รหัสโครงการ SUT1-104-40-12-02

รายงานการวิจัย

กลยุทธ์การพายเรือเพื่อประสิทธิผลสูงสุด
(Rowing Strategy for Maximum Effectiveness)

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

รหัสโครงการ SUT1-104-40-12-02

รายงานการวิจัย

กลยุทธ์การพายเรือเพื่อประสิทธิผลสูงสุด
(Rowing Strategy for Maximum Effectiveness)

คณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ พรเทพ ราชนาวี

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา

สำนักวิชาวิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ พ.ศ. 2556

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

กันยายน 2556

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ประจาปีงบประมาณ พ.ศ. 2556 ซึ่งงานวิจัยสามารถสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีก็ด้วยความช่วยเหลือจากสมาคมเรือพายแห่งประเทศไทย ผู้ฝึกสอนและนักกีฬาเรือกรรเชียงทีมชาติไทย นักกีฬาเรือกรรเชียงจังหวัดนครราชสีมา นักกีฬาเรือกรรเชียงมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ผู้วิจัยขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ การวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ 2556

ผู้วิจัย

กันยายน 2564

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทคัดย่อ

กลยุทธ์การแข่งขันคือความสามารถในการจัดการการใช้พลังงานระหว่างการแข่งขันกีฬาที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการกีฬา การศึกษาการพายเรือพบว่านักพายเรือใช้กลยุทธ์ในการแข่งขันที่แตกต่างกัน การศึกษาก่อนหน้านี้แสดงให้เห็นว่ากลยุทธ์ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการพายเรือคือเริ่มพายด้วยความเร็วสูงสุดในช่วง 10-15 วินาที จากนั้นพายให้ช้าลงจนถึงความเร็วคงที่สูงสุดที่นักพายเรือสามารถทำได้โดยไม่เหนื่อยจนกว่าจะเข้าเส้นชัย การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากลยุทธ์การพายเรือโดยศึกษาอัตราการพายเรือ

การศึกษานี้เป็นการศึกษากึ่งทดลอง โดยศึกษาการพายเรือกรรเชียงประเภทหนึ่งคนพายเดี่ยว แบ่งการศึกษาออกเป็นสองช่วง ช่วงแรกเป็นช่วงเริ่มต้นออกตัวระยะเวลาประมาณ 10-15 วินาที (นักกีฬาใช้พลังงาน ATP (adenosine triphosphate)) ช่วงที่สองเป็นระยะทางที่เหลือ 1,800 เมตร (นักกีฬาใช้ระบบพลังงานแบบแอโรบิค) โดยการศึกษาครั้งนี้ทำการเก็บข้อมูลโดยใช้เครื่องพายเรือกรรเชียงในการเก็บข้อมูลการพายบนบก เก็บข้อมูลการพายเรือกรรเชียงในน้ำโดยใช้เครื่องมือวัดค่าตัวแปรการพาย (Digi trainer) และการศึกษาแบบจำลองการพายเรือกรรเชียงด้วยคอมพิวเตอร์ แบบจำลองคอมพิวเตอร์ได้รับการพัฒนาโดยใช้ซอฟต์แวร์ Matlab (MathWorks, USA) ซึ่งประกอบด้วยตัวแปรต่าง ๆ ที่ใช้สำหรับการเคลื่อนไหวของเรือ ตัวแปรนำเข้าสำหรับการจำลองคือรูปแบบการออกแรงพายและกำลัง ข้อมูลที่ได้จากการจำลองแบบคืออัตราการพาย ความเร็วของเรือและเวลาที่ใช้ในการพาย รูปแบบกลยุทธ์การพายที่เหมาะสมจะพิจารณาจากผลรวมของเวลาระยะทาง 2,000 เมตร

ผลการวิจัยพบว่าอัตราการพายและความเร็วเฉลี่ยระยะทาง 200 เมตร ในการพายเรือกรรเชียงด้วยเครื่องของนักกีฬาหญิงมีค่าเฉลี่ย 42 ครั้งต่อนาที ด้วยความเร็ว 4.54 เมตรต่อวินาที อัตราการพายและความเร็วเฉลี่ยระยะทาง 1800 เมตร มีค่าเฉลี่ย 30 ครั้งต่อนาที ด้วยความเร็ว 4.18 เมตรต่อวินาที อัตราการพายและความเร็วเฉลี่ยระยะทาง 200 เมตร ในการพายเรือกรรเชียงด้วยเครื่องของนักกีฬาชายมีค่าเฉลี่ย 44 ครั้งต่อนาที ด้วยความเร็ว 5.57 เมตรต่อวินาที อัตราการพายและความเร็วเฉลี่ยระยะทาง 1800 เมตร มีค่าเฉลี่ย 32 ครั้งต่อนาที ด้วยความเร็ว 4.96 เมตรต่อวินาที อัตราการพายและความเร็วเฉลี่ยระยะทาง 200 เมตร ในการพายเรือกรรเชียงในน้ำของนักกีฬาหญิงมีค่าเฉลี่ย 38 ครั้งต่อนาที ด้วยความเร็ว 4.47 เมตรต่อวินาที อัตราการพายและความเร็วเฉลี่ยระยะทาง 1800 เมตร มีค่าเฉลี่ย 30 ครั้งต่อนาที ด้วยความเร็ว 4.04 เมตรต่อวินาที อัตราการพายและความเร็วเฉลี่ยระยะทาง 200 เมตร ในการพายเรือกรรเชียงในน้ำของนักกีฬาชายมีค่าเฉลี่ย 44 ครั้งต่อนาที ด้วยความเร็ว 5.24 เมตรต่อวินาที อัตราการพายและความเร็วเฉลี่ยระยะทาง 1800 เมตร มีค่าเฉลี่ย 32 ครั้งต่อนาที ด้วยความเร็ว 4.88 เมตรต่อวินาที อัตราการพายและความเร็วเฉลี่ยระยะทาง 200 เมตร จากการจำลองแบบการพายด้วยคอมพิวเตอร์ของนักกีฬาหญิงมีค่าเฉลี่ย 38 ครั้งต่อนาที ด้วยความเร็ว

4.69 เมตรต่อวินาที อัตราการพายและความเร็วเฉลี่ยระยะทาง 1800 เมตร มีค่าเฉลี่ย 30 ครั้งต่อนาที ด้วยความเร็ว 4.34 เมตรต่อวินาที อัตราการพายและความเร็วเฉลี่ยระยะทาง 200 เมตร จากการจำลองแบบการพายด้วยคอมพิวเตอร์ของนักกีฬาชายมีค่าเฉลี่ย 44 ครั้งต่อนาที ด้วยความเร็ว 5.67 เมตรต่อวินาที อัตราการพายและความเร็วเฉลี่ยระยะทาง 1800 เมตร มีค่าเฉลี่ย 32 ครั้งต่อนาที ด้วยความเร็ว 4.93 เมตรต่อวินาที

การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่ามีรูปแบบกลยุทธ์การพายเรือที่เหมาะสมสำหรับการพายเรือกรรเชียง เวลาในการพายเรือผ่านเส้นชัยระยะทาง 2000 เมตรจะเปลี่ยนไปเมื่อนักกีฬาเปลี่ยนกลยุทธ์ในการพายเรือ นอกจากนี้การใช้แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์เพื่อกำหนดกลยุทธ์ในการพายจะช่วยให้ทั้งนักกีฬาและโค้ชสามารถกำหนดกลยุทธ์ที่เหมาะสมสำหรับการแข่งขันพายเรือกรรเชียง ผลการวิจัยนี้ชี้ให้เห็นว่าการเลือกใช้กลยุทธ์การแข่งที่เหมาะสมจะช่วยให้นักกีฬาแสดงความสามารถสูงสุดในการแข่งขัน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Abstract

Competitive strategy is the ability to manage energy consumption during a sporting event that affects athletic performance. A study on rowing found that rowers use a different strategy in competition. The previous study shows that the optimal strategy for rowing is to start at maximum speed in 10-15 seconds and then slow down to the highest constant speed that the rowers can do without exhausting until they cross the finish line. The objective of this study was to investigate the strategy of rowing based on the stroke rate of rowing.

This study was a quasi–experimental research. The study of single scull was studied by divided into two phases. The first phase is the initial 10-15 seconds (athletes used the ATP (Adenosine Triphosphate) energy system). The second phases are the remaining distance of 1800 meter. (The athlete used the aerobic system). The study was practiced by rowing ergometer, rowing on the water using data collected tool (Digi trainer) and computer simulation. Computer simulations were developed using Matlab software (MathWorks, USA), which consisted of several variables for the ship's motion. The input variables to the simulation are the force curve and power output of the athlete of each phase. Outputs of the model are boat velocity and time spent. The optimum rowing strategy pattern is determined by the summation of time for 2000 meters.

The results showed that the average stroke rate and velocity for rowing Ergometer rowing with a distance of 200 meters in female rowers were 42 strokes per minute and 4.54 meters per second. The average stroke rate and velocity for a distance of 1800 meters are 30 strokes per minute and 4.18 meters per second.

The average stroke rate and velocity for rowing Ergometer rowing with a distance of 200 meters in male rowers were 44 strokes per minute and 5.57 meters per second. The average stroke rate and velocity for a distance of 1800 meters are 32 strokes per minute and 4.96 meters per second.

The average stroke rate and velocity for on-water rowing with a distance of 200 meters in female rowers were 38 strokes per minute and 4.47 meters per second. The average stroke rate and velocity for a distance of 1800 meters are 30 strokes per minute and 4.04 meters per second.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

The average stroke rate and velocity for on-water rowing with a distance of 200 meters in male rowers were 44 strokes per minute and 5.24 meters per second. The average stroke rate and velocity for a distance of 1800 meters are 32 strokes per minute and 4.88 meters per second.

The average stroke rate and velocity for computer simulation with a distance of 200 meters in female rowers were 38 strokes per minute and 4.69 meters per second. The average stroke rate and velocity for a distance of 1800 meters are 30 strokes per minute and 4.34 meters per second.

The average stroke rate and velocity for computer simulation with a distance of 200 meters in male rowers were 44 strokes per minute and 5.64 meters per second. The average stroke rate and velocity for a distance of 1800 meters are 32 strokes per minute and 4.93 meters per second.

The study showed that the optimum rowing strategy pattern exists in rowing. The time to finish 2000 meters was changed when changing the strategy pattern. In addition, the ability to use the computer to examine the strategy during rowing will help both athlete and coach to conceptualize the components of the racing strategy for the rowing competition. The findings suggest that choosing the right pacing strategy can help athletes perform at their best in competition.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ง
สารบัญ	ฉ
สารบัญตาราง	ซ
สารบัญภาพ	ญ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 ความสำคัญของการวิจัย	2
1.4 ขอบเขตของการวิจัย	3
1.5 ข้อตกลงเบื้องต้น	3
1.6 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย	3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 คำนิยาม	4
2.2 กลยุทธ์การแข่งขัน	5
2.3 รูปแบบต่างๆ ของกลยุทธ์การแข่งขัน	6
2.4 สรรีวิทยาสำหรับกลยุทธ์การแข่งขัน	22
2.5 การเคลื่อนที่ของเรือกรรเชียง	24
2.6 ชีวกลศาสตร์ของการพายเรือ	25
2.7 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการพายเรือ	27
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	
3.1 การกำหนดประชากรและการสุ่มกลุ่มตัวอย่าง	29
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	29
3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล	30
3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล	40
บทที่ 4 ผลการวิจัย และอภิปรายผล	
4.1. กลยุทธ์ที่เหมาะสมที่สุดจากการพายด้วยอัตราการพายที่แตกต่างกัน	43
4.2 การจำลองแบบการพายเรือด้วยคอมพิวเตอร์	52

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4.3 การศึกษาตัวแปรซึ่งเป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับอัตราการพายเรือกรรเชียง................. 57
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ
5.1 สรุปผลการวิจัย 64
5.2 ข้อเสนอแนะ.. 65
บรรณานุกรม 66
ภาคผนวก 71
ประวัติผู้วิจัย 75

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 รูปแบบกลยุทธ์การแข่งขันที่นิยมใช้ในการแข่งขันกีฬา... 21

ตาราง 2 คุณลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างนักกีฬาหญิง... 42

ตาราง 3 คุณลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างนักกีฬาชาย.. 43

ตาราง 4 อัตราการพายและความเร็วเฉลี่ย ระยะทาง 200 เมตร ด้วยเครื่องพายเรือในนักกีฬาหญิง... 43

ตาราง 5 อัตราการพายและความเร็วเฉลี่ย ระยะทาง 1800 เมตร ด้วยเครื่องพายเรือในนักกีฬาหญิง... 45

ตาราง 6 อัตราการพายและความเร็วเฉลี่ย ระยะทาง 200 เมตร ด้วยการพายเรือกรรเชียงในน้ำของนักกีฬาหญิง.. 46

ตาราง 7 อัตราการพายและความเร็วเฉลี่ย ระยะทาง 1800 เมตรด้วยการพายเรือกรรเชียงในน้ำของนักกีฬาหญิง.. 48

ตาราง 8 อัตราการพายและความเร็วเฉลี่ย ระยะทาง 200 เมตร ด้วยเครื่องพายเรือของนักกีฬาชาย... 49

ตาราง 9 อัตราการพายและความเร็วเฉลี่ย ระยะทาง 1800 เมตร ด้วยเครื่องพายเรือในนักกีฬาชาย... 50

ตาราง 10 อัตราการพายและความเร็วเฉลี่ย ระยะทาง 200 เมตร ด้วยการพายเรือกรรเชียงในน้ำของนักกีฬาชาย.. 51

ตาราง 11 อัตราการพายและความเร็วเฉลี่ย ระยะทาง 1800 เมตร ด้วยการพายเรือกรรเชียงในน้ำของนักกีฬาชาย.. 52

ตาราง 12 อัตราการพายและความเร็วเฉลี่ยที่เหมาะสมที่สุดช่วง 200 เมตร ในนักกีฬาหญิงจากการจำลองด้วยคอมพิวเตอร์.. 53

ตาราง 13 อัตราการพายและความเร็วเฉลี่ย ที่เหมาะสมที่สุดช่วง 1800 เมตร ในนักกีฬาหญิงจากการจำลองด้วยคอมพิวเตอร์.. 54

ตาราง 14 อัตราการพายและความเร็วเฉลี่ย ที่เหมาะสมที่สุดช่วงออกตัว 200 เมตรในนักกีฬาชายจากการจำลองด้วยคอมพิวเตอร์.. 55

ตาราง 15 อัตราการพายและความเร็วเฉลี่ย ที่เหมาะสมที่สุดช่วง 1800 เมตร ในนักกีฬาชายจากการจำลองด้วยคอมพิวเตอร์.. 56

ตารางที่ 16 ผลการแปรผันขนาดของใบพาย 58

ตารางที่ 17 ผลการแปรผันมุมการพาย.. 59

ตารางที่ 18 ผลการแปรผันความยาวด้ามพาย.. 61
ตารางที่ 19 ผลการแปรผันเวลาการเคลื่อนตัวกลับ.. 63
ตารางที่ 20 ค่าสัมประสิทธิ์ของแรง ยกและแรงฉุดที่มุมปะทะต่างกัน.. 71

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 กลยุทธ์แบบออกแรงเต็มที่ 7
ภาพที่ 2 การใช้พลังงานและความเร็วระหว่างการแข่งขันจักรยาน 1000 เมตร 8
ภาพที่ 3 กลยุทธ์แบบเชิงบวกในการแข่งขันวิ่ง 400 เมตร 10
ภาพที่ 4 ตัวอย่างกลยุทธ์แบบกำหนดเวลา 14
ภาพที่ 5 ความเร็วและกำลังในการแข่งขันจักรยาน 3000 เมตร 15
ภาพที่ 6 เวลาในแต่ละช่วงของการแข่งขันวิ่ง 1500 เมตรชาย 17
ภาพที่ 7 กลยุทธ์แบบพาราโบลิกรูปแบบต่างๆ รูปตัว J รูปตัว J กลับด้านและรูปตัว U 18
ภาพที่ 8 พลังและความเร็วในระหว่างการแข่งขันที่ใช้กลยุทธ์แบบเปลี่ยนแปลงจังหวะ 20
ภาพที่ 9 ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการพายเรือ 34
ภาพที่ 10 ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับแรงกระทำบนใบพาย 34
ภาพที่ 11 มวลที่เคลื่อนที่และมวลที่ไม่เคลื่อนที่........ 36
ภาพที่ 12 การเคลื่อนที่ของนักพายเรือเป็นฟังก์ชั่นของมุมพาย........ 37
ภาพที่ 13 การแปรผันขนาดของใบพาย........ 57
ภาพที่ 14 การแปรผันมุมการพาย........ 58
ภาพที่ 15 การแปรผันความยาวด้ามพาย........ 60
ภาพที่ 16 การแปรผันเวลาการเคลื่อนตัวกลับ........ 62
ภาพที่ 17 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม........ 72
ภาพที่ 18 การคำนวณความเร็วเรือ........ 73
ภาพที่ 19 การคำนวณกำลังงานและพลังงานของระบบ........ 74

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย

กลยุทธ์การแข่งขัน คือการบริหารจัดการอัตราการใช้พลังงานในระหว่างการแข่งขันกีฬา ซึ่งจะส่งผลต่อการแสดงความสามารถในการแข่งขันของนักกีฬา ในการศึกษาวิจัยที่เกี่ยวกับการพายเรือกรรเชียงพบว่ามีการศึกษาถึงกลยุทธ์การพายเรือหลายรูปแบบที่นักกีฬาใช้ในระหว่างการแข่งขัน และจากการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับกลยุทธ์ที่ใช้ในการแข่งขันกีฬาชนิดต่าง ๆ พบว่า ในการแข่งขันกีฬาที่ใช้ระยะทางการแข่งขันสั้นๆ โดยใช้เวลาการแข่งขันน้อยกว่า 30 วินาที นักกีฬาจะใช้ประโยชน์จากแรงระเบิดที่สร้างขึ้นจากกล้ามเนื้อ ในขณะที่การแข่งขันที่ใช้ระยะเวลานานขึ้น โดยใช้เวลาในการแข่งขันมากกว่า 2 นาทีพบว่าผลการแข่งขันจะดีขึ้นถ้านักกีฬาใช้กลยุทธ์การกระจายจังหวะความเร็วให้มากขึ้น สำหรับความรู้เกี่ยวกับกลยุทธ์ที่เหมาะสมในการแข่งขันกีฬาระยะกลาง (ใช้เวลาในการแข่งขันประมาณ 1.30 นาทีถึง 2 นาที) และการแข่งขันระยะไกล (ใช้เวลาในการแข่งขันมากกว่า 4 ชั่วโมง) มีข้อมูลการศึกษาจำนวนน้อย อย่างไรก็ตามจากการสังเกตพบว่าในการแข่งขันทั้งสองระยะนี้นักกีฬาที่ได้รับการฝึกมาเป็นอย่างดีมีแนวโน้มที่จะใช้กลยุทธ์การแข่งขันแบบ เร่งความเร็วในช่วงแรกของการแข่งขันและภายหลังจากที่นักกีฬาเร่งความเร็วถึงระดับสูงสุดแล้ว ความเร็วที่ใช้ในการแข่งขันก็จะลดลงอย่างช้า ๆ จากการศึกษาถึงกลไกที่มีอิทธิพลต่อการควบคุมกลยุทธ์การแข่งขันพบว่ายังไม่มีความชัดเจนว่ากลไกใดที่ถูกนำมาใช้ในการควบคุม อย่างไรก็ตามมีคำแนะนำว่าการเลือกกลยุทธ์ในระดับความหนักที่ตนเองถนัดจะถูกควบคุมด้วยสมองกับระบบประสาทรับความรู้สึก โดยใช้ข้อมูลป้อนกลับจากการรับรู้ข้อมูลของระบบต่าง ๆ ของร่างกายเพื่อทำนายภาระงานที่เหลืออยู่สำหรับการแข่งขัน ยิ่งไปกว่านั้นยังพบอีกว่าข้อจำกัดเกี่ยวกับความสามารถด้านการใช้พลังงานแบบแอโรบิค ที่จะนำไปใช้ประโยชน์สำหรับการแข่งขันจะมีอิทธิพลต่อการทำนายกลยุทธ์ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการแข่งขัน

การแข่งขันกีฬาแต่ละชนิด เช่น ว่ายน้ำ วิ่ง ปั่นจักรยาน พายเรือ สกี และ สเก็ต ถูกพิจารณาว่าเป็นการแข่งขันแบบกำหนดระยะทางการแข่งขันชัดเจน (St Clair Gibson A, 2001) คือการที่นักกีฬาพยายามถึงเส้นชัยโดยใช้เวลาให้น้อยที่สุดในระยะทางที่ทราบแน่นอน (Foster C, 1993, Padilla S, 2000) ภายใต้การแข่งขันลักษณะนี้นักกีฬาต้องมีความสมบูรณ์มากกว่าคนอื่นจึงมีโอกาสประสบความสำเร็จในการแข่งขัน ไม่ว่าจะเป็นการแข่งขันแบบ ตัวต่อตัวหรือการแข่งขันกับเวลา (Foster C, 1993) การประสบความสำเร็จในการแข่งขันคือเวลาที่ทำได้ของผู้ชนะจำเป็นจะต้องต่ำกว่านักกีฬาคนอื่น (Foster C, 1993) ดังนั้นในการปฏิบัติของฝ่ายตรงข้ามหรือเพื่อนร่วมทีมจึงมีอิทธิพลต่อการแข่งขัน การปฏิบัติของทีม ผู้ฝึกสอน และแท็คติกของนักกีฬาแต่ละคนจึงมีความสำคัญต่อการประสบความสำเร็จของทีม (Wilberg RB, 1988) และในทางตรงกันข้ามการแข่งขันที่นักกีฬาอาจไม่ต้องแข่งขันในรูปแบบ ตัวต่อตัว โดยตรงแต่เป็นการแข่งขันกับเวลา (Foster C, 1993 Wilberg RB,

1988) ในรูปแบบการแข่งขันเช่นนี้ ที่เป็นที่รู้จักกันดีคือ การแข่งขันแบบจับเวลา (time trial) ผลการแข่งขันถูกกำหนดโดยเวลาที่ทำได้ในระยะทางที่กำหนด

นักวิทยาศาสตร์การกีฬาพยายามที่ทำความเข้าใจเกี่ยวกับความสามารถของนักกีฬา จึงได้ศึกษาเกี่ยวกับการจัดสรรงานและพลังงานที่นักกีฬาใช้ในระหว่างการแข่งขัน (van Ingen Schenau GJ, 1992, Foster C, 2004, Foster C, 2005, Marino FE, 2004, Tucker R, 2006) จึงมีการบัญญัติคำเกี่ยวกับการจัดสรรของงานหรือรูปแบบการใช้พลังงานที่นักกีฬาใช้ระหว่างการแข่งขันว่า กลยุทธ์การแข่งขัน (Foster C, 2004 Atkinson G, 2003 de Koning JJ, 1999) โดยมีการให้คำอธิบายเกี่ยวกับคำนี้ว่า ในระหว่างการแข่งขันกีฬา นักกีฬาที่ฝึกซ้อมมาเป็นอย่างดีจะสามารถควบคุมอัตราการทำงานได้อย่างเหมาะสมกับความสามารถ (Foster C, 2005, Foster C, 1993 Foster C, 1994) อย่างไรก็ตามการศึกษาเกี่ยวกับกลยุทธ์ที่ใช้ระหว่างแข่งขันยังมีการศึกษาจำนวนน้อย (Atkinson G, 2003) เมื่อไม่นานมานี้ ได้มีการศึกษาและแสดงให้เห็นถึงการสื่อสารระหว่างสมองและระบบทางสรีรวิทยาว่าอาจเป็นตัวควบคุมจังหวะในการแข่งขันกีฬา อย่างไรก็ตามความรู้เกี่ยวกับลักษณะเฉพาะทางด้านสรีรวิทยา ความเข้าใจและปัจจัยแวดล้อมที่ส่งผลต่อการควบคุมการจัดสรรงานระว่างการแข่งขันกีฬายังมีอยู่น้อยมากในปัจจุบัน ยิ่งไปกว่านั้น ยังมีคำแนะนำว่างานวิจัยในอนาคตยังต้องการความชัดเจนเกี่ยวกับความแตกต่างของกลยุทธ์การแข่งขันที่เหมาะสมที่สุดของชนิดกีฬาแต่ละชนิดที่มีความแตกต่างกันรวมถึงระยะทางการแข่งขันที่แตกต่างกัน ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการศึกษานี้จึงต้องการศึกษากลยุทธ์การพายเรือกรรเชียงที่มีประสิทธิผลสูงสุด เพื่อนำกลยุทธ์ที่ได้ไปใช้สำหรับฝึกซ้อมกับนักกีฬาทีมชาติไทยและเมื่อได้กลยุทธ์ที่เหมาะสมแล้วจะนำกลยุทธ์ที่ได้ไปใช้ในการแข่งขันระดับนานาชาติต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ตั้งความมุ่งหมายไว้ดังนี้

1. เพื่อค้นหากลยุทธ์การพายเรือที่มีประสิทธิผลสูงสุด
2. เพื่อนำกลยุทธ์ที่ได้ไปใช้ฝึกนักกีฬาทีมชาติไทย
3. เพื่อนำกลยุทธ์ที่ได้ไปใช้ในการแข่งขันระดับนานาชาติ

1.3 ความสำคัญของการวิจัย

เพื่อให้ทราบถึงรูปแบบต่างๆ ของกลยุทธ์ที่ใช้ในการแข่งขันและตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการกำหนดกลยุทธ์การแข่งขันเพื่อนำไปสู่การกำหนดกลยุทธ์ที่เหมาะสมที่ใช้สำหรับการแข่งขันเรือกรรเชียง โดยผลการศึกษาที่ได้จะถูกนำไปใช้เป็นแนวทางในการฝึกซ้อมของผู้ฝึกสอนและนักกีฬาในระดับต่างๆ เพื่อเพิ่มศักยภาพสู่ความสำเร็จในการแข่งขันเพื่อความเป็นเลิศในระดับสูงเพิ่มมากขึ้น

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรเป็นนักกีฬาเรือกรรเชียงทีมชาติไทย นักกีฬาเรือกรรเชียงจังหวัดนครราชสีมา นักกีฬามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่าง เป็นนักกีฬาเรือกรรเชียงทีมชาติไทย นักกีฬาเรือกรรเชียงจังหวัดนครราชสีมา นักกีฬามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จำนวน 30 คน (นักกีฬาชาย 15 คนและนักกีฬาหญิง 15 คน) ได้มาจากการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Random Sampling) โดยนักกีฬาทุกคนสมัครใจเข้าร่วมงานวิจัยและไม่มีอาการบาดเจ็บที่เป็นสาเหตุให้หยุดซ้อมหรือแข่งขัน โดยกลุ่มตัวอย่างจะต้องอ่านเอกสารและลงนามในหนังสือแสดงความยินยอมเพื่อเข้าร่วมงานวิจัย

ตัวแปรที่ศึกษา

1. ตัวแปรอิสระ ได้แก่ อัตราการพาย
2. ตัวแปรตาม ได้แก่ ความเร็วเฉลี่ยของเรือ

1.5 ข้อตกลงเบื้องต้น

การวิจัยนี้ศึกษากลยุทธ์การพายเรือกรรเชียงที่เหมาะสม โดยศึกษาเปรียบเทียบกลยุทธ์ที่นักกีฬาใช้ในการฝึกซ้อมและกลยุทธ์การพายเรือกรรเชียงจากการจำลองแบบด้วยคอมพิวเตอร์

1.6 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1. ได้วิธีการพายเรือที่เหมาะสมเพื่อการแข่งขัน
2. ทราบถึงผลกระทบของตัวแปรต่างๆ ที่ส่งผลต่อความเร็วของเรือ
3. เพิ่มประสิทธิภาพการพายเรือ
4. สร้างองค์ความรู้และแนวคิดใหม่ในการพายเรือ
5. เป็นแนวทางในการศึกษาวิจัยเพิ่มเติมเกี่ยวกับการพายเรือ
6. ใช้พัฒนากีฬาเรือพายของประเทศไทย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการพัฒนาความสามารถสูงสุดของนักกีฬาวิธีการหนึ่งที่นักวิทยาศาสตร์การกีฬาพยายามที่จะศึกษาคือการบริหารจัดการเกี่ยวกับการใช้พลังงานในระหว่างการแข่งขันกีฬา. (van Ingen Schenau GJ, 1992, Foster C, 2004, Foster C, 2005, Marino FE, 2004, Tucker R, 2006) การจัดการพลังงานหรือรูปแบบของการใช้พลังงานนิยมเรียกกันว่า กลยุทธ์การแข่งขัน (Foster C, 2004 Atkinson G, 2003 de Koning JJ, 1999) มีงานวิจัยให้การสนับสนุนว่าในระหว่างการแข่งขันกีฬา พบว่านักกีฬาที่ผ่านการฝึกซ้อมมาเป็นอย่างดีสามารถควบคุมอัตราการออกแรงในการทำงานได้อย่างเหมาะสมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการแข่งขันโดยรวม. (Foster C, 2005, Foster C, 1993 Foster C, 1994)

2.1 คำนิยาม

ในการแข่งขันกีฬาประเภทบุคคล เช่น วิ่ง ว่ายน้ำ จักรยาน พายเรือ สกีและสเก็ต ถือว่าเป็นการออกกำลังกายแบบปิด (closed-loop Design) (St Clair Gibson A, 2001) คือนักกีฬามีเป้าหมายที่จะเสร็จสิ้นการแข่งขันในระยะทางที่ทราบแน่นอน ในระยะเวลาที่สั้นที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้. (Foster C, 1993 Padilla S, 2000) ในการแข่งขัน ลักษณะนี้นักกีฬาจะต้องแข่งขันกับนักกีฬาคนอื่น ๆ ทั้งในลักษณะ ตัวต่อตัว (head-to-head) หรืออาจเป็นการแข่งขันกับเวลา. (Foster C, 1993) การที่นักกีฬาจะประสบความสำเร็จในการแข่งขันแบบ ตัวต่อตัว เวลาที่นักกีฬาทำได้จะต้องต่ำกว่านักกีฬาคนอื่น ๆ ในการแข่งขันรายการเดียวกัน. (Foster C, 1993) ดังนั้นเวลาหรือสถิติของคู่แข่งขันจะมีอิทธิพลต่อการแข่งขัน การวางแผนของผู้ฝึกสอนและกลยุทธ์การแข่งขันจึงมีความสำคัญต่อความสำเร็จ (Wilberg RB, 1988) ในทางตรงกันข้ามการแข่งขันที่นักกีฬาไม่ได้แข่งขันกับคู่ต่อสู้ในลักษณะ ตัวต่อตัว แต่อาจเป็นลักษณะแข่งกับเวลาแทน (Foster C, 1993 Wilberg RB, 1988) ความเร็วของนักกีฬาในขณะเคลื่อนที่จะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น พลังงานกลที่นักกีฬาสร้างขึ้น โมเมนตัม พลังงานจลน์ และแรงต้านทานที่เกิดขึ้น (เช่นแรงต้านทานจากอากาศ / แรงต้านทานจากน้ำ / แรงลาก แรงเสียดทาน แรงโน้มถ่วง) (de Koning JJ, 1999 Foster C, 1993 Candau RB, 1999) แม้ว่าความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีทำให้นักวิทยาศาสตร์สามารถวัดพลังงานกลที่สร้างขึ้นโดยนักกีฬาในระหว่างการแข่งขัน (Smith MF, 2001 Balmer J, 2000) แต่สิ่งสำคัญที่ต้องคำนึงถึงคือ กลยุทธ์การแข่งขัน ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับ เวลาและความเร็วในการแข่งขัน ไม่ใช่พลังงานกลหรือการสร้างกำลังงานในการแข่งขัน แม้ว่าพลังงานกลและการสร้างพลังงานจะมีความสำคัญต่อการควบคุมและการกำหนดกลยุทธ์การแข่งขันก็ตาม มีการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับกลยุทธ์การแข่งขันโดยการสร้างแบบจำลองความสัมพันธ์

ระหว่างความเร็วและกำลัง ทำให้ผู้ฝึกสอนและนักวิจัยเข้าใจลักษณะบางอย่างของกลยุทธ์ที่เหมาะสมในระหว่างการแข่งขันกีฬาที่มีความแตกต่างกันในแต่ละสถานการณ์ของการแข่งขันกีฬา. (van Ingen Schenau GJ, 1992 Wilberg RB, 1988 Arsac LM, 2002)

2.2 กลยุทธ์การแข่งขัน

กลยุทธ์การแข่งขันคือความสามารถในการจัดสรรการใช้พลังงานระหว่างแข่งขันกีฬา เพื่อให้การแข่งขันกีฬานั้นมีคุณภาพ ได้ผลลัพธ์ตามที่ต้องการโดยปราศจากความเมื่อยล้าและสามารถแข่งขันได้อย่างสมบูรณ์ภายใต้สมรรถภาพของบุคคลนั้น ในมุมมองของนักกีฬา กลยุทธ์การแข่งขันคือการควบคุมความหนักของความพยายามในการออกแรงในแต่ละช่วงของการแข่งขันเพื่อไม่ให้เกิดความเมื่อยล้าในระหว่างแข่งขัน

กลยุทธ์การแข่งขันส่วนใหญ่จะเข้าใจว่าเป็นการแข่งขันเพียงครั้งเดียว ซึ่งนักกีฬาจะออกแรงให้มากที่สุดในช่วงเริ่มต้นการแข่งขันและหมดแรงในขณะเข้าเส้นชัย หรือในช่วงเริ่มต้นการแข่งขันอาจจะออกแรงไม่มากนักจะไปออกแรงในช่วงเข้าเส้นชัยให้มากที่สุด อย่างไรก็ตามกลยุทธ์การแข่งขันมีบทบาทกับนักกีฬามาเป็นเวลานานแล้ว จากการสังเกตพบว่ามีการใช้กลยุทธ์การแข่งขันกับชนิดกีฬาที่มีการแข่งขันหลายวัน เช่น การแข่งขันจักรยานทางไกลซึ่งนักกีฬาจะกำหนดว่าวันไหนจะใช้แรงเต็มที่วันไหนจะเก็บแรงไว้เพื่อให้สามารถแข่งขันได้ตลอดรายการการแข่งขัน และยังมีการใช้กลยุทธ์การแข่งขันกับชนิดกีฬาที่มีการแข่งขันเป็นฤดูกาลซึ่งมีระยะเวลาการแข่งขันเป็นเวลานาน ซึ่งนักกีฬาจะหาสมดุลการแข่งขันว่าช่วงใดเป็นช่วงวิกฤต ช่วงฝึกซ้อม ช่วงฟื้นสภาพร่างกาย เพื่อให้นักกีฬามีสมรรถภาพดีที่สุดทั้งด้านร่างกายและจิตใจตลอดฤดูการแข่งขัน

กลยุทธ์การแข่งขันเป็นขบวนการการเรียนรู้และมีองค์ประกอบที่หลากหลาย รวมถึงการตัดสินใจที่เฉียบแหลม ประสบการณ์การแข่งขันและการจำลองสถานการณ์การฝึกซ้อมจะช่วยพัฒนาความรู้สึกของแต่ละกลยุทธ์เพื่อให้เกิดความสามารถสูงสุด กลยุทธ์การแข่งขันถึงแม้จะปฏิบัติได้อย่างสมบูรณ์แต่ก็ไม่ได้หมายความว่าจะทำให้ชนะการแข่งขัน เป็นที่แน่ชัดว่ากลยุทธ์มีความสำคัญน้อยกว่าพรสวรรค์และสำคัญน้อยกว่าการฝึกซ้อมที่เพียงพอแต่กลยุทธ์มีความสำคัญมากที่จะทำให้เกิดความสามารถสูงสุด การปรับกลยุทธ์ให้เหมาะสมเพื่อประสบผลสำเร็จในการแข่งขันขึ้นอยู่กับการควบคุมตัวแปรหลายตัวแปร เช่น สิ่งแวดล้อมในการแข่งขัน สนาม การฝึกซ้อม สถานการณ์การแข่งขัน รวมถึงการแข่งขันในอนาคตที่จะเกิดขึ้น

