครั้งนี้คือขนาดรูปร่างและความแข็งแรงของนักพายเรือแต่ละคนแตกต่างกัน กฎเกณฑ์สำคัญที่จะประสพผลสำเร็จในการแข่งขันคือการทำให้ระบบการพายเรือ (นักพายเรือและเรือ) พายด้วยความเร็วสูงสุดเท่าที่สามารถจะทำได้ตลอดช่วงการแข่งขันตั้งแต่จุดเริ่มต้นจนถึงเส้นชัย ความสามารถในการที่จะรักษาระดับความเร็วในการพายให้ได้ตลอดช่วงการแข่งขันส่วนหนึ่งจะสัมพันธ์กับปัจจัยทางด้านชีวกลศาสตร์ ซึ่งปัจจัยทางชีวกลศาสตร์อันหนึ่งที่มีความสำคัญกับการพายเรือคือมุมในการลงและการขึ้นของใบพาย ผู้ฝึกสอนเรือพายโดยทั่วไปเชื่อว่ามุมในการลงและการขึ้นของใบพายต้องลงและขึ้นด้วยความพร้อมเพรียงด้วยจังหวะเวลาเดียวกัน อย่างไรก็ตามยังไม่มีข้อมูลทางด้านชีวกลศาสตร์ยืนยันมุมการพายของนักพายเรือในทีมต้องเหมือนกัน ดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ต้องการศึกษาถึงอิทธิพลของมุมการพายที่สมมาตรและไม่สมมาตรขณะพายว่ามีผลต่อประสิทธิภาพของการพายอย่างไร

## อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษานี้ได้เลือกศึกษามุมการพายที่สมมาตรและไม่สมมาตรของการพายเรือประเภทสองคนพายคู่ ระบบการเคลื่อนที่ของเรือ (รูปที่ 1) ประกอบด้วย เรือ พาย และนักพายเรือ ถูกใช้ในการจำลองการเคลื่อนที่ของระบบการพายเรือถูกพัฒนาขึ้นจากสมการการเคลื่อนที่ (Baudouin, 2002) ตัวแปรที่ใช้ในการป้อนเข้าเพื่อใช้ในการจำลองแบบด้วยคอมพิวเตอร์ประกอบด้วย มุมการพาย (รูปที่ 2) สัมประสิทธิ์แรงต้านทานของเรื่อน้ำหนักตัวนักพายเรือ มุมเริ่มต้นการพาย น้ำหนักเรือ แรงสูงสุดในการพาย เวลาในการเคลื่อนตัวของนักพายเรือ และรูปแบบการออกแรงพาย (รูปที่ 3) แบบจำลองการพายเรือถูกพัฒนาขึ้นจากโปรแกรม MATLAB เพื่อใช้ทำนายความเร็วเรือ (Hoerner, 1965), (Wellicome, 1967), (Pope, 1973), (Millward, 1987), (Nolte, 1991), (Philip, 1991), (Tuck, and Lazauskas, 1996), (Kleshnev, 1999), การจำลองแบบเริ่มจากช่วงใบพายลงน้ำและพายต่อเนื่องไปจนกระทั่งความเร็วเรือเข้าสู่สภาวะคงที่ ผลลัพธ์ของการจำลองแบบคือความเร็วของเรือ อัตราการพาย และเวลาในระยะทาง 2000 เมตร

การเคลื่อนที่ของเรือถูกกำหนดด้วยกฎข้อที่ 2 ของนิวตัน ประกอบด้วย มวล ความเร่ง แรงขับเคลื่อนและแรงต้านทานเรือ

$$(m_B + m_R)\ddot{Z} = F_P + F_R \quad (1)$$

เมื่อ  $m_B$  คือมวลเรือ  $m_R$  คือมวลนักพายเรือ  $\ddot{Z}$  คือความเร่งของจุดศูนย์กลางมวลของระบบ  $F_P$  คือ แรงบนใบพายซึ่งใช้ขับเคลื่อนเรือ  $F_R$  คือ แรงต้านทานของน้ำที่กระทำต่อเรือ

