



การสร้างแผนที่ท้องฟ้ามีดประเทศไทยเป็นครั้งแรก เพื่อหาจุดเด่นและส่งเสริม
การท่องเที่ยวเชิงดาราศาสตร์ให้แก่จังหวัดเชียงราย

ฟ้ารุ่ง สุริยา บุญทิศ
ธนายุทธ ช่างเรือนงาม
สุรัสวดี นางแล

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย
พฤษภาคม 2567

(รายงานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการทำวิจัยจากมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย)



การสร้างแผนที่ท้องฟ้ามีดประเทศไทยเป็นครั้งแรก เพื่อหาจุดเด่นและส่งเสริม
การท่องเที่ยวเชิงดาราศาสตร์ให้แก่จังหวัดเชียงราย

ฟ้ารุ่ง สุริยา บุญทิศ
ธนายุทธ ช่างเรือนงาม
สุรัสวดี นางแล

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย
พฤษภาคม 2567

(รายงานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการทำวิจัยจากมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย)

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่อง แผนที่ท้องฟ้ามีดประเทศไทยเป็นครั้งแรก เพื่อหาจุดเด่นและส่งเสริมการท่องเที่ยวฟ้ามีดให้แก่จังหวัดเชียงรายนี้ สามารถสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เนื่องจากการทำงานอย่างไม่ย่อท้อต่ออุปสรรคใด ๆ ของทีมงานที่มีปณิธานเดียวกันที่จะเป็นส่วนหนึ่งในพัฒนาจังหวัดเชียงราย และประเทศไทย โดยการนำศาสตร์ที่ตนเชี่ยวชาญมาบูรณาการร่วมกันเพื่อก่อประโยชน์สูงสุดต่อส่วนรวม ไม่ว่าจะเป็น ดาราศาสตร์ คณิตศาสตร์ วิทยาการคำนวณ และการวิจัยเชิงพื้นที่

คณะผู้วิจัยหวังว่า งานวิจัยฉบับนี้จะมีประโยชน์อยู่ไม่น้อยต่อจังหวัดอื่น ๆ เช่นเดียวกัน ข้อค้นพบของงานวิจัยนี้สามารถใช้อ้างอิงได้ในระดับนานาชาติ เพื่อร่วมกันอนุรักษ์ท้องฟ้ามีด ซึ่งเป็นจุดเชื่อมโยงสิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจ และการท่องเที่ยว เข้าด้วยกันได้อย่างกลมกล่อม

คณะผู้วิจัย

เมษายน 2568

บทคัดย่อ

ชื่อเรื่อง : การสร้างแผนที่ท้องฟ้ามีดประเทศไทยเป็นครั้งแรก เพื่อหาจุดเด่นและส่งเสริมการท่องเที่ยวท้องฟ้ามีดให้แก่จังหวัดเชียงราย

ชื่อผู้วิจัย : ฟาร์รุ่ง สุริยา บุญทิศ, ธนายุทธ ช่างเรือนงาม และสุรัสวดี นางแล

สาขาวิชา : คณิตศาสตร์และวิทยาการคำนวณ

ปีการศึกษา : 2567

งานวิจัยนี้นำเสนอแผนที่ท้องฟ้ามีดฉบับแรกของประเทศไทย เพื่อใช้ในการจำแนกและส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงดาราศาสตร์ โดยเน้นพื้นที่จังหวัดเชียงรายเป็นกรณีศึกษา แผนที่นี้สร้างขึ้นจากข้อมูลความสว่างของท้องฟ้ายามค่ำคืนในแนวตั้งที่ผ่านการปรับเทียบจากปี พ.ศ. 2555 ถึง 2566 และเปรียบเทียบกับข้อมูลจากสหราชอาณาจักร ชิลี และบอตสวานา ความสว่างของท้องฟ้าถูกจัดออกเป็น 14 ระดับ โดยกำหนด “พื้นที่ท้องฟ้ามีดที่มีศักยภาพ” เป็นระดับที่ 1–9 ซึ่งยังสามารถมองเห็นทางช้างเผือกได้ด้วยตาเปล่า เราทำการประเมินและจัดอันดับทั้ง 77 จังหวัดของประเทศไทยตามขนาดพื้นที่ท้องฟ้ามีดที่มีศักยภาพ เพื่อใช้เป็นแนวทางส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงดาราศาสตร์ โดยพบว่าจังหวัดเชียงรายอยู่ในอันดับที่ 12 ของประเทศ แสดงถึงศักยภาพในการพัฒนาแหล่งท่องเที่ยวท้องฟ้ามีดอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ เมื่อเปรียบเทียบกับสหราชอาณาจักรที่เป็นตัวแทนของประเทศที่เจริญแล้วและมีนโยบายการอนุรักษ์ท้องฟ้ามีดที่ชัดเจน ชิลีซึ่งเป็นแหล่งที่ตั้งของกล้องดูดาวขนาดใหญ่มากมาย และประเทศบอตสวานาซึ่งเป็นตัวแทนประเทศในทวีปที่มีมลภาวะทางแสงต่ำที่สุดของโลก งานวิจัยนี้ยังได้มีการวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อท้องฟ้ามีดของประเทศไทย ได้แก่ ประชากร GDP อัตราเงินเฟ้อ อัตราการว่างงาน เวลา และประเทศ โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ และพบว่าแบบจำลองต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) ให้ความแม่นยำสูงสุด (อัตราความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ $0.4\% \pm 0.3\%$) การประเมินความเสี่ยงชี้ว่าพื้นที่ท้องฟ้ามีดของไทยอาจสูญสิ้นทั้งหมดภายในปี พ.ศ. 2611 หากไม่มีมาตรการอนุรักษ์อย่างเร่งด่วน ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2555 ประเทศไทยสูญเสียท้องฟ้ามีดระดับดีเยี่ยมไปแล้วถึง 15.4% ขณะที่สหราชอาณาจักรเพิ่มขึ้นเล็กน้อย (+0.8%) ประเทศบอตสวานาเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย (-0.7%) และประเทศชิลีลดลง 5.3% ในปี พ.ศ. 2566 ประชากรไทยประมาณ 60% ไม่สามารถมองเห็นทางช้างเผือกได้อีกต่อไป และกว่า 20% อาศัยอยู่ในพื้นที่ที่มีแสงสว่างยามค่ำคืนสูงมากเกินกว่าที่ดวงตามนุษย์จะสามารถปรับตัวให้เห็นความมืดได้ ผลการศึกษานี้ตอกย้ำถึงความจำเป็นเร่งด่วนในการอนุรักษ์ท้องฟ้ามีด และเสนอให้ใช้พื้นที่ดังกล่าวเป็นสินทรัพย์ทางการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืนและมีคุณค่าทางสิ่งแวดล้อม

คำสำคัญ: แผนที่ท้องฟ้ามีด, การอนุรักษ์ท้องฟ้ามีด, ท่องเที่ยวท้องฟ้ามีด, ประเทศไทย

Abstract

Thesis Title : The first dark sky map of Thailand to characterize and promote dark sky tourism in Chiang Rai
 Author : Farung Surina, Thanayut Changruenngam and Suruswadee Nanglae
 Major Field : Mathematics and Computing Science
 Academic Year: 2024

We present the first dark sky map of Thailand to characterize and promote dark sky tourism, with a focus on Chiang Rai province. Using calibrated zenith artificial night sky brightness data from 2012 to 2023, we analyzed sky quality across Thailand and compared it with data from the UK, Chile, and Botswana. We classified sky brightness into 14 categories and defined “potential dark sky areas” as those in classes 1–9, where the Milky Way remains visible to the naked eye. All 77 provinces of Thailand were assessed and ranked by the extent of their potential dark sky areas to support the development of astro-tourism. Chiang Rai ranked 12th nationally, indicating strong potential for dark sky tourism initiatives. To compare to other countries where different dark sky reservation policies including the UK (as a long-established developed country with a dark sky conservation policy), Chile (where major international observatories are located), and Botswana (in a region of southern Africa where countries are exposed to the least light pollution in the world, the influencing factors such as population, GDP, inflation, unemployment, time, and country were modeled using machine learning methods. A Decision Tree model yielded the best prediction accuracy (relative error: $0.4\% \pm 0.3\%$). Risk analysis suggests that Thailand’s potential dark sky areas could vanish entirely by 2068 without conservation measures. Since 2012, pristine skies in Thailand have declined by 15.4%, while the UK has seen a slight increase (+0.8%), Botswana has remained stable (−0.7%), and Chile has declined by 5.3%. As of 2023, 60% of Thai residents are no longer able to see the Milky Way, and over 20% live under excessive nighttime light intensities incompatible with natural dark adaptation. These results highlight the urgent need for protection and positioning of dark sky areas as valuable assets for sustainable tourism and environmental stewardship.

Keywords: Dark Sky Maps, The conservation of dark sky, Dark Sky Tourism, Thailand

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อ	ข
Abstract	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
 บทที่	
1	
บทนำ	
ที่มาและความสำคัญ	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
กรอบแนวคิดการวิจัย	3
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย	4
2	
แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
ท้องฟ้ามืด	7
ดาวเทียม NPP-VIIRS	8
โปรแกรม ArcGIS	10
แบบจำลองทางคณิตศาสตร์	10
ปัจจัยที่เกี่ยวข้อง	19
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	21
3	
วิธีการดำเนินการวิจัย	27
ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	28

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
3 (ต่อ)	
สถานที่ทำการศึกษา	28
ระยะเวลาในการดำเนินการวิจัย	28
การเก็บรวบรวมข้อมูล	29
การวิเคราะห์ข้อมูล	32
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	
แผนที่ท้องฟ้ามีดของประเทศไทย สหราชอาณาจักร ซิลี และบอตสวานา	33
การระบุจุดเด่นของจังหวัดเชียงราย	39
ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงความสว่างท้องฟ้าของประเทศไทย	44
5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายและข้อเสนอแนะ	
สรุปและอภิปรายผลการวิจัย	52
ข้อเสนอแนะ	54
รายการอ้างอิง	55
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก แผนที่ประเทศต่าง ๆ ในงานวิจัย	60
ภาคผนวก ข การได้มาซึ่งข้อมูลต่าง ๆ ในงานวิจัย	63
ภาคผนวก ค โปรแกรม ArcGIS	66
ประวัติผู้วิจัย	73

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ระยะเวลาในการดำเนินการวิจัย	28
2	ระดับสถิติที่ใช้ในแผนที่	30
3	สัดส่วนพื้นที่ของทั้ง 77 จังหวัดของประเทศไทยภายใต้ระดับความสว่างของ ท้องฟ้าประดิษฐ์ที่กำหนด	41
4	การเปลี่ยนแปลงความสว่างของท้องฟ้าระหว่างปี 2012-2023 ในประเทศไทย สหราชอาณาจักร ซิลี และบอตสวานา	45
5	ค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์และน้ำหนักที่ได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์	49

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	กรอบแนวคิดการวิจัย	3
2	ดาวเทียม Visible Infrared Imaging Radiometer Suite (VIIRS)	9
3	แผนที่ฟ้ามืดงานแรกของโลกจากข้อมูลดาวเทียม DMSP ในภาพแสดงเฉพาะทวีปเอเชีย	22
4	แผนที่ฟ้ามืดของโลกฉบับปรับปรุงจากข้อมูลดาวเทียม VIIRS	22
5	การเปลี่ยนแปลงความสว่างของท้องฟ้าในเชียงรายตั้งแต่ปี 1992-2021 ที่นำเสนอในระดับ Bortle	25
6	ภาพแผนผังขั้นตอนการดำเนินการวิจัย	27
7	การเปลี่ยนแปลงความสว่างของท้องฟ้าของประเทศไทยตั้งแต่ปี 2012-2023 นำเสนอใน 14 คลาสสีที่กำหนดไว้ในตาราง	36
8	การเปลี่ยนแปลงความสว่างของท้องฟ้าของประเทศสหราชอาณาจักรตั้งแต่ปี 2012-2023 นำเสนอใน 14 คลาสสีที่กำหนดไว้ในตาราง	37
9	การเปลี่ยนแปลงความสว่างของท้องฟ้าของประเทศชิลีตั้งแต่ปี 2012-2023 นำเสนอใน 14 คลาสสีที่กำหนดไว้ในตาราง	38
10	การเปลี่ยนแปลงความสว่างของท้องฟ้าของประเทศบอตสวานาตั้งแต่ปี 2012-2023 นำเสนอใน 14 คลาสสีที่กำหนดไว้ในตาราง	39
11	แผนที่ท้องฟ้ามืดของประเทศไทยในปี 2023 หมายเลขการจัดอันดับสอดคล้องกับอันดับที่แสดงในตารางที่ 3.2	40
12	แผนภาพโมเดล Decision trees	44
13	การเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่ในท้องฟ้ามืดที่มีศักยภาพ (ระดับ 1-9) ตั้งแต่ปี 2012 ถึง 2023 ใน 4 ประเทศที่ศึกษา	50
14	การเปลี่ยนแปลงในพื้นที่ท้องฟ้ามืดที่มีศักยภาพ (ระดับ 1-9) ของสี่ประเทศตั้งแต่ปี 2012 ถึง 2023	51

บทที่ 1

บทนำ

ที่มาและความสำคัญของการวิจัย

มลพิษทางแสง (Light Pollution) หมายถึง การมีแสงประดิษฐ์ (artificial light) ที่ไม่พึงประสงค์ในปริมาณที่มากเกินไป ซึ่งมักจะนำเสนอเป็นอัตราส่วนของแสงที่มนุษย์สร้างขึ้นต่อสภาพแวดล้อม (Smith et al. 2023) ปัญหามลพิษทางแสงถือเป็นปัญหาที่ได้รับความสนใจแรกเริ่มจากกลุ่มนักดาราศาสตร์ เนื่องจากการมีมลพิษทางแสงมากขึ้นทำให้เป็นอุปสรรคในการสังเกตท้องฟ้า และต่อมาปัญหานี้ก็ได้รับความสนใจในวงกว้างมากขึ้นเรื่อย ๆ เนื่องจากงานวิจัยต่างๆ ล้วนแสดงให้เห็นว่าสามารถส่งผลกระทบต่อมนุษย์ สัตว์ และสิ่งแวดล้อมอย่างน่าวิตก จึงเป็นประเด็นวิจัยที่สำคัญในช่วงสองทศวรรษที่ผ่านมา (Cinzano, Falchi & Elvidge 2001; Longcore & Rich 2004; Hölker et al. 2010; Small et al. 2011; Steven et al. 2014; Gaston et al. 2015; Falchi et al. 2016; Elvidge et al. 2017; Duriscoe et al. 2018 และ Yong et al. 2022)

มลพิษทางแสงไม่เพียงส่งผลกระทบต่อการสังเกตทางดาราศาสตร์เท่านั้น แต่สร้างผลกระทบมากมายต่อสิ่งมีชีวิตมากมาย เช่น การหยุดชะงักของจังหวะชีวิตและรูปแบบการนอนหลับ (Chepesiuk 2009; Navara & Nelson 2007; Falchi et al. 2016) ยับยั้งการสร้างเมลาโทนินทำให้มนุษย์มีปัญหาการนอนมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง (Stevens et al. 2014) การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของสัตว์ป่าที่ออกหากินเวลากลางคืน รวมถึงรูปแบบการอพยพของสัตว์ต่างๆ ตั้งแต่แมลง สัตว์กินแมลง และสัตว์กินสัตว์ตามห่วงโซ่อาหาร ตลอดจนพฤติกรรมการสืบพันธุ์ของสัตว์ดังกล่าว (Gaston et al. 2015) การทำรังและการสืบพันธุ์ที่บกพร่องของสัตว์ (Longcore & Rich 2004) โดยผลกระทบเหล่านี้แม้ว่าจะเคยถูกละเลยเกือบทั้งหมด แต่ปัจจุบันเริ่มคืบคลานความรุนแรงขึ้นเรื่อย ๆ จนอาจส่งผลกระทบต่อความหลากหลายทางชีวภาพและระบบธรรมชาติและสังคมที่ควบคู่กัน (Hölker et al. 2010)

ภาพถ่ายดาวเทียมถูกนำมาใช้เพื่อวัดปริมาณความส่องสว่างของท้องฟ้ายามค่ำคืน โดยใช้ข้อมูลจากโครงการดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาป้องกันกองทัพอากาศสหรัฐฯ (Defense Meteorological Satellite Program, DMSP) ซึ่งเริ่มปฏิบัติการตั้งแต่ปี ค.ศ. 1992 (Cinzano, Falchi & Elvidge 2001) จนถึงปี ค.ศ. 2013 และต่อเนื่องด้วยอุปกรณ์รุ่นต่อไป ได้แก่ เซ็นเซอร์ Visible Infrared Imaging Radiometer Suite (VIIRS) บนดาวเทียม Suomi National Polar - Orbiting Partnership (NPP) ซึ่งเริ่มปฏิบัติการตั้งแต่ปี ค.ศ. 2013 จนถึงปัจจุบัน (Elvidge et al. 2017) ค่าความสว่างของท้องฟ้ายามค่ำคืนที่วัดได้จากอุปกรณ์ดาวเทียมทั้งสองนี้ ทำให้สามารถสร้างแผนที่ความสว่างของ

ท้องฟ้าที่ทั่วโลกเบื้องต้นได้ โดยอาศัยหลักการของการแผ่รังสีของผิวโลก ณ จุดเหนือศีรษะ (zenith) คำนวณให้ได้สัดส่วนของแสงประดิษฐ์ที่มนุษย์สร้างขึ้นต่อแสงธรรมชาติ ณ ตำแหน่งนั้น ทำให้ Cinzano, Falchi & Elvidge (2001) มีการเปิดเผยว่าเป็นครั้งแรกว่าเกือบประมาณ 2 ใน 3 ของประชากรโลกกำลังอาศัยอยู่ในพื้นที่ที่มีมลพิษทางแสง ในขณะที่ประมาณ 1 ใน 5 ของประชากรโลกได้สูญเสียการมองเห็นทางช้างเผือกด้วยตาเปล่าไปแล้วก่อนปี ค.ศ. 2001 (Cinzano, Falchi & Elvidge 2001) ต่อมา Falchi et al. (2016) พบว่า มากกว่า 80% ของประชากรโลกที่อาศัยอยู่ภายใต้มลพิษทางแสง และประมาณ 1 ใน 3 ของประชากรโลกสูญเสียทัศนวิสัยของทางช้างเผือกไปแล้วในปี ค.ศ. 2016

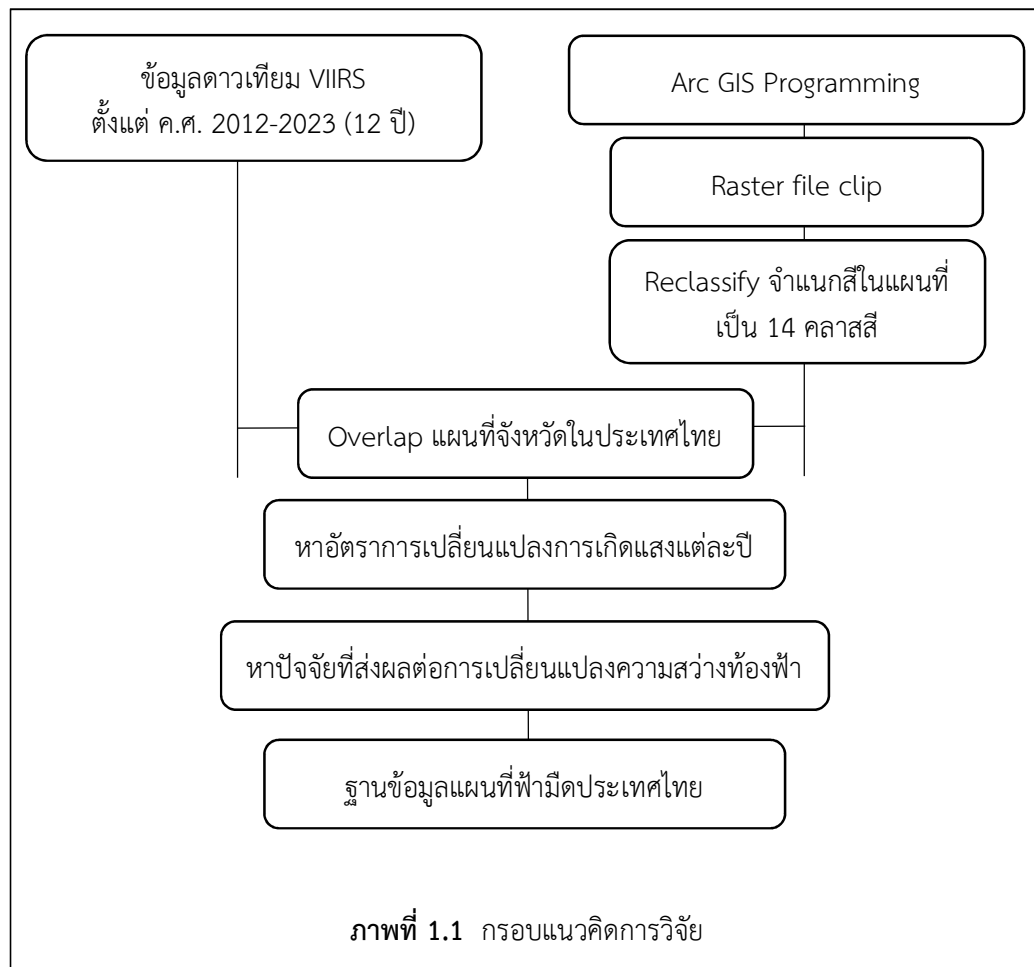
ประเทศไทยมีชื่อเสียงในด้านการเป็นหนึ่งในจุดหมายปลายทางของนักท่องเที่ยวทั่วโลก และโดดเด่นด้านการท่องเที่ยวสำหรับการดูดาวของคนในประเทศเนื่องจากภูมิทัศน์ที่เต็มไปด้วยภูเขามากมาย จะเป็นกรณีศึกษาที่น่าสนใจในบริบทโลกที่มีมลพิษทางแสงเป็นเรื่องที่ทำนายในปัจจุบันนี้ อีกทั้งงานวิจัยเกี่ยวกับความสว่างของท้องฟ้ายังขาดแคลนในประเทศ งานวิจัยเดียวที่ได้รับการตีพิมพ์ในด้านนี้ของประเทศไทยศึกษาโดย Changruenngam et al. (2023) โดยสร้างแผนที่ฟ้ามีดจังหวัดเชียงรายเพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวให้แก่จังหวัดเชียงราย ได้เสนอว่าหากประเทศไทยไม่มีนโยบายสำหรับการอนุรักษ์พื้นที่ ๆ เป็นท้องฟ้ามีดแล้ว จังหวัดเชียงรายจะไม่มีพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการดูดาวภายในปี ค.ศ. 2040 อย่างไรก็ตาม งานวิจัยของ Changruenngam et al. (2023) ยังมิได้ดำเนินการวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อความสว่างของท้องฟ้าที่เพิ่มขึ้น ทำให้แบบจำลองที่สร้างไม่อาจใช้คาดการณ์ได้ในระดับประเทศ

วัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้คือการวางแผนที่ความสว่างท้องฟ้าครั้งแรกของประเทศไทยเพื่อระบุพื้นที่ ๆ มีการเปลี่ยนแปลงมลพิษทางแสงในระดับต่ำในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา (ค.ศ. 2012 - 2023) โดยเราจะแบ่งประเภทฟ้ามีดออกเป็น 14 คลาส เพื่อเป็นฐานข้อมูลให้ผู้ประกอบการและส่วนราชการใช้เป็นเอกสารอ้างอิงในการพัฒนาพื้นที่ ๆ ที่มีศักยภาพสำหรับการท่องเที่ยวเชิงดาราศาสตร์ ซึ่งสอดคล้องกับนโยบายสนับสนุนการท่องเที่ยวเชิงดาราศาสตร์ที่ประกาศขึ้นโดยสถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (สดร.) ร่วมกับการท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย (ททท.) และเพื่อกำหนดปัจจัยที่ส่งผลต่ออัตราการเปลี่ยนแปลง โดยทำการเปรียบเทียบกับประเทศอื่น ๆ ที่มีการใช้นโยบายการอนุรักษ์ท้องฟ้ามีดที่แตกต่างกัน อีก 3 ประเทศ ได้แก่ สหราชอาณาจักร (เป็นประเทศที่พัฒนาแล้วที่มีนโยบายอนุรักษ์ท้องฟ้ามีด) ชิลี (ซึ่งเป็นที่ตั้งของหอดูดาวระหว่างประเทศที่สำคัญ) และบอตสวานา (เป็นศูนย์กลางของแอฟริกาตอนใต้ที่ประเทศต่าง ๆ ได้รับมลพิษทางแสงน้อยที่สุดในโลก จากข้อมูลของ Falchi et al. 2016)

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อสร้างแผนที่ท้องฟ้ามืดแห่งแรกของประเทศไทย
2. เพื่อหาจุดเด่นของจังหวัดเชียงราย ในการส่งเสริมการท่องเที่ยวจากแผนที่ฟ้ามืดประเทศไทย
3. เพื่อหาปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงความสว่างท้องฟ้าของประเทศไทย

กรอบแนวคิดการวิจัย



ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1. ผู้วิจัยได้ตีพิมพ์ในวารสาร Journal of Physics Conference Series

2. ผู้วิจัยได้ผลงานวิจัยมานำเสนอในงานกิจกรรมประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยของนักศึกษาคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย ครั้งที่ 8 (The 8th Science & Technology Mini Conference, STMC)
3. มหาวิทยาลัยได้แผนที่ฟ้ามืดประเทศไทย เพื่อยื่นเสนอเป็นนโยบายต่อผู้บริหารระดับประเทศ ในการส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงดาราศาสตร์ หรือการท่องเที่ยวกับฟ้ามืดประเทศไทย ต่อไป

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. **แผนที่ท้องฟ้ามืด (dark sky map)** หมายถึงแผนที่พื้นที่นั้น ๆ ที่ระบุว่าบริเวณใดมีความสว่างของท้องฟ้าในยามค่ำคืนมากน้อยเพียงใด
2. **ความสว่างท้องฟ้า (Sky brightness)** หมายถึงความสว่างท้องฟ้าเฉลี่ย (หน่วย mcd/m⁻²) ดังแสดงในตารางที่ 3.2 ซึ่งคำนวณได้จากค่าที่ได้จากอุปกรณ์ VIIRS
3. **การท่องเที่ยวเชิงดาราศาสตร์ (Astro-tourism)** หมายถึงการท่องเที่ยวที่สนับสนุนให้ประชาชนหันทางท่องเที่ยวดูดาว โดยมีการใช้ข้อมูลจริงทางดาราศาสตร์มาประกอบการท่องเที่ยว ซึ่งเป็นนโยบายร่วมระหว่าง สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (สอวท.) และหน่วยงานการท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย (ททท.) ร่วมมือกันในแคมเปญชื่อ “ท้องฟ้ามืดในประเทศไทย” ในปี พ.ศ. 2563
4. **การท่องเที่ยวฟ้ามืด (dark sky tourism)** หมายถึง การท่องเที่ยวเชิงดาราศาสตร์ในตอนกลางคืน ที่เน้นดูดาวในที่ ๆ มีมลพิษทางแสงน้อย
5. **ประเภทท้องฟ้ามืด** หมายถึง ประเภทท้องฟ้ามืดที่แบ่งออกเป็น 14 คลาส ดังระบุไว้ในตารางที่ 3.2
 - **ท้องฟ้ามืดที่มีศักยภาพ (potential dark sky)** หมายถึง ท้องฟ้ามืดคลาส 1-9 ซึ่งเป็นท้องฟ้าที่สามารถมองเห็นทางช้างเผือกได้ด้วยตาเปล่า
 - **ท้องฟ้ามืดที่ไม่เหมาะสมต่อการดูดาว** หมายถึง ท้องฟ้ามืดคลาส 10-14 ซึ่งเป็นท้องฟ้าที่ไม่สามารถมองเห็นทางช้างเผือกได้ด้วยตาเปล่า
6. **อุปกรณ์ VIIRS** หมายถึง เซ็นเซอร์ชุดเครื่องวัดภาพอินฟราเรดที่มองเห็นได้ (Visible Infrared Imaging Radiometer Suite, VIIRS) ติดตั้งบนดาวเทียม Suomi National Polar-orbiting Partnership (NPP) ซึ่งเป็นดาวเทียมที่โคจรรอบโลกในวงโคจรขั้วโลก
7. **ปัจจัยที่ส่งผล** หมายถึง ปัจจัย (attribute) ที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความสว่างของท้องฟ้าอย่างมีนัยสำคัญ โดยจะนับว่าเป็นปัจจัยส่งผลก็ต่อเมื่อมีค่าน้ำหนักสูงอย่างเห็นได้ชัดเมื่อเทียบกับปัจจัยอื่น โดยในงานวิจัย ได้เลือกปัจจัยที่คาดว่าจะจะเป็นปัจจัยส่งผลทั้งหมด 6 ปัจจัย ได้แก่ GDP ประชากร อัตราการว่างงาน อัตราเงินเฟ้อ ปี และชื่อประเทศ
8. **แบบจำลองทางคณิตศาสตร์** หมายถึง แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เป็นการแสดงที่มีโครงสร้างที่อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรและพารามิเตอร์ ช่วยให้ข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับความเป็นจริงทางกายภาพ การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เป็นวิธีการที่เป็นระบบใน

การแสดงผลที่ซับซ้อนผ่านนิพจน์ทางคณิตศาสตร์ ทำให้สามารถวิเคราะห์และคาดการณ์เกี่ยวกับปรากฏการณ์ในโลกแห่งความเป็นจริงมันทำหน้าที่เป็นสะพานระหว่างแนวคิดทางทฤษฎีและการประยุกต์ใช้ในทางปฏิบัติในสาขาต่าง ๆ รวมถึงวิศวกรรมชีววิทยาและการศึกษา ในงานวิจัยนี้ใช้ทั้งหมด 5 แบบจำลอง ได้แก่ Gradient Boosting Trees, Random Forest, Decision trees, Deep Learning และ General Linear Model

9. **ค่าน้ำหนัก (Weight)** หมายถึง ค่าน้ำหนักของปัจจัยแต่ละปัจจัยที่คาดว่าจะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงความสว่างท้องฟ้าที่ได้นำไปทดสอบในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในแต่ละแบบจำลอง
10. **อัตราการเปลี่ยนแปลง** หมายถึง ค่าความสว่างท้องฟ้ากลางคืนตามธรรมชาติเปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของความสว่างจากการแสงประดิษฐ์ที่เพิ่มขึ้น โดยการวัดบ่งชี้ว่าความสว่างท้องฟ้ากลางคืนเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดเมื่อเวลาผ่านไป
11. **ผลกระทบทางการมองเห็น** หมายถึง ประเภทท้องฟ้ามืดที่แบ่งออกเป็น 6 คลาส ดังระบุไว้ในตารางที่ 3.2
 - **ท้องฟ้าที่บริสุทธิ์ (Pristine sky)** หมายถึงท้องฟ้าที่ไร้การปนเปื้อน ท้องฟ้าที่ใสสะอาด ปราศจากมลพิษทางแสงหรือการรบกวนจากแสงประดิษฐ์
 - **แสงรบกวนใกล้ขอบฟ้า (Degraded near horizon)** หมายถึงสภาวะที่คุณภาพของท้องฟ้าหรือทัศนวิสัยลดลงใกล้เส้นขอบฟ้า อาจเกิดจากมลพิษทางแสง ฝุ่นละออง หรือหมอกควันที่สะสมในชั้นบรรยากาศใกล้พื้นดิน
 - **แสงรบกวนจากขอบฟ้าจนถึงจุดเหนือศีรษะ (Degraded to zenith)** หมายถึงการลดคุณภาพของท้องฟ้ายามค่ำคืนที่เกิดจากมลพิษทางแสง โดยแสงประดิษฐ์ที่เกิดขึ้นในเขตเมืองจะฟุ้งกระจายและสะท้อนขึ้นสู่ชั้นบรรยากาศ จากนั้นแสงจะกระจายตัวจากบริเวณขอบฟ้าขึ้นไปจนถึงจุดสูงสุดเหนือศีรษะ (zenith) ซึ่งเป็นจุดกึ่งกลางของท้องฟ้าที่อยู่ตรงหัวเรา
 - **สูญเสียท้องฟ้าธรรมชาติ (Natural sky lost)** หมายถึงสถานการณ์ที่ท้องฟ้าถูกมลพิษทางแสงรบกวนจนไม่สามารถมองเห็นท้องฟ้าในสภาพธรรมชาติได้อีกต่อไป
 - **สูญเสียทางช้างเผือก (Milky Way lost)** หมายถึงสถานการณ์ที่มลพิษทางแสงรบกวนท้องฟ้าจนทำให้ไม่สามารถมองเห็นทางช้างเผือกได้ด้วยตาเปล่าอีกต่อไป
 - **มีผลกระทบต่อเซลล์ประสาทตา (Cone cell stimulation)** หมายถึงผลกระทบของแสงประดิษฐ์หรือแสงที่ไม่เป็นธรรมชาติที่มีต่อเซลล์รับแสงชนิด

หนึ่งในดวงตาที่เรียกว่า เซลล์โคน (cone cells) ซึ่งทำหน้าที่ในการรับรู้สีและแสงที่เข้มข้น โดยเฉพาะในสภาวะแสงสว่างสูง เช่น ในเวลากลางวัน

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องโดยได้ศึกษาเอกสารต่าง ๆ ตลอดจนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

1. ท้องฟ้ามืด
2. ดาวเทียม NPP-VIIRS
3. โปรแกรม ArcGIS
4. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์
5. ปัจจัยที่ส่งผล
6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ท้องฟ้ามืด

มลภาวะจากแสงคือการเปลี่ยนแปลงระดับแสงธรรมชาติในเวลากลางคืนที่เกิดจากแหล่งกำเนิดแสงที่มนุษย์สร้างขึ้น ระดับแสงธรรมชาติถูกควบคุมโดยแหล่งที่มาจากท้องฟ้าธรรมชาติ โดยเฉพาะดวงจันทร์ การปล่อยแสงจากบรรยากาศธรรมชาติ (airglow) ดาวต่าง ๆ และทางช้างเผือก รวมถึงแสงจากดาวเคราะห์ในระบบสุริยะด้วย ในคืนที่ไม่มีพระจันทร์ ความสว่างของพื้นหลังท้องฟ้าที่ชัดเจนซึ่งอยู่ห่างจากทางช้างเผือกและแสงดาวราศีอยู่ประมาณ 22 แมกนิจูดต่อพื้นที่หนึ่งอาร์เคคันด์ (mag/arcsec^2) ในแถบ V ของจอห์นสัน-คูซินส์ (Garstang, 1989) ซึ่งเทียบเท่ากับ $1.7 \times 10^{-4} \text{ cd/m}^2$ แสงประดิษฐ์ที่กระจายอยู่ในบรรยากาศทำให้ความสว่างของท้องฟ้ายามค่ำคืนเพิ่มขึ้น สร้างผลกระทบเชิงลบที่เห็นได้ชัดที่สุดจากมลพิษทางแสง - แสงสว่างจากท้องฟ้าประดิษฐ์ นอกจากจะขัดขวางการสังเกตการณ์ดาราศาสตร์ด้วยแสงจากพื้นดินแล้ว การทำให้ท้องฟ้ายามค่ำคืนสว่างขึ้นอย่างเทียมยังเป็นการเปลี่ยนแปลงที่ลึกซึ้งต่อประสบการณ์พื้นฐานของมนุษย์ - โอกาสที่แต่ละคนจะได้มองและพิจารณาท้องฟ้ายามค่ำคืน แม้แต่การเพิ่มขึ้นเล็กน้อยของความสว่างในท้องฟาก็ทำให้ประสบการณ์นี้ลดลงได้ มลพิษจากแสงไม่ใช่เรื่องที่เกี่ยวข้องเฉพาะกับนักดาราศาสตร์มืออาชีพต่อไป แม้ว่านักวิจัยจากสาขาต่าง ๆ จะเริ่มให้ความสนใจกับมลพิษจากแสง แต่ขนาดของมันกลับยังไม่เป็นที่รู้จักดีในระดับโลก เนื่องจากการวัดค่าต่าง ๆ กระจายอยู่ไม่สม่ำเสมอทั่วโลก เพื่อเอาชนะปัญหานี้ เราขอเสนอแผนที่โลกของความสว่างของท้องฟ้าเทียม ซึ่งได้มาจากซอฟต์แวร์เฉพาะทางในการแพร่กระจายของมลพิษทางแสง โดยใช้ข้อมูลที่ได้รับการปรับเทียบใหม่ ข้อมูลช่วงไดนามิกสูง และความละเอียดสูงจากชุดเครื่องมือวัดภาพอินฟราเรดที่มองเห็นได้ (VIIRS) ในแถบกลางวัน/กลางคืน (DNB) การวัดความสว่างด้วยเซ็นเซอร์ CCD ที่มีความแม่นยำใหม่ และฐานข้อมูลใหม่ของการวัดคุณภาพท้องฟ้า (SQM) มลพิษจากแสงเป็นหนึ่งในรูปแบบการเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อมที่แพร่หลายที่สุด มันส่งผลกระทบต่อแม้แต่สถานที่ที่ยังคงบริสุทธิ์ เพราะมันสามารถสังเกตเห็นได้ง่ายในเวลากลางคืน ห่างจากแหล่งที่มาเป็นร้อยกิโลเมตร ในภูมิทัศน์ที่ดูเหมือนไม่มีมนุษย์เข้าไปแต่ต้องในช่วงกลางวัน ทำลายภูมิทัศน์ในเวลากลางคืนแม้ในพื้นที่ที่ได้รับการคุ้มครอง เช่น อุทยานแห่งชาติ (เช่น โดมแสง

ของลาสเวกัสและลาสแองเจลิสที่มองเห็นได้จากอุทยานแห่งชาติเดธแวลลีย์) แม้ว่ามันจะมีอยู่ทั่วโลก แต่การมลพิษจากแสงกลับได้รับความสนใจจากนักวิทยาศาสตร์ด้านสิ่งแวดล้อมค่อนข้างน้อยในอดีต สิ่งนี้กำลังเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งเป็นที่ยืนยันได้จากอัตราการตีพิมพ์งานที่เกี่ยวข้องกับหัวข้อนี้ที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว (Falchi et al. (2016))

ท้องฟ้ามืดหมายถึงพื้นที่ที่มีมลพิษทางแสงน้อยที่สุด ทำให้สามารถมองเห็นวัตถุท้องฟ้าได้อย่างชัดเจน ซึ่งเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่มีคุณค่าทางวัฒนธรรม นิเวศวิทยา และเศรษฐกิจ

ความคิดริเริ่มท้องฟ้ามืดได้รับการยอมรับมากขึ้นในเรื่องความสำคัญทางนิเวศ วัฒนธรรม และเศรษฐกิจ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในบริบทของการท่องเที่ยวและการจัดการมลพิษทางแสงความพยายามเหล่านี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อรักษาท้องฟ้ากลางคืนตามธรรมชาติซึ่งถูกคุกคามจากการพัฒนาเมืองและแสงประดิษฐ์

การท่องเที่ยวท้องฟ้ามืด

- การท่องเที่ยวท้องฟ้ามืด (DST) เป็นภาคส่วนที่เกิดขึ้นใหม่ที่ส่งเสริมประสบการณ์ที่มุ่งเน้นไปที่ท้องฟ้ากลางคืนตามหลักฐานจากเทศกาล Jasper Dark Sky ซึ่งผู้เยี่ยมชมรายงานความพึงพอใจสูงและความปรารถนาที่จะปกป้องท้องฟ้ามืด (Hvenegaard & Banack, 2024)
- การวิจัยชี้ให้เห็นว่า DST สามารถเพิ่มความยั่งยืนในภูมิภาคโดยการส่งเสริมแนวทางปฏิบัติในการท่องเที่ยวที่มีจริยธรรมและการศึกษาเกี่ยวกับมลพิษทางแสง (Blundell et al., 2020)

