ISSN 2673-0480 (Online)

วารสารวิทยาศาสตร์โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ

Journal of Earth Science, Astronomy and Space



ปีที่ 3 ฉบับที่ 1 (2563)
Vol.3, No.1 (2020)

บรรณาธิการแถลง

สมาคมดาราศาสตร์และวิทยาศาสตร์อวกาศเพื่อการศึกษา (Astronomy and Space Science Society for Education; ATSSE) ได้จัดทำวารสารวิทยาศาสตร์โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ (Journal of Earth Science, Astronomy and Space) เพื่อเป็นช่องทางในการเผยแพร่บทความทางด้านวิทยาศาสตร์โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ จากผลงานวิจัย ผลงานทางวิชาการ บทความทางวิชาการ ผลงานวิชาการรับใช้สังคม โดยเผยแพร่แบบออนไลน์ ปีละ 1 ฉบับ (ตุลาคม – ธันวาคม) ซึ่งฉบับนี้ได้ทำการเผยแพร่เป็นปีที่ 3 ทั้งนี้มีบทความวิจัยทางด้านดาราศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวกับโลก รวมทั้งหมด 4 เรื่อง

ทางวารสารใคร่ขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิคณะกรรมการประเมินอิสระ (Peer Reviewers) เป็นอย่างสูง ที่กรุณาให้เกียรติและเสียสละเวลาในการพิจารณากลั่นกรอง แก้ไข และให้ข้อเสนอแนะแก่บทความวิจัย เพื่อความสมบูรณ์ และประโยชน์สูงสุดในทางวิชาการ และขอขอบคุณผู้วิจัยที่ร่วมสร้างสรรค์ผลงาน เพื่อร่วมกันพัฒนาทั้งในมิติของการศึกษา งานวิจัย และสังคม

ผศ.ดร.วิระภรณ์ ไหมทอง
บรรณาธิการ

กองบรรณาธิการ

ผศ.ดร.วิระภรณ์ ไหมทอง	บรรณาธิการ
ผศ.ดร.สุวิทย์ นามมหาจักร	กรรมการ
ผศ.ดร. อธิพงศ์ งามจารุโรจน์	กรรมการ
ผศ.ดร.ภัควัฒน์ วงศ์วรรณวัฒนา	กรรมการ
ผศ.ดร.ธนา ยีรัมย์	กรรมการ
ผศ.ดร.สุรเชษฐ์ ผดุงธิติธาดา	กรรมการ
ผศ.ดร.กาญจนา ทองบุญนาค	กรรมการ
ดร.ศุภฤกษ์ อัครวิทยาพันธุ์	กรรมการ
ดร.นรากรณ์ แก้วขาว	กรรมการ
ดร.ปรารถนา มินเสน	กรรมการ
ดร.พสุ ปราโมกข์ชน	กรรมการ
ดร.อัครสิทธิ์ บุญส่งแท้	กรรมการ
อ.ณัฏฐพงษ์ สายพิณ	กรรมการ
อ.วริษา ปานเจริญ	กรรมการและเลขานุการ

คณะกรรมการประเมินอิสระ (Peer Reviewers) ตรวจสอบทางวิชาการ

รศ.บุญรักษา สุนทรธรรม
สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน)
รศ.ดร.วิลาวรรณ์ คำหาญ
มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร
ผศ.ดร.ธนา ยีรัมย์
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ผศ.ดร.ภควัฒน์ วงศ์วรรณวัฒนา
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี
ผศ.ดร.สุรเชษฐ์ ผดุงธิติธาดา
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ผศ.ดร.สุวิทย์ นามมหาจักร
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
ผศ.รณกฤต รัตนมาลา
มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา
ดร.กฤษฎา บุญชม
มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
ดร.นรากรณ์ แก้วขาว
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ดร.สุภาณี ใหม่จันทร์ดี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

สารบัญ

เรื่อง	**หน้า**
กองบรรณาธิการ	ก
สารบัญ	ง
ศึกษาอัตราการหมุนของโลกจากเส้นแสงดาว นูรสีบา มูซอ นูรมา ดาลี และ สมกรณ์ ชัยวรากรณ์	1
การเปลี่ยนคาบวงโคจรของระบบดาวคู่อุปราคา Pz Uma ชีวะ ทัศนา ปีแสง มงคลศูตร และ อนุชา อุนอก	7
การเปรียบเทียบภาพถ่ายเนบิวลานายพราน ด้วยวิธีซ้อนภาพโดยใช้โปรแกรมรีจีสแท็กส์ 6 ซูไฮมี สาแม	18
การวิเคราะห์ศักยภาพพลังงานลมในเขตพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ วัชระ อินถา ภาคภูมิ รัตน์จิรานุกูล และ สุจิตรา รัตน์จิรานุกูล	27

Received: 8 October 2020
Revised: 12 December 2020
Accepted: 26 December 2020

การคำนวณอัตราการหมุนของโลกจากเส้นแสงดาว
Calculating Earth's Rotation Rate from Star Trails

นูรสีบา มูซอ[1*] นูรมา ดาลี[2] และ สมกรณ์ ชัยวรากรณ์[3]
Nursiba Musor[1*] Nurma Dalee[1] and Sommkorn Chaiwarakorn[1]
[1] สาขาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา
[*] Sund9873@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอัตราการหมุนของโลกจากเส้นแสงดาว ได้ทำการเก็บข้อมูล ณ หอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบพระชนมพรรษา ฉะเชิงเทรา โดยใช้เทคนิคการถ่ายภาพจากกล้องถ่ายภาพ NIKON D500 ใช้เลนส์ Nikon AF-S NIKKOR ช่วงความยาวโฟกัส 24-70 mm ถ่ายภาพในช่วงความยาวโฟกัสที่ 50 ซึ่งวิจัยในครั้งนี้ได้ถ่ายภาพเส้นแสงดาว 2 วัน เป็นเวลาวันละ 3 ชั่วโมงจากนั้นนำชุดภาพที่ถ่าย ทำการรวบรวมภาพถ่ายโดยใช้โปรแกรม StarStax และนำภาพที่ประมวลผล เป็นเส้นแสงดาวโดยการใช้เรขาคณิตเพื่อหาองศาการหมุน ผลจากการศึกษาพบว่าอัตราการหมุนของโลกจากเส้นแสงดาวมีการคลาดเคลื่อนทั้ง 2 วัน โดยมีเปอร์เซ็นความคลาดเคลื่อนของดาว 5.7 ± 1.13 % ของวันที่ 23 ตุลาคม 2562 และมีเปอร์เซ็นความคลาดเคลื่อนของดาว 7.3 ± 1.03 % ของวันที่ 26 ตุลาคม 2562

คำสำคัญ: เส้นแสงดาว, พิกัดขอบฟ้า, การหมุนของโลก

Abstract

The objective of this research is to study the rotation rate of the earth from star trails. Was collecting data at the Rigional Observatory for the public Chachoengsao by using the Nikon D500 camera technique using a Nikon AF-S NIKKOR lens with a focal length of 24-70 mm, shooting at a focal length of 50, which In this study, 2-day starlight trails were taken for 3 hours per day. The Images were recorded and analyzed by StarStax program. The images were processed into star trails by using geometry to find the rotation angle. The results show that the rotation rate of the Earth from the star trail has a 2-day error, be in error 5.7 ± 1.13 % on 23 October 2019 and be in error 7.3 ± 1.03 % on 26 October 2019

Keywords: Starlight trails, horizon coordinates, Rotation of the world

บทนำ

คนโบราณเชื่อว่า ดวงดาวทั้งหมดบนท้องฟ้าอยู่ห่างจากโลกเป็นระยะทางเท่าๆ กัน โดยดวงดาวเหล่านั้นถูกตรึงอยู่บนผิวของทรงกลมขนาดใหญ่เรียกว่า “ทรงกลมฟ้า” (Celestial sphere) โดยมีโลกอยู่ที่ศูนย์กลางของทรงกลม ทรงกลมฟ้าหมุนรอบโลกจากทิศตะวันออกไปยังทิศตะวันตก โดยที่โลกหยุดนิ่งอยู่กับที่ไม่เคลื่อนไหว ปราชญ์ในยุคต่อมาทำการสังเกตได้ละเอียดขึ้นจึงพบว่า ดวงดาวบนท้องฟ้าอยู่ห่างจากโลกเป็นระยะทางที่แตกต่างกัน กลางวันและกลางคืนเกิดจากการหมุนรอบตัวเองของโลก มิใช่การหมุนของทรงกลมฟ้า ดังที่เคยเชื่อกันในอดีต อย่างไรก็ตามในปัจจุบันนักดาราศาสตร์ยังคงใช้ทรงกลมท้องฟ้า เป็นเครื่องมือในการระบุตำแหน่งทางดาราศาสตร์ ทั้งนี้เป็นเพราะ หากเราจินตนาการให้โลกเป็นศูนย์กลาง โดยมีทรงกลมฟ้าเคลื่อนที่หมุนรอบจะทำให้ง่ายต่อการระบุพิกัด หรือเปรียบเทียบตำแหน่งของวัตถุท้องฟ้า และสังเกตการเคลื่อนที่ของวัตถุเหล่านั้นได้ง่ายขึ้น

จากที่นักดาราศาสตร์ได้ศึกษาและได้ค้นพบวัตถุต่างๆบนท้องฟ้า รวมไปถึงศึกษาการถ่ายเส้นแสงดาว แต่ที่น่าสนใจ เกี่ยวกับเส้นแสงดาว คือ การหาอัตราการหมุนของโลกจากการเคลื่อนที่ของดาว โดยหาตำแหน่งดาวเหนือจากการสังเกตกลุ่มดาวหมีใหญ่หรือกลุ่มดาวค้างคาว เพื่อใช้ในการนำทางหาตำแหน่งดาวเหนือ การถ่ายภาพเส้นแสงดาวเป็นภาพที่แสดงการหมุนรอบตัวเองของโลก โดยในเวลา 1 ชั่วโมง ดาวจะเคลื่อนที่ไปทางทิศตะวันตก 15 องศา ซึ่งตำแหน่งและทิศทางที่นิยมการถ่ายภาพกันมากที่สุด คือ การถ่ายภาพเส้นแสงดาวในทางทิศเหนือ เนื่องจากดวงดาวจะเคลื่อนที่หมุนรอบดาวเหนือเป็นวงกลม ซึ่งจะแสดงให้เห็นถึงการเคลื่อนที่ของดวงดาวที่เกิดจากการหมุนรอบตัวเองของโลก

ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะศึกษาอัตราการหมุนของโลกจากเส้นแสงดาวโดยการถ่ายภาพด้วยกล้อง Nikon รุ่น D500 ใช้เลนส์รุ่น Nikon AF-S NIKKOR 24-70 mm ถ่ายในช่วงความยาวโฟกัส 50 ณ หอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบ พระชนมพรรษา ฉะเชิงเทราเพื่อ ทั้งนี้ผู้วิจัยคาดว่าจะได้รับประโยชน์หลายประการทั้งในแง่คุณค่าทางวิชาการด้านดาราศาสตร์และพัฒนาเทคนิคในการวิจัยทางดาราศาสตร์

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาหาอัตราการหมุนของโลกจากการเคลื่อนที่ของดาว
2. เพื่อศึกษาเทคนิคการใช้กล้อง

