

รูปแบบการพายเรือยาวที่เหมาะสมที่สุด Optimization of Thai Long Boat Paddling Style

พรเทพ ราชनावี¹

Pornthep Rachnavy¹

บทคัดย่อ

การจำลองแบบปัญหาเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพในการนำมาใช้เป็นเครื่องมือช่วยสำหรับการทำการศึกษาและวิเคราะห์หาผลลัพธ์ทางด้านวิทยาศาสตร์การกีฬา เพื่อนำไปใช้ในการแก้ปัญหา โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับการศึกษาการพายเรือยาวซึ่งเป็นระบบที่มีความซับซ้อน การจำลองแบบปัญหาจึงเป็นวิธีการอย่างหนึ่งที่มีความสำคัญเพื่อช่วยในการวิเคราะห์ตัวแปรของการพายเรือให้เกิดประสิทธิผลสูงสุด ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการตัดสินใจของผู้ฝึกสอนในการฝึกซ้อมและแข่งขัน การศึกษาครั้งนี้ได้พัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการพายเรือยาวโดยอาศัยหลักการทางด้านชีวกลศาสตร์การกีฬา เพื่ออธิบายการเคลื่อนที่ของเรือ ซึ่งประกอบด้วยตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของเรือ เช่น ขนาดของใบพาย ความเร็วในการเคลื่อนที่ของใบพาย สัมประสิทธิ์แรงต้านทานเรือ แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นมาสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการศึกษาและพัฒนาความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการพายเรือยาว โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเรื่องของรูปแบบการพายที่ต้องการให้เกิดประสิทธิผลสูงสุด จากนั้นจะทำการจำลองปัญหาด้วยคอมพิวเตอร์ เพื่อหาผลเฉลยของสมการคณิตศาสตร์และทำการวิเคราะห์หารูปแบบการพายเรือยาวที่เหมาะสมที่สุด โดยใช้โปรแกรม MATLAB ผลการศึกษาพบว่ารูปแบบการพายที่เหมาะสมที่สุดสำหรับเรือยาวมีลักษณะที่ไม่สามารถออกแรงพายได้จริงโดยนักพายเรือแต่แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการพายเรือที่พัฒนาขึ้นมาสามารถใช้เป็นเครื่องมือในการคัดเลือกตัวนักกีฬารวมถึงการจัดตำแหน่งในการนั่งของนักกีฬาให้เหมาะสมที่สุดเพื่อให้เรือเคลื่อนที่ได้เร็วที่สุด

คำสำคัญ :รูปแบบการพาย เรือยาว เหมาะสมที่สุด

ABSTRACT

Mathematical modeling is the powerful analyses tool in sports science for study various dynamics system, especially for study the complicate system of Thai long boat. Therefore it is an important tool for optimization the effectiveness of Thai long boat and for decision of coach on training and competition. The model of Thai long boat was developed by using the principle of sports biomechanics for describes the dynamics system. Mathematical modeling consists of the variable for moving the boat such as paddle size, paddle velocity, and drag coefficient. The application of model is to better understand the knowledge concern effectiveness of paddling style. Using MATLAB programming, Computer simulation was developing to solve the equation of motion for optimal paddling

¹ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา สำนักวิชาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จ. นครราชสีมา 30000

School of Sports Science, Department of Science, Suranaree University of Technology 30000

style. Simulation result indicated that the optimal paddling style can not use by paddler. However, the mathematical modeling can use as paddler selection and seat position tool for optimal boat velocity.