ดาวเทียม NPP-VIIRS

ดาวเทียม Suomi National Polar-orbiting Partnership (NPP, ภาพที่ 2.1) ซึ่งเป็นดาวเทียมที่โคจรรอบโลกในวงโคจรขั้วโลก และติดตั้งเซ็นเซอร์ชุดเครื่องวัดภาพอินฟราเรดที่มองเห็นได้ (Visible Infrared Imaging Radiometer Suite, VIIRS) ติดตั้งบนดาวเทียมหุ่นส่วนโคจรรอบขั้วโลกแห่งชาติ (NPP) ของนาซาซึ่งมีการส่งตัวสู่วงโคจรในปี 2011 เพื่อทดแทนดาวเทียม DMSP (Defense Meteorological Satellite Program) ที่หมดวาระลงในปี ค.ศ. 2013 ดังนั้น เราจึงใช้ข้อมูลจากอุปกรณ์ VIIRS ในการรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับแหล่งกำเนิดแสงธรรมชาติและเทียมในเวลากลางคืนนับตั้งแต่ปี ค.ศ. 2013 จนถึงปัจจุบัน ค.ศ. 2024

การจับภาพความละเอียดสูงของอุปกรณ์ VIIRS ให้ข้อมูลโดยละเอียดเกี่ยวกับการกระจายและความเข้มของแหล่งกำเนิดแสง ทำให้นักวิจัยสามารถศึกษาและตรวจสอบระดับมลพิษทางแสงได้อย่างแม่นยำยิ่งขึ้น และข้อมูลนี้ช่วยในการทำความเข้าใจระดับของมลพิษทางแสงซึ่งเป็นแสงประดิษฐ์ที่มากเกินไปหรือไม่ถูกต้องซึ่งอาจส่งผลเสียต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของมนุษย์ (Elvidge et al., 2017)

สาเหตุที่ผู้วิจัยไม่นำข้อมูลของ DMPS มาคิดด้วยเนื่องจากดาวเทียม Defense Meteorological Satellite Program (DMSP) ของฐานทัพอากาศสหรัฐอเมริกา เป็นโปรแกรมที่ดำเนินการมาตั้งแต่ช่วงทศวรรษ 1970 ใช้ในการรวบรวมข้อมูลอุตุนิยมวิทยาและสิ่งแวดล้อมรวมถึง

ภาพของพื้นผิวโลกหนึ่งในเซ็นเซอร์ที่ใช้ในโปรแกรมนี้อีกเซ็นเซอร์ DMSP Operational Linescan System (OLS) เป็นเครื่องเซ็นเซอร์บนดาวเทียม DMSP สามารถวัดปริมาณแสงที่ปล่อยออกมาจากพื้นผิวโลกในเวลากลางคืน ซึ่งข้อมูล DMSP-OLS ที่รวบรวมโดยดาวเทียมถูกนำมาใช้ในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมา โดยดาวเทียม DMSP นี้มีข้อมูลตั้งแต่ปี ค.ศ. 1992-2013 และการทดสอบ T ระหว่าง DMSP-OLS และ NPP-VIIRS ชี้ให้เห็นว่าความสว่างของท้องฟ้าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ 0.05 ดังนั้นจึงไม่สามารถแสดงค่าความสว่างท้องฟ้าของ DMSP-OLS ในปี 2013 และ NPP-VIIRS ในปี 2014 เทียบกันไม่ได้ เมื่อพิจารณาค่าความสว่างของท้องฟ้า DMSP-OLS ในช่วงสองปีติดต่อกัน



ภาพที่ 2.1 ดาวเทียม Visible Infrared Imaging Radiometer Suite (VIIRS)

(ที่มา : <https://www.nesdis.noaa.gov/our-satellites/currently-flying/joint-polar-satellite-system/visible-infrared-imaging-radiometer-suite-viirs>)

โปรแกรม ArcGIS

โปรแกรม ArcGIS เป็นชุดซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการจัดการ, วิเคราะห์, และแสดงผลข้อมูลเชิงพื้นที่หรือข้อมูลทางภูมิศาสตร์ (Geographic Information Systems - GIS) โปรแกรมนี้ถูกพัฒนาโดยบริษัท Esri (Environmental Systems Research Institute) และมีการใช้งานกันอย่างแพร่หลายทั้งในภาคธุรกิจ, การศึกษา, และภาครัฐ (www.esri.com)

คุณสมบัติหลักของ ArcGIS ได้แก่

1. การสร้างและจัดการข้อมูลเชิงพื้นที่: สามารถสร้างและจัดการแผนที่และข้อมูลเชิงพื้นที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมถึงการจัดการข้อมูลจากหลายแหล่งข้อมูล
2. การวิเคราะห์ข้อมูล: มีเครื่องมือที่ช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ เช่น การวิเคราะห์ภูมิประเทศ, การวิเคราะห์เครือข่าย, การสร้างแบบจำลองพื้นที่
3. การสร้างแผนที่: สามารถสร้างแผนที่ที่มีความสวยงามและมีข้อมูลที่สำคัญ ซึ่งสามารถนำเสนอในรูปแบบต่าง ๆ เช่น แผนที่ออนไลน์, แผนที่พิมพ์

4. การแสดงผลข้อมูล: สามารถแสดงข้อมูลเชิงพื้นที่ในรูปแบบต่าง ๆ รวมถึงแผนที่ 2 มิติ และ 3 มิติ

5. การแชร์และเผยแพร่ข้อมูล: มีฟังก์ชันที่ช่วยในการแชร์ข้อมูลและแผนที่ผ่านทางเว็บหรือแอปพลิเคชัน

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ทำหน้าที่เป็นเครื่องมือที่จำเป็นในสาขาต่าง ๆ ทำให้สามารถวิเคราะห์และเข้าใจระบบที่ซับซ้อนสามารถแบ่งออกเป็นแบบจำลองการวิเคราะห์และจำลองแต่ละแบบเหมาะสมสำหรับปัญหาประเภทต่าง ๆ ด้านล่างนี้เป็นประเด็นสำคัญของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ตามวรรณกรรมที่ให้ไว้

1. Gradient Boosting Trees (GBT)

Gradient Boosting Trees (GBT) เป็นเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องที่มีประสิทธิภาพที่ใช้กันอย่างแพร่หลายสำหรับงานการเรียนรู้ที่มีการกำกับดูแล เนื่องจากความสามารถในการตีความประสิทธิภาพ และความสามารถในการจัดการกับคุณสมบัติที่หมวดหมู่ความก้าวหน้าล่าสุดได้ขยายแอปพลิเคชันไปทั่วโดเมนต่าง ๆ รวมถึงการเรียนรู้การเสริมแรงการตรวจจับการบุกรุกเครือข่ายและการวิเคราะห์ข้อมูลแบบลำดับขั้น

แม้ว่า GBT มีความโดดเด่นในหลายแอปพลิเคชัน แต่ประสิทธิภาพของพวกเขาส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมที่มีไดนามิกสูงซึ่งการปรับตัวอย่างรวดเร็วเป็นสิ่งสำคัญ ซึ่งบ่งชี้ว่าจำเป็นต้องมีการวิจัยอย่างต่อเนื่องเพื่อเพิ่มความยืดหยุ่นและการตอบสนองกระบวนการทำงานของ Gradient Boosting Trees มีดังนี้

1. เริ่มต้นโมเดล (Initialize Model): ตั้งค่าการทำนายเริ่มต้นเป็นค่าคงที่ (โดยทั่วไปใช้ค่าเฉลี่ยของตัวแปรเป้าหมายในกรณีของการทำนายเชิงถดถอย)

$$F_0(x) = \operatorname{arccmin}_c \sum_{i=1}^n L(y_i, c) \quad (2.1)$$

โดยที่ L เป็นฟังก์ชันความสูญเสีย (เช่น ค่าเฉลี่ยกำลังสองของความผิดพลาด), y_i คือค่าจริง, และ c คือค่าคงที่ของการทำนายเริ่มต้น

2. การเรียนรู้แบบทำซ้ำ (Iterative Learning): ในแต่ละขั้นตอน $m = 1, 2, \dots, M$:
 - คำนวณ Residuals (Pseudo-Residuals): คำนวณความชันของฟังก์ชันความสูญเสียที่มีต่อการทำนาย ซึ่งแสดงถึงข้อผิดพลาดที่ต้นไม่ใหม่จะมุ่งแก้ไข

$$r_i^{(m)} = - \left[\frac{\partial L(y_i, F_{m-1}(x_i))}{\partial F_{m-1}(x_i)} \right] \quad (2.2)$$

- สร้างต้นไม้ตัดสินใจใหม่ (Fit a New Decision Tree): สร้างต้นไม้ตัดสินใจเพื่อให้เข้ากับค่าความผิดพลาดที่ได้ $r_i^{(m)}$

$$h_m(x) = \text{ต้นไม้ตัดสินใจที่สร้างเพื่อแก้ไข } r_i^{(m)}$$

- อัปเดตโมเดล (Update the Model): เพิ่มต้นไม้ใหม่เข้าในโมเดลปัจจุบันด้วยอัตราการเรียนรู้ η ซึ่งเป็นค่าคงที่ระหว่าง 0 ถึง 1 เพื่อควบคุมการมีส่วนร่วมของแต่ละต้นไม้

$$F_m(x) = F_{m-1}(x) + \eta h_m(x) \quad (2.3)$$

3. การทำนายสุดท้าย (Final Prediction): หลังจากทำซ้ำครบ M รอบ โมเดลสุดท้ายจะรวมผู้เรียนที่อ่อนแอทั้งหมดเข้าด้วยกัน

$$F_M(x) = F_0(x) + \eta \sum_{m=1}^M h_m(x) \quad (2.4)$$

จะเห็นว่า Gradient Boosting Trees สามารถสรุปสูตรได้ดังนี้ ตามลำดับ

1. เริ่มต้น: $F_0(x)$ = การทำนายเริ่มต้นเป็นค่าคงที่
2. อัปเดต: $F_m(x) = F_{m-1}(x) + \eta h_m(x)$
3. โมเดลสุดท้าย: $F_M(x) = F_0(x) + \eta \sum_{m=1}^M h_m(x)$

กระบวนการนี้จะเพิ่มผู้เรียนที่อ่อนแอ (ต้นไม้ตัดสินใจ) ทีละต้นเพื่อลดข้อผิดพลาด ทำให้ได้โมเดลที่แข็งแกร่ง

2. Random forest

Random Forest (RF) เป็นเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องอเนกประสงค์ที่โดดเด่นในความแม่นยำในการทำนายในแอปพลิเคชันต่าง ๆ ตั้งแต่การวิเคราะห์การอยู่รอดไปจนถึงการสร้างแบบจำลองสิ่งแวดล้อมดำเนินการโดยการสร้างต้นไม้การตัดสินใจหลายต้นและรวบรวมผลลัพธ์ซึ่งช่วยเพิ่มความทนทานและลดการปรับแต่งมากเกินไปด้านล่างนี้เป็นแง่มุมสำคัญของ Random Forest จากการศึกษาวิจัยล่าสุด

ความแม่นยำในการทำนายและการใช้งาน

- RF เป็นวิธีการที่ไม่ใช้พารามิเตอร์ที่ไม่สมมติว่ามีการกระจายข้อมูลเฉพาะทำให้เหมาะสำหรับชุดข้อมูลที่หลากหลาย (Ehrlinger, 2016)
- ในการศึกษาด้านสิ่งแวดล้อม RF คาดการณ์มลพิษตะกอนได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยบรรลุค่าอธิบายความแปรปรวน 63% โดยมีตัวแปรน้อยที่สุด (Walsh et al., 2017)

โดยกระบวนการทำงานของ Random Forest จะประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้

1. เลือกชุดข้อมูลสุ่ม (Select Random Subsets of Data): จากชุดข้อมูลที่มีอยู่ ให้สุ่มเลือกข้อมูลบางส่วนสำหรับแต่ละต้นไม้โดยใช้เทคนิคการสุ่มตัวอย่างแบบบูตสแตรป (bootstrap sampling)
2. สร้างต้นไม้ตัดสินใจ (Build Decision Trees): สำหรับแต่ละชุดข้อมูลย่อย ให้สร้างต้นไม้ตัดสินใจ โดยการสุ่มเลือกตัวแปรบางส่วน (features) ที่จะใช้ในการแยก (split) ที่

แต่ละโหนดของต้นไม้ การแยกจะใช้เกณฑ์ที่เหมาะสม เช่น Gini impurity (สำหรับการจัดกลุ่ม) หรือ Mean Squared Error (สำหรับการถดถอย)

3. การทำนายผล (Make Predictions): หลังจากสร้างต้นไม้หลายต้น แต่ละต้นไม้จะทำนายผลลัพธ์ของข้อมูลใหม่ สำหรับการจัดกลุ่ม (classification): ใช้วิธีการโหวตเสียงข้างมาก (majority voting) เพื่อเลือกผลลัพธ์ที่มีการทำนายมากที่สุด สำหรับการถดถอย (regression): ใช้ค่าเฉลี่ยของการทำนายจากทุกต้นไม้

4. ผลลัพธ์สุดท้าย (Final Output): ผลลัพธ์สุดท้ายมาจากการรวมผลการทำนายของต้นไม้ทั้งหมด

Random Forest สามารถสรุปสูตรได้ดังนี้

1. สำหรับการสร้างต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree Building):

สำหรับแต่ละต้นไม้ T_b (ต้นไม้ที่ b):

- เลือกชุดข้อมูลย่อย D_b จากชุดข้อมูลทั้งหมด D โดยการสุ่มตัวอย่างแบบบูตสแตรป

- สร้างต้นไม้โดยใช้การแยกข้อมูลที่เหมาะสม เช่น:

- o การจัดกลุ่ม (Classification): ใช้เกณฑ์ Gini impurity

$$G = 1 - \sum_{k=1}^K p_k^2 \quad (2.5)$$

โดยที่ p_k คือสัดส่วนของตัวอย่างที่เป็นประเภทที่ k ในโหนดนั้น

- o การถดถอย (Regression): ใช้ Mean Squared Error (MSE)

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 \quad (2.6)$$

โดยที่ y_i ค่าจริง และ $\hat{y}_i$ คือค่าที่ทำนาย

2. การรวมผลลัพธ์ (Ensemble Prediction):

- สำหรับการจัดกลุ่ม (Classification):

$$\hat{y} = \text{Majority Vote}(T_1(x), T_2(x), \dots, T_B(x)) \quad (2.7)$$

โดยที่ $T_b(x)$ คือการทำนายจากต้นไม้ที่ b

- สำหรับการถดถอย (Regression):

$$\hat{y} = \frac{1}{B} \sum_{b=1}^B T_b(x) \quad (2.8)$$

โดยที่ B คือต้นไม้ทั้งหมดและ $T_b(x)$ คือค่าทำนายของต้นไม้ที่ b

จะเห็นว่า กระบวนการทำงานของ Random Forest สามารถสรุปได้ดังนี้ ตามลำดับ

1. เริ่มจากการเลือกชุดข้อมูลสุ่มย่อย
2. สร้างต้นไม้ตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลและตัวแปรที่สุ่มเลือก
3. ทำนายผลจากแต่ละต้นไม้
4. รวมผลลัพธ์การทำนาย (ใช้โหนดสำหรับการจัดกลุ่ม และค่าเฉลี่ยสำหรับการถดถอย)
5. ได้ผลลัพธ์สุดท้าย

3. Decision trees

ต้นไม้การตัดสินใจเป็นเครื่องมือที่หลากหลายและมีประสิทธิภาพในการชุดข้อมูล ซึ่งใช้กันอย่างแพร่หลายสำหรับการจำแนกประเภทและงานทำนายพวกเขาทำงานโดยการแบ่งส่วนข้อมูลแบบซ้ำตามความสัมพันธ์ที่แข็งแกร่งที่สุดกับตัวแปรเป้าหมาย ส่งผลให้โครงสร้างคล้ายต้นไม้ที่ตีความได้ง่ายวิธีการนี้ไม่ใช่พารามิเตอร์ ทำให้เหมาะสำหรับชุดข้อมูลที่ซับซ้อนโดยไม่ต้องใช้โครงสร้างแบบจำลองที่กำหนดไว้ล่วงหน้า (Palo, 2015)

กระบวนการทำงานของ Decision Trees มีดังนี้

1. เริ่มต้นที่โหนดราก (Start at the Root Node):
 - เลือกตัวแปรที่ดีที่สุด (Best Split Feature) ในการแบ่งข้อมูลชุดแรก โดยพิจารณาจากการลดความไม่บริสุทธิ์สูงสุด

2. คำนวณค่าความไม่บริสุทธิ์ (Impurity Calculation):

- สำหรับการจัดกลุ่ม (Classification): ใช้เกณฑ์ Gini impurity หรือ Entropy
 - Gini Impurity:

$$G = 1 - \sum_{k=1}^K p_k^2 \quad (2.9)$$

โดยที่ p_k คือสัดส่วนของตัวอย่างที่เป็นประเภท k ในโหนดนั้น

- Entropy:

$$H = - \sum_{k=1}^K p_k \log(p_k) \quad (2.10)$$

- สำหรับการถดถอย (Regression): ใช้ Mean Squared Error (MSE)

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 \quad (2.11)$$

โดยที่ y_i คือค่าจริง และ $\hat{y}_i$ คือค่าทำนาย

3. แบ่งโหนด (Split the Node):
 - แบ่งข้อมูลออกเป็นสองกลุ่มย่อย (Child Nodes) ตามตัวแปรที่เลือก
 - ทำซ้ำขั้นตอนการเลือกตัวแปรและแบ่งข้อมูลในแต่ละโหนดย่อย
4. การหยุดแบ่ง (Stopping Criteria):
 - หยุดแบ่งโหนดหากถึงเงื่อนไขใดเงื่อนไขหนึ่ง เช่น:

- โหนดมีข้อมูลไม่เพียงพอ
- ความไม่บริสุทธิ์ต่ำเพียงพอ
- ถึงความลึกของต้นไม้สูงสุดที่กำหนด

5. การทำนายผล (Prediction):

- สำหรับการจัดกลุ่ม (Classification): การทำนายจะใช้ประเภทที่มีจำนวนมากที่สุดในโหนดสุดท้าย (leaf node)
- สำหรับการถดถอย (Regression): การทำนายจะใช้ค่าเฉลี่ยของค่าผลลัพธ์ในโหนดสุดท้าย

Decision Trees สามารถสรุปสูตรได้ดังนี้

1. การคำนวณ Gini Impurity สำหรับการจัดกลุ่ม (Gini Impurity for Classification):

$$G = 1 - \sum_{k=1}^K p_k^2 \quad (2.12)$$

โดยที่ p_k คือสัดส่วนของตัวอย่างที่เป็นประเภท k

2. การคำนวณ Entropy สำหรับการจัดกลุ่ม (Entropy for Classification):

$$H = - \sum_{k=1}^K p_k \log(p_k) \quad (2.13)$$

3. การคำนวณ Mean Squared Error (MSE) สำหรับการถดถอย (MSE for Regression):

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 \quad (2.14)$$

4. กฎการตัดสินใจสำหรับการทำนาย (Decision Rule for Prediction):

- การจัดกลุ่ม (Classification): เลือกประเภทที่มีจำนวนมากที่สุดในโหนดสุดท้าย
- การถดถอย (Regression): ใช้ค่าเฉลี่ยของค่าผลลัพธ์ในโหนดสุดท้าย

จะเห็นว่า กระบวนการทำงานของ Decision Trees สามารถสรุปได้ดังนี้ ตามลำดับ

1. เลือกตัวแปรที่ดีที่สุดสำหรับการแบ่งที่โหนดราก
2. คำนวณค่าความไม่บริสุทธิ์ (Gini, Entropy หรือ MSE)
3. แบ่งโหนดออกเป็นสองกลุ่มย่อย
4. ทำซ้ำการแบ่งในโหนดย่อยแต่ละโหนด
5. หยุดแบ่งเมื่อตรงตามเงื่อนไข
6. ทำนายผลจากโหนดสุดท้าย

4. Deep Learning

การเรียนรู้เชิงลึก (DL) เป็นชุดย่อยที่เปลี่ยนแปลงของการเรียนรู้ของเครื่อง (ML) ที่ใช้เครือข่ายประสาทเทียมเพื่อสร้างแบบจำลองรูปแบบที่ซับซ้อนในข้อมูลได้รับความโดดเด่นในภาคส่วนต่าง ๆ ส่งผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญต่อการปฏิวัติอุตสาหกรรมครั้งที่สี่ด้านล่างนี้เป็นประเด็นสำคัญของการเรียนรู้เชิงลึก:

พื้นฐานของการเรียนรู้เชิงลึก

- DL เลียนแบบการทำงานของสมองมนุษย์ผ่านเครือข่ายประสาทช่วยให้สามารถเรียนรู้แบบลำดับขั้นจากประเภทข้อมูลที่หลากหลาย รวมถึงรูปภาพ ข้อความ และเสียง (Janiesch et al., 2021) (Egger et al., 2021)
- ครอบครัวสถาปัตยกรรมต่างๆ เช่น เครือข่ายประสาทสัมผัส (CNN) และเครือข่ายหน่วยความจำระยะสั้นระยะยาว (LSTM) ซึ่งแต่ละเครือข่ายเหมาะสำหรับงานเฉพาะเช่นการจดจำภาพและการประมวลผลภาษาธรรมชาติ

กระบวนการทำงานของ Deep Learning มีดังนี้

1. รับข้อมูลนำเข้า (Input Data):
 - ข้อมูลดิบที่ได้รับ เช่น ภาพ, ข้อความ, ข้อมูลเชิงตัวเลข ฯลฯ
 - ข้อมูลนำเข้าจะถูกจัดให้อยู่ในรูปแบบของเวกเตอร์หรือเมทริกซ์ที่เหมาะสมกับการประมวลผลโดยเครือข่ายประสาทเทียม
2. พีดผ่านชั้นซ่อน (Pass Through Hidden Layers):
 - ข้อมูลนำเข้าจะถูกส่งผ่านชั้นหลายชั้นที่มีโหนดประสาทเทียม (neurons) หลายหน่วย
 - แต่ละโหนดจะคำนวณค่าตามน้ำหนักและฟังก์ชันการกระตุ้น (activation function)
3. การคำนวณน้ำหนักและการเปิดใช้งาน (Weight & Activation Calculation):
 - ฟังก์ชันเชิงเส้นจะคำนวณผลจากค่าข้อมูลนำเข้าผ่านน้ำหนัก w และค่าเบี่ยง b

$$z = w \cdot x + b \quad (2.15)$$
 - ฟังก์ชันการเปิดใช้งาน (เช่น ReLU, Sigmoid, Tanh) จะถูกใช้เพื่อเพิ่มความไม่เชิงเส้นให้กับการตัดสินใจ

o ReLU:

$$f(z) = \max(0, z) \quad (2.16)$$

o Sigmoid:

$$f(z) = \frac{1}{1 + e^{-z}} \quad (2.17)$$

o Tanh:

$$f(z) = \frac{2}{1 + e^{-2z}} - 1 \quad (2.18)$$

4. ผลลัพธ์จากชั้นเอาต์พุต (Output Layer):
 - หลังจากผ่านหลายชั้นของเครือข่ายประสาท ข้อมูลจะถูกส่งผ่านไปยังชั้นเอาต์พุต
 - ชั้นเอาต์พุตให้การทำนายผลตามปัญหา เช่น การจัดกลุ่มหรือการถดถอย
5. การคำนวณความสูญเสีย (Calculate Loss):
 - คำนวณค่าความสูญเสีย (loss) เพื่อหาความต่างระหว่างผลลัพธ์ที่คาดการณ์และค่าจริง โดยใช้ฟังก์ชันความสูญเสียที่เหมาะสม:

- การจัดกลุ่ม (Classification): ใช้ Cross-Entropy Loss

$$L = - \sum_i y_i \log(p_i) \quad (2.19)$$

- การถดถอย (Regression): ใช้ Mean Squared Error (MSE)

$$L = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 \quad (2.20)$$

6. การปรับน้ำหนัก (Backpropagation):
 - ใช้การถดถอยย้อนกลับ (Backpropagation) เพื่อคำนวณความชันของฟังก์ชันความสูญเสียตามน้ำหนักต่าง ๆ ในเครือข่าย และอัปเดตน้ำหนักเหล่านั้นโดยใช้วิธีการเช่น Gradient Descent

- การอัปเดตน้ำหนัก:

$$w = w - \eta \frac{\partial L}{\partial w} \quad (2.21)$$

โดยที่ η คืออัตราการเรียนรู้ (learning rate)

7. ทำซ้ำจนกว่าจะบรรลุผลลัพธ์ที่ดีที่สุด (Repeat Until Convergence):
 - กระบวนการนี้จะทำซ้ำหลายรอบ (epoch) จนกว่าค่าความสูญเสียจะลดลงและได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด

5. General linear model (GLM)

General Linear Model (GLM) เป็นกรอบทางสถิติพื้นฐานที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในสาขาต่าง ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการวิเคราะห์ข้อมูลภาพประสาทช่วยให้สามารถสร้างแบบจำลองที่มีความยืดหยุ่นของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่พึงพาและตัวแปรอิสระผ่านสมการเชิงเส้น รองรับการทดสอบทางสถิติหลายครั้ง

ภาพรวมของแบบจำลองเชิงเส้นทั่วไป

- GLM ครอบคลุมข้อกำหนดแบบจำเพาะการประมาณพารามิเตอร์และการอนุมาน ทำให้จำเป็นสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลการทำงานเช่น EEG และ fMRI (Kiebel et al., 2007)

- ใช้สูตรเมทริกซ์เพื่อชี้แจงการประมาณพารามิเตอร์และการอนุมานทางสถิติโดยใช้หลักการเช่นผลรวมพิเศษของตาราง (Kiebel & Mueller, 2015)

ในขณะที่ GLM จะให้กรอบการทำงานที่แข็งแกร่งสำหรับประเภทข้อมูลต่าง ๆ แต่การพึ่งพาสมมติฐานการกระจายที่เฉพาะเจาะจงอาจจำกัดความสามารถในการใช้งานในบริบทบางอย่าง ทำให้จำเป็นต้องใช้วิธีการสร้างแบบจำลองทางเลือกสำหรับสถานการณ์ข้อมูลที่ซับซ้อนมากขึ้น

General Linear Model (GLM) สามารถสรุปสูตรได้ดังนี้

GLM ใช้โมเดลคณิตศาสตร์ทั่วไปที่อธิบายความสัมพันธ์ระหว่าง y (ตัวแปรตาม) และ x (เมทริกซ์ของตัวแปรอิสระ) ดังนี้:

$$y = X\beta + \epsilon \quad (2.22)$$

- y คือเวกเตอร์ของค่าตัวแปรตาม
- X คือเมทริกซ์ของตัวแปรอิสระ (predictors)
- β คือเวกเตอร์ของค่าสัมประสิทธิ์ (coefficients) ที่ต้องการหาค่า
- ϵ คือค่าความคลาดเคลื่อนหรือค่าความผิดพลาด (error term)

สำหรับ GLM ค่าสัมประสิทธิ์ β จะคำนวณจากการประมาณค่าสมการด้วยวิธีการ Least Squares เพื่อให้ความผิดพลาดรวมมีค่าน้อยที่สุด:

$$\hat{\beta} = (X^T X)^{-1} X^T y \quad (2.23)$$

จะเห็นว่า กระบวนการทำงานของ General Linear Model สามารถสรุปได้ดังนี้ ตามลำดับ

1. เก็บข้อมูลตัวแปรอิสระและตัวแปรตาม
2. กำหนดรูปแบบเชิงเส้นของโมเดล $y = X\beta + \epsilon$
3. เลือกการแจกแจงและฟังก์ชันลิงก์ที่เหมาะสม
4. ประมาณค่าสัมประสิทธิ์ β โดยใช้วิธี Least Squares หรือ MLE
5. ตรวจสอบโมเดลโดยใช้การวิเคราะห์ผลลัพธ์และค่าวิเคราะห์ที่เหลือ
6. ใช้โมเดลเพื่อทำนายและสรุปผล

ปัจจัยที่เกี่ยวข้อง

1. ผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ (GDP)

ผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ (GDP) เป็นตัวบ่งชี้ทางเศรษฐกิจที่สำคัญที่วัดมูลค่าทั้งหมดของสินค้าและบริการที่ผลิตในประเทศซึ่งวิวัฒนาการทางประวัติศาสตร์และผลกระทบต่อนโยบายเศรษฐกิจมีความสำคัญเนื่องจาก GDP มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจทางการเมืองและกลยุทธ์ทางเศรษฐกิจทว่าอย่างไรก็ตามข้อ จำกัด ในการสะท้อนสวัสดิการทางเศรษฐกิจที่แท้จริงได้รับการยอมรับมากขึ้น

การวัดและส่วนประกอบ

- GDP คำนวณเป็นผลรวมของการบริโภคขั้นสุดท้ายการสร้างทุนรวมและการส่งออกสุทธิ รวมถึงค่าใช้จ่ายของครัวเรือนและรัฐบาล (Nahler, 2009)

- ความพยายามล่าสุดมีจุดมุ่งหมายเพื่อประสานข้อมูล GDP ทั่วประเทศและช่วงเวลาทางประวัติศาสตร์ เพิ่มประโยชน์สำหรับการวิเคราะห์เปรียบเทียบ (Geiger, 2017)

2. ประชากร

ประชากรโลกมีการเติบโตอย่างมีนัยสำคัญในช่วงหลายทศวรรษที่ผ่านมาถึงประมาณ 7.3 พันล้านในปี 2558 และ 7.7 พันล้านภายในปี 2019 การเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วนี้สะท้อนให้เห็นถึงแนวโน้มในอัตราการเจริญพันธุ์และการเปลี่ยนแปลงทางประชากรในภูมิภาคต่าง ๆ ด้านล่างนี้เป็นข้อมูลเชิงลึกที่สำคัญเกี่ยวกับพลวัตของประชากร การประมาณการล่าสุด

แนวคิดเรื่องประชากรครอบคลุมมิติต่าง ๆ รวมถึงคำจำกัดความ พลวัตการเติบโต และผลกระทบต่อประเด็นทางสังคม เช่น ความยากจนและสุขภาพการทำความเข้าใจจำนวนประชากรเป็นสิ่งสำคัญสำหรับการจัดการกับความท้าทายเหล่านี้อย่างมีประสิทธิภาพ

การเติบโตของประชากรและผลกระทบต่อสังคม

- การเติบโตของประชากรอย่างรวดเร็วสามารถทำให้ความยากจนรุนแรงขึ้นโดยการลดรายได้ต่อหัว และเพิ่มแรงกดดันที่ดินโดยเฉพาะอย่างยิ่งในภูมิภาคที่มีประชากรหนาแน่น (Ahlburg, 1996)
- ผลกระทบของจำนวนประชากรขยายไปถึงสาธารณสุขซึ่งการทำความเข้าใจจำนวนผลกระทบของโรคสามารถช่วยประเมินประสิทธิภาพของการแทรกแซงในระดับที่กว้างขึ้น (Heller & Dobson, 2000)

แม้ว่าการมุ่งเน้นไปที่จำนวนประชากรมีความสำคัญ แต่ก็จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องพิจารณาแง่มุมเชิงคุณภาพ เช่น ความเป็นอยู่ที่ดีของบุคคลภายในประชากรเหล่านี้ ซึ่งบางครั้งอาจถูกบ่งชี้โดยการเติบโตเชิงตัวเลข

3. อัตราเงินเฟ้อ

อัตราเงินเฟ้อเป็นปรากฏการณ์ทางเศรษฐกิจที่หลากหลายซึ่งได้มีการวิจัยอย่างกว้างขวาง โดยเฉพาะอย่างยิ่งเกี่ยวกับสาเหตุ ผลกระทบ และวิธีการพยากรณ์ความสัมพันธ์ระหว่างเงินเฟ้อและความไม่แน่นอนทางเศรษฐกิจรวมถึงผลกระทบต่อนโยบายการเงินเป็นพื้นที่สำคัญของการศึกษา

ความไม่แน่นอนเงินเฟ้อ

- อัตราเงินเฟ้อสร้างความไม่แน่นอนที่ส่งผลเสียต่อการตัดสินใจทางเศรษฐกิจ โดยมีหลักฐานแสดงให้เห็นว่าเงินเฟ้อที่สูงขึ้นสัมพันธ์กับความไม่แน่นอนที่เพิ่มขึ้น (Golob, 1994) ความไม่แน่นอนนี้อาจนำไปสู่อัตราดอกเบี้ยระยะยาวที่สูงขึ้นส่งผลกระทบต่ออัตราการตัดสินใจลงทุนและความเป็นอยู่ทางเศรษฐกิจโดยรวม (Golob, 1994)

ในขณะที่อัตราเงินเฟ้อมักถูกมองเชิงลบเนื่องจากความไม่แน่นอนและผลกระทบทางเศรษฐกิจ แต่บางคนโต้แย้งว่าเงินเฟ้อสูงที่มีเสถียรภาพอาจไม่รบกวนกระบวนการตัดสินใจอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งบ่งชี้ถึงมุมมองที่แตกต่างกันเกี่ยวกับผลกระทบ (Golob, 1994)

4. อัตราการว่างงาน

อัตราการว่างงานเป็นตัวบ่งชี้ทางเศรษฐกิจที่สำคัญที่สะท้อนถึงสุขภาพของตลาดแรงงานทั่วโลกได้รับอิทธิพลจากปัจจัยต่าง ๆ รวมถึงพลวัตของโครงสร้างการเติบโตทางเศรษฐกิจและลักษณะทางประชากรการทำความเข้าใจอิทธิพลเหล่านี้สามารถให้ข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับแนวโน้มการว่างงานที่คงอยู่

พลวัตของอัตราการว่างงาน

- ปฏิสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงการค้นพบและการปรับเปลี่ยนสินค้าคงคลังนำไปสู่การว่างงานแบบวัฏจักรอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในหมู่บุคคลที่มีการหมุนเวียนต่ำซึ่งครอบงำการสูญเสียงานในช่วงเศรษฐกิจตกต่ำ (Darby et al., 1985)
- อัตราการว่างงานตามธรรมชาติซึ่งระบุตัวแปรโครงสร้างเป็นตัวกำหนดการว่างงานในสมดุล ต้องเผชิญกับการตรวจสอบเนื่องจากไม่สามารถอธิบายการว่างงานที่เพิ่มขึ้นในยุโรปตั้งแต่ทศวรรษ 1980 (Cross, 1995)

5. เวลา

แนวคิดของ “เวลา” ครอบคลุมมิติต่าง ๆ รวมถึงการวิเคราะห์ทางประวัติศาสตร์การศึกษาตามยาวและการเปลี่ยนแปลงทางวัฒนธรรมการทำความเข้าใจว่าเวลามีอิทธิพลต่อสาขาต่าง ๆ อย่างไร สามารถให้ข้อมูลเชิงลึกที่มีค่าเกี่ยวกับวิวัฒนาการของสังคมและประสบการณ์ของแต่ละบุคคล

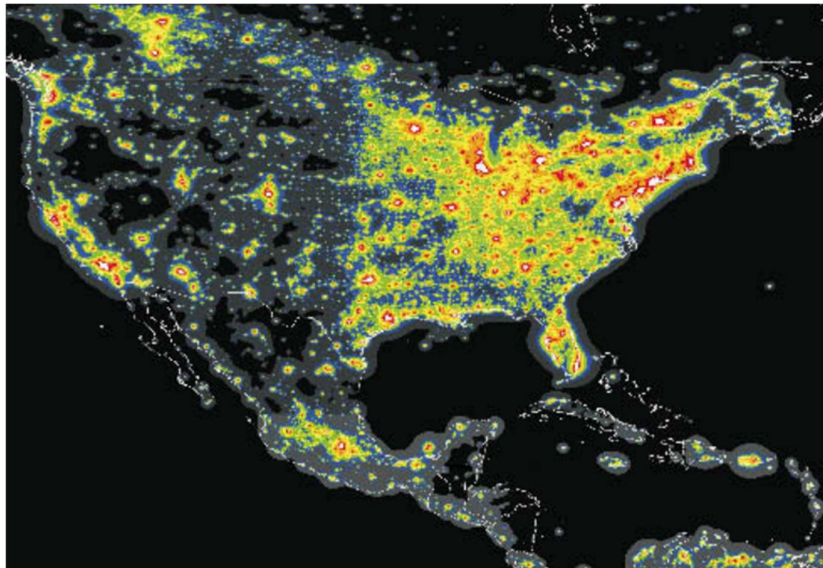
6. ชื่อประเทศ

แนวคิดของ “ประเทศ” ครอบคลุมมิติต่าง ๆ รวมถึงองค์การทางการเมือง เอกลักษณ์ประจำชาติ และผลกระทบของประเทศต้นกำเนิดต่อบุคคลและธุรกิจการทำความเข้าใจในแง่มุมเหล่านี้สามารถให้ข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับความสำคัญของชื่อประเทศและผลกระทบที่กว้างขวาง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

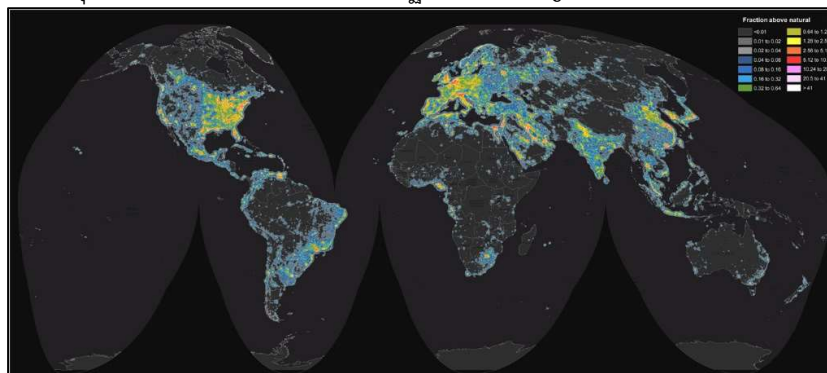
Cinzano, Falchi & Elvidge (2001) ได้นำเสนอแผนที่ความสว่างท้องฟ้ายามราตรีของโลกเป็นครั้งแรกโดยใช้ข้อมูลจากดาวเทียม DMSP (ดังแสดงในภาพที่ 2.2) ช่วยให้เห็นภาพได้เกือบทั่วโลกว่ามนุษย์ชาติกำลังห่อหุ้มตัวเองอยู่ในหมอกเรืองแสงอย่างไร เมื่อเปรียบเทียบกับฐานข้อมูลความหนาแน่นของประชากรของสหรัฐอเมริกา พบว่าประมาณสองในสามของประชากรโลกและร้อยละ 99 ของประชากรในสหรัฐอเมริกา (ไม่รวมอลาสกาและฮาวาย) และสหภาพยุโรปอาศัยอยู่ในพื้นที่ที่มี

ท้องฟ้ายามค่ำคืนอยู่เหนือเกณฑ์ที่กำหนดสำหรับสถานะมลพิษ หรือกล่าวในเชิงการมองเห็นได้ว่า ประมาณหนึ่งในห้าของประชากรโลกได้สูญเสียการมองเห็นทางช้างเผือกด้วยตาเปล่าไปแล้ว และ ประมาณหนึ่งในสิบของประชากรโลกไม่ได้มองท้องฟ้าด้วยตาที่ปรับให้เข้ากับการมองเห็นตอน กลางคืนอีกต่อไป เนื่องจากความสว่างของท้องฟ้า



ภาพที่ 2.2 แผนที่ฟ้ามืดงานแรกของโลกจากข้อมูลดาวเทียม DMSP ในภาพแสดงเฉพาะทวีปเอเชีย (ที่มา : Cinzano, Falchi, & Elvidge, 2001)