กุญแจสำคัญของการกำหนดกลยุทธ์การแข่งขัน คือ การใช้พลังงานที่ร่างกายสะสมไว้ให้มากที่สุด ไม่ว่าจะเป็นการใช้พลังงานในอัตราสูงสุด เช่นการวิ่งระยะสั้น หรือการใช้พลังงานในอัตราที่ต่ำกว่าระดับสูงสุดในการแข่งขันกีฬาที่ใช้ระยะเวลานานขึ้น ความท้าทายของนักกีฬาคือการพัฒนากลยุทธ์ให้เหมาะสมกับข้อจำกัดในการใช้พลังงานของร่างกาย เพื่อให้ความสามารถในการแข่งขันใกล้เคียงกับความสามารถสูงสุดของร่างกายเท่าที่จะเป็นไปได้

2.3 รูปแบบต่างๆ ของกลยุทธ์การแข่งขัน

กลยุทธ์การแข่งขันมีความสำคัญเพราะเป็นตัวกำหนดว่านักกีฬาจะสามารถใช้พลังงานสำรองได้นานแค่ไหนเพื่อให้เกิดความสามารถสูงสุดในขณะที่ทำให้เกิดพลังงานจลน์น้อยที่สุดในช่วงเข้าเส้นชัย จากการศึกษาเกี่ยวกับกลยุทธ์การแข่งขันของนักกีฬาชนิดต่าง ๆ พบว่ารูปแบบกลยุทธ์ที่นักกีฬานิยมใช้ในการแข่งขันสามารถแบ่งได้ดังนี้

2.3.1 กลยุทธ์แบบ ออกแรงเต็มที่ (All-Out)

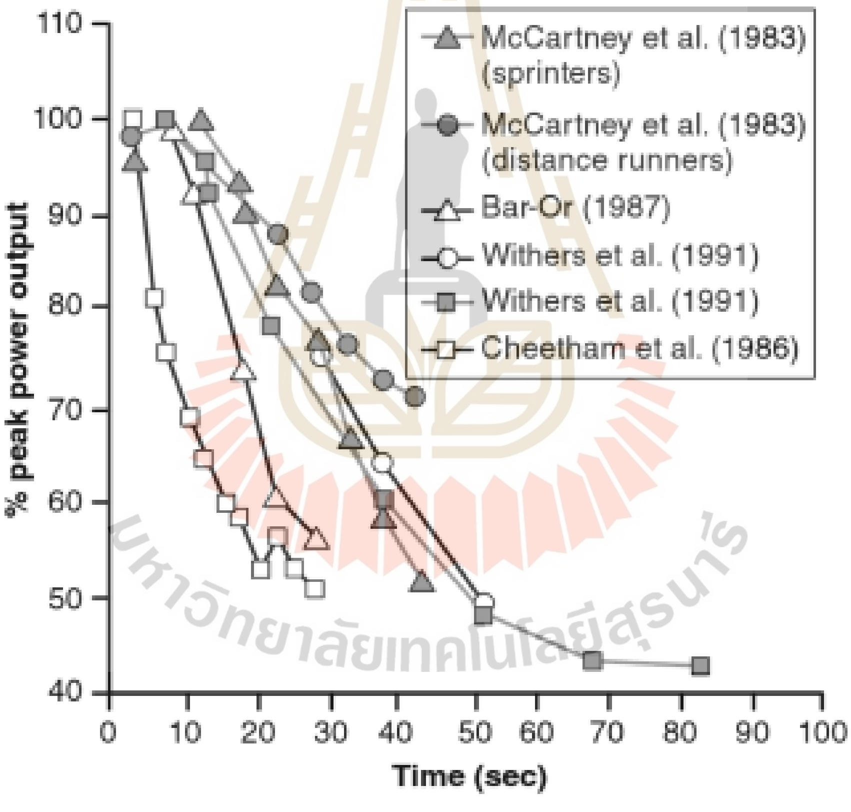
เป็นลักษณะของกลยุทธ์ที่นักกีฬาออกแรงสูงสุดตั้งแต่ช่วงเริ่มต้นการแข่งขันส่งผลให้เกิดความเมื่อยล้าอย่างรวดเร็ว โดยนักกีฬาจะเพิ่มความเร็วทันทีตั้งแต่เริ่มต้นการแข่งขันจนกระทั่งถึงความเร็วสูงสุดจากนั้นนักกีฬาจะพยายามรักษาความเร็วนั้นไว้ซึ่งจะทำให้เกิดพลังงานจลน์สูงสุดเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงความเร็วจนกระทั่งสิ้นสุดการแข่งขัน

การแข่งขันที่นิยมใช้กลยุทธ์ลักษณะเช่นนี้ส่วนใหญ่จะเป็นชนิดกีฬาที่ใช้เวลาในการแข่งขันประมาณ 20-30 วินาที บางชนิดกีฬาอาจใช้เวลาในการแข่งขันนานถึง 60 วินาทีขึ้นอยู่กับว่ากีฬาชนิดนั้นมีแรงต้านจากน้ำหรืออากาศเข้ามาเกี่ยวข้องหรือไม่และขึ้นอยู่กับชนิดของการเคลื่อนที่ จะเห็นได้ว่ากลยุทธ์ลักษณะนี้เหมาะกับการแข่งขันกีฬาระยะสั้นๆ ดังนั้นช่วงเริ่มต้นการแข่งขันและช่วงเร่งความเร็วจึงมีความสำคัญต่อผลของการแข่งขัน ในทางทฤษฎีพบว่าในการแข่งขันกีฬาระยะสั้นๆ สัดส่วนของระยะทางในการเร่งความเร็วมีมากกว่าการแข่งขันกีฬาระยะกลางและระยะไกล ในการแข่งขันกีฬาระยะสั้นนักกีฬาจะแสดงความสามารถสูงสุดได้โดยการเร่งความเร็วให้ถึงระดับความเร็วสูงสุดให้เร็วที่สุดหลังจากนั้นนักกีฬาต้องพยายามรักษาความเร็วนั้นไว้ การที่จะทำเช่นนี้ได้นักกีฬาต้องทำให้พลังงานจลน์เกิดขึ้นน้อยที่สุดในช่วงเข้าเส้นชัยเพื่อที่จะไม่ให้พลังงานสูญเปล่า โดยทั่วไปนักกีฬาที่ประสบความสำเร็จจะเร่งความเร็วให้ถึงความเร็วสูงสุดให้เร็วที่สุดเท่าที่จะทำได้และพยายามรักษาความเร็วนั้นไว้ให้นานที่สุด

ในการแข่งขันจักรยานและสเก็ตที่มีระยะทางสั้นๆ กลยุทธ์ลักษณะนี้มีความสำคัญมากเพราะเมื่อนักกีฬาเร่งความเร็วจนถึงความเร็วสูงสุดแล้วนักกีฬาจะพยายามรักษาความเร็วให้ใกล้เคียงกับความเร็วสูงสุดนั้นแม้ว่ากำลังงานของนักกีฬาจะลดลง ในการแข่งจักรยาน 1000 เมตรซึ่งใช้เวลาประมาณ 60 วินาทีในการปั่น กำลังงานของนักกีฬาจะลดลงอย่างรวดเร็วขณะที่ความเร็วของจักรยานลดลงเพียงเล็กน้อยสาเหตุที่เป็นเช่นนี้เพราะพลังงานกลที่นักกีฬาสร้างขึ้นมามีความสัมพันธ์เพียงเล็กน้อยกับการรักษาความเร็วสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับการเร่งความเร็วไปข้างหน้า ดังนั้นในการแข่งขันกีฬาลักษณะเช่นนี้ ความสำคัญคือการเร่งความเร็วให้ถึงความเร็วสูงสุดให้เร็วที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้เพราะว่าสัดส่วนของความเร็วส่วนใหญ่คือความสามารถในการรักษาความเร็วไว้ แม้ว่าการสร้างพลังงานของนักกีฬาจะลดลง เช่นเดียวกับการขับรถซึ่งจะใช้พลังงานส่วนใหญ่เพื่อเร่งความเร็วจากช่วงที่รถอยู่กับที่ซึ่งจะใช้พลังงานมากกว่าเมื่อเทียบกับการเร่งความเร็วเมื่อรถมีการเคลื่อนที่อย่างช้า ๆ

เพราะว่าการออกตัวเมื่อรถอยู่กับที่จะมีมวลและความเฉื่อยมากกว่า ดังนั้นอัตราการใช้พลังงานของรถจึงมากกว่า

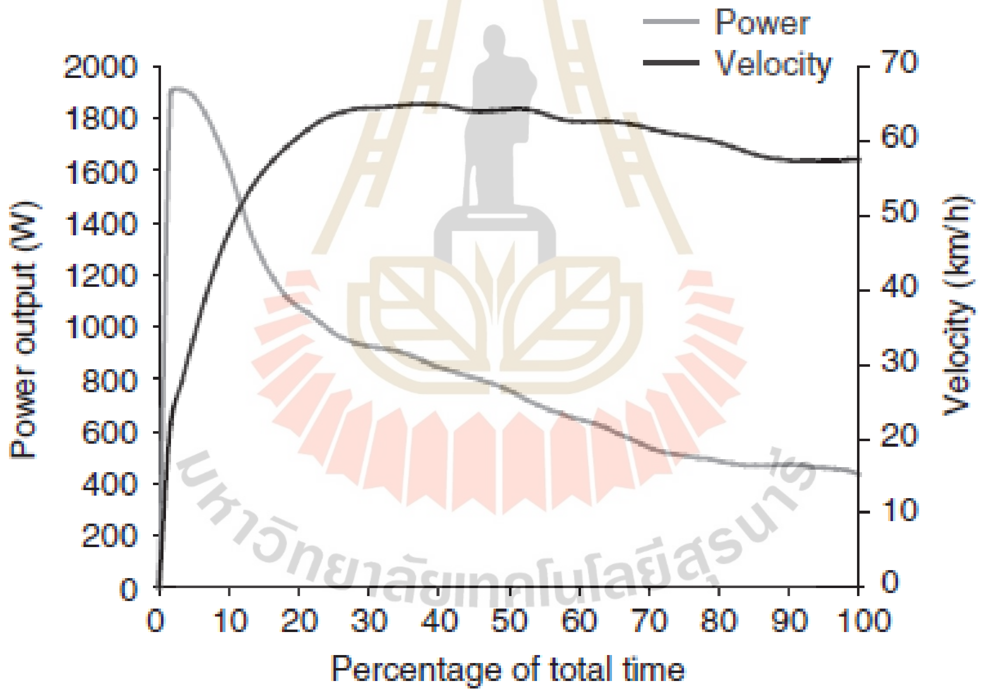
อย่างไรก็ตามใน การใช้กลยุทธ์แบบนี้ในการแข่งขันกีฬาบางชนิดที่ใช้เวลาเกิน 30 วินาที เช่น ว่ายน้ำและวิ่ง ประสิทธิผลจะลดลงเพราะว่าแรงต้านทานน้ำจะทำให้ความเร็วลดลงมาก ซึ่งจะทำให้สมรรถภาพโดยรวมต่ำกว่าระดับสูงสุด ในกีฬาว่ายน้ำคุณสมบัติของน้ำส่งผลให้เกิดแรงต้านจากน้ำเพิ่มมากขึ้นถ้าความเร็วในการว่ายน้ำเพิ่มขึ้น ดังนั้นการสูญเสียโมเมนตัมจะเกิดขึ้นได้ง่ายในกีฬาว่ายน้ำและจะมีการใช้พลังงานจำนวนมากกว่าเพื่อทำให้ความเร็วในการว่ายน้ำเพิ่มขึ้น ทำให้เกิดความเมื่อยล้าขึ้นได้อย่างรวดเร็ว จากการศึกษาพบว่าในการแข่งขันว่ายน้ำระยะทาง 50 เมตร ซึ่งใช้เวลาประมาณ 21 ถึง 30 วินาที นักกีฬาพยายามที่จะใช้กลยุทธ์ลักษณะนี้



ภาพที่ 1 กลยุทธ์แบบออกแรงเต็มที่ (Thompson KG. 2014)

ในการแข่งขันกีฬาที่ทราบระยะทางการแข่งขันแน่นอน การใช้พลังงานให้สัมพันธ์กับการเร่งความเร็วในระหว่างการแข่งขันจะมีอิทธิพลต่อการกำหนดกลยุทธ์การแข่งขันเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในการแข่งขัน เช่นในการแข่งขันวิ่ง 100 เมตร นักกีฬาจะใช้พลังงาน 50%-60% ใน

การเร่งความเร็วจากจุดเริ่มต้น และ 20-25% ในการรักษาความเร็วจนถึงเส้นชัย ดังนั้นนักกีฬาจึงไม่ควรทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพลังจลน์จากช่วงเริ่มต้นมากเกินไป เนื่องจากการเพิ่มพลังงานจลน์จะส่งผลให้เกิดการเพิ่มโมเมนตัม ส่งผลให้พลังงานที่ต้องใช้ในช่วงการรักษาความเร็วให้คงที่น้อยกว่าพลังงานที่ใช้ในช่วงการเร่งความเร็วจากจุดเริ่มต้น โดยเฉพาะในกรณีที่นักกีฬามีความเฉื่อยสูง เมื่อความต้องการพลังงานเพื่อใช้ในการเร่งความเร็วเป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ จึงเชื่อกันว่าพลังงานนี้ควรถูกจัดสรรให้ดีที่สุดในช่วงเริ่มต้นการแข่งขันโดยเฉพาะการแข่งขันระยะสั้น เพราะการที่นักกีฬาเคลื่อนที่ด้วยความเร็วต่ำกว่าความเร็วสูงสุดมากเกินไปเนื่องจากความเมื่อยล้าที่เกิดจากการเร่งความเร็วในช่วงเริ่มต้นที่มากเกินไปจะส่งผลให้เวลาการแข่งขันลดลง ถ้านักกีฬามีการแบ่งสัดส่วนการเร่งความเร็วในช่วงเริ่มต้นได้ดีโดยใช้ความเร็วในระดับต่ำกว่าความเร็วสูงสุดในระดับที่เหมาะสม เป็นไปได้ว่าจะทำให้เกิดความสามารถสูงสุดในการแข่งขัน โดยเริ่มต้นการแข่งขันด้วยความเร็วต่ำกว่าความเร็วสูงสุดและวิ่งต่อไปเรื่อย ๆ จนถึงเส้นชัยโดยการใช้กลยุทธการแข่งขันลักษณะ All-Out



ภาพที่ 2 การใช้พลังงานและความเร็วระหว่างการแข่งขันจักรยาน 1000 เมตร
(Thompson KG. 2014)

เมื่อนักกีฬาเร่งความเร็วจนถึงระดับความเร็วสูงสุด โดยใช้กลยุทธ์แบบ All-Out พบว่าความเร็วในการแข่งขันมีแนวโน้มที่จะค่อยๆ ลดลงในช่วงท้ายของการแข่งขัน เป็นไปได้ว่าผลการแข่งขันจะอยู่ในระดับต่ำกว่าระดับความสามารถสูงสุด และเป็นที่น่าสังเกตว่าการแข่งขันกีฬาแบบจับ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

เวลา (Time Trial) อัตราส่วนของความเร็วต่อพลังงานที่ใช้ในขณะที่นักกีฬาผ่านเส้นชัยมีการสูญเสียไปกับพลังงานจลน์ที่เกิดขึ้น ดังนั้นถ้าเปรียบเทียบระหว่างการผ่านเส้นชัยในลักษณะที่ความเร็วคงที่ กับการเข้าเส้นชัยโดยใช้กลยุทธ์แบบ All-Out พบว่ากลยุทธ์การแข่งขันแบบ All-Out จะสูญเสียพลังงานจลน์น้อยกว่าในระหว่างผ่านเส้นชัยเนื่องจากความเร็วในการเข้าเส้นชัยต่ำกว่า ดังนั้นการแข่งขันวิ่งระยะสั้นโดยใช้กลยุทธ์ All-Out จะเป็นประโยชน์สำหรับการแข่งขันมากกว่าแม้ว่าจะสูญเสียพลังงานจำนวนมากเพื่อเอาชนะแรงต้านทานเพื่อให้เกิดความเร็วสูงสุดในช่วงเริ่มต้น ดังนั้นจึงเป็นการตัดสินใจเลือกของนักกีฬาระหว่างการลดการสูญเสียพลังงานจลน์ กับการเก็บพลังงานไว้ใช้เพื่อเอาชนะแรงต้านทานในช่วงท้ายของการแข่งขัน ส่วนการแข่งขันกีฬาที่ใช้ระยะเวลานานขึ้นการสูญเสียพลังงานจลน์จะมีความสำคัญน้อยลง เพราะการสูญเสียพลังงานจะสัมพันธ์กับแรงต้านอากาศหรือแรงต้านทานน้ำ จากการศึกษาที่ผ่านมาโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์โดยการกำหนดค่าคงที่ทางสรีรวิทยา จากการศึกษาจากสถิติโลกที่ผ่านมา พบว่ากลยุทธ์การแข่งขันที่ทำให้ความสามารถดีที่สุดในการแข่งขันวิ่งระยะทางน้อยกว่า 291 เมตร คือการใช้กลยุทธ์การแข่งขันแบบ All-Out อย่างไรก็ตามข้อจำกัดในการศึกษาของงานวิจัยลักษณะนี้คือแบบจำลองที่ใช้ศึกษาถูกสร้างอยู่บนพื้นฐานของค่าคงที่ทางด้านสรีรวิทยาโดยผลการศึกษาขึ้นอยู่กับความเร่งสูงสุด ความเร็ว ความทนทานหรืออัตราความเมื่อยล้าของนักกีฬา ดังนั้นความแตกต่างด้านสรีรวิทยาของนักกีฬาแต่ละคนจึงมีอิทธิพลต่อระยะทางที่เหมาะสมที่สุด จากการศึกษาวิจัยโดยการใช้กลยุทธ์แบบ All-Out แนะนำว่าพลังงานแบบแอนแอโรบิคจะลดลงอย่างมีนัยสำคัญถ้าการแข่งขันมากกว่า 30-60 วินาที

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่ากลยุทธ์การแข่งขันแบบ All-Out เหมาะสำหรับการแข่งขันกีฬาระยะทางสั้นๆ ซึ่งใช้เวลาในการแข่งขันไม่เกิน 30-60 วินาที เพราะจะใช้ประโยชน์จากพลังงานจลน์ในช่วงท้ายของการแข่งขันที่ความเร็วจะค่อยๆ ลดลงทำให้การสูญเสียพลังงานจลน์น้อยลง อย่างไรก็ตามในการแข่งขันกีฬาที่มีแรงต้านของน้ำและอากาศเข้ามาเกี่ยวข้องการแสดงความสามารถสูงสุดของนักกีฬาที่ใช้กลยุทธ์นี้พบว่าเวลาที่เหมาะสมที่ใช้ในการแข่งขันจะสั้นลงเช่น ในกีฬาว่ายน้ำจะใช้เวลาไม่เกิน 30 วินาที

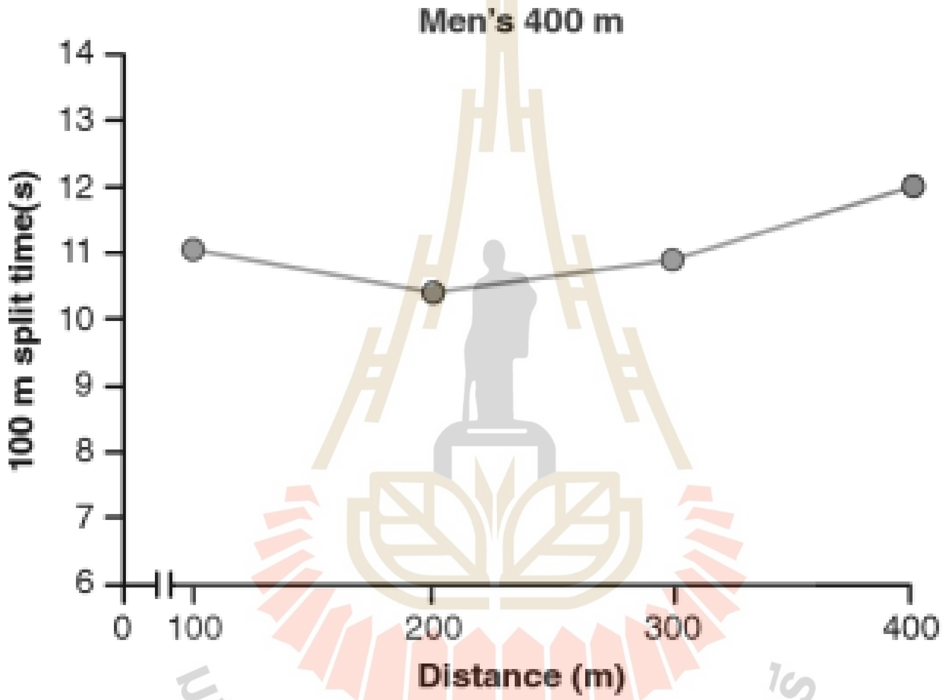
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2.3.2 กลยุทธ์แบบเชิงบวก (Positive Pacing)

เป็นกลยุทธ์ที่มีลักษณะของการเริ่มต้นการแข่งขันโดยการใช้ความเร็วในการแข่งขันที่สูงแต่ยังไม่ใช่ความเร็วสูงสุด อย่างไรก็ตามเนื่องจากความหนักของงานที่ใช้ในการเร่งความเร็วในช่วงเริ่มต้นทำให้นักกีฬาต้องลดความเร็วลงตลอดเวลาในระหว่างการแข่งขัน และจะเห็นได้ว่าการลดลงของงานที่ใช้ในการเคลื่อนที่จะเกิดขึ้นในช่วงท้ายของการแข่งขัน ตัวอย่างของกีฬาที่ใช้กลยุทธ์ลักษณะนี้เช่นในการแข่งขันกีฬาระยะสั้น (ประมาณ 40 วินาที จนถึง 2-3 นาที) และการแข่งขันกีฬาที่มีระยะทางไกลที่ใช้เวลาการแข่งขันมากกว่า 2 ชั่วโมง รวมถึงในกีฬาประเภททีม เช่น ฟุตบอล ก็พบการใช้กลยุทธ์

ลักษณะนี้เช่นเดียวกันโดยเฉพาะในช่วงที่นักฟุตบอลต้องการวิ่งด้วยความเร็วหรือในอีกหลายๆ ช่วงของเกมส์การแข่งขันซึ่งจะมีผลกระทบต่อระบบต่าง ๆ ทางสรีระของร่างกายนักกีฬา

สำหรับการแข่งขันที่ใช้เวลามากกว่า 40 วินาทีจนถึง 2-3 นาที จะพบการใช้กลยุทธ์แบบ positive ได้บ่อยครั้ง เช่น ในการแข่งขันวิ่ง 400 เมตร ซึ่งใช้เวลาการแข่งขันมากกว่า 40 วินาที พบว่าในช่วงเริ่มต้นการแข่งขันนักกีฬาจะใช้ความเร็วเกือบถึงความเร็วสูงสุดและความเร็วของนักกีฬาจะค่อยๆ ลดลงตลอดช่วงการแข่งขัน



ภาพที่ 3 กลยุทธ์แบบเชิงบวกในการแข่งขันวิ่ง 400 เมตร
(Thompson KG. 2014)

กลยุทธ์นี้ยังปรากฏให้เห็นในหลายชนิดกีฬาที่ใช้เวลาในการแข่งขันประมาณ 2-3 นาที ตัวอย่างเช่นในการแข่งขันวิ่ง 800 เมตร ในการแข่งขันบางรายการจะพบว่าเมื่อนักกีฬาวิ่งในช่วงเริ่มต้นการแข่งขันจะใช้จังหวะการวิ่งโดยมีความเร็วที่ใกล้เคียงกับสถิติโลก ซึ่งนักกีฬาส่วนใหญ่จะวิ่งในระยะทาง 400 เมตรแรกเร็วกว่าในระยะทาง 400 เมตรหลัง อย่างไรก็ตามในการแข่งขันชิงแชมป์รายการสำคัญๆ นักวิ่งส่วนใหญ่จะใช้กลยุทธ์ที่ตรงกันข้าม คือในช่วง 400 เมตรแรกความเร็วในการวิ่งจะช้ากว่าความเร็วในระยะทาง 400 เมตรหลัง

กลยุทธ์แบบเชิงบวก (positive) จะมีความเหมาะสมมากว่ากลยุทธ์ แบบ All-Out ถ้าการแข่งขันใช้ระยะเวลามากกว่า 40 วินาที ด้วยเหตุผลดังนี้

1. การเร่งความเร็วให้สูงที่สุดเท่าที่จะทำได้ในช่วงเริ่มต้นการแข่งขันมีความสำคัญน้อยมากสำหรับการแข่งขันกีฬาที่ใช้ระยะเวลามากกว่า 40 วินาที

2. การเริ่มต้นการแข่งขันที่ระดับความเร็วต่ำกว่าระดับความเร็วสูงสุดเป็นสิ่งสำคัญในการควบคุมการใช้พลังงานที่สะสมในร่างกายให้เหมาะสมตลอดช่วงการแข่งขัน

3. เนื่องจากระยะเวลาที่ใช้ในการแข่งขันมากขึ้นจึงมีตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับแรงต้านอากาศหรือแรงต้านทานน้ำเข้ามาเกี่ยวข้องจึงส่งผลต่อความต้องการพลังงานในการแข่งขัน

ระบบพลังงานแบบแอนแอโรบิคมีอิทธิพลต่อการแข่งขันกีฬาที่ใช้ระยะทางการแข่งขันช่วงสั้นๆ โดยมีการใช้พลังงานในการหดตัวของกล้ามเนื้อด้วยความถี่สูง ส่วนการแข่งขันที่ใช้ระยะเวลานานพลังงานที่ใช้จะเป็นพลังงานแบบแอโรบิคโดยมีอัตราการใช้พลังงานเพิ่มมากขึ้นอย่างเป็นสัดส่วน ตัวอย่างเช่นในการแข่งขันที่ใช้ระยะเวลามากกว่า 60 วินาที อัตราส่วนการใช้พลังงานแบบแอนแอโรบิคต่อพลังงานแบบแอโรบิคอยู่ที่ประมาณ 60 ต่อ 40 ในขณะที่การแข่งขันที่ใช้เวลา 3- 4 นาที อัตราส่วนการใช้พลังงานจะตรงกันข้าม คืออัตราส่วนการใช้พลังงานแบบแอนแอโรบิคต่อพลังงานแบบแอโรบิคอยู่ที่ประมาณ 40 ต่อ 60 อัตราการใช้พลังงานแบบแอโรบิคที่มากขึ้นในการแข่งขันที่ใช้ระยะเวลานานขึ้นจะส่งผลต่อใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวช้า (slow-twitch) ซึ่งจะเกิดความล้ามากกว่าใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็ว (fast-twitch) โดยการเพิ่มการระดมใยกล้ามเนื้อในอัตราส่วนที่เพิ่มขึ้น ผลที่เกิดขึ้นในการใช้กลยุทธ์การแข่งขันแบบเชิงบวก (positive) คือมีอัตราส่วนในการรักษาความเร็วสูงสุดได้มากขึ้น เพราะมีการใช้กล้ามเนื้อชนิดหดตัวช้าซึ่งมีอัตราส่วนการต้านทานความล้าได้มากกว่า ในทางตรงกันข้าม การแข่งขันที่ใช้กลยุทธ์แบบ All-Out ความล้าเริ่มเกิดขึ้นตั้งแต่ช่วงแรกของการแข่งขันเนื่องจากการเร่งความเร็วอย่างเต็มที่ในช่วงแรกซึ่งใช้ใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วซึ่งเป็นใยกล้ามเนื้อที่ไม่มีการต้านทานความล้า

สำหรับการแข่งขันกีฬาระยะไกล (ใช้เวลาการแข่งขันมากกว่า 2 ชั่วโมง) พบว่ามีการใช้กลยุทธ์แบบเชิงบวก (positive) ในการแข่งขันกีฬาระยะทางไกล ซึ่งการแข่งขันจะมีลักษณะที่นักกีฬาเริ่มต้นการแข่งขันรวมกันเป็นกลุ่ม แต่เมื่อถึงจุดหนึ่งนักกีฬาจะเลือกระดับความหนักในการแข่งขันของตนเองซึ่งเป็นการแข่งกับตัวเองทำให้แยกตัวออกจากกลุ่ม จากการศึกษาพบว่าพลังที่นักกีฬาใช้ รวมถึงความเร็ว และตัวแปรทางด้านสรีรวิทยาเช่น อัตราการเต้นของหัวใจจะลดลงตลอดช่วงการแข่งขัน โดยเฉพาะในการแข่งขันจักรยานทางไกลและการแข่งขันไตรกีฬาที่ใช้เวลาตั้งแต่ 4 ถึง 24 ชั่วโมง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Esteve-Lanao และคณะ พบว่าเปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นสูงสุดของหัวใจ ในการแข่งขันวิ่ง 5 กิโลเมตร ถึง 100 กิโลเมตรจะค่อยๆ ลดลงอย่างเป็นระบบสัมพันธ์กับระยะทางการแข่งขัน การแข่งขันที่ใช้เวลานานจะส่งผลให้ความหนักในการออกกำลังกายเพิ่มขึ้นอย่างเป็นสัดส่วน อย่างไรก็ตามระดับความหนักในการออกกำลังกายที่ใช้ระยะทางเกินกว่าระดับ

มาราธอนยังไม่พบว่ามีการศึกษามาก่อน การออกกำลังกายในระดับที่หนัก (เหนือระดับแลคเตรดเทรดโฮล) มีอิทธิพลต่อการแข่งขันกีฬาที่มีระยะทางการแข่งขันใกล้เคียงหรือเกินระยะทางของ ฮาฟมาราธอน ในขณะที่การออกกำลังกายด้วยระดับความหนักปานกลาง (ต่ำกว่าระดับแลคเตรทเทรดโฮล) มีอิทธิพลต่อเวลาที่ใช้ในการแข่งขันระยะทาง 100 กิโลเมตร

ในการแข่งขันที่ใช้เวลาประมาณ 2-4 ชั่วโมงหรือนานกว่า ความหนักในการออกกำลังกายจะมีความหลากหลายขึ้นอยู่กับระดับสมรรถภาพของนักกีฬา ตัวอย่างเช่น ในระหว่างการแข่งขันนักวิ่งมาราธอนที่ฝึกหนักสามารถออกกำลังกายที่ระดับความหนักประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดหรือประมาณ 85-90 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นสูงสุดของหัวใจ ในขณะที่นักวิ่งที่ฝึกระดับปานกลางอาจจะทำได้ในระดับความหนักที่ต่ำกว่า คือที่ระดับน้อยกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด หรือ 75-80 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นสูงสุดของหัวใจ ในขณะที่นักกีฬาที่ฝึกซ้อมน้อยความหนักในการออกกำลังกายจะต่ำกว่านั้น คือประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด หรือ 60 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นสูงสุดของหัวใจ โดยพลังงานที่ใช้ในการแข่งขันเป็นพลังงานที่สร้างขึ้นจากระบบพลังงานแบบแอโรบิค รวมถึงการใช้กลัยโคเจน ที่สะสมไว้ในกล้ามเนื้อและตับ รวมทั้งไขมันซึ่งเก็บสะสมไว้เพื่อใช้เป็นพลังงานในการแข่งขัน กลัยโคเจนที่สะสมจะค่อยๆ ลดลงหลังจากเวลาผ่านไป 1-4 ชั่วโมง โดยขึ้นอยู่กับความหนักของการออกกำลังกายและปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการรักษาจังหวะความเร็วในการแข่งขันกีฬาที่ใช้ระยะทางไกล

ปัจจัยอื่นที่สามารถทำให้นักกีฬามีความเร็วลดลงในระหว่างการแข่งขันกีฬาที่มีระยะทางไกล เช่น ในสภาวะที่อากาศร้อนนักกีฬาอาจมีอุณหภูมิแกนกลางของร่างกายสูงขึ้นทำให้นักกีฬาต้องลดความเร็วลงเพื่อป้องกันภาวะอุณหภูมิของร่างกายสูงเกินไป การบาดเจ็บของกล้ามเนื้อและการขาดการกระตุ้นทำให้นักกีฬาลดจังหวะความเร็วลงโดยเฉพาะเมื่อเกิน 4 ชั่วโมงขึ้นไป

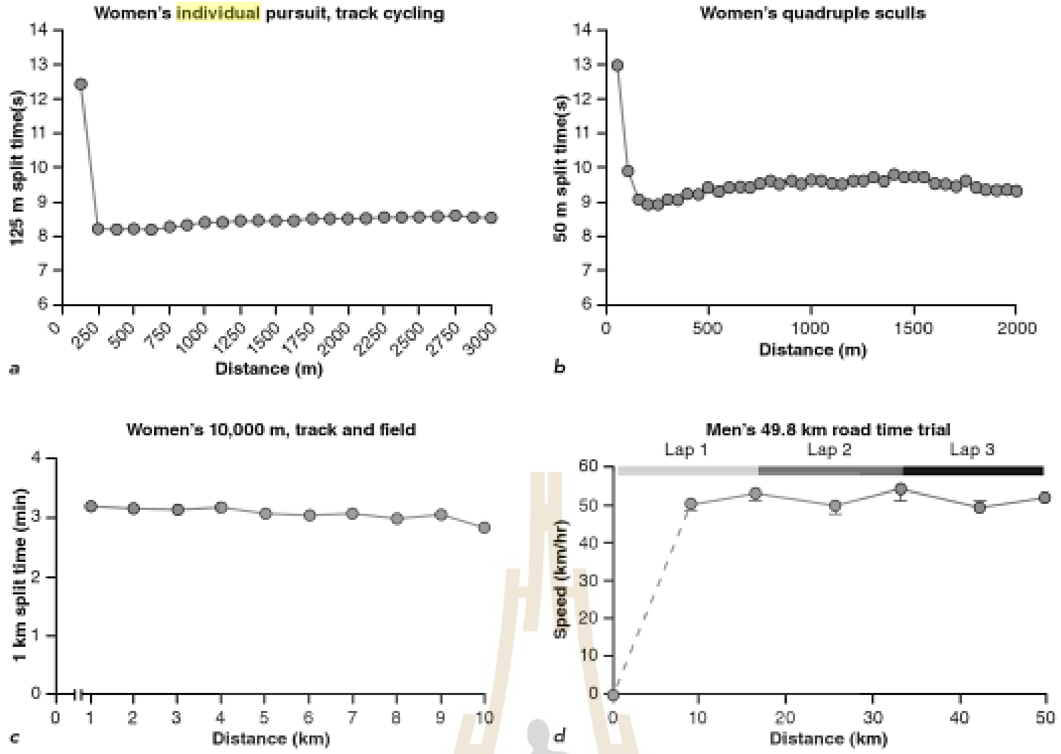
สามารถสรุปได้ว่ากลยุทธ์การแข่งขันแบบเชิงบวก (positive) เหมาะกับการแข่งขันกีฬาระยะสั้น ที่ใช้เวลาในการแข่งขันประมาณ 40 วินาที จนถึง 2-3 นาที และการแข่งขันกีฬาที่มีระยะทางไกลที่ใช้เวลาการแข่งขันมากกว่า 2 ชั่วโมง รวมถึงในกีฬาประเภททีมบางชนิด โดยในช่วงเริ่มต้นการแข่งขันนักกีฬาจะใช้ความเร็วเกือบถึงความเร็วสูงสุดและความเร็วของนักกีฬาจะค่อยๆ ลดลงตลอดช่วงการแข่งขัน โดยระบบพลังงานที่ใช้เป็นทั้งแบบแอนแอโรบิคและแอโรบิคขึ้นอยู่กับระยะเวลาที่ใช้ในการแข่งขัน สำหรับการแข่งขันกีฬาที่ใช้เวลามากกว่า 2 ชั่วโมงนักกีฬาจะใช้ความเร็วตามความเร็วของกลุ่มที่แข่งขันจนกระทั่งถึงช่วงเวลาหนึ่งนักกีฬาจะเลือกความเร็วในการแข่งขันด้วยจังหวะความเร็วของตนเองโดยขึ้นอยู่กับระดับสมรรถภาพของนักกีฬา