Keywords : paddling style, Thai long boat, optimization

E-mail : rachnavy@sut.ac.th

คำนำ

การแข่งขันเรือยาวของไทยเริ่มมีขึ้นตั้งแต่สมัยกรุงศรีอยุธยาและมีการแข่งขันอย่างต่อเนื่องมาจนถึงปัจจุบัน โดยแต่ละท้องถิ่นจะมีรูปแบบการแข่งขันแตกต่างกันออกไป เช่นเดียวกับเทคนิคและรูปแบบการพายของแต่ละท้องถิ่นซึ่งมีความแตกต่างกันไปตามความเชื่อและการถ่ายทอดกันมาแต่โบราณ เมื่อพิจารณาจากหลักกลศาสตร์พบว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิผลของการพายเรือยาวประกอบด้วย รูปทรงของเรือ ขนาดและความยาวของใบพาย ความแข็งแรงของฝีพายและรูปแบบการพาย (การเคลื่อนตัวของใบพาย) ของแต่ละทีม ปัจจัยเหล่านี้เป็นตัวแปรสำคัญต่อความเร็วของเรือ

เทคนิคการพายเรือยาวนั้นมีความสำคัญไม่น้อยไปกว่าความแข็งแรงของนักพายเรือ ดังนั้นในการพัฒนาประสิทธิผลของการพายเรือยาวจึงควรให้ความสำคัญต่อการพัฒนาเทคนิคของการพาย รูปแบบการเคลื่อนตัวของใบพายในน้ำซึ่งเป็นเทคนิคอย่างหนึ่งของการพายเรือยาวมีบทบาทสำคัญต่อความเร็วของเรือเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากแรงกระทำบริเวณใบพายเป็นแรงที่ใช้ในการขับเคลื่อนเรือ การเคลื่อนตัวของใบพายในน้ำเกิดการส่งถ่ายแรงจากนักพายเรือมายังพาย โดยรูปแบบการออกแรงพายคือรูปแบบของแรงซึ่งเกิดขึ้นบนใบพายตลอดช่วงการพาย เป็นผลรวมของแรงจากกล้ามเนื้อที่ส่งไปยังใบพายทำให้เกิดแรงขับเคลื่อนเรือ นักกีฬาแต่ละคนจะมีรูปแบบการออกแรงพายที่มีลักษณะเฉพาะตัวขึ้นอยู่กับความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและจังหวะในการออกแรง

ในการพายเรือหากนักกีฬาสามารถออกแรงพายด้วยรูปแบบการพายที่ทำให้ใบพายเคลื่อนตัวอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดย่อมทำให้เรือเคลื่อนที่ได้เร็วที่สุด คำถามที่สำคัญคือจะทราบได้อย่างไรว่ารูปแบบการพายแบบใดที่ทำให้การพายเรือมีประสิทธิภาพสูงสุด ถ้าสามารถบอกได้ว่ารูปแบบการพายแบบใดที่ดีที่สุดจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาประสิทธิภาพการพายเป็นอย่างมาก ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งที่จะศึกษาถึงรูปแบบการพายที่ทำให้การเคลื่อนตัวของใบพายเหมาะสมที่สุดโดยอาศัยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นจากหลักการทางชีวกลศาสตร์การกีฬา และใช้กรรมวิธีเชิงตัวเลขรวมถึงการจำลองแบบด้วยคอมพิวเตอร์เป็นเครื่องมือช่วยในการคำนวณเพื่อค้นหารูปแบบการพายที่ดีที่สุดภายใต้เงื่อนไขงานที่ใช้ในการพายเท่านั้น

อุปกรณ์และวิธีการดำเนินการ

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการพายเรือยาวจากกฎข้อที่สองของนิวตัน ($F = ma$) เพื่อใช้ศึกษาระบบของการพายเรือที่มีความซับซ้อน ซึ่งประกอบด้วยแรงในการขับเคลื่อนเรือและแรงต้านทานเรือ สำหรับนักพายเรือพิจารณาให้เป็นมวลที่สามารถเคลื่อนที่ได้สองทิศทาง (m_R) โดยจะเคลื่อนที่กลับไปมาในระหว่างการพาย เรือกำหนดให้เป็นมวลที่เคลื่อนที่ในทิศทางเดียว (m_B) ขณะที่เรือเคลื่อนที่ไปข้างหน้าจะมีแรงจุดกระทำกับเรือเพื่อต้านทานการเคลื่อนที่ (F_R) ทำยุดพายเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการขับเคลื่อนเรือโดยแรงที่ใช้ในการขับเคลื่อนเรือ (F_p) คือแรงที่เกิดจากการออกแรงของนักพายเรือที่ส่งมายังด้ามพายและส่งต่อมายังบริเวณใบ