Falchi et al. (2016) ได้นำเสนอแผนที่โลกของความสว่างท้องฟ้ายามราตรีของโลก ซึ่งคำนวณด้วยซอฟต์แวร์การแพร่กระจายมลภาวะทางแสงของเราโดยใช้ข้อมูลดาวเทียมความละเอียดสูงใหม่และการวัดความสว่างท้องฟ้าที่แม่นยำใหม่ (ดังแสดงในภาพที่ 2.3) แผนที่นี้แสดงให้เห็นว่า มากกว่า 80% ของโลก (มากกว่า 99% ของประชากรสหรัฐอเมริกาและยุโรปอาศัยอยู่ภายใต้ท้องฟ้า ที่มีมลพิษทางแสง ทางช้างเผือกถูกซ่อนไว้จากมากกว่าหนึ่งในสามของมนุษยชาติ รวมถึงชาวยุโรป 60% และเกือบ 80% ของอเมริกาเหนือ) ยิ่งไปกว่านั้น 23% ของพื้นผิวโลกอยู่ระหว่าง 75°N ถึง 60°S, 88% ของยุโรป และเกือบครึ่งหนึ่งของสหรัฐอเมริกาเผชิญกับคืนที่มีมลพิษทางแสง



ภาพที่ 2.3 แผนที่ฟ้ามืดของโลกฉบับปรับปรุงจากข้อมูลดาวเทียม VIIRS
(ที่มา : Falchi et al., 2016)

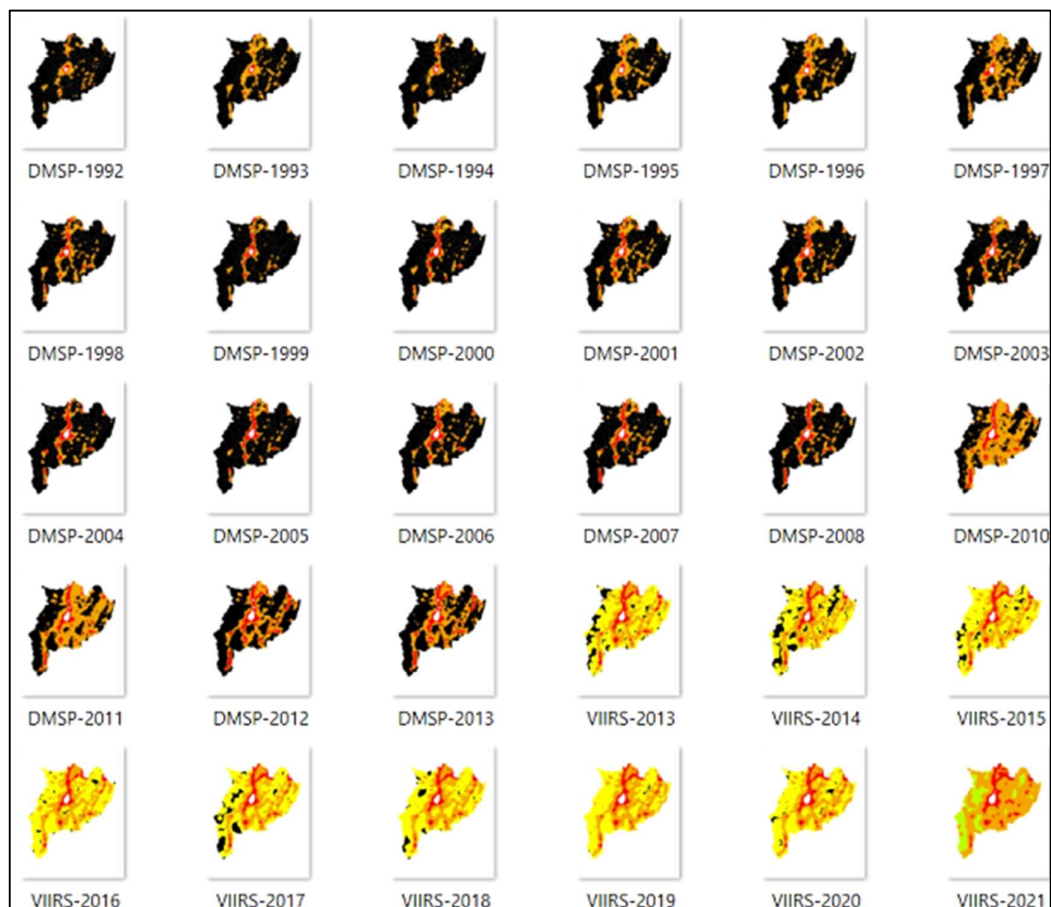
Elvidge et al. (2017) สำหรับการถ่ายภาพอินฟราเรดที่มองเห็นได้ รวบรวมข้อมูลการถ่ายภาพในสภาพแสงน้อยทั่วโลกซึ่งมีการปรับปรุงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับข้อมูลที่เคยเคยซึ่งรวบรวมมาเป็นเวลา 40 ปีโดย DMSP คุณสมบัติที่โดดเด่นอย่างหนึ่งของข้อมูล คือการตรวจจับแสงไฟฟ้าที่ปรากฏบนพื้นผิวโลก แสงเหล่านี้ส่วนใหญ่มาจากการตั้งถิ่นฐานของมนุษย์ และ VIIRS รวบรวมข้อมูลต้นฉบับที่สามารถนำมาใช้เพื่อสร้างแผนที่การตั้งถิ่นฐานของมนุษย์ด้วยแสงไฟาระดับรายเดือนและรายปีทางวิทยาศาสตร์ มีขั้นตอนจำนวนมากที่เกี่ยวข้องในการผลิตโดยไม่รวมเสียงรบกวนจากพื้นหลัง การปนเปื้อนจากแสงอาทิตย์และดวงจันทร์ ข้อมูลที่ถูกลดประสิทธิภาพลงเนื่องจากเมฆปกคลุม และคุณสมบัติที่ไม่เกี่ยวข้องกับแสงสว่างจากไฟฟ้า (เช่น ไฟ เปลวเพลิง ภูเขาไฟ) บทความนี้จะอธิบายอัลกอริทึมที่พัฒนาขึ้นเพื่อตรวจจับไฟกลางคืนทั่วโลกด้วยคุณภาพสูงโดย VIIRS

Duriscoe et al. (2018) ได้นำเสนอวิธีการที่เรียบง่ายโดยใช้เครื่องมือวิเคราะห์ทางภูมิศาสตร์เพื่อทำนายความสว่างเทียมโดยเฉลี่ยเหนือซีกโลกของท้องฟ้ายามค่ำคืน โดยแสดงเป็นอัตราส่วนต่อสภาพธรรมชาติ ข้อมูลความกระจ่างใสขึ้นของแถบกลางวัน/กลางคืน VIIRS จากดาวเทียมโคจรของ Suomi NPP ถูกนำมาใช้เพื่อป้อนข้อมูลให้กับแบบจำลอง วิธีการนี้ขึ้นอยู่กับความสัมพันธ์ระหว่างความสว่างของแสงบนท้องฟ้ากับระยะห่างจากผู้สังเกตไปยังแหล่งกำเนิดของแสงด้านบน ความสัมพันธ์นี้ได้รับการพัฒนาโดยใช้แบบจำลองการถ่ายโอนรังสี Garstang ที่มีข้อมูลแถบกลางวัน/กลางคืนเป็นข้อมูลเข้า จากนั้นปรับปรุงและสอบเทียบด้วยข้อมูลโพโตเมตริกความถี่ V-band บนท้องฟ้าทั่วภาคพื้นดินที่ถ่ายภายใต้สภาวะละอองลอยในชั้นบรรยากาศต่ำและไร้เมฆ พบความสัมพันธ์ที่ดีเยี่ยมระหว่างคุณภาพของท้องฟ้าที่สังเกตได้กับค่าที่คาดการณ์จากข้อมูลที่ได้รับจากระยะไกล แผนที่เฉพาะเรื่องของพื้นที่ขนาดใหญ่ของโลกที่แสดงความสว่างของท้องฟ้าแถบความถี่ V เทียมที่คาดการณ์ไว้อาจถูกสร้างขึ้นอย่างรวดเร็วด้วยทรัพยากรคอมพิวเตอร์เพียงเล็กน้อย แล้วได้พบวิธีการที่รวดเร็วและแม่นยำจากงานก่อนหน้านี้ในการสร้างแบบจำลองคุณภาพท้องฟ้าทั้งหมด แต่มีข้อจำกัดสำหรับวิธีนี้ แบบจำลองที่นำเสนอขึ้นตรงตามข้อกำหนดที่จำเป็นของผู้มีอำนาจตัดสินใจและผู้จัดการที่ดินในการวัดคุณภาพท้องฟ้าที่ดีความและเข้าใจได้ง่าย

Changruengam et al. (2023) ได้นำเสนอแผนที่ท้องฟ้ามืดแห่งแรกของเชียงราย ซึ่งเป็นการวัดความสว่างของท้องฟ้าในระดับแนวตั้งที่ปรับเทียบแล้วที่ระดับน้ำทะเล โดยมีข้อมูลตั้งแต่ปี 1992 ถึง 2021 ข้อมูลถูกเก็บรวบรวมจากดาวเทียมของสหรัฐอเมริกาสองดวง ได้แก่ โปรแกรมดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาไกลโหมที่มีระบบสแกนแนวปฏิบัติการ (DMSP-OLS) และความร่วมมือดาวเทียมโพลาร์ของซูโอมิที่มีชุดเครื่องมือถ่ายภาพอินฟราเรดที่มองเห็นได้ (NPP-VIIRS) ภาพที่มีอัตราส่วนของแสงประดิษฐ์ต่อแสงธรรมชาติถูกตัดออกจากแสงแดด แสงสะท้อนจากดวงอาทิตย์ แสงจันทร์ ความสว่างจากดวงจันทร์ ลักษณะของฟ้าผ่า แสงเหนือ เมฆ ไฟ และเสียงรบกวนพื้นหลังในตอนแรก จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลในปีที่ทับซ้อนกันในปี 2013 ผลลัพธ์แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ที่ตรงกันอย่างมากระหว่างข้อมูล DMSP-OLS และ NPP-VIIRS ($R^2 = 0.92$) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าโมเดล

ทางคณิตศาสตร์นั้นมีความเป็นไปได้และเชื่อถือได้ จำนวนพื้นที่ท้องฟ้ามืดในเชิงรายในช่วง 3 ทศวรรษที่ผ่านมา ถูกจัดประเภทเป็น 8 ประเภทตามความสว่างของท้องฟ้าในรหัสสีของมาตราส่วน Bortle และตามความสว่างของดาว: 1.) สถานที่ท้องฟ้ามืดที่ยอดเยี่ยม (>21.9 แมกนิจูด, สีดำ), 2.) ท้องฟ้ามืด (21.9-21.5 แมกนิจูด, สีเทา), 3.) ท้องฟ้าชนบท (21.5-21.3 แมกนิจูด, สีน้ำเงิน), 4.) ท้องฟ้าชายขอบชนบท/ชานเมือง (21.3-20.1 แมกนิจูด, สีเขียว), 5.) ท้องฟ้าชานเมือง (20.1-19.1 แมกนิจูด, สีเหลือง), 6.) ท้องฟ้าชานเมืองที่สว่าง (19.1-19.5 แมกนิจูด, สีส้ม), 7.) ท้องฟ้าชายขอบเมือง/ชานเมือง (19.5-18.0 แมกนิจูด, สีแดง) และ 8.) ท้องฟ้าในเมือง (<18.0 แมกนิจูด, สีขาว) พบว่า 14% ของพื้นที่ในเชิงรายมีท้องฟ้าสว่าง โดยมีระดับ Bortle ชั้น 7.) และ 8.) ในพื้นที่นี้มีเพียง 14% ของพื้นที่ที่มีประชากรมากกว่า 33% ซึ่งตอนนี้ได้สูญเสียการมองเห็นทางช้างเผือกด้วยตาเปล่าแล้ว นอกจากนี้ โมเดลการประเมินความเสี่ยงสำหรับการอนุรักษ์ท้องฟ้ามืดได้เปิดเผยว่า พื้นที่ท้องฟ้ามืดกำลังเผชิญกับการสูญพันธุ์อย่างรุนแรง มีการเสนอว่าเชิงรายจะไม่มีพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการดูดาวภายในปี 2040 หากไม่มีการกำหนดพื้นที่สำหรับการอนุรักษ์ แผนที่ของเราสามารถกระตุ้นให้เจ้าของที่ดินในพื้นที่ที่มีท้องฟ้ามืดลงทะเบียนทรัพย์สินของตนในฐานข้อมูลเขตสงวนท้องฟ้ามืดของ IAU เพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงดาราศาสตร์ในเชิงรายได้ในที่สุด

ดาวที่มีความสว่างน้อยที่สุดในท้องฟ้ายามค่ำคืนถูกซ่อนไว้โดยพื้นหลังท้องฟ้าที่เพิ่มขึ้น 10% ทุก ๆ ปี อันเป็นผลมาจากแสงประดิษฐ์ (Kyba et al. 2023) แม้ว่าการเติบโตนี้จะยากต่อการแยกแยะด้วยตาเปล่าที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบัน เนื่องจากเครื่องตรวจจับของพวกเขาตอบสนองแสงสีน้ำเงินที่ปล่อยออกมาจากไดโอดเปล่งแสง (LED) ที่ค่อยๆ แทนที่หลอดไฟรุ่นเก่า (เช่น การคายประจุที่มีความเข้มสูง) (Falchi & Bar'a 2023) การขยายตัวของเมืองอย่างรวดเร็วและความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีได้ทำให้ปัญหารุนแรงขึ้นทั่วโลก อย่างไรก็ตาม ไม่มีการพิสูจน์ที่ชัดเจนว่าคุณลักษณะใดที่ส่งผลต่ออัตราการเปลี่ยนแปลงความสว่างของท้องฟ้า



ภาพที่ 2.4 การเปลี่ยนแปลงความสว่างของท้องฟ้าในเชียงรายตั้งแต่ปี 1992–2021 ที่นำเสนอในระดับ Bortle 1.) สถานที่ท้องฟ้ามืดที่ยอดเยียม (>21.9 แมกนิจูด, สีดำ) 2.) ท้องฟ้ามืดมน ($21.9-21.5$ mag, grey), 3.) ท้องฟ้าชนบท ($21.5-21.3$ mag, blue), 4.) ท้องฟ้าในช่วงเปลี่ยนผ่านจากชนเมืองสู่ชนบท ($21.3-20.1$ mag, green), 5.) ท้องฟ้าชนเมือง ($20.1-19.1$ mag, yellow), 6.) ท้องฟ้าในชนเมืองที่สว่าง ($19.1-19.5$ แมกนิจูด, สีส้ม), 7.) ท้องฟ้าในเขตเมือง/ชนเมืองที่เปลี่ยนแปลง ($19.5-18.0$ mag, red) 8.) ท้องฟ้าในเมือง (<18.0 แมกนิจูด, สีขาว)
(ที่มา : Changruenggam et al. 2023)

Kyba et al. (2023) แสงประดิษฐ์จากท้องฟ้ายามค่ำคืนเป็นรูปแบบหนึ่งของมลพิษทางแสง; การเปลี่ยนแปลงทั่วโลกในช่วงเวลานั้นยังไม่เป็นที่รู้จักดีนัก การพัฒนาเทคโนโลยีการให้แสงทำให้การวัดผลซับซ้อนขึ้น เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงในวิธีการให้แสงและสเปกตรัมการปล่อยแสง เราได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงความสว่างของท้องฟ้าทั่วโลกตั้งแต่ปี 2011 ถึง 2022 โดยใช้ข้อมูลจากการสังเกตการณ์ของนักวิทยาศาสตร์พลเมืองจำนวน 51,351 รายการเกี่ยวกับความสามารถในการมองเห็นดาวด้วยตาเปล่า จำนวนดาวที่มองเห็นได้ลดลงในระดับที่สามารถอธิบายได้จากการเพิ่มขึ้นของความสว่างของท้องฟ้าในช่วงคลื่นที่มองเห็นได้ของมนุษย์ที่ร้อยละ 7 ถึง 10 ต่อ

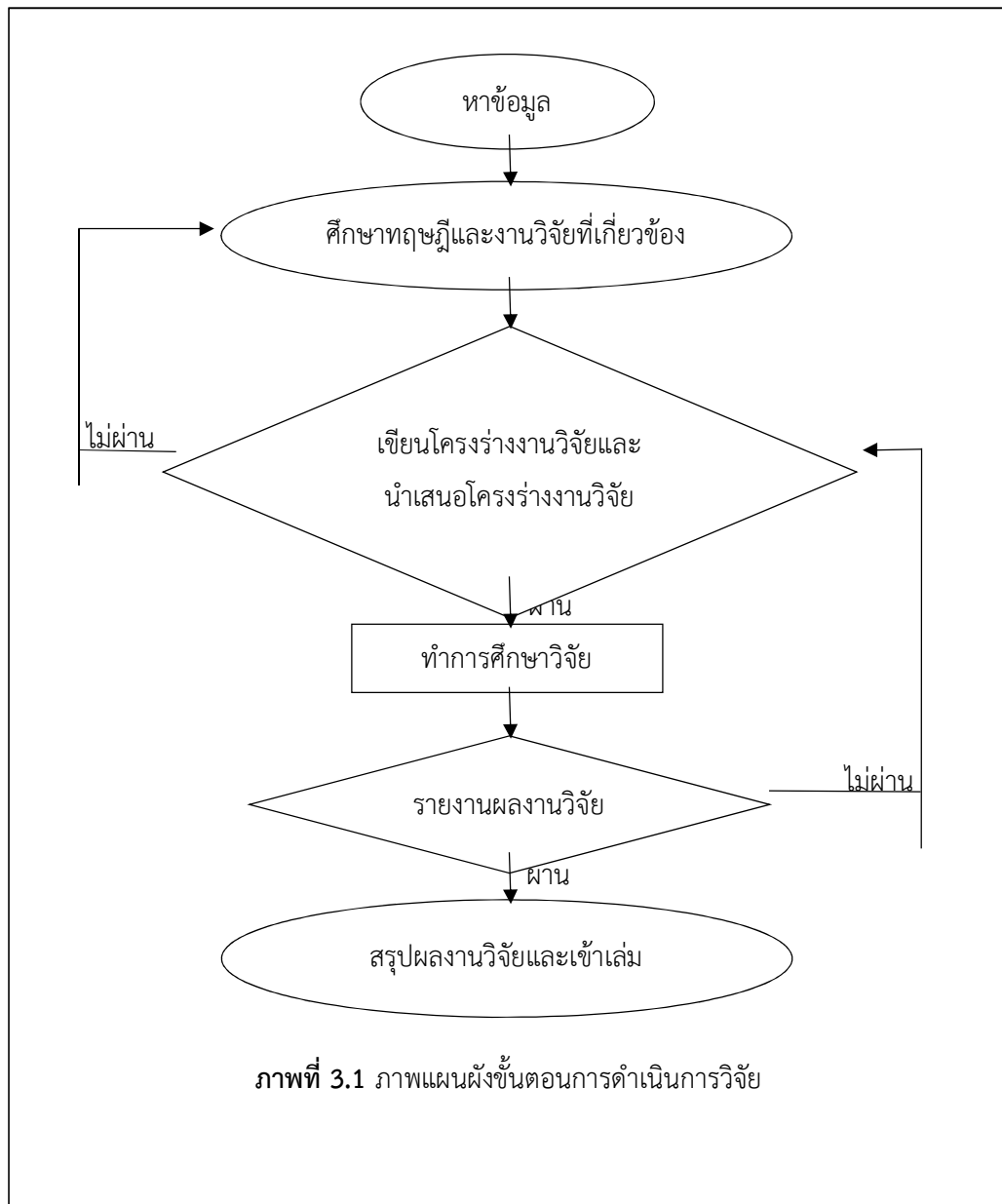
ปี การเพิ่มขึ้นนี้เกิดขึ้นเร็วกว่าการเปลี่ยนแปลงของการปล่อยก๊าซที่ระบุโดยการสังเกตจากดาวเทียม เราตีความความแตกต่างนี้ว่าเกิดจากการเปลี่ยนแปลงสเปกตรัมในการปล่อยแสงและจากมุมเฉลี่ยของการปล่อยแสง

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง แผนที่ท้องฟ้ามิดประเทศไทยเป็นครั้งแรก เพื่อหาจุดเด่นและส่งเสริมการท่องเที่ยวฟ้ามิดให้แก่จังหวัดเชียงราย มีขั้นตอนและวิธีการดำเนินการวิจัย ดังต่อไปนี้

ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย



เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

1. โปรแกรม ArcMap 10.8
2. โปรแกรม Microsoft Excel
3. คอมพิวเตอร์

สถานที่ทำการศึกษา

โปรแกรมวิชาคณิตศาสตร์และวิทยาการคำนวณ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

ระยะเวลาในการดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยครั้งนี้ เริ่มดำเนินการตั้งแต่เดือนมีนาคม พ.ศ. 2567 ถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2567 โดยใช้ระยะเวลาในการดำเนินการวิจัยทั้งสิ้น 8 เดือน ดังแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ระยะเวลาในการดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย	ระยะเวลาในการดำเนินการวิจัย							
	มีนาคม 2567	เมษายน 2567	พฤษภาคม 2567	มิถุนายน 2567	กรกฎาคม 2567	สิงหาคม 2567	กันยายน 2567	ตุลาคม 2567
1. กำหนดหัวข้อวิจัยที่จะศึกษาข้อมูลทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง								
2. ศึกษาค้นคว้าข้อมูลที่เกี่ยวข้อง								
3. เขียนโครงร่างงานวิจัยและนำเสนอโครงร่างงานวิจัย								
4. จัดทำกรวิจัย								
5. รายงานผลการวิจัย								
6. นำเสนอผลงานวิจัย								

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ข้อมูล

การตรวจหาแสงไฟฟ้ายามค่ำคืนบนพื้นผิวโลกที่สังเกตโดย Visible Infrared Imaging Radiometer Suite (VIIRS) Day/Night Band (DNB) (Elvidge et al. 2017) ทั่วประเทศไทย สหราชอาณาจักร ซิลี และบอตสวานา ระหว่างปี พ.ศ. 2556 - 2566 เดิมทีไม่รวมเมฆ เสียงพื้นหลัง การปนเปื้อนของดวงอาทิตย์และดวงจันทร์ และคุณสมบัติที่ไม่เกี่ยวข้องกับแสงไฟฟ้า (เช่น ไฟไหม้ เปลวไฟ ภูเขาไฟ) ข้อมูล NPP-VIIRS ให้อัตราส่วนของแสงประดิษฐ์/แสงธรรมชาติ (Cinzano et al. 2001) ระดับแสงธรรมชาติถูกควบคุมโดยแหล่งท้องฟ้าตามธรรมชาติ ส่วนใหญ่เป็นดวงจันทร์ การปล่อยบรรยากาศตามธรรมชาติ (เรืองแสง) แสงดาว แสงทางช้างเผือก และแสงจักรราศี ในขณะเดียวกัน ระดับแสงประดิษฐ์มาจากไฟฟ้าและแสงที่มนุษย์สร้างขึ้น

ไฟล์แรสเตอร์ของแต่ละปีในส่วนขยายข้อมูลแบบมาส์กโดยเฉลี่ยครอบคลุมประเทศไทย สหราชอาณาจักร ซิลี และบอตสวานา จาก NPP-VIIRS (2012-2021) ถูกรวบรวมและตัดตามรูปร่างของแต่ละประเทศ ส่วนขยายนี้ประกอบด้วยแสงจากเมือง เมือง และไซต์อื่น ๆ ที่มีแสงสว่างต่อเนื่อง รวมถึงเปลวไฟแก๊ส (ซึ่งไม่รวมอยู่ในส่วนขยายข้อมูลอื่น) ที่แสดงในค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่เหมาะสมที่สุดและการแผ่รังสีเฉลี่ยที่ปิดบัง - โดยมีพื้นหลัง การเผาไหม้ชีวมวล และแสงออโรราเป็นศูนย์ เหตุการณ์ชั่วคราว เช่น ไฟไหม้ถูกทิ้ง นอกจากนี้ยังมีการระบุเสียงรบกวนรอบข้างและแทนที่ด้วยค่าศูนย์ ซึ่งให้ข้อมูลเอาต์พุตอยู่ในช่วง 1-63 อัตราส่วนแสงประดิษฐ์/แสงธรรมชาติที่เกิดขึ้นจากภาพถูกจัดกลุ่มออกเป็น 14 คลาสตามที่แสดงในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 นำเสนอความสว่างของท้องฟ้า 14 คลาส จำแนกตามอัตราส่วนระหว่างความสว่างเทียมและความสว่างของท้องฟ้าพื้นหลังตามธรรมชาติที่กำหนดโดย Falchi et al. (2016) โดยที่สันนิษฐานว่าท้องฟ้าพื้นหลังธรรมชาติ $174 \mu\text{cd}/\text{m}^{-2}$ (หรือ $22 \text{ mag}/\text{arcsec}^{-2}$) เราสังเกตที่นี่ว่ามีรายงานค่าล่าสุดของ $271.28 \mu\text{cd}/\text{m}^{-2}$ (หรือ $21.5 \pm 0.4 \text{ mag}/\text{arcsec}^{-2}$) ใน Grauer et al. (2019); Alarcon และคณะ (2021)

ตารางที่ 3.2 ระดับสีที่ใช้ในแผนที่

คลาส	สี	อัตราส่วน [Art./Nat.]	ความสว่าง แสงประดิษฐ์ ($\mu\text{cd}/\text{m}^{-2}$)	ความสว่าง ท้องฟ้าเฉลี่ย (mcd/m^{-2})	ผลกระทบทางการมองเห็น
1	ดำ	<0.01	<1.74	<0.176	ท้องฟ้าที่บริสุทธิ์ (Pristine sky)
2	เทาเข้ม	0.01-0.02	1.74–3.48	0.176–0.177	แสงรบกวนใกล้ขอบฟ้า (Degraded near horizon)
3	เทาอ่อน	0.02-0.04	3.48–6.96	0.177–0.181	แสงรบกวนใกล้ขอบฟ้า (Degraded near horizon)
4	กรมท่า	0.04-0.08	6.96–13.9	0.181–0.188	แสงรบกวนใกล้ขอบฟ้า (Degraded near horizon)
5	น้ำเงิน	0.08-0.16	13.9–27.8	0.188–0.202	แสงรบกวนจากขอบฟ้าจนถึงจุดเหนือศีรษะ (Degraded to zenith)
6	ฟ้า	0.16-0.32	27.8–55.7	0.202–0.230	แสงรบกวนจากขอบฟ้าจนถึงจุดเหนือศีรษะ (Degraded to zenith)
7	เขียว เข้ม	0.32-0.64	55.7–111	0.230–0.285	แสงรบกวนจากขอบฟ้าจนถึงจุดเหนือศีรษะ – สูญเสียท้องฟ้าธรรมชาติ (Degraded to zenith- Natural sky lost)
8	เขียว อ่อน	0.64-1.28	111–223	0.285–0.397	สูญเสียท้องฟ้าธรรมชาติ (Natural sky lost)
9	เหลือง	1.28-2.56	223–445	0.397–0.619	สูญเสียท้องฟ้าธรรมชาติ (Natural sky lost)
10	ส้ม	2.56-5.12	445–890	0.619–1.065	สูญเสียท้องฟ้าธรรมชาติ- สูญเสียทางช้างเผือก (Natural sky lost- Milky Way lost)
11	แดง	5.12-10.2	890–1780	1.07–1.96	สูญเสียทางช้างเผือก (Milky Way lost)
12	ม่วงแดง	10.2-20.5	1780–3560	1.96–3.74	สูญเสียทางช้างเผือก – มีผลกระทบต่อเซลล์ประสาท ตา (Milky Way lost- Cone cell stimulation)
13	ชมพู	20.5-41	3560–7130	3.74–7.30	มีผลกระทบต่อเซลล์ประสาทตา (Cone cell stimulation)
14	ขาว	>41	>7130	>7.30	มีผลกระทบต่อเซลล์ประสาทตา (Cone cell stimulation)

2. การสร้างแบบจำลอง

ท้องฟ้ามืดที่ "ศักยภาพ" ถูกกำหนดให้เป็นชั้นท้องฟ้า 1-9 เนื่องจากทัศนวิสัยของทางช้างเผือก และถูกสร้างแบบจำลองเพื่อกำหนดปัจจัยที่ส่งผลต่ออัตราการเปลี่ยนแปลงของความสว่างของท้องฟ้ายามค่ำคืน คุณลักษณะหกประการของแต่ละประเทศ ได้แก่ ประชากร, GDP, อัตราเงินเฟ้อ, อัตราการว่างงาน, เวลา, และชื่อประเทศได้รับการศึกษาผ่านแบบจำลองทางคณิตศาสตร์หลายแบบ

ผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ (GDP) ซึ่งเป็นตัวชี้วัดผลผลิตทางเศรษฐกิจของประเทศมักมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับระดับมลพิษทางแสง เมื่อเศรษฐกิจขยายตัว การขยายตัวของเมืองก็เพิ่มขึ้น และการใช้พลังงานเพิ่มขึ้น ซึ่งนำไปสู่ความต้องการแสงประดิษฐ์มากขึ้น การศึกษาแสดงให้เห็นว่าประเทศที่มี GDP สูงกว่ามักจะมีมลพิษทางแสงในระดับที่สูงขึ้น (Galloway et al. 2010) การเติบโตของประชากร โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเขตเมือง เป็นอีกหนึ่งตัวขับเคลื่อนหลักของมลพิษทาง

แสง ภูมิภาคที่มีประชากรหนาแน่นมักมีแสงประดิษฐ์ในระดับที่สูงขึ้นเนื่องจากกิจกรรมที่อยู่อาศัย การค้า และอุตสาหกรรมที่เพิ่มขึ้น การวิจัยได้แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ที่แข็งแกร่งระหว่างความหนาแน่นของประชากรและมลพิษทางแสงอย่างต่อเนื่อง (Borth & Hopp, 2008) ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเงินเฟ้อ การว่างงาน และมลพิษทางแสงนั้นซับซ้อนกว่า แม้ว่าอัตราเงินเฟ้อที่สูงในทางทฤษฎีอาจนำไปสู่การใช้พลังงานที่ลดลงและส่งผลให้มลพิษทางแสงลดลง แต่ผลกระทบของมันมักจะบรรเทาด้วยปัจจัยทางเศรษฐกิจอื่น ๆ อัตราการว่างงานสามารถมีอิทธิพลทางอ้อมต่อมลพิษทางแสงผ่านการเปลี่ยนแปลงในการพัฒนาเมืองและรูปแบบการใช้พลังงาน อย่างไรก็ตาม สิ่งสำคัญคือต้องทราบว่าความสัมพันธ์ไม่ได้เป็นเส้นตรงอย่างเคร่งครัด เนื่องจากปัจจัยต่าง ๆ เช่น นโยบายประสิทธิภาพการใช้พลังงานและความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีในแต่ละประเทศสามารถมีอิทธิพลต่อผลกระทบของการเติบโตทางเศรษฐกิจต่อมลพิษทางแสง

ในการคาดการณ์ข้อมูลเชิงพื้นที่อย่างมีประสิทธิภาพมักใช้โมเดลแมชชีนเลิร์นนิงต่างๆ เนื่องจากความสามารถในการจับความสัมพันธ์ที่ซับซ้อนภายในข้อมูล ในบรรดาโมเดลเหล่านี้ ได้แก่ โมเดล Decision Tree ซึ่งตีความได้ง่าย แต่มีแนวโน้มที่จะพอดีเกินไป โมเดล Gradient Boosted Trees ซึ่งสร้างต้นไม้ตามลำดับเพื่อปรับปรุงความแม่นยำ แบบจำลอง Random Forest ซึ่งช่วยลดความพอดีมากเกินไปโดยใช้ต้นไม้หลายต้น แบบจำลองเชิงเส้นทั่วไปซึ่งขยายการถดถอยเชิงเส้นสำหรับตัวแปรตามประเภทต่าง ๆ และโมเดล Deep learning เช่น convolutional neural networks และ recurrent neural networks ซึ่งเก่งในการจัดการข้อมูลมิติสูงและแยกคุณสมบัติที่ซับซ้อน แต่ละโมเดลเหล่านี้มีข้อได้เปรียบที่ไม่เหมือนใคร ทำให้เหมาะสำหรับแง่มุมต่าง ๆ ของการคาดการณ์ข้อมูลเชิงพื้นที่ (Nelder & Wedderburn 1972; Rokach & Maimon 2014; LeCun et al. 2015; Chen & Guestrin 2016; Breiman 2001)

Rapid Miner ถูกนำมาใช้สำหรับการสร้างแบบจำลองเพื่อทำนายพื้นที่ที่มีศักยภาพของท้องฟ้ามีดโดยใช้แบบจำลอง General Linear Model (GLM), Deep Learning, Decision Tree, Random Forest และ Gradient Boosted Trees (GBT) กระบวนการนี้เริ่มต้นด้วยการนำเข้าชุดข้อมูลตั้งแต่ปี 2012 - 2023 โดยมีตัวแปร 6 ตัว ได้แก่ GDP, ประชากร, อัตราการว่างงาน, อัตราเงินเฟ้อ, ปี และชื่อประเทศ โมเดลแต่ละประเภทถูกสร้างขึ้นและแยกน้ำหนักของปัจจัยที่ส่งผลต่อการคาดการณ์โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์การสกดของตัวดำเนินการสำหรับ GLM, Deep Learning, Decision Tree และ Gradient Boosted Trees และ Random Forest ตามลำดับ โมเดลได้รับการประเมินด้วยประสิทธิภาพของผู้ปฏิบัติงานเพื่อให้มั่นใจถึงความถูกต้องของโมเดล การดำเนินการเหล่านี้ช่วยวิเคราะห์และตีความผลลัพธ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพตลอดจนทำความเข้าใจน้ำหนักของปัจจัยที่ส่งผลต่อการคาดการณ์เป็นความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ที่กำหนดโดยสมการ (3.1) ความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์เป็นสัดส่วนของค่าจริง ให้ความเข้าใจเปรียบเทียบว่าค่าที่วัดได้ใกล้เคียงกับค่าจริงมากน้อยเพียงใด (Mahmood et al. 2022)

$$\delta = \frac{\text{ค่าที่คาดหวัง} - \text{ค่าจริง}}{\text{ค่าจริง}} \times 100 \quad (3.1)$$

เมื่อทราบผลค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ (δ) แล้วให้พิจารณาว่าแบบจำลองคณิตศาสตร์แบบจำลองใดที่ให้ค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์น้อยที่สุด พบว่าแบบจำลอง Decision

Tree ให้ค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์น้อยที่สุด โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ (δ) ที่ $0.4\% \pm 0.3\%$ ในขณะที่ Gradient boost tree ($\delta = 0.9\% \pm 0.4\%$), Random forest ($\delta = 1.1\% \pm 0.5\%$), General linear model ($\delta = 1.2\% \pm 0.3\%$) และ Deep learning ($\delta = 2.3\% \pm 0.8\%$) ให้ความคลาดเคลื่อนที่มากกว่า

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. รวบรวมข้อมูลไฟล์แรสเตอร์ครอบคลุมประเทศไทย ซึ่งอยู่ทีละติจูดระหว่าง $5^{\circ}37'N - 20^{\circ}27'N$ และลองจิจูด $97^{\circ}22'E - 105^{\circ}37'E$ จากดาวเทียม NPP-VIIRS (2555-2566) (ค.ศ. 2012–2023)
2. นำข้อมูลจากดาวเทียม NPP-VIIRS มาสร้างมาสร้างแผนที่ฟ้ามืด สำหรับงานวิจัยนี้ใช้ข้อมูลชุด average masked หมายถึง ค่าความสว่างเฉลี่ยที่ถูกปิดบังหรือซ่อนบางส่วน ส่วนของพื้นหลัง, การเผาไหม้ชีวมวล, และแสงออโรราถูกตั้งค่าเป็นศูนย์ (ไม่ถูกนับหรือไม่ถูกแสดงผล) โดยจำแนกท้องฟ้าออกเป็น 14 คลาส ตามความหมาย และเฉดสีดังแสดงในตารางที่ 3.2 และเรียงลำดับจังหวัด 77 จังหวัด ตามจำนวนพื้นที่ที่สามารถมองเห็นทางช้างเผือกได้ (คลาส 1-คลาส 9)
3. ทำ 4 ประเทศ (ประเทศไทย, สหราชอาณาจักร (ประเทศที่พัฒนาแล้วที่มีนโยบายอนุรักษ์ท้องฟ้ามืด) , ประเทศชิลี (ที่ตั้งของหอดูดาวระหว่างประเทศที่สำคัญ) และประเทศบอตสวานา (ศูนย์กลางของแอฟริกาตอนใต้ที่มีมลพิษทางแสงน้อยที่สุดในโลก)) เพื่อเปรียบเทียบอัตราการเปลี่ยนแปลงความสว่างท้องฟ้า
4. ทดสอบด้วย 5 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการอธิบายการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ท้องฟ้ามืด ได้แก่ แบบจำลอง General Linear Model (GLM), แบบจำลอง random forest, แบบจำลอง Decision tree, แบบจำลอง Deep learning และแบบจำลอง Gradient Boosted Trees (GBT)
5. ทดสอบด้วย 6 ปัจจัยที่คาดว่าจะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงความสว่างท้องฟ้า ได้แก่ GDP, ประชากร , อัตราการว่างงาน, อัตราเงินเฟ้อ, ปี และชื่อประเทศ

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลแผนที่ท้องฟ้ามืดของประเทศไทย สหราชอาณาจักร ซิลี และบอตสวานา ได้ผลการวิเคราะห์ข้อมูล ดังต่อไปนี้

1. แผนที่ท้องฟ้ามืดของประเทศไทย สหราชอาณาจักร ซิลี และบอตสวานา
2. การระบุจุดเด่นของจังหวัดเชียงราย
3. ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงความสว่างท้องฟ้าของประเทศไทย

แผนที่ท้องฟ้ามืดของประเทศไทย สหราชอาณาจักร ซิลี และบอตสวานา

แผนที่ท้องฟ้ามืดของประเทศไทย สหราชอาณาจักร ซิลี และบอตสวานา ในช่วงปี 2012–2023 แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของระดับความสว่างของท้องฟ้ายามค่ำคืนอย่างชัดเจน โดยใช้รหัสสีที่กำหนดไว้ในตารางที่ 3.2 ซึ่งเป็นเครื่องมือช่วยในการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของมลพิษทางแสงและผลกระทบต่อท้องฟ้ามืด

ประเทศไทย

ในประเทศไทย (แสดงในภาพที่ 4.1) เมืองใหญ่อย่างกรุงเทพฯ และปริมณฑล ได้ประสบกับระดับความสว่างของท้องฟ้าอยู่ในคลาส 13–14 ตั้งแต่ปี 2012 ความสว่างในระดับนี้หมายความว่าดวงดาวส่วนใหญ่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า เนื่องจากมีแสงจากเมืองที่ทำให้ท้องฟ้าสว่างมากเกินไป การสว่างขึ้นนี้ไม่ได้เกิดจากการเติบโตทางเศรษฐกิจหรือการขยายตัวของเมืองเพียงอย่างเดียว แต่ยังมีปัจจัยหลายอย่างที่เกี่ยวข้อง เช่น การใช้แสงไฟฟ้าที่ไม่มีประสิทธิภาพ และการจัดการที่ไม่เหมาะสม โดยเฉพาะไฟส่องสว่างที่ปล่อยแสงขึ้นไปยังท้องฟ้าแทนที่จะควบคุมทิศทางการส่องแสงไว้ที่พื้นดิน

นอกจากกรุงเทพฯ แล้ว เมืองใหญ่อื่น ๆ เช่น เชียงใหม่ และภูเก็ต ก็ประสบกับความสว่างของท้องฟ้าที่เพิ่มขึ้นเช่นกัน ซึ่งมีผลกระทบต่อคุณภาพของท้องฟ้ามืดและการสังเกตการณ์ทางดาราศาสตร์ สถานที่ที่เคยมีท้องฟ้ามืดอาจถูกคุกคามจากมลพิษทางแสงที่เพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้ประเทศไทยสูญเสียโอกาสในการอนุรักษ์พื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการสังเกตการณ์ดาราศาสตร์และท้องเที่ยวเชิงดาราศาสตร์ (dark sky tourism)