2.3.3 กลยุทธ์แบบกำหนดเวลา (Even Pacing)

ในระหว่างการแข่งขันกีฬาที่ใช้ระยะเวลาการแข่งขันมากกว่า 2.5 นาทีถึง 60 นาที (เช่น การแข่งขันวิ่งระยะกลาง) พบว่านักกีฬานิยมใช้กลยุทธ์แบบกำหนดเวลา (Even Pacing) ซึ่งเป็น

กลยุทธ์การแข่งขันที่มีลักษณะการใช้ความเร่งในช่วงเริ่มต้นการแข่งขัน จากการศึกษาพบว่ากลยุทธ์แบบนี้มีความสัมพันธ์น้อยมากกับผลการแข่งขันโดยเฉพาะเมื่อระยะเวลาการแข่งขันเพิ่มขึ้น สิ่งสำคัญที่จะต้องพิจารณาคือ การรักษาความเร็วระหว่างการแข่งขัน เช่นในการแข่งขันจักรยานประเภทกำหนดเวลา (time trial) นักกีฬาพยายามรักษาจังหวะความเร็วระหว่างการแข่งขันให้ใกล้เคียงกับสถิติโลก จากการศึกษาของ Wilberg และ Pratt พบว่านักกีฬาชั้นยอดของประเทศแคนนาดาที่แข่งขันจักรยานประเภท track sprinters ใช้กลยุทธ์แบบกำหนดเวลา (Even Pacing) มากกว่านักกีฬาที่ไม่ใช่นักกีฬาชั้นยอดในการแข่งขันระยะทางประมาณ 3-4 กิโลเมตร โดยกลยุทธ์แบบนี้เป็นกลยุทธ์ที่เกิดจากการเรียนรู้และประสบการณ์ของนักกีฬาซึ่งสัมพันธ์กับความสามารถที่ทำให้ประสบความสำเร็จ พบว่ากลยุทธ์การแข่งขันแบบกำหนดเวลา (Even Pacing) มีความสัมพันธ์กับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าความเร็วในการแข่งขันจะถูกกำหนดโดยแรงคงที่สูงสุดที่นักกีฬาสามารถออกแรงเพื่อเอาชนะแรงต้านทาน

กุญแจสำคัญในทางทฤษฎีเกี่ยวกับกลยุทธ์แบบกำหนดเวลา (Even Pacing) คือการหลีกเลี่ยงการเร่งความเร็วและการลดความเร็วที่ไม่จำเป็น นักกีฬาควรหลีกเลี่ยงการเปลี่ยนแปลงพลังงานจลน์ซึ่งจะเป็นการทำให้การใช้พลังการที่เก็บสะสมไว้มีประสิทธิภาพ และมีข้อสังเกตว่านักกีฬาเรือกรรเชียงชั้นยอดนิยมใช้กลยุทธ์แบบกำหนดเวลา (Even Pacing) มากกว่านักกีฬาที่ไม่ใช่นักกีฬาชั้นยอดในการทดลองพายเรือกรรเชียงระยะทาง 2 กิโลเมตร และที่น่าสนใจกว่านั้นคือมีการศึกษาวิจัยพบว่านักกีฬาจักรยานและนักกีฬาเรือกรรเชียงเริ่มต้นการแข่งขันด้วยความเร็วที่ไม่สูงมากนัก โดยมีการนำกลยุทธ์แบบกำหนดเวลา (Even Pacing) ไปใช้ในการฝึกซ้อม การเริ่มต้นการแข่งขันด้วยความเร็วจะทำให้เกิดความเมื่อยล้า ดังนั้นในช่วงแรกของการแข่งขันควรทำให้เกิดความเมื่อยล้าน้อยที่สุดและใช้วิธีการกระจายพลังงานที่สะสมไปใช้ในช่วงอื่นๆ ของการแข่งขัน จากการศึกษาพบว่าการกำหนดจังหวะความเร็วเริ่มต้นที่เหมาะสมเป็นสิ่งที่ทำได้ยากแม้แต่ในนักกีฬาที่ได้รับการฝึกมาเป็นอย่างดี จนมีคำกล่าวที่ว่าให้นักกีฬาแข่งขันด้วยจังหวะความเร็วที่พวกเขาถนัด โดยเฉพาะนักกีฬาที่ฝึกมาอย่างดีจะสามารถแสดงศักยภาพได้อย่างสม่ำเสมอ มีงานวิจัยรายงานว่าในการแข่งจักรยานแบบจับเวลา (time trial) ระยะทาง 4 กิโลเมตรและ 20 กิโลเมตร พบว่าในการแข่งขัน 3 รายการนักกีฬาเข้าเส้นชัยด้วยเวลาที่ต่างกันน้อยกว่า 3 เปอร์เซ็นต์



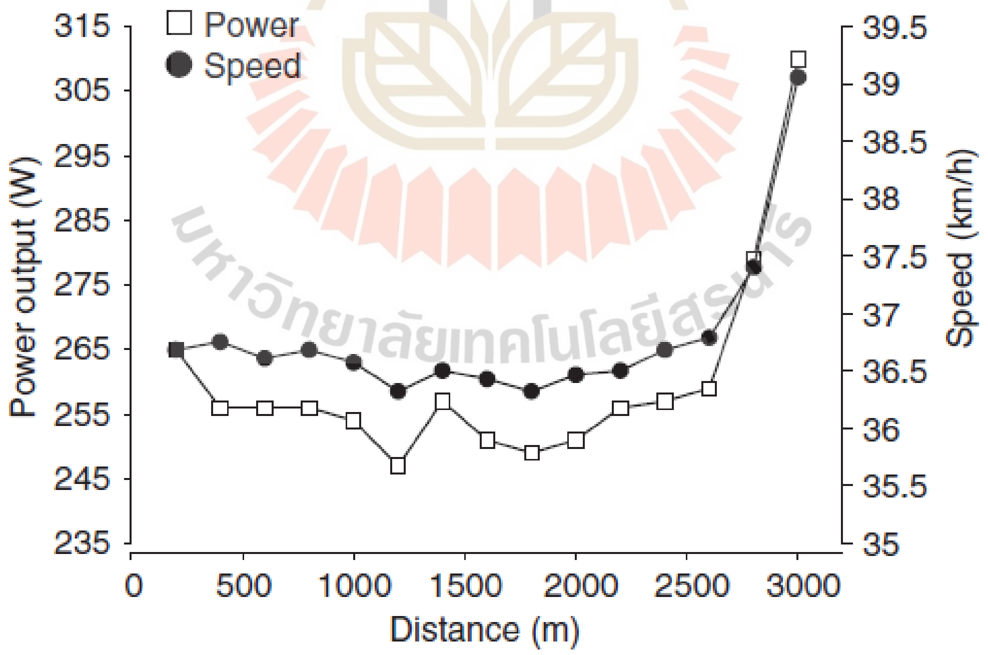
ภาพที่ 4 ตัวอย่างกลยุทธ์แบบกำหนดเวลา ของการปั่นจักรยาน (a) พายเรือ (b) วิ่ง 10000 เมตร (c) และจักรยานประเภทถนน (d) (Thompson KG. 2014)

สามารถกล่าวโดยสรุปได้ว่า กลยุทธ์การแข่งขันแบบก้านหนดเวลา (Even Pacing) เหมาะสำหรับใช้ในการแข่งขันกีฬาระยะกลาง ที่ใช้ระยะเวลาการแข่งขันมากกว่า 2.5 นาทีจนถึง 60 นาที เป็นกลยุทธ์การแข่งขันที่มีลักษณะการใช้ความเร่งในช่วงเริ่มต้นการแข่งขันไม่สูงมากนักและพยายามรักษาความเร็วนั้นไว้ตลอดช่วงการแข่งขัน เพื่อหลีกเลี่ยงการเร่งความเร็วและการลดความเร็วที่ไม่จำเป็น เพราะการที่นักกีฬาไม่เปลี่ยนแปลงพลังงานจลน์จะเป็นการทำให้การใช้พลังงานที่เก็บสะสมไว้มีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตามความเร็วที่เหมาะสมเป็นสิ่งที่กำหนดได้ยาก ดังนั้นนักกีฬาจึงอาศัยการเรียนรู้จากประสบการณ์และการฝึกซ้อมของนักกีฬาในการหาความเร็วที่เหมาะสม

2.3.4 กลยุทธ์แบบเชิงลบ Negative Pacing

กลยุทธ์การแข่งขันแบบเชิงลบ (Negative pacing) เป็นกลยุทธ์ที่มีลักษณะของความเร็วในช่วงครึ่งหลังเร็วกว่าความเร็วในช่วงครึ่งแรกของการแข่งขัน โดยนักกีฬาจะใช้ความเร็วต่ำในช่วงเริ่มต้นการแข่งขันแล้วค่อยๆ เพิ่มความเร็วขึ้นเรื่อย ๆ ในการแข่งขันกีฬาระยะกลางและระยะไกลนิยมใช้กลยุทธ์ลักษณะนี้ในการแข่งขัน โดยลักษณะของความเร็วในการแข่งขันจะเพิ่มขึ้นตลอดช่วงการแข่งขัน กลยุทธ์ลักษณะเช่นนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการรักษาความสามารถในการแข่งขันให้ได้เป็น

ระยะเวลานานและเป็นการลดการขาดคาร์โบไฮเดตรรวมถึงการใช้ออกซิเจนเกินและจำกัดความล้าที่จะเกิดขึ้นจากการเผาผลาญ ฟอสฟาเจน (Phosphagen) ในช่วงแรกของการแข่งขัน จากการศึกษาพบว่าความเมื่อยล้าที่เกิดขึ้นจะสัมพันธ์กับขบวนการเผาผลาญพลังงานในช่วงแรกของการแข่งขัน มีการศึกษาถึงประสิทธิภาพของกลยุทธ์การแข่งขันแบบนี้โดย Thompson และคณะ 2003 พบว่ามีการลดลงของอัตราการเต้นของหัวใจเมื่อใช้กลยุทธ์การแข่งขันแบบ Negative pacing ในการแข่งขันว่ายน้ำท่ากบ 175 เมตร เมื่อเปรียบเทียบกับกลยุทธ์การแข่งขันแบบ Positive pacing แต่ไม่พบความแตกต่างในการใช้ออกซิเจนในช่วงท้ายของการแข่งขันและไม่พบความแตกต่างเกี่ยวกับการพัฒนาความสามารถของนักกีฬา อย่างไรก็ตาม Matterm และคณะ 2001 พบการพัฒนาความสามารถของนักกีฬาในการแข่งขันจักรยานแบบจับเวลา (time trial) ระยะทาง 20 กิโลเมตร โดยพบว่าพลังงานที่ใช้ในช่วงเริ่มต้นการแข่งขันลดลง 15 เปอร์เซ็นต์ซึ่งต่ำกว่าเมื่อเทียบกับกลยุทธ์แบบ self-selected pace และยังพบว่าความเข้มข้นของแลคเตรดในเลือดลดลง และจากการศึกษาของ Fukuba และ Whipp 1999 พบว่าความสามารถของนักกีฬาจะแปรผันได้ในระหว่างการแข่งขันโดยเฉพาะการแข่งขันกีฬาที่ต้องใช้ระยะเวลาในการแข่งขันเป็นเวลานาน โดยพบว่าถ้านักกีฬาเริ่มต้นการแข่งขันด้วยความเร็วที่ช้ามากอาจทำให้เวลาในการแข่งขันช้าลง ซึ่งแสดงให้เห็นว่ากลยุทธ์แบบเชิงลบ (Negative pacing) อาจทำให้ความสามารถลดลงและทำให้เวลาในการแข่งขันช้าลงประมาณ 30-45 นาที



ภาพที่ 5 ความเร็วและกำลังในการแข่งขันจักรยาน 3000 เมตร

(Thompson KG. 2014)

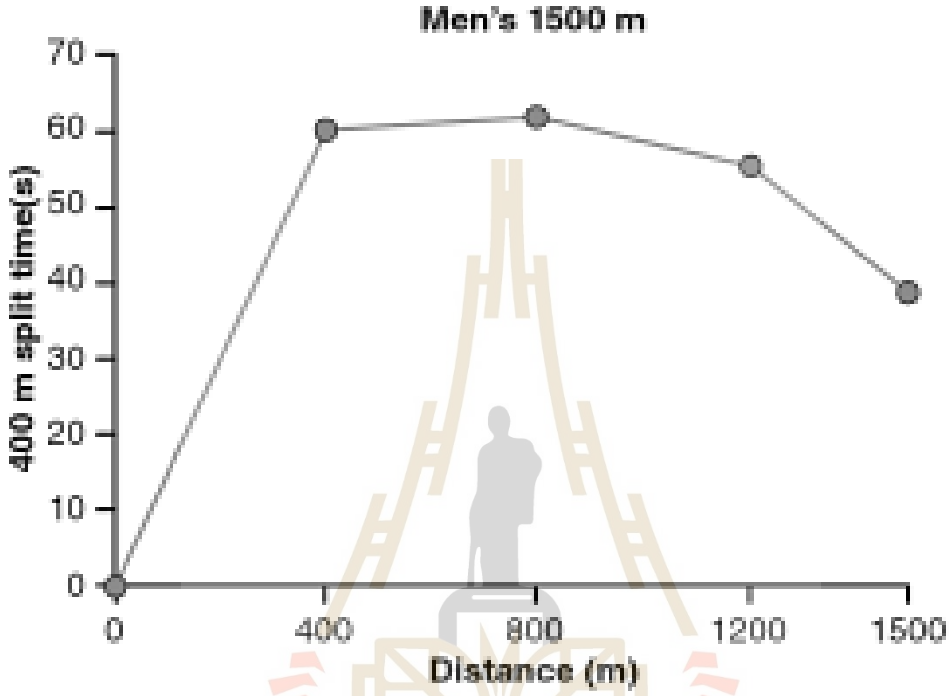
สามารถกล่าวโดยสรุปว่ากลยุทธ์แบบเชิงลบ (Negative pacing) เป็นกลยุทธ์ที่เหมาะสำหรับการแข่งขันกีฬาระยะกลางและระยะไกล โดยลักษณะของความเร็วในการแข่งขันจะเพิ่มขึ้นตลอดช่วงการแข่งขัน การใช้กลยุทธ์ลักษณะเช่นนี้เพื่อต้องการรักษาความสามารถในการแข่งขันให้นานขึ้นและเป็นการลดการขาดแคลนพลังงานรวมทั้งไม่ให้เกิดการใช้ออกซิเจนมากเกินไปและเป็นการป้องกันความเมื่อยล้าที่จะเกิดขึ้นจากการเผาผลาญพลังงานในช่วงแรกของการแข่งขัน

2.3.5 กลยุทธ์แบบพาราโบริค Parabolic Pacing

เป็นกลยุทธ์ที่มีการเร่งความเร็วในช่วง 10-20 เปอร์เซ็นต์สุดท้ายของการแข่งขัน ซึ่งพบการใช้กลยุทธ์แบบนี้ในการแข่งขันกีฬาระยะกลางและระยะไกล ซึ่งในบางครั้งอาจพบว่านักกีฬาเริ่มต้นการแข่งขันด้วยความเร็วประมาณ 80-90 เปอร์เซ็นต์ของความสามารถสูงสุด ทำให้ช่วงสุดท้ายของการแข่งขันนักกีฬาไม่สามารถเพิ่มความเร็วได้ การใช้ความเร็วในการแข่งขันลักษณะนี้อาจทำให้สูญเสียพลังงานจลน์ เพราะพลังงานที่ถูกใช้ในการเร่งความเร็วในช่วงแรกยังคงถูกใช้ในช่วงท้ายเพื่อเร่งความเร็วอีกครั้ง อย่างไรก็ตามผลที่ตามมาในช่วงกลางของการแข่งขันคือนักกีฬาเกิดความล้าและทำให้ความเร็วลดลงมากในระหว่างการแข่งขันก่อนที่จะถึงช่วงท้ายของการแข่งขัน นักกีฬาที่แข่งขันระยะกลางและระยะไกลมักจะเลือกใช้กลยุทธ์นี้ ซึ่งเป็นกลยุทธ์ที่โค้ชและนักกีฬารู้จักกันดี แต่เป็นที่น่าประหลาดใจที่กลยุทธ์นี้ไม่ได้มีการอธิบายถึงหลักการทางวิทยาศาสตร์จนกระทั่งเมื่อไม่นานมานี้ เพราะว่าการวิเคราะห์การแข่งขันที่ผ่านมาจะกระทำแบคร่าวๆ โดยใช้ข้อมูลในการวัดเป็นช่วง ๆ จากระยะทางการแข่งขันทั้งหมด ซึ่งหมายความว่าการเปลี่ยนแปลงความเร็วเพียงเล็กน้อยในแต่ละช่วงจะไม่สามารถตรวจสอบได้

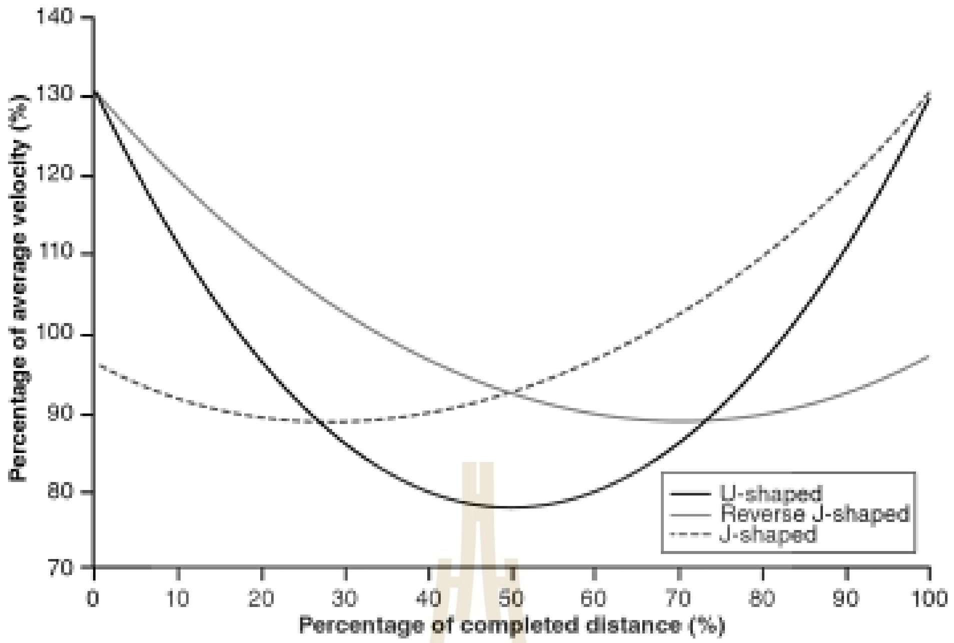
เมื่อไม่นานมานี้มีการใช้เทคโนโลยีขั้นสูงในการวัดพลังที่นักกีฬาใช้และความเร็วของเรือในระดับความถี่ที่สูง โดยทำการวัดข้อมูลทุกวินาที ทำให้ได้ข้อมูลจำนวนมากสำหรับใช้วิเคราะห์การแข่งขันกีฬา และมีรายงานการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการวิเคราะห์ความสามารถทางการกีฬาเกี่ยวกับกลยุทธ์การแข่งขันแบบพาราโบลิค (Parabolic Pacing) เพิ่มมากขึ้น ซึ่งแสดงให้เห็นในกราฟของพลังที่นักกีฬาใช้มีลักษณะของการโค้งลงอย่างชัดเจนตลอดช่วงการแข่งขัน และยังมีความพยายามในการแก้ปัญหาโดยใช้เครื่องมือวัดที่มีความซับซ้อนเพื่อเตรียมข้อมูลเกี่ยวกับกลยุทธ์ในการแข่งขันกีฬาให้นักวิทยาศาสตร์และผู้ฝึกสอนได้เห็นข้อมูลมากขึ้น ตัวอย่างเช่น นักวิ่งระยะกลางและระยะไกล ใช้พลังงานในการออกตัวขณะเริ่มต้นการแข่งขันด้วยพลังงานที่สูงเพื่อเพิ่มโมเมนตัมในการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าหรือเพื่อให้อยู่ในตำแหน่งที่ได้เปรียบคู่ต่อสู้ในสนาม แต่จังหวะความเร็วจะลดลงในช่วงกลางของการแข่งขันก่อนที่จะเร่งความเร็วในช่วงท้ายของการแข่งขัน จากรูป 6 แสดงให้เห็นเวลาในการวิ่ง 1500 เมตรชายในการแข่งขันกีฬาชิงแชมป์โลกที่เมืองเบอร์ลิน กราฟที่เห็นมีลักษณะเป็นรูปพาราโบลิค และจากรูป 7 แสดงถึงกราฟรูปพาราโบลิคซึ่งแสดงในลักษณะของเปอร์เซ็นต์ความเร็วเฉลี่ยของการแข่งขัน กราฟกลยุทธ์การแข่งขันลักษณะนี้จะพบได้ในการแข่งขัน จักรยานและการแข่งขันวิ่ง ซึ่งพบว่า

กลยุทธ์แบบ even-paced เกิดขึ้นในช่วงแรก แต่ความเร็วจะเพิ่มขึ้นอย่างมากในช่วงท้ายของการแข่งขัน ทำให้เกิดกราฟลักษณะ J-shape ในทางกลับกันของกราฟลักษณะนี้เรียกว่า reverse J shape สามารถพบได้ในการแข่งขันเรือกรรเชียงระยะทาง 2000 เมตร ส่วนกราฟที่มีเปอร์เซ็นต์ความเร็วเพิ่มขึ้นและลดลงเท่าๆ กันในระหว่างการแข่งขันแทนด้วยกราฟ U-shape



ภาพที่ 6 เวลาในแต่ละช่วงของการแข่งขันวิ่ง 1500 เมตรชาย
(Thompson KG. 2014)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



ภาพที่ 7 กลยุทธ์แบบพาราโบลิกรูปแบบต่างๆ รูปตัว J รูปตัว J กลับด้านและรูปตัว U (Edwards, A. 2012)

ในการใช้กลยุทธ์แบบพาราโบลิค (parabolic pacing) พบว่ามีการใช้พลังงานจำนวนมากในช่วงเริ่มต้นและช่วงท้ายของการแข่งขัน ซึ่งนักกีฬาต้องใช้ความสามารถด้านแอนแอโรบิค (anaerobic) อย่างไรก็ตามระบบพลังงานแบบแอนแอโรบิคจะถูกจำกัดการสร้างพลังงานโดยสัมพันธ์กับความล้าของนักกีฬา ถ้ามีการใช้พลังงานแบบแอนแอโรบิคมากในช่วงเริ่มต้นการแข่งขัน การเร่งความเร็วในช่วงท้ายการแข่งขันก็จะทำได้น้อยลงสัมพันธ์กับการใช้พลังงานในช่วงเริ่มต้นการแข่งขัน เพราะพลังงานแบบแอนแอโรบิคที่เหลืออยู่มีน้อยและความล้าที่เกิดขึ้นกับนักกีฬามีมาก เนื่องจากร่างกายไม่สามารถสร้างพลังงานขึ้นมาใหม่ได้ทัน แม้ว่าการสร้างพลังงานขึ้นมาทดแทนใหม่อาจเป็นไปได้ในการแข่งขันกีฬาระยะไกล จากข้อมูลเหล่านี้สามารถกล่าวได้ว่าความเร็วในช่วงเริ่มต้นการแข่งขันและช่วงท้ายการแข่งขันเป็นสิ่งที่สำคัญที่สุดในการแข่งขันระยะกลาง

กล่าวโดยสรุปได้ว่ากลยุทธ์การแข่งขันแบบพาราโบลิคเป็นกลยุทธ์ที่นิยมใช้ในการแข่งขันกีฬาระยะกลางและระยะไกล โดยมีการเร่งความเร็วในช่วง 10-20 เปอร์เซ็นต์สุดท้ายของการแข่งขัน ซึ่งพบการใช้กลยุทธ์แบบนี้ในการแข่งขันกีฬาระยะกลางและระยะไกล โดยพบว่าการเร่งความเร็วในช่วงท้ายการแข่งขันก็จะสัมพันธ์กับการใช้พลังงานในช่วงเริ่มต้นการแข่งขัน เพราะนักกีฬาต้องใช้ความสามารถด้านแอนแอโรบิคซึ่งจะถูกจำกัดการสร้างพลังงานโดยสัมพันธ์กับความล้าของนักกีฬา ถ้ามีการใช้พลังงานแบบแอนแอโรบิคมากในช่วงเริ่มต้นการแข่งขัน การเร่งความเร็วในช่วงท้าย

การแข่งขันก็จะทำได้น้อยลงเพราะพลังงานแบบแอนแอโรบิคที่เหลืออยู่มีน้อยและความล้าที่เกิดขึ้นกับนักกีฬามีมาก เนื่องจากร่างกายไม่สามารถสร้างพลังงานขึ้นมาใหม่ได้ทัน

2.3.6 กลยุทธ์แบบเปลี่ยนแปลงจังหวะ (Variable Pacing)

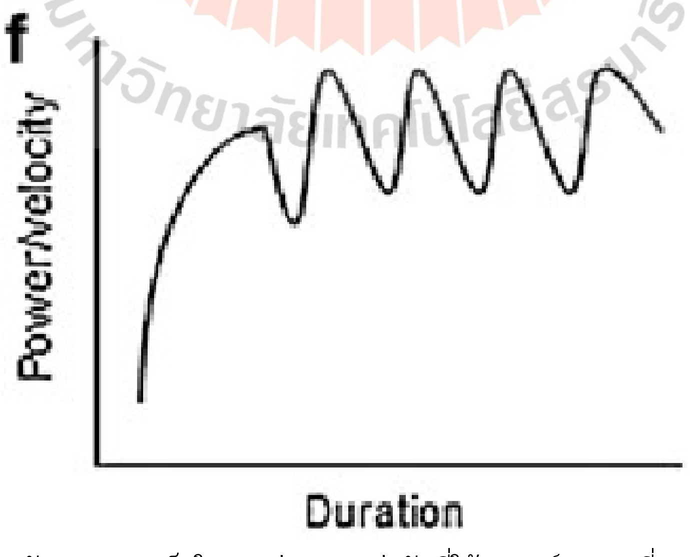
มีหลายเหตุผล ที่นักกีฬาเปลี่ยนแปลงจังหวะความเร็วตลอดช่วงการแข่งขัน เนื่องจากการตัดสินใจเลือกกลยุทธ์การแข่งขันขึ้นอยู่กับปัจจัยภายนอกหลายอย่าง เช่น ชนิดของการแข่งขัน ระยะเวลาการแข่งขัน จังหวะความเร็วของนักกีฬา สภาวะแวดล้อม (อุณหภูมิ ความชื้น ระดับน้ำทะเล ลม) ภูมิประเทศของสนาม (ทางราบ ขึ้นเขา ลงเขา น้ำเรียบ มีคลื่น ความลึกของสระน้ำ สภาวะที่เป็นน้ำแข็ง) การแข่งขันที่มีหลายช่วง เช่นการแข่งขันจักรยานประเภทถนนรายการใหญ่ๆ ซึ่งนักกีฬาจะต้องแข่งขันหลายวันในหลายๆ ภูมิประเทศ จากการศึกษาพบว่านักกีฬาจะจำกัดความพยายามในบางวันและจะใช้ความพยายามอย่างมากในบางวัน ตัวอย่างเช่น ความหนักในการแข่งขันและระยะเวลาที่ออกแรงพยายาม ซึ่งพบว่ามีค่าสูงในช่วงขึ้นเขาซึ่งมากกว่าช่วงที่เป็นกึ่งขึ้นเขาและทางราบ ความหลากหลายหรือการเปลี่ยนแปลงกลยุทธ์ที่หลากหลายในระหว่างการแข่งขันจึงถูกพัฒนาขึ้นโดยนักกีฬาเพื่อต่อต้านการเปลี่ยนแปลงของสภาวะแวดล้อมภายนอก อย่างไรก็ตาม มีการศึกษาเพียงเล็กน้อยในปัจจุบันที่มีการศึกษากลยุทธ์แบบเปลี่ยนแปลงจังหวะและผลของกลยุทธ์แบบนี้ต่อความสามารถของนักกีฬา

จากการศึกษาในห้องทดลอง พบว่าถ้าระยะเวลาการออกกำลังกายและงานรวมในแต่ละช่วงที่ใช้ในการปั่นจักรยานสัมพันธ์กัน การตอบสนองทางด้านสรีรวิทยาระหว่างการออกกำลังกายโดยใช้กลยุทธ์ even-paced และแบบเปลี่ยนแปลงจังหวะ (variable pacing) มีความคล้ายคลึงกันตราบใดที่พลังงานที่ใช้ระหว่างช่วงมีการกำหนดอย่างถูกต้อง จากการศึกษาพบว่าการเปลี่ยนแปลงพลังงานที่ใช้อยู่ในช่วงระหว่างบวกลบ 5 เปอร์เซ็นต์และความเร็วที่ใช้อยู่ในช่วงบวกลบประมาณ 2-3 เปอร์เซ็นต์ ผลการศึกษาไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของ อัตราการใช้ออกซิเจน (Oxygen uptake) อัตราการเต้นของหัวใจและการตอบสนองของแลคเตรทในเลือด และความรู้สึกเหนื่อย (perceived exertion) ในระหว่างปั่นจักรยาน ซึ่งต่างจากการศึกษาการวิ่งที่มีความขัดแย้งกับข้อสรุปดังกล่าว อย่างไรก็ตามคำแนะนำที่ว่าควรใช้จังหวะความเร็วในการแข่งขันที่คงที่อาจไม่เป็นประโยชน์เสมอไป Billat และคณะรายงานว่าเมื่อนักกีฬาวิ่งระยะทาง 10 กิโลเมตรในจังหวะความเร็วคงที่ พบว่ามีการตอบสนองทางด้านสรีรวิทยาที่สูงกว่า เช่น อัตราการเต้นของหัวใจสูงขึ้น การใช้ออกซิเจนและแลคเตรทในเลือดสูงกว่าเมื่อวิ่งด้วยความเร็วเฉลี่ยที่คงที่แต่จังหวะความเร็วที่อิสระ

อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงความหนักในระหว่างการแข่งขันจะทำให้เกิดผลกระทบในลักษณะตรงกันข้าม Palmer และคณะพบว่าความเข้มข้นของแลคเตรทในเลือดและปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของคาร์โบไฮเดตรมีอัตราเพิ่มขึ้นในระหว่างปั่นจักรยาน 140 นาทีโดยมีการแปรผันจังหวะความเร็วในการปั่น อยู่ในช่วงระหว่าง 40 ถึง 80 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด เมื่อ

เปรียบเทียบกับจังหวะความเร็วในการปั่นแบบคงที่ ที่ประมาณ 65 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด และจากงานวิจัยของ Thomas และคณะ (1988) ศึกษาการปั่นจักรยานด้วยกลยุทธ์แบบ event pacing ระยะทาง 20 กิโลเมตร พบว่าเวลาและงานที่ใช้ในการปั่นจักรยานมีความสัมพันธ์กัน และยังพบว่าการเปลี่ยนแปลงด้านสรีรวิทยาเกิดขึ้นน้อยกว่าเมื่อเทียบกับการปั่นจักรยานด้วยกลยุทธ์แบบเปลี่ยนแปลงจังหวะ (variable pacing) และพบว่าระดับความเหนื่อย (rating of perceived exertion) ลดลง โดยในการศึกษานี้ทำการศึกษาการใช้กลยุทธ์แบบเปลี่ยนแปลงจังหวะ (variable pacing) โดยการเปลี่ยนแปลงกำลังที่ใช้ในการปั่นอยู่ในช่วงระหว่าง 142 ถึง 70 เปอร์เซ็นต์ของกำลังเฉลี่ย ส่วนการปั่นด้วยกลยุทธ์แบบ self-pace ใช้อัตราส่วนของกำลังที่ใช้เป็น 1 ต่อ 1.5

Theurel และ Lepers เปรียบเทียบการตอบสนองทางด้านสรีรวิทยาเมื่อปั่นจักรยานด้วยกำลังที่ใช้คงที่ในระดับความหนักประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด ในส่วนกลยุทธ์แบบเปลี่ยนแปลงจังหวะ (variable pacing) ทำการศึกษาโดยเปลี่ยนระดับความหนักจากระดับปานกลางประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด เป็นความหนักในการออกกำลังกายที่หนักมาก โดยออกกำลังกายที่ระดับความหนักสูงสุด 10 ถึง 20 วินาที ในลักษณะเป็นช่วงสั้นๆ พบว่าการแปรผันพลังที่ใช้ทำให้เกิดความล้าของกล้ามเนื้อเพิ่มมากขึ้นและมีการใช้พลังงานแบบแอนแอโรบิค (anaerobic) มากขึ้น จากการศึกษานี้พบว่า กลยุทธ์แบบ even pacing เหมาะสมกว่ากลยุทธ์แบบเปลี่ยนแปลงจังหวะ (variable pacing) โดยเฉพาะในการแข่งจักรยานแบบจับเวลา (time trials) เพราะกลยุทธ์แบบเปลี่ยนแปลงจังหวะ (variable pacing) มีประสิทธิภาพการใช้พลังงานน้อยกว่า แม้ว่าจะมีการแปรผันของกำลังที่ใช้ซึ่งจะไปจำกัดผลกระทบทางด้านสรีรวิทยาน้อยกว่า (บวกลบ 5 เปอร์เซ็นต์)



ภาพที่ 8 พลังและความเร็วในระหว่างการแข่งขันที่ใช้กลยุทธ์แบบเปลี่ยนแปลงจังหวะ

(Edwards, A. 2012)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สามารถกล่าวโดยสรุปได้ว่ากลยุทธ์การแข่งขันแบบเปลี่ยนแปลงจังหวะ (variable pacing) เป็นกลยุทธ์ที่นักกีฬามีการเปลี่ยนแปลงจังหวะความเร็วตลอดช่วงการแข่งขัน โดยขึ้นอยู่กับปัจจัยภายนอกหลายอย่าง เช่น ชนิดของการแข่งขัน ระยะเวลาการแข่งขัน จังหวะความเร็วของนักกีฬาคู่แข่งขัน สภาวะแวดล้อม ภูมิประเทศของสนาม ที่ใช้ในการแข่งขัน

2.3.7 บทสรุปกลยุทธ์แบบต่างๆ

ความหลากหลายของกลยุทธ์การแข่งขันที่พบในแต่ละชนิดกีฬามีผลมาจากการตอบสนองทางด้านสรีรวิทยาและทางด้านจิตวิทยาของนักกีฬาในระหว่างการแข่งขัน ในบางชนิดกีฬาต้องสร้างกลยุทธ์การแข่งขันที่เหมาะสมที่สุดเพื่อให้เกิดความสามารถสูงสุด แต่ในการแข่งขันบางชนิดกีฬา เช่น ในกีฬาระยะสั้นซึ่งไม่ต้องการปัจจัยทางด้านแทคติค ดังนั้นการเลือกใช้กลยุทธ์การแข่งขันอาจไม่มีความจำเป็นเพราะนักกีฬาจะออกแรงสูงสุดตั้งแต่เริ่มต้นการแข่งขันจนกระทั่งสิ้นสุดการแข่งขัน อย่างไรก็ตามในการแข่งขันกีฬาระยะกลางและระยะไกลการชนะการแข่งขันต้องการการใช้กลยุทธ์การแข่งขันที่เหมาะสมที่สุด ดังนั้นผู้ฝึกสอนและนักกีฬาจำเป็นต้องพิจารณาเกี่ยวกับความสมารถในการแข่งขันของนักกีฬาเพื่อที่จะตัดสินใจเลือกกลยุทธ์สำหรับใช้ในการแข่งขัน ไม่เพียงแต่กีฬาประเภทบุคคลเท่านั้นกลยุทธ์การแข่งขันยังมีความสำคัญในกีฬาฟุตบอลและกีฬาประเภททีมด้วยเช่นกันเพื่อให้การจัดการความเมื่อยล้าทางด้านสรีรวิทยาถูกจัดการในระหว่างการเปลี่ยนแปลงความเร็วในการวิ่ง