พาย ตัวแปรเหล่านี้จะทำให้เรือเกิดความเร็วและความเร่งซึ่งจะนำไปสู่การคำนวณหาเวลาและระยะทางการเคลื่อนที่ของเรือต่อไป

สมการในการเคลื่อนที่ของเรือสามารถเขียนได้ดังนี้

$$F_P + F_R = (m_B + m_R)a \quad (1)$$

เมื่อ

F_P คือ แรงบนใบพายที่ใช้ขับเคลื่อนเรือ

F_R คือ แรงต้านทานของน้ำที่กระทำต่อเรือ

m_B คือ มวลเรือ

m_R คือ มวลนักพายเรือ

a คือ ความเร่งของจุดศูนย์กลางมวลของระบบ

แรงบนใบพายของการพายเรือยาวซึ่งเคลื่อนที่ในแนวระนาบจะมีเพียงแรงจุด (Drag) เพียงอย่างเดียวที่กระทำต่อระบบ อย่างไรก็ตามเพื่อให้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สามารถรองรับงานวิจัยในอนาคตดังนั้นจึงกำหนดให้แรงบนใบพายสามารถคำนวณได้จากแรงยก (Lift) และแรงจุด (Drag) ซึ่งเป็นฟังก์ชันกับระยะทางการเคลื่อนที่ของนักพายเรือ โดยแรงขับเคลื่อนของระบบประกอบด้วย

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

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

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

เมื่อ

F_D คือ แรงจุดบนใบพาย

F_L คือ แรงยกบนใบพาย

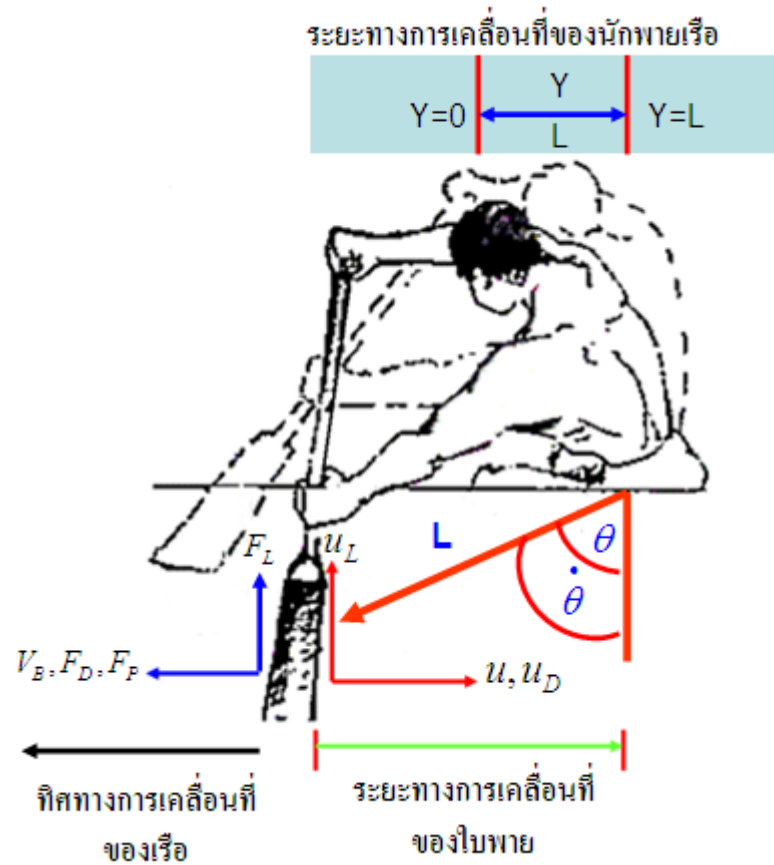
u คือ ความเร็วของใบพาย

A คือ พื้นที่ของใบพาย

ρ คือ ความหนาแน่นของน้ำ

C_D คือ สัมประสิทธิ์ของแรงจุด

C_L คือ สัมประสิทธิ์ของแรงยก



รูปที่ 1 ระบบของการพายเรือยาว

ความเร็วในการเคลื่อนที่ของใบพาย u หาได้จาก

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

เมื่อ u_D คือความเร็วที่ตั้งฉากกับใบพาย หาได้จาก

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

และ u_L คือความเร็วที่ขนานกับใบพายหาได้จาก

$$u_L = \dot{\theta}L \sin \theta \quad (7)$$

การเคลื่อนที่ของนักพายเรือพิจารณาจาก ความสัมพันธ์ระหว่างมุมการพายกับระยะทางการเคลื่อนที่ของนักพายเรือ โดยมุมการพาย θ วัดจากแนวตั้งฉากของลำตัวนักพายเรือถึงใบพาย โดยกำหนดให้มุมใบพายลงน้ำคือ θ_1 มีค่าน้อยกว่าศูนย์ มุมใบพายพ้นน้ำ คือ θ_2 มีค่าเท่ากับศูนย์ มุมการพายทั้งหมดคำนวณจาก $\theta_i = \theta_2 - \theta_1$ ระยะทางการเคลื่อนที่ของที่นั่งคือ y ค่า $y = 0$ เมื่อ $\theta = \theta_1$ และ $y = L$ เมื่อ $\theta = \theta_2$ นักพายเรือจะเคลื่อนที่ไปเป็นระยะทาง L

แรงดูด F_R ที่กระทำต่อเรือสามารถเขียนให้อยู่ในรูปของฟังก์ชัน โดยเป็นฟังก์ชันของความหนาแน่นของของไหล ρ พื้นที่หน้าตัด A และความเร็ว สามารถเขียนได้ดังนี้ $F_R = 0.5CA\rho u^2$ เมื่อ C ขึ้นอยู่กับ Reynolds Number และรูปทรงของวัตถุ และจากการทดสอบ สนับสนุนว่าสัมประสิทธิ์ของแรงดูดสัมพันธ์กับกำลังสองของความเร็วเรือ ดังนั้นแรงดูดของเรือสามารถเขียนได้เป็น

$$F_R = -CV_B^2 \quad (8)$$

งานในการเคลื่อนที่ของเรือหาได้จาก

$$P_B = CV_B^3 \quad (9)$$

$$W_B = \int_0^T P_B dt \quad (10)$$

เมื่อ

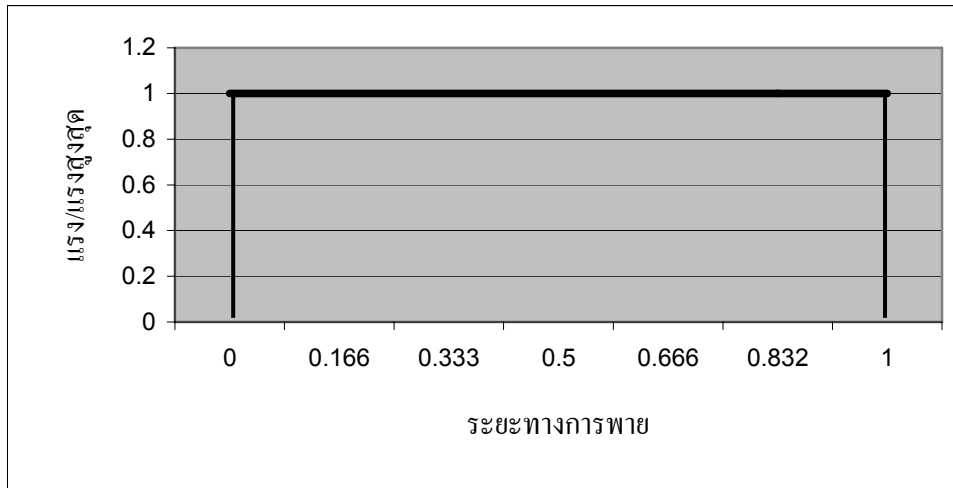
- T คือเวลาในการพาย
- P_B คือกำลังงานที่ใช้ในการขับเคลื่อนเรือ
- W_B คืองานที่ใช้ในการขับเคลื่อนเรือ