สหราชอาณาจักร

สหราชอาณาจักร (แสดงในภาพที่ 4.2) แสดงการเปลี่ยนแปลงของท้องฟ้ามีดอย่างชัดเจนในเมืองใหญ่ เช่น ลอนดอน แมนเชสเตอร์ และเบอร์มิงแฮม โดยค่าความสว่างของท้องฟ้าในเมืองเหล่านี้ อยู่ในคลาส 13-14 เช่นเดียวกับกรุงเทพฯ อย่างไรก็ตาม พื้นที่ชนบทและอุทยานแห่งชาติ เช่น เขตทุ่งหญ้าและป่าในสกอตแลนด์ ยังคงมีท้องฟ้ามีดอยู่ในช่วงคลาส 1-3 ซึ่งเป็นระดับที่นักดาราศาสตร์ยังสามารถทำการสังเกตการณ์ดวงดาวได้โดยไม่มีผลกระทบจากแสงสว่างในเมืองมากนัก

แม้ว่าพื้นที่ชนบทในสหราชอาณาจักรจะมีท้องฟ้ามีดมากกว่า แต่ก็ยังต้องเผชิญกับความท้าทายในการจัดการมลพิษทางแสงที่เริ่มขยายตัวออกจากเมืองใหญ่เข้าสู่เขตชนบท การอนุรักษ์ท้องฟ้ามีดจึงต้องอาศัยความร่วมมือจากชุมชนและองค์กรในท้องถิ่นเพื่อกำหนดนโยบายการใช้แสงสว่างอย่างมีประสิทธิภาพ

ชิลี

ชิลี (แสดงในภาพที่ 4.3) เป็นที่รู้จักในฐานะหนึ่งในสถานที่ที่ดีที่สุดในโลกสำหรับการสังเกตการณ์ทางดาราศาสตร์ เนื่องจากพื้นที่แห้งแล้งของทะเลทรายอาตากามา มีท้องฟ้ามีดที่เหมาะสมที่สุด โดยค่าความสว่างอยู่ในช่วงคลาส 1-3 อย่างไรก็ตาม ในเมืองใหญ่ เช่น ซานติอาโก ระดับความสว่างของท้องฟ้าอยู่ในคลาส 13-14 เช่นเดียวกับในกรุงเทพฯ และลอนดอน แสดงให้เห็นว่ามลพิษทางแสงเป็นปัญหาทั่วโลก ไม่ว่าจะเป็นในประเทศพัฒนาแล้วหรือประเทศที่มีพื้นที่ชนบทกว้างขวาง

ชิลีได้ดำเนินมาตรการป้องกันการเพิ่มขึ้นของมลพิษทางแสงในพื้นที่สำคัญทางดาราศาสตร์ โดยการควบคุมการใช้ไฟฟ้าในพื้นที่ใกล้เคียงกับหอดูดาว การรักษาพื้นที่ท้องฟ้ามีดเหล่านี้เป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่งต่อการวิจัยทางดาราศาสตร์และการท่องเที่ยวเชิงดาราศาสตร์

บอตสวานา

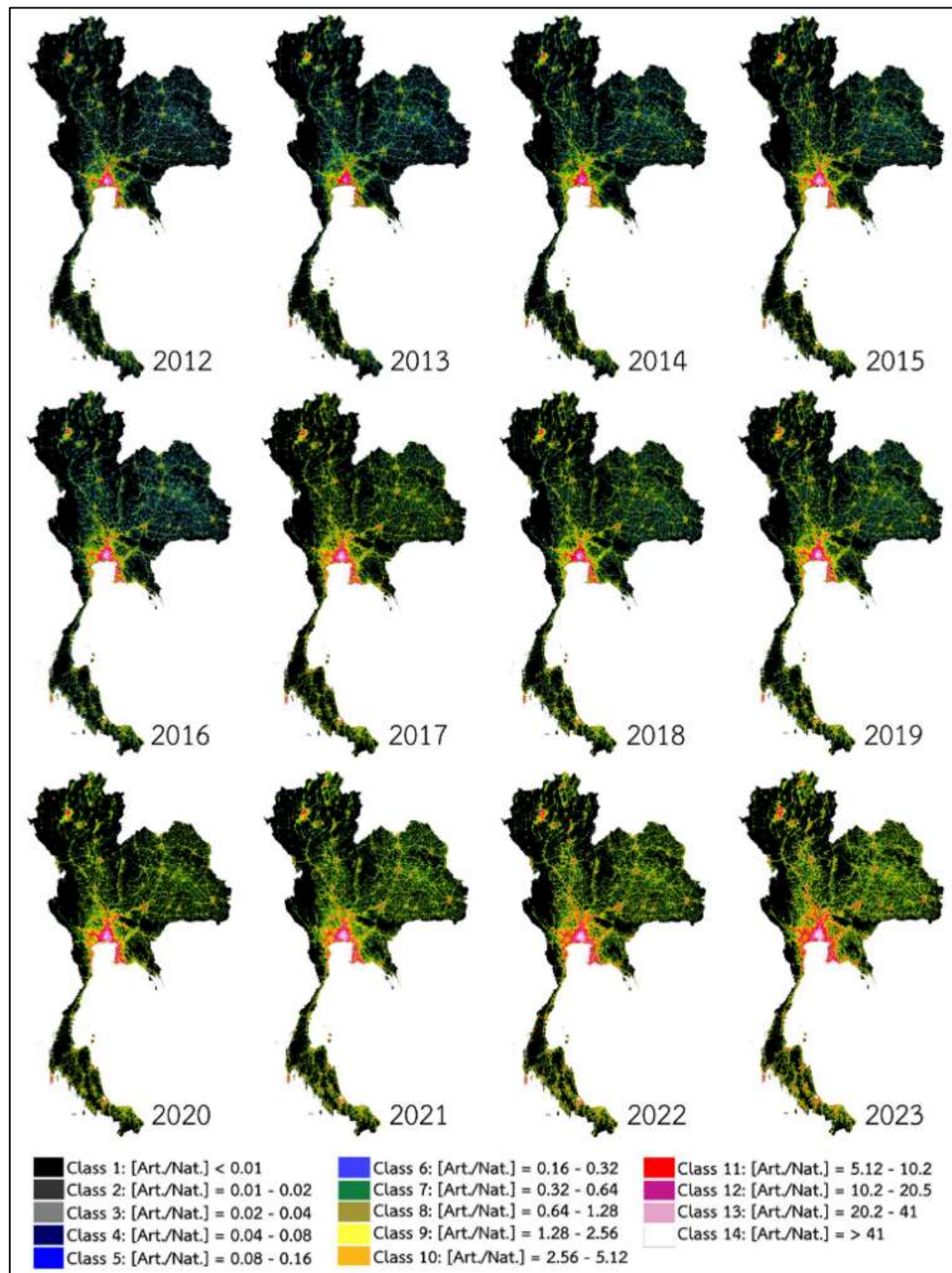
บอตสวานา (แสดงในภาพที่ 4.4) มีพื้นที่ชนบทกว้างขวางและมีการพัฒนาทางเศรษฐกิจน้อยกว่าเมื่อเทียบกับประเทศอื่น ๆ ทำให้ท้องฟ้าในบอตสวานายังคงมีดมาก โดยเฉพาะในพื้นที่ห่างไกลจากเมืองใหญ่ ค่าความสว่างของท้องฟ้าในพื้นที่ชนบทส่วนใหญ่ยังคงอยู่ในช่วงคลาส 1-3 ซึ่งทำให้เป็นพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการสังเกตการณ์ดาราศาสตร์และการอนุรักษ์ท้องฟ้ามีด

แม้ว่าเมืองใหญ่ของบอตสวานา เช่น ฮาโบโรเน จะมีแนวโน้มที่จะมีความสว่างเพิ่มขึ้น แต่โดยรวมแล้ว บอตสวานายังคงมีท้องฟ้ามีดที่มีศักยภาพในการพัฒนาเป็นจุดหมายปลายทางของการท่องเที่ยวเชิงดาราศาสตร์และการศึกษาด้านดาราศาสตร์ในอนาคต

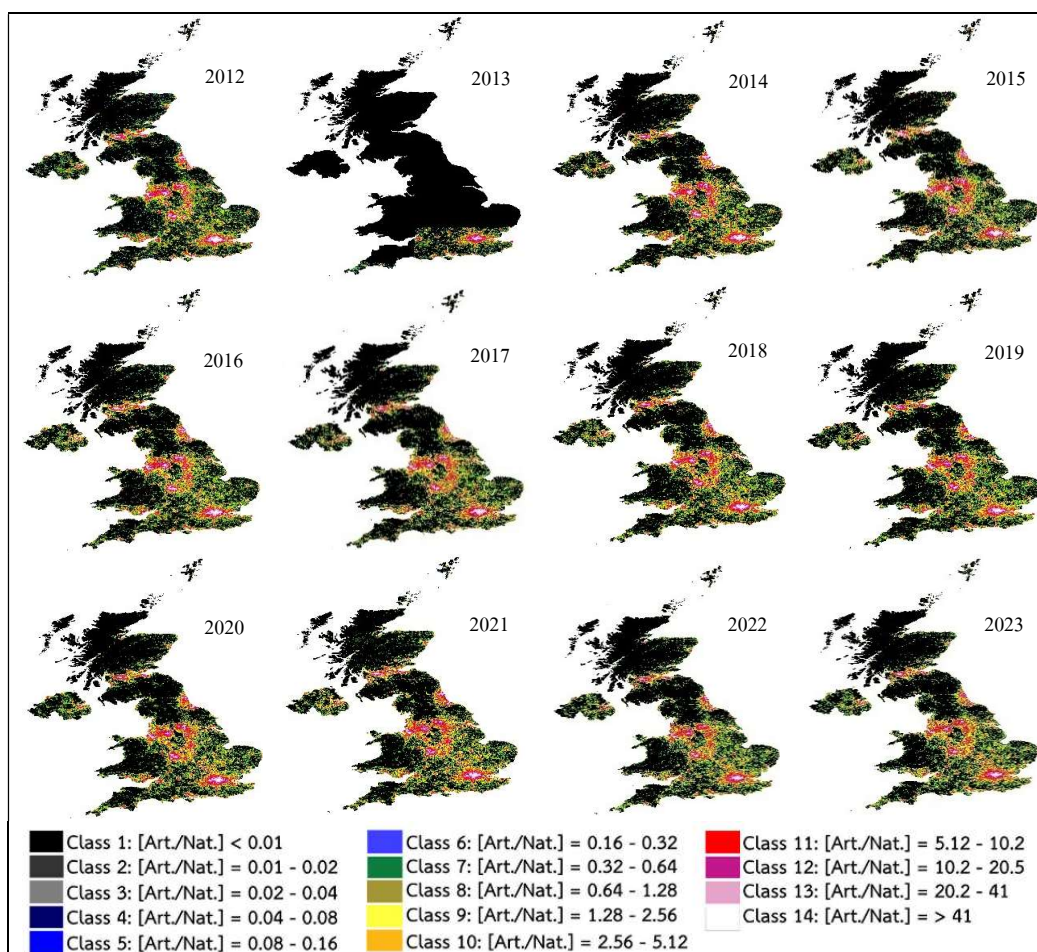
การเปรียบเทียบและบทสรุป

จากแผนที่ท้องฟ้ามืดของประเทศทั้งสี่ สามารถเห็นได้ว่าในช่วงปี 2012–2023 การเปลี่ยนแปลงของระดับความสว่างของท้องฟ้ายามค่ำคืนเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งเป็นผลมาจากการพัฒนาเมืองและการใช้แสงไฟที่เพิ่มขึ้น ปัญหามลพิษทางแสงไม่ได้จำกัดอยู่แค่ในประเทศพัฒนาแล้วเท่านั้น แต่ยังเกิดขึ้นในประเทศกำลังพัฒนาและประเทศที่มีพื้นที่ชนบทขนาดใหญ่

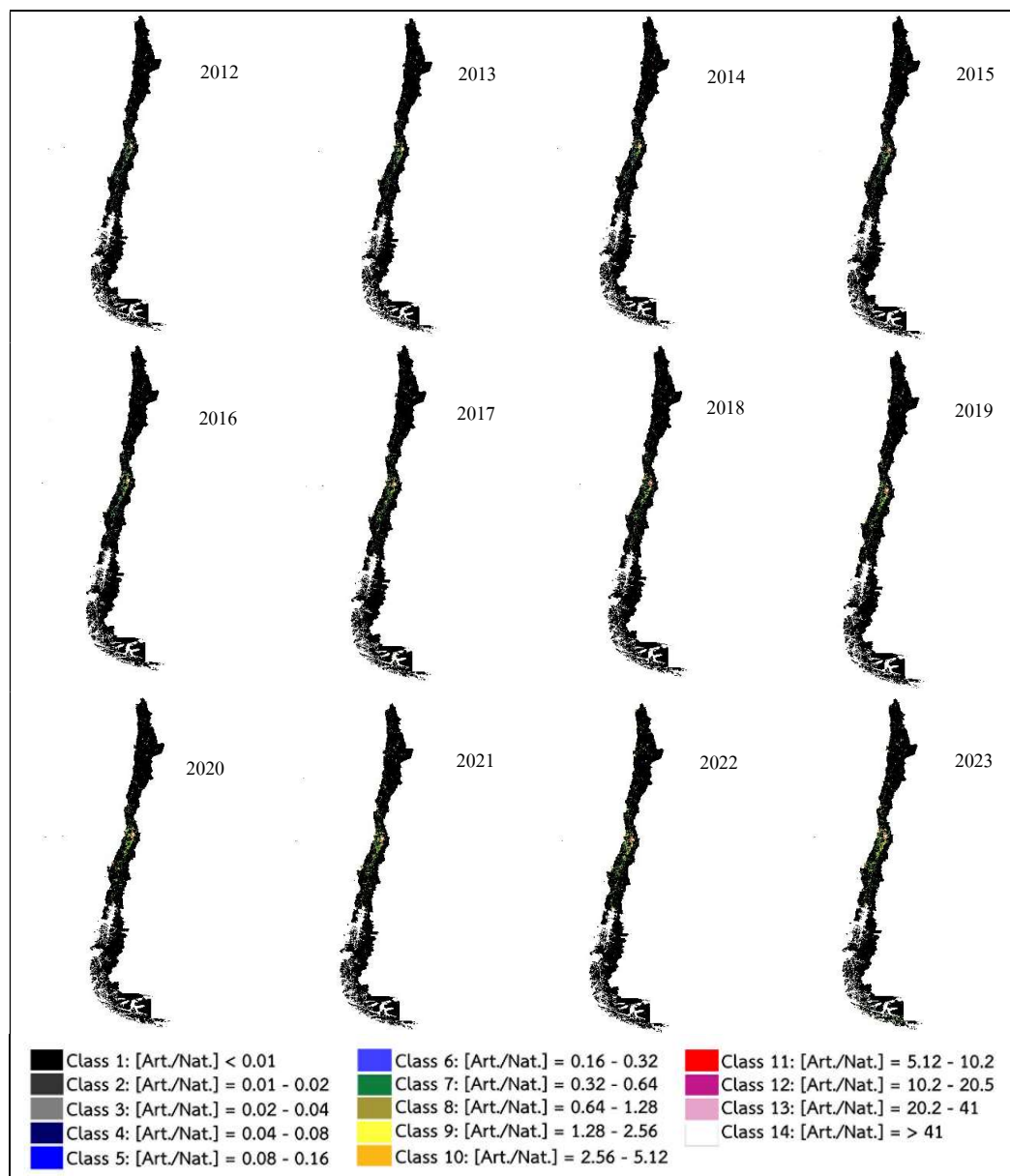
การอนุรักษ์ท้องฟ้ามืดเป็นเรื่องสำคัญไม่เพียงแต่ในแง่ของการปกป้องสิ่งแวดล้อม แต่ยังส่งเสริมการศึกษาและการวิจัยทางดาราศาสตร์ รวมถึงการพัฒนาอุตสาหกรรมการท่องเที่ยวเชิงดาราศาสตร์ การจัดการมลพิษทางแสงอย่างมีประสิทธิภาพ เช่น การใช้ไฟฟ้าที่ประหยัดพลังงานและมีการควบคุมทิศทางการส่องแสง จะช่วยลดผลกระทบจากการเพิ่มขึ้นของความสว่างของท้องฟ้าในอนาคต



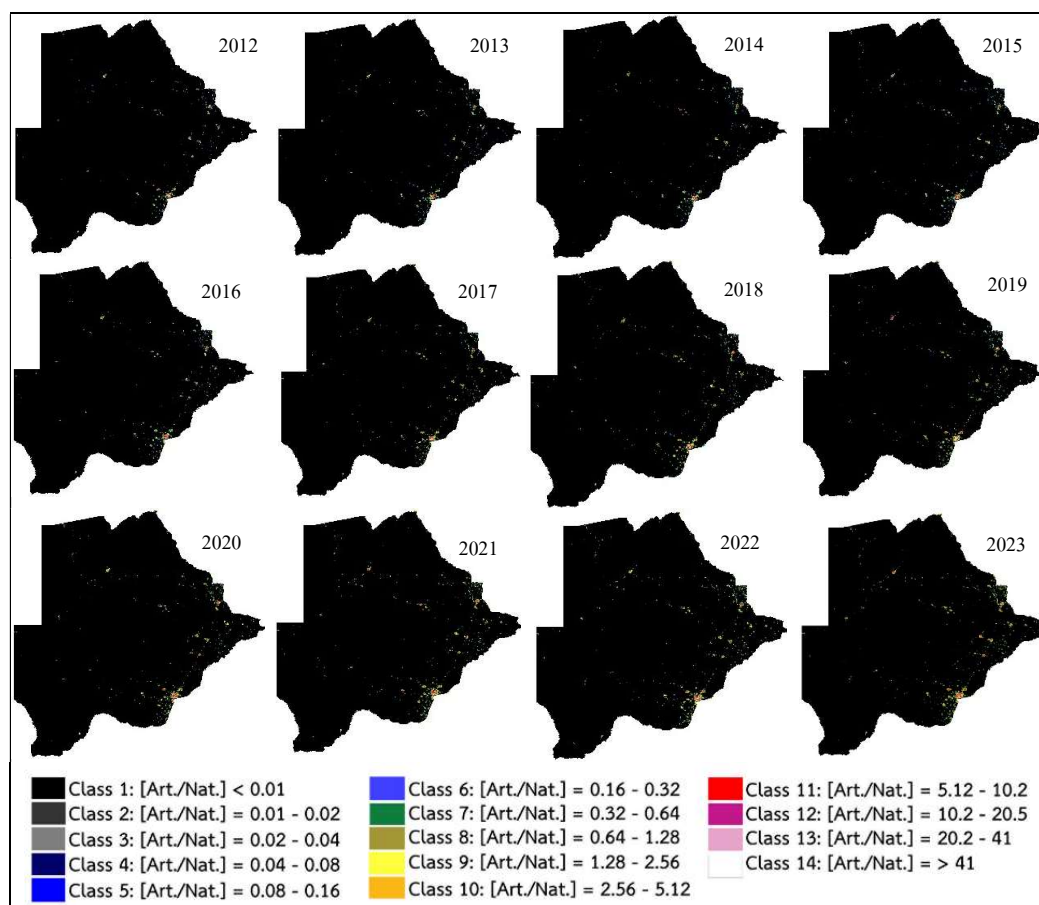
ภาพที่ 4.1 การเปลี่ยนแปลงความสว่างของท้องฟ้าของประเทศไทยตั้งแต่ปี 2012-2023 นำเสนอใน 14 คลาสที่กำหนดไว้ในตาราง



ภาพที่ 4.2 การเปลี่ยนแปลงความสว่างของท้องฟ้าของประเทศสหราชอาณาจักรตั้งแต่ปี 2012-2023 นำเสนอใน 14 คลาสส์ที่กำหนดไว้ในตาราง จะเห็นได้ว่าผลในปี ค.ศ. 2013 มีอุปกรณ์ VIIRS มีการเก็บภาพไม่ครอบคลุมพื้นที่ ทางผู้วิจัยจึงไม่นำผลไปใช้ในการวิเคราะห์ผล



ภาพที่ 4.3 การเปลี่ยนแปลงความสว่างของท้องฟ้าของประเทศไทยตั้งแต่ปี 2012-2023 นำเสนอใน 14 คลาสสีที่กำหนดไว้ในตาราง

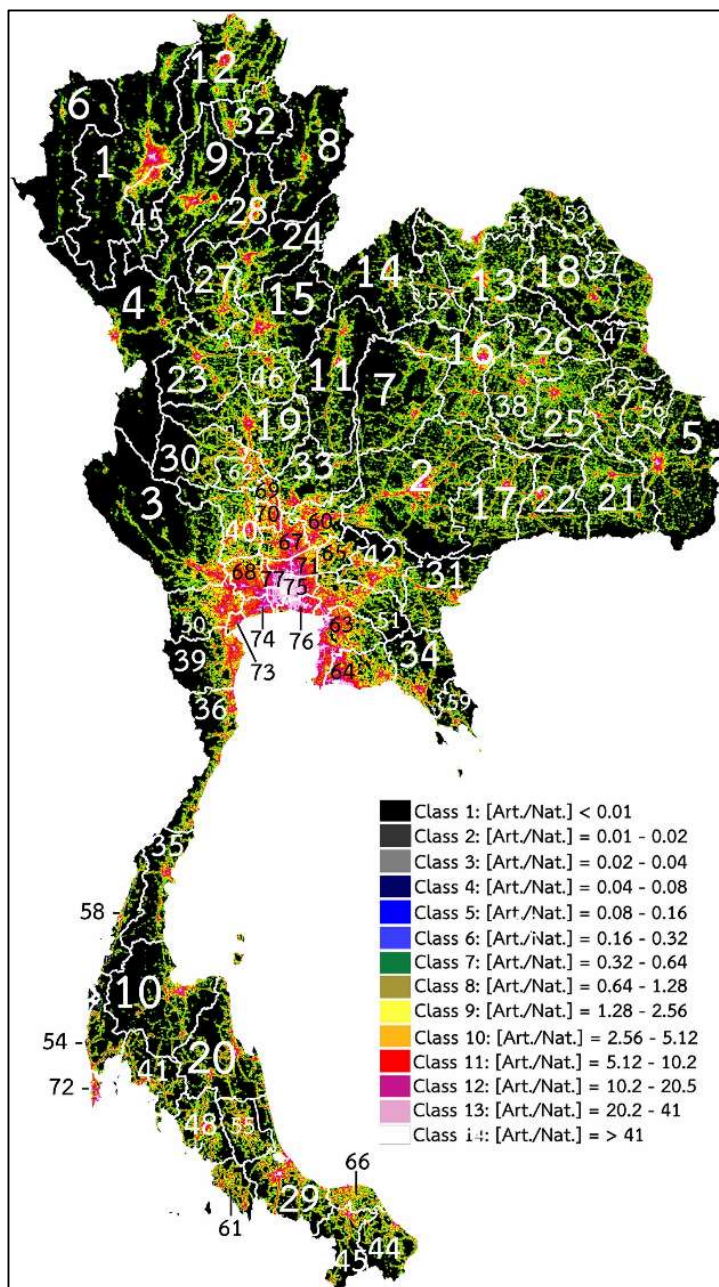


ภาพที่ 4.4 การเปลี่ยนแปลงความสว่างของท้องฟ้าของประเทศบอตสวานาตั้งแต่ปี 2012-2023
นำเสนอใน 14 คลาสสีที่กำหนดไว้ในตาราง

การระบุจุดเด่นของจังหวัดเชียงราย

แผนที่ท้องฟ้ามืดสำหรับปี 2023 ซึ่งมีการระบุหมายเลขอันดับสำหรับ 77 จังหวัดของประเทศไทยตามจำนวนพื้นที่ท้องฟ้ามืดที่มีศักยภาพ (คลาส 1-9) ได้ถูกนำเสนอในภาพที่ 4.5 ในขณะเดียวกัน ตารางที่ 4.1 แสดงจำนวนพื้นที่ของ 14 ประเภทท้องฟ้าในแต่ละจังหวัดของประเทศไทย ซึ่งเรียงตามลำดับตัวอักษรพร้อมกับการจัดอันดับตามจำนวนพื้นที่ที่มีศักยภาพเป็นท้องฟ้ามืดในคอลัมน์สุดท้าย การท่องเที่ยวชมท้องฟ้าที่มืดในอนาคตอาจได้รับประโยชน์จากตัวเลขการจัดอันดับเหล่านี้ ยกเว้นเมืองที่มีอันดับที่ 2 (นครราชสีมา), อันดับที่ 5 (อุบลราชธานี), และอันดับที่ 7 (ชัยภูมิ) ซึ่งเป็นที่รู้จักในฐานะจังหวัดที่มีพื้นที่ใหญ่ที่สุด เราอาจสังเกตเห็นว่าเมืองสิบอันดับแรกดูเหมือนจะเป็นเมืองชายแดนทางตะวันตกที่ตั้งอยู่ใกล้กับเทือกเขาตะนาวศรี ซึ่งทอดยาวในทิศเหนือ - ใต้ในจังหวัดทางตะวันตกของประเทศไทย และจากแผนที่ได้ระบุว่าจังหวัดเชียงรายอยู่ในอันดับที่ 12 ของประเทศ

ไทย พื้นที่นี้มีความสำคัญทั้งในด้านภูมิศาสตร์และสิ่งแวดล้อม และยังทำหน้าที่เป็นเขตแดนธรรมชาติที่สำคัญระหว่างประเทศไทยและเมียนมาอีกด้วย



ภาพที่ 4.5 แผนที่ท้องฟ้ามืดของประเทศไทยในปี 2023 หมายเลขการจัดอันดับสอดคล้องกับอันดับที่แสดงในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 4.1 สัดส่วนพื้นที่ของทั้ง 77 จังหวัดของประเทศไทยภายใต้ระดับความสว่างของท้องฟ้าประดิษฐ์ที่กำหนด

หมายเลข	พื้นที่ภายใต้ความสว่างของท้องฟ้าที่กำหนด 14 ประเภท* (km ²)									อันดับ+
	1	7	8	9	10	11	12	13	14	
1	1967 (50%)	579 (15%)	814 (21%)	357 (9%)	189 (5%)	39 (1%)	10 (0.3%)	5 (0.1%)	0	70
2	43 (4%)	0	34 (3%)	450 (40%)	341 (30%)	205 (18%)	52 (5%)	10 (0.9%)	1 (0.1%)	75
3	8	0	1	48 (3%)	200 (11%)	184 (10%)	304 (16%)	822 (44%)	313 (17%)	53
4	2760 (57%)	680 (14%)	800 (16%)	366 (8%)	172 (4%)	77 (2%)	10 (0.2%)	3 (0.1%)	0	17
5	5923 (49%)	1008 (8%)	2947 (24%)	1239 (10%)	720 (6%)	247 (2%)	55 (0.5%)	13 (0.1%)	1	51
6	2340 (38%)	180 (3%)	856 (14%)	1254 (20%)	906 (15%)	379 (6%)	185 (3%)	99 (1.6%)	13 (0.2%)	62
7	948 (32%)	51 (2%)	792 (26%)	639 (21%)	370 (12%)	164 (5%)	35 (1%)	5 (0.2%)	0	7
8	9849 (64%)	1228 (8%)	2580 (17%)	1022 (7%)	469 (3%)	140 (1%)	45 (0.3%)	7	1	34
9	4494 (59%)	180 (2%)	1223 (16%)	900 (12%)	477 (6%)	211 (3%)	71 (1%)	9 (0.1%)	0	1
10	21405 (79%)	1029 (4%)	2034 (7%)	1233 (5%)	830 (3%)	412 (2%)	188 (1%)	70 (0.3%)	14 (0.1%)	12
11	8565 (60%)	604 (4%)	2656 (19%)	1373 (10%)	720 (5%)	276 (2%)	66 (0.5%)	14 (0.1%)	0	63
12	808 (15%)	59 (1%)	461 (9%)	937 (18%)	1115 (21%)	743 (14%)	628 (12%)	412 (7.8%)	126 (3%)	35
13	4877 (69%)	248 (4%)	865 (12%)	522 (7%)	345 (5%)	156 (2%)	56 (1%)	9 (0.1%)	0	26
14	3950 (47%)	851 (10%)	2191 (26%)	790 (9%)	417 (5%)	161 (2%)	29 (0.3%)	11 (0.1%)	1	23
15	6227 (60%)	536 (5%)	2028 (19%)	912 (9%)	464 (4%)	187 (2%)	59 (1%)	15 (0.1%)	1	3
16	18028 (78%)	653 (3%)	2137 (9%)	1302 (6%)	746 (3%)	276 (1%)	84 (0.4%)	21 (0.1%)	2	16
17	5580 (43%)	1041 (8%)	3429 (27%)	1515 (12%)	774 (6%)	367 (3%)	172 (1%)	42 (0.3%)	6	41
18	3290 (58%)	282 (5%)	956 (17%)	598 (10%)	405 (7%)	117 (2%)	53 (1%)	4 (0.1%)	1	9
19	11286 (73%)	771 (5%)	1708 (11%)	880 (6%)	450 (3%)	203 (1%)	74 (0.5%)	13 (0.1%)	4	43
20	3662 (67%)	228 (4%)	584 (11%)	513 (9%)	349 (6%)	113 (2%)	39 (1%)	8 (0.1%)	2	14
21	9500 (75%)	1000 (8%)	1352 (11%)	496 (4%)	268 (2%)	94 (1%)	16 (0.1%)	3	0	33
22	4024 (51%)	471 (6%)	1589 (20%)	1024 (13%)	445 (6%)	233 (3%)	64 (1%)	11 (0.1%)	0	6
23	14581 (94%)	316 (2%)	438 (3%)	166 (1%)	39 (0.3%)	11 (0%)	3 (0.02%)	0	0	38
24	2799 (41%)	594 (9%)	2102 (31%)	711 (10%)	396 (6%)	163 (2%)	37 (1%)	18 (0.3%)	0	47
25	3271 (65%)	469 (9%)	696 (14%)	288 (6%)	191 (4%)	64 (1%)	23 (0.5%)	8 (0.2%)	0	65
26	1035 (40%)	10	361 (14%)	682 (27%)	337 (13%)	121 (5%)	22 (1%)	3 (0.1%)	0	68

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

หมายเลข	พื้นที่ภายใต้ความสว่างของท้องฟ้าที่กำหนด 14 ประเภท* (km ²)									อันดับ
	1	7	8	9	10	11	12	13	14	
27	116 (4%)	0	63 (2%)	616 (24%)	874 (34%)	539 (21%)	283 (11%)	84 (3.3%)	5 (0.2%)	37
28	3381 (50%)	926 (14%)	1394 (20%)	607 (9%)	349 (5%)	121 (2%)	25 (0.4%)	17 (0.2%)	2	2
29	12917 (52%)	1890 (8%)	5218 (21%)	2667 (11%)	1383 (6%)	670 (3%)	252 (1%)	55 (0.2%)	10	19
30	6218 (54%)	665 (6%)	2499 (22%)	1292 (11%)	550 (5%)	238 (2%)	77 (1%)	12 (0.1%)	2	20
31	7392 (63%)	245 (2%)	1729 (15%)	1197 (10%)	679 (6%)	297 (3%)	89 (1%)	17 (0.1%)	2	8
32	12466 (83%)	593 (4%)	1126 (8%)	472 (3%)	249 (2%)	70 (0%)	15 (0.1%)	0	0	44
33	3124 (60%)	138 (3%)	875 (17%)	608 (12%)	326 (6%)	102 (2%)	39 (1%)	12 (0.2%)	1	49
34	2553 (51%)	601 (12%)	1106 (22%)	404 (8%)	186 (4%)	85 (2%)	33 (1%)	4 (0.1%)	0	57
35	1797 (46%)	362 (9%)	838 (21%)	499 (13%)	298 (8%)	87 (2%)	33 (1%)	9 (0.2%)	1	77
36	0	0	0	40 (5%)	144 (19%)	135 (17%)	193 (25%)	241 (31%)	20 (3%)	71
37	19 (1%)	0	1	255 (14%)	466 (25%)	431 (23%)	407 (22%)	236 (13%)	28 (2%)	66
38	431 (19%)	16 (1%)	599 (26%)	634 (28%)	418 (18%)	125 (6%)	34 (1%)	10 (0.4%)	3 (0.1%)	54
39	2995 (66%)	157 (3%)	545 (12%)	424 (9%)	245 (5%)	120 (3%)	34 (1%)	4 (0.1%)	0	55
40	2422 (53%)	65 (1%)	810 (18%)	681 (15%)	410 (9%)	130 (3%)	32 (1%)	6 (0.1%)	0	32
41	5322 (69%)	364 (5%)	1042 (14%)	536 (7%)	281 (4%)	84 (1%)	28 (0.4%)	2	0	11
42	10437 (69%)	862 (6%)	2167 (14%)	910 (6%)	456 (3%)	192 (1%)	46 (0.3%)	13 (0.1%)	1	39
43	4479 (61%)	135 (2%)	619 (8%)	761 (10%)	793 (11%)	393 (5%)	124 (2%)	25 (0.3%)	3	46
44	2001 (38%)	168 (3%)	1700 (32%)	863 (16%)	403 (8%)	113 (2%)	25 (0.5%)	2	0	15
45	8637 (67%)	635 (5%)	1814 (14%)	975 (8%)	493 (4%)	197 (2%)	86 (1%)	19 (0.1%)	9 (0.1%)	67
46	306 (10%)	0	183 (6%)	756 (25%)	851 (28%)	555 (18%)	299 (10%)	112 (3.6%)	15 (0.5%)	28
47	5783 (72%)	281 (4%)	826 (10%)	623 (8%)	296 (4%)	128 (2%)	38 (0.5%)	4 (0.1%)	0	72
48	30 (5%)	0	6 (1%)	96 (17%)	118 (21%)	114 (20%)	126 (22%)	75 (13.1%)	6 (1%)	42
49	2697 (44%)	103 (2%)	1070 (18%)	1143 (19%)	687 (11%)	261 (4%)	94 (2%)	23 (0.4%)	5 (0.1%)	36
50	4378 (58%)	235 (3%)	993 (13%)	848 (11%)	633 (8%)	274 (4%)	100 (1%)	23 (0.3%)	0	58
51	2599 (73%)	190 (5%)	368 (10%)	221 (6%)	148 (4%)	44 (1%)	9 (0.3%)	5 (0.1%)	0	50
52	2538 (41%)	134 (2%)	748 (12%)	1213 (20%)	930 (15%)	432 (7%)	158 (3%)	40 (0.6%)	5 (0.1%)	64

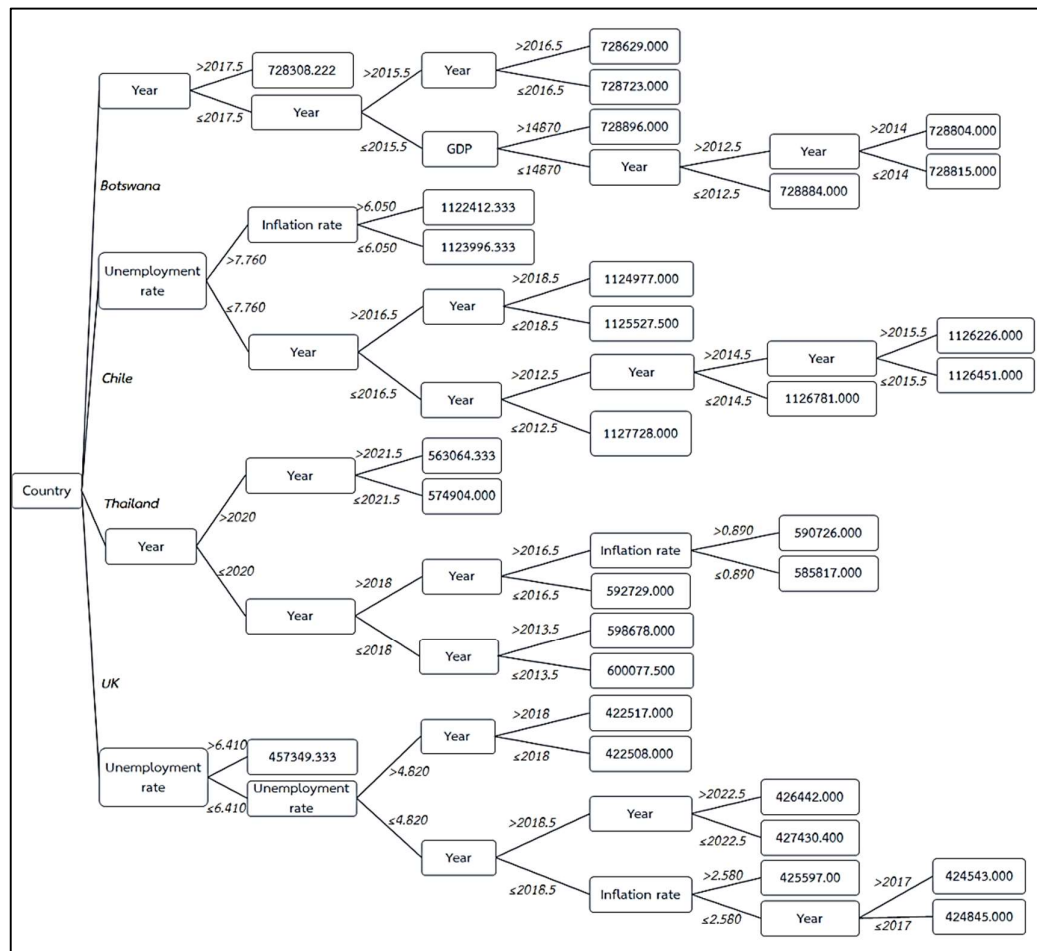
ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

หมายเลข	พื้นที่ภายใต้ความสว่างของท้องฟ้าที่กำหนด 14 ประเภท* (km ²)									อันดับ†
	1	7	8	9	10	11	12	13	14	
53	740 (17%)	30 (1%)	556 (13%)	911 (21%)	786 (18%)	604 (14%)	417 (10%)	237 (5.4%)	103 (2%)	25
54	3756 (40%)	1206 (13%)	2843 (30%)	914 (10%)	493 (5%)	220 (2%)	51 (1%)	7 (0.1%)	2	31
55	4536 (56%)	478 (6%)	1622 (20%)	847 (10%)	455 (6%)	155 (2%)	62 (1%)	10 (0.1%)	2	18
56	6631 (57%)	1423 (12%)	2102 (18%)	802 (7%)	477 (4%)	173 (1%)	56 (0.5%)	10 (0.1%)	0	76
57	31 (3%)	0	0	26 (2%)	122 (11%)	241 (21%)	267 (24%)	357 (32%)	91 (8%)	73
58	19 (2%)	0	0	109 (11%)	320 (31%)	244 (24%)	221 (21%)	109 (12%)	7 (0.7%)	
59	32 (7%)	0	9 (2%)	74 (15%)	199 (41%)	111 (23%)	57 (12%)	8 (2%)	0 74	60
60	1017 (24%)	71 (2%)	565 (13%)	1113 (26%)	741 (18%)	415 (10%)	216 (5%)	64 (2%)	5 (0.1%)	61
61	1601 (49%)	51 (2%)	544 (17%)	502 (16%)	370 (11%)	141 (4%)	25 (1%)	3 (0.1%)	0	21
62	5749 (54%)	1164 (11%)	2426 (23%)	809 (8%)	407 (4%)	138 (1%)	36 (0.3%)	6 (0.1%)	0	69
63	138 (14%)	0	136 (14%)	300 (30%)	238 (24%)	144 (15%)	30 (3%)	2 (0.2%)	0	29
64	4574 (52%)	242 (3%)	1408 (16%)	1278 (14%)	749 (8%)	401 (5%)	141 (2%)	67 (0.8%)	19 (0.2%)	27
65	4909 (60%)	423 (5%)	1416 (17%)	807 (10%)	395 (5%)	165 (2%)	44 (1%)	8 (0.1%)	0	40
66	2214 (34%)	93 (1%)	1504 (23%)	1642 (25%)	696 (11%)	303 (5%)	92 (1%)	21 (0.3%)	3	10
67	11398 (74%)	422 (3%)	1516 (10%)	1100 (7%)	523 (3%)	249 (2%)	115 (1%)	37 (0.2%)	1	22
68	5987 (56%)	1170 (11%)	1983 (19%)	802 (8%)	495 (5%)	173 (2%)	32 (0.3%)	8 (0.1%)	0	4
69	17944 (86%)	533 (3%)	1182 (6%)	640 (3%)	347 (2%)	131 (1%)	53 (0.3%)	15 (0.1%)	0	48
70	2671 (50%)	126 (2%)	1099 (20%)	794 (15%)	446 (8%)	158 (3%)	70 (1%)	11 (0.2%)	3 (0.1%)	59
71	2179 (66%)	168 (5%)	467 (14%)	282 (9%)	130 (4%)	46 (1%)	11 (0.3%)	2 (0.1%)	0	5
72	12103 (65%)	1980 (11%)	2499 (13%)	1161 (6%)	634 (3%)	203 (1%)	77 (0.4%)	27 (0.1%)	7	13
73	7121 (53%)	1485 (11%)	2977 (22%)	1128 (8%)	544 (4%)	163 (1%)	73 (1%)	32 (0.2%)	1	30
74	5531 (69%)	153 (2%)	1132 (14%)	670 (8%)	442 (5%)	93 (1%)	18 (0.2%)	7 (0.1%)	1	24
75	7048 (73%)	387 (4%)	1244 (13%)	582 (6%)	287 (3%)	125 (1%)	32 (0.3%)	7 (0.1%)	0	45
76	3325 (64%)	131 (3%)	684 (13%)	603 (12%)	291 (6%)	103 (2%)	46 (1%)	13 (0.3%)	3 (0.1%)	52
77	2437 (49%)	671 (13%)	1078 (22%)	441 (9%)	232 (5%)	95 (2%)	25 (1%)	2 (0.04%)	0	56