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยทำการเก็บข้อมูลโดยใช้กล้องถ่ายภาพ Nikon D500 เลนส์รุ่น Nikon AF-S NIKKOR ช่วงความยาวโฟกัสที่ 24-70 mm โดยได้ถ่ายภาพความยาวโฟกัสในช่วง 50 ตั้งค่าโหมด Manual ถ่ายที่ ISO 400 รูรับแสงที่ 5 ถ่ายภาพเส้นแสงไปทางทิศเหนือ โดยการตั้งกล้องใช้เวลาถ่าย 3 ชั่วโมง และนำมาต่อภาพโดยใช้โปรแกรม StarStax เก็บข้อมูลในวันที่ 23 และ 26 ตุลาคม 2562 ณ.หอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบพระชนมพรรษา ฉะเชิงเทรา

ข้อมูลที่ได้จะนำไปวัดหาค่าองศาและนำมาเปรียบเทียบทั้ง 2 วัน เพื่อหาค่าความคลาดเคลื่อนการหมุนของโลก

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

จากข้อมูลโลกหมุนรอบตัวเอง 1 รอบ ใช้เวลา 24 ชั่วโมง 24 ชั่วโมง ตำแหน่งของดาว (มุมที่ทำกับขั้วฟ้า) เปลี่ยนแปลง 360 องศา

1 ชั่วโมง ตำแหน่งของดาวเปลี่ยนแปลง = 360 / 24 = 15 องศา

1 นาที ตำแหน่งของดาวเปลี่ยนแปลง = 15 / 60 = 0.25 องศา

ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตการณ์ภาพถ่ายเส้นแสงโดยการลากเส้นจากขั้วฟ้าเหนือไปยังตำแหน่งดาวที่สว่างโดยนำไปเปรียบเทียบกับ Stellarium จากนั้นนำข้อมูลมาวิเคราะห์เพื่อหาค่าองศาของดาวที่เคลื่อนที่และเปอร์เซ็นความคลาดเคลื่อน เก็บข้อมูลในวันที่ 23 และ 26 ตุลาคม 2562 ใช้เวลาในการเก็บข้อมูล 3 ชั่วโมงโดยสรุปขั้นตอนดังนี้



รูปที่ 1 การวัดมุมองศาจากตำแหน่งดาววันที่ 23 ตุลาคม 2562

Journal of Earth Science, Astronomy and Space
Volume 3 Issue 1 ISSN 2673-0480 (Online)



รูปที่ 2 การวัดมุมองศาจากตำแหน่งดาววันที่ 26 ตุลาคม 2562

วันที่ 23 ตุลาคม 2562 ใช้เวลาในการเก็บข้อมูล 3 ชั่วโมงโดยใช้ดาว 5 ดวงในการหาองศา

ดาวดวงที่	มุม (องศา)
1	42^{o}
2	44^{o}
3	41^{o}
4	43^{o}
5	42^{o}
ค่าเฉลี่ย	42.4^{o}

วันที่ 26 ตุลาคม 2562 ใช้เวลาในการเก็บข้อมูล 3 ชั่วโมงโดยใช้ดาว 5 ดวงในการหาองศา

ดาวดวงที่	มุม(องศา)
1	41.5^{o}
2	43.5^{o}
3	41^{o}
4	41.5^{o}
5	41^{o}
ค่าเฉลี่ย	41.7^{o}

จากการวัดมุมหาค่าองศาของดาวคำนวณหาค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อน วันที่ 23 และ 26 ตุลาคม 2562 ปรากฏว่าวันที่ 23 มีเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน 5.7 ± 1.13 % วันที่ 26 มีเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน 7.3 ± 1.03 %

สรุปผลการวิจัย

จากการสังเกตการณ์การถ่ายภาพเส้นแสงเพื่อศึกษาหาอัตราการหมุนของโลกจากเส้นแสงดาวได้เก็บข้อมูล ณ.หอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบพระชนมพรรษา ฉะเชิงเทรา โดยได้เก็บภาพจากกล้อง NIKON D500 เลนส์ รุ่น Nikon AF-S NIKKOR 24-70 mm ถ่ายในช่วงความยาวโฟกัส 50 ใช้โปรแกรม Star Stax ในการ Stax ภาพ เพื่อให้ได้ภาพที่เป็นเส้นของแสงดาวทำให้ทราบถึงเวลาการเคลื่อนที่ของโลกโดยการเปรียบเทียบจากข้อมูลจริงจากการเคลื่อนที่ของโลก ผลการทดลองสรุปได้ว่า อัตราการหมุนของโลกจากเส้นแสงดาวมีการคลาดเคลื่อนทั้ง 2 วัน วันที่ 23 ตุลาคม 2562 มีเปอร์เซ็นความคลาดเคลื่อนของดาว 5.7 ± 1.13 % และวันที่ 26 ตุลาคม 2562 มีเปอร์เซ็นความคลาดเคลื่อนของดาว 7.3 ± 1.03 % การคลาดเคลื่อนทั้ง 2 วันเกิดจากการวัด อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัด จากภาพที่ปริ้นออกมาทำให้ภาพถูกบีบอัดจากเดิม

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเล่มนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลือเป็นอย่างดียิ่งจาก นางสาวสาวิตรี เดชศรีมนตรี เจ้าหน้าที่สารสนเทศ นายสุวนิตย์ วุฒสังข์ เจ้าหน้าที่สารสนเทศดาราศาสตร์ชำนาญการ และนายภาณุ อุบลน้อย เจ้าหน้าที่สารสนเทศดาราศาสตร์ชำนาญการ ที่ชี้แนะแนวทางในการจัดเก็บข้อมูล ให้คำปรึกษาและการแก้ปัญหาต่างๆ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงยิ่ง

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ชูชาติ แพน้อย ผู้อำนวยการหอดูดาวฉะเชิงเทรา และนางสาวณัฐยา ศิริวนสกุล เจ้าหน้าที่สารสนเทศดาราศาสตร์ชำนาญการ ที่ให้คำปรึกษาเสนอแนะแนวทางอันเป็นประโยชน์ต่อการศึกษาค้นคว้า และตรวจแก้ไขข้อบกพร่องในการทำวิจัยฉบับนี้ ขอขอบคุณหอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบ พระชนมพรรษา ฉะเชิงเทรา ที่ให้โอกาสในการศึกษาครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง {TH Sarabun 15 pt, ตัวหนา, จัดชิดซ้าย}

นิแวเต๊ะ หะยีวามิง. (2545). **อัลฟาลัก**. กรุงเทพ:อิสลามิค อะเคเดมี.

ไพเสริฐ ธรรมมานุธรรม. (2541). **ดาราศาสตร์ทั่วไป**. กรุงเทพ:มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

การดูดาวเบื้องต้นและการใช้แผนที่ดาว. (ออนไลน์). สืบค้นเมื่อ 20 ตุลาคม 2562. http://www.narit.or.th/

การคำนวณตำแหน่งดาวอย่างง่าย. (ออนไลน์). สืบค้นเมื่อ 5 กุมภาพันธ์ 2563.
http://www.pw.ac.th/
ปรากฏการณ์จากโลกหมุนรอบตัวเอง. (ออนไลน์). สืบค้นเมื่อ 5 กุมภาพันธ์ 2563.
http://astro.rajsima.ac.th/unit1_2_2.html

Received: 25 October 2020
Revised: 12 December 2020
Accepted: 21 December 2020

การเปลี่ยนคาบวงโคจรของระบบดาวคู่อุปราคา Pz Uma

Orbital Period Change of Eclipsing Binary Star System Pz Uma

ชีวะ ทัศนา[1*] สมยศ ศรีคงรักษ์[2] ปีแสง มงคลสูตร[3] และ อนุชา อุนอก[4]
Chewa Thassana[1*] Somyod Srikongrug[2] Peesang Sirimongkol[3] and Anucha Aunok[4]
[1,2]ภาควิชาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี
[2,3] สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี
[*]chewa.t@rbru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเปลี่ยนคาบวงโคจรของระบบดาวคู่อุปราคา Pz Uma ที่ทำการสังเกตการณ์ ณ หอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบพระชนมพรรษา จังหวัดฉะเชิงเทรา สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ในช่วงเดือนสิงหาคม พ.ศ.2560 โดยถ่ายภาพด้วยซีซีดี โฟโตมิเตอร์ผ่านแผ่นกรองแสงสีน้ำเงิน สีเหลือง และสีแดง ต่อเข้ากับกล้องโทรทรรศน์แบบสะท้อนแสงชนิดริชชี-เครเทียน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.50 เมตร นำข้อมูลที่ได้จากการสังเกตการณ์ไปทำการกำจัดสัญญาณรบกวนและปรับปรุงภาพเข้าสู่มาตรฐานแล้วนำข้อมูลที่ได้จากภาพไปทำการวิเคราะห์เพื่อหาค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุดและสร้างสมการ Ephemeris ใหม่ โดยการอ้างจากสมการ Ephemeris เดิม HJD (Min) = 2451337.7141 + 0.2627E แล้วนำข้อมูล Epoch และ HJD (Min) ไปหาสมการ O-C ผลปรากฏว่าได้สมการเป็น $O - C = 5.26\times10^{-9}E^2-6.37\times10^{-4}E$ จากสมการ O-C ทำให้ทราบวงโคจรใหม่ของดาวคู่ Pz Uma ว่ามีคาบวงโคจร เท่ากับ 0.2627 วัน และมีช่วงอัตราการโคจรเพิ่มขึ้น 1.052×10^{-8} วันต่อรอบ หรือ 1.0042 วินาทีต่อปี

คำสำคัญ: ดาวคู่อุปราคา, ดาวคู่อุปราคาแบบแตะกัน, คาบวงโคจร

Abstract

This research aims to study the period change of binary Pz-Uma. We conducted this research at Regional Observatory for the Public, Chachoengsao, National Astronomical Research Institute of Thailand (Public Organization). In December 2017. The observation was done via

CCD photometer in B, V and R-Filter wavelength equipped with Ritchey Chretien Telescope, which has a diameter of 0.50 meter. The data obtained through reduction processed via Iris. The time of minimum eclipse, HJD (Min) = 2451337.7141+0.2627E and O–C = $5.26\times10\text{-}9E^2-6.37\times10^{-4}E$ were found. The O-C light curve has shown that the orbital period of Pz-Uma is 0.2627 day with an increasing period change of 10.52×10^{-9} day per cycle or 1.0042 second per year.

Keywords: Eclipsing Binary Star, Contact Binary, Orbital Period

บทนำ

การศึกษาคุณสมบัติของเอกภพและดาวฤกษ์เป็นการศึกษาที่มีความสำคัญอย่างยิ่งในทางด้านวิชาดาราศาสตร์เนื่องจากดาวฤกษ์เป็นวัตถุบนท้องฟ้าที่มีพลังงานและแสงสว่างในตัวเอง ดาวฤกษ์ได้ถือกำเนิดเกิดขึ้นหลังจากการระเบิดครั้งยิ่งใหญ่หรือเกิดขึ้นตามทฤษฎีของบิกแบงที่ใช้อธิบายการกำเนิดเอกภพ บิกแบงเกิดจากพลังงานได้เปลี่ยนไปเป็นมวลสารก่อตัวรวมกันภายใต้แรงโน้มถ่วงจนกลายเป็นดาวฤกษ์และดาวเคราะห์ต่าง ๆ การศึกษาดาวฤกษ์แต่ละดวงสามารถอธิบายถึงวิวัฒนาการของดาวฤกษ์เมื่อเวลาผ่านไป ดาวฤกษ์จะมีการวิวัฒนาการเปลี่ยนแปลงบนแผนภาพ HR เราอาจพบรวมตัวกันเป็นกลุ่มเช่น กระจุกดาว หรือ ระบบดาวคู่

ระบบดาวคู่ PZ Uma ระบบดาวคู่นี้อยู่ที่ตำแหน่งค่า R.A. $9^h\ 29^m\ 7^s.08034$ และตำแหน่ง Dec.$+60^o\ 51'\ 23".0383$ ประเภท W Uma type จัดเป็นดาวคู่อุปราคาแบบแตะกัน (Contact Binary System) ในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาอัตราการเปลี่ยนคาบวงโคจรของระบบดาวคู่ PZ Uma โดยทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตการณ์จากภาพถ่ายเพื่อวิเคราะห์อัตราการเปลี่ยนคาบวงโคจรของระบบดาวคู่อุปราคา PZ Uma และวิวัฒนาการของระบบดาวคู่

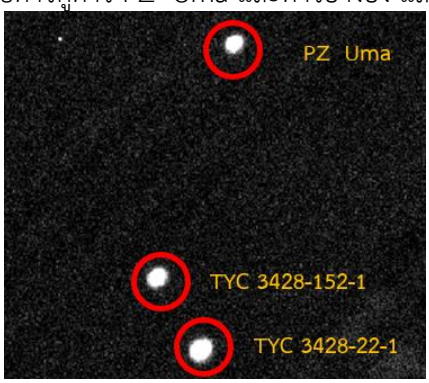
วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาการอัตราการเปลี่ยนคาบวงโคจรของระบบดาวคู่อุปราคา PZ-Uma
2. เพื่อเปรียบเทียบอัตราการเปลี่ยนคาบวงโคจรของระบบดาวคู่อุปราคา PZ-Uma กับงานวิจัยก่อนหน้านี้

วิธีดำเนินการวิจัย

1 กลุ่มดาวตัวอย่าง

ระบบดาวคู่ PZ Uma เป็นดาวคู่อุปราคาแบบแตะกัน ประเภท W Uma type อยู่ที่ตำแหน่ง R.A. 9^h 29^m 7^s.08034 และ Dec. $+6^0$ 51’ 23”.0383 โดยเก็บข้อมูลดาวจากการสังเกตการณ์จากภาพถ่ายผ่านกล้อง CCD ในช่วงความยาวคลื่นแสงสีน้ำเงิน (B) แสงสีเหลือง (V) และแสงสีแดง (R) ตัวอย่างภาพถ่ายของระบบดาวคู่นี้ดังรูปที่ 1 และข้อมูลเบื้องต้นของระบบดาวคู่ดาว PZ Uma และดาวอ้างอิง แสดงดังตารางที่ 1



รูปที่ 1 ระบบดาวคู่ PZ Uma ดาวเปรียบเทียบและดาวอ้างอิง

ตารางที่1 ข้อมูลพื้นฐานของระบบดาวคู่ PZ Uma และดาวอ้างอิง

Star	R.A. (h m s)	Dec. (° ' ")	Magnitude
PZ Uma	09^h 29^m 7^s.08034	06^o 51’ 23”.0383	12.71 (V)
TYC 3428-152-1 (Comparison)	09^h 29^m 14^s.43110	49^o 49’ 15”.2143	12.58 (V)
TYC 3428-22-1 (Check)	09^h 29^m 12^s.58903	49^o 48’ 28”.0723	11.88 (V)

ข้อมูลจาก : SIMBAD Astronomical Database

2. การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ข้อมูลจากการสังเกตการณ์ โดยมีขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

1. นำภาพถ่ายมาทำการ Reduction ซึ่งเป็นวิธีการกำจัดสัญญาณรบกวนที่เกิดจากระบบอิเล็กทรอนิกส์ของอุปกรณ์ที่ใช้ในการถ่ายภาพ

Journal of Earth Science, Astronomy and Space
Volume 3 Issue 1 ISSN 2673-0480 (Online)

2. นำภาพถ่ายมาทำการ align ซึ่งเป็นวิธีการทำให้ตำแหน่งของดาวในภาพถ่ายตรงกัน โดยการเปิดไฟล์ภาพถ่ายดาวทั้งหมด

3. นำภาพข้อมูลมาวิเคราะห์หาค่า Photometry ด้วยโปรแกรม IRIS ซึ่งเป็นวิธีการวัดค่าความสว่างของดาวโดยใช้เทคนิคดิฟเฟอเรนเชียลโฟโตเมตรีจะต้องเลือกดาวที่ต้องการวัดค่าความสว่าง ดาวเปรียบเทียบ และดาวตรวจสอบ

4. นำค่า JD ที่ได้จากโปรแกรม Iris มาแปลงค่าเป็น HJD โดยใช้ไฟล์โปรแกรม Microsoft Excel สำเร็จรูป

5. ทำการพล็อตกราฟแสงระหว่าง Delta Magnitude กับ HJD โดยใช้ไฟล์โปรแกรม Microsoft Excel

6. ทำการหาตำแหน่งของค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุด (Time of Minimum Light)

7. หาสมการ Ephemeris ใหม่ โดยการนำเอาค่าเวลาแสงที่น้อยที่สุดไปหาค่ายุค (Epoch) โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel เพื่อนำค่ายุค (Epoch) ไปสร้างสมการ Ephemeris ใหม่ โดยการพล๊อตกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง HJD กับ Epoch

8. คำนวณหาค่า HJD_C (C) โดยนำค่า HJD_O และ Epoch โดยแทนในสมการ $C = HJD_O + P_OE$

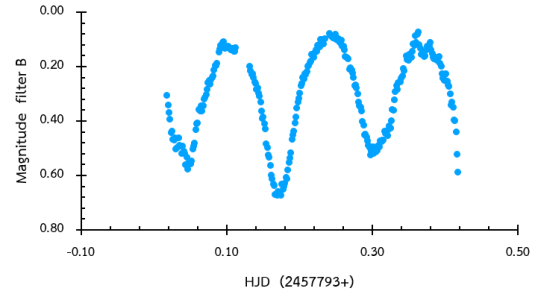
9. นำค่า HJD_0 ของช่วงเวลาที่เกิดอุปราคาที่ได้จากการสังเกตการณ์ O ลบด้วยค่าช่วงเวลาที่เกิดอุปราคาที่ได้จากการคำนวณ HJD_C(C) โดย $O\text{-}C = HJD_O - HJD_C$

10.นำค่า Epoch และค่า O-C ของดาวคู่ PZ Uma ที่ได้จากการคำนวณไปรวมกับข้อมูลค่า Epoch และค่า O-C ที่คำนวณไว้ทั้งหมด หลักจากนั้นนำข้อมูลมาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า O-C กับ Epoch จะได้แผนภาพ O-C จากการคำนวณ Polynomial Fit Curve

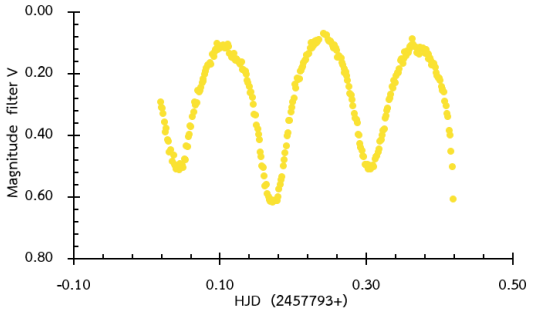
11.หาอัตราการเปลี่ยนแปลงคาบการโคจรของดาวคู่ PZ Uma โดยการใช้ Quadratic Polynomial Fitting Method

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

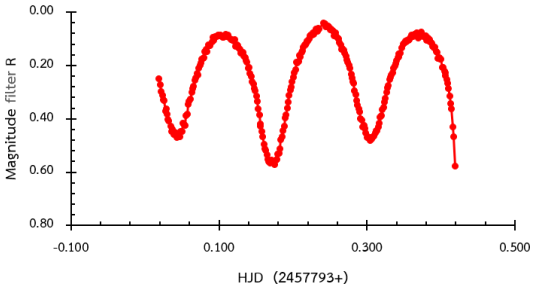
เมื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลจากภาพถ่ายที่ได้จากการสังเกตการณ์ระบบดาวคู่ PZ Uma ด้วยโปรแกรม IRIS จะได้เวลาที่เป็น JD จากนั้นแปลงค่า JD เป็น HJD ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel แล้วพล๊อกกราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่เป็น HJD กับ Magnitude ส่วนกราฟที่ได้ คือ กราฟแสงในช่วงความยาวคลื่นสีน้ำเงิน สีเหลือง และสีแดง ดังแสดงในรูปที่ 2



(ก)



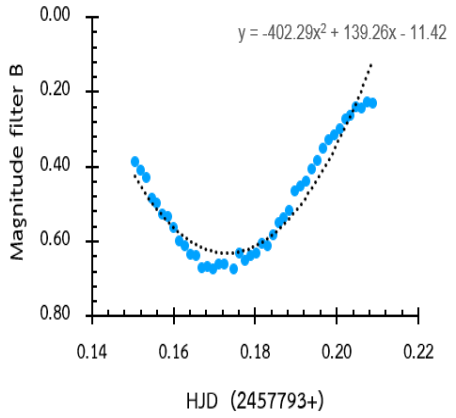
(ข)



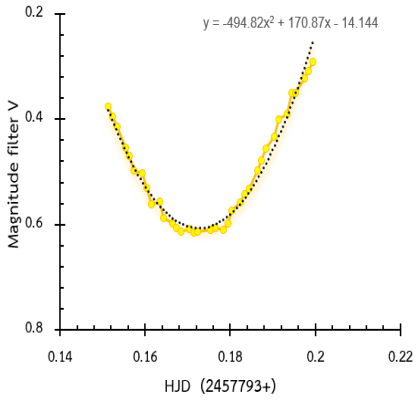
(ค)

รูปที่ 2 กราฟแสงของระบบดาวคู่ PZ Uma ในช่วงความยาว (ก) คลื่นสีน้ำเงิน (ข) สีเหลือง และ (ค) สีแดง

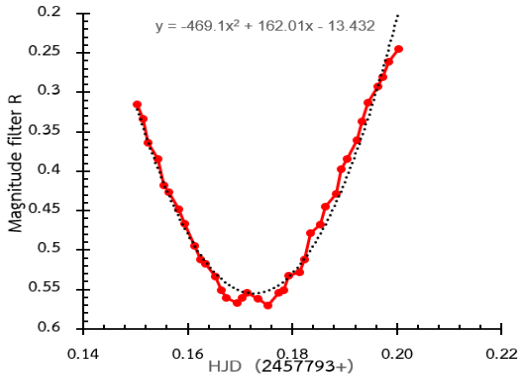
การหาค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุดมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้ข้อมูลในช่วงเวลาการเกิดอุปราคาปฐมภูมิ โดยมีวิธีการดังนี้คือหลังจากที่นำค่าวันจูเลี่ยน (JD) แปลงเป็นค่าวันจูเลียนศูนย์สุริยะ (HJD) แล้วนำค่าที่ได้มาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างวันจูเลี่ยนศูนย์สุริยะ (HJD) กับความสว่างปรากฏของดาวคู่ PZ Uma ในช่วงความยาวคลื่นสีน้ำเงิน สีเหลือง และสีแดง ดังรูปที่ 3