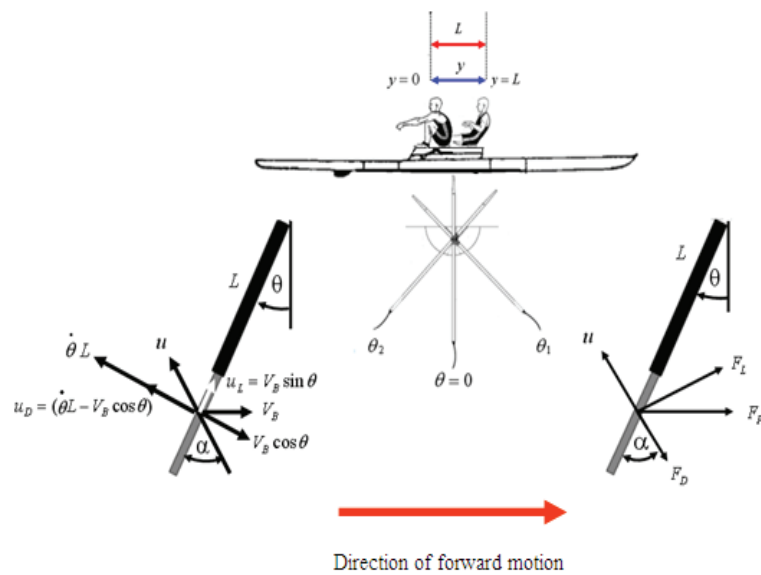
แรงบนใบพาย (ซึ่งเป็นแรงที่ใช้ในการขับเคลื่อน) สามารถคำนวณหาได้จากแรงยก (Lift) และแรงดูด (Drag) ซึ่งเป็นฟังก์ชันของความเร็วสัมพัทธ์และมุมปะทะของน้ำที่กระทำกับใบพาย ดังรูปที่ 1 ดังนี้

$$F_p = \sqrt{F_D^2 + F_L^2} \quad (2)$$

$$F_D = 0.5C_D A \rho u^2 \quad (3)$$

$$F_L = 0.5C_L A \rho u^2 \quad (4)$$

เมื่อ  $F_D$  คือแรงดูดบนใบพาย  $F_L$  คือแรงยกบนใบพาย  $u$  คือความเร็วของใบพาย  $A$  คือพื้นที่ของใบพาย  $\rho$  คือความหนาแน่นของน้ำ  $C_D$  คือสัมประสิทธิ์ของแรงดูด  $C_L$  คือสัมประสิทธิ์ของแรงยก



รูปที่ 1 ภาพกายภาพของระบบการพายเรือกรรเชียง ประกอบด้วยเรือ นักพายเรือและใบพาย

เมื่อ  $V_B$  คือความเร็วสัมบูรณ์ของเรือ  $\theta$  คือมุมการพาย  $\dot{\theta}$  คือความเร็วเชิงมุมของพาย  $L$  คือความยาวด้ามพาย  $u$  หาได้จาก

$$u = \sqrt{(u_D^2 + u_L^2)} \quad (5)$$

เมื่อ  $u_D$  คือความเร็วที่ตั้งฉากกับใบพาย หาได้จาก

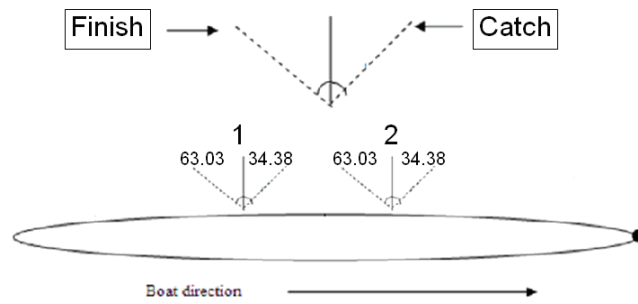
$$u_D = (\dot{\theta}L - V_B \cos \theta) \quad (6)$$