ตารางที่ 1 รูปแบบกลยุทธ์การแข่งขันที่นิยมใช้ในการแข่งขันกีฬา

รูปแบบกลยุทธ์	**คำอธิบาย**
All-out pacing	นักกีฬาจะออกแรงสูงสุดตลอดช่วงการแข่งขัน
Positive pacing	นักกีฬาเริ่มต้นการแข่งขันด้วยความเร็ว แต่ไม่ใช่ความเร็วสูงสุด แต่ความหนักในการออกแรงก็จะมากพอที่จะทำให้ความเร็วในการแข่งขันลดลงเนื่องจากความล้าที่เกิดขึ้นตลอดเวลาในระหว่างการแข่งขัน
Even pacing	นักกีฬาจะมีการบริหารจัดการพลังงานระหว่างการแข่งขัน โดยจะมีการเร่งความเร็วในช่วงเริ่มต้นการแข่งขัน หลังจากนั้นความเร็วจะถูกรักษาไว้ด้วยความเร็วคงที่จนกระทั่งสิ้นสุดการแข่งขัน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Negative pacing	นักกีฬาเริ่มต้นการแข่งขันด้วยความเร็วช้าๆแล้วค่อยๆ เพิ่มความเร็วขึ้นตลอดช่วงการแข่งขัน
Parabolic pacing	นักกีฬาเริ่มต้นการแข่งขันด้วยความเร็วและลดความเร็วลงในช่วงกลางของการแข่งขันและเพิ่มความเร็วขึ้นอีกครั้งในช่วงท้ายของการแข่งขัน
Variable pacing	นักกีฬาจะมีการเพิ่มความเร็วและลดความเร็วหลายครั้งในระหว่างการแข่งขัน โดยการเปลี่ยนแปลงจังหวะความเร็วจะสัมพันธ์กับปัจจัยภายนอก เช่น ภูมิประเทศของสนามแข่งขันและกลยุทธ์การแข่งขันของนักกีฬาคนอื่น

2.4 สรรีวิทยาสำหรับกลยุทธ์การแข่งขัน

จากการศึกษาที่ผ่านมาแสดงให้เห็นว่านักกีฬาเรือกรรเชียงจะมีความสามารถด้านแอโรบิคสูง ซึ่งความสามารถด้านนี้จะเป็นตัวกำหนดว่านักกีฬาจะมีพลังงานสำหรับใช้ในการแข่งขันมากน้อยเพียงใด โดยพิจารณาจากอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด ซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณเลือดที่หัวใจสูบฉีดในหนึ่งนาทีรวมถึงปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการนำออกซิเจนจากอากาศผ่านเข้าไปในกระแสเลือด นอกจากนั้นยังพิจารณาจากเครื่องมือที่ใช้ในการสร้างพลังงานแบบแอโรบิคของกล้ามเนื้อที่เรียกว่า ไมโตรคอนเดีย เป็นที่ทราบกันดีว่าหลังจากที่นักกีฬาฝึกความทนทานจะเกิดการปรับตัวของระบบต่าง ๆ ภายในร่างกาย เช่น มีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของหัวใจและเพิ่มปริมาณการจับออกซิเจนของเซลล์เม็ดเลือดแดง ซึ่งนำไปสู่การพัฒนาความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ยิ่งไปกว่านั้นหัวใจและกล้ามเนื้อลายยังมีการปรับตัวทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงการไหลเวียนของเลือด ผลของการฝึกความทนทานยังสามารถช่วยพัฒนาอัตราการส่งออกซิเจนในระหว่างออกกำลังกายและแข่งขันกีฬา จึงทำให้เกิดการพัฒนาประสิทธิภาพการเคลื่อนไหวของนักกีฬาเพิ่มมากขึ้น และยังช่วยให้การสร้างพลังงานและการใช้พลังงานมีประสิทธิภาพมากขึ้น ตลอดจนช่วยในการการใช้พลังงานสำรองจากคาร์โบไฮเดตรและลดการผลิตพลังงานแบบแอนแอโรบิคระหว่างการแข่งขันซึ่งจะช่วยลดอัตราความเมื่อยล้าในระหว่างการแข่งขัน

แม้ว่าเราจะเข้าใจลักษณะของข้อจำกัดด้านสรีรวิทยาต่อความสามารถของนักกีฬาเป็นอย่างดี แต่ในบางครั้งก็เป็นเรื่องน่าประหลาดใจว่าร่างกายสามารถใช้ประโยชน์จากผลของการฝึกซ้อมและการปรับตัวของร่างกายต่อการปรับเปลี่ยนกลยุทธ์การแข่งขันของนักกีฬาได้อย่างไร ในช่วงต้นปี 1990 เมื่อ Foster และคณะตีพิมพ์บทความทางวิทยาศาสตร์โดยพูดถึงเรื่องเกี่ยวกับการที่นักกีฬาพยายามจัดการแหล่งพลังงานระหว่างแข่งขันอย่างไร ทำให้ต่อมามีงานวิจัยด้านนี้เพิ่มมากขึ้น โดย

นักวิทยาศาสตร์การกีฬาได้มีการศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบของตัวแปรทางด้านสรีรวิทยาและตัวแปรด้านจิตวิทยาในขณะที่นักกีฬาออกกำลังกายด้วยจังหวะความเร็วของเขาเองอย่างอิสระ ต่อมาได้มีการพัฒนาการศึกษาวิจัยด้านนี้อย่างต่อเนื่อง เริ่มมีการพัฒนาแบบจำลองที่ซับซ้อนเกี่ยวกับการควบคุมจังหวะความเร็วในการออกกำลังกายเพื่อที่จะอธิบายว่าจังหวะความเร็วที่ใช้ในการออกกำลังกายที่เหมาะสมที่สุดของมนุษย์เป็นอย่างไร

งานวิจัยที่ทำให้ทำให้เข้าใจเกี่ยวกับสรีรวิทยาของจังหวะความเร็วในการออกกำลังกายทำการศึกษาโดย Turner เป็นการอธิบายถึงเหตุผลที่นักกีฬาแสดงความสามารถออกมาได้ดีกว่าเมื่อใช้จังหวะความเร็วที่ใช้ในการแข่งเมื่อเทียบกับการใช้จังหวะความเร็วที่ไม่ใช่จังหวะความเร็วในการแข่งขันเป็นเพราะความแตกต่างทางด้านสรีรวิทยาซึ่งเป็นผลมาจากความสัมพันธ์ระหว่างความเครียดทางด้านร่างกายและจิตใจ หมายถึงการที่นักกีฬาออกกำลังกายในระยะทางที่กำหนดจะต้องใช้กล้ามเนื้อทำงานเป็นจำนวนมากและเลือดต้องเคลื่อนย้ายของเสียรวมทั้งมีการขับกรดยูริคออกจากร่างกายมากกว่าคนที่ออกกำลังกายในระดับความหนักที่ต่ำกว่าในระยะเวลาที่เท่ากัน เลือดจะลำเลียงสารที่เป็นพิษทำให้สมองมึนงงส่งผลให้ความสามารถของร่างกายลดลงและเป็นผลโดยตรงต่อการกระตุ้นการหดตัวของกล้ามเนื้อ ทำให้กล้ามเนื้อประกอบไปด้วยเลือดที่ไม่บริสุทธิจึงสูญเสียความสามารถในการหดตัว Turner พบว่า เกิดกรดคาร์บอนิค กรดแลคติคและกรดยูริค ปริมาณมากในขณะที่สมองกำลังทำงาน ดังนั้นนักกีฬาที่แข่งขันในสภาวะที่สมองเกิดความวิตกกังวลจะเกิดความวิตกกังวลสูงกว่า

Triplett ได้อธิบายถึงทฤษฎีความวิตกกังวลของสมองว่าเป็นเรื่องยากสำหรับผู้ที่นำในระหว่างการแข่งขันที่จะชนะการแข่งขันด้วยการใช้จังหวะความเร็วในการแข่งขันในลักษณะที่ไม่เป็นจังหวะ เขากล่าวว่าในการกำหนดจังหวะความเร็วในขณะแข่งขันผู้ที่นำในระหว่างการแข่งขันจะพบกับความวิตกกังวลทางสมองมากกว่าผู้ตาม Turnner ให้เหตุผลว่าผู้ที่นำในระหว่างการแข่งขันจะกังวลเกี่ยวกับเรื่องที่ว่าเขาเคลื่อนที่เร็วพอที่จะทำให้คู่ต่อสู้หมดแรงหรือไม่ในขณะที่คู่ต่อสู้พยายามที่จะเร่งความเร็วขึ้นมา และในลำดับต่อมาระบบประสาทของผู้ที่นำในระหว่างการแข่งขันจะค่อยๆ วิตกกังวลมากขึ้น ในขณะที่ความพยายามของกล้ามเนื้อและประสาทเกิดการการตอบสนองโดยทำให้เกิดความล้าและเกิดการหมดแรง Triplett ได้ให้หมายเหตุในบทความว่านักจักรยานสามารถปั่นได้อัตโนมัติโดยประสาทระดับไขสันหลังสั่งงานไปยังกล้ามเนื้อ และสมองมีบทบาทเพียงแค่การเพิ่มความสามารถของกล้ามเนื้อในการเปลี่ยนจังหวะการปั่น ดังนั้นเมื่อใกล้ถึงเส้นชัยสิ่งที่นักจักรยานรอคอยคือการเร่งความเร็วเข้าเส้นชัย สมองของเขาจะกลับมาควบคุมอีกครั้งหนึ่งโดยติดต่อสื่อสารกับกล้ามเนื้อ ในขณะที่การทำงานของสมองของผู้นำทำให้เกิดความเมื่อยล้าที่มากขึ้น

2.5 การเคลื่อนที่ของเรือกรรเชียง

การศึกษาการพายเรือกรรเชียงมีความจำเป็นที่ต้องเข้าใจเกี่ยวกับสรีรวิทยาของการพายเรือ การเคลื่อนไหวของเรือเกิดจากการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าและกลับมาด้านหลังของนักกีฬาที่นั่งอยู่บนเรือโดยการดึงใบพายที่วางอยู่ในน้ำ ทำให้เรือเกิดการเคลื่อนที่ไปบนผิวน้ำ เมื่อนักกีฬาออกแรงดึงด้ามพายทำให้เกิดแรงขับเคลื่อนเรือไปข้างหน้า วิธีการและเทคนิคที่นักกีฬาใช้จะต้องมีความเหมาะสมกับการใช้กลุ่มกล้ามเนื้อเพื่อให้เกิดแรงสูงสุดในการขับเคลื่อนเรือไปข้างหน้า การพายที่เหมาะสมจะทำให้ความเร็วเรือในการพายแต่ละครั้งสูงสุดและจะทำให้ใช้เวลาน้อยที่สุดในการพายระยะทาง 2000 เมตร ในแต่ละครั้งที่นักกีฬาออกแรงดึงด้ามพายจะใช้แรงสูงถึง 40 ถึง 45 กิโลกรัมโดยในการพายระยะทาง 2000 เมตรนั้นนักกีฬาต้องพายถึง 220 ถึง 250 ครั้ง

จากการศึกษาเกี่ยวกับการแข่งขันเรือกรรเชียงสามารถแบ่งช่วงต่าง ๆ ในการแข่งขันออกเป็นสามช่วงหลักๆ คือ ช่วงเริ่มต้นการแข่งขัน เป็นช่วงที่นักกีฬาเริ่มเคลื่อนตัวออกจากจุดเริ่มต้นจนกระทั่งถึงระยะทางประมาณ 200 เมตร ช่วงกลางของการแข่งขัน เป็นช่วงระยะทางตั้งแต่ 200 เมตรจนกระทั่งถึงระยะทางประมาณ 1800 เมตร โดยในช่วงนี้ความเร็วเรือจะค่อย ๆ ลดลง และช่วงท้ายของการแข่งขัน เป็นช่วงระยะทางประมาณ 1800 เมตรจนถึงเส้นชัยระยะทาง 2000 เมตรช่วงนี้นักกีฬาจะเร่งความเร็วเต็มที่จนผ่านเส้นชัย

ในช่วงเริ่มต้นการแข่งขันอัตราการพายในช่วงนี้จะสูงกว่าช่วงกลางของการแข่งขันและความเร็วของเรือจะสูงกว่าความเร็วเฉลี่ยของการแข่งขัน พลังงานที่ใช้ในการเพิ่มความเร็วเรือในช่วงเริ่มต้นการแข่งขันได้มาจากพลังงานที่สะสมอยู่ในกล้ามเนื้อ อย่างไรก็ตามในช่วงเริ่มต้นการแข่งขันนี้กล้ามเนื้อจะทำงานโดยมีออกซิเจนไม่เพียงพอในการสลายพลังงาน ขบวนการนี้เรียกว่าขบวนการเผาผลาญแบบแอนแอโรบิค (ปราศจากออกซิเจน) ผลลัพธ์ที่ตามมาคือเกิด กรดแลคติก ซึ่งการสะสมของกรดแลคติกเป็นสาเหตุให้เกิดการล้าของกล้ามเนื้อในนักกีฬา ในช่วงกลางของการแข่งขันนักกีฬาจะใช้พลังงานที่ได้จากการเปลี่ยนแปลงพลังงานที่สะสมไว้โดยใช้ออกซิเจน การมีออกซิเจนที่เพียงพอในระบบจะช่วยให้การสลายพลังงานทำได้สมบูรณ์ ซึ่งขบวนการนี้เรียกว่าขบวนการเผาผลาญพลังงานแบบแอโรบิค ช่วงของขบวนการนี้จะดำเนินต่อไปประมาณ 4-6 นาทีและเป็นที่น่าสังเกตว่าขบวนการเผาผลาญพลังงานแบบแอโรบิคจะผลิตพลังงานได้มากกว่าขบวนการแบบแอนแอโรบิคถึง 18 เท่า และไม่มีผลผลิตที่เป็นของเสียที่เกิดจากกรดแลคติก อย่างไรก็ตามขบวนการเผาผลาญพลังงานแบบแอนแอโรบิคจะให้พลังงานได้เร็วกว่าและช่วยให้กล้ามเนื้อหดตัวได้เร็วกว่า ดังนั้นนักกีฬาเรือกรรเชียงจะพยายามเพิ่มอัตราการพายในช่วงเริ่มต้นการแข่งขันรวมถึงช่วงท้ายของการแข่งขันหรือในช่วงที่นักกีฬาต้องการเร่งความเร็วเพื่อทำให้ความเร็วของเรือเพิ่มขึ้น การเพิ่มอัตราการพายส่งผลให้ความเร็วเรือเพิ่มขึ้นซึ่งจะทำให้ความต้องการพลังงานเพิ่มขึ้นเช่นกัน โดยพลังงานที่เพิ่มขึ้นนี้จะเกินความสามารถของขบวนการเผาผลาญพลังงานแบบแอโรบิคเพื่อเตรียมกำลังงานให้เพียงพอกับการใช้งาน ดังนั้น

ขบวนการเผาผลาญพลังงานแบบแอนแอโรบิกจึงถูกนำมาใช้เพื่อเผาผลาญพลังงานและทำให้เกิดกรดแลคติกเพิ่มขึ้น

2.6 ชีวกลศาสตร์ของการพายเรือ

การศึกษากลยุทธ์ของการพายเรือจะเกี่ยวข้องกับเทคนิคการพาย การมีเทคนิคการพายที่ดีจะทำให้นักกีฬาสามารพนำใบพายลงสู่น้ำและขึ้นจากน้ำได้อย่างสมบูรณ์ทำให้แรงต้านทานเกิดขึ้นน้อย ขณะออกแรงดึงพายก็จะออกแรงได้สัมพันธ์กับความเร็วในการเคลื่อนที่ของเรือ การที่นักกีฬาจะปฏิบัติเทคนิคการพายได้อย่างเหมาะสมต้องอาศัยองค์ความรู้ทางด้านชีวกลศาสตร์เป็นเครื่องมือชี้วัด ดังนั้นการศึกษานี้จึงได้ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับชีวกลศาสร์ของการพายเรือเพื่อใช้อธิบายเหตุและผลที่เกิดขึ้นกับกลยุทธ์แบบต่างๆ ที่นักกีฬาใช้ในการพายเรือกรรเชียง โดยงานวิจัยทางด้านชีวกลศาสตร์นิยมศึกษาตัวแปรเกี่ยวกับ คิเนเมติกส์ ซึ่งเป็นการศึกษาถึงตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่และ คิเนติกส์จะศึกษาเกี่ยวกับตัวแปรที่เป็นสาเหตุทำให้เรือเคลื่อนที่

สำหรับการศึกษาทางด้านคิเนเมติกส์ของการพายเรือได้มีการศึกษาในหลายลักษณะและกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษาจะมีทั้งในนักกีฬาที่มีทักษะสูงและนักกีฬาที่มีทักษะต่ำ โดยมีการนำเครื่องมือทางชีวกลศาสตร์หลายชนิดมาใช้ในการวิเคราะห์ตัวแปรที่ศึกษา การศึกษาทางด้านคิเนเมติกส์นั้นจะทำการศึกษาเกี่ยวกับความเร็วของใบพายในกลุ่มนักกีฬาที่มีทักษะต่างกัน เพื่อศึกษาว่านักกีฬาที่มีทักษะแตกต่างกันนั้นจะมีเทคนิคการพายเรือเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร มีการศึกษาตัวแปรด้านความเร็วของใบพายขณะที่นักกีฬาพายเรือกรรเชียง เพื่อนำความรู้ที่ได้ไปพัฒนาทักษะและเทคนิคการพายของนักกีฬา มีการศึกษาถึงความเร็วสัมพัทธ์ระหว่างความเร็วของใบพายกับความเร็วของเรือ เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วเรือกับความเร็วของใบพายที่ส่งผลต่อความเร็วในการเคลื่อนที่เรือเพราะการพายที่ใบพายไม่สัมพันธ์กับความเร็วเรือจะทำให้เกิดแรงต้านทานมากขึ้นส่งผลให้ความเร็วเรือลดลง นอกจากนั้นแล้วงานวิจัยที่ทำการศึกษาความเร็วของเรือ จะมุ่งเน้นไปยังการศึกษาถึงตัวแปรที่มีผลกระทบต่อความเร็วของเรือ โดยศึกษาว่าตัวแปรใดส่งผลต่อการขับเคลื่อนเรือและตัวแปรใดที่ส่งผลถึงแรงต้านทานเรือเพื่อนำไปปรับใช้ในการพายพายเรือ มีการศึกษาถึงมุมในการพายเรือเพื่อเปรียบเทียบระหว่างนักกีฬาที่มีความสามารถแตกต่างกันจะมีมุมในการพายเรือเหมือนหรือต่างกันอย่างไรในขณะที่ใบพายลงสู่น้ำ มีงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับความเร็วเชิงมุมของพาย เพื่อหาความสัมพันธ์กับอัตราการพายที่จะส่งผลต่อความเร็วของเรือว่าการพายด้วยความเร็วเชิงมุมของพายเท่าใดจะทำให้เรือเคลื่อนที่ได้เร็วที่สุด มีการศึกษาการเคลื่อนที่ของด้ามจับพาย เพื่อศึกษาวิถีการเคลื่อนที่ของด้ามพาย

ในขณะพายว่ามีลักษณะรูปทรงการเคลื่อนที่อย่างไร มีงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับมุมปะทะของใบพายขณะที่ใบพายลงสู่น้ำเพื่อนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษามาใช้เป็นข้อมูลกำหนดแรงต้านทานที่เกิดขึ้นบนใบพาย มีการศึกษาถึงลักษณะการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางมวลระหว่างที่นักกีฬาพายเรือกรรเชียงเพื่อศึกษาระยะทางการเคลื่อนที่ของมวลในการพายด้วยเทคนิคที่แตกต่างกันของนักพายเรือเพราะนักกีฬาที่มีเทคนิคแตกต่างกัน รูปร่างต่างกันจะมีลักษณะการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางมวลแตกต่างกัน มีการศึกษาวิจัยด้านคิเนเมติกส์เกี่ยวกับความเร็วและความเร่งของนักพายเรือขณะเคลื่อนตัวบนที่นั่งโดยศึกษาความเร็วและความเร่งขณะเคลื่อนตัวกลับเพื่อศึกษาว่าการเคลื่อนที่ในลักษณะต่างๆ ส่งผลต่อความเร็วของเรืออย่างไร มีการศึกษาลักษณะท่าทางการพายของนักกีฬาโดยศึกษาระยะทางเชิงมุมของข้อต่อต่างๆ ในร่างกายของนักกีฬาเพื่อศึกษาการเคลื่อนที่ของข้อต่อของนักกีฬาว่าสอดคล้องกับรูปแบบการออกแรงของข้อต่อแต่ละข้อว่าส่งผลต่อการพายอย่างไร มีการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับความเร็วและความเร่งของส่วนต่างๆ ของร่างกาย เพื่อศึกษาว่าความเร็วและความเร่งของส่วนต่างๆ ของร่างกายมีความสัมพันธ์กับรูปแบบการออกแรงและความเร็วเรืออย่างไร มีการศึกษาตัวแปรที่เกี่ยวกับความเร็วในการพายเพียงครั้งเดียวเพื่อศึกษาว่าความเร็วในการพายหนึ่งครั้งส่งผลต่อความเร็วเรืออย่างไรทำให้เรือเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเท่าไหร่เกิดแรงต้านทานในลักษณะใดบ้าง ศึกษาลักษณะการเคลื่อนที่ของเรือโดยศึกษาการเปลี่ยนแปลงความเร็วของเรือ เพื่อศึกษาว่าการเคลื่อนที่ของเรือลักษณะใดที่ส่งผลต่อความเร็วของเรือ โดยจากการศึกษาพบว่าการพายเรือที่ไม่คงที่จะส่งผลต่อเวลาในการอย่างไร

สำหรับการศึกษาเกี่ยวกับคิเนติกส์ของการพายเรือกรรเชียง การศึกษาวิจัยวิจัยจะมุ่งเน้นไปยังตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับแรงกระทำที่กระทำกับเรือ ใบพายและตัวนักกีฬา โดยศึกษาแรงกระทำที่เป็นแรงภายในและแรงพายนอก มีการศึกษาแรงต้านทานประเภทต่างๆ ที่กระทำต่อตัวเรือเพื่อนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาไปพัฒนาและออกแบบเรือที่มีลักษณะลดแรงต้านทานทำให้เรือสามารถเคลื่อนที่ได้เร็วขึ้น และยังมีการศึกษาถึงแรงที่กระทำต่อใบพายเพื่อพัฒนาใบพายรูปทรงที่มีการลดแรงฉุดที่เกิดขึ้นบนใบพายขณะที่นักกีฬาพายเรือ ศึกษาถึงจุดศูนย์กลางมวลของนักกีฬาระหว่างการพายเรือเพื่อนำไปพัฒนาเทคนิคการพายเพราะการพายเรือในน้ำนักกีฬาต้องทรงตัวบนเรือเพื่อรักษาสมดุลไม่ให้เรือคว่ำทำให้ต้องเกร็งกล้ามเนื้อซึ่งอาจทำให้นักกีฬาไม่สามารถออกแรงพายได้เต็มที่ มีการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับแรงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นบริเวณส่วนต่างๆ ของเรือ เช่นแรงกระทำบริเวณจุดยึดใบพาย แรงกระทำบริเวณด้ามจับพาย แรงกระทำบริเวณที่นั่งของนักกีฬา แรงกระทำบริเวณที่วางเท้านักกีฬา โดยงานวิจัยในกลุ่มนี้จะศึกษาข้อมูลเพื่อนำไปใช้ในการออกแบบอุปกรณ์ต่างๆ สำหรับเรือกรรเชียง รวมถึงการนำ

ข้อมูลไปใช้ในการปรับแต่งอุปกรณ์ให้เหมาะสมกับเทคนิคและความแข็งแรงของนักกีฬา และยังมีงานวิจัยที่ศึกษาวิจัยเกี่ยวกับลักษณะการออกแรงพายด้วยเทคนิคต่างๆ

นอกจากการศึกษาวิจัยการพายเรือกรรเชียงเพื่อพัฒนาความสามารถของนักกีฬาแล้ว ยังมีการศึกษาเกี่ยวกับการบาดเจ็บที่เกิดขึ้นกับนักกีฬาเรือกรรเชียง เพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุของการบาดเจ็บ เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ป้องกันการบาดเจ็บที่อาจเกิดขึ้นกับนักกีฬา มีการศึกษาวิ จัยถึงบริเวณต่างๆ ของร่างกายนักกีฬาเรือกรรเชียงที่มักเกิดการบาดเจ็บ เช่น การศึกษาการบาดเจ็บของหลังส่วนล่าง การศึกษาการบาดเจ็บบริเวณหัวไหล่ของนักกีฬาเรือกรรเชียง การศึกษาการบาดเจ็บบริเวณซี่โครง การศึกษาการบาดเจ็บบริเวณสะโพกและการศึกษาการบาดเจ็บบริเวณข้อมือ ซึ่งตำแหน่งการบาดเจ็บเหล่านี้เป็นตำแหน่งที่พบบ่อยในกลุ่มนักกีฬาเรือกรรเชียง โดยการศึกษาเน้นถึงสาเหตุที่ทำให้เกิดการบาดเจ็บและวิธีป้องกันรักษา

2.7 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการพายเรือ

การศึกษาการพายเรือกรรเชียงจำนวนมากให้ความสนใจเกี่ยวกับการจำลองแบบทางคณิตศาสตร์ของการพายเรือกรรเชียงโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของเรือในลักษณะต่างๆ ว่าเกี่ยวข้องกับตัวแปรใดบ้าง เพื่อนำความรู้ที่ได้จากการศึกษาไปพัฒนาความสามารถในการพายเรือของนักกีฬา โดยงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการพายเรือประกอบด้วย

การศึกษาโดยการพัฒนาแบบจำลองทางกลศาสตร์ของการพายเรือขึ้น โดยกำหนดให้การเคลื่อนที่ของเรือเป็นการเคลื่อนที่แบบหนึ่งมิติ (Alexander, 1925, Pope, 1973) โดยในสมการคณิตศาสตร์จะกำหนดค่าของแรงที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของเรือประกอบด้วย แรงฉุด แรงกระทำบนใบพาย แรงที่เกิดจากการออกแรงของนักกีฬาซึ่งเกิดจากการหดตัวของกล้ามเนื้อ ขา หลัง แขน โดยกำหนดให้การออกแรงของนักกีฬาจากส่วนต่างๆ ของร่างกายสัมพันธ์กับความเร็วเชิงมุมของพายในขณะที่นักกีฬาออกแรงดึงพายและกำหนดความสัมพันธ์ในการเคลื่อนที่ของนักกีฬาขณะเคลื่อนตัวในการออกแรงดึงพาย โดยสมการทางคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นมาจะถูกนำไปตรวจสอบความถูกต้องกับข้อมูลที่ได้จากการทดลอง มีการศึกษาเทคนิคการพายและอัตราการใช้พลังงานโดยศึกษาอัตราส่วนของกำลังงานที่ใช้ในการพายต่อพลังงานที่สูญเสียไปบริเวณใบพายเพื่อพิจารณาว่าหากขนาดของใบพายเปลี่ยนแปลงไปจะส่งผลต่อประสิทธิภาพการพายอย่างไรและยังศึกษาถึงรูปร่างของนักกีฬาที่แตกต่างกันจะมีผลต่อความได้เปรียบเสียเปรียบในการแข่งขันเพียงใดเพราะนักกีฬาที่มีรูปร่างแตกต่างกันอาจส่งผลต่อแรงฉุดของเรือทำให้เรือเคลื่อนที่ช้าลง (Sanderson & Martindale, 1986) มีการศึกแบบจำลองทางคณิตศาสตร์การออกแรงและการเคลื่อนที่ของเรือ โดยผลการศึกษาพบว่าการออกแรง

พายในรูปแบบที่แตกต่างกันจะส่งผลต่อความเร็วของเรือ (Millward, 1987) มีการศึกษาเกี่ยวกับพลังงานจลน์ในการเคลื่อนที่ของนักกีฬาระหว่างการเคลื่อนตัวออกแรงดึงพาย (Philip A. Wingard 1991) มีการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของนักกีฬาเรือกรรเชียงประเภท 8 ฝีพาย โดยศึกษาตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับความเร็วเรือและพลังงานที่นักกีฬาใช้ (Brearley, de Mestreม 1996) มีการศึกษาโดยการพัฒนาแบบจำลองการพายเรือแยกออกเป็นช่วงออกแรงดึงพายและช่วงเคลื่อนตัวกลับโดยมีการกำหนดรูปแบบการออกแรงพายของนักกีฬาให้เป็นฟังก์ชั่นของเวลา (Lazauskas, 1997) มีการศึกษาวิจัยโดยการนำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของเรือกรรเชียงประเภท 8 ฝีพายที่ได้รับการพัฒนาขึ้นมาไปประยุกต์ใช้กับเรือกรรเชียงประเภท 4 ฝีพายในนักกีฬาหญิง (Al Abrahamsen, 2001) มีการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อทำนายความเร็วของเรือโดยนำข้อมูลพิกัดของขา หลัง แขนของนักกีฬาในขณะเคลื่อนที่ไปด้านหน้าและหลังมาคำนวณความเร็วของเรือโดยสมการที่พัฒนา สามารถคำนวณหาแรงและคิเนเมติกส์ที่สอดคล้องกับข้อมูลของการพายเรือจริงในน้ำ (Cabrera, Ruina and Kleshnev, 2006) มีการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการพายเรือกรรเชียงโดยใช้แรงจากใบพายและแรงปฏิกิริยาของของไหลในการสร้างสมการการเคลื่อนที่ (Andrea Mola 2006) มีการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการพายเรือกรรเชียงโดยใช้แรงที่ใช้ในการดึงด้ามพายและการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางมวลเป็นข้อมูลป้อนเข้าสำหรับการคำนวณเพื่อทำนายความเร็วของเรือ (Kobayashi, and Kinoshita, 2003) มีการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการพายเรือกรรเชียงโดยพิจารณาแรงกระทำบนใบพายทั้งแรงฉุดและแรงยก ขนาดของใบพายและมุมปะทะ เพื่อนำมาใช้ในการคำนวณความเร็วเรือ (Vanholst 1996) มีการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการพายเรือกรรเชียงโดยพิจารณาอุณหภูมิของน้ำ พิจารณามุมเอียงของใบพาย กำหนดความสัมพันธ์ของความเร็วของขา หลัง และแขนให้สัมพันธ์กับเรือ นำมาใช้เป็นข้อมูลในการศึกษา (Atkinson 2004)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

1. การกำหนดประชากรและการสุ่มกลุ่มตัวอย่าง
2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
3. การเก็บรวบรวมข้อมูล
4. การวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 การกำหนดประชากรและการสุ่มกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร

ประชากร เป็นนักกีฬาเรือกรรเชียงทีมชาติไทย นักกีฬาเรือพายจังหวัดนครราชสีมาและนักกีฬาเรือพายมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

การเลือกกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่าง เป็นนักกีฬาเรือกรรเชียงทีมชาติไทย นักกีฬาเรือพายจังหวัดนครราชสีมาและนักกีฬาเรือพายมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จำนวน 30 คน แบ่งเป็น นักกีฬาชาย 15 คนและนักกีฬาหญิง 15 คน มีประสบการณ์การพายเรือกรรเชียงอย่างน้อย 1 ปี ไม่มีอาการบาดเจ็บที่เป็นสาเหตุให้หยุดซ้อมหรือแข่งขันโดยอยู่ในดุลยพินิจของผู้ฝึกสอน ได้มาจากการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Random Sampling) โดยนักกีฬาทุกคนสมัครใจเข้าร่วมงานวิจัย

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้ทำการเก็บข้อมูลทั้งบนบกและในน้ำเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องมากที่สุด ดังนั้นเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลจึงแยกเป็นเครื่องมือบนบกและในน้ำดังต่อไปนี้

1. เครื่องพายเรือกรรเชียง (Rowing Ergometer (Concept 2)) ใช้เก็บข้อมูลการพายที่เกี่ยวข้องกับ อัตราการพาย รูปแบบของแรงที่ใช้ในการพาย กำลังในการพาย ความเร็วเรือ ระยะทาง

2. ในน้ำใช้เครื่องวัดอัตราการพายและความเร็ว เครื่องวัดระยะทางและความเร็วระบบ GPS (Digi trainer) ซึ่งใช้เป็นเครื่องมือกำหนดอัตราการพายและใช้สำหรับวัดความเร็วเรือ

3. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์และการจำลองการพายเรือกรรเชียง เพื่อทำนายกลยุทธ์ที่เหมาะสมที่สุด

3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ทำหนังสือถึงสมาคมเรือพายแห่งประเทศ สโมสรกีฬาเรือพายจังหวัดนครราชสีมา และชมรมเรือพายมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี เพื่อขอความอนุเคราะห์กลุ่มตัวอย่าง เครื่องมือและสถานที่สำหรับใช้ในการวิจัยพร้อมทั้งศึกษารายละเอียดและวิธีการต่างๆ เพื่อให้เกิดความชำนาญก่อนเก็บข้อมูลจริง

2. ชี้แจงรายละเอียดต่างๆ เช่น วัตถุประสงค์ วิธีปฏิบัติ และประโยชน์ที่จะได้รับจากการเข้าร่วมการวิจัยให้กลุ่มตัวอย่างทุกคนรับทราบโดยละเอียด

3. จัดเตรียมสถานที่และอุปกรณ์ต่างๆ โดยจำลองสถานการณ์แข่งขันจริงตามกติกา

4. ให้กลุ่มตัวอย่างอบอุ่นร่างกายและยืดเหยียดกล้ามเนื้อให้พร้อม ก่อนการเก็บข้อมูล

3.3.1 การเก็บข้อมูลบนบก

กำหนดให้นักกีฬาพายด้วยอัตราการพายคงที่ระยะทาง 2000 เมตร ดังนี้

ระยะทาง 200 เมตร

กำหนดให้นักกีฬาพายด้วยอัตราการพายคงที่ระยะทาง 200 เมตร ดังนี้

การเก็บข้อมูลครั้งที่ 1

กำหนดให้พายด้วยอัตราการพาย 36 ครั้งต่อนาที ทำการบันทึก รูปแบบการออกแรงกำลัง ความเร็วเรือ เวลาการพายระยะทาง 200 เมตร

การเก็บข้อมูลครั้งที่ 2

กำหนดให้พายด้วยอัตราการพาย 38 ครั้งต่อนาที ทำการบันทึก รูปแบบการออกแรงกำลัง ความเร็วเรือ เวลาการพายระยะทาง 200 เมตร

การเก็บข้อมูลครั้งที่ 3

กำหนดให้พายด้วยอัตราการพาย 40 ครั้งต่อนาที ทำการบันทึก รูปแบบการออกแรงกำลัง ความเร็วเรือ เวลาการพายระยะทาง 200 เมตร

การเก็บข้อมูลครั้งที่ 4

กำหนดให้พายด้วยอัตราการพาย 42 ครั้งต่อนาที ทำการบันทึก รูปแบบการออกแรงกำลัง ความเร็วเรือ เวลาการพายระยะทาง 200 เมตร

การเก็บข้อมูลครั้งที่ 5

กำหนดให้พายด้วยอัตราการพาย 44 ครั้งต่อนาที ทำการบันทึก รูปแบบการออกแรงกำลัง ความเร็วเรือ เวลาการพายระยะทาง 200 เมตร

ระยะทาง 1800 เมตร

กำหนดให้นักกีฬาพายด้วยอัตราการพายคงที่ระยะทาง 1800 เมตร ดังนี้

การเก็บข้อมูลครั้งที่ 1

กำหนดให้พายด้วยอัตราการพาย 26 ครั้งต่อนาที ทำการบันทึก รูปแบบการออกแรงกำลัง ความเร็วเรือ เวลาการพายระยะทาง 1800 เมตร

การเก็บข้อมูลครั้งที่ 2

กำหนดให้พายด้วยอัตราการพาย 28 ครั้งต่อนาที ทำการบันทึก รูปแบบการออกแรงกำลัง ความเร็วเรือ เวลาการพายระยะทาง 1800 เมตร

การเก็บข้อมูลครั้งที่ 3

กำหนดให้พายด้วยอัตราการพาย 30 ครั้งต่อนาที ทำการบันทึก รูปแบบการออกแรงกำลัง ความเร็วเรือ เวลาการพายระยะทาง 1800 เมตร