*ข้อมูลในคลาสที่ 2 ถึงคลาสที่ 6 ไม่ถูกตรวจพบ †จัดอันดับตามผลรวมของพื้นที่ที่ครอบคลุมคลาสที่ 1 – คลาสที่ 9 ซึ่งสามารถมองเห็นทางช้างเผือกได้

ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงความสว่างท้องฟ้าของประเทศไทย

การเปลี่ยนแปลงของความสว่างท้องฟ้าคลาส 1 - 14 ในประเทศไทย สหราชอาณาจักร ชิลี และบอตสวานาในช่วงปี 2012-2023 แสดงไว้ในตารางที่ 4.2 พบว่าจำนวนพื้นที่ท้องฟ้ามืดที่อาจเกิดขึ้นระหว่างสามประเทศ (ยกเว้นบอตสวานาเนื่องจากอัตราแทบไม่เปลี่ยนแปลง) ถูกคาดการณ์ได้ดีที่สุดโดยแบบจำลองแผนผังการตัดสินใจดังแสดงในภาพที่ 4.6



ภาพที่ 4.6 แผนผังโมเดล Decision trees

ตารางที่ 4.2 การเปลี่ยนแปลงความสว่างของท้องฟ้าระหว่างปี 2012-2023 ในประเทศไทย สหราชอาณาจักร ซิลี และบอตสวานา

ปี	พื้นที่ภายใต้ความสว่างของท้องฟ้าที่กำหนด 14 ประเภท* (km ²)													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	ประเทศไทย													
2012	466044	1672	3935	9100	18067	27898	30575	24528	16265	10397	6474	3822	1677	423
	(75%)	(0.3%)	(0.6%)	(1.5%)	(3%)	(4%)	(5%)	(4%)	(3%)	(2%)	(%1)	(0.6%)	(0.3%)	(0.1%)
2013	466667	98	502	3714	17615	35290	36390	26025	15770	9467	5516	2855	937	131
	(75%)	(0.0%)	(0.1%)	(0.6%)	(3%)	(6%)	(6%)	(4%)	(3%)	(2%)	(%1)	(0.5%)	(0.2%)	(0.0%)
2014	460791	12	136	1302	10829	33622	41715	31217	19054	10999	6385	3444	1191	180
	(74%)	(0.0%)	(0.0%)	(0.2%)	(2%)	(5%)	(7%)	(5%)	(3%)	(2%)	(%1)	(0.6%)	(0.2%)	(0.0%)
2015	452522	0	11	257	6824	31939	43345	34740	22772	13677	7834	4324	2150	492
	(73%)		(0.0%)	(0.0%)	(1%)	(5%)	(7%)	(6%)	(4%)	(2%)	(%1)	(0.7%)	(0.3%)	(0.1%)
2016	443900	257	1006	4731	16260	32544	38592	32994	22445	13689	7665	4322	2035	437
	(71%)	(0.0%)	(0.2%)	(0.8%)	(3%)	(5%)	(6%)	(5%)	(4%)	(2%)	(%1)	(0.7%)	(0.3%)	(0.1%)
2017	433311	0	0	0	1	10317	59650	51003	31479	17875	9228	5093	2390	530
	(70%)				(0.0%)	(2%)	(10%)	(8%)	(5%)	(3%)	(%1)	(0.8%)	(0.4%)	(0.1%)
2018	431548	0	0	9	430	22093	60598	47374	28674	16060	7997	4278	1558	258
	(70%)			(0.0%)	(0.1%)	(4%)	(10%)	(8%)	(5%)	(3%)	(%1)	(0.7%)	(0.3%)	(0.0%)
2019	422557	0	0	21	1596	25055	57272	47891	31537	18203	9175	4977	2139	454
	(68%)			(0.0%)	(0.3%)	(4%)	(9%)	(8%)	(5%)	(3%)	(%1)	(0.8%)	(0.3%)	(0.1%)
2020	426187	0	0	0	0	2156	52105	63106	38016	20841	10220	5353	2442	451
	(69%)				(0.0%)	(0.3%)	(8%)	(10%)	(6%)	(3%)	(%2)	(0.9%)	(0.4%)	(0.1%)
2021	388610	0	5	24	87	2863	65282	76209	41824	24300	12088	5860	3028	697
	(63%)		(0.0%)	(0.0%)	(0.01%)	(0.5%)	(11%)	(12%)	(7%)	(4%)	(%2)	(0.9%)	(0.5%)	(0.1%)
2022	389176	0	0	0	0	781	52238	75710	48167	29403	14274	6900	3442	786
	(63%)					(0.1%)	(8%)	(12%)	(8%)	(5%)	(%2)	(1.1%)	(0.6%)	(0.1%)
2023	369949	0	0	0	0	0	34240	94965	57895	35620	16274	7326	3756	852
	(60%)						(6%)	(15%)	(9%)	(6%)	(%3)	(1.2%)	(0.6%)	(0.1%)

ตารางที่ 4.2 (ต่อ)

ปี	พื้นที่ภายใต้ความสว่างของท้องฟ้าที่กำหนด 14 ประเภท* (km ²)													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	สหราชอาณาจักร													
2012	303615 (63%)	0	0	9	733 (0.2%)	11755 (2.4%)	38606 (8%)	42030 (9%)	29532 (6%)	19900 (4%)	15411 (3%)	13897 (3%)	7720 (2%)	2154 (0.4%)
2013	448500 (92%)	0	1	20	350 (0.1%)	2996 (0.6%)	7563 (2%)	7760 (2%)	5694 (1%)	4556 (1%)	3912 (1%)	2805 (1%)	1024 (0%)	181 (0.0%)
2014	310696 (64%)	0	0	0	2 (0.0%)	1374 (0.3%)	22107 (5%)	50653 (10%)	37224 (8%)	22456 (5%)	16149 (3%)	13915 (3%)	8258 (2%)	2528 (0.5%)
2015	306510 (63%)	0	0	0	0 (0.0%)	365 (0.1%)	21654 (4%)	56316 (12%)	37663 (8%)	22165 (5%)	16124 (3%)	13661 (3%)	8205 (2%)	2699 (0.6%)
2016	309441 (64%)	0	0	0	84 (0.0%)	2855 (0.6%)	23814 (5%)	52002 (11%)	36649 (8%)	21623 (4%)	15921 (3%)	13216 (3%)	7445 (2%)	2312 (0.5%)
2017	313845 (65%)	0	0	0	0 (0.0%)	148 (0.0%)	12651 (3%)	57519 (12%)	41434 (9%)	22761 (5%)	16031 (3%)	12731 (3%)	6404 (1%)	1841 (0.4%)
2018	311402 (64%)	0	0	0	0 (0.0%)	75 (0.0%)	10523 (2%)	58424 (12%)	44119 (9%)	23572 (5%)	16323 (3%)	12598 (3%)	6460 (1%)	1866 (0.4%)
2019	313347 (65%)	0	0	0	0 (0.0%)	53 (0.0%)	11546 (2%)	58560 (12%)	42677 (9%)	23216 (5%)	16191 (3%)	12259 (3%)	5840 (1%)	1673 (0.3%)
2020	317159 (65%)	0	0	0	0 (0.0%)	134 (0.0%)	10574 (2%)	56712 (12%)	43047 (9%)	23036 (5%)	15986 (3%)	11802 (2%)	5311 (1%)	1601 (0.3%)
2021	306778 (63%)	0	0	0	4 (0.0%)	280 (0.1%)	5767 (1%)	58557 (12%)	51131 (11%)	25375 (5%)	16855 (3%)	12620 (3%)	6205 (1%)	1790 (0.4%)
2022	313578 (65%)	0	0	0	0 (0.0%)	0 (0.0%)	9915 (2%)	62444 (13%)	42154 (9%)	22594 (5%)	16102 (3%)	11673 (2%)	5280 (1%)	1622 (0.3%)
2023	307574 (63%)	0	0	0	0 (0.0%)	0 (0.0%)	5455 (1%)	65735 (14%)	47678 (10%)	23739 (5%)	16504 (3%)	11701 (2%)	5242 (1%)	1734 (0.4%)

ตารางที่ 4.2 (ต่อ)

ปี	พื้นที่ภายใต้ความสว่างของท้องฟ้าที่กำหนด 14 ประเภท* (km ²)													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	ซีลี													
2012	1087362 (96%)	290 (0.0%)	904 (0.1%)	2808 (0.2%)	6136 (0.5%)	9230 (1%)	9278 (1%)	6942 (1%)	4778 (0.4%)	2994 (0.3%)	2043 (0.2)	1548 (0.1%)	1427 (0.13%)	1016 (0.09%)
2013	1086218 (96%)	3 (0.0%)	39 (0.0%)	307 (0.0%)	4385 (0.4%)	10876 (1%)	11395 (1%)	8306 (1%)	5414 (0.5%)	3272 (0.3%)	2301 (0.2)	1556 (0.1%)	1419 (0.12%)	1265 (0.11%)
2014	1085341 (95%)	18 (0.0%)	74 (0.0%)	804 (0.1%)	4495 (0.4%)	10168 (1%)	11599 (1%)	8607 (1%)	5594 (0.5%)	3415 (0.3%)	2294 (0.2)	1621 (0.1%)	1466 (0.13%)	1260 (0.11%)
2015	1083768 (95%)	7 (0.0%)	113 (0.0%)	1157 (0.1%)	5078 (0.4%)	10282 (1%)	11492 (1%)	8878 (1%)	5676 (0.5%)	3496 (0.3%)	2362 (0.2)	1670 (0.1%)	1514 (0.13%)	1263 (0.11%)
2016	1082050 (95%)	68 (0.0%)	274 (0.0%)	1461 (0.1%)	5484 (0.5%)	10402 (1%)	11868 (1%)	8970 (1%)	5649 (0.5%)	3622 (0.3%)	2426 (0.2)	1716 (0.2%)	1525 (0.13%)	1241 (0.11%)
2017	1081209 (95%)	0	0	0	3 (0.0%)	6810 (1%)	17739 (2%)	12824 (1%)	7010 (0.6%)	3968 (0.3%)	2580 (0.2)	1766 (0.2%)	1547 (0.14%)	1300 (0.11%)
2018	1079595 (95%)	0	0	0	23 (0.0%)	7678 (1%)	17629 (2%)	13111 (1%)	7289 (0.6%)	4114 (0.4%)	2599 (0.2)	1785 (0.2%)	1599 (0.14%)	1334 (0.12%)
2019	1078248 (95%)	0	0	0	270 (0.0%)	7997 (1%)	17453 (2%)	13399 (1%)	7610 (0.7%)	4271 (0.4%)	2739 (0.2)	1788 (0.2%)	1629 (0.14%)	1352 (0.12%)
2020	1079041 (95%)	0	0	0	0	3486 (0.3%)	17514 (2%)	15750 (1%)	8526 (0.8%)	4785 (0.4%)	2805 (0.2)	1885 (0.2%)	1680 (0.15%)	1284 (0.11%)
2021	1070930 (94%)	3 (0.0%)	3 (0.0%)	8 (0.0%)	42 (0.0%)	3611 (0.3%)	22296 (2%)	17707 (2%)	9236 (0.8%)	5026 (0.4%)	2913 (0.3)	1962 (0.2%)	1724 (0.15%)	1295 (0.11%)
2022	1068600 (94%)	0	0	0	2 (0.0%)	1489 (0.1%)	22624 (2%)	19866 (2%)	10331 (0.9%)	5515 (0.5%)	3082 (0.3)	2075 (0.2%)	1755 (0.15%)	1417 (0.12%)
2023	1049765 (92%)	0	1 (0.0%)	2 (0.0%)	11 (0.0%)	982 (0.1%)	29580 (3%)	28089 (2%)	12983 (1.1%)	6266 (0.6%)	3353 (0.3)	2221 (0.2%)	1786 (0.16%)	1717 (0.15%)

ตารางที่ 4.2 (ต่อ)

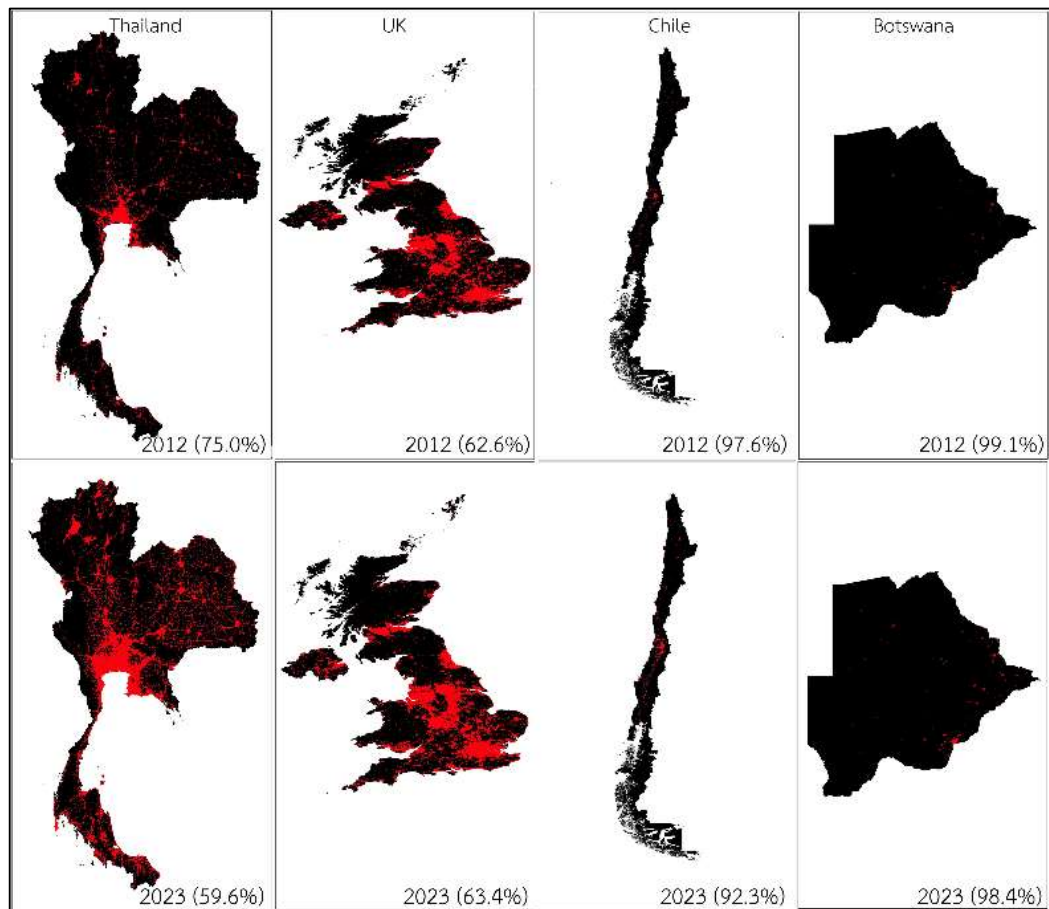
ปี	พื้นที่ภายใต้ความสว่างของท้องฟ้าที่กำหนด 14 ประเภท* (km ²)													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	บอดสวานา													
2012	723856 (99.2%)	158 (0.02%)	266 (0.04%)	503 (0.1%)	773 (0.1%)	1011 (0.1%)	960 (0.1%)	738 (0.10%)	619 (0.08%)	422 (0.06%)	291 (0.04%)	177 (0.02%)	81 (0.01%)	9 (0.001%)
2013	723358 (99.1%)	0	0	83 (0.0%)	997 (0.1%)	1488 (0.2%)	1277 (0.2%)	921 (0.13%)	691 (0.09%)	475 (0.07%)	297 (0.04%)	193 (0.03%)	73 (0.01%)	11 (0.002%)
2014	723491 (99.1%)	72 (0.01%)	186 (0.03%)	494 (0.1%)	957 (0.1%)	1196 (0.2%)	1060 (0.1%)	801 (0.11%)	639 (0.09%)	446 (0.06%)	280 (0.04%)	170 (0.02%)	68 (0.01%)	4 (0.001%)
2015	722826 (99.0%)	15 (0.00%)	113 (0.02%)	502 (0.1%)	1071 (0.1%)	1388 (0.2%)	1249 (0.2%)	944 (0.13%)	696 (0.10%)	492 (0.07%)	300 (0.04%)	193 (0.03%)	71 (0.01%)	4 (0.001%)
2016	722801 (99.0%)	116 (0.02%)	255 (0.03%)	554 (0.1%)	931 (0.1%)	1249 (0.2%)	1184 (0.2%)	910 (0.12%)	723 (0.10%)	542 (0.07%)	317 (0.04%)	194 (0.03%)	82 (0.01%)	6 (0.001%)
2017	722276 (99.0%)	0	0	0	15 (0.0%)	1917 (0.3%)	2236 (0.3%)	1342 (0.18%)	843 (0.12%)	616 (0.08%)	335 (0.05%)	190 (0.03%)	86 (0.01%)	8 (0.001%)
2018	721714 (98.9%)	0	0	0	0	1696 (0.2%)	2507 (0.3%)	1530 (0.21%)	904 (0.12%)	670 (0.09%)	348 (0.05%)	204 (0.03%)	84 (0.01%)	7 (0.001%)
2019	721401 (98.8%)	0	0	0	235 (0.0%)	1986 (0.3%)	2232 (0.3%)	1565 (0.21%)	966 (0.13%)	715 (0.10%)	418 (0.06%)	237 (0.03%)	98 (0.01%)	11 (0.002%)
2020	721642 (98.9%)	0	0	0	1 (0.0%)	1075 (0.1%)	2629 (0.4%)	1847 (0.25%)	1164 (0.16%)	746 (0.10%)	423 (0.06%)	230 (0.03%)	94 (0.01%)	13 (0.002%)
2021	720177 (98.7%)	0	0	0	1 (0.0%)	1188 (0.2%)	3489 (0.5%)	2167 (0.30%)	1274 (0.17%)	785 (0.11%)	457 (0.06%)	228 (0.03%)	92 (0.01%)	6 (0.001%)
2022	719615 (98.6%)	0	0	0	0	1166 (0.2%)	3653 (0.5%)	2381 (0.33%)	1346 (0.18%)	852 (0.12%)	507 (0.07%)	240 (0.03%)	95 (0.01%)	9 (0.001%)
2023	718527 (98.5%)	0	0	0	0	649 (0.3%)	4329 (0.6%)	2916 (0.37%)	1546 (0.19%)	948 (0.13%)	562 (0.08%)	263 (0.03%)	107 (0.01%)	17 (0.01%)

ตารางที่ 4.3 ค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์และน้ำหนักที่ได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

แบบจำลอง	ความคลาด เคลื่อน สัมพัทธ์ (%)	น้ำหนักของปัจจัย					
		ชื่อประเทศ	เวลา	ประชากร	อัตราเงิน เพื่อ	GDP	อัตราการ ว่างงาน
GLM	1.2±0.3	0.257	0.022	0	0	0	0
Random forest	1.1±0.5	0.232	0.03	0.019	0	0.004	0
Decision trees	0.4±0.3	0.237	0.012	0.005	0	0	0
Deep Learning	2.3±0.8	0.242	0.018	0.019	0	0	0
GBT	0.9±0.4	0.251	0.025	0.016	0	0	0
Average		0.24±0.01	0.021 ±0.007	0.008 ±0.009	0.004 ±0.008	0.001 ±0.002	0

จากตารางที่ 4.3 แบบจำลอง Decision Tree ให้ค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์น้อยที่สุด โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ (δ) ที่ $0.4\% \pm 0.3\%$ ในขณะที่ Gradient boost tree ($\delta = 0.9\% \pm 0.4\%$), Random forest ($\delta = 1.1\% \pm 0.5\%$), General linear model ($\delta = 1.2\% \pm 0.3\%$) และ Deep learning ($\delta = 2.3\% \pm 0.8\%$) ให้ความคลาดเคลื่อนที่ต่ำกว่า แต่แบบจำลองทั้งหมดชี้ให้เห็นว่าแอตทริบิวต์ชื่อประเทศเพียงอย่างเดียวส่งผลต่ออัตราการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญโดยมีน้ำหนักเฉลี่ย 0.24 ± 0.01 นี่หมายความว่าทั้งประชากรที่สูงขึ้น ร่ำรวยกว่า หรือเรื่องเศรษฐกิจอื่น ๆ ไม่ใช่สาเหตุในการสร้างมลพิษทางแสงมากขึ้น แต่นโยบายเขตสงวนท้องฟ้ามืดของประเทศนั้นมีความสำคัญอย่างแท้จริง

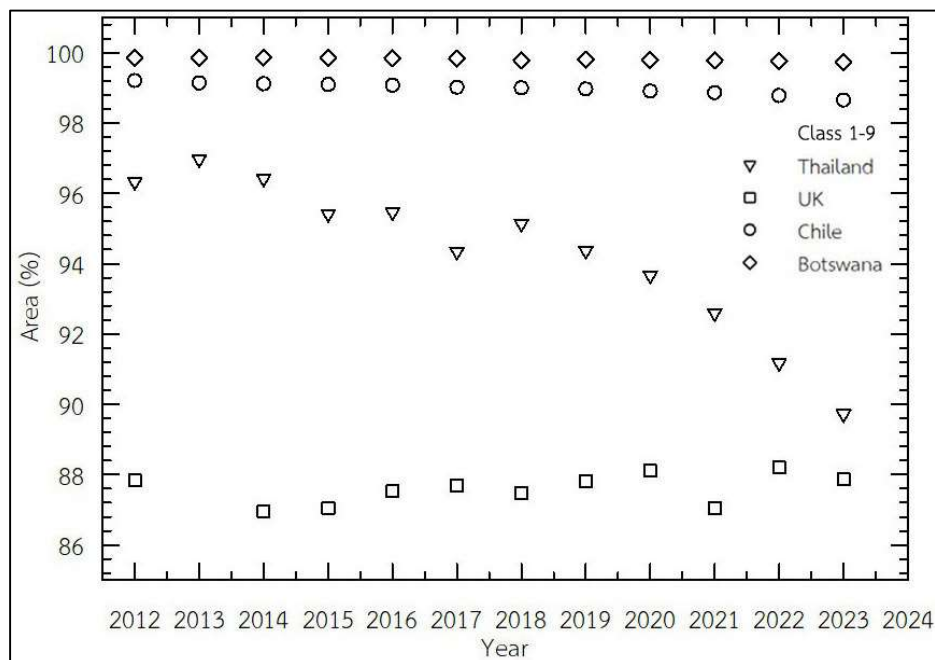
ภาพที่ 4.7 และ 4.8 แสดงเปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ท้องฟ้ามืดที่อาจเกิดขึ้น (คลาส 1-9) ของสี่ประเทศในช่วงปี 2012-2023 เมื่อเทียบกับประเทศอื่น ๆ ประเทศไทยสูญเสียท้องฟ้ามืดบริสุทธิ์ในอัตราที่สูงกว่ามาก (75.0% ในปี 2012 - 59.6% ในปี 2023) เมื่อเทียบกับสหราชอาณาจักร ซึ่งพื้นที่ท้องฟ้ามืดยังคงแทบไม่เปลี่ยนแปลงเช่นกัน (62.6% ในปี 2012 - 63.4% ในปี 2023) ในขณะเดียวกันเปอร์เซ็นต์ของท้องฟ้ามืดบริสุทธิ์ในบอตสวานายังคงแทบไม่เปลี่ยนแปลง (99.1% ในปี 2012 ถึง 98.4% ในปี 2023) และมลพิษทางแสงดูเหมือนจะน้อยที่สุดในโลกและดีกว่าของชิลีด้วยซ้ำ (97.6% ในปี 2012 ถึง 92.3% ในปี 2023) ซึ่งเป็นที่ตั้งของหอดูดาวระหว่างประเทศที่สำคัญ



ภาพที่ 4.7 การเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่ในท้องฟ้ามืดที่มีศักยภาพ (คลาส 1-9) ตั้งแต่ปี 2012 ถึง 2023
ใน 4 ประเทศที่ศึกษา

***สีดำ หมายถึงท้องฟ้ามืดที่มีศักยภาพ (potential dark sky) เป็นท้องฟ้ามืดคลาส 1-9 ซึ่งเป็น
ท้องฟ้าที่สามารถมองเห็นทางช้างเผือกได้ด้วยตาเปล่า

สีแดง หมายถึงท้องฟ้ามืดที่ไม่เหมาะสมต่อการดูดาว เป็นท้องฟ้ามืดคลาส 10-14 ซึ่งเป็นท้องฟ้าที่
ไม่สามารถมองเห็นทางช้างเผือกได้ด้วยตาเปล่า



ภาพที่ 4.8 การเปลี่ยนแปลงในพื้นที่ท้องฟ้ามืดที่มีศักยภาพ (คลาส 1-9) ของสี่ประเทศ ตั้งแต่ปี 2012 ถึง 2023

ทางผู้วิจัยขอแจ้งว่า ข้อมูล VIIRS สำหรับสหราชอาณาจักรในปี 2013 ไม่ได้แสดงที่นี้ เนื่องจากข้อมูลที่มีอยู่ในเว็บไซต์ VIIRS ดูเหมือนจะไม่สมบูรณ์ ดาวเทียมตรวจจับได้เพียงส่วนล่างของสหราชอาณาจักรเท่านั้น ดังนั้นเราขอแนะนำให้ใช้ข้อมูล VIIRS สำหรับสหราชอาณาจักรในปี 2013 อย่างระมัดระวังโดยคำนึงถึงเรื่องนี้

แม้ว่าผลลัพธ์จะแสดงให้เห็นว่าเวลาไม่ใช่ว่าปัจจัยที่มีประสิทธิภาพในการคาดการณ์อัตราการเปลี่ยนแปลงของความสว่างของท้องฟ้าในแต่ละประเทศ แต่ก็สามารถประมาณค่าได้โดยการใช้การถดถอยเชิงเส้นง่าย ๆ โมเดลการประเมินความเสี่ยงสำหรับการอนุรักษ์ท้องฟ้ามืดชี้ให้เห็นว่าหากไม่มีการประกาศอนุรักษ์ ประเทศไทยจะสูญเสียท้องฟ้ามืดที่มีศักยภาพทั้งหมดภายในปี 2068.

โดยการซ้อนแผนที่กับข้อมูลการสำรวจประชากรของประเทศไทยในปี 2023 ตามตำบลพบว่ามากกว่า 60% ของคนไทยที่อาศัยอยู่ในพื้นที่เพียง 4.5% ของประเทศ ซึ่งส่วนใหญ่ตั้งอยู่ในใจกลางเมืองใหญ่ ได้สูญเสียการมองเห็นทางช้างเผือกด้วยตาเปล่าไปแล้ว ในจำนวนนี้ ประชากรไทยมากกว่าหนึ่งในห้าหรือประมาณ 20% ได้รับการกระตุ้นเซลล์กรวยในดวงตาเกินขนาดจากมลพิษทางแสงที่มีความเข้มข้นสูง โดยเฉพาะในกรุงเทพฯ และเมืองใกล้เคียง ตัวเลขเหล่านี้เป็นการประมาณการขั้นต่ำ เนื่องจากอาจมีการปรับเพิ่มขึ้นได้หากมีการสำรวจประชากรตามหมู่บ้าน

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายและข้อเสนอแนะ

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

ในการศึกษานี้ ทางผู้วิจัยได้แนะนำแผนที่ท้องฟ้ามืดที่ครอบคลุมครึ่งแรกของประเทศไทย โดยใช้ข้อมูลจาก Suomi National Polar-orbiting Partnership's Visible Infrared Imaging Radiometer Suite (NPP-VIIRS) ตั้งแต่ปี 2012 ถึง 2023 การวิเคราะห์ความสว่างของท้องฟ้ายามค่ำคืนที่สัมพันธ์กับแสงธรรมชาติได้นับว่าถึงแนวโน้มที่สำคัญในความเสี่ยงต่อมลพิษทางแสงของประเทศไทยเมื่อเทียบกับสหราชอาณาจักร ชิลี และบอตสวานา

ผลการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่าจำนวนพื้นที่ท้องฟ้ามืดบริสุทธิ์ในประเทศไทยลดลงอย่างน่าเป็นห่วง โดยมีอัตราการสูญเสีย 15.4% ตั้งแต่ปี 2012 ตรงกันข้ามอย่างสิ้นเชิงกับท้องฟ้าบริสุทธิ์ของสหราชอาณาจักรที่เพิ่มขึ้นเล็กน้อย 0.8% ในช่วงเวลาเดียวกัน ความคลาดเคลื่อนนี้เน้นย้ำถึงผลกระทบที่สำคัญของนโยบายการอนุรักษ์ท้องฟ้ามืด ซึ่งไม่มีในประเทศไทยอย่างเห็นได้ชัด ข้อมูลยังเผยให้เห็นว่าในขณะที่บอตสวานาและชิลีสามารถรักษาระดับท้องฟ้ามืดที่ค่อนข้างคงที่ได้ แต่พื้นที่ท้องฟ้ามืดของไทยคาดว่าจะลดลงอย่างมากภายในปี 2068 หากไม่มีการแทรกแซง

แผนที่ท้องฟ้ามืดสำหรับปี 2023 ซึ่งมีการระบุหมายเลขอันดับสำหรับ 77 จังหวัดของประเทศไทยตามจำนวนพื้นที่ท้องฟ้ามืดที่มีศักยภาพ (คลาส 1–9) การท้องฟ้ามืดท้องฟ้าที่มืดในอนาคตอาจได้รับประโยชน์จากตัวเลขการจัดอันดับเหล่านี้ ยกเว้นเมืองที่มีอันดับที่ 2 (นครราชสีมา), อันดับที่ 5 (อุบลราชธานี), และอันดับที่ 7 (ชัยภูมิ) ซึ่งเป็นที่รู้จักในฐานะจังหวัดที่มีพื้นที่ใหญ่ที่สุด เราอาจสังเกตเห็นว่าเมืองสิบอันดับแรกดูเหมือนจะเป็นเมืองชายแดนทางตะวันตกที่ตั้งอยู่ใกล้กับเทือกเขาตะนาวศรี ซึ่งทอดยาวในทิศเหนือ-ใต้ในจังหวัดทางตะวันตกของประเทศไทย และจากแผนที่ได้ระบุว่าจังหวัดเชียงรายอยู่ในอันดับที่ 12 ของประเทศไทย พื้นที่นี้มีความสำคัญทั้งในด้านภูมิศาสตร์และสิ่งแวดล้อม และยังทำหน้าที่เป็นเขตแดนธรรมชาติที่สำคัญระหว่างประเทศไทยและเมียนมาอีกด้วย

การทดสอบโมเดลต่าง ๆ แสดงให้เห็นว่าแบบจำลอง Decision Tree ที่มีข้อผิดพลาดต่ำที่สุด ดีที่สุดในการคาดการณ์จำนวนพื้นที่ท้องฟ้ามืดที่เป็นไปได้ อย่างไรก็ตาม แบบจำลองทั้งหมดเห็นพ้องต้องกันว่าแนวทางปฏิบัติในการอนุรักษ์ท้องฟ้ามืดเฉพาะประเทศเป็นส่วนสำคัญของมลพิษทางแสง นี่แสดงให้เห็นว่ามลพิษทางแสงที่เพิ่มขึ้นที่สังเกตได้ไม่ได้เกิดจากการเติบโตของประชากรหรือเศรษฐกิจเพียงอย่างเดียว แต่เป็นการขาดมาตรการอนุรักษ์ที่มีประสิทธิภาพ

ความเสี่ยงต่อท้องฟ้าที่มืดมิดของประเทศไทยนั้นเน้นย้ำเพิ่มเติมจากข้อเท็จจริงที่ว่าประชาชนมากกว่า 60% สูญเสียความสามารถในการมองเห็นทางช้างเผือกด้วยตาเปล่า และมากกว่า 20% สัมผัสกับความเข้มของแสงในเวลากลางคืนที่สูงมาก ผลการศึกษานี้เรียกร้องให้มีการดำเนินกลยุทธ์การอนุรักษ์ท้องฟ้ามืดอย่างเร่งด่วนและมีประสิทธิภาพ เพื่อป้องกันไม่ให้ท้องฟ้ายามค่ำคืนของประเทศไทยเสื่อมโทรมลงไปอีก และรักษามรดกทางธรรมชาติในยามค่ำคืนที่เหลืออยู่ให้คงอยู่ต่อไป

การเพิ่มขึ้นอย่างมากของความสว่างของท้องฟ้ายามค่ำคืนในประเทศไทยอาจเกิดจากการนำเทคโนโลยีไฟถนนใหม่มาใช้ ประเทศเริ่มเปลี่ยนโคมไฟถนนเก่าแบบดั้งเดิมเป็นโคมไฟ LED ที่ประหยัดพลังงานมากขึ้นตั้งแต่ประมาณปี 2015 เป็นต้นมา รัฐบาลได้เริ่มโครงการหลายอย่างที่มุ่งหวังจะปรับปรุงระบบไฟถนนเพื่อช่วยลดการใช้พลังงานและค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาตั้งแต่นั้นเป็นต้นมา การเคลื่อนไหวนี้เป็นส่วนหนึ่งของความพยายามที่กว้างขึ้นในการสร้างความยั่งยืนและประสิทธิภาพในโครงสร้างพื้นฐานสาธารณะ ตลอดหลายปีที่ผ่านมา โครงการนี้ได้ขยายไปยังเมืองและพื้นที่ชนบทมากขึ้น สะท้อนถึงความมุ่งมั่นที่เพิ่มขึ้นในการอนุรักษ์พลังงาน อย่างไรก็ตาม LED เหล่านี้มักมีอุณหภูมิสีและความสว่างที่แตกต่างจากหลอดโซเดียมความดันสูงรุ่นเก่าที่ถูกแทนที่ การเปลี่ยนมาใช้ไฟ LED ส่งผลให้เกิดการเพิ่มขึ้นของแสงสว่างในท้องฟ้า ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ที่อนุภาคในบรรยากาศกระเจายแสงเทียม ทำให้ท้องฟ้ายามค่ำคืนสว่างขึ้น การเปลี่ยนแปลงในเทคโนโลยีการให้แสงนี้ได้เปลี่ยนแปลงความสว่างของท้องฟ้ายามค่ำคืนอย่างมีนัยสำคัญ

งานวิจัยนี้เสนอว่าปัจจัยที่มีผลต่อความสว่างของท้องฟ้าในช่วงเวลานั้นคือ นโยบายสาธารณะเท่านั้น ในสหราชอาณาจักร ตัวอย่างเช่น ความสว่างของท้องฟ้าโดยรวมลดลงในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา สหราชอาณาจักรจัดการกับมลพิษจากแสงผ่านนโยบายต่าง ๆ ที่มุ่งลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสังคม สหราชอาณาจักรได้มีการบังคับใช้กฎหมายและระเบียบข้อบังคับเพื่อตอบสนองต่อปัญหามลพิษจากแสง แม้ว่าจะมีช่องว่างบางประการในนโยบายที่มีอยู่ก็ตาม พระราชบัญญัติการทำให้ละแวกใกล้เคียงและสิ่งแวดล้อมสะอาด ค.ศ. 2005 ได้กำหนดให้รูปแบบการให้แสงสว่างภายนอกบางประเภทอยู่ภายใต้การควบคุมของความรำคาญตามกฎหมาย ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการก้าวไปสู่การจัดการมลพิษจากแสงสว่าง นอกจากนี้ รัฐบาลสหราชอาณาจักรยังตระหนักถึงผลกระทบที่เป็นอันตรายของมลภาวะแสงต่อสัตว์ป่า สุขภาพของมนุษย์ และดาราศาสตร์ (to Protect Rural England 2020) นโยบายเน้นการนำเทคโนโลยีการให้แสงสว่างที่ประหยัดพลังงาน เช่น หลอด LED มาใช้เพื่อลดการกระจายของแสงและแสงจ้าในขณะที่ประหยัดพลังงาน (Department for Business 2019)

มีแนวโน้มในสหราชอาณาจักรที่จะเพิ่มจำนวนพื้นที่ท้องฟ้ามืด และสาเหตุหลักอาจเกิดจากความตระหนักที่เพิ่มขึ้นเกี่ยวกับมลพิษทางแสงและผลกระทบของมัน เราอาจสงสัยว่ามีเหตุผลบางประการที่อยู่เบื้องหลังแนวโน้มนี้: 1.) ความกังวลด้านสิ่งแวดล้อม: มลพิษทางแสงไม่เพียงส่งผลกระทบต่อการดูดาวเท่านั้น แต่ยังส่งผลต่อสัตว์ป่าและระบบนิเวศด้วย ความตระหนักที่เพิ่มขึ้นเกี่ยวกับผลกระทบเหล่านี้นำไปสู่ความพยายามในการลดแสงประดิษฐ์ในพื้นที่ธรรมชาติ 2.) การรับรู้และความสนใจของสาธารณชน: มีความสนใจของสาธารณชนเพิ่มขึ้นในดาราศาสตร์และประสบการณ์ท้องฟ้ามืด เมื่อผู้คนตระหนักถึงความงามของท้องฟ้าที่มืดมิดและผลกระทบของมลพิษทางแสงมากขึ้น 3.) เขตอนุรักษ์และสวนสาธารณะท้องฟ้ามืด: องค์กรต่าง ๆ เช่น สมาคมท้องฟ้ามืดนานาชาติ (IDA) ทำงานเพื่อกำหนดและปกป้องเขตสงวนและสวนสาธารณะบนท้องฟ้ามืด 4.) ความคิดริเริ่มของชุมชนและรัฐบาลท้องถิ่น: ชุมชนท้องถิ่นและรัฐบาลมีส่วนร่วมในความคิดริเริ่มเพื่อลดมลพิษทางแสงมากขึ้น ซึ่งรวมถึงการนำแนวทางปฏิบัติด้านแสงสว่างที่ดีขึ้นมาใช้ เช่น การใช้อุปกรณ์ติดตั้งที่มีฉนวนหุ้มและการลดระดับแสงในตอนกลางคืน 5.) การท่องเที่ยว: นอกจากนี้ยังมี

แรงจูงใจทางเศรษฐกิจ พื้นที่ท้องฟ้ามืดดึงดูดนักท่องเที่ยวที่สนใจในการดูดาวและการถ่ายภาพดาราศาสตร์ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อเศรษฐกิจในท้องถิ่น