และ  $u_L$  คือความเร็วที่ขนานกับใบพายหาได้จาก

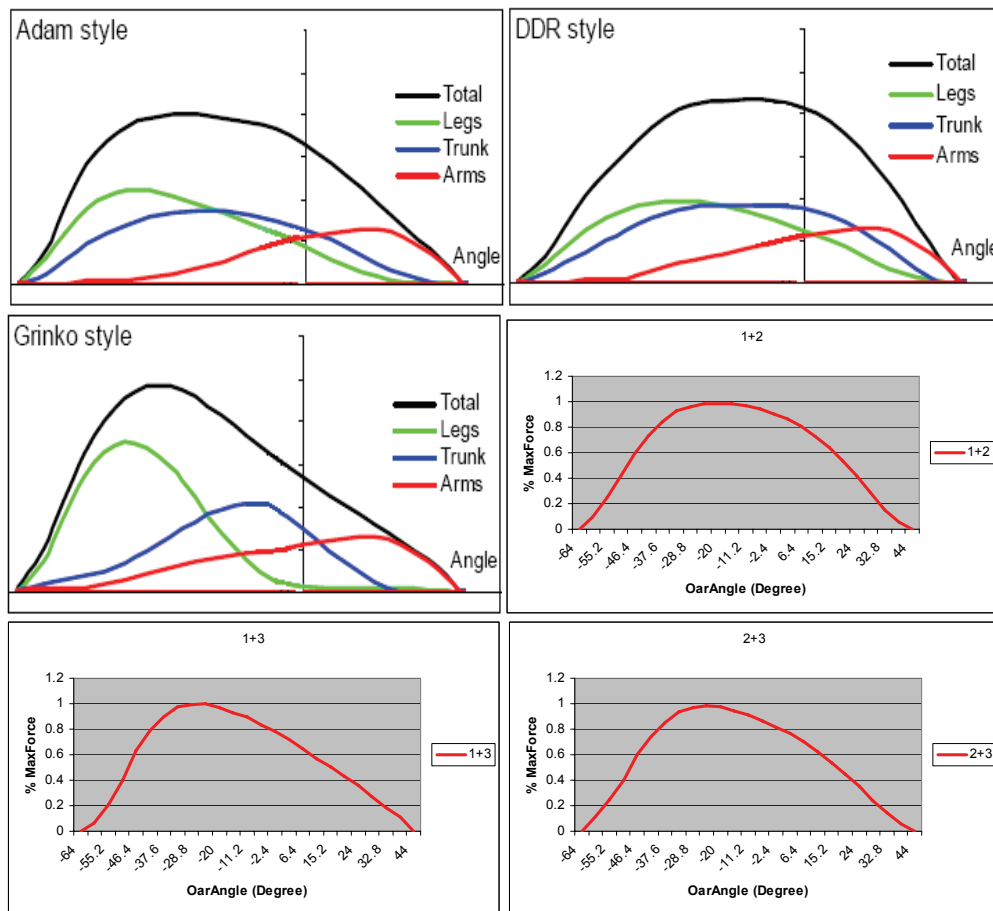
$$u_L = V_B \sin \theta \quad (7)$$

มุมปะทะของใบพายหาได้จาก

$$\alpha = \arctan \frac{u_D}{u_L} \quad (8)$$



รูปที่ 2 มุมการพายของนักกีฬาตำแหน่งที่ 1 และตำแหน่งที่ 2



รูปที่ 3 รูปแบบการออกแรงพายที่ใช้ในการศึกษา

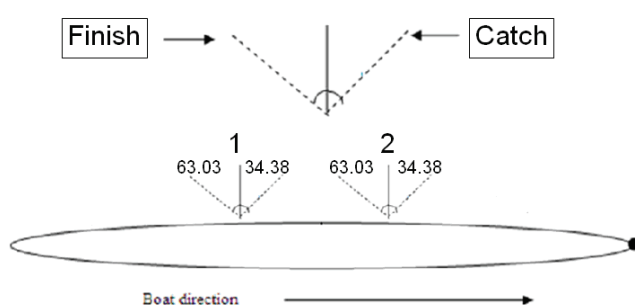
รูปแบบการพายหลักที่ใช้ในการศึกษาประกอบด้วย 3 รูปแบบคือ ADAM, DDR และ GRINKO ซึ่งการศึกษาค้างนี้กำหนดให้นักกีฬาแต่ละคนใช้รูปแบบการพายแตกต่างกันคือ 1&2 หมายถึงนักกีฬาตำแหน่ง 1 ใช้รูปแบบการพายของ ADAM นักกีฬาตำแหน่ง 2 ใช้รูปแบบการพายของ DDR รูปแบบการพาย 1&3 หมายถึงตำแหน่ง 1 ใช้รูปแบบการพายของ ADAM นักกีฬาตำแหน่ง 2 ใช้รูปแบบการพายของ GRINKO และรูปแบบการพาย 2&3 หมายถึง ตำแหน่ง 1 ใช้รูปแบบการพายของ DDR นักกีฬาตำแหน่ง 2 ใช้รูปแบบการพายของ GRINKO