(ก)



(ข)



(ค)

รูปที่ 3 เวลาแสงที่น้อยที่สุดของระบบดาวคู่ PZ Uma ช่วงความยาวคลื่น (ก) สีน้ำเงิน (ข) สีเหลือง และ (ค) สีแดง

จากนั้นทำการคำนวณหาค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุดและหาค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุดได้ในช่วงความยาวคลื่นสีน้ำเงิน สีเหลืองและสีแดง เท่ากับ 2457793.173, 2457793.173 และ 2457793.173 ตามลำดับ ผลปรากฏว่าได้ค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุดเท่ากับ 2457793.173 ดังตารางที่ 2

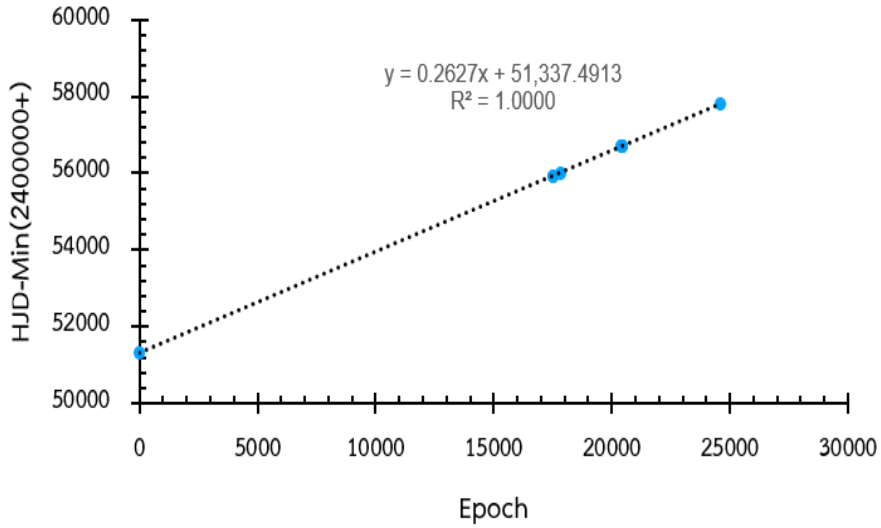
ตารางที่ 2 ค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุดที่ได้จากกราฟแสงของระบบดาวคู่ Pz Uma สังเกตการณ์ได้ในช่วงความยาวคลื่น สีน้ำเงิน สีเหลือง และสีแดง

ช่วงความยาวคลื่น	ค่าเวลาแสงที่น้อยที่สุดของความยาวคลื่น
สีน้ำเงิน (B)	2457793.173
สีเหลือง (V)	2457793.173
สีแดง (R)	2457793.173
เฉลี่ย	2457793.17**3**

การคำนวณหาสมการ Ephemeris ใหม่ โดยผู้วิจัยได้ทำการอ้างอิงถึงสมการเดิมที่คำนวณไว้ในอดีต เพื่อเป็นการแสดงให้เห็นว่าระบบดาวคู่ Pz Uma มีการเปลี่ยนแปลงคาบวงโคจรไปจากเดิมอย่างไร สำหรับงานวิจัยนี้ได้ทำการอ้างอิงสมการ Ephemeris เดิมที่คำนวณไว้ใน ปี ค.ศ.1999 โดยสมการ Ephemeris เดิม ได้คำนวณและแสดงผลของสมการHJD(Min) = 2451337.7141 + 0.2627E โดยขั้นตอนแรกนั้นจะทำการหาค่ายุค (Epoch) ณ ช่วงเวลาที่แสงน้อยที่สุดของการเกิดอุปราคาทั้งแบบปฐมภูมิและทุติยภูมิในอดีตที่นักดาราศาสตร์ทำการคำนวณไว้ สำหรับงานวิจัยนี้จะใช้ค่ายุค (Epoch) ที่ได้ทำการคำนวณและรวบรวมไว้ หลังจากได้ค่ายุคใหม่ของระบบดาวคู่ Pz Uma การนำค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุดหรือ HJD(Min) กับค่ายุค (Epoch) ที่ได้มาจากการคำนวณ ณ เวลาปัจจุบันไปรวมกับค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุดหรือ HJD(min) กับค่ายุค (Epoch) ที่นักดาราศาสตร์ในอดีตได้ทำการคำนวณไว้แล้ว ดังที่แสดงในตารางที่ 3 หลังจากนั้นนำข้อมูลไปเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Epoch กับ HJD(Min) เพื่อหาสมการ Ephemeris ใหม่ ซึ่งผลปรากฏว่าได้กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Epoch กับ HJD(Min) ดังรูปที่ 4

ตารางที่ 3 ค่ายุค (Epoch) ณ ช่วงเวลาที่แสงน้อยที่สุด

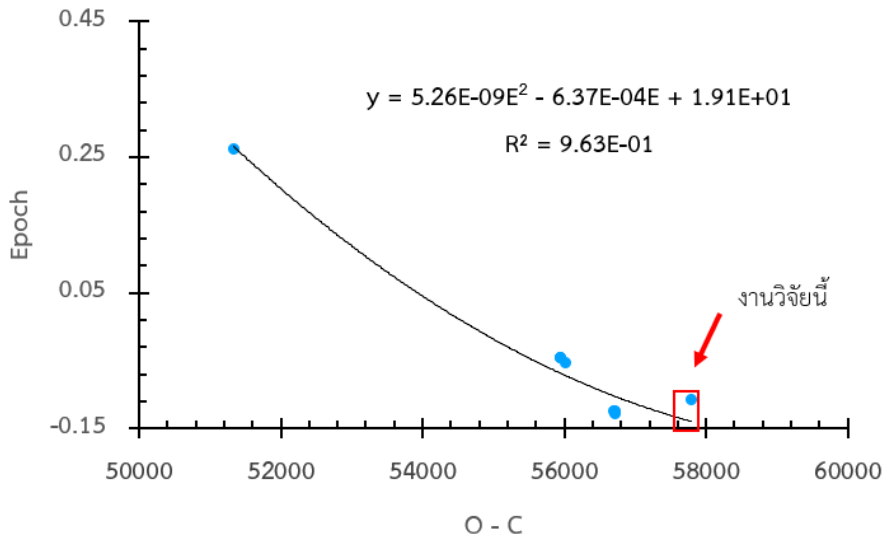
Source	HJD (O)	HJD (C)	Epoch	O-C
VSX	51337.714	51337.451	-1.0	0.263
IBVS 6029	55937.809	55937.854	17511.0	-0.045
IBVS 6029	55937.939	55937.985	17511.5	-0.046
IBVS 6029	56017.662	56017.715	17815.0	-0.053
IBVS 6118	56698.378	56698.502	20406.5	-0.124
IBVS 6149	56706.390	56706.514	20437.0	-0.124
IBVS 6149	56709.540	56709.664	20449.0	-0.127
IBVS 6149	56711.377	56711.505	20456.0	-0.128
CCD	57793.173	57793.304	24574.0	-0.131
CCD	57793.325	57793.435	24574.5	-0.110



รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่าง Epoch กับ HJD (Min)

จากรูปที่ 4 กราฟกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Epoch กับ HJD(Min) เป็นกราฟเส้นตรง ซึ่งค่าความชันที่ได้จากกราฟสามารถนำมาเขียนเป็นสมการ Ephemeris ใหม่เป็น HJD(Min) = 2451337.4913 + O.2627E ทั้งนี้จากสมการ Ephemeris ใหม่แสดงให้เห็นว่าระบบดาว Pz Uma มีคาบวงโคจรใหม่เป็น O.2627 วัน

รูปที่ 5 แสดงแผนภาพ O-Cที่ได้จากการคำนวณโดยวิธี Polynomial Fit Curve ซึ่งเส้นกราฟมีลักษณะเป็นพาราโบลาหงาย แสดงให้เห็นว่าดาวคู่ Pz Uma มีแนวโน้มว่าคาบวงโคจรมีคาบที่ลดลง และจากการใช้ Quadratic Polynomial Fitting Method จะได้ $\frac{dp}{dE} = 1.052 \times 10^{-8}$ day/cycle ดังนั้นดาวคู่ Pz Uma มีอัตราการเปลี่ยนคาบวงโคจรเท่ากับ $8x10^{-10}$ วันต่อการเคลื่อนที่ครบหนึ่งรอบ หรือเมื่อต้องการบอกเป็นอัตราการเปลี่ยนคาบวงโคจรเทียบกับเวลา จะได้ว่า $\frac{dp}{dE} = 1.0042$ sec/year ดังนั้นดาวคู่ Pz Uma มีอัตราการเปลี่ยนคาบวงโคจรที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 1.0977 วินาทีต่อปี



รูปที่ 5 แผนภาพ O-C ของระบบดาวคู่ Pz Uma

ตารางที่ 4 อัตราการเปลี่ยนแปลงคาบวงโคจรของระบบดาวคู่ Pz Uma เทียบกับงานวิจัยก่อนหน้า

ผู้วิจัย	ปี พ.ศ. ที่สังเกตการณ์	อัตราการเปลี่ยนคาบวงโคจร (วินาทีต่อปี)
ม.ป.ก.(ทุติยภูมิ)	2556	0.0955
งานวิจัยนี้(ปฐมภูมิ)	2560	1.0042

จากตารางที่ 4 จะเห็นได้ว่าเมื่อปี 2556 งานวิจัยก่อนหน้ามีอัตราการเปลี่ยนแปลงคาบวงโคจรเท่ากับ 0.0955 วินาทีต่อปี และปี 2560 งานวิจัยนี้มีอัตราการเปลี่ยนแปลงคาบวงโคจรเท่ากับ 1.0042 วินาทีต่อปี ซึ่งพบว่ามีอัตราการเปลี่ยนแปลงคาบวงโคจรลดลงแสดงว่าระบบดาวคู่ Pz Uma กำลังแยกออกจากกัน

สรุปผลการวิจัย

ผลการศึกษาการเปลี่ยนคาบวงโคจรของดาวคู่ Pz Uma โดยถ่ายภาพด้วยกล้องซีซีดีโฟโตมิเตอร์ผ่านแผ่นกรองแสงสีน้ำเงิน และสีเหลือง ที่ต่อเข้ากับกล้องโทรทรรน์แบบสะท้อนแสงชนิดดริชชี-เครเทียน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เมตร ณ หอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบ พระชนมพรรษา จังหวัดฉะเชิงเทรา พบว่าระบบดาวคู่ Pz Uma มีคาบวงโคจรเท่ากับ 0.2627 วัน และอัตราการเปลี่ยนแปลงคาบวงโคจร 1.052×10^{-8} วันต่อรอบ หรือ 1.0042 วินาทีต่อปี ซึ่งหมายถึงการเพิ่มขึ้นของระยะห่างระหว่างดาวทั้งสอง จึงกล่าวได้ว่าดาวคู่ Pz Uma มีวิวัฒนาการที่สอดคล้องกับทฤษฎี Thermal Relaxation Oscillation

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณจากกองทุนวิจัย คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2562 และได้รับความอนุเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายดาวคู่อุปราคา Pz-Uma จากคุณสุวนิตย์ วุฒิสังข์ นักวิชาการหอดาวดูดาวของ สถาบันดาราศาสตร์แห่งชาติ เฉลิมพระเกียรติ 7 รอบ พระชนมพรรษา ฉะเชิงเทรา

เอกสารอ้างอิง

ยุทธนา บุญทา. (2551). **รายงานวิจัยเรื่องการศึกษาคาบการโคจรของระบบดาวคู่อุปราคาประเภทอัลกอล BN Peg**. วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต(การสอนฟิสิกส์).หน้า 23-70.

รณกฤต รัตนมาลา.(2560).**คุณสมบัติทางกายภาพของระบบดาวคู XY Leonis**. โปรแกรมวิชาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์ทั่วไป. มหาวิทยาลัยนครราชสีมา.

ศราวุฒิ ชูโลก. (2553). **การวิเคราะห์โครงสร้างและการวิวัฒนาการของระบบดาวคู่เอส วี ทอรี**. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. สงขลา : มหาวิทยาลัยทักษิณ.

ศิรามาศ โกมลจินดา. (2546). **โครงสร้างทางกายภาพของระบบดาวคู่แบบแตะกัน อาร์ แซดทอรี**.วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ปกิจ สังสิริ. (2552). **การเปลี่ยนแปลงคาบการแปรแสงของระบบดาวคู่แบบแตะกัน 5 ระบบ คือ CE Leonis, DF Hydrae, FZ Orion, YY Eridani และ FG Hydrae**. มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์

Journal of Earth Science, Astronomy and Space
Volume 3 Issue 1 ISSN 2673-0480 (Online)

Received: 16 November 2020
Revised: 12 December 2020
Accepted: 24 December 2020

การเปรียบเทียบภาพถ่ายเนบิวลานายพราน ด้วยวิธีซ้อนภาพ โดยใช้โปรแกรมรีจีสแท็กส์6

Comparison of Orion Nebula images With the Registax 6 program

ซูไฮมี สาแม[1*]
Suhaimee Samae[1*]
[1] โรงเรียนธรรมวิทยามูลนิธิ อำเภอเมือง จังหวัดยะลา 95000
[*] Suahaimee.albrio@gmail.com

บทคัดย่อ

ถ่ายภาพเนบิวลานายพราน (M42) ด้วยกล้องโทรทรรศน์ชนิดหักเหแสง Takahashi TAO-150 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 150 มิลลิเมตรต่อด้วยกล้องถ่ายรูป DSLR Canon รุ่น 60D ถ่ายเมื่อวันที่ 5 กุมภาพันธ์ 2560 ณ หอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบ พระชนมพรรษา ฉะเชิงเทรา การเปรียบเทียบภาพถ่ายด้วยวิธีซ้อนภาพถ่าย (Stack) เพื่อเปรียบเทียบความชัดของภาพที่ความไวแสงต่างกัน เพื่อศึกษาวิธีการซ้อนภาพถ่ายด้วยโปรแกรมอย่างง่าย จึงเลือกภาพถ่าย สอง เงื่อนไข คือ ภาพถ่าย M42 จำนวน 15 รูป ที่ความไวแสง (ISO) ต่างกันคือ 640 กับ 800 โดยใช้เวลารับแสง 10 วินาทีเท่ากัน และนำภาพถ่ายทั้งสอง เงื่อนไขมาซ้อนด้วยโปรแกรม Registax 6 นำภาพทั้งสองมาเทียบความชัดและคุณสมบัติของภาพด้วยโปรแกรม ENVI ภาพที่ค่าความไวแสง 800 นั้นมีความชัดมากกว่าภาพที่ค่าความไวแสง 640

คำสำคัญ: การซ้อนภาพ, ความชัด, ความไวแสง, เนบิวลานายพราน, โปรแกรมรีจีสแท็กส์

Abstract

Taken with a refractive telescope Takahashi TAO-150, diameter 150 mm, at the Observatory, Chalermprakiet 7 around Chachoengsao on Date 5 Febuary 2017 . The Comparison of images by stack method to compare the image clarity at different speeds to study how to overlap photos using a simple program, Therefore selecting two conditions, 15 M42 photos with different ISO speeds of 640 and 800 with the same exposure time of 10 seconds and combine both photos with Registax 6 program. compare the

contrast and quality of both photos with the ENVI program. The images with an ISO sensitivity of 800 are sharper than images with an ISO of 640

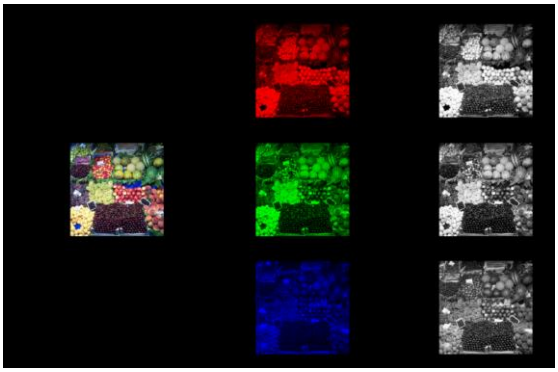
Keywords: stack, Sharpness, Sensitivity, Orion Nebula, Registax

บทนำ

การถ่ายภาพเพื่อเป็นข้อมูลในการทำวิจัยทางดาราศาสตร์นั้น จำเป็นต้องใช้ข้อมูลที่มีคุณภาพสูง ซึ่งการที่ได้มานั้นต้องใช้เครื่องมือที่มีราคาสูง การเปรียบเทียบภาพถ่ายด้วยวิธีซ้อนภาพถ่าย (Stack) เป็นอีกวิธีหนึ่งเพื่อให้ภาพที่ถ่ายนั้นมีความชัดมากขึ้นและวิธีการนี้เป็นวิธีการอย่างง่าย นอกจากนั้นการเปรียบเทียบภาพถ่ายที่มีค่าความไวแสงต่างกัน ในการเลือกภาพฃที่มีคุณสมบัติเพียงพอที่จะเป็นข้อมูลในการทำวิจัยต่อไป

เนบิวลานายพราน (Orion Nebula , M42) เป็นเนบิวลาสว่างที่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่า โดยอยู่ในกลุ่มดาวนายพรานบริเวณใต้เข็มขัดอยู่ห่างออกไปประมาณราว 1300 ปีแสง เนบิวลานายพรานมีแสงสว่างในตัวเอง เกิดจากการเรืองแสงของอะตอมไฮโดรเจนเนื่องจากได้รับความร้อนจากดาวฤกษ์ภายในเนบิวลา ซึ่งในเนบิวลายังมีการก่อตัวของดาวฤกษ์เกิดใหม่ ที่เกิดจากการก่อตัวของกลุ่มฝุ่นและแก๊สขนาดใหญ่ในเนบิวลาอีกด้วย นอกจากนี้เนบิวลานายพรานยังมีเนบิวลาอื่นๆอีกด้วยที่อยู่ในบริเวณเดียวกัน เช่น Surrounding Nebula (M43), Running man Nebula (สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ)

การบันทึกข้อมูลค่าสะท้อนแสงของภาพจากกล้องดิจิทัลในงานวิจัยนี้ จะเก็บในรูปแบบของแบนด์แม่สีแสง(Red Green Blue: RGB) ที่มีค่าดิจิตอลนัมเบอร์ (Digital Number: DN value) 8 bit หรือเท่ากับ 256 ค่า กล่าวคือ ทั้ง Band R G และB มีค่า DN value Band ละ 256 ค่า ซึ่งจะบันทึกตั้งแต่ค่า 0-255 โดยที่ค่า 0 คือค่าที่มืดที่สุด และ ค่า 255 คือค่าที่สว่างที่สุด ดังนั้นหากเป็นภาพถ่ายสี (Color Image) ซึ่งเป็นภาพที่มีการผสมแบนด์ (Band Composite) R G และ B จะมีรูปแบบทั้งหมดเท่ากับผลคูณของค่าแต่ละแบนด์ กล่าวคือ 256x256x256 ซึ่งเท่ากับ 16,777,216 ค่า หรือ 16 ล้านเฉดสี ซึ่งเฉดสีของภาพจะแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 การแสดงเฉดสีของภาพ

ISO ย่อมาจาก "International Organisation for Standardisation"หรือความไวแสง ซึ่งหมายถึง เป็นศัพท์ด้านการถ่ายภาพที่ใช้อย่างกว้างขวาง โดยในการถ่ายภาพดิจิตอล ความไวแสงจะเป็นตัวกำหนดของความไวต่อแสงของ เซนเซอร์ จะเป็นประโยชน์เมื่อถ่ายภาพช่วงที่แสงน้อยถ้าค่าไวแสงสูงขึ้น จะไม่จำเป็นต้องใช้แฟลช และยังส่งผลต่อการตั้งค่าความเร็วชัตเตอร์และความเร็วของรูรับแสงด้วยความไวแสง เมื่อถ่ายด้วย ISO สูงในการเพิ่มระดับความไวแสงจำเป็นต้องขยายสัญญาณไฟฟ้า จะทำให้สัญญาณรบกวนจะเกิดขึ้นระหว่างนั้น โดยจะเกิดขึ้นเฉพาะกล้องดิจิตอล จะเรียกว่าจุดรบกวน (Noise) (Ryosuke Takahashi, 2559)

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาวิธิการซ้อนภาพเนบิวลานายพรานด้วยวิธีการซ้อนภาพโดยใช้โปรแกรมรีจิสแท็กส์6
2. เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบภาพถ่ายที่มีความไวแสงต่างกัน

วิธีดำเนินการวิจัย

<u>การเตรียมอุปกรณ์เก็บข้อมูลและวิธีการซ้อนภาพ</u>

1. เตรียมอุปกรณ์การถ่ายคือ กล้องโทรทรรศน์ชนิดหักเหแสง Takahashi TAO - 150 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 150 มิลลิเมตร ต่อด้วยกล้องถ่ายรูป DSLR Canon รุ่น 60D ซึ่งเซนเซอร์ของกล้องดีจิตอลจะเป็นระบบเซนเซอร์ CMOS ถ่ายเมื่อวันที่ 5 กุมภาพันธ์ 2560 เวลา 20:30 น. ณ หอดูดาวหอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบ พระชนมพรรษา ฉะเชิงเทราดังรูปที่ 2และ 3



รูปที่ 2 กล้องโทรทรรศน์ชนิดหักเหแสง Takahashi TAO -150 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 150 มิลลิเมตร
(ที่มาของภาพ:สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ(องค์กรมหาชน) 2562)



รูปที่ 3 กล้องดีจิตอล Canon รุ่น 60D
(ที่มาของภาพ:Canon 2563)

2. ถ่ายภาพเนบิวลาด้วยเวลา 10 วินาที ถ่ายรูปจำนวน 15 รูป เท่ากัน มีค่าความไวแสง 640 และ 800 โดยที่ดังรูปที่ 4 และ 5

Journal of Earth Science, Astronomy and Space
Volume 3 Issue 1 ISSN 2673-0480 (Online)



รูปที่ 4 ภาพถ่ายที่ความไวแสง 640



รูปที่ 5 ภาพถ่ายที่ความไวแสง 800

จากการถ่ายภาพ

3. Open ไฟล์ภาพถ่ายไฟล์ .JPG โดยใช้โปรแกรมการซ้อนภาพ Registax 6
4. กดปุ่ม Alinge เพื่อให้โปรแกรมเลือกจุดอ้างอิงของรูปถ่ายโดยอัตโนมัติ
5. โปรแกรม Registax 6 จะทำการซ้อนภาพ 15 ภาพ
6. ทำการบันทึกภาพโดยไฟล์จะได้เป็นนามสกุล .JPG ตามไฟล์ดั่งเดิม เมื่อเปรียบเทียบภาพก่อนซ้อนกับหลังซ้อน ดังภาพที่ 6 และ 7



(ก) (ข)

ภาพที่ 6 (ก) ภาพถ่ายที่ความไวแสง 640 ไม่ผ่านการซ้อนภาพ
ภาพที่ 6 (ข) ภาพถ่ายที่ความไวแสง 800 ไม่ผ่านการซ้อนภาพ



(ก) (ข)

ภาพที่ 7 (ก) ภาพถ่ายที่ความไวแสง 640 ที่ผ่านการซ้อนภาพ
ภาพที่ 7 (ข) ภาพถ่ายที่ความไวแสง 800 ที่ผ่านการซ้อนภาพ

<u>การเปรียบเทียบคุณสมบัติของภาพถ่าย</u>

1. Import ไฟล์ภาพที่ได้จากการซ้อน ลงโปรแกรม ENVI

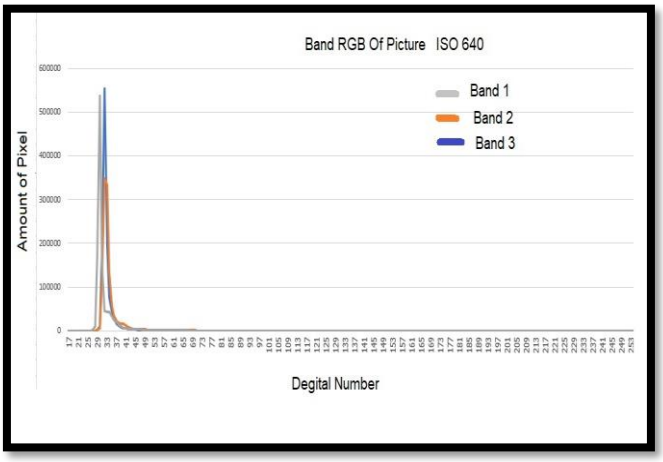
2. เปรียบเทียบคุณสมบัติของภาพทั้งสอง เงื่อนไขจากค่าคุณสมบัติของภาพถ่าย โดยเลือกค่าจากการแยก Band ของภาพโดยจะเป็นค่า RGB

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ตารางที่ 1 ตารางข้อมูลของภาพที่ความไวแสง (ISO) 640

Basic Stats	Minimum	Maximum	Mean
Band (R)	22	255	35.05
Band (G)	18	255	33.95
Band (B)	17	255	32.79

จากข้อมูลภาพถ่ายสามารถนำมาแสดงเป็นกราฟแสดงการกระจุกตัวของ Band กับค่า Digital Number ดังรูปที่ 8

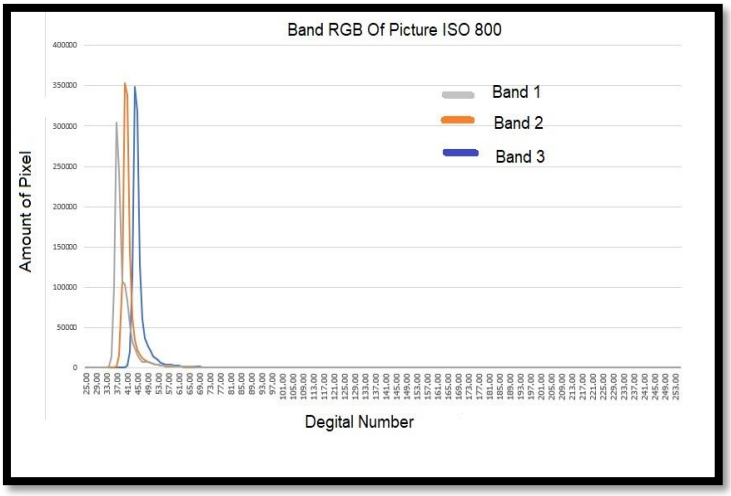


รูปที่ 8 กราฟแสดงการกระจุกตัวของ Band กับค่า Digital Number ของภาพที่ความไวแสง (ISO) 640

ตารางที่ 2 ตารางข้อมูลของภาพที่ความไวแสง (ISO) 800

Basic Stats	Minimum	Maximum	Mean
Band (R)	33	255	46.82
Band (G)	29	255	42.50
Band (B)	25	255	40.77

จากข้อมูลภาพถ่ายสามารถนำมาแสดงเป็นกราฟแสดงการกระจุกตัวของ Band กับค่า Digital Number ดังรูปที่ 9



รูปที่ 9 กราฟแสดงการกระจุกตัวของ Band กับค่า Digital Number ของภาพที่ความไวแสง (ISO) 800

สรุปผลการวิจัย

จากการเปรียบเทียบภาพถ่ายเนบิวลาด้วยวิธีการซ้อนภาพกัน (Stack) ระหว่างความไวแสง 640 กับ 800 พบว่าภาพถ่ายที่ความไวแสง 640 มีคุณสมบัติของภาพเมื่อเทียบกับค่า Band ของ RGB เท่ากับ 33.93 และ ภาพที่ความไวแสง 800 มีค่าBand ของ RGB เท่ากับ 43.36 และจากกราฟทั้งสองภาพที่ความไวแสง 800 ไม่มีการซ้อนทับกันของกราฟทั้ง 3 Band ทำให้ภาพมีความชัดเจนของBandทั้ง3 Band จึงสรุปได้ว่าภาพที่ความไวแสง 800 มีความชัดมากกว่าความไวแสง 640

ข้อเสนอแนะ

ผู้วิจัยควรเลือกภาพถ่ายหลากหลายเงื่อนไขและควรเลือกใช้โปรแกรมการวิเคราะห์ภาพหลากหลายโปรแกรมเพื่อจะได้วิธีการวิเคราะห์ที่หลากหลาย

เอกสารอ้างอิง

Ryosuke Takahashi https://snapshot.canon-asia.com/thailand/article/th/lesson-5-what-is-iso-speed (online) *สืบค้นเมื่อ 20 มกราคม 2563*

ม.ป.ป. http://www.narit.or.th/index.php/nso-astro-photo/nso-deep-sky-objects/814-the-great-orion-nebula-m42-ngc1976

ม.ป.ป. https://www.narit.or.th/index.php/chachoengsao-observatory/cco-camera-menu-a

ม.ป.ป.https://th.canon/th/consumer/products/search?category=photography

Received: 19 November 2020
Revised: -
Accepted: 12 December 2020

การวิเคราะห์ศักยภาพพลังงานลมในเขตพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่
Wind Energy Potential Analysis in Chiang Mai Province

วัชระ อินถา[1] ภาคภูมิ รัตน์จิรานุกูล[1*] และ สุจิตรา รัตน์จิรานุกูล[2]
Watchara Intha[1] Pakpoom Ratjiranukool[1*] and Sujittra Ratjiranukool[2]
[1] ภาควิชาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
[2] ภาควิชาฟิสิกส์และวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
[*] pakpoom_rat@cmru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการวิเคราะห์อัตราเร็วลมโดยใช้การแจกแจงไวบูลล์และความหนาแน่นกำลังลมเฉลี่ยของจังหวัดเชียงใหม่ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2557-2561 โดยแบ่งชุดข้อมูลออกเป็น 3 ช่วง ได้แก่ ช่วงเดือนมีนาคมถึงมิถุนายน เดือนกรกฎาคมถึงตุลาคม และเดือนพฤศจิกายนถึงกุมภาพันธ์ พบว่าฟังก์ชันความหนาแน่นน่าจะเป็นไวบูลล์แสดงการกระจายข้อมูลของอัตราเร็วลมในช่วงเดือนมีนาคมถึงมิถุนายนกับช่วงเดือนกรกฎาคมถึงตุลาคม มีรูปแบบใกล้เคียงกัน ส่วนในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงกุมภาพันธ์มีการกระจายของข้อมูลอัตราเร็วลมน้อยกว่าช่วงอื่น และแนวโน้มของความหนาแน่นกำลังลมเฉลี่ย พบว่าช่วงเดือนมีนาคมถึงมิถุนายนมีค่าความหนาแน่นกำลังลมเฉลี่ยมากขึ้นในทุกๆ ปี และมีค่ามากกว่าช่วงเดือนอื่น

คำสำคัญ: พลังงานลม, จังหวัดเชียงใหม่, การแจกแจงไวบูลล์

Abstract

In this research, the wind speeds over Chiang Mai province were analyzed by Weibull distribution and wind power density during January 2014 to December 2018. The wind datasets were analyzed to 3 time intervals, i.e., March-June, July-October and November-February. The Weibull functions during the interval of March-June and July-October show similarity in distribution pattern. The minimum of wind speed distribution was found during November-February. The wind power density during March-June is mostly stronger than other intervals and trends to increase year by year.

Keywords: Wind Energy, Chiang Mai Province, Weibull Distribution

บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยมีความต้องการใช้ไฟฟ้าเป็นอย่างมากทั้งภาคครัวเรือนและภาคอุตสาหกรรมเพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันทางด้านเศรษฐกิจกับต่างประเทศ แหล่งพลังงานไฟฟ้าส่วนใหญ่ของประเทศผลิตจากถ่านหิน และก๊าซธรรมชาติ ซึ่งมีอยู่อย่างจำกัด และพลังงานที่ใช้แล้วหมดไปทำให้ประเทศชาติต้องสูญเสียเงินจำนวนมากเพื่อนำเข้าแหล่งพลังงานจากต่างประเทศ นอกจากนี้ยังก่อให้เกิดมลภาวะทางอากาศนำไปสู่การเกิดภาวะโลกร้อนดังที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน ซึ่งมีแนวโน้มที่จะมากขึ้นในอนาคต วิกฤตการณ์ด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมเป็นปัญหาระดับชาติที่ทุกหน่วยงานต้องร่วมมือกันเพื่อหาแนวทางในการแก้ปัญหา พลังงานทดแทนก็เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สามารถนำมาใช้แก้ปัญหาดังกล่าวได้ เนื่องจากเป็นพลังงานที่มีอยู่ในธรรมชาติที่มีอยู่อย่างมากมาย มาประยุกต์ใช้กับองค์ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ทำให้ได้พลังงานที่สะอาดเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและสามารถใช้ได้อย่างยั่งยืน

พลังงานลมก็เป็นพลังงานทดแทนชนิดหนึ่งซึ่งเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติจากความแตกต่างของอุณหภูมิ ความกดอากาศและแรงจากการหมุนของโลก เป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความเร็วและกำลังลม พลังงานลมจะสะสมอยู่ในรูปของพลังงานจลน์และเปลี่ยนพลังงานจลน์ดังกล่าวให้เป็นพลังงานกลหรือพลังงานไฟฟ้าโดยอาศัยกังหันลม[1],[2] การนำพลังงานลมมาใช้จำเป็นต้องคำนึงถึงการเลือกขนาดของกังหันลมและลักษณะภูมิประเทศที่จะบ่งบอกถึงศักยภาพในการผลิตกระแสไฟฟ้าซึ่งจะขึ้นอยู่กับอัตราเร็วและทิศทางของลม[3],[4] อัตราเร็วลมมีการเปลี่ยนแปลงไปตามเวลาในรอบวันและตามฤดูกาลในรอบปี นอกจากนี้ลมในบริเวณพื้นที่ต่างๆจะมีค่าเปลี่ยนแปลงไปตามลักษณะภูมิประเทศ การนำแบบจำลองภูมิอากาศมาใช้ในการจำลองศักยภาพพลังงานลมในอนาคตจึงมีประโยชน์เพื่อเป็นแนวทางในการวางแผนพัฒนาพลังงานของประเทศให้ยั่งยืนได้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อหาฟังก์ชันความหนาแน่นน่าจะเป็นการการแจกแจงไวบูลล์ของอัตราเร็วลมในจังหวัดเชียงใหม่
2. เพื่อหาค่าความหนาแน่นกำลังลมเฉลี่ยรายปีในแต่ละช่วงเดือน

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ข้อมูลอัตราเร็วลม

ในงานวิจัยครั้งนี้ได้ทำการศึกษาศักยภาพพลังงานลม โดยการเก็บรวบรวมข้อมูลอัตราเร็วลมของสถานีตรวจวัดจังหวัดเชียงใหม่ ที่ระดับความสูง 10 m ในช่วงระหว่างปี

พ.ศ. 2557-2561 และแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 3 ช่วง ได้แก่ ช่วงเดือน มีนาคม-มิถุนายน เดือนกรกฎาคม-ตุลาคม และเดือนพฤศจิกายน-กุมภาพันธ์ และนำมาหาค่าความถี่ และความถี่สะสมของอัตราเร็วลม

2. ความหนาแน่นกำลังลม

การวิเคราะห์กำลังลมสามารถหาได้จากสมการพลังงานจลน์

$$E = \frac{1}{2}mv^2 \tag{1}$$

เนื่องจากมวลในอากาศเคลื่อนที่ต่อหน่วยเวลา ถ้าแทนค่า m/t ลงในสมการพลังงานจลน์ทำให้ลมในรูปพลังงานเปลี่ยนเป็นกำลังลม

$$P = \frac{1}{2}\frac{m}{t}v^2 \tag{2}$$

เมื่อพิจารณามวลของอากาศในรูปของความหนาแน่นจะได้ว่า

$$\frac{m}{t} = \rho_a vA \tag{3}$$

แทนค่าสมการที่ (3) ในสมการที่ (2) จะได้

$$P = \frac{1}{2}\rho_a Av^3 \tag{4}$$

ดังนั้นเราสามารหาค่าความหนาแน่นกำลังลมได้จากสมการ

$$P_A = \frac{1}{2}\rho_a v^3 \tag{5}$$

เมื่อ P_A คือ ความหนาแน่นกำลังลม (W/m^2)

A คือ พื้นที่ m^2

ρ_a คือ ความหนาแน่นของอากาศ (มีค่าเท่ากับ 1.225 kg/m^3)

3. การแจกแจงไวบูลล์

[5],[6] การแจกแจงไวบูลล์เป็นกรณีพิเศษของการแจกแจงของ Pierson Class III ในการแจกแจงไวบูลล์นั้นการเปลี่ยนแปลงของอัตราเร็วลมจะถูกกำหนดโดยฟังก์ชัน 2 ฟังก์ชันดังนี้ 1.ฟังก์ชันความหนาแน่นความน่าจะเป็น (Probability Density Function) และ2.ฟังก์ชั่นการแจกแจงสะสม (Cumulative Distribution Function) ฟังก์ชันความหนาแน่นความน่าจะเป็นf (v) จะบ่งชี้ถึงสัดส่วนของเวลาหรือความน่าจะเป็นที่จะมีอัตราเร็วลมค่านั้น ๆ ดังสมการ

$$f(V) = \frac{k}{c}\left(\frac{V}{c}\right)^{k-1} e^{-\left(\frac{V_x}{c}\right)^k} \tag{6}$$

เมื่อ k คือพารามิเตอร์รูปร่างไวบูลล์ (Weibull Shape Parameter)

c คือพารามิเตอร์ระดับ (Scale Parameter)

ฟังก์ชันการแจกแจงสะสมของอัตราเร็วลม V จะเป็นความน่าจะเป็นที่มีอัตราเร็วลมเท่ากับหรือต่ำกว่า V ดังนั้นการแจกแจงสะสม F (V) จะเป็นการปริพันธ์ของฟังก์ชันความหนาแน่นความน่าจะเป็นดังนี้

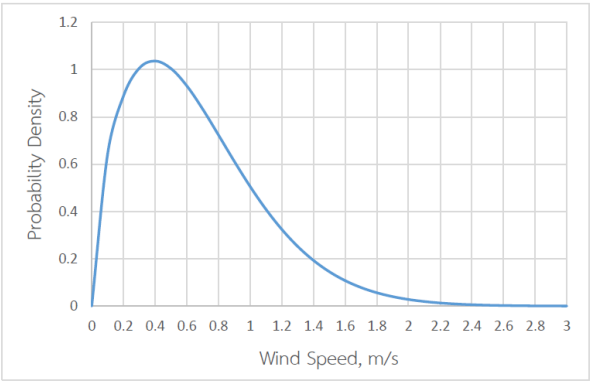
$$F(V) = \int_0^{\infty} f(V)\, dV = 1 - e^{-\left(\frac{V}{C}\right)^K} \quad (7)$$

โดยค่าพารามิเตอร์ k และ c สามารถหาได้จากสมการสหสัมพันธ์ด้วยระเบียบวิธีทางกราฟ

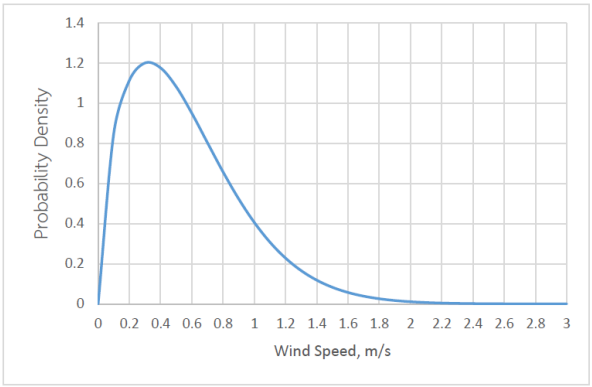
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ฟังก์ชันความหนาแน่นน่าจะเป็นและฟังก์ชันการแจกแจงสะสมไวบูลล์ของอัตราเร็วลมในเขตพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่

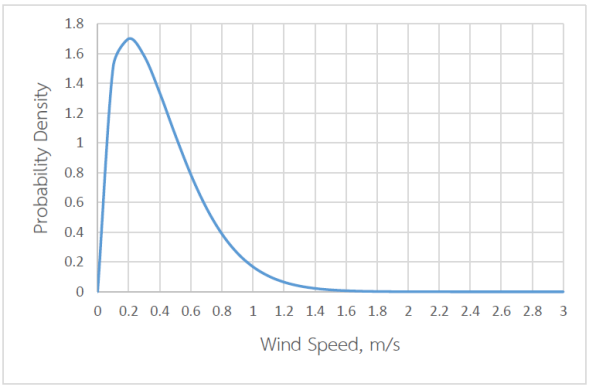
จากรูปที่ 1 ถึง 3 แสดงการกระจายของอัตราเร็วลม พบว่า การกระจายข้อมูลของอัตราเร็วลมในช่วงเดือนมีนาคม – เดือนมิถุนายนกับช่วงเดือนกรกฎาคม–เดือนตุลาคมมีรูปแบบใกล้เคียงกัน ส่วนช่วงเดือนพฤศจิกายน–เดือนกุมภาพันธ์มีการกระจายของข้อมูลอัตราเร็วลมน้อยกว่าช่วงอื่น เมื่อสังเกตจุดสูงสุดของกราฟแต่ละช่วงเดือนจะอยู่ในช่วงอัตราเร็วลมที่ 0.3 – 0.5, 0.2– 0.4 และ 0.1– 0.2 m/s ตามลำดับ ซึ่งทำให้ทราบค่าความถี่สูงสุดในแต่ละช่วงเดือน



รูปที่ 1 ฟังก์ชันความหนาแน่นน่าจะเป็นไวบูลล์ในช่วงเดือนมีนาคม–เดือนมิถุนายน โดยมีค่า k =1.5907 และ c = 0.73281 m/s

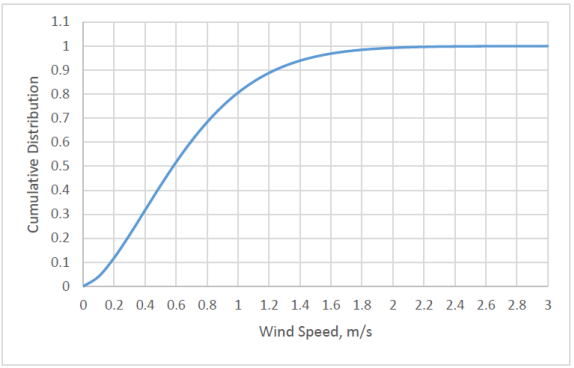


รูปที่ 2 ฟังก์ชันความหนาแน่นน่าจะเป็นไวบูลล์ในช่วงเดือนกรกฎาคม–เดือนตุลาคม โดยมีค่า k =1.5524 และ c = 0.7267 m/s

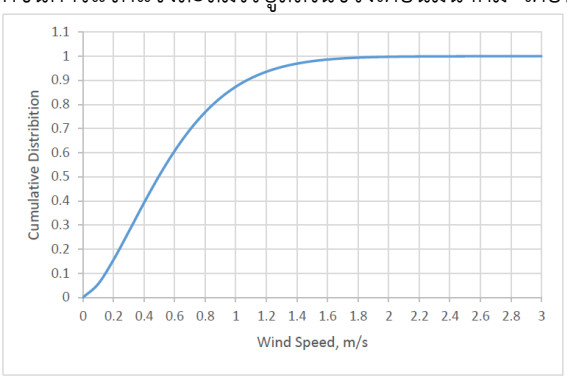


รูปที่ 3 ฟังก์ชันความหนาแน่นน่าจะเป็นไวบูลล์ในช่วงเดือนพฤศจิกายน–เดือนกุมภาพันธ์
โดยมีค่า k = 1.44646 และ c = 0.435489 m/s

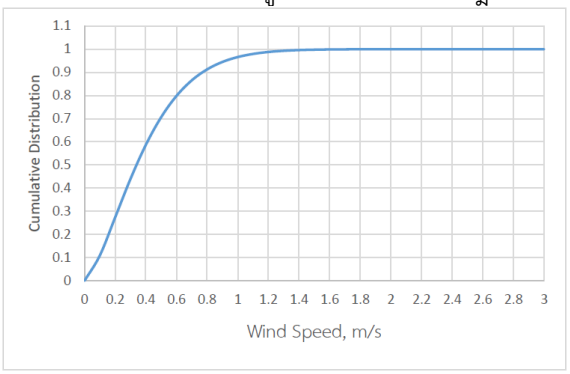
จากรูปที่ 4 ถึง 6 ถ้าใช้กังหันลม M-100 W ความเร็วลมที่เริ่มหมุน คือ 1 m/s และพิจารณาจำนวนวันในช่วงเดือนมีนาคม-เดือนมิถุนายน, เดือนกรกฎาคม-ตุลาคม และเดือนพฤศจิกายน-เดือนกุมภาพันธ์ เป็นร้อยละ พบว่า ในช่วงเดือนทั้งสามเดือนนี้จะจำนวนวันที่ทำให้กังหันลมสามารถหมุนได้ร้อยละ 20, 13 และ 3.5 ของจำนวนวันทั้งหมดในแต่ละช่วงเดือนตามลำดับ



รูปที่ 4 ฟังก์ชันการแจกแจงสะสมไวบูลล์ในช่วงเดือนมีนาคม–เดือนมิถุนายน

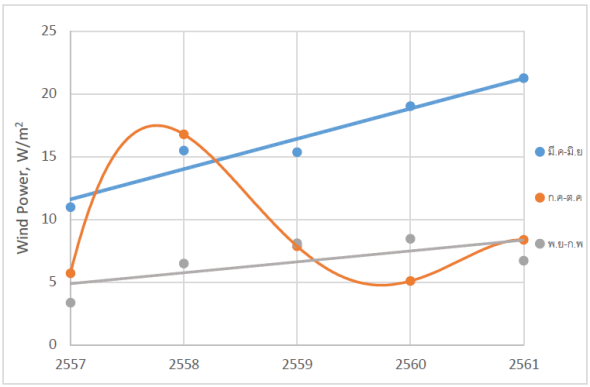


รูปที่ 5 ฟังก์ชันการแจกแจงสะสมไวบูลล์ในช่วงเดือนกรกฎาคม–เดือนตุลาคม



รูปที่ 6 ฟังก์ชันการแจกแจงสะสมไวบูลล์ในช่วงเดือนพฤศจิกายน-เดือนกุมภาพันธ์

2. ความหนาแน่นกำลังลมเฉลี่ยในแต่ละช่วงเดือนของปี พ.ศ. 2557-2561



รูปที่ 7 กราฟความหนาแน่นกำลังลมเฉลี่ยในปี พ.ศ. 2557-2561

จากรูปที่ 7 ในช่วงเดือนมีนาคม-เดือนมิถุนายน แนวโน้มของค่าความหนาแน่นกำลังลมเฉลี่ย มีค่ามากขึ้นในทุก ๆ ปี และค่าความหนาแน่นกำลังลมเฉลี่ยในช่วงเดือนนี้ส่วนใหญ่จะมีค่ามากกว่าช่วงเดือนอื่นๆ ช่วงเดือนกรกฎาคม–เดือนตุลาคม แนวโน้มของความหนาแน่นกำลังลมเฉลี่ยมีค่าไม่แน่นอนโดยมีปัจจัยของพายุที่เข้ามาในช่วงเดือนนี้ทำให้กราฟของช่วงเดือนนี้มีค่าไม่คงที่ และ ช่วงเดือนพฤศจิกายน–เดือนกุมภาพันธ์ มีแนวโน้มของความหนาแน่นกำลังลมเฉลี่ยเพิ่มขึ้นแต่ค่าความหนาแน่นกำลังลมเฉลี่ยจะมีค่าน้อยกว่าช่วงเดือนอื่น ๆ

สรุปผลการวิจัย

การกระจายข้อมูลของอัตราเร็วลมในช่วงเดือนมีนาคม – เดือนมิถุนายนกับช่วงเดือนกรกฎาคม–เดือนตุลาคมมีรูปแบบใกล้เคียงกัน ส่วนช่วงเดือนพฤศจิกายน–เดือนกุมภาพันธ์มีการกระจายของข้อมูลอัตราเร็วลมน้อยกว่าช่วงอื่น ส่วนความหนาแน่นกำลังลมเฉลี่ย ในช่วงเดือนมีนาคม-เดือนมิถุนายน, เดือนกรกฎาคม-เดือนตุลาคม และเดือนพฤศจิกายน-เดือนกุมภาพันธ์ ของปี พ.ศ.2557-2561 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในทุก ๆ ปี โดยในช่วงเดือนมีนาคม–เดือนมิถุนายน มีแนวโน้มค่าความหนาแน่นกำลังลมเฉลี่ยมากกว่าช่วงเดือนอื่น ๆ

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณกรมอุตุนิยมวิทยาที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลตรวจวัด และขอขอบคุณภาควิชาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ที่สนับสนุนเครื่องมือสำหรับงานวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] Acker T. L., William S. K., Duque E. P. N., Brummels G. and Buechler J. (2007). *Wind Resource Assessment in the State of Arizona: Inventory, Capacity Factor and Cost*. Renewable Energy, Vol. 32, pp. 1453-1466.

[2] Christiansen, M. B., Koch W., Horstmann, J., Hasager, C. B. and Nielsen, M. (2006) “Wind Resource Assessment from C-band SAR,”Remote Sensing of Environment. 105, 68-81.

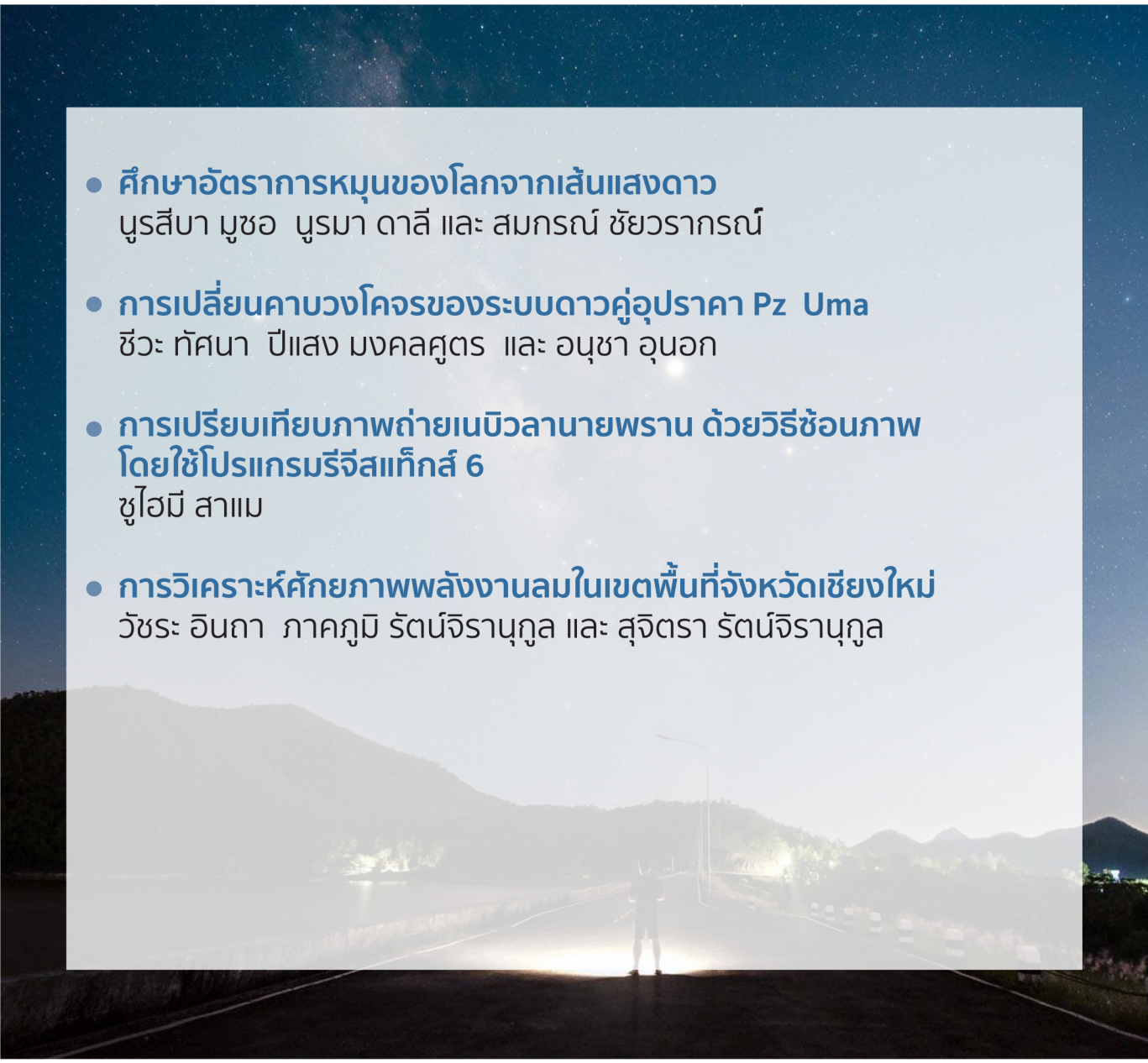
[3] Gokcek, M., Bayulken, A. and Bekdemir, S. (2007) “Investigation of Wind Characteristics and Wind Energy Potential in Kirklareli, Turkey,”Renewable Energy. 32, 1739-1752.

[4] Manwell, J. F., McGowan, J. G., Rogers, A. L. (2002) Wind Energy Explained: Theory, Design, and Application, Wiley.

[5] Nguyen N. Q. (2007). *Wind Energy in Vietnam: Resource Assessment, Development Status and Future Implication*. Energy Policy, Vol. 35, pp. 1405-1413.

[6] Seguro, J.V. and Lambert, T.W. “Modern estimation of the parameters of the Weibull wind speed distribution for energy analysis.” Journal of wind engineering and industrial aerodynamics, no.85(2000): 75 – 84.

สมาคมดาราศาสตร์และวิทยาศาสตร์อวกาศเพื่อการศึกษา
Astronomy and Space Science Society for Education; ATSSE
ที่ตั้ง: คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี
เลขที่ 41 หมู่ 5 ตำบลท่าช้าง อำเภอเมือง จังหวัดจันทบุรี 22000



- **ศึกษาอัตราการหมุนของโลกจากเส้นแสงดาว**
  นูรสีบา มูซอ นูรมา ดาลี และ สมกรณ์ ชัยวรากรณ์
- **การเปลี่ยนคาบวงโคจรของระบบดาวคู่อุปราคา Pz Uma**
  ชีวะ ทัศนา ปีแสง มงคลศูตร และ อนุชา อุนอก
- **การเปรียบเทียบภาพถ่ายเนบิวลานายพราน ด้วยวิธีซ้อนภาพ โดยใช้โปรแกรมรีจีสแท็กส์ 6**
  ซูไฮมี สาแม
- **การวิเคราะห์ศักยภาพพลังงานลมในเขตพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่**
  วัชระ อินถา ภาคภูมิ รัตน์จิรานุกูล และ สุจิตรา รัตน์จิรานุกูล

http://www.atsse.org/journal.php