การเก็บข้อมูลครั้งที่ 4

กำหนดให้พายด้วยอัตราการพาย 32 ครั้งต่อนาที ทำการบันทึก รูปแบบการออกแรงกำลัง ความเร็วเรือ เวลาการพายระยะทาง 1800 เมตร

การเก็บข้อมูลครั้งที่ 5

กำหนดให้พายด้วยอัตราการพาย 34 ครั้งต่อนาที ทำการบันทึก รูปแบบการออกแรงกำลัง ความเร็วเรือ เวลาการพายระยะทาง 1800 เมตร

การเก็บข้อมูลครั้งที่ 6

กำหนดให้พายด้วยอัตราการพาย 36 ครั้งต่อนาที ทำการบันทึก รูปแบบการออกแรงกำลัง ความเร็วเรือ เวลาการพายระยะทาง 1800 เมตร

3.3.2 การเก็บข้อมูลในน้ำ

กำหนดให้นักกีฬาพายด้วยอัตราการพายคงที่ระยะทาง 2000 เมตร ดังนี้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ระยะทาง 200 เมตร

กำหนดให้นักกีฬาพายด้วยอัตราการพายคงที่ระยะทาง 200 เมตร ดังนี้

การเก็บข้อมูลครั้งที่ 1

กำหนดให้พายด้วยอัตราการพาย 36 ครั้งต่อนาที ทำการบันทึก ความเร็วเรือ เวลาการพายระยะทาง 200 เมตร

การเก็บข้อมูลครั้งที่ 2

กำหนดให้พายด้วยอัตราการพาย 38 ครั้งต่อนาที ทำการบันทึก ความเร็วเรือ เวลาการพายระยะทาง 200 เมตร

การเก็บข้อมูลครั้งที่ 3

กำหนดให้พายด้วยอัตราการพาย 40 ครั้งต่อนาที ทำการบันทึก ความเร็วเรือ เวลาการพายระยะทาง 200 เมตร

การเก็บข้อมูลครั้งที่ 4

กำหนดให้พายด้วยอัตราการพาย 42 ครั้งต่อนาที ทำการบันทึก ความเร็วเรือ เวลาการพายระยะทาง 200 เมตร

การเก็บข้อมูลครั้งที่ 5

กำหนดให้พายด้วยอัตราการพาย 44 ครั้งต่อนาที ทำการบันทึก ความเร็วเรือ เวลาการพายระยะทาง 200 เมตร

ระยะทาง 1800 เมตร

กำหนดให้นักกีฬาพายด้วยอัตราการพายคงที่ระยะทาง 1800 เมตร ดังนี้

การเก็บข้อมูลครั้งที่ 1

กำหนดให้พายด้วยอัตราการพาย 26 ครั้งต่อนาที ทำการบันทึก ความเร็วเรือ เวลาการพายระยะทาง 1800 เมตร

การเก็บข้อมูลครั้งที่ 2

กำหนดให้พายด้วยอัตราการพาย 28 ครั้งต่อนาที ทำการบันทึก ความเร็วเรือ เวลาการพายระยะทาง 1800 เมตร

การเก็บข้อมูลครั้งที่ 3

กำหนดให้พายด้วยอัตราการพาย 30 ครั้งต่อนาที ทำการบันทึก ความเร็วเรือ เวลาการพายระยะทาง 1800 เมตร

การเก็บข้อมูลครั้งที่ 4

กำหนดให้พายด้วยอัตราการพาย 32 ครั้งต่อนาที ทำการบันทึก ความเร็วเรือ เวลาการพายระยะทาง 1800 เมตร

การเก็บข้อมูลครั้งที่ 5

กำหนดให้พายด้วยอัตราการพาย 34 ครั้งต่อนาที ทำการบันทึก ความเร็วเรือ เวลาการพายระยะทาง 1800 เมตร

การเก็บข้อมูลครั้งที่ 6

กำหนดให้พายด้วยอัตราการพาย 36 ครั้งต่อนาที ทำการบันทึก ความเร็วเรือ เวลาการพายระยะทาง 1800 เมตร

เมื่อได้ข้อมูลจากการเก็บรวบรวม ข้อมูลจะถูกนำมาวิเคราะห์เพื่อหาความเร็วที่อัตราการพายต่างๆ จากนั้นจะถูกนำไปใช้ในการกำหนดกลยุทธ์การพายเพื่อให้เกิดประสิทธิผลสูงสุด

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3.3.3 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการพายเรือกรรเชียง

งานวิจัยนี้ต้องการศึกษาถึงกลยุทธ์การพายเรือกรรเชียงที่เหมาะสม โดยในการศึกษานี้ใช้โปรแกรม Matlab/simulink ในการพัฒนาโปรแกรม หลังจากนั้นจะทำการตรวจสอบผลที่ได้จากการจำลองแบบกับงานวิจัยที่มีการศึกษาไว้ก่อนหน้านี้ซึ่งมีการเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการพายเรือจริง และเป็นที่ยอมรับว่ามีความถูกต้องเชื่อถือได้ จากนั้นจะนำโปรแกรมดังกล่าวไปทำการศึกษาเพื่อหากลยุทธ์การพายเรือกรรเชียงที่เหมาะสมจากลักษณะการออกแรงพายของนักกีฬาแต่ละคน

3.3.3.1 การพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อใช้ทำนายความเร็วของเรือเพื่อจะศึกษากลยุทธ์ที่เหมาะสมในการพายเรือต่อไป โดยมีสมมุติฐาน ดังนี้

1. แบบจำลองการพายเรือเป็นแบบ 1 มิติ คือ พิจารณาการเคลื่อนที่ในแนวแกน X ไม่พิจารณาการหันเหและการกระดกของเรือ ซึ่งถือว่ามีค่าน้อยมากในนักกีฬาที่มีทักษะสูง
2. พิจารณาการเคลื่อนที่ของนักพายเรือเป็นแบบจุด (Point mass)
3. ไม่พิจารณาแรงต้านทานของอากาศซึ่งมีค่าน้อยมาก
4. ไม่พิจารณาการสูญเสียพลังงานภายในร่างกาย
5. พิจารณาแรงต้านทานเรือเป็นสัดส่วนกับกำลังสองของความเร็ว
6. แรงลัพธ์บนใบพายเป็นแรงที่ตั้งฉากกับใบพาย

3.3.3.2 สมการการเคลื่อนที่

การคำนวณหาความเร็วของเรือสามารถหาได้จากการ อินทีเกรตสมการการเคลื่อนที่ของเรือ ซึ่งจะมีความแตกต่างกันในรายละเอียดของตัวแปร เพื่อให้ได้ผลลัพธ์มีความถูกต้องมากที่สุด

$$(m_1 + m_2)\frac{du}{dt} = F$$

เมื่อ

F = ผลรวมของแรงในทิศทางการเคลื่อนที่ของเรือ

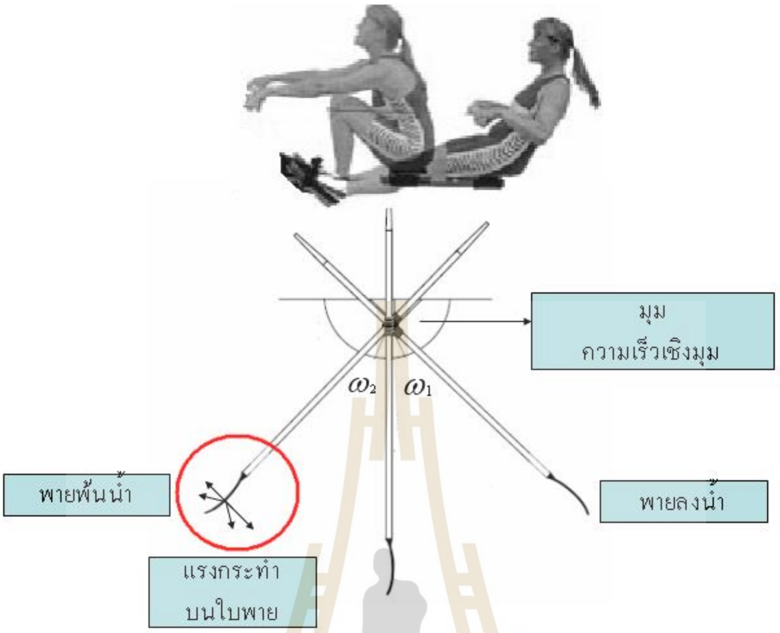
F = F1 + F2

F1 = แรงต้านทานของน้ำและอากาศที่กระทำต่อเรือ

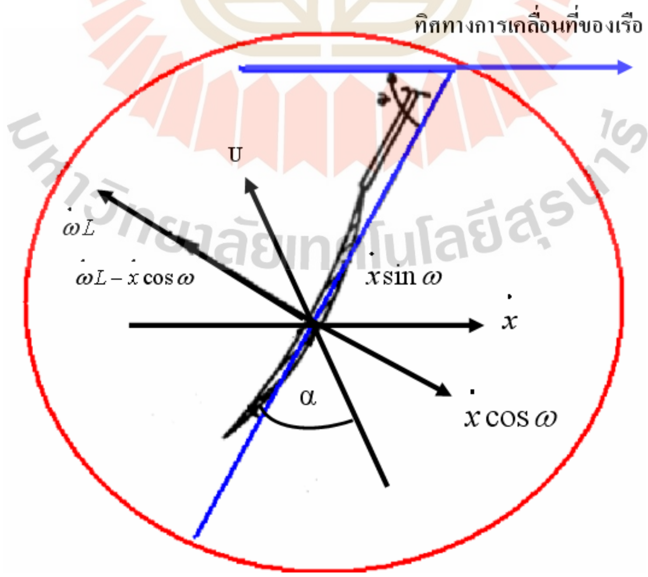
F2 = แรงบนใบพายซึ่งมีทิศทางเคลื่อนที่ไปด้านหน้า

F1 = $-CV^2_B$

3.3.3.3 แรงกระทำบนใบพาย



ภาพที่ 9 ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการพายเรือ



ภาพที่ 10 ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับแรงกระทำบนใบพาย

กำหนดให้แรง Lift และ drag เป็น function ของความเร็วสัมพัทธ์และมุมปะทะ

$$F_D = 0.5C_D\rho AU^2$$

$$F_L = 0.5C_L\rho AU^2$$

F_D = แรง drag บนใบพาย

F_L = แรง lift บนใบพาย

u = ความเร็วของใบพาย

C_D, C_L = สัมประสิทธิ์ของ drag และ lift ขึ้นอยู่กับมุมปะทะ

A = พื้นที่ของใบพาย

ρ = ความหนาแน่นของน้ำ

ความเร็วของใบพายจะประกอบด้วยสองส่วนแยกจากกันคือ

ความเร็วของเรือ v_B และ

ความเร็วเนื่องจากการหมุนใบพาย $\dot{\omega}L$

มีการแยกความเร็วของใบพายออกเป็นสองส่วนคือส่วนที่ตั้งฉากกับใบพาย u_l และส่วนที่ขนานกับใบพาย u_p

$$U_l = (\dot{\omega}L - \dot{x}cos\omega)$$

$$U_p = (\dot{\omega}L - \dot{x}sin\omega)$$

ความเร็วลัพธ์ของของไหลเป็น

$$U = \sqrt{(U_l^2 + U_p^2)}$$

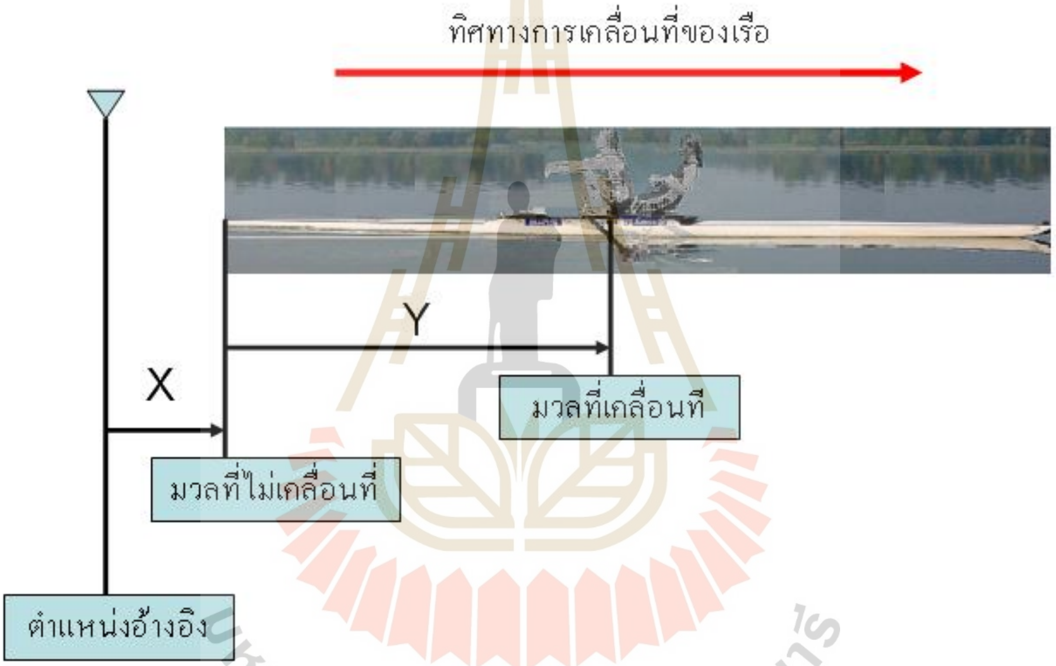
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มุมปะทะมีลักษณะดังนี้

$$\alpha = arctan\frac{U_l}{U_p}$$

3.3.3.4 การเคลื่อนที่ของนักพายเรือ

ในการวิจัยนี้จะทำการศึกษาการพายเรือประเภท single sculls โดยแบบจำลองจะประกอบด้วยมวลสองมวล



ภาพที่ 11 มวลที่เคลื่อนที่และมวลที่ไม่เคลื่อนที่

m_1= มวลของเรือ + มวลของนักพายเรือในส่วนที่ไม่เคลื่อนที่ + hydrodynamic added mass

m_2= มวลของนักพายเรือในส่วนที่เคลื่อนที่

x = absolute coordinate ของเรือ

y = relative coordinate ของมวล m_2 ซึ่งสัมพันธ์กับมวล m_1

z = absolute coordinate ของ joint center ของมวล m_1 และ m_2

y = 0 เมื่อมวล m_1 คือตำแหน่งของกรรเชียงซึ่งตั้งฉากกับแนวแกนของเรือ

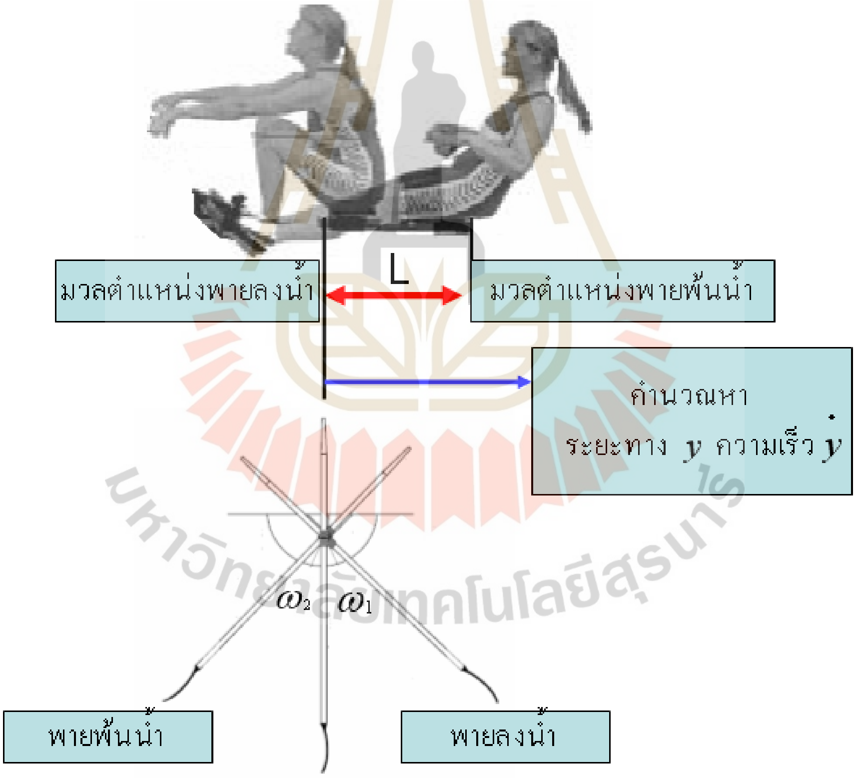
ความสัมพันธ์ระหว่าง x, y และ z กำหนดโดย

$$Z(m_1 + m_2) = xm_1(x + y)m_2$$

$$Z = \frac{m_1}{m_1 + m_2}x + \frac{m_2}{m_1 + m_2}(x + y)$$

$$Z = x + \frac{m_2}{m_1 + m_2}y$$

$$x = z - \frac{m_2}{m_1 + m_2}y$$



ภาพที่ 12 การเคลื่อนที่ของนักพายเรือเป็นฟังก์ชั่นของมุมพาย

ตัวแปรหลักทางเรขาคณิตที่อธิบาย state of the model คือมุมการพาย ω มุมจะถูกวัดผ่านแนวตั้งฉากของหมุดยึดหูกรรเชียง $\omega < 0$ คือ มุมใบพายลงน้ำ และ $\omega > 0$ มุมใบพายพ้นน้ำ มุมที่กวาดไปทั้งหมดคือ $\omega_1 = \omega_2 - \omega_1$ พิกัดของที่นั่งคือ y ค่า y = 0 เมื่อ $\omega = \omega_1$

และ y = L เมื่อ $\omega = \omega_2$ ที่นั่งจะเคลื่อนที่ไปเป็นระยะทาง L ระยะทาง L ที่ได้จะไกลกว่าระยะทางที่เคลื่อนที่ไปจริง เพราะว่าการเคลื่อนที่ของศีรษะและไหล่ถูกลดลงให้เหลือเท่ากับการเคลื่อนที่ของที่นั่ง ฟังก์ชันต่อไปนี้ใช้อธิบายตำแหน่งของที่นั่ง

$$y = \frac{L}{2} * \left[1 - \frac{\pi}{\omega_t} * cos\left(\frac{\pi}{\omega_t} * (\omega - \omega_t)\right)\right]$$

ความเร็วของที่นั่งหาได้จาก

$$\dot{y} = \frac{L}{2} * \frac{\pi}{\omega_t} * sin\left(\frac{\pi}{\omega_t} * (\omega - \omega_t)\right) * \dot{\omega}$$

เพื่อให้ง่ายในการจำลองแบบจะให้ความเร็วของที่นั่งเป็นฟังก์ชันกับตำแหน่งของที่นั่งในแกน y ซึ่งสามารถแสดงให้เห็นว่าความเร็วสูงสุดของที่นั่งจะสูงสุดเมื่อตำแหน่งของที่นั่งเท่ากับ (1-p).L ค่าสัมบูรณ์ของความเร่งของที่นั่งคือ

$$a_1 = \frac{V_{max}}{p * T}$$

$$a_2 = \frac{V_{max}}{L - p * T}$$

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

หลังจากใช้วิธีการทางพีชคณิตจะได้

$$y \geq p * L\dot{y} = \sqrt{2 * (L - y) * a_1}$$

$$y \leq p * L\dot{y} = \sqrt{2 * y * a_2}$$

ในโปรแกรมระหว่างการคำนวณสมการการเคลื่อนที่ จะได้แรงบนใบพายจากฟังก์ชันที่กำหนด โดยการทำซ้ำ ความเร็วเชิงมุมของเรือจะถูกกำหนด แรงของใบพายจะถูกกำหนดโดยจุด 5 จุดที่เป็นฟังก์ชันของ ω บริเวณ $\omega = \omega_1$ และ $\omega = \omega_2$ จะไม่มีแรงจากใบพาย

3.3.3.5 การคำนวณหาความเร็วของเรือ

สมการของการเคลื่อนที่จะถูกคำนวณโดยใช้วิธี Runge-Kutta method ของโปรแกรม Matlab ซึ่งจะได้ค่าความเร็วของเรือในแต่ละช่วง สมการของการเคลื่อนที่จะถูกคำนวณ โดยใช้วิธี Runge-Kutta method ของโปรแกรม Matlab/Simulink โดยเริ่มต้นจากการคำนวณตำแหน่งเริ่มต้นใดๆใน time domain และกระทำไปจนกระทั่งได้สถาณการณ์ที่คงที่ การ Simulations จะถูกกระทำโดยใช้ time step เท่ากับ 0.01 วินาทีภายใน 2000 ครั้ง หลังจากการคำนวณ เสร็จสิ้น รอบสุดท้ายของการคำนวณที่สมบูรณ์จะถูกเลือกมาใช้สำหรับขบวนการหาค่าผลเฉลยต่อไป

3.3.3.6 การคำนวณพลังงาน

P_x เป็นการสูญเสียของกำลัง โดยแรงต้านทานของเรือในน้ำ (และอากาศ) จำนวนของพลังงานที่สูญเสียไปในช่วง cycle สุดท้ายคือ E_x

$$P_x = C_1 X^3$$

$$E_x = \int_0^T P_{xdt}$$

เมื่อ

T = เวลาในการพาย

P_x คือกำลังงานที่ใบพายในขณะเวลาใดๆ

E_x คือพลังงานที่ได้จากใบพายตลอดช่วงพลังงานที่พิจารณาในที่นี้เป็นพลังงานที่มีประโยชน์

$$P_{bl} = F_n(\omega L\dot{} - \dot{x} cos\omega)$$

$$E_{bl} \int_0^T P_{bl}\, dt$$

เมื่อ

T = เวลาในการพาย

P_{bl} คือกำลังงานที่ใบพายในขณะเวลาใดๆ

E_{bl} คือพลังงานที่ได้จากใบพายตลอดช่วงพลังงานที่พิจารณาในที่นี้เป็นพลังงานที่มีประโยชน์

P_{bl} = 0 ในช่วง เคลื่อนที่กลับ

พลังงานนี้จะถูกพิจารณาให้เป็น waste energy.

พลังงานที่ใช้ไปในการทำให้นักพายเรือเคลื่อนที่ระหว่างช่วงเคลื่อนที่กลับ กำหนดให้เป็น

$$E_r = 0.5\frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2}V_{max}^2$$

Power เฉลี่ยที่ใช้โดยระบบเป็น

$$P = \frac{E_x + E_{bl} + E_r}{T}$$

ประสิทธิภาพของการขับเคลื่อนกำหนดเป็น

$$\eta = \frac{E_x}{E_x + E_{bl} + E_r}$$

การหากลยุทธ์การพายที่เหมาะสมทำโดยการป้อนค่า รูปแบบการออกแรงพายของนักกีฬาเข้าไปในโปรแกรม แล้วให้โปรแกรมคำนวณหาค่าที่เหมาะสมที่สุด ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด เมื่อได้ กลยุทธ์การพายที่เหมาะสมที่สุดแล้วจึงนำมาทำการศึกษาเปรียบเทียบและแปรผันค่าอื่นต่อไป

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป

1. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1.1 วิเคราะห์ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ค่าสูงสุด-ต่ำสุดของอัตราการพายและความเร็วเฉลี่ยที่ใช้ในการพายระยะทาง 2000 เมตร (200, 1800) ในการพายเรือกรรเชียงบกและ การพายเรือกรรเชียงในน้ำของนักกีฬาหญิง

1.2 วิเคราะห์ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ค่าสูงสุด-ต่ำสุดของอัตราการพายและความเร็วเฉลี่ยที่ใช้ในการพายระยะทาง 2000 เมตร (200, 1800) ในการพายเรือกรรเชียงบกและ การพายเรือกรรเชียงในน้ำของนักกีฬาชาย

บทที่ 4
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษากลยุทธ์ที่เหมาะสมในการพายเรือกรรเชียงที่ทำให้ สามารถพายได้เร็วที่สุดโดยพิจารณาจากอัตราการพายที่กำหนด และทำการศึกษาเปรียบเทียบปัจจัยที่ส่งผลต่ออัตราการพายเพื่อนำไปปรับปรุงกลยุทธ์การพายของนักพายเรือให้เกิดประสิทธิผลสูงสุด ดังนั้นในบทนี้จะนำเสนอผลการศึกษาและอภิปรายผลโดยแบ่งออกเป็นหัวข้อต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. กลยุทธ์ที่เหมาะสมจากการพายเรือด้วยอัตราการพายที่แตกต่างกัน โดยแบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ช่วงคือช่วงออกตัว ศึกษาอัตราการพายจากจุดเริ่มต้นจนถึงระยะทาง 200 เมตร และช่วงรักษาความเร็วเรือ จากระยะทาง 200 เมตร จนถึงเส้นชัย การศึกษาครั้งนี้แบ่งการศึกษาออกเป็นการศึกษาในนักกีฬาหญิงและนักกีฬาชาย ศึกษาจากการพายเรือกรรเชียงด้วยเครื่องพายเรือ

2. กลยุทธ์ที่เหมาะสมจากการพายเรือด้วยอัตราการพายที่แตกต่างกัน โดยแบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ช่วงคือช่วงออกตัว ศึกษาอัตราการพายจากจุดเริ่มต้นจนถึงระยะทาง 200 เมตร และช่วงรักษาความเร็วเรือ จากระยะทาง 200 เมตร จนถึงเส้นชัย การศึกษาครั้งนี้แบ่งการศึกษาออกเป็นการศึกษาในนักกีฬาหญิงและนักกีฬาชาย โดยศึกษาจากการพายเรือกรรเชียงในน้ำ

3. การจำลองแบบการพายเรือด้วยคอมพิวเตอร์เพื่อศึกษาอัตราการพายที่ทำให้เรือเคลื่อนที่เร็วที่สุดในช่วงออกตัว 200 เมตร และช่วงรักษาความเร็วเรือ 1800 เมตร เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาใช้สำหรับการกำหนดกลยุทธ์ในการแข่งขัน

4. การศึกษาตัวแปรซึ่งเป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับอัตราการพายเรือกรรเชียง ซึ่งประกอบด้วย ขนาดใบพาย มุมการพาย ความยาวด้ามพาย เวลาการเคลื่อนตัวกลับของนักพายเรือ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการกำหนดกลยุทธ์การแข่งขัน

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้นำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

ตารางที่ 2 คุณลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างนักกีฬาหญิงจำนวน 15 คนประกอบด้วย อายุ น้ำหนัก ส่วนสูง

คุณลักษณะทั่วไป หญิง	N	$\bar{x}$	S.D.	Min	Max
อายุ (ปี)	15	23.06	8.16	16	41
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	15	62.28	2.40	59.2	66.9
ส่วนสูง (เซ็นติเมตร)	15	167.5	6.11	158.5	178.5

จากตารางที่ 2 แสดงคุณลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นนักกีฬาหญิงจำนวน 15 คน มีค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุดและสูงสุดของอายุ น้ำหนักและส่วนสูง มีค่าเท่ากับ 23.06±8.16 (16-41 ปี) 62.28±2.40 (59.2-66.9 กิโลกรัม) 167.5±6.11 (158.5-178.5 เซ็นติเมตร) ตามลำดับ

ตารางที่ 3 คุณลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นนักกีฬาชาย จำนวน 15 คนประกอบด้วย อายุ น้ำหนัก ส่วนสูง

คุณลักษณะทั่วไป ชาย	N	$\bar{x}$	S.D.	Min	Max
อายุ (ปี)	15	23.73	8.14	16	42
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	15	73.78	4.6	65.6	81.5
ส่วนสูง (เซ็นติเมตร)	15	178.1	5.23	166	185

จากตารางที่ 3 แสดงคุณลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นนักกีฬาชายจำนวน 15 คน มีค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุดและสูงสุดของอายุ น้ำหนักและส่วนสูง มีค่าเท่ากับ 23.73±8.14 (16-42 ปี) 73.78±4.6 (65.6-81.5 กิโลกรัม) 178.1±5.23 (166-185 เซ็นติเมตร) ตามลำดับ

4.1. กลยุทธ์ที่เหมาะสมที่สุดจากการพายด้วยอัตราการพายที่แตกต่างกัน

ตารางที่ 4 อัตราการพายและความเร็วเฉลี่ย ระยะทาง 200 เมตร ด้วยเครื่องพายเรือในนักกีฬาหญิง

อัตราการพาย	ความเร็วเฉลี่ย (เมตรต่อวินาที)				
	N	$\bar{x}$	S.D.	Min	Max
36	15	4.49	0.188	4.43	4.51
38	15	4.51	0.195	4.44	4.54
40	15	4.53	0.167	4.45	4.56
42	15	4.54	0.184	4.47	4.57
44	15	4.53	0.173	4.43	4.55

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

จากตารางที่ 4 แสดงอัตราการพายและความเร็วเฉลี่ยระยะทาง 200 เมตร ในการพายเรือกรรเชียงด้วยเครื่องพายเรือของนักกีฬาหญิงมีค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุดและสูงสุดของความเร็วเฉลี่ยที่อัตราการพาย 36 38 40 42 44 ครั้งต่อนาที มีค่าเท่ากับ 4.49±0.188 (4.43-4.51 เมตรต่อวินาที) 4.51±0.195 (4.44-4.54 เมตรต่อวินาที) 4.53±0.167 (4.45-4.56 เมตรต่อวินาที) 4.54±0.184 (4.47-4.57 เมตรต่อวินาที) 4.53±0.173 (4.43-4.55 เมตรต่อวินาที) ตามลำดับ

พบว่าการพายในระยะทาง 200 เมตร ด้วยเครื่องพายเรือในนักกีฬาหญิง อัตราการพายที่เหมาะสมที่สุดคือ 42 ครั้งต่อนาทีทำให้เกิดความเร็วเฉลี่ยสูงสุดที่ 4.54 เมตรต่อวินาที เมื่อเปรียบเทียบกับอัตราการพายที่ต่างกัน โดยการพายในระยะทาง 200 เมตรแรกจะเป็นช่วงของการออกตัวซึ่งนักกีฬาจะใช้พลังงานระบบ ATP ซึ่งสะสมอยู่ในกล้ามเนื้อ พลังงานระบบนี้ร่างกายสามารถดึงออกมาใช้ได้ทันที แต่พลังงานนี้มีการสะสมอยู่ในกล้ามเนื้อในปริมาณที่จำกัดสามารถใช้ได้ประมาณ 10-15 วินาทีก็จะถูกใช้หมด สำหรับการพายเรือกรรเชียงระยะเวลา 10-15 วินาทีจะได้ระยะทางประมาณ 200 เมตรซึ่งสอดคล้องกับช่วงเวลาที่ศึกษาในงานวิจัยนี้ โดยการใช้พลังงานในช่วงเวลาประมาณ 10-15 วินาทีจะไม่ทำให้เกิดกรดแลคติกที่จะไปจำกัดการทำงานของกล้ามเนื้อซึ่งจะทำให้เกิดความเมื่อยล้า จึงเห็นได้ว่าในการแข่งขันเรือกรรเชียงนักกีฬาจะออกตัวด้วยพลังสูงสุดในช่วงเวลาดังกล่าวซึ่งเป็นระยะทางประมาณ 200 เมตร ดังนั้นในการพายเรือกรรเชียงในช่วงเริ่มต้นการแข่งขันหากนักกีฬาพายเรือด้วยอัตราการพายที่ต่ำเกินไปจะทำให้การใช้พลังงานที่นักกีฬามีสะสมอยู่ในกล้ามเนื้อถูกใช้น้อยเกินไปไม่สัมพันธ์กับพลังงานที่นักกีฬามีสะสมในกล้ามเนื้อ ส่วนการพายที่อัตราการพายที่สูงเกินไปทำให้นักกีฬาไม่สามารถควบคุมเทคนิคการพายได้อย่างสมบูรณ์อาจทำให้การนำใบพายลงสู่น้ำ การเคลื่อนตัวระหว่างการพาย การนำใบพายขึ้นจากน้ำทำได้ไม่สมบูรณ์จึงทำให้การออกแรงในการพายทำได้ไม่เต็มที่ ดังนั้นในการพายเรือด้วยอัตราการพายที่เหมาะสมจะเป็นจังหวะการพายที่นักกีฬาสามารถใช้พลังงานได้เต็มที่และควบคุมเทคนิคการพายได้อย่างเหมาะสม ส่งผลให้เกิดความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วเรือกับจังหวะในการออกแรงพายเพื่อส่งพลังงานไปยังเรือเพื่อทำให้เรือเคลื่อนที่ด้วยความเร็วที่สอดคล้องกับอัตราการพาย ซึ่งอัตราการพายที่เหมาะสมในแต่ละช่วงเวลาจึงขึ้นอยู่กับปัจจัยทางด้านร่างกายคือความแข็งแรงของนักกีฬาซึ่งเกิดจากความสามารถของกล้ามเนื้อในการหดตัวเพื่อออกแรงพาย กล้ามเนื้อต้องมีขนาดที่เหมาะสมในการสะสมพลังงานเพื่อใช้ในช่วงเริ่มต้นของการพาย การสั่งงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อเพื่อสั่งให้กล้ามเนื้อหดตัวอย่างรวดเร็วเพื่อสร้างพลังในการพายได้สูงสุด และปัจจัยทางด้านเทคนิคที่จะสามารถควบคุมการเคลื่อนที่ของพายในระหว่างการพาย การควบคุมสมดุลของร่างกายได้ดีเพื่อไม่ให้กล้ามเนื้อเกิดการเกร็งตัวซึ่งจะเป็นการจำกัดความสามารถในการหดตัวของกล้ามเนื้อทำให้การออกแรงทำได้ไม่เต็มที่ สำหรับเทคนิคในการนำใบพายลงน้ำหากนักกีฬาทำด้วยความเร่งรีบจะทำให้เกิดแรงต้านทานที่มากขึ้นในขณะใบพายลงสู่น้ำทำให้ความเร็วของเรือลดลง และในขณะที่นักกีฬาเคลื่อนตัวเพื่อออกแรงดึงใบพาย การดึงที่เร็วเกินไปอาจทำให้การส่งแรงจากข้อต่อส่วนต่างๆ ทำงานไม่สัมพันธ์กันทำให้สูญเสียพลังงานไปในระหว่างการหดตัวของกล้ามเนื้อ เช่นเดียวกับการ

นำใบพายขึ้นจากน้ำหากทำด้วยความเร็วที่เร็วเกินไปอาจเป็นการงัดใบพายขึ้นจากน้ำทำให้เกิดการกระเพื่อมของเรือซึ่งปัจจัยหลักของแรงต้านทานในการพายเรือ โดยปัจจัยเหล่านี้จะเปลี่ยนแปลงไปตามสมรรถภาพร่างกายของนักกีฬาเพราะในแต่ละช่วงเวลานักกีฬามีการฝึกซ้อมทำให้ความแข็งแรงของร่างกายพัฒนาขึ้นอาจทำให้อัตราการพายที่เหมาะสมในแต่ละช่วงเวลาเปลี่ยนแปลงไป ดังนั้นผู้ฝึกสอนและนักกีฬาจึงต้องมีการหากลยุทธ์ที่เหมาะสมอย่างต่อเนื่องและในการพัฒนาด้านเทคนิคในการพายของนักกีฬาเมื่อนักกีฬามีการฝึกซ้อมมากขึ้นมีประสบการณ์มากขึ้นก็จะมีการพัฒนาเทคนิคการพายตามมาดังนั้นเมื่อเทคนิคการพายของนักกีฬาเปลี่ยนไปก็จะส่งผลต่ออัตราการพายที่เหมาะสมสอดคล้องกับเทคนิคที่เปลี่ยนไปด้วย

ตารางที่ 5 อัตราการพายและความเร็วเฉลี่ย ระยะทาง 1800 เมตร ด้วยเครื่องพายเรือในนักกีฬาหญิง

อัตราการพาย	ความเร็วเฉลี่ย (เมตรต่อวินาที)				
	N	$\bar{x}$	S.D.	Min	Max
26	15	4.12	0.164	3.86	4.43
28	15	4.15	0.167	3.87	4.46
30	15	4.18	0.182	3.91	4.55
32	15	4.16	0.177	3.88	4.46
34	15	4.13	0.168	3.87	4.43
36	15	4.09	0.169	3.83	4.40