### ผลการทดลองและวิจารณ์

ในกีฬาเรือกรรเชียงมีหลายปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพการพาย เช่น การปรับมุมการพายจะส่งผลต่อความเร็วของเรือ ในการศึกษาครั้งนี้ได้พัฒนาแบบจำลองของการพายเรือเพื่อใช้ในการทำนายความเร็วเรือ ผลจากการจำลองแบบด้วยการพายด้วยมุมที่สมมาตรและไม่สมมาตรของเรือกรรเชียงประเภทสองคนพายคู่พบว่า ความเร็วเรือมีความแตกต่างกันขณะพายด้วยมุมการพายที่แตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ (1,2,3)และรูปที่ (4,5,6,7)

มุมใบพายลงน้ำ/มุมใบพายพ่นน้ำ (องศา) ของนักกีฬาตำแหน่งที่ 1	รูปแบบการพายที่ 1 (34.38/63.03)	รูปแบบการพายที่ 1 (34.38/63.03)	รูปแบบการพายที่ 1 (34.38/63.03)	รูปแบบการพายที่ 1 (34.38/63.03)	รูปแบบการพายที่ 1 (34.38/63.03)
มุมใบพายลงน้ำ/มุมใบพายพ่นน้ำ (องศา) ของนักกีฬาตำแหน่งที่ 2	รูปแบบการพายที่ 2 (34.38/63.03)	รูปแบบการพายที่ 2 (39.38/58.03)	รูปแบบการพายที่ 2 (44.38/53.03)	รูปแบบการพายที่ 2 (29.38/68.03)	รูปแบบการพายที่ 2 (24.38/73.03)
เวลาการพาย 2000 เมตร	365.2	378.7	383.7	381.6	374.2

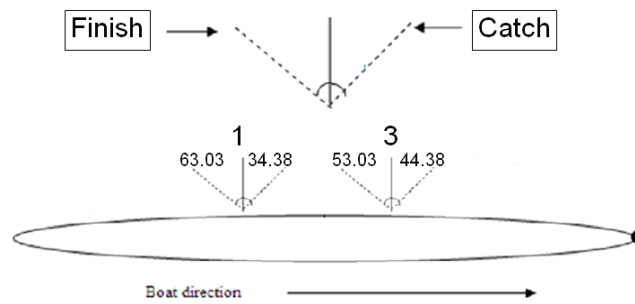
ตารางที่ 1 เวลาการพาย 2000 เมตร ของรูปแบบการพาย 1&2 ที่มุมการพายต่างๆ



รูปที่ 4 รูปแบบการพาย 1&2 นักกีฬาตำแหน่งที่ 1 พายด้วยมุมลงน้ำและพ่นน้ำ (34.38/63.03) องศา นักกีฬาตำแหน่งที่ 2 พายด้วยมุมลงน้ำและพ่นน้ำ (34.38/63.03) องศา

มุมใบพายลงน้ำ/มุมใบพายพ่นน้ำ (องศา) ของนักกีฬาตำแหน่งที่ 1	รูปแบบการพายที่ 1 (34.38/63.03)	รูปแบบการพายที่ 1 (34.38/63.03)	รูปแบบการพายที่ 1 (34.38/63.03)	รูปแบบการพายที่ 1 (34.38/63.03)	รูปแบบการพายที่ 1 (34.38/63.03)
มุมใบพายลงน้ำ/มุมใบพายพ่นน้ำ (องศา) ของนักกีฬาตำแหน่งที่ 2	รูปแบบการพายที่ 3 (34.38/63.03)	รูปแบบการพายที่ 3 (39.38/58.03)	รูปแบบการพายที่ 3 (44.38/53.03)	รูปแบบการพายที่ 3 (29.38/68.03)	รูปแบบการพายที่ 3 (24.38/73.03)
เวลาการพาย 2000 เมตร	382.3	382.8	391.2	384.3	386.6

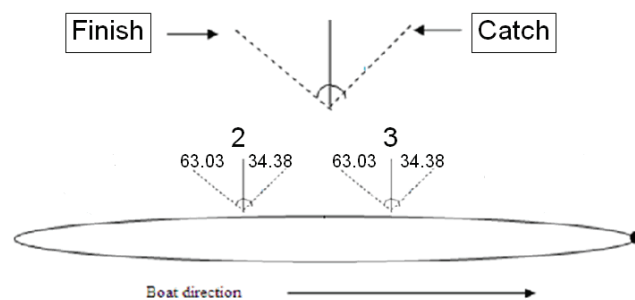
ตารางที่ 2 เวลาการพาย 2000 เมตร ของรูปแบบการพาย 1&3 ที่มุมการพายต่างๆ