การคำนวณหาความเร็วของเรือกระทำโดยการอินทิเกรตสมการของการเคลื่อนที่ โดยใช้วิธี Runge-Kutta method ของโปรแกรม MATLAB จนกระทั่งความเร็วของเรือเข้าสู่สภาวะคงที่ จากนั้นนำข้อมูลความเร็วสุดท้ายที่ได้ไปใช้ในการคำนวณหา กำลังงานและงานที่ใช้ในระบบการพายเรือ การหารูปแบบการออกแรงพายที่ดีที่สุด (optimal point) ใช้วิธีค้นหาแบบต่างๆ (Search Methods) สำหรับเงื่อนไข (constraint) ของการพายเรือ นั้นใช้กำลังงานในการพายเป็นตัวกำหนด รูปแบบการออกแรงพายที่ใช้ในการศึกษาสร้างขึ้นจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์โดยกำหนดเงื่อนไขให้แต่ละรูปแบบมีพื้นที่ใต้กราฟเท่ากัน ทำให้ได้รูปแบบการออกแรงพายจำนวนทั้งหมด 7,250 รูปแบบ

รูปแบบการออกแรงพายกำหนดขึ้นจากการเขียนคำสั่งบนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ซึ่งกำหนดเงื่อนไขให้แต่ละรูปแบบมีพื้นที่ใต้กราฟเท่ากัน ซึ่งหมายถึงงานในการพายแต่ละครั้งมีค่าเท่ากัน ทำให้ได้รูปแบบการพายหลายรูปแบบ กล่าวคือ รูป 3, 4, 5, 6, และ 7 เหลี่ยมเป็นต้น ขั้นตอนการสร้างกราฟเหล่านี้เริ่มจากการกำหนดจุด 7 จุดบนแกนราบ โดยจุดที่ 1 และจุดที่ 7 อยู่ที่ -66 องศา และ 0 องศา เสมอ ส่วนอีก 5 จุดกระจายกันอยู่ในช่วงห่างเท่ากันระหว่างสองจุดนี้ จากนั้นแปรผันค่าแรงของ (ในแกนตั้ง) แต่ละจุด โดยเพิ่มค่าขึ้นลงครั้งละ 0.1 จนกว่าจะมีพื้นที่ใต้กราฟเท่ากับค่าที่กำหนด ในที่นี้กำหนดให้พื้นที่มีค่าเท่ากับ 3.5 หน่วย เนื่องจากความยาวฐานมีค่าเท่ากันเสมอ ดังนั้นถ้าความสูงรวมของแกนตั้งทั้ง 7 แกนมีค่าเท่ากันก็ถือว่ากราฟมีพื้นที่เท่ากัน โดยวิธีการปรับทีละ 0.1 แบบนี้จะทำให้ได้รูปแบบการออกแรงพายจำนวนทั้งหมด 7,250 รูปแบบ

ผลการทดลองและวิจารณ์

ผลของการศึกษาเพื่อหารูปแบบการพายที่ดีที่สุดจากรูปแบบการออกแรงพายจำนวนทั้งหมด 7,250 รูปแบบ พบว่ารูปแบบที่ดีที่สุดมีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 รูปแบบการพายเรือยาวที่ดีที่สุด

การพายในลักษณะเช่นนี้ นักพายเรือต้องออกแรงพายสูงสุดตั้งแต่เริ่มต้นออกแรงดึงพายและต้องรักษาแรงพายให้คงสภาพสูงสุดไว้ตลอดช่วงการพาย แต่ในการพายเรือจริงนั้น นักพายเรือคงไม่สามารถสร้างรูปแบบการออกแรงพายลักษณะเช่นนี้ได้เพราะจากหลักสรีรวิทยาของกล้ามเนื้อพบว่าเมื่อกกล้ามเนื้อหดตัวจะทำให้เกิดแรงที่มีลักษณะคล้ายระฆังคว่ำ ทำให้ไม่สามารถออกแรงพายแบบฉบับพลังที่มีลักษณะดังกล่าวได้ ดังนั้นรูปแบบการพายนี้จึงไม่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการพายเรือจริงได้ อย่างไรก็ตามการศึกษาครั้งนี้เป็นประโยชน์มากต่อการพายเรือยาวของไทย รวมถึงการพายเรือมังกร (Dragon Boat) และเรือแคนู (Canoe) ซึ่งเป็นเรือสากลที่มีการแข่งขันชิงแชมป์โลกและแข่งขันในกีฬาโอลิมปิก เพราะแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการพายเรือที่พัฒนาขึ้นจากการศึกษาครั้งนี้สามารถนำไปใช้ในการพัฒนาการพายเรือให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด เพราะการศึกษาในหลายๆ กรณีมีนักพายเรือเป็นจำนวนมากเช่น เรือยาว 55 ฝีพายหรือเรือมังกร 22 ฝีพาย จะไม่สามารถควบคุมตัวแปรได้ทั้งหมด เช่น รูปแบบการพายของนักกีฬาแต่ละคนที่ไม่เหมือนกันรวมถึงความแข็งแรงของนักกีฬาที่ไม่เท่ากัน ทำให้เรือไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ด้วยความเร็วที่เหมาะสมที่สุด ยิ่งไปกว่านั้นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการพายเรือยังสามารถใช้เป็นเครื่องมือช่วยให้นักฝึกสอนสามารถคัดเลือกตัวนักกีฬารวมถึงการจัดตำแหน่งในการนั่งของนักกีฬาให้เหมาะสมที่สุดเพื่อให้เรือเคลื่อนที่ได้เร็วที่สุด

สรุปผลและเสนอแนะ

รูปแบบการออกแรงพายเรือยาวที่ดีที่สุดมีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าซึ่งไม่สามารถใช้ในการพายได้จริง เนื่องจากข้อจำกัดทางด้านสรีรวิทยาของมนุษย์ซึ่งไม่สามารถออกแรงในลักษณะดังกล่าวได้แต่แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการพายเรือที่พัฒนาขึ้นมาสามารถใช้เป็นเครื่องมือในการคัดเลือกตัวนักกีฬารวมถึงการจัดตำแหน่งในการนั่งของนักกีฬาให้เหมาะสมที่สุดเพื่อให้เรือเคลื่อนที่ได้เร็วที่สุด

เอกสารอ้างอิง

- Lazauskas, L. (1997). **A performance prediction model for rowing races.** [On-line]. Available.
<http://www.cyberiad.net/rowing.htm>
- 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.
- Tuck, E.O., and Lazauskas, L., (1996). Low Drag Rowing Shells, **3rd Conf. on Mathematics and Computers in Sport** (pp. 17-34). Quensland, Australia: Bond University.
- van Holst, M. (2004). **On rowing.** [On-line]. Available: <http://home.hccnet.nl/m.holst/RoeiWeb.html> .
- Wellicome, J. F. (1967). **Some Hydrodynamic Aspects of Rowing.** New York: Barnes.