ผู้วิจัยสนับสนุนให้หน่วยงานท้องถิ่นในประเทศไทยและประเทศอื่น ๆ ที่ไม่มีนโยบายดังกล่าวใช้กลยุทธ์แสงสว่างและนโยบายการวางแผนเพื่อลดมลพิษทางแสงในพื้นที่อ่อนไหว เช่น เขตอนุรักษ์ท้องฟ้ามืด ผู้คนจะตระหนักว่าการใช้แผงป้องกันโคมไฟเพียงอย่างเดียวสามารถนำไปสู่การลดการใช้ไฟฟ้าลงอย่างมากได้มากกว่า 30% ตามที่เสนอ การรณรงค์สร้างความตระหนักรู้ต่อสาธารณชนสามารถส่งเสริมแนวทางปฏิบัติด้านแสงสว่างอย่างมีความรับผิดชอบในหมู่บ้านและบุคคลทั่วไป

ข้อเสนอแนะ

1. ควรใช้ ANOVA: Single Factor มาทดสอบผลตารางที่ 4.3 ทดสอบว่าค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างหลายกลุ่มแตกต่างกันหรือไม่ ซึ่งจะทดสอบว่า มีความแตกต่างทางสถิติระหว่างกลุ่มเหล่านั้นหรือไม่ โดยมีจุดประสงค์เพื่อดูว่าปัจจัยหนึ่ง (single factor) ส่งผลต่อค่าตัวแปรตามที่กำลังวัดอยู่หรือไม่
2. งานวิจัยนี้เลือกใช้ไฟล์ข้อมูล average_masked แทนที่จะเป็น median_masked เนื่องจาก median_masked คือชุดข้อมูลค่ามัธยฐานและข้อมูลแต่ละข้อมูลมีค่าใกล้เคียงกัน แต่ average_masked คือชุดข้อมูลเฉลี่ยของในแต่ละเดือน และมีค่ากลางของข้อมูลที่เหมาะสมที่สุดในการศึกษา

บรรณานุกรม

- Alarcon, M. R., Serra-Ricart, M., Lemes-Perera, S., & Mallorquín, M. (2021), *AJ*, 162, 25, <https://doi.org/10.3847/1538-3881/abfdaa>
- Ahlburg, D. A. (1996). Population growth and poverty. In *Population and Development: A Global Perspective* (pp. 219-258). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-80006-1_13
- Breiman, L. (2001), *Machine Learning*, 45, 5–32, doi: 10.1023/A:1010933404324
- Borth, D. J., & Hopp, M. E. (2008), *Environmental Reviews*, 16, 329
- Blundell, E., Schaffer, V., & Moyle, B. D. (2020). Dark sky tourism and the sustainability of regional tourism destinations. *Tourism Recreation Research*, 45(4), 549-556. <https://doi.org/10.1080/02508281.2020.1782084>
- Changruengnam, T., Deetha, D., Sukkai, C., et al. (2023), in *Journal of Physics Conference Series*, Vol. 2653, J. Phys. Conf. Ser., 012027, <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2653/1/012027>
- Chen, T., & Guestrin, C. (2016), in *Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining, KDD '16* (New York, NY, USA: Association for Computing Machinery), 785–794, <https://doi.org/10.1145/2939672.2939785>
- Chepesiuk, R. (2009), *Environmental health perspectives*, 117, A20, <https://doi.org/10.1289/ehp.117-a20>
- Cinzano, P., Falchi, F., & Elvidge, C. D. (2001), *MNRAS*, 328, 689, <https://doi.org/10.1046/j.1365-8711.2001.04882.x>
- Cross, R. (1995). The natural rate of unemployment. *Research Papers in Economics*. Cambridge University Press.
- Darby, M. R., Haltiwanger, J., & Plant, M. (1985). Unemployment rate dynamics and persistent unemployment under rational expectations. *The American Economic Review*, 75(4), 614-637.
- Department for Business, E. I. S. (2019). <https://assets.publishing.service.gov.uk/media/5a7c626be5274a7ee25671b0/pb14108-artificial-light-progress-dec2013.pdf>
- Duriscoe, D. M., Anderson, S. J., Luginbuhl, C. B., & Baugh, K. E. (2018), *J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transf.*, 214, 133, <https://doi.org/10.1016/j.jqsrt.2018.04.028>
- Egger, J., Pepe, A., Gsaxner, C., Jin, Y., Li, J., & Kern, R. (2021). Deep learning—a first

- meta-survey of selected reviews across scientific disciplines, their commonalities, challenges and research impact. *PeerJ*, 7, e12345. <https://doi.org/10.7717/peerj-cs.773>
- Ehrlinger, J. (2016). *ggRandomForests: Exploring random forest survival*. arXiv: Computation. <https://arxiv.org/abs/1612.08132>
- Elvidge, C. D., Baugh, K., Zhizhin, M., Hsu, F. C., & Ghosh, T. (2017), *Int. J. Remote Sens.*, 38, 5860, <https://doi.org/10.1080/01431161.2017.1342050>
- Esri. (n.d.). *Esri: GIS Mapping Software, Spatial Data Analytics & Location Intelligence*. Esri. <https://www.esri.com/en-us/home>
- Falchi, F., Cinzano, P., Duriscoe, D., et al. (2016), *Sci. Adv.*, 2, e1600377, <https://doi.org/10.1126/sciadv.1600377>
- Falchi, F., & Bar´a, S. (2023), *Science.*, 379, 234, <https://doi.org/10.1126/science.adf4952>
- Gallaway, T., Olsen, R. N., & Mitchell, D. M. 2010, *Ecological Economics*, 69, 658. <https://ideas.repec.org/a/eee/ecolec/v69y2010i3p658-665.html>
- Gaston, K., Visser, M., & Hölker, F. 2015, *Philos. Trans. R. Soc. B: Biol. Sci.*, 370, 20140133, <https://doi.org/10.1098/rstb.2014.0133>
- Grauer, A. D., Grauer, P. A., Davies, N., & Davies, G. 2019, *PASP*, 131, 114508, <https://doi.org/10.1088/1538-3873/ab370d>
- Geiger, T. (2017). Continuous national gross domestic product (GDP) time series for 195 countries: Past observations (1850–2005) harmonized with future projections according to the Shared Socio-economic Pathways (2006–2100). *Earth System Science Data*, 10(2), 847-856. [https://doi.org/\[DOI if available\]](https://doi.org/[DOI if available])
- Golob, J. E. (1994). Does inflation uncertainty increase with inflation? *Econometric Reviews*, 13(3), 27-38. <https://doi.org/10.1080/07474939408800214>
- Heller, R. F., & Dobson, A. J. (2000). Disease impact number and population impact number: Population perspectives to measures of risk and benefit. *BMJ*, 321(7266), 950-953. <https://doi.org/10.1136/bmj.321.7266.950>
- Hölker, F., Wolter, C., Perkin, E. K., & Tockner, K. 2010, *Trends Ecol. Evol.*, 25, 681, <https://doi.org/10.1016/j.tree.2010.09.007>
- Hvenegaard, G. T., & Banack, C. S. (2024). Visitor outcomes from dark sky tourism: A case study of the Jasper Dark Sky Festival. *Journal of Ecotourism*, 23(1), 1-15. <https://doi.org/10.1080/14724049.2024.2320698>
- Janiesch, C., Zschech, P., & Heinrich, K. (2021). Machine learning and deep learning.

- Electronic Markets*, 31(3), 685–695. <https://doi.org/10.1007/s12525-021-00475-2>
- Kiebel, S. J., Kherif, A. P., & Holmes, C. (2007). The general linear model. In *Brain Mapping: The Methods* (Chapter 8). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-012372560-8/50008-5>
- Kiebel, S. J., & Mueller, K. (2015). The general linear model. In A. W. Toga (Ed.), *Brain Mapping: An Encyclopedic Reference* (pp. 825–830). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-397025-1.00317-1>
- Kyba, C. C. M., Altıntaş, Y. O., Walker, C. E., & Newhouse, M. 2023, *Science*, 379, 265, <https://doi.org/10.1126/science.abq7781>
- LeCun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. 2015, *nature*, 521, 436 Longcore, T., & Rich, C. 2004, *Front. Ecol. Evol.*, 2, 191, [https://doi.org/10.1890/1540-9295\(2004\)002\[0191:ELP\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1540-9295(2004)002[0191:ELP]2.0.CO;2)
- Longcore, T., & Rich, C. 2004, *Front. Ecol. Evol.*, 2, 191, [https://doi.org/10.1890/1540-9295\(2004\)002\[0191:ELP\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1540-9295(2004)002[0191:ELP]2.0.CO;2)
- Mahmood, Y., Kama, N., Azmi, A., Khan, A. S., & Ali, M. 2022, *Software: Practice and Experience*, 52, 39, <https://doi.org/10.1002/spe.3009>
- Nahler, G. (2009). Gross domestic product (GDP). In *Springer Vienna* (p. 83).
- Navara, K. J., & Nelson, R. J. 2007, *Journal of Pineal Research*, 43, 215, <https://doi.org/10.1111/j.1600-079X.2007.00473.x>
- Nelder, J. A., & Wedderburn, R. W. M. 1972, *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)*, 135, 370. <http://www.jstor.org/stable/2344614>
- Palo, V. A. (2015). Decision tree methods: Applications for classification and prediction. *Shanghai Archives of Psychiatry*, 27(2), 130–135. <https://doi.org/10.11919/j.issn.1002-0829.215044>
- Garstang, R. H., Night-sky brightness at observatories and sites. *Publ. Astron. Soc. Pac.* 101, 306–329 (1989)
- Rokach, L., & Maimon, O. 2014, *Data Mining with Decision Trees*, 2nd edn. (WORLD SCIENTIFIC), <https://doi.org/10.1142/9097>
- Smith, K. T., Lopez, B., Vignieri, S., & Wible, B. 2023, *Science*, 380, 1116, <https://doi.org/10.1126/science.adi4552>
- Stevens, R. D., Brainard, G. C., Blask, D. E., Lockley, S. W., & Motta, M. E. 2014, *CA Cancer J. Clin.*, 64, 207, <https://doi.org/10.3322/caac.21218>

to Protect Rural England, C. 2020. 259 <https://www.cpre.org.uk/wp-content/uploads/2019/11/260-Shedding-light-leaflet.pdf>

Walsh, E. S., Kreakie, B. J., Cantwell, M. G., & Nacci, D. (2017). A random forest approach to predict the spatial distribution of sediment pollution in an estuarine system. *PLOS ONE*, 12(7). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0180701>

Yong, Z., Li, K., Xiong, J., et al. 2022, Remote Sens., 14, 600, <https://doi.org/10.3390/rs14030600>

ประวัติผู้วิจัย

ประวัตินักวิจัย คนที่ 1

ชื่อ - นามสกุล : รองศาสตราจารย์ ดร.ฟ้ารุ่ง สุริยา บุญทิศ
เกิดวันที่ 18 เมษายน พ.ศ. 2527

หมายเลขบัตรประจำตัวประชาชน : 1-5799-00012-10-4

ตำแหน่งปัจจุบัน : รองศาสตราจารย์

หน่วยงานและสถานที่ติดต่อ : คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย
80 หมู่ 9 ต.บ้านดู่ อ.เมือง จ.เชียงราย 57100
โทรศัพท์ 0886221950
Email: sc_farung@crru.ac.th

ประวัติการศึกษา :

พ.ศ. 2549 วท.บ. (ฟิสิกส์) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ นักศึกษา
ศึกษาทุนโครงการส่งเสริมการผลิตครูที่มี
ความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และ
คณิตศาสตร์ (สควค.)

พ.ศ. 2550 ประกาศนียบัตรวิชาชีพครู (ทุนสควค.)
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

พ.ศ. 2552 M.Sc. (Astronomy) Sejong University,
Seoul, Korea

พ.ศ. 2557 Ph.D. (Astrophysics) Liverpool John
Moores University, Liverpool, UK

สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ : ฟิสิกส์ดาราศาสตร์ โดยเฉพาะโนวาและดาวคู่
แบบบังกัน

งานวิจัยที่ทำที่ได้รับการตีพิมพ์ :

1. Khamrat, S., Noysena, K., Surina, F., et al. (2023, accepted) "Galactic Novae in the GOTO database" Astronomical Society of the Pacific Conf. Ser.
2. Changruengam, T. Deetha, D., Sukkai, C., Youyuenyong, P., Sarotsakulchai, N. and Surina, F.* (2023) "The first dark sky map of Chiang Rai: three decades of change affecting Astro-tourism", *J. Phys Conf. Ser.*, 2653, 012027

3. ศักดิ์วิสิฐ สันทุมวงศ์, พงศพัศ กิวัฒนา, พุฒิพงศ์ ยะติ, มนตรี นันตา, นพดล สาโรช สกุลชัย และ ฟารุ้ง สุรินา บุญทิศและคณะ. 2566. การวิเคราะห์กราฟแสงของ KIC 12109575 และแนวทางวิเคราะห์ความเป็นโนวา. วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ปีที่ 2 ฉบับที่ 1 (มกราคม-มิถุนายน 2566)
4. Aindang, A., Inkum, R., Sarotsakulchai, T. and Surina, F.* (2021) “Kepler-TESS Light Curves Analysis of KIC 10417986 as a Practical Example for Astronomical Research in Schools”, *J. Phys Conf. Ser.* **1719** 012017
5. Sutham, S., Sobpong, J., Surina, F.* and Awipan, S. (2019) “Optical Morphology of the Ejected Shell of V339 Del using SHAPE”, *J. Phys Conf. Ser.* **1380** 012029
6. Mueangkon, Y., Kamrat, S., Suekong, D., Aintawiphak, S., Jaiboe, A., Surina, F.*, Darnley, M.J., Bode, M.F. (2018) “Evolution of V339 Del (Nova Del 2013) since 0.37-75 Days after Discovery”, *J. Phys Conf. Ser.* **1144** 012014
7. Thipboon, R., Kaewrakmuk, M., Surina, F*. and Nuanwan Sanguansak (2017) “Photometric Investigation of Novae T Pyx, BT Mon and V574 Pup at Quiescence by using the 2.4-m Thai National Telescope”, *J. Phys Conf. Ser.* **901** 012003
8. Hounsell, R.*, Darnley, M. J., Bode, M. F., Harman, D. J., Surina, F., Starrfield, S., Holdsworth, D. L., Brewsher, D., Hick, P. P., Jackson, B. V., Buffington, A., Clover, M., Shafter, A. W. (2016) “NOVA LIGHT CURVES FROM THE SOLAR MASS EJECTION IMAGER (SMEI) - II. THE EXTENDED”, *Astrophys J.* **820** 104
9. **Surina, F.***, Bode, M.F. and Darnley, M.J. (2015) “Investigation of Galactic Classical and Recurrent Novae with Ground-based Observations and Solar Mass Ejection Imager (SMEI)”, *Pub. of Korean Astron. Soc.* **30** 237
10. **Surina, F.***, Arjyotha, S., Raktham, C. (2015) “Astronomy at Chiang Rai Rajabhat University”, *Suranaree J. of Sci. and Tech.*, **22** (2) 129
11. **Surina, F.***, Hounsell, R.A., Bode, M.F., Darnley, M.J., Harman, D.J., Walter, F.M. (2014) “A Detailed Photometric and Spectroscopic Study of the 2011 Outburst of the Recurrent Nova T Pyxidis from 0.8 to 250 Days after Discovery”, *Astron. J.* **147** 107.
12. **Surina, F.***, Hounsell, R.A., Bode, M.F., Darnley, M.J., Harman, D.J., Walter, F.M. (2013) “A Spectroscopic and Photometric Development of T Pyxidis (2011) from 0.8 to 250 Days after Discovery”, *Astron. Soc. of the Pacific Conf., Stella Novae: Past and Future Decades*, Edited by P. A. Woudt and V. A. R. M. Ribeiro, **490** 169

13. Darnley, M.J., Bode, M.F., Harman, D.J., Hounsell, R.A., Munari, U., Ribeiro, V. A. R. M., **Surina, F.**, Williams, R.P., Williams, S.C., 2013, On the Galactic Nova Progenitor Population, *Astron. Soc. of the Pacific Conf.*, *Stella Novae: Past and Future Decades*, Edited by P. A. Woudt and V. A. R. M. Ribeiro, **490** 49
14. **Surina, F.**, Bode, M.F., Darnley, M.J. (2013) “Investigation of the Progenitors of Nova Explosions”, *The 11th Asian-Pacific Regional IAU Meeting (APRIM2011)*, *Chiangmai, Thailand, NARIT Conference Series, 2012*. Edited by S. Komonjinda, Yuri Y. Kovalev and D. Ruffolo., **1** 161.
15. **Surina, F.**, Kang, Y.-W. (2009) “Absolute Dimensions of Four Eclipsing Binaries” *Astron. Soc. of the Pacific Conf.*. Edited by B. Soonthornthum, S. Komonjinda, K.S. Cheng, K.C. Leung, **404** 184.
16. Kang, Y.-W., **Surina, F.**, Lee, J.-J. (2009) “Absolute Dimensions of Four Eclipsing Binaries”, *Astron. Soc. of the Pacific Conf.* Edited by B. Soonthornthum, S. Komonjinda, K.S. Cheng, K.C. Leung, **404** 178.

ผลงานเรียบเรียงหนังสือ/ตำรา

1. ฟาร์ุง์ สุรินา บุญทิศ (2565). *ฟิสิกส์ดาราศาสตร์เบื้องต้นของโนวา (Introduction to Astrophysics of Nova Eruption)*. กรุงเทพฯ : ดีเซมเบอร์รี่.
2. ฟาร์ุง์ สุรินา บุญทิศ (2565). *ดาราศาสตร์สามัญประจำบ้าน : ดาราศาสตร์ที่เข้าใจได้ ตั้งแต่แฮกริดจนถึงรัฐมนตรีกระทรวงวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ : ดีเซมเบอร์รี่.

ประวัตินักวิจัย คนที่ 2

1. นายธนายุทธ ช่างเรือนงาม
Mr. Thanayut charuenngam
2. หมายเลขบัตรประจำตัวประชาชน : 1720700088352
3. ตำแหน่ง : อาจารย์
4. สถานที่ทำงาน : คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย ถนนพหลโยธิน อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย 57100 Tel.0-5377-60115.
5. ประวัติการศึกษา
ปี 2564 วท.บ. (คณิตศาสตร์) มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ปี 2551 วท.บ. (คณิตศาสตร์) มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ปี 2555 วท.ม. (คณิตศาสตร์) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ
วิทยาศาสตร์ข้อมูล แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ทฤษฎีจุดตรึง ทฤษฎีคณิตศาสตร์สำหรับการควบคุม สารสนเทศทางภูมิศาสตร์ แบบจำลองการกระจายพันธุ์
7. งานวิจัย 5 ปี ย้อนหลัง
 - 7.1 Suruswadee Nanglae และ Thanayut Changruenngam (2020). The Application of Graph Theory on Text Mining. Journal of Science and Technology Mahasarakham University, 39(5), 532-538.
 - 7.2 Changruenngam, T., Chomchalow, S., & Tovanont, J. (2022). Habitat Prediction and Knowledge Extraction from Musa gracilis Holttum with Limited Data. Chiang Mai J. Sci., 49(4), 1050–1062.
 - 7.3 Rakitkul, W., Sirit, J., Yodsuntorn, P., Changruenngam, T., & Nanglae, S. (2022). Chemical Composition Analysis to Determine the Identity of Cocoa in Chiang Rai Province. Journal of KPRU Science Mathematics and Technology.
 - 7.4 กัณฑ์พัฒน์ เหลืองเจริญวัฒนา, พิสิษฐ์ มณีโชติ, ธนายุทธ ช่างเรือนงาม และธนพล แสงสุวรรณ (2565). การพัฒนาอัลกอริทึมระบบปลูกพืชอัจฉริยะสำหรับการปลูกกล้วยในโรงเรือนปิด. งานประชุมสัมมนาวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 15, ชุมพร.

- 7.5 Changruenngam, T., Deetha, D., Sukkai, C., Youyuenyong, P., Sarotsakulchai, N., & Surina, F. (2023). The first dark sky map of Chiang Rai: three decades of change affecting Astro-tourism. *Journal of Physics: Conference Series*, 2653(1), 0–10. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2653/1/012027>
- 7.6 ธนายุทธ ช่างเรื่อนงาม วลีพรรณ รกิติกุล, นางแล สุรัสวดี, จินดา ศิริดา, ปิยดา ยศสุนทร, ศิวรี สุดสนิด, & พำรุ้ง สุริยา บุญทิศ. (2567). กลยุทธ์และรูปแบบการพัฒนาการท่องเที่ยวฟ้ามืดข้ามพรมแดน. *ประชุมยุทธศาสตร์วิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 1 เรื่อง “ยุทธศาสตร์การพัฒนข้ามพรมแดน.”* เชียงราย.
- 7.7 Changruenngam, T., Nanglae, S., Butsan, T., & Sudsanit, S. (2024). Forecasting the number of foreign workers in Thailand by exponential smoothing method. *Journal of Science and Technology Mahasarakham University*, 43(1), 63–72.

ประวัตินักวิจัย คนที่ 3

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) : อาจารย์ ดร.สุรัสวดี นางแล
ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) : Dr. Suruswadee Nanglae
1. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน : 3570100367879
2. ตำแหน่งปัจจุบัน : อาจารย์ประจำโปรแกรมคณิตศาสตร์และวิทยาการคำนวณ
3. ที่ติดต่อ : คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย 57100 โทร 0 815 943105 โทรสาร 0 53 776012
4. ประวัติการศึกษา :
 - พ.ศ. 2565 ประกาศนียบัตรวิชาชีพครู มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย
 - พ.ศ. 2558 ปริญญาตรี (วิทยาการเชิงคำนวณ) มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง
 - พ.ศ. 2551 วท.ม. (วิทยาการเชิงคำนวณ) มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง
 - พ.ศ. 2548 วท.บ. (สถิติ) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
5. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ : สถิติและการวิเคราะห์ข้อมูลทางด้านสถิติ การสร้างแบบจำลองและการพยากรณ์ โปรแกรม R

งานวิจัยที่ทำที่ได้รับการตีพิมพ์ :

1. สุรัสวดี นางแล (2551). สถิติวิเคราะห์และแบบจำลองของปัจจัยที่มีผลกระทบต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มวิชาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ของนักศึกษามหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง, การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ 9, วันที่ 14-15 มีนาคม 2551, บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา.
2. Nanglae, S. and Nilthong, R., (2012). Predicting Species Distribution of Jungle Tea at the North of Thailand, The 16th International Annual Symposium on Computational Science and Engineering (ANSCSE16), 23-25 May 2012, Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand.
3. S. Nanglae and R. Nilthong, (2012). Species Distribution Models of Wild Tea in the Upper North of Thailand, The 1st Mae Fah Luang University International Conference, 29-30 November and 1 December 2012, Mae Fah Luang University, Chiang Rai, Thailand.
4. Nanglae, S. and Nilthong, R., (2015). Predicting Assam Tea Distribution in Upper Northern Thailand Using Species Distribution Models, APPLIED ECOLOGY AND ENVIRONMENTAL RESEARCH, 13(4), 1085-1096.
5. สุรัสวดี นางแล, ธนายุทธ ช่างเรือนงาม และ ศิวรี สุดสนธิ (2560). การประเมินแบบจำลองการกระจายของสิ่งมีชีวิตโดยใช้ตัววัดแบบต่างๆ, รายงานสืบเนื่องการประชุมวิชาการและ

นำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ ครั้งที่ 1 “นวัตกรรมสร้างสรรค์ ศาสตร์พระราชาสู่การพัฒนาที่ยั่งยืน ไทยแลนด์ 4.0” มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด, วันที่ 13 กรกฎาคม 2560, จังหวัดร้อยเอ็ด.

6. กฤตวิทย์ สุขอึ้ง, ภาณุพงศ์ พรหมมาร์ตัน, สุรัสวดี นางแล, ธนายุทธ ช่างเรือนงาม และ ศิวรี สุดสนธิ (2560). การผลิตแผนที่ความเสี่ยงการเกิดดินถล่มโดยใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ และแบบจำลองการถดถอยโลจิสติกส์ร่วมกับปัจจัยสิ่งแวดล้อม กรณีศึกษาของบ้านนางแลใน อ. เมือง จ.เชียงราย, Veridian E-Journal, Science and Technology Silpakorn University, 4(6), November-December.

7. อีรวรรณ บุญโทแสง, สุรัสวดี นางแล, ธัญวรัญญ์ บุตรสาร, นิติมา พรหมมาร์ตัน และ ธนายุทธ ช่างเรือนงาม (2560). ความรู้ ทัศนคติ และพฤติกรรมเกี่ยวกับการจัดการขยะของหมู่บ้านนางแลใน ตำบลนางแล อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย, วารสารการวิจัยกาสะลองคำ มหาวิทยาลัยราชภัฏ เชียงราย, 11(3) Special Issue.

8. Piyanut Moonkhum, Pisit Sommay, Suruswadee Nanglae and krittawit Suk-ueng (2018). Spatial Factors Affecting the Landslide via Logistic Regression Model in Nanglae Nai Village, Chiang Rai Province, The 2nd Sirindhorn Conference on Geoinformatics, 1-2 February 2018, Bangkok, Thailand.

9. ธนายุทธ ช่างเรือนงาม, สุรัสวดี นางแล, นพพร ณะชัยพันธ์, จารุวรรณ ศิริณภาดล, วิทยา พูลสวัสดิ์ และ มนุ สมเพชร (2562). การเลือกผู้ใหญ่บ้านโดยใช้แบบจำลองฟิชชี: กรณีศึกษาหมู่บ้านหาดไคร้ ตำบลเวียง อำเภอเชียงของ จังหวัดเชียงราย, การประชุมสัมมนาวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 15 “การขับเคลื่อนพลังชุมชนสู่สังคมแห่งการเรียนรู้”, 25 มกราคม 2562, จังหวัดเชียงราย, 33-44.

10. ปุณยวีร์ อินตะภา , กฤตวิทย์ สุขอึ้ง , และ สุรัสวดี นางแล (2562). การจัดทำบัญชีรายชื่อไฟในหมู่บ้านป่าซางวิวัฒน์ ตำบลนางแล อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย, การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ ราชธานีวิชาการ ครั้งที่ 4 “การวิจัยเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน”, 31 พฤษภาคม 2562, จังหวัดอุบลราชธานี

11. Suruswadee Nanglae and Thanayut Changruenngam (2020). The Application of Graph Theory on Text Mining. Journal of Science and Technology Mahasarakham University, 39(5), 532-538

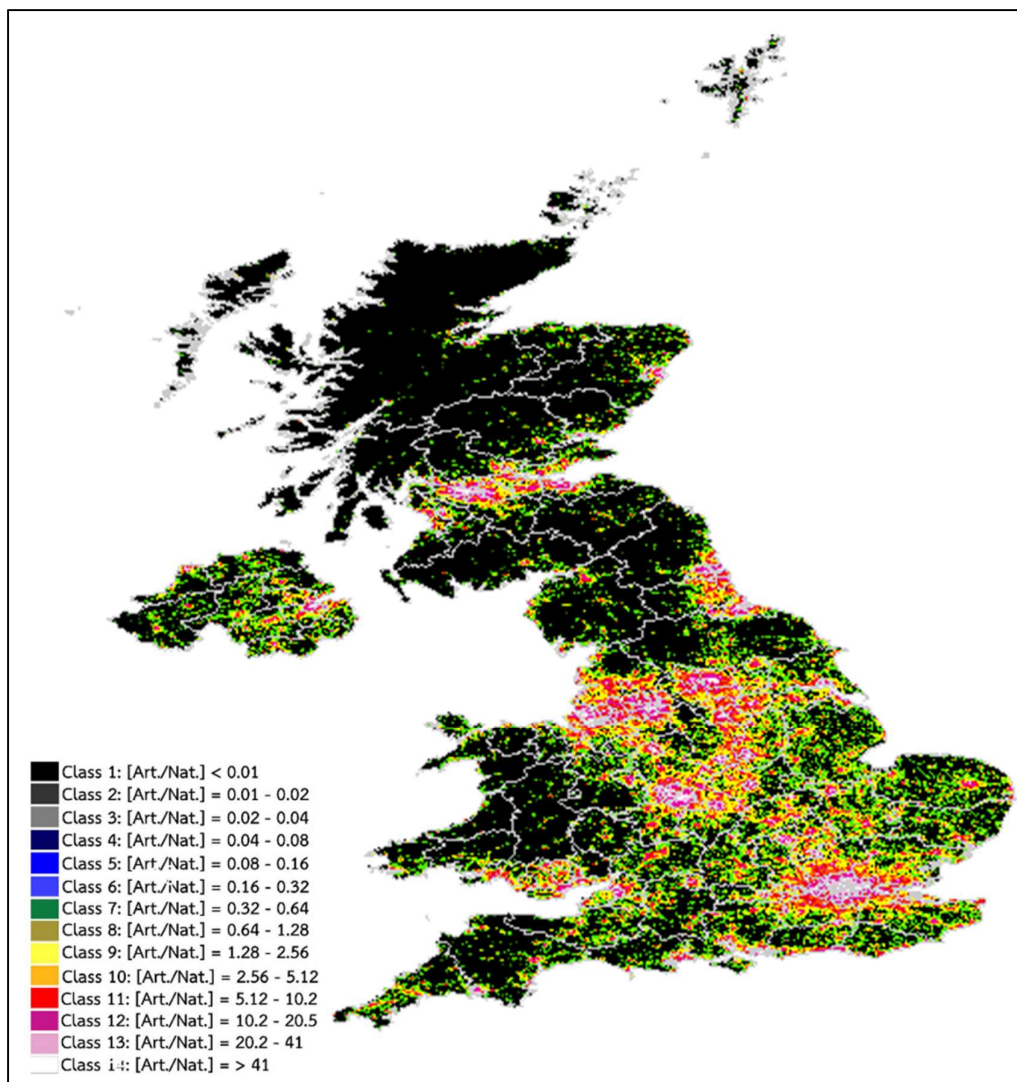
12. กฤตวิทย์ สุขอึ้ง, ธัญลักษณ์ ม่วงหวาน, สุรัสวดี นางแล และ กิตติชัย จันธิมา (2565). การศึกษาการกระจายรังของนกยูงเขียวโดยใช้แบบจำลองการถดถอยโลจิสติกในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเวียงลอ จังหวัดพะเยา. การประชุมวิชาการเครือข่ายวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้ประเทศไทย ครั้งที่ 11 คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 20-21 มกราคม 2565, จังหวัดกรุงเทพมหานคร.

13. วลีพรรณ รกิติกุล, จินดา ศิริตา, ปิยดา ยศสุนทร, ธนายุทธช่างเรือนงาม และสุรัสวดี นางแล (2565). วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีเพื่อหาอัตลักษณ์ของโกโก้ในจังหวัดเชียงราย. วารสาร มรภ.ภพ. วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี, 1(1).
14. สุรัสวดี นางแล, ธนายุทธ ช่างเรือนงาม, พงศกร สุวรรณวงศ์, เวสาร์ช บุญมาศักดิ์ และเจนจิรา นาคูน. (2566). การประยุกต์ใช้เทคนิคมอนติคาร์โลในการจำลองพื้นที่อ่างเก็บน้ำ กรณีศึกษา อ่างเก็บน้ำหนองบัว จังหวัดเชียงราย. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์, 3(1), 21-29.
15. Changruenngam, T., Nanglae, S., Butsan, T., & Sudsanit, S. (2024). Forecasting the number of foreign workers in Thailand by exponential smoothing method. Journal of Science and Technology Mahasarakham University, 43(1), 63–72.

ภาคผนวก

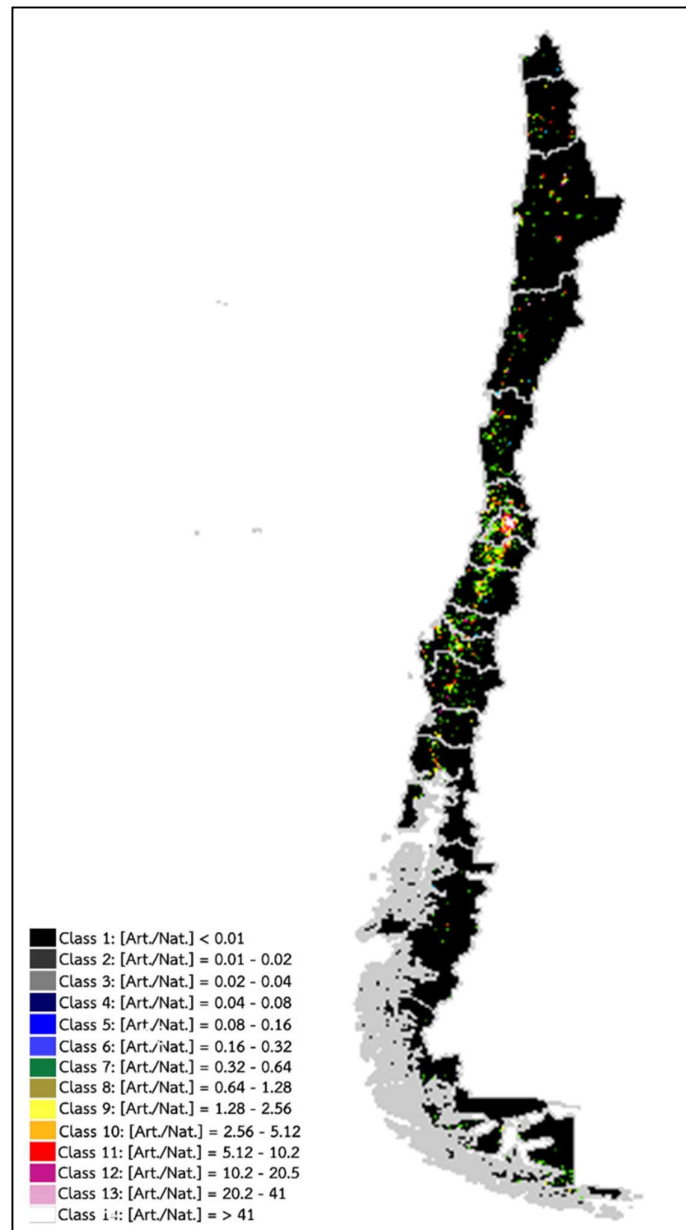
ภาคผนวก ก
แผนที่ประเทศต่าง ๆ

แผนที่ท้องฟ้ามืดประเทศสหราชอาณาจักร



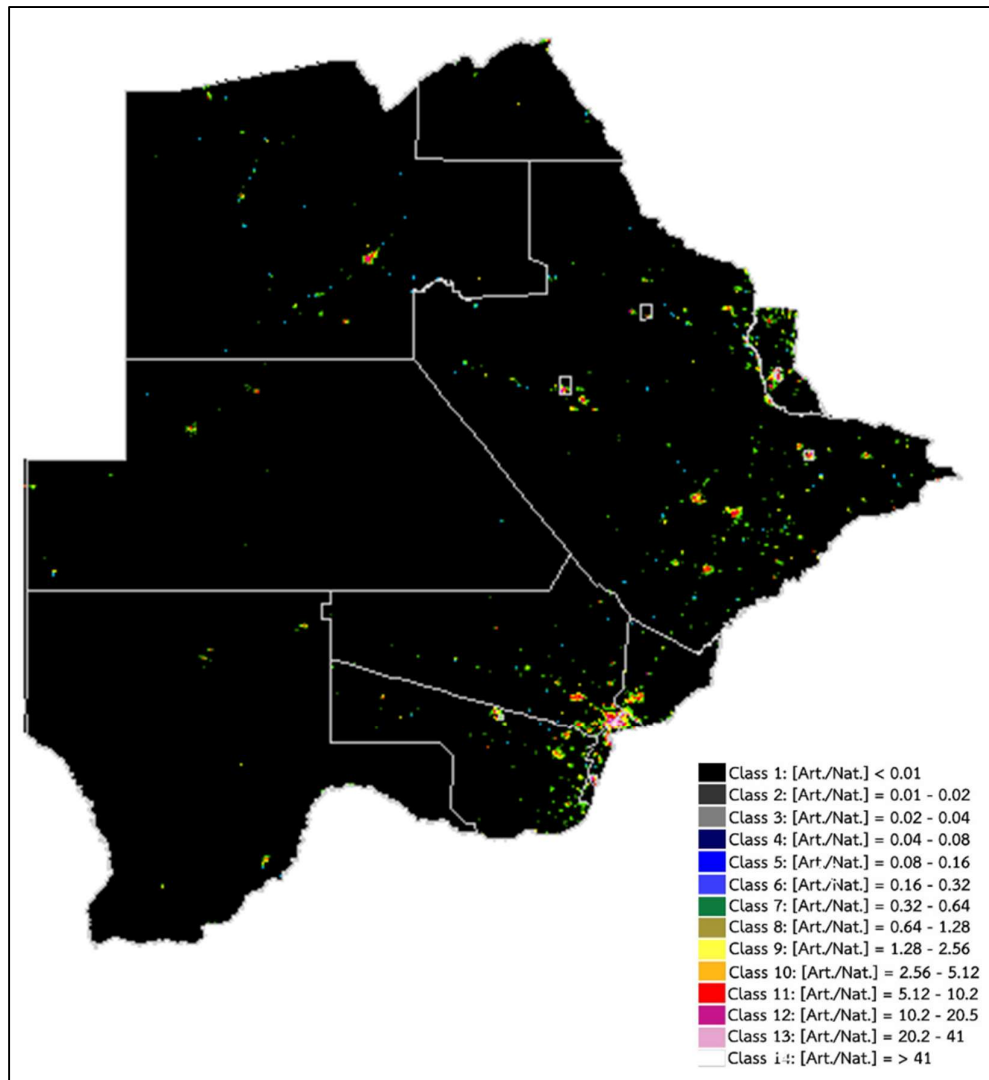
ภาพที่ ก.1 แผนที่ท้องฟ้ามืดของประเทศสหราชอาณาจักรในปี 2023 แบ่งตามนครและเขตเมือง
 นำเสนอใน 14 คลาสที่กำหนดไว้ในตาราง

แผนที่ห้องฟ้ามืดประเทศชิลี



ภาพที่ ก.2 แผนที่ห้องฟ้ามืดของประเทศชิลีในปี 2023 แบ่งตามแคว้น
 นำเสนอใน 14 คลาสที่กำหนดไว้ในตาราง

แผนที่ห้องฟ้ามืดประเทศบอตสวานา

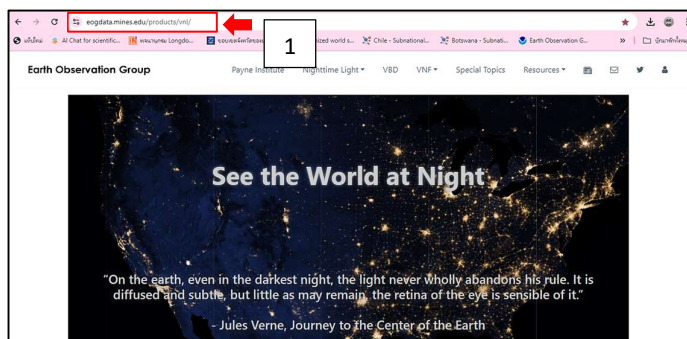


ภาพที่ ก.3 แผนที่ท้องฟ้ามืดของประเทศบอตสวานาในปี 2023 แบ่งตามเขตการปกครอง
 นำเสนอใน 14 คลาสสีที่กำหนดไว้ในตาราง

ภาคผนวก ข การได้มาซึ่งข้อมูลต่าง ๆ ในงานวิจัย

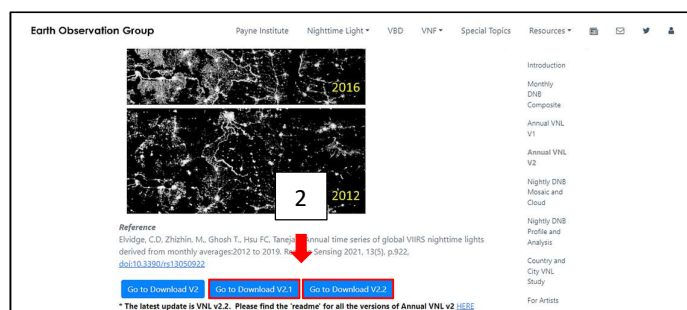
ขั้นตอนการได้มาซึ่งข้อมูลแผนที่จากดาวเทียม VIIRS