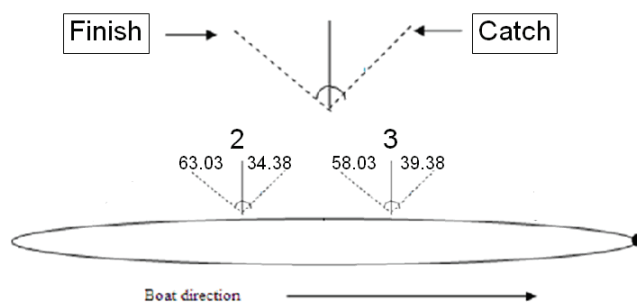
รูปที่ 5 รูปแบบการพาย 1&3 นักกีฬาตำแหน่งที่ 1 พายด้วยมุมลงน้ำและพิน้ำ (34.38/63.03) องศา นักกีฬาตำแหน่งที่ 2 พายด้วยมุมลงน้ำและพิน้ำ (44.38/53.03) องศา

Angle มุมใบพายลงน้ำ/มุมใบพายพิน้ำ (องศา) ของนักกีฬาตำแหน่งที่ 1	รูปแบบการพายที่ 2 (34.38/63.03)	รูปแบบการพายที่ 2 (34.38/63.03)	รูปแบบการพายที่ 2 (34.38/63.03)	รูปแบบการพายที่ 2 (34.38/63.03)	รูปแบบการพายที่ 2 (34.38/63.03)
Angle มุมใบพายลงน้ำ/มุมใบพายพิน้ำ (องศา) ของนักกีฬาตำแหน่งที่ 2	รูปแบบการพายที่ 3 (34.38/63.03)	รูปแบบการพายที่ 3 (39.38/58.03)	รูปแบบการพายที่ 3 (44.38/53.03)	รูปแบบการพายที่ 3 (29.38/68.03)	รูปแบบการพายที่ 3 (24.38/73.03)
เวลาการพาย 2000 เมตร	381.8	380.3	389.6	383.7	383.7

ตารางที่ 3 เวลาการพาย 2000 เมตร ของรูปแบบการพาย 2&3 ที่มีมุมการพายต่างๆ



รูปที่ 6 รูปแบบการพาย 2&3 (SYMMETRY) นักกีฬาตำแหน่งที่ 1 พายด้วยมุมลงน้ำและพิน้ำ (63.03/34.38) องศา นักกีฬาตำแหน่งที่ 2 พายด้วยมุมลงน้ำและพิน้ำ (63.03/34.38) องศา



รูปที่ 7 รูปแบบการพาย 2&3 (ASYMMETRY) นักกีฬาตำแหน่งที่ 1 พายด้วยมุมลงน้ำและพื้นน้ำ (34.38/63.03) องศา นักกีฬาตำแหน่งที่ 2 พายด้วยมุมลงน้ำและพื้นน้ำ (39.38/58.03) องศา

ผลจากการจำลองแบบแสดงให้เห็นว่าเวลาที่ใช้ในการพายน้อยที่สุดในระยะทาง 2000 เมตรเกิดขึ้นขณะพายด้วยรูปแบบการพาย 1&2 โดยนักกีฬาตำแหน่งที่ 1 พายด้วยมุมลงน้ำและพื้นน้ำ (34.38/63.03) องศา นักกีฬาตำแหน่งที่ 2 พายด้วยมุมลงน้ำและพื้นน้ำ (34.38/63.03) ซึ่งเป็นการพายในลักษณะสมมาตร (SYMMETRY) เวลาที่ใช้ในการพายมากที่สุดในระยะทาง 2000 เมตรเกิดขึ้นขณะพายด้วยรูปแบบการพาย 1&3 โดยนักกีฬาตำแหน่งที่ 1 พายด้วยมุมลงน้ำและพื้นน้ำ (34.38/63.03) องศา นักกีฬาตำแหน่งที่ 2 พายด้วยมุมลงน้ำและพื้นน้ำ (44.38/53.03) ซึ่งเป็นการพายในลักษณะไม่สมมาตร (ASYMMETRY) การพายด้วยรูปแบบการพาย 2&3 เวลาที่ใช้ในการพายน้อยที่สุดในระยะทาง 2000 เมตรจะเกิดขึ้นขณะที่นักกีฬาตำแหน่งที่ 1 พายด้วยมุมลงน้ำและพื้นน้ำ (34.38/63.03) องศา นักกีฬาตำแหน่งที่ 2 พายด้วยมุมลงน้ำและพื้นน้ำ (39.38/58.03) ซึ่งเป็นการพายในลักษณะไม่สมมาตร (ASYMMETRY) ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่ามุมการพายเป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างหนึ่งสำหรับการพายเรือกรรเชียง การเปลี่ยนแปลงมุมการพายจะส่งผลต่อความเร็วของเรือ

### สรุปผลการทดลอง

การจำลองแบบด้วยคอมพิวเตอร์เป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์ต่อการพัฒนาความสามารถในการพายเรือประเภททีม การจำลองแบบการพายเรือประเภทสองคนพายคู่ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อใช้ในการทำนายความเร็วสูงสุดของเรือ จากการศึกษาครั้งนี้สามารถสรุปได้ว่าความเร็วสูงสุดของเรือขึ้นอยู่กับมุมการพายที่สัมพันธ์กันอย่างเหมาะสมของนักกีฬาในทีม ความเร็วสูงสุดในการพายเรือไม่จำเป็นต้องพายด้วยมุมการพายที่สมมาตรเท่านั้นแต่ยังเกิดขึ้นกับมุมการพายที่ไม่สมมาตรด้วยเช่นเดียวกันทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมทั้งด้านสรีรวิทยาและด้านชีวกลศาสตร์ของนักกีฬาในทีม กล่าวคือในด้านสรีรวิทยา นักกีฬาแต่ละคนจะมีสัดส่วนของร่างกายไม่เหมือนกันบางคนแขนยาว บางคนขายาว บางคนลำตัวอวบน้ำ ดังนั้นในการปรับมุมการพายให้เท่ากันอาจทำให้นักกีฬาไม่สามารถออกแรงได้สูงสุด ในด้านชีวกลศาสตร์การปรับมุมการพายของนักกีฬาที่มีสัดส่วนสรีระแตกต่างกันให้มีมุมการพายเท่ากันต้องมีการปรับความยาวของใบพายโดยอาศัยหลักของคาน ซึ่งการปรับความยาวของใบพายนี้อาจส่งผลต่อความสามารถในการออกแรงของนักกีฬาทำให้นักกีฬาไม่สามารถออกแรงในการพายได้สูงสุด

### เอกสารอ้างอิง

- Abbott, A. V. and Wilson, D. G. (1995). **Human-powered vehicles**. Champaign. Human Kinematics.
- Alexander, F. H. (1925). The theory of rowing. **Proceedings of the University of Durham Philosophical Society**. (pp. 160–179).
- Baudouin, A., and Hawkins, D. (2002). A biomechanical review of factors affecting rowing performance. **British Journal of Sports Medicine**. 36 (6): 396–402.
- Hoerner, S. F. (1965). **Fluid-Dynamic Drag**. Midland Park, NJ: S. F. Hoerner
- Kleshnev, V. (1999). Propulsive efficiency of rowing. In **Proceedings of the XVII International Symposium on Biomechanics in Sports**. (pp. 224–228).
- Millward, A. (1987). A study of the forces exerted by an oarsman and the effect on boat speed **Journal of Sports Sciences** 5: 93–103.
- Nolte, Volker. (1991). Introduction to the Biomechanics of Rowing. **FISA Coach**, Winter, 2(1).
- Philip, A. W. (1991). **Improving the Rowing Process with a Computer Model and Optimal Control Theory**. Ph.D. Dissertation, University of Massachusetts Institute of Technology.
- Pope, D. L. (1973). On the dynamics of men and boats and oars. **Mechanics and Sport**, ASME. 113–130.
- Tuck, E.O., and Lazauskas, L., (1996). Low Drag Rowing Shells, **3rd Conf. on Mathematics and Computers in Sport** (pp. 17-34). Queensland, Australia: Bond University.
- Wellicome, J. F. (1967). **Some Hydrodynamic Aspects of Rowing**. New York: Barnes.