จากตารางที่ 5 แสดงอัตราการพายและความเร็วเฉลี่ยระยะทาง 1800 เมตร ในการพายเรือกรรเชียงด้วยเครื่องพายเรือของนักกีฬาหญิงมีค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุดและสูงสุดของความเร็วเฉลี่ยที่อัตราการพาย 26 28 30 32 34 36 ครั้งต่อนาที มีค่าเท่ากับ 4.12±0.164 (3.86-4.43 เมตรต่อวินาที) 4.15±0.167 (3.87-4.46 เมตรต่อวินาที) 4.18±0.182 (3.91-4.55 เมตรต่อวินาที) 4.16±0.177 (3.88-4.46 เมตรต่อวินาที) 4.13±0.168 (3.87-4.43 เมตรต่อวินาที) 4.09±0.169 (3.83-4.40 เมตรต่อวินาที) ตามลำดับ

พบว่าการพายในระยะทาง 1800 เมตร ด้วยเครื่องพายเรือในนักกีฬาหญิง อัตราการพายที่เหมาะสมที่สุดคือ 30 ครั้งต่อนาที ทำให้เกิดความเร็วเฉลี่ยสูงสุดที่ 4.18 เมตรต่อวินาทีเมื่อเปรียบเทียบกับอัตราการพายที่ต่างกัน จะเห็นว่าอัตราการพายในระยะ 1800 เมตร จะมีค่าที่ต่ำกว่าอัตราการพายในระยะทาง 200 เมตร เพราะการพายในระยะทาง 1800 เมตรใช้เวลาประมาณ 5-7 นาทีซึ่งเป็นการใช้ระบบพลังงานแบบแอโรบิค นักกีฬาต้องพยายามใช้พลังงานในการพายให้เหมาะสมกับระยะทางที่เหลืออยู่ ถ้านักกีฬาใช้พลังมากเกินไปโดยการพายเรือด้วยอัตราการพายที่สูงเกินไปจะทำ

ให้เกิดการสะสมของกรดแลคติกมากขึ้นทำให้ไปขัดขวางการทำงานของกล้ามเนื้อในที่สุดก็จะทำให้นักกีฬาเกิดอาการหมดแรงก่อนถึงเส้นชัย ในทางตรงกันข้ามถ้านักกีฬาพายเรือด้วยอัตราการพายที่ช้าเกินไปไม่สัมพันธ์กับพลังงานที่มีก็จะทำให้พลังงานเหลือซึ่งเป็นการใช้พลังงานที่ไม่เหมาะสม จึงเห็นได้ว่าการใช้กลยุทธ์การพายเรือที่เหมาะสมมีความสำคัญกับนักกีฬามาก หากนักกีฬาใช้กลยุทธ์การพายเรือที่เหมาะสมและสอดคล้องกับความแข็งแรงและเทคนิคของนักกีฬาแต่ละคนจะส่งผลต่อเวลาในการแข่งขันที่ลดลง ดังนั้นในระยะทาง 1800 เมตรนักกีฬาจึงไม่ควรพายด้วยอัตราการพายที่เร็วเกินไป จากการศึกษากลยุทธ์การพายเรือกรรเชียงในการแข่งขันระดับนานาชาติพบว่าส่วนใหญ่นักกีฬาจะเลือกใช้กลยุทธ์การพายแบบพาราโบลิคโดยมีลักษณะคล้ายกับตัวเจ (J) กลับด้าน คือช่วงเริ่มต้นการแข่งขันนักกีฬาจะพายด้วยอัตราการพายที่สูงส่งผลให้ความเร็วเรือสูงตามไปด้วยหลังจากนั้นความเร็วเรือก็จะค่อยๆ ลดลงจนกระทั่งในช่วง 500 -1500 เมตรจะเป็นช่วงที่ความเร็วลดลงมาต่ำที่สุด หลังจากนั้นเมื่อผ่านระยะ 1500 เมตรไปแล้วนักกีฬาจะค่อยๆ เพิ่มความเร็วเรือขึ้นจนกระทั่งผ่านเส้นชัย แต่ในทางทฤษฎีของการศึกษาการพายเรือกรรเชียงโดยเฉพาะจากการจำลองแบบด้วยคอมพิวเตอร์พบว่าการพายเรือด้วยอัตราความเร็วที่คงที่ด้วยการรักษาความเร็วโดยไม่ให้ความเร็วของเรือเปลี่ยนแปลงจะเป็นการพายที่มีประสิทธิภาพสูงสุด โดยผลจากการศึกษานี้สามารถอธิบายในเชิงปฏิบัติได้ว่า นักกีฬาควรพายเรือด้วยอัตราการพายสูงสุดที่จะสามารถรักษาความเร็วในการพายให้คงที่จนถึงเส้นชัยซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาในงานวิจัยนี้ที่กำหนดให้นักกีฬาพายด้วยอัตราการพายคงที่ตลอดระยะทางเพื่อศึกษาว่าอัตราการพายที่เท่าใดเป็นอัตราการพายที่เหมาะสมของนักกีฬาที่ทำให้ความเร็วเรือสูงสุด จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าอัตราการพายที่เหมาะสมของกลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นนักกีฬาหญิงอยู่ที่ 30 ครั้งต่อนาทีซึ่งเป็นอัตราการพายที่ทำให้เวลาในการพายระยะทาง 1800 เมตรน้อยที่สุด

ตารางที่ 6 อัตราการพายและความเร็วเฉลี่ย ระยะทาง 200 เมตร ด้วยการพายเรือกรรเชียงในน้ำของนักกีฬาหญิง

อัตราการพาย	ความเร็วเฉลี่ย (เมตรต่อวินาที)				
	N	$\bar{x}$	S.D.	Min	Max
36	15	4.28	0.173	4.21	4.46
38	15	4.47	0.199	4.38	4.48
40	15	4.36	0.361	4.24	4.43
42	15	4.31	0.237	3.86	4.41
44	15	4.25	0.272	3.85	4.41

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

จากตารางที่ 6 แสดงอัตราการพายและความเร็วเฉลี่ยระยะทาง 200 เมตร ในการพายเรือกรรเชียงในน้ำของนักกีฬาหญิงมีค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุดและสูงสุดของความเร็วเฉลี่ยที่อัตราการพาย 36 38 40 42 44 ครั้งต่อนาที มีค่าเท่ากับ 4.28±0.173 (4.21-4.46 เมตรต่อวินาที) 4.47±0.199 (4.38-4.48 เมตรต่อวินาที) 4.36±0.361 (4.24-4.43 เมตรต่อวินาที) 4.31±0.237 (3.86-4.41 เมตรต่อวินาที) 4.25±0.272 (3.85-4.41 เมตรต่อวินาที) ตามลำดับ

พบว่าการพายในระยะทาง 200 เมตร สำหรับการพายเรือกรรเชียงในน้ำของนักกีฬาหญิงอัตราการพายที่เหมาะสมที่สุดคือ 38 ครั้งต่อนาทีทำให้เกิดความเร็วเฉลี่ยสูงสุดที่ 4.47 เมตรต่อวินาที เมื่อเปรียบเทียบกับอัตราการพายที่ต่างกัน จะเห็นได้ว่าอัตราการพายเรือกรรเชียงในน้ำที่เหมาะสมของนักกีฬาหญิงมีค่าต่ำกว่าการพายเรือกรรเชียงด้วยเครื่องพายเรือ ที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจากการพายเรือกรรเชียงในน้ำนักกีฬาต้องมีการรักษาสมดุลของร่างกายขณะออกแรงพาย เพราะถ้าสมดุลไม่ดีจะทำให้เรือพลิกคว่ำได้ ส่งผลให้การออกแรงดึงพายทำได้ไม่เต็มที่เหมือนการพายเรือด้วยเครื่องพายเรือ นอกจากนั้นแล้วการพายเรือในน้ำยังมีขั้นตอนและเทคนิคที่ต่างจากการพายเรือด้วยเครื่องเช่นการนำใบพายลงสู่น้ำซึ่งนักกีฬาต้องมีเทคนิคที่ดีจึงจะไม่ทำให้เกิดแรงต้านทานขึ้นมากในขณะที่ใบพายลงสู่น้ำ รวมถึงการนำใบพายขึ้นจากน้ำเช่นเดียวกัน หากนักกีฬามีเทคนิคที่ไม่ดีการนำใบพายขึ้นจากน้ำก็จะทำให้เกิดแรงต้านทานเรือด้วยเช่นเดียวกัน สำหรับการพายเรือด้วยเครื่องจะไม่มีขบวนการที่ทำให้เกิดแรงต้านทานเหล่านี้ จึงเห็นว่าการเปรียบเทียบการพายเรือด้วยเครื่องพายเรือกับการพายเรือในน้ำจะพบว่าการพายเรือด้วยเครื่องจะมีความเร็วเรือสูงกว่า ถึงแม้ว่าการพายเรือด้วยเครื่องจะมีบางส่วนที่แตกต่างจากการพายเรือในน้ำแต่ข้อมูลสำคัญที่ได้จากการพายเรือด้วยเครื่องซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้มากคือช่วงการเคลื่อนตัวเพื่อออกแรงดึง ซึ่งจะทำให้เห็นความแข็งแรงและพลังในการพายเรือของนักกีฬาและยังเห็นเทคนิคการออกแรงในขณะเคลื่อนตัวซึ่งสามารถนำข้อมูลไปใช้ในการทำนายความสามารถของนักกีฬาและทำให้ทราบถึงสมรรถภาพทางด้านร่างกายของนักกีฬาได้เป็นอย่างดี จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้นทำให้อัตราการพายที่เหมาะสมที่ทำให้เรือเคลื่อนที่ได้เร็วที่สุดของการพายเรือในน้ำจึงต่ำกว่าการพายด้วยเครื่องซึ่งสอดคล้องกับความเร็วเฉลี่ยสูงสุดที่นักกีฬาทำได้จากการพายเรือในน้ำจะน้อยกว่าการพายด้วยเครื่องพายเรือ

ตารางที่ 7 อัตราการพายและความเร็วเฉลี่ย ระยะทาง 1800 เมตรด้วยการพายเรือกรรเชียงในน้ำของนักกีฬาหญิง

อัตราการพาย	ความเร็วเฉลี่ย (เมตรต่อวินาที)				
	N	$\bar{x}$	S.D.	Min	Max
26	15	4.00	0.160	3.69	4.43
28	15	4.04	0.167	3.72	4.49
30	15	4.04	0.187	3.72	4.51
32	15	4.04	0.170	3.72	4.49
34	15	4.02	0.163	3.66	4.45
36	15	4.00	0.161	3.70	4.42

จากตารางที่ 7 แสดงอัตราการพายและความเร็วเฉลี่ยระยะทาง 1800 เมตร ในการพายเรือกรรเชียงในน้ำของนักกีฬาหญิงมีค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุดและสูงสุดของความเร็วเฉลี่ยที่อัตราการพาย 26 28 30 32 34 36 ครั้งต่อนาที มีค่าเท่ากับ 4.00±0.160 (3.69-4.43 เมตรต่อวินาที) 4.04±0.167 (3.72-4.49 เมตรต่อวินาที) 4.04±0.187 (3.72-4.51 เมตรต่อวินาที) 4.04±0.170 (3.72-4.45 เมตรต่อวินาที) 4.02±0.163 (3.66-4.45 เมตรต่อวินาที) 4.00±0.161 (3.70-4.42 เมตรต่อวินาที) ตามลำดับ

พบว่าการพายในระยะทาง 1800 เมตร สำหรับการพายเรือกรรเชียงในน้ำของนักกีฬาหญิงอัตราการพายที่เหมาะสมที่สุดคือ 28, 30, 32 ครั้งต่อนาทีทำให้เกิดความเร็วเฉลี่ยสูงสุดที่ 4.04 เมตรต่อวินาที เมื่อเปรียบเทียบกับอัตราการพายที่ต่างกัน สำหรับการพายในระยะ 1800 เมตรนี้อัตราการพายที่เหมาะสมของกลุ่มตัวอย่างมีหลายค่าเนื่องจากระยะทางการพายที่เพิ่มขึ้นทำให้อัตราการพายที่เหมาะสมของนักกีฬาอาจมีการเปลี่ยนแปลงในช่วงแคบ ๆ ระหว่างการพายจึงเห็นได้ว่าอัตราการพายที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 28 – 32 ครั้งต่อนาที ซึ่งการพายในอัตราการพายในช่วงนี้ส่งผลต่อความเร็วเรือเฉลี่ยสูงสุดที่เท่ากัน การที่อัตราการพายที่เหมาะสมของนักกีฬาหญิงในระยะ 1800 เมตรมีหลายค่าอาจเนื่องมาจากระดับความสามารถของกลุ่มตัวอย่างมีความแตกต่างกันทั้งทางด้านร่างกายและเทคนิคการพายทำให้การพายระยะทาง 1800 เมตรนักกีฬาไม่สามารถควบคุมความสามารถในการออกแรงและเทคนิคการพายได้คงที่ตลอดระยะทางการพายจึงทำให้อัตราการพายที่เหมาะสมที่ทำให้เรือเคลื่อนที่ได้เร็วที่สุดมีการกระจายตัวของค่าอัตราการพายที่เหมาะสม แต่อย่างไรก็ตามการกระจายตัวก็ยังอยู่ในช่วงแคบ ๆ ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการกำหนดกลยุทธ์ในการพายได้ แต่อย่างไรก็ตามหากพิจารณาในกลุ่มนักกีฬาที่มีความสามารถสูงโดยมีร่างกายที่แข็งแรงและเทคนิคการพายที่ดีมีแนวโน้มที่จะสามารถควบคุมอัตราการพายได้ดีกว่านักกีฬาที่มีความสามารถต่ำกว่า เนื่องจากงานวิจัยนี้

ใช้กลุ่มตัวอย่างที่มีระดับความสามารถแตกต่างกันอาจส่งผลต่ออัตราการพายเฉลี่ยที่เหมาะสมที่สุดของนักกีฬา นอกจากปัจจัยด้านสมรรถภาพทางกายและด้านเทคนิคการพายของนักกีฬาที่ส่งผลต่ออัตราการพายที่แตกต่างกันแล้ว สรีรของนักกีฬา เช่นการมีรูปร่างสูง มีแขน ขา ที่ยาวก็ส่งผลต่ออัตราการพายด้วยเช่นกัน โดยนักกีฬาที่มีรูปร่างที่สูงมีแนวโน้มที่จะพายด้วยอัตราการพายที่ต่ำกว่านักกีฬาที่มีรูปร่างเตี้ยกว่า

ตารางที่ 8 อัตราการพายและความเร็วเฉลี่ย ระยะทาง 200 เมตร ด้วยเครื่องพายเรือของนักกีฬาชาย

อัตราการพาย	ความเร็วเฉลี่ย (เมตรต่อวินาที)				
	N	$\bar{x}$	S.D.	Min	Max
36	15	5.03	0.181	5.02	5.24
38	15	5.27	0.193	5.05	5.36
40	15	5.38	0.216	5.03	5.48
42	15	5.54	0.268	5.13	6.62
44	15	5.57	0.194	5.14	5.66

จากตารางที่ 8 แสดงอัตราการพายและความเร็วเฉลี่ยของการพายเรือในระยะทาง 200 เมตร ในการพายเรือกรรเชียงด้วยเครื่องพายเรือของนักกีฬาชายมีค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุดและสูงสุดของความเร็วเฉลี่ยที่อัตราการพาย 36 38 40 42 44 ครั้งต่อนาที มีค่าเท่ากับ 5.03±0.181 (5.02-5.24 เมตรต่อวินาที) 5.27±0.193 (5.05-5.36 เมตรต่อวินาที) 5.38±0.216 (5.03-5.48 เมตรต่อวินาที) 5.54±0.268 (5.13-6.62 เมตรต่อวินาที) 5.57±0.194 (5.14-5.66เมตรต่อวินาที) ตามลำดับ

พบว่าการพายในระยะทาง 200 เมตร ด้วยเครื่องพายเรือในนักกีฬาชาย อัตราการพายที่เหมาะสมที่สุดคือ 44 ครั้งต่อนาทีทำให้เกิดความเร็วเฉลี่ยสูงสุดที่ 5.57 เมตรต่อวินาที เมื่อเปรียบเทียบกับอัตราการพายที่ต่างกัน เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับอัตราการพายของนักกีฬาหญิงจะเห็นได้ว่าอัตราการพายของนักกีฬาชายในระยะทาง 200 เมตรสูงกว่านักกีฬาหญิงเนื่องจากความแข็งแรงของนักกีฬาชายมีมากกว่าทำให้การใช้กำลังในการดึงด้ามพายทำได้เร็วกว่าส่งผลให้อัตราการพายสูงกว่าอัตราการพายของนักกีฬาหญิง โดยสอดคล้องกับความเร็วเฉลี่ยของเรือที่สูงกว่าเพราะการใช้กำลังในการพายที่สูงกว่าจะส่งผลให้เรือเคลื่อนที่ได้เร็วกว่าทำให้เวลาในการพายลดลง อย่างไรก็ตาม งานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าจังหวะการพายเรือที่เหมาะสมหากพิจารณาจากความเร็วเรือหลังจากที่ใบพายพ้นน้ำแล้วในการพายครั้งต่อไปควรเริ่มออกแรงพายในช่วงความเร็วเรือไม่ควรต่ำกว่า 92% ของความเร็วเรือขณะที่ใบพายพ้นน้ำ ซึ่งการพายเรือด้วยวิธีดังกล่าวจะทำให้แรงต้านทานของเรือเกิดขึ้น

น้อย ดังนั้นจึงเห็นได้ว่าหากความเร็วเฉลี่ยของเรือมีค่าสูง อัตราการพายก็จะสูงตามด้วยเพื่อพยายามรักษาความเร็วเรือให้อยู่ในช่วงดังกล่าวเพื่อให้เกิดประสิทธิผลสูงสุดในการพายเรือกรรเชียง

ตารางที่ 9 อัตราการพายและความเร็วเฉลี่ย ระยะทาง 1800 เมตร ด้วยเครื่องพายเรือในนักกีฬาชาย

อัตราการพาย	ความเร็วเฉลี่ย (เมตรต่อวินาที)				
	N	$\bar{x}$	S.D.	Min	Max
26	15	4.64	0.165	4.57	5.04
28	15	4.63	0.164	4.62	5.09
30	15	4.64	0.200	4.57	5.12
32	15	4.96	0.193	4.77	5.13
34	15	4.91	0.193	4.73	5.09
36	15	4.62	0.184	4.58	5.09

จากตารางที่ 9 แสดงอัตราการพายและความเร็วเฉลี่ยระยะทาง 1800 เมตร ในการพายเรือกรรเชียงด้วยเครื่องของนักกีฬาชายมีค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุดและสูงสุดของความเร็วเฉลี่ยที่อัตราการพาย 26 28 30 32 34 36 ครั้งต่อนาที มีค่าเท่ากับ 4.64±0.165 (4.57-5.04 เมตรต่อวินาที) 4.63±0.164 (4.62-5.09 เมตรต่อวินาที) 4.64±0.200 (4.77-5.13 เมตรต่อวินาที) 4.96±0.193 (4.77-5.13 เมตรต่อวินาที) 4.91±0.193 (4.73-5.09 เมตรต่อวินาที) 4.62±0.184 (4.58-5.09 เมตรต่อวินาที) ตามลำดับ

พบว่าการพายในระยะทาง 1800 เมตร ด้วยเครื่องพายเรือในนักกีฬาชาย อัตราการพายที่เหมาะสมที่สุดคือ 32 ครั้งต่อนาทีทำให้เกิดความเร็วเฉลี่ยสูงสุดที่ 4.96 เมตรต่อวินาที เมื่อเปรียบเทียบกับอัตราการพายที่ต่างกัน เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับอัตราการพายของนักกีฬาหญิงจะเห็นได้ว่าอัตราการพายของนักกีฬาชายในระยะทาง 1800 เมตร มีค่าสูงกว่านักกีฬาหญิงเล็กน้อยแต่เมื่อพิจารณาความเร็วเฉลี่ยของเรือจะพบว่ามีค่าสูงกว่าพอสมควร ที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจากความแข็งแรงของนักกีฬาชายที่มากกว่านักกีฬาหญิงจึงทำให้พลังในการออกแรงพายในแต่ละครั้งมีค่าสูงกว่าถึงแม้ว่านักกีฬาชายจะมีรูปร่างที่สูงกว่านักกีฬาหญิงแต่ด้วยกำลังที่นักกีฬาชายมากกว่าเมื่อพิจารณาโดยรวมแล้วอัตราการพายของนักกีฬาชายจึงสูงกว่านักกีฬาหญิง

ตารางที่ 10 อัตราการพายและความเร็วเฉลี่ย ระยะทาง 200 เมตร ด้วยการพายเรือกรรเชียงในน้ำของนักกีฬาชาย

อัตราการพาย	ความเร็วเฉลี่ย (เมตรต่อวินาที)				
	N	$\bar{x}$	S.D.	Min	Max
36	15	4.86	0.197	4.67	5.04
38	15	4.92	0.263	4.84	5.17
40	15	4.98	0.284	4.69	5.19
42	15	5.17	0.252	4.72	5.26
44	15	5.24	0.247	4.87	5.38

จากตารางที่ 10 แสดงอัตราการพายและความเร็วเฉลี่ยระยะทาง 200 เมตร ในการพายเรือกรรเชียงในน้ำของนักกีฬาชายมีค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุดและสูงสุดของความเร็วเฉลี่ยที่อัตราการพาย 36 38 40 42 44 ครั้งต่อนาที มีค่าเท่ากับ 4.86±0.197 (4.67-5.04 เมตรต่อวินาที) 4.92±0.263 (4.84-5.17 เมตรต่อวินาที) 4.98±0.284 (4.69-5.19เมตรต่อวินาที) 5.17±0.252 (4.72-5.26 เมตรต่อวินาที) 5.24±0.247 (4.87-5.38 เมตรต่อวินาที) ตามลำดับ

พบว่าการพายในระยะทาง 200 เมตร สำหรับการพายเรือกรรเชียงในน้ำของนักกีฬาชายอัตราการพายที่เหมาะสมที่สุดคือ 38 ครั้งต่อนาทีทำให้เกิดความเร็วเฉลี่ยสูงสุดที่ 4.47 เมตรต่อวินาที เมื่อเปรียบเทียบกับอัตราการพายที่ต่างกัน จากผลการศึกษาเมื่อเทียบอัตราการพายเรือกรรเชียงในน้ำกับนักกีฬาหญิง ระยะทาง 200 เมตรพบว่าอัตราการพายในน้ำของนักกีฬาชายมีค่าสูงกว่า ซึ่งสอดคล้องกับความเร็วเฉลี่ยของเรือซึ่งพบว่าความเร็วเฉลี่ยของเรือในนักกีฬาชายสูงกว่านักกีฬาหญิง ที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจากความแข็งแรงของนักกีฬาชายที่มีมากกว่า และเมื่อพิจารณาประกอบกับการพายเรือกรรเชียงด้วยเครื่องจะเห็นได้ว่าความแตกต่างของการพายเรือกรรเชียงในน้ำระยะทาง 200 เมตรในนักกีฬาชายสูงกว่านักกีฬาหญิงมาก ปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งสำหรับการพายเรือในน้ำคือความสมดุลขณะพายเรือ เป็นไปได้ว่านักกีฬาชายมีความสมดุลในการพายเรือมากกว่านักกีฬาหญิงจึงทำให้ความสามารถในการออกแรงทำได้เต็มที่มากกว่านักกีฬาหญิงส่งผลให้ความเร็วเรือเฉลี่ยในระยะทาง 200 เมตรเมื่อพิจารณาร่วมกันระหว่างการพายด้วยเครื่องและการพายในน้ำของนักกีฬาชายสูงกว่านักกีฬาหญิง

ตารางที่ 11 อัตราการพายและความเร็วเฉลี่ย ระยะทาง 1800 เมตร ด้วยการพายเรือกรรเชียงในน้ำของนักกีฬาชาย

อัตราการพาย	ความเร็วเฉลี่ย (เมตรต่อวินาที)				
	N	$\bar{x}$	S.D.	Min	Max
26	15	4.82	0.107	4.42	4.83
28	15	4.85	0.110	4.42	4.85
30	15	4.87	0.105	4.44	4.87
32	15	4.88	0.102	4.68	5.12
34	15	4.86	0.106	4.77	5.09
36	15	4.83	0.112	4.43	4.84

จากตารางที่ 11 แสดงอัตราการพายและความเร็วเฉลี่ยระยะทาง 1800 เมตร ในการพายเรือกรรเชียงในน้ำของนักกีฬาชายมีค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุดและสูงสุดของความเร็วเฉลี่ยที่อัตราการพาย 26 28 30 32 34 36 ครั้งต่อนาที มีค่าเท่ากับ 4.82±0.107 (4.42-4.83 เมตรต่อวินาที) 4.85±0.110 (4.42-4.85 เมตรต่อวินาที) 4.87±0.105 (4.44-4.87 เมตรต่อวินาที) 4.88±0.102 (4.68-5.12 เมตรต่อวินาที) 4.86±0.106 (4.77-5.09 เมตรต่อวินาที) 4.83±0.112 (4.43-4.84 เมตรต่อวินาที) ตามลำดับ

พบว่าการพายในระยะทาง 1800 เมตร สำหรับการพายเรือกรรเชียงในน้ำของนักกีฬาชายอัตราการพายที่เหมาะสมที่สุดคือ 32 ครั้งต่อนาทีทำให้เกิดความเร็วเฉลี่ยสูงสุดที่ 4.88 เมตรต่อวินาที เมื่อเปรียบเทียบกับอัตราการพายที่ต่างกัน จากข้อมูลการศึกษาเมื่อเปรียบเทียบการพายระยะทาง 1800 เมตรระหว่างการพายด้วยเครื่องพายเรือและการพายในน้ำของนักกีฬาชายพบว่ามีอัตราการพายเฉลี่ยที่ 32 ครั้งต่อนาที แต่ความเร็วเฉลี่ยของเรือจากการพายด้วยเครื่องสูงกว่าการพายในน้ำ อาจเป็นไปได้ว่านักกีฬาชายสามารถรักษาจังหวะการพายได้ดีทั้งการพายด้วยเครื่องและการพายในน้ำแต่การพายในน้ำต้องมีการรักษาสมดุลของร่างกายเพื่อให้เรือไม่เอียงทำให้การออกแรงดึงด้ามพายทำได้ไม่เต็มที่เหมือนการพายด้วยเครื่องซึ่งไม่ต้องอาศัยการรักษาสมดุลจึงสามารถออกแรงได้เต็มที่ส่งผลให้ความเร็วเฉลี่ยสูงกว่าการพายในน้ำ

4.2 การจำลองแบบการพายเรือด้วยคอมพิวเตอร์

จากข้อมูลของรูปแบบการออกแรงพายด้วยเครื่องพายเรือถูกนำมาใช้เป็นข้อมูลป้อนเข้าเพื่อจำลองแบบการพายเรือเพื่อศึกษากลยุทธ์การพายที่ทำให้เรือเคลื่อนที่เร็วที่สุดโดยแบ่งช่วงการศึกษาออกเป็น 2 ช่วงตามหลักการทางสรีรวิทยาคือช่วงแรกระยะทาง 200 เมตรซึ่งจากหลัก

สรีรวิทยาการกีฬาพบว่าเป็นช่วงที่ใช้พลังงานที่สะสมอยู่ในกล้ามเนื้อซึ่งจะใช้หมดไปประมาณ 15 วินาที โดยไม่เกิดกรดแลคติกซึ่งจะส่งผลต่อความเมื่อยล้าของนักกีฬา และช่วงที่ 2 ระยะทางประมาณ 1800 เมตร ซึ่งเป็นช่วงที่นักกีฬาใช้พลังงานแบบแอโรบิค ถ้านักกีฬาใช้พลังงานมากเกินไปจะทำให้เกิดความเมื่อยล้าจนทำให้หมดแรงดังนั้นนักกีฬาจึงควรรักษาระดับความหนักของการออกแรงให้สอดคล้องกับอัตราการพายเพื่อให้สามารถมีแรงพายจนถึงเส้นชัย ดังนั้นการจำลองแบบของการศึกษาในครั้งนี้จึงแยกการพิจารณาออกเป็น 2 ช่วง ดังนี้

ตารางที่ 12 อัตราการพายและความเร็วเฉลี่ยที่เหมาะสมที่สุดช่วง 200 เมตร ในนักกีฬาหญิง จากการจำลองด้วยคอมพิวเตอร์

อัตราการพาย	ความเร็วเฉลี่ย (เมตรต่อวินาที)				
	N	$\bar{x}$	S.D.	Min	Max
36	15	4.47	0.168	3.95	4.51
38	15	4.69	0.176	4.04	4.73
40	15	4.58	0.183	3.99	4.62
42	15	4.52	0.165	3.97	4.59
44	15	4.44	0.164	3.92	4.51

จากตารางที่ 12 แสดงอัตราการพายและความเร็วเฉลี่ยระยะทาง 200 เมตร ในการพายเรือกรรเชียงที่เหมาะสมที่สุดในนักกีฬาหญิง จากการจำลองด้วยคอมพิวเตอร์ โดยมีค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุดและสูงสุดของความเร็วเฉลี่ยที่อัตราการพาย 36 38 40 42 44 ครั้งต่อนาที มีค่าเท่ากับ 4.47±0.168 (3.95-4.51 เมตรต่อวินาที) 4.69±0.176 (4.04-4.73 เมตรต่อวินาที) 4.58±0.183 (3.99-4.62 เมตรต่อวินาที) 4.52±0.165 (3.97-4.59 เมตรต่อวินาที) 4.44±0.164 (3.92-4.51 เมตรต่อวินาที) ตามลำดับ

จากข้อมูลของการพายเรือกรรเชียงด้วยเครื่องพายเรือระยะทาง 200 เมตรในนักกีฬาหญิงซึ่งมีค่าอัตราการพายที่ 42 ครั้งต่อนาที พบว่าอัตราการพายมีค่าสูงกว่าการจำลองแบบการพายด้วยคอมพิวเตอร์ซึ่งมีค่า 38 ครั้งต่อนาที จะเห็นได้ว่าค่าที่ได้จากการจำลองแบบด้วยคอมพิวเตอร์มีค่าเท่ากับค่าที่ได้จากการพายในน้ำ เป็นไปได้ว่าในแบบจำลองด้วยคอมพิวเตอร์เป็นการกำหนดค่าตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาการพายในน้ำทำให้ค่าที่ได้มีความใกล้เคียงกัน ในส่วนของความเร็วเฉลี่ยของเรือพบว่าค่าที่ได้จากการพายด้วยเครื่องมีค่าสูงกว่าการจำลองแบบด้วยคอมพิวเตอร์ ส่วนค่าที่ได้จากการจำลองแบบด้วยคอมพิวเตอร์มีค่าสูงกว่าการพายในน้ำ อาจเป็นไปได้ว่าค่าที่ได้จากการจำลองแบบด้วยคอมพิวเตอร์เป็นอัตราการพายที่เหมาะสมที่สุดและเป็นเวลาเฉลี่ยที่ดีที่สุดที่นักกีฬาจะสามารถทำได้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภายใต้ความแข็งแรงและเทคนิคที่นักกีฬาใช้ แต่ค่าความเร็วที่ได้จากการพายในน้ำต่ำกว่าการจำลองด้วยคอมพิวเตอร์อาจเป็นเพราะการควบคุมสมดุลและเทคนิคการพายของนักกีฬาที่ยังไม่สามารถทำได้ดีที่สุด ซึ่งค่าที่แตกต่างกันในส่วนนี้จะเป็นตัวบ่งชี้ความสมบูรณ์แบบในการพายของนักกีฬา สามารถบอกได้ว่านักกีฬามีข้อผิดพลาดมากน้อยเท่าใดในการพาย

ตารางที่ 13 อัตราการพายและความเร็วเฉลี่ย ที่เหมาะสมที่สุดช่วง 1800 เมตร ในนักกีฬาหญิง จากการจำลองด้วยคอมพิวเตอร์

อัตราการพาย	ความเร็วเฉลี่ย (เมตรต่อวินาที)				
	N	$\bar{x}$	S.D.	Min	Max
26	15	4.21	0.196	3.96	4.41
28	15	4.26	0.185	3.98	4.43
30	15	4.34	0.183	3.99	4.54
32	15	4.28	0.196	3.95	4.47
34	15	4.21	0.178	3.93	4.45
36	15	4.19	0.177	3.90	4.36

จากตารางที่ 13 อัตราการพายและความเร็วเฉลี่ยระยะทาง 1800 เมตร ในการพายเรือกรรเชียงที่เหมาะสมที่สุดในนักกีฬาหญิง จากการจำลองด้วยคอมพิวเตอร์ โดยมีค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุดและสูงสุดของความเร็วเฉลี่ยที่อัตราการพาย 26 28 30 32 34 36 ครั้งต่อนาที มีค่าเท่ากับ 4.21±0.196 (3.96-4.41 เมตรต่อวินาที) 4.26±0.185 (3.98-4.43 เมตรต่อวินาที) 4.34±0.183 (3.99-4.54เมตรต่อวินาที) 4.28±0.196 (3.95-4.47เมตรต่อวินาที) 4.21±0.178 (3.93-4.45 เมตรต่อวินาที) 4.19±0.177 (3.90-4.36 เมตรต่อวินาที) ตามลำดับ

จากข้อมูลของการพายเรือกรรเชียงด้วยเครื่องพายเรือระยะทาง 1800 เมตรในนักกีฬาหญิงซึ่งมีค่าอัตราการพายที่ 30 ครั้งต่อนาที ส่วนอัตราการพายเรือในน้ำอยู่ระหว่าง 28-32 ครั้งต่อนาที พบว่าอัตราการพายใกล้เคียงกับการจำลองแบบการพายด้วยคอมพิวเตอร์ซึ่งมีอัตราการพายเฉลี่ยที่เหมาะสมอยู่ที่ 30 ครั้งต่อนาที ส่วนความเร็วเฉลี่ยของการพายเรือกรรเชียงด้วยเครื่องพายเรือมีค่า 4.18 เมตรต่อวินาทีและการพายในน้ำมีค่า 4.04 เมตรต่อวินาที จะเห็นได้ว่าค่าที่ได้จากการจำลองแบบด้วยคอมพิวเตอร์มีค่าสูงกว่าค่าที่ได้จากของการพายเรือกรรเชียงด้วยเครื่องพายเรือและการพายในน้ำ เป็นไปได้ว่าในแบบจำลองเป็นค่าที่เหมาะสมที่สุดที่นักกีฬาควรทำได้ถ้าสามารถควบคุมอัตราการใช้พลังงานได้อย่างเหมาะสม แต่จากผลการจำลองแบบพบว่าค่าจากการพายด้วยเครื่องพายเรือและค่าจากการพายเรือในน้ำต่ำกว่าอาจเป็นเพราะระยะทางการแข่งขันมีระยะทางไกลถึง 1800 เมตร ทำให้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

นักกีฬาไม่สามารถควบคุมอัตราการพายให้คงที่สม่ำเสมอตลอดระยะทางจึงส่งผลต่อความเร็วเรือ โดยแบบจำลองการพายด้วยคอมพิวเตอร์จะเป็นตัวบ่งชี้ถึงความสามารถสูงสุดที่จะทำได้ ถ้าในระหว่างการพายนักกีฬาพายด้วยอัตราการพายที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลาจะส่งผลต่อแรงต้านทานเรือที่เพิ่มขึ้นทำให้ความเร็วเรือลดลง

ตารางที่ 14 อัตราการพายและความเร็วเฉลี่ย ที่เหมาะสมที่สุดช่วงออกตัว 200 เมตรในนักกีฬาชาย จากการจำลองด้วยคอมพิวเตอร์

อัตราการพาย	ความเร็วเฉลี่ย (เมตรต่อวินาที)				
	N	$\bar{x}$	S.D.	Min	Max
36	15	5.04	0.136	4.82	5.23
38	15	5.27	0.162	4.88	5.39
40	15	5.48	0.176	4.94	5.57
42	15	5.59	0.173	4.98	5.63
44	15	5.67	0.188	5.03	5.912