ขั้นตอนที่ 1 การเข้าหน้าเว็บไซต์



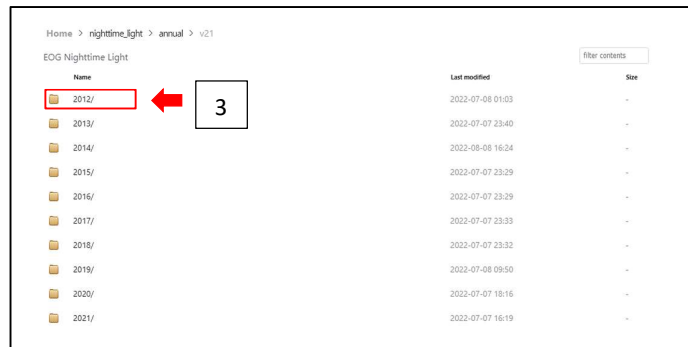
ภาพที่ ข.1 เข้าหน้าเว็บไซต์ Earth Observation Group
(<https://eogdata.mines.edu/products/vnl/>)

ขั้นตอนที่ 2 การเลือกชุดข้อมูล



ภาพที่ ข.2 การเลือกชุดข้อมูล กด Go to Download V2.1 สำหรับข้อมูลปี 2012-2021
และกด Go to Download V2.2 สำหรับข้อมูลปี 2022-2023

ขั้นตอนที่ 3 การเลือกชุดข้อมูลในปีต่าง ๆ



ภาพที่ ข.3 เลือกปีที่ต้องการ

ขั้นตอนที่ 4 การเลือกชนิดไฟล์ข้อมูล



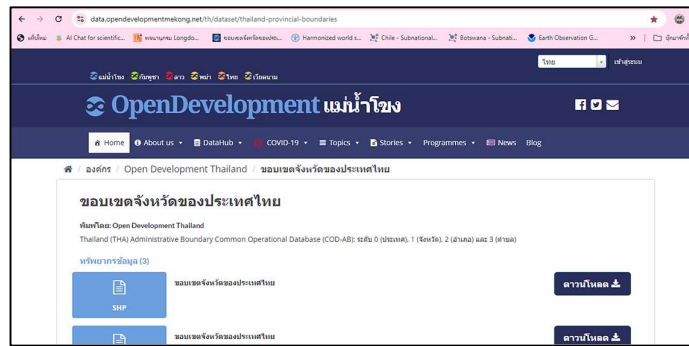
ภาพที่ ข.4 กดเลือก ไฟล์ gz จะนำไปสู่การดาวน์โหลดแผนที่ของปีนั้น ๆ

*งานวิจัยนี้เลือกใช้ไฟล์ข้อมูล average_masked แทนที่จะเป็น median_masked เนื่องจาก median_masked คือชุดข้อมูลค่ามัธยฐานและข้อมูลแต่ละข้อมูลมีค่าใกล้เคียงกัน แต่ average_masked คือชุดข้อมูลเฉลี่ยของในแต่ละเดือน และมีค่ากลางของข้อมูลที่เหมาะสมที่สุดใน

การศึกษา

การได้มาซึ่งข้อมูลแผนที่ของประเทศที่ต้องการ

ขั้นตอนที่ 1 การเลือกขอบเขตประเทศ



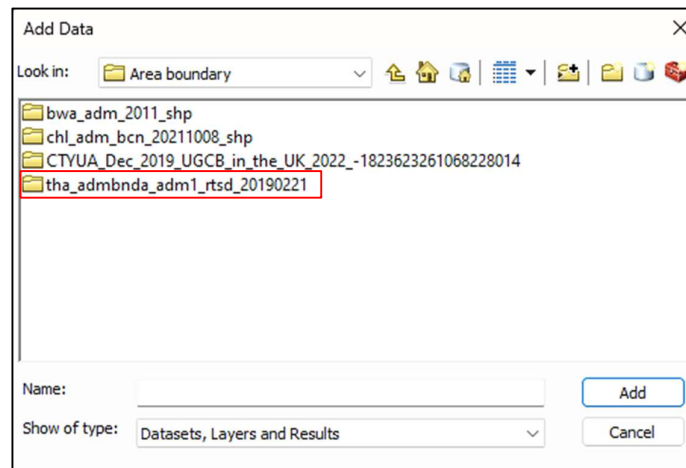
ภาพที่ ข.5 เลือกเว็บไซต์ขอบเขตประเทศที่มีนามสกุลเป็น Shapefile (.shp) แล้วดาวน์โหลด

ภาคผนวก ค

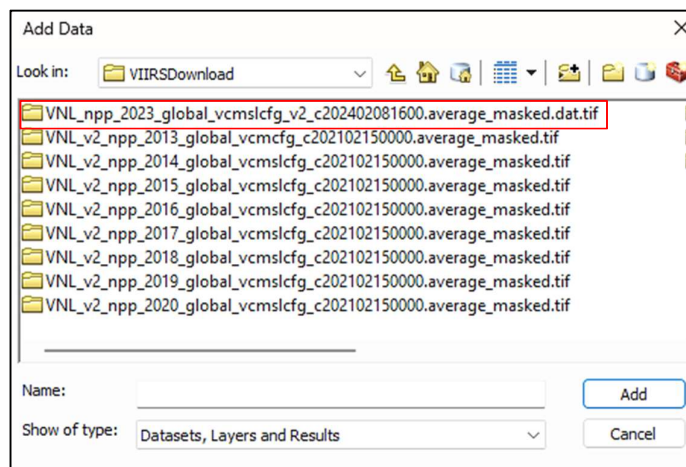
โปรแกรม ArcGIS

ขั้นตอนการประยุกต์ใช้โปรแกรม ArcGIS ในการสร้างแผนที่

ขั้นตอนที่ 1 การนำเข้าข้อมูล

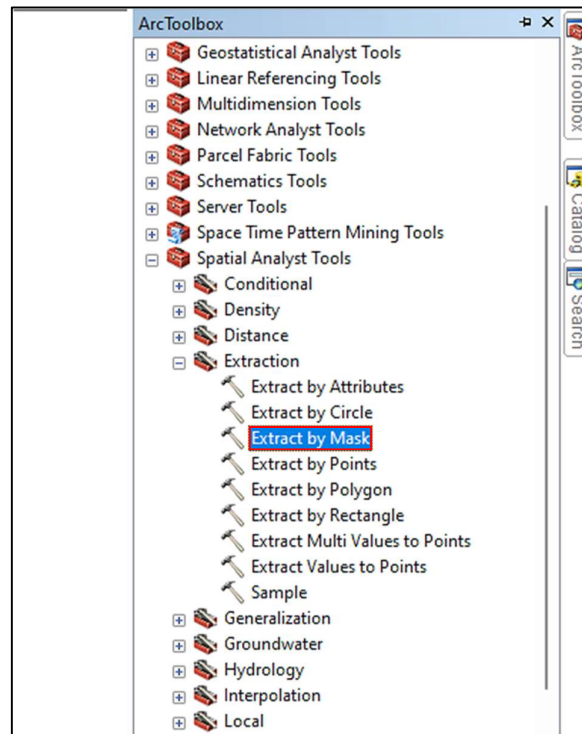


ภาพที่ ค.1 นำเข้าไฟล์ขอบเขตประเทศ

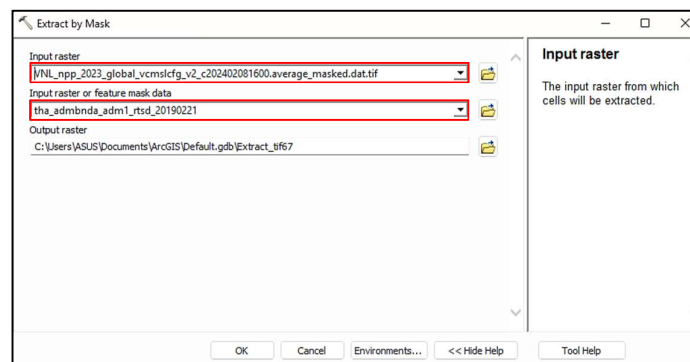


ภาพที่ ค.2 นำเข้าไฟล์แผนที่ดาวเทียม NPP-VIIRS

ขั้นตอนที่ 2 Extraction

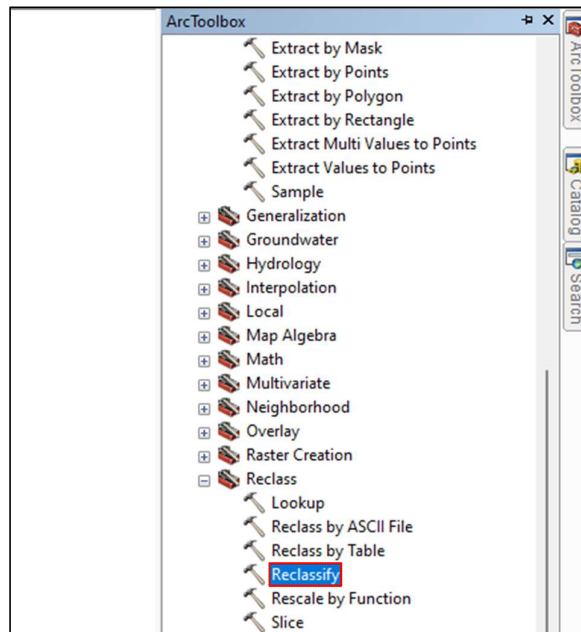


ภาพที่ ค.3 เลือกเครื่องมือ Extract by Mask ในฟังก์ชัน Extraction

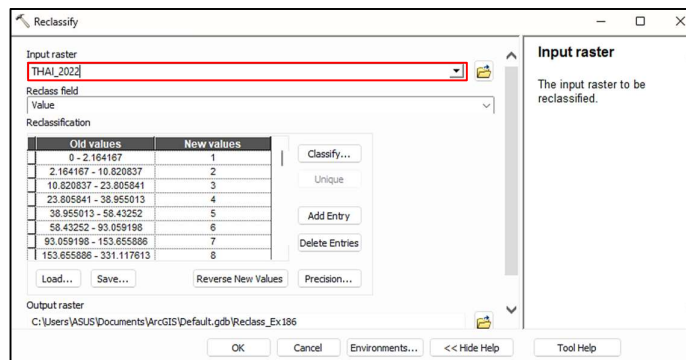


ภาพที่ ค.4 เลือกไฟล์ที่ต้องการจะทับซ้อนกันระหว่างขอบเขตประเทศกับแผนที่ดาวเทียม

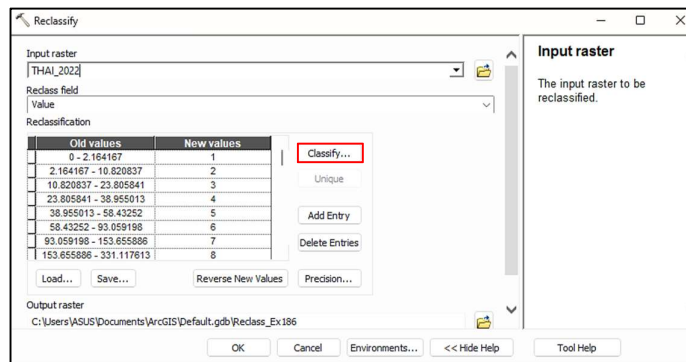
ขั้นตอนที่ 3 Reclassify



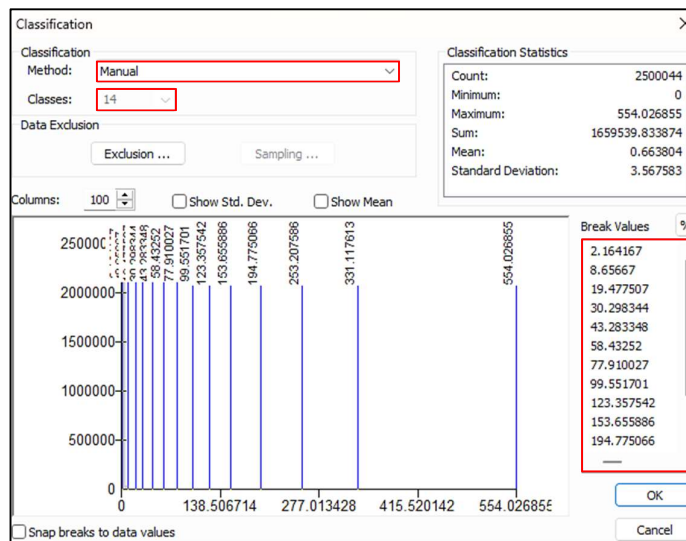
ภาพที่ ค.5 เลือกเครื่องมือ Reclassify ในฟังก์ชัน Reclass



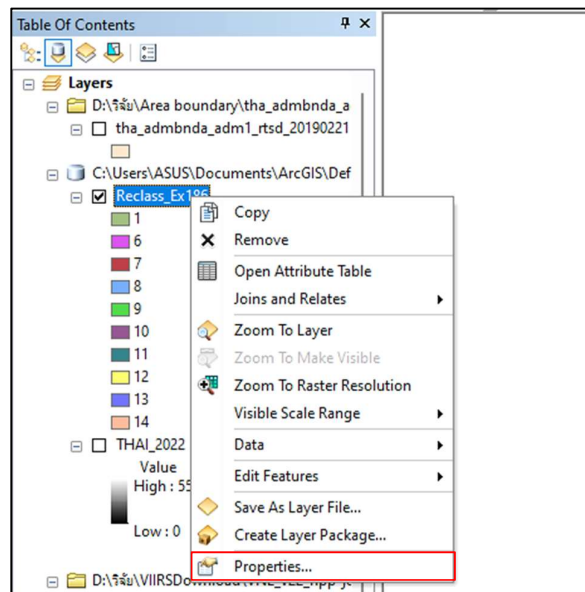
ภาพที่ ค.6 เลือกไฟล์ที่ผ่านการ Extract by Mask เสร็จแล้ว



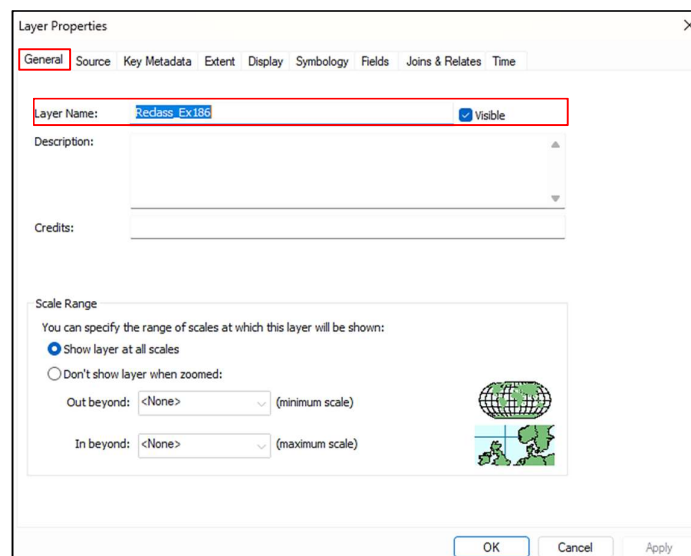
ภาพที่ ค.7 เลือกฟังก์ชัน Classification



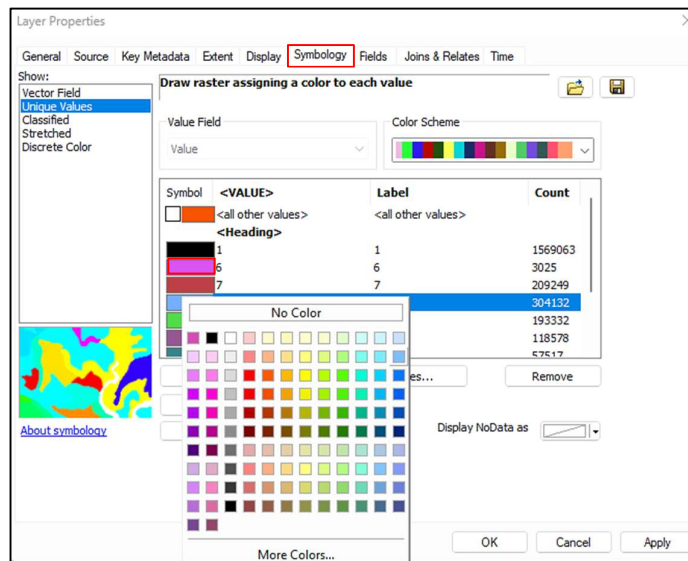
ภาพที่ ค.8 กำหนด Classes, Classification Method และ Break Values



ภาพที่ ค.9 เปิด Layer Properties ไฟล์ Reclassify

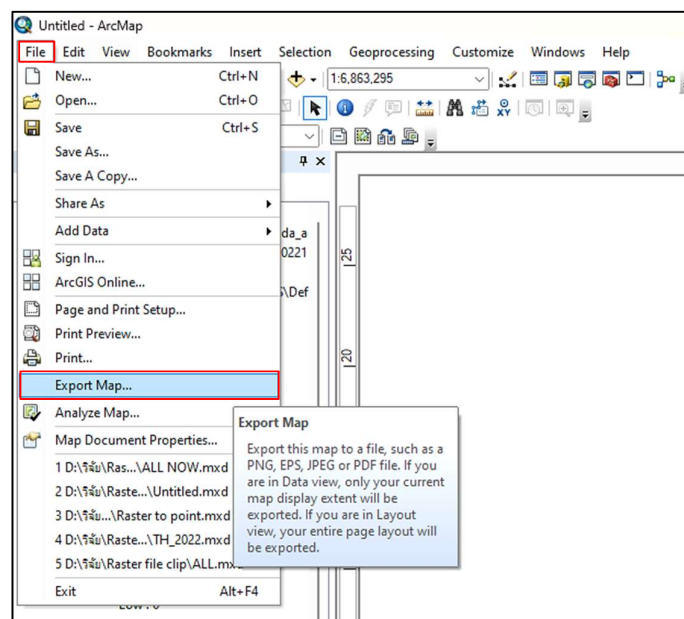


ภาพที่ ค.10 เลือกฟังก์ชัน General เปลี่ยนชื่อไฟล์ที่ Layer Name

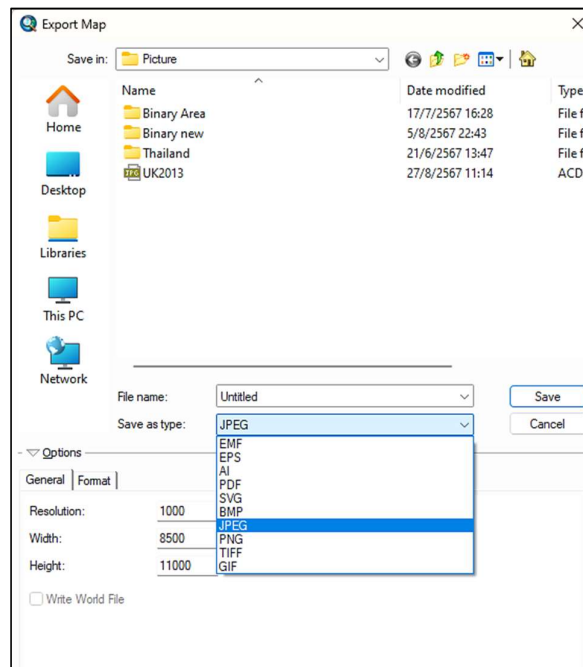


ภาพที่ ค.11 เลือกฟังก์ชัน Symbology เพื่อเปลี่ยนสีในแผนที่

ขั้นตอนที่ 4 Export Map



ภาพที่ ค.12 เลือก File และเลือก Export Map เพื่อบันทึกแผนที่ออกมาในรูปแบบไฟล์ต่าง ๆ



ภาพที่ ค.13 เลือกไฟล์ เปลี่ยนชื่อไฟล์ และชนิดไฟล์ที่จะบันทึก

บรรณานุกรม

- Alarcon, M. R., Serra-Ricart, M., Lemes-Perera, S., & Mallorquín, M. (2021), *AJ*, 162, 25, <https://doi.org/10.3847/1538-3881/abfdaa>
- Ahlburg, D. A. (1996). Population growth and poverty. In *Population and Development: A Global Perspective* (pp. 219-258). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-80006-1_13
- Breiman, L. (2001), *Machine Learning*, 45, 5–32, doi: 10.1023/A:1010933404324
- Borth, D. J., & Hopp, M. E. (2008), *Environmental Reviews*, 16, 329
- Blundell, E., Schaffer, V., & Moyle, B. D. (2020). Dark sky tourism and the sustainability of regional tourism destinations. *Tourism Recreation Research*, 45(4), 549-556. <https://doi.org/10.1080/02508281.2020.1782084>
- Changruengnam, T., Deetha, D., Sukkai, C., et al. (2023), in *Journal of Physics Conference Series*, Vol. 2653, J. Phys. Conf. Ser., 012027, <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2653/1/012027>
- Chen, T., & Guestrin, C. (2016), in *Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining, KDD '16* (New York, NY, USA: Association for Computing Machinery), 785–794, <https://doi.org/10.1145/2939672.2939785>
- Chepesiuk, R. (2009), *Environmental health perspectives*, 117, A20, <https://doi.org/10.1289/ehp.117-a20>
- Cinzano, P., Falchi, F., & Elvidge, C. D. (2001), *MNRAS*, 328, 689, <https://doi.org/10.1046/j.1365-8711.2001.04882.x>
- Cross, R. (1995). The natural rate of unemployment. *Research Papers in Economics*. Cambridge University Press.
- Darby, M. R., Haltiwanger, J., & Plant, M. (1985). Unemployment rate dynamics and persistent unemployment under rational expectations. *The American Economic Review*, 75(4), 614-637.
- Department for Business, E. I. S. (2019). <https://assets.publishing.service.gov.uk/media/5a7c626be5274a7ee25671b0/pb14108-artificial-light-progress-dec2013.pdf>
- Duriscoe, D. M., Anderson, S. J., Luginbuhl, C. B., & Baugh, K. E. (2018), *J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transf.*, 214, 133, <https://doi.org/10.1016/j.jqsrt.2018.04.028>
- Egger, J., Pepe, A., Gsaxner, C., Jin, Y., Li, J., & Kern, R. (2021). Deep learning—a first

- meta-survey of selected reviews across scientific disciplines, their commonalities, challenges and research impact. *PeerJ*, 7, e12345. <https://doi.org/10.7717/peerj-cs.773>
- Ehrlinger, J. (2016). *ggRandomForests: Exploring random forest survival*. arXiv: Computation. <https://arxiv.org/abs/1612.08132>
- Elvidge, C. D., Baugh, K., Zhizhin, M., Hsu, F. C., & Ghosh, T. (2017), *Int. J. Remote Sens.*, 38, 5860, <https://doi.org/10.1080/01431161.2017.1342050>
- Esri. (n.d.). *Esri: GIS Mapping Software, Spatial Data Analytics & Location Intelligence*. Esri. <https://www.esri.com/en-us/home>
- Falchi, F., Cinzano, P., Duriscoe, D., et al. (2016), *Sci. Adv.*, 2, e1600377, <https://doi.org/10.1126/sciadv.1600377>
- Falchi, F., & Bar´a, S. (2023), *Science.*, 379, 234, <https://doi.org/10.1126/science.adf4952>
- Gallaway, T., Olsen, R. N., & Mitchell, D. M. 2010, *Ecological Economics*, 69, 658. <https://ideas.repec.org/a/eee/ecolec/v69y2010i3p658-665.html>
- Gaston, K., Visser, M., & Hölker, F. 2015, *Philos. Trans. R. Soc. B: Biol. Sci.*, 370, 20140133, <https://doi.org/10.1098/rstb.2014.0133>
- Grauer, A. D., Grauer, P. A., Davies, N., & Davies, G. 2019, *PASP*, 131, 114508, <https://doi.org/10.1088/1538-3873/ab370d>
- Geiger, T. (2017). Continuous national gross domestic product (GDP) time series for 195 countries: Past observations (1850–2005) harmonized with future projections according to the Shared Socio-economic Pathways (2006–2100). *Earth System Science Data*, 10(2), 847-856. [https://doi.org/\[DOI if available\]](https://doi.org/[DOI if available])
- Golob, J. E. (1994). Does inflation uncertainty increase with inflation? *Econometric Reviews*, 13(3), 27-38. <https://doi.org/10.1080/07474939408800214>
- Heller, R. F., & Dobson, A. J. (2000). Disease impact number and population impact number: Population perspectives to measures of risk and benefit. *BMJ*, 321(7266), 950-953. <https://doi.org/10.1136/bmj.321.7266.950>
- Hölker, F., Wolter, C., Perkin, E. K., & Tockner, K. 2010, *Trends Ecol. Evol.*, 25, 681, <https://doi.org/10.1016/j.tree.2010.09.007>
- Hvenegaard, G. T., & Banack, C. S. (2024). Visitor outcomes from dark sky tourism: A case study of the Jasper Dark Sky Festival. *Journal of Ecotourism*, 23(1), 1-15. <https://doi.org/10.1080/14724049.2024.2320698>
- Janiesch, C., Zschech, P., & Heinrich, K. (2021). Machine learning and deep learning.

- Electronic Markets*, 31(3), 685–695. <https://doi.org/10.1007/s12525-021-00475-2>
- Kiebel, S. J., Kherif, A. P., & Holmes, C. (2007). The general linear model. In *Brain Mapping: The Methods* (Chapter 8). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-012372560-8/50008-5>
- Kiebel, S. J., & Mueller, K. (2015). The general linear model. In A. W. Toga (Ed.), *Brain Mapping: An Encyclopedic Reference* (pp. 825-830). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-397025-1.00317-1>
- Kyba, C. C. M., Altıntaş, Y. O., Walker, C. E., & Newhouse, M. 2023, *Science*, 379, 265, <https://doi.org/10.1126/science.abq7781>
- LeCun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. 2015, *nature*, 521, 436
- Longcore, T., & Rich, C. 2004, *Front. Ecol. Evol.*, 2, 191, [https://doi.org/10.1890/1540-9295\(2004\)002\[0191:ELP\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1540-9295(2004)002[0191:ELP]2.0.CO;2)
- Longcore, T., & Rich, C. 2004, *Front. Ecol. Evol.*, 2, 191, [https://doi.org/10.1890/1540-9295\(2004\)002\[0191:ELP\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1540-9295(2004)002[0191:ELP]2.0.CO;2)
- Mahmood, Y., Kama, N., Azmi, A., Khan, A. S., & Ali, M. 2022, *Software: Practice and Experience*, 52, 39, <https://doi.org/10.1002/spe.3009>
- Nahler, G. (2009). Gross domestic product (GDP). In *Springer Vienna* (p. 83).
- Navara, K. J., & Nelson, R. J. 2007, *Journal of Pineal Research*, 43, 215, <https://doi.org/10.1111/j.1600-079X.2007.00473.x>
- Nelder, J. A., & Wedderburn, R. W. M. 1972, *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)*, 135, 370. <http://www.jstor.org/stable/2344614>
- Palo, V. A. (2015). Decision tree methods: Applications for classification and prediction. *Shanghai Archives of Psychiatry*, 27(2), 130–135. <https://doi.org/10.11919/j.issn.1002-0829.215044>
- R. H. Garstang, Night-sky brightness at observatories and sites. *Publ. Astron. Soc. Pac.* 101, 306–329 (1989)
- Rokach, L., & Maimon, O. 2014, *Data Mining with Decision Trees*, 2nd edn. (WORLD SCIENTIFIC), <https://doi.org/10.1142/9097>
- Smith, K. T., Lopez, B., Vignieri, S., & Wible, B. 2023, *Science*, 380, 1116, <https://doi.org/10.1126/science.adi4552>
- Stevens, R. D., Brainard, G. C., Blask, D. E., Lockley, S. W., & Motta, M. E. 2014, *CA Cancer J. Clin.*, 64, 207, <https://doi.org/10.3322/caac.21218>

- to Protect Rural England, C. 2020. 259 <https://www.cpre.org.uk/wp-content/uploads/2019/11/260-Shedding-light-leaflet.pdf>
- Walsh, E. S., Kreakie, B. J., Cantwell, M. G., & Nacci, D. (2017). A random forest approach to predict the spatial distribution of sediment pollution in an estuarine system. *PLOS ONE*, 12(7). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0180701>
- Yong, Z., Li, K., Xiong, J., et al. 2022, Remote Sens., 14, 600, <https://doi.org/10.3390/rs14030600>

ประวัติผู้วิจัย

ประวัตินักวิจัย คนที่ 1

ชื่อ – นามสกุล : รองศาสตราจารย์ ดร.ฟ้ารุ่ง สุริยา บุญทิศ
เกิดวันที่ 18 เมษายน พ.ศ. 2527

หมายเลขบัตรประจำตัวประชาชน : 1-5799-00012-10-4

ตำแหน่งปัจจุบัน : รองศาสตราจารย์

หน่วยงานและสถานที่ติดต่อ : คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย
80 หมู่ 9 ต.บ้านดู่ อ.เมือง จ.เชียงราย 57100
โทรศัพท์ 0886221950
Email: sc_farung@cr.ru.ac.th

ประวัติการศึกษา :

พ.ศ. 2549 วท.บ. (ฟิสิกส์) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ นักศึกษา
ศึกษาทุนโครงการส่งเสริมการผลิตครูที่มี
ความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และ
คณิตศาสตร์ (สคค.)

พ.ศ. 2550 ประกาศนียบัตรวิชาชีพครู (ทุนสคค.)
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

พ.ศ. 2552 M.Sc. (Astronomy) Sejong University,
Seoul, Korea

พ.ศ. 2557 Ph.D. (Astrophysics) Liverpool John
Moore's University, Liverpool, UK

สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ : ฟิสิกส์ดาราศาสตร์ โดยเฉพาะโนวาและดาวคู่
แบบบังกัน

งานวิจัยที่ทำที่ได้รับการตีพิมพ์ :

1. Khamrat, S., Noysena, K., Surina, F., et al. (2023, accepted) "Galactic Novae in the GOTO database" Astronomical Society of the Pacific Conf. Ser.
2. Changruengnam, T. Deetha, D., Sukkai, C., Youyuenyong, P., Sarotsakulchai, N. and Surina, F.* (2023) "The first dark sky map of Chiang Rai: three decades of change affecting Astro-tourism", *J. Phys Conf. Ser.*, 2653, 012027

3. ศักดิ์วิสิฐ สันทุมวงศ์, พงศพัศ กิวัฒนา, พุฒิพงศ์ ยะติ, มนตรี นันตา, นพดล สารโธสกุลชัย และ ฟาร์ุง สุรินา บุญทิศและคณะ. 2566. การวิเคราะห์กราฟแสงของ KIC 12109575 และแนวทางวิเคราะห์ความเป็นโนวา. วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ปีที่ 2 ฉบับที่ 1 (มกราคม-มิถุนายน 2566)
4. Aindang, A., Inkum, R., Sarotsakulchai, T. and Surina, F.* (2021) “Kepler-TESS Light Curves Analysis of KIC 10417986 as a Practical Example for Astronomical Research in Schools”, *J. Phys Conf. Ser.* **1719** 012017
5. Sutham, S., Sobong, J., Surina, F.* and Awipan, S. (2019) “Optical Morphology of the Ejected Shell of V339 Del using SHAPE”, *J. Phys Conf. Ser.* **1380** 012029
6. Mueangkon, Y., Kamrat, S., Suekong, D., Aintawiphak, S., Jaiboe, A., Surina, F.*, Darnley, M.J., Bode, M.F. (2018) “Evolution of V339 Del (Nova Del 2013) since 0.37-75 Days after Discovery”, *J. Phys Conf. Ser.* **1144** 012014
7. Thipboon, R., Kaewrakmuk, M., Surina, F.* and Nuanwan Sanguansak (2017) “Photometric Investigation of Novae T Pyx, BT Mon and V574 Pup at Quiescence by using the 2.4-m Thai National Telescope”, *J. Phys Conf. Ser.* **901** 012003
8. Hounsell, R.*, Darnley, M. J., Bode, M. F., Harman, D. J., Surina, F., Starrfield, S., Holdsworth, D. L., Brewsher, D., Hick, P. P., Jackson, B. V., Buffington, A., Clover, M., Shafter, A. W. (2016) “NOVA LIGHT CURVES FROM THE SOLAR MASS EJECTION IMAGER (SMEI) - II. THE EXTENDED”, *Astrophys J.* **820** 104
9. **Surina, F.***, Bode, M.F. and Darnley, M.J. (2015) “Investigation of Galactic Classical and Recurrent Novae with Ground-based Observations and Solar Mass Ejection Imager (SMEI)”, *Pub. of Korean Astron. Soc.* **30** 237
10. **Surina, F.***, Arjyotha, S., Raktham, C. (2015) “Astronomy at Chiang Rai Rajabhat University”, *Suranaree J. of Sci. and Tech.*, **22** (2) 129
11. **Surina, F.***, Hounsell, R.A., Bode, M.F., Darnley, M.J., Harman, D.J., Walter, F.M. (2014) “A Detailed Photometric and Spectroscopic Study of the 2011 Outburst of the Recurrent Nova T Pyxidis from 0.8 to 250 Days after Discovery”, *Astron. J.* **147** 107.
12. **Surina, F.***, Hounsell, R.A., Bode, M.F., Darnley, M.J., Harman, D.J., Walter, F.M. (2013) “A Spectroscopic and Photometric Development of T Pyxidis (2011) from 0.8 to 250 Days after Discovery”, *Astron. Soc. of the Pacific Conf., Stella Novae: Past and Future Decades*, Edited by P. A. Woudt and V. A. R. M. Ribeiro, **490** 169

13. Darnley, M.J., Bode, M.F., Harman, D.J., Hounsell, R.A., Munari, U., Ribeiro, V. A. R. M., **Surina, F.**, Williams, R.P., Williams, S.C., 2013, On the Galactic Nova Progenitor Population, *Astron. Soc. of the Pacific Conf.*, *Stella Novae: Past and Future Decades*, Edited by P. A. Woudt and V. A. R. M. Ribeiro, **490** 49
14. **Surina, F.**, Bode, M.F., Darnley, M.J. (2013) “Investigation of the Progenitors of Nova Explosions”, *The 11th Asian-Pacific Regional IAU Meeting (APRIM2011)*, *Chiangmai, Thailand, NARIT Conference Series, 2012*. Edited by S. Komonjinda, Yuri Y. Kovalev and D. Ruffolo., **1** 161.
15. **Surina, F.**, Kang, Y.-W. (2009) “Absolute Dimensions of Four Eclipsing Binaries” *Astron. Soc. of the Pacific Conf.*. Edited by B. Soonthornthum, S. Komonjinda, K.S. Cheng, K.C. Leung, **404** 184.
16. Kang, Y.-W., **Surina, F.**, Lee, J.-J. (2009) “Absolute Dimensions of Four Eclipsing Binaries”, *Astron. Soc. of the Pacific Conf.* Edited by B. Soonthornthum, S. Komonjinda, K.S. Cheng, K.C. Leung, **404** 178.

ผลงานเรียบเรียงหนังสือ/ตำรา

1. ฟาร์รุ่ง สุริยา บุญทิศ (2565). *ฟิสิกส์ดาราศาสตร์เบื้องต้นของโนวา (Introduction to Astrophysics of Nova Eruption)*. กรุงเทพฯ : ดีเซมเบอร์รี่.
2. ฟาร์รุ่ง สุริยา บุญทิศ (2565). *ดาราศาสตร์สามัญประจำบ้าน : ดาราศาสตร์ที่เข้าใจได้ ตั้งแต่แฮกริดจนถึงรัฐมนตรีกระทรวงวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ : ดีเซมเบอร์รี่.

ประวัตินักวิจัย คนที่ 2

1. นายธนายุทธ ช่างเรือนงาม
Mr. Thanayut charuenngam
2. หมายเลขบัตรประจำตัวประชาชน : 1720700088352
3. ตำแหน่ง : อาจารย์
4. สถานที่ทำงาน : คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย ถนนพหลโยธิน อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย 57100 Tel.0-5377-60115.
5. ประวัติการศึกษา
ปี 2564 วท.บ. (คณิตศาสตร์) มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ปี 2551 วท.บ. (คณิตศาสตร์) มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ปี 2555 วท.ม. (คณิตศาสตร์) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ
วิทยาศาสตร์ข้อมูล แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ทฤษฎีจุดตรึง ทฤษฎีคณิตศาสตร์สำหรับการควบคุม สารสนเทศทางภูมิศาสตร์ แบบจำลองการกระจายพันธุ์
7. งานวิจัย 5 ปี ย้อนหลัง
 - 7.1 Suruswadee Nanglae และ Thanayut Changruenngam (2020). The Application of Graph Theory on Text Mining. Journal of Science and Technology Mahasarakham University, 39(5), 532-538.
 - 7.2 Changruenngam, T., Chomchalow, S., & Tovanont, J. (2022). Habitat Prediction and Knowledge Extraction from Musa gracilis Holttum with Limited Data. Chiang Mai J. Sci., 49(4), 1050–1062.
 - 7.3 Rakitikul, W., Sirita, J., Yodsuntorn, P., Changruanngam, T., & Nanglae, S. (2022). Chemical Composition Analysis to Determine the Identity of Cocoa in Chiang Rai Province. Journal of KPRU Science Mathematics and Technology.
 - 7.4 กัณฑ์พัฒน์ เหลืองเจริญวัฒนา, พิสิษฐ์ มณีโชติ, ธนายุทธ ช่างเรือนงาม และธนพล แสงสุวรรณ (2565). การพัฒนาอัลกอริทึมระบบปลูกพืชอัจฉริยะสำหรับการปลูกกล้วยในโรงเรือนปิด. งานประชุมสัมมนาวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 15, ชุมพร.

- 7.5 Changruenngam, T., Deetha, D., Sukkai, C., Youyuenyong, P., Sarotsakulchai, N., & Surina, F. (2023). The first dark sky map of Chiang Rai: three decades of change affecting Astro-tourism. *Journal of Physics: Conference Series*, 2653(1), 0–10. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2653/1/012027>
- 7.6 ธนายุทธ ช่างเรื่อนงาม วลีพรรณ รกิติกุล, นางแล สุรัสวดี, จินดา ศิริดา, ปิยดา ยศสุนทร, ศิวรี สุดสนิด, & พ้ารุ่ง สุรินา บุญทิศ. (2567). กลยุทธ์และรูปแบบการพัฒนาการท่องเที่ยวฟ้ามีดข้ามพรมแดน. *ประชุมยุทธศาสตร์วิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 1 เรื่อง “ยุทธศาสตร์การพัฒนาข้ามพรมแดน.”* เชียงราย.
- 7.7 Changruenngam, T., Nanglae, S., Butsan, T., & Sudsanit, S. (2024). Forecasting the number of foreign workers in Thailand by exponential smoothing method. *Journal of Science and Technology Mahasarakham University*, 43(1), 63–72.

ประวัตินักวิจัย คนที่ 3

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) : อาจารย์ ดร.สุรัสวดี นางแล
ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) : Dr. Suruswadee Nanglae
1. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน : 3570100367879
2. ตำแหน่งปัจจุบัน : อาจารย์ประจำโปรแกรมคณิตศาสตร์และวิทยาการคำนวณ
3. ที่ติดต่อ : คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย 57100 โทร 0 815 943105 โทรสาร 0 53 776012
4. ประวัติการศึกษา :
พ.ศ. 2565 ประกาศนียบัตรวิชาชีพครู มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย
พ.ศ. 2558 ปริญญาตรี (วิทยาการเชิงคำนวณ) มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง
พ.ศ. 2551 วท.ม. (วิทยาการเชิงคำนวณ) มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง
พ.ศ. 2548 วท.บ. (สถิติ) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
5. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ : สถิติและการวิเคราะห์ข้อมูลทางด้านสถิติ
การสร้างแบบจำลองและการพยากรณ์ โปรแกรม R

งานวิจัยที่ทำได้รับการตีพิมพ์ :

1. สุรัสวดี นางแล (2551). สถิติวิเคราะห์และแบบจำลองของปัจจัยที่มีผลกระทบต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มวิชาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาามมหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง, การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ 9, วันที่ 14-15 มีนาคม 2551, บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา.
2. Nanglae, S. and Nilthong, R., (2012). Predicting Species Distribution of Jungle Tea at the North of Thailand, The 16th International Annual Symposium on Computational Science and Engineering (ANSCSE16), 23-25 May 2012, Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand.
3. S. Nanglae and R. Nilthong, (2012). Species Distribution Models of Wild Tea in the Upper North of Thailand, The 1st Mae Fah Luang University International Conference, 29-30 November and 1 December 2012, Mae Fah Luang University, Chiang Rai, Thailand.
4. Nanglae, S. and Nilthong, R., (2015). Predicting Assam Tea Distribution in Upper Northern Thailand Using Species Distribution Models, APPLIED ECOLOGY AND ENVIRONMENTAL RESEARCH, 13(4), 1085-1096.
5. สุรัสวดี นางแล, ธนายุทธ ช่างเรือนงาม และ ศิวรี สุดสนธิ (2560). การประเมินแบบจำลองการกระจายของสิ่งมีชีวิตโดยการใช้ตัววัดแบบต่างๆ, รายงานสืบเนื่องการประชุมวิชาการและ

นำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ ครั้งที่ 1 “นวัตกรรมสร้างสรรค์ ศาสตร์พระราชาสู่การพัฒนาที่ยั่งยืน ไทยแลนด์ 4.0” มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด, วันที่ 13 กรกฎาคม 2560, จังหวัดร้อยเอ็ด.

6. กฤตวิทย์ สุขอึ้ง, ภาณุพงศ์ พรหมมาร์ตัน, สุรัสวดี นางแล, ธนายุทธ ช่างเรื่อนงาม และ ศิวิรี สุดสนธิ (2560). การผลิตแผนที่ความเสี่ยงการเกิดดินถล่มโดยใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ และแบบจำลองการถดถอยโลจิสติกส์ร่วมกับปัจจัยสิ่งแวดล้อม กรณีศึกษาของบ้านนางแลใน อ. เมือง จ.เชียงราย, Veridian E-Journal, Science and Technology Silpakorn University, 4(6), November-December.

7. อีรวรรณ บุญโทแสง, สุรัสวดี นางแล, ธัญวรัญญ์ บุตรสาร, นิติมา พรหมมาร์ตัน และ ธนายุทธ ช่างเรื่อนงาม (2560). ความรู้ ทักษะ และพฤติกรรมเกี่ยวกับการจัดการขยะของหมู่บ้านนางแลใน ตำบลนางแล อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย, วารสารการวิจัยกาสะลองคำ มหาวิทยาลัยราชภัฏ เชียงราย, 11(3) Special Issue.

8. Piyanut Moonkhum, Pisit Sommay, Suruswadee Nanglae and krittawit Suk-ueng (2018). Spatial Factors Affecting the Landslide via Logistic Regression Model in Nanglae Nai Village, Chiang Rai Province, The 2nd Sirindhorn Conference on Geoinformatics, 1-2 February 2018, Bangkok, Thailand.

9. ธนายุทธ ช่างเรื่อนงาม, สุรัสวดี นางแล, นพพร ณะชัยขันธุ์, จารุวรรณ ศิริณภาดล, วิทยา พูลสวัสดิ์ และ มนุ สมเพชร (2562). การเลือกผู้ใหญ่บ้านโดยใช้แบบจำลองฟิชชี: กรณีศึกษาหมู่บ้านหาดไคร้ ตำบลเวียง อำเภอเชียงของ จังหวัดเชียงราย, การประชุมสัมมนาวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 15 “การขับเคลื่อนพลังชุมชนสู่สังคมแห่งการเรียนรู้”, 25 มกราคม 2562, จังหวัดเชียงราย, 33-44.

10. ปุณยวีร์ อินตะภา , กฤตวิทย์ สุขอึ้ง , และ สุรัสวดี นางแล (2562). การจัดทำบัญชีรายชื่อไฟในหมู่บ้านป่าซางวิวัฒน์ ตำบลนางแล อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย, การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ ราชธานีวิชาการ ครั้งที่ 4 “การวิจัยเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน”, 31 พฤษภาคม 2562, จังหวัดอุบลราชธานี

11. Suruswadee Nanglae and Thanayut Changruengam (2020). The Application of Graph Theory on Text Mining. Journal of Science and Technology Mahasarakham University, 39(5), 532-538

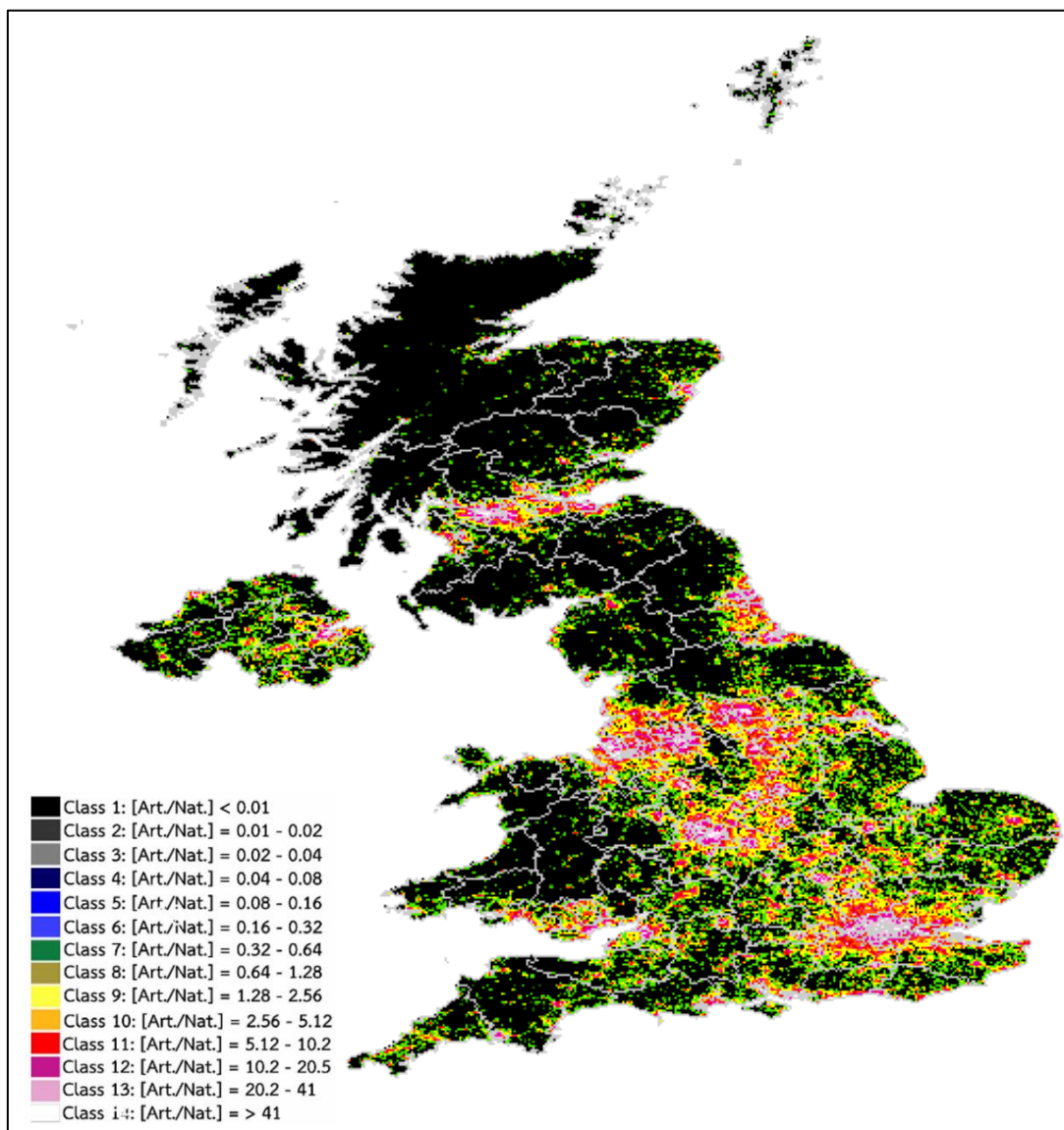
12. กฤตวิทย์ สุขอึ้ง, ธัญลักษณ์ ม่วงหวาน, สุรัสวดี นางแล และ กิตติชัย จันธิมา (2565). การศึกษาการกระจายรังของนกยูงเขียวโดยใช้แบบจำลองการถดถอยโลจิสติกในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเวียงลอ จังหวัดพะเยา. การประชุมวิชาการเครือข่ายวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้ประเทศไทย ครั้งที่ 11 คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 20-21 มกราคม 2565, จังหวัดกรุงเทพมหานคร.

13. วลีพรรณ รกิติกุล, จินดา ศิริตา, ปิยดา ยศสุนทร, ธนายุทธช่างเรือนงาม และสุรัสวดี นางแล (2565). วิเคราะห์ห้องค์ประกอบทางเคมีเพื่อหาอัตลักษณ์ของโกโก้ในจังหวัดเชียงราย. วารสาร มรภ.ภพ. วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี, 1(1).
14. สุรัสวดี นางแล, ธนายุทธ ช่างเรือนงาม, พงศกร สุวรรณวงศ์, เวสาร์ช บุญมาศักดิ์ และเจนจิรา นาคูน. (2566). การประยุกต์ใช้เทคนิคอนุกรมการไลในการจำลองพื้นที่อ่างเก็บน้ำ กรณีศึกษา อ่างเก็บน้ำหนองบัว จังหวัดเชียงราย. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์, 3(1), 21-29.
15. Changruenngam, T., Nanglae, S., Butsan, T., & Sudsanit, S. (2024). Forecasting the number of foreign workers in Thailand by exponential smoothing method. Journal of Science and Technology Mahasarakham University, 43(1), 63–72.

ภาคผนวก

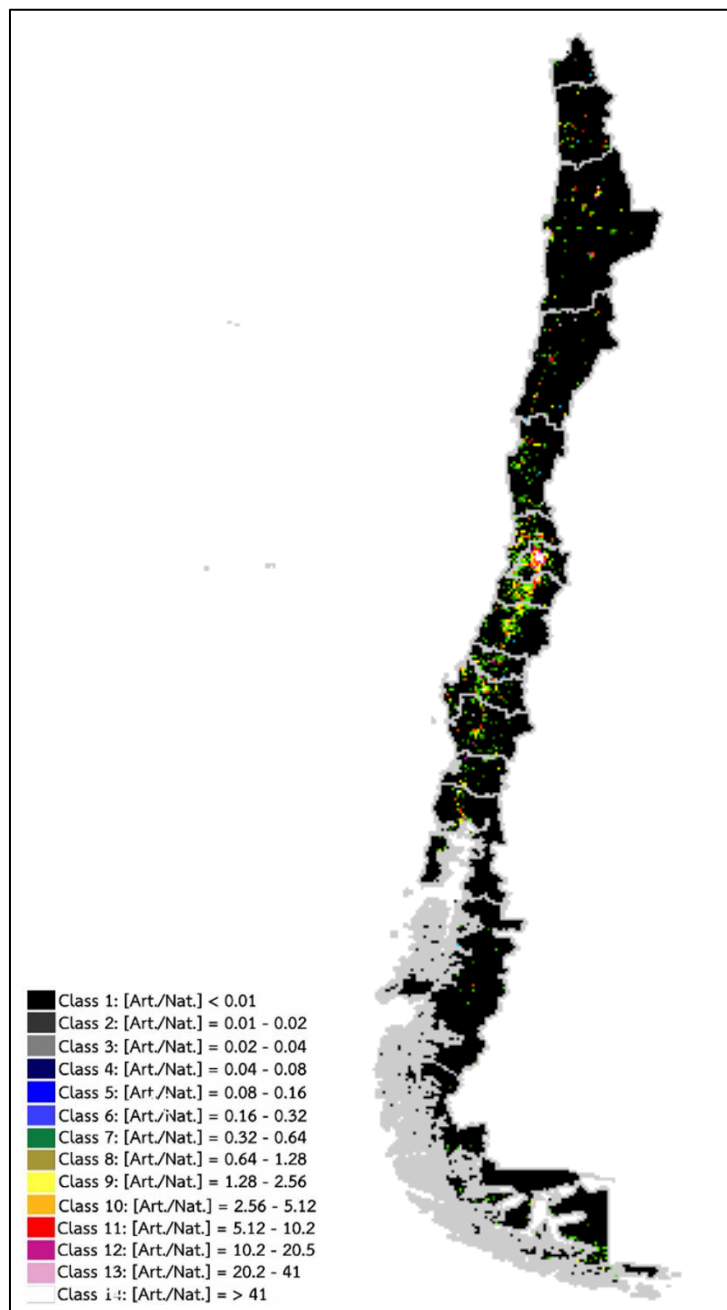
ภาคผนวก ก
แผนที่ประเทศต่าง ๆ

แผนที่ท้องฟ้ามีดประเทศสหราชอาณาจักร



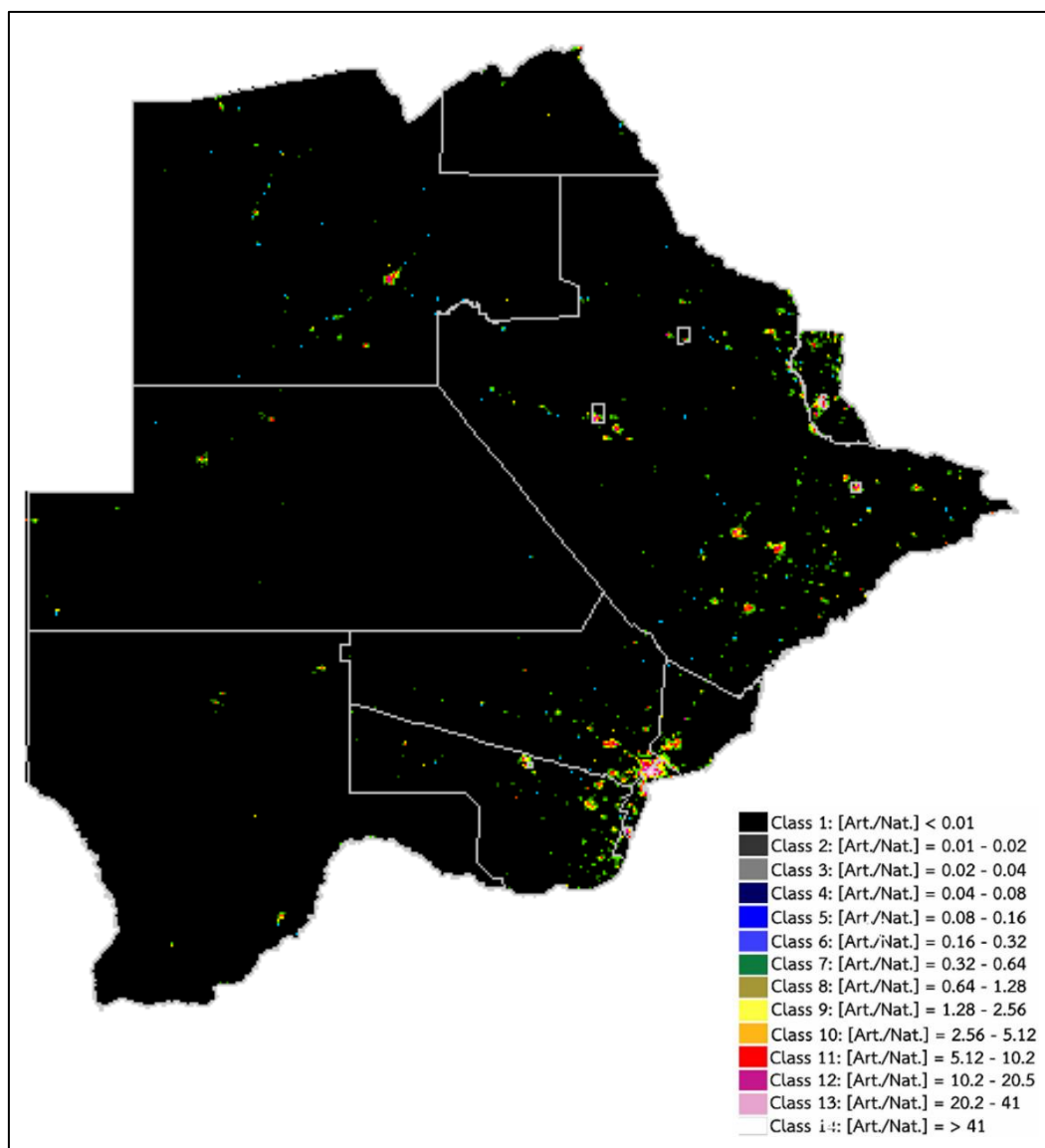
ภาพที่ ก.1 แผนที่ท้องฟ้ามีดของประเทศสหราชอาณาจักรในปี 2023 แบ่งตามนครและเขตเมือง
นำเสนอใน 14 คลาสส์ที่กำหนดไว้ในตาราง

แผนที่ท้องฟ้ามืดประเทศชิลี



ภาพที่ ก.2 แผนที่ท้องฟ้ามืดของประเทศชิลีในปี 2023 แบ่งตามแคว้น
 นำเสนอใน 14 คลาสส์ที่กำหนดไว้ในตาราง

แผนที่ท้องฟ้ามืดประเทศบอตสวานา

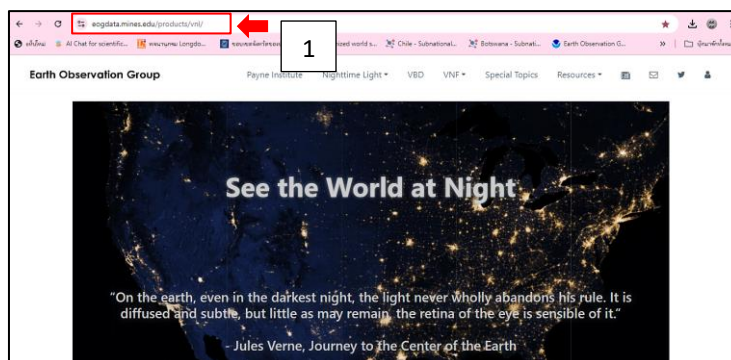


ภาพที่ ก.3 แผนที่ท้องฟ้ามีดของประเทศบอตสวานาในปี 2023 แบ่งตามเขตการปกครอง
 นำเสนอใน 14 คลาสสีที่กำหนดไว้ในตาราง

ภาคผนวก ข การได้มาซึ่งข้อมูลต่าง ๆ ในงานวิจัย

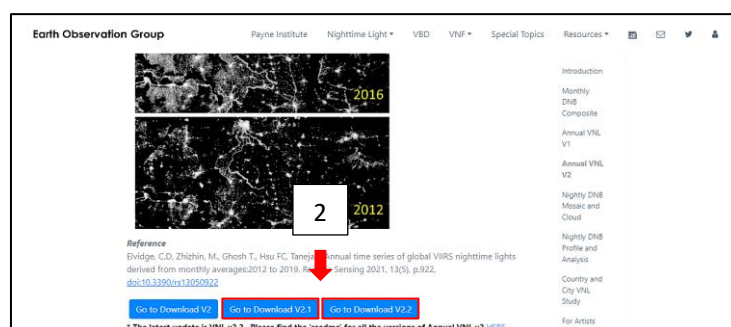
ขั้นตอนการได้มาซึ่งข้อมูลแผนที่จากดาวเทียม VIIRS

ขั้นตอนที่ 1 การเข้าหน้าเว็บไซต์



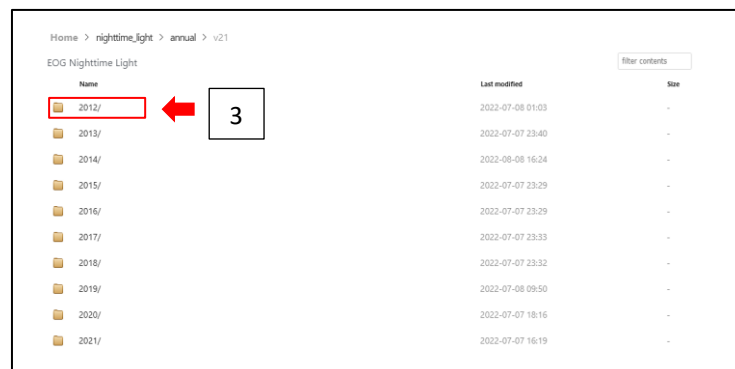
ภาพที่ ข.1 เข้าหน้าเว็บไซต์ Earth Observation Group
(<https://eogdata.mines.edu/products/vnl/>)

ขั้นตอนที่ 2 การเลือกชุดข้อมูล



ภาพที่ ข.2 การเลือกชุดข้อมูล กด Go to Download V2.1 สำหรับข้อมูลปี 2012-2021
และกด Go to Download V2.2 สำหรับข้อมูลปี 2022-2023

ขั้นตอนที่ 3 การเลือกชุดข้อมูลในปีต่าง ๆ



ภาพที่ ข.3 เลือกปีที่ต้องการ

ขั้นตอนที่ 4 การเลือกชนิดไฟล์ข้อมูล



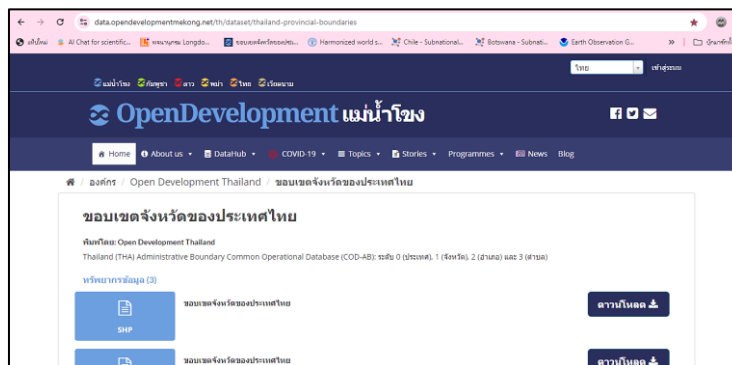
ภาพที่ ข.4 กดเลือก ไฟล์ gz จะนำไปสู่การดาวน์โหลดแผนที่ของปีนั้น ๆ

*งานวิจัยนี้เลือกใช้ไฟล์ข้อมูล average_masked แทนที่จะเป็น median_masked เนื่องจาก median_masked คือชุดข้อมูลค่ามัธยฐานและข้อมูลแต่ละข้อมูลมีค่าใกล้เคียงกัน แต่ average_masked คือชุดข้อมูลเฉลี่ยของในแต่ละเดือน และมีค่ากลางของข้อมูลที่เหมาะสมที่สุดใน

การศึกษา

การได้มาซึ่งข้อมูลแผนที่ของประเทศที่ต้องการ

ขั้นตอนที่ 1 การเลือกขอบเขตประเทศ

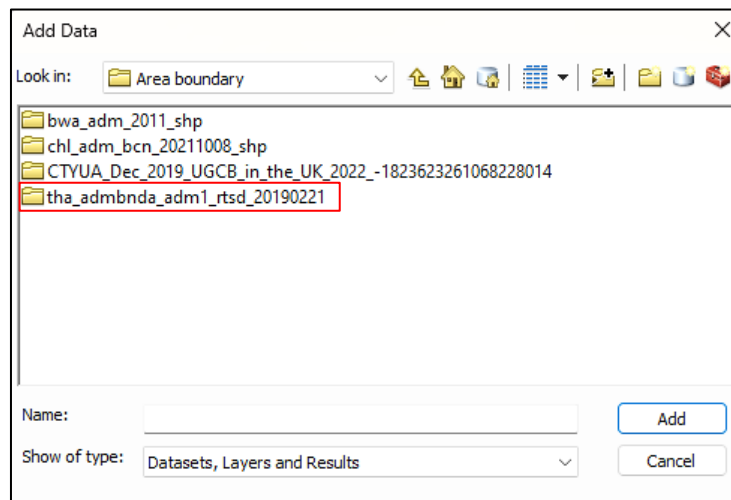


ภาพที่ ข.5 เลือกเว็บไซต์ขอบเขตประเทศที่มีนามสกุลเป็น Shapefile (.shp) แล้วดาวน์โหลด

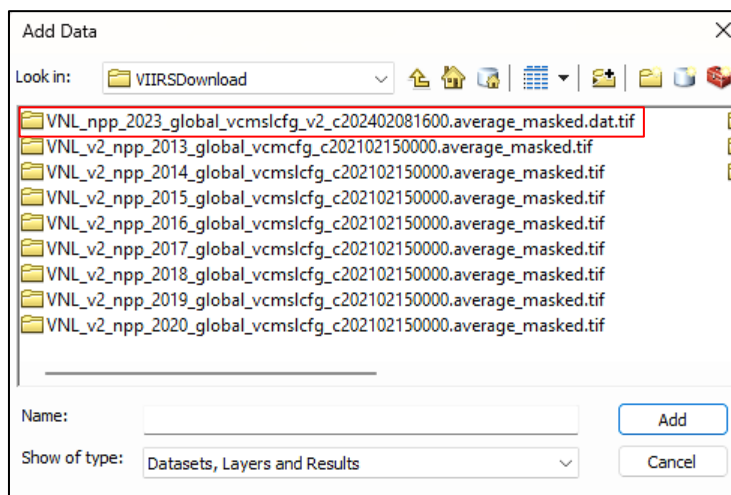
ภาคผนวก ค โปรแกรม ArcGIS

ขั้นตอนการประยุกต์ใช้โปรแกรม ArcGIS ในการสร้างแผนที่

ขั้นตอนที่ 1 การนำเข้าข้อมูล

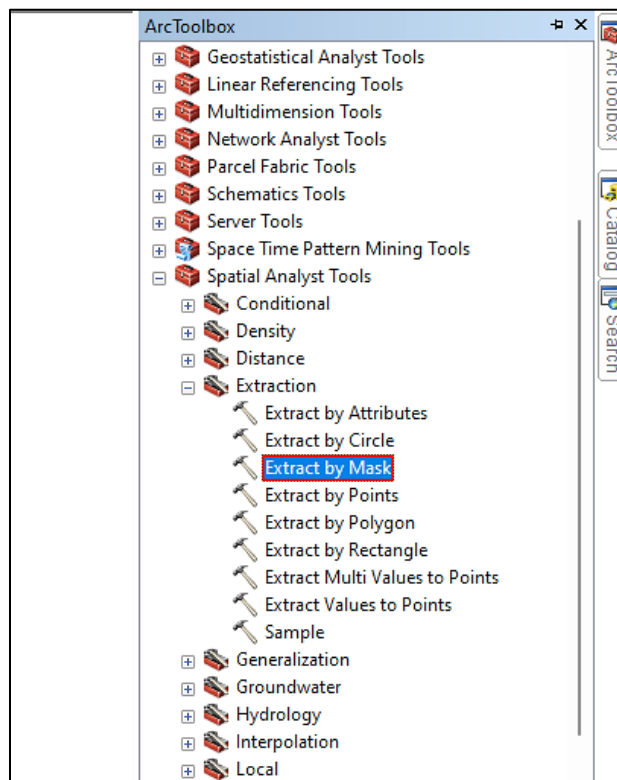


ภาพที่ ค.1 นำเข้าไฟล์ขอบเขตประเทศ

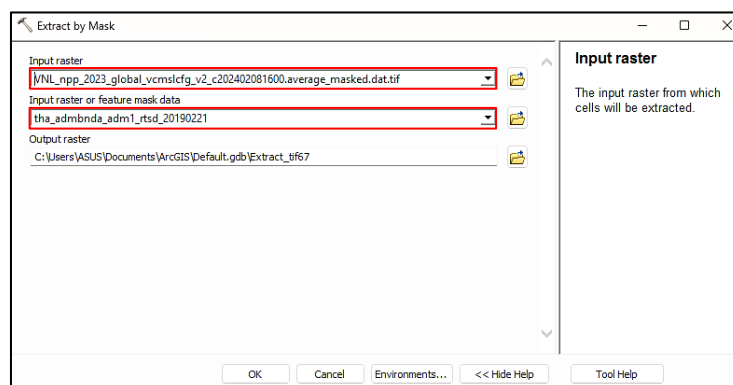


ภาพที่ ค.2 นำเข้าไฟล์แผนที่ดาวเทียม NPP-VIIRS

ขั้นตอนที่ 2 Extraction

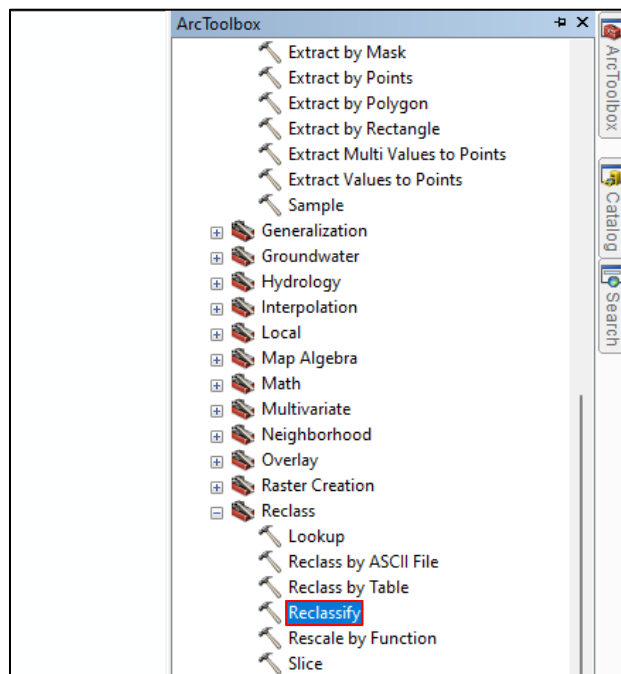


ภาพที่ ค.3 เลือกเครื่องมือ Extract by Mask ในฟังก์ชัน Extraction

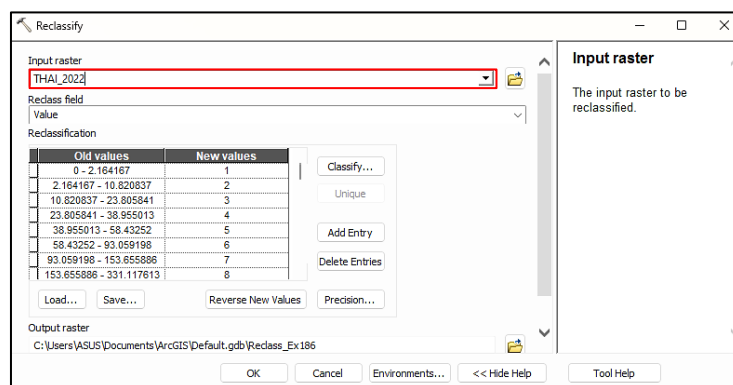


ภาพที่ ค.4 เลือกไฟล์ที่ต้องการจะทับซ้อนกันระหว่างขอบเขตประเทศกับแผนที่ดาวเทียม

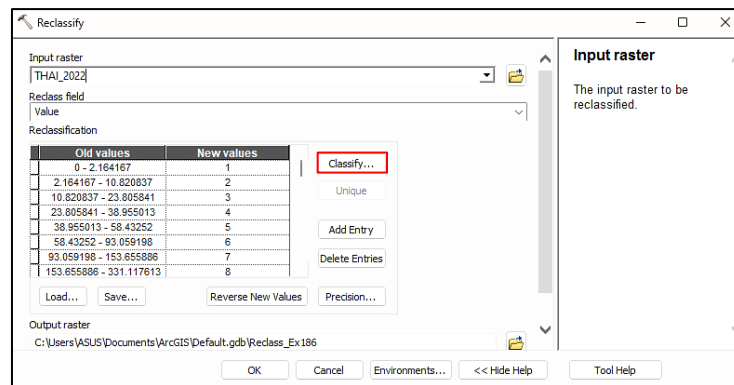
ขั้นตอนที่ 3 Reclassify



ภาพที่ ค.5 เลือกเครื่องมือ Reclassify ในฟังก์ชัน Reclass



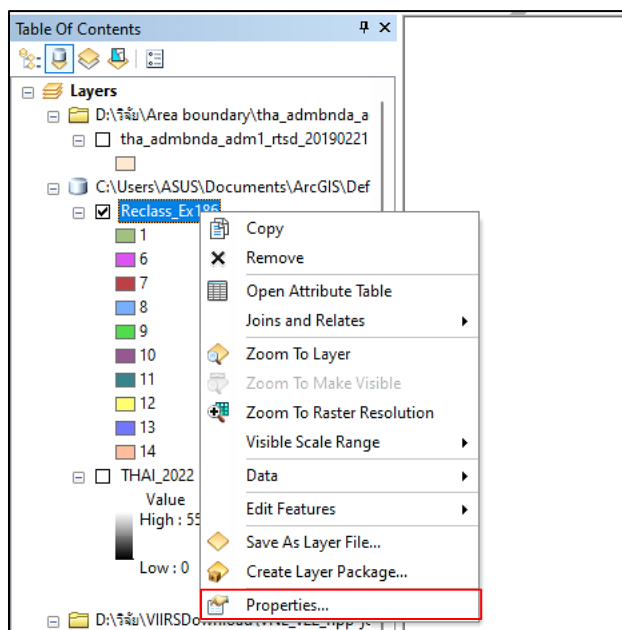
ภาพที่ ค.6 เลือกไฟล์ที่ผ่านการ Extract by Mask เสร็จแล้ว



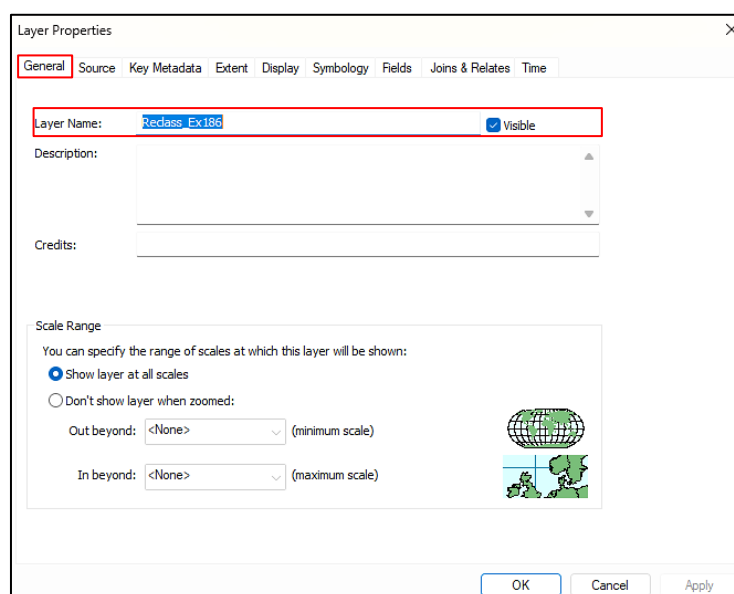
ภาพที่ ค.7 เลือกฟังก์ชัน Classification



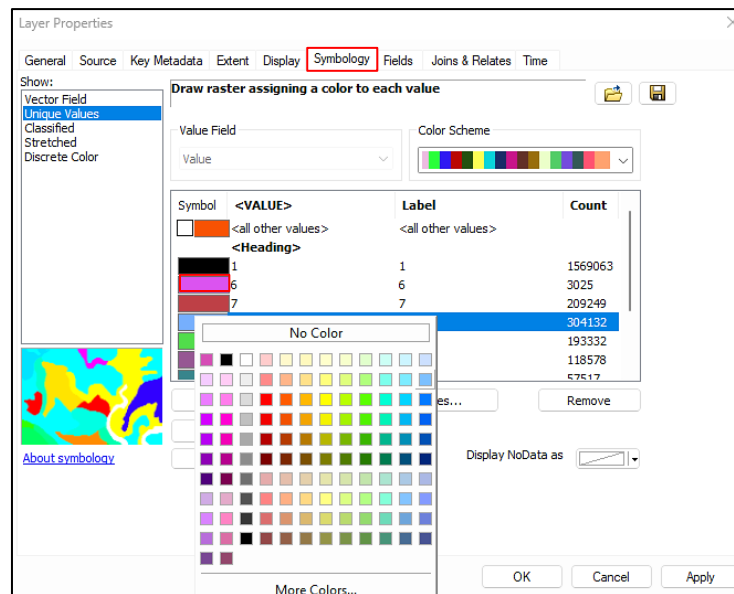
ภาพที่ ค.8 กำหนด Classes, Classification Method และ Break Values



ภาพที่ ค.9 เปิด Layer Properties ไฟล์ Reclassify

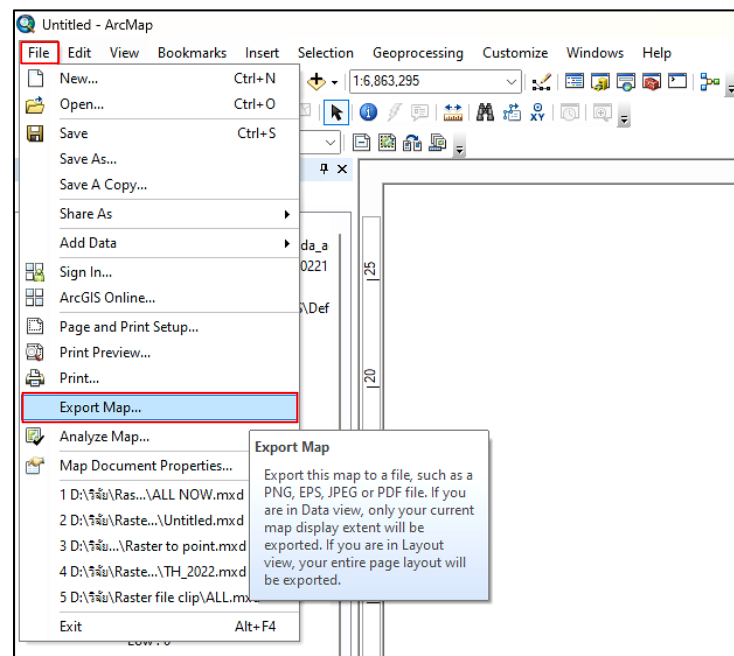


ภาพที่ ค.10 เลือกฟังก์ชัน General เปลี่ยนชื่อไฟล์ที่ Layer Name

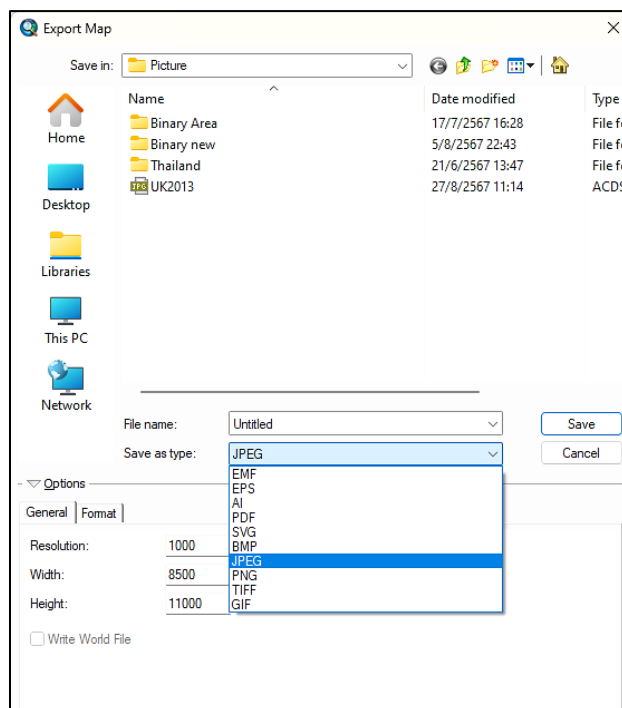


ภาพที่ ค.11 เลือกฟังก์ชัน Symbology เพื่อเปลี่ยนสีในแผนที่

ขั้นตอนที่ 4 Export Map



ภาพที่ ค.12 เลือก File และเลือก Export Map เพื่อบันทึกแผนที่ออกมาในรูปแบบไฟล์ต่าง ๆ



ภาพที่ ค.13 เลือกไฟล์ เปลี่ยนชื่อไฟล์ และชนิดไฟล์ที่จะบันทึก