จากตารางที่ 14 แสดงอัตราการพายและความเร็วเฉลี่ยระยะทาง 200 เมตร ในการพายเรือกรรเชียงที่เหมาะสมที่สุดในนักกีฬาชาย จากการจำลองด้วยคอมพิวเตอร์ โดยมีค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุดและสูงสุดของอัตราการพายจำนวน 26 28 30 32 34 36 ครั้งต่อนาที มีค่าเท่ากับ 5.04±0.136 (4.82-5.23 เมตรต่อวินาที) 5.27±0.162 (4.88-5.39 เมตรต่อวินาที) 5.48±0.176 (4.94-5.57 เมตรต่อวินาที) 5.59±0.173 (4.98-5.63 เมตรต่อวินาที) 5.67±0.188 (5.03-5.91 เมตรต่อวินาที) ตามลำดับ

จากข้อมูลของการพายเรือกรรเชียงด้วยเครื่องพายเรือระยะทาง 200 เมตรในนักกีฬาชายซึ่งมีค่าอัตราการพายที่ 44 ครั้งต่อนาที ซึ่งมีค่าเท่ากับอัตราการพายเรือในน้ำ พบว่าอัตราการพายเท่ากับการจำลองแบบการพายด้วยคอมพิวเตอร์เป็นไปได้ว่านักกีฬาชายมีความสามารถในการควบคุมจังหวะการพายได้เป็นอย่างดีไม่ว่าจะพายด้วยเครื่องพายเรือหรือพายในน้ำซึ่งสอดคล้องกับอัตราการพายที่ได้จากการจำลองแบบด้วยคอมพิวเตอร์ซึ่งหมายความว่านักกีฬาสามารถควบคุมจังหวะการพายได้เหมาะสมกับความสามารถในการออกแรง ในส่วนความเร็วเฉลี่ยของการพายเรือกรรเชียงด้วยเครื่องพายเรือมีค่า 5.57 เมตรต่อวินาทีทีและการพายในน้ำมีค่า 5.24 เมตรต่อวินาที ส่วนความเร็วที่ได้จากการจำลองแบบด้วยคอมพิวเตอร์มีค่าเท่ากับ 5.67 ซึ่งเป็นค่าที่สูงกว่าการพายด้วยเครื่องพายเรือและการพายเรือในน้ำ โดยค่าที่ได้จากการจำลองแบบด้วยคอมพิวเตอร์เป็นค่าที่แสดงถึงความสามารถสูงสุดที่นักกีฬาควรจะทำได้ถ้าไม่มีข้อผิดพลาดเกิดขึ้นระหว่างการพาย การที่ค่าของ

ความเร็วเฉลี่ยของการพายด้วยเครื่องพายเรือและการพายในน้ำต่ำกว่าค่าที่ได้จากการจำลองด้วยคอมพิวเตอร์แสดงว่านักกีฬามีความผิดพลาดในการพายในน้ำมากกว่าการพายด้วยเครื่องพายเรือซึ่งก็สอดคล้องกับเหตุผลที่กล่าวมาก่อนหน้านี้ คือการพายด้วยเครื่องพายเรือไม่ต้องเกร็งกล้ามเนื้อเพื่อรักษาสมดุลระหว่างการพายและในการพายเรือในน้ำปัจจัยเรื่องความสมดุลจะมีบทบาทสำคัญและส่งผลต่อการออกแรง การที่นักกีฬาพายได้เวลาเฉลี่ยน้อยกว่าการจำลองแบบด้วยคอมพิวเตอร์ แสดงให้เห็นถึงความผิดพลาดที่เกิดขึ้นระหว่างการพายซึ่งต้องปรับปรุงแก้ไขให้ดีขึ้น

ตารางที่ 15 อัตราการพายและความเร็วเฉลี่ย ที่เหมาะสมที่สุดช่วง 1800 เมตร ในนักกีฬาชาย จากการจำลองด้วยคอมพิวเตอร์

อัตราการพาย	ความเร็วเฉลี่ย (เมตรต่อวินาที)				
	N	$\bar{x}$	S.D.	Min	Max
26	15	4.87	0.189	4.48	5.07
28	15	4.89	0.173	4.53	5.18
30	15	4.91	0.176	4.61	5.24
32	15	4.93	0.162	4.77	5.36
34	15	4.89	0.136	4.71	5.04
36	15	4.85	0.179	4.66	4.98

จากตารางที่ 15 แสดงอัตราการพายและความเร็วเฉลี่ยระยะทาง 1800 เมตร ในการพายเรือกรรเชียงที่เหมาะสมที่สุดในนักกีฬาชาย จากการจำลองด้วยคอมพิวเตอร์ โดยมีค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุดและสูงสุดของอัตราการพายจำนวน 26 28 30 32 34 36 ครั้งต่อนาที มีค่าเท่ากับ 4.87±0.189 (4.48-5.07 เมตรต่อวินาที) 4.89±0.173 (4.53-5.18เมตรต่อวินาที) 4.91±0.176 (4.61-5.24 เมตรต่อวินาที) 4.93±0.162 (4.77-5.36 เมตรต่อวินาที) 4.89±0.136 (4.71-5.04 เมตรต่อวินาที) 4.85±0.179 (4.66-4.98 เมตรต่อวินาที) ตามลำดับ

จากข้อมูลของการพายเรือกรรเชียงด้วยเครื่องพายเรือระยะทาง 1800 เมตรในนักกีฬาชายซึ่งมีค่าอัตราการพายที่ 32 ครั้งต่อนาที ซึ่งมีค่าเท่ากับอัตราการพายเรือในน้ำ พบว่าอัตราการพายจากการจำลองแบบการพายด้วยคอมพิวเตอร์มีค่าเท่ากับอัตราการพายด้วยเครื่องพายเรือและอัตราการพายเรือในน้ำ เป็นไปได้ว่านักกีฬาชายมีความสามารถในการควบคุมจังหวะการพายได้เป็นอย่างดีไม่ว่าจะพายด้วยเครื่องพายเรือหรือพายในน้ำซึ่งสอดคล้องกับอัตราการพายที่ได้จากการจำลองแบบด้วยคอมพิวเตอร์ซึ่งหมายความว่านักกีฬาสามารถคุมจังหวะการพายได้เหมาะสมกับความสามารถในการออกแรง ในส่วนความเร็วเฉลี่ยของการพายเรือกรรเชียงด้วยเครื่องพายเรือมีค่า 4.96 เมตรต่อ

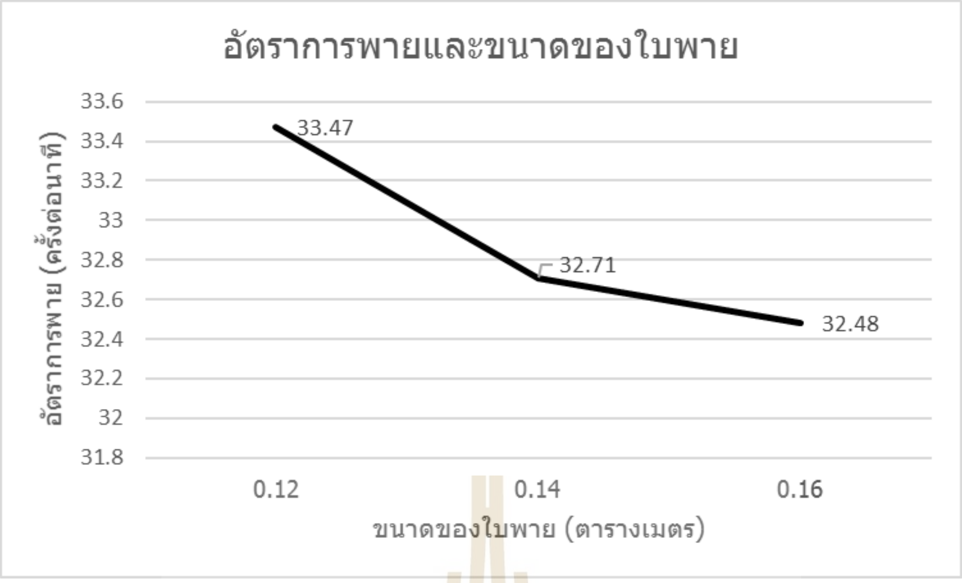
วินาทีทีและการพายในน้ำมีค่า 4.88 เมตรต่อวินาที ส่วนความเร็วที่ได้จากการจำลองแบบด้วยคอมพิวเตอร์มีค่าเท่ากับ 4.93 ซึ่งเป็นค่าที่สูงกว่าการพายเรือในน้ำแต่น้อยกว่าการพายเรือกรรเชียงด้วยเครื่อง สาเหตุที่เป็นเช่นนี้อาจเป็นเพราะการพายเรือในน้ำนักกีฬาไม่สามารถออกแรงได้เต็มที่ทุกครั้งในการพายซึ่งเกิดจากหลายปัจจัยที่กล่าวมาแล้ว โดยผลที่ได้จากการจำลองแบบด้วยคอมพิวเตอร์สามารถบอกได้ว่านักกีฬาทำได้ต่ำกว่าความสามารถสูงสุดมากน้อยเพียงใด ซึ่งจะเป็นประโยชน์กับผู้ฝึกสอนและนักกีฬาที่จะนำผลการจำลองแบบไปใช้ในการในการวิเคราะห์ข้อผิดพลาดและพัฒนาความสามารถของนักกีฬาให้อยู่ในระดับสูงสุด ส่วนการพายเรือด้วยเครื่องมีค่าสูงกว่าเป็นไปได้ว่านักกีฬาสามารถควบคุมเทคนิคการพายได้ดีและเกิดข้อผิดพลาดน้อย

4. 3 การศึกษาตัวแปรซึ่งเป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับอัตราการพายเรือกรรเชียง

สำหรับการพายเรือกรรเชียงพบว่ามีตัวแปรจำนวนมากที่มีผลกระทบต่ออัตราการพายเรือทั้งตัวแปรทางด้านสรีรวิทยาซึ่งแสดงออกมาในลักษณะของรูปแบบการออกแรงและตัวแปรทางด้านชีวกลศาสตร์ซึ่งเกี่ยวข้องกับ ขนาดของใบพาย มุมการพาย ความยาวด้านพาย เวลาในการเคลื่อนตัวระหว่างการพายโดยปัจจัยเหล่านี้จะส่งผลต่อความเร็วเรือและอัตราการพาย ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาถึงตัวแปรต่างๆ ที่ส่งผลกระทบต่ออัตราการพายเรือดังต่อไปนี้

4.3.1 การแปรผันขนาดใบพาย

ในการแข่งขันเรือกรรเชียงนักกีฬาสามารถเลือกใช้ขนาดใบพายให้เหมาะสมกับความสามารถของตนเอง ดังนั้นการพายเรือกรรเชียงด้วยใบพายที่มีขนาดแตกต่างกันจะส่งผลต่อแรงที่ส่งไปยังใบพายเพื่อขับเคลื่อนเรือและยังส่งผลต่อแรงต้านทาน โดยพบว่าใบพายที่มีขนาดใหญ่ขึ้นจะทำให้พื้นที่การสัมผัสน้ำเพิ่มขึ้น โดยปกติขนาดใบพายมาตรฐานที่นักกีฬาเลือกใช้สำหรับการพายจะมีขนาดประมาณ 0.12-0.16 ตารางเมตร จากการศึกษาการพายด้วยใบพายขนาดแตกต่างกันด้วยอัตราการพายที่แตกต่างกัน พบว่าเมื่อพายด้วยใบพายที่มีขนาดใหญ่ขึ้นจะทำให้อัตราการพายระยะทาง 2,000 เมตรลดลง ดังแสดงในภาพที่ 13 และตารางที่ 16



ภาพที่ 13 การแปรผันขนาดของใบพาย

ตารางที่ 16 ผลการแปรผันขนาดของใบพาย

ตัวแปร	ผล		
ขนาดใบพาย	0.12	0.14	0.16
ความเร็วเฉลี่ย (m/s)	4.83	4.89	4.92
อัตราการพาย (1/min)	33.47	32.71	32.48

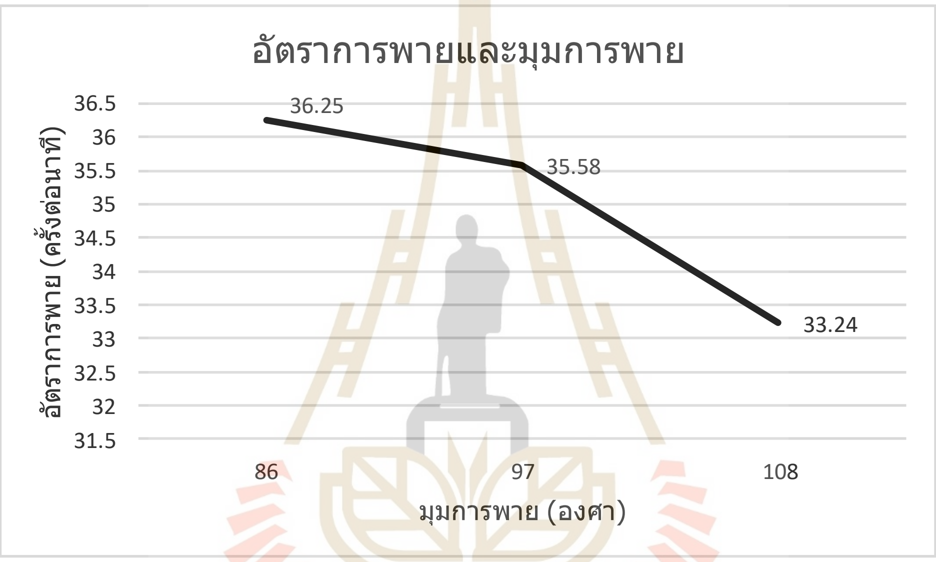
ผลของการศึกษาการแปรผันขนาดของใบพายขนาด 0.12, 0.14, 0.16 ตารางเมตร ทำให้ความเร็วเฉลี่ย มีค่าเท่ากับ 4.83, 4.89, 4.92 เมตรต่อวินาที และอัตราการพายมีค่าเท่ากับ 33.47, 32.71, 32.48 ครั้งต่อนาที

เมื่อพายด้วยใบพายที่มีขนาดใหญ่ขึ้นอัตราในการพายระยะทาง 2,000 เมตรจะลดลง สอดคล้องกับงานวิจัยที่มีผู้ศึกษาไว้ก่อนหน้านี้ (Atkinson, 2004; van Holst, 2004) โดยเหตุผลทางด้านชีวกลศาสตร์ของการพายเรือกรรเชียงสามารถอธิบายได้ว่าการพายด้วยใบพายที่มีขนาดใหญ่จะมีแรงดลที่กระทำบริเวณใบพายมากขึ้น อย่างไรก็ตามการพายด้วยใบพายที่มีขนาดใหญ่ขึ้นนักกีฬาต้องออกแรงในการพายมากขึ้น ดังนั้นนักกีฬาเรือกรรเชียงควรเลือกใช้ใบพายที่มีขนาดที่เหมาะสมกับความสามารถของตนเอง คือเหมาะสมกับความแข็งแรงและเทคนิคในการพาย เพราะการพายด้วยใบพายมีขนาดใหญ่เกินไป ในขณะที่ใบพายลงสู่น้ำพื้นผิวสัมผัสของใบพายจะเพิ่มขึ้นการที่ใบพายจะเคลื่อนที่ผ่านน้ำได้เหมือนในจังหวะการพายปกติที่เคยพายนักกีฬาต้องออกแรงมากขึ้นอาจทำให้เกิดความล้าและหมดแรงก่อนที่จะถึงเส้น และใบพายที่มีขนาดใหญ่จะทำให้การควบคุมเทคนิคและจังหวะ

การนำใบพายลงสู่น้ำและขึ้นจากน้ำทำได้ยากขึ้น ดังนั้นนักกีฬาควรเลือกขนาดของใบพายให้เหมาะสมกับความแข็งแรงและเทคนิคการพายของตนเอง

4.3.2 การแปรผันมุมการพาย

การพายด้วยมุมการพายที่กว้างขึ้นทำให้ระยะทางการพายแต่ละครั้งมากขึ้นซึ่งมีผลต่อเวลาในการพาย จากผลการศึกษาการพายด้วยมุม 86, 97 และ 108 องศา ในการพายระยะทาง 2,000 เมตร พบว่าเมื่อพายด้วยมุมการพายที่กว้างขึ้นจะทำให้อัตราในการพายระยะทาง 2,000 เมตร ลดลง ดังแสดงรูปที่ 14 และตารางที่ 17



ภาพที่ 14 การแปรผันมุมการพาย

ตารางที่ 17 ผลการแปรผันมุมการพาย

ตัวแปร	ผล		
มุมการพาย (deg)	86	97	108
ความเร็วเฉลี่ย (m/s)	4.839	4.862	4.872
อัตราการพาย (1/min)	36.25	35.58	33.24

ผลการศึกษาการพายด้วยมุม 86, 97 และ 108 องศา ทำให้ความเร็วเฉลี่ย มีค่าเท่ากับ 4.839, 4.862, 4.872 เมตรต่อวินาที และอัตราการพายมีค่าเท่ากับ 36.25, 35.58, 33.24 ครั้งต่อนาที

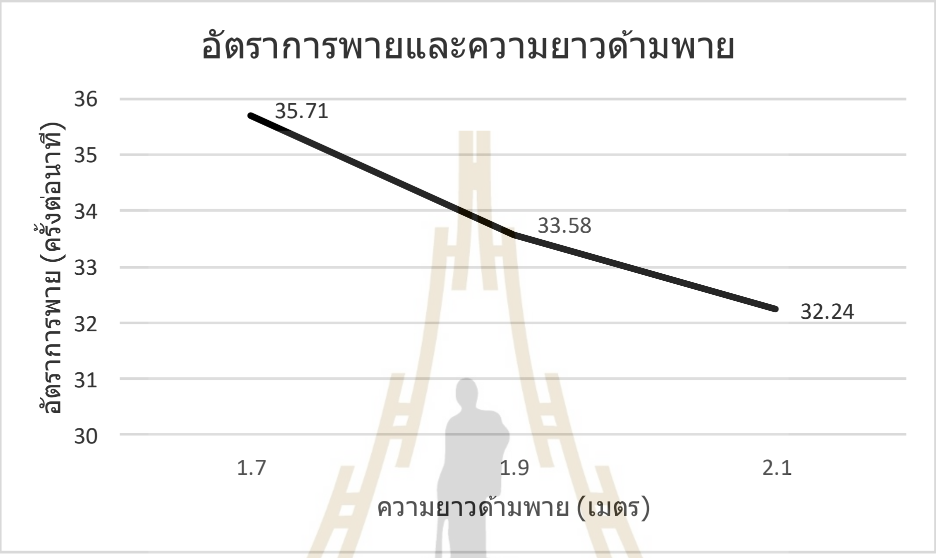
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผลการศึกษาโดยการเพิ่มมุมการพายให้กว้างขึ้น พบว่าเวลาในการพายระยะทาง 2,000 เมตรลดลงสอดคล้องกับงานวิจัยที่มีผู้ศึกษาไว้ก่อนหน้านี้ (Atkinson, 2004;, van Holst, 2004) การที่มุมใบพายเพิ่มขึ้นจะส่งผลต่อระยะทางเชิงมุมในการเคลื่อนที่ของใบพายซึ่งหมายถึงการที่ใบพายเคลื่อนที่ในน้ำเป็นระยะทางมากขึ้น เมื่อระยะทางการพายเพิ่มขึ้นก็จะส่งผลอัตราการพายโดยจะทำให้อัตราการพายลดลงเพราะในแต่ละครั้งที่พายจะพายด้วยระยะทางที่เพิ่มขึ้นทำให้เวลาในการพายมากขึ้นด้วย ส่งผลให้ช่วงเวลาที่ใบพายลอยอยู่ในอากาศซึ่งเป็นช่วงที่ไม่มีแรงในการขับเคลื่อนเรือน้อยลง ขณะที่ใบพายอยู่ในน้ำนักกีฬาจะออกแรงพายส่งแรงไปยังใบพายซึ่งหมายถึงการที่มีแรงขับเคลื่อนส่งไปที่ใบพายตลอดเวลาที่ใบพายอยู่ในน้ำ ซึ่งต่างจากการพายด้วยอัตราการพายที่มากขึ้นจะเกิดการสูญเสียความเร็วของเรือขณะใบพายลงน้ำเนื่องจากเกิดแรงต้านทานที่ใบพายกระทำกับผิวน้ำซึ่งจะเป็นการชะลอความเร็วเรือ (Macrossan, and Macrossany, 2006) สำหรับมุมมองทางด้านสรีรวิทยาพบว่าการพายด้วยมุมพายที่มากขึ้น จะทำให้นักกีฬาต้องงอขาและก้มตัวพร้อมกับยื่นแขนไปด้านหน้ามากขึ้นในช่วงการเคลื่อนตัวกลับเพื่อนำใบพายลงสู่น้ำ ในส่วนการเคลื่อนตัวเพื่อออกแรงดึงด้ามพายเพื่อขับเคลื่อนเรือนักกีฬาจะเคลื่อนตัวกลับไปจนสุดและหากต้องการให้ระยะทางการเคลื่อนที่ของใบพายมากขึ้นนักกีฬาต้องเอนตัวไปด้านหลังมากขึ้น โดยการพายในท่านี้นักกีฬาต้องออกแรงจากกล้ามเนื้อขาและหลังซึ่งเป็นกล้ามเนื้อมัดใหญ่มากขึ้นพร้อมกับงอขาและเอนหลังมากขึ้นด้วย อย่างไรก็ตามการที่นักกีฬาก้มตัวยื่นแขนไปด้านหน้าเพื่อให้เกิดมุมการพายขณะใบพายลงสู่น้ำมากขึ้นจะถูกจำกัดด้วยสรีรของนักกีฬาเอง นักกีฬาที่มีความยาวของแขนขายาวสามารถยื่นแขนและโน้มตัวไปด้านหน้าได้มากกว่าทำให้มุมการพายมากขึ้น การศึกษาเกี่ยวกับการพายเรือกรรเชียงพบว่ามุมการพายที่มากขึ้นจะทำให้ประสิทธิภาพการพายดีขึ้น ดังนั้นจึงเห็นได้ว่านักพายเรือเรือกรรเชียงส่วนใหญ่จะมีรูปร่างสูงแขนขายาวเมื่อเทียบกับนักกีฬาประเภทอื่น ๆ พบว่ามุมการพายที่นักกีฬาสามารถพายได้นั้นจะสอดคล้องกับความยาวของแขนและขาและความแข็งแรงของนักกีฬาเพราะในการพายเรือกรรเชียงนั้นสามารถปรับความยาวของด้ามพายได้โดยจะพิจารณาเป็นอัตราส่วนของความยาวด้านนอกจุดหมุนกับความยาวด้านในจุดหมุนซึ่งอธิบายตามหลักชีวกลศาสตร์จะเกี่ยวข้องกับเรื่องของคาน ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับการได้เปรียบเชิงกลหรือเสียเปรียบเชิงกล โดยการปรับอัตราส่วนของด้ามพายจะพิจารณาจากความแข็งแรงของนักกีฬา ถ้าปรับส่วนที่อยู่ด้านในจุดหมุนสั้นเกินไปแล้วปรับด้านที่อยู่ส่วนนอกจุดหมุนยาวเกินไปนักกีฬาจะต้องใช้แรงมากในการพายแต่ละครั้ง ในทางตรงกันข้ามถ้าปรับส่วนในด้ามพายยาวขึ้นและส่วนนอกสั้นลงแรงที่ใช้ในการพายก็จะน้อยลงซึ่งการปรับส่วนนอกของด้ามพายจะสัมพันธ์กับระยะทางเชิงมุมของการพาย ดังนั้นการแปรผันค่าของมุมการพายจะกระทำได้ในช่วงหนึ่งเนื่องจากข้อจำกัดดังที่กล่าวมา ดังนั้นนักพายเรือควรปรับมุมลงน้ำและมุมพ้นน้ำของใบพายให้เหมาะสมกับเทคนิคการพายและความแข็งแรงของตนเอง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4.3.3 การแปรผันความยาวด้ามพาย

การเพิ่มหรือลดความยาวของด้ามพายทำให้ระยะทางการพายแต่ละครั้งเปลี่ยนแปลงไปซึ่งส่งผลต่อเวลาในการพาย จากผลการศึกษาการพายด้วยความยาวด้ามพาย 1.7, 1.9 และ 2.1 เมตรในระยะทาง 2,000 เมตร พบว่าเวลาในการพายระยะทาง 2,000 เมตรลดลงดังแสดงในภาพที่ 15 และตารางที่ 18



ภาพที่ 15 การแปรผันความยาวด้ามพาย

ตารางที่ 18 ผลการแปรผันความยาวด้ามพาย

ตัวแปร	ผล		
ความยาวด้ามพาย	1.7	1.9	2.1
ความเร็วเฉลี่ย (m/s)	4.844	4.857	4.881
อัตราการพาย (1/min)	35.71	33.58	32.24

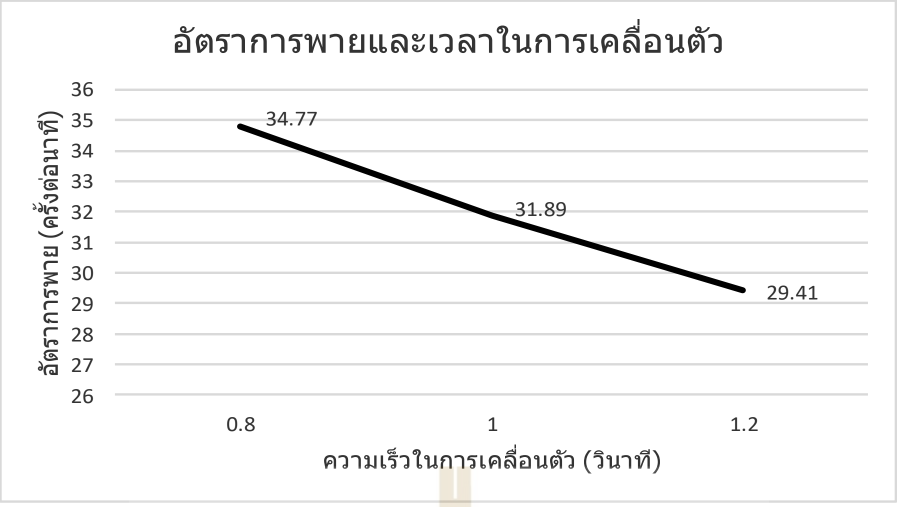
จากผลการศึกษาการพายด้วยความยาวด้ามพาย 1.7, 1.9 และ 2.1 เมต ทำให้ความเร็วเฉลี่ย มีค่าเท่ากับ 4.844, 4.857, 4.881 เมตรต่อวินาที และอัตราการพายมีค่าเท่ากับ 35.71, 33.58, 32.24ครั้งต่อนาที

การพายด้วยด้ามพายที่มีขนาดยาวขึ้นจะทำอัตราในการพายระยะทาง 2,000 เมตร ลดลงซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่มีการศึกษาไว้ก่อนหน้านี้ Atkinson. (2004)., van Holst. (2004). ความยาวของด้ามพายจะสอดคล้องกับมุมการพายดังที่กล่าวมาแล้วเพราะการที่มุมการพายเพิ่มขึ้นหมายถึงระยะทางเชิงมุมเพิ่มขึ้นซึ่งเกิดจากการปรับความยาวด้ามพายส่วนในและส่วนนอก โดยความ

ยาวของด้ามพายจะสัมพันธ์กับอัตราการพายเพราะการพายด้วยด้ามพายที่มีความยาวมากขึ้นจะใช้เวลาในการพายหนึ่งครั้งมากขึ้นและส่งผลให้อัตราการพายลดลง โดยความยาวของด้ามพายในมุมมองของนักชีวกลศาสตร์การกีฬาจะเกี่ยวข้องกับเรื่องของคาน เมื่อพิจารณาการพายเรือมีจุดยึดคานเป็นจุดหมุนโดยมีความยาวด้านในของพายเป็นแขนของแรงพยายามและความยาวด้านนอกของพายเป็นแขนของแรงต้านทาน ในกีฬาเรือกรรเชียงนั้นความยาวของพายด้านนอกจุดหมุนจะยาวกว่าความยาวของพายด้านในของจุดหมุน จะเห็นได้ว่าแขนของแรงต้านทานจะยาวกว่าแขนของแรงพยายามซึ่งเป็นการเสียเปรียบเชิงกล ซึ่งจะเสียเปรียบเชิงกลมากหรือน้อยก็ขึ้นอยู่กับการปรับอัตราส่วนของความยาวด้านในจุดหมุนและความยาวด้านนอกจุดหมุน ในส่วนมุมมองด้านสรีรวิทยาพบว่ากาปรับความยาวของพายด้านในสั้นเกินไปหรือปรับความยาวของพายด้านนอกมากเกินไปนักกีฬาจะต้องออกแรงในการพายมากขึ้นอาจทำให้หมดแรงก่อนกายพายถึงเส้นชัย โดยการพายด้วยพายที่ความยาวด้านนอกจุดหมุนเพิ่มขึ้นจะทำให้อัตราการพายน้อยลงเพราะระยะทางเชิงมุมเพิ่มขึ้นนักกีฬาต้องใช้เวลาในการพายแต่ละครั้งเพิ่มขึ้น ส่วนพายด้วยความยาวของพายด้านในจุดหมุนยาวขึ้นหรือการพายด้วยความยาวของพายด้านนอกจุดหมุนสั้นลงนักกีฬาจะใช้แรงในการพายน้อยลง ดังนั้นนักกีฬาควรปรับความยาวด้านในและด้านนอกให้ได้อัตราส่วนที่เหมาะสมสำหรับการพายเรือในการพายระยะทาง 2,000 เมตร ในทางปฏิบัติเกี่ยวกับการปรับความยาวของใบพายนั้นต้องปรับให้อัตาส่วนสัมพันธ์กันระหว่างความยาวของด้ามพายส่วนนอก (Outboard) กับความยาวของด้ามพายส่วนใน (Inboard) เพราะการปรับพายที่ยาวเกินไปนอกจากเกี่ยวข้องกับการออกแรงของนักกีฬาแล้วยังเกี่ยวข้องกับมุมเอียงระหว่างพายกับผิวน้ำด้วย (เมื่อวัดจากแนวขนานกับตัวเรือลงไป) เพราะการที่ความยาวของพายเพิ่มขึ้นเพื่อทำให้มุมลงน้ำของใบพายเปลี่ยนไปอาจส่งผลต่อเทคนิคการพายและจังหวะการออกแรงพายได้ เพราะนักกีฬาอาจต้องชดเชยด้วยการปรับความสูงของที่นั่งให้สัมพันธ์กับมุมที่ใบพายลงน้ำ สิ่งที่อาจเกิดขึ้นตามมาคือความสมดุลของนักกีฬาสูญเสียไป

4.3.4 การแปรผันเวลาการเคลื่อนตัวกลับ

การเคลื่อนตัวกลับด้วยความเร็วที่แตกต่างกันจะส่งผลต่ออัตราการพายที่ใช้ในการพายแตกต่างกัน จากผลการศึกษาการเคลื่อนตัวกลับด้วยเวลา 0.8, 1.0 และ 1.2 วินาทีพบว่าเมื่อเคลื่อนตัวกลับด้วยเวลาที่มากขึ้นจะทำให้อัตราในการพายในระยะทาง 2,000 เมตรลดลง ดังแสดงในภาพที่ 16 และตารางที่ 19



ภาพที่ 16 การแปรผันเวลาการเคลื่อนตัวกลับ

ตารางที่ 19 ผลการแปรผันเวลาการเคลื่อนตัวกลับ

ตัวแปร	ผล		
ความเร็วการเคลื่อนตัว	0.8	1.0	1.2
ความเร็วเฉลี่ย (m/s)	4.861	4.883	4.863
อัตราการพาย (1/min)	34.77	31.89	29.41

จากผลการศึกษาการเคลื่อนตัวกลับด้วยเวลา 0.8, 1.0 และ 1.2 วินาที ทำให้ความเร็วเฉลี่ย มีค่าเท่ากับ 4.861, 4.883, 4.863 เมตรต่อวินาที และอัตราการพายมีค่าเท่ากับ 34.77, 31.89, 29.41 ครั้งต่อนาที

การเคลื่อนตัวกลับด้วยเวลาที่น้อยลงเพื่อที่จะพายครั้งต่อไปจะทำให้อัตราในการพายระยะทาง 2,000 เมตรเพิ่มขึ้น โดยปกติแล้วการเคลื่อนตัวกลับของนักกีฬาจะสัมพันธ์กับความเร็วของเรือและอัตราการพายที่สัมพันธ์กับเทคนิคและการออกแรงพาย โดยพบว่าถ้าเรือมีความเร็วเพิ่มขึ้นการเคลื่อนตัวกลับจะใช้เวลาในการเคลื่อนตัวกลับน้อยลงเพื่อที่จะพายในครั้งต่อไป ดังที่กล่าวมาก่อนหน้านี้แล้วว่าการศึกษาเกี่ยวกับความเร็วของเรือกับความสัมพันธ์ในการพายในครั้งต่อไปควรพายครั้งต่อไปที่ความเร็วเรือประมาณ 92 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นถ้าเรือมีความเร็วเพิ่มขึ้นการเคลื่อนตัวกลับเพื่อพายครั้งต่อไปก็จะเร็วขึ้น หากนักกีฬาเคลื่อนตัวในการพายครั้งต่อไปช้ากว่าความเร็วดังกล่าวก็จะทำให้เกิดแรงต้านทานเรือเพิ่มขึ้นทำให้ความเร็วของเรือลดลง แต่ถ้านักกีฬาเคลื่อนตัวเร็วเกินไปก็จะทำให้อัตราการพายเพิ่มขึ้นนักกีฬาต้องใช้แรงมากขึ้นอาจทำให้นักกีฬาหมดแรงก่อนถึงเส้นชัย ดังนั้นนักกีฬาควรพายเรือด้วยจังหวะการเคลื่อนตัวกลับที่สัมพันธ์กับเทคนิคการพายและความแข็งแรงของตนเองเพื่อให้เรือเคลื่อนที่ได้เร็วที่สุด

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ศึกษากลยุทธ์การพายเรือกรรเชียงในนักกีฬาเรือกรรเชียงหญิงและนักกีฬาเรือกรรเชียงชายรวมถึงศึกษาตัวแปรที่ส่งผลกระทบต่ออัตราการพายเรือกรรเชียง เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการนำไปประยุกต์ใช้สำหรับการกำหนดกลยุทธ์การพายเรือกรรเชียงให้เร็วที่สุด จากการศึกษาสมารถสรุปได้ดังนี้

5.1 สรุป

5.1.1 การพายเรือกรรเชียงด้วยเครื่องพายเรือระยะทาง 200 เมตร ในนักกีฬาหญิง อัตราการพายที่เหมาะสมที่สุดคือ 42 ครั้งต่อนาทีทำให้เกิดความเร็วเฉลี่ยสูงสุด 4.54 เมตรต่อวินาที

5.1.2 การพายเรือกรรเชียงด้วยเครื่องพายเรือในระยะทาง 1800 เมตร ในนักกีฬาหญิง อัตราการพายที่เหมาะสมที่สุดคือ 30 ครั้งต่อนาที ทำให้เกิดความเร็วเฉลี่ยสูงสุด 4.18 เมตรต่อวินาที

5.1.3 การพายเรือกรรเชียงในน้ำระยะทาง 200 เมตร ของนักกีฬาหญิงอัตราการพายที่เหมาะสมที่สุดคือ 38 ครั้งต่อนาที ทำให้เกิดความเร็วเฉลี่ยสูงสุด 4.47 เมตรต่อวินาที

5.1.4. การพายเรือกรรเชียงในน้ำระยะทาง 1800 เมตร ของนักกีฬาหญิงอัตราการพายที่เหมาะสมที่สุดคือ 28, 30, 32 ครั้งต่อนาทีทำให้เกิดความเร็วเฉลี่ยสูงสุดที่ 4.04 เมตรต่อวินาที

5.1.5. การพายเรือกรรเชียงด้วยเครื่องพายเรือระยะทาง 200 เมตรในนักกีฬาชายอัตราการพายที่เหมาะสมที่สุดคือ 44 ครั้งต่อนาทีทำให้เกิดความเร็วเฉลี่ยสูงสุด 5.57 เมตรต่อวินาที

5.1.6. การพายเรือกรรเชียงด้วยเครื่องพายเรือในระยะทาง 1800 เมตรในนักกีฬาชาย อัตราการพายที่เหมาะสมที่สุดคือ 32 ครั้งต่อนาทีทำให้เกิดความเร็วเฉลี่ยสูงสุด 4.96 เมตรต่อวินาที

5.1.7. การพายเรือกรรเชียงในน้ำระยะทาง 200 เมตร ของนักกีฬาชายอัตราการพายที่เหมาะสมที่สุดคือ 44 ครั้งต่อนาที ทำให้เกิดความเร็วเฉลี่ยสูงสุด 4.88 เมตรต่อวินาที

5.1.8. การพายเรือกรรเชียงในน้ำระยะทาง 1800 เมตร ของนักกีฬาชายอัตราการพายที่เหมาะสมที่สุดคือ 32 ครั้งต่อนาทีทำให้เกิดความเร็วเฉลี่ยสูงสุดที่ 4.04 เมตรต่อวินาที

5.1.9 การพายเรือกรรเชียงจากการจำลองแบบการพายด้วยคอมพิวเตอร์ระยะทาง 200 เมตร ของนักกีฬาหญิง อัตราการพายที่เหมาะสมที่สุดคือ 38 ครั้งต่อนาที ทำให้เกิดความเร็วเฉลี่ยสูงสุด 4.69 เมตรต่อวินาที

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

5.1.10 การพายเรือกรรเชียงจากการจำลองแบบการพายด้วยคอมพิวเตอร์ระยะทาง 1800 เมตร ของนักกีฬาหญิง อัตราการพายที่เหมาะสมที่สุดคือ 30 ครั้งต่อนาที ทำให้เกิดความเร็วเฉลี่ยสูงสุด 4.34 เมตรต่อวินาที

5.1.11. การพายเรือกรรเชียงจากการจำลองแบบการพายด้วยคอมพิวเตอร์ระยะทาง 200 เมตร ของนักกีฬาชาย อัตราการพายที่เหมาะสมที่สุดคือ 44 ครั้งต่อนาที ทำให้เกิดความเร็วเฉลี่ยสูงสุด 5.67 เมตรต่อวินาที

5.1.12 การพายเรือกรรเชียงจากการจำลองแบบการพายด้วยคอมพิวเตอร์ระยะทาง 1800 เมตร ของนักกีฬาชาย อัตราการพายที่เหมาะสมที่สุดคือ 32 ครั้งต่อนาที ทำให้เกิดความเร็วเฉลี่ยสูงสุด 4.93 เมตรต่อวินาที

5.1.13 การแปรผันขนาดของใบพายขนาด 0.12, 0.14, 0.16 ตารางเมตร ทำให้ความเร็วเฉลี่ย มีค่าเท่ากับ 4.83, 4.89, 4.92 เมตรต่อวินาที และอัตราการพายมีค่าเท่ากับ 33.47, 32.71, 32.48 ครั้งต่อนาที

5.1.14 การแปรผันมุมการพายด้วยมุม 86, 97, 108 องศา ทำให้ความเร็วเฉลี่ย มีค่าเท่ากับ 4.839, 4.862, 4.872 เมตรต่อวินาที และอัตราการพายมีค่าเท่ากับ 36.25, 35.58, 33.24 ครั้งต่อนาที

5.1.15 การแปรผันความยาวด้ามพายขนาดความยาว 1.7, 1.9, 2.1 เมตร ทำให้ความเร็วเฉลี่ย มีค่าเท่ากับ 4.844, 4.857, 4.881 เมตรต่อวินาที และอัตราการพายมีค่าเท่ากับ 35.71, 33.58, 32.24ครั้งต่อนาที

5.1.16 การแปรผันการเคลื่อนตัวกลับด้วยเวลา 0.8, 1.0, 1.2 วินาที ทำให้ความเร็วเฉลี่ย มีค่าเท่ากับ 4.861, 4.883, 4.863 เมตรต่อวินาที และอัตราการพายมีค่าเท่ากับ 34.77, 31.89, 29.41 ครั้งต่อนาที

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1. ศึกษากลุ่มตัวอย่างที่มีความสามารถระดับเดียวกัน

5.2.2. ศึกษากลยุทธ์ที่นักกีฬาใช้ในการแข่งขันมาเปรียบเทียบกับกลยุทธ์จากการจำลองแบบด้วยคอมพิวเตอร์

5.2.3. ศึกษาเปรียบเทียบกลยุทธ์การพายแบบต่างๆ

5.2.4 ศึกษาเปรียบเทียบกลยุทธ์การพายของนักกีฬาทีมชาติไทยกับนักกีฬาต่างชาติ

5.2.5 ศึกษาโดยใช้เครื่องมือวัดติดตั้งกับตัวเรือและใบพายเพื่อวัดค่าตัวแปรต่างๆ

บรรณานุกรม

Abbiss CR, Laursen PB. (2005). Models to explain fatigue during prolonged endurance cycling. Sports Med. 35 (10): 865-98

Affeld, K., Schichl, K., and Ziemann, A. (1993). Assessment of rowing efficiency. International Journal of Sports Medicine. 14(1): 39-41.

Al Abrahamsen. 2001 December. Rowing model for a four. (On-line). Available: http://online.redwoods.cc.ca.us/instruct/darnold/DEProj/Sp01/Al/Rowingpaper_s.pdf

Alexander, F. H. (1925). The theory of rowing. Proceedings of the University of Durham Philosophical Society. 160–179.

Andrea, M., Luca. F., and Edie, M. (2006). Simulation of the dynamics of an Olympic rowing boat. In Proceedings of ECCOMAS CFD 2006 September 5-8.

Atkinson G, Davison R, Jeukendrup A, et al. (2003) Science and cycling: current knowledge and future directions for research. J Sports Sci. 21 (9): 767-87

Atkinson G, Edwards B. Pacing strategy and cycling performance. field data from the 1997 British 16 km time-trial championship. (abstract). Sargeant AJ, Siddons H, editors. Proceedings of the Third Annual Congress of the European College of Sports Science. Liverpool: Centre for Health Care Development, 1998: 211

Atkinson, W. (2004). Rowing computer research. (On-line). Available: http://www.atkinsopht.com/row/rowrpage.htm

Brearley, M. N., and de Mestre, N. J. (1996). Modelling the Rowing Stroke and Increasing its Efficiency. 3rd Conf. on Mathematics and Computers in Sport. 35-46.

Brearley,M. N., de Mestre, N. J., and Watson, D. R. (1998). Modelling the rowing stroke in racing shells. The Mathematical Gazette. 82: 389-495.

Caplan, N., and Gardner, T. N. (2007). A fluid dynamic investigation of the Big Blade and Macon oar blade designs in rowing propulsion. Journal of Sports Sciences. 25: 643-650.

Caplan, N., and Gardner, T. N. (2007). A mathematical model of the oar blade-water interaction in rowing. Journal of Sports Sciences. 25: 1025-1034.

Caplan, N., and Gardner, T. N. (2005). The influence of stretcher height on the mechanical effectiveness of rowing. Journal of applied biomechanics. 21: 286-296.

Cabrera, D., Ruina, A., and Kleshnev, V. (2006). A simple 1+ dimensional model of rowing

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

mimics observed forces and motions. Human Movement Science. 25: 192-220.

Colloud, F., Manel, S., and Rouard , A. H. (2001). 3D kinematic relationships between blade and boat in rowing. Journal of Human Movement Studies. 40: 83-100.

de Koning JJ, Bobbert MF, Foster C. (1999). Determination of optimal pacing strategy in track cycling with an energy flow model. J Sci Med Sport. 2 (3): 266-77

Doi, Y., Ueda, T., Mori, K., and Ninomiya, S. (1999). Study on rowing simulation and its application to evaluate oar size and rowing pattern. Journal of The Society of Naval Architects of Japan. 186: 89-96.

Dudhia, A. (2004). September. Basic Physics of Rowing. (On-line). Available: http://www-atm.atm.ox.ac.uk/rowing/basics.html.

Dudhia, A. (2004). September. Effect of weight in rowing. [On-line]. Available: http://www-atm.atm.ox.ac.uk/rowing/weight.html.

Edwards, A., & Polman, R. (2012). Pacing in sport and exercise: A psychophysiological perspective. Nova Science Publishers.

Foster C, deKoning JJ, Hettinga F, et al. (2004) Effect of competitive distance on energy expenditure during simulated competition. Int J Sports Med. 25 (3): 198-204

Foster C, Snyder AC, Thompson NN, et al. (1993) Effect of pacing strategy on cycle time trial performance. Med Sci Sports Exerc. 25 (3): 383-8

Foster C, Schrager M, Snyder AC, et al. (1994) Pacing strategy and athletic performance. Sports Med. 17 (2): 77-85

Hartmann, U. et al. (1993). Peak force, velocity, and power during five and ten maximal rowing ergometer strokes by world class female and male rowers. Int J Sports Med. 14: 42–45.

Henry, J. C. et al. (1995). An evaluation of instrumented tank rowing for objective assessment of rowing performance. J Sports Sci. 13: 199–206.

Hill, H. (2002). Dynamics of coordination within elite rowing crews: evidence from force pattern analysis. Journal of Sport Sciences. 20 (2): 101–117.

Hoerner, Holt, P.J., Bull, A.M., Cashman, P.M., and McGregor, A.H. (2003). Kinematics of spinal motion during prolonged rowing. International Journal of Sports Medicine. 24: 597-602.

Hoerner, S. F. (1965). Fluid-Dynamic Drag. Midland Park. NJ: S. F. Hoerner

Jackson, P. S. (1995). Performance Prediction for Olympic Kayaks. J. Sports Sciences. 13: 239-245.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Jillian, S., Caldwell, Peter, J., McNair, and Maynard, W. (2003). The effects of repetitive motion on lumbar flexion and erector spinae muscle activity in rowers. Clinical Biomechanics. 18(8): 704-711.

Kerr, S. (1998). Balance of Racing Rowing Boats. (On-line). Available http://www.btinternet.com/~furnivall.sc/fscbrb.htm

Kleshnev, V. (1996). The effects of stroke rate on biomechanical parameters and efficiency of rowing. In Proceedings of XIV Symposium on biomechanics. pp. 321-324. Lisboa: Edicoes FMH

Kobayashi, H., and Kinoshita, T. (2003). Improvement of rower's motion and equipments by using Rowing VPP. Journal of the Society of Naval Architects of Japan.194: 75-81

Lamb, D.H. (1989). A kinematic comparison of ergometer and on-water rowing. The American Journal of Sports Medicine. 17(3): 367-373.

Lazauskas, L. (1997). September. A performance prediction model for rowing races. (On-line). Available. http://www.cyberiad.net/rowing.htm

Lazauskas, L. (1998). September. Rowing shell drag comparisons. [On-line]. Available: http://www.cyberiad.net/rowing.htm

Lyttle, A., Elliott, B., and Birkett, O. (2001). Comparison of force curves between on-water single scull rowing and the RowPerfect ergometer. Biomechanics Symposia. 259-262. San Francisco: University of San Francisco.

Macrossan, M. N., and Macrossany, N. W. (2006). September. Back-splash in rowing-shell propulsion.(On-line). Available. http://eprint.uq.edu.au/archive/00004046/01/bsplash_macrossan.pdf

Marino FE. (2004). Anticipatory regulation and avoidance of catastrophe during exercise-induced hyperthermia. Comp Biochem Physiol Biochem Mol Biol. 139 (4): 561-9

Martin, Thomas, P., and Bernfield, J. S. (1980). Effect of Stroke Rate on Velocity of a Rowing Shell. Medicine and Science in Sports and Exercise. 12(4): 250-256.

Mazzone, T. (1988). Kinesiology of the rowing stroke. NSCA Journal. 10: 4–11.

McGregor, A. H., Bull, A. M. J., and Byng-Maddick, R. (2003). A comparison of rowing technique at different stroke rates: a description of sequencing, force production and kinematics. International Journal of Sports Medicine. 25: 465-470.

McNally, E., Wilson, D., Seiler, S. (2000). Rowing injuries. Sports Med. 35(6): 537-55.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Michell, J.H. (1898). The Wave Resistance of a Ship. Philosophical Magazine and Journal of Science. 5(45): 106-123.

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.

Nelson, W. N., and Widule, DJ. (1983). Kinematic analysis and efficiency estimate of intercollegiate female rowers. Med Sci Sports Exerc. 15: 535–41.

Nolte, Volker. (1991). Introduction to the Biomechanics of Rowing. FISA Coach, Winter, 2(1).

Owen, K. Whyte, G. Ingham, S. A., and Waygood, C. (2002). Maximal force and power output of elite heavyweight and lightweight male rowers. Journal of Sports Sciences. 20: 14.

Padilla S, Mujika I, Orbananos J, et al. (2000). Exercise intensity during competition time trials in professional road cycling. Med Sci Sports Exerc. 32 (4): 850-6

Reid, D.A., and McNair, P.J. (2000). Factors contributing to low back pain in rowers. British Journal of Sports Medicine. 34: 321-325.

Rosow, E., and Davis, R. B. III. (1989). An Instrumented Ergometer for the Examination of Rowing Biomechanics. IEEE. 221-222.

Roth, W., Schwanitz, P., Pas, P., Bauer, P., (1993). Force-time characteristics of the rowing stroke and corresponding physiological muscle adaptations. International Journal of Sports Medicine 14: 32–134.

Sanderson, B., Martindale, W., (1986). Towards optimizing rowing technique. Medicine and Science in Sports and Exercise. 18(4): 454–468.

Schneider, E., and Hauser, M., (1981). Biomechanical analysis of performance in rowing. Biomechanics VII-B. Baltimore: University Park Press, 1981:430–5.

Scragg, C. A., and Nelson, B. D. (1993). The Design of an Eight-Oared Rowing Shell. Marine Technology. 30(2): 84-99.

Senator, M., (1981). Why sliding seats and short stroke intervals are used for racing shells. Journal of Biomedical Engineering 103: (151–159).

Smith, R.M., and Loschner, C., (2002). Biomechanics feedback for rowing. Journal of Sports Sciences. 20(10): 783–791.

Smith, R.M., and Spinks, W.L., (1995). Discriminant analysis of biomechanical differences between novice, good and elite rowers. Journal of Sports Sciences. 13(5): 377–385.

Smith, R., Galloway, M., Patton, R., and Spinks, W. (1993). Ergometer based prediction of on-

water rowing performance. Sports Coach. 24-26.

Spinks, W. L. (1996). Force-angle profile analysis in rowing. Journal of Human Movement Studies. 31: 211-233.

St Clair Gibson A, Lambert MI, Noakes TD. (2001). Neural control of force output during maximal and submaximal exercise. Sports Med. 31 (9): 637-50

St Clair Gibson A, Lambert EV, Rauch LHG, et al. (2006). The role of information processing between the brain and peripheral physiological systems in pacing and perception of effort. Sports Med. 36 (8): 705-22

Thomas, M. (1988). Kinesiology of the rowing stroke. National Strength & Conditioning Journal. 10(2)

Thompson KG. Pacing: Individual strategies for optimal performance. Human Kinetics; 2014.

Torres-Moreno, R., Tanaka, C., and Penney, K.L. (2000). Joint excursion, handle velocity, and applied force: a biomechanical analysis of ergonometric rowing. International Journal of Sports Medicine. 21: 41-44.

Tuck, E.O., and Lazauskas, L., (1996). Low Drag Rowing Shells. 3rd Conf. on Mathematics and Computers in Sport 17-34. Quensland, Australia: Bond University.

Tucker R, Marle T, Lambert EV, et al. (2006). The rate of heat storage mediates the anticipatory reduction in exercise workrate during cycling in the heat at a fixed rating of perceived exertion. J Physiol (Lond). 574 (3): 905-15

van Holst, M. (2004). On rowing. (On-line). Available: Web: http://home.hccnet.nl/m.holst/RoeiWeb.html .

van Ingen Schenau GJ, de Koning JJ, de Groot G. (1992). The distribution of anaerobic energy in 1000 and 4000 metre cycling bouts. Int J Sports Med. 13 (6): 447-51

Wellicome, J. F. (1967). Some Hydrodynamic Aspects of Rowing. New York: Barnes.

Wilberg RB, Pratt J. (1988). A survey of the race profiles of cyclists in the pursuit and kilo track events. Can J Sport Sci 13 (4): 208-13

Young, K. (1997). Hydrodynamic Lift in the Sculling Stroke. (On-line). Available: http://www.phys.washington.edu/~wilkes/post/temp/phys208/scull.lift.html

Zatsiorsky, V.M., Yakunin, N. (1991). Mechanics and biomechanics of rowing: a review. International journal of sport biomechanics. 7: 229-281.

ภาคผนวก

ค่าของมุมปะทะ

ในงานวิจัยนี้ใช้ค่ามุมปะทะจากข้อมูลของ immersed Flat Plates ที่มุมต่างๆ ดังนี้

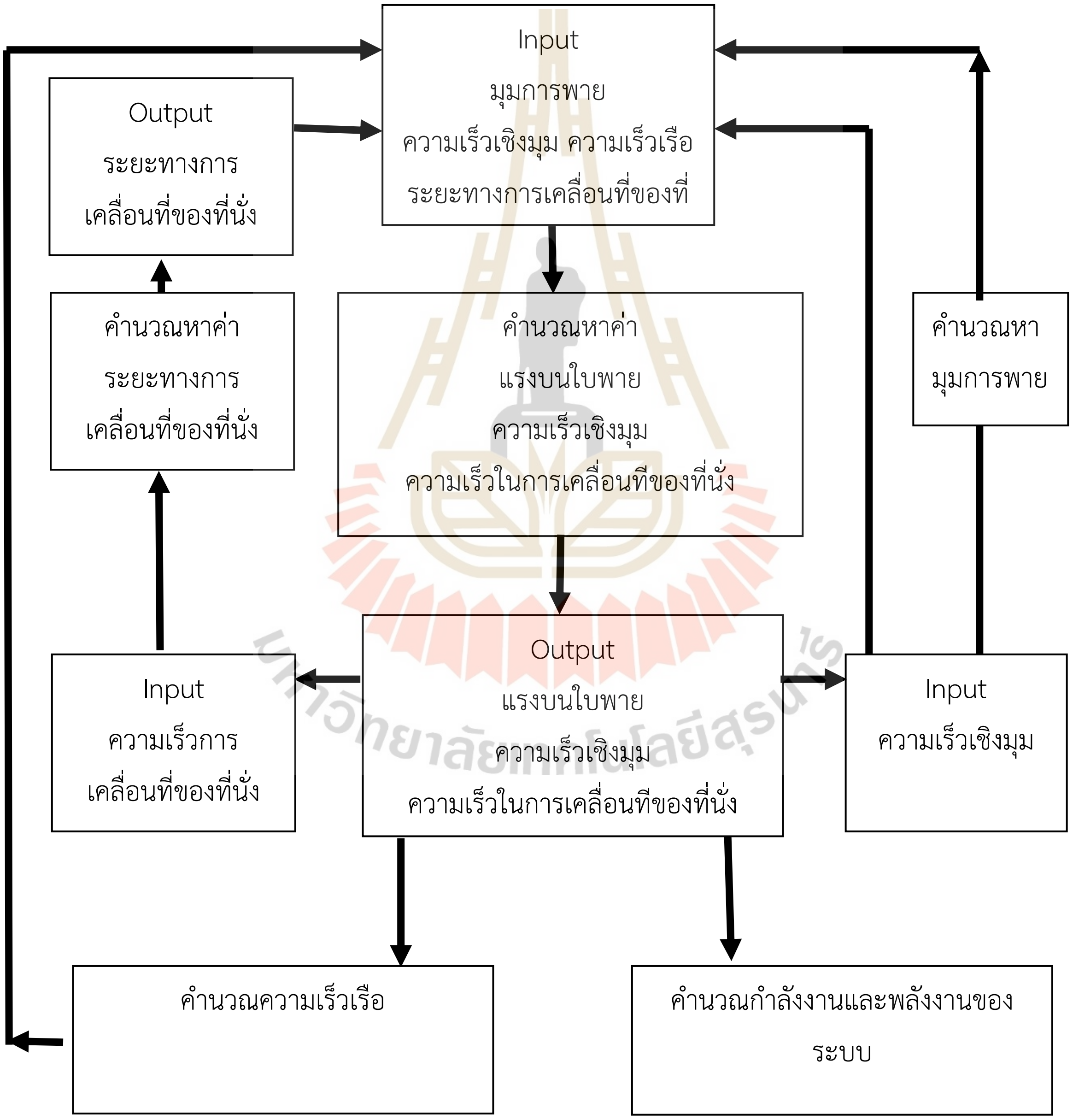
ตารางที่ 20 ค่าสัมประสิทธิ์ของแรง ยกและแรงฉุดที่มุมปะทะต่างกัน

มุมปะทะ (องศา)	สัมประสิทธิ์ของแรงยก C_L	สัมประสิทธิ์ของแรงฉุด C_D
0	0	0
1	0.03	0.0005
2	0.065	0.001
3	0.105	0.005
5	0.185	0.015
7	0.265	0.03
10	0.39	0.07
15	0.61	0.17
20	0.83	0.31
25	1.04	0.49
30	1.23	0.71
35	1.36	0.93
37	1.38	1.01
39	1.37	1.08
42.5	1.3	1.2
45	0.71	0.71
50	0.67	0.8
60	0.56	0.96
70	0.4	1.09
80	0.21	1.17
90	0	1.2

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

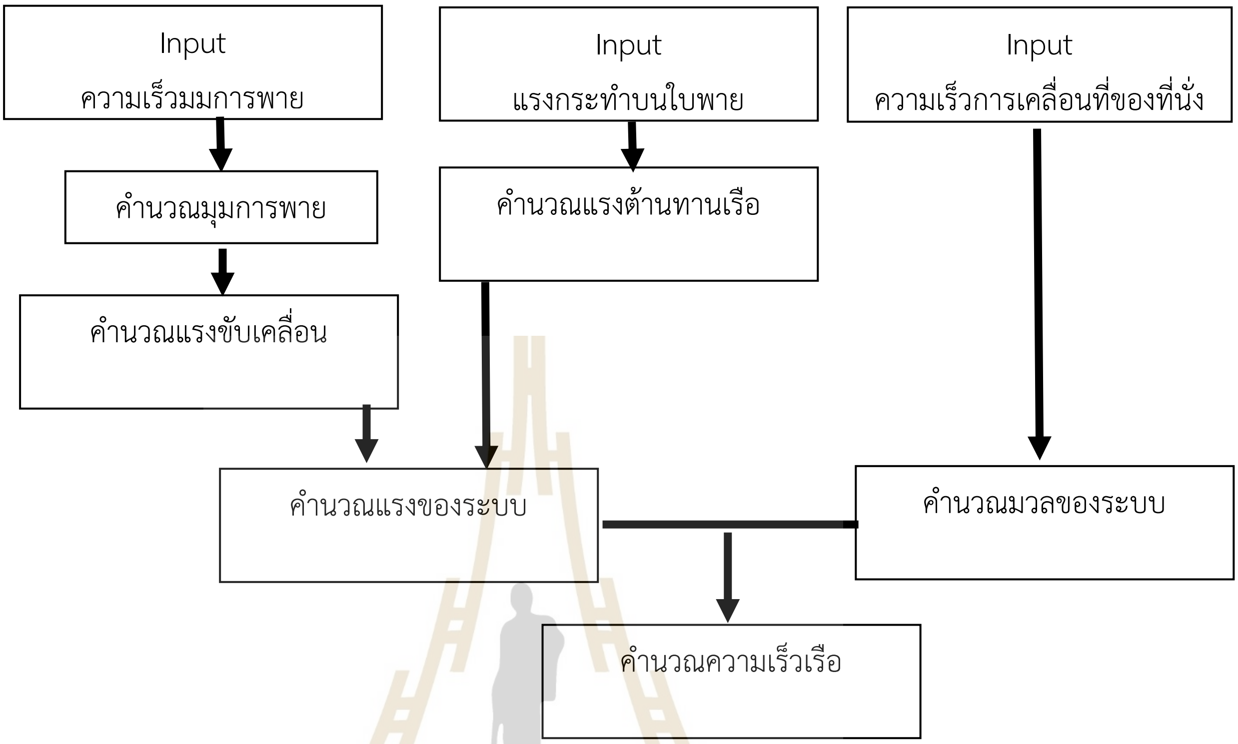
การจำลองแบบด้วยคอมพิวเตอร์ (Computer Simulation)

ขั้นตอนการจำลองการทำงานของระบบโดยใช้โปรแกรม MATLAB/Simulink วิเคราะห์ความเร็วของการพายเรือกรรเชียง
การจำลองแบบด้วยคอมพิวเตอร์ของงานวิจัยนี้ได้พัฒนาแบบจำลองบนโปรแกรม Matlab Simulink โดยนำสมการทางคณิตศาสตร์มาเขียน Code ซึ่งประกอบด้วย ขั้นตอนต่างๆ ดังรูป



ภาพที่ 17 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม

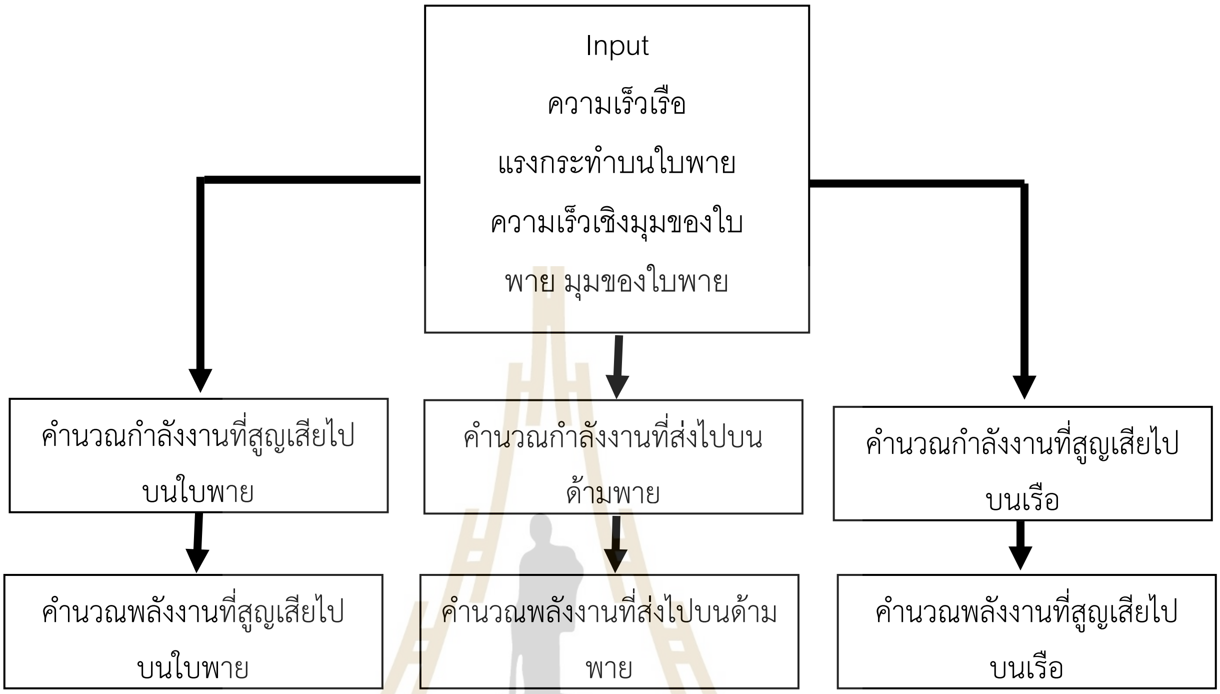
การคำนวณความเร็วเรือ



ภาพที่ 18 การคำนวณความเร็วเรือ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

การคำนวณกำลังงานและพลังงานของระบบ



ภาพที่ 19 การคำนวณกำลังงานและพลังงานของระบบ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ประวัตินักวิจัย

ชื่อ	ผู้ช่วยศาสตาจารย์ ดร.พรเทพ ราชนาวี
ตำแหน่งปัจจุบัน	อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา สำนักวิชาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ที่อยู่	111 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 3000
โทรศัพท์	044-224630
โทรสาร	044-224158
E-Mail	rachnavy@sut.ac.th

ประวัติการศึกษา

ปริญญาตรี วท.บ วิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยมหิดล

ปริญญาโท วท.ม วิทยาศาสตร์การกีฬา (ชีวกลศาสตร์) มหาวิทยาลัยมหิดล

ปริญญาเอก วศ.ด วิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ประวัติการทำงาน

2010	อาจารย์. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา, Faculty of Science at Suranaree University.of Technology
2002	อาจารย์. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา, Faculty of Education at Kasetsart University.

งานวิจัย

SCIENTIFIC PUBLICATIONS :

Pornthep Rachnavy Optimization for Rowing Style Dr.Pornthep Rachnavy Suranaree University of Technology Thailand 1st International Conference on Sports and Exercise Science 2009

“Sport and Healthy Lifestyle During Global Crisis” December 1 – 3, 2009 The Twin Towers Hotel, Bangkok, Thailand

Pornthep Rachnavy Simmulation of Rowing Style for Difference Boat Type Dr.Pornthep Rachnavy Suranaree University of Technology Thailand 1st International Conference on Sports and Exercise Science 2009 “Sport and Healthy Lifestyle During Global Crisis” December 1 – 3, 2009 The Twin Towers Hotel, Bangkok, Thailand

Pornthep Rachnavy SPORTS TECHNOLOGY AND SPORTS TECHNIQUE WHICH VARIABLES ARE MORE AFFECTS TO ROWIG VELOCITY 3rd Engineering Conference on Advancement in Mechanical and Manufacturing for Sustainable Environment April 14-16, 2010, Kuching, Sarawak, Malaysia

Pornthep Rachnavy OPTIMUM OF PADDLERS’ POSITION IN DRAGON BOAT III International Conference of Physical Education and Sports Science (ICPESS 2010) at the National Institute of Education, NTU from 25 – 28 May 2010. pp 317

Pornthep RACHNAVY FACTORS AFFECTING THAI LONG BOAT VELOCITY Journal of Sports Science and Technology; Vol 10, No 1 July 2010; 17-30

Rachnavy, P. Rowing exercise and cancer prevention. In Organisation for Oncology and Translational Research (OOTR) 8th Annual Conference .20-21 April 2012, Kyoto, Japan.

Rachnavy, P. (2012). Rowing biomechanics and injury prevention. In BE ACTIVE 2012. 31 October- 3 November 2012, Australia, (DOI: https://doi.org/10.1016/j.jsams.2012.11.318)
Rachnavy, P. Gender differences in rowing strategy. In 11th International Scientific Conference on
Transformation Processes in Sport. 2-7 April 2014, Podgorica, Montenegro. pp 57

Rachnavy, P. COMPARATIVE OF RACE STRATEGIES VERSUS OPTIMAL STRATEGIES IN 2000 M ROWING, 20th Annual Congress of the European College of Sport Science ECSS Malmö 2015 – Sweden, 24 – 27 June, pp 232

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Rachnavy, P. Simulation of Optimum Sculling Angle for Adaptive Rowing World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Sport and Exercise Sciences Vol:2, No:11, 2015, (Digital Article Identifier (DAI): urn:dai:10.1999/1307-6892/36003)

Khaothin T, Rachnavy P Four-Week Plyometric and Resistance Training on Muscle Strength and Sprint Performance in Wheelchair Racing Athletes World Academy of Science, Engineering and Technology
International Journal of Sport and Exercise Sciences Vol:2, No:11, 2015, (Digital Article Identifier (DAI): urn:dai:10.1999/1307-6892/36004)

Rachnavy P, Khaothin T The Effect of Rowing Exercise on Elderly Health World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Sport and Exercise Sciences Vol:3, No:2, 2016, pp 151, (Digital Article Identifier (DAI): urn:dai:10.1999/1307-6892/36123)

Khaothin T, Rachnavy P Ten Basic Exercises of Muay Thai Chaiya on Balance and Strength in Male Older Adults World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Sport and Exercise Sciences Vol:3, No:2, 2016, (Digital Article Identifier (DAI): urn:dai:10.1999/1307-6892/36136)

Rachnavy P, Khaothin T Simulation of two styles adaptive rower icsemis 2016 August 1st thru September 4th – 2016 Santos, São Paulo – Brazil, pp 1057

Rachnavy P, Khaothin T Rowing ergometer exercise on balance among older person icsemis 2016 August 1st thru September 4th – 2016 Santos, São Paulo – Brazil, pp 1048

Khaothin T, Rachnavy P Effects of Anaerobic Threshold Training on Cardiovascular and Rowing Performance in Para-Rower icsemis 2016 August 1st thru September 4th – 2016 Santos, São Paulo – Brazil, pp 743

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Khaothin T, Rachnavy P Effects of Sun Salutation Sequence on Health-Related Physical Fitness in Obesity Women icsemis 2016 August 1st thru September 4th – 2016 Santos, São Paulo – Brazil, pp 770

RAT TONG-IAM, PORNTHEP RACHANAVY, CHAIPAT LAWSIRIRAT. Kinematic and kinetic analysis of throwing a straight punch: the role of trunk rotation in delivering a powerful straight punch. Journal of Physical Education and Sport. pp. 2538 - 2543, 2017 online ISSN: 2247

Poramet Hemarachatanon, Wacharee Rittiwatl , Pornthep Rachnavy , Sonthaya Sriramatr. THE EFFECTIVE OF GOLF SWING AND BODY INJURY RISKS. JOURNAL OF FACULTY OF PHYSICAL EDUCATION. pp. 11 - 22, Volume 20 | Number 2 | July-December 2017

Rachnavy P, Khaothin T Racing Strategy for Rowing. 2018 World Rowing Sports Medicine,
Science and Coaches Conference. BERLIN NOVEMBER 21st-23rd 2018

Khaothin Thawichai, Rachnavy Pornthep. Effects of indoor rowing exercise on balance, flexibility, reaction time and muscle strength in older adults. the 5th International Scientific Conference on Exercise and Quality of Life . pp37 Novi Sad, Serbia. 11-13 April 2019

Rachnavy Pornthep, Khaothin Thawichai, Rittiwat Wacharee. Biomechanical comparison of single- and double- leg landings during 3-point jump shot in basketball. the 5th International Scientific Conference on Exercise and Quality of Life.pp42 Novi Sad, Serbia. 11-13 April 2019

Rachnavy Pornthep, Khaothin Thawichai, Pojprapai Soodkhet, Jongpinit Watcharin. BIOMECHANICS ANALYSIS OF GOLF SWING DURING FLAT,FRONT FOOT HIGHER THAN BACK FOOT AND BACK FOOT HIGHER THAN FRONT FOOT. 17th Annual Scientific

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Conference of Montenegrin Sports Academy "Sport, Physical Activity and Health: Contemporary Perspectives". pp23 Dubrovnik - Cavtat, Croatia, 2nd - 5th April 2020.

Khaothin Thawichai, Rachanavy Pornthep. INDOOR ROWING EXERCISE ON BALANCE, FLEXIBILITY, REACTION TIME AND MUSCLE STRENGTH IN OLDER ADULTS. 17th Annual Scientific Conference of Montenegrin Sports Academy "Sport, Physical Activity and Health: Contemporary Perspectives"". pp25 Dubrovnik - Cavtat, Croatia, 2nd - 5th April 2020.

Wirut Luenphtngam, Watcharee Rittiwat and Phornthep Rachanavee. BIOMECHANICS OF 3-POINT SCORING IN PROFESSIONAL AND AMATEUR BASKETBALL PLAYERS. Academic Journal Thailand National Sports University. pp. 23 - 32, 2020, ISSN: 2697-5793 (online)

Harit Apidech, Watcharee Rittiwat, Chamnan Chinnasee and Phornthep Rachanavy. BIOMECHANICAL ANALYSIS OF INSTEP AND TOE-POKE KICKING IN FUTSAL PLAYERS. Jurnal Sains Sukan dan Pendidikan Jasmani Vol 9, No 2, 2020 (17-24), ISSN: 2232-1918 / eISSN: 2600-9323

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี