



**KASETSART
UNIVERSITY**
FACULTY OF FORESTRY

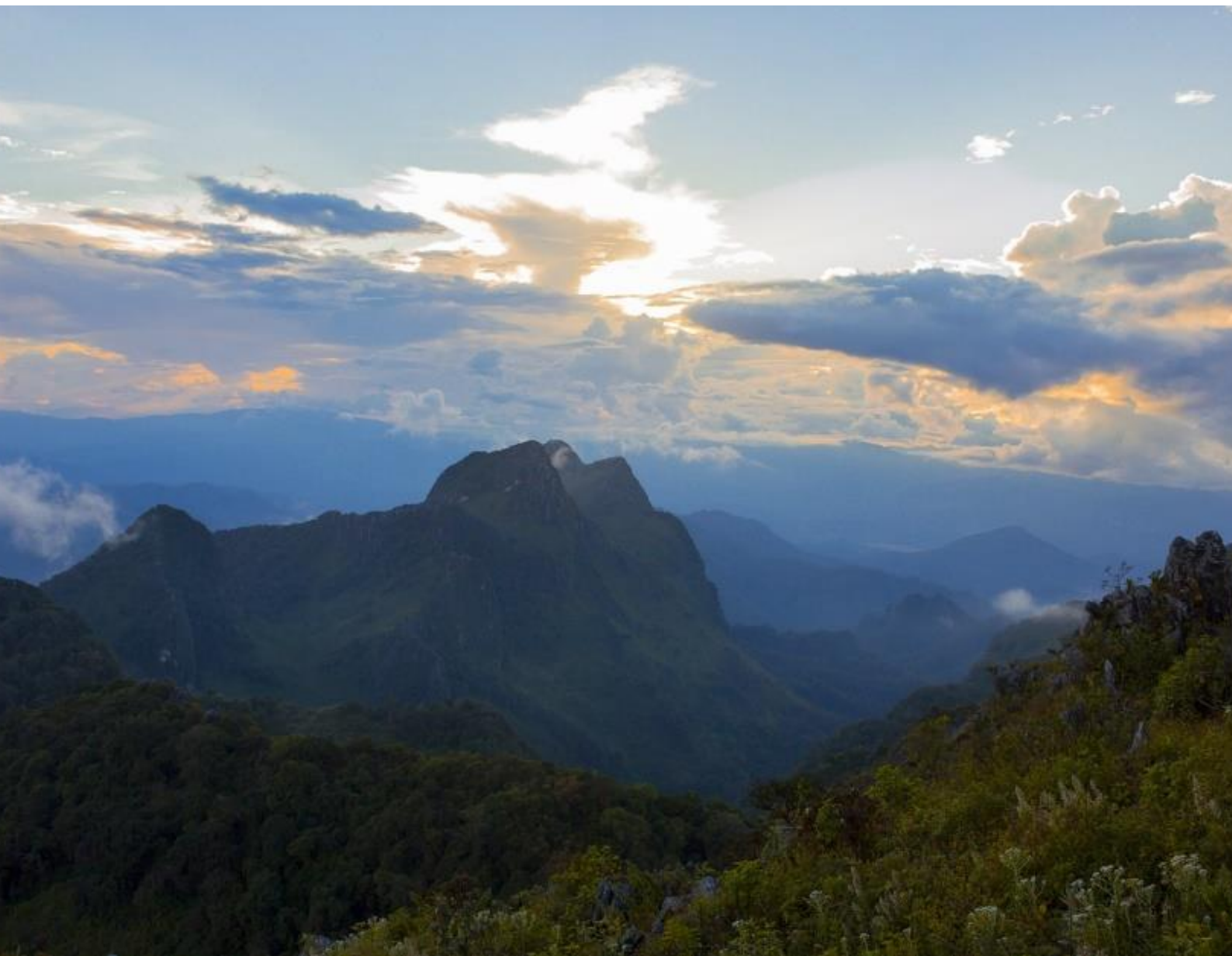
วารสารวนศาสตร์ไทย

THAI JOURNAL OF FORESTRY

ปีที่ ๔๓ ฉบับที่ ๒ กรกฎาคม-ธันวาคม ๒๕๖๗

Volume 43 Issue 2 July-December 2024

E-ISSN 2822-115X (Online)



[ภาพ: ผศ. ดร.กอบศักดิ์ วันธงไชย]

วารสารทางวิชาการของคณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จัดพิมพ์โดยศูนย์วิจัยป่าไม้ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ

ผู้พิจารณาผลงาน อย่างน้อย 3 ท่าน



วารสารวนศาสตร์ไทย

เจ้าของ

คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

หัวหน้ากองบรรณาธิการ

รองศาสตราจารย์ ดร.สาพิศ ดิลกสัมพันธ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กองบรรณาธิการ

ศาสตราจารย์ ดร.ดอกรัก มารอด

ศาสตราจารย์ ดร.ดุสิต เวชกิจ

ศาสตราจารย์ ดร.สุวิทย์ อ่องสมหวัง

รองศาสตราจารย์ ดร.แหลมไทย อาษานอก

รองศาสตราจารย์ ดร.อดิศักดิ์ อิศรางกูร ณ อยุธยา

รองศาสตราจารย์ ดร.สันติ สุขสะอาด

รองศาสตราจารย์ ดร.รัตนวัฒน์ ไชยรัตน์

รองศาสตราจารย์ ดร.รัชคนิน จงจิตวิมล

รองศาสตราจารย์ ดร.วิสุทธิ์ สิทธิธายา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กอบศักดิ์ วันธงไชย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อัครวิริยะ โชติพันธ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปณิดา กาจันะ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทิววัฒน์ นาพิรุณ

ดร.วรดลต์ แจ่มจำรูญ

ดร.ศิริลักษณ์ ธรรมนุ

Prof. Dr.Futoshi Ishiguri

ผู้จัดการ

นางวราภรณ์ ลำไย

น.ส.ละอองดาว เถาว์พิมาย

น.ส.ศิริภัสสร ชมเชย

สำนักงานกองบรรณาธิการ

ศูนย์วิจัยป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

โทรศัพท์ : 0-2-5614761 E-mail: frc@ku.th Web site: tci.thaijo.org/index.php/tjf

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ

สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

มหาวิทยาลัยมหิดล

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช

กรมป่าไม้

Utsunomiya University, Japan

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วารสารวนศาสตร์ เริ่มก่อตั้งในปี พ.ศ. 2525 ได้เปลี่ยนชื่อเป็น วารสารวนศาสตร์ไทย ในปี พ.ศ. 2563 ภายใต้การดำเนินงานของคณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ตีพิมพ์ผลงานวิชาการที่เกี่ยวข้องทางด้านวนศาสตร์ เช่น นิเวศวิทยาป่าไม้ การจัดการป่าไม้ เศรษฐศาสตร์ป่าไม้ วนวัฒนวิทยา การจัดการลุ่มน้ำ การอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพ สัตว์ป่า และสรีรวิทยาของพืชพรรณและสัตว์ป่า เป็นต้น ทั้งจากนักวิจัยทั้งในและนอกสถาบัน โดยมีผู้ทรงคุณวุฒิในแต่ละสาขาเป็น ผู้พิจารณาผลงาน อย่างน้อย 3 ท่าน แบบผู้ทรงคุณวุฒิและผู้แต่งไม่ทราบชื่อท่านและกัน และมีกำหนดตีพิมพ์เผยแพร่ปีละ 2 ฉบับ คือ เดือนมกราคม-มิถุนายน และเดือนกรกฎาคม-ธันวาคม การส่งต้นฉบับ ติดต่อที่สำนักกองบรรณาธิการ หรือผ่าน E-mail: frc@ku.th

สารบัญ

นิพนธ์ต้นฉบับ	หน้า
Simulated Comparisons of Thinning Effects Using SIBYLA Program <i>Surapit Homnan and Nopparat Kaakkurivaara</i>	1
การกำหนดพื้นที่เสี่ยงต่อการถูกบุกรุกในเขตการใช้ประโยชน์ที่ดินป่าชายเลน จังหวัดตรัง <i>อมรรัตน์ แคล้วศึก, ลัดดาวรรณ เจริญตระกูล และวันชัย อรุณประภารัตน์</i>	10
การปรับปรุงคุณสมบัติการดูดซับของไบโอชาร์จากกะลามะพร้าวด้วยวิธีอาร์กอนนอนเทอร์มอลพลาสมาความดันบรรยากาศ และอบไอน้ำที่อุณหภูมิสูง <i>จิรพงศ์ ศรศักดิ์านุภาพ, ชัยธัช ฉ่ำเฉลิม, ขวัญจิรัส เชิงปัญญา, ธัญญรัตน์ เชื้อสะอาด, ธิติ วานิชดิษฐ์รัตน์ และ ประดุง สอนพุด</i>	25
การใช้แบบจำลอง CA-Markov ร่วมกับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 สำหรับการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดิน บริเวณเขตห้ามล่าสัตว์ป่าทะเลน้อย <i>วีระภาส คุณรัตน์ศิริ, สุนิสา กลายเจริญ และสันติ สุขสะอาด</i>	37
การเปรียบเทียบวิธีการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 9 บริเวณเขตพัฒนาพิเศษ ภาคตะวันออก ประเทศไทย <i>วีระภาส คุณรัตน์ศิริ, จุฑามาศ ศรีคงรักษ์, สันติ สุขสะอาด และวิชณู คำรังสัจจศิริ</i>	51
การพัฒนาระบบเก็บข้อมูลพรรณไม้เพื่อการจัดการพื้นที่สีเขียว และการอนุรักษ์รุกขมรดกในพื้นที่เขตพระนคร <i>เอกชัย พุ่มดวง, ยุสนีย์ โสมทัศน์ และ จิตชิน จิตติสุขพงษ์</i>	62
การประยุกต์การรับรู้ระยะไกลเพื่อศึกษาการบุกรุกพื้นที่ป่า บริเวณอุทยานแห่งชาติไทร่มเย็น จังหวัดสุราษฎร์ธานี <i>ศุภาวรรณ อุดมสิน, อสมารณ ลิทธิ และวีระภาส คุณรัตน์ศิริ</i>	74
การประยุกต์ภูมิสารสนเทศในการคาดการณ์การกักเก็บคาร์บอนและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของป่าไม้ บริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาสอยดาว จังหวัดจันทบุรี <i>คมชาญ จูทิน, วันชัย อรุณประภารัตน์ และนพรัตน์ คัคควิหาระ</i>	86
การประเมินพื้นที่เสี่ยงต่อการบุกรุกพื้นที่ป่าป้องกันแห่งชาติ ภูฝิง-ภูผาพูน และตาดกวางชี สาธารณรัฐประชาธิปไตย ประชาชนลาว ด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ <i>วีระภาส คุณรัตน์ศิริ, ห่อ มณีทอง และปัสสิ ประสมสินธ์</i>	102
ปัจจัยที่มีผลต่อการตอบสนองของผู้มาเยือนต่อกฎระเบียบการใช้ประโยชน์ด้านนันทนาการในอุทยานแห่งชาติ <i>พีรวัฒน์ คำล้าเลิศ, สุภัทรา ถิกสถิตย์ และนภวรรณ ฐานะกาญจน์ พงษ์เขียว</i>	114
ปัจจัยที่มีผลต่อการมีส่วนร่วมของชุมชนในการจัดการขยะที่ต้นทาง ตำบลบางไทร อำเภอมือง จังหวัดสุราษฎร์ธานี <i>สรายุทธ สามัตติยากร, กิตติชัย รัตน์ะ และนิตยา เมี้ยนมิตร</i>	127
การมีส่วนร่วมของประชาชนของเทศบาลเมืองกาญจนบุรีในการอนุรักษ์พื้นที่ชุ่มน้ำที่มีความสำคัญระดับนานาชาติ: กรณีศึกษาพื้นที่ชุ่มน้ำแม่น้ำแควใหญ่ จังหวัดกาญจนบุรี <i>พัทธพล ยิ่งประยูร, สุภัทรา ถิกสถิตย์ และพัชเรศร์ ชัคคัตตัยกุล</i>	137

สารบัญ

นิพนธ์ต้นฉบับ	หน้า
การใช้ภูมิสารสนเทศในการคาดการณ์แนวโน้มการดูดซับคาร์บอนในอุทยานแห่งชาติทุ่งแสลงหลวง อรณัส ศรีสัจจัง, ลัดดาวรรณ เจริญตระกูล และวันชัย อรุณประภารัตน์	147
การศึกษาประสิทธิภาพในการประเมินผลผลิตยูคาลิปตัส สายต้น K58 โดยตัวแปรขนาดปกคลุมเรือนยอด จากอากาศยานไร้คนขับ สมรักษ์ ขาติไทย, พิชิต ลำไย และวีระภาส คุณรัตนศิริ	165
Forest Carbon, Soil Nutrients, and Heavy Metal Status after 15 years of Small-scale Gold Mining in Guyana Devon George and Amnat Chidthaisong	174

Original Article

Simulated Comparisons of Thinning Effects Using SIBYLA Program

Surapit Homnan^{1*}Nopparat Kaakkurivaara¹¹Department of Forest Engineering, Faculty of Forestry, Kasetsart University, 50 Ngamwongwan Rd, Chatuchak, Bangkok, 10900. Thailand

*Corresponding Author, E-mail: Surapit.h@ku.th

Received date: 6 March 2024

Received date: 28 May 2024

Accepted date: 6 June 2024

ABSTRACT

Thinning effects comparisons were undertaken based on two selective thinning options-thinning from below (TB) and thinning from above (TA)-and no thinning (NT). Growth and tree characteristics were investigated using the SIBYLA growth simulation program (originally designed for Czech forests) that was adapted to simulate the growth characteristics of tree species available in Thailand. Specifically, *Carpinus viminea* (Betulaceae) was chosen as a representative Thai species. The study investigated the effects of TB, TA, and NT on tree productivity (mean height, mean diameter, volume per stem, volume per hectare), biomass, and biodiversity. Pairwise comparisons and statistical analysis were applied. Based on the results, TB could increase the growth potential of trees after thinning more than TA and NT. Although there were similar results for TB and TA in each period, the TB data were slightly higher. However, TA and TB were not significantly different in productivity yields ($p>0.05$). Therefore, both TA and TB would be effective in increase production yields.

Based on the study, selective thinning model of growth using the SIBYLA program substantially reduced the computational and practical workload. This opens possibilities for further exploration of thinning algorithms and their integration into the SIBYLA program, for application in forestry simulations or the management of Thailand's diverse plantation forests.

Keywords: *Carpinus viminea*; Thinning; Growth simulation; SIBYLA

INTRODUCTION

Thinning is the selective removal of trees from a forest stand to improve its overall health, growth, and biodiversity. There are many different approaches that can be applied such as thinning from above (TA) and thinning from below (TB) (Ekholm *et al.*, 2023). TA involves the removal of trees from the upper canopy, involving some dominant and co-dominant trees. In contrast, TB removes trees from the lower canopy, involving suppressed and sub-dominant trees. Both these methods focus on opening space for the remaining trees in the stand to encourage the development of clumps of dominant trees that are distributed depending on the purpose of each thinning practice (Kerr and Haufe, 2011).

SIBYLA was developed by Technical University in Munich by Assoc. Prof. Dr. Marek Fabrika, Head Developer in SIBYLA Triquetra Development Team, with comprehensive documentation of the model and software being published in 2007 SIBYLA is a simulator that strives to imitate the behavior of trees in the context of forest ecosystems. It consists of a set of mathematical models and algorithms that are combined in an integrated software package called the SIBYLA Suite (Fabrika and Dursky, 2005).

SIBYLA can be used in Thailand to investigate options to achieve efficient thinning using TA or TB. Inbuilt models for species such *Tilia sp.*, *Robinia sp.*, and *Betula sp.* can be used to experiment with timber harvesting experimental applications and to simulate a treatment or productivity goal based on various methods in the software (Fabrika, 2002). However, because of climatic, edaphic, and species distribution differences, the European-based models available for use in SIBYLA limit its applicability in Thailand. Consequently, *Carpinus viminea* was

selected as the most suitable tree species in the SIBYLA software to model the Thai situation. An additional goal of the study was to test the operational efficiency of the software when applied to the Thai situation.

Carpinus viminea Lindl. ex Wall (Himalayan Hornbeam) from the *Betulaceae* family is a medium-sized deciduous tree that usually grows to a height of 10–20 m. The wood is moderately hard and is used for fuel, making furniture, decorations, sports articles and weaving shuttles. Himalayan hornbeam can be found in the Himalayas, China, and Southeast Asia (De Langhe, 2013), including in northern and northeastern Thailand, typically at altitude of 800–2,600 m, such as in Doi Inthanon National Park in Chiang Mai province, Phu Kradueng National Park in Loei province, and Namnao National Park in Phetchabun province (Thiangburanatham, 1999) These trees are considered potential landscape plants that can be domesticated and cultivated as one of several species for use as a resilient tree urban planting (Dirr, 2009). Nonetheless, although a small number of these trees have been recorded in forests or national parks in Thailand, in general, this species represents a resource that is currently relatively unused.

MATERIALS AND METHODS

Study function and implementation of SIBYLA program

The main use of the SIBYLA growth simulation software in forest management and thinning model is for empirical forest modeling, using functions and features such as lecturer, generator, medium, cultivator, prophet, calculator, explorer, analyst, and expert (Fabrika, 2003) as shown in Figure 1.

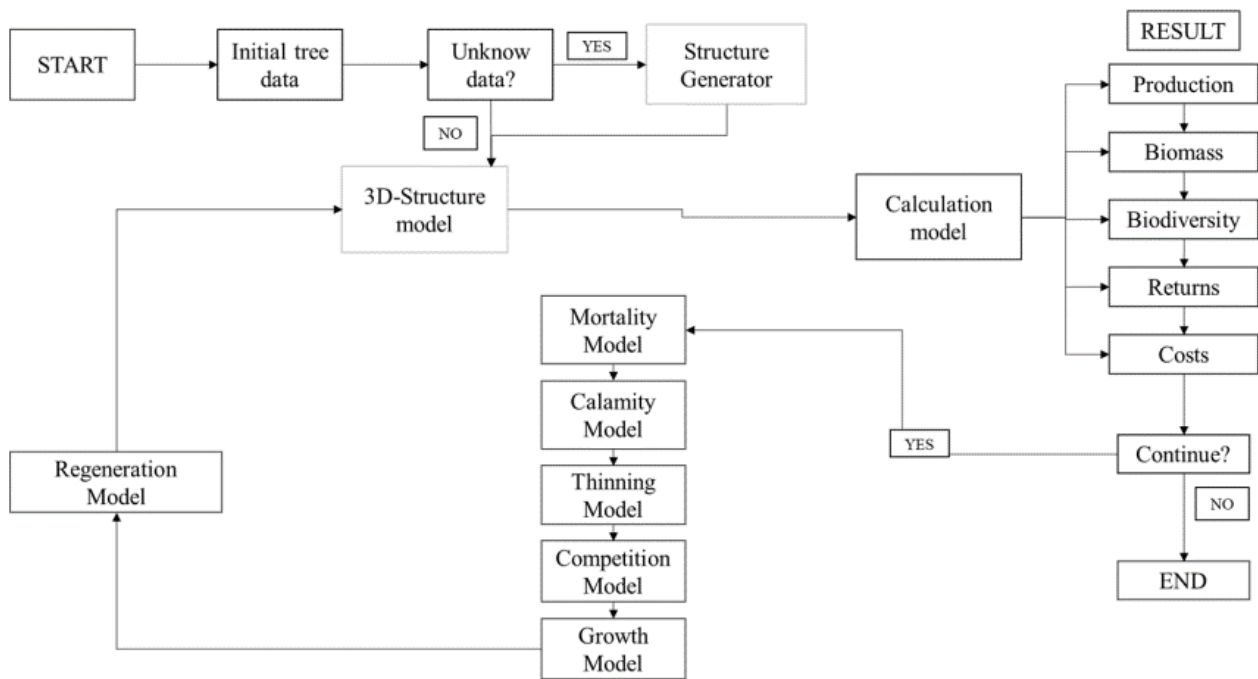


Figure 1 The SIBYLA growth simulator workflow chart

Input data from practical section and set up program

As shown in Figure 1, the initial tree data (DBH, height, tree coordinates from GPS) collected in Nam Nao National Park were entered into the generator function. Next, the type of forest and desired forest area were defined for the model. Then, program

simulates tree growth by generating simulations after specifying the length of period and number of periods. The results are automatically processed using the prophet features (Figure 2). The current study used 8 periods each being 5 years in the generation of the simulation, with thinning occurring 8 times 5 years apart, with a mean age range of 24–59 years.



Figure 2 3D-Structure simulation plot model of *Carpinus viminea*

Simulation and analysis of thinned forest

After processing the 3D-Structure, the next step used the calculator model to process various results from the simulated plots such as production, costs, biomass, biodiversity, and returns. Then, applying the cultivator sets the parameters for various thinning practices of interest. The current study applied the TB, TA, and NT options based on

thinning 20% of the standing volume to study the implementation of the program. The results from cultivator were run through the prophet function to simulate and estimate the growth, mortality, competition, and other forest dynamics parameters for each plot. Next, the results from the simulated plots were displayed in the explorer function using characteristics, such as mean age, diameter, and height, for each thinning period (Figure 3).

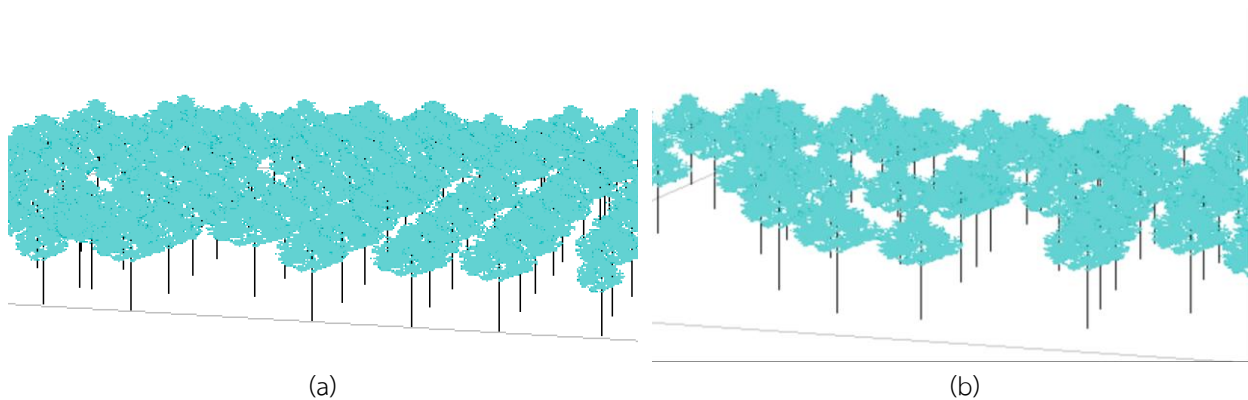


Figure 3 3D-Structure of *Carpinus viminea* for no thinning plot (a) and thinning plot (b)

Data analysis

The outputs from the explorer function were exported into a Microsoft Excel spreadsheet and sorted and managed as group data. Then, options were applied to provide trendlines and graphs for the different options simulated. Next, data were analyzed for relationships between mean age and other variables using ANOVA and the least significant difference (LSD) as a *post hoc* test, with pairwise comparisons used to evaluate thinning relationships between each thinning practice based on significant differences in the data, calculated using the IBM SPSS Statistics program.

RESULTS AND DISCUSSION

Results

Mean diameter

The NT option produced the biggest mean diameter (38 cm) at a mean age of 59 years, while TB produced a mean diameter of 42 cm at a mean age of 59 years. Lastly, TA produced a mean diameter of 42 cm at a mean age of 59 years. There were high coefficients of determination (R^2) values for TB and TA with the mean diameter ($R^2 = 0.937$ and $R^2 = 0.931$, respectively), as shown in Figure 4.

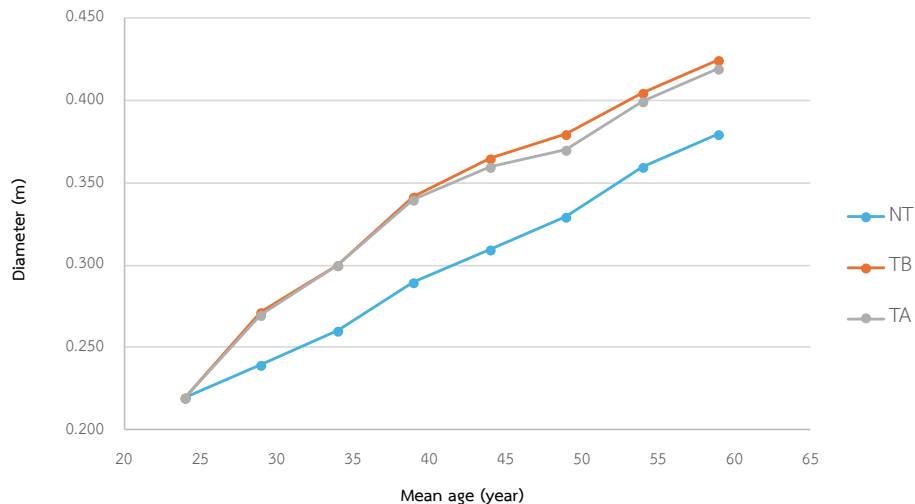


Figure 4 Mean diameter of each thinning practice with age

Mean height

At age 59 years, the mean heights for the NT, TB, and TA options were 18.30 m, 18.33 m, and 18.16 m, respectively. TA and TB had high coefficient of

determination values ($R^2 = 0.937$ and $R^2 = 0.945$, respectively) with the mean height (Figure 5). Therefore, all three simulated practices could produce an increase in tree height with time.

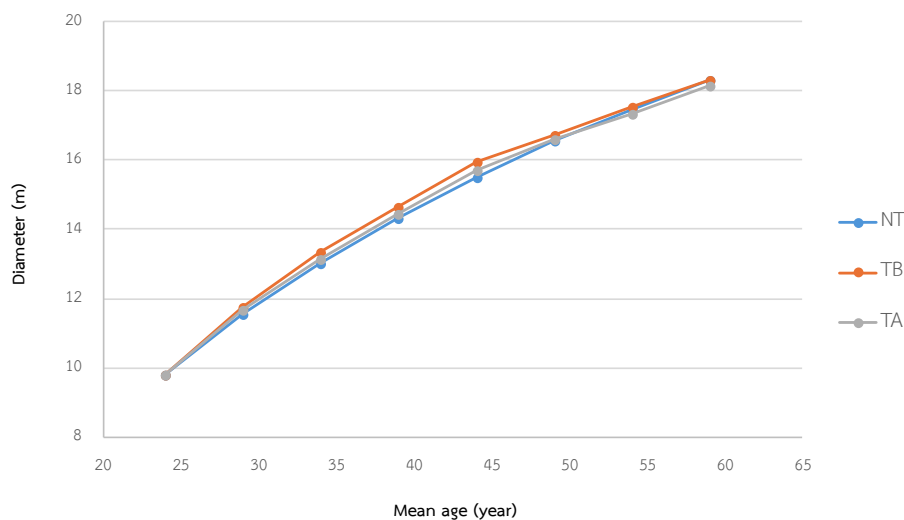


Figure 5 Mean height of each thinning practices

Mean volume per stem and per unit area

The mean volume after thinning can be separated into two parts: mean volume per stem and mean volume per hectare. The values for the mean volume per stem (Figure 6a) were 0.558 m^3 , 0.686 m^3 , and 0.660 m^3 , for NT, TB, and TA, respectively, with the age and stem volume for TB and TA both having

high coefficient determination values ($R^2 = 0.926$ and $R^2 = 0.929$, respectively). The values for the volume per hectare (Figure 6b), at the mean age of 59 years for NT, TA, and TB were $55 \text{ m}^3/\text{ha}$, $10 \text{ m}^3/\text{ha}$, and $10 \text{ m}^3/\text{ha}$, respectively. However, the coefficient determination values for TA and TB were very weak ($R^2 = 0.116$ and $R^2 = 0.101$, respectively), indicating that TB and TA were not correlated to NT.

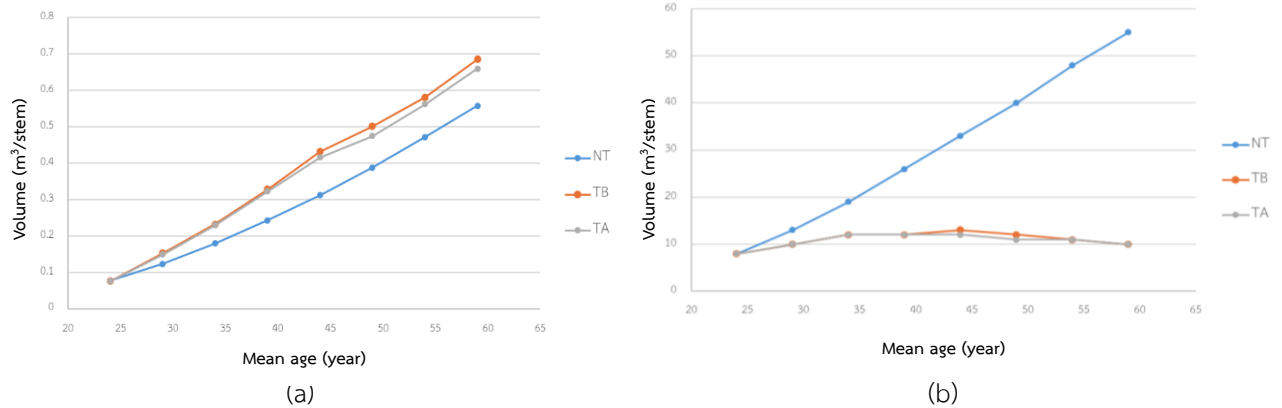


Figure 6 Mean volume per stem (a) and Mean volume per hectare (b) for each thinning practice

Biomass

The total biomass in kilogram dry matter per hectare was analyzed, which included the root and stump with bark, wood, bark, branches with bark, and

foliage. The highest biomass values were 55.800 t/ha, 13.066 t/ha, and 13.062 t/ha for NT, TB, and TA, respectively. Figure 7 illustrates that biomass had a weak coefficient of determination with TB and TA ($R^2 = 0.014$ and $R^2 = 0.063$, respectively).

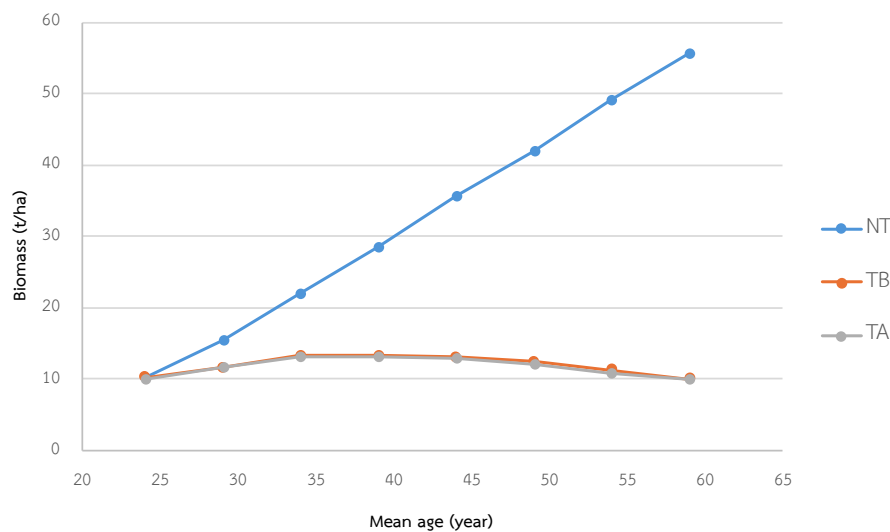


Figure 7 Biomass of each thinning practice

Biodiversity

The forest biodiversity was calculated using the calculation of total diversity from Jaehne and Dohrenbusch (1997), using the aggregation of the partial components of diversity such as diversity of

vertical structure, tree spatial structure, tree spatial distribution, and crown differentiation. Figure 8 shows that NT had the highest summary index of biodiversity (2.778) at a mean age of 24 years. TB and TA had the same highest value for the summary index of biodiversity (2.778) at a mean age 24 of years.

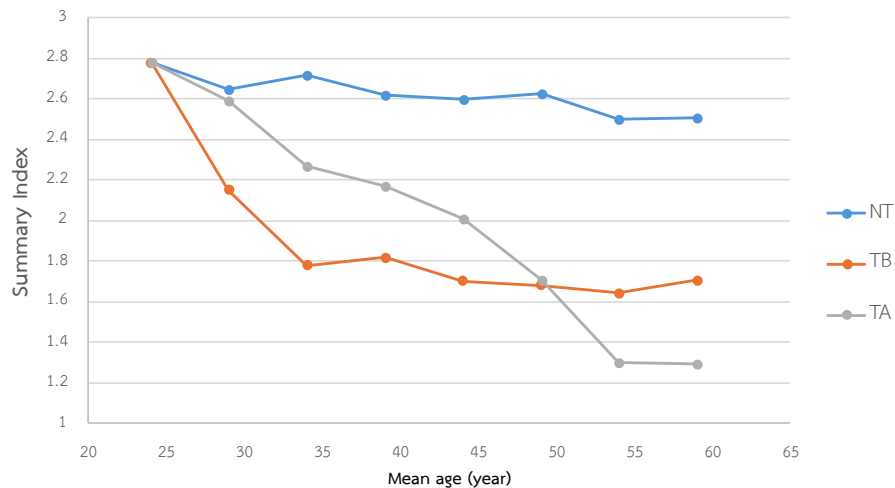


Figure 8 Biodiversity of each thinning practice

Discussion

Comparing the thinning practices, TB had slightly higher production than NT and TA based on the values for mean diameter and mean height. Hence, after thinning, TB offered larger and taller trees compared to TA. TB reduced competition for resources among the remaining trees, leading to improved growth and quality. This thinning practice would favor more vigorous and commercially valuable trees. In contrast, while heavy crown thinning promotes faster growth for some trees, it ultimately reduces overall tree quality. Therefore, TB would be more effective in maintaining a balance between growth and quality, making it more suitable for some commercial purposes. Even though there were no significant differences between thinning practices (Novosadova *et al.*, 2024), hence, both thinning practices promoted similar growth for *Carpinus viminea* according to the SIBYLA growth simulation program. McDowell *et al.* (2003) reported that a stand density reduction resulted in increased growth of individual trees via increased stomatal conductance, with a strong relationship between basal area increment and the modelled ratio of photosynthesis, suggesting that changes in water availability and stomatal conductance have a significant effect on carbon assimilation and growth of these trees.

TB produced the highest mean volume per stem of the three practices simulated, whereas NT

had the greatest mean volume per hectare. The thinning reduced the number of trees resulting in an immediate reduction in the mean tree volume for the plot area. Therefore, NT had a greater mean volume per area. For the same reason, NT produced the greatest amount of biomass among the thinning practices. This was consistent with Simon and Ameztegui (2023), who reported increasing biomass extraction through harvesting reduced carbon storage in forests, leading to increased nitrogen and carbon leaching. Similarly, intensifying thinning and shortening the rotation period decreased the carbon stored in trees; while this might increase wood availability for products, it may not fully compensate for the overall carbon loss within the forest ecosystem (Zanchi *et al.*, 2014).

NT had the highest summary index, indicating greater biodiversity. Conversely, TA showed a notable trend of a decrease in the summary index, signifying intensified artificial management. The impacts of TB and TA on the mean diameter, mean height, and mean volume per stem, contributed to consecutive increases in tree growth over time. However, the mean volume per hectare and the biomass decreased if either of the two thinning practices were applied (Zhao *et al.*, 2022).

Table 1 shows that there were no significant differences ($p > 0.05$) in diameter, height, and volume per stem between the thinning practices, while there were significant differences ($p < 0.05$) in mean

volume per ha, biomass, and biodiversity. Thinning practices influenced the overall structure, density, and composition of the forest stand, leading to notable changes in these variables. These findings underscored the importance of considering the broader ecological impacts of thinning practices on forest ecosystems. For example, the highest

mushroom production resulted when from the simulated heaviest thinning intensity, with a strong interaction with thinning frequency; if frequent and heavy thinning operations were carried out, the basal area would drop below the optimal, resulting in a decline in mushroom production (Simon and Ameztegui, 2023).

Table 1 Significance differences in relationships between thinning practices

Variable	NT-TA	NT-TB	TA-TB
Mean diameter	0.288	0.251	0.929
Mean height	0.978	0.894	0.916
Mean volume per stem	0.501	0.429	0.903
Mean volume per hectare	0.001	0.001	0.960
Biomass	0.000	0.000	0.959
Biodiversity	0.005	0.001	0.589

The simulation program did not allow full access to features for external users; consequently, only a limited variety of tree species were available and it was not possible accurately specify topographical and climatic conditions for use in Thailand. Therefore, full access to allow specific Thai conditions (species, topography and climate) would facilitate simulating the growth of trees in natural forests and in plantations for broader use by organizations in the future.

CONCLUSION

Based on the statistical analysis, there were no significant ($p > 0.05$) differences between TA and TB for the growth parameters modeled (mean diameter, mean height, and mean volume per stem), indicating that both practices could increase productivity yields. However, the mean volume per hectare, biomass, and biodiversity for TA and TB were all significantly ($p < 0.05$) lower than for NT. The removal of some trees in either TA or TB resulted in reductions in productivity, while NT resulted in continuous growth in productivity, leading to a proportional increase in biomass values corresponding to tree sizes. Additionally, both mean volume per hectare and biodiversity increased in tandem with tree growth.

In conclusion, both TB and TA can be used as thinning practices in *Carpinus viminea* (Himalayan Hornbeam) to increase productivity yields and the growth response of the trees. Nevertheless, considering other productivity factors, such as volume per hectare, biomass, and biodiversity, NT may be the more suitable alternative.

ACKNOWLEDGEMENTS

SIBYLATRIQUETRA provided access to the software for the simulation exercises. Partial support was provided by FRAME Co-funded by the Erasmus plus Program of the European Union, which is coordinated by the University of Helsinki. The Czech University of Life Sciences Prague providing this program for implementation in Kasetsart University, Bangkok, Thailand.

REFERENCES

- De Langhe, J. 2013. *Carpinus* L. *Ostrya* Scop. *Ostryopsis* Decne.-Vegetative Key to Species cultivated in Western Europe. Ghent University Botanical Garden, Belgium.
- Dirr, M.A. 2009. *Manual of Woody Landscape Plants*, 6th eds. Stipes Publishing LLC, Champaign, Illinois, USA.

- Ekholm, A., Lundqvist, L., Axelsson E.P., Egnell, G., Hjalten, J., Lundmark, T., Sjogren, J. 2023. Long-term yield and biodiversity in stands managed with the selection system and the rotation forestry system: A qualitative review. **Forest Ecology and Management**, 537: 120920. doi.org/10.1016/j.foreco.2023.120920.
- Fabrika, M. 2002. **Growth Simulator SIBYLA**. <https://etools.tuzvo.sk/sibyla/english/>, 03 October 2023.
- Fabrika, M. 2003. Virtual forest stand as a component of sophisticated forestry. **Journal of Forest Science**, 49: 419-428.
- Fabrika, M., Dursky, J. 2005. Algorithms and software solution of thinning models for SIBYLA growth simulator. **Journal of Forest Science**, 51(10): 431-445. doi: 10.17221/4577-JFS.
- Jaehne, S., Dohrenbusch, A. 1997. A method to evaluate forest stand diversity. **European Journal of Forest Research**, 333-345.
- Kerr, G., Haufe, J. 2011. **Thinning Practice a Silvicultural Guide**. Forestry Commission, United Kingdom.
- Mcdowell, N., Brooks, J.R., Fitzgerald, S.A., Bond, B.J. 2003. Carbon isotope discrimination and growth response of old Pinus ponderosa trees to stand density reductions. **Plant, Cell & Environment**, 26 (4): 631-644.
- Novosadova, K., Kadlec, J., Sykora, P., Komanek, M., Radek, P. 2024. Evaluation of the effect of different thinning types on dendrometric parameters and subsequent spontaneous growth in a beech-oak-linden stand. **Journal of Forest Science**, 70(6): 299-316. doi: 10.17221/10/2024-JFS
- Simon, DC., Ameztegui, A. 2023. Modelling the influence of thinning intensity and frequency on the future provision of ecosystem services in Mediterranean mountain pine forests. **European Journal of Forest Research**, 142: 521-535. doi.org/10.1007/s10342-023-01539-y
- Thiangburanatham, W. 1999. **Thai Herbal Dictionary**, 5th ed. Ruamsarn. Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Zanchi, G., Belyazid, S., Akselsson, C., Yu, L. 2014. Modelling the effects of management intensification on multiple forest services: A Swedish case study. **Ecological Modelling**, 284: 48-59. doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2014.04.006.
- Zhao, Z., Zhang, G., Liu, W., Hui, G., Hu, Y. 2022. A novel method for calculating stand structural diversity based on relationship of adjacent trees. **Forests**, 13(2): 343. doi.org/10.3390/f13020343

นิพนธ์ต้นฉบับ

การกำหนดพื้นที่เสี่ยงต่อการถูกบุกรุกในเขตการใช้ประโยชน์ที่ดินป่าชายเลน จังหวัดตรัง

Risk Area Determination for Encroachment in Mangrove Forest Land Use Zone, Trang Province

อมรรัตน์ แคล้วศึก¹ลัดดาวรรณ เจริญตระกุล¹วันชัย อรุณประภารัตน์^{1*}Amorrat Kelsuek¹Laddawan Rianthakool¹Wanchai Arunpraparut^{1*}¹คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900¹Faculty of Forestry, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand

*Corresponding Author, E-mail: fforwca@ku.ac.th

รับต้นฉบับ 29 พฤศจิกายน 2566

รับแก้ไข 23 เมษายน 2567

รับลงพิมพ์ 3 พฤษภาคม 2567

ABSTRACT

Landsat 7 and 8 satellite data were used to analyze the factors influencing land use change in the mangrove land use zone, Trang province between 2002 and 2022. The multi-factor decision analysis method (MCDA) was applied to analyze and prioritize the factors influencing encroachment in mangrove land use zones. Then, these factors were used in a geographic information system to map the areas at risk of encroachment in mangrove land use zones.

Based on the results, the factors that had the greatest levels of influence in encroachment on mangrove land use zones were elevation, land use, slope, population density, distance from road, distance from villages and soil series with weight values of 0.35, 0.26, 0.18, 0.11, 0.06, 0.03 and 0.01, respectively. Risk of encroachment in mangrove land use zones was classified into four levels: high risk, moderate risk, low risk and no risk, covering 21.91, 70.65, 5.87 and 1.57% of the total risk area, respectively. The results of the study could be used in guidelines for preventing encroachment in the mangrove land use zone of Trang province.

Keywords: Geographic information system; Supervised classification; Multi-criteria decision analysis;
Risk area for encroachment

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในเขตการใช้ประโยชน์ที่ดินป่าชายเลน จังหวัดตรัง ระหว่างปี พ.ศ. 2545 - 2565 โดยใช้ข้อมูลดาวเทียมแลนด์แซท 7 และ 8 ในการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการบุกรุกเขตการใช้ประโยชน์ที่ดินป่าชายเลน โดยใช้วิธีวิเคราะห์การตัดสินใจแบบหลายปัจจัย (MCDA) ในการจัดความสำคัญของปัจจัย จากนั้นจึงนำปัจจัยเหล่านี้ไปกำหนดพื้นที่เสี่ยงต่อการบุกรุกเขตการใช้ประโยชน์ที่ดินป่าชายเลนโดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

ผลการศึกษาพบว่า ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการบุกรุกเขตการใช้ประโยชน์ที่ดินป่าชายเลนมากที่สุด คือ ความสูงจากระดับน้ำทะเล สภาพการใช้ประโยชน์ที่ดิน ความลาดชัน ความหนาแน่นของประชากร ระยะห่างจากถนน ระยะห่างจากหมู่บ้าน และชุดดิน โดยมีค่าน้ำหนัก 0.35, 0.26, 0.18, 0.11, 0.06, 0.03 และ 0.01 ตามลำดับ ความเสี่ยงต่อการบุกรุกเขตการใช้ประโยชน์ที่ดินป่าชายเลนจำแนกเป็น 4 ระดับ คือ เสี่ยงมาก เสี่ยงปานกลาง เสี่ยงน้อย และไม่เสี่ยง ครอบคลุมพื้นที่ร้อยละ 21.91, 70.65, 5.87 และ 1.57 ตามลำดับ ผลการศึกษาสามารถใช้เป็นแนวทางในการป้องกันการบุกรุกพื้นที่ในเขตการใช้ประโยชน์ที่ดินป่าชายเลนของจังหวัดตรังได้

คำสำคัญ: ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ การจำแนกข้อมูลแบบคลุมคลุม การวิเคราะห์การตัดสินใจแบบหลายปัจจัย พื้นที่เสี่ยงต่อการบุกรุก

คำนำ

ป่าชายเลนเป็นทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งที่มีความสำคัญต่อมนุษย์ และสิ่งมีชีวิตทุกประเภทตั้งแต่การใช้ในการดำรงชีวิต เป็นแหล่งที่อยู่อาศัย ยารักษาโรค แหล่งอาหารสำหรับอนุบาลสัตว์น้ำวัยอ่อน รวมถึงเป็นแหล่งหลบภัยจากคลื่นลม พายุที่รุนแรง ตลอดจนสร้างมูลค่าทางเศรษฐกิจให้กับประเทศเป็นอย่างมาก (Sheakiwong, 2012) ปัจจุบันจังหวัดตรังมีการพัฒนาการขยายตัวเมืองและการพัฒนาแหล่งชุมชน การประมง เกษตรกรรม การพัฒนาเส้นทางคมนาคมและขนส่ง ท่าเรือ ตลอดจนการก่อสร้างสิ่งปลูกสร้างบริเวณชายฝั่ง การพัฒนาพื้นที่สำหรับการท่องเที่ยว เป็นต้น ซึ่งจากการพัฒนาพื้นที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องส่งผลต่อทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งเป็นอย่างมาก เกิดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจ สังคม และระบบนิเวศวิทยา ตลอดจนพื้นที่เสี่ยงต่อการบุกรุกพื้นที่ป่าชายเลนเพื่อการเกษตรกรรม การทำนาเกลือ และการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำต่าง ๆ จึงมีการจัดการพื้นที่เสี่ยงต่อการบุกรุกเพื่อป้องกันและอนุรักษ์พื้นที่ป่าชายเลน (Department of Marine and Coastal Resources, 2012)

เขตการใช้ประโยชน์ที่ดินป่าชายเลน จังหวัดตรังเป็นขอบเขตป่าชายเลนตามมติคณะรัฐมนตรีเมื่อ ปี พ.ศ. 2543 ตามแผนที่จำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ป่าชายเลน พ.ศ. 2545 จังหวัดตรัง โดยการกำหนดเขตการใช้ประโยชน์ที่ดินป่าชายเลนเป็น 3 เขต ตามมติคณะรัฐมนตรี เมื่อวันที่ 15 ธันวาคม พ.ศ. 2530 (Ministry of Natural Resources and Environment, 2002) คือ 1) เขตอนุรักษ์ หมายถึง พื้นที่ป่าชายเลนที่หวงห้ามไม่ให้มีการเปลี่ยนแปลงใด ๆ นอกจากปล่อยให้ไปตามธรรมชาติ เพื่อสงวนรักษาไว้ซึ่งสภาพแวดล้อมและระบบนิเวศ 2) เขตเศรษฐกิจ ก. หมายถึง พื้นที่ป่าชายเลนที่ยอมให้มีการใช้ประโยชน์ที่ดินเฉพาะกิจการด้านป่าไม้ เพื่อผลิตผลที่สม่ำเสมอตามหลักวิชาการป่าไม้ และ 3) เขตเศรษฐกิจ ข. หมายถึง พื้นที่ป่าชายเลนที่ยอมให้มีการใช้ประโยชน์ที่ดินและพัฒนาในด้านอื่น ๆ ได้ แต่ต้องคำนึงถึงผลดีและผลเสีย

ทางด้านสิ่งแวดล้อม โดยลักษณะของขอบเขตการใช้ประโยชน์ที่ดินป่าชายเลนมีลักษณะเป็นภูเขา พื้นดิน แหล่งน้ำ ทะเล และหมู่เกาะต่าง ๆ ซึ่งรวมพื้นที่อุทยานแห่งชาติหาดเจ้าไหม เขตการท่องเที่ยว และเขตห้ามล่าสัตว์ป่าหมู่เกาะลิบงด้วย

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงต่อการถูกบุกรุกในเขตการใช้ประโยชน์ที่ดินป่าชายเลน จังหวัดตรัง ซึ่งผลการศึกษาที่ได้สามารถนำมาใช้ในการวางแผนป้องกันพื้นที่ป่าชายเลนจากการถูกบุกรุก และเป็นแนวทางในการบริหารจัดการทรัพยากรป่าชายเลนเพื่อให้เกิดความยั่งยืนต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

พื้นที่ศึกษา

พื้นที่เขตการใช้ประโยชน์ที่ดินป่าชายเลน จังหวัดตรังเป็นขอบเขตการจำแนกเขตการใช้ประโยชน์ที่ดินป่าชายเลนจัดทำโดยภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT ปี พ.ศ. 2543 และข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศ ปี พ.ศ. 2539-2541 โดยมีการสำรวจความถูกต้องทางภาคสนาม และจัดทำเป็น “แผนที่จำแนกเขตการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ป่าชายเลน พ.ศ. 2545” ตามมติคณะรัฐมนตรี เมื่อวันที่ 22 สิงหาคม พ.ศ. 2543 และวันที่ 17 ตุลาคม พ.ศ. 2543 (Department of Marine and Coastal Resources, 2012) สภาพภูมิประเทศโดยทั่วไปมีลักษณะเป็นเนินสูงต่ำสลับด้วยเขาขนาดเล็ก

การรวบรวมและจัดเตรียมข้อมูล

การจัดเตรียมข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT-7 ETM+ ในปี พ.ศ. 2545 และดาวเทียม LANDSAT-8 OLI ปี พ.ศ. 2565 (Boonyanuphap, 2014) (Path 129 Row 55) จาก USGS Earth Explorer มาสร้างภาพสีผสมเท็จ (RGB) band (4-5-3) ในภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT 7 ETM+ และ (RGB) band (5-6-4) ในภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT 8 OLI เพื่อดูความสัมพันธ์ระหว่างสีของภาพถ่ายดาวเทียมกับพื้นที่

ป่าชายเลน และประเภทข้อมูลของสิ่งปกคลุมดินอื่น ๆ (Geo-Informatics and Space Technology Development, 2009) ตลอดจนการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ป่าชายเลน

การรวบรวมปัจจัยที่มีผลต่อการบุกรุกพื้นที่ป่าชายเลนในพื้นที่ศึกษาจากการทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องประกอบด้วย 7 ปัจจัย ได้แก่ 1) ความสูงจากระดับน้ำทะเล 2) ความลาดชันของพื้นที่ 3) ระยะห่างจากถนน 4) ระยะห่างจากหมู่บ้าน 5) การใช้ประโยชน์ที่ดิน 6) ความหนาแน่นของประชากร และ 7) ชุดดิน แล้วใช้การวิเคราะห์การตัดสินใจแบบหลายปัจจัย (multi-criteria decision analysis, MCDA) (Wongsakul, 2019) ในการจัดลำดับความสำคัญ (ranking method) แบบ Rank exponent (Malzewski, 1999) ของปัจจัยที่มีผลต่อการบุกรุกพื้นที่ป่าชายเลน เพื่อวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงต่อการถูกบุกรุกในเขตการใช้ประโยชน์ที่ดินป่าชายเลนจากค่าน้ำหนักที่ผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้กำหนด โดยนำจำนวนปัจจัยทั้งหมดลบด้วยอันดับความสำคัญของตัวปัจจัยนำมาบวก 1 แล้วนำค่าที่ได้ยกกำลัง 2 ดังสมการที่ (6)

การศึกษาการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน

การจำแนกสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินในปี พ.ศ. 2545 และ พ.ศ. 2565 ด้วยการจำแนกข้อมูลแบบควบคุม (supervised classification) หรือกำกับดูแลด้วยวิธี Maximum likelihood ในการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินในเขตการใช้ประโยชน์ที่ดินป่าชายเลน โดยกำหนดพื้นที่ตัวอย่าง (training areas) เป็น 11 ประเภท (Department of Land Development, 2012) คือ ป่าชายเลน ท่าเรือ ป่าชายหาด ป่าดิบชื้น พื้นที่เกษตรกรรม สถานที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ เมืองและสิ่งก่อสร้าง ทะเล แม่น้ำ ลำคลอง ป่าละเมาะ เลนงอก และหาดทราย แล้วประเมินค่าความถูกต้อง (accuracy assessment) กับการตรวจสอบภาคพื้นดิน (ground check) ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินในเขตการใช้ประโยชน์ที่ดินป่าชายเลนของกรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งในการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยการแจกแจงตารางข้อมูล Error matrix โดยใช้ตรวจสอบค่าความถูกต้องของผู้ผลิต (producer's accuracy) ความถูกต้องของผู้ใช้ (user's accuracy) ความถูกต้องโดยรวม (overall accuracy) และตรวจสอบความสอดคล้องกันของข้อมูลโดยภาพรวมด้วยค่าสถิติแคปปา (Kappa statistics) (Chuchee, 2018) ซึ่งสามารถคำนวณค่าความถูกต้องโดยรวมดังสมการที่ (1) (2) (3) และ (4) ตามลำดับ

$$\text{Producer's accuracy} = \frac{n_{ii}}{n_{i+}} \quad (1)$$

$$\text{User's accuracy} = \frac{n_{ij}}{n_{j+}} \quad (2)$$

$$\text{Overall accuracy} = \frac{\sum_{i=1}^k n_{ii}}{N} \quad (3)$$

$$\text{Kappa} = \frac{n \sum_{i=1}^k n_{ii} - \sum_{i=1}^k n_{i+} n_{+i}}{n^2 - \sum_{i=1}^k n_{i+} n_{+i}} \quad (4)$$

เมื่อ n_{ij} คือ จำนวนจุดสำรวจที่ใช้ในการประเมินข้อมูล

N คือ จำนวนพิกัดจุดสำรวจ

i คือ ลำดับเทอมตามแนวบรรทัด

j คือ ลำดับเทอมตามแนวคอลัมน์

k คือ จำนวนเทอมตามแนวบรรทัดและแนวคอลัมน์

การศึกษานี้ใช้สถิติแคปปาในการประเมินความถูกต้องที่พิจารณาความสอดคล้องกันระหว่างข้อมูลตรวจสอบกับข้อมูลอ้างอิงที่เป็นไปตามโอกาสและที่เป็นไปตามจริง โดยค่าความถูกต้องจะอยู่ที่ร้อยละ 100 แต่ค่าที่สามารถยอมรับได้จะอยู่ที่ร้อยละ 80 ของการแปลภาพ และจำนวนจุดสำรวจที่ใช้ในการตรวจสอบค่าความถูกต้องสำหรับการศึกษานี้จำนวน 107 จุด ซึ่งสามารถหาจุดสำรวจได้ (Chuchee, 2018) ดังสมการที่ (5)

$$n = \frac{z^2(p)(q)}{e^2} \quad (5)$$

เมื่อ n คือ จำนวนตัวอย่าง (จุดสำรวจ)

p คือ โอกาสที่จะเกิดความถูกต้อง

q คือ โอกาสที่จะเกิดความผิดพลาด

z คือ ค่าจากตารางแจกแจงปกติมาตรฐาน z

e คือ ค่าความคลาดเคลื่อนจากการสุ่ม

โดยกำหนดจุดตรวจสอบให้กระจายทั่วพื้นที่ภาพถ่ายดาวเทียมหรือแผนที่ให้มีระยะห่างประมาณร้อยละ 20 ของพื้นที่ (Chuchee, 2018) และใช้วิธีการสุ่มแบบ Stratified random sampling แบ่งเป็นป่าชายเลน 37 จุด ป่าชายหาด 9 จุด ป่าดิบชื้น 5 จุด พื้นที่เกษตรกรรม 9 จุด สถานที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ 8 จุด เมือง และสิ่งก่อสร้าง 6 จุด ทะเล แม่น้ำ ลำคลอง 10 จุด ป่าละเมาะ 8 จุด เลนงอก 5 จุด และ หาดทราย 5 จุด (Figure 1)

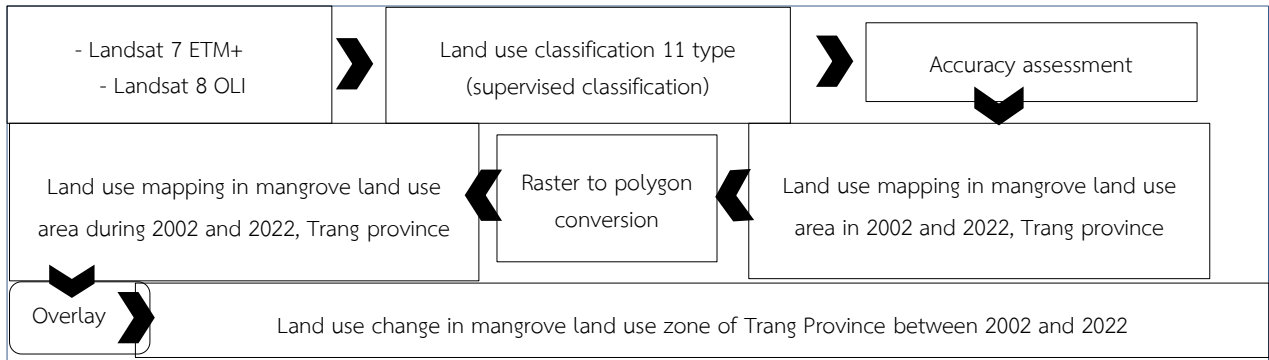


Figure 1 Method for studying land use classification and land use change (Chucheeep, 2018)

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน

การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในเขตการใช้ประโยชน์ที่ดินป่าชายเลนในปี พ.ศ. 2545 และ พ.ศ. 2565 แล้วคำนวณหาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในเขตการใช้ประโยชน์ที่ดินป่าชายเลน โดยคิดเป็นเฮกตาร์

แล้วทำการแปลงข้อมูลจากราสเตอร์เป็นเวกเตอร์เพื่อนำมาวิเคราะห์ด้วยวิธี Overlay ในการซ้อนทับข้อมูลและแสดงผลออกมาเป็นตารางการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในเขตการใช้ประโยชน์ที่ดินป่าชายเลน จังหวัดตรัง และคำนวณการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่เพิ่มขึ้นและลดลงในแต่ละประเภท (Figure 2)

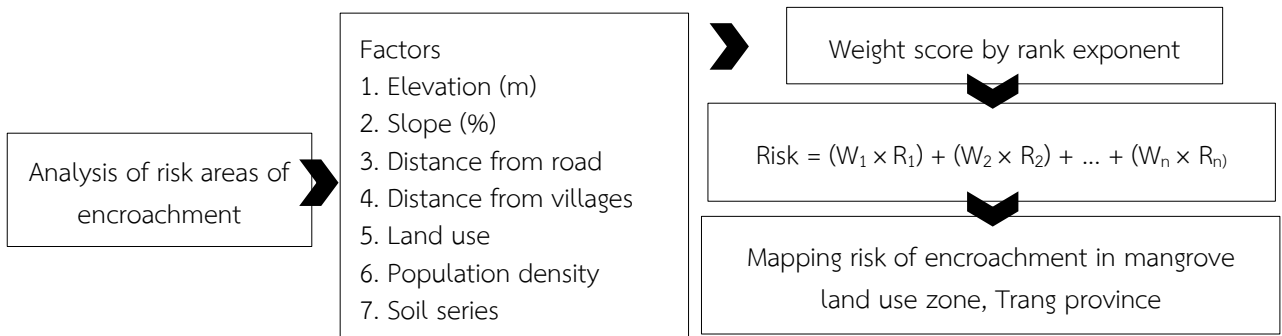


Figure 2 Analysis of risk areas of encroachment (Malzewski, 1999)

การวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงต่อการถูกบุกรุก

การรวบรวมปัจจัยที่มีผลต่อการถูกบุกรุกพื้นที่ป่าชายเลนในพื้นที่ศึกษา จากการทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องประกอบด้วย 7 ปัจจัย ได้แก่ 1) ความสูงจากระดับน้ำทะเล 2) ความลาดชันของพื้นที่ 3) ระยะห่างจากถนน 4) ระยะห่างจากหมู่บ้าน 5) การใช้ประโยชน์ที่ดิน 6) ความหนาแน่นของประชากร และ 7) ชุมชน และกำหนดแบ่งช่วงชั้นและการให้ค่าน้ำหนักคะแนน ดัง Table 1 ซึ่งการกำหนดค่าคะแนนสูงสุดของความสูงจากระดับน้ำทะเล ความลาดชัน ระยะห่างจากถนน ระยะห่างจากหมู่บ้าน ระดับค่าคะแนนเท่ากับ 1-5 โดยที่ 5 หมายความว่า มีความเสี่ยงต่อการถูกบุกรุกมากที่สุด และค่าคะแนนต่ำสุด คือ 1 หมายความว่า มีความเสี่ยงน้อยที่สุด (Jakjum, 2004; Praphai, 2008) การใช้ประโยชน์ที่ดินได้จำแนกออกเป็น 5 ประเภท (Ket-ord, 2015) ซึ่งการกำหนดค่าคะแนนสูงสุด คือ 5 หมายความว่า มีการใช้ประโยชน์มากที่สุด และค่าคะแนนต่ำสุด คือ 1 หมายความว่า มีการใช้

ประโยชน์น้อยที่สุด ความหนาแน่นของประชากร ได้แบ่งช่วงชั้นข้อมูลออกเป็น 4 ระดับ (Yeroh, 2017) ซึ่งการกำหนดค่าคะแนนสูงสุด คือ 4 หมายความว่า มีความหนาแน่นของประชากรสูงสุด และค่าคะแนนต่ำสุด คือ 1 หมายความว่า มีความหนาแน่นของประชากรต่ำที่สุด ปัจจัยชุมชนได้แบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ระดับ (Morakotkheaw, 2008) ซึ่งค่าคะแนน 1 หมายความว่า เป็นชุมชนที่เหมาะสมต่อการเพาะปลูก และ 0 หมายความว่า เป็นชุมชนไม่เหมาะสมต่อการเพาะปลูก ซึ่งค่าช่วงชั้นของข้อมูลแต่ละประเภทจะกำหนดตามลักษณะของข้อมูลในการนำมาสร้างแผนที่เสี่ยงภัยต่อการวิเคราะห์หาพื้นที่เสี่ยงต่อการถูกบุกรุก แล้วนำแผนที่เสี่ยงภัยตัวทั้ง 7 ปัจจัยมาซ้อนทับข้อมูลของปัจจัยทั้งหมด

การสำรวจความคิดเห็นถึงความสำคัญของปัจจัยที่มีผลต่อการถูกบุกรุกพื้นที่ป่าชายเลน เพื่อเป็นข้อมูลในการกำหนดระดับคะแนนความสำคัญของแต่ละปัจจัย โดยใช้แบบสอบถามและเก็บรวบรวมข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญของกรมทรัพยากรทาง

ทะเลและชายฝั่งที่มีความรู้ความชำนาญเฉพาะด้านจำนวน 5 คน โดยใช้แบบสอบถามพิจารณาเปรียบเทียบการให้ค่าน้ำหนักปัจจัยด้วยวิธีจัดลำดับความสำคัญของปัจจัย (ranking method) แบบ Rank exponent (Malzewski, 1999) ดังสมการที่ (6)

$$W_i = \frac{(n-r_j+1)^P}{\sum (n-r_k+1)^P} \quad (6)$$

เมื่อ W_i = ค่าน้ำหนักที่ Normalized แล้วของแต่ละปัจจัย j (normalized weight)

Exponent weight = $(n-r_j+1)^P$

n = จำนวนตัวปัจจัยที่พิจารณา (เท่ากับ 7 ปัจจัย)

r_j = อันดับความสำคัญของตัวปัจจัย j

r_k = ผลรวมของปัจจัย

P = Exponent value, $P=2$ จะได้ค่าน้ำหนักที่แสดงค่าเป็นค่าน้ำหนักที่ Normalized ของแต่ละปัจจัย

การจัดการทำข้อมูลเชิงพื้นที่ในรูปแบบราสเตอร์ขนาด 30 เมตร × 30 เมตร ของแต่ละปัจจัยตามเกณฑ์คะแนนเพื่อสร้างแผนที่ระดับความเสี่ยงแต่ละปัจจัย (criteria risk map) แล้ววิเคราะห์หาพื้นที่เสี่ยงต่อการถูกบุกรุก ด้วยระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์โดยวิธีการ (weighted sum) ข้อมูลแผนที่ทั้ง 7 ปัจจัย ดังกล่าวข้างต้นด้วยคำสั่ง Raster calculation ดังสมการที่ (7)

$$\text{Risk} = (W_1 \times R_1) + (W_2 \times R_2) + \dots + (W_n \times R_n) \quad (7)$$

เมื่อ Risk = คะแนนความเสี่ยงรวมต่อการบุกรุก

$W_{1..n}$ = ค่าถ่วงน้ำหนักของปัจจัย (Weighting) ที่ 1 ถึง n

$R_{1..n}$ = ค่าประเภทข้อมูล (Rating) ที่ 1 ถึง n

จะได้แผนที่เสี่ยงต่อการถูกบุกรุกในเขตการใช้ประโยชน์ที่ดินป่าชายเลน จังหวัดตรัง แล้วทำการ (reclassify) ด้วยวิธี Equal interval เพื่อแบ่งค่าความถี่ที่เท่ากันของระดับความเสี่ยงต่อการถูกบุกรุกพื้นที่ป่าชายเลนออกเป็น 4 ระดับ คือ เสี่ยงมาก = 4 เสี่ยงปานกลาง = 3 เสี่ยงน้อย = 2 และไม่เสี่ยง = 1

Table 1 Factors and ranking scores for areas at risk of encroachment

Factor	Category	Ranking score	Reference
1. Elevation (m)	< 10	5	(Praphai, 2008)
	> 10–25	4	
	> 25–40	3	
	> 40–55	2	
	> 55	1	
2. Slope (%)	< 8	5	(Jakjum, 2004; Praphai, 2008)
	> 8–16	4	
	> 16–35	3	
	> 35–60	2	
	> 60%	1	
3. Distance from road (m)	0–2,000	5	(Praphai, 2008)
	> 2,000–3,000	4	
	> 3,000–4,000	3	
	> 4,000–5,000	2	
	> 5,000	1	
4. Distance from villages (m)	0–2,000	5	(Praphai, 2008)
	> 2,000–4,000	4	
	> 4,000–6,000	3	
	> 6,000–8,000	2	
	> 8,000	1	
5. Land use	1. Forest land	5	(Ket-ord, 2015)
	2. Agricultural land	4	
	3. Urban and built-up land	3	
	4. Water	2	
	5. Miscellaneous	1	
6. Population density (persons/square meter)	> 3,000	4	(Yeroh, 2017)
	> 1,000–3,000	3	
	> 300–1,000	2	
	< 300	1	
7. Soil series	1. Suitable for crops	1	(Morakotkheaw, 2008)
	2. Unsuitable for crops	0	

ผลและวิจารณ์

ผลจากการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน

จากการสำรวจภาคสนาม แล้วทำการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินในเขตการใช้ประโยชน์ที่ดินป่าชายเลนในปี พ.ศ. 2545 และ พ.ศ. 2565 จากภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT 7 ETM+ ถ่ายเมื่อวันที่ 29 มีนาคม พ.ศ. 2545 และภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT 8 OLI ถ่ายเมื่อวันที่ 12 มีนาคม พ.ศ. 2565 ออกเป็น 11 ประเภท จากการกำหนดพื้นที่ตัวอย่าง (training areas) ได้แก่ 1) ท่าเรือ เป็นสถานที่ขนถ่ายสินค้าลงสู่เรือ และเป็นสถานที่สำหรับให้เรือจอดเข้าเทียบท่า 2) สถานที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ เป็นการเพาะเลี้ยงกุ้ง (นากุ้ง) 3) ป่าชายเลน เป็นพื้นที่สังคมพืชขึ้นอยู่ในเขตนํ้าล่งต่ำสุดและน้ำขึ้นสูงสุด บริเวณชายฝั่งทะเล ปากแม่น้ำหรืออ่าว 4) ป่าชายหาดเป็น

สังคมพืชประเภทสน พบตามแนวชายฝั่งทะเลที่เป็นหาดทราย เป็นแนวแคบ ๆ กระจายกระจายเป็นหย่อม ๆ 5) ป่าดิบชื้นเป็นพื้นที่ป่าที่มีความชุ่มชื้นและปกคลุมด้วยใบไม้สีเขียวขึ้นอยู่อย่างหนาแน่นมีความอุดมสมบูรณ์ 6) ป่าละเมาะมีลักษณะเป็นทรงไม้พุ่ม ทรงเตี้ย ๆ พบบริเวณพื้นล่างจากพื้นดิน และบางบริเวณมีลักษณะเป็นพื้นที่ทิ้งร้าง 7) พื้นที่เกษตรกรรมเป็นพื้นที่เพาะปลูกปาล์มน้ำมัน สวนยางพารา สวนมะพร้าว 8) หาดทราย เกิดจากการสะสมตัวของตะกอนทราย หรือเปลือกหอย เศษปะการังที่พัดพามา ตามกระแสน้ำชายฝั่ง มีลักษณะแนวยาวตามชายฝั่งทะเล 9) เมืองและสิ่งก่อสร้าง 10) เลนงอก เป็นสภาพพื้นที่ที่เกิดจากการทับถมของตะกอนทรายแบ่งดินเหนียว และทรายเม็ดละเอียดที่ถูกพัดพา จนเกิดเป็นลานแบนราบและอุดมไปด้วยธาดูอาหาร และ 11) ทะเล แม่น้ำ ลำคลอง ได้ผลการจำแนก ดัง Figure 3

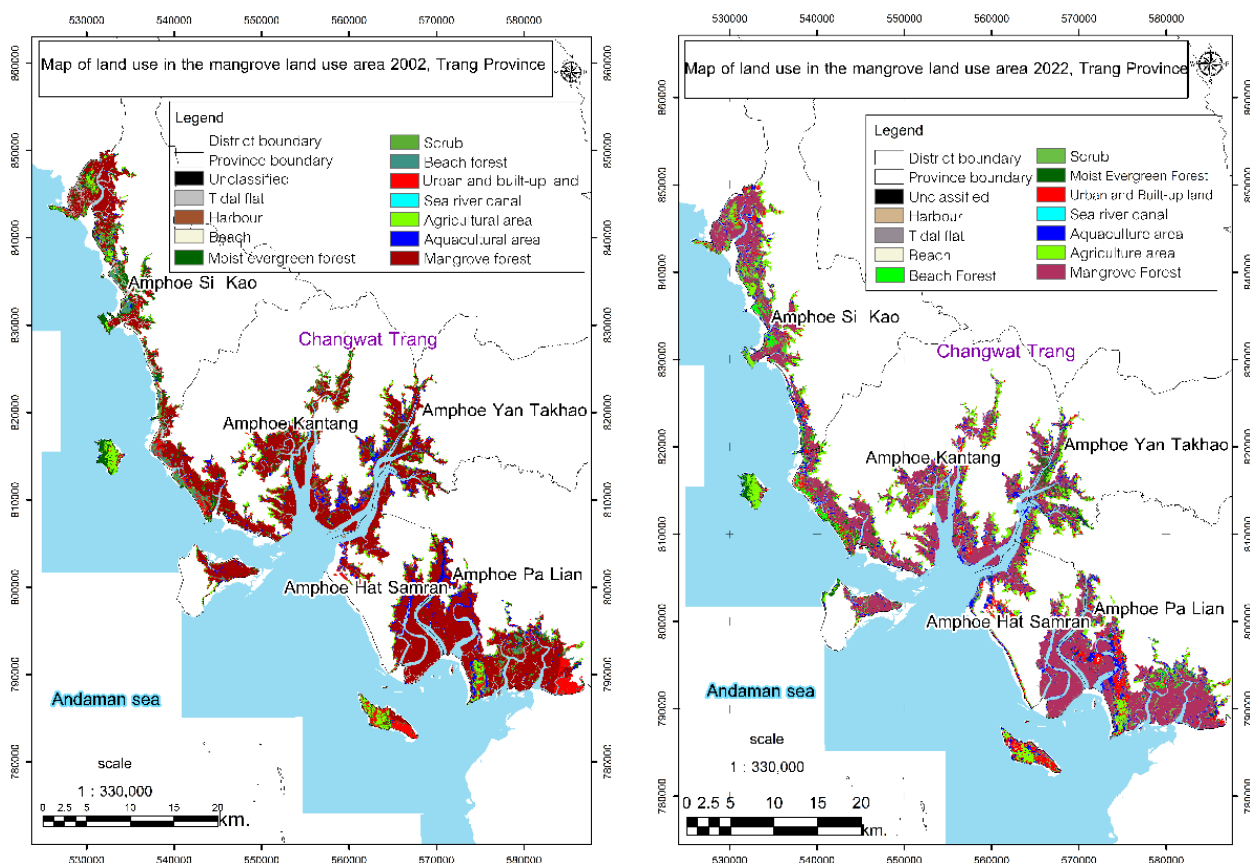


Figure 3 Land use mapping in mangrove land use area for 2002 (left) and 2022 (right), Trang province

การตรวจสอบค่าความถูกต้องจากการสำรวจภาคสนาม วิเคราะห์ความน่าเชื่อถือของการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน ในเขตการใช้ประโยชน์ที่ดินป่าชายเลนจากการแจกแจงตาราง Error matrix โดยการตรวจค่าความถูกต้องของผู้ผลิต (producer's accuracy) พบว่ามีความถูกต้องอยู่ในช่วงร้อยละ 80-100 และเกิดความผิดพลาดของข้อมูล (omission error) ที่ จำแนกขาดหายไปของป่าดิบชื้นอาจเกิดจากการสะท้อนแสง

ของภาพถ่ายดาวเทียมทำให้มองเห็นไม่ชัดเจน ค่าความถูกต้องของผู้ใช้ (user's accuracy) พบว่ามีความถูกต้องอยู่ในช่วง ร้อยละ 80-87.50 เกิดความผิดพลาดของข้อมูล (commission error) เกิดจากการสะท้อนแสงของภาพถ่ายดาวเทียมมีค่าใกล้เคียงกัน ทำให้การจำแนกพื้นที่ป่าดิบชื้นกับป่าละเมาะ ไม่สามารถแยกออกจากกันได้ชัดเจน และเกิดความถูกต้องโดยรวม (overall accuracy) และตรวจสอบความสอดคล้อง

กันของข้อมูลโดยภาพรวมด้วยค่าสถิติแค็ปปา (Kappa statistics) แล้วกำหนดจุดตรวจสอบความถูกต้องจำนวน 107 จุด ด้วยการสุ่มตัวอย่าง (Figure 4) มีค่าความถูกต้องโดยรวม เท่ากับร้อยละ 96.26 และค่าความน่าเชื่อถือใน

การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินในเขตการใช้ประโยชน์ที่ดิน ป่าชายเลน ค่าสถิติแค็ปปาเท่ากับร้อยละ 95.51 ซึ่งค่าความสอดคล้องมากกว่าร้อยละ 80 ของการจำแนก แสดงถึงค่าความสอดคล้องระดับสูง ดัง Table 2

Table 2 Producer 's and User 's accuracy assessment

Training area	Producer 's accuracy (%)	User 's accuracy (%)
1. Harbor	100.00	100.00
2. Aquaculture area	100.00	100.00
3. Mangrove forest	100.00	100.00
4. Beach forest	100.00	100.00
5. Moist evergreen Forest	80.00	80.00
6. Scrub	100.00	87.50
7. Agricultural area	90.00	100.00
8. Beach	100.00	60.00
9. Urban and Built-up land	100.00	100.00
10. Tidal flat	100.00	100.00
11. Sea River, Canal	83.33	100.00
Overall accuracy = 96.26 %		Kappa = 95.51 %

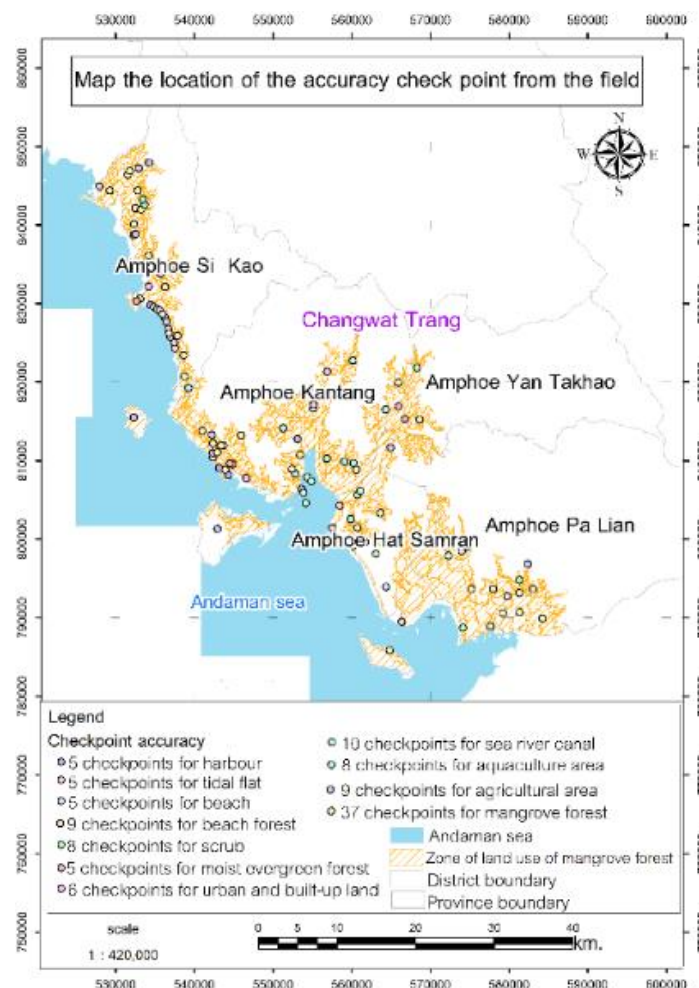


Figure 4 Geographic distribution of field-based accuracy check points

ผลการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในปี พ.ศ. 2545 และ พ.ศ. 2565

ผลการศึกษาจากการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในเขตการใช้ประโยชน์ที่ดินป่าชายเลน จังหวัดตรัง ระหว่างปี พ.ศ. 2545 และ พ.ศ. 2565 มีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินเพิ่มขึ้น ได้แก่ ท่าเรือ 12.61 เฮกตาร์ ป่าชายเลน 4,708.32 เฮกตาร์ ป่าชายหาด 467.04 เฮกตาร์ ป่าละเมาะ 74.73 เฮกตาร์ พื้นที่เกษตรกรรม 620.93 เฮกตาร์ เมือง และสิ่งก่อสร้าง 82.34 เฮกตาร์ ตามลำดับ ส่วนการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินลดลง ได้แก่ พื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ 260.70 เฮกตาร์ เนื่องจากการขยายตัวของทะเลและชายฝั่งลงพื้นที่ที่ตรวจยึดพื้นที่นาุ้งที่รุกพื้นที่ป่าชายเลน ป่าดิบชื้น 95.50 เฮกตาร์ เนื่องจากชาวบ้านมีการปรับพื้นที่ ไม่ว่าจะเป็นการยกร่อง ถมดิน ปรับไถให้กลมกลืนกับสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยมีการลักลอบนำ

ต้นมะพร้าวหรือปาล์มน้ำมันเข้ามาปลูกในพื้นที่ซึ่งทำให้เปลี่ยนสภาพไปเป็นพื้นที่เกษตรกรรม เนื่องจากปาล์มน้ำมันมีราคาสูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการสอบถามเจ้าหน้าที่สำนักงานทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งที่ 7 จังหวัดตรัง (นายกิตติภักดิ์ ลาภชูรัตน์, สัมภาษณ์, 10 เมษายน 2565) (Labchurat, 2022) หาดทราย 2,829.09 เฮกตาร์ เนื่องจากการกัดเซาะชายฝั่ง เกิดจากอิทธิพลกระแสคลื่นลมแรงบริเวณชายฝั่ง และชายหาดถูกปรับสภาพพื้นที่เป็นร้านอาหารริมชายหาดเพื่อดึงดูดและต้อนรับนักท่องเที่ยว เล่นงอก 696.42 เฮกตาร์ เนื่องจากการปรับพื้นที่เพื่อประกอบอาชีพประมง และมีการใช้อุปกรณ์ประมง เช่น ไซ อวนลาก อวนรุน โดยส่งผลกระทบต่อสภาพพื้นที่เลนงอกค่อย ๆ ลดลง ทะเล แม่น้ำ ลำคลอง 2,084.26 เฮกตาร์ เนื่องจากภาพถ่ายดาวเทียมเป็นการศึกษาช่วงเดือนมีนาคม ซึ่งเป็นฤดูร้อนจึงทำให้เห็นสภาพต้นเขินของพื้นที่แหล่งน้ำ ดัง Figure 5 และ Table 3

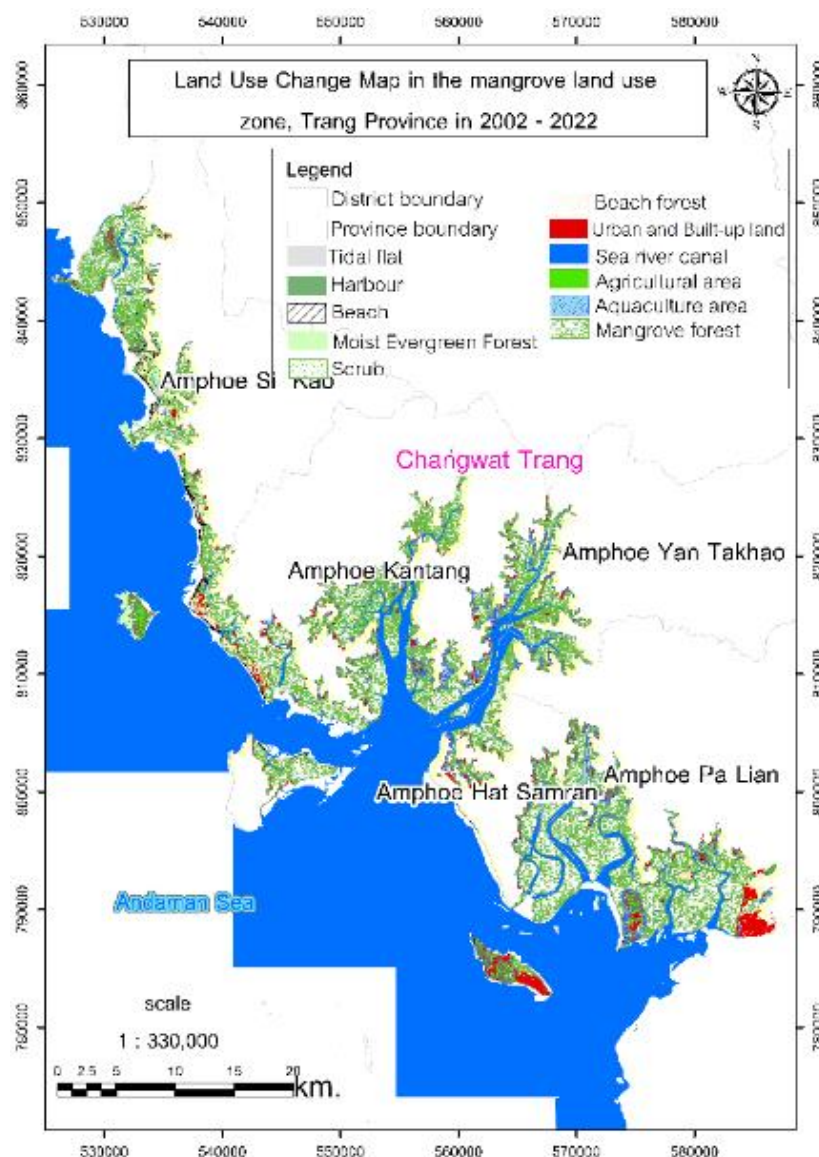


Figure 5 Land use change map in mangrove land use zone, Trang province between 2002 and 2022

Table 3 Land use change in mangrove land use zone of Trang province between 2002 and 2022

Land use classification	Year 2002		Year 2022		Change (ha, +/-)
	ha	(%)	ha	(%)	
1. Harbour	3.23	0.00	15.84	0.00	+12.61
2. Aquaculture area	1,933.96	0.48	1,673.26	0.42	-260.70
3. Mangrove forest	35,733.30	8.90	40,441.62	10.07	+4,708.32
4. Beach forest	166.16	0.04	633.20	0.16	+467.04
5. Moist evergreen Forest	305.18	0.08	209.68	0.05	-95.50
6. Scrub	315.36	0.08	390.09	0.10	+74.73
7. Agricultural area	3,056.78	0.76	3,677.71	0.92	+620.93
8. Beach	4,167.37	1.04	1,338.27	0.33	-2,829.09
9. Urban and built-up land	45.77	0.01	128.11	0.03	+82.34
10. Tidal flat	1,564.91	0.39	868.48	0.22	-696.42
11. Sea, River, Canal	354,153.62	88.22	352,069.36	87.70	-2,084.26
Total	401,445.63	100.00	401,445.63	100.00	-

ผลการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงต่อการถูกบุกรุกในเขตการใช้ประโยชน์ที่ดินป่าชายเลน

ผลการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการถูกบุกรุกในเขตการใช้ประโยชน์ที่ดินป่าชายเลน โดยใช้แบบสอบถามรายละเอียดของปัจจัยและการให้ค่าน้ำหนักของปัจจัยจากผู้เชี่ยวชาญของกรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง จำนวน 5 คน เพื่อนำมา

พิจารณาในการจัดลำดับความสำคัญของปัจจัยด้วยการวิเคราะห์ค่าถ่วงน้ำหนักของปัจจัยด้วยวิธี Ranking method แบบ Rank exponent โดยหลักเกณฑ์การตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์ (MCDA) ซึ่งผลของการจัดลำดับความสำคัญในการพิจารณาเปรียบเทียบการให้ค่าน้ำหนักด้วยวิธีจัดลำดับความสำคัญของปัจจัย ดัง Table 4

Table 4 Weight score by rank exponent

Factor	Straight ranking (r_j)	($n-r_j+1$)	Rank exponent weight ($n-r_j+1$) P, P=2	Normalized weight
1. Elevation (m)	1	7	49	0.35
2. Land use	2	6	36	0.26
3. Slope (%)	3	5	25	0.18
4. Population density	4	4	16	0.11
5. Distance from road	5	3	9	0.06
6. Distance from villages	6	2	4	0.03
7. Soil series	7	1	1	0.01
Total		28	140	1.00

ผลจากการให้ค่าน้ำหนักของปัจจัยทั้ง 7 ปัจจัยดังกล่าวข้างต้น ปัจจัยที่มีความสำคัญเป็นอันดับแรก คือ ปัจจัยความสูงจากระดับน้ำทะเลเท่ากับ 0.35 รองลงมาปัจจัยการใช้ประโยชน์ที่ดินเท่ากับ 0.26 ปัจจัยความลาดชันเท่ากับ 0.18 ปัจจัยความหนาแน่นของประชากรเท่ากับ 0.11 ปัจจัยระยะห่างจากถนนเท่ากับ 0.06 ปัจจัยระยะห่างจากหมู่บ้านเท่ากับ 0.03 และปัจจัยชุดดินเท่ากับ 0.01 ตามลำดับ

จากการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการถูกบุกรุกในเขตการใช้ประโยชน์ที่ดินป่าชายเลน จังหวัดตรัง โดยใช้ระบบสารสนเทศ

ทางภูมิศาสตร์ในการจัดทำแผนที่ในการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงต่อ

การถูกบุกรุกเพื่อสร้างแผนที่ระดับความเสี่ยงรายตัวของแต่ละปัจจัย ดัง Figure 7 แล้วนำแผนที่เสี่ยงรายตัวของแต่ละปัจจัยมาทำการคำนวณคะแนนรวมของความเสี่ยงต่อการถูกบุกรุกโดยการวิเคราะห์การจัดชั้นข้อมูลด้วยเทคนิคการแบ่งกลุ่มแบบ Equal interval และแบ่งระดับความเสี่ยงต่อการถูกบุกรุกในเขตการใช้ประโยชน์ที่ดินป่าชายเลน จังหวัดตรัง ออกเป็น 4 ระดับ คือ เสี่ยงมาก เสี่ยงปานกลาง เสี่ยงน้อย และไม่เสี่ยง

ผลจากการศึกษาพบว่า พื้นที่เสี่ยงต่อการถูกบุกรุกมากพบในตำบลกันตังใต้ ตำบลนาเกลือ (บนฝั่ง) ตำบลหาดสำราญ ตำบลเกาะสุกร ตำบลบางเป่า ตำบลกันตัง พื้นที่เสี่ยงต่อการถูกบุกรุกปานกลางพบในตำบลสุโสะ ตำบลเกาะลิบง (บนฝั่ง) และบริเวณเกาะลิบงเกาะมะราหน เกาะเจ้าไหม ตำบลท่าข้าม (บนฝั่ง) และบริเวณเกาะเหลาตรง เกาะคางคว ตำบลเขาไม้แก้ว ตำบลตะเสะ (บนฝั่ง) และบริเวณเกาะตูกีเย เกาะนก ตำบลบางสัก ตำบลลิพัง ตำบลทุ่งกระปือ ตำบลบ้าหวี ตำบลบ่อหิน (บนฝั่ง) และบริเวณเกาะลอลอ เกาะผี เกาะสากกะเบือ ตำบลบ้านนา ตำบลทุ่งยาว ตำบลวังวน ตำบลบ่อน้ำร้อน ตำบลคลองชีล้อม ตำบลกะลาเส ตำบลบางหมาก ตำบลย่านซื่อ ตำบลคลองลู ตำบลทุ่งค่าย ตำบลไม้ฝาด บริเวณเกาะเมง เกาะปลิง ตำบลเกาะตุ้ยใหญ่ บริเวณเกาะเลียงใต้ เกาะเลียงเหนือ ตำบลควนธานี ตำบลเกาะสุกร บริเวณเกาะจำปีใหญ่ ตำบลนาเกลือ บริเวณเกาะลูกไม้ เกาะนก พื้นที่เสี่ยงต่อการถูกบุกรุกน้อยพบในตำบลไม้ฝาด บริเวณหาดหยก พื้นที่ที่ไม่เสี่ยงต่อการถูกบุกรุกพบบริเวณเกาะมุก และเกาะกระดาน ดัง Table 5 และ Figure 6 โดยพื้นที่เสี่ยงต่อการถูกบุกรุกมาก ส่วนใหญ่เกิดจากปัจจัยความสูงจากระดับน้ำทะเลซึ่งอยู่ในช่วงน้อยกว่า 10 เมตร จากระดับน้ำทะเลปานกลาง เนื่องจากปัจจัยระดับความสูงน้อยกว่า 10 เมตร สามารถปรับสภาพพื้นที่ได้ง่าย ลงทุนต่ำ เข้าถึงได้สะดวก และความลาดชันน้อยกว่า 8 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งความลาดชันน้อยเป็นพื้นที่ที่มีการใช้ประโยชน์และมีโอกาสที่จะขยายพื้นที่ได้ตลอดเวลา เนื่องจากเข้าถึงพื้นที่ง่ายและเป็นพื้นที่ราบลุ่ม ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Jakjum (2004) ที่พบว่าปัจจัยความลาดชันต่ำของพื้นที่มีผลโดยตรงกับการเข้ามาบุกรุกเพื่อใช้ประโยชน์พื้นที่ป่าไม้ และปัจจัยการใช้ประโยชน์ที่ดินมีความสอดคล้องกับการศึกษาของ Ket-ord (2015) ในประเด็นความแตกต่างตามลักษณะทางกายภาพและลักษณะภูมิประเทศที่ทำให้เกิดความหลากหลายทางการประกอบอาชีพของประชากรในพื้นที่ โดยส่วนใหญ่จะปลูกพืชทางเกษตรกรรม

เช่น ปาล์มน้ำมัน สวนยางพารา สวนมะพร้าว และทุเรียน แต่พืชที่ปลูกมากที่สุด คือ ปาล์มน้ำมัน เนื่องจากราคาสูง ซึ่งสอดคล้องกับการสอบถามเจ้าหน้าที่สำนักงานทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งที่ 7 จังหวัดตรัง (นายกิตติภต ลาภชูรัตน์, 10 เมษายน 2565) (Labchurat, 2022) ส่วนปัจจัยความหนาแน่นของประชากรมีรูปแบบการตั้งถิ่นฐานแบบกระจุกตัวมากกว่า 3,000 คนต่อตารางเมตร พบในพื้นที่อำเภอเมืองกันตัง และกระจายตัวตามแม่น้ำริมคลองเพื่อการอุปโภคและบริโภค ตลอดจนการติดต่อการประกอบอาชีพประมงพื้นบ้านของชาวบ้าน ปัจจัยระยะห่างจากถนนและปัจจัยระยะห่างจากหมู่บ้านอยู่ในช่วง 0–2,000 เมตร เนื่องจากเข้าถึงพื้นที่ง่ายสะดวกมากขึ้น แต่มีข้อดีสำหรับเจ้าหน้าที่ในการออกลาดตระเวนหรือตรวจตรา ซึ่งแตกต่างจากพื้นที่เสี่ยงต่อการบุกรุกปานกลางในช่วงมากกว่า 3,000–4,000 เมตร และปัจจัยระยะห่างจากหมู่บ้านในช่วงมากกว่า 4,000–6,000 เมตร เป็นแบบรูก็ค คือ แบบค่อยเป็นค่อยไปจึงใช้ระยะเวลานาน และปัจจัยระยะห่างจากถนนและปัจจัยระยะห่างจากหมู่บ้านยิ่งไกลออกไปโอกาสการบุกรุกก็จะลดลง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ (Praphai, 2008) สำหรับพื้นที่เสี่ยงต่อการบุกรุกน้อย เป็นปัจจัยชุดดิน เนื่องจากชาวบ้านมีความต้องการใช้พื้นที่แต่ชาวบ้านไม่ทราบถึงปัจจัยชุดดินว่าชุดดินใดมีความเหมาะสมหรือไม่มีความเหมาะสมต่อการเพาะปลูก แต่ส่วนใหญ่บริเวณใดสามารถปรับพื้นที่ได้ก็จะเข้าไปจับจองและประกอบกิจกรรมทางการเกษตรกรรม เช่น เข้าไปปลูกปาล์มน้ำมันเพื่อครอบครองพื้นที่ทันที เมื่อปาล์มน้ำมันโตขึ้นจะมีการปรับสภาพพื้นที่ในภายหลัง ซึ่งสอดคล้องกับการสอบถามเจ้าหน้าที่สำนักงานทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งที่ 7 จังหวัดตรัง (นายกิตติภต ลาภชูรัตน์, 10 เมษายน 2565) จากการศึกษาปัจจัยทางกายภาพ และเศรษฐกิจสังคมที่นำมาวิเคราะห์มีความแตกต่างกันตามสภาพแวดล้อมและลักษณะทางกายภาพ ภูมิประเทศของแต่ละพื้นที่

Table 5 Level of risk of encroachment in mangrove land use zone, Trang province

Risk level	Sub-district	Area	
		ha	(%)
High risk	1. Tambon Kantang Tai	4,082.37	8.27
	2. Tambon Na Kluea (onshore)	2,757.90	5.59
	3. Tambon Hat Samran	2,413.27	4.89
	4. Tambon Koh Sukon	996.11	2.02
	5. Tambon Bang Pao	486.26	0.98
	6. Tambon Kantang	81.20	0.16
Moderate risk	7. Tambon Suso	3,662.06	7.42
	8. Tambon Koh Libong (onshore) (Koh Libong, Koh Marahan, Koh Chao Mai)	3,500.14	7.08
	9. Tambon Tha Kham (onshore) (Koh Lonton, Koh Konkuen)	3,390.04	6.86
	10. Tambon Khao Mai Kaeo	3,032.90	6.14
	11. Tambon Tase (onshore) (Koh Tukia, Koh nok)	2,741.37	5.56
	12. Tambon Bang Sak	2,305.61	4.67
	13. Tambon Lipang	2,302.16	4.66
	14. Tambon Thung Krabue	2,184.64	4.42
	15. Tambon Ba Wi	1,973.50	4
	16. Tambon Bo Hin (onshore) (Koh Loun Loun, Koh Pee, Koh Sankabuen)	1,808.22	3.66
	17. Tambon Ban Na	1,749.75	3.54
	18. Tambon Thung Yao	1,694.72	3.43
	19. Tambon Wangwon	1,565.39	3.17
	20. Tambon BuNam Ron	907.83	1.84
	21. Tambon Khlong Chi Lom	786.89	1.59
	22. Tambon Kalase	475.12	0.96
	23. Tambon Bang Mak	276.76	0.56
	24. Tambon Yan Sue	220.86	0.45
	25. Tambon Khlong Lu	109.51	0.22
	26. Tambon Thung Khai	89.53	0.18
	27. Tambon Mai Fat (Koh Meng, Koh Pling)	40.22	0.08
	28. Tambon Koh Tului Yai (Koh Leng Tai, Koh Leng norn)	37.89	0.07
	29. Tambon Kuan Thani	17.20	0.03
	30. Tambon Koh Sukon (Koh Chap Pi Yai)	9.20	0.02
	31. Tambon Na Kluea (Koh Luk Mai, Koh nok)	4.99	0.01
Low risk	32. Tambon Mai Fat (Jade beach)	2,896.85	5.87
No risk	33. Tambon Koh Libong (Koh Mook, Koh kardan)	775.81	1.57
Total		49,376.27	100.00

Remarks: Not including area sea, river and canal

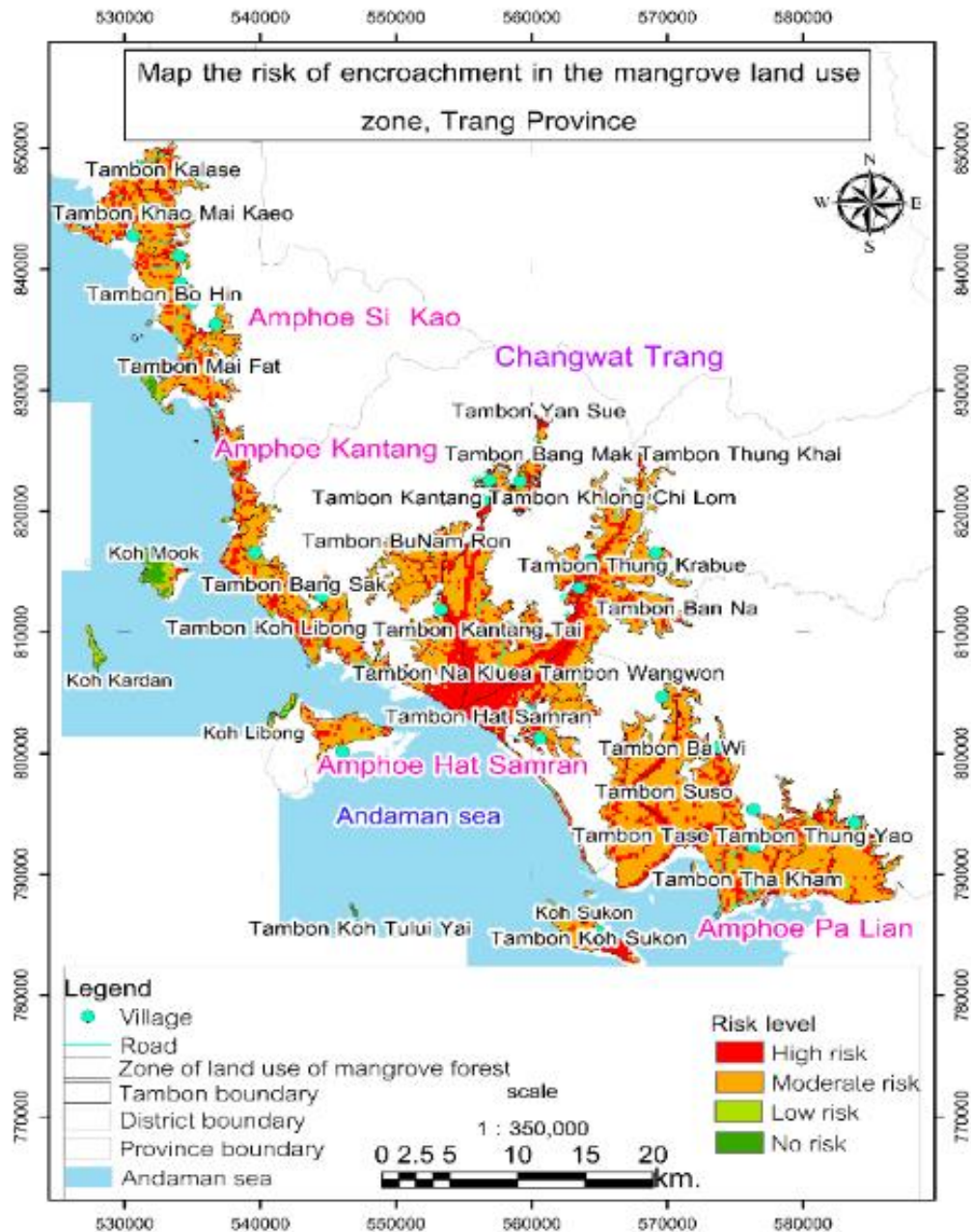


Figure 6 Map of level of risk of encroachment in mangrove land use zone, Trang province

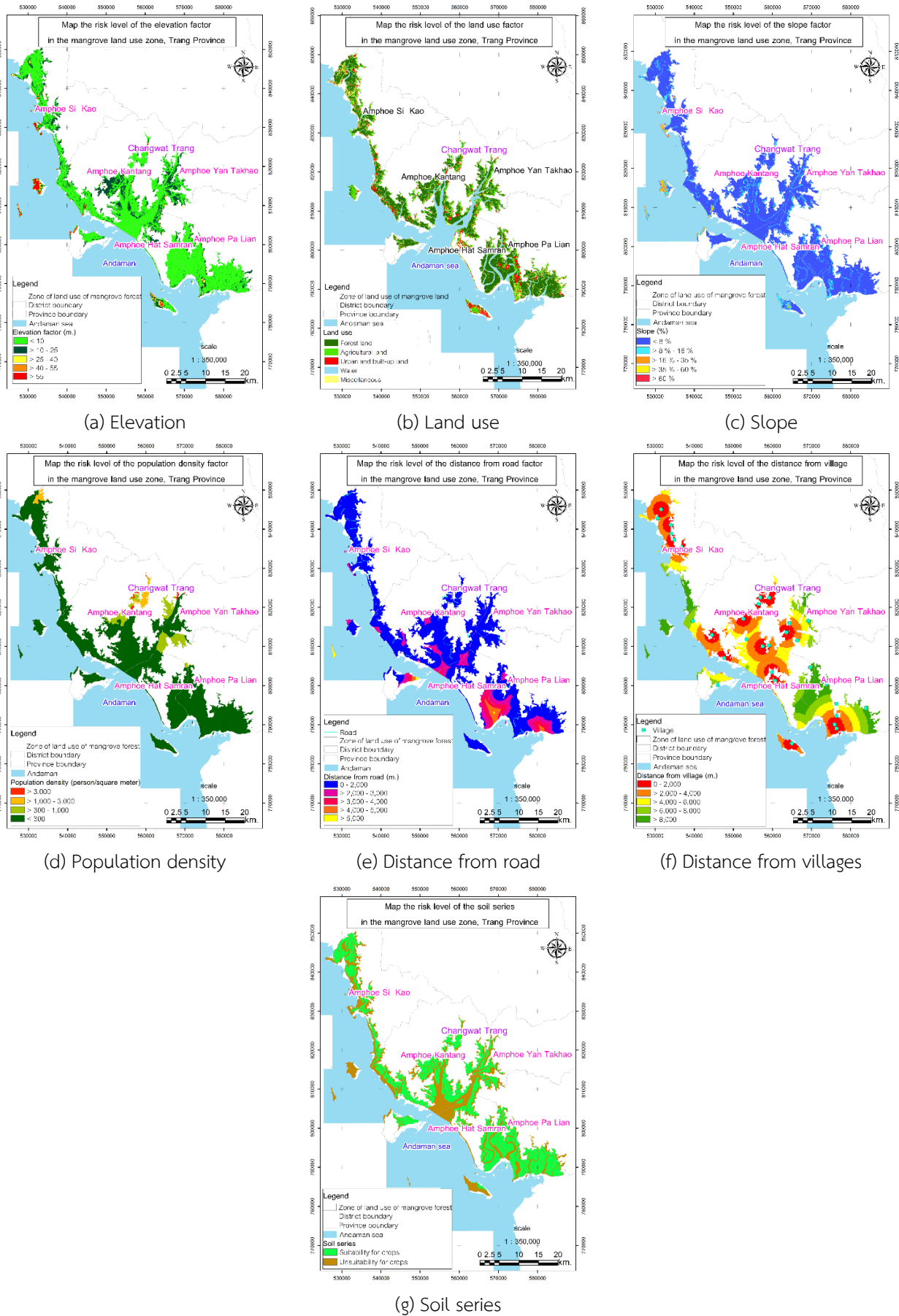


Figure 7 Maps levels of risk for each factor in mangrove land use zone, Trang province

สรุปและข้อเสนอแนะ

การใช้ประโยชน์ที่ดินป่าชายเลนมีลักษณะเฉพาะทางกายภาพ เศรษฐกิจ และสังคมที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งได้รับอิทธิพลจากปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ โดยการศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในเขตการใช้ประโยชน์ที่ดินป่าชายเลน จังหวัดตรัง ในปี พ.ศ. 2545 และ พ.ศ. 2565 พบว่าการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด ได้แก่ พื้นที่การเกษตร ป่าชายหาด ป่าดิบชื้น เมือง และสิ่งก่อสร้าง ป่าละเมาะ ท่าเรือ ในขณะที่การประโยชน์ที่ดินลดลงพบในพื้นที่ป่าชายเลน หาดทราย พื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ เลนงอก ซึ่งแนวโน้มของพื้นที่การเกษตร (ปาล์มน้ำมัน) มีโอกาสการขยายเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีราคาสูง

ผลจากการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงต่อการถูกบุกรุกในเขตการใช้ประโยชน์ที่ดินป่าชายเลน จังหวัดตรัง ด้วยการใช้การตัดสินใจแบบหลายปัจจัย ร่วมกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ พบว่าปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการบุกรุกในเขตการใช้ประโยชน์ที่ดินป่าชายเลนมากที่สุด ได้แก่ ความสูงจากระดับน้ำทะเล การใช้ประโยชน์ที่ดิน ความลาดชัน ความหนาแน่นของประชากร ระยะห่างจากถนน ระยะห่างจากหมู่บ้าน และชุดดิน มีค่าน้ำหนักของปัจจัย 0.35 0.26 0.18 0.11 0.06 0.03 และ 0.01 ตามลำดับ

ผลการศึกษาสามารถใช้เป็นแนวทางในการป้องกันและปราบปรามภัยคุกคามต่อพื้นที่ทรัพยากรป่าชายเลน รวมทั้งการจัดทำแผนการลาดตระเวนและการเฝ้าระวังติดตามพื้นที่เสี่ยงต่อการถูกบุกรุกทำลาย ตลอดจนการส่งเสริมสนับสนุนการบริหารจัดการและการใช้ทรัพยากรป่าชายเลนอย่างยั่งยืนได้เป็นอย่างดี

ข้อเสนอแนะจากการศึกษาครั้งนี้ในการใช้ภาพถ่ายดาวเทียมที่มีช่วงระยะเวลาที่แตกต่างกัน ทำให้การจำแนกข้อมูลด้วย Supervised classification เกิดความผิดพลาดได้มากกว่าการแปลภาพด้วยสายตา เนื่องจากการแปลภาพด้วยสายตาจะสามารถเห็นขอบเขตของพื้นที่ได้ชัดเจนกว่าและการกำหนดพื้นที่ตัวอย่างเป็นเพียงการเลือกพื้นที่ตัวอย่างให้กระจายทั่วทั้งภาพถ่ายดาวเทียม ซึ่งในการศึกษาครั้งต่อไปสามารถนำการแปลภาพด้วยสายตาเข้ามาช่วยในการศึกษาครั้งต่อไปได้

REFERENCES

Boonyanuphap, C. 2014. **Principles of Remote Sensing in Vegetation Ecology and Conservation**, 2nd ed. Odeon Store. Bangkok, Thailand. (in Thai)

- Chucheeep, K. 2018. **Principles of Remote Sensing**. Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Department of Land Development. 2012. **Classification of Land Use**. Department Land Development, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Department of Marine and Coastal Resources. 2012. **Mangrove Forest Resources**. Trang, Thailand. (in Thai)
- Geo-Informatics and Space Technology Development. 2009. **Space Technology and Geoinformatics Textbook**. Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Jakjum, N. 2004. **Application of GIS for Determining Risk Area for Encroachment of PhuPan National Park, Sakon Nakhon Province**. M.S. Thesis, Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Ket-ord, R. 2015. Geomorphological features and drainage patterns in earthquake area, Mae Pung and Mae Lao sub-watershed, Chiang Rai province. **Thai Journal of Forestry**, 34(2): 42–50. (in Thai)
- Labchurat, K. 2022. **Expert Forestry Officer Marine and Coastal Resources Office No. 7, Trang Province**. Interview. 10 April 2022. (in Thai)
- Malzewski, J. 1999. **GIS and Multicriteria Decision Analysis**. John Wiley & Sons, Inc. New York, USA.
- Ministry of Natural Resources and Environment. 2002. **Cabinet Resolutions and Laws Related to Coastal Resource Management**. Big line company limited. Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Morakotkheaw, N. 2008. Application of geographic information system to assess risk area of encroachment at PhuPhaMan National Park, Khon Kaen province. **Thai Journal of Forestry**, 27(2): 89-98. (in Thai)
- Praphai, T. 2008. **Application of Geo-Information Systems to Analyze Areas at Risk of Encroachment in Conserved Forests and Surrounding Areas of Kaeng Krachan National Park**. M.S. Thesis, Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai)

Sheakiwong, U. 2012. **Mangrove Forest**. Saeng Dao Publishing Co., Ltd. Bangkok, Thailand. (in Thai)

Wongsakul, T. 2019. Determining weight criteria for decision making. academic. **Journal of Industrial Technology Buriram Rajabhat University**, 7(2): 63-71. (in Thai)

Yeroh, F. 2017. **Application of GIS and Remote Sensing for Landslide Hazard and Risk in Khaoluang Mountain Range in Nakhon Si Thammarat Province**. M.S. Thesis, Prince of Songkhla University, Songkhla, Thailand. (in Thai)

นิพนธ์ต้นฉบับ

การปรับปรุงคุณสมบัติการดูดซับของไบโอชาร์จากกะลามะพร้าวด้วยวิธีอาร์กอน
นอนเทอร์มอลพลาสมาความดันบรรยากาศและอบไอน้ำที่อุณหภูมิสูง

Adsorption Property Modification of Coconut Shell Biochar using Argon
Non-thermal Atmospheric Pressure Plasma and Steam at High Temperature

จิรพงศ์ ศรศักดิ์านภาพ^{1*,2}ชัยรัช ฉ่ำเฉลิม²ขวัญจิรัส เชิงปัญญา¹ธัญญรัตน์ เชื้อสะอาด^{1,3}ธิตี วานิชดิตรัตน์²ประดุง สวนพุด^{1,2}Jirapong Sornsakdanuphap^{1*,2}Chaithat Chamchalerm²Khuanjarat Choengpanya¹Thanyarat Chuesaard^{1,3}Thiti Wanishdilokratn²Pradoong Suanpoot^{1,2}¹กลุ่มวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ ร้องกวาง แพร่ 54140¹Program in Basic Science, Maejo University Phrae Campus, Rong Kwang, Phrae 54140 Thailand²สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมป่าไม้ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ ร้องกวาง แพร่ 54140²Forest Industry Technology, Maejo University Phrae Campus, Rong Kwang, Phrae 54140 Thailand³สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ ร้องกวาง แพร่ 54140³Crop Production Technology, Maejo University Phrae Campus, Rong Kwang, Phrae 54140 Thailand

*Corresponding Author, E-mail: jirapong_ss@mju.ac.th

รับต้นฉบับ 17 พฤษภาคม 2567

รับแก้ไข 10 กรกฎาคม 2567

รับลงพิมพ์ 24 กรกฎาคม 2567

ABSTRACT

Granular biochar from coconut shell waste was produced in a 50 L heat-insulated iron kiln using the methods of argon non-thermal atmospheric pressure plasma and high temperature steam at 700 °C for iodine adsorption improvement. The experiments were divided into 4 groups: control, treated biochar with plasma for 1 hr, treated biochar with 700 °C steam for 1 hr and treated biochar with 700 °C steam for 30 min, following treatment with plasma for 30 min. For estimation of iodine adsorption, 2 g of biochar were tested with 0.0048 M iodine solution (25 mL) using centrifugation with a magnetic bar for 3 min. The iodine solution after centrifugation was measured for absorbance at a wavelength of 350 nm. Based on the results, the biochar treated with 700 °C steam for 1 hr had the highest efficiency (14.38 ± 0.13 mg/g), with the iodine adsorption rate increasing by 3.9 times that of the control experiment. On the other hand, the biochar treated with plasma had the lowest efficiency (2.24 ± 1.20 mg/g), with the iodine adsorption rate decreasing to 0.6 times that for the control experiment.

Keywords: Argon non-thermal atmospheric pressure plasma; Treated biochar with steam at high temperature; Coconut shell biochar; Iodine adsorption

บทคัดย่อ

ถ่านไบโอชาร์แบบเกล็ดจากเศษกะลามะพร้าวถูกผลิตขึ้นโดยใช้เตาเหล็กหุ้มฉนวนความร้อนขนาด 50 ลิตร ในงานวิจัยนี้ใช้วิธีอาร์กอนนอนเทอร์มอลพลาสมาความดันบรรยากาศและการอบด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส เพื่อศึกษาแนวทางการพัฒนาการดูดซับไอโอดีน การทดลองแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มได้แก่ ถ่านจากการทดลองควบคุม ถ่านปรับสภาพด้วยพลาสมา 1 ชั่วโมง ถ่านอบด้วยไอน้ำ 700 องศาเซลเซียส 1 ชั่วโมง และถ่านอบด้วยไอน้ำ 700 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 นาทีตามด้วยการปรับสภาพด้วยพลาสมา 30 นาที เพื่อประเมินการดูดซับไอโอดีน ถ่านปริมาณ 2 กรัม ถูกนำมาปั่นเหวี่ยงกับสารละลายไอโอดีนทดสอบเข้มข้น 0.0048 โมลาร์ ปริมาตร 25 มิลลิลิตร เป็นเวลา 3 นาที ด้วยเครื่องกวนสารด้วยแม่เหล็ก จากนั้นนำสารละลายไอโอดีนไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 350 นาโนเมตร จากการทดลองพบว่าถ่านไบโอชาร์อบไอน้ำอุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียสมีประสิทธิภาพในการดูดซับไอโอดีนเพิ่มขึ้นเป็น 3.9 เท่าเมื่อเปรียบเทียบกับ การทดลองควบคุม และมีค่าสูงสุดเท่ากับ 14.38 ± 0.13 มิลลิกรัมต่อกรัม ในทางตรงกันข้าม ถ่านไบโอชาร์ปรับสภาพด้วยพลาสมามีประสิทธิภาพในการดูดซับไอโอดีนลดลงเป็น 0.6 เท่าเมื่อเปรียบเทียบกับ การทดลองควบคุม และมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 2.24 ± 1.20 มิลลิกรัมต่อกรัม

คำสำคัญ: อาร์กอนนอนเทอร์มอลพลาสมาความดันบรรยากาศ ถ่านอบด้วยไอน้ำอุณหภูมิสูง ถ่านไบโอชาร์จากกะลามะพร้าว การดูดซับไอโอดีน

คำนำ

ในปัจจุบันการใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างคุ้มค่าเป็นสิ่งที่มีนัยสำคัญและเริ่มตระหนักมากขึ้น โดยจะเห็นได้จากการใช้นโยบายเศรษฐกิจหมุนเวียน (circular economy) (Alcalde-Calonge *et al.*, 2022) ในการบริหารเศรษฐกิจของประเทศ นโยบายนี้มุ่งเน้นการนำวัสดุเหลือทิ้งทั้งจากภาคการเกษตรกรรม ป่าไม้ อุตสาหกรรม เป็นต้น มาแปรรูปเพื่อเพิ่มมูลค่าและสร้างรายได้เสริมให้กับคนในชุมชน ตัวอย่างการแปรรูปวัสดุเหลือทิ้งที่สามารถเป็นแนวทางในการสร้างรายได้เสริมให้กับชุมชนภายใต้แนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียน ได้แก่ การแปรรูปวัสดุโครงสร้างที่มีส่วนผสมของคอนกรีตกับเศษผงไม้ (Batool *et al.*, 2021) การใช้ปุ๋ยชีวภาพผสมกับผงแห้งจากเศษอาหารเหลือทิ้ง (Kang *et al.*, 2021) การแปรรูปเศษพลาสติกเหลือทิ้งเป็นเชื้อเพลิงชีวภาพ (biofuel) (Devi *et al.*, 2021) การแปรรูปไม้ไผ่เป็นถ่านพลังงานทดแทนและถ่านชีวภาพ (biochar, ถ่านไบโอชาร์) เพื่อปรับปรุงคุณภาพดิน (Chaturvedi *et al.*, 2023) เป็นต้น อย่างไรก็ตามหนึ่งในการแปรรูปวัสดุเหลือทิ้งที่ง่ายและเป็นที่ยอมรับในหลายชุมชนคือการผลิตถ่านไบโอชาร์จากวัสดุเหลือทิ้ง เช่น การผลิตถ่านไบโอชาร์จากกะลามะพร้าว (Chooklin *et al.*, 2023) การผลิตถ่านไบโอชาร์จากกระถิน (Kowitwiwat *et al.*, 2019) ซึ่งสามารถนำมาปรับปรุงคุณภาพดินให้ดีขึ้นได้นอกจากนี้แล้วมีรายงานว่ากะลามะพร้าวและไม้ไผ่สามารถนำมาแปรรูปและพัฒนาคุณภาพให้สูงขึ้นจนเป็นถ่านกัมมันต์ได้ (activated charcoal) (Kajorncheappunngam *et al.*, 2003; Mahanim *et al.*, 2011) ซึ่งเป็นแนวทางที่เพิ่มมูลค่าให้กับเศษวัสดุเหลือทิ้งได้เป็นอย่างมาก ถ่านกัมมันต์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลายด้าน เช่น นำไปเป็นส่วนผสมในเครื่องสำอาง (Sajjad *et al.*, 2021) ใช้ในการกรองสีและกลิ่นในน้ำ (Changjia *et al.*, 2019) กรองอากาศให้บริสุทธิ์

(Maximoff *et al.*, 2022) กรองไวน์ให้บริสุทธิ์ (Cosme *et al.*, 2021) นำไปดูดซับสารพิษหรือโลหะหนัก (Gul *et al.*, 2022) เป็นต้น จะเห็นได้ว่าถ่านกัมมันต์มีช่องทางที่หลากหลายในการประยุกต์ใช้และสร้างรายได้

ถ่านกัมมันต์คือถ่านที่ผ่านการกระตุ้นให้เกิดรูพรุนที่อุณหภูมิสูงด้วยการใช้ก๊าซกระตุ้น โดยสามารถผลิตได้ด้วยกระบวนการกระตุ้นทางเคมี (Jiwalak *et al.*, 2006) และกระบวนการกระตุ้นทางกายภาพ (Shahcheragh *et al.*, 2023) ภายใต้สภาวะจำกัดอากาศ ซึ่งโดยปกติแล้วปริมาณรูพรุนที่มากขึ้นจะแปรผันไปในทิศทางเดียวกันกับประสิทธิภาพการดูดซับของถ่านกัมมันต์ (Mianowski *et al.*, 2007) อย่างไรก็ตามในงานวิจัยนี้มุ่งเน้นการศึกษาหาแนวทางการผลิตถ่านกัมมันต์จากถ่านไบโอชาร์โดยใช้เตาอบไฟฟ้าอุณหภูมิสูงที่มีไอน้ำเป็นสารกระตุ้นรูพรุน วิธีการนี้ช่วยลดการใช้สารเคมีและสะดวกต่อการผลิต อีกทั้งพลังงานไฟฟ้าเป็นต้นทุนที่มีราคาไม่แพงและในอนาคตมีแนวโน้มที่จะผลิตจากโซลาร์เซลล์มากขึ้น อีกแนวทางหนึ่งคือการศึกษาดังกล่าวไปได้ในการนำเทคโนโลยีนอนเทอร์มอลพลาสมาความดันบรรยากาศมาปรับเปลี่ยนคุณสมบัติพื้นผิวของถ่านไบโอชาร์จากกะลามะพร้าวเหลือทิ้งเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการดูดซับ ทั้งนี้เนื่องจากนอนเทอร์มอลพลาสมาความดันบรรยากาศสามารถสร้างหมู่ฟังก์ชันต่างๆเพื่อปรับเปลี่ยนคุณสมบัติพื้นผิวของสารได้ เช่น หมู่ไฮดรอกซิล (-OH) หมู่คาร์บอกซิล (-COOH) เป็นต้น (Chen *et al.*, 2023) นอนเทอร์มอลพลาสมาเป็นสภาพพลาสมาที่ยังไม่เข้าสู่สมดุลทางความร้อนโดยที่อิเล็กตรอนมีอุณหภูมิสูงกว่าไอออนและอนุภาคอื่น ๆ ในพลาสมา (Sornsakdanuphap *et al.*, 2017) ในนอนเทอร์มอลพลาสมามีอนุภาคมามากมายที่ว่องไวต่อการทำปฏิกิริยาเคมี เช่น อิเล็กตรอน แรดิคัล อนุภาครีแอกทีฟที่มีธาตุดอกซิเจนและไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ (RONS) (Yang *et al.*, 2023)

เป็นต้น ซึ่งอนุภาคทั้งหลายเหล่านี้สามารถช่วยสร้างหมุ่ฟังก์ชันต่าง ๆ บนพื้นผิวของสารได้ เทคโนโลยีนี้มีความน่าสนใจเพราะเป็นเทคโนโลยีสะอาดที่ไร้สารเคมีตกค้าง สะดวกในการใช้งาน ใช้พลังงานไฟฟ้าไม่มาก และรองรับการขยายการผลิตขนาดใหญ่ได้

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมถ่านไบโอชาร์จากกะลามะพร้าวเหลือทิ้ง

ในการผลิตถ่านไบโอชาร์จากเศษกะลามะพร้าวเหลือทิ้ง ใช้ถังเหล็กขนาด 50 ลิตร หมุดด้านข้างด้วยเชรามิกไฟเบอร์หนา 1 นิ้ว

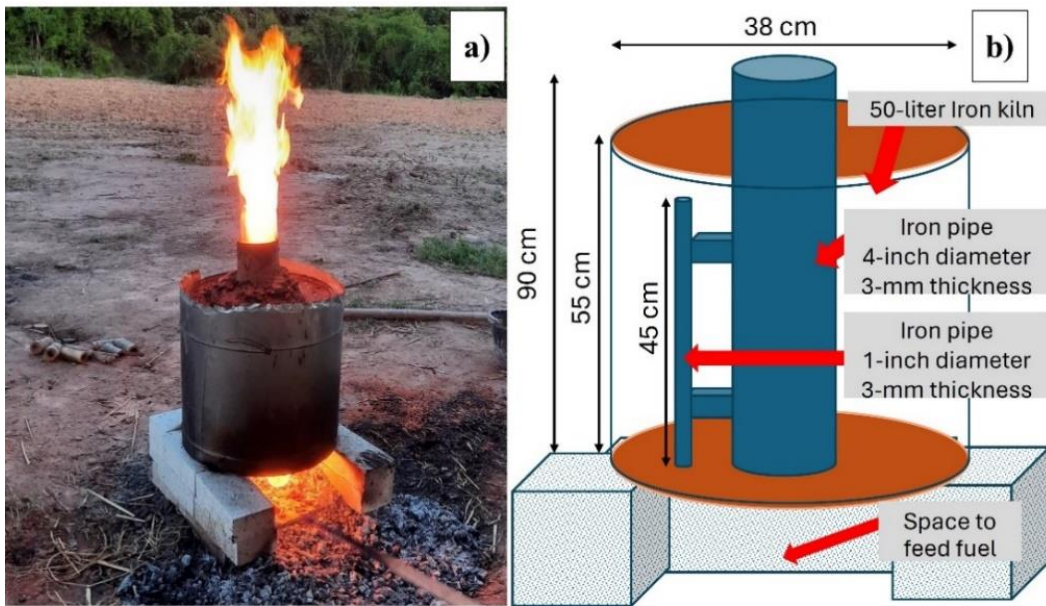


Figure 1 External appearance of heat-insulated 50 L biochar kiln (a) and schematic diagram of internal structure of heat-insulated 50 L biochar kiln (b)

ภายในเตาประกอบด้วยท่อเหล็กขนาด 4 นิ้ว และ 1 นิ้ว ปลายด้านล่างของท่อเหล็กทั้งสองถูกเชื่อมให้ติดกับฐานของถังเหล็ก โดยสามารถเปิดปิดฝาด้านบนเพื่อบรรจุเศษกะลามะพร้าวได้ เมื่อเศษกะลามะพร้าวถูกอบภายใต้สภาวะจำกัดอากาศเป็นเวลาประมาณ 1 ชั่วโมง แก๊สเชื้อเพลิงที่ได้ภายในห้องอบจะเคลื่อนที่ผ่านท่อขนาด 1 นิ้ว มาสู่ฐานป้อนไม้เชื้อเพลิง และถูกเผาไหม้เป็นความร้อนเพิ่มเติม ในช่วงเวลาดังกล่าวนี้อาจมีการป้อนไม้เชื้อเพลิงที่ฐานเตา หลังจากการเผาไหม้เป็นความร้อนเพิ่มเติมหมดไป ตั้งพักเตาให้เย็นลงเป็นเวลาประมาณ 2-3 ชั่วโมง จากนั้นเปิดฝาด้านบนและเก็บถ่านไบโอชาร์ อย่างไรก็ตามมีข้อสังเกตว่าการผลิตถ่านไบโอชาร์มีการป้อนไม้เชื้อเพลิงเป็นระยะ ดังนั้นอุณหภูมิภายในตัวถังจึงมีความไม่สม่ำเสมอและประมาณอยู่ในช่วง 300-500 องศาเซลเซียส ในระหว่างกระบวนการผลิต ในขั้นตอนต่อไปนำถ่านไบโอชาร์มาทุบให้ละเอียดและใช้ตะแกรงกรองขนาดเลขนขนาดช่องกรอง 2 มิลลิเมตร นำเกล็ดถ่านที่กรองได้ไปล้างด้วยน้ำสะอาด 3 ครั้ง จากนั้นนำเกล็ดถ่านไปต้มกับน้ำส้มสายชูที่

เพื่อชะลอการสูญเสียความร้อน ช่วยกระจายความร้อนให้สม่ำเสมอและเพิ่มประสิทธิภาพในการรักษาอุณหภูมิสูงในห้องอบภายในตัวถัง ลักษณะภายนอกและรายละเอียดโครงสร้างแสดงดังใน Figure 1(a) และ 1(b) ตามลำดับ เพื่อให้ความร้อนจากไม้เชื้อเพลิงเข้าสู่ฐานเตาอย่างมีประสิทธิภาพและลดเวลาในการผลิตถ่านไบโอชาร์ ฐานป้อนไม้เชื้อเพลิงประกอบขึ้นมาจากอิฐฉนวนความร้อนทนไฟ ดังแสดงใน Figure 1(a)

ผสมกับน้ำสะอาดในอัตราส่วน 10 มิลลิลิตร ต่อ 100 มิลลิลิตร เป็นเวลา 15 นาที เพื่อกำจัดขี้เถ้าที่อาจติดตามรูพรุนของถ่านล้างน้ำสะอาดอีก 2 ครั้ง แล้วนำไปผึ่งให้แห้งในที่ร่มเป็นเวลา 2 วัน

การใช้เตาอบไฟฟ้าอุณหภูมิสูง

ในงานวิจัยนี้ ใช้เตาอบไฟฟ้าที่ประกอบขึ้นจากอิฐฉนวนทนไฟ โดยภายในเตาฝังด้วยลวดความร้อนที่มีกำลังวัตต์ประมาณ 1,500 วัตต์ เซนเซอร์วัดอุณหภูมิถูกสอดไว้ที่ด้านบนของเตา อุณหภูมิภายในเตาถูกควบคุมด้วยกล่องไมโครคอนโทรลเลอร์ ดังแสดงใน Figure 2(a) เกล็ดถ่านไบโอชาร์จากกะลามะพร้าวถูกนำมาใส่ในแฮมเบอร์สเตนเลสที่เจาะรูขนาด 1 มิลลิเมตร เพื่อลดแรงดันที่เกิดขึ้นภายใน ดังแสดงใน Figure 2(b) โดยในการอบแต่ละครั้งใส่ถ่าน 12 กรัม และน้ำสะอาดให้มีความสูงเท่ากับความสูงของถ่านในแฮมเบอร์สเตนเลส อุณหภูมิที่ใช้ในการอบเท่ากับ 700 องศาเซลเซียส

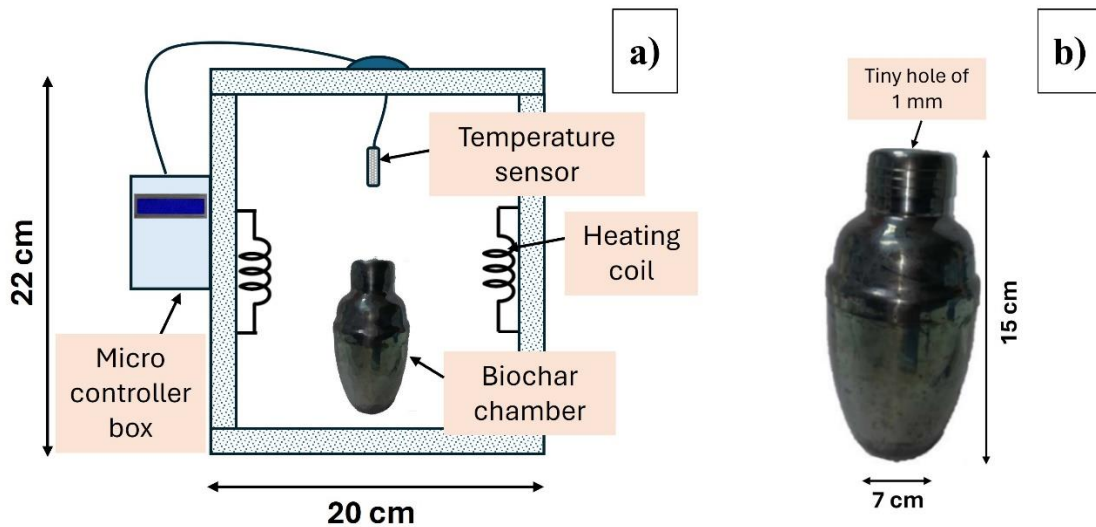


Figure 2 Schematic diagram of internal structure of high temperature controllable electric furnace. Electrical power and internal volume of 1,500 W and 15,400 cm³ (20 cm width x 22 cm height x 35 cm front to rear depth), respectively (a). Photograph of stainless-steel chamber (7 cm diameter x 15 cm height) for biochar activation (b)

การใช้อาร์กอนนอนเทอร์มอลพลาสมาความดันบรรยากาศ

ในการสร้างนอนเทอร์มอลพลาสมาความดันบรรยากาศ ใช้แก๊สอาร์กอนความบริสุทธิ์ 99.99% เป็นแก๊สตั้งต้น กำหนดอัตราการไหลของแก๊สอาร์กอนประมาณ 0.3 ลิตรต่อนาที ความถี่และความต่างศักย์ไฟฟ้ารูปไซน์ที่ใช้ในการผลิตพลาสมา

มีค่าประมาณ 1 เมกะเฮิรตซ์ และ 1-4 กิโลโวลต์ ตามลำดับ แผนผังการติดตั้งระบบพลาสมาแสดงดังใน Figure 3 ถ่านไบโอชาร์ถูกใส่ในภาชนะพลาสติกขนาด 3x4x1 เซนติเมตร (กว้างxยาวxสูง) โดยปลายหลอดแก้วควอตซ์อยู่ห่างจากระดับผิวถ่านประมาณ 2 มิลลิเมตร ดังแสดงใน Figure 4 ปรับสภาพด้วยพลาสมาเป็นเวลา 1 นาทีต่อจุด และปลายหลอดแก้วควอตซ์เคลื่อนที่แบบสุ่มไปทั่วผิวหน้าของถ่าน

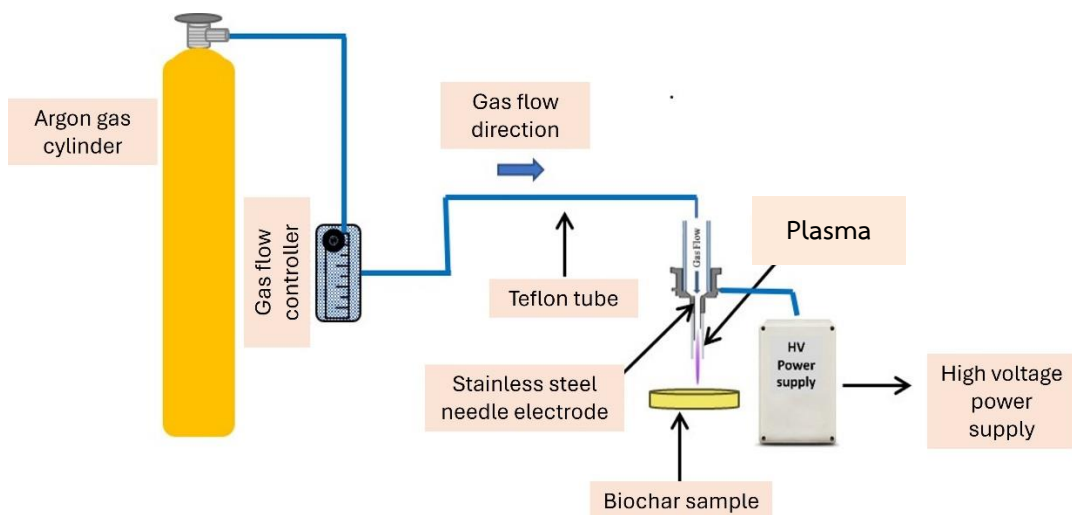


Figure 3 Schematic diagram of argon non-thermal atmospheric pressure plasma jet for biochar activation

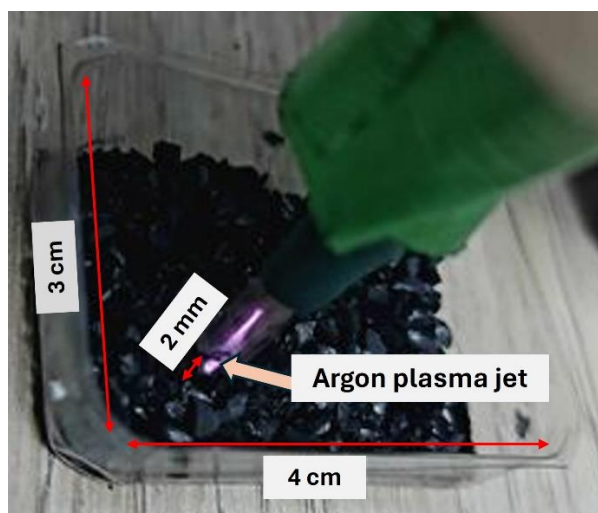


Figure 4 Photograph of coconut shell granular biochar treated with argon non-thermal atmospheric pressure plasma jet

การประเมินค่าอัตราการดูดซับของถ่าน

การเตรียมสารละลายไอโอดีนทดสอบ

ในการประเมินคุณสมบัติการดูดซับของถ่านเพื่อลดเวลาการประเมินและมีความเหมาะสมกับชุมชนงานวิจัยนี้ใช้สารละลายไอโอดีนเพื่อทดสอบคุณสมบัติการดูดซับไอโอดีนของถ่านเนื่องจากไอโอดีนมีคุณสมบัติเสมือนเป็นสารต้นแบบของสารที่มีกลิ่นและสี ถ่านที่ใช้ทดสอบแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 ถ่านไบโอชาร์ (การทดลองควบคุม) กลุ่มที่ 2 ถ่านไบโอชาร์อบด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิ 700

องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง กลุ่มที่ 3 ถ่านไบโอชาร์ปรับสภาพด้วยพลาสมาเป็นเวลา 1 ชั่วโมง กลุ่มที่ 4 ถ่านไบโอชาร์อบด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ตามด้วยปรับสภาพด้วยพลาสมาเป็นเวลา 30 นาที สารละลายไอโอดีนทดสอบเตรียมได้จากทิงเจอร์ไอโอดีน (ไอโอดีน (I_2) เข้มข้นร้อยละ 2.5 โดยมวลต่อปริมาตร+โพแทสเซียมไอโอไดด์ (KI) เข้มข้นร้อยละ 2.5 โดยมวลต่อปริมาตร) 20 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 400 มิลลิลิตร สารละลายไอโอดีนทดสอบมีสีส้มแกมน้ำตาล ดังแสดงใน Figure 5 และมีความเข้มข้นเท่ากับ 0.0048 โมลาร์

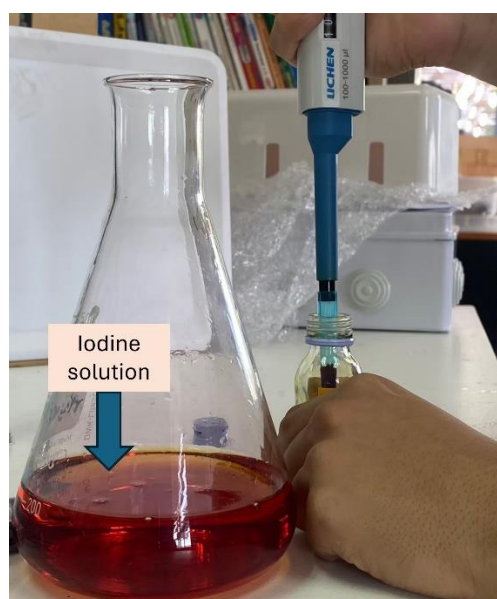
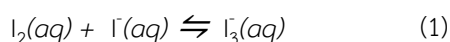


Figure 5 Photograph of brownish orange iodine solution for adsorption test of biochar (control), 700 °C treated biochar with steam for 1 hour, treated biochar with plasma for 1 hour and 700 °C treated biochar with steam for 30 minutes following treated biochar with plasma for 30 minutes

การวัดค่าการดูดกลืนแสง (absorbance) ของไตรไอโอดด์และไอโอดีน

นำเกล็ดถ่านไบโอชาร์ที่ได้จากแต่ละกลุ่มจำนวน 2 กรัม มาปั่นเหวี่ยงกับสารละลายไอโอดีนทดสอบปริมาตร 25 มิลลิลิตร โดยใช้เครื่องกวนสารด้วยแม่เหล็ก ดังแสดงใน Figure 6 การปั่นเหวี่ยงในแต่ละครั้งใช้เวลา 3 นาที ที่อุณหภูมิห้อง เพื่อทดสอบการดูดซับไตรไอโอดด์ (I_3) ของถ่านซึ่งเกิดขึ้นมาจากการทำปฏิกิริยาระหว่าง ไอโอดีน (I_2) และไอโอดด์ (I^-) ดังแสดงในสมการที่ (1) หลังจากการปั่นเหวี่ยง นำเกล็ดถ่านไบโอชาร์ที่ผสมอยู่กับสารละลายไอโอดีนมากรองด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 110 มิลลิเมตร จากนั้นนำสารละลายที่กรองได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสง (absorbance, *abs*) โดยใช้เครื่อง Spectrophotometer



เนื่องจากสารละลายไอโอดีนทดสอบที่ใช้ในการศึกษานี้ มีค่าความเข้มข้นน้อยกว่า 0.01 โมลาร์ ดังนั้นค่า Absorbance (*abs*) ที่วัดได้จะมีความสัมพันธ์เป็นเชิงเส้นกับค่าความเข้มข้น

ของสารที่ดูดกลืนแสงและเป็นไปตามกฎของ Beer-Lambert (Oshina and Spigulis, 2021) ดังแสดงในสมการที่ (2)

$$A = \epsilon lc \quad (2)$$

จากสมการที่ (2) ตัวแปร A แสดงถึงค่าของ Absorbance (*abs*) ซึ่งเป็นค่าที่ไม่มีหน่วย ϵ แสดงถึงค่าของ molar absorptivity มีหน่วยเป็น โมลาร์⁻¹ เซนติเมตร⁻¹ ตัวแปร l แสดงถึงค่าของ Optical path length มีหน่วยเป็น เซนติเมตร และ c แสดงถึงค่าของความเข้มข้นสารที่ดูดกลืนแสง มีหน่วยเป็น โมลาร์ และเนื่องจากความเข้มข้นของสารละลายไอโอดีนทดสอบน้อยกว่า 0.01 โมลาร์ ค่า ϵ ในการศึกษาจะถูกประมาณเป็นค่าคงที่ กราฟตัวอย่างการดูดกลืนแสงที่วัดโดยใช้เครื่อง spectrophotometer ในช่วงความยาวคลื่น 300 ถึง 500 นาโนเมตร ของสารละลายไอโอดีนทดสอบที่ถูกทำให้เจือจาง 20 เท่า (20-fold dilution) แสดงดังใน Figure 7 โดยค่าการดูดกลืนแสง (*abs*) จำเพาะ ที่ความยาวคลื่น 350 นาโนเมตร และ 460 นาโนเมตร แสดงถึงการดูดกลืนแสงของไตรไอโอดด์ (I_3) และ ไอโอดีน (I_2) ตามลำดับ (Du et al., 2021)

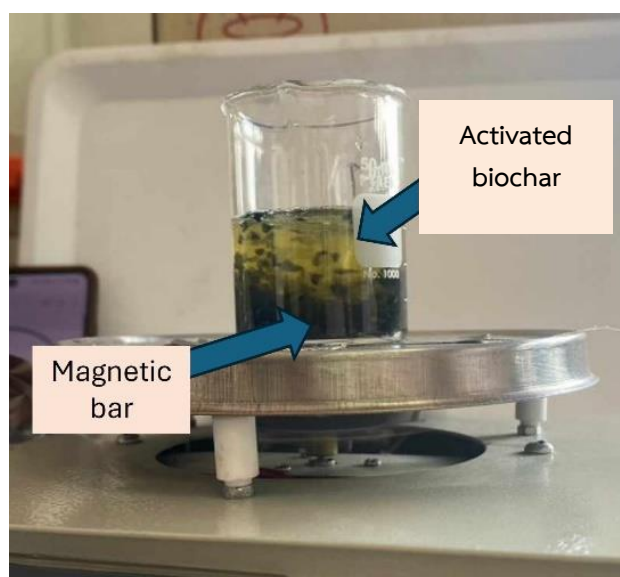


Figure 6 Coconut shell activated granular biochar (2 g) centrifuged with 0.0048 M iodine solution (25 mL) for 3 minutes

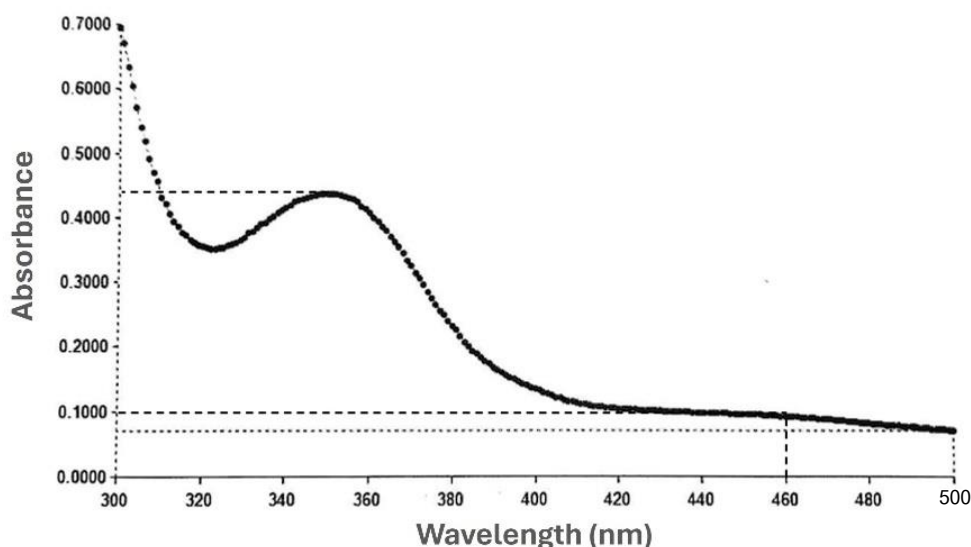


Figure 7 Example of absorbance spectra measured using spectrophotometer in spectral range 300–500 nm obtained from 20-fold dilution of 0.0048 M test iodine solution

การประเมินค่าอัตราการดูดซับไอโอดีนของถ่าน

ในการประเมินค่าอัตราการดูดซับไอโอดีนของถ่านไบโอชาร์ในหน่วยมิลลิกรัมต่อกรัม เริ่มต้นจากการคำนวณหาค่าจำนวนโมลที่เกิดขึ้นของไตรไอโอดด์เมื่อมีการทำเจือจางสารละลายไอโอดีนทดสอบ 10 เท่า (10-fold dilution) เหตุผลในการทำเจือจาง 10 เท่า เพราะค่าการดูดกลืนแสงหลังการปั่นเหวี่ยงถ่านไบโอชาร์ส่วนใหญ่ลดลงมีค่าอยู่ในช่วง 0.1-1.5 ซึ่งค่าการดูดกลืนแสงในช่วงนี้สมมูลกับการทำเจือจาง 10 เท่า อีกทั้งในกรณีของถ่านที่มีประสิทธิภาพการดูดซับไม่ดี จะต้องทำการเจือจาง 10 เท่าของสารละลายไอโอดีนหลังการปั่นเหวี่ยงก่อนนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง โดยจำนวนโมลของไตรไอโอดด์ (n_{I_3}) เมื่อมีการทำเจือจางสารละลายไอโอดีนทดสอบ 10 เท่า คำนวณได้จากสมการที่ (3)

$$\frac{n_{I_3}}{\left(\frac{n_{I_2}}{dil} - n_{I_3}\right)} = \frac{\epsilon_2 \text{ abs}_1}{\epsilon_1 \text{ abs}_2} \quad (3)$$

จากสมการที่ (3) ϵ_1 คือ Molar absorptivity ของ I_3^- ที่ 350 นาโนเมตร มีค่าเท่ากับ 25,800 โมลาร์⁻¹ เซนติเมตร⁻¹ ϵ_2 คือ Molar absorptivity ของ I_2 ที่ 460 นาโนเมตร มีค่าเท่ากับ 730 โมลาร์⁻¹ เซนติเมตร⁻¹ (Yang et al., 2018) abs_1 คือ ค่าการดูดกลืนแสงของ I_3^- ที่ 350 นาโนเมตร abs_2 คือ ค่าการดูดกลืนแสงของ I_2 ที่ 460 นาโนเมตร n_{I_2} คือ จำนวนโมลตั้งต้นของไอโอดีน มีค่าประมาณ 0.002 โมล ซึ่งคำนวณได้จากจำนวนโมลทั้งหมดของไอโอดีนที่อยู่ในทิงเจอร์ไอโอดีน (ไอโอดีน (I_2) เข้มข้น 2.5% โดยมวลต่อปริมาตร+โพแทสเซียมไอโอไดด์ (KI) เข้มข้น 2.5% โดย

มวลต่อปริมาตร) ปริมาตร 20 มิลลิเมตร เนื่องจากโพแทสเซียมไอโอไดด์ (KI) เป็นสารประกอบไอออนิกที่ละลายน้ำได้ดี เพื่อสะดวกต่อการคำนวณจึงประมาณจำนวนโมลของไอโอดด์ (I^-) เท่ากับจำนวนโมลของ KI ดังนั้นจากความเข้มข้นทิงเจอร์ไอโอดีนข้างต้น จำนวนโมลตั้งต้นของไอโอดด์ (n_{I^-}) มีค่าประมาณ 0.003 โมล (กำหนดให้มวลโมเลกุลของไอโอดีนมีค่าเท่ากับ 253 กรัมต่อโมล และมวลโมเลกุลของไอโอดด์มีค่าเท่ากับ 166 กรัมต่อโมล) ความเข้มข้นตั้งต้นของสารละลายไอโอดีนทดสอบมีค่า $0.002/0.42 \approx 0.0048$ โมลาร์ และค่า dil คือจำนวนเท่าของการทำเจือจางซึ่งกำหนดให้มีค่าเท่ากับ 10

หลังจากคำนวณได้ค่า n_{I_3} แล้ว ในขั้นตอนต่อไปนำค่าดังกล่าวแทนค่าลงในสมการแสดงค่าคงที่สมดุลของปฏิกิริยาเคมี เพื่อคำนวณหาค่าคงที่สมดุล (k_{eq}) ดังแสดงในสมการที่ (4) โดย V_t คือปริมาตรของสารละลายไอโอดีนทดสอบมีค่าเท่ากับ 0.42 ลิตร

$$k_{eq} = \frac{[I_3]}{[I_2][I^-]} = \frac{(V_t)(n_{I_3})}{\left(\frac{n_{I_2}}{dil} - n_{I_3}\right)\left(n_{I^-} - n_{I_3}\right)} \quad (4)$$

เมื่อคำนวณได้ค่า k_{eq} แล้ว ในขั้นตอนต่อไปคือการหาจำนวนโมลของ I_2 I^- และ I_3^- ที่ภาวะสมดุลของสารละลายไอโอดีนทดสอบปริมาตร 0.42 ลิตร โดยแทนค่า k_{eq} ที่ได้สมการที่ (4) ลงในสมการที่ (5) เพื่อคำนวณหาค่า $n_{I_3}^{0.42}$

$$k_{eq} = \frac{(V_t)(n_{I_3}^{0.42})}{\left(n_{I_2} - n_{I_3}^{0.42}\right)\left(n_{I^-} - n_{I_3}^{0.42}\right)} \quad (5)$$

จากสมการที่ (5) $n_{I_3}^{0.42}$ คือ จำนวนโมลของ I_3^- ที่ภาวะสมดุลของสารละลายไอโอดีนทดสอบปริมาตร 0.42 ลิตร และมีข้อสังเกตเพิ่มเติมว่า $10 n_{I_3} < n_{I_3}^{0.42}$ ทั้งนี้เป็นเพราะการทำเจือจาง (dilution) ส่งผลให้ปฏิกิริยาเคมี ดังสมการที่ (1) เกิดการย้อนกลับมากขึ้นเพื่อปรับเข้าสู่ตำแหน่งสมดุลใหม่โดยการทำให้เจือจางไม่เปลี่ยนแปลงค่า k_{eq} หลังจากได้ค่า $n_{I_3}^{0.42}$ แล้ว ในขั้นตอนต่อไปคือการคำนวณค่า $n_{I_2}^{0.025}$ $n_{I^-}^{0.025}$ และ $n_{I_3}^{0.025}$ ทั้งสามค่าข้างต้นนี้คือ จำนวนโมลของ I_2 I^- และ I_3^- ที่ภาวะสมดุลของสารละลายไอโอดีนทดสอบปริมาตร 25 มิลลิลิตรก่อนการปั่นเหวี่ยง โดยวิธีการคำนวณค่าของ $n_{I_2}^{0.025}$

$n_{I^-}^{0.025}$ และ $n_{I_3}^{0.025}$ แสดงดังใน Figure 8 เมื่อมีการปั่นเหวี่ยง ไตรไอโอไดด์จะถูกถ่านไบโอชาร์ดูดซับไว้ ส่งผลให้จำนวนโมลของไตรไอโอไดด์ลดลง ดังนั้นระบบจะปรับตัวเข้าสู่สมดุลใหม่โดยการทำให้ปฏิกิริยากันระหว่างไอโอดีนและไอโอไดด์ไปข้างหน้ามากขึ้น ดังแสดงในสมการที่ (1) กำหนดให้จำนวนโมลที่หายไปของไอโอดีนและไอโอไดด์ในระหว่างการปั่นเหวี่ยงมีค่าเท่ากับ y ทั้งนี้ค่า y สามารถคำนวณหาได้โดยแทนค่าจำนวนโมลของ I_2 I^- และ I_3^- ที่ภาวะสมดุลของสารละลายไอโอดีนทดสอบปริมาตร 25 มิลลิลิตรหลังการปั่นเหวี่ยง ดังแสดงใน Figure 8 ลงในสมการที่ (6)

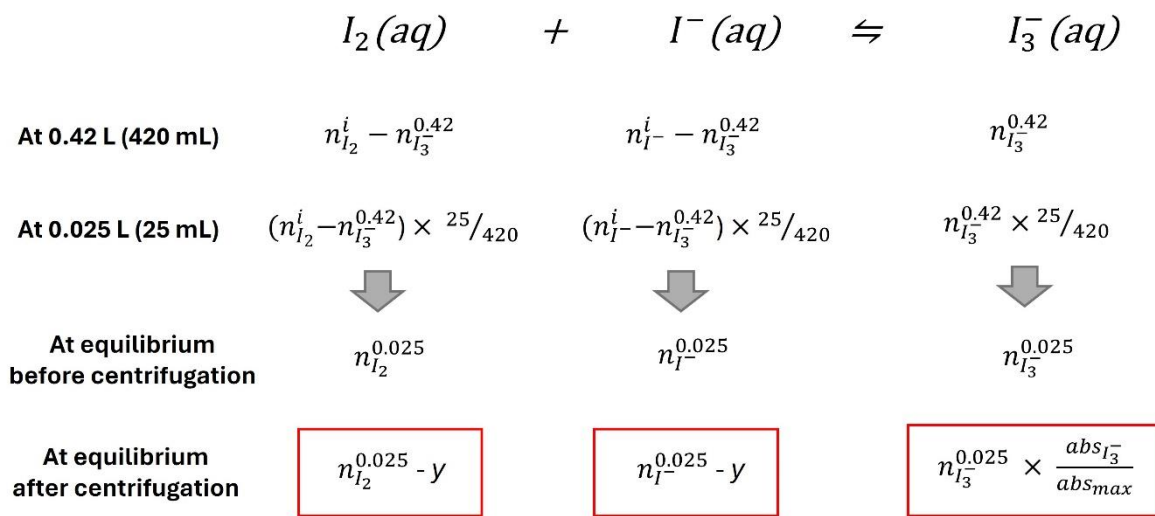


Figure 8 Schematic diagram illustrating number of moles of I_2 , I^- and I_3^- at equilibrium before and after centrifugation

$$k_{eq} = \frac{(V_c)(n_{I_3}^{0.025}) \left(\frac{abs_{I_3^-}}{abs_{max}} \right)}{(n_{I_2}^{0.025} - y)(n_{I^-}^{0.025} - y)} \quad (6)$$

จากสมการที่ (6) ค่า V_c คือ ปริมาตรของสารละลายไอโอดีนทดสอบที่ใช้ในการปั่นเหวี่ยง มีค่าเท่ากับ 0.025 ลิตร $abs_{I_3^-}$ คือ ค่าการดูดกลืนแสงของไตรไอโอไดด์ที่วัดได้หลังการปั่นเหวี่ยง abs_{max} คือ ค่าการดูดกลืนแสงของไตรไอโอไดด์ของสารละลายไอโอดีนทดสอบ 0.0048 โมลาร์ ค่า abs_{max} ที่ใช้ในการศึกษานี้มีค่าเท่ากับ 12.5 อย่างไรก็ตามค่า abs_{max} สามารถคำนวณเชิงประมาณได้จากผลคูณของจำนวนเท่าในการทำเจือจางกับค่าการดูดกลืนแสงของไตรไอโอไดด์ที่วัดได้หลังการทำเจือจาง อีกทั้งค่าการดูดกลืนแสงของไตรไอโอไดด์ของสารละลายไอโอดีนหลังการปั่นเหวี่ยงที่ยังมีความเข้มข้นสูงหรือใกล้เคียงกับ 0.0048 โมลาร์ สามารถคำนวณได้ในทำนองเดียวกันกับวิธีข้างต้น หลังจากคำนวณค่าของ y แล้ว สามารถนำค่า y มาคำนวณค่าของจำนวนโมลไอโอดีนที่ภาวะสมดุลหลังการปั่นเหวี่ยง ($n_{I_2}^{0.025} - y$) จากนั้น

นำมาแทนค่าในสมการที่ (7) เพื่อคำนวณหาอัตราการดูดซับไอโอดีนของถ่าน (R) ในหน่วยมิลลิกรัมต่อกรัม โดยตัวแปร M ในสมการที่ (7) คือมวลของถ่านไบโอชาร์ที่ใช้ทดสอบระหว่างการปั่นเหวี่ยงมีหน่วยเป็นกรัม ซึ่งในการศึกษานี้กำหนดค่า M เท่ากับ 2 กรัม

R (mg/g)

$$= \frac{\left[\left(\frac{V_c}{V_t} \right) (n_{I_2}^i - n_{I_3}^{0.025}) \left(\frac{abs_{I_3^-}}{abs_{max}} \right) - (n_{I_2}^{0.025} - y) \right] \times 253 \times 1,000}{M} \quad (7)$$

ผลและวิจารณ์

การประเมินประสิทธิภาพการดูดซับไอโอดีนของถ่านไบโอชาร์

ในการคำนวณค่า k_{eq} ของสมการที่ (1) ค่า abs_1 และ abs_2 วัดได้จากเครื่อง spectrophotometer เท่ากับ

1.362 และ 0.176 ตามลำดับ โดยค่าการดูดกลืนแสงทั้งสองค่าข้างต้นวัดจากสารละลายไอโอดีนทดสอบ 0.0048 โมลาร์ ที่ทำการเจือจาง 10 เท่า (10-fold dilution) หลังจากแทนค่า abs_1 และ abs_2 ลงในสมการที่ (3) $n_{I_3^-}$ มีค่าเท่ากับ 0.000036 โมล และ K_{eq} มีค่าเท่ากับ 312 โมลาร์⁻¹ เมื่อพิจารณาสารละลายไอโอดีนทดสอบปริมาตร 25 มิลลิลิตรก่อนการปั่นเหวี่ยง พบว่าจำนวนโมลของ I_2 , I^- และ I_3^- ที่ภาวะสมดุล มีค่าเท่ากับ 0.000048 0.000107 และ 0.0000714 โมล ตามลำดับ โดยจำนวนโมลเริ่มต้นของไอโอดีนก่อนการปั่นเหวี่ยงมีค่าเท่ากับ 0.000119 โมล

ในการประเมินประสิทธิภาพการดูดซับไอโอดีน ถ่านไบโอชาร์ 4 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ 1 (G_c) ถ่านไบโอชาร์

(การทดลองควบคุม) กลุ่มที่ 2 (G_s) ถ่านไบโอชาร์อบด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง กลุ่มที่ 3 (G_p) ถ่านไบโอชาร์ปรับสภาพด้วยพลาสมาเป็นเวลา 1 ชั่วโมง กลุ่มที่ 4 (G_{s+p}) ถ่านไบโอชาร์อบด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ตามด้วยปรับสภาพด้วยพลาสมา 30 นาที ถูกนำมาปั่นเหวี่ยงกับสารละลายไอโอดีนทดสอบ สารละลายไอโอดีนที่ได้หลังปั่นเหวี่ยงถูกนำมาวัดค่าการดูดกลืนแสงของ I_3^- ที่ 350 นาโนเมตร ($abs_{I_3^-}$) ดังแสดงใน Table 1 ค่า $abs_{I_3^-}$ ของ G_c , G_s , G_p และ G_{s+p} มีค่าเท่ากับ 8.74 ± 2.35 0.43 ± 0.23 10.02 ± 2.04 และ 0.99 ± 0.65 ตามลำดับ

Table 1 Absorbance peak ($abs_{I_3^-}$) measured using spectrophotometer at 350 nm representing remaining triiodide (I_3^-) after granular biochar in test iodine solution centrifugation

Replications	Biochar (control) (G_c)	700 °C-treated biochar with steam (G_s)	Treated biochar with plasma (G_p)	700 °C-treated biochar with steam + treated biochar with plasma (G_{s+p})
1	6.66	0.25	7.67	0.55
2	11.29	0.37	11.18	1.74
3	8.29	0.69	11.23	0.68
Average	8.74	0.43	10.02	0.99
Standard deviation	2.35	0.23	2.04	0.65

สีของสารละลายไอโอดีนหลังการปั่นเหวี่ยงของ G_c , G_s , G_p และ G_{s+p} แสดงดังใน Figure 9 ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองใน Table 1 ดังนั้นจากการทดลองนี้ G_s มีประสิทธิภาพในการดูดซับไตรไอโอดด์ได้มากที่สุด ในทาง

ตรงกันข้าม G_p มีประสิทธิภาพในการดูดซับไตรไอโอดด์ได้น้อยที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับสีของสารละลายไอโอดีนปรากฏสีจางที่สุดและเข้มที่สุด ดังแสดงใน Figure 9(2) และ Figure 9(3) ตามลำดับ



Figure 9 Appearance of iodine solution centrifuged for 3 minutes with 2 g of granular biochar (1), 700 °C-treated biochar with steam (2), treated biochar with plasma (3) and 700 °C treated biochar with steam + treated biochar with plasma, with 25 mL of test iodine solution

ในการศึกษานี้ การดูดซับไอโอดีนประเมินจากปริมาณไอโอดีนที่หายไปทั้งหมดเทียบกับปริมาณไอโอดีนตั้งต้นก่อนการป่นเหวียง โดยใช้แบบจำลองที่กำหนดให้ปริมาณไอโอดีนที่หายไปเป็นเพราะถูกทำปฏิกิริยาให้กลายเป็นไตรไอโอดด์ที่ภาวะสมดุลและส่วนหนึ่งหายไปเพราะไตรไอโอดด์ถูกถ่านดูดซับไว้ โดยไม่พิจารณาการระเหิดและการทำปฏิกิริยาในรูปแบบอื่นของไอโอดีน จากการประเมินอัตราการดูดซับไอโอดีน (R) พบว่า อัตราการดูดซับไอโอดีนของ G_c , G_s , G_p และ G_{s+p} มีค่าเท่ากับ 3.68 ± 1.38 , 14.38 ± 0.13 , 2.24 ± 1.20 และ 13.51 ± 0.38 มิลลิกรัมต่อกรัม ตามลำดับ ดังแสดงใน

Figure 10 ภายใต้อุณหภูมิการป่นเหวียงกับสารละลายไอโอดีนทดสอบเป็นเวลา 3 นาที จากผลการทดลองนี้พบว่า การอบถ่านไบโอชาร์ด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการดูดซับไอโอดีนเป็น 3.9 เท่าเมื่อเทียบกับ G_c ในทางตรงกันข้ามถ่านไบโอชาร์ปรับสภาพด้วยพลาสมาเป็นเวลา 1 ชั่วโมง ลดประสิทธิภาพการดูดซับไอโอดีนเป็น 0.6 เท่าเมื่อเทียบกับ G_c และการปรับสภาพถ่านไบโอชาร์ที่อบไอน้ำอุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส ด้วยพลาสมาเป็นเวลา 30 นาที ลดประสิทธิภาพการดูดซับไอโอดีนเป็น 0.94 เท่าเมื่อเทียบกับ G_s

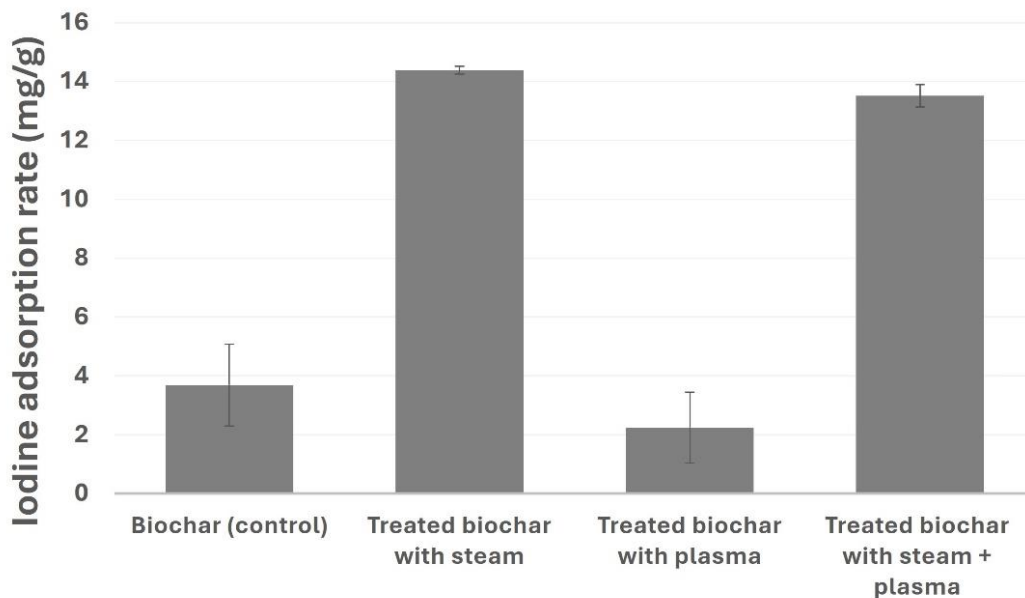


Figure 10 Bar chart of iodine adsorption rate versus types of activated granular biochar

จากผลการทดลองเห็นได้ชัดว่าถ่านไบโอชาร์ที่ผ่านการกระตุ้นด้วยกระบวนการอบด้วยไอน้ำอุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการดูดซับปริมาณไอโอดีนได้เป็นอย่างมาก ทั้งนี้เป็นเพราะที่อุณหภูมิสูง 700 องศาเซลเซียส โมเลกุลของน้ำกลายเป็นไอน้ำที่เป็นตัวออกซิไดซ์คาร์บอนในถ่าน ส่งผลให้โครงสร้างของถ่านไบโอชาร์ถูกปรับเปลี่ยนให้มีโครงสร้างผสมแบบ sp^2 - sp^3 มากขึ้น ซึ่งโครงสร้างลักษณะนี้เป็นโครงสร้างที่มีรูพรุน (Chae *et al.*, 2021) ดังนั้นด้วยปริมาณรูพรุนที่มากขึ้นจึงส่งผลให้ความสามารถในการดูดซับไอโอดีนเพิ่มขึ้น ในทางตรงกันข้ามถ่านไบโอชาร์ที่ผ่านการปรับสภาพด้วยพลาสมามีประสิทธิภาพในการดูดซับไอโอดีนลดลง ทั้งนี้เป็นเพราะพลาสมาสร้างหมู่ฟังก์ชันที่มีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ เช่น $-OH$, $-COOH$, $=CO$ เป็นต้น ซึ่งหมู่ฟังก์ชันเหล่านี้ทำให้เกิดพื้นผิวออกไซด์ (oxide surface) บนผิวถ่าน หรือทำให้เกิดพื้นผิวที่มีขั้วที่ชอบน้ำ (hydrophilic surface) (Jo *et al.*, 2023) ดังนั้นจึงส่งผลให้ความสามารถในการดูดซับไอโอดีนลดลงเนื่องจากสภาพเชิง

ขั้วแบบลบบนพื้นผิวออกไซด์มีแรงผลักกันกับประจุลบบนไตรไอโอดด์ อย่างไรก็ตามพื้นผิวถ่านที่ปรับสภาพด้วยพลาสมามีความเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้ในการดูดซับโลหะหนักที่มีประจุบวกหรือสีย้อมเช่น ตะกั่ว (Pb^{2+}) โรดามีนบี เป็นต้น (Zhou *et al.*, 2021; Bidaei *et al.*, 2020)

สรุปและข้อเสนอแนะ

การศึกษานี้มุ่งเน้นการพัฒนาประสิทธิภาพการดูดซับไอโอดีนของถ่านไบโอชาร์จากเศษกะลามะพร้าวเหลือทิ้งในชุมชน โดยใช้เทคโนโลยีเตาอบไฟฟ้าอุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส มีไอน้ำเป็นสารกระตุ้นภายใต้สภาวะจำกัดอากาศ และเทคโนโลยีอาร์กอนนอนเทอร์มอลพลาสมา ความดันบรรยากาศ จากการทดลองพบว่าถ่านไบโอชาร์อบไอน้ำอุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส มีประสิทธิภาพในการดูดซับไอโอดีนเพิ่มขึ้นเป็น 3.9 เท่าเมื่อเทียบกับถ่านไบโอชาร์ในการทดลองควบคุม และมีค่าสูงสุดเท่ากับ 14.38 ± 0.13 มิลลิกรัมต่อกรัม ในทางตรงกันข้าม ถ่านไบโอชาร์ที่ปรับสภาพ

ด้วยพลาสติกมีประสิทธิภาพในการดูดซับไอโอดีนลดลงเป็น 0.6 เท่าเมื่อเทียบกับถ่านไบโอชาร์ในการทดลองควบคุมและ มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 2.24 ± 1.20 มิลลิกรัมต่อกรัม การลดลงนี้เป็น ผลมาจากพลาสติกสร้างพื้นผิวออกไซด์ที่ลดประสิทธิภาพ การดูดซับไตรไโอดีนของถ่าน การดูดซับไอโอดีนประเมินด้วย วิธีการปั่นเหวี่ยงถ่านไบโอชาร์ในสารละลายไอโอดีนทดสอบ 0.0048 โมลาร์ เป็นเวลา 3 นาที ในการศึกษาพบว่าถ่าน ไบโอชาร์ที่ผลิตจากเตาเหล็กหุ้มฉนวนความร้อนขนาด 50 ลิตร สามารถนำมาต่อยอดด้วยการอบไอน้ำที่อุณหภูมิสูงให้เป็น ถ่านกัมมันต์ได้ อย่างไรก็ตามเทคโนโลยีอินเทอร์มอลพลาสติก ความดันบรรยากาศสามารถปรับเปลี่ยนคุณสมบัติพื้นผิวของ ถ่านไบโอชาร์ได้และควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในการนำมา ประยุกต์ใช้ดูดซับสารประเภทโลหะหนัก สีย้อม ตลอดจนสาร ประเภทอื่นที่มีประจุบวกหรือแสดงสภาพขั้ว

คำนิยาม

ผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ สำหรับการอนุเคราะห์สถานที่และอุปกรณ์ในการดำเนินการ วิจัยให้เสร็จสิ้นสมบูรณ์

REFERENCES

- Alcalde-Calonge, A., Saez-Martínez, F.J., Ruiz-Palomino, P. 2022. Evolution of research on circular economy and related trends and topics: A thirteen-year review. **Ecological Informatics**, 70: 101716. doi.org/10.1016/j.ecoinf.2022.101716
- Batool, F., Islam, K., Cakiroglu, C., Shahriar, A. 2021. Effectiveness of wood waste sawdust to produce medium-to low-strength concrete materials. **Journal of Building Engineering**, 44: 103237. doi.org/10.1016/j.jobbe.2021.103237
- Bidaei, M.R., Yarahmadi, R., Azadfallah, M. 2020. Effect of surface modification of activated carbon by cold plasma on the adsorption capacity of Rhodamine B. **Iran Occupational Health**, 17: 15.
- Chae, J.S., Kang, W., Roh, K.C. 2021. sp^2 - sp^3 Hybrid porous carbon materials applied for supercapacitors. **Energies**, 14: 5990. doi.org/10.3390/en14195990
- Changjia, J., Shuang, C., Qing, H., Ping, L., Qikai, Z., Jianhui, S., Mingrui, L. 2019. Study on application of activated carbon in water treatment. **IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science**, 237: 022049. doi: 10.1088/1755-1315/237/2/022049
- Chaturvedi, K., Singhwane, A., Dhangar, M., Mili, M., Gorhae, N., Naik, A., Prashant, N., Srivastava, A.K., Verma, S. 2023. Bamboo for producing charcoal and biochar for versatile applications. **Biomass Conversion and Biorefinery**, 14: 15159-15185. doi.org/10.1007/s13399-022-03715-3
- Chen, X., Magniez, K., Zhang, P., Kujawski, W., Chen, Z., Dumée, L.F. 2023. A “green” stirring plasma functionalization strategy for controllable oxygen-containing functional groups on octamethyl POSS microstructure. **Nanomaterials**, 13(20): 2770. doi.org/10.3390/nano13202770
- Chooklin, C.S., Sagulsawasdipan, K., Klompong, N., Pechkaw, W., Promkere, S., Tokjeentong, P. 2023. Production of biochar from coconut shells and the potential to affect soil quality improvement for cultivation of eggplant. **Journal of Graduate Research Development and Innovation**, 1(1): 42-52. (in Thai)
- Cosme, F., Ines, A., Silva, D., Filipe-Ribeiro, L., Abrunhosa, L., Nunes, F.M. 2021. Elimination of ochratoxin a from white and red wines: critical characteristics of activated carbons and impact on wine quality. **LWT - Food Science and Technology**, 140: 110838. doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110838
- Devi, D.S., Kumar, R., Rajak, U. 2021. Plastic waste as a biofuel feedstock- a conceptual study. **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering**, 1116: 012029. doi: 10.1088/1757-899X/1116/1/012029
- Du, C., Liu, B., Hu, J., Li, H. 2021. Determination of iodine number of activated carbon by the method of ultraviolet-visible spectroscopy. **Materials Letters**, 285: 129137. doi.org/10.1016/j.matlet.2020.129137
- Gul, A., Ma'amor, A., Khaligh, N.G., Julkapli, N.M. 2022. Recent advancements in the applications of activated carbon for the heavy metals and dyes removal. **Chemical Engineering Research and Design**, 186: 276-299. doi.org/10.1016/j.cherd.2022.07.051

- Jiwalak, N., Tangsathitkulchai, C., Tangsathitkulchai, M. 2006. Activated carbon from lignite coal by chemical activation with potassium hydroxide. **Suranaree Journal of Science and Technology**, 13(3): 207-218. (in Thai)
- Jo, W., Lim, Y., Kwon, S., Bahk, J., Kim, J., Shin, T., Kim, Y. 2023. Non-thermal atmospheric pressure plasma treatment increases hydrophilicity and promotes cell growth on titanium alloys in vitro. **Scientific Reports**, 13(2023): 14792. doi.org/10.1038/s41598-023-41905-9
- Kajorncheappunngam, S., Polchai, N., Channachai, P., Boontang, M. 2003. Production of activated carbon from coconut shell for heavy metal and dye removal. **KKU Engineering Journal**, 30(4): 295-303. (in Thai)
- Kang, S., Shaffique, S., Kim, L., Kwon, E., Kim, S., Lee, Y., Kalsoom, K., Khan, M.A., Lee, I. 2021. Effects of organic fertilizer mixed with food waste dry powder on the growth of Chinese cabbage seedlings. **Environments**, 8(8): 86. doi.org/10.3390/environments8080086
- Kowitwiwat, A., Sampanpanish, P., Pituya, P. 2019. Leftover *Acacia* wood biomass for remediation of contaminated soil. **Environmental Journal**, 23(4): 1-9. (in Thai)
- Mahanim, S.M.A., Asma, I.W., Rafidah, J., Puad, E., Shaharuddin, H., 2011. Production of activated carbon from industrial bamboo wastes. **Journal of Tropical Forest Science**, 23(4): 417-424.
- Maximoff, S.N., Mittal, R., Kaushik, A., Dhau, J.S. 2022. Performance evaluation of activated carbon sorbents for indoor air purification during normal and wildfire events. **Chemosphere**, 304(2022): 135314. doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.135314
- Mianowski, A., Owczarek, M., Marecka, A. 2007. Surface area of activated carbon determined by the iodine adsorption number. **Energy Sources**, 29(9): 839-850. doi: 10.1080/00908310500430901
- Oshina, I., Spigulis, J. 2021. Beer-Lambert law for optical tissue diagnostics: Current state of the art and the main limitations. **Journal of Biomedical Optics**, 26(10): 1-17. doi: 10.1117/1.JBO.26.10.100901
- Sajjad, M., Sarwar, R., Ali, T., Khan, L., Mahmood, S.U. 2021. Cosmetic uses of activated charcoal. **International Journal of Community Medicine and Public Health**, 8(9): 4572-4574. doi.org/10.18203/2394-6040.ijcmph20213569
- Shahcheragh, S.K., Mohagheghi, M.M.B., Shirpay, A. 2023. Effect of physical and chemical activation methods on the structure, optical absorbance, band gap and urbach energy of porous activated carbon. **SN Applied Sciences**, 5: 313. doi.org/10.1007/s42452-023-05559-6
- Sornsakdanuphap, J., Suanpoot, P., Kim, Y.J., Choi, E.H. 2017. Electron temperature and density of non-thermal atmospheric pressure argon plasma jet by convective wave packet model. **Journal of the Korean Physical Society**, 70(11): 979-989. doi: 10.3938/jkps.70.979
- Yang, Y., Wang, Y., Wei, S., Wang, X., Zhang, J. 2023. Effects and mechanisms of non-thermal plasma-mediated Ros and its applications in animal husbandry and biomedicine. **International Journal of Molecular Sciences**, 24: 15889. doi.org/10.3390/ijms242115889
- Yang, X., Wei, H., Li, K., He, Q., Xie, J., Zhang, J. 2018. Iodine-enhanced ultrasound degradation of sulfamethazine in water. **Ultrasonics – Sonochemistry**, 42: 759-767. doi.org/10.1016/j.ultsonch.2017.12.045
- Zhou, R., Wang, X., Zhou, R., Weerasinghe, J., Zhang, T., Xin, Y., Wang, H., Cullen, P., Wang, H., Ostrikov, K. 2021. Non-thermal plasma enhances performances of biochar in wastewater treatment and energy storage applications. **Frontiers of Chemical Science and Engineering**, 16 : 475-483. doi.org/10.1007/s11705-021-2070-x

นิพนธ์ต้นฉบับ

การใช้แบบจำลอง CA-Markov ร่วมกับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 สำหรับการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดิน บริเวณเขตห้ามล่าสัตว์ป่าทะเลน้อย

Using CA-Markov Model and Landsat 8 Imagery Data for Land Use Prediction in Thale Noi Non-hunting Area

วีระภาส คุณรัตนศิริ¹สุนิสา กลายเจริญ^{1*}สันติ สุขสอาด¹Weeraphart Khunrattanasiri¹Sunisa Klaylaroen^{1*}Santi Suksard¹¹ภาควิชาการจัดการป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900¹Department of Forest Management, Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand.

*Corresponding Author, E-mail: sunisa.klay@ku.th

รับต้นฉบับ 23 เมษายน 2567

รับแก้ไข 22 มิถุนายน 2567

รับลงพิมพ์ 18 กรกฎาคม 2567

ABSTRACT

Both present and future land use planning can utilize remote sensing technology to monitor changes in land use, especially in areas with worldwide importance. This research studied land use types derived from Landsat 8 satellite imagery in 2015, 2019 and 2023 and land use changes during 2015–2019 and 2019–2023. Land use prediction for 2023 was developed based on a CA-Markov model in the Thale Noi Non-hunting Area and then was applied to predict land use change in 2027. The Landsat 8 imagery was classified based on a visual interpretation technique into 5 land use categories: 1) urban and built-up land; 2) agricultural land; 3) forest land; 4) water body; and 5) miscellaneous land.

Based on the results of the study, land use in 2015, 2019 and 2023 was predicted with overall accuracy levels of 94.59, 97.30 and 97.30%, respectively with Kappa statistics of 0.92 0.96 and 0.96, respectively. During 2015–2019, the greatest decrease in area was for forest land (939.03 ha), whereas the greatest increase was for miscellaneous land (966.99 ha). Similarly, during 2019–2023, the greatest decrease in area was for forest land (75.96 ha), with the greatest increase being again for miscellaneous (79.03 ha). Land use prediction in 2023 in the Thale Noi Non-hunting Area, calculated using the CA-Markov model, had an overall accuracy of 91.89%, with a Kappa statistic of 0.89. Analysis of the trends driving predicted land use change in 2027 indicated that agricultural land, forest land and water bodies tended to continue to decrease, whereas miscellaneous land and urban and built-up land tended to continue to increase.

Keywords: Land use; Prediction; CA-Markov

บทคัดย่อ

การนำเทคโนโลยีด้านการรับรู้ระยะไกลมาใช้ในการตรวจสอบและติดตามการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินจำเป็นอย่างยิ่งต่อการวางแผนการจัดการพื้นที่ทั้งในปัจจุบันและอนาคต โดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีความสำคัญระดับนานาชาติ การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษารูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินในปี พ.ศ. 2558-2562 และ 2566 จากข้อมูลภาพดาวเทียม Landsat 8 และการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินในช่วงปี พ.ศ. 2558-2562 และ 2562-2566 และคาดการณ์รูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินในปี พ.ศ. 2566 และ 2570 จากการใช้แบบจำลอง CA-Markov บริเวณ เขตห้ามล่าสัตว์ป่าทะเลน้อยซึ่งเป็นพื้นที่ชุ่มน้ำและมรดกทางธรรมชาติแห่งแรกของประเทศไทย โดยแบ่งประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็น 5 ประเภท ได้แก่ พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่แหล่งน้ำ พื้นที่เบ็ดเตล็ด ด้วยเทคนิคการตีความด้วยสายตา (visual interpretation technique)

ผลการศึกษาพบว่า การแปลตีความการใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยสายตาในปี พ.ศ. 2558 2562 และ 2566 มีค่าร้อยละความถูกต้องโดยรวม เท่ากับ 94.59 97.30 และ 97.30 ตามลำดับ มีค่าสัมประสิทธิ์แคปปา เท่ากับ 0.92 0.96 และ 0.96 ตามลำดับ การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ในช่วงปี พ.ศ. 2558-2562 พบพื้นที่ป่าไม้มีพื้นที่ลดลงมากที่สุด จำนวน 939.03 เฮกตาร์ ในขณะที่พื้นที่เบ็ดเตล็ดเพิ่มขึ้นมากที่สุด จำนวน 966.99 เฮกตาร์ และในช่วงปี พ.ศ. 2562-2566 พบพื้นที่ป่าไม้มีพื้นที่ลดลงมากที่สุด จำนวน 75.96 เฮกตาร์ ในขณะที่พื้นที่เบ็ดเตล็ดเพิ่มขึ้นมากที่สุด จำนวน 79.03 เฮกตาร์ และผลการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดิน ในปี พ.ศ. 2566 พบว่า แบบจำลอง CA-Markov มีค่าร้อยละความถูกต้องโดยรวม เท่ากับ 91.89 มีค่าสัมประสิทธิ์แคปปา เท่ากับ 0.89 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทต่าง ๆ ในปี พ.ศ. 2570 พบว่าการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทพื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่แหล่งน้ำมีแนวโน้มที่จะลดลงอย่างต่อเนื่อง ในขณะที่การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทพื้นที่เบ็ดเตล็ด และพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้างมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง

คำสำคัญ: การใช้ประโยชน์ที่ดิน การคาดการณ์ CA-Markov

คำนำ

จากสถานการณ์การเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากรในประเทศไทยในแต่ละปี โดยล่าสุดข้อมูลสถิติประชากรการทะเบียนราษฎรของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2566 มีจำนวนทั้งสิ้น 66,052,615 คน (Department of Province Administration, 2023) โดยมีจำนวนเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลา 10 ปีที่ผ่านมา ทำให้มีความต้องการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการเกษตรเพิ่มสูงขึ้นโดยส่วนใหญ่จะเป็นการบุกรุกพื้นที่ป่าไม้เพื่อเปลี่ยนรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินมาเป็นเกษตรกรรมและในบางส่วนมีการเปลี่ยนแปลงไปเป็นสิ่งก่อสร้างหรือชุมชนเมือง จากสภาพปัญหาดังกล่าวทำให้พื้นที่ป่าไม้ของประเทศไทยปรับตัวลดลงอย่างต่อเนื่องทุกปี จากข้อมูลสภาพพื้นที่ป่าไม้ล่าสุดเมื่อปี พ.ศ. 2566 โดยสำนักจัดการที่ดินป่าไม้ กรมป่าไม้ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ประเทศไทยมีพื้นที่ป่าไม้เหลืออยู่เพียง 16,290,904.92 เฮกตาร์ หรือคิดเป็นร้อยละ 31.47 ของพื้นที่ประเทศไทยและหากเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ป่าไม้ระหว่างปี พ.ศ. 2565 และปี พ.ศ. 2566 พบว่าพื้นที่ป่าไม้ของประเทศไทยลดลง 50,851.07 เฮกตาร์ (RFD, 2023) ซึ่งการลดลงของพื้นที่ป่าไม้ดังกล่าวส่งผลกระทบต่อตรงต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย เนื่องจากพื้นที่ป่าไม้ถือเป็นแหล่งกักเก็บคาร์บอนที่สำคัญและเป็นกลไกที่จะช่วยลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่มีอยู่ในชั้นบรรยากาศของโลก

การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นกิจกรรมที่เกิดขึ้นจากมนุษย์และมีรอบระยะเวลาในการเปลี่ยนแปลงที่ค่อนข้างรวดเร็ว ดังนั้นการนำเทคโนโลยีด้านการรับรู้ระยะไกลมาใช้ในการตรวจสอบและติดตามการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์จึงเป็นที่นิยมในปัจจุบันทั้งในและต่างประเทศ เนื่องจากในปัจจุบันมีดาวเทียมสำรวจทรัพยากรธรรมชาติหลากหลายดวงมีการบันทึกข้อมูลภาพดาวเทียมทั้งในรูปแบบของ Passive remote sensing และ Active remote sensing มีรอบระยะเวลาในการโคจรกลับมาบันทึกภาพ ณ ตำแหน่งเดิมรวดเร็ว ทำให้สามารถประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายในการได้มาซึ่งข้อมูลที่เกิดขึ้นบนพื้นผิวโลกได้เป็นอย่างดี เท้าทันต่อสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เกิดขึ้นในยุคปัจจุบัน

เขตห้ามล่าสัตว์ป่าทะเลน้อยถือเป็นพื้นที่ชุ่มน้ำที่มีความสำคัญระหว่างประเทศ (Ramsar site) โดยพื้นที่บริเวณป่าพรุควนคีรีเคยได้รับการประกาศเป็นพื้นที่ชุ่มน้ำแห่งแรกของประเทศไทยและเป็นลำดับที่ 948 ในทะเบียนพื้นที่ชุ่มน้ำที่มีความสำคัญระหว่างประเทศในอนุสัญญาแรมซาร์ (Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning, 2021) และได้รับการขึ้นทะเบียนเป็นมรดกโลกทางการเกษตรแห่งแรกของประเทศไทยและเป็นลำดับที่ 72 ของโลกโดยองค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติ (Food and Agriculture Organization of the United

Nations, FAO) (FAO, 2022) เขตห้ามล่าสัตว์ป่าทะเลน้อยเป็นพื้นที่ที่มีความหลากหลายทางชีวภาพสูง มีความอุดมสมบูรณ์มาก แต่เนื่องจากบริเวณเขตห้ามล่าสัตว์ป่าทะเลน้อย มีโครงสร้างของระบบนิเวศที่เปราะบาง กล่าวคือมีพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นป่าควน หรือป่าพรุ ซึ่งในพื้นที่ป่าพรุนั้นจะมีดินเสม็ดอยู่เป็นจำนวนมาก สภาพปัญหาที่เกิดขึ้นในปัจจุบันได้มีการบุกรุกพื้นที่ป่าเสม็ดเพื่อทำให้ป่าเสื่อมโทรมแล้วเข้าไปจับจองพื้นที่ทำกินเปลี่ยนแปลงสภาพป่าเสม็ดเป็นพื้นที่เกษตรกรรม (DNP, 2016) เช่น พื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมัน นาข้าวและบ่อเลี้ยงปลา ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินจากรูปแบบหนึ่งเป็นอีกรูปแบบหนึ่งอย่างชัดเจนและรวดเร็ว

ดังนั้น หากสามารถคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคตได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำ จะเป็นข้อมูลที่สำคัญสำหรับสนับสนุนการวางแผนการจัดการพื้นที่เขตห้ามล่าสัตว์ป่าทะเลน้อย ทั้งในส่วนของ การเฝ้าระวัง การสร้างความเข้าใจ

ให้กับชุมชน การส่งเสริมอาชีพของเกษตรกรโดยรอบพื้นที่เขตห้ามล่าสัตว์ป่าทะเลน้อย เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการบุกรุกเข้ามาในพื้นที่

อุปกรณ์และวิธีการ

พื้นที่ศึกษา

เขตห้ามล่าสัตว์ป่าทะเลน้อยมีเนื้อที่ประมาณ 45,700 เฮกตาร์ ครอบคลุมพื้นที่บางส่วนของ 3 จังหวัด ได้แก่ พัทลุง นครศรีธรรมราชและสงขลา มีสำนักงานเขตตั้งอยู่บริเวณทะเลน้อย ตำบลพนาสูง อำเภอควนขนุน จังหวัดพัทลุง มีลักษณะเป็นพื้นที่ราบลุ่มและเป็นป่าพรุน้ำจืด มีน้ำท่วมขังเกือบตลอดทั้งปี (DNP, 2016) ดัง Figure 1

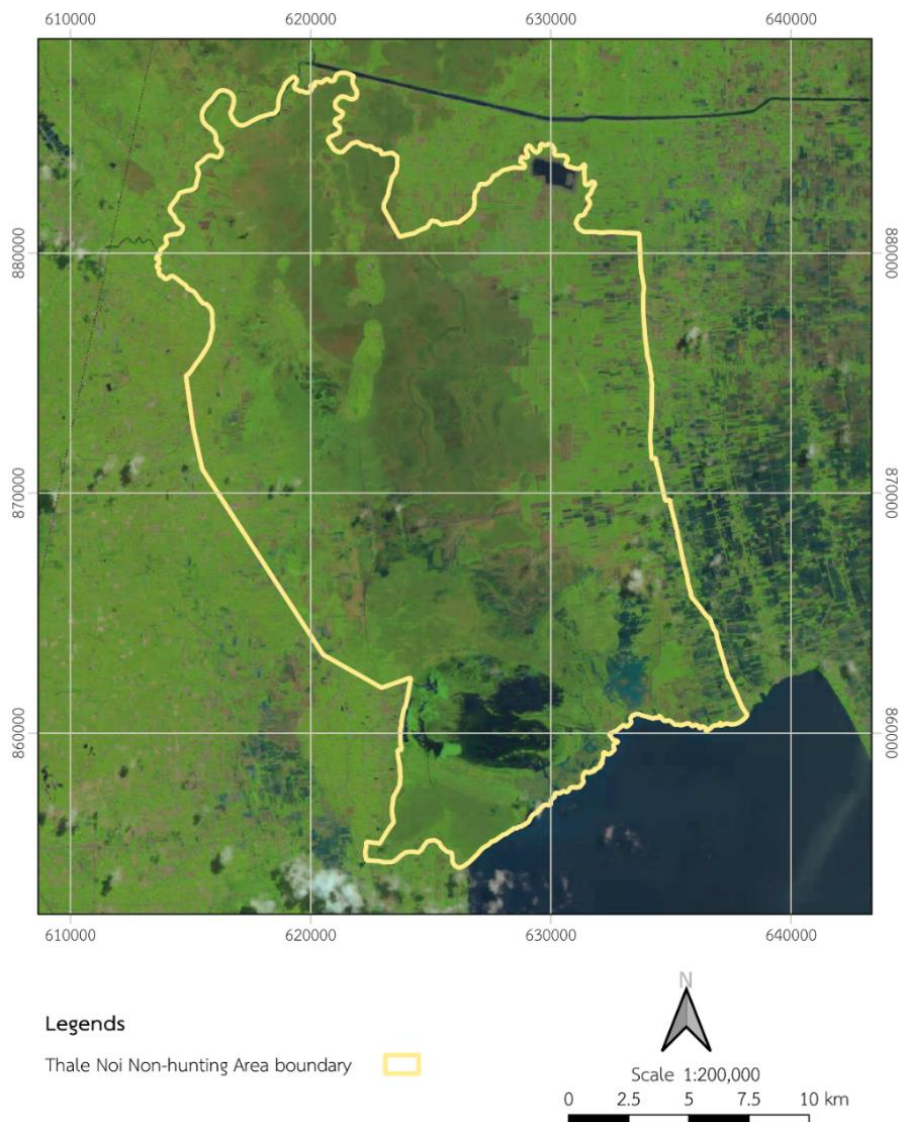


Figure 1 Study area: Thale Noi Non-hunting Area

การจัดเตรียมข้อมูล

ดาวเทียม Landsat 8 ระบบบันทึกข้อมูลภาพ Operational land imager (OLI) ความละเอียดจุดภาพ 30 เมตร ครอบคลุมพื้นที่เขตห้ามล่าสัตว์ป่าทะเลน้อย Path 128 Row 055 บันทึกภาพในวันที่ 5 พฤษภาคม พ.ศ. 2558 วันที่ 16 พฤษภาคม พ.ศ. 2562 และวันที่ 28 มิถุนายน พ.ศ. 2566 Path 129 Row 054 บันทึกภาพในวันที่ 28 พฤษภาคม พ.ศ. 2558 วันที่ 7 พฤษภาคม พ.ศ. 2562 และวันที่ 5 กรกฎาคม พ.ศ. 2566 จากเว็บไซต์ Earth Explorer เลือกเป็นผลิตภัณฑ์ข้อมูลภาพดาวเทียมแบบ Collection 2 level-1 เนื่องจากผลิตภัณฑ์กลุ่มนี้ได้รับการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงรังสีและความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิตแบบเป็นระบบ (systematic radiometric and geometric accuracy)

การศึกษารูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดิน

จำแนกรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินเบื้องต้นของพื้นที่เขตห้ามล่าสัตว์ป่าทะเลน้อยจากข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินของกรมพัฒนาที่ดินและโปรแกรม Google Earth โดยสามารถจำแนกรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินตามมาตรฐานข้อกำหนดข้อมูลภูมิสารสนเทศพื้นฐาน โดยใช้เทคนิคการแปลตีความด้วยสายตา ได้เป็น 5 ประเภท คือ พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง (urban and built-up land) พื้นที่เกษตรกรรม (agricultural land) พื้นที่ป่าไม้ (forest land) พื้นที่แหล่งน้ำ (water body) และพื้นที่เบ็ดเตล็ด (miscellaneous land) (Geo-Informatics and Space Technology Development Agency (Public Organization), 2013) กำหนดจุดตรวจสอบภาคสนามเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของการการจำแนก โดยสมการที่ 1 (Congalton and Green, 2008) คำนวณจำนวนจุดตรวจสอบภาคสนามตามสัดส่วนของพื้นที่ในแต่ละประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินและใช้การสุ่มแบบชั้นภูมิ (stratified random sampling)

$$n = \frac{z^2(p)(q)}{e^2}$$

โดย n คือ จำนวนจุดสำรวจ

p คือ โอกาสที่จะเกิดความถูกต้อง (มีค่าระหว่าง 0-1)

q คือ โอกาสที่จะเกิดความผิดพลาด (1-P)

z คือ ค่าจากตารางแจกแจงปกติมาตรฐาน Z

e คือ ค่าความคลาดเคลื่อนจากการสุ่มที่ยอมรับได้

การศึกษาในครั้งนี้กำหนดระดับความเชื่อมั่นที่ 90 เปอร์เซนต์ (ที่ระดับนัยสำคัญ 0.1 มีค่าเท่ากับ 1.645) โอกาสที่จะเกิดความถูกต้องร้อยละ 85 ($p = 0.85$) โอกาสที่จะเกิด

ความผิดพลาดร้อยละ 15 ($q = 0.15$) และค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ร้อยละ 10 ($e = 0.1$) ได้จำนวนจุดที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้องของการจำแนกรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินภาคสนามเท่ากับ 35 จุด เมื่อคำนวณจุดตรวจสอบภาคสนามตามสัดส่วนของพื้นที่ของประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน จะได้จำนวนจุดตรวจสอบ ดังนี้ พื้นที่เกษตรกรรม 15 จุด พื้นที่ป่าไม้ 12 จุด พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง 2 จุด พื้นที่แหล่งน้ำ 3 จุด และพื้นที่เบ็ดเตล็ด 5 จุด

ตรวจสอบความถูกต้องของผลการจำแนกรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ.2558 และ 2562 กับข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินของจังหวัดพัทลุง จังหวัดนครศรีธรรมราชและจังหวัดสงขลาปี พ.ศ. 2557-2561 ตามลำดับ โดยอ้างอิงข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินจากกรมพัฒนาที่ดินและตรวจสอบความถูกต้องของผลการจำแนกรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2566 กับข้อมูลจุดตรวจสอบความถูกต้องภาคสนามปี พ.ศ. 2566 และจุดตรวจสอบข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินบนข้อมูลภาพดาวเทียมจากโปรแกรม Google Earth แสดงค่าความถูกต้องโดยรวม (overall accuracy) และค่าสัมประสิทธิ์แคปปา (kappa statistics)

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน

วิเคราะห์ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณเขตห้ามล่าสัตว์ป่าทะเลน้อย ในช่วงปี พ.ศ. 2558-2562 และ 2562-2566 โดยใช้วิธีการซ้อนทับข้อมูล (overlay) ของข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินสองช่วงเวลาด้วยโปรแกรม Quantum GIS version 3.28 ซึ่งเป็นโปรแกรมประมวลผลทางด้านสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อให้ทราบถึงลักษณะการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณเขตห้ามล่าสัตว์ป่าทะเลน้อย เมื่อนำข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินสองช่วงเวลามาซ้อนทับกันด้วยคำสั่ง Union จะได้ลักษณะการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินจากรูปแบบหนึ่งเป็นอีกรูปแบบหนึ่งโดยแสดงเป็นตารางเมทริกซ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในแต่ละประเภท

การคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินของแบบจำลอง CA-Markov ปี พ.ศ. 2566

แบบจำลอง CA-Markov ทำการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณเขตห้ามล่าสัตว์ป่าทะเลน้อยปี พ.ศ. 2566 โดยใช้แบบจำลอง Markov chain จากนั้นคำนวณหาเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลง (transitional matrix) โดยนำเข้าข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณเขตห้ามล่าสัตว์ป่าทะเลน้อยปี พ.ศ. 2558 และ 2562 ที่ผ่านการประเมินความถูกต้องแล้ว จัดทำให้เป็นข้อมูลใน

รูปแบบแรสเตอร์โดยมีขนาดจุดภาพ 30 เมตร เพื่อให้สอดคล้องกับขนาดกับจุดภาพของข้อมูลภาพดาวเทียม Landsat 8 และจัดทำข้อมูลให้เป็นข้อมูลเชิงพื้นที่โดยใช้แบบจำลองมีขั้นตอนดังนี้

1) กระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลของ CA-Markov จะใช้ข้อมูลโอกาสของการเปลี่ยนแปลงที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วย Markov chain analysis ร่วมกับ Cellular automata filter (CA-Filter) ขนาด 5x5 จุดภาพ เพื่อหาความน่าจะเป็นของประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินในช่วงเวลาที่ต้องการศึกษา

2) CA-filter จะเคลื่อนที่ซ้อนทับกับข้อมูลของปีที่เริ่มทำการศึกษาไปที่เซลล์จนครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมด จากนั้นจะเริ่มเคลื่อนที่ซ้อนทับที่เซลล์อีกครั้งและจะเคลื่อนที่วนซ้ำไปเรื่อย ๆ เป็นจำนวนรอบเท่ากับช่วงระยะเวลาที่การศึกษา เช่น การศึกษาในครั้งนี้ผู้วิจัยกำหนดช่วงระยะเวลา 4 ปี CA-Filter จะเคลื่อนที่ซ้อนทับวนซ้ำจนครบ 4 รอบ

3) ในการวนซ้ำแต่ละครั้ง การเปลี่ยนแปลงประเภทของการใช้ประโยชน์ที่ดินขึ้นอยู่กับประเภทของการใช้ประโยชน์

ที่ดินของพื้นที่โดยรอบและโอกาสของการเปลี่ยนแปลงที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วย Markov chain

4) หลังสิ้นสุดกระบวนการ ผลลัพธ์ที่ได้ คือ แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินซึ่งประกอบด้วยพื้นที่ที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง และพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบของการใช้ประโยชน์ที่ดิน ซึ่งสามารถบอกลักษณะการติดตามการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ทำให้สามารถวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคตได้

การคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินของแบบจำลอง CA-Markov ปี พ.ศ. 2570

แบบจำลอง CA-Markov ทำการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณเขตห้ามล่าสัตว์ป่าทะเลน้อยปี พ.ศ. 2570 โดยนำเข้าสู่ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณเขตห้ามล่าสัตว์ป่าทะเลน้อยปี พ.ศ. 2562 และ 2566 ที่ผ่านการประเมินความถูกต้องแล้วและจัดทำข้อมูลให้เป็นข้อมูลเชิงพื้นที่โดยใช้แบบจำลอง CA-Markov สรุปเป็นแผนภาพขั้นตอนได้ดัง Figure 2

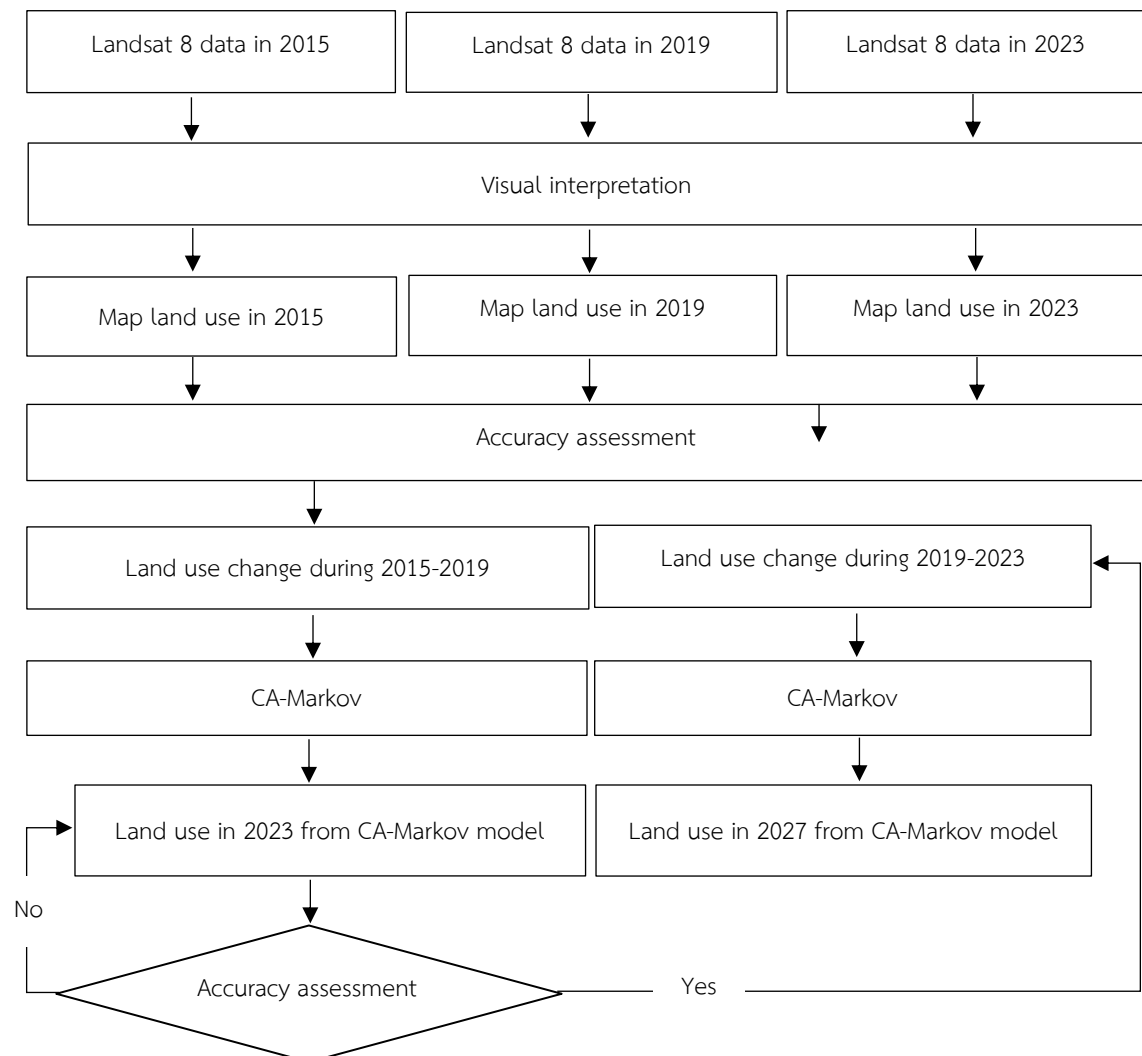


Figure 2 Flowchart for prediction of land use using CA-Markov model

ผลและวิจารณ์

การจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน

การศึกษาการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณเขตห้ามล่าสัตว์ป่าทะเลน้อย ได้ผลการจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินทั้งหมด 5 ประเภท ได้แก่ พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง (U) พื้นที่เกษตรกรรม (A) พื้นที่ป่าไม้ (F) พื้นที่แหล่งน้ำ (W) และพื้นที่เบ็ดเตล็ด (M) โดยพื้นที่ศึกษาตั้งอยู่ในภาคใต้ของประเทศไทย เป็นพื้นที่ที่มีฝนตกชุกตลอดทั้งปีทำให้มีการบดบังของเมฆในข้อมูลภาพดาวเทียมสูงกว่าภาคอื่น ๆ ในประเทศไทยจึงใช้เทคนิคการแปลตีความด้วยสายตา (visual interpretation) ซึ่งจะพิจารณาจากองค์ประกอบของการแปลตีความภาพ ได้แก่ รูปร่าง (shape) ขนาด (size) ความเข้มของสีและสี (tone and color) เนื้อภาพ (texture) ความสูงและเงา (height and shadow) รูปแบบ (pattern) ที่ตั้ง (site) ความเกี่ยวพัน (association) (Geo-Informatics and Space Technology Development Agency (Public Organization), 2009) แสดงรายละเอียดการใช้ประโยชน์ที่ดินในปี พ.ศ. 2558 2562 และ 2566 ดัง Figure 3

จากการตรวจสอบความถูกต้องของการจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยจุดตรวจสอบความถูกต้องจำนวน 37 จุด อ้างอิงข้อมูลที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้องโดยใช้ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินจากกรมพัฒนาที่ดินปี พ.ศ. 2557 และ 2561 โดยการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินจะมีช่วงของการเปลี่ยนแปลงที่จะเห็นได้ชัดเจนในระยะ 3-4 ปีขึ้นไป โดยข้อมูลที่นำมาตรวจสอบข้างต้นมีระยะห่าง 1 ปี จากข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินปีการศึกษาจึงสามารถนำมาเป็นข้อมูลตัวแทนการใช้ประโยชน์ที่ดินของปี พ.ศ. 2558 และ 2562 ได้ และข้อมูลการสำรวจภาคสนามปี พ.ศ. 2566 พบว่าความถูกต้องของการจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2558 2562 และ 2566 มีค่าร้อยละความถูกต้องโดยรวมเท่ากับ 94.59 97.30 และ 97.30 ตามลำดับ และมีค่าสัมประสิทธิ์แคปปา 0.92 0.96 และ 0.96 ตามลำดับ โดยค่าสัมประสิทธิ์แคปปามีค่าความสอดคล้องมากกว่า 0.80 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ดีมาก (Landis and Koch, 1977) แสดงรายละเอียดค่าร้อยละความถูกต้องโดยรวมและค่าสัมประสิทธิ์แคปปา ในปี พ.ศ. 2558 2562 และ 2566 ดัง Table 1

Table 1 Details for land use, overall accuracy and Kappa statistics for land use classification in Thale Noi Non-hunting area for 2015, 2019 and 2023

Land use type	Area in 2015		Area in 2019		Area in 2023	
	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)
Urban and built-up land	534.91	1.16	592.39	1.29	596.16	1.30
Agricultural land	19,310.92	42.04	19,224.53	41.85	19,217.85	41.84
Forest land	17,041.52	37.10	16,102.49	35.05	16,026.53	34.89
Water body	2,958.45	6.44	2,959.40	6.44	2,959.40	6.44
Miscellaneous	6,089.49	13.26	7,056.47	15.36	7,135.35	15.53
Total	45,935.29	100.00	45,935.29	100.00	45,935.29	100.00
Overall accuracy (%)	94.59		97.30		97.30	
Kappa statistic	0.92		0.96		0.96	

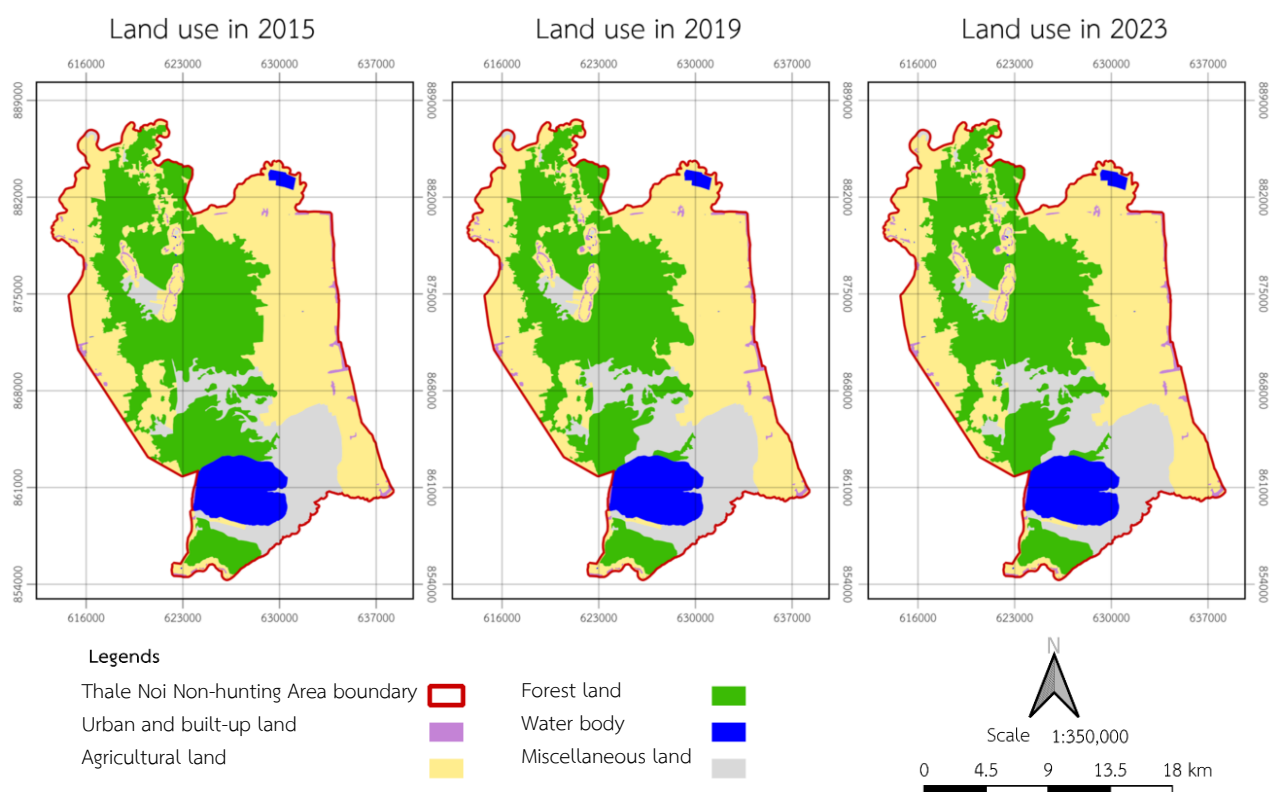


Figure 3 Land use classification in Thale Noi non-hunting area for 2015, 2019 and 2023

การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน

การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณเขตห้ามล่าสัตว์ป่าทะเลน้อยระหว่างปี พ.ศ. 2558-2562 ดังแสดงใน Table 2 พบว่า พื้นที่ป่าไม้มีพื้นที่ลดลงมากที่สุด จำนวน 939.03 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 45.79 ของพื้นที่ทั้งหมด รองลงมาคือ พื้นที่เกษตรกรรมมีพื้นที่ลดลงจำนวน

86.39 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 4.21 ของพื้นที่ทั้งหมด ในขณะที่พื้นที่เบ็ดเตล็ด (ทุ่งหญ้า พื้นที่น้ำท่วมขัง) มีพื้นที่เพิ่มขึ้นจำนวน 966.99 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 47.15 ของพื้นที่ทั้งหมด รองลงมาคือ พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้างมีพื้นที่เพิ่มขึ้นจำนวน 57.48 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 2.80 ของพื้นที่ทั้งหมด และพื้นที่แหล่งน้ำมีพื้นที่เพิ่มขึ้น 0.96 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 0.05 ของพื้นที่ทั้งหมด

Table 2 Comparison of land use change during 2015–2019

Land use type	Area in 2015		Area in 2019		Area land use changes	
	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)
Urban and built-up land	534.91	1.16	592.39	1.29	+57.48	+2.80
Agricultural land	19,310.92	42.04	19,224.53	41.85	-86.39	-4.21
Forest land	17,041.52	37.10	16,102.49	35.05	-939.03	-45.79
Water body	2,958.45	6.44	2,959.40	6.44	+0.96	+0.05
Miscellaneous land	6,089.49	13.26	7,056.47	15.36	+966.99	+47.15
Total	45,935.29	100.00	45,935.29	100.00	2,050.84	100.00

Remarks: (+) = Increase, (-) = Decrease

จากสัดส่วนการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ในปี พ.ศ. 2558-2562 (Table 3) พบพื้นที่ป่าไม้ลดลงและเปลี่ยนแปลงเป็นพื้นที่เบ็ดเตล็ดมากที่สุด จำนวน 969.20 เฮกตาร์ มีการบุกรุกตัดไม้เพื่อนำไม้มาใช้ประโยชน์เนื่องจากสภาพพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นป่าพรุและทุ่งหญ้า เมื่อมีการตัดต้นไม้เพิ่มมากขึ้น ทำให้พื้นที่เดิมที่เคยเป็นป่าพรุกลายเป็นทุ่งหญ้าขนาดใหญ่ พบมากที่สุดในพื้นที่ใกล้เคียงกับพื้นที่ป่าพรุควนชีเสียน พื้นที่ห้วยป่าเขียวและพื้นที่คลองเค็ง ซึ่งพื้นที่ที่ถูกเปลี่ยนสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินบางส่วนอยู่ในเขตแกนกลาง (core area) ซึ่งถูกจัดให้เป็นเขตสงวนธรรมชาติเข้มข้นและ

สภาพพื้นที่ป่าพรุยังคงสมบูรณ์ บางส่วนอยู่ในเขตพัฒนา (transition area) ถูกจัดให้เป็นพื้นที่ที่อนุญาตให้มีการใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืน รวมถึงมีการถือครองที่ดินของประชาชนที่อาศัยหรือทำกินในพื้นที่เขตห้ามล่าสัตว์ป่าทะเลน้อย (DNP, 2023) ทำให้ง่ายต่อการบุกรุกพื้นที่ป่าไม้เพื่อเตรียมพื้นที่สำหรับการเกษตร โดยพื้นที่ที่ถูกบุกรุกมีลักษณะเป็นทุ่งหญ้าขนาดใหญ่สำหรับบรอกิจกรรมทางการเกษตรจึงเป็นสาเหตุให้เกิดการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินจากพื้นที่ป่าไม้เป็นพื้นที่เบ็ดเตล็ดมากที่สุดดัง Figure 4

Table 3 Transition matrix of land use change during 2015–2019

Land use type		Land use in 2019 (ha)					
		U	A	F	W	M	Total
Land use in 2015 (ha)	U	534.91	0.00	0.00	0.00	0.00	534.91
	A	55.16	19,116.44	138.37	0.96	0.00	19,310.92
	F	2.32	108.09	15,961.90	0.00	969.20	17,041.52
	W	0.00	0.00	0.00	2,958.45	0.00	2,958.45
	M	0.00	0.00	2.22	0.00	6,087.27	6,089.49
Total		592.39	19,224.53	16,102.49	2,959.40	7,056.47	45,935.29

Remarks: U = Urban and built-up land, A = Agricultural land, F = Forest land, W = Water body, M = Miscellaneous land

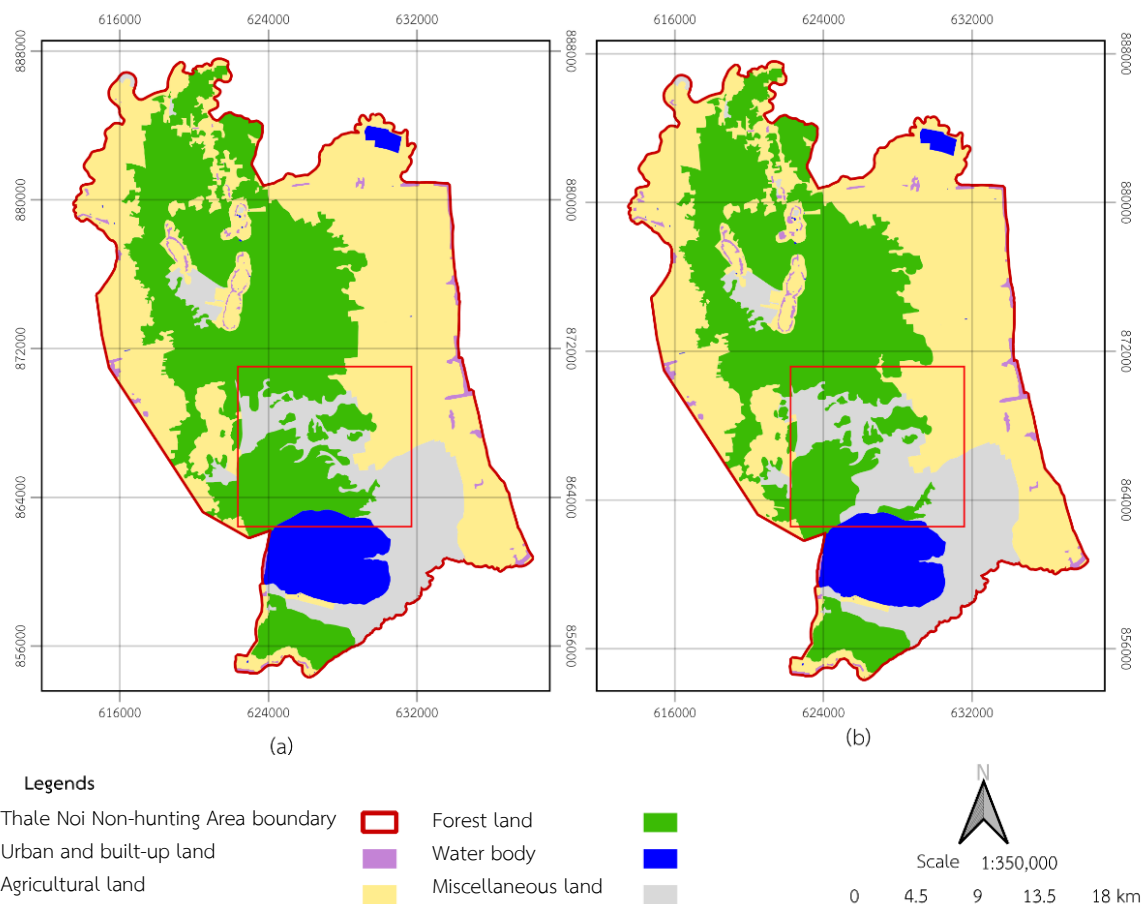


Figure 4 Example of land change from forest to miscellaneous during 2015–2019

นอกจากนี้รายงานประจำปี พ.ศ. 2561 ส่วนควบคุมไฟฟ้า สำนักป้องกัน ปรามปรามและควบคุมไฟฟ้า (DNP, 2018) รายงานตำแหน่งการเกิดไฟฟ้าในพื้นที่ในเดือนสิงหาคมถึงเดือนกันยายน ปี พ.ศ. 2561 ซึ่งสอดคล้องกับตำแหน่งที่มีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2558-2562 โดยสาเหตุของการเกิดไฟฟ้าส่วนใหญ่เกิดจากการจุดไฟเผาพืชเพื่อเตรียมพื้นที่การเกษตรแล้วไหม้ลุกลามเข้าสู่ป่าพรุ และยังมีการลักลอบเผาป่าเพื่อให้ป่าพรุมีสภาพเสื่อมโทรมแล้วจึงเข้าไปจับจองพื้นที่ทำกิน จึงเป็นสาเหตุให้ช่วงหลังเกิดไฟฟ้าจนถึงช่วงเดือนที่มีเลือกใช้ข้อมูลสภาพดาวเทียม ระยะเวลาประมาณ 10 เดือน พบพื้นที่ป่าไม้ที่ถูกไฟไหม้เปลี่ยนแปลงเป็นพื้นที่เบ็ดเตล็ด (ทุ่งหญ้า) จำนวนมาก ปัญหาไฟฟ้าที่เกิดขึ้นบ่อยครั้งในพื้นที่สร้างความเสียหายและมีผลกระทบต่อ การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างมาก (Wanthongchai and Saguantam, 2013)

การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณ เขตห้ามล่าสัตว์ป่าทะเลน้อยระหว่างปี พ.ศ. 2562-2566 ดังแสดงใน Table 4 พบว่า พื้นที่ป่าไม้มีพื้นที่ลดลงมากที่สุด จำนวน 75.96 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 45.96 ของพื้นที่ทั้งหมด รองลงมา คือ พื้นที่เกษตรกรรมมีพื้นที่ลดลงจำนวน 6.68

เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 4.04 ของพื้นที่ทั้งหมด ในขณะที่พื้นที่เบ็ดเตล็ดมีพื้นที่เพิ่มขึ้นจำนวน 78.88 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 47.72 ของพื้นที่ทั้งหมด รองลงมา คือ พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้างมีพื้นที่เพิ่มขึ้นจำนวน 3.77 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 2.28 ของพื้นที่ทั้งหมด พื้นที่แหล่งน้ำไม่มีการเปลี่ยนแปลง

สัดส่วนการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในปี พ.ศ. 2562-2566 (Table 5) ยังคงพบพื้นที่ป่าไม้ลดลงและเปลี่ยนแปลงเป็นพื้นที่เบ็ดเตล็ดมากที่สุด จำนวน 52.23 เฮกตาร์ เนื่องจากการบุกรุกตัดไม้เพื่อนำไม้มาใช้ประโยชน์ โดยพบมากที่สุดในพื้นที่ป่าพรุควนชีเสียนและป่าเขียว แต่ปริมาณความต้องการการใช้ประโยชน์ที่ดินพื้นที่ป่าไม้ลดลงเมื่อเทียบกับช่วงปี พ.ศ. 2558-2562 เนื่องจากมีการดำเนินการตามพระราชบัญญัติสงวนและคุ้มครองสัตว์ป่า พ.ศ. 2562 มีการเฝ้าระวังในพื้นที่เสี่ยงเพิ่มมากขึ้น มีการสร้างความร่วมมือกับชุมชนโดยรอบ (DNP, 2021) สอดคล้องกับข้อมูลสภาพพื้นที่ป่าไม้ของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2566 (RFD, 2023) ในด้านทิศทางการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินด้านป่าไม้ กล่าวคือ พื้นที่ป่าไม้ของประเทศไทยมีแนวโน้มที่จะลดลงอย่างต่อเนื่อง ดัง Figure 5

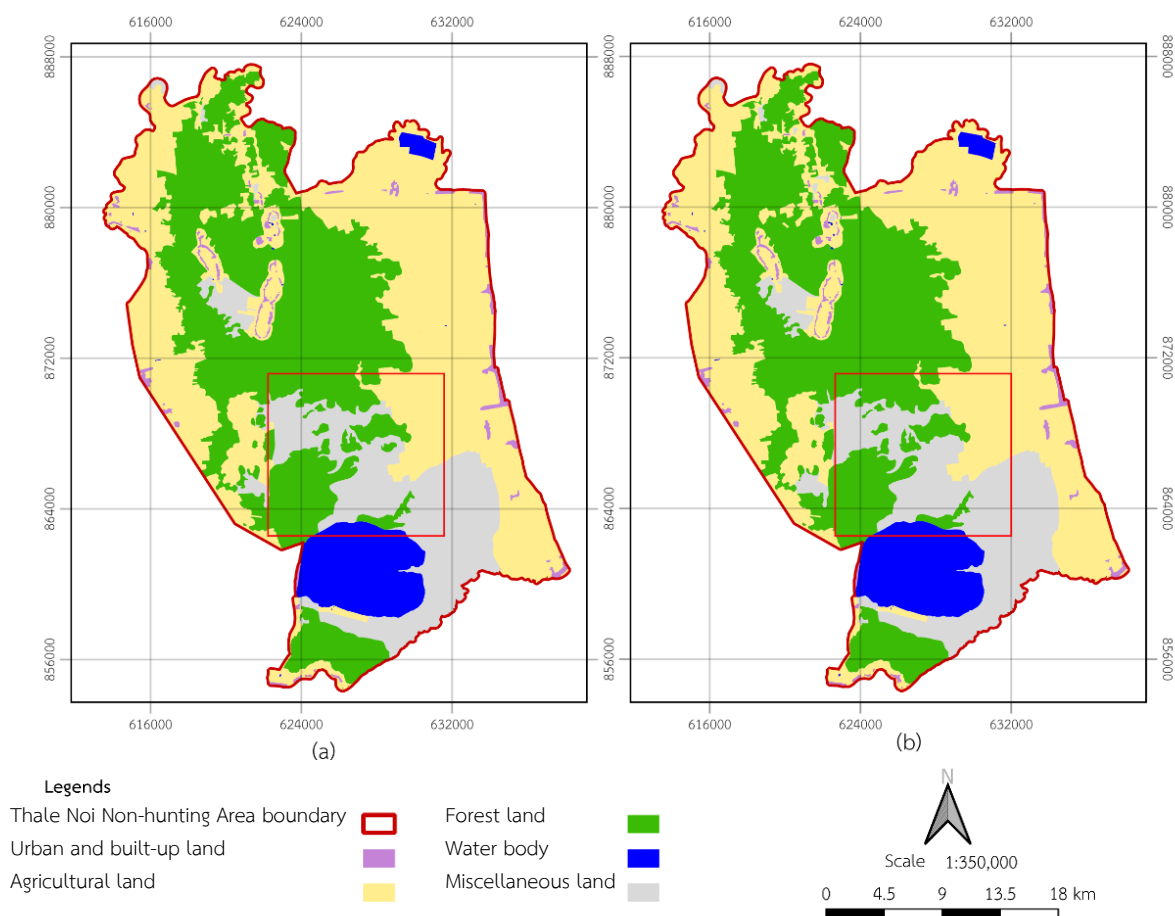


Figure 5 Example of land change from forest to miscellaneous during 2019–2023

Table 4 Comparison of land use change during 2019–2023

Land use type	2019		2023		Land use change	
	Area (ha)	(%)	Area (ha)	(%)	Area (ha)	(%)
Urban and built-up land	592.39	1.16	596.16	1.29	+3.77	+2.28
Agricultural land	19,224.53	42.04	19,217.85	41.85	-6.68	-4.04
Forest land	16,102.49	37.10	16,026.53	35.05	-75.96	-45.96
Water body	2,959.40	6.44	2,959.40	6.44	0	0
Miscellaneous	7,056.47	13.26	7,135.35	15.36	+78.88	+47.72
Total	45,935.29	100.00	45,935.29	100.00	165.30	100.00

Remarks: (+) = Increase, (-) = Decrease

Table 5 Transition matrix of land use change during 2019–2023

Land use type		Land use in 2023 (ha)					
		U	A	F	W	M	Total
Land use in 2019 (ha)	U	592.39	0.00	0.00	0.00	0.00	592.39
	A	3.77	19,194.11	0.00	0.00	26.65	19,224.53
	F	0.00	23.74	16,026.53	0.00	52.23	16,102.49
	W	0.00	0.00	0.00	2,959.40	0.00	2,959.40
	M	0.00	0.00	0.00	0.00	7,056.47	7,056.47
Total		596.16	19,217.85	16,026.53	2,959.40	7,135.35	45,935.29

Remarks: U = Urban and built-up land, A = Agricultural land, F = Forest land, W = Water body, M = Miscellaneous land

จากผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินแสดงให้เห็นถึงพื้นที่แต่ละประเภทที่เปลี่ยนแปลงไป โดยเฉพาะพื้นที่ป่าไม้ที่ลดลงมากที่สุด สามารถนำไปเป็นข้อมูลประกอบการวางแผนในการจัดการและเฝ้าระวังพื้นที่เสี่ยงที่อาจเกิดการบุกรุกได้ รวมถึงสามารถนำไปเป็นฐานข้อมูลในการวางแผนฟื้นฟูพื้นที่ที่ถูกบุกรุกได้เช่นกัน

การคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินของแบบจำลอง CA-Markov ปี พ.ศ. 2566

ผลการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณเขตห้ามล่าสัตว์ป่าทะเลน้อย ปี พ.ศ. 2566 จากการนำข้อมูลแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินในปี พ.ศ. 2558-2562 มาวิเคราะห์โดยใช้แบบจำลอง CA-Markov พบว่า พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้างมีพื้นที่เท่ากับ 592.70 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 1.29 พื้นที่เกษตรกรรมมีพื้นที่ เท่ากับ 19,190.19 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 41.78 ของพื้นที่ทั้งหมด พื้นที่ป่าไม้มีพื้นที่เท่ากับ 15,220.07 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 33.14 พื้นที่แหล่งน้ำมีพื้นที่เท่ากับ 2,956.00 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 6.44 และพื้นที่เบ็ดเตล็ดมีพื้นที่เท่ากับ 7,974.33 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 17.36 เมื่อตรวจสอบกับข้อมูลจุดตรวจสอบความถูกต้องภาคสนามปี พ.ศ. 2566 และจุดตรวจสอบข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินบน

ข้อมูลภาพถ่ายเทียมจากโปรแกรม Google Earth พบว่า มีค่าร้อยละความถูกต้องโดยรวม เท่ากับ 91.89 และมีค่าสัมประสิทธิ์แคปปา เท่ากับ 0.89 ดัง Table 6 และ Figure 6 ซึ่งผลการศึกษามีค่าความถูกต้องโดยรวมสูงกว่าการศึกษาของ Sukyung et al. (2023) ที่ได้คาดคะเนการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาย่อยแม่สอย จังหวัดลำปาง โดยผลการคาดการณ์มีค่าความถูกต้องโดยรวม เท่ากับ 72.39 นอกจากนี้ยังมีผลการศึกษาของ Kan-in (2020) ซึ่งได้คาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติจังหวัดน่าน มีการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินออกเป็น 5 ประเภท ผลการคาดการณ์มีค่าความถูกต้องโดยรวม เท่ากับ 90.95 และมีค่าสัมประสิทธิ์แคปปา เท่ากับ 0.80 จะเห็นได้ว่าค่าความถูกต้องโดยรวมและค่าสัมประสิทธิ์แคปปาของผลการคาดการณ์มีค่าใกล้เคียงกันและเป็นไปในทิศทางเดียวกัน

เมื่อนำผลการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินจากแบบจำลอง CA-Markov และการใช้ประโยชน์ที่ดินจากการแปลตีความด้วยสายตาในปี พ.ศ. 2566 มาเปรียบเทียบความแตกต่างของขนาดพื้นที่ พบว่า พื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินมีส่วนที่สอดคล้องกัน 44,257.93 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 96.35 และมีพื้นที่ที่แตกต่างกัน จำนวน 1,677.36 เฮกตาร์ โดยพื้นที่เบ็ดเตล็ดที่แตกต่างกันมากที่สุด จำนวน 838.98 เฮกตาร์

โดยมีค่าความสอดคล้องเชิงพื้นที่สูงกว่าการศึกษาของ Tonsiri *et al.* (2018) ที่ได้คาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยแบบจำลอง CA-Markov บริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์

ป่าเขาสอยดาว จังหวัดจันทบุรี ซึ่งผลการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยแบบจำลองมีค่าร้อยละของความสอดคล้องเชิงพื้นที่เท่ากับร้อยละ 92.26

Table 6 Comparison of land use in 2023 between CA-Markov model and from visual interpretation

Land use Type	CA-Markov model		Visual interpretation		Different land use	
	Area (ha)	%	Area (ha)	%	Area (ha)	%
Urban and built-up land	592.70	1.29	596.16	1.29	-3.46	-0.21
Agricultural land	19,190.19	41.78	19,217.85	41.85	-27.66	-1.65
Forest land	15,222.07	33.14	16,026.53	35.05	-804.46	-47.94
Water body	2,956.00	6.44	2,959.40	6.44	-3.40	-0.20
Miscellaneous land	7,974.33	17.36	7,135.35	15.36	+838.98	+50.00
Total	45,935.29	100.00	45,935.29	100.00	1,677.36	100.00
Overall accuracy (%)	91.89		97.30			
Kappa statistics	0.89		0.96			

Remarks: (+) = Increase, (-) = Decrease

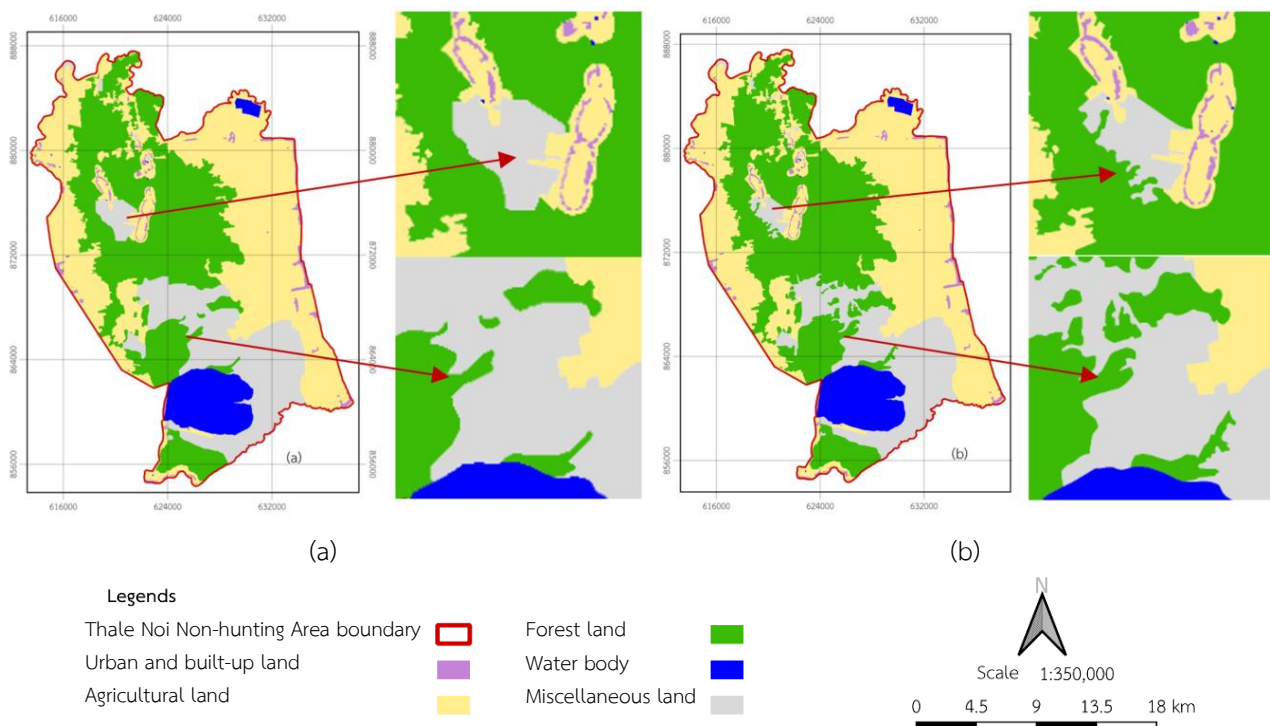


Figure 6 Land use change in 2023 using (a) CA-Markov model and (b) Visual interpretation

จาก Figure 6 แสดงให้เห็นว่ารูปร่างของพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินมีลักษณะใกล้เคียงกัน แตกต่างกันที่บริเวณขอบของ polygon โดยข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ได้จากแบบจำลอง CA-Markov (Figure 6a) มีความคงตัวของ

รูปร่างน้อยกว่าข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ได้จากการตีความภาพดาวเทียมด้วยสายตา (Figure 6b) ทำให้พื้นที่ป่าไม้ที่ได้จากแบบจำลองมีขนาดพื้นที่น้อยกว่าพื้นที่ป่าไม้ที่ได้จาก

การตีความภาพดาวเทียมด้วยสายตา ในขณะที่เดียวกันก็ทำให้พื้นที่เบ็ดเตล็ดที่อยู่ติดกันกับพื้นที่ป่าไม่มีพื้นที่เพิ่มขึ้นนั่นเอง

การคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินของแบบจำลอง CA-Markov ปี พ.ศ. 2570

การคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณเขตห้ามล่าสัตว์ป่าทะเลน้อย ปี พ.ศ. 2570 จากการนำข้อมูลแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินในปี พ.ศ. 2562-2566 มาวิเคราะห์

โดยใช้แบบจำลอง CA-Markov พบว่า พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้างมีพื้นที่เท่ากับ 596.00 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 1.30 พื้นที่เกษตรกรรมมีพื้นที่เท่ากับ 19,184.69 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 41.76 ของพื้นที่ทั้งหมด พื้นที่ป่าไม้มีพื้นที่เท่ากับ 15,146.87 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 32.97 พื้นที่แหล่งน้ำมีพื้นที่เท่ากับ 2,955.90 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 6.43 และพื้นที่เบ็ดเตล็ดมีพื้นที่เท่ากับ 8,051.83 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 17.53 ดัง Table 7 และ Figure 7

Table 7 A comparison of the land use predicted using CA-Markov model in 2023 and 2023

Land use Type	Land use in 2023 (CA-Markov)		Land use in 2027 (CA-Markov)		Different land use	
	Area (ha)	(%)	Area (ha)	(%)	Area (ha)	(%)
Urban and built-up land	592.70	1.29	596.00	1.30	+3.30	+2.04
Agricultural land	19,190.19	41.85	19,184.69	41.76	-5.5	-3.40
Forest land	15,222.07	35.05	15,146.87	32.97	-75.2	-46.53
Water body	2,956.00	6.44	2,955.90	6.43	-0.1	-0.06
Miscellaneous land	7,974.33	15.36	8,051.83	17.53	+77.5	+47.96
Total	45,935.29	100.00	45,935.29	100.00	161.60	100.00

Remark : (+) = Increase, (-) = Decrease

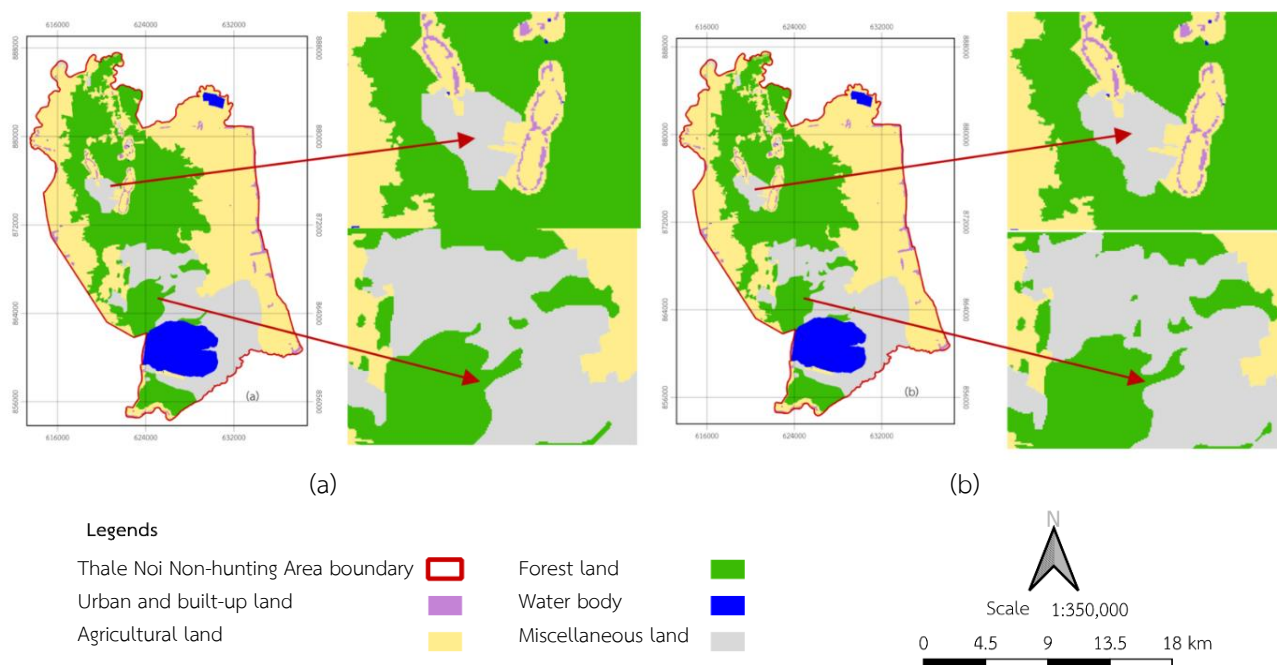


Figure 7 Comparison of land use prediction using CA-Markov model in 2023 (a) and 2027 (b)

แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทต่าง ๆ ในปีพ.ศ. 2570 บริเวณเขตห้ามล่าสัตว์ป่าทะเลน้อยจากแนวโน้มการใช้ประโยชน์ที่ดินในอดีต พบว่าการใช้

ประโยชน์ที่ดินประเภท พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่แหล่งน้ำมีแนวโน้มที่จะลดลงอย่างต่อเนื่อง ในขณะที่การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง พื้นที่

เบ็ดเตล็ดมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยพื้นที่ป่าไม้มีแนวโน้มลดลงมากที่สุด จำนวน 75.20 เฮกตาร์ รองลงมาคือพื้นที่เกษตรกรรม จำนวน 5.50 เฮกตาร์ และพื้นที่เบ็ดเตล็ดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นมากที่สุด จำนวน 77.50 เฮกตาร์ รองลงมาคือพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง จำนวน 3.30 เฮกตาร์ สอดคล้องกับแผนพัฒนาจังหวัดพัทลุง ปี พ.ศ. 2566-2570 ที่ส่งเสริมการพัฒนาด้านการเกษตร ซึ่งอาจทำให้มีการบุกรุกพื้นที่ป่าเพื่อเตรียมพื้นที่สำหรับการเกษตรเพิ่มมากขึ้นนั่นเอง

สรุปและข้อเสนอแนะ

การศึกษารูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 บริเวณเขตห้ามล่าสัตว์ป่าทะเลน้อย โดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 ระบบบันทึกภาพ OLI ความละเอียดจุดภาพ 30 เมตร ด้วยวิธีการแปลตีความการใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยสายตา พบว่า ในปี พ.ศ. 2558 มีค่าร้อยละความถูกต้องโดยรวม เท่ากับ 94.59 และมีค่าสัมประสิทธิ์แคปปา เท่ากับ 0.92 ในปี พ.ศ. 2562 มีค่าร้อยละความถูกต้องโดยรวม เท่ากับ 97.30 และมีค่าสัมประสิทธิ์แคปปา เท่ากับ 0.96 ในปี พ.ศ. 2566 มีค่าร้อยละความถูกต้องโดยรวม เท่ากับ 97.30 และมีค่าสัมประสิทธิ์แคปปา เท่ากับ 0.96

การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณเขตห้ามล่าสัตว์ป่าทะเลน้อย ในช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2558-2562 พบว่า พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้างมีพื้นที่เพิ่มขึ้นจำนวน 57.48 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 2.80 ของพื้นที่ทั้งหมด พื้นที่เกษตรกรรมมีพื้นที่ลดลงจำนวน 86.39 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 4.21 ของพื้นที่ทั้งหมด พื้นที่ป่าไม้มีพื้นที่ลดลงจำนวน 939.03 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 45.79 ของพื้นที่ทั้งหมด พื้นที่แหล่งน้ำมีพื้นที่เพิ่มขึ้น 0.96 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 0.05 ของพื้นที่ทั้งหมด และพื้นที่เบ็ดเตล็ดมีพื้นที่เพิ่มขึ้นจำนวน 966.99 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 47.15 ของพื้นที่ทั้งหมด ในช่วงปี พ.ศ. 2562-2566 พบว่า พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้างมีพื้นที่เพิ่มขึ้นจำนวน 3.77 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 2.28 ของพื้นที่ทั้งหมด พื้นที่เกษตรกรรมมีพื้นที่ลดลงจำนวน 6.68 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 4.04 ของพื้นที่ทั้งหมด พื้นที่ป่าไม้มีพื้นที่ลดลงจำนวน 75.96 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 45.96 ของพื้นที่ทั้งหมด พื้นที่แหล่งน้ำไม่มีการเปลี่ยนแปลง และพื้นที่เบ็ดเตล็ดมีพื้นที่เพิ่มขึ้นจำนวน 78.88 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 47.72 ของพื้นที่ทั้งหมด

การคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณเขตห้ามล่าสัตว์ป่าทะเลน้อยในปี พ.ศ. 2566 พบว่า แบบจำลอง CA-Markov มีค่าร้อยละความถูกต้องโดยรวม เท่ากับ 91.89 และมีค่าสัมประสิทธิ์แคปปา เท่ากับ 0.89 โดยแบบจำลอง CA-Markov สามารถคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินจากการใช้ข้อมูลการใช้ประโยชน์ดินของสองช่วงเวลา โดยให้ค่าความถูกต้องอยู่ในเกณฑ์ที่ดี

แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทต่าง ๆ ในปี พ.ศ. 2570 พบว่าการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทพื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่แหล่งน้ำมีแนวโน้มที่จะลดลงอย่างต่อเนื่อง ในขณะที่การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทพื้นที่เบ็ดเตล็ดและพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้างมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยมีข้อเสนอแนะดังต่อไปนี้

1) การศึกษาในครั้งนี้เลือกใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 ระบบบันทึกภาพ OLI ความละเอียดจุดภาพ 30 เมตร ซึ่งเป็นข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมความละเอียดปานกลาง ควรใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่มีความละเอียดที่ดีขึ้น เช่น ดาวเทียม Sentinel-2 มีความละเอียดจุดภาพ 10 เมตร

2) ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ได้จากการคาดการณ์จากทั้ง 2 แบบจำลอง สามารถนำไปเป็นข้อมูลที่สำคัญให้กับเจ้าหน้าที่ในการวางแผนจัดการพื้นที่เสี่ยงที่อาจเกิดการบุกรุกพื้นที่ป่าไม้ เช่น พื้นที่ป่าหัวเขี้ยวและพื้นที่คลองเคร้ง ซึ่งเป็สาเหตุให้พื้นที่ป่าไม้รับตัวลดลงในอนาคต

คำนิยาม

การศึกษานี้ได้รับความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบข้อมูลภาคสนามและข้อมูลเกี่ยวกับสถานที่ศึกษาจากหัวหน้าเขตห้ามล่าทะเลน้อยและเจ้าหน้าที่ทุก ๆ ท่าน รวมถึงได้รับการสนับสนุนจากครอบครัว

REFERENCES

- Congalton, R.G., Green, K. 2008. Assessing the accuracy of remotely sensed data. **Principles and Practices**, 2nd ed. CRC Press. Boca Raton, FL, USA.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2022. **Thale Noi Wetland Buffalo Pastoral Agro-eco-system in Thailand**. https://www.fao.org/giahs/giahs_aroundtheworld/designated-sites/asia-and-the-pacific/thailand-thale-noi/detailed-information/en/, 14 January 2024.
- Department of National Park, Wildlife and Plant Conservation (DNP). 2016. **Report on the Biodiversity Survey of the Thale Noi Wildlife Non-Hunting Area, Phatthalung Province, Songkhla Province, Nakhon Si Thammarat Province**. Department of National Park, Wildlife and Plant Conservation, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Department of National Park, Wildlife and Plant Conservation (DNP). 2018. **Annual Report 2018**. Department of National Park, Wildlife and Plant Conservation, Bangkok, Thailand. (in Thai)

- Department of National Park, Wildlife and Plant Conservation (DNP). 2021. **Annual Report 2021**. Department of National Park, Wildlife and Plant Conservation, Bangkok, Thailand. (in Thai).
- Department of National Park, Wildlife and Plant Conservation (DNP). 2023. **Draft Plan for Conservation and Protection of the Thale Noi Non-Hunting Area in 2023-2032**. Department of National Park, Wildlife and Plant Conservation, Bangkok, Thailand. (in Thai).
- Department of Province Administration. 2023. **Population in Thailand**. <https://stat.bora.dopa.go.th/stat/statnew/statyear/#/TableTemplate/Area/statpop>, 20 April 2023.
- Geo-Informatics and Space Technology Development Agency (Public Organization). 2009. **Space Technology and Geo-informatics**. Geo-Informatics and Space Technology Development Agency (Public Organization), Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Geo-Informatics and Space Technology Development Agency (Public Organization). 2013. **Fundamental Geographic Data Set (FGDS) Land Use**. Geo-Informatics and Space Technology Development Agency (Public Organization), Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Kan-in, K. 2020. **Comparative Study on CA-Markov Model and CLUE-S Model for Land Use Changed Prediction in National Reserved Forest, Nan Province**. M.S. Thesis, Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Landis, J.R., Koch, G.G. 1977. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, 33(1): 159-174.
- Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning. 2021. **Project to Increase Efficiency of Eetland Management in Thailand: Creating Guidelines for the Management of Wetlands of International Importance (Ramsar Site) of Thailand**. Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Royal Forest Department (RFD). 2023. **Final Report of Forest area Information Project 2023**. Royal Forest Department, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Sukyuang, N., Chuchip ,K., Tongdeenok, P. 2023. Prediction of land use changes for the Mae Soi river sub-basin, Lampang province, using a neural network model. **Thai Journal of Forestry**, 42(1): 1-11. (in Thai)
- Tonsiri, S., Arunpraparut, W., Khunrattanasiri, W. 2018. Application of CA-Markov model to predict land use changes in Khao Soi Dao Wildlife Sanctuary, Chanthaburi province. **Thai Journal of Forestry**, 37(2): 138-150. (in Thai)
- Wanthongchai, K., Saguantam, P. 2013. Evaluation of fire damages from the 2012 peat fires at Kuan Kreng peat forest. In: **8 Decades of Forestry the Science of Life**. Forestry Research Center, Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok, Thailand, pp. 168-169. (in Thai)

นิพนธ์ต้นฉบับ

การเปรียบเทียบวิธีการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน
จากข้อมูลภาพถ่ายเทียม Landsat 9 บริเวณเขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก ประเทศไทย
Comparison of Land Use Classification Methods
Using Landsat 9 Data in Eastern Economic Corridor, Thailand

วีระภาส คุณรัตนศิริ¹จุฑามาศ ศรีคงรักษ์^{1*}สันติ สุขสอาด¹วิษณุ ดำรงสัจจศิริ²Weeraphart Khunrattanasiri¹Jutamad Srikongruk^{1*}Santi Suksard¹Vissanu Domrongsutsiri²¹ภาควิชาการจัดการป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร 10900¹Department of Forest Management, Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok, 10900, Thailand.²ส่วนสำรวจและวิเคราะห์ทรัพยากรป่าไม้ สำนักจัดการที่ดินป่าไม้ กรมป่าไม้ 61 ถนนพหลโยธิน เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900²Forest Survey and Assessment Division, Forest Land Management Office, Royal Forest Department, 61, Phahonyothin Road, Chatuchak, Bangkok, 10900, Thailand.

*Corresponding Author, E-mail: jutamad.sr@ku.th

รับต้นฉบับ 4 มีนาคม 2567

รับแก้ไข 1 พฤษภาคม 2567

รับลงพิมพ์ 13 พฤษภาคม 2567

ABSTRACT

Visual interpretation of satellite data, supervised classification (maximum likelihood) and a random forest (RF) algorithm were used in the Eastern Economic Corridor (EEC), Thailand to classify land use into 5 categories: forest; water body; agriculture; urban and built-up land; and miscellaneous land. The information was interpreted from Landsat 9 OLI-2 data at a spatial resolution of 30 m. In addition, the GIS overlay technique was used to compare the results of land use classification between visual interpretation and the automated analysis techniques.

Based on the results, 13,343.03 km² of the Landsat 9 OLI-2 data within the EEC could be classified, with visual interpretation producing the highest overall accuracy (97.30%), followed by the RF algorithm (67.57%) and then the maximum likelihood method (64.86%). The comparison revealed that 8,441.25 km² (63.26% of the EEC), encompassing all 5 land use categories, matched with the visual interpretation results when applying the RF algorithm and supervised classification methods via the GIS overlay technique. Thus, the RF algorithm outperformed supervised classification in accurately classifying land use within the EEC.

Keywords: Random forest; Land use classification; Landsat 9; Eastern Economic Corridor

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบผลลัพธ์ของการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 9 ระบบบันทึกข้อมูล OLI-2 ความละเอียดจุดภาพ 30 เมตร ด้วยวิธีการแปลตีความข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมด้วยสายตา การจำแนกประเภทข้อมูลแบบกำกับดูแลด้วยวิธี maximum likelihood และเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องแบบ Random forest บริเวณเขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก ภายใต้การแบ่งกลุ่มการใช้ประโยชน์ที่ดินออกเป็น 5 ประเภท ได้แก่ พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่แหล่งน้ำ พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง และพื้นที่เบ็ดเตล็ด โดยใช้เทคนิคการซ้อนทับข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ในการสรุปผลความแตกต่างของการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินในแต่ละวิธี

ผลการศึกษาพบว่า ภายในเขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก มีพื้นที่ 13,343.03 ตารางกิโลเมตร เมื่อใช้วิธีการแปลตีความข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมด้วยสายตาจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 9 พบว่า มีค่าความถูกต้องโดยรวมร้อยละ 97.30 รองลงมาได้แก่ เทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องแบบ Random forest และแบบกำกับดูแลด้วยวิธี maximum likelihood โดยมีค่าความถูกต้องโดยรวม ร้อยละ 67.57 และ 64.86 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์ของการแปลตีความการใช้ประโยชน์ที่ดินจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 9 ด้วยสายตา ซึ่งเป็นข้อมูลที่มีความถูกต้องโดยรวมสูงที่สุด กับผลลัพธ์ที่ได้จากการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินอีกสองวิธี โดยใช้เทคนิคการซ้อนทับข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ พบว่า เทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องแบบ Random forest มีผลลัพธ์ ความถูกต้องในการจำแนกประเภทข้อมูลทั้ง 5 ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน เท่ากับ 8,441.25 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 63.26 ของพื้นที่เขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก ซึ่งมีผลลัพธ์ความถูกต้องสูงกว่าแบบกำกับดูแลด้วยวิธี maximum likelihood

คำสำคัญ: Random Forest การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน ดาวเทียม Landsat 9 เขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก

คำนำ

รัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทย มาตรา 25 กำหนดให้รัฐบาลจัดให้มียุทธศาสตร์ชาติเป็นเป้าหมาย การพัฒนาประเทศอย่างยั่งยืนตามหลักธรรมาภิบาล เพื่อให้ เป็นไปตามที่กำหนด รัฐบาลได้จัดทำยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี (พ.ศ. 2561-2580) ซึ่งนำไปสู่การบรรลุวิสัยทัศน์ “ประเทศไทย มีความมั่นคง มั่งคั่ง ยั่งยืน เป็นประเทศพัฒนาแล้ว ด้วย การพัฒนาตามหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง” โดยแผนแม่บทประเด็นที่ 9 ภายใต้ยุทธศาสตร์ชาติ (Office of the Prime Minister, 2019) กำหนดให้พื้นที่ภาคตะวันออกบางส่วน เป็นเขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก (Eastern Economic Corridor, EEC) ซึ่งครอบคลุมพื้นที่จังหวัดฉะเชิงเทรา ชลบุรี และระยอง (Thai Government, 2018) เพื่อดึงดูดการลงทุน และยกระดับรายได้ของประเทศ ผ่านการผ่อนคลายกฎหมาย หรือกฎระเบียบที่เป็นอุปสรรคต่อการค้าการลงทุนในพื้นที่ ปกติ และในพื้นที่ยังมีการนำที่ดินไปใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ เช่น ป่าไม้ แหล่งน้ำ ชุมชน และอุตสาหกรรม นอกจากนี้ยังมีการจัดสรรพื้นที่บางส่วนสำหรับเกษตรกรรมของชาวบ้าน ในการใช้ประโยชน์ที่ดิน มักพบการซื้อขายเปลี่ยนมือ ค่อนข้างมาก (Secretariat of the House of Representatives, 2017) ดังนั้นการจัดทำยุทธศาสตร์ชาติขึ้นส่งผลให้เกิด การเปลี่ยนแปลงของรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ เขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก ซึ่งการรับรู้ระยะไกลสามารถใช้ อธิบายรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินในปัจจุบันได้

การรับรู้ระยะไกลเป็นเทคโนโลยีที่ทำให้เห็นถึง การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็ว ถูกต้อง ประหยัด ค่าใช้จ่ายในการปฏิบัติงาน โดยในปัจจุบันมีการนำเทคโนโลยี การรับรู้ระยะไกลมาใช้ประโยชน์ในภาคการเกษตร การใช้ประโยชน์ ที่ดินในอนาคต เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ ที่ดิน ซึ่งสามารถศึกษาได้ 2 รูปแบบ ได้แก่ การแปลตีความ การใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยสายตา และการจำแนกประเภท ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยคอมพิวเตอร์ (Saraubon, 2020) โดยรูปแบบการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินด้วย คอมพิวเตอร์มีหลายรูปแบบ เช่น การจำแนกประเภทข้อมูล แบบกำกับดูแล (supervised classification) การจำแนก ประเภทข้อมูลแบบไม่กำกับดูแล (unsupervised classification) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงจุดภาพ (pixel-based image analysis) (Ongsomwang, 2016) หรือใน ปัจจุบันที่มีการนำปัญญาประดิษฐ์ (artificial intelligence, AI) มาใช้ในการจำแนกประเภทข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมในรูปแบบของ การเรียนรู้ของเครื่อง (machine learning) ซึ่งให้ความถูกต้อง ของการจำแนกประเภทข้อมูลที่ดี สามารถประมวลผลได้อย่าง รวดเร็ว ทำให้สามารถประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายได้ ดังนั้น การศึกษาในครั้งนี้ จึงนำเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องแบบ Random forest และการจำแนกประเภทข้อมูลแบบกำกับ ดูแล มาใช้ในการจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน และ เปรียบเทียบความแตกต่างของผลลัพธ์ทั้งสองวิธีกับการแปล ตีความการใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยสายตา เนื่องจากบริเวณเขต พัฒนาพิเศษภาคตะวันออกเป็นพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลง ค่อนข้างรวดเร็วตามแนวโน้มของการพัฒนาสู่ประเทศไทย 4.0 ที่กำหนดไว้ในยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี

อุปกรณ์และวิธีการ

พื้นที่ศึกษา

เขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก (Eastern Economic Corridor, EEC) มีพื้นที่อยู่ใน 3 จังหวัดภาคตะวันออกของประเทศไทย ได้แก่ จังหวัดฉะเชิงเทรา จังหวัดชลบุรี และ จังหวัดระยอง ตั้งอยู่ระหว่างเส้นละติจูด $12^{\circ} 30'$ และ $13^{\circ} 58'$ เหนือ และระหว่างเส้นลองจิจูด $100^{\circ} 45'$ และ $101^{\circ} 59'$ ตะวันออก (Thai Government, 2018; Wettasin *et al.*, 2023) เนื่องจากมีลักษณะเป็นพื้นที่ที่มีศักยภาพทางเศรษฐกิจสูง หากมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องให้สอดคล้องกับหลักการพัฒนายั่งยืน จะทำให้การใช้ประโยชน์ที่ดินในภาคตะวันออกเป็นไปอย่างเหมาะสม เพื่อทันต่อการเปลี่ยนแปลงสู่ประเทศไทย 4.0 เขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออกจึงจัดเป็น

หนึ่งในแผนแม่บทภายใต้ยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปีของประเทศไทย ที่เป็นเป้าหมายการพัฒนาประเทศอย่างยั่งยืนตามหลักธรรมาภิบาล (Office of the Prime Minister, 2019; Tontisirin and Anantsuksomsri, 2021) ซึ่งครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 8.3 ล้านไร่ หรือ 13,200 ตารางกิโลเมตร (Figure 1) และสามารถแบ่งการจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินออกเป็น 5 ประเภท ตามรายงานสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินในปี พ.ศ. 2563 และ 2564 ได้แก่ พื้นที่เกษตรกรรม มีเนื้อที่ 8,530.18 ตารางกิโลเมตร พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง มีเนื้อที่ 2,089.67 ตารางกิโลเมตร พื้นที่ป่าไม้ มีเนื้อที่ 1,644.13 ตารางกิโลเมตร พื้นที่เบ็ดเตล็ด มีเนื้อที่ 630.35 ตารางกิโลเมตร และพื้นที่แหล่งน้ำ มีเนื้อที่ 450.06 ตารางกิโลเมตร ตามลำดับ (Land Development Department, 2020; 2021)

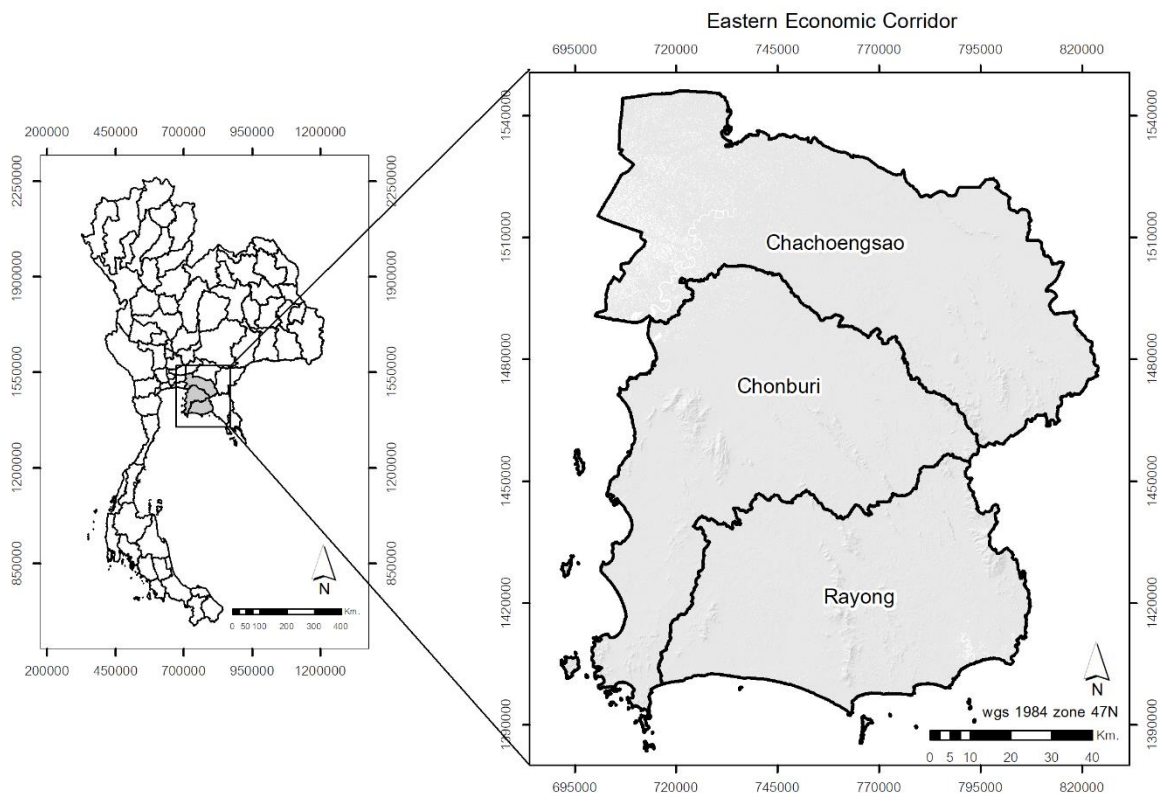


Figure 1 Area designated under Eastern Economic Corridor in eastern Thailand

การเตรียมภาพดาวเทียม

การศึกษาครั้งนี้ ดำเนินการในพื้นที่จังหวัดฉะเชิงเทรา ชลบุรี และระยอง โดยคัดเลือกภาพดาวเทียม Landsat 9 Collection 2 ผลิตภัณฑ์แบบ L1TP ให้ครอบคลุมพื้นที่เขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก ซึ่งตรงข้อมูลภาพดาวเทียม 3 ภาพ ได้แก่ Path 128 Row 51 Path 129 Row 50 และ Path 129 Row 51 กำหนดให้มีการปกคลุมของเมฆที่ปรากฏในภาพดาวเทียมไม่เกินร้อยละ 30 จากเว็บไซต์ Earth Explorer

และปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงรังสี โดยการแปลงค่า DN ไปเป็นค่าการสะท้อนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเหนือชั้นบรรยากาศ (top of atmosphere, TOA) ที่เป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญสำหรับการวิเคราะห์ภาพดาวเทียม เพื่อใช้จัดปัญหาที่เกิดขึ้นเนื่องจากชั้นบรรยากาศ ด้วยสมการของ (Ihlen, 2019; Sayler, 2022) จากนั้นเน้นคุณภาพข้อมูลด้วยวิธีผสมสีเท็จแบบ False color infrared เพื่อแยกแยะความแตกต่างของวัตถุแต่ละประเภทได้ดีขึ้น

การจำแนกข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน

การแปลตีความการใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยภาพถ่ายผสมผสานกับการจำแนกประเภทข้อมูลแบบไม่กำกับดูแล โดยทำการเน้นข้อมูลภาพดาวเทียมด้วยวิธีผสมสีเท็จแบบ False color infrared ซึ่งบริเวณพื้นที่ที่มีพืชพรรณปกคลุมจะปรากฏสีแดง เพื่อช่วยต่อการจำแนกได้อย่างชัดเจน (Khunrattanasiri, 2020) และผลการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินจะถูกจัดเก็บเป็นข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ กำหนดรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยอ้างอิงตามกรมแผนที่ดิน (Land Development Department, 2012) ได้แก่

- 1) พื้นที่ป่าไม้ (forest land, F) ประกอบด้วย พื้นที่ป่าธรรมชาติ พื้นที่ป่าปลูกฟื้นฟู และสวนป่า
- 2) พื้นที่แหล่งน้ำ (water body, W) ประกอบด้วย แหล่งน้ำธรรมชาติ และแหล่งน้ำที่มนุษย์สร้างขึ้น
- 3) พื้นที่เกษตรกรรม (agricultural land, A) ประกอบด้วย นาข้าว พืชตารางกิโลเมตร ไม้ผล พืชสวน ตารางกิโลเมตรหมุนเวียน และเกษตรผสมผสาน ตารางกิโลเมตรนาสวนผสม เป็นต้น หรือพื้นที่ที่มีการใช้กิจกรรมในด้านเกษตรกรรม รวมไปถึงพื้นที่โล่งที่มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ในทางเกษตรกรรม
- 4) พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง (urban and built-up land, U) ประกอบด้วย ตัวเมืองและย่านการค้า หมู่บ้าน สถานที่ราชการ สถานีกมณาคมน ย่านอุตสาหกรรม สถานที่พักผ่อนหย่อนใจ สุสาน เป็นต้น
- 5) พื้นที่เบ็ดเตล็ด (miscellaneous land, M) ประกอบด้วย หุ่นยนต์ ป่าละเมาะ เหมืองแร่ พื้นที่ทิ้งขยะ พื้นที่รกร้าง หรือพื้นที่นอกเหนือจากข้อ 1-4

องค์ประกอบหลักสำคัญสำหรับการแปลตีความการใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยภาพถ่ายที่ปรากฏในข้อมูลภาพดาวเทียม ได้แก่ ความเข้มของสีและสี ขนาด รูปร่าง เนื้อภาพ รูปแบบความสูงและเงา ที่ตั้ง และความเกี่ยวพัน นอกจากองค์ประกอบหลักที่กล่าวมาเบื้องต้น จำเป็นที่ต้องนำข้อมูลจากดาวเทียมอีก 3 ลักษณะมาประกอบการพิจารณา คือ ลักษณะการสะท้อนช่วงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของวัตถุ ลักษณะรูปร่างของวัตถุที่ปรากฏในภาพ และลักษณะการเปลี่ยนแปลงของวัตถุตามช่วงเวลา (GISTDA, 2009)

การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยคอมพิวเตอร์ (digital analysis) ซึ่งจำเป็นต้องมีกระบวนการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนของข้อมูล การผสมช่วงคลื่นเพื่อผลิตภาพสีผสมก่อน และกำหนดพื้นที่ตัวอย่าง (training areas) ซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นทั้งการจำแนกข้อมูลแบบกำกับดูแล และเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่อง โดยมีหลักในการเลือกพื้นที่ตัวอย่าง (GISTDA, 2009) ดังนี้

- เลือกพื้นที่ตัวอย่างที่เป็นตัวแทนการใช้ประโยชน์ที่ดินทุกประเภทในพื้นที่ศึกษา อ้างอิงตามกรมแผนที่ดิน (Land Development Department, 2012) เช่นเดียวกับข้อ 1
- เลือกพื้นที่ตัวอย่างของการใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละประเภทให้กระจายทั่วพื้นที่ศึกษา
- เลือกจำนวนจุดภาพต่อตัวอย่างการใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละประเภทให้มีจำนวนมากกว่า 30 จุดภาพขึ้นไป เพื่อให้มีตัวแทนทางสถิติที่มีลักษณะเป็นการกระจายแบบปกติ ซึ่งจัดเก็บในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เป็นรูปหลายเหลี่ยม (polygon) แบบเวกเตอร์ (vector) ครอบคลุมจุดภาพที่ต้องการ
- เลือกพื้นที่ตัวอย่างที่มีลักษณะสีและเนื้อเดียวกัน (homogeneous) เพื่อเป็นตัวอย่างข้อมูลที่ดี

1) การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินแบบกำกับดูแล (supervised classification) เป็นการจำแนกประเภทข้อมูลทีเลือกพื้นที่ตัวอย่างเป็นผู้กำหนดลักษณะข้อมูลแก่เครื่องเอง และเป็นส่วนหนึ่งของการวิเคราะห์ข้อมูลภาพเชิงจุดภาพ (pixel-based image analysis) (Ongsomwang, 2016) ในการศึกษาครั้งนี้เลือกขั้นตอนวิธีการจำแนกแบบอิงพารามิเตอร์ (parametric) รูปแบบการจำแนกประเภทข้อมูลภาพแบบความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด (maximum likelihood) ซึ่งเป็นวิธีที่ให้ค่าความถูกต้องและเป็นที่ยอมรับมากที่สุดแต่ใช้เวลาในการคำนวณมากเมื่อเทียบกับวิธีอื่น ๆ มีหลักการทำงานคือ คำนวณเวกเตอร์เฉลี่ย ค่าแปรปรวน และค่าสหสัมพันธ์ของช่วงคลื่นที่นำมาใช้ในการจำแนกของชั้นข้อมูลจากพื้นที่ตัวอย่าง โดยคำสั่งสำหรับการจำแนกประเภทข้อมูลภาพ คือ SCP plugin ซึ่งเป็นอุปกรณ์เสริมจากโปรแกรม QGIS versions 3.28 (Jensen, 1986; GISTDA, 2009; Lakshmi and Priti, 2015; Lillesand *et al.*, 2015; Rimal *et al.*, 2020) โดยที่วิธี maximum likelihood ภายในคำสั่ง SCP plugin มีสมการฟังก์ชันสำหรับการจำแนกข้อมูลค่าความทุกจุดภาพ ของ Richards and Jia (2006) (สมการที่ 1) ดังนี้

$$g_k(x) = \ln p(C_k) - \frac{1}{2} \ln |\Sigma_k| - \frac{1}{2} (x - y_k)^t \Sigma_k^{-1} (x - y_k) \quad (1)$$

เมื่อ C_k คือ คลาสของการปกคลุมดินของพื้นที่ k
 x คือ เวกเตอร์จุดภาพของลายเซ็นแต่ละคลาส
 $p(C_k)$ คือ ความน่าจะเป็นที่ชั้นข้อมูลที่ต้องการคือ C_k
 $|\Sigma_k|$ คือ ค่าดีเทอร์มิแนนต์ของเมทริกซ์ความสัมพันธ์ของข้อมูลในคลาส C_k
 Σ_k^{-1} คือ ค่าตรงกันของเมทริกซ์ความสัมพันธ์
 y_k คือ เวกเตอร์ลายเซ็นช่วงคลื่นของคลาส k
 โดยที่ $x \in C_k \leftrightarrow g_k(x) > g_j(x) \forall k \neq j$

2) การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องแบบ Random forest เป็นวิธีการที่ได้รับความนิยมในปัจจุบัน จัดอยู่ในประเภทของแบบ Non-linear และ Supervised learning ซึ่งเป็นการสุ่มข้อมูลจุดภาพจากพื้นที่ตัวอย่างแต่ละประเภท เพื่อสร้างเป็นต้นไม้ตัดสินใจเปรียบเสมือนป่าที่มีต้นไม้จำนวนมาก โดยแต่ละต้นไม้รูปแบบการสุ่มที่ไม่ซ้ำกัน กลุ่มป่าที่ได้รับคะแนนโหวตสูงสุดจะถูกเลือกให้เป็นกลุ่มที่ได้รับความนิยมมากที่สุด (Sanguansat, 2019; Dias *et al.*, 2021; Ali *et al.*, 2022; JavaTpoint, 2022) โดยใช้คำสั่งที่ใช้ในการจำแนกประเภทข้อมูลภาพ คือ Dzetsaka plugin ซึ่งเป็นอุปกรณ์เสริมที่มีความโดดเด่น และมีคุณสมบัติในการจัดหมวดหมู่ที่มีประสิทธิภาพ ของโปรแกรม QGIS versions 3.28 ที่ถูกพัฒนาขึ้นโดย Nicolas Karasiak (Karasiak and Perbet, 2018; Karasiak, 2021) ซึ่งใช้ภาษา Python ในสร้างการคำนวณการจำแนกของจุดภาพ ดังสมการที่ 2

```
e.g.: dict(n_estimators
=**np.arange(4,10),max_features=[5,10,20,30,40],min_samples_split=range(2,6))
```

(2)

โดยที่ $n_estimators$ คือ ค่าเริ่มต้นเป็นรายการของจำนวนต้นไม้ในโมเดลที่จะทดสอบ

$np.arange$ คือ ฟังก์ชันที่จะสร้างรายการของเลขยกกำลังสองเพื่อใช้เป็นจำนวนต้นไม้ที่จะทดลองในการสร้างโมเดล

$max_features$ คือ ค่าเริ่มต้นเป็นรายการของจำนวนคุณลักษณะสูงสุดที่ถูกใช้ในการดูความสำคัญจากข้อมูลในแต่ละโหนดของต้นไม้

$min_samples_split$ คือ ค่าเริ่มต้นเป็นช่วงของจำนวนตัวอย่างขั้นต่ำที่จะเป็นในการแยกโหนดของต้นไม้

3) การตกแต่งข้อมูลหลังการวิเคราะห์ (post classification operation) ของการจำแนกประเภทข้อมูลแบบกำกับดูแลด้วยวิธี Maximum likelihood และการเรียนรู้ของเครื่องแบบ Random forest ซึ่งใช้การกรองข้อมูล (filtering) ด้วยเทคนิคแทนค่าจุดภาพที่แตกต่างให้เหมือนกับจุดภาพโดยรอบ โดยใช้ขนาดจุดภาพ 5x5 จุดภาพ เพื่อคัดกรองจุดภาพขนาดเล็กที่มีข้อมูลไม่สอดคล้องกับความเป็นจริงในภูมิประเทศ

การประเมินความถูกต้องของการจำแนกประเภทข้อมูล

การคำนวณหาจุดตรวจสอบความถูกต้องภาคสนาม โดยใช้สมการคำนวณของ Congalton and Green (2019) กำหนดให้โอกาสที่จะเกิดความถูกต้องเท่ากับร้อยละ 85 (Anderson, 1971) และความคลาดเคลื่อนจากการสุ่มยอมรับได้ไม่เกินร้อยละ 10 ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 90 (สมการที่ 3) ในการกำหนดจุดตรวจสอบเนื่องจากการจำแนก

ประเภทข้อมูลหลายรูปแบบ จึงทำการคำนวณเทียบสัดส่วนพื้นที่ในแต่ละประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินจากการแปลตีความด้วยสายตาเพียงข้อมูลเดียว และใช้การสุ่มแบบชั้นภูมิ (stratified random sampling) สุ่มจุดตรวจสอบที่คำนวณได้กระจายให้ครอบคลุมการใช้ประโยชน์ที่ดินทั้ง 5 ประเภทของเขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก

$$n = \frac{z^2(p)(q)}{e^2} \quad (3)$$

โดยที่ n คือ จำนวนจุดตรวจสอบที่เหมาะสม

p คือ โอกาสที่จะเกิดความถูกต้อง (มีค่าระหว่าง 0-1 ดังนั้นค่า $p = 0.85$)

q คือ โอกาสที่จะเกิดความผิดพลาด (มีค่าเท่ากับ $1-p$ ดังนั้นค่า $q = 0.15$)

z คือ ค่ามาตรฐาน (มีค่าเท่ากับ 1.65)

e คือ ค่าความคลาดเคลื่อนจากการสุ่มยอมรับได้ไม่เกินร้อยละ 10 (ที่ระดับความเชื่อมั่น 90% ดังนั้นค่า $e = 0.1$)

ประเมินความถูกต้องของการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยใช้ตาราง Error matrix (Story and Congalton, 1986) โดยแบ่งเป็นการประเมินความถูกต้องของการจำแนกโดยรวม (overall accuracy) การประเมินความถูกต้องของผู้ใช้ (user's accuracy) การประเมินความถูกต้องของผู้ผลิต (producer's accuracy) และค่าสถิติแคปปา (Kappa statistics) เป็นการประเมินตารางความคลาดเคลื่อนโดยใช้ค่าสถิติอธิบายความสอดคล้องกันของชุดข้อมูลสองชุดที่ได้จากการจำแนกโดยตรง (Altman, 1991) โดยผลลัพธ์จากตาราง Error matrix จะพิจารณาร้อยละของผลลัพธ์แต่ละค่าความถูกต้อง หากร้อยละความถูกต้องสูง ถือว่าการจำแนกประเภทนั้นมีความถูกต้องของข้อมูลสูง และค่าสถิติแคปปาเป็นค่าความสอดคล้องของข้อมูล สามารถแบ่งได้ 6 ช่วง (Table 1) (Landis and Koch, 1977)

Table 1 Benchmarks for Kappa statistic values

Kappa Statistic	Strength of Agreement
< 0.00	Poor
0.00–0.20	Slight
0.21–0.40	Fair
0.41–0.60	Moderate
0.61–0.80	Substantial
0.81–1.00	Almost perfect

Source: Landis and Koch (1977)

เปรียบเทียบผลลัพธ์ของการแปลตีความการใช้ประโยชน์ที่ดิน

เปรียบเทียบผลลัพธ์การจำแนกประเภทข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณเขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก ระหว่างการแปลตีความการใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยสายตา แบบกำกับดูแลด้วยวิธี Maximum likelihood และเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องแบบ Random forest โดยใช้เทคนิคซ้อนทับด้วยโปรแกรม QGIS เพื่อพิจารณาความแตกต่างในเชิงพื้นที่ จากนั้นวิเคราะห์ผลลัพธ์ความถูกต้องในการจำแนกประเภทข้อมูลทั้ง 5 ประเภท การใช้ประโยชน์ที่ดินที่ตรงกันระหว่างผลลัพธ์การแปลตีความการใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยสายตา ซึ่งเป็นข้อมูลหลัก เปรียบเทียบกับการจำแนกประเภทข้อมูลแบบกำกับดูแลด้วยวิธี Maximum likelihood และเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องแบบ Random forest

ผลและวิจารณ์

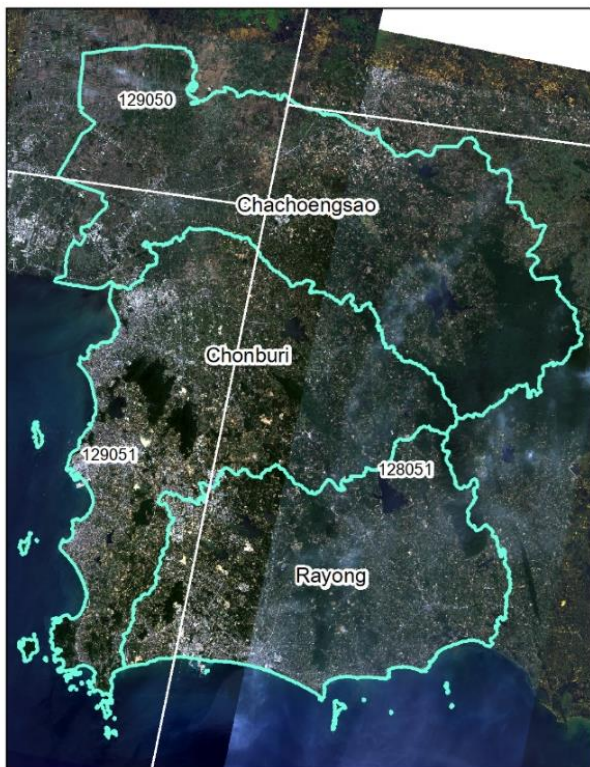
การจำแนกประเภทข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน

การเลือกข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมให้ครอบคลุมพื้นที่เขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก ซึ่งพื้นที่มีขนาดใหญ่จำเป็นต้องใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมทั้งหมด 3 ภาพ ได้แก่ Path 128 Row 51 Path 129 Row 50 และ Path 129 Row 51 ดังนั้นการคัดเลือก

ภาพถ่ายดาวเทียมควรเลือกข้อมูลที่มีการบันทึกภาพในช่วงเวลาที่ใกล้เคียงกัน และเพื่อลดความคลาดเคลื่อนจากการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินปัจจัยระยะการปกคลุมของเมฆก็มีส่วนสำคัญ จึงคัดเลือกข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมในช่วงเดือนตุลาคม-ธันวาคม พ.ศ.2565 เนื่องจากหลีกเลี่ยงช่วงการทิ้งใบของพืชพรรณ รวมถึงลักษณะพื้นที่อยู่ติดกับทะเล จึงควรหลีกเลี่ยงช่วงที่เกิดพายุฝนฟ้าคะนอง ซึ่งผลลัพธ์การคัดเลือกข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม (Figure 2) ดังนี้

- 1) ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 9 ระบบบันทึกข้อมูล OLI-2 Path 128 Row 51 บันทึกภาพวันที่ 8 พฤศจิกายน พ.ศ. 2565 มีร้อยละการปกคลุมของเมฆ เท่ากับ 6.62 และมีค่า Geometric RMSE Model เท่ากับ 6.56 เมตร
- 2) ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 9 ระบบบันทึกข้อมูล OLI-2 Path 129 Row 50 บันทึกภาพวันที่ 30 ตุลาคม พ.ศ. 2565 มีร้อยละการปกคลุมของเมฆ เท่ากับ 1.02 และมีค่า Geometric RMSE Model เท่ากับ 6.54 เมตร
- 3) ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 9 ระบบบันทึกข้อมูล OLI-2 Path 129 Row 51 บันทึกภาพวันที่ 30 ตุลาคม พ.ศ. 2565 มีร้อยละการปกคลุมของเมฆ เท่ากับ 1.71 และมีค่า Geometric RMSE Model เท่ากับ 6.58 เมตร

True Color Composites (Bands 4 3 2)



False Color Infrared (Bands 5 4 3)

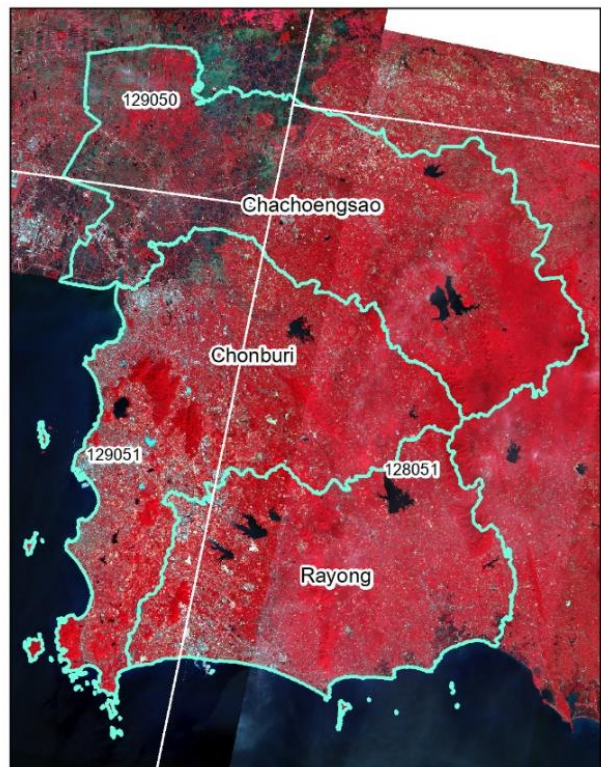


Figure 2 Landsat 9 satellite imagery covering Eastern Economic Corridor area based on OLI-2 data recorded for Path 128 Row 51 (128051), Path 129 Row 50 (129050) and Path 129 Row 51 (129051)

การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องแบบ Random forest สามารถจำแนกพื้นที่ป่าไม้ พื้นที่เกษตรกรรม และพื้นที่เบ็ดเตล็ด ได้น้อยที่ใกล้เคียงกับการแปลตีความด้วยสายตา และการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินแบบกำกับดูแลด้วยวิธี Maximum likelihood สามารถจำแนกพื้นที่แหล่งน้ำ รวมถึงพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้างได้น้อยที่ใกล้เคียงกับการแปลตีความด้วยสายตา เนื่องจากเป็นลักษณะของการวิเคราะห์เชิงจุดภาพที่มีเป้าหมายเพื่อแบ่งแยกทางภายนอกของ

ประเภทเอกพันธ์ที่ปรากฏภายใน (Ongsomwang, 2016) ซึ่งทั้งพื้นที่แหล่งน้ำ และพื้นที่ชุมชนและสิ่งก่อสร้าง มีลักษณะของค่าเลขดิจิทัลของจุดภาพที่มีความเป็นเอกลักษณะสูงกว่าการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทอื่น ทำให้การจำแนกประเภทแบบกำกับดูแลด้วยวิธี Maximum likelihood จึงมีประสิทธิภาพมากกว่าการจำแนกด้วยเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องแบบ Random forest (Table 2)

Table 2 Results of land use classification in ECC using different classification techniques

Unit: km ²			
Land use class	Visual interpretation	Maximum likelihood	Random forest
Forest	1,633.60	2,970.74	1,975.35
Water body	520.02	204.55	190.37
Agricultural	8,557.47	7,504.52	7,762.25
Urban and built-up	1,984.48	2,430.72	3,164.98
Miscellaneous	647.46	232.50	250.08
Total	13,343.03	13,343.03	13,343.03

อย่างไรก็ดี การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยคอมพิวเตอร์จะเกิดความผิดพลาด ซึ่งเกิดจากภาพดาวเทียม Landsat 9 Path 128 Row 51 บันทึกภาพวันที่ 8 พฤศจิกายน พ.ศ. 2565 ที่มีเมฆปกคลุมบางๆ บนภาพดาวเทียม ทำให้การค่าการสะท้อนแสงของวัตถุที่ส่งกลับไปยังทีกบนดาวเทียม

และแปลงเปลี่ยนเป็นค่าเลขดิจิทัลที่บรรจุในจุดภาพเกิดความผิดพลาดได้ จึงทำให้ภาพผลลัพธ์คล้ายกับมีเส้นแบ่งในแนวทแยงจากมุมบนขวามือมายังมุมล่างซ้ายมือของเขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก (Figure 3)

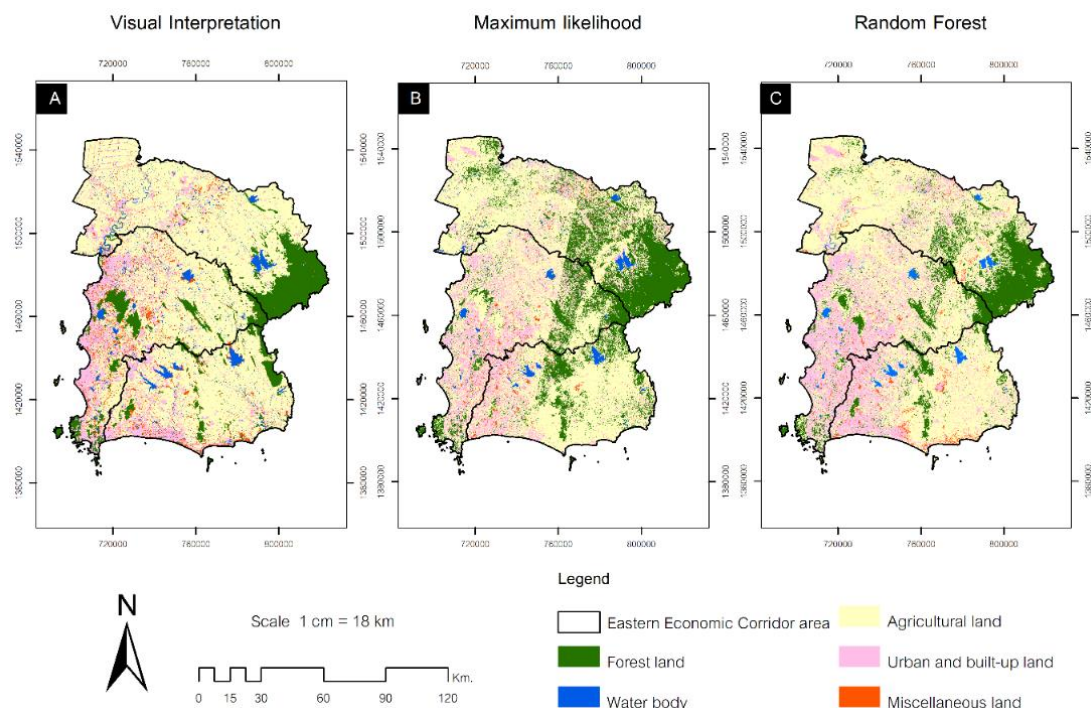


Figure 3 Classification maps of land use types, where visual interpretation technique (subfigure A) resulted in the highest overall accuracy on Landsat 9 satellite data. Other techniques were (B) maximum likelihood; and (C) random forest algorithm

การประเมินความถูกต้องของการจำแนกประเภทข้อมูล

การคำนวณจุดตรวจสอบภาคสนาม จะได้จุดตรวจสอบความถูกต้องภาคสนามจากการคำนวณเท่ากับ 34.71 จุด ผลการคำนวณหากเป็นทศนิยมให้ปัดเศษขึ้น ดังนั้นจำนวนในการตรวจสอบความถูกต้องภาคสนามมีจำนวนไม่น้อยกว่า 35 จุด และลงพื้นที่ตรวจสอบเมื่อวันที่ 6-8 มีนาคม พ.ศ. 2566 รวมถึงประเมินความถูกต้องโดยใช้ตาราง Error matrix พบว่าการแปลตีความด้วยสายตามีค่าความถูกต้องโดยรวมสูงที่สุด คิดเป็นร้อยละ 97.30 ค่าสถิติแคปปาเท่ากับ 0.91 รองลงมา

ได้แก่ เทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องแบบ Random forest มีค่าความถูกต้องโดยรวมร้อยละ 67.57 ค่าสถิติแคปปาเท่ากับ 0.45 และการจำแนกประเภทข้อมูลแบบกำกับดูแลด้วยวิธี Maximum likelihood มีค่าความถูกต้องโดยรวมร้อยละ 64.86 ค่าสถิติแคปปาเท่ากับ 0.40 โดยค่าสถิติแคปปาของการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยคอมพิวเตอร์ทั้งสองรูปแบบมีค่าความสอดคล้องสูงที่สุดอยู่ในเกณฑ์ปานกลาง ซึ่งต่างจากการแปลตีความด้วยสายตาที่มีค่าความสอดคล้องอยู่ในเกณฑ์สูงมาก (Table 3)

Table 3 Accuracy assessment of three classification methods used to distinguish land use types based on Landsat 9 image data

Classification Method	Overall Accuracy (%)	Kappa Statistic	Strength of Agreement
Visual interpretation	97.30	0.91	Almost Perfect
Maximum likelihood	64.86	0.40	Fair
Random forest	67.57	0.45	Moderate

จาก Table 3 ผลการศึกษาร้อยละความถูกต้องโดยรวมของพื้นที่เขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก พบว่า เทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องแบบ Random forest มีร้อยละความถูกต้องโดยรวมสูงกว่าแบบกำกับดูแลด้วยวิธี Maximum likelihood สำหรับการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยคอมพิวเตอร์ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Potic' and Potic' (2017) ที่ระบุว่า เทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องแบบ Random forest สามารถตรวจวัดความเครียดด้านสิ่งแวดล้อม บริเวณ Pan-European South Section of Corridor 10 ในประเทศเซอร์เบีย โดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2A มีความแม่นยำมากที่สุด และการศึกษาของ Talukdar *et al.* (2020) ได้ทำการศึกษการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยการเรียนรู้ของเครื่องจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 โดยใช้อัลกอริทึมทั้งหมด 6 รูปแบบ พบว่า เทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องแบบ Random forest มีค่าความถูกต้องโดยรวมและค่าสถิติแคปปาสูงที่สุด เหมาะสมกับแบบจำลองการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินสำหรับพื้นที่ที่มีพลวัตสูง นอกจากนี้การศึกษานี้ของ Loukika *et al.* (2021) ที่ศึกษาการนำอัลกอริทึมของการเรียนรู้ของเครื่องสำหรับวิเคราะห์การใช้ประโยชน์ที่ดิน ด้วยโปรแกรม Google Earth Engine บริเวณลุ่มน้ำ Munneru ประเทศอินเดีย จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 และ Sentinel-2 พบว่า เทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องแบบ Random forest มีความแม่นยำสูงที่สุด ซึ่งการจำแนกประเภทข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 มีค่าความถูกต้องโดยรวม คิดเป็นร้อยละ 94.85 และข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2 มีค่าความถูกต้องโดยรวม คิดเป็นร้อยละ 95.80

การเปรียบเทียบผลลัพธ์ของการแปลตีความการใช้ประโยชน์ที่ดิน

จาก Figure 4 แสดงการเปรียบเทียบผลลัพธ์ของการแปลตีความการใช้ประโยชน์ที่ดิน บริเวณเขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก พบว่า เทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องแบบ Random forest มีผลลัพธ์ความถูกต้องในการจำแนกประเภทข้อมูลทั้ง 5 ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ตรงกับการแปลตีความด้วยสายตา เท่ากับ 8,441.25 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 63.26 ของพื้นที่เขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก ซึ่งมีผลลัพธ์ความถูกต้องมากกว่าการจำแนกประเภทข้อมูลแบบกำกับด้วยวิธี Maximum likelihood ที่มีผลลัพธ์ความถูกต้องเท่ากับ 7,430.66 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 56.04 ของพื้นที่เขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก ซึ่งทั้งสองรูปแบบมีจำนวนพื้นที่ที่สามารถจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ตรงกับการแปลตีความด้วยสายตาแตกต่างกัน เท่ากับ 1,010.59 ตารางกิโลเมตร โดยพื้นที่เกษตรกรรมและพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้างเป็นพื้นที่ส่วนใหญ่ที่มีความแตกต่างของผลลัพธ์ความถูกต้องสูง เนื่องจากเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องแบบ Random forest สามารถจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณพื้นที่ที่มีเมฆบาง ๆ ปกคลุมของภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 9 Path 128 Row 51 ซึ่งส่วนใหญ่เป็นพื้นที่เกษตรกรรมและพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้างได้ดีกว่าการจำแนกประเภทข้อมูลแบบกำกับด้วยวิธี Maximum likelihood

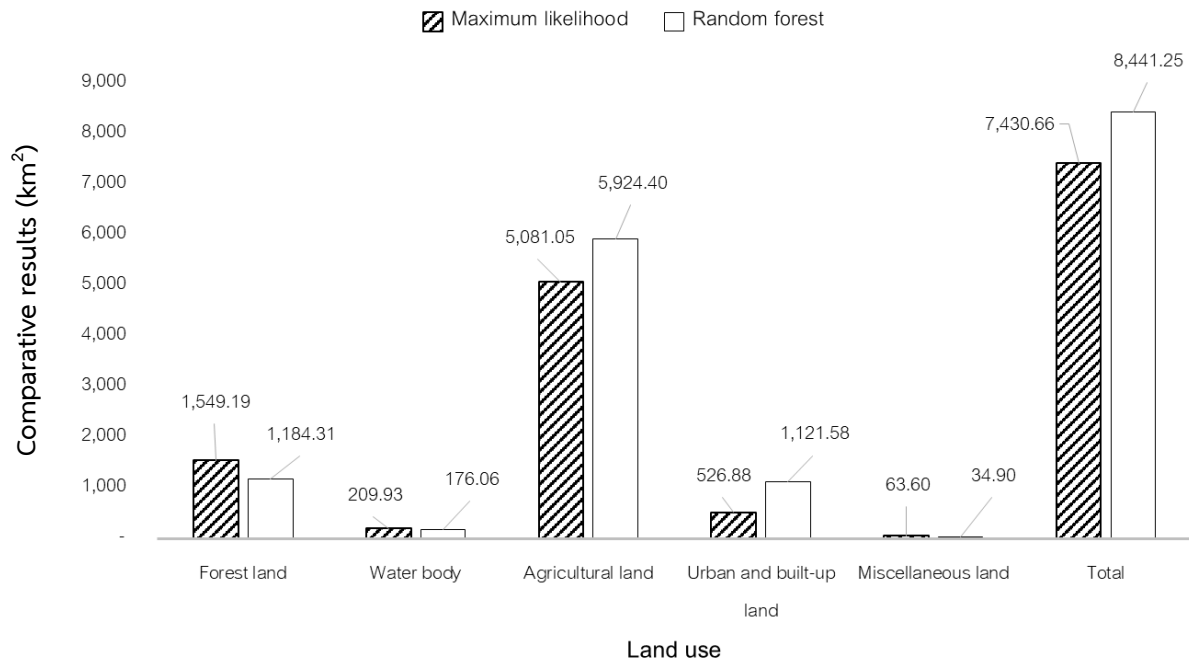


Figure 4 Comparison of two classification methods with results of visual interpretation technique

สรุปและข้อเสนอแนะ

การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่เขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก โดยใช้เทคนิคการแปลตีความด้วยสายตา การจำแนกประเภทข้อมูลแบบกำกับดูแลด้วยวิธี Maximum likelihood และเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องแบบ Random forest ซึ่งกำหนดรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดิน 5 ประเภท ได้แก่ พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่แหล่งน้ำ พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่ชุมชน และสิ่งปลูกสร้าง และพื้นที่เบ็ดเตล็ด พบว่า เทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องแบบ Random forest มีความแม่นยำสูงที่สุดสำหรับการจำแนกประเภทข้อมูลด้วยคอมพิวเตอร์ นอกจากนี้ การแปลตีความด้วยสายตามีความสอดคล้องมากที่สุดกับเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องแบบ Random forest ที่สามารถจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทพื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง และพื้นที่เบ็ดเตล็ด ซึ่งแตกต่างจากการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทพื้นที่ป่าไม้ และพื้นที่แหล่งน้ำที่มีความสอดคล้องกับการจำแนกประเภทข้อมูลแบบกำกับดูแลด้วยวิธี Maximum likelihood มากที่สุด

มีข้อเสนอแนะเกี่ยวกับหลักการวิเคราะห์ข้อมูลจากภาพดาวเทียมจะใช้ค่าการสะท้อนแสงของวัตถุเป็นปัจจัยที่ใช้ในจำแนกประเภทข้อมูล ซึ่งการเลือกข้อมูลภาพดาวเทียมในพื้นที่ศึกษาขนาดใหญ่ที่ต้องใช้ภาพดาวเทียมมากกว่าหนึ่งภาพ ค่าร้อยละการปกคลุมเมฆของภาพดาวเทียมที่ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมดควรใกล้เคียงกัน เพื่อป้องกันความผิดพลาดอย่างเป็นระบบในการจำแนกประเภท

คำนิยาม

ผู้วิจัยขอขอบคุณทุกหน่วยงานสำหรับข้อมูลสนับสนุนในการศึกษาครั้งนี้ และขอขอบพระคุณอาจารย์ภาควิชา การจัดการป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สำหรับการให้คำแนะนำด้านการวิเคราะห์ข้อมูลภาพดาวเทียม และผลักดันให้เกิดการเผยแพร่งานวิจัยมา ณ โอกาสนี้

REFERENCES

- Altman, D.G. 1991. **Practical Statistics for Medical Research**. Chapman and Hall, London, UK.
- Ali, U., Esau, T.J., Farooque, A.A., Zaman, Q.U., Abbas, F., Bilodeau, M.F. 2022. Limiting the collection of ground truth data for land use and land cover maps with machine learning algorithms. **ISPRS International Journal of Geo-Information**, 11(6): 333. doi:10.3390/ijgi11060333
- Anderson, J.R. 1971. Land use classification schemes used in selected recent geographic applications of remote sensing. **Photogrammetric Engineering**, 37(4): 379-387.
- Congalton, R., Green, K. 2019. **Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Practices 3rd ed.** New York, USA.
- Dias, H.C., Sandre, L.H., Alarcón, D.A.S., Grohmann, C.H., Quintanilha, J.A. 2021. Landslide recognition using SVM, random forest, and

- maximum likelihood classifiers on high-resolution satellite images: A case study of Itaóca, Southeastern Brazil. **Brazilian Journal of Geology**, 51(4): e20200105.
- Geo-Informatics and Space Technology Development Agency (GISTDA). 2009. **Space Technology and Geo-informatics**. Amarin Corporations Public Company Limited, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Ihlen, V. 2019. **Landsat 8 (L8) Data Users Handbook**. U.S. Geological Survey: Sioux Falls, South Dakota, USA.
- JavaTpoint. 2022. **Random Forest Algorithm**. <https://www.javatpoint.com/machine-learning-random-forest-algorithm>, 10 June 2022.
- Jensen, J.R. 1986. **Introductory Digital Image Processing**, Prentice-Hall, New Jersey, USA.
- Karasiak, N. 2021. **Dzetsaka Qgis Classification Plugin**. <https://github.com/nkarasiak/dzetsaka>, 19 July 2021.
- Karasiak, N., Perbet, P. 2018. Remote sensing of distinctive vegetation in Guiana Amazonian Park. **QGIS and Applications in Agriculture and Forest**, 2: 215-245. doi:10.1002/9781119457107.ch7
- Khunrattanasiri, W. 2020. **Satellite Imagery for Forest Resource Survey**. Department of Forest Management, Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Lakshmi, N.K., Priti, N. 2015. Multi-temporal land use classification using hybrid approach. **The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science**, 18(2), 289-295. doi:10.1016/j.ejrs.2015.09.003
- Land Development Department. 2012. **Land Use Classification**. Office of Soil Survey and Land Use Planning, Land Development Department, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Land Development Department. 2020. **Land Use Conditions Report for the Year 2020**. Land Development Department, Ministry of Agriculture and Cooperatives, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Land Development Department. 2021. **Land Use Conditions Report for the Year 2021**. Land Development Department, Ministry of Agriculture and Cooperatives, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Lillesand, T.M., Kiefer, R.W., Chipman, J.W. 2015. **Remote Sensing and Image Interpretation**, 7th ed. John Wiley and Sons, Inc., USA.
- Landis, R.J., Koch, G.G. 1977. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, 33(1), 159-174. doi:<https://doi.org/10.2307/2529310>
- Loukika, K.N., Keesara, V.R., Sridhar, V. 2021. Analysis of land use and land cover using machine learning algorithms on Google Earth engine for Munneru River Basin, India. **Sustainability**, 13(24): 13758. doi:10.3390/su132413758
- Office of the Prime Minister. 2019. National strategy 2018-2037. **Government Gazette**. vol.136, Part 51. (dated April 18, 2019). Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Ongsomwang, S. 2016. **Remote Sensing System and Digital Image Analysis**. Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima, Thailand. (in Thai)
- Potić, I., Potić, M. 2017. Remote sensing machine learning algorithms in environmental stress detection: Case study of Pan-European south section of corridor 10 in Serbia. **University thought-Publication in Natural Sciences**, 7(2): 41-46. doi:10.5937/univtho7-14957
- Richards, J.A., Jia, X. 2006. **Remote Sensing Digital Image Analysis: An Introduction**. Germany: Springer, Berlin, Germany.
- Rimal, B., Rijal, S., Kunwar, R. 2020. Comparing support vector machines and maximum likelihood classifiers for mapping of urbanization. **Journal of the Indian Society of Remote Sensing**, 48(1), 71-79. doi:10.1007/s12524-019-01056-9
- Sanguansat, P. 2019. **Artificial Intelligence with Machine Learning AI**. IDC Premier Co., Ltd, Nonthaburi, Thailand. (in Thai)
- Saraubon, K. 2020. **Learn Data Science AI: Machine Learning with Python**. Horsom Media Network, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Sayler, K. 2022. **Landsat 9 Data Users Handbook**. U.S. Geological Survey: Sioux Falls, South Dakota, USA.
- Secretariat of the House of Representatives. 2017. **Eastern Economic Corridor (EEC): New Hope for Thailand's Sustainable Economic Growth**. https://www.parliament.go.th/ewtadmin/ewt/parliament_parcy/ewt_dl_link.php?nid=45250, 10 June 2022. (in Thai)

- Story, M., Congalton, R. 1986. Accuracy assessment: A user's perspective. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, 52(3): 397-399.
- Talukdar, S., Singha, P., Mahato, S., Shahfahad; Pal, S., Liou, Y.A. 2022. Rahman, a land-use land-cover classification by machine learning classifiers for satellite observations-a review. **Remote Sensing**, 12: 1135. doi:10.3390/rs12071135
- Thai Government. 2018. Eastern special development zone act B.E. 2561 (2018). **Government Gazette**. vol.135, Part 34. (dated May 14, 2018). Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Tontisirin, N., Anantsuksomsri, S. 2021. Economic development policies and land use changes in Thailand: From the Eastern Seaboard to the Eastern Economic Corridor. **Sustainability**, 13(11), 6153. doi:10.3390/su13116153
- Wettasin, M., Chaiyarat, R., Youngpoy, N., Jieychien, N., Sukmasuang, R., Tanhan, P. 2023. Environmental factors induced crop raiding by wild Asian elephant (*Elephas maximus*) in the Eastern Economic Corridor, Thailand. **Scientific Reports**, 13(1): 13388. doi:10.1038/s41598-023-40070-3
-

นิพนธ์ต้นฉบับ

การพัฒนาระบบเก็บข้อมูลพรรณไม้เพื่อการจัดการพื้นที่สีเขียว
และการอนุรักษ์รุกขมรดกในพื้นที่เขตพระนคร

Development of a Tree Data Collection System for Green Space Management and
Conservation of Heritage Trees in the Phra Nakhon District

เอกชัย พุมดวง¹Ekachai Phumduang¹ยุสนีย์ โสมทัต^{1*}Yussanee Sommathat^{1*}จิตชิน จิตติสุขพงษ์²Jitchin Jittisukaphong²¹กลุ่มวิชาภูมิศาสตร์ คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต เขตดุสิต กรุงเทพฯ 10300¹Department of Geography, Faculty of Humanity and Social Sciences, Suan Dusit University, Dusit, Bangkok, 10300, Thailand²หลักสูตรบรรณารักษ์และสารสนเทศศาสตร์ คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต เขตดุสิต กรุงเทพฯ 10300²Library and Information Science Program, Faculty of Humanity and Social Sciences, Suan Dusit University, Dusit, Bangkok, 10300, Thailand

*Corresponding Author, E-mail: yussanee_som@dusit.ac.th

รับต้นฉบับ 24 มีนาคม 2567

รับแก้ไข 28 พฤษภาคม 2567

รับลงพิมพ์ 4 มิถุนายน 2567

ABSTRACT

The research used a study area in Phra Nakhon district: 1) to develop a system for a tree database; 2) to collect tree data; and 3) to develop guidelines for managing green spaces and conserving heritage trees. The tree database system was developed using Google Form applications, with the interface using Google Sheets that could be accessed via a smartphone. The developed system allows the administrator to add, delete, edit, check data displays and easily manage the tree data. Tree data collection on 9 roads in Phra Nakhon district identified 1,243 trees in 17 tree species. The top-5 tree species were: *Pterocarpus macrocarpus*, *Tamarindus indica*, *Lagerstroemia macrocarpa*, *Tabebuia rosea* and *Mimusops elengi*. The numbers of trees identified by road name were: Ratchadamnern 710 trees (57.21%), Krung Kasem 125 trees (10.06%), Phra Athit 116 trees (9.33%), Prachathipatai 97 trees (7.80%) Phra Sumen 52 Trees (4.18%), Phra Chan 42 trees (3.38%), Tanao 39 trees (3.14%), Samsen 37 trees (2.98%) and Fueangnakorn 25 trees (2.01%). Trees suitable for conservation as heritage trees in the Phra Nakhon district were the Ironwood tree (*Hopea odorata*) near Klong Lhord, Ratchabophit temple, and the Bodhi Tree (*Ficus religiosa*) in the grounds of the Chana Song Khram temple, which is a tree historically important to the community. The developed guidelines for managing green spaces included: a survey for tree safety; improving the landscape; coding each tree; and providing information about tree management through online network channels. Further research should consider developing a tree data collection system and a modernized tree database; study areas added to all 36 roads; and the creation of a route of heritage trees to assist with learning about the history and value of the trees.

Keywords: Tree data collection; Urban trees; Heritage trees; Management

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ในการวิจัยเพื่อ 1) พัฒนาระบบจัดเก็บฐานข้อมูลพรรณไม้ในเขตพระนคร 2) จัดเก็บฐานข้อมูลพรรณไม้ในเขตพระนคร 3) หาแนวทางอนุรักษ์รักษามรดกและการจัดการพื้นที่สีเขียวในเขตพระนคร ผลการวิจัยพบว่า ระบบเก็บข้อมูลพรรณไม้พัฒนาผ่านโปรแกรมประยุกต์ Google Form และส่วนต่อประสานบน Google Sheet สามารถใช้งานผ่านสมาร์ตโฟนที่ผู้ดูแลระบบสามารถเพิ่ม ลบ แก้ไข และตรวจสอบการแสดงผลข้อมูลและบริหารจัดการกับข้อมูลพรรณไม้ได้ง่าย ผลการจัดเก็บข้อมูลพรรณไม้ในถนน 9 สาย พบว่ามีต้นไม้จำนวน 1,243 ต้น พรรณไม้ที่พบ 17 ชนิด ชนิดที่พบ 5 อันดับแรก คือ ประดู่ มะขาม อินทนิล ชมพูพันธุ์ทิพย์ และ พิกุล ถนนที่มีจำนวนต้นไม้มากที่สุดคือ ถนนราชดำเนิน 710 ต้น (ร้อยละ 57.21) รองลงมาคือ กรุงเทพมหานคร 125 ต้น (ร้อยละ 10.06) พระอาทิตย์ 116 ต้น (ร้อยละ 9.33) ประชาธิปไตย 97 ต้น (ร้อยละ 7.80) พระสุเมรุ 2 ต้น (ร้อยละ 4.18) พระจันทร์ 42 ต้น (ร้อยละ 3.38) ตะนาว 39 ต้น (ร้อยละ 3.14) สามเสน 37 ต้น (ร้อยละ 2.98) และ เฟื่องนคร 25 ต้น (ร้อยละ 2.01) ผลการคัดเลือกรักษามรดก ได้แก่ ต้นตะเคียน ริมคลองหลอด หลังวัดพระราชาธิราช และต้นโพธิ์อายุกว่า 200 ปี ภายในวัดชนะสงคราม เป็นต้นไม้ที่มีความสำคัญและมีคุณค่าทางประวัติศาสตร์ และแนวทางในการจัดการพื้นที่สีเขียว คือ การสำรวจความปลอดภัยของต้นไม้ การปรับปรุงภูมิทัศน์ การจัดทำรหัสประจำต้นไม้ การมีเครือข่ายออนไลน์เพื่อแจ้งข่าวสารให้แก่ชุมชนข้อเสนอแนะในการวิจัย ควรมีจัดทำฐานข้อมูลพรรณไม้ให้เป็นระบบและทันสมัย และควรขยายพื้นที่ในการศึกษาในถนนของเขตพระนครทั้ง 36 เส้น และการจัดทำเส้นทางท่องเที่ยวรักษามรดกเพื่อให้นักท่องเที่ยวรู้จักความเป็นมาและเห็นคุณค่าของต้นไม้

คำสำคัญ: การเก็บข้อมูลพรรณไม้ ต้นไม้ในเมือง รักษามรดก การจัดการ

คำนำ

เป็นที่ทราบกันโดยทั่วไปว่าคุณประโยชน์ของป่าและต้นไม้ใหญ่ในเมืองมีส่วนช่วยให้เกิดภูมิทัศน์ที่ดี มีความสวยงาม นอกจากนี้ต้นไม้และพื้นที่สีเขียวยังมีส่วนช่วยในการลดมลพิษทางอากาศช่วยลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และช่วยเพิ่มก๊าซออกซิเจน ช่วยลดปรากฏการณ์เกาะความร้อน (urban heat island) การลดปริมาณการระบายน้ำฝนของเมือง ร่มเงาของต้นไม้ที่ช่วยกักเก็บน้ำยังส่งผลต่อการลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานในบ้านและอาคาร ความสวยงามของต้นไม้และธรรมชาติยังช่วยเพิ่มมูลค่าทางราคาแก่อสังหาริมทรัพย์ อาจกล่าวได้ว่าต้นไม้และพื้นที่สีเขียวช่วยบรรเทาปัญหาสิ่งแวดล้อมให้แก่เมืองได้มาก นอกจากนี้พื้นที่สีเขียวในเขตเมือง ยังเป็นหนึ่งในดัชนีชี้วัดความอยู่ดีมีสุข (well-being) ของคนเมือง ซึ่งเมืองที่ดีควรมีพื้นที่สีเขียวที่มีคุณภาพ ในปริมาณที่เหมาะสม และสามารถเข้าถึงได้โดยสะดวก ซึ่งการพัฒนาพื้นที่สีเขียวในชุมชนยังถือเป็นตัวชี้วัดหนึ่งที่สามารถบ่งบอกถึง คุณภาพชีวิตของประชาชนในชุมชน ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญของเมืองน่าอยู่ตามข้อกำหนดขององค์การอนามัยโลก อีกด้วย

เขตพระนคร เป็นเขตหนึ่งในเขตหนึ่งของกรุงเทพมหานคร มีพื้นที่ประมาณ 5.536 ตารางกิโลเมตร ในปี พ.ศ. 2524 คณะรัฐมนตรีมีมติให้เป็นเขตพื้นที่อนุรักษ์เมืองเก่า เรียกว่า เกาะรัตนโกสินทร์ ตามสภาพพื้นที่ที่เสมือนว่าเป็นเกาะด้วยมีแม่น้ำและคูคลองล้อมรอบ เขตพระนครมีความสำคัญทั้งในด้านเศรษฐกิจและ การปกครอง นอกจากนี้ยังเป็นที่ตั้งโบราณสถาน โบราณวัตถุ ศิลปวัฒนธรรมที่สำคัญของชาติที่สร้างอย่างประณีตบรรจง บ่งบอกเอกลักษณ์ ศิลปะของชาติไทยเป็นอย่างยิ่ง อีกทั้งเป็นศูนย์กลางของการศึกษา การค้า เศรษฐกิจ

ของประเทศ เขตพระนครมีจำนวนพื้นที่สีเขียวซึ่งเป็นสวนสาธารณะ สวนหย่อม พื้นที่ว่างซึ่งเป็นที่โล่งขนาดใหญ่เพื่อการนันทนาการ โดยมีพื้นที่สีเขียวกระจายอยู่ในพื้นที่เขต 133,902.08 ตารางเมตร (0.134 ตารางกิโลเมตร) เมื่อเทียบกับอัตราส่วนพื้นที่สีเขียวต่อประชากรของเขตพระนครพบว่า มีอัตราส่วน 3.11 ตารางเมตรต่อคน เท่านั้น (Bangkok Metropolitan Administration, 2020) โดยกรุงเทพมหานครได้มีแนวทางในการแก้ไขปัญหาดังกล่าว ด้วยการพัฒนากรุงเทพมหานครให้เป็นเมืองสีเขียวและเมืองน่าอยู่เป็น “มหานครน่าอยู่อย่างยั่งยืน” (sustainable metropolis) จากการศึกษาของ Arayanimitsakul (2015) เรื่องไม่ยืนต้นริมถนนและริมคลอง ในเขตกรุงรัตนโกสินทร์ ในสมัยรัชกาลที่ 5 ซึ่งพื้นที่เขตพระนครนั้นจะพบว่าเป็นแหล่งที่เต็มไปด้วยต้นไม้ใหญ่เก่าแก่ เหตุผลหนึ่งอาจเพราะฐานะที่เป็นเขตเมืองเก่านั้นเอง

จากการสัมภาษณ์ผู้ที่เกี่ยวข้องของเขตพระนครพบว่า ยังขาดการจัดเก็บข้อมูลทางด้านพรรณไม้ ต้นไม้ พื้นที่สีเขียวและรักษามรดก (heritage trees) หรือ ต้นไม้มรดกที่มีคุณค่าทั้งในด้านอายุ ความหายาก ขนาด สุนทรียศาสตร์ พฤษศาสตร์ นิเวศวิทยาและคุณค่าทางประวัติศาสตร์ รวมทั้งฐานข้อมูลพรรณไม้ของเขตพระนคร ยังมีข้อมูลยังกระจัดกระจายอยู่ตามหน่วยงานต่าง ๆ ไม่สะดวกในการค้นหา จากปัญหาดังกล่าวทำให้คณะผู้วิจัย เห็นความสำคัญในการพัฒนาระบบจัดเก็บฐานข้อมูลพรรณไม้ด้วยการจัดเก็บข้อมูลเกี่ยวกับพันธุ์ไม้ในพื้นที่เขตพระนครให้เป็นระบบโดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเข้ามาบริหารจัดการพื้นที่สีเขียวและอีกทั้งยังเป็นข้อมูลเพื่อการอนุรักษ์รักษามรดกซึ่งปัจจุบันหลายหน่วยงานมีการพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อจัดทำฐานข้อมูลให้ใช้งาน สะดวกและ

ถูกต้อง ทั้งยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับงานอื่น ๆ ได้อย่างหลากหลายมากขึ้น งานวิจัยในครั้งนี้ยังเป็นกระบวนการที่จะช่วยในการสร้างความรู้ในการจัดเก็บข้อมูลพรรณไม้และจิตสำนึกด้านการอนุรักษ์ให้แก่บุคคลที่เกี่ยวข้องในเขตพระนคร ตรงกับความต้องการของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย (stakeholder) ในพื้นที่ สามารถนำไปใช้ในการประเมินคุณค่าด้านสิ่งแวดล้อม ระบบนิเวศ การกระจายพันธุ์ หรือคุณค่าของต้นไม้เดิมที่มีความสำคัญและเกี่ยวเนื่องกับประวัติศาสตร์ของพื้นที่ในพื้นที่เขตพระนครได้ รวมทั้งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ทั้งการสร้างมูลค่าของพื้นที่ในฐานะแหล่งท่องเที่ยว เป็นฐานเพื่อการเรียนรู้ สำหรับ นักเรียน นักศึกษา นักวิจัย และผู้สนใจทั่วไป อันจะนำไปสู่การพัฒนาสิ่งแวดล้อมในเขตเมืองอย่างยั่งยืนต่อไป

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ คือ 1) เพื่อพัฒนาระบบจัดเก็บฐานข้อมูลพรรณไม้ในพื้นที่เขตพระนคร 2) เพื่อจัดเก็บฐานข้อมูลพรรณไม้ในพื้นที่เขตพระนคร และ 3) เพื่อสร้างแนวทางในการจัดการพื้นที่สีเขียวและการอนุรักษ์รุกขมรดกในพื้นที่เขตพระนคร

กรอบแนวคิดในการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้ มีกรอบแนวคิดในการวิจัย คือ

- 1) การใช้กระบวนการพัฒนาระบบฐานข้อมูลพรรณไม้ ซึ่งมีกระบวนการในการพัฒนา คือ การออกแบบระบบ การออกแบบฐานข้อมูล การออกแบบส่วนติดต่อประสานกับผู้ใช้ และ การพัฒนาระบบจัดเก็บและสืบค้น ซึ่งทำให้ได้ผลลัพธ์คือ ระบบจัดเก็บฐานข้อมูลพรรณไม้ และ
- 2) กระบวนการพัฒนาเครือข่ายและการมีส่วนร่วมของหน่วยงานภาครัฐ ประชาชน ภาคประชาสังคม และนักวิชาการ มีการดำเนินการ 2 ส่วนคือ การสร้างความรู้ให้แก่บุคคลที่เกี่ยวข้องในการจัดเก็บข้อมูลพรรณไม้ โดยมีเป้าหมายคือสามารถจัดเก็บข้อมูลพรรณไม้ เพื่อจัดทำฐานข้อมูลพรรณไม้ของเขตพระนครได้ และการสร้างแนวทางในการจัดการพื้นที่สีเขียวและการอนุรักษ์รุกขมรดก เป็นกระบวนการในการดำเนินการเพื่อให้เครือข่าย คือ เขตพระนคร ประชาชน ในชุมชน และภาคประชาสังคมในพื้นที่ คัดเลือกรุกขมรดกในพื้นที่และร่วมกันหาแนวทางในการแนวทางในการจัดการพื้นที่สีเขียวและการอนุรักษ์รุกขมรดกในเขตพระนคร ซึ่งจะนำไปสู่เป้าหมายสุดท้ายในการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้ คือ การจัดการพื้นที่สีเขียวและการอนุรักษ์รุกขมรดกในเขตพระนครนั่นเองตาม Figure 1

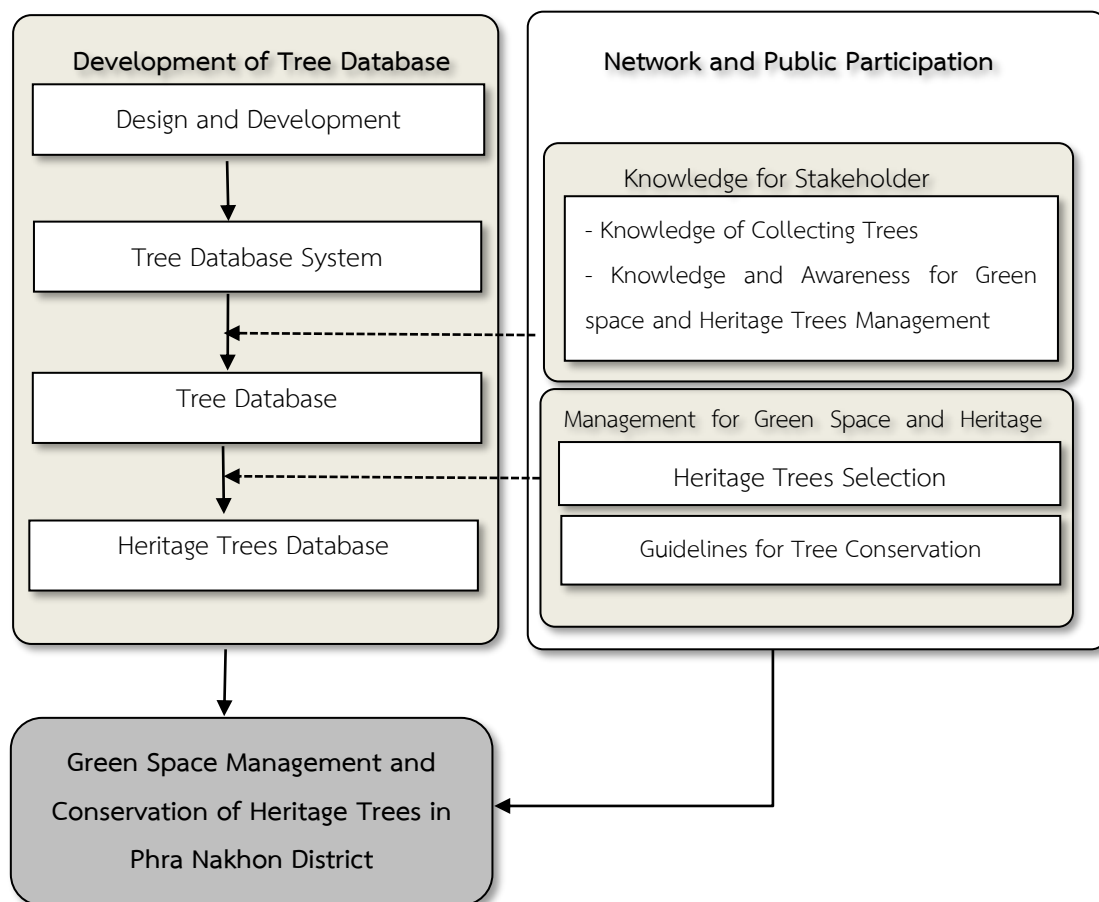


Figure 1 Conceptual framework

อุปกรณ์และวิธีการ

เครื่องมือในการวิจัย

เครื่องมือในการจัดทำฐานข้อมูลพรรณไม้ ได้แก่ เครื่องมือในห้องปฏิบัติการ ได้แก่ เครื่องคอมพิวเตอร์ ระบบปฏิบัติการ Windows และโปรแกรมสำเร็จรูป กล้องถ่ายรูป เครื่องพิมพ์

เครื่องมือสำรวจภาคสนาม ได้แก่ แผนที่ เครื่องวัดพิกัดทางภูมิศาสตร์ (GPS) ไคลโนมิเตอร์ (clinometer) เทปวัดระยะ สมุดบันทึกภาคสนาม

แบบสัมภาษณ์ ใช้ประกอบการสนทนากลุ่ม (focus group discussion) เพื่อ สำนวความต้องการข้อมูลในการสำรวจข้อมูลพรรณไม้ ความพร้อมของอุปกรณ์ในการจัดเก็บข้อมูลพรรณไม้ ความพร้อมของบุคลากรของเขตฯ ในการจัดเก็บข้อมูลพรรณไม้ และการกำหนดเขตข้อมูล (field) สำหรับจัดทำข้อมูลพรรณไม้

วิธีการในการดำเนินการวิจัย

การสำรวจและเก็บข้อมูลเบื้องต้น เพื่อกำหนดขอบเขตในการสำรวจข้อมูลพรรณไม้ของพื้นที่เขตพระนครด้วย

การใช้แผนที่ แผนที่ตัวเมืองกรุงเทพมหานคร (L9013S) มาตราส่วน 1/20,000 จากกรมแผนที่ทหาร ภาพถ่ายทางอากาศ ด้วยโปรแกรม Google Earth และโปรแกรม Google Map พบว่าเขตพระนคร มีอาณาเขตดังนี้ ทิศเหนือติดต่อกับเขตดุสิต มีคลองผดุงกรุงเกษมเป็นเส้นแบ่งเขต ทิศตะวันออกติดต่อกับเขตป้อมปราบศัตรูพ่ายและเขตสัมพันธวงศ์มีถนนราชดำเนินนอกและคลองรอบกรุง (คลองโอ่งอ่าง) เป็นเส้นแบ่งเขต ทิศใต้ติดต่อกับเขตคลองสานและเขตธนบุรีมีแนวกิ่งกลางแม่น้ำเจ้าพระยาเป็นเส้นแบ่งเขต ทิศตะวันตกติดต่อกับเขตบางกอกใหญ่ เขตบางกอกน้อย และเขตบางพลัด มีแนว กิ่งกลางแม่น้ำเจ้าพระยาเป็นเส้นแบ่งเขต โดยมีพื้นที่ 5.536 ตารางกิโลเมตร ประกอบไปด้วย 12 แขวง ได้แก่ แขวงพระบรมมหาราชวัง แขวงวังบูรพาภิรมย์ แขวงวัดราชบพิธ แขวงสำราญราษฎร์ แขวงศาลเจ้าพ่อเสือ แขวงเสาชิงช้า แขวงบวรนิเวศ แขวงตลาดยอด แขวงชนะสงคราม แขวงบ้านพานถม แขวงบางขุนพรหม และแขวงวัดสามพระยา รายละเอียดตามแผนที่ ตาม Figure 2

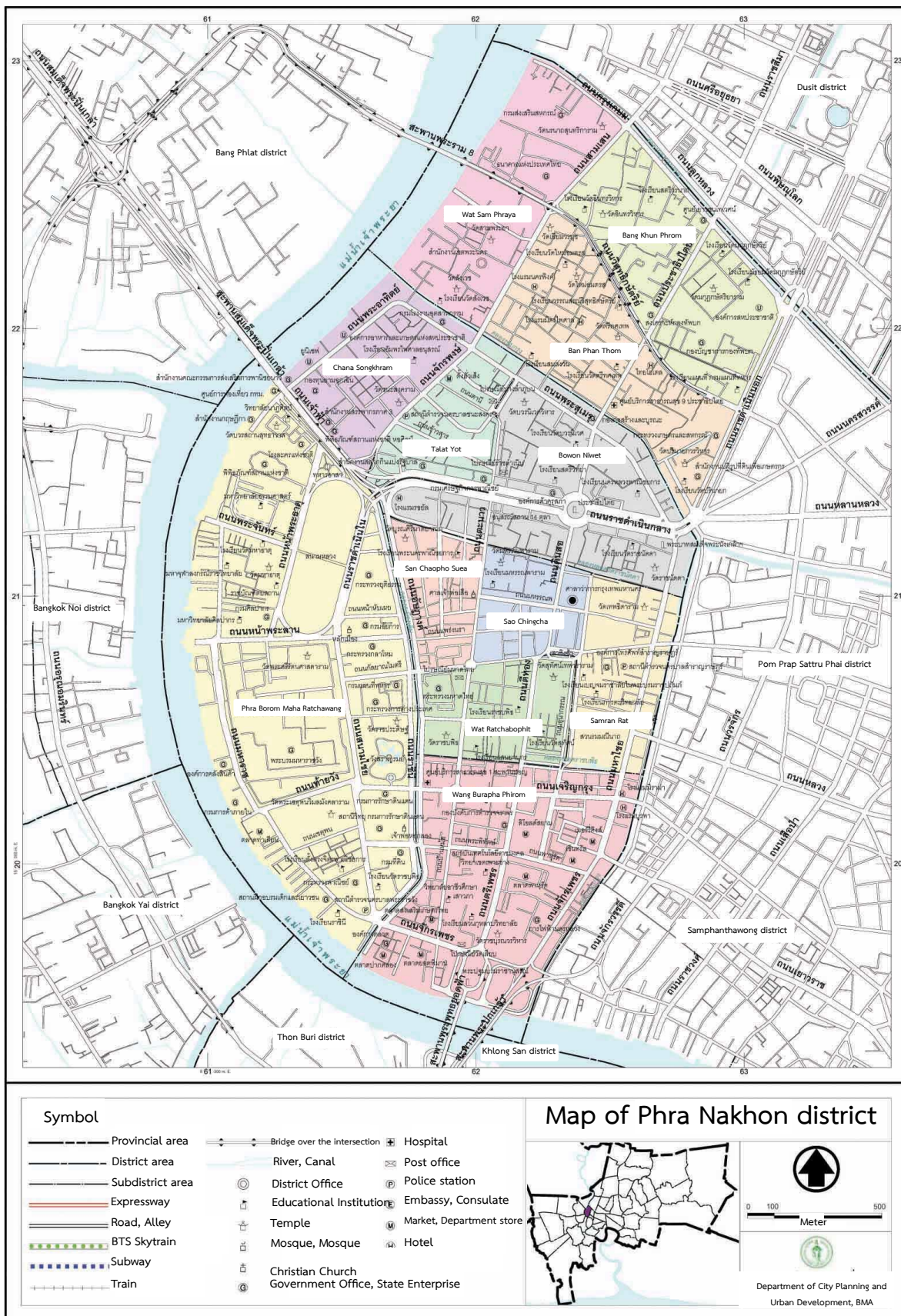


Figure 2 Map of Phra Nakhon district

การกำหนดเขตข้อมูล สำหรับจัดทำข้อมูลพรรณไม้ในพื้นที่เขตพระนคร ใช้การรวบรวมข้อมูลเชิงคุณภาพจากการสนทนากับผู้ให้ข้อมูลสำคัญ (key informant) ซึ่งเป็นผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย (stakeholders) ได้แก่ หัวหน้าฝ่ายรักษาความสะอาดและสวนสาธารณะ สังกัดสำนักงานเขตพระนคร หัวหน้าฝ่ายพัฒนาชุมชน และผู้นำชุมชน ชุมชนบ้านพานถม ชุมชนเฟื่องทอง-ตรอกวิสูตร ชุมชนวัดอินทวิหาร ชุมชนวัดสังเวช และชุมชนวัดใหม่อมตรส โดยใช้รูปแบบการสนทนากลุ่ม

การออกแบบระบบจัดเก็บฐานข้อมูลพรรณไม้ เพื่อสร้างต้นแบบ (prototype) โดยทำการออกแบบระบบฐานข้อมูลเป็นข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (relational database) โดยพัฒนาฐานข้อมูลกับโปรแกรมประยุกต์ด้วย Google Form และพัฒนาส่วนต่อประสาน (interface) บน Google Sheet สำหรับบันทึกและค้นหา ฐานข้อมูลพรรณไม้จะมีข้อมูลประกอบด้วย 1) ชื่อพื้นเมือง (name) 2) ความโตของไม้ที่ระดับความสูงเพียงอก (DBH) 3) ความสูง (height) 4) ความกว้างเรือนยอด (crown spread) 5) สถานที่พบ (place) 6) ตำแหน่งพิกัดทางภูมิศาสตร์ (geographical coordinates) 7) รูปภาพพรรณไม้ (picture) 8) ลักษณะนิสัย (habit) โดยคำนึงถึงการออกแบบการจัดวางและการแสดงผล เช่น การจัดจอภาพคอมพิวเตอร์ การเชื่อมโยงการป้อนข้อมูลแต่ละรายการ โครงสร้างของการป้อนข้อมูล และการแสดงส่วนช่วยเหลือ

การทดสอบการใช้งาน โดยการติดตั้งระบบจัดเก็บฐานข้อมูลพรรณไม้ในพื้นที่เขตพระนคร และเตรียมข้อมูลนำเข้าทดสอบการทำงานของระบบทั้งสองส่วน คือ ส่วนของผู้ดูแลระบบ และส่วนของผู้บันทึกข้อมูล และนำผลที่ได้จากการทดสอบมาปรับปรุงแก้ไขเพื่อให้ระบบจัดเก็บฐานข้อมูลพรรณไม้ในพื้นที่เขตพระนครมีความสมบูรณ์มากขึ้น

การอบรมการใช้งานระบบจัดเก็บข้อมูลพรรณไม้ ให้แก่ เจ้าหน้าที่ฝ่ายรักษาความสะอาดและสวนสาธารณะ สังกัดสำนักงานเขตพระนคร จำนวน 18 คน ประชาชน และผู้นำชุมชน จำนวน 12 คน จากชุมชนบ้านพานถม ชุมชนเฟื่องทอง-ตรอกวิสูตร ชุมชนวัดอินทวิหาร ชุมชนวัดสังเวช และชุมชนวัดใหม่อมตรส

การจัดเก็บข้อมูลพรรณไม้ในพื้นที่ โดยทำการสำรวจพรรณไม้บริเวณบาทวิถีและเกาะกลางถนนของถนนในเขตพระนคร ซึ่งมีถนนทั้งหมด จำนวน 36 เส้น ในการจัดเก็บข้อมูลพรรณไม้ใช้การกำหนดขนาดของถนนในการสำรวจใช้เกณฑ์ร้อยละ 25 และใช้การสุ่มแบบเจาะจง (purposive sampling) โดยใช้เกณฑ์ในการเลือก คือ ถนนที่มีต้นไม้เยอะ ไม่อยู่ระหว่างการก่อสร้างรถไฟฟ้าใต้ดิน และสามารถเก็บข้อมูลได้สะดวก ซึ่งได้ถนนที่ใช้ในการสำรวจพรรณไม้ จำนวน 9 สายด้วยกัน ได้แก่ ถนนกรุงเกษม ถนนตะนาว ถนนประชาธิปไตย ถนนพระจันทร์ ถนนพระสุเมรุ ถนนพระอาทิตย์ ถนนเฟื่องนคร

ถนนราชดำเนินใน ราชดำเนินกลาง และราชดำเนินนอก และถนนสามเสน

การคัดเลือกกรูชมรดกในพื้นที่เขตพระนคร ด้วยการสนทนากลุ่ม ของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย (stakeholder) ในพื้นที่ จากผู้นำหรือตัวแทนชุมชน และเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องในสำนักงานเขตพระนคร ทำการคัดเลือกกรูชมรดกและการหาแนวทางในการจัดการพื้นที่สีเขียวและการอนุรักษ์กรูชมรดกในพื้นที่เขตพระนคร

การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลจากการสนทนากลุ่ม (focus group discussion) ในการกำหนดขอบเขตในการสำรวจข้อมูลพรรณไม้ ทำการวิเคราะห์และแปลผลข้อมูล โดยใช้การวิเคราะห์แบบอุปนัย (analytic induction) และการวิเคราะห์เนื้อหา (content analysis)

ข้อมูลการสำรวจพรรณไม้ ใช้สถิติเชิงพรรณนา และการตรวจสอบลักษณะของพรรณไม้ (plant identification) จะใช้วิธีการตรวจสอบชื่อพรรณไม้โดยเปรียบเทียบกับหนังสือทางพฤกษศาสตร์ เช่น หนังสือพรรณไม้แห่งประเทศไทย คู่มือการสำรวจความหลากหลายของพรรณไม้ ฐานข้อมูลพรรณไม้ องค์การสวนพฤกษศาสตร์ และสอบถามสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ จากนั้นจึงทำการนำเข้าข้อมูลที่ได้เข้าสู่โปรแกรมระบบฐานข้อมูลพรรณไม้

ข้อมูลจากการสนทนากลุ่ม การคัดเลือกกรูชมรดกในพื้นที่เขตพระนคร และการหาแนวทางในการจัดการพื้นที่สีเขียวและการอนุรักษ์กรูชมรดกในพื้นที่เขตพระนคร ทำการวิเคราะห์และแปลผลข้อมูล โดยใช้การวิเคราะห์แบบอุปนัยและการวิเคราะห์เนื้อหา

ผลและวิจารณ์

การพัฒนาระบบจัดเก็บข้อมูลพรรณไม้ในพื้นที่เขตพระนคร

เนื่องจากผู้ที่ทำหน้าที่ในการเก็บข้อมูลเป็น เจ้าหน้าที่ฝ่ายรักษาความสะอาดและสวนสาธารณะ สังกัดสำนักงานเขตพระนคร ซึ่งจะใช้สมาร์ทโฟน (smartphone) ในการสำรวจและจัดเก็บข้อมูลพรรณไม้ ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ระบบจัดเก็บและสืบค้นพันธุ์ไม้ได้ตาม แผนภาพยูสเคส (use case diagram) ระบบฐานข้อมูลพรรณไม้ เพื่อกำหนดขอบเขตของระบบงานดัง Figure 3 โดยได้พัฒนาผ่านโปรแกรมประยุกต์ ด้วย Google Form และพัฒนาส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ (user interface) หรือ ส่วนที่ใช้ในการเชื่อมต่อกับผู้ใช้งานซึ่งจะมุ่งเน้นไปที่เรื่องของกรออกแบบหน้าจอ ขนาดตัวอักษร เพื่อให้ผู้ใช้ใช้งานง่าย และสามารถใช่ Google Sheet สำหรับบันทึกและค้นหา

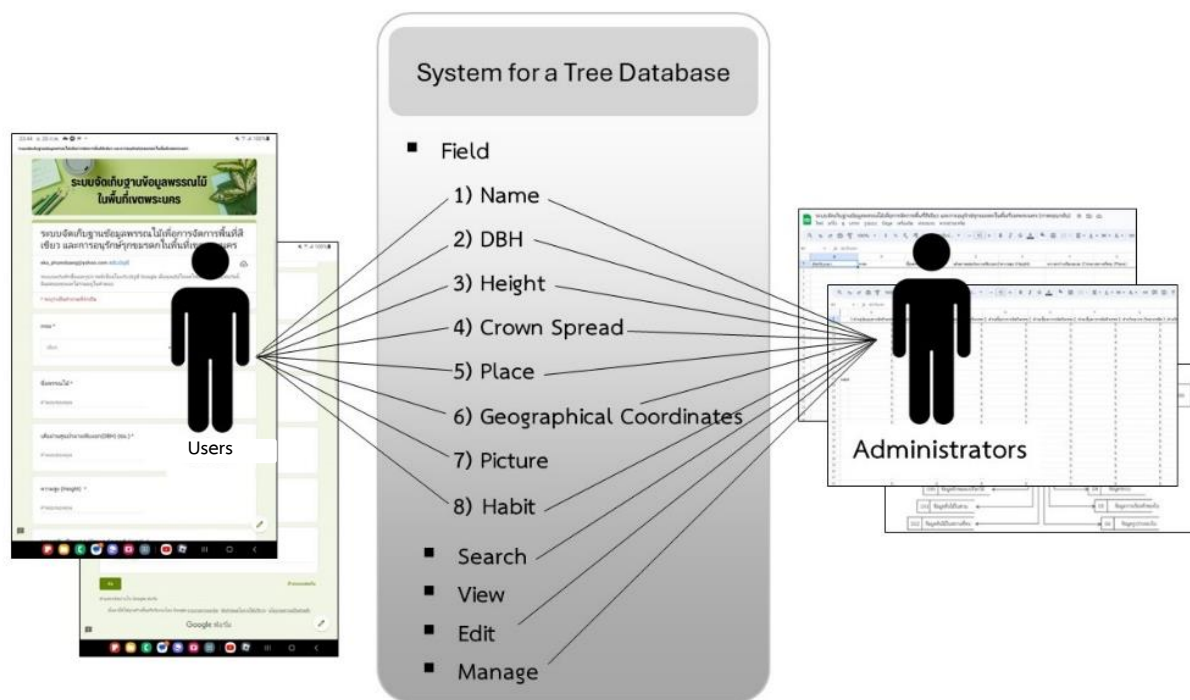


Figure 3 Tree database actions by users and administrators

ในการออกแบบส่วนแสดงผลโดยการสร้างแบบฟอร์มสำหรับกรอกข้อมูล ตาม Figure 4 เพื่อให้ง่ายต่อการใช้งานของเจ้าหน้าที่ที่จัดเก็บข้อมูล ประกอบกับสมรรถนะของสมาร์ทโฟนที่ไม่สูงมากนัก ทำให้ต้องออกแบบระบบการเข้าใช้ให้เหมาะสมต่อเครื่องมือและง่ายต่อการเข้าใช้ กล่าวคือ การพัฒนาการจัดเก็บข้อมูลโดยใช้ผ่าน Google Form จะใช้งานได้และ การสร้างส่วนรับข้อมูลให้ใช้งานได้เลย ทั้งนี้เนื่องจากโปรแกรมประยุกต์มีการใช้งานได้ง่าย สะดวกในการเข้าถึง (user friendly) มีการจัดเรียงหน้าเนื้อหาให้เหมาะสมกับหน้าจอโดยอัตโนมัติ (responsive) มีการออกแบบให้มีการรองรับกับทุกหน้าจอของอุปกรณ์แต่ละชนิด ไม่ว่าจะเป็นสมาร์ทโฟน แท็บเล็ต หรือคอมพิวเตอร์ เมื่อใช้งานผ่านโทรศัพท์มือถือหรือสมาร์ทโฟน ซึ่งสอดคล้องกับ Sethawat (2015) ที่กล่าวว่า การใช้งานผ่านโทรศัพท์มือถือหรือสมาร์ทโฟน ซึ่งมีระบบใช้งานง่าย ไม่ซับซ้อน รายละเอียดข้อมูลง่ายต่อการทำความเข้าใจ และเอื้อประโยชน์ต่อผู้ใช้งาน

นอกจากนี้ การแสดงผลในรูปแบบของ Google Sheet ซึ่งผู้ดูแลระบบ สามารถเพิ่มข้อมูล ลบข้อมูล แก้ไขข้อมูล ประกอบ ตรวจสอบการแสดงผลข้อมูลและทำให้สามารถบริหารจัดการกับข้อมูลต่าง ๆ ของพรรณไม้ได้โดยง่าย

แต่ในการวิจัยครั้งนี้ยังพบปัญหาคือ สมรรถนะของเครื่องคอมพิวเตอร์ในการประมวลผลในส่วนของการรายงาน เนื่องจากมีข้อมูลเป็นจำนวนมากทั้ง ข้อความ (text) และรูปภาพ (graphic) ซึ่งมีจำนวนหลายร้อยระยะเบียน ทำให้ต้องใช้ระยะเวลาในการประมวลผลพอควร

การจัดเก็บข้อมูลพรรณไม้ ในเขตพระนคร

การสำรวจภาคสนามเพื่อจัดเก็บข้อมูลพรรณไม้ในถนน 9 สาย ในเขตพระนคร ซึ่งพบว่ามีกระจายของต้นไม้ตามแนวถนน บาทวิถีริมเส้นทางสัญจร โดยมีต้นไม้จำนวน 1,243 ต้น โดย ถนนที่มีจำนวนต้นไม้มากที่สุดคือ ถนนราชดำเนิน (ถนนราชดำเนินใน ราชดำเนินกลาง และราชดำเนินนอก) พบจำนวน 710 ต้น (ร้อยละ 57.21) รองลงมาคือ ถนนกรุงเกษม จำนวน 125 ต้น (ร้อยละ 10.06) ถนนพระอาทิตย์ จำนวน 116 ต้น (ร้อยละ 9.33) ถนนประชาธิปไตย จำนวน 97 ต้น (ร้อยละ 7.80) ถนนพระสุเมรุ จำนวน 52 ต้น (ร้อยละ 4.18) ถนนพระจันทร์ จำนวน 42 ต้น (ร้อยละ 3.38) ถนนตะนาว จำนวน 39 ต้น (ร้อยละ 3.14) ถนนสามเสน จำนวน 37 ต้น (ร้อยละ 2.98) และ ถนนเฟื่องนคร จำนวน 25 ต้น (ร้อยละ 2.01) ตาม Table 1

ระบบจัดเก็บฐานข้อมูลพรรณไม้เพื่อการจัดการพื้นที่สีเขียว และการอนุรักษ์ทรัพยากรไม้ในพื้นที่เขตพระนคร

ระบบจัดเก็บฐานข้อมูลพรรณไม้เพื่อการจัดการพื้นที่สีเขียว และการอนุรักษ์ทรัพยากรไม้ในพื้นที่เขตพระนคร

eka_phumduang@yahoo.com สลับบัญชี

ระบบจะบันทึกชื่อและรูปภาพที่เชื่อมโยงกับบัญชี Google เมื่อคุณอัปโหลดไฟล์และส่งแบบฟอร์มนี้. อีเมลของคุณจะไม่รวมอยู่ในคำตอบ

* กรุณาเป็นคำถามที่จำเป็น

ถนน *

เลือก

ชื่อพรรณไม้ *

คำตอบของคุณ

เส้นผ่านศูนย์กลางเพื่อบอก(DBH) (ซม.) *

คำตอบของคุณ

ความสูง (Height) *

คำตอบของคุณ

ความสูง (Height) *

คำตอบของคุณ

ความกว้างเรือนยอด (Crown Spread) (เมตร) *

คำตอบของคุณ

สถานที่พบ (Place) *

คำตอบของคุณ

พิกัดทางภูมิศาสตร์ (Geographical Coordinates) *

คำตอบของคุณ

รูปภาพพรรณไม้ (Picture)

อัปโหลด

ลักษณะนิสัย (Habit)

คำตอบของคุณ

ส่ง

ล้างแบบฟอร์ม

ทำส่งข้อมูลใน Google ฟอรัม

นี่คือฟอร์มที่สร้างขึ้นจาก Google ฟอร์ม - ข้อมูลและการอัปเดต - ข้อมูลและการอัปเดต - ข้อมูลและการอัปเดต

Google ฟอรัม

Figure 4 User interface (in Thai) for tree data collection system via smartphone

Table 1 Trees along roads in Phra Nakhon

Road	Number of trees	Percentage	Rank
Krung Kasem	125	10.06	2
Tanao	39	3.14	7
Prachathipatai	97	7.80	4
Phra Chan,	42	3.38	6
Phra Sumen	52	4.18	5
Phra Athit,	116	9.33	3
Fueangnakorn	25	2.01	9
Ratchadamnern	710	57.12	1
Samsen	37	2.98	8
Total	1,243	100.00	

ชนิดพรรณไม้ที่พบ ประกอบไปด้วยพรรณไม้ยืนต้น จำนวน 17 ชนิด ได้แก่ คุณ (Cassia fistula L.) ชมพูพันธุ์ทิพย์ (Tabebuia rosea (Bertol.) DC.) ไทร (Ficus benjamina L.) นนทรี (Peltophorum pterocarpum (DC.) Backer ex K.

Heyne) ประดู่ (Pterocarpus macrocarpus Kurz.) ป้าง (Millingtonia hortensis L.) พญาสัตบรรณ (Alstonia scholaris L.) พิกุล (Mimusops elengi L.) โพ (Ficus religiosa L.) มะขาม (Tamarindus indica L.) มะม่วง (Mangifera indica L.)

มะฮอกกานีใบใหญ่ (*Swietenia macrophylla* King) ลีลาวดี พวงขาว (*Plumeria obtusa* L.) หางนกยูงฝรั่ง (*Delonix regia* (Bojer ex Hook.) Rafin) หูกวาง (*Terminalia catappa* L.) อโศกเซนต์คาเบรียล (*Polyalthia longifolia* (Benth.) Hook. f. var. *pandurata*) และ อินทนิล (*Lagerstroemia macrocarpa* Wall. Ex Kurz)

ชนิดพรรณไม้ 5 อันดับแรก ที่พบจำนวนมากที่สุด คือ ประดู่ มีพบมากที่สุดคือ จำนวน 413 ต้น (ร้อยละ 33.23) รองลงมาคือ มะขาม จำนวน 382 ต้น (ร้อยละ 30.83) อินทนิล จำนวน 121 ต้น (ร้อยละ 9.73) ชมพูพันธุ์ทิพย์ จำนวน 52 ต้น (ร้อยละ 4.99) และ พิกุล จำนวน 48 ต้น (ร้อยละ 3.86) รายละเอียดตาม Table 2

Table 2 Tree species along roads in Phra Nakhon district

Species	Number of trees	Percentage	Rank
<i>Cassia fistula</i>	11	0.88	12
<i>Tabebuia rosea</i>	62	4.99	4
<i>Ficus benjamina</i>	8	0.64	14
<i>Peltophorum pterocarpum</i>	9	0.72	13
<i>Pterocarpus macrocarpus</i>	413	33.23	1
<i>Millingtonia hortensis</i>	28	2.25	10
<i>Alstonia scholaris</i>	8	0.64	14
<i>Mimusops elengi</i>	48	3.86	5
<i>Ficus religiosa</i>	12	0.97	11
<i>Tamarindus indica</i>	382	30.73	2
<i>Mangifera Indica</i>	3	0.24	17
<i>Swietenia macrophylla</i>	36	2.90	7
<i>Plumeria obtusa</i>	5	0.40	16
<i>Delonix regia</i>	29	2.33	9
<i>Terminalia catappa</i>	31	2.49	8
<i>Polyalthia longifolia</i>	37	2.98	6
<i>Lagerstroemia macrocarpa</i>	121	9.73	3
Total	1,243	100.00	

เมื่อพิจารณาถนนแต่ละเส้น พบว่า ถนนที่มี ต้นมะขาม มากที่สุด คือ ถนนราชดำเนิน และถนนเฟื่องนคร ส่วนถนนที่มี ต้นประดู่ มากที่สุดคือ ถนนกรุงเกษม ถนนประชาธิปไตย ถนนพระสุเมรุ ถนนพระจันทร์ และถนนตะนาว ถนนที่มี ต้นอินทนิล มากที่สุด คือ ถนนพระอาทิตย์ นอกจากนี้ใน ถนนสามเสน มีต้นชมพูพันธุ์ทิพย์ มากที่สุด ผลการสำรวจ สอดคล้องกับการวิจัยเรื่อง ต้นไม้บนถนนในกรุงเทพมหานคร ของ Thaiutsah *et al.* (2000) ที่พบว่า ต้นไม้ที่มีมากที่สุดใน กรุงเทพมหานคร คือ ต้นประดู่ ซึ่งมีการปลูกกระจายในถนนถึง 286 สาย และการศึกษาของ Pochanachan and Pongpradit (2019) ที่ทำการการศึกษาต้นไม้ใหญ่ริมถนนในเขตดุสิต เขตพระนคร และเขตสัมพันธวงศ์ ผลการวิจัยพบว่า ต้นไม้ที่ พบมากในเขตพระนคร คือ ประดู่ มะขาม อินทนิล นอกจากนี้ จะเห็นว่าแรกเริ่มการสร้างถนนราชดำเนินสมัยรัชกาลที่ 5 ได้มีการปลูกต้นมะขามริม 2 ฝั่งถนน หรือแม้กระทั่งถนนอื่น ๆ ในพระนคร เพราะต้นมะขามหาได้ง่าย เป็นต้นไม้ขนาดใหญ่

มีขนาดไม่สูงปิดบังอาคาร มีใบขนาดเล็กให้ร่มเงาได้ดี ด้วยใบ ขนาดเล็กทำให้เวลาร่วงลงพื้น จะไม่สกปรก มีความทนทาน เมื่อมีความสมบูรณ์ใบเขียวสดเป็นพุ่มงามตา ต้นมะขามจึงเป็น ต้นไม้ชนิดเดียวที่ถูกเลือกมาปลูก ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2443 และได้ สร้างสีเขียวให้พระนครในยุคที่เริ่มมีอาคารบ้านเรือนมากขึ้น ซึ่งต้นมะขามเหล่านี้มีหลายต้นอายุยาวนานกว่าร้อยปี (Thairath Online, 2019)

การสร้างแนวทางในการจัดการพื้นที่สีเขียวและการอนุรักษ์รุกขมรดกในพื้นที่เขตพระนคร

พบว่า การคัดเลือกรุกขมรดกในพื้นที่เขตพระนคร ได้แก่ 1) ต้นตะเคียน (*Hopea odorata*) จำนวน 4 ต้น บริเวณถนนอัษฎางค์ ริมคลองหลอดหลังวัดพระราชบพิตรสถิต มหาสิมารามราชวรวิหาร ซึ่งเล่ากันว่าพระบาทสมเด็จพระพุทธยอดฟ้าจุฬาโลกมหาราช โปรดเกล้าฯ ให้ปลูกไว้บริเวณคูเมือง ริมคลองหลอด เพื่อใช้ไม้ตะเคียนต่อเรือสำหรับใช้ใน

ราชการสงคราม และ 2) ต้นโพธิ์ (*Ficus religiosa*) ต้นโพธิ์ศักดิ์สิทธิ์ ภายในวัดชนะสงคราม ซึ่งเป็นวัดที่สร้างขึ้นตั้งแต่สมัยกรุงศรีอยุธยา ต้นโพธิ์ต้นนี้ได้อยู่คู่วัดมาเป็นเวลานานแล้ว คาดการณ์ว่าน่าจะมีอายุมากกว่า 200 ปี การให้ความสำคัญต่อต้นไม้ในชุมชนโดยคัดเลือกเป็น รุกขมรดก ซึ่ง Coates (2006) กล่าวว่า รุกขมรดกเป็นต้นไม้ที่มีคุณค่า หรือมีความสำคัญ มีลักษณะเฉพาะไม่เหมือนใคร ไม่สามารถถูกแทนที่ได้ การให้ความสำคัญต่อต้นไม้ในฐานะรุกขมรดกจึง ส่งผลให้ชุมชนหรือสถานที่ที่ต้นไม้ตั้งอยู่มีความหมายและคุณค่าทางจิตใจเพิ่มขึ้น อันจะนำไปสู่การร่วมกันดูแลรักษาต้นไม้และธรรมชาติสู่ อีกทั้งยังกลายเป็นแหล่งท่องเที่ยวสำคัญสร้างรายได้ให้ท้องถิ่นต่อไป

แนวทางในการจัดการพื้นที่สีเขียวและการอนุรักษ์-รุกขมรดก จากกลุ่มภาคีเครือข่ายในเขตพระนคร คือ

1) การมีเครือข่ายออนไลน์ระหว่างเขตและชุมชน เพื่อให้ความรู้ การประชาสัมพันธ์ และแจ้งข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับการจัดการต้นไม้ในชุมชน ซึ่งสอดคล้องกับการวิจัยของ Wongchampa and Phramaha-Siwagonr (2018) ที่พบว่า ในกระบวนการสร้างความเข้มแข็งในระดับชุมชน ปัจจัยเบื้องต้นคือความเข้มแข็งของชุมชนและผู้นำชุมชนที่เข้มแข็งมีวิสัยทัศน์และความรู้ที่ได่มองเห็นปัญหาร่วมกัน จากนั้นมีกระบวนการเสริมสร้างความเข้มแข็งที่เกิดจากภายในชุมชน และการสนับสนุนจากองค์กรภายนอก

2) การจัดการต้นไม้ควรมีการตัด ตกแต่งกิ่งต้นไม้ใหญ่ในบริเวณชุมชน เพื่อความปลอดภัย และปรับปรุงภูมิทัศน์ให้สวยงาม การสำรวจสุขภาพและความปลอดภัยของต้นไม้ การอบรมให้ประชาชนที่สนใจ สามารถประเมินต้นไม้ในชุมชน โดยเบื้องต้นได้ ซึ่ง การดูแลต้นไม้ในเมือง จะแบ่งการดูแลออกเป็นพื้นที่ใหญ่ ๆ ได้แก่ ต้นไม้ในสวนสาธารณะ ต้นไม้ตามแนวถนน และต้นไม้ใต้แนวสายไฟฟ้า โดยต้นไม้ในสวนสาธารณะ สำนักงานสิ่งแวดล้อม กรุงเทพมหานคร จะเป็นผู้ดูแล ถ้าเป็นต้นไม้ตามริมถนน เป็นหน้าที่ของสำนักงานเขต กรุงเทพมหานคร ทั้ง 50 เขต ส่วนต้นไม้ใต้แนวสายไฟ การไฟฟ้าจะเป็นผู้ดูแล ดังนั้นหน่วยงานที่เกี่ยวข้องและชุมชนในพื้นที่ต้องมีการประสานงานในการการจัดการ นอกจากนี้ ดำรง พิพัฒน์วัฒนกุล อาจารย์ประจำคณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ได้เสนอ แนวทางการจัดการต้นไม้ในเขตเมือง ว่า “ปัญหาเรื่องต้นไม้ในเขตเมือง มันไม่ได้มีแค่ปัญหาเรื่องการตัดลิดกิ่ง จนทำให้เกิดปัญหาทัศนียภาพเท่านั้น แต่รวมไปถึงความไม่แข็งแรงของต้นไม้ ที่เป็นปัญหาดังแต่ระดับชั้นดิน ราก การเจริญเติบโตที่ไม่สมบูรณ์ กิ่งหักคงอ แล้วพอแทงขึ้นมาจากดิน ก็เจอปัญหาการตัดแต่งกิ่งที่ไม่เหมาะสม มลภาวะ ทำให้ต้นไม้ไม่เจริญเติบโตได้สวยงามอย่างที่ควรจะเป็น” (Sripetchdi, 2016) ดังนั้นแนวทางในการ

จัดการดังกล่าวจึงเป็นสิ่งที่ควรดำเนินการในการแก้ปัญหาเชิงนโยบายสำหรับการดูแลต้นไม้ในเมืองอย่างเป็นรูปธรรม

3) การจัดทำข้อมูลรหัสประจำต้นไม้แต่ละต้น ด้วยรหัสคิวอาร์ (QR code) ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่มีการประยุกต์ใช้ในการจัดการพรรณไม้ เช่น การศึกษาของ Chanthavorn and Warit (2020) ที่ได้พัฒนาระบบการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีรหัสคิวอาร์ เพื่อจัดทำทะเบียนพรรณไม้สวนพฤกษศาสตร์โรงเรียน

4) การจัดทำเส้นทางท่องเที่ยวรุกขมรดก และควรมีการเผยแพร่ความรู้ ต้นไม้ที่มีคุณค่าทางประวัติศาสตร์และมีความสำคัญต่อชุมชน เพื่อให้ประชาชนและนักท่องเที่ยวได้รู้ถึงประวัติความเป็นมาและเห็นในคุณค่าของต้นไม้ นั้น ๆ ด้วยการมีช่องทางประชาสัมพันธ์และการกระจายข่าวสารเพื่อสร้างความน่าสนใจให้แก่พื้นที่ และเป็นการดึงดูดประชาชนสอดคล้องกับการศึกษาของ Tanunchai et al. (2022) ได้ทำการศึกษา เรื่อง สันทิตย์มรดกทางวัฒนธรรมตามเส้นทางท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม อำเภอสารภี จังหวัดเชียงใหม่ ที่พบว่า สันทิตย์มรดกทางวัฒนธรรมสำคัญคือ ต้นยางนา ย่อมเกิตต้นทูนในอนุรักษ์ต้นยางนาให้แข็งแรง สามารถเติบโตไปกับถนนสายประวัติศาสตร์ของประเทศ เป็นการใช้อยู่ประโยชน์จาก สันทิตย์มรดกทางวัฒนธรรมอย่างคุ้มค่ามีประสิทธิภาพและการพัฒนาขีดความสามารถการแข่งขันทางด้านเศรษฐกิจของประเทศด้วย

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุปผลจากการวิจัยพบว่า เขตพระนครยังไม่มี การจัดเก็บ รวบรวมข้อมูลพรรณไม้ไว้ในระบบสารสนเทศที่ง่ายต่อการค้นหา และใช้ประโยชน์ จากการพัฒนาระบบจัดเก็บข้อมูลพรรณไม้ในพื้นที่เขตพระนคร ทำให้ได้ระบบจัดเก็บข้อมูลเบื้องต้นที่ สามารถใช้งานผ่านโทรศัพท์มือถือหรือสมาร์ตโฟน ซึ่งสะดวกต่อผู้จัดเก็บข้อมูลคือ เจ้าหน้าที่ฝ่ายรักษาความสะอาดและสวนสาธารณะและ ผู้ดูแลระบบในการนำข้อมูลพรรณไม้มาใช้ ทั้งนี้ก่อนดำเนินการจัดเก็บข้อมูล ต้องมีการอบรมการใช้งานระบบระบบจัดเก็บข้อมูลพรรณไม้ ให้แก่เจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้อง ผลจากการสำรวจข้อมูลพรรณไม้ของเขตพระนคร ทำให้ทราบถึงจำนวนและชนิดของพรรณไม้ที่พบ ในถนนทั้ง 9 สายของเขตพระนคร และควรมีการขยายพื้นที่ในการสำรวจสู่ถนนเส้นอื่น ๆ ให้ครบทั้ง 36 สายของเขตพระนคร ทั้งนี้ข้อมูลพรรณไม้ที่ได้เจ้าหน้าที่ฝ่ายฝ่ายรักษาความสะอาดและสวนสาธารณะสามารถนำข้อมูลมาใช้ โดย ใช้ในการวางแผน และการจัดการพรรณไม้ในถนนแต่ละสายของเขตพระนครต่อไป ผลการคัดเลือกรุกขมรดกในพื้นที่เขตพระนคร ทำให้ได้ต้นไม้ที่เป็น รุกขมรดก ของเขตพระนคร ได้แก่ 1) ต้นตะเคียนโบราณ จำนวน 4 ต้น บริเวณถนนอัษฎางค์ ริมคลองหลอด หลังวัดพระราชาธิสสถิตมหาสีมารามราชวรวิหาร และ

2) ต้นโพธิ์ศักดิ์สิทธิ์อายุกว่า 200 ปี ภายในวัดชนะสงคราม ผลที่ได้จากการวิจัยในครั้งนี้ทำให้ได้ฐานข้อมูลพรรณไม้และฐานข้อมูลรุกขมรดกในพื้นที่เขตพระนคร โดยฝ่ายรักษาความสะอาดและสวนสาธารณะ สำนักงานเขตพระนคร เป็นผู้ดูแลระบบข้อมูลพรรณไม้ดังกล่าว ซึ่งนักเรียน นักศึกษานักวิจัย และผู้สนใจทั่วไปสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในทางวิชาการได้ แนวทางในการแนวทางในการจัดการพื้นที่สีเขียวและการอนุรักษ์รุกขมรดกในเขตพระนคร ภาคีเครือข่ายจากสำนักงานเขตพระนคร ประชาชน และ ผู้นำชุมชน ได้เสนอแนวทางในการจัดการ คือ การสร้างเครือข่ายที่เข้มแข็ง การมีเครือข่ายออนไลน์ระหว่างเขตและชุมชนเพื่อให้ความรู้ การประชาสัมพันธ์ และแจ้งข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับการจัดการต้นไม้ในชุมชน ควรมีการปรับปรุงภูมิทัศน์ให้สวยงาม การสำรวจสุขภาพและความปลอดภัยของต้นไม้ การอบรมให้ประชาชนที่สนใจ สามารถประเมินต้นไม้ในชุมชนโดยเบื้องต้นได้ ควรมีการจัดทำข้อมูลรหัสประจำต้นไม้แต่ละต้น การจัดทำเส้นทางท่องเที่ยวรุกขมรดก และควรมีการเผยแพร่ความรู้ต้นไม้ที่มีคุณค่าทางประวัติศาสตร์และมีความสำคัญต่อชุมชน เพื่อให้ประชาชนและนักท่องเที่ยวได้รู้ถึงประวัติความเป็นมา และเห็นในคุณค่าของต้นไม้ นั้น ๆ ผลจากการวิจัยยังได้แนวทางการจัดการรุกขมรดกและพรรณไม้ เป็นการสร้างมูลค่าของพื้นที่ ในฐานะแหล่งท่องเที่ยวด้วยการเพิ่มพื้นที่สีเขียวและการมีแหล่งรุกขมรดกสามารถเป็นแรงบันดาลใจให้ประชาชนมีใจรักหวงแหนธรรมชาติ อันเป็นบ่อเกิดแห่งความรักความผูกพันระหว่างคนกับต้นไม้ด้วย เพราะต้นไม้แต่ละต้นมีตำนาน มีเรื่องราว สะท้อนถึงความเชื่อ ความศรัทธา ตลอดช่วงเวลาที่ต้นไม้ไม่ได้ยืนหยัดมาจนถึงปัจจุบัน จะเห็นว่าการบริหารจัดการพื้นที่สีเขียวและรุกขมรดกให้อยู่คู่กับชุมชนนั้นต้องสร้างความเป็นภาคีเครือข่ายให้เข้มแข็งและสร้างความร่วมมือและการมีส่วนร่วมระหว่างภาครัฐ ภาคเอกชน ชุมชน และกลุ่มผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในการขับเคลื่อนเพื่อให้เกิดการบริหารจัดการให้มีประสิทธิภาพที่ยั่งยืน

ข้อเสนอแนะในการวิจัยในการศึกษาครั้งต่อไป เนื่องจากการวิจัยครั้งนี้ทำการสำรวจพรรณไม้ริมถนนสายหลักในพื้นที่เขตพระนคร จำนวน 9 สายด้วยกัน จึงควรมีการขยายพื้นที่ในการศึกษาไปในถนนเส้นอื่น ๆ ของเขตพระนครให้ครบทั้ง 36 สาย หน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรมีจัดทำฐานข้อมูลเกี่ยวกับฐานข้อมูลพรรณไม้และรุกขมรดกของชุมชนให้เป็นระบบและทันสมัย เพื่อสามารถนำข้อมูลที่ได้มาใช้ในการวางแผนและการจัดการพื้นที่สีเขียวและพรรณไม้ต่อไป ควรมีการสร้างความรู้ให้แก่บุคคลที่เกี่ยวข้อง เป็นกระบวนการในการสร้างความรู้และทักษะในการจัดเก็บข้อมูลพรรณไม้ รวมทั้งการสร้างความรู้และจิตสำนึกในการจัดการพื้นที่สีเขียว ควรมีการศึกษาในประเด็นการใช้ประโยชน์จากพื้นที่สีเขียวและรุกขมรดกใน

ชุมชนที่เชื่อมโยงกับเส้นทางการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมในพื้นที่เขตเมืองเก่าชั้นในของเกาะรัตนโกสินทร์ต่อไป

คำนิยาม

งานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของแผนงานวิจัยการส่งเสริมมรดกทางวัฒนธรรมและความเข้มแข็งของชุมชนในพื้นที่เขตพระนคร โดยได้รับทุนสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยสวนดุสิต ประจำปี พ.ศ. 2566

REFERENCES

- Arayanimitsakul, J. 2015. A study of perennial plants along roadsides and canals in the Rattanakosin area during the reign of King Rama V. *Academic Journal of Architecture*, 64 (1): 19-32.
- Bangkok Metropolitan Administration. 2020. *The Summary Report of 9 Green Areas in Bangkok*. http://203.155.220.118/green-parks-admin/report_year/parks/print17_new.php?park_year=2565, 16 March 2022. (in Thai).
- Chanthavorn, K., Warit, C. 2020. Application of QR code technology to prepare school botanical garden plant registry. *Journal of Technology Management Innovation Rajabhat Mahasarakham University*, 7 (1): 8-19. (in Thai)
- Coates, P.A. 2006. *American Perceptions of Immigrant and Invasive Species: Strangers on the Land*. University of California Press, USA.
- Pochanachan, P., Pongpradit, P. 2019. Environmental and heritage conservation of large street trees in Dusit district, Phra Nakhon district, and Samphanthawong district of Bangkok. *Advance Sciences Journal*, 19(1): 1-17. (in Thai).
- Sethawat, S. 2015. *Storage and Searching for Plant: Case Study Plant in Chomthong District*. M.S. Thesis, Silpakorn University, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Sripetchdi, N. 2016. *And the Trees in the City will No Longer Be Cut: Way Magazine*. <https://waymagazine.org/tree-surgeon-solution/>, 6 January 2024. (in Thai).
- Tanunchai, T., Rungdetsuan, S., Bunyaritthanon, N., Promman, T. 2022. Cultural heritage assets along cultural tourism routes: A case study of Yang-Noeng, Nong-Phueng and Saraphi subdistrict, Saraphi district, Chiang Mai province. *Journal of Humanities and Social Sciences, Mahasarakham University*, 41(3): 29-45. (in Thai).

Thairath Online. 2019. **Tamarind Sanam Luang.**
<https://www.thairath.co.th/newspaper/columns/1471804>, 22 December 2023. (in Thai)

Thaiutsah, B., Jumroenpruek, M., Pipatwattanakul, D.,
Sukhachalerm, D. 2000. **Trees on the Streets
of Bangkok.** Bangkok Metropolitan
Administration, Bangkok, Thailand. (in Thai).

Wongchampa, P., Phramaha-Siwagonr P. 2018.
**The Enhancement on Community Network
in Conservation, Utilization and Benefit
Sharing from the Community Forest in Ing
Basin in Phayao-Chiang Rai Province.**
Mahachulalongkornrajavidyalaya University
Phayao Campus, Phayao, Thailand. (in Thai).

นิพนธ์ต้นฉบับ

การประยุกต์การรับรู้ระยะไกลเพื่อศึกษาการบุกรุกพื้นที่ป่า
บริเวณอุทยานแห่งชาติไทร้มเย็น จังหวัดสุราษฎร์ธานีApplication of Remote Sensing to Study Forest Encroachment
in Tai Rom Yen National Park, Surat Thani Provinceศุภาวรรณ อุดมสิน^{1,2}อสมารณ์ สิทธิ^{3*}วีระภาส คุณรัตนสิริ¹Supawan Audomsin^{1,2}Asamaporn Sittthi^{3*}Weeraphart Khunrattanasiri¹¹คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900¹Faculty of Forestry, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand²สำนักบริหารพื้นที่อนุรักษ์ที่ 4 (สุราษฎร์ธานี) กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช²Protected Areas Regional Office 4 Surat Thani, Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation³คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ วัฒนา กรุงเทพฯ 10110³Faculty of Society, Srinakharinwirot University, Watthana, Bangkok 10110, Thailand

*Corresponding Author, E-mail: asamaporn@g.swu.ac.th

รับต้นฉบับ 19 กุมภาพันธ์ 2567

รับแก้ไข 17 พฤษภาคม 2567

รับลงพิมพ์ 20 พฤษภาคม 2567

ABSTRACT

Conflicts over land use involving communities surrounding protected forests are escalating into violence, as evidenced by increasing encroachment and the illegal possession of forest land. Tai Rom Yen National Park in Surat Thani province, Thailand faces problems of encroachment and illegal land possession. An inspection revealed 895 cases of encroachment from fiscal year 2006 to the present, covering an area of 1,226.39 hectares. The current study analyzed land use patterns in 2002, 2014 and 2022 and land use changes during 2002–2022 using Ortho-MOAC and Landsat 8 OLI satellite imagery. Visual interpretation techniques were implemented to identify traces of encroachment and to detect land use changes affecting forest areas in Tai Rom Yen National Park.

Based on the results, land use in the years 2002, 2014 and 2022 predominantly involved forest areas accounting for 83.79 %, 80.89 % and 80.69 %, respectively. Land use changes increased between 2002–2014 and 2014–2022 in agricultural, community, buildings, and water bodies areas by 17.68, 19.11 and 19.11%, respectively, and during 2014–2022, they increased by 1.54, 0.34 and 0.34 %, respectively. However, there were decreases in forest and miscellaneous areas by 3.35 % and 56.72 %, respectively, while during 2014–2022 these two types decreased by 0.36 % and 3.43 %, respectively. During 2002 and 2014 there were 4,623.18 hectares of land encroachment due to forest and agriculture. For the period between 2014 and 2022, 5,945.14 hectares of land were encroached due to agriculture and forest. The findings of this study should guide further investigation and monitoring of signs of encroachment in forest areas to help address the problem of forest encroachment.

Keywords: Remote sensing; Land use; Forest encroachment; Tai Rom Yen National Park

บทคัดย่อ

ปัญหาความขัดแย้งการใช้ที่ดินของชุมชนโดยรอบป่าอนุรักษ์ นับวันยิ่งทวีความรุนแรงมากขึ้น เห็นได้จากการบุกรุกและการถือครองที่ดินโดยผิดกฎหมายในปัจจุบัน อุทยานแห่งชาติได้ร่วมมือกับสถาบันวิจัยและพัฒนาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมเพื่อศึกษาผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินระหว่าง ปี ค.ศ. 2002 2014 และ 2022 และศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ระหว่างปี ค.ศ. 2002–2022 โดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศออร์โธรีเฟอเรนซ์เชิงเลข โครงการกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ และดาวเทียม Landsat 8 OLI ร่วมกับการใช้เทคนิคการแปลตีความด้วยสายตาเพื่อศึกษาร่องรอยการบุกรุกพื้นที่ป่า บริเวณอุทยานแห่งชาติได้ร่วมมือกับ จังหวัดสุราษฎร์ธานี

ผลการศึกษา พบว่าการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี ค.ศ. 2002 2014 และ 2022 มีการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทพื้นที่ป่าไม้มากที่สุด ร้อยละ 83.79 80.89 และ 80.69 ตามลำดับ การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ระหว่าง ค.ศ. 2002–2014 และ ค.ศ. 2014–2022 พบว่า พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง และพื้นที่แหล่งน้ำ มีการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ร้อยละ 17.68 19.11 และ 19.11 ตามลำดับ และช่วง ค.ศ. 2014–2022 เพิ่มขึ้นร้อยละ 1.54 0.34 และ 0.34 ตามลำดับ ในทางกลับกัน พื้นที่ป่าและพื้นที่เบ็ดเตล็ด มีจำนวนพื้นที่ลดลง ร้อยละ 3.35 และ 56.72 ตามลำดับ และระหว่าง ค.ศ. 2014–2022 ลดลง ร้อยละ 0.36 และ 3.43 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาร่องรอยการบุกรุกพื้นที่ป่าไม้ในช่วงระหว่าง ค.ศ. 2002–2014 มีการบุกรุก จำนวน 739.71 เฮกตาร์ ค.ศ. 2014–2022 มีการบุกรุก จำนวน 951.22 เฮกตาร์ ผลการศึกษาครั้งนี้นำไปสู่การตรวจสอบ ติดตามร่องรอยการบุกรุกพื้นที่ป่าไม้เพื่อเป็นแนวทางในการแก้ปัญหาการบุกรุกพื้นที่ป่าต่อไป

คำสำคัญ: การรับรู้ระยะไกล การใช้ประโยชน์ที่ดิน การบุกรุกพื้นที่ป่า อุทยานแห่งชาติได้ร่วมมือกับ

คำนำ

ทรัพยากรป่าไม้ถือเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่มีคุณค่าและมีความสำคัญต่อระบบเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อมของประเทศ หลังการยกเลิกสัมปทานป่าไม้ ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1989 เป็นต้นมา ส่งผลให้มีการประกาศพื้นที่คุ้มครองเป็นจำนวนมาก แต่อีกในด้านหนึ่งกลับนำมาซึ่งปัญหาความขัดแย้งการใช้ที่ดินป่าไม้ของชุมชนโดยรอบพื้นที่คุ้มครอง ซึ่งนับวันจะมีความรุนแรงมากขึ้น เห็นได้จากการบุกรุกพื้นที่และการถือครองที่ดินป่าไม้โดยผิดกฎหมายในปัจจุบัน อันเนื่องมาจากปัญหาการขาดแคลนที่ดินของคนในท้องที่ ตลอดจนนายทุนหรือคนต่างพื้นที่เข้ามาบุกรุกแผ้วถางเพื่อขยายพื้นที่ทำกินสอดคล้องกับผลการศึกษาจากงานวิจัยหลายแห่งพบว่าปัญหาหลักของการบุกรุกพื้นที่ป่ามาจากการเติบโตของจำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้น (Pakat *et al.*, 2023) จากสถานการณ์การลดลงของพื้นที่ป่าไม้ตั้งแต่อดีตถึงปัจจุบัน นับตั้งแต่ปี ค.ศ. 1973 ประเทศไทยมีพื้นที่ป่าไม้ทั้งหมด 22,170,700 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 43.21 ของพื้นที่ จนถึงปี ค.ศ. 2022 พื้นที่ป่าไม้ของประเทศเหลือเพียง 16,341,755.99 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 31.57 ของพื้นที่ ประเทศ (Royal Forest Department, 2022) ลดลง 5,828,944.01 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 11.64 ของพื้นที่ จากสถิติข้อมูลการกระทำความผิดกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับป่าไม้ ระหว่างปีงบประมาณ ค.ศ. 2009 ถึงปัจจุบัน พบว่ามีคดีการบุกรุกแผ้วถางพื้นที่อุทยานแห่งชาติทั่วประเทศ ทั้งสิ้น 27,170 คดี คิดเป็นพื้นที่ 49,680.34

เฮกตาร์ (Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation, 2022)

อุทยานแห่งชาติได้ร่วมมือกับเป็นหนึ่งในอุทยานแห่งชาติที่ประสบปัญหาการบุกรุกและลักลอบเข้าถือครองที่ดินในเขตป่าอนุรักษ์ เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของประชากรในพื้นที่ แต่ที่ดินมีจำนวนจำกัดทำให้ราษฎรบุกรุกที่ดินของรัฐเพื่อใช้เป็นที่ดินทำกินและอยู่อาศัย ก่อให้เกิดปัญหาการบุกรุกพื้นที่ของรัฐเพิ่มขึ้น (Office of the State Land Management, 2003) เมื่อตรวจสอบคดีและบันทึกจับกุมของสำนักบริหารพื้นที่อนุรักษ์ที่ 4 (สุราษฎร์ธานี) พบว่า ตั้งแต่ปีงบประมาณ ค.ศ. 2006 ถึงปัจจุบัน มีคดีบุกรุกพื้นที่รวมทั้งสิ้น 895 คดี จำนวน 1,226.39 เฮกตาร์ จากปัญหาการบุกรุกพื้นที่ป่าดังกล่าวจึงมีแนวทางในการแก้ไขปัญหาโดยนาระบบภูมิสารสนเทศศาสตร์ร่วมกับเทคโนโลยีการรับรู้ระยะไกลมาประยุกต์ใช้ในการศึกษาผลกระทบการใช้ประโยชน์ที่ดิน การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินของแต่ละช่วงเวลา นำไปสู่การศึกษาร่องรอยการบุกรุกพื้นที่ป่า ทั้งนี้ Phalahan (2021) ได้ศึกษาการประยุกต์การรับรู้ระยะไกลเพื่อติดตามการบุกรุกพื้นที่ป่าไม้ บริเวณอุทยานแห่งชาติทับลาน อำเภอวังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา โดยใช้เทคโนโลยีการรับรู้ระยะไกล และระบบภูมิสารสนเทศ มาช่วยในการตรวจสอบการบุกรุกพื้นที่ป่า พบว่าการติดตามการบุกรุกโดยวิเคราะห์ร่วมกับแปลงคดีที่ได้จากกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช มีการบุกรุก จำนวน 219 คดี ประเภทการใช้ประโยชน์ส่วนใหญ่บุกรุกยึดถือครอบครองเข้าไปสร้างที่อยู่อาศัยและสิ่งปลูกสร้าง ซึ่งในอดีตมีการบุกรุกพื้นที่

ป่าเพื่อประกอบการเกษตร แต่ปัจจุบันรูปแบบการบุกรุกเปลี่ยนแปลงไปเพื่อประโยชน์ทางธุรกิจมากขึ้น

การศึกษาค้นคว้านี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน ระหว่าง ปี ค.ศ. 2002, 2014 และ 2022 รวมถึงศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ระหว่างปี ค.ศ. 2002–2022 โดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศออร์โธรีซิเจนซ์ โครงการกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ และภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 ระบบบันทึกข้อมูล Operation Land Image (OLI) ความละเอียดจุดภาพ 30 เมตร ร่วมกับการใช้เทคนิคการแปลตีความภาพถ่ายด้วยสายตา (visual interpretation) เพื่อศึกษาร่องรอยการบุกรุกพื้นที่ป่าไม้บริเวณอุทยานแห่งชาติไทรโยต จังหวัดสุราษฎร์ธานี ตามที่บัญญัติไว้ในพระราชบัญญัติอุทยานแห่งชาติ ค.ศ. 2019 โดยใช้ระบบภูมิสารสนเทศศาสตร์ นำไปสู่การหาแนวทางการจัดการหรือวิธีป้องกันการบุกรุกพื้นที่ป่าที่อาจเกิดขึ้นในอนาคตของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการจัดการปัญหาการบุกรุกพื้นที่ป่าของอุทยานแห่งชาติไทรโยต จังหวัดสุราษฎร์ธานี

อุปกรณ์และวิธีการ

พื้นที่ศึกษา

อุทยานแห่งชาติไทรโยต มีพื้นที่ประมาณ 38,923.56 เฮกตาร์ (Deethongon *et al.*, 2023) ครอบคลุมพื้นที่รวม 3 อำเภอ ได้แก่ อำเภอกาญจนดิษฐ์ อำเภอบ้านนาสารและอำเภอเวียงสระ จังหวัดสุราษฎร์ธานี ดัง Figure 1

การจัดเตรียมข้อมูล

1. ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศโครงการออร์โธรีซิเจนซ์กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ปี ค.ศ. 2002
2. ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 ระบบบันทึกข้อมูล OLI ปี ค.ศ. 2014 และ ค.ศ. 2022 ซึ่งตรงกับ Path 129 Row 54 จากแหล่งข้อมูล USGS Earth Explorer เป็นผลิตภัณฑ์แบบ L1TP (level 1 precision terrain corrected)
3. ขอบเขตแปลงสำรวจการถือครองที่ดินของประชาชนที่อาศัยหรือทำกินในอุทยานแห่งชาติ ตามมาตรา 64 แห่งพระราชบัญญัติอุทยานแห่งชาติ ค.ศ. 2019
4. ข้อมูลแปลงคดีบุกรุกพื้นที่ป่า ปี ค.ศ. 2006–2022 จัดเก็บเป็นข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ จากส่วนอนุรักษ์และป้องกันทรัพยากร สำนักบริหารพื้นที่อนุรักษ์ที่ 4 กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช
5. ข้อมูลขอบเขตพื้นที่ป่าไม้ ปี ค.ศ. 2014–2015 จัดเก็บเป็นข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ของกรมป่าไม้ โดยใช้สำหรับเป็นข้อมูลอ้างอิงประกอบการแปลข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน
6. ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมรายละเอียดสูงจากโปรแกรม Google Earth โดยใช้สำหรับเป็นข้อมูลอ้างอิงประกอบการแปลข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Figure 2)

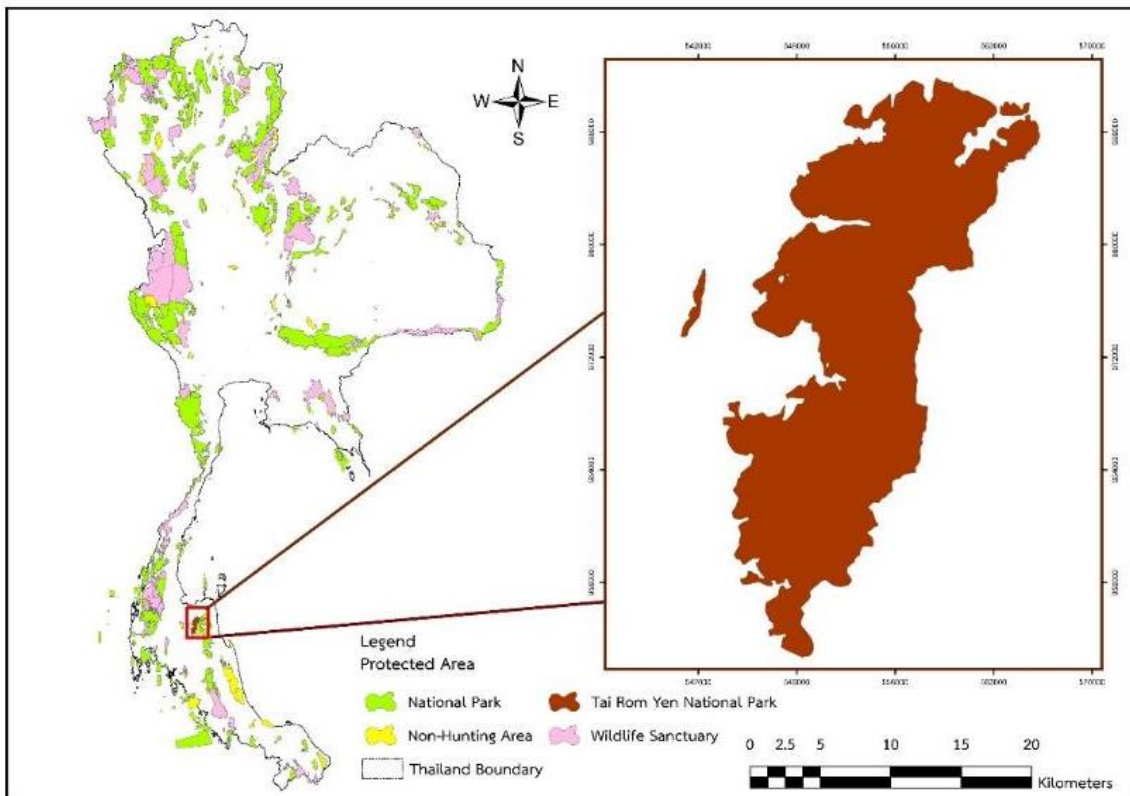


Figure 1 Map of Tai Rom Yen National Park in Surat Thani province, Thailand

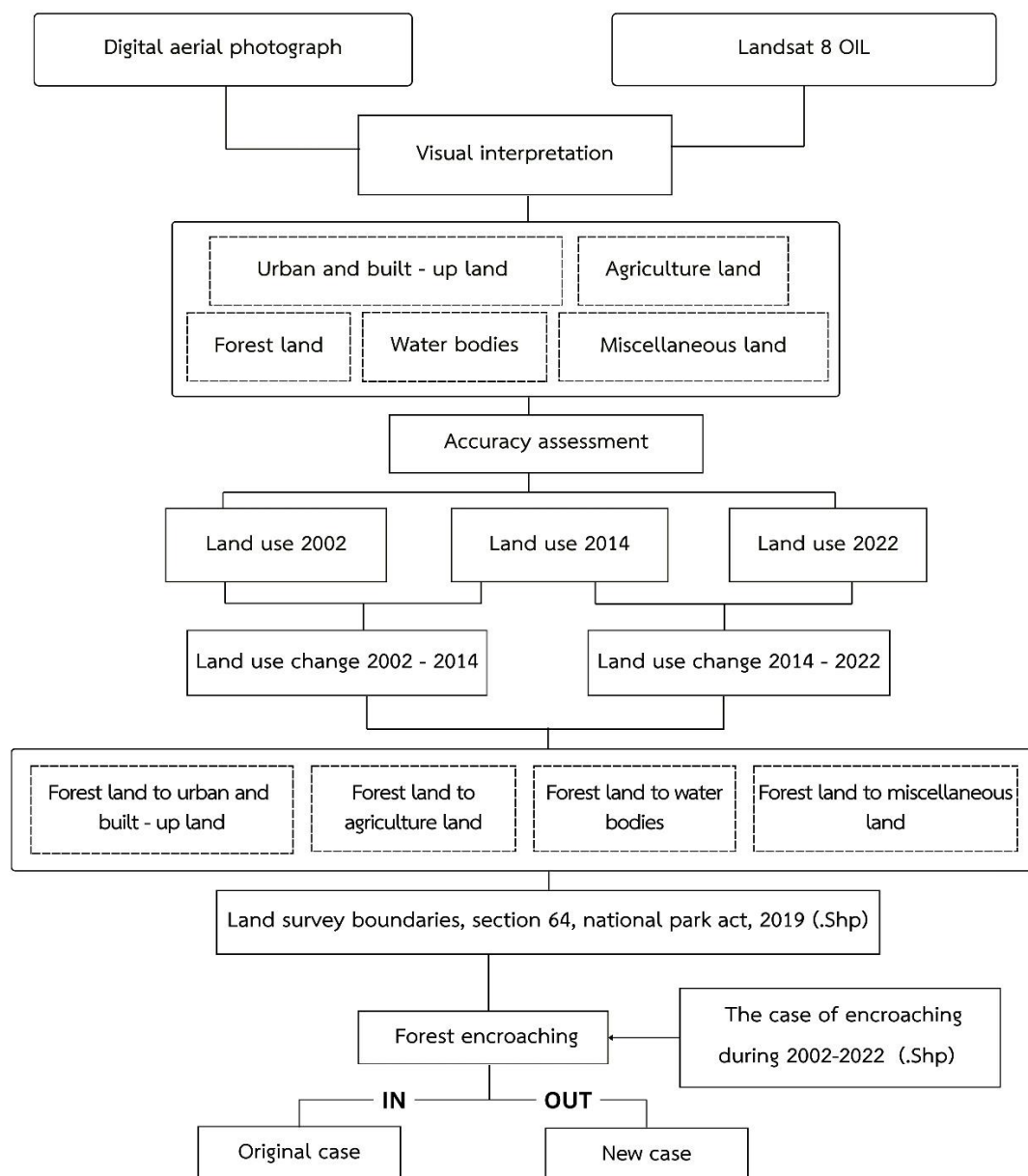


Figure 2 Flowchart of data analysis

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลในงานวิจัยครั้งนี้ ได้มีรายละเอียดของขั้นตอน และวิธีการตาม Figure 2 ดังนี้

การศึกษาลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน

จำแนกรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณพื้นที่อุทยานแห่งชาติไทรบุรี แบ่งออกเป็น 3 ช่วงเวลา ได้แก่ ปี ค.ศ. 2002, 2014 และ 2022 เบื้องต้นก่อนการลงสำรวจภาคสนามได้มีการนำข้อมูลอ้างอิงจากระบบตรวจสอบการใช้ประโยชน์ที่ดิน ของกรมพัฒนาที่ดิน ปี ค.ศ. 2002 และโปรแกรม Google Earth ประกอบการแปลตีความด้วยเทคนิคการจำแนกด้วยสายตา (visual interpretation) เพื่อให้เกิดความแม่นยำในการแปลตีความภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 OLI

จะทำการเน้นคุณภาพข้อมูล (image enhancement) เพื่อเพิ่มรายละเอียดและความชัดเจนของข้อมูลภาพ (Losiri, 2019) ปรับช่วงคลื่นให้ง่ายต่อการแปลภาพด้วยสายตา ด้วยวิธีการผสมสีเท็จ (false color composite: FCC) จะใช้ช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (NIR) ช่วงคลื่นสีเขียว (G) และช่วงคลื่นสีน้ำเงิน (B) และทำการแปลตีความด้วยสายตาโดยใช้องค์ประกอบด้าน 1) ความเข้มของแสงและสี (tone/color) 2) ขนาด (size) 3) รูปร่าง (shape) 4) เนื้อภาพ (texture) 5) รูปแบบ (pattern) 6) ความสูงและเงา (height and shadow) 7) ที่ตั้ง (site) และ 8) ความเกี่ยวพัน (association) (Khunrattanasiri, 2020) ในการแปลตีความภาพถ่ายทางอากาศและภาพถ่ายดาวเทียม ระดับมาตราส่วน 1:10,000 เนื่องจากข้อมูลมี

ความหลากหลาย จำเป็นที่จะต้องกำหนดขนาดมาตราส่วนที่ชัดเจนเพื่อป้องกันความลำเอียงของการแปลตีความการใช้ประโยชน์ที่ดิน ซึ่งมาตราส่วน 1: 10,000 เป็นมาตราส่วนขนาดใหญ่ที่มีความชัดเจนในการแยกแยะรายละเอียดของสภาพแวดล้อมโดยรอบ การศึกษาครั้งนี้ได้จำแนกพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน ระดับ 1 ของ Land Development Department (2022) ได้เป็น 5 ประเภท คือ พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่ป่า พื้นที่แหล่งน้ำ และพื้นที่เบ็ดเตล็ด กำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างที่เหมาะสมสำหรับการลงพื้นที่สำรวจภาคสนามเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของการจำแนกข้อมูล โดยอิงหลักความน่าจะเป็นทวินาม (binomial probability) ตามหลักการของ Congalton and Green (2019) เนื่องจากการประเมินผลการจำแนกข้อมูลในภาพรวมที่ต้องการหาว่าการจำแนกข้อมูลภาพถูกต้องมากน้อยเพียงใด โดยให้ p เป็นเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องที่คาดหวัง และ e คือเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดที่เกิดจากการวัดที่คาดหวังจะเกิดขึ้นเมื่อทำการเก็บข้อมูลจุดสำรวจทั้งหมด ดังสมการที่ 1 การหาตำแหน่งของจุดตรวจจะใช้วิธีการสุ่มแบบแบ่งชั้นภูมิ (stratified random sampling) ทั้ง 3 ช่วงเวลา โดยผลการตรวจสอบความถูกต้องของการจำแนกจะพิจารณาจากความถูกต้องโดยรวม (overall accuracy) และ ค่าสัมประสิทธิ์แคปปา (Kappa Index Agreement)

$$n = \frac{z^2(p)(q)}{e^2} \quad (1)$$

โดย n = จำนวนจุดสำรวจ
 p = เปอร์เซ็นต์ความถูกต้องที่คาดหวัง
 q = เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดที่ยอมรับได้ ($1-p$)
 e = เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดโดยสุ่ม
 z = ค่าพื้นที่จากตารางปกติมาตรฐาน

การศึกษานี้กำหนดระดับความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซ็นต์ (ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 z มีค่าเท่ากับ 1.96) โอกาสเกิดความถูกต้องร้อยละ 85 ($p = 0.85$) โอกาสเกิดความผิดพลาดร้อยละ 15 ($q = 0.15$) และยอมให้เกิดความผิดพลาดจากการสำรวจไม่เกินร้อยละ 5 ($e = 0.05$) จะได้จำนวนจุดสำรวจที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้องของการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินในการศึกษาครั้งนี้เท่ากับ 200 จุด โดยแบ่งเป็นพื้นที่ป่า 159 จุด พื้นที่เกษตรกรรม 38 จุด พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง 1 จุด พื้นที่แหล่งน้ำ 1 จุด และพื้นที่เบ็ดเตล็ด 1 จุด

การตรวจสอบความถูกต้องของการจำแนกเปรียบเทียบผลการจำแนกกับข้อมูลอ้างอิงด้วยตารางเมตริกซ์ความคลาดเคลื่อน

(error matrix) และประเมินความถูกต้องจากค่าความถูกต้องโดยรวม (overall accuracy) ประกอบด้วย ค่าความถูกต้องของผู้ผลิต (producer's accuracy) และค่าความถูกต้องของผู้ใช้ (user's accuracy) (Chuchip, 2018) หาได้จากสมการที่ 2, 3 และ 4 และวิเคราะห์ค่าความน่าเชื่อถือของการจำแนกด้วยวิธีการหาค่าสัมประสิทธิ์แคปปา (Kappa Index Agreement)

$$\text{Overall accuracy} = \frac{\sum_{i=1}^k n_{ii}}{N} \quad (2)$$

$$\text{Producer's accuracy} = \frac{n_{ii}}{n_{i+}} \quad (3)$$

$$\text{User's accuracy} = \frac{n_{ii}}{n_{+i}} \quad (4)$$

สัมประสิทธิ์ Kappa ($\hat{K}$) หาได้จากสมการที่ 5

$$\hat{K} = \frac{n \sum_{i=1}^k n_{ii} - \sum_{i=1}^k (n_{i+} \times n_{+i})}{n^2 - \sum_{i=1}^k (n_{i+} \times n_{+i})} \quad (5)$$

โดยที่ $\hat{K}$ คือ สัมประสิทธิ์แคปปาของความสอดคล้อง
 k คือ จำนวนของแถว ประเภทสิ่งปกคลุมดิน ในเมทริกซ์

n_{ii} คือ จำนวนของการสังเกตการณ์ในแถว i และคอลัมน์ i

n_{i+} คือ ผลรวมนอกแนวทแยงมุมของแถว i

n_{+i} คือ ผลรวมนอกแนวทแยงมุมของคอลัมน์ i

n คือ จำนวนของการสังเกตการณ์ทั้งหมด

การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน

วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี ค.ศ. 2002 2014 และ 2022 ด้วยวิธีซ้อนทับเชิงพื้นที่ (overlay analysis) โดยโปรแกรมทางภูมิศาสตร์ และแสดงเป็นตารางการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน (matrix change) เพื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในแต่ละประเภท (change detection)

วิเคราะห์ร่องรอยการบุกรุกพื้นที่ป่าตามที่บัญญัติไว้ในพระราชบัญญัติอุทยานแห่งชาติ ค.ศ. 2019

นำผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน แบ่งออกเป็น 2 ช่วง ระหว่าง ค.ศ. 2002–2014 และ ค.ศ. 2014–2022 ซ้อนทับกับแนวเขตที่ดินทำกินของราษฎรตามมาตรา 64 แห่งพระราชบัญญัติอุทยานแห่งชาติ ค.ศ. 2019 และแปลงคดีบุกรุกพื้นที่ป่าระหว่าง ค.ศ. 2006–2022 เพื่อศึกษาร่องรอยการบุกรุกพื้นที่ป่าที่เกิดขึ้น

ผลและวิจารณ์

ผลการศึกษาเรื่อง การประยุกต์การรับรู้ระยะไกลเพื่อศึกษาการบุกรุกพื้นที่ป่า บริเวณอุทยานแห่งชาติไทรโยค จังหวัดสุราษฎร์ธานี ปรากฏดังนี้

ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่อุทยานแห่งชาติไทรโยค

จากการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมในปี ค.ศ. 2002, 2014 และ 2022 ด้วยจุดตรวจสอบจำนวน 200 จุด อ้างอิงข้อมูลที่ใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องจากภาพถ่ายทางอากาศโครงการออร์โธรีโธกราฟิกและสโตนิก ปี ค.ศ. 2002 ข้อมูลขอบเขตพื้นที่ป่าจากกรมป่าไม้ ปี ค.ศ. 2014–2015 ร่วมกับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมรายละเอียดสูงจากโปรแกรม Google Earth ปี ค.ศ. 2014 และการลงพื้นที่สำรวจภาคสนามปี ค.ศ. 2022 พบว่าผลการจำแนกข้อมูลมีความถูกต้องโดยรวม (overall accuracy) เรียงตามลำดับปีที่ศึกษา เท่ากับ 97.5, 96.5 และ 93.0 ตามลำดับ ค่าสัมประสิทธิ์แคปปา (kappa coefficient) เท่ากับ 0.93 0.89 และ 0.81 ตามลำดับ ดัง Table 1 ซึ่งมีค่าความสอดคล้องมากกว่าร้อยละ 80 แสดงถึงค่าความถูกต้องระดับสูง (Congalton and Green, 2019)

Table 1 Overall accuracy and Kappa coefficient statistics for land use classification based on digital orthophoto mapping and Landsat 8 data during 2002–2022

Year	Overall accuracy (%)	Kappa coefficient
2002	97.5	0.93
2014	96.5	0.89
2022	93.0	0.81

จาก Table 1 พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์แคปปา ในปี ค.ศ. 2002 มีค่าความสอดคล้องกันระหว่างข้อมูลตรวจสอบกับข้อมูล

อ้างอิงสูงสุดที่ร้อยละ 0.93 เนื่องจากการแปลตีความการใช้ประโยชน์ที่ดินในปี ค.ศ. 2002 ได้มีการนำภาพถ่ายทางอากาศออร์โธรีโธกราฟิก โครงการกระทรวงเกษตรและสหกรณ์มาใช้ในการแปลตีความ ซึ่งภาพถ่ายทางอากาศดังกล่าวให้รายละเอียดเชิงพื้นที่สูง ส่งผลให้ผลการแปลตีความการใช้ประโยชน์ที่ดินในปีดังกล่าวมีความถูกต้องสูง เมื่อเทียบกับปี ค.ศ. 2014 และ 2022 ซึ่งใช้ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 ระบบบันทึกข้อมูล OLI ให้รายละเอียดจุดภาพที่ 30 เมตร ทำให้การจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินบางประเภทที่มีรายละเอียดจุดภาพเล็กกว่า 30 เมตร ไม่สามารถมองเห็นได้ส่งผลให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการแปลตีความ

การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน บริเวณอุทยานแห่งชาติไทรโยค ปี ค.ศ. 2002, 2014 และ 2022 สามารถสรุปได้ดัง Table 2 และ Figure 3 ต่อไปนี้

ปี ค.ศ. 2002 พบว่า มีการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทพื้นที่ป่าไม้มากที่สุด จำนวน 32,612.67 เฮกตาร์ รองลงมา คือ พื้นที่เกษตรกรรม จำนวน 6,198.69 เฮกตาร์ พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง 59.64 เฮกตาร์ พื้นที่แหล่งน้ำ 28.53 เฮกตาร์ และพื้นที่เบ็ดเตล็ด 24.02 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 83.79 15.93 0.15 0.07 และ 0.06 ตามลำดับ

ปี ค.ศ. 2014 พบว่า มีการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทพื้นที่ป่าไม้มากที่สุด จำนวน 31,518.58 เฮกตาร์ รองลงมา คือ พื้นที่เกษตรกรรม จำนวน 7,294.31 เฮกตาร์ พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง 71.04 เฮกตาร์ พื้นที่แหล่งน้ำ 29.23 เฮกตาร์ และพื้นที่เบ็ดเตล็ด 10.40 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 80.98 18.74 0.18 0.08 และ 0.03 ตามลำดับ

ปี ค.ศ. 2022 พบว่า มีการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทพื้นที่ป่าไม้มากที่สุด จำนวน 31,405.94 เฮกตาร์ รองลงมา คือ พื้นที่เกษตรกรรม จำนวน 7,406.97 เฮกตาร์ พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง 71.28 เฮกตาร์ พื้นที่แหล่งน้ำ 29.32 เฮกตาร์ และพื้นที่เบ็ดเตล็ด 10.04 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 80.69 19.03 0.18 0.08 และ 0.03 ตามลำดับ

Table 2 Land use during 2002, 2014 and 2022 in Tai Rom Yen Nation Park, Surat Thani province

Land use type	2002		2014		2022	
	Area (ha)	(%)	Area (ha)	(%)	Area (ha)	(%)
Urban and built-up	59.64	0.15	71.04	0.18	71.28	0.18
Agricultural	6,198.69	15.93	7,294.31	18.74	7,406.97	19.03
Forest	32,612.67	83.79	31,518.58	80.98	31,405.94	80.69
Water bodies	28.53	0.07	29.23	0.08	29.32	0.08
Miscellaneous	24.02	0.06	10.40	0.03	10.04	0.03
Total	38,923.56	100.00	38,923.56	100.00	38,923.56	100.00

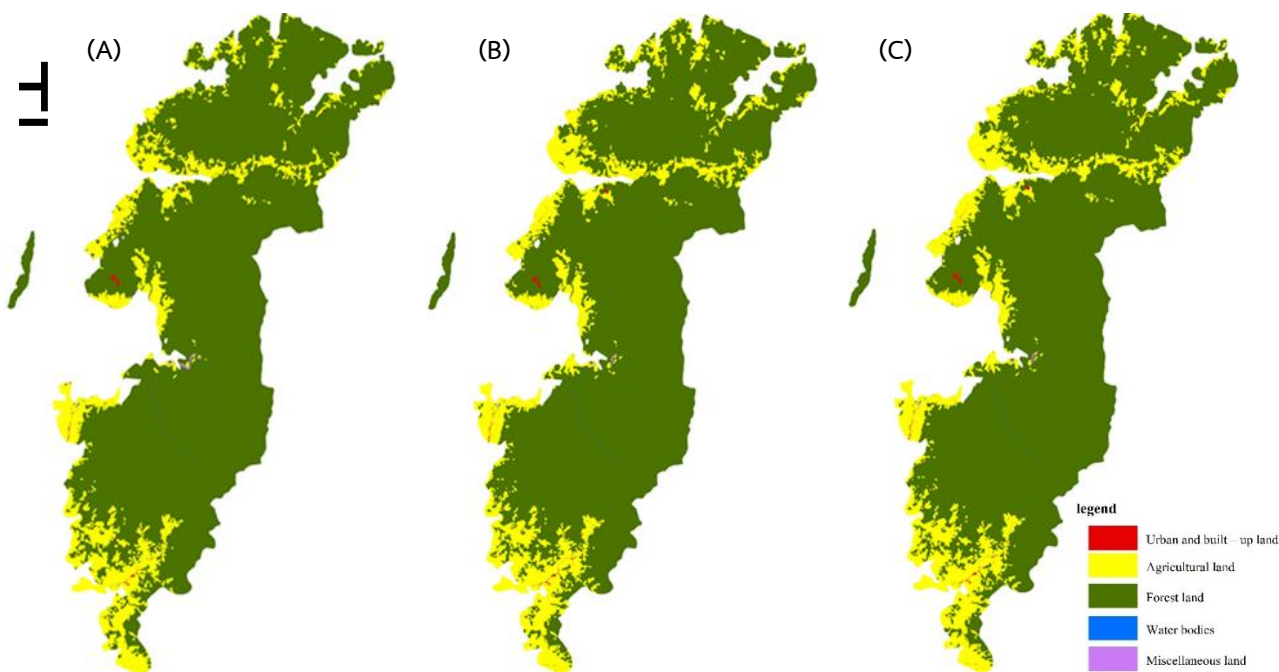


Figure 3 Land use classification in Tai Rom Yen Nation Park, Surat Thani province. (A) 2002 (B) 2014 and (C) 2022

การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน บริเวณอุทยานแห่งชาติไทรโยค

การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินระหว่างปี ค.ศ. 2002–2014 สรุปได้ดัง Table 3 และ Figure 4 ดังนี้

พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น จำนวน 11.40 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 19.11 ของพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลง โดยพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง มีพื้นที่เพิ่มขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่เกษตรกรรม จำนวน 10.66 เฮกตาร์ และพื้นที่ป่า จำนวน 1.55 เฮกตาร์

พื้นที่เกษตรกรรม พบว่า มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นมากที่สุด จำนวน 1,095.62 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 17.67 ของพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลง โดยพื้นที่เกษตรกรรม มีพื้นที่เพิ่มขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ป่า จำนวน 1,174.53 เฮกตาร์ พื้นที่เบ็ดเตล็ด จำนวน 2.09 เฮกตาร์ พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง จำนวน 0.81 เฮกตาร์ และพื้นที่แหล่งน้ำ จำนวน 0.02 เฮกตาร์ แต่ในปี ค.ศ. 2014 พื้นที่เกษตรกรรม มีการเปลี่ยนแปลงเป็นพื้นที่ป่า จำนวน 70.46 เฮกตาร์ ซึ่งสัมพันธ์กับข้อมูลการตรวจวัดแปลงคดี ระหว่าง ค.ศ. 2006–2014 โดยมีการนำแปลงคดีมาฟื้นฟูสภาพพื้นที่ป่าใหม่

พื้นที่ป่าไม้ พบว่า มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงลดลงมากที่สุด จำนวน 1,094.08 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 3.35 ของพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลง โดยพื้นที่ป่ามีการเปลี่ยนแปลงเป็นพื้นที่เกษตรกรรมมากที่สุด จำนวน 1,174.53 เฮกตาร์ และเปลี่ยนแปลงเป็นพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง จำนวน 1.55 เฮกตาร์ ซึ่งสัมพันธ์กับจำนวนประชากร ปี ค.ศ. 2002–2014 โดยเฉพาะตำบลบ้านส้อง อำเภอเวียงสระ มีจำนวนประชากร

เพิ่มขึ้นมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับตำบลอื่น ๆ จำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้มีพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้างเพิ่มขึ้น เพื่อรองรับต่อจำนวนประชากร (Department of Provincial Administration, 2013) รวมถึงการขยายตัวของพื้นที่เกษตรกรรมเพิ่มสูงขึ้น เพื่อเป็นพื้นที่ทำกิน ส่วนใหญ่เน้นปลูกเป็นพื้นที่เกษตรเชิงเดี่ยว เช่น สวนยางพารา สวนปาล์ม เนื่องจากเป็นพืชเศรษฐกิจหลักของพื้นที่ภาคใต้ และผลผลิตที่ได้มีราคาทางการตลาดที่สูง นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Puangkaew (2016) ที่ทำการศึกษการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไม้บริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าโดนงาช้าง พบว่าช่วงปี ค.ศ. 1991–2015 พื้นที่ป่ามีพื้นที่ลดลงมากที่สุด โดยพื้นที่ป่าถูกเปลี่ยนเป็นพื้นที่เกษตรกรรม ระบุว่าเป็นการแผ้วถางเพื่อปลูกยางพารา ลองกอง มังคุด เป็นต้น

พื้นที่แหล่งน้ำ มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นจำนวน 0.69 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 2.43 ของพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลง โดยพื้นที่แหล่งน้ำมีพื้นที่เพิ่มขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่เกษตรกรรม จำนวน 0.71 เฮกตาร์ เกี่ยวเนื่องจากการเพิ่มขึ้นของพื้นที่เกษตรกรรมจำเป็นต้องมีแหล่งน้ำเพื่อใช้ในการเกษตร ส่วนมากเป็นบ่อน้ำในแปลงเกษตร

พื้นที่เบ็ดเตล็ด มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงลดลงจำนวน 13.62 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 56.72 ของพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลง โดยเปลี่ยนเป็นพื้นที่ป่าไม้มากที่สุด จำนวน 11.54 เฮกตาร์ รองลงมาคือ พื้นที่เกษตรกรรม จำนวน 2.08 เฮกตาร์

Table 3 Land use change during 2002–2014 in Tai Rom Yen Nation Park, Surat Thani province

Land use type		Land use area in 2014 (ha)					Total
		U	A	F	W	M	
Land use area in 2002 (ha)	Urban and built-up (U)	58.83	0.81	-	-	-	59.64
	Agricultural (A)	10.66	6,116.86	70.46	0.71	-	6,198.69
	Forest (F)	1.55	1,174.53	31,436.59	-	-	32,612.67
	Water bodies (W)	-	0.02	-	28.51	-	28.53
	Miscellaneous (M)	-	2.09	11.54	-	10.40	24.02
		71.04	7,294.31	31,518.59	29.23	10.40	38,923.56

การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินระหว่าง ปี ค.ศ. 2014–2022 สรุปได้ดัง Table 4 และ Figure 4 ดังนี้

พื้นที่ ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง พบว่ามีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น จำนวน 0.24 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 0.34 ของพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลง โดยพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้างมีพื้นที่เพิ่มขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่เกษตรกรรม จำนวน 0.54 เฮกตาร์ และพื้นที่ป่า จำนวน 0.37 เฮกตาร์ ส่วนมากจะเป็นเพิงพักเกษตรที่ก่อสร้างแบบไม่ถาวร จึงสามารถเปลี่ยนแปลงรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินได้ง่าย

พื้นที่เกษตรกรรม พบว่ามีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นมากที่สุด จำนวน 112.66 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 1.54 ของพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลง โดยพื้นที่เกษตรกรรม มีพื้นที่เพิ่มขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ป่าจำนวน 155.02 เฮกตาร์ พื้นที่เบ็ดเตล็ด จำนวน 0.74 เฮกตาร์ และพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง จำนวน 0.68 เฮกตาร์ แต่ในปี ค.ศ. 2022 พื้นที่เกษตรกรรมมีการเปลี่ยนแปลงเป็นพื้นที่ป่า จำนวน 42.75 เฮกตาร์ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Pakat *et al.* (2023) ที่ศึกษาการเปลี่ยนแปลงสภาพพื้นที่ป่าระหว่าง ปี ค.ศ. 2013–2022 ในพื้นที่อุทยานแห่งชาติศรีลานนา จังหวัดเชียงใหม่ กล่าวไว้ว่า แนวโน้มการลดลงของพื้นที่ป่ายังคงลดลงอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากผลกระทบจากความต้องการที่ทำกินของประชาชนด้านการเกษตรกรรม แต่ผลการศึกษาในช่วงปี ค.ศ. 2018–2022 แนวโน้มการลดลงของพื้นที่ป่ามีการลดลงอันเป็นผลมาจากการจัดทำนโยบายและแผนปฏิบัติการนำเทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการจัดการพื้นที่มากขึ้น เพื่อเปลี่ยนสภาพป่าที่ถูกบุกรุกทำลายให้กลับสู่สภาพธรรมชาติที่สมบูรณ์ สอดคล้องกับแนวทางแก้ไขปัญหของอุทยานแห่งชาติได้รณรงค์ คือ การสร้างการรับรู้ ความเข้าใจให้ราษฎรที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ตามแนวทางแก้ไขปัญหาดินของราษฎรในพื้นที่ป่าอนุรักษ์ได้ตระหนักถึงขอบเขตและข้อจำกัดในพื้นที่ พร้อมทั้งให้ความรู้ด้านกฎหมายป่าไม้และกฎหมายที่เกี่ยวข้องให้ประชาชนในพื้นที่ป่าอนุรักษ์ทราบ เพื่อสร้างความตระหนักในการกระทำผิด ดำเนินการประชาสัมพันธ์ปลูกจิตสำนึกให้ประชาชนใน

พื้นที่ที่มีความอนุรักษ์ ป้องกัน และวางแผนทรัพยากรธรรมชาติ ป่าไม้ พร้อมทั้งสร้างเครือข่ายอาสาสมัครพิทักษ์ป่าให้ครอบคลุมกับที่ภารกิจของกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช

พื้นที่ป่าไม้ พบว่ามีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงลดลงมากที่สุด จำนวน 112.64 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 0.36 ของพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลง โดยพื้นที่ป่ามีการเปลี่ยนแปลงเป็นพื้นที่เกษตรกรรมมากที่สุด จำนวน 115.02 เฮกตาร์ โดยส่วนใหญ่จะอยู่ใกล้กับพื้นที่ทำกินของราษฎร ตามมาตรา 64 แห่งพระราชบัญญัติอุทยานแห่งชาติ ค.ศ. 2019 จากการลงสำรวจพื้นที่ในปี ค.ศ. 2022 พบว่า พื้นที่ป่าที่ถูกเปลี่ยนแปลงเป็นพื้นที่เกษตรกรรมส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ลาดชันน้อยเหมาะแก่การเพาะปลูก โดยพบการทำเกษตรหลายประเภท สอดคล้องกับรายงานฉบับสมบูรณ์โครงการจัดทำข้อมูลสภาพพื้นที่ป่าไม้ ค.ศ. 2022 Royal Forest Department (2022) พบว่า สถิติข้อมูลสภาพพื้นที่ป่าไม้ของจังหวัดสุราษฎร์ธานีย้อนหลัง 5 ปี ระหว่างช่วงปี ค.ศ. 2017–2022 พื้นที่ป่าไม้มีการลดลงอย่างต่อเนื่องคิดเป็นร้อยละ 28.79, 28.78, 28.77, 28.76 และ 28.75 ตามลำดับ นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Kanin (2021) ที่ศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่อนุรักษ์ บริเวณอุทยานแห่งชาติดอยผาหลวง จังหวัดแพร่ กล่าวไว้ว่า ในช่วงปี ค.ศ. 2013–2019 พบว่าสภาพพื้นที่ป่าลดลงและมีแนวโน้มคงที่ เนื่องจากนโยบายของรัฐบาลในการดำเนินการแก้ไขปัญหาดินในพื้นที่ป่าอนุรักษ์และพระราชบัญญัติอุทยานแห่งชาติ ค.ศ. 2019 มาตรา 64 ให้สำรวจการถือครองที่ดินของประชาชนที่อาศัยหรือทำกินในพื้นที่อุทยานแห่งชาติแต่ละแห่ง เพื่อช่วยเหลือบุคคลที่ไม่มีที่ดินทำกินและได้อาศัย หรือทำกินในพื้นที่อุทยานแห่งชาติภายในขอบเขต หลักเกณฑ์ วิธีการ และกฎหมายที่กำหนด ทำให้ชาวบ้านที่มีที่ทำกินอยู่เดิมบางรายปล่อยทิ้งร้างกลายเป็นพื้นที่ป่าเหล่านั้นกลับเข้ามาทำประโยชน์และแจ้งความประสงค์สิทธิในการครอบครองพื้นที่จึงทำให้สภาพพื้นที่ป่ามีการลดลง

พื้นที่แหล่งน้ำ มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น จำนวน 0.10 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 0.34 ของพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลง โดยพื้นที่ชุมชน และสิ่งปลูกสร้าง มีพื้นที่เพิ่มขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่เกษตรกรรม จำนวน 0.10 เฮกตาร์ เนื่องจากการขยายตัวของพื้นที่เกษตรกรรมในพื้นที่จำเป็นต้องมีแหล่งน้ำในการเพาะปลูก จากการลงพื้นที่สำรวจในปี ค.ศ. 2022 พบว่า เป็นบ่อน้ำในพื้นที่เกษตรกรรม

พื้นที่เบ็ดเตล็ด มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงลดลง จำนวน 0.36 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 3.55 ของพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลง โดยพื้นที่เบ็ดเตล็ดเปลี่ยนแปลงเป็นพื้นที่เกษตรกรรมมากที่สุด จำนวน 0.74 เฮกตาร์ เนื่องจากเดิมเป็นพื้นที่ทุ่งหญ้าริมคลองฉวาง ลักษณะพื้นที่เป็นพื้นที่ราบเหมาะสมแก่การเพาะปลูก

Table 4 Land use change during 2014–2022 in Tai Rom Yen Nation Park, Surat Thani province

Land use type		Land use area in 2022 (ha)					Total
		U	A	F	W	M	
Land use area in 2014 (ha)	Urban and built-up (U)	70.36	0.68	-	-	-	71.04
	Agricultural (A)	0.54	7,250.54	42.75	0.10	0.38	7,294.31
	Forest (F)	0.37	155.02	31,363.19	0.00	-	31,518.58
	Water bodies (W)	-	-	-	29.23	-	29.23
	Miscellaneous (M)	-	0.74	-	-	9.66	10.40
	Total	71.28	7,406.97	31,405.94	29.33	10.04	38,923.56

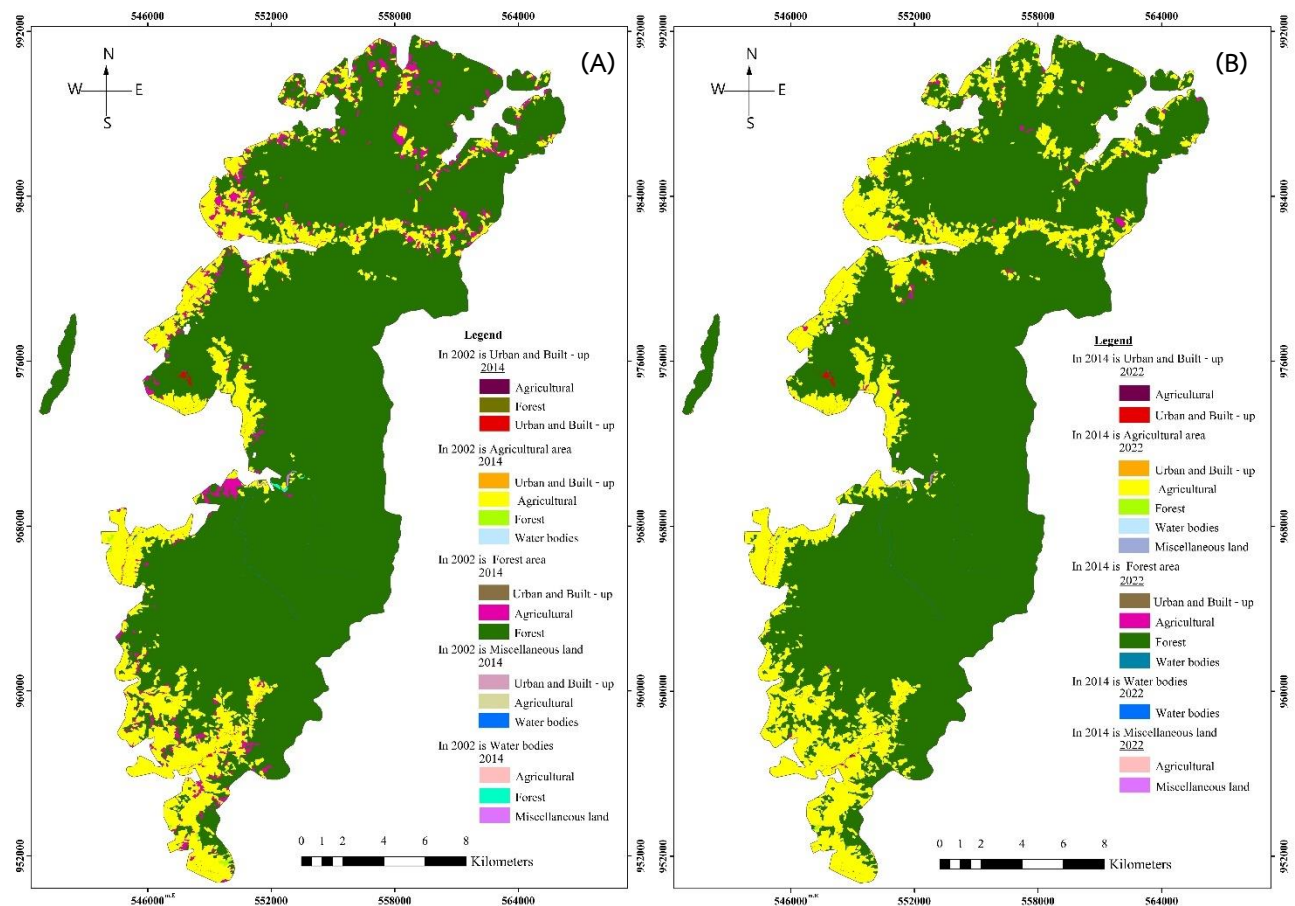


Figure 4 Land use change between (A) 2002 – 2014 and (B) 2014 – 2022

ร่องรอยการบุกรุกพื้นที่ป่าไม้ บริเวณอุทยานแห่งชาติ ไทรโยค

จากปัญหาที่มีมาอย่างยาวนานของการบุกรุกพื้นที่ป่าไม้ บริเวณอุทยานแห่งชาติไทรโยค ซึ่งเดิมประสบปัญหาการบุกรุก ป่าสงวนแห่งชาติป่าคลองน้ำเค็มอย่างกว้างขวางและรุนแรง ในอดีตได้มีการยื่นมีหนังสือถึงรัฐมนตรีว่าการกระทรวงเกษตร และสหกรณ์สมัยนั้น ขอให้มีการจัดตั้งอุทยานแห่งชาติที่ บ้านปลายน้ำเหนือ หมู่ที่ 7 ตำบลลำพูน อำเภอบ้านนาสาร จังหวัดสุราษฎร์ธานี และได้มีพระราชกฤษฎีกากำหนดที่ดิน บริเวณป่าไทรโยค ป่าวัดประดู่ แปลงที่ 2 และป่าคลองน้ำเค็ม ในท้องที่ตำบลช้างซ้าย อำเภอกาญจนดิษฐ์ ตำบลทุ่งเตา ตำบลลำพูน ตำบลพุนพรี อำเภอบ้านนาสาร และตำบลบ้านส้อง อำเภอยะรัง ให้เป็นอุทยานแห่งชาติไทรโยค เมื่อวันที่ 31 ธันวาคม ค.ศ. 1991 (Deethongon *et al.*, 2023) พบว่า อุทยานแห่งชาติไทรโยคมีขอบเขตแปลงสำรวจการถือครอง ที่ดินของประชาชนที่อาศัยหรือทำกินในอุทยานแห่งชาติ ตามมาตรา 64 แห่งพระราชบัญญัติอุทยานแห่งชาติ ค.ศ. 2019 จำนวน 3,372 แปลง พื้นที่ 5,100.07 เฮกตาร์ (ข้อมูลเมื่อวันที่ 17 กุมภาพันธ์ ค.ศ. 2023) และพื้นที่ที่ไม่ได้แจ้งถือครองครอบครอง ตามแนวทางแก้ไขปัญหาดินของราษฎรในเขตป่าอนุรักษ์ มีจำนวน 1,092 ราย พื้นที่ 1,723.84 เฮกตาร์ ซึ่งบริเวณ ดังกล่าวยังคงเป็นข้อพิพาทในการบุกรุกระหว่างราษฎรและ หน่วยงานของรัฐ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Sathornkit (2017) ที่ทำการศึกษาปัญหาทางกฎหมายเกี่ยวกับการครอบครองที่ดินเพื่อใช้ทำกินในพื้นที่ป่าอนุรักษ์ กล่าวถึง ปัญหาการกำหนดขอบเขตพื้นที่ป่าอนุรักษ์ว่าข้อเท็จจริงใน การกำหนดเขตพื้นที่ป่านั้น มิได้มีการสำรวจจริงวัดแบ่งจำแนก แนวเขตให้ชัดเจน โดยไม่ได้มีการรังวัดหมายแนวป่าก่อนที่จะ ประกาศ จึงทำให้เกิดปัญหาการซ้อนทับของพื้นที่ระหว่าง พื้นที่ป่าอนุรักษ์กับพื้นที่อยู่อาศัยหรือทำกินของราษฎร จากการศึกษาร่องรอยการบุกรุกพื้นที่ป่าไม้ พบว่า ในช่วงระหว่าง

ปี ค.ศ. 2002–2014 มีการบุกรุกพื้นที่ป่าทั้งหมด 739.71 เฮกตาร์ เมื่อนำแปลงคดีช่วงระหว่าง ค.ศ. 2006–2013 ของ ส่วนอนุรักษ์และป้องกันทรัพยากร สำนักบริหารพื้นที่อนุรักษ์ที่ 4 (สุราษฎร์ธานี) มาร่วมวิเคราะห์นั้น ปรากฏว่า เป็นการบุกรุก แปลงคดีเดิม จำนวน 386.4 เฮกตาร์ และบุกรุกพื้นที่ใหม่ จำนวน 353.23 เฮกตาร์ ช่วงระหว่างปี ค.ศ. 2014–2022 มีการบุกรุกพื้นที่ป่าทั้งหมด 951.22 เฮกตาร์ เมื่อนำแปลงคดี ช่วงระหว่าง ค.ศ. 2006–2022 มาร่วมวิเคราะห์นั้น ปรากฏว่า เป็นการบุกรุกแปลงคดีเดิม จำนวน 916.35 เฮกตาร์ และบุกรุก พื้นที่ใหม่ จำนวน 34.88 เฮกตาร์ ดัง Figure 5 เห็นได้ว่าในช่วง ค.ศ. 2014–2022 มีการเพิ่มขึ้นของการบุกรุกแปลงคดีเดิม เมื่อเทียบจากช่วงระหว่างปี ค.ศ. 2002–2014 ถึง 529.86 เฮกตาร์ ซึ่งสัมพันธ์กับมาตรการในการแก้ไขปัญหาที่ดินใน พื้นที่ป่าอนุรักษ์ของรัฐบาล คือ การใช้มาตรการพิสูจน์ การครอบครองที่ดินของราษฎร ตามมติคณะรัฐมนตรี เมื่อวันที่ 30 มิถุนายน ค.ศ. 1998 โดยการผ่อนปรนให้ราษฎรที่มีที่ดินทำ กินในเขตป่าเข้าแจ้งการครอบครองที่ดิน และทางราชการจะ ผ่อนผันให้ถือครองที่ดินได้โดยมีเงื่อนไขจนกว่าจะดำเนินการ ตรวจพิสูจน์การครอบครอง โดยราษฎรที่ได้รับการตรวจ พิสูจน์การครอบครองที่ดินแล้ว ห้ามมิให้ทำการบุกรุกพื้นที่ ป่าใหม่ หรือขยายพื้นที่เพิ่มเติม ตลอดจนห้ามซื้อขายที่ดินใน พื้นที่ป่าอนุรักษ์ตามกฎหมาย หรือห้ามเปลี่ยนแปลงประเภท การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ที่ครอบครอง หากเจ้าหน้าที่ตรวจ พบต้องดำเนินการตามที่กฎหมายกำหนด รวมถึงคำสั่งคณะ รักษาความสงบแห่งชาติ ที่ 64/2014 และคำสั่งคณะรักษา ความสงบแห่งชาติที่ 66/2014 ให้หน่วยงานที่มีภารกิจและ อำนาจหน้าที่ที่เกี่ยวข้องดำเนินการปราบปรามและจับกุมผู้บุกรุก ยึดถือ ครอบครอง ทำลาย หรือกระทำการใด ๆ อันเป็นการ กระทำให้เสื่อมเสียแก่สภาพป่า (National Council for Peace and Order, 2014a; 2014b) ส่งผลให้ในปีงบประมาณ ค.ศ. 2015 และ 2016 มีจำนวนคดีบุกรุกพื้นที่ป่ามากที่สุด คือ 286 คดีและ 184 คดี พื้นที่ 453.85 เฮกตาร์ และ 217.78 เฮกตาร์

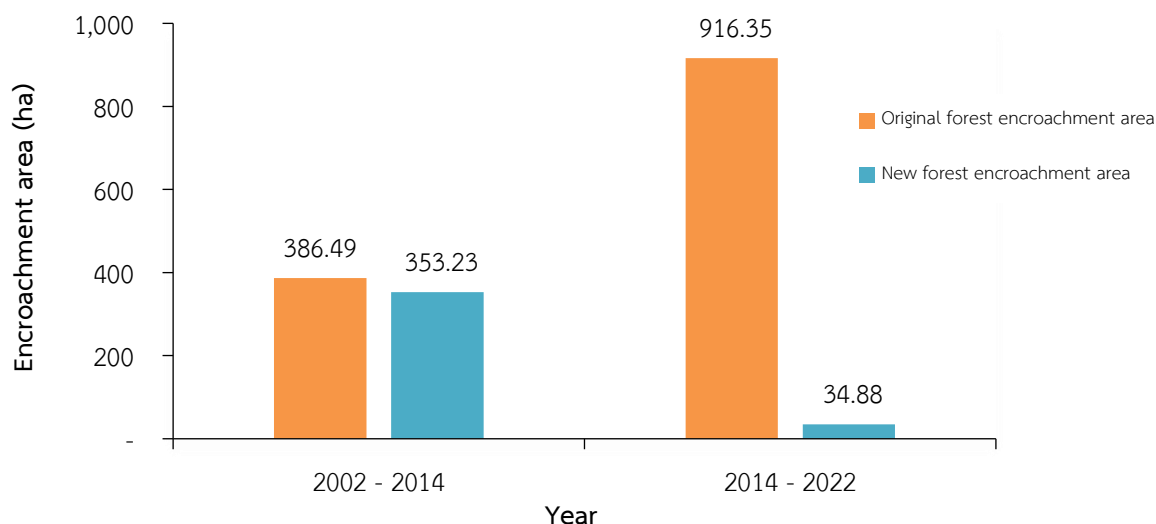


Figure 5 Encroachment in Tai Rom Yen National Park during 2002–2014 and 2014–2022

สรุปและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาการประยุกต์การรับรู้ระยะไกลเพื่อศึกษาการบุกรุกพื้นที่ป่า บริเวณอุทยานแห่งชาติไทรโยต ผลการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยวิธีการแปลตีความด้วยสายตา ปี ค.ศ. 2002, 2014 และ 2022 พบว่า มีการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทพื้นที่ป่ามากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 83.79 80.89 และ 80.69 ตามลำดับ การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินระหว่างปี ค.ศ. 2002–2014 และช่วงปี ค.ศ. 2014–2022 พบว่า การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภท พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง และพื้นที่แหล่งน้ำ มีการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ ในทางกลับกันพื้นที่ป่าไม้ และพื้นที่เบ็ดเตล็ดมีการลดลงของพื้นที่การบุกรุกพื้นที่ป่า ในช่วงปี ค.ศ. 2002–2014 พบว่ามีการบุกรุกพื้นที่ จำนวน 739.71 เฮกตาร์ แบ่งเป็นบุกรุกแปลงคดีเดิม จำนวน 386.48 เฮกตาร์ บุกรุกพื้นที่ใหม่ จำนวน 353.23 เฮกตาร์ และระหว่าง ปี ค.ศ. 2014–2022 มีการบุกรุกพื้นที่ จำนวน 951.22 เฮกตาร์ แบ่งเป็น บุกรุกแปลงคดีเดิม จำนวน 916.35 เฮกตาร์ บุกรุกพื้นที่ใหม่ จำนวน 34.88 เฮกตาร์ เพิ่มขึ้นจากช่วงปี ค.ศ. 2002–2014 จำนวน 529.87 เฮกตาร์ เนื่องจากนโยบายของภาครัฐในสมัยนั้นที่มีการป้องกันและปราบปรามการบุกรุกพื้นที่อย่างเข้มงวด การศึกษาครั้งนี้เป็นการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยการแปลตีความด้วยสายตา ซึ่งใช้เวลานานในการจำแนกข้อมูลแต่ละประเภท หากพื้นที่ศึกษามีพื้นที่ขนาดใหญ่จำเป็นต้องใช้เวลาในการแปลตีความที่มากขึ้น ควรนำเทคนิคการจำแนกแบบกำกับควบคุม (supervise classification) หรือการจำแนกข้อมูลด้วยวิธีการอื่น ๆ ร่วมวิเคราะห์เพื่อลดระยะเวลาในการจำแนกข้อมูล และเพิ่มร้อยละความถูกต้องในการแปลตีความ

ในการศึกษาครั้งต่อไปควรนำภาพถ่ายดาวเทียมที่มีรายละเอียดเชิงพื้นที่สูง เช่น ดาวเทียม Sentinel-2A ร่วม

วิเคราะห์เพื่อเพิ่มร้อยละความถูกต้องในการแปลตีความ และใช้การจำแนกข้อมูลด้วยวิธีการอื่นเปรียบเทียบกับผลการจำแนกด้วยสายตา เช่น วิธีการจำแนกแบบการเรียนรู้ของเครื่อง (machine learning) และในการวิเคราะห์การบุกรุกพื้นที่ป่า ควรนำข้อมูลทางกายภาพร่วมวิเคราะห์เพื่อศึกษาพื้นที่เสี่ยงต่อการถูกบุกรุกในอนาคต นำไปสู่การวางแผนและเป็นแนวทางในการป้องกันการถูกบุกรุกพื้นที่ป่าของอุทยานแห่งชาติต่อไป

REFERENCES

- Chuchip, K. 2018. **Remote Sensing Technical Note No.3**. Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (In Thai)
- Congalton, R.G., Green, K. 2019. **Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Practices**, 3rd eds. Boca Roton, FL, Taylor & Francis Group, Florida, USA.
- Deethongon, A., Kamanon, S., Satukam, T. 2023. **Management Plan for the Tai Rom Yen National Park (2023–2027)**. National Parks, Wildlife and Plant Conservation, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation. 2022. **Report Summarizing Statistics of Causes Related to Forestry**. <https://portal.dnp.go.th/Content?contentId=2134>, 31 December 2023. (in Thai)
- Department of Provincial Administration. 2013. **Demographic Statistics 2013**. <https://stat.bora>

- .dopa.go.th/stat/statnew/statMONTH/statmonth/#/view, 31 December 2023. (in Thai)
- Khunrattanasiri, W. 2020. **Satellite Imagery for Natural Resource Survey**. Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Kanin, N. 2021. **Land Use Change in The Conservation Area Doi Pha Klong National Park, Phrae Province**. M.S. Thesis, Maejo University, Phrae, Thailand. (in Thai)
- Land Development Department. 2022. **Landuse Map Definition**. https://webapp.ddd.go.th/lpd/node_modules/file/Definition_landuse/Definition_landuse.pdf, 4 February 2022. (in Thai)
- Losiri, C. 2019. **Handout P.M.216 Remote Sensing 1**. Srinakharinwirot University Press, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- National Council for Peace and Order. 2014a. **No. 64 / 2014 : Suppressing and Stopping Encroachment and Destruction of Forest Resources**. <https://portal.dnp.go.th/DNP/FileSystem/download?uuid=b938eb6b-d85b-40b1-8919-7fcd4791323e.pdf>, 31 December 2023. (in Thai)
- National Council for Peace and Order. 2014b. **No.66/2014: Additional Agencies for Suppression Temporarily Stop Encroachment and Destruction of Forest Resources and Operational Policies in The Current Situation**. <https://portal.dnp.go.th/DNP/FileSystem/download?uuid=8b1de3f3-7e66-4a35-ac79-75675178df56.pdf>, 31 December 2023. (in Thai)
- Office of the State Land Management. 2003. **Solving the Problem Encroachment of Land to the State**. Ministry of Natural Resources and Environment, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Pakat, A., Chouibumroong, B., Janekarnwanit, S. 2023. A study of change in forest area during 2013–2022 in the Sri Lanna National Park, Chiang Mai province. **Thai Journal of Forestry**, 42(2): 50-62.
- Pharahan, C. 2021. **An Application of Remote Sensing to Investigate Forest Encroachment in the Tablan National Park, Thai samakkhi Sub District, Wang Nam Khiao District, Nakhon Ratchasima Province**. M.S. Thesis, Srinakharinwirot University, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Puangkaew, N., Salae, R. 2016 Forest Area Changes in Tonenga Chang Wildlife Sanctuary. In: **The 7th Hatyai National and International Conference**. Hatyai, Thailand, pp. 1377-1387 (in Thai)
- Royal Forest Department. 2022. **Final Report of Forest Area Information Project 2022**. Royal Forest Department, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Sathornkit, R. 2017. **Legal Problems on Possession of Land for Use in the Conservation Forest Areas**. M.S. Thesis, Dhurakij Pundit University, Bangkok, Thailand. (in Thai)

นิพนธ์ต้นฉบับ

การประยุกต์ภูมิสารสนเทศในการคาดการณ์การกักเก็บคาร์บอนและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของป่าไม้ บริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาสอยดาว จังหวัดจันทบุรี

Application of Geo-Informatics in Predicting Carbon Sequestration and Greenhouse Gases Emission in Khao Soi Dao Wildlife Sanctuary, Chanthaburi Province

คมชาญ จูตัน^{1,2*}วันชัย อรุณประภารัตน์²นพรัตน์ คัคคุริวาระ²Komchan Jutien^{1,2*}Wanchai Arunpraparut²Nopparat Kaakkurivaara²¹กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช กรุงเทพฯ 10900¹Department of National Parks Wildlife and Plant Conservation, Bangkok 10900, Thailand²คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900²Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

*Corresponding Author, E-mail: komchan.ju@ku.ac.th

รับต้นฉบับ 13 มีนาคม 2567

รับแก้ไข 8 มิถุนายน 2567

รับลงพิมพ์ 21 มิถุนายน 2567

ABSTRACT

Land uses changes were investigated using geographic information systems, the Land Change Modeler and the Ecosystem Services Modeler together with driving factor data and forest inventory data to predict greenhouse gas emissions in the Khao Soi Dao Wildlife Sanctuary. Land use types in 2005, 2010 and 2015 were classified from LANDSAT imageries using visual interpretation techniques.

The results revealed that between 2005 and 2010, there were increases in the agriculture, urban and built-up, and water body landuse categories, while there was a decrease in dry evergreen forest, miscellaneous and mixed deciduous forest. Between 2010 and 2015, there was an increase in dry evergreen forest, agriculture, urban and built-up, and water body, while there was a decrease in miscellaneous and mixed deciduous forest. The accuracy assessment of the land use classification in 2015 revealed an overall accuracy of 89.47% and a kappa statistic of 92.57%. Land use predictions for the 2025, using the Land Change Modeler, indicated that between 2015 and 2025, the urban and built-up, agriculture, and water body categories increased by 171.56, 107.77, and 7.75 ha, respectively. These increments represented 29.88%, 18.77%, and 1.35% of the total changes. Conversely, miscellaneous, mixed deciduous forests, and dry evergreen forests decreased by 130.56, 79.65, and 76.86 ha, respectively. These reductions accounted for 22.74%, 13.87%, and 13.39% of the total changes. The predicted greenhouse gas emissions for the year 2025 were 6,320 tons. Measures to reduce greenhouse gas emissions in forest areas could include reducing deforestation and planting trees in deforested areas.

Keywords: Greenhouse gases Emission of forest; Geo-informatic; Modeling; Land use

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ คาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยแบบจำลอง Land Change Modeler ร่วมกับข้อมูลปัจจัยขับเคลื่อน และคาดการณ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยแบบจำลอง Ecosystem Services Modeler ร่วมกับข้อมูลสำรวจแรงงานทรัพยากรป่าไม้ ในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาสอยดาว โดยจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2548 2553 และ 2558 จากภาพถ่ายเทียม LANDSAT ด้วยการแปลตีความด้วยสายตา

ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน พบว่า ระหว่างปี พ.ศ. 2548–2553 พื้นที่เกษตรกรรม ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง แหล่งน้ำ มีพื้นที่เพิ่มขึ้น และพื้นที่ป่าดิบแล้ง เบ็ดเตล็ด ป่าผสมผลัดใบ มีพื้นที่ลดลง ในขณะที่ระหว่าง ปี พ.ศ. 2553–2558 พื้นที่ป่าดิบแล้ง เกษตรกรรม ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง แหล่งน้ำ มีพื้นที่เพิ่มขึ้น และพื้นที่เบ็ดเตล็ด ป่าผสมผลัดใบ มีพื้นที่ลดลง สำหรับการประเมินความถูกต้องรวมและค่าความสอดคล้องจากการจำแนกการแปลตีความการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2558 มีค่าเท่ากับ ร้อยละ 89.47 และ 92.57 ตามลำดับ ผลจากการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2568 พบว่า ระหว่างปี พ.ศ. 2558–2568 พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง เกษตรกรรม แหล่งน้ำ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น 171.56 107.77 และ 7.75 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 29.88 18.77 และ 1.35 ของการเปลี่ยนแปลงทั้งหมด ตามลำดับ และพื้นที่เบ็ดเตล็ด ป่าผสมผลัดใบ ป่าดิบแล้ง มีแนวโน้มลดลง 130.56 79.65 และ 76.86 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 22.74 13.87 และ 13.39 ของการเปลี่ยนแปลงทั้งหมด ตามลำดับ และผลจากการคาดการณ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก ปี พ.ศ. 2568 มีค่าเท่ากับ 6,320 ตัน โดยมาตรการที่สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคป่าไม้ ได้แก่ การลดการทำลายป่าไม้ และการปลูกต้นไม้ในพื้นที่ถูกทำลาย เป็นต้น

คำสำคัญ: การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของป่าไม้ ภูมิสารสนเทศ แบบจำลอง การใช้ประโยชน์ที่ดิน

คำนำ

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมีผลมาจากการกระทำของมนุษย์ สาเหตุหลักมาจากการเผาเชื้อเพลิงฟอสซิล เช่น ถ่านหิน น้ำมัน และก๊าซ ซึ่งก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจก การเพิ่มขึ้นของก๊าซเรือนกระจกทำให้อุณหภูมิของโลกสูงขึ้น (United Nations Thailand, n.d.) ในปี พ.ศ. 2564 การประชุมสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ครั้งที่ 26 (Conference of the Parties 26, COP 26) ณ เมืองกลาสโกว์ ประเทศสกอตแลนด์ ประเทศไทยได้ประกาศเป้าหมายสำคัญ คือ ประเทศไทยจะเป็นกลางทางคาร์บอน (carbon neutrality) ภายในปี ค.ศ. 2050 (ปี พ.ศ. 2593) และจะปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเป็นศูนย์ (net zero emission) ภายในปี ค.ศ. 2065 (ปี พ.ศ. 2608) และเพื่อให้บรรลุเป้าหมายดังกล่าว ประเทศไทยต้องเพิ่มปริมาณดูดกลืนคาร์บอนไดออกไซด์จากเดิม 90 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าให้ได้ 120 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าเป็นอย่างน้อย อีกทั้งยังต้องลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยใช้มาตรการต่าง ๆ เช่น การใช้รถยนต์ไฟฟ้า การเพิ่มพื้นที่สีเขียวในเขตเมืองและชนบท การป้องกันการบุกรุกทำลายพื้นที่ป่าไม้ และการเผาป่า เป็นต้น (Ministry of Higher Education, Science, Research and Innovation, 2022) และในปัจจุบันภาคส่วนที่ช่วยเพิ่มปริมาณการดูดกลืนก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด คือ ป่าไม้ (United Nations Development Programme, 2024)

เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาสอยดาว จังหวัดจันทบุรี เป็นส่วนหนึ่งของกลุ่มป่าตะวันออก มีพื้นที่ 74,496.32 เฮกตาร์

เป็นแหล่งต้นน้ำลำธารของแม่น้ำสำคัญ 2 สาย คือ แม่น้ำจันทบุรี และคลองพระปรัง อีกทั้งยังเป็นถิ่นที่อยู่อาศัยของสัตว์ป่าที่หายากใกล้จะสูญพันธุ์และมีถิ่นที่อยู่อาศัยเฉพาะบริเวณนี้เท่านั้น คือ กบอกลนาม ปลาชะโอน และค้างคาวปีกขน เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาสอยดาวประสบปัญหาอย่างมากในด้านการคุกคามทรัพยากรธรรมชาติในพื้นที่ เนื่องจากมีพื้นที่เกษตรกรรมและชุมชนอยู่โดยรอบและในพื้นที่บางส่วน แม้ว่าทางเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าแห่งนี้ได้ดำเนินการในทุกด้านเพื่อลดปัญหาดังกล่าว แต่ชุมชนต่าง ๆ ที่อยู่โดยรอบเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาสอยดาวมีการขยายตัวใหญ่ขึ้น มีจำนวนประชากรมากขึ้น ทำให้เกิดความต้องการใช้ทรัพยากรธรรมชาติเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย ซึ่งส่งผลกระทบต่อทรัพยากรป่าไม้และสัตว์ป่าในพื้นที่ การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินโดยใช้แบบจำลอง Land change modeler ซึ่งเป็นแบบจำลองที่ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อใช้ในการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคต ร่วมกับปัจจัยขับเคลื่อนที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน และเพื่อคาดการณ์การกักเก็บคาร์บอนและการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของป่าไม้โดยใช้แบบจำลอง Ecosystem services modeler ที่พัฒนาโดย Clark Labs (Clark Labs, 2018) ผลการศึกษานี้จะสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการวางแผนอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติอย่างยั่งยืนในพื้นที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาสอยดาวต่อไปในอนาคต เพื่อเป็นการสนับสนุนนโยบายของรัฐในการมุ่งสู่ความเป็นกลางทางคาร์บอนและการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเป็นศูนย์

อุปกรณ์และวิธีการ

พื้นที่ศึกษา

เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาสอยดาว มีพื้นที่ 74,496.32 เฮกตาร์ ตั้งอยู่ในเขตอำเภอโป่งน้ำร้อน อำเภอมะขาม และอำเภอท่าใหม่ จังหวัดจันทบุรี Latitude $12^{\circ} 50' - 13^{\circ} 20' N$ Longitude $102^{\circ} 1' - 102^{\circ} 16' E$ ทางทิศเหนือติดต่อกับเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤๅไนและอุทยานแห่งชาติเขาสิบห้าชั้น ทิศตะวันออกขนานทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 317 (จันทบุรี-สระแก้ว) ทิศตะวันตกติดต่อกับป่าสงวนแห่งชาติป่าขุนช่องและป่าสงวนแห่งชาติจันทาแป๊ะ ส่วนทิศใต้ติดต่อกับอุทยานแห่งชาติเขาคิชฌกูฏ

การรวบรวมข้อมูล

รวบรวมข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT 5 ปี พ.ศ. 2548 (บันทึกข้อมูลวันที่ 18 กุมภาพันธ์ 2548) ปี พ.ศ. 2553 (บันทึกข้อมูลวันที่ 15 มกราคม 2553) และ LANDSAT 8 ปี พ.ศ. 2558 (บันทึกข้อมูลวันที่ 19 เมษายน 2558) ระวัง Path 128 Row 50 แบบหลากหลายช่วงคลื่น (multispectral) จากเว็บไซต์ <https://earthexplorer.usgs.gov/> และรวบรวมข้อมูลปัจจัยขับเคลื่อนที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน (driving factors) ได้แก่ ความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง ความลาดชัน ระยะห่างจากหมู่บ้าน และระยะห่างจากเส้นทางคมนาคม ตามการศึกษาของ Kongsawi (2020) และ Sinrodtnakorn (2020)

รวบรวมข้อมูลสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินภาคสนามเพื่อใช้ตรวจสอบความถูกต้องจากการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินจากข้อมูลดาวเทียม โดยกำหนดจำนวนแปลงตัวอย่างด้วยการคำนวณขนาดของกลุ่มตัวอย่างบนพื้นฐานทฤษฎีความน่าจะเป็นทวินาม (binomial probability theory)

รวบรวมข้อมูลสำรวจแจงนับทรัพยากรป่าไม้ครั้งล่าสุดปี พ.ศ. 2558 ของส่วนสำรวจและวิเคราะห์ทรัพยากรป่าไม้สำนักวิจัยการอนุรักษ์ป่าไม้และพันธุ์พืช กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช ซึ่งสำรวจในกลุ่มแปลงตัวอย่างถาวรแบบวงกลม จำนวน 46 กลุ่มแปลง ระยะระหว่างกลุ่มแปลง 2.5 กิโลเมตร x 2.5 กิโลเมตร

การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน

ดำเนินการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2548 ปี พ.ศ. 2553 และปี พ.ศ. 2558 จากข้อมูลดาวเทียม LANDSAT 5 และ LANDSAT 8 ด้วยเทคนิคการแปลตีความหมายด้วยสายตา (visual interpretation)

การตรวจสอบความถูกต้องจากการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน

ดำเนินการตรวจสอบความถูกต้องจากการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2558 และตรวจสอบความถูกต้องด้วยตาราง Confusion matrix เพื่อหาค่าความถูกต้องรวม (overall accuracy) ความถูกต้องของผู้ผลิต (producer's accuracy) ความถูกต้องของผู้ใช้ (user's accuracy) และค่าความสอดคล้องจากการจำแนก (kappa statistic) (Chuchip, 2018)

การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน

วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินระหว่างปี พ.ศ. 2548-2553 ด้วยวิธีการซ้อนทับ (overlay analysis) เพื่อใช้ตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง Land change modeler และวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ระหว่างปี พ.ศ. 2553-2558 เพื่อใช้คาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2568

การคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดิน

การคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2558

คาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2558 โดยใช้แบบจำลอง Land change modeler จากข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2548 และข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2553 ร่วมกับข้อมูลปัจจัยขับเคลื่อนที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ได้แก่ ความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง ความลาดชัน ระยะห่างจากหมู่บ้าน และระยะห่างจากเส้นทางคมนาคม

นำข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2558 ที่ได้จากการคาดการณ์ด้วยแบบจำลอง Land change modeler มาซ้อนทับกับการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2558 ที่ได้จากการแปลตีความจากภาพถ่ายดาวเทียม เพื่อประเมินความถูกต้องของการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยแบบจำลอง Land change modeler

การคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2568

คาดการณ์แนวโน้มการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2568 โดยใช้แบบจำลอง Land change modeler จากข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2553 และข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2558 ร่วมกับปัจจัยขับเคลื่อนที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ทั้ง 4 ปัจจัย

การคำนวณกักเก็บคาร์บอน ปี พ.ศ. 2558

นำข้อมูลจากการสำรวจแจงนับทรัพยากรป่าไม้ ปี พ.ศ. 2558 มาคำนวณเพื่อหามวลชีวภาพเหนือดินโดยใช้สมการแอลโลเมตรีของป่าต่าง ๆ ดังนี้ ป่าดิบแล้ง ป่าดิบเขา ใช้สมการของ (Tsutsumi *et.al.*, 1983) ป่าผสมผลัดใบ ป่าดิบชื้น ใช้สมการของ (Ogawa *et al.*, 1965) มีสมการดังนี้

ป่าดิบแล้ง ป่าดิบเขา $W_s = 0.0509 (D^2H)^{0.919}$
 $W_b = 0.00893 (D^2H)^{0.977}$
 $W_l = 0.0140 (D^2H)^{0.669}$

ป่าผสมผลัดใบ $W_s = 0.0396 (D^2H)^{0.9326}$
 $W_b = 0.003487 (D^2H)^{1.0270}$
 $W_l = (28.0/Wtc + 0.025)^{-1}$

ป่าดิบชื้น $W_s = 0.0396 (D^2H)^{0.9326}$
 $W_b = 0.006003 (D^2H)^{1.0270}$
 $W_l = (18.0/Wtc + 0.025)^{-1}$

โดยที่ D = ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับ 1.3 เมตร

H = ความสูงทั้งหมดของต้นไม้

W_s = มวลชีวภาพของลำต้น

W_b = มวลชีวภาพของกิ่ง

W_l = มวลชีวภาพของใบ

จากนั้นนำข้อมูลมวลชีวภาพเหนือดินมาคำนวณเพื่อหา
 ค่ามวลชีวภาพใต้ดิน การกักเก็บคาร์บอนเหนือดิน และการกักเก็บ

คาร์บอนใต้ดิน ใช้ค่าสัดส่วนมวลชีวภาพใต้ดินต่อมวลชีวภาพ
 เหนือดินและค่าสัดส่วนคาร์บอน (Intergovernmental Panel
 on Climate Change, 2006) ตามลำดับดังนี้

มวลชีวภาพใต้ดินป่าไม่ผลัดใบ = มวลชีวภาพเหนือดิน $\times$ 0.37

มวลชีวภาพใต้ดินป่าผลัดใบ = มวลชีวภาพเหนือดิน $\times$ 0.24

การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพรวม = มวลชีวภาพรวม $\times$ 0.47

การคาดการณ์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ปี พ.ศ. 2568

คาดการณ์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกปี พ.ศ. 2568
 ด้วยแบบจำลอง Ecosystem services modeler (ESM) โดย
 ใช้ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2558 และข้อมูล
 แนวโน้มการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2568 ร่วมกับรวบรวมข้อ
 มูลค่าการกักเก็บคาร์บอนเหนือดินและข้อมูลค่าการกักเก็บ
 คาร์บอนใต้ดิน ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์เป็นรูปแบบ
 ข้อมูลตาราง สามารถสรุปขั้นตอนการศึกษาได้ดัง Figure 1

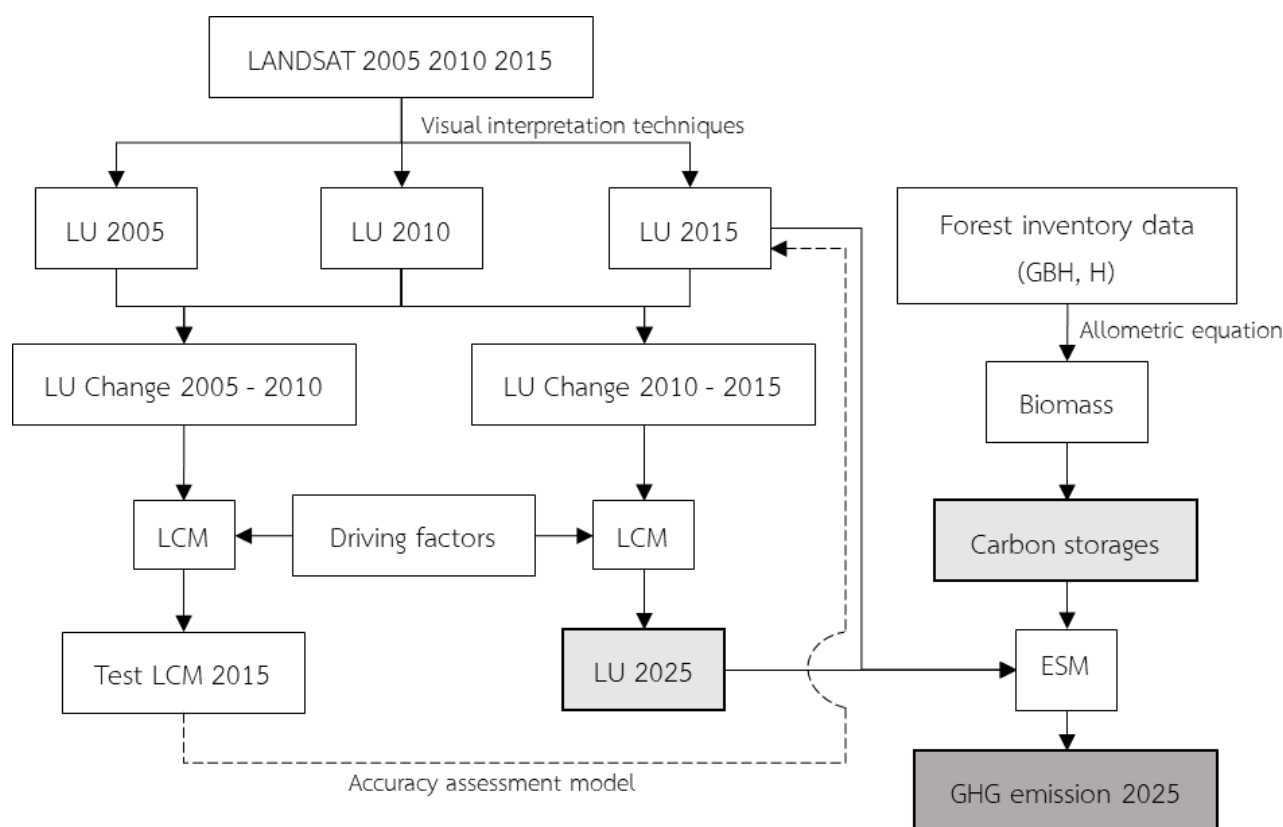


Figure 1 Methodology

ผลและวิจารณ์

การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม

ผลการวิเคราะห์การใช้ประโยชน์ที่ดินจากข้อมูล
 ภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT 5 ปี พ.ศ. 2548 พ.ศ. 2553

และ LANDSAT 8 ปี พ.ศ. 2558 บริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า
 เขาสอยดาว พบว่า พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ป่าดิบแล้ง รองลงมา
 ได้แก่ เกษตรกรรม ป่าดิบเขา ป่าดิบชื้น ป่าผสมผลัดใบ
 เบ็ดเตล็ด ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง แหล่งน้ำ และสวนป่า
 ตามลำดับ ดัง Table 1 และ Figure 2

การตรวจสอบความถูกต้องจากการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน

ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2558 บริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาสอยดาวและพื้นที่โดยรอบ ซึ่งจากการคำนวณด้วยทฤษฎีความน่าจะเป็น ทวินาม ต้องมีจุดสำรวจความถูกต้องตัวอย่างน้อย 225 จุด จากนั้นทำการสำรวจสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินตามแนวเส้นทาง (roadside) ในบริเวณที่เข้าถึงได้สะดวกและใช้ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินที่บันทึกจากการสำรวจแจ้งนับทรัพยากรป่าไม้ของส่วนสำรวจและวิเคราะห์ทรัพยากรป่าไม้

สำนักวิจัยการอนุรักษ์ป่าไม้และพันธุ์พืช กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช มาตรวจสอบความถูกต้อง จำนวน 608 จุด แบ่งออกเป็น ป่าดิบชื้น จำนวน 11 จุด ป่าดิบแล้ง จำนวน 376 จุด ป่าดิบเขา จำนวน 51 จุด ป่าผสมผลัดใบ จำนวน 2 จุด เกษตรกรรม จำนวน 132 จุด เบ็ดเตล็ด จำนวน 14 จุด ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง จำนวน 12 จุด และแหล่งน้ำ จำนวน 10 จุด พบว่า ค่าความถูกต้องรวม เท่ากับ ร้อยละ 89.47 และค่าความสอดคล้องจากการจำแนก เท่ากับ ร้อยละ 92.57 ซึ่งมีค่าความถูกต้องและความสอดคล้องอยู่ในเกณฑ์สูง ดัง Table 2 และ Figure 3

Table 1 Land use types in Khao Soi Dao Wildlife Sanctuary in 2005, 2010 and 2015

Land use type	Year 2005		Year 2010		Year 2015	
	Area (ha)	%	Area (ha)	%	Area (ha)	%
Moist evergreen forest	1,740.94	2.34	1,740.94	2.34	1,740.94	2.34
Dry evergreen forest	51,304.96	68.87	51,255.04	68.8	51,315.05	68.88
Hill evergreen forest	4,351.05	5.84	4,351.05	5.84	4,351.05	5.84
Mixed deciduous forest	1,394.03	1.87	1,363.94	1.83	1,344.20	1.8
Forest plantation	5.41	0.01	5.41	0.01	5.41	0.01
Agriculture	14,916.55	20.02	15,005.48	20.14	15,041.61	20.19
Miscellaneous	736.26	0.99	704.27	0.95	619.30	0.83
Urban and built-up	28.02	0.04	46.49	0.06	53.61	0.07
Water body	19.10	0.03	23.70	0.03	25.14	0.03
Total	74,496.32	100.00	74,496.32	100	74,496.32	100.00

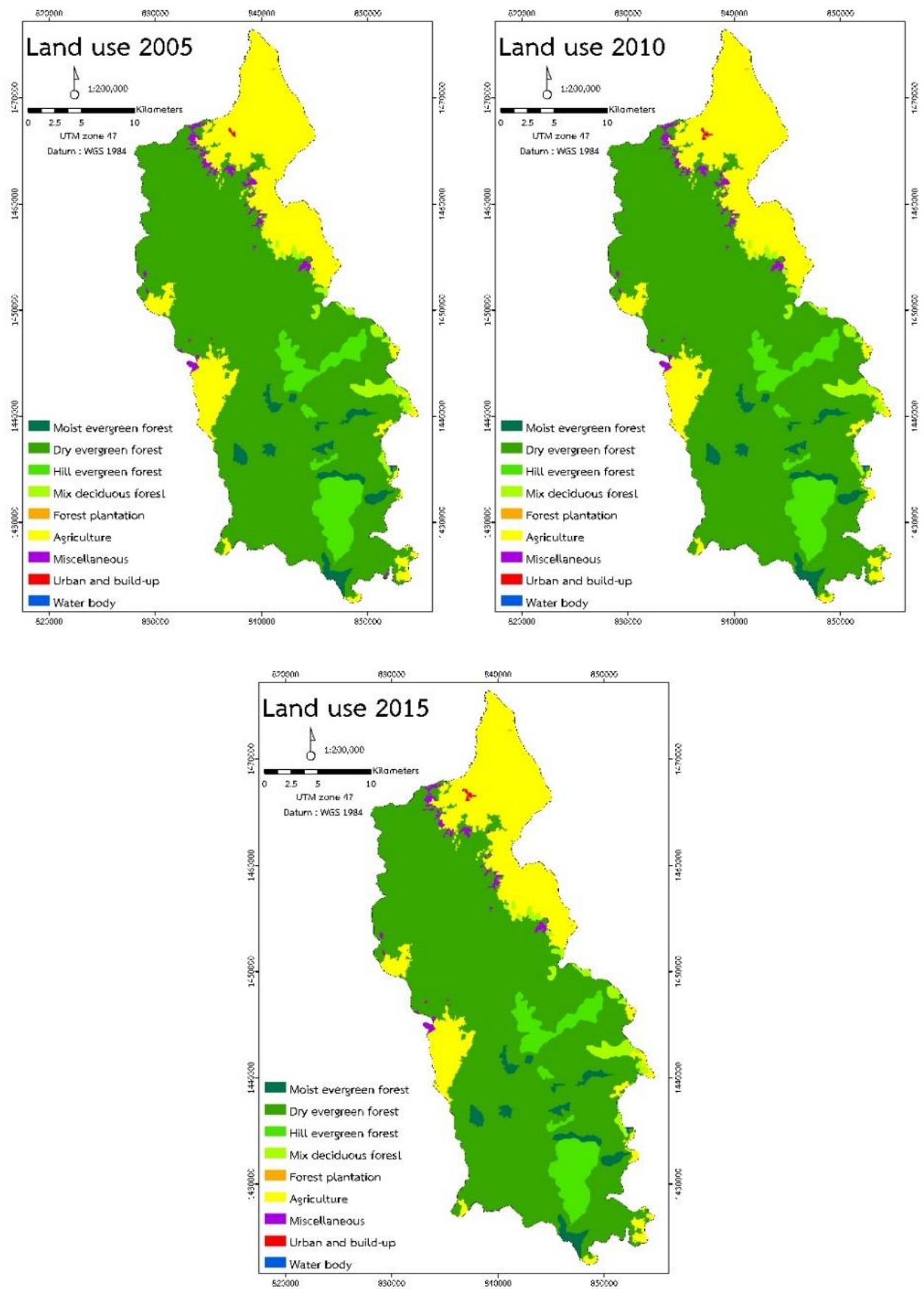


Figure 2 Land use types of Khao Soi Dao wildlife sanctuary in 2005, 2010 and 2015

Table 2 Accuracy of land use classification based on LANDSAT 8 imagery in 2015

Land use type		Reference data										User's accuracy (%)
		ME	DE	HE	MD	FP	A	M	U	W	Total	
Classified data	ME	11	27	-	-	-	-	-	-	-	38	28.95
	DE	-	343	3	-	-	5	-	-	-	351	97.72
	HE	-	-	48	-	-	-	-	-	-	48	100.00
	MD	-	-	-	2	-	-	-	-	-	2	100.00
	FP	-	-	-	-	0	-	-	-	-	0	-
	A	-	4	-	-	-	126	10	6	6	152	82.89
	M	-	2	-	-	-	-	4	-	-	6	66.67
	U	-	-	-	-	-	1	-	6	-	7	85.71
	W	-	-	-	-	-	-	-	-	4	4	100.00
Total		11	376	51	2	0	132	14	12	10	608	
Producer's accuracy (%)		100.00	91.22	94.12	100.00	-	95.45	28.57	50.00	40.00		
Overall accuracy (%)		89.47										
Kappa statistic (%)		92.57										

Remarks: ME = Moist evergreen forest DE = Dry evergreen forest HE = Hill evergreen forest
MD = Mixed deciduous forest FP = Forest plantation A = Agriculture
M = Miscellaneous U = Urban and built-up W = Water body

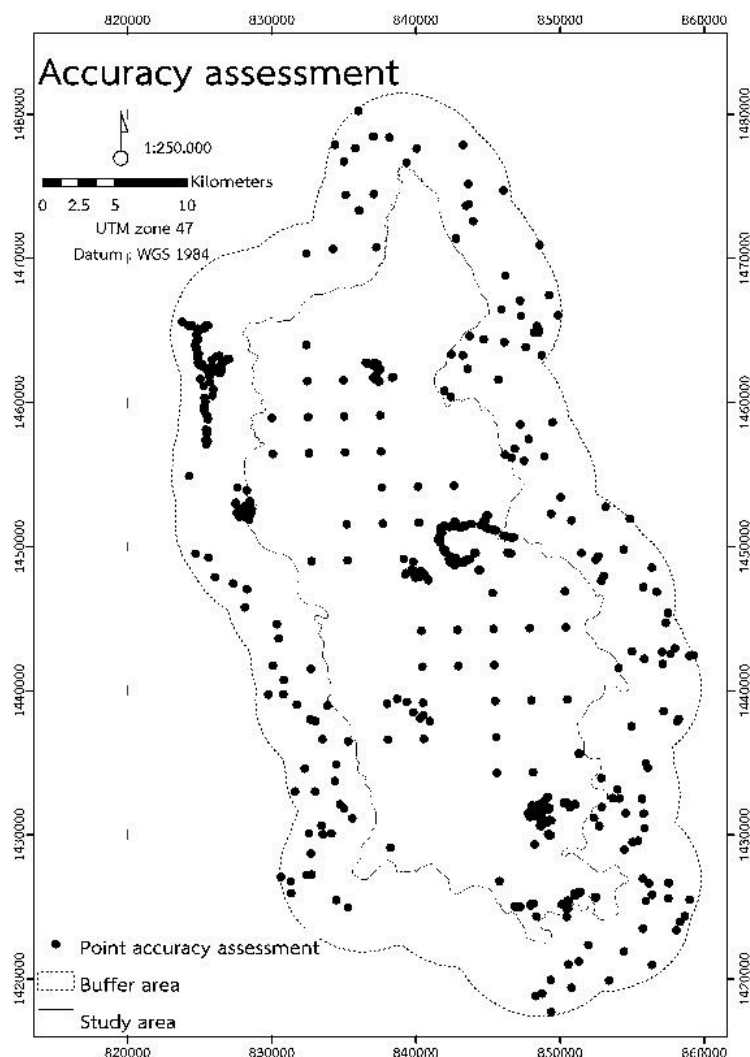


Figure 3 Location of accuracy assessment points for land use classification

การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน

การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินระหว่างปี พ.ศ. 2548–2553 พบว่า มีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ทั้งหมด จำนวน 224 เฮกตาร์ โดยเกษตรกรรมมีพื้นที่เพิ่มขึ้นจากเดิมมากที่สุด รองลงมา ได้แก่ ชุมชนและสิ่งก่อสร้าง แหล่งน้ำ ในขณะที่ป่าดิบแล้งมีพื้นที่ลดลงจากเดิมมากที่สุด รองลงมา ได้แก่ เบ็ดเตล็ด ป่าผสมผลัดใบ เนื่องจากลักษณะภูมิประเทศที่เป็นพื้นที่ราบมีการขยายตัวของชุมชน เส้นทางคมนาคม และการทำเกษตรกรรมในพื้นที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาสอยดาวอยู่แล้ว ซึ่งสิ่งเหล่านี้เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้การเกิดบุกรุกแผ้วถางพื้นที่ป่าไม้และเบ็ดเตล็ดเพื่อทำเกษตรกรรม ซึ่งพื้นที่ส่วนใหญ่ที่ถูกบุกรุกพบได้บริเวณทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือของเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาสอยดาว ดัง Table 3

การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินระหว่างปี พ.ศ. 2553–2558 พบว่า มีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ทั้งหมด จำนวน 209.41 เฮกตาร์

โดยป่าดิบแล้งมีพื้นที่เพิ่มขึ้นจากเดิมมากที่สุด รองลงมา ได้แก่ เกษตรกรรม ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง แหล่งน้ำ ในขณะที่เบ็ดเตล็ด ลดลงจากเดิมมากที่สุด รองลงมา ได้แก่ ป่าผสมผลัดใบ แสดงให้เห็นว่าพื้นที่ป่าไม้ช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2553–2558 มีการบริหารจัดการด้านการอนุรักษ์ป้องกันพื้นที่ป่าไม้ มีนโยบายและมาตรการที่เข้มงวดและมีประสิทธิภาพมากกว่าในช่วง ระหว่างปี พ.ศ. 2548–2553 เนื่องจากคณะรักษาความสงบแห่งชาติได้ออกคำสั่งที่ 64/2557 และคำสั่งที่ 66/2557 เพื่อกำหนดแนวทางการช่วยเหลือต่อราษฎรผู้ยากไร้ มีรายได้น้อย วางยุทธศาสตร์ในการพิทักษ์ทรัพยากรป่าไม้ของชาติ และจัดทำแผนแม่บท กำหนดเป้าหมายการดำเนินการพิทักษ์รักษาพื้นที่ป่าไม้อย่างน้อยร้อยละ 40 ของพื้นที่ประเทศ โดยให้กระทรวงกลาโหม กระทรวงมหาดไทย สำนักงานตำรวจแห่งชาติ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม กองกำลังรักษาความสงบเรียบร้อย กองกำลังป้องกันชายแดนของกองทัพบก กองทัพเรือ และกองอำนวยการรักษาความมั่นคงภายในราชอาณาจักร ตลอดจนหน่วยงาน

ที่มีภารกิจและอำนาจหน้าที่ที่เกี่ยวข้อง ได้ดำเนินการยึดคืนพื้นที่ป่า ยับยั้งการบุกรุกป่า โดยใช้ภาพถ่ายทางอากาศเป็นหลักฐานหลัก จึงส่งผลให้พื้นที่ป่าไม่มีจำนวนพื้นที่เพิ่มขึ้น

ซึ่งมีความสอดคล้องกับรายงานโครงการจัดทำข้อมูลสภาพพื้นที่ป่าไม้ ปี พ.ศ. 2559 (Royal Forest Department, 2017) ดัง Table 3

Table 3 Land use change in Khao Soi Dao Wildlife Sanctuary from 2005 to 2010 and from 2010 to 2015

Land use type	2005–2010		2010–2015	
	Area (ha)	%	Area (ha)	%
Moist evergreen forest	0.00	0.00	0.00	0.00
Dry evergreen forest	-49.92	22.28	60.01	28.66
Hill evergreen forest	0.00	0.00	0.00	0.00
Mixed deciduous forest	-30.10	13.44	-19.73	9.42
Forest plantation	0.00	0.00	0.00	0.00
Agriculture	88.93	39.70	36.13	17.25
Miscellaneous	-31.99	14.28	-84.97	40.58
Urban and built-up	18.47	8.25	7.12	3.40
Water body	4.60	2.05	1.44	0.69
Total	224.00	100.00	209.41	100.00

การคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2568

คาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินโดยใช้แบบจำลอง Land change modeler เป็นการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน การวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน และการวิเคราะห์รูปแบบการเปลี่ยนแปลงของการใช้ประโยชน์ที่ดินในอดีต ระหว่างปี พ.ศ. 2553–2558 ร่วมกับปัจจัยขับเคลื่อนที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ได้แก่ ความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง ความลาดชัน ระยะห่างจากหมู่บ้าน

และระยะห่างจากเส้นทางคมนาคม (Figure 4) เพื่อสร้างแผนที่คาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2568

การใช้ประโยชน์ที่ดิน ในปี พ.ศ. 2568

สภาพการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2568 ที่ได้จากแบบจำลอง Land change modeler พบว่า พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ป่าดิบแล้ง รองลงมา ได้แก่ เกษตรกรรม ป่าดิบเขา ป่าดิบชื้น ป่าผสมผลัดใบ เบ็ดเตล็ด ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง แหล่งน้ำ และสวนป่า ตามลำดับ รายละเอียดดัง Table 4 และ Figure 5

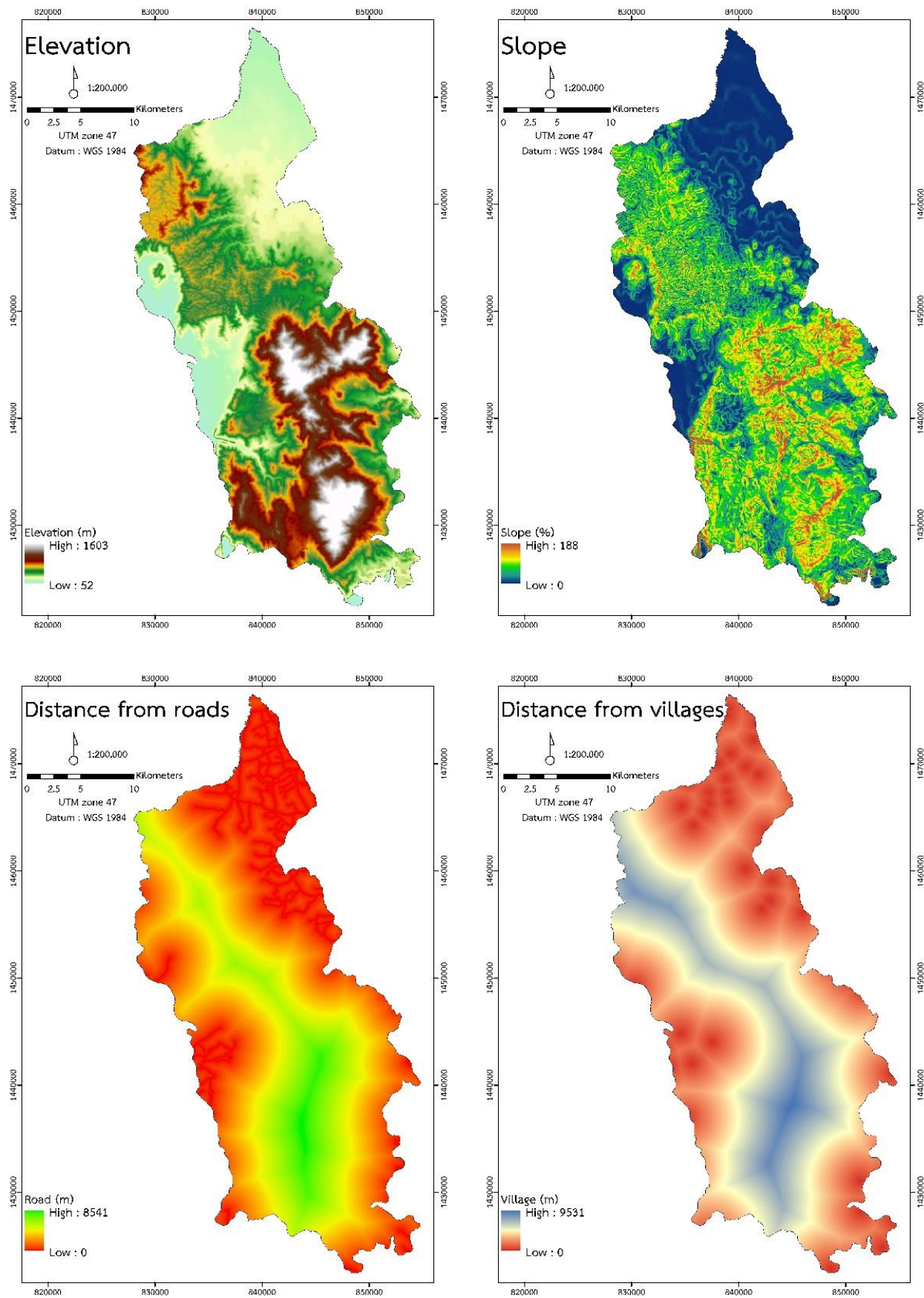
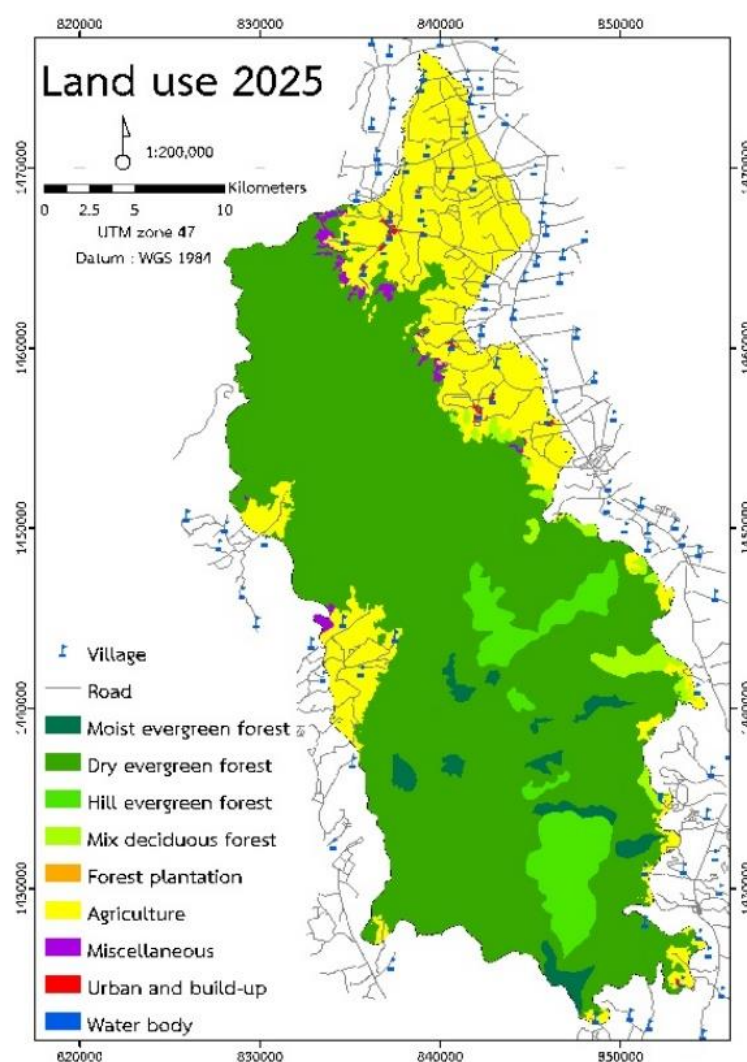


Figure 4 Driver variables for land use prediction in Khao Soi Dao Wildlife Sanctuary

Table 4 Predicted land use types in Khao Soi Dao Wildlife Sanctuary in 2025 using land change modeler

Land use type	Year 2025	
	Area (ha)	%
Dry evergreen forest	51,238.19	68.78
Agriculture	15,149.38	20.34
Hill evergreen forest	4,351.05	5.84
Moist evergreen forest	1,740.94	2.34
Mixed deciduous forest	1,264.55	1.70
Miscellaneous	488.74	0.66
Urban and built-up	225.18	0.30
Water body	32.89	0.04
Forest plantation	5.41	0.01
Total	74,496.32	100.00


Figure 5 Predicted land use in 2025 in Khao Soi Dao Wildlife Sanctuary using land change modeler

การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินระหว่างปี พ.ศ. 2558-2568

การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ระหว่างปี พ.ศ. 2558-2568 คาดการณ์ว่า มีการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ทั้งหมด จำนวน 574.16 เฮกตาร์ โดยชุมชนและสิ่งปลูกสร้างมีพื้นที่เพิ่มขึ้นจากเดิมมากที่สุด รองลงมา ได้แก่ เกษตรกรรม แหล่งน้ำ ในขณะที่เบ็ดเตล็ดมีพื้นที่ลดลงจากเดิมมากที่สุด รองลงมา ได้แก่ ป่าผสมผลัดใบ ป่าดิบแล้ง และป่าดิบชื้น ป่าดิบเขา สวนป่า ไม่มีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ซึ่งจากผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ระหว่างปี พ.ศ. 2558-2568 แสดงให้เห็นว่าในอนาคตพื้นที่ป่าไม้มีแนวโน้มลดลงและพื้นที่เกษตรกรรมและชุมชนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินส่วนใหญ่พบบริเวณภูมิประเทศที่เป็นพื้นที่ราบทางด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือของพื้นที่ ซึ่งมีการทำเกษตรกรรมและเป็นที่อยู่อาศัยของประชาชนในพื้นที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาสอยดาวอยู่แล้ว โดยสาเหตุหลักที่พื้นที่ป่าไม้เปลี่ยนแปลงเป็นพื้นที่เกษตรกรรมอาจเกิดขึ้นจากปัญหาความต้องการที่ดิน

ทำกินเพื่อการปลูกทุเรียน ซึ่งเป็นสินค้าการเกษตรที่มีการส่งออกไปยังต่างประเทศและสินค้าการเกษตรที่มีราคาสูง อีกทั้งด้านทิศตะวันออกขนานกับทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 317 ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Boonyanuphap (1998) อธิบายว่า พื้นที่ป่าไม้ที่อยู่ในเขตแนวรัศมีของถนนจะมีการบุกรุกพื้นที่มากกว่าพื้นที่ป่าไม้ที่อยู่นอกแนวรัศมีของถนน และพื้นที่ป่าไม้ที่มีระยะห่างจากชุมชนน้อยจะส่งผลให้สภาพป่าเสื่อมโทรม สัตว์ป่าบางชนิดมีปริมาณลดลง เกิดการย้ายถิ่นที่อยู่อาศัย และจะส่งผลให้ระบบนิเวศเปลี่ยนไป อย่างไรก็ตาม การวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดินพื้นที่ป่าไม้ในอนาคตเป็นเรื่องที่มีความสำคัญอย่างยิ่ง เนื่องจากพื้นที่ป่าไม้มีบทบาทสำคัญในการรักษาความหลากหลายทางชีวภาพ การดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ และการกักเก็บคาร์บอน ดังนั้นการใช้เทคโนโลยี การกำหนดแนวทาง และการเพิ่มมาตรการการป้องกันให้เข้มงวดมากกว่านี้ จะช่วยเพิ่มพื้นที่ป่าไม้และฟื้นฟูสภาพป่าเสื่อมโทรมให้กลับคืนสภาพต่อไป (Tonsiri, 2018) ดัง Table 5 และ Figure 6

Table 5 Predicted land use change in Khao Soi Dao Wildlife Sanctuary from 2015 to 2025

Land use type	2015-2025	
	Area (ha)	%
Urban and built-up	171.56	29.88
Agriculture	107.77	18.77
Water body	7.75	1.35
Miscellaneous	-130.56	22.74
Mixed deciduous forest	-79.65	13.87
Dry evergreen forest	-76.86	13.39
Moist evergreen forest	0.00	0.00
Hill evergreen forest	0.00	0.00
Forest plantation	0.00	0.00
Total	574.16	100.00

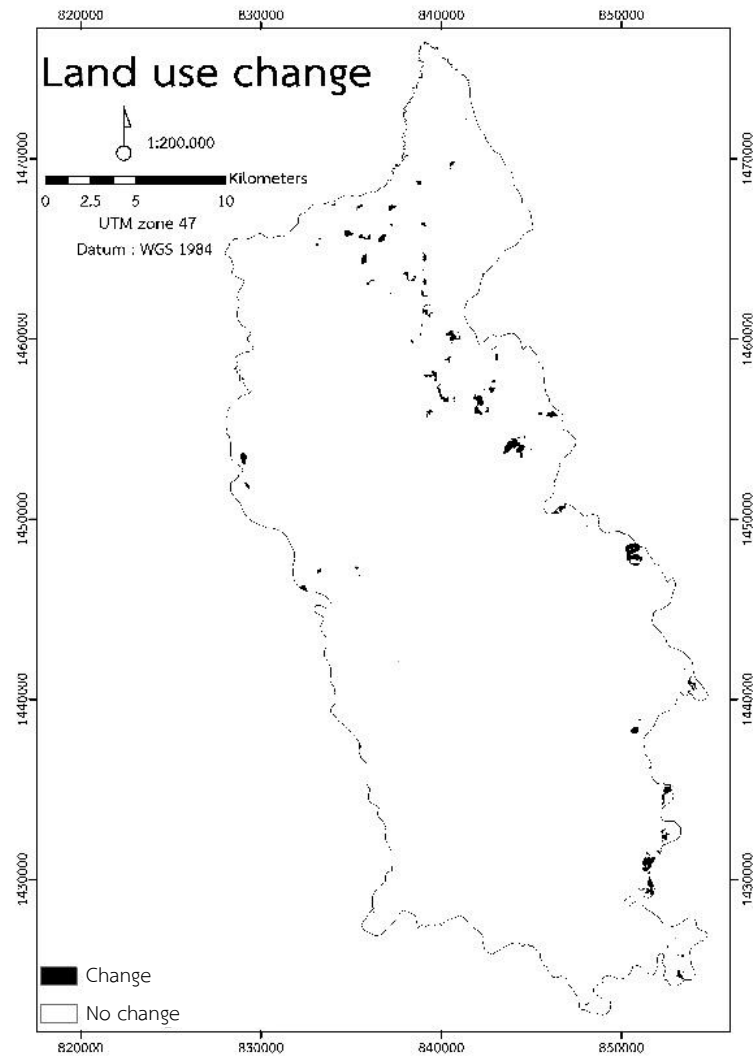


Figure 6 Predicted land use change between 2015 and 2025 in Khao Soi Dao Wildlife Sanctuary

การคำนวณกักเก็บคาร์บอน ปี พ.ศ. 2558

ผลจากการสำรวจข้อมูลภาคสนามบริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาสอยดาว จำนวน 46 แปลง แบ่งตามประเภทป่าได้ดังนี้ ป่าดิบชื้น จำนวน 11 แปลง ป่าดิบแล้ง จำนวน 34 แปลง และป่าดิบเขา จำนวน 1 แปลง ส่วนป่าผสมผลัดใบไม่มีข้อมูลแปลงสำรวจทรัพยากรป่าไม้ ดัง Figure 7 ซึ่งแต่ละแปลงมีขนาดเท่ากับ 0.1 เฮกตาร์ หรือ 1,000 ตารางเมตร

มาคำนวณหาค่ามวลชีวภาพโดยใช้สมการแอลโลเมตรีตามชนิดป่า และคำนวณหาค่าการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินและการกักเก็บคาร์บอนใต้พื้นดิน (Royal Forest Department, 2014) พบว่า ป่าดิบชื้นมีการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินและการกักเก็บคาร์บอนใต้พื้นดินมากที่สุด รองลงมา ได้แก่ ป่าดิบเขาและป่าดิบแล้งมีการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินและการกักเก็บคาร์บอนใต้พื้นดินน้อยที่สุด ดัง Table 6

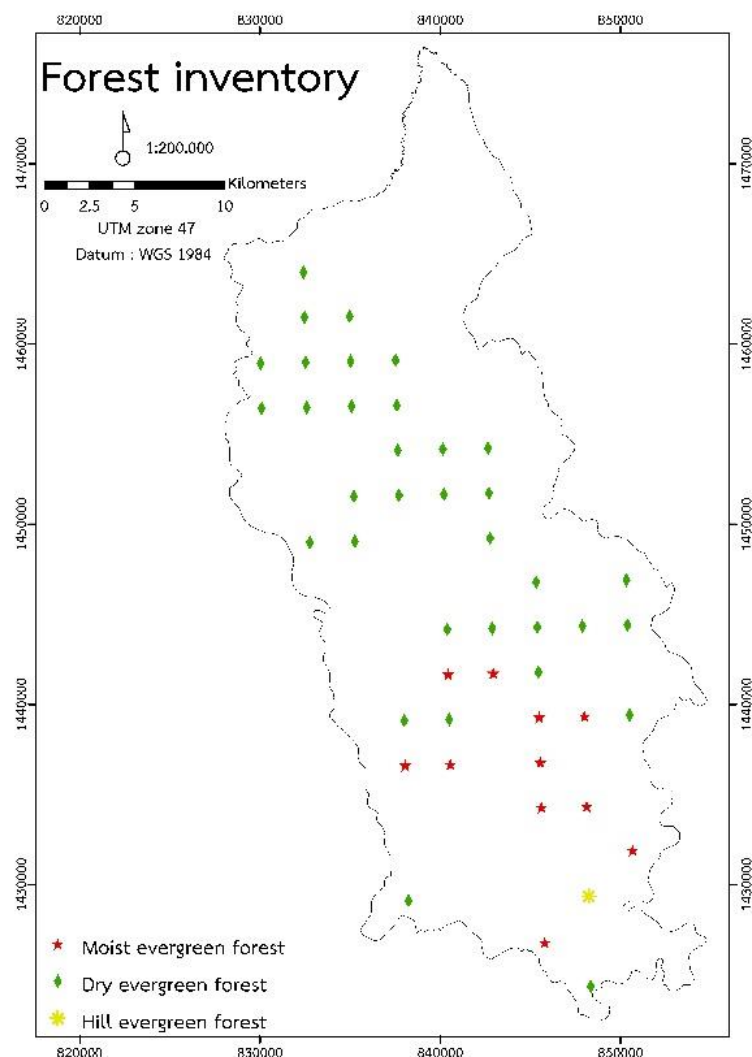


Figure 7 Forest inventory sampling points in Khao Soi Dao Wildlife Sanctuary in 2015

Table 6 Aboveground and belowground carbon sequestration in forest in Khao Soi Dao Wildlife Sanctuary

Forest type	Aboveground carbon	Belowground carbon	Total
	tC/ha	tC/ha	tC/ha
Moist evergreen forest	83.24	30.8	114.04
Dry evergreen forest	60.09	22.23	82.32
Hill evergreen forest	64.69	23.94	88.63

การคาดการณ์การกักเก็บคาร์บอนและการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ปี พ.ศ. 2568

นำข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2558 ข้อมูลการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2568 ข้อมูลการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน และข้อมูลการกักเก็บคาร์บอนใต้พื้นดิน มาวิเคราะห์การคาดการณ์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ปี พ.ศ. 2568 โดยใช้แบบจำลอง Ecosystem services modeler พบว่า ใน ปี พ.ศ. 2568 มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก เท่ากับ 6,320 ตัน เนื่องจากใน ปี พ.ศ. 2558 มีค่าการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่ป่าไม้ เท่ากับ 4,802,757 ตัน

ใน ปี พ.ศ. 2568 มีค่าการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่ป่าไม้ เท่ากับ 4,796,437 ตัน ซึ่งจำนวนดังกล่าวเป็นค่าการคาดการณ์การกักเก็บคาร์บอนและการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่คำนวณจากข้อมูลการกักเก็บคาร์บอนของป่าดิบชื้น ป่าดิบแล้ง และป่าดิบเขา เท่านั้น เนื่องจากไม่มีข้อมูลการสำรวจทรัพยากรป่าไม้ของป่าผสมผลัดใบ จึงไม่สามารถนำมาคำนวณการกักเก็บคาร์บอนและการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ปี พ.ศ. 2568 ด้วยแบบจำลอง Ecosystem services modeler ได้ ซึ่งสอดคล้องกับผลศึกษาของ Wattanawinitchai (2019) และ Chaivanich (2021) ที่อธิบายว่า ในอนาคตจะมีปริมาณ

การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพิ่มขึ้น โดยสาเหตุการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกบริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาสอยดาวเพิ่มขึ้น มาจากการตัดไม้และการแผ้วถางทำให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่สะสมในต้นไม้ถูกปลดปล่อยออกสู่บรรยากาศ การเปลี่ยนพื้นที่ป่าไม้เป็นพื้นที่เกษตรกรรม การเติบโตของประชากร และการขยายตัวของเมือง โดยวิธีการที่สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคป่าไม้ได้แก่ การรักษาและฟื้นฟูป่าธรรมชาติให้สามารถดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้มากขึ้น การปลูกป่าผสมผสานที่มีความหลากหลายทางชีวภาพ การส่งเสริมการใช้ทรัพยากรป่าไม้อย่างยั่งยืน การส่งเสริมการมีส่วนร่วมของชุมชนในการอนุรักษ์และจัดการป่าไม้ การบังคับใช้กฎหมายที่เข้มงวด และการส่งเสริมการมีส่วนร่วมของชุมชน ซึ่งมาตรการเหล่านี้ต้องการความร่วมมือจากทุกภาคส่วน เพื่อให้เกิดผลลัพธ์ที่มีประสิทธิภาพในการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคป่าไม้รายละเอียดดัง Table 7

Table 7 Predicted carbon analysis in Khao Soi Dao Wildlife Sanctuary in 2025 based on Ecosystem Services Modeler

Carbon Storage and Sequestration	Amount (tons)
Total current carbon	4,802,757
Total scenario carbon	4,796,437
Total sequestered carbon	6,320

สรุปและข้อเสนอแนะ

ผลการศึกษาสรุปได้ว่า การใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาสอยดาว แบ่งออกเป็น 9 ประเภท ได้แก่ ป่าดิบชื้น ป่าดิบแล้ง ป่าดิบเขา ป่าผสมผลัดใบ สวนป่า เกษตรกรรม เบ็ดเตล็ด ชุมชน และแหล่งน้ำ สำหรับการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินระหว่างปี พ.ศ. 2548–2553 พบว่า พื้นที่เกษตรกรรมเพิ่มขึ้นมากที่สุด รองลงมา ได้แก่ ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง พื้นที่ป่าดิบแล้งลดลงมากที่สุด รองลงมา ได้แก่ เบ็ดเตล็ด ป่าผสมผลัดใบ ในขณะที่การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินระหว่างปี พ.ศ. 2553–2558 พื้นที่ป่าดิบแล้งเพิ่มขึ้นมากที่สุด รองลงมา ได้แก่ เกษตรกรรม ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง พื้นที่เบ็ดเตล็ดมีพื้นที่ลดลงมากที่สุด รองลงมา ได้แก่ ป่าผสมผลัดใบ ส่วนพื้นที่ป่าดิบชื้น ป่าดิบเขา และสวนป่า ไม่มีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ผลการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินในปี พ.ศ. 2568 ด้วยแบบจำลอง Land change modeler ร่วมกับปัจจัยขับเคลื่อนที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน พบว่า พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้างเพิ่มขึ้นจากเดิมมากที่สุด รองลงมา ได้แก่ เกษตรกรรม ในขณะที่เบ็ดเตล็ดลดลง

จากเดิมมากที่สุด รองลงมา ได้แก่ ป่าผสมผลัดใบ ป่าดิบแล้ง และผลการคาดการณ์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ปี พ.ศ. 2568 พบว่า มีแนวโน้มการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 6,320 ตัน จึงเห็นควรให้เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาสอยดาว มีมาตรการเชิงรุกเพื่อกำหนดข้อบังคับหรือกำหนดพื้นที่การบริหารจัดการที่เข้มงวดขึ้น เพื่อเพิ่มปริมาณการดูดซับก๊าซเรือนกระจกต่อไปในอนาคต

คำนิยาม

การศึกษาค้นคว้านี้สำเร็จลงไปได้ด้วยดี เจ้าหน้าที่กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช ที่คอยอำนวยความสะดวก สนับสนุน และอนุญาตให้การศึกษาในพื้นที่แห่งนี้

REFERENCES

- Boonyanuphap, J. 1998. *Application of GIS for Determining Risk Area for Encroachment of Huai Kha Khaeng Wildlife Sanctuary*. M.S. Thesis, Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Chaivanich, K. 2021. The assessment of community scale greenhouse and reducing the greenhouse gas emissions of the study case in Phachi Municipality. *CRMA Journal*, 19: 65–75. (in Thai)
- Chuchip, K. 2018. Accuracy Assessment. *Remote Sensing Technical Note No. 3*. Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Clark Labs. 2018. *Terrset Geospatial Monitoring and Modeling System*. Clark University, Massachusetts, United States.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2006. *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Volume 4 : Agriculture, Forestry and Other Land Use*. IPCC, Geneva, Switzerland.
- Kongsawi, V. 2020. Application of geo-informatics in predicting forest land use at the Doi Inthanon National Park, Chiang Mai province. *Thai Journal of Forestry*, 39(2): 77–90. (in Thai)
- Ministry of Higher Education, Science, Research and Innovation. 2022 *Thailand's Objectives to Reduce Climate Change Impacts in Accordance with COP26 Guidelines*. www.mhesi.go.th/index.php/news/6704cop26-2.html, 15 May 2024 (in Thai)

- Ogawa, H., Yoda, K., Ogino, K., Kira, T. 1965. Comparative ecological studies on three main types of forest vegetation in Thailand II. Plant Biomass. **Nature and Life in Southeast Asia**, 4: 49-80.
- Royal Forest Department. 2014. **Manual for Surveying Carbon Sequestration and Biodiversity in Community Forests**. www.forest.go.th/communitydevelopment/wpcontent/uploads/sites/105/2020/03/, 28 February 2024. (in Thai)
- Royal Forest Department. 2017. **The Forest Area Data Compilation Project in 2015-2016**. www.forestinfo.forest.go.th/Content/file/executive%20summary%2060.pdf, 28 February 2024. (in Thai)
- Sinrodtanakorn, C. 2020. Monitoring and predicting land use tendency using land change modeler at Doi Suthep-Pui National Park, Chiang Mai province. **Thai Journal of Forestry**, 39(1): 110-124. (in Thai)
- Tonsiri, S. 2018. **Application of CA-Markov Model to Predict Land Use Changes in Khao Soi Dao Wildlife Sanctuary, Chanthaburi Province**. M.S. Thesis, Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Tsutsumi, T., Yoda, K., Sahunalu, P., Dhanmanonda, P., Prachaiyo, B. 1983. Forest: Felling, burning and regeneration., In: Kyuma, K., Pairintra, C. (Eds.). **Shifting Cultivation**. Tokyo. pp. 13-62.
- United Nations Development Programme (Thailand). 2024. **Which Sector is the Biggest Contributor to Greenhouse Gas Emissions?** <https://www.undp.org/stories/greenhouse-emissions-thailand-th>, 8 May 2024.
- United Nations Thailand. n.d. **Climate Change**. <https://thailand.un.org/th/173511climatechange>, 28 February 2024. (in Thai)
- Wattanawinitchai, W. 2019. **Projection of Change in the Quantity of Carbon dioxides in Thailand Following Changes in Economic Factors, Sources, and Population over a Period of 10 Years**. M.S. Thesis, National Institute of Development Administration, Bangkok, Thailand. (in Thai)

นิพนธ์ต้นฉบับ

การประเมินพื้นที่เสี่ยงต่อการบุกรุกพื้นที่ป่าป้องกันแห่งชาติ ภูผิง-ภูผาทูน และตาดกวางซี
สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

Assessment of the Risk of Invasion in Phouphueng-Phouphathoun and Tadkuangsi
National Protection Forest Areas, Lao People's Democratic Republic,
Using Geographic Information System Data

วีระภาส คุณรัตนสิริ¹Weeraphart Khunrattanasiri¹ห่อ มณีทอง^{1,2*}Hor Manythong^{1,2*}ปัสสิ ประสมสินธ์¹Patsi Prasomsin¹¹ภาควิชาการจัดการป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900¹Department of Forest Management, Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand²ภาควิชาทรัพยากรป่าไม้ คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรป่าไม้ มหาวิทยาลัยสุพานวง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว²Department of Forest Resource, Faculty of Agriculture and Forest Resources, Souphanouvong University, Lao People's Democratic Republic

*Corresponding Author, E-mail: hor.ma@ku.th

รับต้นฉบับ 18 เมษายน 2567

รับแก้ไข 12 มิถุนายน 2567

รับลงพิมพ์ 24 มิถุนายน 2567

ABSTRACT

The land use changes were studied in forest land use in the Phouphueng Phouphatoun and Tadkuangsi National Protection Forests and a geo-information system was used to assess the risk of forest invasions. Land use was classified into five categories: agricultural; forest; road; urban and built-up; and water body. Visual interpretation methods were applied to identify the areas at risk of forest invasion using geographic information system data.

Based on the results, the visual interpretation of land use in 2015 and 2023 had overall accuracy levels of only 79.55% and 90.91%, respectively, with Kappa statistics of 0.58 and 0.83, respectively. Deforestation caused the greatest change in land use between 2015 and 2023, while agriculture had the greatest increase of 2,959.10 ha. The analysis of forest infestation risk areas using the geographic information system data identified the most influential factors were the average income per village per year (0.32), followed by the population of the village, distance from the community, distance from the road, distance from the water source, percentage of area slope and digital elevation models, with their weight levels of importance being 0.23, 0.15, 0.12, 0.10, 0.05 and 0.03, respectively. There were 6 risk levels identified: not at risk, very low risk, low risk, moderate risk, high risk and very high risk, covering 0.00%, 16.63%, 22.49%, 16.34%, 26.68% and 17.86%, respectively, of the total area. Thus, substantial forest areas were identified that were highly vulnerable to invasion. These results could be applied to develop operational support.

Keyword: Geographic information systems; Risk assessment; National Protection Forest; Lao People's Democratic Republic

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินป่าไม้ ในบริเวณป่าป้องกันแห่งชาติ ภูพิง-ภูผาทูนและตาดกวางซี ในปี พ.ศ. 2558-2566 และเพื่อใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ประเมินหาพื้นที่เสี่ยงต่อการบุกรุกพื้นที่ป่าไม้ โดยแบ่งประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็น 5 ประเภท ได้แก่ พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่เส้นทางคมนาคม พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง และพื้นที่แหล่งน้ำ โดยใช้วิธีการแปลตีความด้วยสายตาและวิเคราะห์หาพื้นที่เสี่ยงต่อการบุกรุกพื้นที่ป่าไม้ด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในช่วงปี พ.ศ. 2558-2566 พบว่า พื้นที่ป่าไม้ลดลงมากที่สุด จำนวน 2,965.81 เฮกตาร์ ในขณะที่พื้นที่เกษตรกรรมเพิ่มขึ้นมากที่สุดจำนวน 2,959.10 เฮกตาร์ และปัจจัยที่มีผลต่อการบุกรุกพื้นที่ป่าไม้มากที่สุด คือ รายได้เฉลี่ยรายหมู่บ้านต่อปี มีค่าน้ำหนักความสำคัญเท่ากับ 0.32 รองลงมาคือ จำนวนประชากรรายหมู่บ้าน ระยะห่างจากชุมชน ระยะห่างจากเส้นทางคมนาคม ระยะห่างจากแหล่งน้ำ ร้อยละความลาดชันของพื้นที่และความสูงจากน้ำทะเล ซึ่งมีค่าน้ำหนักความสำคัญเท่ากับ 0.23 0.15 0.12 0.10 0.05 และ 0.03 ตามลำดับ แบ่งระดับความเสี่ยงออกเป็น 6 ระดับ ได้แก่ ไม่มีความเสี่ยง ความเสี่ยงต่อการบุกรุกต่ำมาก ความเสี่ยงต่อการบุกรุกต่ำ ความเสี่ยงต่อการบุกรุกปานกลาง ความเสี่ยงต่อการบุกรุกสูง และความเสี่ยงต่อการบุกรุกสูงมาก มีคิดเป็นร้อยละเท่ากับ 0.00 16.63 22.49 16.34 26.68 และ 17.86 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าพื้นที่ป่าไม้มีโอกาสเสี่ยงต่อการถูกบุกรุกสูง ซึ่งผลการศึกษาในครั้งนี้สามารถนำไปสนับสนุนการปฏิบัติงาน และการวางแผนป้องกันพื้นที่เสี่ยงได้

คำสำคัญ: ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ การประเมินพื้นที่เสี่ยง ป่าป้องกันแห่งชาติ สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว

คำนำ

ปัจจุบันการบุกรุกพื้นที่ป่าไม้มีอัตราที่สูงทำให้การสูญเสียทรัพยากรป่าไม้ตามธรรมชาติและมีผลกระทบต่อ การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ จากการขยายตัวของระบบเกษตรกรรมสูง ซึ่งเป็นสาเหตุหลักของการเสื่อมโทรมของป่าและการทำลายป่าไม้ (Fox and Vogler, 2005; Kummer and Turner, 1994) การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นองค์ประกอบสำคัญของการเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อมโลก ถือเป็นสิ่งสำคัญสำหรับการพัฒนาภูมิภาค และการจัดการ การใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว เป็นหนึ่งในประเทศที่มีความหลากหลายทางชีวภาพมากที่สุดในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (Phompila *et al.*, 2017) ถึงแม้ว่าสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาวยังคงมีทรัพยากรป่าไม้อยู่เป็นจำนวนมาก แต่การตัดไม้ทำลายป่าและความเสื่อมโทรมของป่าในช่วง 40 ปีที่ผ่านมาเห็นได้จากการลดลงอย่างมากในขอบเขตของป่าธรรมชาติ (Thomas, 2015) และมีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างรวดเร็ว เนื่องจากการขยายตัวของการลงทุนด้านการเกษตรขนาดใหญ่ (Nanhthavong *et al.*, 2020) จากอัตราการตัดไม้ทำลายป่าที่เพิ่มขึ้นอย่างน่าตกใจนับตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2523 (Robichaud *et al.*, 2009) ในปี พ.ศ. 2525 พื้นที่ป่าไม้ครอบคลุมร้อยละ 49 ของพื้นที่ป่าทั่วประเทศ แต่เมื่อถึงปี พ.ศ. 2545 พื้นที่ดังกล่าวก็ลดลงเหลือร้อยละ 41.5 ภายในปี พ.ศ. 2553 ก็ลดลงอย่างต่อเนื่องเหลือร้อยละ 40.3 ของพื้นที่ มาถึงปี พ.ศ. 2558 มีพื้นที่ป่าไม้ร้อยละ 58 และปี พ.ศ. 2562 มีพื้นที่ป่าไม้ร้อยละ 62 ของพื้นที่ป่าทั่วประเทศ มีพื้นที่ป่าไม้เพิ่มขึ้น แต่การเพิ่มของพื้นที่ป่าไม้เป็น

การเพิ่มบางพื้นที่เท่านั้น ยังมีพื้นที่อื่น ๆ หลายพื้นที่ที่มีป่าไม้ลดลง (Department of Forestry, 2021) การลดลงของพื้นที่ป่าไม้ทุก ๆ ปีมีสาเหตุหลายประการ เช่น การขยายพื้นที่เกษตรกรรม การพัฒนาตัวเมือง ไฟป่า การตัดไม้เพื่อการค้า การลักลอบตัดไม้ การเลี้ยงสัตว์ การสร้างเขื่อน อ่างเก็บน้ำ และการสร้างเส้นทางคมนาคม เป็นต้น (Department of Forestry, 2005)

ป่าป้องกันแห่งชาติ ภูพิง-ภูผาทูนและตาดกวางซี ถูกประกาศเป็นป่าป้องกันแห่งชาติเมื่อวันที่ 19 มีนาคม พ.ศ. 2557 ตามกฎกระทรวง ฉบับที่ 1171 มีพื้นที่ทั้งหมด 36,542.99 เฮกตาร์ ครอบคลุม 3 เมืองได้แก่ เมืองหลวงพระบาง เมืองเชียงเงินและเมืองน่าน พื้นที่ป่ามีความสำคัญอย่างมากในการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม และความหลากหลายทางชีวภาพ เนื่องจากมีบทบาทสำคัญในการป้องกันแหล่งน้ำและช่วยลดการสูญเสียทรัพยากรธรรมชาติ และยังมีมีความสำคัญต่อการพัฒนาทางเศรษฐกิจและสังคมของพื้นที่ใกล้เคียงด้วย นอกจากนี้ยังเป็นพื้นที่ป่าต้นน้ำที่สำคัญสำหรับเมืองหลวงพระบาง เมืองเชียงเงินและเมืองน่าน อย่างไรก็ตาม การลดลงของพื้นที่ป่าและการเปลี่ยนแปลงป่าธรรมชาติให้เป็นพื้นที่เกษตรกรรมเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญในการเสื่อมโทรมของสิ่งแวดล้อมจากการดำเนินการที่ไม่มีการวางแผนให้เหมาะสมสำหรับการพัฒนา และการคุ้มครองป่าไม้ อาจมีความเสี่ยงต่อการสูญเสียทรัพยากรธรรมชาติ และมีผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตของชุมชนในระยะยาว เพื่อให้การจัดการทรัพยากรป่าไม้มีประสิทธิภาพ จึงจำเป็นต้องมีการวางแผนและปฏิบัติให้เหมาะสม (Agriculture and Forestry Office of Luang Prabang Province, 2020) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการป้องกัน และ

ควบคุมดูแลการลดลงของพื้นที่ป่าไม้จำเป็นต้องมีการประเมินพื้นที่เสี่ยงต่อการบุกรุกพื้นที่ป่าไม้เพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินป่าไม้ และเป็นข้อมูลที่ใช้ในการวางแผนป้องกันการบุกรุกพื้นที่ป่าไม้ให้ทันต่อสถานการณ์

ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินป่าไม้ในพื้นที่ป่าป้องกันแห่งชาติภูฝิง-ภูผาทุนและตาดกวางซี ในช่วงปี พ.ศ. 2558-2566 และเพื่อประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มาใช้ในการประเมินหาพื้นที่เสี่ยงต่อการบุกรุกพื้นที่ป่าไม้ในพื้นที่ป่าป้องกันแห่งชาติ ภูฝิง-ภูผาทุนและตาดกวางซี โดยใช้เครื่องมือและเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศศาสตร์ที่สามารถประหยัดเวลาและงบประมาณ มาช่วยสนับสนุนการปฏิบัติงานเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการป้องกัน การวางแผน แก้ไขปัญหาด้านการบุกรุกพื้นที่ป่าให้ไปอย่างรวดเร็ว มีประสิทธิภาพ ตลอดจนการจัดการพื้นที่เสี่ยงต่อการบุกรุกพื้นที่ป่าไม้ในพื้นที่ป่าป้องกันแห่งชาติ ภูฝิง-ภูผาทุนและตาดกวางซี ที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการ

สถานที่ศึกษา

ป่าป้องกันแห่งชาติ ภูฝิง-ภูผาทุนและตาดกวางซี ได้สร้างตั้งขึ้นในปี พ.ศ. 2557 โดยมีการกำหนดขอบเขตชายแดนป่าป้องกันแห่งชาติ ภูฝิง-ภูผาทุนและตาดกวางซี เพื่อรักษาพื้นที่ป่า (National Assembly, 2019a) ตามกฎหมายว่าด้วย ป่าไม้ มีพื้นที่ทั้งหมด 36,542.99 เฮกตาร์ ครอบคลุมพื้นที่ 3 เมือง และ 42 หมู่บ้าน คือ เมืองหลวงพระบางจำนวน 18 หมู่บ้าน เมืองเชียงเงินจำนวน 7 หมู่บ้าน และเมืองน่านจำนวน 17 หมู่บ้าน ทิศเหนือติดกับเมืองหลวงพระบาง ทิศใต้และทิศตะวันตกติดกับเมืองน่าน ทิศตะวันออกติดกับเมืองเชียงเงิน ส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นภูเขาสูงครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมด มีป่าผลัดใบผสมคิดเป็นร้อยละ 55 ของพื้นที่ทั้งหมด ความสูงจากระดับน้ำทะเลระหว่าง 500–1,558 เมตร (Agriculture and Forestry Office of Luang Prabang Province, 2020)

การรวบรวมและการวิเคราะห์ข้อมูล

การจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน การจัดเตรียมข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินในครั้งนี้ ได้ใช้ข้อมูลภาพถ่ายเทียม Landsat 8 ปี พ.ศ. 2558 และ ปี พ.ศ. 2566 ระบบบันทึกข้อมูล OLI ความละเอียดจุดภาพ 30 เมตร Path 129 Row 46 โดยใช้เทคนิคการแปลตีความข้อมูลจากภาพถ่ายด้วยสายตา พิจารณาจาก รูปร่าง (shape) ขนาด (size) สี (tone) เนื้อภาพ (texture) เงา (shadow) รูปแบบ (pattern) สิ่งแวดล้อม (environment) ที่ตั้งและความเกี่ยวพัน (site and association) ซึ่งจำแนกข้อมูลที่มาตราส่วนของการแสดงผลข้อมูล 1:15,000 ด้วยโปรแกรม Quantum GIS การศึกษาครั้งนี้ได้อ้างอิงตาม

การจัดแบ่งประเภทของการใช้ที่ดินของ สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว (National Assembly, 2019b) ได้ระบุไว้ในกฎหมายว่าด้วยการนำใช้ที่ดิน โดยจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินทั้งหมด 5 ประเภท ได้แก่ พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่เส้นทางคมนาคม พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง และพื้นที่แหล่งน้ำ พร้อมสร้างเป็นข้อมูลเชิงพื้นที่เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง (accuracy assessment) โดยการสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งชั้นภูมิ (stratified random sampling) กำหนดให้โอกาสที่จะเกิดความถูกต้องเท่ากับร้อยละ 85 (Anderson, 1971) และความคลาดเคลื่อนจากการสุ่มที่ยอมรับได้ไม่เกินร้อยละ 10 ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 90 อ้างอิงจากการศึกษาของ (KanIn and Khunrattanasiri, 2020) ซึ่งอิงตามหลักการทฤษฎีความน่าจะเป็นแบบทวินาม (binomial probability theory) ตามแนวคิดของ (Congalton and Green, 1999) ผลจากการคำนวณจุดตรวจสอบความถูกต้องภาคสนามของการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินมีจำนวน 35 จุด เมื่อคำนวณจุดตรวจสอบภาคสนามตามสัดส่วนของพื้นที่ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน ได้แก่ พื้นที่ป่าไม้ จำนวน 28 จุด พื้นที่เกษตรกรรม จำนวน 10 จุด พื้นที่เส้นทางคมนาคม จำนวน 2 จุด พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง จำนวน 2 จุด และพื้นที่แหล่งน้ำ จำนวน 2 จุด รวมทั้งหมด จำนวน 44 จุด ตรวจสอบความถูกต้องของผลการจำแนกรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2558 กับข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2558 ของแผนกป่าสงวนแขวงหลวงพระบาง และปี พ.ศ. 2566 กับข้อมูลจุดตรวจสอบความถูกต้องภาคสนามปี พ.ศ. 2566 ซึ่งจุดตรวจสอบความถูกต้องสามารถคำนวณได้จากสมการของ (Congalton and Green, 1999) (สมการที่ 1) ดังนี้

$$n = \frac{z^2(p)(q)}{e^2} \quad (1)$$

โดย n คือ จำนวนจุดสำรวจ

p คือ ร้อยละความถูกต้องที่คาดหวัง (0-100)

q คือ ร้อยละความผิดพลาดที่อาจเกิด (1-p)

z คือ ค่าพื้นที่จากตารางโค้งปกติมาตรฐาน z (ที่ระดับนัยสำคัญ 0.1 มีค่าเท่ากับ 1.645)

e คือ ร้อยละความผิดพลาดโดยสุ่มที่ยอมรับได้

การกำหนดปัจจัยสำหรับการศึกษาในครั้งนี้ พิจารณาจากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการกำหนดพื้นที่เสี่ยงต่อการบุกรุกพื้นที่ป่า โดยพิจารณาจากปัจจัยแวดล้อมทางกายภาพบางประการ และคาดว่าจะมีผลต่อการบุกรุกพื้นที่ป่าไม้มากที่สุดจำนวน 7 ปัจจัย ได้แก่ ความสูงจากระดับน้ำทะเล ร้อยละความลาดชันของพื้นที่ ระยะห่างจากเส้นทางคมนาคม ระยะห่างจากชุมชน

ระยะห่างจากแหล่งน้ำ จำนวนประชากรของหมู่บ้าน และรายได้เฉลี่ยของหมู่บ้านต่อปี และทำการแบ่งระดับชั้นข้อมูลแต่ละปัจจัยออกเป็น 6 ระดับ (Table 1) (Klinthong, 2018; Sonsab, 2018; Thongsangiam *et al.*, 2018)

การให้ค่าน้ำหนักของแต่ละปัจจัย (weighting value) และค่าระดับคะแนน (rating value) โดยให้ผู้เชี่ยวชาญด้านทรัพยากรป่าไม้จำนวน 5 ท่าน ทำการกำหนดค่าน้ำหนักให้โดยวิธีการเปรียบเทียบความสำคัญ

ทั้ง 7 ปัจจัย ซึ่งค่าน้ำหนักอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 ส่วนการให้ค่าคะแนนระดับของปัจจัยแบ่งเป็น 6 ระดับ ดังนี้ 0 คือ ไม่มีความเสี่ยง 1 คือ ระดับความเสี่ยงต่อการบุกรุกต่ำมาก 2 คือ ระดับความเสี่ยงต่อการบุกรุกต่ำ 3 คือ ระดับความเสี่ยงต่อการบุกรุกปานกลาง 4 คือ ระดับความเสี่ยงต่อการบุกรุกสูง และ 5 คือ ระดับความเสี่ยงต่อการบุกรุกสูงมาก (Table 1)

Table 1 Factors and weighted scores of areas under risk of encroachment

Factors	Category	Weighted Score
Digital elevation (m)	≤300	5
	300–≤600	4
	600–≤900	3
	900–≤1,200	2
	1,200–≤1,500	1
	>1,500	0
Slope area (%)	≤10	5
	10–≤20	4
	20–≤30	3
	30–≤40	2
	40–≤50	1
	>50	0
Distance from road (m)	≤1,500	5
	1,500–≤3,000	4
	3,000–≤4,500	3
	4,500–≤6,000	2
	6,000–≤7,500	1
	>7,500	0
Distance from village (m)	≤1,500	5
	1,500–≤3,000	4
	3,000–≤4,500	3
	4,500–≤6,000	2
	6,000–≤7,500	1
	>7,500	0

Table 1 (continued)

Factors	Category	Weighted Score
Distance from water (m)	≤ 500	5
	500–≤1,000	4
	1,000–≤1,500	3
	1,500–≤2,000	2
	2,000–≤2,500	1
	> 2,500	0
Population of village (inhabitants)	≤1	0
	1–≤200	1
	200–≤400	2
	400–≤600	3
	600–≤800	4
	>800	5
Average income per village per year (kip)	≤40,000,000	5
	40,000,000–≤50,000,000	4
	50,000,000–≤60,000,000	3
	60,000,000–≤70,000,000	2
	70,000,001–≤80,000,000	1
	>80,000,000	0

Sources: Klinthong (2018); Sonsab (2018); Thongsangiam *et al.* (2018)

วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน

การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ป่าป้องกันแห่งชาติ ภูพิง-ภูผาพูนและตาดกวางซี สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาวปี พ.ศ. 2558 และปี พ.ศ. 2566 ที่ได้จากการแปลตีความข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมด้วยสายตา ในรูปแบบข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์โดยใช้วิธีการซ้อนทับข้อมูล (overlay) มาใช้ในการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน

การวิเคราะห์หาพื้นที่เสี่ยงต่อการบุกรุกพื้นที่ป่าไม้

กำหนดค่าคะแนนแต่ละปัจจัยโดยผู้เชี่ยวชาญ และกำหนดค่าน้ำหนักของทุกปัจจัยโดยการถ่วงน้ำหนักแบบง่าย (simple additive weighting, SAW) ด้วยโปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ใช้วิธี Weight sum โดยคำสั่ง Raster calculator ที่คำนวณจากสมการอ้างอิงจากการศึกษาของ (Wangkeeree *et al.*, 2021) (สมการที่ 2)

$$\text{Suitability (S)} = (W_1 R_1) + (W_2 R_2) + \dots + (W_n R_n) \quad (2)$$

S หมายถึง ระดับความเสี่ยงรวมต่อการบุกรุก

W หมายถึง ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยเสี่ยงที่ 1-n

R หมายถึง ค่าคะแนนของปัจจัยย่อยของปัจจัยที่ 1-n

n หมายถึง จำนวนปัจจัยเสี่ยงที่ใช้ในการศึกษา

ผลและวิจารณ์

การจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน

การศึกษากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินป่าไม้ในพื้นที่ป่าป้องกันแห่งชาติภูพิง-ภูผาพูนและตาดกวางซี ได้ผลการจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินทั้งหมด 5 ประเภท ได้แก่ พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่เส้นทางคมนาคม พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง และพื้นที่แหล่งน้ำ โดยใช้เทคนิคการแปลตีความด้วยสายตา จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 ปี พ.ศ. 2558 และ ปี พ.ศ. 2566 ระบบ

บันทึกข้อมูล OLI ความละเอียดจุดภาพ 30 เมตร Path 129 Row 46 (Table 2 และ Figure 1)

จากการตรวจสอบความถูกต้องของการจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยจุดตรวจสอบความถูกต้องทั้งหมด 44 จุด อ้างอิงข้อมูลที่ใช้ในการตรวจสอบความถูกต้อง โดยใช้ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินจากแผนป่าสงวนแขวงหลวงพระบาง ปี พ.ศ. 2558 และลงพื้นที่สำรวจภาคสนาม ปี พ.ศ. 2566 พบว่า มีค่าความถูกต้องโดยรวม คิดเป็นร้อยละ 79.55 และ 90.91 ตามลำดับ ค่าสัมประสิทธิ์แคปปา เท่ากับ 0.58 และ 0.83 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่า ค่าความถูกต้องและค่าสัมประสิทธิ์แคปปา เป็นไปตามเกณฑ์ (Landis and Koch, 1977) แสดงรายละเอียดค่าร้อยละความถูกต้องโดยรวมและค่าสัมประสิทธิ์แคปปา ในปี พ.ศ. 2558 และ 2566 ดัง Table 2

การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในเขตป่าป้องกันแห่งชาติ ภูผิง-ภูผาทูนและตาดกวางซี

การใช้ประโยชน์ที่ดินในเขตป่าป้องกันแห่งชาติ ภูผิง-ภูผาทูนและตาดกวางซี ในช่วงปี พ.ศ. 2558-2566 พบว่า พื้นที่ป่าไม้ลดลงมากที่สุดจำนวน 2,965.81 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 50.000 ของพื้นที่เปลี่ยนแปลงทั้งหมด ในขณะที่พื้นที่เกษตรกรรมเพิ่มขึ้นมากที่สุดจำนวน 2,959.10 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 49.887 ของพื้นที่เปลี่ยนแปลงทั้งหมด รองลงมาพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้างมีพื้นที่เพิ่มขึ้นจำนวน 6.42 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 0.108 ของพื้นที่เปลี่ยนแปลงทั้งหมด พื้นที่แหล่งน้ำเพิ่มขึ้นจำนวน 0.29 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 0.005 ของพื้นที่เปลี่ยนแปลงทั้งหมด ส่วนพื้นที่เส้นทางคมนาคม ไม่มีการเปลี่ยนแปลงดัง (Table 2)

Table 2 Land use changes in Phouphueng-Phouphatoun and Tadkuangsi National Protection Forests during 2015–2023

Land use type	In 2015		In 2023		Land use change	
	Area(ha)	Area (%)	Area (ha)	Area (%)	Area (ha)	Area (%)
Agricultural land	5,671.04	15.52	8,630.14	23.62	2,959.10	49.887
Forest land	30,744.13	84.13	27,778.32	76.02	-2,965.81	50.000
Road	24.27	0.07	24.27	0.07	0.00	0.000
Urban and built-up	87.01	0.24	93.43	0.26	6.42	0.108
Water body	16.54	0.05	16.83	0.05	0.29	0.005
Total	36,542.99	100.00	36,542.99	100.00	5,927.57	100.000
Overall accuracy (%)	79.55		90.91			
Kappa statistic	0.58		0.83			

ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในเขตป่าป้องกันแห่งชาติ ภูผิง-ภูผาทูนและตาดกวางซี ปี พ.ศ. 2558–2566 ดัง (Table 3) แสดงให้เห็นว่าพื้นที่ป่าไม้มีการเปลี่ยนแปลงเป็นพื้นที่เกษตรกรรมมากที่สุดจำนวน 4,867.75 เฮกตาร์ มีลักษณะการบุกรุกพื้นที่ป่าไม้เพื่อขยายพื้นที่เกษตรกรรมบริเวณใกล้เคียงกับหมู่บ้าน เส้นทางคมนาคมและรอบ ๆ ขอบเขตป่าป้องกัน เช่น การถางป่าทำไร่แบบเลื่อนลอย การขยายพื้นที่ปลูกพืชเศรษฐกิจ จึงทำให้เกิดการบุกรุกเพิ่มขึ้น และในพื้นที่เกษตรกรรมที่มีการเปลี่ยนแปลงเป็นพื้นที่ป่าไม้จำนวน 1,908.36 เฮกตาร์ อยู่ใกล้กับแนวขอบเขตพื้นที่ป่าป้องกันและขอบเขตหมู่บ้าน เนื่องจากใน ปี พ.ศ. 2561 เป็นต้นมาได้มีการปรับแก้ไขขอบเขตการใช้ประโยชน์ที่ดินใหม่ โดยแบ่งพื้นที่ป่าไม้เป็น 3 ประเภท ได้แก่ ป่าสงวน ป่าป้องกัน และป่าผลิต ตามกฎหมายป่าไม้ของ สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว และแบ่งเขตป่าป้องกันออกเป็น 2 เขต คือ เขตหวงห้าม (totally protected zone) และเขตคุ้มครอง

เพื่อการใช้ประโยชน์ (controlled use zone) เพื่อลดการบุกรุกทำลายพื้นที่ป่าไม้ ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานการประเมินการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไม้ในเขตป่าป้องกันแห่งชาติ ภูผิง-ภูผาทูนและตาดกวางซีระหว่างปี พ.ศ. 2558-2563 (Agriculture and Forestry Office of Luang Prabang Province, 2020) พบว่า พื้นที่ป่าไม้มีการเปลี่ยนแปลงและลดลงอย่างต่อเนื่องจำนวน 855 เฮกตาร์ สาเหตุหลักของการบุกรุกคือ ขยายพื้นที่ทำการผลิตเขตสูง พร้อมทั้งมีการลักลอบตัดไม้ ล่าสัตว์ และการเปลี่ยนพื้นที่ป่าไม้เป็นพื้นที่เกษตรกรรม นอกจากนี้ยังสอดคล้อง และแตกต่างเล็กน้อยกับ (Sayavong *et al.*, 2020) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินสิ่งปกคลุมที่ดินในแขวงหลวงน้ำทา สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว พบว่าพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้างเพิ่มขึ้นจำนวน 5,038 เฮกตาร์ พื้นที่แหล่งน้ำเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจำนวน 20 เฮกตาร์ แต่พื้นที่เกษตรกรรมลดลงจำนวน 224 เฮกตาร์ และพื้นที่ป่าไม้ลดลงจำนวน 21,129 เฮกตาร์ และยังสอดคล้องกับการศึกษาของ

(Paphaphanh *et al.*, 2024) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินต่อการเสื่อมโทรมของพื้นที่ป่าพรุ: กรณีหมู่บ้านนาทอง และหมู่บ้านสมิง เมืองจำปอน แขวงจำปาสัก สปป.ลาว พบว่าพื้นที่ป่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงและลดลงอย่างต่อเนื่องในช่วงปี พ.ศ. 2554–2559 และ ปี พ.ศ. 2559–2564 จำนวน 523.44

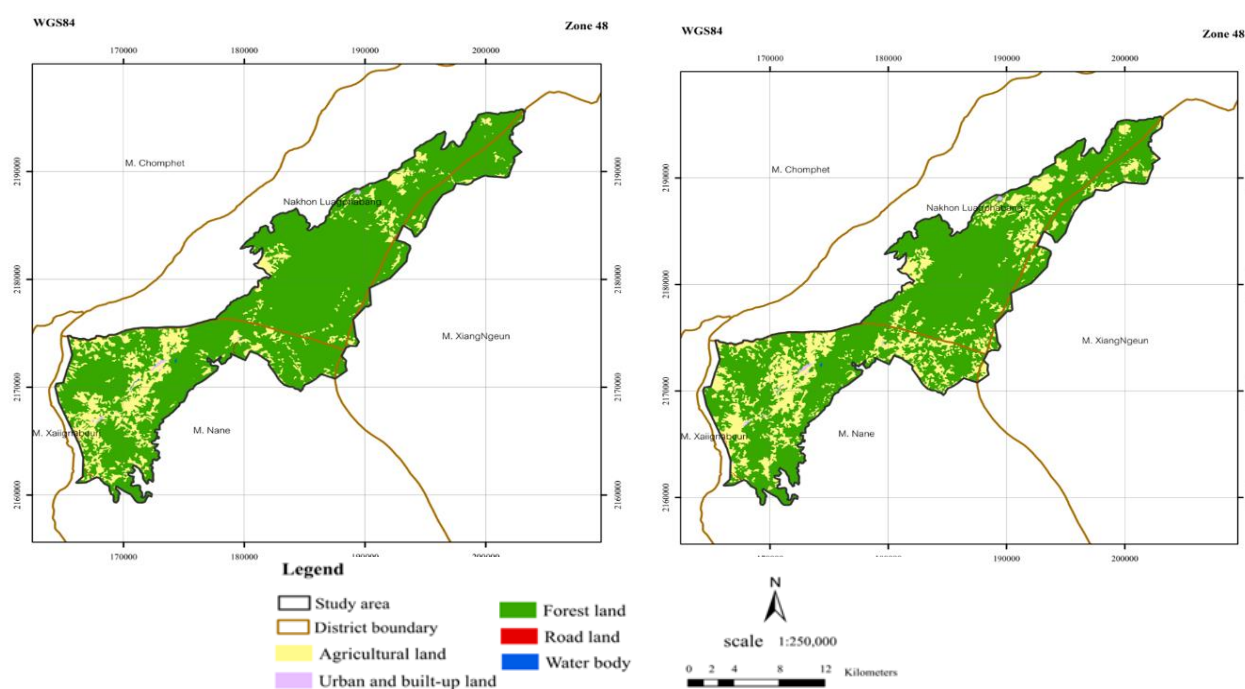
เฮกตาร์ และ 607.05 เฮกตาร์ ส่วนพื้นที่เกษตรกรรมเพิ่มขึ้น 138.24 เฮกตาร์ และ 386.10 เฮกตาร์ แสดงให้เห็นว่าพื้นที่ป่าไม่มีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องจากการขยายพื้นที่เกษตรกรรมเพิ่มขึ้นในแต่ละช่วงปี พ.ศ. 2554–2559 และ ปี พ.ศ. 2559–2564

Table 3 Land use changes in Phouphueng-Phouphatoun and Tadkuangsi National Protection Forests during 2015–2023

Unit: Hectares

Land use type		In 2023					Total
		A	F	R	U	W	
In 2015	A	3,755.77	1,908.36	0.00	6.91	0.00	5,671.04
	F	4,867.75	25,869.27	0.00	4.42	2.69	30,744.13
	R	0.00	0.00	24.27	0.00	0.00	24.27
	U	4.22	0.69	0.00	82.10	0.00	87.01
	W	2.40	0.00	0.00	0.00	14.14	16.54
Total		8,630.14	27,778.32	24.27	93.43	16.83	36,542.99

Remarks: A = Agricultural land, F=Forest land, R=Road, U= Urban and built-up, W = Water body.



(a) Land use map in 2015

(b) Land use map in 2023

Figure 1 Map of land use changes in Phouphueng-Phouphatoun and Tadkuangsi National Protection Forests during 2015–2023

การกำหนดค่าน้ำหนักของแต่ละปัจจัย

การกำหนดค่าน้ำหนักของแต่ละปัจจัยที่มีเสี่ยงต่อการบุกรุกพื้นที่ป่าไม้โดยผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด 5 ท่าน เป็นผู้ให้ค่าน้ำหนักความสำคัญของทั้งหมด 7 ปัจจัย พบว่า ปัจจัยที่มีความสำคัญมากที่สุด คือ รายได้เฉลี่ยของหมู่บ้านต่อปี

จำนวนประชากรของหมู่บ้าน ระยะห่างจากชุมชน ระยะห่างจากเส้นทางคมนาคม ระยะห่างจากแหล่งน้ำ ร้อยละความลาดชันของพื้นที่ และความสูงจากระดับน้ำทะเล โดยมีค่าเฉลี่ยคะแนนความสำคัญเท่ากับ 0.32 0.23 0.15 0.12 0.10 0.05 และ 0.03 ตามลำดับ แสดงใน (Table 4)

Table 4 Weighted mean from forestry specialists

Factor	Forestry expert					Weighted mean
	Expert 1	Expert 2	Expert 3	Expert 4	Expert 5	
Digital elevation	0.02	0.02	0.05	0.03	0.05	0.03
Percentage of area slope	0.03	0.03	0.05	0.05	0.07	0.05
Distance from road	0.15	0.25	0.05	0.05	0.09	0.12
Distance from village	0.06	0.41	0.06	0.12	0.12	0.15
Distance from water	0.10	0.05	0.06	0.13	0.16	0.10
Population of village	0.24	0.15	0.28	0.26	0.21	0.23
Average income per village per year	0.41	0.09	0.44	0.36	0.29	0.32
Total	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

การวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงต่อการบุกรุกในเขตป่าป้องกันแห่งชาติภูผาพิง-ภูผาพูนและตาดกวางซี

จากข้อมูลสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ศึกษา ปี พ.ศ. 2558 และ ปี พ.ศ. 2566 เพื่อจัดทำแผนการเปลี่ยนแปลงและนำไปวิเคราะห์ร่วมกับตัวแปรอื่น ๆ ที่ใช้ในการศึกษาในครั้งนี้ ซึ่งมีค่าคะแนนและค่าน้ำหนัก ที่ได้จากการคำนวณของผู้เชี่ยวชาญนั้น โดยใช้วิธีการซ้อนทับกับแผนที่ปัจจัยสำหรับการศึกษาทั้งหมด 7 ปัจจัย ได้แก่ ความสูงจากระดับน้ำทะเล ร้อยละความลาดชันของพื้นที่ ระยะห่างจากเส้นทางคมนาคม ระยะห่างจากชุมชน ระยะห่างจากแหล่งน้ำ จำนวนประชากรของหมู่บ้าน และรายได้เฉลี่ยของหมู่บ้านต่อปี นำผลจากการวิเคราะห์มาทำการจัดชั้นระดับความเสี่ยงใหม่เพื่อกำหนดพื้นที่เสี่ยงต่อการบุกรุกด้วยเทคนิคการแบ่งกลุ่มแบบ Equal interval ซึ่งมีค่าความถี่เท่ากัน โดยแบ่งระดับความเสี่ยงต่อการบุกรุกออกเป็น 6 ระดับ ดังนี้ 0 คือ ไม่มีความเสี่ยง 1 คือ ความเสี่ยงต่อการบุกรุกต่ำมาก 2 คือ ระดับความเสี่ยงต่อการบุกรุกต่ำ 3 คือ ระดับความเสี่ยงต่อการบุกรุกปานกลาง 4 คือ ระดับความเสี่ยงต่อการบุกรุกสูง และ 5 คือ ระดับความเสี่ยงต่อการบุกรุกสูงมาก ตามสมการของ (Ketsingha,1987) (สมการที่ 3)

ความกว้างของอันตรภาคชั้น

$$= \frac{\text{ค่าคะแนนสูงสุด-ค่าคะแนนต่ำสุด}}{\text{จำนวนระดับชั้นที่ต้องการ}} \quad (3)$$

โดยพบว่า ค่าความเสี่ยงสูงสุด = 9.91

ค่าความเสี่ยงต่ำสุด = 0.00

จำนวนระดับความเหมาะสมที่ต้องการ = (9.91-0.00)/6

ดังนั้น ช่วงห่างของชั้นความเหมาะสม = 1.65

ผลการวิเคราะห์ความเสี่ยงต่อการบุกรุกพื้นที่ป่าไม้ในเขตป่าป้องกันแห่งชาติภูผาพิง-ภูผาพูนและตาดกวางซีพบว่า พื้นที่ที่มีระดับความเสี่ยงต่อการบุกรุกสูงมีขนาดพื้นที่มากที่สุด จำนวน 9,750.90 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 26.68 รองลงมาคือ ระดับความเสี่ยงต่อการบุกรุกต่ำ มีพื้นที่ 8,217.76 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 22.49 ระดับความเสี่ยงต่อการบุกรุกสูงมาก มีพื้นที่ 6,527.35 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 17.86 ระดับความเสี่ยงต่อการบุกรุกต่ำมาก มีพื้นที่ 6,077.49 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 16.63 และระดับความเสี่ยงต่อการบุกรุกปานกลางมีน้อยที่สุด มีพื้นที่ 5,969.48 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 16.34 ของพื้นที่ทั้งหมด ส่วนพื้นที่ไม่มีความเสี่ยงต่อการบุกรุกไม่พบพื้นที่ในเขต ป่าป้องกันแห่งชาติภูผาพิง-ภูผาพูนและตาดกวางซี (Table 5 และ Figure 2)

Table 5 Score range and invasive risk level in Phouphueng-Phouphatoun and Tadkuangsi National Protection Forests

Score range	Area (ha)	Area (%)	Risk level
0.00-1.65	0.00	0.00	Not at risk
1.66-3.31	6,077.49	16.63	Very low risk
3.32-4.97	8,217.76	22.49	Low risk
4.98-6.63	5,969.48	16.34	Moderate risk
6.63-8.28	9,750.91	26.68	High risk
>8.28	6,527.35	17.86	Very high risk
Total	36,542.99	100.00	

เมื่อนำแผนที่เสี่ยงต่อการบุกรุกในเขตป่าป้องกันแห่งชาติภูผาผึ้ง-ภูผาทูนและตาดกวางสีมาซ้อนทับกับแผนที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินระหว่างปี พ.ศ. 2558-2566 พบว่า พื้นที่เสี่ยงต่อการบุกรุกสูงมากครอบคลุมพื้นที่ 1,299.19 เฮกตาร์ พื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อการบุกรุกสูงมีจำนวน 2,475.41 เฮกตาร์ พื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อการบุกรุกปานกลางครอบคลุมพื้นที่ 591.22 เฮกตาร์ พื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อการบุกรุกต่ำครอบคลุมพื้นที่ 1,476.48 เฮกตาร์

และพื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อการบุกรุกต่ำมาก ครอบคลุมพื้นที่ 980.04 เฮกตาร์ ทั้งนี้เห็นได้ว่าบริเวณที่มีพื้นที่เกษตรกรรมมาก มีอิทธิพลและส่งผลให้พื้นที่ป่าไม้ที่อยู่ใกล้เคียงมีความเสี่ยงต่อการบุกรุกมากกว่าพื้นที่ป่าไม้ที่อยู่ห่างจากพื้นที่เกษตรกรรม และพื้นที่ส่วนใหญ่ที่มีความเสี่ยงต่อการบุกรุกมากที่สุด คือ พื้นที่ป่าไม้ แสดงให้เห็นว่าพื้นที่ที่ยังไม่มีการครอบครองเพื่อการใช้ประโยชน์มีโอกาสถูกบุกรุกและเปลี่ยนแปลงพื้นที่ได้ง่าย (Table 6)

Table 6 Classification of land use change during 2015–2023, based on level of risk of forest invasion in Phouphueng-Phouphatoun and Tadkuangsi National Protection Forests

Land use type	Very low	Low	Moderate	High	Very high	Total
	Area (ha)	Area (ha)	Area (ha)	Area (ha)	Area (ha)	Area (ha)
A change to F	182.04	440.53	88.07	712.80	473.24	1,896.68
A change to U	-	-	-	3.06	3.41	6.47
F change to A	798.01	1,035.95	503.16	1,753.65	744.32	4,835.09
F change to U	-	-	-	2.39	2.03	4.42
F change to W	-	-	-	-	2.37	2.37
U change to A	-	-	-	0.52	3.70	4.22
U change to F	-	-	-	0.69	-	0.69
W change to A	-	-	-	2.29	0.11	2.40
Total	980.04	1,476.48	591.22	2,475.41	1,229.19	6,752.35

Remarks: A = Agricultural land, F=Forest land, U= Urban and built-up, W = Water body

ผลของการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงต่อการบุกรุกยังชี้ให้เห็นว่าในเขตป่าป้องกันแห่งชาติ ภูผาผึ้ง-ภูผาทูนและตาดกวางสีปัจจุบันมีพื้นที่เสี่ยงต่อการบุกรุกสูงมีพื้นที่ 9,750.90 เฮกตาร์ และพื้นที่เสี่ยงต่อการบุกรุกสูงมากมีพื้นที่ 6,527.35 เฮกตาร์ เนื่องจากประชาชนต้องการขยายพื้นที่สำหรับการเกษตร โดยมีการขยายพื้นที่เข้าไปในเขตป่าป้องกัน ซึ่งเมื่อนานและเมืองหลวงพระบางเป็นพื้นที่ที่ควรจะต้องนำมาพิจารณาในการป้องกันการบุกรุกในพื้นที่ โดยเฉพาะปัจจัยเกี่ยวกับรายได้เฉลี่ยรายหมู่บ้านต่อปี ซึ่งรายได้ส่วนใหญ่ของประชาชนมาจากการทำเกษตรกรรม การเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากร พื้นที่ใกล้หมู่บ้าน พื้นที่ใกล้เส้นทางคมนาคม พื้นที่ตามเขตชายแดน

เขตป่าป้องกันรวมทั้งในพื้นที่อื่น ๆ ด้วย ซึ่งสอดคล้องและแตกต่างกันเล็กน้อยกับการศึกษาของ (Klinthong, 2018) ได้ศึกษาการประเมินพื้นที่เสี่ยงต่อการถูกบุกรุกเข้าใช้ประโยชน์พื้นที่ป่าไม้ ในเขตป่าสงวนแห่งชาติ ป่ามวกเหล็ก-ป่าทับกวาง แปลงที่ 2 จังหวัดสระบุรี พบว่าพื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อการบุกรุกสูงมาก พบกระจายอยู่บริเวณตอนกลางและแนวขอบของพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติป่ามวกเหล็ก-ป่าทับกวาง แปลงที่ 2 มีพื้นที่ 52.46 ตารางกิโลเมตร ปัจจัยที่มีความเสี่ยงต่อการบุกรุกสูงมากคือ ระยะห่างจากเส้นทางคมนาคม ระยะห่างจากหมู่บ้าน และระดับความสูงจากน้ำทะเล

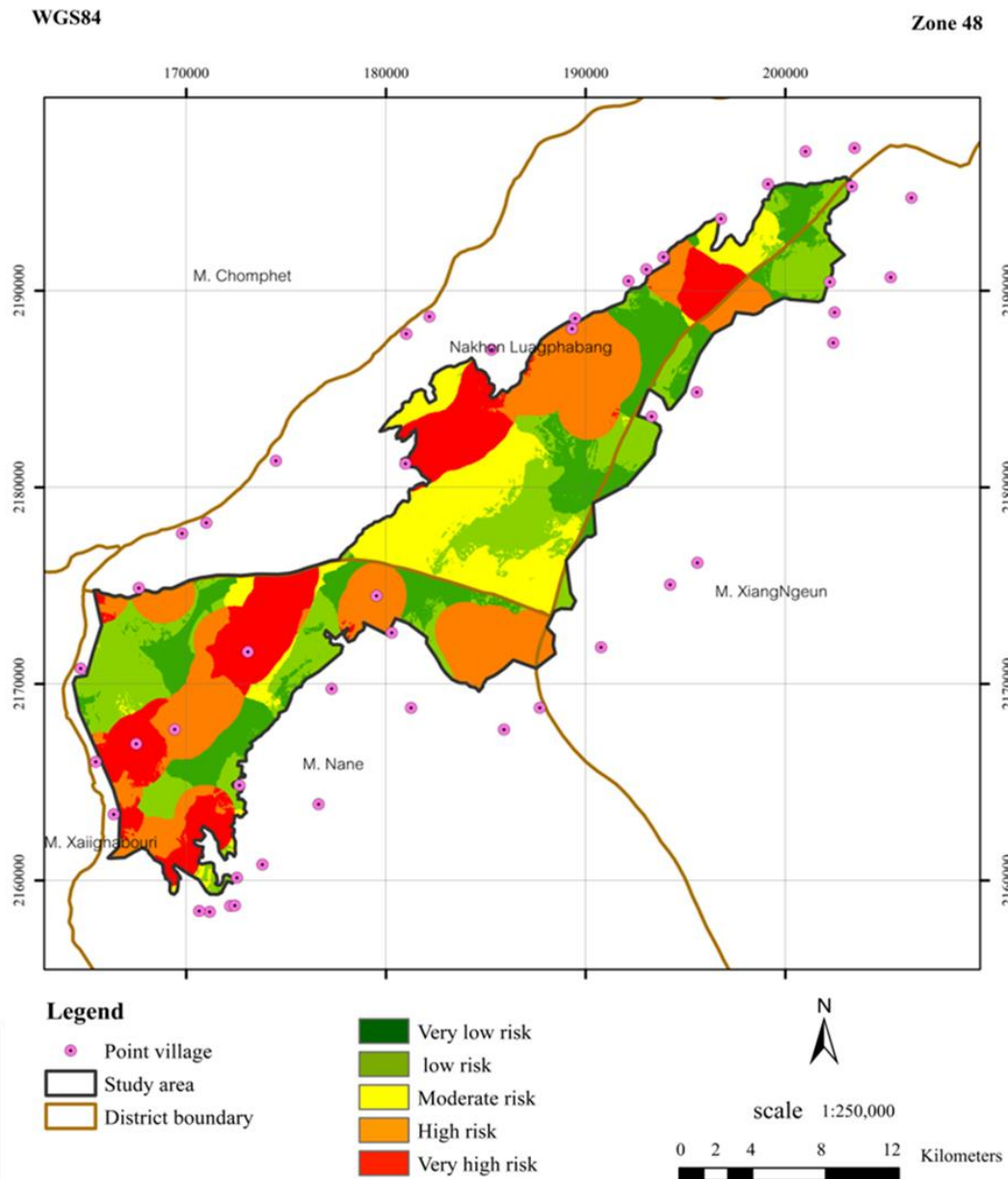


Figure 2 Encroachment risk area map in the Phouphuang-Phouphatoun and Tadkuangsi National Protection Forests

สรุปและข้อเสนอแนะ

ผลการศึกษาสภาพการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในเขตป่าป้องกันแห่งชาติ ภูพิง-ภูผาทูนและตาดกวางซี ระหว่างปี พ.ศ.2558-2566 โดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 ระบบบันทึกภาพ OLI ความละเอียดจุดภาพ 30 เมตร Path 129 Row 46 ด้วยวิธีการแปลตีความการใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยสายตา พบว่า ปี พ.ศ. 2558 และ ปี พ.ศ. 2566 มีค่าความถูกต้องโดยรวม คิดเป็นร้อยละ 79.55 และ 90.91 ตามลำดับ มีค่าสัมประสิทธิ์แคปปา เท่ากับ 0.58 และ 0.83 ตามลำดับ การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินพบว่า พื้นที่ป่าไม้มีการลดลงอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งในปี พ.ศ. 2566 พบ พื้นที่ป่าไม้ ลดลงจาก ปี พ.ศ. 2558 ในขณะที่พื้นที่

เกษตรกรรม พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง และพื้นที่แหล่งน้ำ เพิ่มขึ้นจาก ปี พ.ศ. 2558 ส่วนพื้นที่เส้นทางคมนาคมไม่มีการเปลี่ยนแปลง

ผลการใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ประเมินหาพื้นที่เสี่ยงต่อการบุกรุกพื้นที่ป่าในเขตป่าป้องกันแห่งชาติ ภูพิง-ภูผาทูนและตาดกวางซี พบว่าปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความเสี่ยงต่อการบุกรุกป่าไม้มากที่สุด 3 อันดับแรก ได้แก่ รายได้เฉลี่ยของหมู่บ้านต่อปี จำนวนประชากร และระยะห่างจากชุมชน การวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงต่อการบุกรุกพื้นที่ป่าไม้พบพื้นที่เสี่ยงต่อการบุกรุกสูงมากที่สุดพบมากในเมืองหลวงพระบาง และเมืองน่าน รองลงมาคือ พื้นที่เสี่ยงต่อการบุกรุกบุกรุกต่ำพบมากในเมืองหลวงพระบาง เมืองเชียงเงิน และเมืองน่าน และพื้นที่

เสี่ยงต่อการบุกรุกสูงมากพบมากในเมืองหลวงพระบาง และ
เมืองน่าน

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งนี้ใช้ข้อมูลภาพดาวเทียม Landsat 8 ความละเอียด 30 เมตร แนะนำให้ใช้ข้อมูลภาพดาวเทียมความละเอียดสูง เช่น Sentinel-2 ความละเอียด 10 เมตร ซึ่งจะช่วยให้วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงได้ละเอียดและแม่นยำยิ่งขึ้น และการศึกษาครั้งนี้เป็นการนำเอาปัจจัยแวดล้อมทางกายภาพเพียงบางประการเท่านั้นถ้าหากนำไปศึกษาในพื้นที่อื่นที่มีลักษณะทางกายภาพที่แตกต่างกันจำเป็นต้องปรับปรุงปัจจัยที่ใช้ให้เหมาะสม ควรเพิ่มเติมปัจจัยอื่น ๆ ที่ส่งผลต่อการบุกรุกป่า เช่น การบังคับใช้กฎหมายนโยบายการอนุญาตให้มีสิทธิทำกินในพื้นที่ป่าไม้ ราคาผลผลิตทางการเกษตร กำลังรองรับผลผลิตของตลาดนอกจากนี้ควรพิจารณาปัจจัยอื่นๆ ที่มีผลต่อการบุกรุกทั้งทางตรงและทางอ้อม

คำนิยม

การศึกษานี้ได้รับความอนุเคราะห์ทุนการศึกษาจากกรมความร่วมมือระหว่างประเทศ (Thailand International Development Cooperation Agency, TICA) ขอขอบพระคุณหัวหน้าห้องกรรการสิทธิกรรม และป่าไม้แขวงหลวงพระบาง ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ศึกษา และขอขอบคุณ ทุก ๆ คนให้ความช่วยเหลือในการเก็บข้อมูล

REFERENCES

- Agriculture and Forestry Office of Luang Prabang Province. 2020. **PhouPheung-PhouPhaThoun-TadKuangSi Provincial Protection Forest Management Plan, Luang Prabang Province Year 2020-2025**. Luang Prabang, Lao PDR.
- Anderson, J.R. 1971. Land use classification schemes used in selected recent geographic applications of remote sensing. **Photogrammetric Engineering**, 37(4): 379-387.
- Congalton, R.G., Green, K. 1999. **Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Practices**, 2nd ed. Lewis Publishers, Boca Raton, CRC Press, USA.
- Department of Forestry. 2005. **Report on the Assessment of Forest Cover and Land Use During 1992 and 2000**. Retrieved from the Ministry of Agriculture and Forestry, Lao PDR.
- Department of Forestry. 2021. **Report on the Assessment of Forest Cover During 2015 and 2019**. Retrieved from the Ministry of Agriculture and Forestry, Lao PDR.
- Fox, J., Vogler, J.B.J.E.M. 2005. Land-use and land-cover change in montane mainland southeast Asia. **Environmental Management**, 36: 394-403.
- KanIn, K., Khunrattanasiri, W. 2020. Comparative study on CA-Markov model and CLUE-S model for land use changed prediction in National Reserved Forest, Nan province. **Journal of Applied Science**, 19(2): 87-100.
- Ketsingha, W. 1987. **Principles of Creating and Analyzing Research Tools**, 4th ed. Thai Wattana Panich, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Klinthong, S. 2018. **Assessment the Risk of Intrusion into the Forest Areas in Pa Muaklek-Pa Tupkwang Plaeng 2 National Reserve Forest, Saraburi Province**. M.S. Thesis, Thammasat University, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Kummer, D.M., Turner, B.L.J.B. 1994. The human causes of deforestation in Southeast Asia. **Bioscience**, 44(5): 323-328.
- Landis, J.R., Koch, G.G.J.b. 1977. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, 33(1): 159-174.
- Nanhthavong, V., Epprecht, M., Hett, C., Zaehring, J.G., Messerli, P.J.A.g. 2020. Poverty trends in villages affected by land-based investments in rural Laos. **Applied Geography**, 124: 102-298.
- National Assembly. 2019a. **Law on Forests (Revised)**. Vientiane Capital, Lao People's Democratic Republic, Lao PDR.
- National Assembly. 2019b. **Land Law (Amended)**. Vientiane Capital, Lao People's Democratic Republic, Lao PDR.
- Paphaphanh, P., Chanthalonnavong, S., Phengsisomboun, S., Southommavong, L., Mangnomek, V., Sodahuk, V. 2024. The Impact of land use change on peatland degradation: A case Nathong and Saming Village, Champhone district, Champasack Province, Lao PDR. **Sujournal**, 10(1): 130-139.

- Phompila, C., Lewis, M., Ostendorf, B., Clarke, K.J.L. 2017. Forest cover changes in Lao tropical forests: physical and socio-economic factors are the most important drivers. **Land**, 6(2): 23-37.
- Robichaud, W.G., Sinclair, A.R.E., Odarkor-Languaye, N., Klinkenberg, B. 2009. Stable forest cover under increasing populations of swidden cultivators in central Laos: the roles of intrinsic culture and extrinsic wildlife trade. **Ecology and Society**, 14(1): 33-60.
- Sayavong, S., Kaewjampa, N., Katawatin, R., Boonthai Iwai, C., Moukomla, S., Oszwald, J., Pierret, A. 2020. Recent co-occurring expansion of rubber tree plantations and land use/land cover change in Luangnamtha district, Northern Laos. **International Journal of Geoinformatics**, 16(1): 85-101.
- Sonsab, T. 2018. **Determining Risk Area for Encroachment of Forest in Head Watershed at Doi Phu Kha National Park, Nan Province**. M.S. Thesis, Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Thomas, I.L. 2015. **Drivers of Forest Change in the Greater Mekong Subregion-Lao PDR Country Report**. USAID-LEAF and FAO, 232, Washington, D.C., United States.
- Thongsangiam, A., Chuchip, K., Pothitan, R. 2018. Assessment of forest encroachment in the lower Mae Cheam watershed, Chiang Mai province. **Thai Journal of Forestry**, 37(2): 108-117. (in Thai)
- Wangkeeree, P., Rianthakool, L., Arunpraparut, W. 2021. Application of geographic information system in the analysis of areas at risk from encroachment at the Phu Koh-Phu Kratae Wildlife Sanctuary, Loei province. **Thai Journal of Forestry**, 40(1): 34-49. (in Thai)
-

นิพนธ์ต้นฉบับ

ปัจจัยที่มีผลต่อการตอบสนองของผู้มาเยือนต่อกฎระเบียบ
การใช้ประโยชน์ด้านนันทนาการในอุทยานแห่งชาติFactors Affecting Visitors' Response to Recreational
Use Regulations in National Parksพีรวัฒน์ คำล้ำเลิศ^{1,2*}สุภัทรา ถึกสถิตย์¹นภาพรณ ฐานะกาญจน์ พงษ์เขียว¹Peerawat Kamlamkert^{1,2*}Supattra Thueksathit¹Noppawan Tanakanjana Phongkhiao¹¹คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กทม. 10900¹Faculty of Forestry, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900 Thailand²กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช จตุจักร กรุงเทพฯ 10900²Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation, Chatuchak, Bangkok 10900 Thailand

*Corresponding Author, E-mail: Peerawat.kam@ku.th

รับต้นฉบับ 14 ตุลาคม 2566

รับแก้ไข 23 มกราคม 2567

รับลงพิมพ์ 2 กุมภาพันธ์ 2567

ABSTRACT

Visitor opinions and the factors affecting their response were surveyed regarding the recreational use regulations in national parks. Khao Yai National Park and Khao Laem Ya-Mu Koh Samet National Park were studied as representatives of a Land and Marine National Park, respectively. Data were collected from 400 visitors using a questionnaire. Data analysis was based on descriptive statistics and multiple regression using a significance test level of 0.05. The 8 variables considered were: visiting experience, activities performed in the area, overnight stay, motivation for developing potential and enhancing self-esteem, motivation for personal needs, motivation for being surrounded by nature and spending time with close friends and family, knowledge of regulations and awareness of the environment and natural resources.

Based on the results, most visitors chose scenic activities, the most important motivation for visiting national parks was relaxation from stress and they had knowledge of the regulations for recreational use in national parks, with a high level of awareness of the environment and natural resources. However, some visitors were not aware of newly enacted regulations. Nonetheless, opinion regarding the suitability of regulations for recreational use in national parks was at a high level. Positive factors affecting visitor response to the regulations for recreational use in national parks were the awareness of the environment and natural resources (Beta = 0.480, $t = 9.806$, $p < 0.001$) and motivation for personal needs (Beta = 0.146; $t = 2.777$; $p = 0.006$). In contrast, negative factors were the actual activities in the area. (Beta = -0.128; $t = -2.663$; $p = 0.008$) and the visitor experience (Beta = -0.111; $t = -2.547$; $p = 0.011$). Thus, the new recreational use regulations should be promoted widely in many ways, so they become well-known and are followed properly by visitors.

Keywords: Response; Visitors; Recreational use regulations; National Parks

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความคิดเห็นของผู้นำเยือนต่อกระบวนการใช้ประโยชน์ด้านนันทนาการในอุทยานแห่งชาติ และปัจจัยที่ส่งผลต่อการตอบสนองต่อกระบวนการใช้ประโยชน์ด้านนันทนาการในอุทยานแห่งชาติ โดยอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ เป็นตัวแทนอุทยานแห่งชาติทางบก และอุทยานแห่งชาติเขาแหลมหญ้า-หมู่เกาะเสม็ด เป็นตัวแทนอุทยานแห่งชาติทางทะเล เก็บข้อมูลโดยการสัมภาษณ์กลุ่มผู้นำเยือน จำนวน 400 ตัวอย่าง โดยใช้แบบสอบถาม วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา และการวิเคราะห์ถดถอยเชิงพหุที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 โดยกำหนดตัวแปรตามทั้งหมด 8 ตัวแปร ได้แก่ ประสบการณ์ในการมาเยือน กิจกรรมที่ประกอบจริงในพื้นที่ การพักค้าง แรงจูงใจด้านการพัฒนาศักยภาพและเสริมสร้างความภาคภูมิใจในตนเอง แรงจูงใจด้านความต้องการส่วนบุคคล แรงจูงใจด้านการได้อยู่ท่ามกลางธรรมชาติและได้ใช้เวลากับคนใกล้ชิด ความรู้เกี่ยวกับกฎระเบียบ ความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ

ผลการศึกษา พบว่า ผู้นำเยือนส่วนมากเลือกการประกอบกิจกรรมชมวิวยามวิทัศน์ มีแรงจูงใจในการมาเยือนอุทยานแห่งชาติ ที่ให้ความสำคัญมากที่สุดคือ การได้ผ่อนคลายจากความเครียด มีความรู้เกี่ยวกับกฎระเบียบการใช้ประโยชน์ด้านนันทนาการในอุทยานแห่งชาติ และมีความตระหนักถึงสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติในระดับมาก แต่ผู้นำเยือนบางส่วนไม่ทราบเกี่ยวกับกฎระเบียบที่ประกาศใช้ใหม่ อย่างไรก็ตามก็ตีความความคิดเห็นในด้านความเหมาะสมของกฎระเบียบการใช้ประโยชน์ด้านนันทนาการในอุทยานแห่งชาติอยู่ในระดับสูง โดยปัจจัยที่มีผลต่อการตอบสนองของผู้นำเยือนต่อกระบวนการใช้ประโยชน์ด้านนันทนาการในอุทยานแห่งชาติ ในเชิงบวก คือ ความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ ($Beta = 0.480$; $t = 9.806$; $p < 0.001$) และแรงจูงใจด้านความต้องการส่วนบุคคล ($Beta = 0.146$; $t = 2.777$; $p = 0.006$) แต่ปัจจัยที่มีผลในเชิงลบ คือ กิจกรรมที่ประกอบจริงในพื้นที่ ($Beta = -0.128$; $t = -2.663$; $p = 0.008$) และประสบการณ์ในการมาเยือน ($Beta = -0.111$; $t = -2.547$; $p = 0.011$) ดังนั้นควรประชาสัมพันธ์กฎระเบียบการใช้ประโยชน์ด้านนันทนาการใหม่ๆ ในทุกช่องทางเพื่อให้ผู้นำเยือนทราบและปฏิบัติตามอย่างเหมาะสม

คำสำคัญ: การตอบสนอง ผู้นำเยือน กฎระเบียบการใช้ประโยชน์ด้านนันทนาการ อุทยานแห่งชาติ

คำนำ

ปัจจุบันการท่องเที่ยวในอุทยานแห่งชาติของประเทศไทยเป็นที่นิยมกันอย่างแพร่หลาย โดยช่วงก่อนหน้าสถานการณ์การแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-19) ในปีงบประมาณ พ.ศ. 2558 ถึง พ.ศ. 2562 มีแนวโน้มของจำนวนผู้นำเยือนเพิ่มมากขึ้นโดยเฉลี่ยประมาณร้อยละ 10.28 ในทุกปี (National Parks Office, 2022) ตลอดจนมีการบังคับใช้พระราชบัญญัติอุทยานแห่งชาติ พ.ศ. 2562 โดยมีสาระสำคัญคือ การให้ประชาชนได้มีส่วนร่วมในการอนุรักษ์ คุ้มครอง บำรุง รักษา พื้นฟู และจัดการการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติ เพื่อประโยชน์แก่การท่องเที่ยวเชิงนิเวศและนันทนาการ มีการเพิ่มบทกำหนดโทษตามพระราชบัญญัติที่สูงขึ้น และการประกาศกฎหมายลำดับรองตามพระราชบัญญัติอุทยานแห่งชาติ พ.ศ. 2562 ที่มีความสอดคล้องกับสถานการณ์ทรัพยากรธรรมชาติในปัจจุบัน เพื่อบังคับใช้แก่ผู้นำเยือนที่เข้ามาในอุทยานแห่งชาติ เช่น การห้ามมิให้นำเข้าไปหรือจำหน่ายเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ทุกประเภทในอุทยานแห่งชาติ การห้ามนำอาหารทุกประเภทที่มีควันและกลิ่นรบกวนบริเวณพื้นที่กางเต็นท์หรือที่พักในอุทยานแห่งชาติ การห้ามนำและใช้ครีมกันแดดที่มีส่วนประกอบของสารเคมีที่เป็นอันตรายต่อปะการังเข้าไปในอุทยานแห่งชาติ เป็นต้น ซึ่งเป็นที่วิพากษ์วิจารณ์ถึงข้อดีและข้อเสียของกฎระเบียบดังกล่าวเป็นจำนวนมาก จากแนวโน้มของปริมาณการท่องเที่ยวที่เพิ่มมากขึ้น

ขึ้นนั้นส่งผลให้ทรัพยากรธรรมชาติได้รับผลกระทบจากการประกอบกิจกรรมนันทนาการอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ โดยสาเหตุหลักของปัญหาผลกระทบในแหล่งนันทนาการส่วนหนึ่งเกิดจากการไม่ปฏิบัติตามกฎระเบียบของผู้นำเยือน และการแสดงออกถึงพฤติกรรมที่ไม่เหมาะสมที่มีสาเหตุมาจากหลายปัจจัย ดังนั้นการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับพฤติกรรมตอบสนองของผู้นำเยือนต่อกระบวนการใช้ประโยชน์ด้านนันทนาการในอุทยานแห่งชาติ จึงมีความสำคัญต่อการวางแผนการจัดการแหล่งนันทนาการทางธรรมชาติของอุทยานแห่งชาติเป็นอย่างมาก จากการศึกษาของ Prathumthin and Phongkhieo (2018) พบว่า ผู้นำเยือนมีการประกอบกิจกรรมนันทนาการในพื้นที่อุทยานแห่งชาติทั้งทางบกและทางทะเล จำนวน 20 กิจกรรม โดยทุกกิจกรรมนั้นมีการใช้ประโยชน์ด้านนันทนาการในอุทยานแห่งชาติบังคับใช้อยู่ทุกกิจกรรม ซึ่งมีทั้งผู้นำเยือนที่ยินยอมปฏิบัติตามกฎระเบียบและผู้นำเยือนที่ฝ่าฝืนกฎระเบียบ ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงต้องการทราบถึงปัจจัยต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อการตอบสนองของผู้นำเยือนต่อกระบวนการใช้ประโยชน์ด้านนันทนาการในอุทยานแห่งชาติ โดยผู้วิจัยได้รวบรวมปัจจัยต่าง ๆ จากการทบทวนวรรณกรรมของผู้ที่ทำการศึกษเกี่ยวกับพฤติกรรมของผู้นำเยือนซึ่งมีความสัมพันธ์ต่อกัน อาทิเช่น ประสบการณ์ในการมาเยือนอุทยานแห่งชาติ (Khaopong et al., 2018) จำนวนกิจกรรมที่ประกอบจริงในพื้นที่ (Prathumthin and Phongkhieo, 2018) การพักค้าง

แรงจูงใจของผู้มาเยือน (Jantowat *et al.*, 2011) ความรู้เกี่ยวกับกฎระเบียบ (Thongkerd *et al.*, 2022) ความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ (Loakaewnoo *et al.*, 2014) เป็นต้น ซึ่งเก็บรวบรวมด้วยวิธีการเก็บจากแบบสอบถามจากผู้มาเยือนอุทยานแห่งชาติ ทั้งทางบกและทางทะเล ดังนั้นงานวิจัยชิ้นนี้ จึงเป็นการรับฟังข้อเสนอดังกล่าวของผู้มาเยือนอุทยานแห่งชาติเกี่ยวกับข้อจำกัดของการบังคับใช้กฎระเบียบตลอดจนวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อการตอบสนองของผู้มาเยือนต่อกฎระเบียบการใช้ประโยชน์ด้านนันทนาการในอุทยานแห่งชาติ เพื่อนำผลการศึกษาไปใช้ประโยชน์เป็นแนวทางในการจัดการพื้นที่อุทยานแห่งชาติและการปรับปรุงกฎหมายกฎระเบียบของกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช ให้เหมาะสมกับสภาพปัจจุบันมากยิ่งขึ้นต่อไปในอนาคต

การศึกษาวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 2 ข้อ ได้แก่ 1) เพื่อศึกษาความคิดเห็นของผู้มาเยือนต่อกฎระเบียบการใช้ประโยชน์ด้านนันทนาการในอุทยานแห่งชาติ 2) เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตอบสนองของผู้มาเยือนต่อกฎระเบียบการใช้ประโยชน์ด้านนันทนาการในอุทยานแห่งชาติ โดยกำหนดสมมติฐานการวิจัยไว้ดังนี้ คือ ประสิทธิภาพการมาเยือน กิจกรรมที่ประกอบจรงในพื้นที่ การพักค้าง แรงจูงใจ ความรู้เกี่ยวกับกฎระเบียบ และความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติมีอิทธิพลต่อการตอบสนองของผู้มาเยือนต่อกฎระเบียบการใช้ประโยชน์ด้านนันทนาการในอุทยานแห่งชาติ

อุปกรณ์และวิธีการ

งานวิจัยครั้งนี้ มีอุปกรณ์ต่าง ๆ ประกอบด้วยแบบสอบถาม ที่ออกแบบโดยใช้แนวคิดเกี่ยวกับพฤติกรรม การประกอบกิจกรรมของผู้มาเยือน การรับรู้และการตอบสนองของผู้มาเยือน พระราชบัญญัติอุทยานแห่งชาติ พ.ศ. 2562

และระเบียบกฎหมายลำดับรองตามพระราชบัญญัติอุทยานแห่งชาติ พ.ศ. 2562 เพื่อกำหนดกรอบแนวคิดและสร้างเครื่องมือในการศึกษาวิจัย สำหรับใช้เก็บรวบรวมข้อมูลจากผู้มาเยือนอุทยานแห่งชาติ และใช้เครื่องคอมพิวเตอร์และโปรแกรมสำเร็จรูป เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล คำนวณหาค่าสถิติต่าง ๆ อุปกรณ์เครื่องเขียน และกล้องถ่ายภาพสำหรับบันทึกภาพกิจกรรมต่าง ๆ โดยมีวิธีการวิจัยดังนี้

การคัดเลือกพื้นที่ศึกษาและกำหนดประชากรเป้าหมายเพื่อให้พื้นที่ศึกษามีความครอบคลุม จึงทำการแบ่งอุทยานแห่งชาติออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ อุทยานแห่งชาติทางบกและอุทยานแห่งชาติทางทะเล โดยรวบรวมข้อมูลสถิตินักท่องเที่ยวชาวไทยจากอุทยานแห่งชาติทั่วประเทศ ย้อนหลัง 5 ปี ตั้งแต่ปีงบประมาณ 2560–2564 ได้พื้นที่ที่มีจำนวนนักท่องเที่ยวชาวไทยที่เข้ามาเยือนอุทยานแห่งชาติทางบกเฉลี่ยสูงสุด 5 ลำดับแรก ได้แก่ อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ อุทยานแห่งชาติเขาคิฆภูมิ อุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์ อุทยานแห่งชาติถ้ำหลวง-ขุนน้ำนางนอน (เตรียมการฯ) และอุทยานแห่งชาติน้ำตกพลู พื้นที่ที่มีจำนวนนักท่องเที่ยวชาวไทยที่เข้ามาเยือนอุทยานแห่งชาติทางทะเลเฉลี่ยสูงสุด 5 ลำดับแรก ได้แก่ อุทยานแห่งชาติเขาแหลมหญ้า-หมู่เกาะเสม็ด อุทยานแห่งชาติหาดนพรัตน์ธารา-หมู่เกาะพีพี อุทยานแห่งชาติหมู่เกาะช้าง อุทยานแห่งชาติตะรุเตา และอุทยานแห่งชาติเขาสามร้อยยอด (National Parks Office, 2022) จากนั้นใช้วิธีการสุ่มอย่างง่าย (simple random sampling) โดยการจับสลาก เพื่อคัดเลือกหาพื้นที่ตัวแทน โดยตัวแทนอุทยานแห่งชาติทางบกคือ อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ ตัวแทนอุทยานแห่งชาติทางทะเลคือ อุทยานแห่งชาติเขาแหลมหญ้า-หมู่เกาะเสม็ด รายละเอียดปรากฏตาม Table 1 ทั้งนี้ กำหนดประชากรเป้าหมายเป็นผู้มาเยือนชาวไทยทุกเพศ ที่มีอายุตั้งแต่ 18 ปีขึ้นไป ที่เดินทางมาเยือนและประกอบกิจกรรมนันทนาการในพื้นที่ศึกษา

Table 1 Statistics on average Thai tourists visiting national parks during 2017–2021

National Park type	Number of visitors (people)
Land-based National Park	
Khao Yai National Park	1,371,000
Khao Khitchakut National Park	807,364
Doi Inthanon National Park	584,473
Tham Luang-Khun Nam Nang Non-National Park	496,497
Namtok Phlio National Park	468,987
Marine national park	
Khao Leam Ya-Mo Ko Samet National Park	452,026
Hat Noppharat Thara-Mu Ko Phi Phi National Park	259,238
Mu Ko Chang National Park	118,602
Tarutao National Park	107,647
Khao Sam Roi Yot National Park	93,096

การกำหนดขนาดตัวอย่าง ทำการกำหนดขนาดตัวอย่างโดยใช้สถิติจำนวนนักท่องเที่ยวชาวไทย ที่เดินทางมาเยือนพื้นที่ศึกษาทั้ง 2 แห่ง ย้อนหลัง 5 ปี ตั้งแต่ปีงบประมาณ 2560 ถึง 2564 เฉลี่ยรายปี 1,823,026 คน (National Parks Office, 2022) เป็นฐานในการสุ่มตัวอย่าง คำนวณขนาดตัวอย่างโดยใช้สูตรของ Yamane (1973) แบบทราบขนาดของประชากร กำหนดค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ เท่ากับ 0.05 ได้ขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่ต้องใช้ จำนวน 399.91 คน ดังนั้นควรเก็บข้อมูลของผู้มาเยือนอุทยานแห่งชาติอย่างน้อย 400 คน เมื่อได้ขนาดของกลุ่มตัวอย่างแล้ว ทำการกระจายจำนวนตัวอย่างตามสัดส่วนของสถิตินักท่องเที่ยวชาวไทยของแต่ละอุทยานแห่งชาติ เพื่อนำไปเก็บข้อมูลภาคสนามในพื้นที่อุทยานแห่งชาติทางบก จำนวน 300 ชุด (ร้อยละ 75) และอุทยานแห่งชาติทางทะเล 100 ชุด (ร้อยละ 25) (National Parks Office, 2022) โดยทำการเก็บข้อมูล ระหว่างเดือนกันยายน พ.ศ. 2565 ถึงเดือนมกราคม พ.ศ. 2566

การสร้างแบบสอบถาม โดยการศึกษาจากเอกสารทฤษฎี และผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เป็นพื้นฐาน โดยแบบสอบถามจะใช้ ทั้งคำถามปลายเปิด (opened-end) และปลายปิด (closed-end) แบ่งเนื้อหาออกเป็น 5 ตอน ดังนี้

1) ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับการประกอบกิจกรรมนันทนาการของผู้มาเยือน ประกอบด้วย (1) ประสบการณ์ในการมาเยือน ให้ค่าคะแนนจากจำนวนครั้งที่ผู้มาเยือนเคยเดินทางมาประกอบกิจกรรมนันทนาการ (2) กิจกรรมนันทนาการที่ประกอบจริงในพื้นที่ ให้ค่าคะแนนจากที่ผู้มาเยือนเลือกตอบคำถาม โดยสามารถเลือกตอบได้มากกว่าหนึ่งคำตอบ (3) การพักค้าง ให้ค่าคะแนนจากจำนวนคืนพักค้างในอุทยานแห่งชาติในช่วงเวลาที่มาเยือนอุทยานแห่งชาติ (4) แรงจูงใจของผู้มาเยือน กำหนดคำถามจากวัตถุประสงค์การมาเยือนของผู้มาเยือนอุทยานแห่งชาติ ให้ค่าคะแนนจากผู้มาเยือนระบุ ใช้คำถามในลักษณะมาตราวัดแบบ Likert's Scale (Kajonsilp, 2006) ซึ่งได้กำหนดค่าคะแนนของตัวแปรไว้ตั้งแต่มากที่สุด ให้ค่าคะแนนเท่ากับ 5 และน้อยที่สุด ให้ค่าคะแนนเท่ากับ 1

2) ความรู้ของผู้มาเยือนต่อกฎระเบียบการใช้ประโยชน์ด้านนันทนาการในอุทยานแห่งชาติ วัดจากค่าคะแนนจริงที่ผู้มาเยือนตอบคำถาม โดยข้อที่ตอบถูก ให้ค่าคะแนนเท่ากับ 1 ข้อที่ตอบผิด ให้ค่าคะแนนเท่ากับ 0 รวมคะแนนสูงสุด คือ 15 คะแนน คะแนนต่ำสุด คือ 0 คะแนน โดยกำหนดเกณฑ์การแปลผลคะแนนและแบ่งระดับความรู้ไว้ 3 ระดับ โดยเกณฑ์ในการแบ่งอันตรรกะขั้นจะมีความกว้าง เท่ากับ 5.00 เท่า ๆ กัน รวมทั้งสิ้น 3 ชั้น (Kajonsilp, 2006) ดังนี้ 0.00–5.00, 5.01–10.00 และ 10.01–15.00 ซึ่งหมายถึง ผู้มาเยือนมีความรู้เกี่ยวกับกฎระเบียบฯ ในระดับน้อย ปานกลาง และมากตามลำดับ โดยผู้วิจัยกำหนดคำถามจากพระราชบัญญัติ

อุทยานแห่งชาติ พ.ศ. 2562 และกฎระเบียบที่ตามอำนาจของพระราชบัญญัติดังกล่าว ตลอดจนประกาศของกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช ที่ประกาศใช้ภายในอุทยานแห่งชาติ เพื่อบังคับใช้แก่ผู้มาเยือนอุทยานแห่งชาติ จำนวน 15 ข้อ

3) ความตระหนักถึงสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ ใช้คำถามในลักษณะมาตราวัดแบบ Likert's Scale ซึ่งได้กำหนดค่าคะแนนของตัวแปรไว้ตั้งแต่ มากที่สุด ให้ค่าคะแนนเท่ากับ 5 และน้อยที่สุด ให้ค่าคะแนนเท่ากับ 1 โดยกำหนดเกณฑ์การแปลผลคะแนนความตระหนักฯ เป็น 3 ระดับ โดยเกณฑ์ในการแบ่งอันตรรกะขั้นจะมีความกว้าง เท่ากับ 1.33 เท่า ๆ กัน รวมทั้งสิ้น 3 ชั้น (Kajonsilp, 2006) ดังนี้ 1.00–2.33, 2.34–3.67 และ 3.68–5.00 ซึ่งหมายถึง ผู้มาเยือนมีความตระหนักถึงสิ่งแวดล้อมในระดับต่ำ ปานกลาง และสูงตามลำดับ โดยผู้วิจัยกำหนดคำถามจากข้อความที่เกี่ยวข้องกับทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ซึ่งผ่านการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญด้านการความเหมาะสม และความถูกต้องของเนื้อหา

4) ความคิดเห็นของผู้มาเยือนต่อกฎระเบียบการใช้ประโยชน์ด้านนันทนาการในอุทยาน ใช้คำถามในลักษณะมาตราวัดแบบ Likert's Scale ซึ่งได้กำหนดค่าคะแนนของตัวแปรไว้ตั้งแต่ มากที่สุด ให้ค่าคะแนนเท่ากับ 5 และน้อยที่สุด ให้ค่าคะแนนเท่ากับ 1 โดยกำหนดเกณฑ์การแปลผลคะแนนความคิดเห็นของผู้มาเยือนต่อกฎระเบียบฯ เป็น 3 ระดับ โดยเกณฑ์ในการแบ่งอันตรรกะขั้นจะมีความกว้าง เท่ากับ 1.33 เท่า ๆ กัน รวมทั้งสิ้น 3 ชั้น (Kajonsilp, 2006) ดังนี้ 1.00–2.33, 2.34–3.67 และ 3.68–5.00 ซึ่งหมายถึง ระดับความคิดเห็นของผู้มาเยือนต่อความเหมาะสมของกฎระเบียบฯ อยู่ในระดับต่ำ ปานกลาง และสูง ตามลำดับ

5) ข้อมูลภูมิหลังของผู้มาเยือน เป็นการเก็บข้อมูลลักษณะพื้นฐานทางสังคมประชากรของผู้มาเยือน ได้แก่ เพศ อายุ ระดับการศึกษา อาชีพ รายได้ต่อเดือน และภูมิลำเนา

การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ ตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (content validity) โดยให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความเที่ยงตรง ความเหมาะสม และความถูกต้องเชิงเนื้อหา เพื่อให้เนื้อหาของแบบสอบถามครอบคลุมวัตถุประสงค์ของการวิจัยครั้งนี้ และทำการตรวจสอบความเชื่อมั่น (reliability) โดยนำไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 ชุด ด้วยวิธีการทดสอบของครอนบาค (Cronbach) และวิธีการของคูเดอร์ริชาร์ดสัน (Kuder-Richardson) สูตร K.R. 20 กำหนดค่าความเชื่อมั่นไม่ต่ำกว่า 0.600 ซึ่งเป็นค่าที่อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ (Thaweerat, 1997) ผลการทดสอบปรากฏ ดังนี้ (1) แบบวัดแรงจูงใจสำหรับการเดินทางมาเยือนอุทยานแห่งชาติครั้งนี้ ได้ค่าค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.896 (2) แบบวัดความตระหนักถึงสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ ได้ค่าความเชื่อมั่น

เท่ากับ 0.725 (3) แบบวัดความคิดเห็นของผู้มาเยือนต่อความเหมาะสมของกฎระเบียบการใช้ประโยชน์ด้านนันทนาการในอุทยานแห่งชาติ ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.722 (4) แบบสอบถามในส่วนที่ใช้วัดความรู้ของผู้มาเยือนต่อกฎระเบียบด้านนันทนาการของอุทยานแห่งชาติ ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.664 ในส่วนของการทดสอบความยากของแบบสอบถาม ตอนของความรู้ของผู้มาเยือนต่อกฎระเบียบด้านนันทนาการของอุทยานแห่งชาติ โดยแจกแบบสอบถามแก่ผู้มาเยือนอุทยานแห่งชาติที่ไม่ใช่พื้นที่ศึกษา คำนวณตามสูตร Thaweerat (1997) ซึ่งได้ค่าความยาก เท่ากับ 0.587 (ความยากในระดับปานกลาง) ซึ่งเป็นที่ยอมรับได้ โดยสามารถจำแนกเป็น ค่าถามค่อนข้างยาก จำนวน 3 ข้อ ค่าถามมีความยากปานกลาง จำนวน 6 ข้อ และค่าถามค่อนข้างง่าย จำนวน 6 ข้อ

การวิเคราะห์ข้อมูล ใช้สถิติเชิงพรรณนา (descriptive statistic) ในการอธิบายข้อมูลของกลุ่มตัวอย่างทุกตัวแปรที่ทำการศึกษา โดยใช้สถิติพื้นฐานในการแจกแจงความถี่ อัตราส่วน ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การวิเคราะห์ปัจจัย (factor analysis) เป็นเทคนิคที่จะจับกลุ่มหรือรวมกลุ่มตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กันไว้ในกลุ่มหรือปัจจัยเดียวกัน โดยตัวแปรที่อยู่ในปัจจัยเดียวกันจะมีความสัมพันธ์กันมาก ซึ่งความสัมพันธ์ของแต่ละตัวแปรนั้นจะเป็นไปในทิศทางเดียวกัน (ทิศทางบวกหรือลบ) เพื่อจัดกลุ่มของตัวแปรในส่วนของแรงจูงใจทั้ง 18 ตัวแปร ให้อยู่ในกลุ่มเดียวกันและนำไปทดสอบสมมติฐานต่อไป ซึ่งสามารถจัดกลุ่มได้ทั้งหมด 3 กลุ่ม และใช้การวิเคราะห์ถดถอยเชิงพหุ (multiple regression analysis) ในการทดสอบสมมติฐานการวิจัย โดยกำหนดค่านัยสำคัญทางสถิติในการทดสอบไว้ที่ระดับ 0.05

จากการตรวจสอบทฤษฎีและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง สามารถ กำหนดตัวแปรต้น จำนวน 8 ตัวแปร ตัวแปรตาม จำนวน 1 ตัวแปร และกำหนดสมมติฐานการวิจัยครั้งนี้ได้ว่า “ประสบการณ์ในการมาเยือน กิจกรรมที่ประกอบขึ้นในพื้นที่การพักผ่อน แรงจูงใจด้านการพัฒนาศักยภาพและเสริมสร้างความภาคภูมิใจในตนเอง แรงจูงใจด้านความต้องการส่วนบุคคล แรงจูงใจด้านการได้อยู่ท่ามกลางธรรมชาติและได้ใช้เวลากับคนใกล้ชิด ความรู้เกี่ยวกับกฎระเบียบ ความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ มีอิทธิพลต่อการตอบสนองของผู้มาเยือนต่อกฎระเบียบการใช้ประโยชน์ด้าน

นันทนาการในอุทยานแห่งชาติ” โดยตัวแปรแรงจูงใจของผู้มาเยือน สามารถใช้เทคนิคการวิเคราะห์ปัจจัย (factor analysis) แบ่งได้ 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ 1 แรงจูงใจด้านการพัฒนาศักยภาพและเสริมสร้างความภาคภูมิใจในตนเอง กลุ่มที่ 2 แรงจูงใจด้านความต้องการส่วนบุคคล และกลุ่มที่ 3 แรงจูงใจด้านการได้อยู่ท่ามกลางธรรมชาติและได้ใช้เวลากับคนใกล้ชิด

ผลและวิจารณ์

ลักษณะพื้นฐานทางสังคมประชากรของผู้มาเยือน

จากผลการศึกษาของผู้มาเยือนอุทยานแห่งชาติ จำนวน 400 คน พบว่าผู้มาเยือนเป็นเพศชายมากกว่าเพศหญิง และเพศทางเลือก (LGBTQ+) คิดเป็นร้อยละ 54.00 40.50 และ 5.50 ตามลำดับ โดยผู้มาเยือนส่วนใหญ่มีอายุอยู่ในช่วง 21–30 ปี คิดเป็นร้อยละ 49.75 รองลงมาคือ อายุอยู่ในช่วง 31–40 ปี คิดเป็นร้อยละ 26.25 โดยมีอายุสูงสุด 67 ปี ต่ำสุด 18 ปี และมีอายุเฉลี่ยที่ 30.85 ปี ส่วนมากจบการศึกษาระดับปริญญาตรี คิดเป็นร้อยละ 55.75 รองลงมาคือ มัธยมศึกษาตอนปลาย คิดเป็นร้อยละ 30.75 และผู้มาเยือนประกอบอาชีพเป็นพนักงานบริษัทเอกชน คิดเป็นร้อยละ 27.25 รองลงมาคือ นักเรียน/นักศึกษา คิดเป็นร้อยละ 21.25 มีรายได้เฉลี่ยต่อเดือน อยู่ในช่วง 15,001–25,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 38.00 รองลงมา มีรายได้เฉลี่ยต่อเดือนต่ำกว่า 15,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 31.50 โดยมีรายได้สูงสุดที่ 200,000 บาทต่อเดือน ต่ำสุดที่ 0 บาท (กรณีไม่ได้ประกอบอาชีพ) มีรายได้เฉลี่ยเท่ากับ 20,276.28 บาท ซึ่งผู้มาเยือนอุทยานแห่งชาติส่วนใหญ่เดินทางมาจากกรุงเทพมหานครและจังหวัดอื่น ๆ ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ คิดเป็นร้อยละ 49.25 และ 32.00 ตามลำดับ รายละเอียดปรากฏตาม Table 2 สอดคล้องกับการศึกษาของ Phumsathan *et al.* (2017) ได้ทำการศึกษาความคิดเห็นของผู้มาเยือนต่อการพัฒนาการท่องเที่ยวในโครงการท่องเที่ยวป่าสงวนแห่งชาติป่าวังน้ำเขียว-ป่าเขาภูหลวง จำนวน 929 ตัวอย่าง พบว่า ผู้มาเยือนเพศหญิงและเพศชาย มีสัดส่วนใกล้เคียงกัน อายุอยู่ระหว่าง 21–30 ปี การศึกษาสูงสุดอยู่ในระดับปริญญาตรี อาชีพส่วนใหญ่เป็นพนักงานบริษัทเอกชน รายได้อยู่ในช่วง 10,001–20,000 บาท และส่วนใหญ่เดินทางมาจากกรุงเทพมหานคร

Table 2 Number and percentage of visitors classified by basic socio-demographic characteristics

Data list	Number (n=400)	Percentage	Remark
<u>Gender</u>			
Male	216	54.00	
Female	162	40.50	
LGBTQ+	22	5.50	
<u>Age</u>			
Less than 20 years	30	7.50	Average 30.85 years
21–30 years	199	49.75	Maximum 67 years
31–40 years	105	26.25	Minimum 18 years
41–50 years	46	11.50	
51–60 years	12	3.00	
More than 60 years	8	2.00	
<u>Education level</u>			
Primary education	9	2.25	
Junior high school	20	5.00	
High school	123	30.75	
Bachelor's degree	223	55.75	
Master's degree or higher	25	6.25	
Table 2 (continued)			
Data list	Number (n=400)	Percentage	Remark
<u>Main occupation</u>			
Government service/state enterprise	50	12.50	
Private company employees	109	27.25	
Trade/Businessman/Business owner	73	18.25	
Farmer/animal raiser	10	2.50	
Student/coordinate/undergraduate	85	21.25	
General employee	48	12.00	
Not working	18	4.50	
Other	7	1.75	
<u>Total household income</u>			
Less than 15,000 Bath	126	31.50	Average 20,276.28 Bath
15,001–25,000 Bath	152	38.00	Maximum 200,000 Bath
25,001–35,000 Bath	56	14.00	Minimum 0 Bath
35,001–45,000 Bath	26	6.50	
More than 45,000 Bath	40	10.00	
<u>Domicile</u>			
Bangkok	197	49.25	
Central region	56	14.00	
Northern region	14	3.50	
Northeast region	128	32.00	
Southern region	5	1.25	

การประกอบกิจกรรมนันทนาการของผู้มาเยือน
พบว่า ผู้มาเยือนร้อยละ 36.25 เคยมาเยือนอุทยานแห่งชาติ 2-4 ครั้ง รองลงมาคือ มาเยือนครั้งแรกและเคยมาเยือน 5-7 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 26.50 และ 16.25 ตามลำดับ โดยประสบการณ์มาเยือนอุทยานแห่งชาติเฉลี่ย 2.46 ครั้ง สำหรับลักษณะกลุ่มของการเดินทางมาเยือนอุทยานแห่งชาติ ที่มากที่สุด คือ กลุ่มเพื่อน คิดเป็นร้อยละ 38.25 รองลงมาคือ กลุ่มครอบครัว คิดเป็นร้อยละ 31.75 ซึ่งจำนวนสมาชิกในการเดินทางส่วนใหญ่อยู่ระหว่าง 4-6 คน คิดเป็นร้อยละ 43.25 รองลงมาคือ ระหว่าง 1-3 คน คิดเป็นร้อยละ 37.75 โดยจำนวนสมาชิกในการเดินทางเฉลี่ย 3.31 และผู้มาเยือน ร้อยละ 70.00 ไม่พักค้าง มีเพียงร้อยละ 30.00 ที่พักค้าง แบ่งออกเป็น พักค้าง จำนวน 1 คืน ร้อยละ 47.50 และพัก 2 คืน ร้อยละ 40.84 รายละเอียดปรากฏตาม Table 3 ในส่วนของกิจกรรมนันทนาการที่ประกอบจริงในพื้นที่อุทยานแห่งชาติ พบว่า กิจกรรมนันทนาการที่ผู้มาเยือนเลือกกระทำมากที่สุด คือ กิจกรรมชมวิวยอดเขาค้อ คิดเป็นร้อยละ 83.00 รองลงมาคือ ประกอบกิจกรรมการถ่ายภาพ คิดเป็นร้อยละ 76.00 กิจกรรมพักผ่อนในบรรยากาศที่สงบ คิดเป็นร้อยละ 39.50 กิจกรรมเดินป่าศึกษาธรรมชาติ คิดเป็นร้อยละ 27.30 กิจกรรมดูนก/ส่องสัตว์ คิดเป็นร้อยละ 26.80 กิจกรรมเล่นน้ำ/น้ำตก/กิจกรรมทางน้ำ คิดเป็นร้อยละ 18.50 กิจกรรมปิกนิก คิดเป็นร้อยละ 12.00 กิจกรรมตั้งแคมป์พักแรม คิดเป็นร้อยละ 11.80 กิจกรรมประกอบอาหาร คิดเป็นร้อยละ 6.00 และกิจกรรมนันทนาการที่ผู้มาเยือนเลือกกระทำน้อยที่สุดคือ กิจกรรมปั่นจักรยาน คิดเป็นร้อยละ 3.00 เป็นไปทิศทางเดียวกันกับการศึกษาของ Prathumthin and Phongkhieo (2018) ที่พบว่ากิจกรรมที่ปรากฏจริงในพื้นที่อุทยานแห่งชาติ ที่พบมากที่สุดคือ การตั้งแคมป์พักแรม กิจกรรมวิว/ถ่ายภาพ และกิจกรรมเดินป่า

เมื่อพิจารณาพื้นฐานทางสังคมประชากรของผู้มาเยือนอุทยานแห่งชาติ ประสบการณ์ในการมาเยือน ลักษณะกลุ่มของการเดินทาง จำนวนสมาชิกภายในกลุ่ม การพักค้าง ตลอดจนรูปแบบกิจกรรมนันทนาการที่ได้ประกอบจริงในพื้นที่อุทยานแห่งชาติ พบว่าผู้มาเยือนเพศชายและเพศหญิง มีสัดส่วนใกล้เคียงกัน ส่วนใหญ่อยู่ในช่วงอายุ 21-30 ปี อาจเป็นเพราะช่วงวัยดังกล่าว เป็นวัยที่ร่างกายแข็งแรง มีอิสระในการท่องเที่ยวหรือตัดสินใจในสิ่งต่าง ๆ สามารถเดินทางไปเยือนอุทยานแห่งชาติได้สะดวกกว่าช่วงวัยอื่น ประกอบกับส่วนใหญ่ของผู้มาเยือนประกอบอาชีพเป็นพนักงานบริษัทเอกชน และเดินทางมาจากกรุงเทพมหานคร การที่กลุ่มตัวอย่างมีลักษณะนี้อาจเป็นเพราะเป็นอาชีพดังกล่าวต้องทำงานในรูปแบบประจำหรือพบกับรูปแบบการใช้ชีวิตที่เดิม ๆ (Silangir, 2017) ประกอบกับกรุงเทพมหานคร เป็นเมืองหลวงที่มีจำนวน

ประชากรค่อนข้างแออัด และมีปัญหามลภาวะทางอากาศ (Pollution Control Department, 2022) แต่อย่างไรก็ตาม รายได้ต่อเดือนส่วนใหญ่ของผู้มาเยือนอยู่ในช่วง 15,000-25,000 บาท ซึ่งเป็นอัตราเงินเดือนที่สามารถเดินทางมาเยือนอุทยานแห่งชาติที่ไม่ไกลจากกรุงเทพมหานครได้ ทั้งนี้ผู้มาเยือนส่วนใหญ่เลือกที่จะไม่พักค้าง อาจเป็นเพราะลักษณะการเดินทางมาเยือนเป็นรูปแบบของกลุ่มเพื่อน ที่มีขนาดของกลุ่มระหว่าง 4-6 คน ซึ่งสอดคล้องกับกิจกรรมนันทนาการที่ผู้มาเยือนเลือกประกอบจริงในพื้นที่อุทยานแห่งชาติ คือ กิจกรรมชมวิวยอดเขาค้อ รองลงมาคือ กิจกรรมการถ่ายภาพ

แรงจูงใจของผู้มาเยือนในการเดินทางมาอุทยานแห่งชาติ คือประสบการณ์นันทนาการที่ผู้มาเยือนคาดหวัง ซึ่งพิจารณาจากการให้ระดับความสำคัญของตัวเลือกของแรงจูงใจในการเข้าร่วมกิจกรรมนันทนาการของผู้มาเยือนอุทยานแห่งชาติ จำนวน 18 ตัวเลือก พบว่า แรงจูงใจ ที่ผู้มาเยือนให้ความสำคัญมากที่สุดคือ การได้ผ่อนคลายจากความเครียด ($\bar{X} = 4.50$) รองลงมาคือ การได้สัมผัสธรรมชาติอย่างใกล้ชิด ($\bar{X} = 4.44$) และความเพลิดเพลิน/สนุกสนาน ($\bar{X} = 4.38$) โดยแรงจูงใจ ที่ผู้มาเยือนให้ความสำคัญน้อยที่สุดคือ การได้ฝึกฝนการใช้อุปกรณ์ต่างๆ และพัฒนาทักษะในการประกอบกิจกรรม ($\bar{X} = 3.43$) รองลงมาคือ การได้เป็นผู้นำหรือถ่ายทอดประสบการณ์ให้แก่ผู้อื่น ($\bar{X} = 3.65$) และการศึกษาและเรียนรู้ประวัติศาสตร์ ($\bar{X} = 3.82$) ตามลำดับ รายละเอียดตาม Table 4

จากตัวแปรแรงจูงใจในการเข้าร่วมกิจกรรมนันทนาการของผู้มาเยือนอุทยานแห่งชาติ จำนวน 18 ตัวเลือก สามารถจัดกลุ่มตัวเลือกด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ปัจจัย (factor analysis) ในการเข้าร่วมกิจกรรมนันทนาการของผู้มาเยือน โดยสามารถจำแนกแรงจูงใจได้ 3 กลุ่ม อธิบายค่าความแปรปรวนได้ร้อยละ 56.65 กลุ่มที่ 1 แรงจูงใจด้านการพัฒนาศักยภาพและเสริมสร้างความภาคภูมิใจในตนเอง สามารถอธิบายค่าความแปรปรวนได้มากที่สุด คือ ร้อยละ 29. รองลงมาคือ กลุ่มที่ 2 แรงจูงใจด้านความต้องการส่วนบุคคล สามารถอธิบายค่าความแปรปรวนได้มากที่สุด คือ ร้อยละ 14. และกลุ่มที่ 3 แรงจูงใจด้านการได้อยู่ท่ามกลางธรรมชาติและได้ใช้เวลากับคนใกล้ชิด สามารถอธิบายค่าความแปรปรวนได้มากที่สุด คือ ร้อยละ 12.72 ซึ่งแตกต่างจากการศึกษาของ Jantowat *et al.* (2011) และ Phumsathan *et al.* (2017) ที่สามารถจำแนกแรงจูงใจได้มากกว่า 3 กลุ่ม เนื่องจากจำนวนตัวเลือกของแรงจูงใจมีจำนวนไม่เท่ากัน ประกอบกับกลุ่มตัวอย่างและช่วงเวลาที่แตกต่างกัน จึงทำให้ผลการศึกษาที่ได้แตกต่างกัน รายละเอียดตาม Table 5

Table 3 Number and percentage of visitors classified by experience visiting national parks and general characteristics of travel

Parameter	Number (n=400)	Percentage	Remark
<u>Having experienced in traveling</u>			
Never/first travel	106	26.50	Average 2.46 times
2–4 times	145	36.25	
5–7 times	65	16.25	
8–10 times	26	6.50	
More than 10 times	58	14.50	
<u>Travel group type</u>			
Travel alone	35	8.75	
Group of friends	153	38.25	
Tour group/travel agency	24	6.00	
Group of family	127	31.75	
Mixed group	44	11.00	
Other	17	4.25	
<u>Overnight</u>			
Not stay overnight	280	70.00	Average 0.51 night
Stay overnight	120	30.00	
<u>Number of nights</u>			
			(N = 120)
One night	57	47.50	Average 1.69 nights
Two nights	49	40.84	
Three nights	10	8.33	
Four nights	2	1.67	
Five nights	1	0.83	
Six nights	1	0.83	

Table 4 Mean and standard deviation of motivating factors for visiting national parks.

Motivation for visiting national parks	Average (n=400)
1. Experiencing nature closely	4.44
2. Adventure, challenge and exciting things to find	3.91
3. Spending time with close friends and family	4.24
4. Learning and studying nature forest and marine resources	4.06
5. Relaxing from stress	4.50
6. Practice using various pieces of equipment and develop skills in carrying out activities	3.43
7. Exploring new places	4.06
8. Being a leader or transfer experiences to others	3.65
9. Self-reliance and testing own abilities	3.85
10. Doing a variety of activities	3.96
11. Enjoyment and fun	4.38
12. Expressing creativity	3.86
13. Having the opportunity to share and help others	3.93
14. Meeting and making friends with others	3.99
15. Studying and learning history	3.82
16. Experiencing the uniqueness of nature	4.19
17. Success and pride in doing what you want	3.94
18. Expressing personal preferences or reflecting one's own values	4.02

Table 5 Factor loading of motivating factors for visiting national parks

Motivation for visiting national parks	Factor loading		
	1	2	3
1. Practice using various equipment and develop skills in carrying out activities	.797		
2. Being a leader or transfer experiences to others	.786		
3. Studying and learning history	.728		
4. Self-reliance and test own abilities	.712		
5. Meeting and making friends with others	.680		
6. Learning and studying nature forest and marine resources	.668		
7. Adventure, challenge and exciting things to find	.666		
8. Having the opportunity to share and help others	.656		
9. Expressing creativity	.642		
10. Doing a variety of activities	.616		
11. Exploring new places	.475		
12. Expressing personal preferences or reflecting one's own values		.778	
13. Success and pride from doing what you want		.762	
14. Experiencing the uniqueness of nature		.694	
15. Relaxing from stress		.542	
16. Experiencing nature closely			.766
17. Spending time with close friends and family			.706
18. Enjoyment and fun			.669

Remark: Cumulative Percentage of Variance = 56.65, Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy (KMO) = 0.641

ความรู้ของผู้มาเยือนต่อกฎระเบียบการใช้ประโยชน์ด้านนันทนาการในอุทยานแห่งชาติ และช่องทางการรับรู้ข่าวสารเกี่ยวกับกฎระเบียบของอุทยานแห่งชาติ จากผลการศึกษาความรู้ของผู้มาเยือนต่อกฎระเบียบการใช้ประโยชน์ด้านนันทนาการในอุทยานแห่งชาติ พบว่า ในภาพรวมจัดอยู่ในระดับมากโดยผู้มาเยือนตอบคำถามถูกต้องเฉลี่ย 10.21 ผู้มาเยือนส่วนใหญ่มีความรู้เกี่ยวกับกฎระเบียบการใช้ประโยชน์ด้านนันทนาการในอุทยานแห่งชาติในระดับมาก คิดเป็นร้อยละ 65.70 รองลงมาคือระดับปานกลาง คิดเป็นร้อยละ 31.30 และระดับน้อย คิดเป็นร้อยละ 3.00

ทั้งนี้ เมื่อพิจารณาแต่ละประเด็น พบว่า ประเด็นที่ผู้มาเยือนมีความรู้ความเข้าใจมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 96.00 คือ “เมื่อชำระค่าบริการผ่านเข้าอุทยานแห่งชาติแล้ว หากผ่านด่านตรวจต้องหยุดให้พนักงานเจ้าหน้าที่ตรวจสอบทุกครั้ง” โดยรองลงมาคือ “ผู้มาเยือนสามารถขอเช่า/กาแฟ หรือดื่มเครื่องดื่มสำเร็จรูปบริเวณพื้นที่กางเต็นท์หรือที่พักของตนเองได้” คิดเป็นร้อยละ 86.00 และร้อยละ 78.00 มีความรู้ว่า “หลังจากเวลา 22.00 น. ผู้มาเยือนไม่สามารถดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ในพื้นที่อุทยานแห่งชาติ เพื่อเพิ่มความอบอุ่นแก่ร่างกายได้” สำหรับประเด็นที่ผู้มาเยือนไม่ทราบมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 66.30 คือ “ผู้มาเยือนไม่สามารถ

ประกอบอาหารประเภทปิ้งย่าง บริเวณหน้าเต็นท์ของตนเองได้” โดยผู้มาเยือนส่วนใหญ่ยังคิดว่าสามารถกระทำได้นอกจากนี้ร้อยละ 57.80 ยังคิดว่า “ภายในอุทยานแห่งชาติไม่อนุญาตให้ผู้มาเยือนสูบบุหรี่โดยเด็ดขาด” และร้อยละ 54.80 คิดว่า “ครีมกันแดดที่มีจำหน่ายตามท้องตลาดทุกชนิด สามารถนำเข้ามาและใช้ในกิจกรรมทางน้ำภายในอุทยานแห่งชาติได้” ซึ่งเป็นความเข้าใจที่ไม่ถูกต้อง ทั้งนี้จะเห็นได้ว่ากฎระเบียบที่ประกาศใช้ใหม่ การประชาสัมพันธ์อาจจะยังไม่ทั่วถึงประชาชนมากพอ จึงทำให้เกิดความเข้าใจที่ไม่ถูกต้อง

ในส่วนของการรับรู้ข่าวสารเกี่ยวกับกฎระเบียบของอุทยานแห่งชาติ ผลการศึกษาพบว่า ผู้มาเยือนส่วนใหญ่มีการรับรู้ข่าวสารเกี่ยวกับกฎระเบียบของอุทยานแห่งชาติ คิดเป็นร้อยละ 77.50 โดยช่องทางการรับรู้ข่าวสารที่ผู้มาเยือนรับรู้มากที่สุดคือ สื่อประชาสัมพันธ์ออนไลน์ของกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช คิดเป็นร้อยละ 21.47 รองลงมาคือ สื่อประชาสัมพันธ์ออนไลน์อื่น ๆ คิดเป็นร้อยละ 19.20 และช่องทางโทรทัศน์/วิทยุ คิดเป็นร้อยละ 18.14 สำหรับช่องทางการรับรู้ข่าวสารที่ผู้มาเยือนรับรู้ น้อยที่สุดคือ หนังสือพิมพ์ คิดเป็นร้อยละ 3.46 รองลงมาคือ จากเจ้าหน้าที่ของรัฐ คิดเป็นร้อยละ 11.33 และจากเพื่อน/คนรอบข้าง คิดเป็นร้อยละ 12.00 จากตัวเลือกของผู้มาเยือนที่มีการรับรู้ข่าวสารเกี่ยวกับ

กฎระเบียบฯ แตกต่างจากการศึกษาของ Mathavararug (2002) พบว่า นักท่องเที่ยวส่วนใหญ่มีการรับรู้ข้อมูลข่าวสารของอุทยานแห่งชาติจากช่องทางโทรทัศน์ เนื่องจากพฤติกรรมการติดตามข่าวสารของนักท่องเที่ยวหรือผู้มาเยือนมีการเปลี่ยนแปลงไปตามเทคโนโลยีที่พัฒนาขึ้น

ความตระหนักถึงสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติของผู้มาเยือน การศึกษาความตระหนักถึงสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติของผู้มาเยือน พบว่า ผู้มาเยือนส่วนใหญ่มีระดับความตระหนักถึงสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติในระดับสูง ($\bar{X} = 4.25$) เมื่อพิจารณาจากค่าเฉลี่ยรายข้อ พบว่า “การได้อยู่ท่ามกลางธรรมชาติเป็นการผ่อนคลายความตึงเครียดได้เป็นอย่างดี” ($\bar{X} = 4.57$) รองลงมาคือ “ทรัพยากรธรรมชาติที่สมบูรณ์มีส่วนช่วยให้มนุษย์มีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น” ($\bar{X} = 4.50$) และ “มนุษย์จำเป็นต้องพึงพิงธรรมชาติในการดำรงชีวิต” ($\bar{X} = 4.49$)

จากการศึกษาความตระหนักถึงสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติของผู้มาเยือนอุทยานแห่งชาติ พบว่า ผู้มาเยือนอุทยานแห่งชาติส่วนมากจะเห็นด้วยกับข้อความที่เกี่ยวข้องกับธรรมชาติ สะท้อนให้เห็นว่าผู้มาเยือนมีความสัมพันธ์และมีความรู้สึกเป็นส่วนหนึ่งกับสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ ซึ่งผู้มาเยือนเชื่อว่าสามารถทำให้ผ่อนคลายความเครียดจากการทำงานและเพิ่มประสิทธิภาพในการดำรงชีวิตให้ดียิ่งขึ้น สอดคล้องกับข้อมูลลักษณะพื้นฐานทางสังคมประชากรของผู้มาเยือนอุทยานแห่งชาติ ที่ส่วนมากประกอบอาชีพเป็นพนักงานบริษัทเอกชนและเดินทางจากกรุงเทพมหานคร ซึ่งเป็นเมืองที่ความหนาแน่นของประชากรสูงและมีความเคร่งเครียดกับการทำงานมากกว่าภูมิภาคอื่นในประเทศไทย (Silangirm, 2017) และเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับข้อมูลแรงจูงใจในการเข้าร่วมกิจกรรมนันทนาการของผู้มาเยือนอุทยานแห่งชาติ ที่ให้ความสำคัญมากที่สุดคือ การได้ผ่อนคลายจากความเครียด รองลงมาคือ การได้สัมผัสธรรมชาติอย่างใกล้ชิด และความเพลิดเพลิน/สนุกสนาน ตามลำดับ

ความคิดเห็นของผู้มาเยือนต่อความเหมาะสมของกฎระเบียบการใช้ประโยชน์ด้านนันทนาการในอุทยานแห่งชาติ และระดับความเข้มข้นของการบังคับใช้กฎระเบียบฯ จากผลการศึกษา พบว่า ความคิดเห็นของผู้มาเยือนต่อความเหมาะสมของกฎระเบียบฯ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.09 หมายถึง ระดับความคิดเห็นของผู้มาเยือนต่อความเหมาะสมของกฎระเบียบฯ อยู่ในระดับสูง นั่นคือ กฎระเบียบฯ มีความเหมาะสมกับสถานการณ์ปัจจุบัน โดยไม่จำเป็นต้องมีการแก้ไขปรับปรุงแต่อย่างใด ทั้งนี้ เมื่อพิจารณาแต่ละประเด็นคำถาม พบว่า ประเด็นคำถามที่ผู้มาเยือนมีความเห็นด้วยมากที่สุดคือ “กฎระเบียบฯ ในอุทยานแห่งชาติ มีความจำเป็นในการดูแลทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม” ($\bar{X} = 4.56$)

รองลงมาคือ “การปฏิบัติตามกฎระเบียบฯ ในอุทยานแห่งชาติ ช่วยให้คุณภาพของการมาเยือนอุทยานแห่งชาติไปในทิศทางที่ดี” ($\bar{X} = 4.35$) และ “การกำหนดกฎระเบียบฯ ในอุทยานแห่งชาติมีส่วนช่วยในการสร้างความเข้าใจระหว่างเจ้าหน้าที่ป่าไม้กับผู้มาเยือน” ($\bar{X} = 4.32$)

ในส่วนของระดับความเข้มข้นของการบังคับใช้กฎระเบียบการใช้ประโยชน์ด้านนันทนาการในอุทยานแห่งชาติ พบว่า ผู้มาเยือนส่วนใหญ่มีการให้ความคิดเห็นเกี่ยวกับความเข้มข้นของการบังคับใช้กฎระเบียบฯ กับผู้มาเยือนอยู่ในระดับเข้มข้นมาก คิดเป็นร้อยละ 46.25 รองลงมาคืออยู่ในระดับเข้มข้นปานกลาง คิดเป็นร้อยละ 34.00 และอยู่ในระดับเข้มข้นมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 16.50 ตามลำดับ และมีค่าเฉลี่ยของระดับความเข้มข้นของการบังคับใช้กฎระเบียบการใช้ประโยชน์ด้านนันทนาการในอุทยานแห่งชาติกับผู้มาเยือน เท่ากับ 3.77 เมื่อแปลความหมายของค่าที่ได้ สรุปได้ว่า พนักงานเจ้าหน้าที่มีการบังคับใช้กฎระเบียบฯ กับผู้มาเยือนอยู่ในระดับเข้มข้นมาก นั่นคือ พนักงานเจ้าหน้าที่ได้มีการบังคับใช้กฎระเบียบฯ กับผู้มาเยือน ตลอดจนการให้ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับกฎระเบียบแก่ผู้มาเยือนในระดับที่ดีแล้ว ทั้งนี้ อาจเกิดจากกฎระเบียบที่ประกาศบังคับใช้ใหม่นั้น มีความเรียบง่ายไม่ซับซ้อน แตกต่างจากกฎระเบียบก่อนหน้านี้ ที่มีปรับปรุงเพิ่มเติมหลายฉบับ ซึ่งอาจทำให้พนักงานเจ้าหน้าที่มีความสับสนของกฎระเบียบที่เกี่ยวข้อง

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตอบสนองของผู้มาเยือนต่อกฎระเบียบการใช้ประโยชน์ด้านนันทนาการในอุทยานแห่งชาติ ผลการทดสอบสมมติฐานจากการวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุ (multiple regression analysis) ซึ่งผ่านการตรวจสอบแล้ว เป็นไปตามข้อกำหนดในการวิเคราะห์ถดถอยเชิงพหุ พบว่า ตัวแปรอิสระทุกตัวรวมกันส่งอิทธิพลร่วมต่อตัวแปรตามอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยก่อให้เกิดความแปรผันในตัวแปรตามร้อยละ 38.70 ($F = 26.91$; $p < 0.05$; $R^2 = 0.387$, Adjusted R Square = 0.373) แต่เมื่อพิจารณาถึงอิทธิพลของตัวแปรอิสระแต่ละตัว พบว่ามีเพียง 4 ตัวแปร ที่มีอิทธิพลต่อการตอบสนองของผู้มาเยือนต่อกฎระเบียบการใช้ประโยชน์ด้านนันทนาการในอุทยานแห่งชาติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยตัวแปรที่มีอิทธิพลมากที่สุด คือ ความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ มีค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยมาตรฐาน (Beta) เท่ากับ 0.480 ($t = 9.806$; $p < 0.001$) รองลงมาคือแรงจูงใจด้านความต้องการส่วนบุคคล มีค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยมาตรฐาน (Beta) เท่ากับ 0.165 ($t = 2.777$; $p = 0.006$) กิจกรรมที่ประกอบขึ้นในพื้นที่ มีค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยมาตรฐาน (Beta) เท่ากับ -0.128 ($t = -2.663$; $p = 0.008$) และประสบการณ์ในการมาเยือน มีค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยมาตรฐาน (Beta) เท่ากับ -0.111 ($t = -2.547$;

$p = 0.011$) ตามลำดับ รายละเอียดตาม Table 6 ในขณะที่ปัจจัยด้านการพักค้าง แรงจูงใจด้านการพัฒนาศักยภาพและเสริมสร้างความภาคภูมิใจในตนเอง แรงจูงใจด้านการได้อยู่ท่ามกลางธรรมชาติและได้ใช้เวลากับคนใกล้ชิด รวมทั้งความรู้เกี่ยวกับกฎระเบียบ ไม่มีอิทธิพลต่อความคิดเห็นของผู้มาเยือนด้านความเหมาะสมของกฎระเบียบฯ อย่างไรก็ดี การศึกษาของ Jantowat *et al.* (2011) พบว่า ตัวแปรที่มีความสัมพันธ์ต่อการตอบสนองต่อกฎระเบียบและมาตรการจัดการผู้ใช้

ประโยชน์ด้านนันทนาการ ได้แก่ ความรู้เกี่ยวกับกฎระเบียบและมาตรการจัดการผู้ใช้ประโยชน์ ความรู้เกี่ยวกับผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม ภูมิสำเนา แรงจูงใจด้านการได้พัฒนาทักษะทางกายภาพ ระยะเวลาในการประกอบกิจกรรมนันทนาการ และการบังคับใช้กฎระเบียบ ทั้งนี้อาจเกิดจากช่วงระยะเวลาในการเก็บข้อมูล และปัจจัยของตัวแปรต่าง ๆ ที่ใช้เก็บข้อมูลของผู้มาเยือนมีความแตกต่างกัน

Table 6 Factors affecting visitors' response to recreational use regulations in national parks

Independent variable	Constant	Mean	S.D.	Beta	t	P-value	VIF
Constant	1.034						
Visiting experience		2.460	1.330	-0.111	-2.547	0.011	1.012
Activities performed in the area		0.302	0.176	-0.128	-2.663	0.008	1.027
Overnight stay		0.510	0.910	0.079	1.665	0.097	1.889
Motivation for developing potential and enhancing self-esteem		0.009	0.045	0.012	0.209	0.834	1.776
Motivation for personal needs		0.146	0.052	0.165	2.777	0.006	1.865
Motivation for surrounded by nature and spend time with close people		0.093	0.049	0.098	1.910	0.057	1.372
Knowledge of regulations		0.681	0.155	-0.057	-1.313	0.190	1.557
Awareness of the environment and natural resources		4.250	0.314	0.480	9.806	0.000	1.350

Remarks: $F = 26.91$, $P\text{-value} < 0.05$, $R^2 = 0.387$, Adjusted $R^2 = 0.373$, Significant at 0.05 level

เมื่อพิจารณาถึงอิทธิพลของตัวแปรอิสระแต่ละตัวกับการตอบสนองของผู้มาเยือนต่อกฎระเบียบการใช้ประโยชน์ด้านนันทนาการในอุทยานแห่งชาติ สามารถอธิบายได้ดังนี้

1) ความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ มีอิทธิพลต่อการตอบสนองของผู้มาเยือนต่อกฎระเบียบฯ ในเชิงบวก คือ ผู้มาเยือนที่มีระดับของความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติมาก จะเห็นด้วยว่ากฎระเบียบฯ มีความเหมาะสมมาก สอดคล้องกับการศึกษาของ Loakaewnoo (2015) ศึกษาความตระหนักถึงสิ่งแวดล้อมของผู้ใช้ประโยชน์ในอุทยานแห่งชาติเอราวัณ จังหวัดกาญจนบุรี พบว่า ความตระหนักถึงสิ่งแวดล้อมส่งผลต่อพฤติกรรมของผู้มาเยือนกับสิ่งแวดล้อมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กล่าวคือ ผู้มาเยือนที่มีความตระหนักถึงสิ่งแวดล้อมน้อยมากจะทำให้พฤติกรรมที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อมน้อยมากตามไปด้วย ทั้งนี้เนื่องจากผู้มาเยือนที่มีความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติสูง จะมีความรู้สึกเป็นส่วนหนึ่งกับทรัพยากรธรรมชาติ เข้าใจถึงความสำคัญของสิ่งแวดล้อมที่ส่งผลต่อมนุษย์ทั้งทางตรงและทางอ้อม มีความรู้สึกอยากให้ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ได้รับการดูแลเป็นอย่างดี

ไม่ถูกทำลายหรือทำให้เสื่อมโทรมลง จากการกระทำของนักท่องเที่ยวที่เข้ามาเยี่ยมชมอุทยานแห่งชาติ ทั้งที่ตั้งใจและไม่ตั้งใจ (Loakaewnoo, 2015) จึงทำให้ผู้มาเยือนเหล่านั้นเข้าใจและเห็นว่ากฎระเบียบต่าง ๆ ในอุทยานแห่งชาติ มีความเหมาะสมและจำเป็น

2) แรงจูงใจด้านความต้องการส่วนบุคคล มีอิทธิพลต่อการตอบสนองของผู้มาเยือนต่อกฎระเบียบฯ ในเชิงบวก คือ ผู้มาเยือนที่มีแรงจูงใจในการมาเยือนอุทยานแห่งชาติด้านความต้องการส่วนบุคคลมาก จะเห็นด้วยกับความเหมาะสมของกฎระเบียบฯ มาก ทั้งนี้ เนื่องจากแรงจูงใจของผู้มาเยือนด้านความต้องการส่วนบุคคล คือ การได้แสดงออกถึงความชอบส่วนบุคคล หรือสะท้อนค่านิยมของตนเอง ความสำเร็จและภาคภูมิใจจากการได้กระทำสิ่งที่ต้องการ การได้สัมผัสกับความโดดเด่นเป็นเอกลักษณ์ทางธรรมชาติ และการได้ผ่อนคลายจากความเครียด โดยผู้มาเยือนอุทยานแห่งชาติส่วนมาก จะมีความคาดหวังในการพบเจอทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมที่สมบูรณ์ เพื่อตอบสนองการกระทำกิจกรรมต่าง ๆ ข้างต้นได้ (Phumsathan *et al.*, 2017) จึงมีการตอบสนองต่อกฎระเบียบ

ต่างๆ และเห็นด้วยว่ากระบะเปียบในอุทยานแห่งชาติมีความเหมาะสมมาก

3. กิจกรรมที่ประกอบจริงในพื้นที่ มีอิทธิพลต่อการตอบสนองของผู้มาเยือนต่อกระบะเปียบฯ ในเชิงลบ คือ ผู้มาเยือนที่เลือกประกอบกิจกรรมจริงในพื้นที่หลากหลายกิจกรรม จะเห็นด้วยกับความเหมาะสมของกระบะเปียบฯ น้อย ทั้งนี้ อาจเป็นเพราะว่า ผู้มาเยือนที่เลือกประกอบกิจกรรมจริงในพื้นที่หลากหลายกิจกรรมมาก จึงมีความเกี่ยวข้องกับการบังคับใช้กระบะเปียบภายในอุทยานแห่งชาติมากกว่ากลุ่มผู้มาเยือนที่เลือกประกอบกิจกรรมในพื้นที่น้อยกิจกรรม จึงทำให้ประสบกับข้อจำกัดบางอย่างของกระบะเปียบ การบังคับใช้ หรือบทลงโทษจากการฝ่าฝืนกระบะเปียบ ทำให้ผู้มาเยือนกลุ่มนี้คิดเห็นว่ากระบะเปียบดังกล่าวมีความเหมาะสมน้อย ควรปรับปรุงเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพมากขึ้น อย่างไรก็ตาม ข้อจำกัดที่มีผลต่อการตอบสนองต่อกระบะเปียบและมาตรการจัดการผู้ใช้ประโยชน์ด้านนันทนาการ ได้แก่ ความรู้เกี่ยวกับกระบะเปียบ และมาตรการจัดการผู้ใช้ประโยชน์ ความรู้เกี่ยวกับผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม (Jantowat *et al.*, 2011) ซึ่งหากเพิ่มการประชาสัมพันธ์ให้เข้ากลุ่มผู้มาเยือนกลุ่มนี้ได้มากขึ้น จะช่วยให้ทัศนคติเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์ด้านนันทนาการในอุทยานแห่งชาติได้ดียิ่งขึ้น (Mathavararug, 2002) โดยจากการศึกษาครั้งนี้พบว่า ช่องทางการรับรู้ข่าวสารที่ผู้มาเยือนรับรู้มากที่สุดคือ สื่อประชาสัมพันธ์ออนไลน์ของกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช

4. ประสพการณ์ในการมาเยือน มีอิทธิพลต่อการตอบสนองของผู้มาเยือนต่อกระบะเปียบฯ ในเชิงลบ คือ ผู้มาเยือนที่มีประสพการณ์ในการมาเยือนมาก จะไม่เห็นด้วยกับความเหมาะสมของกระบะเปียบฯ ทั้งนี้ อาจเป็นเพราะว่า ผู้มาเยือนอุทยานแห่งชาติ ที่มีประสพการณ์ในการมาเยือนสูง มีความคุ้นเคยกับกระบะเปียบต่าง ๆ ที่บังคับใช้ในอุทยานแห่งชาติ สอดคล้องกับพนักงานเจ้าหน้าที่ที่มีการบังคับใช้กระบะเปียบการใช้ประโยชน์ด้านนันทนาการในอุทยานแห่งชาติกับผู้มาเยือนอยู่ในระดับเข้มข้นมาก จึงทำให้เห็นถึงข้อจำกัดบางอย่างของกระบะเปียบ การบังคับใช้ หรือบทลงโทษจากการฝ่าฝืนกระบะเปียบ ว่ายังมีความไม่เหมาะสมหรือสามารถปรับปรุงเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดได้ อย่างไรก็ตาม พฤติกรรมของผู้มาเยือนที่อ่านป้ายเตือนมีการตอบสนองเชิงบวกมากกว่านักท่องเที่ยวที่ไม่อ่านป้าย โดยป้ายเตือนเชิงอธิบายเหตุผลและที่มีข้อความขอร้องมีการส่งผลต่อพฤติกรรมตอบสนองของนักท่องเที่ยวมากที่สุด ส่งผลให้ นักท่องเที่ยวที่ได้รับความรู้และความเข้าใจจะมีพฤติกรรมต่อสิ่งแวดล้อมเชิงบวก (Paisarn and Emphandhu, 2008) ดังนั้น หากต้องการให้ผู้มาเยือนที่มีประสพการณ์ในการมาเยือนมาก มีการตอบสนองต่อกระบะเปียบด้านนันทนาการในอุทยานแห่งชาติที่ดีมากยิ่งขึ้น กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช ควรมีการเพิ่มป้าย

สื่อความหมายที่มีข้อความขอร้องดังกล่าวให้มากยิ่งขึ้นในอนาคต

สรุปและข้อเสนอแนะ

กลุ่มตัวอย่างผู้มาเยือนอุทยานแห่งชาติ จำนวน 400 คน ส่วนมากเป็นเพศชาย มีอายุอยู่ในช่วง 21–30 ปี จบการศึกษาระดับปริญญาตรี ประกอบอาชีพเป็นพนักงานบริษัทเอกชน มีรายได้เฉลี่ยต่อเดือน อยู่ในช่วง 15,001–25,000 บาท และส่วนใหญ่เดินทางมาจากกรุงเทพมหานคร เคยมาเยือนอุทยานแห่งชาติ 2–4 ครั้ง โดยเดินทางมาในลักษณะของกลุ่มเพื่อน มีจำนวนสมาชิกระหว่าง 4–6 คน ส่วนใหญ่ไม่มีการพักค้างในอุทยานแห่งชาติ และผู้มาเยือนโดยมากเลือกการประกอบกิจกรรมชมวิวยามวิเศษ สำหรับการศึกษาแรงจูงใจในการเข้าร่วมกิจกรรมนันทนาการของผู้มาเยือนอุทยานแห่งชาติพบว่า การได้ผ่อนคลายจากความเครียด เป็นตัวแปรที่ผู้มาเยือนให้ความสำคัญมากที่สุด และจำแนกกลุ่มแรงจูงใจของผู้มาเยือนได้เป็น 3 กลุ่ม สามารถอธิบายค่าความแปรปรวนได้ร้อยละ 56.65 ซึ่งกลุ่มที่ 1 แรงจูงใจด้านการพัฒนาศักยภาพและเสริมสร้างความภาคภูมิใจในตนเอง สามารถอธิบายค่าความแปรปรวนได้มากที่สุด ในส่วนของความรู้เกี่ยวกับกระบะเปียบ การใช้ประโยชน์ด้านนันทนาการในอุทยานแห่งชาติ พบว่า ผู้มาเยือนส่วนใหญ่มีความรู้เกี่ยวกับกระบะเปียบฯ อยู่ในระดับมาก แต่สำหรับกระบะเปียบที่ประกาศใช้ใหม่ ส่วนใหญ่ของผู้มาเยือนยังเข้าใจไม่ถูกต้อง โดยผู้มาเยือนส่วนมากมีการรับรู้ข่าวสารเกี่ยวกับกระบะเปียบฯ จากสื่อประชาสัมพันธ์ออนไลน์ของกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช ผู้มาเยือนมีความตระหนักถึงสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติในระดับสูง และมีความคิดเห็นในด้านความเหมาะสมของกระบะเปียบฯ อยู่ในระดับสูง

ผลการทดสอบสมมติฐาน พบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อการตอบสนองของผู้มาเยือนต่อกระบะเปียบการใช้ประโยชน์ด้านนันทนาการในอุทยานแห่งชาติในทิศทางบวก คือ ความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ และแรงจูงใจด้านความต้องการส่วนบุคคล ในขณะที่ปัจจัยที่มีผลในทิศทางลบ คือ กิจกรรมที่ประกอบจริงในพื้นที่ และประสพการณ์ในการมาเยือน โดยตัวแปรที่มีอิทธิพลมากที่สุด คือ ความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ ด้วยค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยมาตรฐาน (beta) เท่ากับ 0.480

ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปประยุกต์ใช้

1. จากผลการศึกษา ผู้มาเยือนส่วนมากยังคงเข้าใจไม่ถูกต้องเกี่ยวกับกระบะเปียบเรื่องใหม่ หรือที่ประกาศบังคับใช้ไปได้ไม่นาน ดังนั้น ควรเน้นย้ำการประชาสัมพันธ์ให้มากยิ่งขึ้นถึงกระบะเปียบข้อดังกล่าว เพื่อให้ผู้มาเยือนได้รับทราบและปฏิบัติตามได้อย่างเหมาะสม

2. กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช ควรเพิ่มการประชาสัมพันธ์ทั้งภาษาไทยและภาษาต่างประเทศเกี่ยวกับกฎระเบียบการใช้ประโยชน์ด้านนันทนาการให้มากขึ้น โดยเน้นสื่อประชาสัมพันธ์เป็นรูปแบบออนไลน์เป็นหลัก อาจจะลงเนื้อหาในช่องทางออนไลน์ของกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช ช่องทางออนไลน์ของแต่ละอุทยานแห่งชาติ รวมไปถึงช่องทางออนไลน์ของธุรกิจการท่องเที่ยว ตลอดจนองค์กรที่เกี่ยวข้องกับทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

3. กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช ควรมีการประชาสัมพันธ์ หรือให้ความรู้แก่ผู้มาเยือนถึงกฎระเบียบการใช้ประโยชน์ด้านนันทนาการในอุทยานแห่งชาติเพิ่มเติม ตลอดจนเพิ่มป้ายสื่อความหมายที่สามารถกระตุ้นให้ผู้มาเยือนเกิดความตระหนักต่อธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เช่น ป้ายชะลอความเร็วของรถยนต์ ป้ายพื้นที่การสูบบุหรี่ ป้ายจุดทิ้งขยะ หรือป้ายใด ๆ ที่ข้อความร้องขอให้ปฏิบัติตามกฎระเบียบ เป็นต้น เพื่อเพิ่มการตอบสนองต่อกฎระเบียบในทิศทางที่ดีมากยิ่งขึ้น

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

1) ควรศึกษาความคิดเห็นของผู้มาเยือนชาวต่างชาติร่วมด้วย เนื่องจากอุทยานแห่งชาติในประเทศไทยได้รับความสนใจจากผู้มาเยือนชาวต่างชาติเป็นอย่างมาก อีกทั้งผู้มาเยือนชาวต่างชาติต้องปฏิบัติตามกฎระเบียบที่ทางอุทยานแห่งชาติบังคับใช้ด้วยเช่นกัน

2) ควรศึกษาความคิดเห็นของผู้มาเยือนบางส่วนที่ยังเห็นว่ากฎระเบียบการใช้ประโยชน์ด้านนันทนาการในอุทยานแห่งชาติยังไม่เหมาะสม เพื่อพัฒนากฎระเบียบให้ครอบคลุมและตอบสนองแก่ผู้มาเยือนทุกกลุ่ม

REFERENCES

- Jantowat, H., Phongkhieo, N. T., Kaitpraneet, S. 2011. Responses toward regulations and recreational user management measures of visitors to Doi Suthep-Pui National Park, Chiang Mai province. *Thai Journal of Forestry*, 30(2): 39-47. (in Thai)
- Kajonsilp, B. 2006. *Research Statistics (9th ed.)*. Nonthaburi: PS Printing House, Nonthaburi, Thailand. (in Thai)
- Khaopong, C., Rattana, K., Pattaratuma, A. 2018. Visitors' satisfaction on facilities and services of Mu Ko Chang National Park: A case study of Mu Ko Rang, Ko Mak sub-district, Ko Kut district, Trat province. *Journal of Forest Management*, 12(23): 65-76. (in Thai)
- Loakaewnoo, T., Phumsathan, S., Phongkhieo, N.T. 2015. Environmental awareness of visitors to Erawan National Park, Kanchanaburi province. *Kasetsart Journal-Social Sciences*, 36(1): 34-46. (in Thai)
- Mathavararug, A. 2002. *Tourist's Knowledge of Ecotourism at Doi Inthanon National Park, Chiang Mai Province*. M.S. Thesis, Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- National Parks Office. 2022. *Statistics of National Park Service Fee, Tourists and Vehicles*. <https://portal.dnp.go.th/Content/nationalpark?contentId=20014>, 1 May 2022.
- Paisarn, N., Emphandhu, D. 2008. Visitors response behaviors to warning signs in Phu Kradueng National Park, Loei province. *Thai Journal of Forestry*, 27(2): 48-57. (in Thai)
- Pollution Control Department. 2022. *Study of the Proportion, Origin and Composition of Dust Particles no Larger than 2.5 Microns (PM2.5) in Bangkok*. http://air4thai.com/tagoV2/tago_file/books/book_file/6c8b56563dd78218eec09833a7397b1d.pdf, 15 November 2023.
- Phumsathan, S., Thongkaew, O., Pongpattananurak, N., Udomwitid, S. 2017. Tourism potential and visitors opinions toward tourism activities in Pha Wang Nam Khiao-Pha Khao Phu Luang forest reserve tourism network, Nakhon Ratchasima province. *Journal of Forest Management*, 11(21): 13-25. (in Thai)
- Prathumthin, S., Phongkhieo, N. 2018. Classification of recreation conflicts in national park areas. In: *Proceedings of 56th Kasetsart University Annual Conference: Science and Genetic Engineering, Architecture and Engineering, Agro-industry, Natural Resources and Environment*. The Thailand Research Fund, Bangkok, pp. 879-904. (in Thai)
- Silangirn, P. 2017. *Factors Related to Self Care Behaviors Among Elderly of Phayao Province*. M.Ph. Thesis, Thammasat University, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Thongkerd, S., Rattana, K., Pattaratuma, A. 2022. Tourist satisfaction towards tourism services at Ramkhamhaeng National Park, Sukhothai province. *Thai Journal of Forestry*, 41(1): 22-34.
- Thaweerat, P. 1997. *Research Methods in Behavioral and Social Sciences*, 7th ed. Educational and Psychological Testing Office Srinakharinwirot University Prasarnmit, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Yamane, T. 1973. *Statistics: An Introductory Analysis*. Harper International Edition, Tokyo, Japan.

นิพนธ์ต้นฉบับ

ปัจจัยที่มีผลต่อการมีส่วนร่วมของชุมชนในการจัดการขยะที่ต้นทาง
ตำบลบางไทร อำเภอมือง จังหวัดสุราษฎร์ธานีFactors Affecting Community Participation in Waste Management at Original Source,
Bang Sai Sub-district, Mueang District, Surat Thani Provinceสรายุทธ สามัตติยากร^{1,2}กิตติชัย รัตนะ^{1*}นิตยา เมี้ยนมิตร¹Sarayut Samattiyakon^{1,2}Kitichai Rattana^{1*}Nittaya Mianmit¹¹คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900¹Faculty of Forestry, Kasetsart University, Chatuchak District, Bangkok 10900, Thailand²สำนักงานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจังหวัดสุราษฎร์ธานี ศาลากลางจังหวัดสุราษฎร์ธานี อำเภอมือง สุราษฎร์ธานี 84000²Provincial Office of Natural Resources and Environment Surat Thani, Surat Thani City Hall, Mueang District, Surat Thani 8400

*Corresponding Author, E-mail: fforkcr@ku.ac.th

รับต้นฉบับ 8 ธันวาคม 2566

รับแก้ไข 18 กุมภาพันธ์ 2567

รับลงพิมพ์ 5 มีนาคม 2567

ABSTRACT

Garbage management in Thailand is a major issue. Therefore, the population status, community wastrels, environmental management, and factors affecting community participation in waste management were studied at the source. A questionnaire was developed based on a conceptual framework and relevant theories. Data correlation was conducted using the F-test at a statistical significance level of 0.05

Based on the respondents' results, out of the 270 households sampled, 61.11% were female, with an average age of around 41 years. The majority of the sampled households had 3–4 members who had been residents for 10 years or more. Education levels were generally lower than a Bachelor's degree and the primary occupations were fishing, general contracting, and agriculture. The average monthly income range was THB 10,000–20,000. The highest average values for garbage management and public participation in community waste management were in the areas of garbage collection and storage, with participation for receiving benefits averaging 2.08 and 2.88, respectively. Based on the results regarding opinions on the potential and limitations for waste management at the source, the community had sufficient potential to manage waste, but there were significant limitations, notably the presence of wastrels along roadsides. Based on the results from hypothesis testing, significant factors were: age, settlement period, educational level, occupation, knowledge and understanding of waste management at source, behavior regarding managing solid waste in the community and involvement in public participation in waste management at the source. Recommendations were that there should be training in separating solid waste for groups working in fishing, general contracting and agriculture.

Keywords: Community participation; Waste management at source; Behavior in managing solid waste

บทคัดย่อ

ขยะมูลฝอยเป็นปัญหาที่สำคัญของประเทศไทย การศึกษาวิจัยนี้เป็นไปเพื่อศึกษาสถานภาพของประชากร การจัดการขยะ และสิ่งแวดล้อมของชุมชน และปัจจัยที่มีผลต่อการมีส่วนร่วมของชุมชนในการจัดการขยะที่ต้นทาง โดยใช้แบบสอบถามที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นบนพื้นฐาน ตามกรอบแนวคิด การค้นคว้าและทฤษฎี และหาความสัมพันธ์ของข้อมูลโดยใช้ F-test ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05

พบว่ากลุ่มตัวอย่างจำนวน 270ครัวเรือนเป็นเพศหญิง ร้อยละ 61.11 ช่วงอายุ 41 ปีขึ้นไป สถานภาพเป็นผู้อาศัย จำนวนสมาชิกในครัวเรือน 3-4 คน ระยะเวลาการตั้งถิ่นฐาน 10 ปีขึ้นไป สำเร็จการศึกษาระดับต่ำกว่าปริญญาตรี ประกอบอาชีพประมง/รับจ้างทั่วไป/และเกษตรกรรวม รายได้ต่อเดือน 10,000-20,000 บาท ค่าเฉลี่ยสูงสุดของพฤติกรรมในการจัดการขยะมูลฝอย และการมีส่วนร่วมของประชาชนต่อการจัดการขยะชุมชนคือด้านการรวบรวมและจัดเก็บขยะมูลฝอย และด้านการมีส่วนร่วมในการรับผลประโยชน์ มีค่าเฉลี่ย 2.08 และ 2.88 ตามลำดับ และความคิดเห็นต่อศักยภาพของชุมชนคือ มีพื้นที่เพียงพอในการจัดการขยะที่ต้นทาง และข้อจำกัดในการจัดการขยะที่ต้นทางคือพบปัญหาขยะข้างทางเป็นจำนวนมาก จากการทดสอบสมมติฐานพบว่าปัจจัยด้านอายุ ระยะเวลาการตั้งถิ่นฐาน ระดับการศึกษา อาชีพ รวมถึงความรู้ ความเข้าใจ ในการจัดการขยะที่ต้นทาง และพฤติกรรมในการจัดการขยะมูลฝอยชุมชน มีผลต่อการมีส่วนร่วมของประชาชนในการจัดการขยะที่ต้นทาง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ข้อเสนอแนะควรจัดอบรมให้ความรู้สำหรับกลุ่มผู้ประกอบการอาชีพประมง/รับจ้างทั่วไป/และเกษตรกรรวมในการคัดแยกขยะมูลฝอย

คำสำคัญ: การมีส่วนร่วมของชุมชน การจัดการขยะที่ต้นทาง พฤติกรรมในการจัดการขยะมูลฝอย

คำนำ

ขยะมูลฝอยเป็นปัญหาที่สำคัญของประเทศไทย ซึ่งปัจจุบันทุกภาคส่วนได้ให้ความสำคัญและร่วมมือกันแก้ไขปัญหาตั้งแต่ต้นทางจนถึงปลายทาง โดยหากขยะมูลฝอยได้รับการจัดการอย่างถูกต้อง อาจเกิดปัญหามลพิษ เหตุเดือดร้อนรำคาญ และการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิในชั้นบรรยากาศของโลก ปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นของประเทศไทยปี พ.ศ. 2564 พบว่าเกิดขึ้นประมาณ 24.98 ล้านตัน หรือประมาณ 68,434 ตันต่อวัน โดยมีอัตราการเกิดขยะมูลฝอยเมื่อเทียบกับจำนวนประชากรตามทะเบียนราษฎรปี พ.ศ. 2564 เท่ากับ 1.03 กิโลกรัมต่อคนต่อวัน เมื่อพิจารณาภาพรวมการจัดการขยะมูลฝอยของประเทศไทยพบว่าจากปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้น 24.98 ล้านตันนั้น ถูกจัดการกันเองโดยบ้านเรือนและชุมชนที่อยู่ในพื้นที่ห่างไกลหรือพื้นที่ที่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นยังไม่มีบริการเก็บขนประมาณ 1.58 ล้านตัน (ร้อยละ 6 ของปริมาณขยะมูลฝอย ที่เกิดขึ้น) และพบว่ามีขยะรีไซเคิลประมาณ 3.89 ล้านตัน (ร้อยละ 16 ของปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้น) ถูกคัดแยก ณ ต้นทาง โดยกระบวนการขาล้างและบ้านเรือนนำไปขายให้กับร้านรับซื้อของเก่า ขยะมูลฝอยที่เหลือประมาณ 19.51 ล้านตัน (ร้อยละ 78 ของปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้น) ถูกเก็บขนโดยรถบรรทุกเก็บขนขยะมูลฝอยขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น หรือเอกชน ซึ่งได้รับอนุญาตหรือมอบหมายจากองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในการให้บริการเก็บขนแทน เพื่อนำไปยังสถานที่คัดแยกขยะมูลฝอยหรือสถานที่กำจัดขยะมูลฝอย และพบว่าขยะมูลฝอยประมาณ 4.00 ล้านตัน (ร้อยละ 16 ของปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้น) ถูกคัดแยก ณ สถานที่คัดแยกขยะมูลฝอยและส่วนที่เหลือประมาณ 15.51 ล้านตัน (ร้อยละ 62 ของปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้น) ถูกนำไปกำจัด ณ สถานที่กำจัดขยะมูลฝอย

ทั้งนี้พบว่ามีขยะมูลฝอยได้รับการกำจัดอย่างถูกต้องประมาณ 9.28 ล้านตัน (ร้อยละ 37 ของปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้น) และส่วนที่เหลือประมาณ 6.23 ล้านตัน (ร้อยละ 25 ของปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้น) ถูกนำไปกำจัดอย่างไม่ถูกต้อง (Pollution Control Department, 2021)

องค์การบริหารส่วนตำบลบางไทร ตั้งอยู่เลขที่ 69/1 หมู่ที่ 2 ตำบลบางไทร อำเภอมะเข่ จังหวัดสุราษฎร์ธานี ห่างจากอำเภอมะเข่ ประมาณ 8 กิโลเมตร ห่างจากตัวจังหวัดสุราษฎร์ธานี ประมาณ 9.3 กิโลเมตร ประกอบด้วย 4 หมู่บ้าน ได้แก่ หมู่ที่ 1 บ้านคลองขวาง หมู่ที่ 2 บ้านบางเบ็ด หมู่ที่ 3 บ้านบางกล้วย และหมู่ที่ 4 บ้านท้องถุ้ง และมีคลองที่สำคัญจำนวน 14 สาย จากการสัมภาษณ์ผู้นำชุมชนและประชาชนในพื้นที่พบว่าตำบลบางไทร อำเภอมะเข่ จังหวัดสุราษฎร์ธานี ไม่มีการให้บริการรถเก็บขนขยะในพื้นที่ ทำให้ชาวบ้านต้องมีการจัดการขยะกันเองซึ่งพบว่าบางครั้งการจัดการขยะมูลฝอยของชาวบ้านก็ไม่ถูกต้องตามหลักวิชาการ อีกทั้งตำบลบางไทรยังพบปัญหาขยะมูลฝอยที่เกิดจากการลักลอบทิ้งขยะมูลฝอยจากชุมชนข้างเคียงและขยะมูลฝอยที่ลอยน้ำจากในคลองเข้ามายังพื้นที่ตำบลบางไทร

ด้วยเหตุผลดังกล่าว ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาความแตกต่างของปัจจัยที่มีผลต่อการมีส่วนร่วมของชุมชนในการจัดการขยะที่ต้นทาง ตำบลบางไทร อำเภอมะเข่ จังหวัดสุราษฎร์ธานี ว่ามีการจัดการขยะมูลฝอยระดับครัวเรือนและระดับชุมชนที่ต้นทางเป็นอย่างไร ศักยภาพและข้อจำกัดในการจัดการขยะที่ต้นทางมีอะไรบ้าง ถ้าประชาชนในตำบลบางไทร มีความรู้ ความเข้าใจ และมีพฤติกรรมคัดแยกขยะมูลฝอยที่ถูกต้อง จะส่งผลดีทั้งในภาพรวมของชุมชน จังหวัด และระดับประเทศ ทั้งนี้หากชุมชนบางไทรสามารถยกระดับการจัดการขยะจนถึงขั้นเป็นชุมชนจัดการขยะฐานศูนย์ (zero waste) ได้ก็จะเป็น

ชุมชนตัวอย่างในการจัดการขยะให้กับชุมชนใกล้เคียงที่ไม่มี
การให้บริการรถเก็บขยะในพื้นที่และมีภูมิประเทศที่มีคลอง
ไหลผ่าน ต่อไป

โดยการศึกษาความแตกต่างของปัจจัยที่มีผลต่อการมี
ส่วนร่วมของชุมชนในการจัดการขยะที่ต้นทาง ตำบลบางไทร
อำเภอเมือง จังหวัดสุราษฎร์ธานี มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษา
สภาพภาพของประชากร 2) การจัดการขยะและสิ่งแวดล้อม
ของชุมชน และ 3) ปัจจัยที่มีผลต่อการมีส่วนร่วมของชุมชนใน
การจัดการขยะที่ต้นทาง โดยมีสมมติฐานดังนี้ 1) ปัจจัยส่วน
บุคคล ได้แก่ เพศ อายุ ระดับการศึกษา อาชีพ ระยะเวลาอยู่
อาศัยที่แตกต่างกันมีผลต่อการมีส่วนร่วมของประชาชน
ตำบลบางไทร อำเภอเมือง จังหวัดสุราษฎร์ธานี ในการจัดการ
ขยะที่ต้นทาง ที่แตกต่างกัน 2) ความรู้ ความเข้าใจใน
การจัดการขยะที่ต้นทาง มีความสัมพันธ์กับการมีส่วนร่วมของ
ประชาชนตำบลบางไทร อำเภอเมือง จังหวัดสุราษฎร์ธานี
ในการจัดการขยะที่ต้นทาง และ 3) พฤติกรรมในการจัดการ
ขยะมูลฝอยชุมชน มีผลต่อการมีส่วนร่วมของประชาชน
ตำบลบางไทร อำเภอเมือง จังหวัดสุราษฎร์ธานี ในการจัดการ
ขยะที่ต้นทาง

อุปกรณ์และวิธีการ

การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่อาศัยอยู่ในตำบลบางไทร อำเภอเมือง
จังหวัดสุราษฎร์ธานี ใน 4 หมู่บ้าน ได้แก่ หมู่ที่ 1 บ้านคลองขวาง
หมู่ที่ 2 บ้านบางเบ็ด หมู่ที่ 3 บ้านบางกล้วย และหมู่ที่ 4
บ้านท้องถ่วง มีจำนวนครัวเรือนทั้งหมด 825 ครัวเรือน
(Registration Management Office Department of
Provincial Administration, 2023) และคำนวณหากลุ่ม
ตัวอย่าง (sample size) ให้เหมาะสมในการศึกษาครั้งนี้ เพื่อใช้
เป็นตัวแทนของประชากรทั้งหมด โดยใช้สูตรคำนวณของ Taro
Yamane (Yamane, 1973) มาใช้ ดังนี้

$$n = \frac{N}{1+Ne^2}$$

กำหนดให้ n = จำนวนครัวเรือนตัวอย่างที่ต้องการศึกษา

N = จำนวนครัวเรือนทั้งหมด (825 ครัวเรือน)

e = ความคลาดเคลื่อนของการสุ่มตัวอย่าง (e=0.05)

ในการศึกษาครั้งนี้จะใช้จำนวนกลุ่มตัวอย่าง จำนวน
270 ครัวเรือนตัวอย่าง และมีการกระจายสัดส่วนในการเก็บ
ตัวอย่างในแต่ละหมู่บ้าน โดยใช้สูตรการกระจายตามสัดส่วน
ดังนี้

$$n_i = n \left(\frac{N_i}{N} \right)$$

กำหนดให้ n_i = จำนวนครัวเรือนตัวอย่างของหมู่บ้าน i

n = จำนวนครัวเรือนของราษฎรตัวอย่างของ
การศึกษา (270 ครัวเรือน)

N_i = จำนวนครัวเรือนของราษฎรในแต่ละหมู่บ้าน
(หมู่บ้าน i)

N = จำนวนครัวเรือนของราษฎรที่เลือกศึกษา
(825 ครัวเรือน)

i = หมู่บ้านกลุ่มตัวอย่าง

โดยจำนวนครัวเรือนทั้งหมดของหมู่ที่ 1 บ้านคลองขวาง
จำนวน 238 ครัวเรือน หมู่ที่ 2 บ้านบางเบ็ด หมู่ที่ 3
บ้านบางกล้วย และหมู่ที่ 4 บ้านท้องถ่วง มีจำนวนครัวเรือน
206, 250 และ 131 ตามลำดับ เมื่อคำนวณตามสูตร
การกระจายสัดส่วนจะได้จำนวนกลุ่มตัวอย่าง ดังนี้
หมู่ที่ 1 บ้านคลองขวาง จำนวน 78 ครัวเรือน หมู่ที่ 2
บ้านบางเบ็ด หมู่ที่ 3 บ้านบางกล้วย และหมู่ที่ 4 บ้านท้องถ่วง
มีจำนวนครัวเรือน 68, 81 และ 43 ตามลำดับ รายละเอียด
ปรากฏตาม Table 1

Table 1 Data collection communities in study area and sample size

Community name	Total number of households	Households sampled
Ban Klong Khwang	238	78
Ban Bang Buret	206	68
Ban Bang Kluay	250	81
Ban Thong Twong	131	43
Total	825	270

การสร้างและทดสอบเครื่องมือการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ คือแบบสอบถาม (questionnaire) โดยที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นบนพื้นฐานตามกรอบแนวคิด เป็นเครื่องมือ ประกอบด้วย 6 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 ข้อมูลส่วนบุคคลของผู้ตอบแบบสอบถาม ลักษณะคำถามแบบปลายปิด (close-ended questionnaires) จำนวน 8 ข้อ ได้แก่ เพศ อายุ สถานภาพของผู้อาศัย จำนวนสมาชิกในครัวเรือน ระยะเวลาการตั้งถิ่นฐานในพื้นที่ ระดับการศึกษา อาชีพ และรายได้ต่อเดือน ส่วนที่ 2 ความรู้ ความเข้าใจในการจัดการขยะที่ต้นทางของครัวเรือนตัวอย่างตำบลบางไทร อำเภอมือง จังหวัดสุราษฎร์ธานี ประกอบด้วยคำถามจำนวน 10 ข้อ ลักษณะคำถามแบบเลือกตอบหลายตัวเลือก (multiple choice) ส่วนที่ 3 พฤติกรรมในการจัดการขยะมูลฝอยชุมชน ประกอบด้วย การลดการเกิดขยะมูลฝอย การคัดแยกขยะมูลฝอย การใช้ประโยชน์ขยะมูลฝอย การรวบรวมและจัดเก็บขยะมูลฝอย และการกำจัดขยะมูลฝอย ลักษณะคำถามแบบประเภทมาตราส่วนประเมินค่า (rating scale) โดยมีคำถามจำนวน 20 ข้อ แบ่งเป็นคำถามเชิงบวก 18 ข้อ และคำถามเชิงลบ 2 ข้อ ส่วนที่ 4 ระดับการมีส่วนร่วมของประชาชนต่อการจัดการขยะมูลฝอยชุมชน ประกอบด้วย การมีส่วนร่วมในการตัดสินใจ (decision making) การมีส่วนร่วมในการปฏิบัติการ (implementation) การมีส่วนร่วมในการรับผลประโยชน์ (benefit) และการมีส่วนร่วมในการประเมินผล (evaluation) ลักษณะคำถามแบบประเภทมาตราส่วนประเมินค่า (rating scale) โดยมีคำถามจำนวน 14 ข้อ ส่วนที่ 5 ข้อเสนอแนะของประชาชนในการมีส่วนร่วมจัดการขยะมูลฝอยชุมชน โดยมีคำถามจำนวน 5 ข้อ ให้เรียงลำดับความสำคัญของความต้องการ โดยลำดับที่ 1 มีความต้องการมากที่สุด ลำดับที่ 2 มีความต้องการมาก ลำดับที่ 3 มีความต้องการปานกลาง ลำดับที่ 4 มีความต้องการน้อย และลำดับที่ 5 มีความต้องการน้อยที่สุด และส่วนที่ 6 ความคิดเห็นต่อศักยภาพและข้อจำกัดในการจัดการขยะที่ต้นทางลักษณะคำถามแบบปลายเปิด (open-ended questionnaire) โดยมีคำถาม 3 ข้อ ดังนี้ 1) ศักยภาพของชุมชนต่อครัวเรือน 2) ข้อจำกัดของชุมชนต่อครัวเรือน และ 3) แนวทางและความต้องการในการเพิ่มศักยภาพชุมชนต่อครัวเรือนเพื่อสนับสนุนการมีส่วนร่วมในการจัดการขยะที่ต้นทาง

การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย

นำแบบสอบถามไปตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัยทางสังคมศาสตร์ จำนวน 2 ด้าน คือ 1) การตรวจสอบคุณภาพแบบสอบถามเบื้องต้น โดยให้ผู้เชี่ยวชาญและอาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบภาพรวมของแบบสอบถามว่าสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการศึกษาหรือไม่ และ 2) การทดสอบคุณภาพของแบบสอบถามมีดังนี้ 1) ด้านความเที่ยงตรง (validity)

โดยการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ และอาจารย์ที่ปรึกษาจำนวน 3 ท่าน เพื่อหาค่า IOC: index of item objective congruence (Tuntavanich and Jindasri, 2018) ของเครื่องมือ โดยให้คะแนน +1 สำหรับข้อคำถามที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ให้คะแนน 0 สำหรับข้อคำถามที่ไม่แน่ใจว่าสอดคล้องกับวัตถุประสงค์หรือไม่ และให้คะแนน -1 สำหรับข้อคำถามที่ไม่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ และ 2) การทดสอบความเชื่อมั่นของแบบสอบถาม (reliability) หรือความคงที่ของผลที่ได้จากแบบสอบถาม เป็นการหาความเชื่อมั่นของแบบสอบถาม โดยเป็นการนำแบบสอบถามที่มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) มากกว่า 0.5 ไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างที่คล้ายคลึงแต่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา จำนวน 30 ครัวเรือนตัวอย่างของชุมชนบ้านครามกลาง ตำบลชลคราม อำเภอดอนสัก จังหวัดสุราษฎร์ธานี โดยมีค่าสัมประสิทธิ์อัลฟาครอนบาช (Cronbach's alpha) เท่ากับ 0.995 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่มีความน่าเชื่อถือค่อนข้างสูง (Vanichbuncha, 2007)

ประเภทของข้อมูล

งานวิจัยนี้ต้องการรวบรวมข้อมูล 2 ประเภท คือ 1) ข้อมูลทุติยภูมิ (secondary data) และ 2) ข้อมูลปฐมภูมิ (primary data) โดยข้อมูลทุติยภูมิ คือ ข้อมูลหรือข้อเท็จจริงที่ได้มีการเก็บรวบรวมไว้ในลักษณะของเอกสารหรือรวบรวมไว้ในสื่อต่าง ๆ เช่น สถิติหรือรายงาน (Ratchatranon, 2014) และข้อมูลปฐมภูมิ คือ ข้อมูลคำตอบ ความคิดเห็นจริงของกลุ่มตัวอย่างที่เก็บได้ (Sunthornsamai, 2010) มีวัตถุประสงค์ที่เฉพาะเจาะจง การเก็บรวบรวมข้อมูลประเภทนี้ก็เพื่อตอบปัญหางานวิจัยนั่นเอง

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้ศึกษาได้นำแบบสอบถามที่รวบรวมได้มาประมวลผลและวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป ดังนี้

สถิติเชิงพรรณนา (descriptive statistics) ในการวิเคราะห์ข้อมูลส่วนบุคคลของผู้ตอบแบบสอบถาม ความรู้ความเข้าใจในการจัดการขยะที่ต้นทางของครัวเรือนตัวอย่างตำบลบางไทร อำเภอมือง จังหวัดสุราษฎร์ธานี ข้อเสนอแนะของประชาชนในการมีส่วนร่วมจัดการขยะมูลฝอยชุมชน และความคิดเห็นต่อศักยภาพและข้อจำกัดในการจัดการขยะที่ต้นทาง เป็นค่าสถิติอย่างง่าย ได้แก่ ร้อยละ (percentage) และค่าเฉลี่ย (mean) ในส่วนของค่าพฤติกรรมในการจัดการขยะมูลฝอยชุมชน จะใช้มาตราวัดของลิเคิร์ต (Likert scale) (Likert, 1961) ซึ่งมี 3 ระดับ และกำหนดคะแนนคำตอบของพฤติกรรมในการจัดการขยะมูลฝอยชุมชนของคะแนนดังนี้ (1) ระดับต่ำ (2) ระดับกลาง และ (3) ระดับสูง แล้วนำไปกำหนดเป็นอัตราภาคขั้นเท่ากับ 0.67 โดยมีสูตรการคำนวณดังนี้

$$\text{อัตราภาคขั้น} = \frac{\text{คะแนนสูงสุด} - \text{คะแนนต่ำสุด}}{\text{จำนวนระดับ}} \quad (1)$$

กำหนดเกณฑ์การแปลความหมายของคะแนน ดังนี้

- 1) ค่าเฉลี่ย 1.00–1.67 มีพฤติกรรมจัดการขยะมูลฝอยชุมชนในระดับต่ำ
- 2) ค่าเฉลี่ย 1.68–2.35 มีพฤติกรรมจัดการขยะมูลฝอยชุมชนในระดับปานกลาง
- 3) ค่าเฉลี่ย 2.36–3.03 มีพฤติกรรมจัดการขยะมูลฝอยชุมชนในระดับสูง

กำหนดคะแนนพฤติกรรมในการจัดการขยะมูลฝอยชุมชน คือ การปฏิบัติทุกครั้ง บางครั้ง และไม่เคย โดยมีคะแนนคำถามเชิงบวกเท่ากับ 3, 2 และ 1 คะแนนตามลำดับ และคะแนนคำถามเชิงลบเท่ากับ 1, 2 และ 3 คะแนน ตามลำดับ

ในส่วนของการวัดการมีส่วนร่วมของประชาชนต่อการจัดการขยะมูลฝอยชุมชนจะใช้มาตรวัดของลิเคิร์ต (likert scale) (Likert, 1961) ซึ่งมี 5 ระดับ ดังนี้ (1) ระดับน้อยที่สุด (2) ระดับน้อย (3) ระดับปานกลาง (4) ระดับมาก และ (5) ระดับมากที่สุด แล้วนำไปกำหนดเป็นอัตราภาคขึ้นเท่ากับ 0.80 โดยมีสูตรการคำนวณตามสมการ (1)

กำหนดเกณฑ์การแปลความหมายของคะแนน ดังนี้

- 1) ค่าเฉลี่ย 1.00–1.80 มีระดับการมีส่วนร่วมของประชาชนต่อการจัดการขยะมูลฝอยชุมชนในระดับน้อยที่สุด
- 2) ค่าเฉลี่ย 1.81–2.60 มีระดับการมีส่วนร่วมของประชาชนต่อการจัดการขยะมูลฝอยชุมชนในระดับน้อย
- 3) ค่าเฉลี่ย 2.61–3.40 มีระดับการมีส่วนร่วมของประชาชนต่อการจัดการขยะมูลฝอยชุมชนในระดับปานกลาง
- 4) ค่าเฉลี่ย 3.41–4.20 มีระดับการมีส่วนร่วมของประชาชนต่อการจัดการขยะมูลฝอยชุมชนในระดับมาก
- 5) ค่าเฉลี่ย 4.21–5.00 มีระดับการมีส่วนร่วมของประชาชนต่อการจัดการขยะมูลฝอยชุมชนในระดับมากที่สุด

กำหนดคะแนนระดับการมีส่วนร่วมของประชาชนต่อการจัดการขยะมูลฝอยชุมชน ระดับการมีส่วนร่วมมากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด โดยมีคะแนน 5, 4, 3, 2 และ 1 คะแนน ตามลำดับ

สถิติเชิงอนุมาน เป็นการทดสอบเชิงสมมติฐานเป็นการทดสอบ F-test สำหรับการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวใช้ทดสอบตัวแปรปัจจัยส่วนบุคคล ได้แก่ อายุ ระยะเวลาการตั้งถิ่นฐาน ระดับการศึกษา อาชีพ ความรู้ ความเข้าใจในการจัดการขยะที่ต้นทาง และพฤติกรรมในการจัดการขยะมูลฝอยชุมชน มีความสัมพันธ์กับการมีส่วนร่วมของประชาชนในการจัดการขยะที่ต้นทางที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ผลและวิจารณ์

ผลการศึกษาประชากรที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ตำบลบางไทร ทั้ง 4 หมู่บ้าน จำนวน 270ครัวเรือน มีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

ข้อมูลส่วนบุคคลของผู้ตอบแบบสอบถาม

เพศ พบว่าส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง คิดเป็นร้อยละ 61.11 เพศชาย คิดเป็นร้อยละ 36.30 และไม่ระบุเพศ คิดเป็นร้อยละ 2.59

อายุ พบว่าส่วนใหญ่มีอายุตั้งแต่ 41 ปีขึ้นไป คิดเป็นร้อยละ 51.11 รองลงมาคือช่วงอายุ 31-40 ปี ช่วงอายุ 20-30 ปี และมีอายุต่ำกว่า 20 ปี คิดเป็นร้อยละ 29.63 15.56 และ 3.70 ตามลำดับ

สถานภาพของผู้อาศัย พบว่าส่วนใหญ่เป็นผู้อาศัย คิดเป็นร้อยละ 70.74 และเจ้าบ้านคิดเป็นร้อยละ 29.26 จำนวนสมาชิกในครัวเรือน พบว่าส่วนใหญ่มีจำนวนสมาชิกในครัวเรือน 3-4 คน คิดเป็นร้อยละ 57.78 รองลงมาคือสมาชิกในครัวเรือน 5-6 คน 1-2 คน และ 7 คนขึ้นไป คิดเป็นร้อยละ 23.70 11.85 และ 6.67 ตามลำดับ

ระยะเวลาการตั้งถิ่นฐานในพื้นที่ พบว่าส่วนใหญ่มีระยะเวลาการตั้งถิ่นฐาน 10 ปีขึ้นไป คิดเป็นร้อยละ 72.22 รองลงมาคือระยะเวลาการตั้งถิ่นฐาน 5-10 ปี และน้อยกว่า 1 ปี คิดเป็นร้อยละ 21.48 4.44 และ 1.85 ตามลำดับ

ระดับการศึกษา พบว่าส่วนใหญ่สำเร็จการศึกษาระดับต่ำกว่าปริญญาตรี คิดเป็นร้อยละ 78.89 รองลงมาสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี และปริญญาโท คิดเป็นร้อยละ 19.26 และ 1.85 ตามลำดับ

อาชีพ พบว่าส่วนใหญ่ประกอบอาชีพประมง/รับจ้างทั่วไป/และเกษตรกรรม คิดเป็นร้อยละ 45.56 รองลงมา คือ พนักงานบริษัทเอกชน/ลูกจ้าง ประกอบอาชีพธุรกิจส่วนตัว/ค้าขาย ประกอบอาชีพข้าราชการ/พนักงานรัฐวิสาหกิจและร้านอาหาร คิดเป็นร้อยละ 21.48 20.00 8.52 และ 4.44 ตามลำดับ

รายได้ต่อเดือน พบว่าส่วนใหญ่มีรายได้ต่อเดือน 10,000–20,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 38.15 รองลงมาคือรายได้ต่อเดือนต่ำกว่า 10,000 บาท 20,001–30,000 บาท 30,001–40,000 บาท และมากกว่า 40,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 30.37 16.30 14.07 และ 1.11 ตามลำดับ

ความรู้ ความเข้าใจในการจัดการขยะที่ต้นทางของครัวเรือนตัวอย่าง

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาความรู้ ความเข้าใจในการจัดการขยะที่ต้นทางของครัวเรือนตัวอย่างทั้ง 4 หมู่บ้าน 270 ครัวเรือน ของตำบลบางไทร อำเภอเมือง จังหวัดสุราษฎร์ธานี รายละเอียดปรากฏตาม Table 2

Table 2 Knowledge and understanding in sample households of waste management at original source

Question	Correct answers (%)	Incorrect answers (%)
1. What does garbage mean?	72.59	27.41
2. Which is general waste?	70.00	30.00
3. Which is organic waste?	100.00	0.00
4. Which is recycled waste?	85.93	14.07
5. Which is hazardous waste?	72.22	27.78
6. Who is responsible for community solid waste management?	92.96	7.04
7. What is the best way to manage solid waste?	60.00	40.00
8. What is a reduce activity?	54.81	45.19
9. What is a reuse activity?	37.78	62.22
10. What is a recycle activity?	60.37	39.63
Average	70.67	29.33

เมื่อพิจารณาความรู้ ความเข้าใจ ในการจัดการขยะที่ต้นทางของครัวเรือนตัวอย่างในแต่ละด้านพบว่า ด้านที่เข้าใจถูกต้องมากที่สุด คือด้านประเภทของขยะอินทรีย์ร้อยละ 100.00 รองลงมา คือด้านผู้รับผิดชอบการจัดการขยะมูลฝอยชุมชน ด้านประเภทของขยะรีไซเคิล ด้านเนื้อหาของขนานนามความหมายของขยะมูลฝอย ด้านประเภทของขยะอันตราย ด้านประเภทของขยะทั่วไป ด้านกิจกรรมนำกลับมาใช้ใหม่ (recycle) ด้านวิธีการจัดการขยะมูลฝอย ด้านกิจกรรมลดการใช้ (reduce) ด้านกิจกรรมใช้ซ้ำ (reuse) มีความเข้าใจอย่างถูกต้องร้อยละ 92.96, 85.93, 72.59, 72.22, 70.00, 60.37, 60.00, 54.81 และ 37.78 ตามลำดับ โดยค่าเฉลี่ยความรู้ ความเข้าใจในการจัดการขยะที่ต้นทางของครัวเรือน

ตัวอย่างที่ถูกต้องคิดเป็นร้อยละ 70.67 ในด้านกิจกรรมใช้ซ้ำ ด้านกิจกรรมลดการใช้ และด้านกิจกรรมนำกลับมาใช้ใหม่ โดยทั้ง 3 กิจกรรมนี้กลุ่มตัวอย่างมีความรู้ ความเข้าใจที่ถูกต้องน้อยกว่าร้อยละ 70 ควรมีการอบรมให้ความรู้เพิ่มเติมแก่กลุ่มตัวอย่างเพื่อให้กลุ่มตัวอย่างมีความรู้ ความเข้าใจอย่างถูกต้อง ต่อไป

พฤติกรรมในการจัดการขยะมูลฝอย

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาพฤติกรรมในการจัดการขยะมูลฝอยทั้ง 5 ด้าน ครัวเรือนตัวอย่างทั้ง 4 หมู่บ้าน 270 ครัวเรือนของตำบลบางไทร อำเภอมะนัง จังหวัดสุราษฎร์ธานี รายละเอียดปรากฏตาม Table 3

Table 3 Analysis of behavioural aspects of municipal solid waste management

Behavior in managing solid waste	Behavior every time number (people) (%)	Behavior sometimes number (people) (%)	Behavior practiced number (people) (%)	Average (criterion) (%)
1) Reducing the generation of solid waste	16 (5.93)	57 (20.96)	197 (73.11)	1.33 (Low)
2) Recycling	46 (17.78)	58 (32.22)	166 (50.00)	1.68 (Medium)
3) Waste separation	78 (28.8)	64 (23.70)	128 (47.41)	1.81 (Medium)
4) Wastrel collection and storage	74 (27.41)	143 (52.96)	53 (19.63)	2.08 (Medium)
5) Solid waste management	74 (27.41)	110 (40.74)	86 (31.85)	1.96 (Medium)

เมื่อพิจารณาในแต่ละด้านพบว่าด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือด้านการรวบรวมและจัดเก็บขยะมูลฝอย โดยมีค่าเฉลี่ย 2.08 รองลงมา คือ ด้านการจัดการขยะมูลฝอย ด้านการคัดแยกขยะมูลฝอย ด้านการนำกลับมาใช้ใหม่ และด้านการลดการเกิดขยะมูลฝอย โดยมีค่าเฉลี่ยที่ 1.96 1.81 1.68 และ 1.33 ตามลำดับ ดังจะเห็นได้ว่าพฤติกรรมในการจัดการขยะมูลฝอยทั้ง 5 ด้านของครัวเรือนตัวอย่างที่โดดเด่นที่สุดคือด้านการรวบรวมและจัดเก็บขยะมูลฝอย เมื่อพิจารณารายข้อพบว่าข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือท่านมีการรวบรวมขยะอินทรีย์มาใส่ลงในถังหมัก

ระดับการมีส่วนร่วมของประชาชนต่อการจัดการขยะมูลฝอยชุมชน

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาระดับการมีส่วนร่วมของประชาชนต่อการจัดการขยะมูลฝอยชุมชนทั้ง 4 ด้าน ครัวเรือนตัวอย่างทั้ง 4 หมู่บ้าน 270 ครัวเรือน ของตำบลบางไทร อำเภอมือง จังหวัดสุราษฎร์ธานี รายละเอียดปรากฏตาม Table 4

Table 4 Analysis regarding public participation in community solid waste management

Public participation in community solid waste management	Participation level					Average (criterion)
	Highest	Extreme	Moderately	Small	Smallest	
1. Decision making	22 (8.15)	27 (9.91)	70 (25.74)	120 (44.26)	32 (11.94)	2.58 (Low)
2. Implementation	29 (10.74)	23 (8.52)	62 (23.09)	52 (19.14)	104 (38.52)	2.34 (Low)
3. Benefit	41 (15.26)	39 (14.37)	65 (24.22)	96 (35.56)	29 (10.59)	2.88 (Moderately)
4. Evaluation	2 (0.74)	30 (11.11)	56 (20.74)	161 (59.44)	22 (7.96)	2.38 (Low)

เมื่อพิจารณาในแต่ละด้านพบว่าด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือด้านการมีส่วนร่วมในการรับผลประโยชน์ โดยมีค่าเฉลี่ย 2.88 รองลงมา คือการมีส่วนร่วมในการตัดสินใจ การมีส่วนร่วมในการประเมินผล และการมีส่วนร่วมในการปฏิบัติการ โดยมีค่าเฉลี่ยที่ 2.58 2.38 และ 2.34 ตามลำดับ ดังจะเห็นได้ว่าระดับการมีส่วนร่วมของประชาชนต่อการจัดการขยะมูลฝอยชุมชนทั้ง 4 ด้าน ของครัวเรือนตัวอย่างที่โดดเด่นที่สุด คือด้านการมีส่วนร่วมในการรับผลประโยชน์ เมื่อพิจารณารายข้อพบว่าข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือการมีส่วนร่วมในการคัดแยกขยะมูลฝอยแล้วนำไปขายเพิ่มรายได้ครัวเรือน รองลงมาคือการมีส่วนร่วมไม่ทิ้งขยะ ลงแม่น้ำ หรือริมถนนทำให้ลำคลองและถนนสะอาด การมีส่วนร่วมไม่เผาขยะในที่โล่ง เพื่อลดปัญหามลพิษทางอากาศ และการมีส่วนร่วมในการนำวัสดุที่ใช้แล้วกลับมาใช้ใหม่ เช่น ขวดน้ำดื่ม ถังพลาสติก ตามลำดับ

ข้อเสนอแนะของประชาชนในการมีส่วนร่วมจัดการขยะมูลฝอยชุมชน

จากการวิเคราะห์ข้อมูลสามารถสรุปลำดับความสำคัญของข้อเสนอแนะของประชาชนกลุ่มตัวอย่างในการมีส่วนร่วมจัดการขยะมูลฝอยชุมชนได้ดังนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดคำตอบไว้ให้เลือกแล้ว 5 คำตอบ โดยกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ต้องการให้มี

การจัดอบรมให้ความรู้แก่ประชาชนเกี่ยวกับการคัดแยกขยะมูลฝอย ร้อยละ 36.30 รองลงมา คือ ประชาสัมพันธ์ให้ประชาชนทราบและเข้าใจเรื่องการจัดเก็บขยะมูลฝอยและระเบียบที่ประชาชนต้องปฏิบัติ ร้อยละ 22.96 ลำดับที่ 3 ร้านค้า ร้านอาหารและเครื่องดื่ม ร่วมกิจกรรมลดการเกิดขยะมูลฝอยด้วยการลดราคาหากผู้บริโภคนำภาชนะมาเอง ร้อยละ 16.30 ลำดับที่ 4 จัดระบบการซื้อขายขยะรีไซเคิลในรูปแบบต่าง ๆ เช่น ตลาดนัดรีไซเคิล ธนาคารขยะ กองทุนรับซื้อขยะ เป็นต้น ร้อยละ 14.44 และลำดับที่ 5 มีแหล่งรับซื้อขยะมูลฝอยเพื่อจัดทำน้ำหมัก ปุ๋ยหมัก เลี้ยงไส้เดือน หรือผลิตภัณฑ์แปรรูปจากขยะต่าง ๆ ร้อยละ 10.00

ความคิดเห็นต่อศักยภาพและข้อจำกัดในการจัดการขยะที่ต้นทาง

จากการวิเคราะห์ความคิดเห็นต่อศักยภาพและข้อจำกัดในการจัดการขยะที่ต้นทางของกลุ่มตัวอย่างมีความคิดเห็นดังต่อไปนี้ 1) ด้านศักยภาพของชุมชนต่อครัวเรือนในการจัดการขยะที่ต้นทางในพื้นที่ ร้อยละ 60.16 ให้ข้อคิดเห็นว่ามีพื้นที่เพียงพอในการจัดการขยะที่ต้นทาง โดยเฉพาะขยะอินทรีย์ ร้อยละ 25.72 ให้ข้อคิดเห็นว่างค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นควรให้การสนับสนุนในการคัดแยกขยะ

ที่ต้นทาง และร้อยละ 14.12 ให้ข้อคิดเห็นว่าแหล่งรับซื้อขยะรีไซเคิลมีมาก 2) ข้อจำกัดของชุมชนต่อครัวเรือนในการจัดการขยะที่ต้นทางในพื้นที่ ร้อยละ 70.52 ให้ข้อคิดเห็นว่าเนื่องจากชุมชนเป็นทางผ่านที่จะเข้าไป ในเมืองจึงมีปัญหาขยะข้างทางเป็นจำนวนมาก ร้อยละ 20.46 ให้ข้อคิดเห็นว่าตำบลบางไทรมีแม่น้ำลำคลองไหลผ่านพื้นที่จึงมีปัญหาขยะลอยมากับน้ำ และร้อยละ 9.02 ให้ข้อคิดเห็นว่ามีการลักลอบทิ้งขยะมูลฝอยจากที่อื่น และ 3.แนวทางและความต้องการในการเพิ่มศักยภาพชุมชน/ครัวเรือน ร้อยละ 68.74 ให้ข้อคิดเห็นว่าต้องการให้มีบริการเก็บขนขยะในพื้นที่เนื่องจากขยะทั่วไปไม่มีที่ทิ้ง ร้อยละ 18.22 ให้ข้อคิดเห็นว่าต้องการให้แก้ไขปัญหากลักลอบทิ้งขยะจากภายนอกพื้นที่ และร้อยละ 13.04 ให้ข้อคิดเห็นว่าต้องการให้มีโครงการสร้างจิตสำนึกการคัดแยกขยะในครัวเรือน

ผลการทดสอบปัจจัยที่มีผลต่อการมีส่วนร่วมของชุมชนในการจัดการขยะที่ต้นทาง

ปัจจัยส่วนบุคคล ได้แก่ เพศ อายุ สถานภาพของคู่อาศัย จำนวนสมาชิกในครัวเรือน ระยะเวลาการตั้งถิ่นฐานใน

พื้นที่ ระดับการศึกษา อาชีพ และรายได้ต่อเดือนแตกต่างกันมีผลต่อการมีส่วนร่วมของประชาชนตำบลบางไทร อำเภอเมือง จังหวัดสุราษฎร์ธานี ในการจัดการขยะที่ต้นทางที่แตกต่างกัน

จากการทดสอบสมมติฐาน พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อการมีส่วนร่วมของประชาชนในการจัดการขยะที่ต้นทางพื้นที่ตำบลบางไทร อำเภอเมือง จังหวัดสุราษฎร์ธานี ได้แก่ ปัจจัยด้านอายุ ระยะเวลาการตั้งถิ่นฐานในพื้นที่ ระดับการศึกษา และอาชีพ โดยมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($p < 0.05$) และปัจจัยด้านอื่น ๆ ไม่มีผลต่อการมีส่วนร่วมของประชาชนในการจัดการขยะที่ต้นทางที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 หรือไม่มีความสัมพันธ์กับสมมติฐานที่ตั้งไว้ รายละเอียดปรากฏตาม Table 5 ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Chalongsaisit (2015) ที่พบว่าปัจจัยด้านอายุ ระดับการศึกษา รายได้ต่อเดือน และระยะเวลาการพักอาศัย มีผลต่อความร่วมมือในการกำจัดขยะที่แตกต่างกัน กรณีศึกษาคอนโดมิเนียมเขตห้วยขวาง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

Table 5 Statistical analysis of factors affecting public participation in waste management at source in Bang Sai sub-district, Mueang district, Surat Thani province

Initial variable	F-test	p-value
Gender	0.33	0.85
Age	2.48	0.05*
Residential status	1.88	0.45
Number of household members	0.80	0.55
Period of settlement in the area	3.54	0.03*
Educational levels	2.68	0.05*
Occupation	2.12	0.05*
Monthly income	0.42	0.98

Remark: * significance level of 0.05

ความรู้ ความเข้าใจในการจัดการขยะที่ต้นทาง และพฤติกรรมในการจัดการขยะมูลฝอยชุมชนแตกต่างกันมีผลต่อการมีส่วนร่วมของประชาชนตำบลบางไทร อำเภอเมือง จังหวัดสุราษฎร์ธานี ในการจัดการขยะที่ต้นทางที่แตกต่างกัน

การทดสอบสมมติฐาน พบว่าความรู้ ความเข้าใจในการจัดการขยะที่ต้นทาง และพฤติกรรมในการจัดการขยะมูลฝอยชุมชน มีผลต่อการมีส่วนร่วมของประชาชนตำบลบางไทร อำเภอเมือง จังหวัดสุราษฎร์ธานี ในการจัดการขยะที่ต้นทาง

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05 ($p < 0.05$) ตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Khedklinhom (2019) ที่พบว่าความรู้ ความเข้าใจในการจัดการขยะมูลฝอยชุมชน และพฤติกรรมในการจัดการขยะมูลฝอยชุมชนมีความสัมพันธ์กับการมีส่วนร่วมในการจัดการขยะมูลฝอยชุมชนในเขตเทศบาลนครศรีธรรมราชที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ $p < 0.05$ รายละเอียดปรากฏตาม Table 6

Table 6 Statistical analysis between groups in waste management at source and behavior in community solid waste management with participation by people in Bang Sai sub-district, Mueang district, Surat Thani province in managing waste at the source

Relationship	F-test	p-value
Knowledge and understanding of waste management at the source with public participation in waste management at the source	0.24	0.02*
Behavior in managing community solid waste with public participation in waste management at the source	0.62	0.01*

Remark: *significance level of 0.05

สรุปและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาพบว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง คิดเป็นร้อยละ 61.11 มีช่วงอายุ 41 ปีขึ้นไป มีสถานภาพ เป็นคู่อาศัย จำนวนสมาชิกในครัวเรือน 3-4 คน มีระยะเวลา การตั้งถิ่นฐาน 10 ปี ขึ้นไป สำเร็จการศึกษาระดับต่ำกว่า ปริญญาตรีส่วนใหญ่ประกอบอาชีพประมง/รับจ้างทั่วไป/ และเกษตรกรรม มีรายได้ต่อเดือน 10,000–20,000 บาท โดยครัวเรือนตัวอย่างมีความรู้ ความเข้าใจในการจัดการขยะ ที่ต้นทางมากที่สุดในเรื่องของความหมายขยะอินทรีย์ และ พฤติกรรมในการจัดการ ขยะมูลฝอย ทั้ง 5 ด้าน ด้านที่มี ค่าเฉลี่ยสูงสุด คือด้านการจัดการขยะมูลฝอย โดยมีค่าเฉลี่ย อยู่ที่ 1.04 การมีส่วนร่วมของประชาชนต่อการจัดการขยะ มูลฝอยชุมชนทั้ง 4 ด้าน ด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือด้าน การมีส่วนร่วมในการรับผลประโยชน์ โดยมีค่าเฉลี่ย 2.88 ข้อเสนอแนะของประชาชนกลุ่มตัวอย่าง ที่มีความต้องการ มากที่สุด คือให้มีการจัดอบรมให้ความรู้แก่ประชาชนเกี่ยวกับการ คัดแยกขยะมูลฝอย และความคิดเห็นต่อศักยภาพและ ข้อจำกัดในการจัดการขยะที่ต้นทาง 1) ด้านศักยภาพของ ชุมชน/ครัวเรือนในการจัดการขยะที่ต้นทางในพื้นที่ ส่วนใหญ่ ให้ข้อคิดเห็นว่าพื้นที่เพียงพอในการจัดการขยะที่ต้นทาง 2) ข้อจำกัดของชุมชน/ครัวเรือนในการจัดการขยะที่ต้นทาง ในพื้นที่ ส่วนใหญ่พบว่าเนื่องจากชุมชนเป็นทางผ่านที่จะเข้าไป ในเมืองจึงมีปัญหาขยะข้างทางเป็นจำนวนมาก และ 3) แนวทางและความต้องการในการเพิ่มศักยภาพชุมชน/ ครัวเรือน ส่วนใหญ่อยากให้มามีบริการเก็บขนขยะในพื้นที่ เนื่องจากขยะทั่วไปไม่มีที่ทิ้ง และปัจจัยด้านอายุ ระยะเวลาการ ตั้งถิ่นฐานในพื้นที่ ระดับการศึกษา อาชีพ รวมถึงความรู้ ความเข้าใจในการจัดการขยะที่ต้นทาง และพฤติกรรมในการ จัดการขยะมูลฝอยชุมชนมีผลต่อการมีส่วนร่วมของประชาชน ในการจัดการขยะที่ต้นทาง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ข้อมูลที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้ทำให้ทราบถึงสถานการณ์ใน ปัจจุบันของพื้นที่และแนวทางในการขับเคลื่อนให้คนในชุมชนมี ส่วนร่วมในการจัดการขยะที่ต้นทางทั้งในด้านของการส่งเสริม ความรู้ ความเข้าใจในการจัดการขยะที่ต้นทาง ส่งเสริม

พฤติกรรมในการจัดการขยะมูลฝอย ประชาสัมพันธ์ให้เห็นถึง การมีส่วนร่วมในการรับผลประโยชน์จากการจัดการขยะที่ต้นทาง เพื่อขับเคลื่อนให้เป็นชุมชนต้นแบบในการจัดการขยะมูลฝอย ต้นทาง ที่ไม่มีบริการเก็บขนขยะอยู่ใกล้ชุมชนเมือง และมีพื้นที่ ดินแม่น้ำลำคลอง ในการจัดการขยะอย่างถูกต้องต่อไป

REFERENCES

- Chalongchaisit, P. 2015. *People's Behavior and Understanding in Waste Management Case Study: Condominium in Huai Khwang District*. Thammasat University, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Khedklinhom, S. 2019. *Guidelines for Public Participation in Municipal Solid Waste Management: Nakhon Si Thammarat Municipality*. Nakhon Si Thammarat Rajabhat University, Nakhon Si Thammarat, Thailand. (in Thai)
- Likert, R.A. 1961. *New Patterns of Management*. New York. McGraw-Hill Book Company Inc. <https://www.thaiail.com/blog/tag/likert/>, 5 August 2023.
- Pollution Control Department. 2021. *National Solid Waste Management Master Plan (2017-2027)*. Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Ratchatranon, W. 2014. *Research Techniques in Social Science*. Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Registration Management Office Department of Provincial Administration. 2023. *Population of Bang Sai Sub-district, Mueang District, Surat Thani Province*. <https://stat.bora.dopa.go.th/stat/statnew/statMONTH/statmonth/#/displayData>, 3 January 2023.
- Sunthornsamai, W. 2010. *Marketing Research and Marketing Information System*, 2nd ed.

- Technology Promotion Association, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Tuntavanich, P., Jindasri, P. 2018. The real meaning of IOC. **Journal of Educational Measurement, Mahasarakham University**, 24(2): 3-12. (in Thai)
- Vanichbuncha, K. 2007. **Statistics of Research**. Chulalongkorn University Press, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Yamane, T. 1973. **Statistics: an Introductory Analysis**. New York Harper & Row, New York, USA.
-

นิพนธ์ต้นฉบับ

การมีส่วนร่วมของประชาชนของเทศบาลเมืองกาญจนบุรีในการอนุรักษ์พื้นที่ชุ่มน้ำ
ที่มีความสำคัญระดับนานาชาติ: กรณีศึกษาพื้นที่ชุ่มน้ำแม่น้ำแควใหญ่ จังหวัดกาญจนบุรี

People Participation in Kanchanaburi Municipality on International Importance of
Wetlands Conservation: Case Study of Khwae Yai River Wetland, Kanchanaburi Province

พัทธพล ยิ่งประยูร^{1,2*}

Pattaphon Yangprayut^{1,2*}

สุภัทรา ถึกสถิตย์¹

Supattra Thueksathit¹

พัชเรศร์ ชัคตตรัยกุล¹

Patchares Chacuttrikul¹

¹คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

¹Faculty of Forestry, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand

²กองอนุรักษ์ทรัพยากรน้ำ กรมทรัพยากรน้ำ พญาไท กรุงเทพฯ 10400

²Water Resources Conservation and Rehabilitation Division, Department of Water Resources, Phaya Thai, Bangkok 10400, Thailand

*Corresponding Author, E-mail: pattaphon.yang@gmail.com

รับต้นฉบับ 12 มกราคม 2567

รับแก้ไข 1 เมษายน 2567

รับลงพิมพ์ 11 เมษายน 2567

ABSTRACT

Wetlands provide many benefits and functions for humans and the environment. However globally, wetlands face increasing threats, leading to losses in these crucial ecosystems. People participation plays an important role in wetlands conservation. This research studied people participation in Kanchanaburi Municipality and the factors affecting their participation in the conservation of the Khwae Yai River Wetland. Data were collected using a questionnaire and interviewing 391 households in Kanchanaburi Municipality based on simple random sampling. The collected data were analyzed using t-tests and F-tests at the significance level of 0.05.

Based on the results, most respondents were female in the age range 41–50 years old. Most respondents had been educated to the bachelor's degree level. The most common occupation was in business with a monthly income of THB 10,000–20,000 and the average duration of residence was 34.13 years. More than one-half of the respondents had received conservation information (69.3%) but nearly all were not members of a conservation group (92.8%) and many had never received conservation training (65.0%). There was some opinion that the Khwae Yai River had seen positive changes (29.9%). Furthermore, knowledge about wetlands was at a high level ($\bar{x} = 6.86$), as was knowledge about wetland conservation ($\bar{x} = 11.01$). However, participation in Khwae Yai River Wetland conservation was at a moderate level ($\bar{x} = 2.61$) and ecosystem services obtained from the Wetland were also at a moderate level ($\bar{x} = 3.50$). Additionally, factors affecting people participation in Kanchanaburi Municipality in Khwae Yai River wetland conservation included: occupation, monthly income, knowledge about wetlands and wetland conservation, opinions about the Khwae Yai River situation and ecosystem services obtained from wetland. Therefore, it is recommended that the related agencies develop a wetland management plan to ensure connectivity and continuity in promoting community participation in wetland conservation.

Keywords: Participation; Wetlands; Conservation; Khwae Yai River

บทคัดย่อ

พื้นที่ชุ่มน้ำให้ประโยชน์และมีบทบาทหน้าที่อันหลากหลายต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม แต่พื้นที่ชุ่มน้ำทั่วโลกถูกคุกคามเพิ่มมากขึ้นและนำไปสู่การสูญเสียพื้นที่ชุ่มน้ำ ดังนั้นการมีส่วนร่วมของประชาชนถือว่ามีความสำคัญในการอนุรักษ์ ซึ่งการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระดับการมีส่วนร่วมของประชาชนในเทศบาลเมืองกาญจนบุรีและปัจจัยที่มีผลต่อการมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์พื้นที่ชุ่มน้ำแม่น้ำแควใหญ่ เก็บข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามสัมภาษณ์ครัวเรือน จำนวน 391 ครัวเรือน จากครัวเรือนของเทศบาลเมืองกาญจนบุรี ด้วยวิธีสุ่มตัวอย่างแบบง่ายและวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติ t-test และ F-test ที่ระดับนัยความสำคัญทางสถิติ 0.05

ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง อายุระหว่าง 41–50 ปี มีการศึกษาในระดับปริญญาตรี ประกอบอาชีพธุรกิจส่วนตัว มีรายได้ 10,000–20,000 บาทต่อเดือน และมีระยะเวลาที่อาศัยเฉลี่ย 34.13 ปี ส่วนในด้านการอนุรักษ์ พบว่า ส่วนใหญ่รับรู้ข่าวสารเกี่ยวกับการอนุรักษ์ ร้อยละ 69.3 แต่ไม่ได้เป็นสมาชิกกลุ่มอนุรักษ์ ร้อยละ 92.8 และไม่เคยได้รับการฝึกอบรมด้านการอนุรักษ์ ร้อยละ 65.0 ซึ่งส่วนใหญ่มีความคิดเห็นว่าแม่น้ำแควใหญ่มีการเปลี่ยนแปลงที่ดีขึ้น ร้อยละ 29.9 นอกจากนี้กลุ่มตัวอย่างมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับพื้นที่ชุ่มน้ำอยู่ในระดับมาก ($\bar{x} = 6.86$) เช่นเดียวกับความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการอนุรักษ์พื้นที่ชุ่มน้ำที่อยู่ในระดับมาก ($\bar{x} = 11.01$) ขณะที่การมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์พื้นที่ชุ่มน้ำแม่น้ำแควใหญ่อยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{x} = 2.61$) และการได้รับการทางนิเวศจากพื้นที่ชุ่มน้ำแม่น้ำแควใหญ่อยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{x} = 3.50$) สำหรับปัจจัยที่มีผลต่อการมีส่วนร่วมของประชาชนของเทศบาลเมืองกาญจนบุรีในการอนุรักษ์พื้นที่ชุ่มน้ำแม่น้ำแควใหญ่ ได้แก่ อาชีพ รายได้ต่อเดือน ความคิดเห็นเกี่ยวกับสภาพของแม่น้ำแควใหญ่ ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับพื้นที่ชุ่มน้ำและการอนุรักษ์พื้นที่ชุ่มน้ำ และการได้รับการทางนิเวศจากพื้นที่ชุ่มน้ำแม่น้ำแควใหญ่ ดังนั้นหน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรนำผลการศึกษาไปประกอบการพิจารณาการจัดทำแผนการบริหารจัดการพื้นที่ชุ่มน้ำเพื่อให้เกิดความเชื่อมโยงและความต่อเนื่องของการส่งเสริมการมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์พื้นที่ชุ่มน้ำแม่น้ำแควใหญ่

คำสำคัญ: การมีส่วนร่วม พื้นที่ชุ่มน้ำ การอนุรักษ์ แม่น้ำแควใหญ่

คำนำ

พื้นที่ชุ่มน้ำ (wetlands) เป็นระบบนิเวศที่มีความสำคัญซึ่งมีลักษณะของระบบนิเวศที่หลากหลายทั้งที่เป็นแหล่งน้ำนิ่งและแหล่งน้ำไหล ทั้งที่เป็นน้ำจืด น้ำกร่อย และน้ำเค็ม ทั้งที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติและมนุษย์สร้างขึ้น (Convention on Wetlands Secretariat, 1971) ซึ่งพื้นที่ชุ่มน้ำมีคุณค่าต่อเศรษฐกิจ สังคม วัฒนธรรม อีกทั้งมีบทบาทสำคัญทางอุทกวิทยาและนิเวศวิทยา โดยพื้นที่ชุ่มน้ำให้บริการทางนิเวศ (ecosystem services) ทั้ง 4 ด้าน กับมนุษย์ ได้แก่ บริการด้านการเป็นแหล่งผลิต (provisioning services) บริการด้านการควบคุม (regulating services) บริการด้านวัฒนธรรม (cultural services) และบริการด้านเกื้อหนุน (supporting services) (Millennium Ecosystem Assessment, 2005) แต่ปัจจุบันพื้นที่ชุ่มน้ำทั่วโลก รวมถึงประเทศไทยกำลังอยู่ในภาวะถูกคุกคามและเสื่อมโทรม เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์พื้นที่ชุ่มน้ำ การขาดความตระหนักรู้ถึงคุณค่าและความสำคัญของพื้นที่ชุ่มน้ำของประชาชนในพื้นที่และการใช้ประโยชน์ทรัพยากรมากเกินไปเกินศักยภาพ ซึ่งปัญหาเหล่านี้จะทำให้ทรัพยากรธรรมชาติเสื่อมโทรมหรือเปลี่ยนแปลงจนไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้เช่นเดิมและนำไปสู่การสูญเสียพื้นที่ชุ่มน้ำ (ONEP, 2020)

แม่น้ำแควใหญ่ จังหวัดกาญจนบุรี ถูกจัดเป็นพื้นที่ชุ่มน้ำที่มีความสำคัญระดับนานาชาติ เป็นระบบนิเวศแม่น้ำที่อยู่นอกเหนือเขตอนุรักษ์ มีขนาดพื้นที่ 7.67 ตารางกิโลเมตร

(4,796 ไร่) ไหลผ่านอำเภอสังขละบุรี อำเภอทองผาภูมิ อำเภอศรีสวัสดิ์ และอำเภอเมืองกาญจนบุรี จังหวัดกาญจนบุรี โดยพบพรรณพืชที่บริเวณริมตลิ่งในแม่น้ำอย่างน้อย 45 ชนิด พบปลาอย่างน้อย 102 ชนิด และพบสัตว์ป่าที่อยู่ในสถานภาพถูกคุกคามและสถานภาพใกล้สูญพันธุ์ของโลก (ONEP, 1999) โดยในช่วงท้ายของแม่น้ำแควใหญ่ ซึ่งครอบคลุมพื้นที่เทศบาลเมืองกาญจนบุรี มีลักษณะเป็นที่ราบลุ่มบริเวณกว้าง (Hydro-Agro Informatics Institute, 2012) จึงมีการใช้ประโยชน์ที่หลากหลายจากประชาชนของเทศบาลเมืองกาญจนบุรี ในกิจกรรมด้านต่าง ๆ ที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำและระบบนิเวศ ทั้งทางด้านการอุปโภคบริโภคและการเป็นที่อยู่อาศัย เช่น น้ำทิ้งของชุมชนใกล้ริมฝั่งแม่น้ำทำให้เกิดของเสียและสิ่งปฏิกูลปล่อยลงสู่แม่น้ำ ด้านการเกษตร เช่น สารเคมีจากการเกษตรถูกชะล้างลงสู่แม่น้ำก่อให้เกิดการปนเปื้อนของสารเคมี ด้านธุรกิจและการท่องเที่ยว เช่น การปล่อยน้ำมันจากเรือยนต์ยวลงสู่แม่น้ำส่งผลต่อคุณภาพน้ำ เป็นต้น ซึ่งนำไปสู่ความเสื่อมโทรมของสิ่งแวดล้อมและการลดลงของความหลากหลายทางชีวภาพ (Lerdburoos, 2014)

ทั้งนี้ประเทศไทยในฐานะภาคีสมาชิกภายใต้อนุสัญญาว่าด้วยพื้นที่ชุ่มน้ำ (Ramsar convention) ได้ตระหนักถึงความสำคัญต่อการส่งเสริมและสนับสนุนให้เกิดกลไกในการสร้างกระบวนการมีส่วนร่วมของทุกภาคส่วนในการบริหารจัดการพื้นที่ชุ่มน้ำที่สอดคล้องกับบริบทของชุมชนและได้นำแนวทางการเสริมสร้างการสื่อสารและองค์ความรู้ (communication and capacity building) การศึกษา

(education) การมีส่วนร่วม (participation) และความตระหนัก (awareness) หรือที่เรียกว่า CEPA approach ไปปฏิบัติอย่างเป็นรูปธรรม (ONEP, 2020) นอกจากนี้ตามมติคณะรัฐมนตรีเมื่อวันที่ 3 พฤศจิกายน พ.ศ. 2552 เรื่องมาตรการอนุรักษ์พื้นที่ชุ่มน้ำ ได้ให้มีการสร้างจิตสำนึกและปลูกฝังความรู้ความเข้าใจในคุณค่าความสำคัญและการใช้ประโยชน์พื้นที่ชุ่มน้ำอย่างยั่งยืนแก่ทุกภาคส่วน รวมทั้งให้ชุมชนมีส่วนร่วมในการวางแผนการจัดการพื้นที่ชุ่มน้ำ จะเห็นได้ว่าการมีส่วนร่วมเป็นส่วนหนึ่งของแนวทางที่ช่วยให้ประชาชนเข้าใจในคุณค่า เกิดความตระหนักและกระตุ้นให้ประชาชนดำเนินการอนุรักษ์และใช้ประโยชน์พื้นที่ชุ่มน้ำอย่างชาญฉลาด ดังนั้นการศึกษาการมีส่วนร่วมของประชาชนของเทศบาลเมืองกาญจนบุรีในการอนุรักษ์พื้นที่ชุ่มน้ำแม่น้ำแควใหญ่ จึงมีความสำคัญและความจำเป็นอย่างยิ่ง ซึ่งการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อศึกษาระดับการมีส่วนร่วมและปัจจัยที่มีผลต่อการมีส่วนร่วมของประชาชนของเทศบาลเมืองกาญจนบุรีในการอนุรักษ์พื้นที่ชุ่มน้ำแม่น้ำแควใหญ่ รวมทั้งศึกษาความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับพื้นที่ชุ่มน้ำและการอนุรักษ์พื้นที่ชุ่มน้ำ และการให้บริการทางนิเวศจากพื้นที่ชุ่มน้ำ ทั้งนี้ผลการศึกษานี้สามารถนำไปประกอบการวางแผนการบริหารจัดการและการใช้ประโยชน์พื้นที่ชุ่มน้ำแม่น้ำแควใหญ่อย่างชาญฉลาดและยั่งยืนต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรสำหรับการวิจัยครั้งนี้ คือ คราวเรือนในเทศบาลเมืองกาญจนบุรี จังหวัดกาญจนบุรี ซึ่งประกอบด้วย 27 ชุมชน มีจำนวนครัวเรือนทั้งสิ้น 15,940 ครัวเรือน และเมื่อคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่างจากสูตรของ Yamane (1973) โดยกำหนดความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 0.05 จะได้ขนาดกลุ่มตัวอย่างเท่ากับ 391 ครัวเรือน จากนั้นจึงทำการกระจายสัดส่วนจำนวนตัวอย่างตามสัดส่วนครัวเรือนในแต่ละชุมชนด้วยสูตรกระจายตามสัดส่วนของ Jamikorn (1983)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ แบบสอบถามซึ่งแบ่งออกเป็น 5 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปด้านเศรษฐกิจและสังคม

ส่วนที่ 2 ข้อมูลการอนุรักษ์

ส่วนที่ 3 ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับพื้นที่ชุ่มน้ำและการอนุรักษ์พื้นที่ชุ่มน้ำ

ส่วนที่ 4 การมีส่วนร่วมของประชาชนของเทศบาลเมืองกาญจนบุรีในการอนุรักษ์พื้นที่ชุ่มน้ำแม่น้ำแควใหญ่

ส่วนที่ 5 การให้บริการทางนิเวศจากพื้นที่ชุ่มน้ำแม่น้ำแควใหญ่

การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การหาความเที่ยงตรง (validity)

ได้นำแบบสอบถามให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความเที่ยงตรงของเนื้อหาและความครอบคลุมตามวัตถุประสงค์การวิจัย จากนั้นนำแบบสอบถามไปปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญต่อไป

การหาความเชื่อมั่น (reliability)

นำแบบสอบถาม จำนวน 30 ชุด ไปทดลองใช้กับประชากรที่มีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่างและอยู่ในพื้นที่ที่ใกล้เคียงกับพื้นที่ศึกษา ซึ่งการหาความเชื่อมั่นของแบบสอบถามในส่วนที่ 3 ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับพื้นที่ชุ่มน้ำและการอนุรักษ์พื้นที่ชุ่มน้ำ โดยวิธี Kuder-Richardson Method ด้วยสูตร KR-20 (Prasertsin, 2020) พบว่า มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.704 และ 0.754 ตามลำดับ และในการหาความเชื่อมั่นของแบบสอบถามในส่วนที่ 4 การมีส่วนร่วมของประชาชนของเทศบาลเมืองกาญจนบุรีในการอนุรักษ์พื้นที่ชุ่มน้ำแม่น้ำแควใหญ่ และส่วนที่ 5 การได้รับการบริการทางนิเวศจากพื้นที่ชุ่มน้ำแม่น้ำแควใหญ่ โดยวิธี Cronbach's alpha method (Vanichbuncha, 2006) พบว่า มีค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.960 และ 0.845 ตามลำดับ

การเก็บรวบรวมข้อมูล

นำแบบสอบถามไปดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้วิธีสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (simple random sampling) ในการสุ่มเลือกครัวเรือนในแต่ละชุมชนจนครบตามจำนวนที่ต้องการ รวมทั้งตรวจสอบความถูกต้องและความสมบูรณ์ของแบบสอบถามทุกฉบับ

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับพื้นที่ชุ่มน้ำและการอนุรักษ์พื้นที่ชุ่มน้ำ

มีเกณฑ์การให้คะแนน คือ ตอบคำถามถูกได้ 1 คะแนน และตอบคำถามผิดได้ 0 คะแนน ซึ่งแบ่งระดับความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับพื้นที่ชุ่มน้ำออกเป็น 3 ระดับ ดังนี้

ค่าคะแนนเฉลี่ย 0.00–3.33 หมายถึง มีความรู้ความเข้าใจในระดับน้อย

ค่าคะแนนเฉลี่ย 3.34–6.66 หมายถึง มีความรู้ความเข้าใจในระดับปานกลาง

ค่าคะแนนเฉลี่ย 6.67–10.00 หมายถึง มีความรู้ความเข้าใจในระดับมาก

ส่วนระดับความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการอนุรักษ์พื้นที่ชุ่มน้ำ แบ่งออกเป็น 3 ระดับ ดังนี้

ค่าคะแนนเฉลี่ย 0.00–5.00 หมายถึง มีความรู้ความเข้าใจในระดับน้อย

ค่าคะแนนเฉลี่ย 5.01–10.00 หมายถึง มีความรู้ความเข้าใจในระดับปานกลาง

ค่าคะแนนเฉลี่ย 10.01–15.00 หมายถึง มีความรู้ความเข้าใจในระดับมาก

การวิเคราะห์ข้อมูลการมีส่วนร่วมของประชาชนของเทศบาลเมืองกาญจนบุรีในการอนุรักษ์พื้นที่ชุ่มน้ำแม่น้ำแควใหญ่
มีเกณฑ์การให้คะแนนตามมาตรวัดของลิเคิร์ท (Likert scale) คือ มีส่วนร่วมในระดับมากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด จะได้คะแนนเท่ากับ 5, 4, 3, 2, 1 คะแนนตามลำดับ ซึ่งแบ่งระดับการมีส่วนร่วมออกเป็น 3 ระดับ ดังนี้

ค่าคะแนนเฉลี่ย 1.00–2.33 หมายถึง การมีส่วนร่วมระดับน้อย

ค่าคะแนนเฉลี่ย 2.34–3.67 หมายถึง การมีส่วนร่วมระดับปานกลาง

ค่าคะแนนเฉลี่ย 3.68–5.00 หมายถึง การมีส่วนร่วมระดับมาก

การวิเคราะห์ข้อมูลการได้รับบริการทางนิเวศจากพื้นที่ชุ่มน้ำแม่น้ำแควใหญ่

มีเกณฑ์การให้คะแนนตามมาตรวัดของลิเคิร์ท (Likert scale) คือ ได้รับบริการทางนิเวศในระดับมากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด จะได้คะแนนเท่ากับ 5, 4, 3, 2 และ 1 คะแนน ตามลำดับ ซึ่งแบ่งระดับการได้รับบริการทางนิเวศออกเป็น 3 ระดับ ดังนี้

ค่าคะแนนเฉลี่ย 1.00–2.33 หมายถึง การได้รับบริการทางนิเวศระดับน้อย

ค่าคะแนนเฉลี่ย 2.34–3.67 หมายถึง การได้รับบริการทางนิเวศระดับปานกลาง

ค่าคะแนนเฉลี่ย 3.68–5.00 หมายถึง การได้รับบริการทางนิเวศระดับมาก

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

สถิติเชิงพรรณนา (descriptive statistics)

ใช้ค่าสถิติเพื่อวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปและอธิบายลักษณะของข้อมูล ได้แก่ ค่าความถี่ (frequency) ค่าร้อยละ (percentage) ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ค่าสูงสุด (maximum) ค่าต่ำสุด (minimum) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation)

สถิติเชิงอนุมาน (inferential statistics)

ใช้ค่าสถิติ t-test และ F-test ในการทดสอบสมมติฐานเพื่อทดสอบปัจจัยที่มีผลต่อการมีส่วนร่วมของประชาชนของเทศบาลเมืองกาญจนบุรีในการอนุรักษ์พื้นที่ชุ่มน้ำแม่น้ำแควใหญ่ โดยกำหนดค่านัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ผลและวิจารณ์

ข้อมูลทั่วไปด้านเศรษฐกิจและสังคม

เพศของกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง คิดเป็นร้อยละ 58.6 รองลงมาเป็นเพศชาย และกลุ่มความหลากหลายทางเพศ (LGBTQ+) คิดเป็นร้อยละ 37.1 และ 4.3 ตามลำดับ โดยกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีอายุอยู่ในช่วง 41–50 ปี คิดเป็นร้อยละ 29.4 รองลงมาคืออายุ 51–60 ปี อายุ 31–40 ปี อายุ 61 ปีขึ้นไป อายุ 21–30 ปี และอายุ 18–20 ปี คิดเป็นร้อยละ 23.8, 22.5, 14.8, 7.7 และ 1.8 ตามลำดับ ซึ่งส่วนใหญ่มีระยะเวลาที่อาศัยอยู่ในพื้นที่เทศบาลมากกว่า 30 ปี คิดเป็นร้อยละ 55.2 รองลงมา คือ 11–30 ปี และไม่เกิน 10 ปี คิดเป็นร้อยละ 36.6 และ 8.2 ตามลำดับ โดยมีระยะเวลาที่อาศัยเฉลี่ยเท่ากับ 34.13 ปี (S.D. = 15.34) ซึ่งระยะเวลาที่อาศัยสูงสุดเท่ากับ 68 ปี และต่ำสุดเท่ากับ 3 ปี ในขณะที่ระดับการศึกษาพบว่าส่วนใหญ่มีการศึกษาในระดับปริญญาตรี คิดเป็นร้อยละ 46.0 รองลงมา มีการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายหรือเทียบเท่า อนุปริญญาหรือเทียบเท่า ประถมศึกษา มัธยมศึกษาตอนต้นหรือเทียบเท่า และสูงกว่าปริญญาตรี คิดเป็นร้อยละ 19.4, 12.0, 10.2, 9.7 และ 2.6 ตามลำดับ ในด้านสถานภาพทางสังคม พบว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ไม่มีสถานภาพทางสังคม (ลูกบ้าน) คิดเป็นร้อยละ 74.9 และมีสถานภาพทางสังคม (นายกเทศมนตรี คณะผู้บริหารเทศบาล สมาชิกสภาเทศบาล ผู้นำชุมชนหรือประธานชุมชน ข้าราชการหรือเจ้าหน้าที่เทศบาล และอาสาสมัคร) คิดเป็นร้อยละ 25.1

ในด้านอาชีพและรายได้ กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ประกอบอาชีพธุรกิจส่วนตัว คิดเป็นร้อยละ 38.4 รองลงมา คือ อาชีพรับจ้างทั่วไป ไม่ได้ประกอบอาชีพ อาชีพพนักงานบริษัท/โรงงาน/อุตสาหกรรม อาชีพรับราชการ/รัฐวิสาหกิจ/พนักงานราชการ/ลูกจ้างของรัฐ และอาชีพเกษตรกร คิดเป็นร้อยละ 18.9, 14.1, 12.8, 11.3 และ 4.6 ตามลำดับ ในขณะที่รายได้ต่อเดือน ส่วนใหญ่มีรายได้ในช่วง 10,000–20,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 35.3 รองลงมา คือ มีรายได้ 20,001–30,000 บาท มีรายได้ต่ำกว่า 10,000 บาท มีรายได้ 30,001–40,000 บาท มีรายได้ 40,001–50,000 บาท และมีรายได้มากกว่า 50,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 26.6, 24.8, 7.7, 4.1 และ 1.5 ตามลำดับ

ข้อมูลการอนุรักษ์

การรับรู้ข่าวสารเกี่ยวกับการอนุรักษ์ กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ได้รับรู้ข่าวสาร คิดเป็นร้อยละ 69.3 โดยได้รับรู้ข่าวสารจากวิทยุ/โทรทัศน์มากที่สุด และมีความถี่ในการได้รับคือ 2–3 วันต่อครั้ง ส่วนกลุ่มตัวอย่างที่ไม่ได้รับรู้ข่าวสารเกี่ยวกับการอนุรักษ์ใด ๆ คิดเป็นร้อยละ 30.7 ในด้านการเป็น

สมาชิกกลุ่มอนุรักษ์ พบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ร้อยละ 92.8 ไม่ได้เป็นสมาชิกอนุรักษ์ มีเพียงร้อยละ 7.2 ที่เป็นสมาชิกกลุ่มอนุรักษ์ โดยเป็นสมาชิกกลุ่มอาสาสมัครท้องถิ่นรักษ์โลก (อถล.) และเครือข่ายอาสาสมัครพิทักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมหมู่บ้าน (ทสม.) ในขณะที่การได้รับการฝึกอบรมด้านการอนุรักษ์ พบว่า ส่วนใหญ่ไม่เคยได้รับการฝึกอบรม คิดเป็นร้อยละ 65.0 และเคยได้รับฝึกอบรม คิดเป็นร้อยละ 35.0 โดยได้รับการฝึกอบรมในประเด็นเกี่ยวกับทรัพยากรน้ำมากที่สุดและได้รับการฝึกอบรมจากเทศบาลมากที่สุด ส่วนในด้านความคิดเห็นเกี่ยวกับสภาพของแม่น้ำแควใหญ่ พบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีความคิดเห็นว่าแม่น้ำแควใหญ่มีการเปลี่ยนแปลงที่ดีขึ้น คิดเป็นร้อยละ 29.9 เนื่องจากเห็นว่าการจัดการภูมิทัศน์เป็นระเบียบเรียบร้อย มีความสะอาดของแม่น้ำและบริเวณโดยรอบมากขึ้น ความคิดเห็นรองลงมาคือ ไม่แน่ใจว่ามีการเปลี่ยนแปลงที่ดีขึ้นหรือแย่ลง ร้อยละ 27.1 ความคิดเห็นว่ามีการเปลี่ยนแปลงที่แย่ลง ร้อยละ 25.3 เนื่องจากเห็นความสกปรกต่าง ๆ บริเวณแม่น้ำ รวมถึงมีการก่อสร้างบริเวณตลิ่งริมแม่น้ำทำให้สภาพธรรมชาติของแม่น้ำลดลง และกลุ่มที่มีความคิดเห็นว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงของสภาพแม่น้ำแควใหญ่ ร้อยละ 17.6

ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับพื้นที่ชุ่มน้ำและการอนุรักษ์พื้นที่ชุ่มน้ำ

ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับพื้นที่ชุ่มน้ำของกลุ่มตัวอย่างโดยรวมอยู่ในระดับมาก มีค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 6.86 (S.D. = 2.11) โดยมีคะแนนสูงสุดเท่ากับ 10 คะแนน และต่ำสุดเท่ากับ 3 คะแนน โดยประเด็นที่กลุ่มตัวอย่างมีความรู้

ความเข้าใจมากที่สุด คือ พื้นที่ชุ่มน้ำเป็นพื้นที่ที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติและมนุษย์สร้างขึ้นได้ ในขณะที่ประเด็นที่กลุ่มตัวอย่างมีความรู้ความเข้าใจน้อยที่สุด มี 2 ประเด็น โดยประเด็นแรก คือ กลุ่มตัวอย่างมีความเข้าใจว่าทะเลไม่ได้จัดเป็นพื้นที่ชุ่มน้ำ ซึ่งตามนิยามของคำว่าพื้นที่ชุ่มน้ำนั้นครอบคลุมทั้งระบบนิเวศน้ำจืด น้ำกร่อย และน้ำเค็ม ดังนั้นระบบนิเวศทะเลและชายฝั่งจึงจัดเป็นพื้นที่ชุ่มน้ำประเภทหนึ่ง ส่วนอีกประเด็น คือ กลุ่มตัวอย่างมีความเข้าใจว่าพื้นที่ชุ่มน้ำมีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์เท่านั้น ซึ่งอาจไม่ได้คำนึงถึงว่าพื้นที่ชุ่มน้ำนั้นมีความสำคัญและเอื้อประโยชน์ต่อสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ทั้งชนิดพรรณพืชและสัตว์ด้วย

ในส่วนของการรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการอนุรักษ์พื้นที่ชุ่มน้ำโดยรวมอยู่ในระดับมากเช่นเดียวกัน ซึ่งมีค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 11.01 (S.D. = 3.04) โดยมีคะแนนสูงสุดเท่ากับ 15 คะแนน และต่ำสุดเท่ากับ 4 คะแนน โดยประเด็นที่กลุ่มตัวอย่างมีความรู้ความเข้าใจมากที่สุด คือ การใช้ประโยชน์ทรัพยากรธรรมชาติในพื้นที่ชุ่มน้ำอย่างชาญฉลาดเป็นการอนุรักษ์พื้นที่ชุ่มน้ำ ในขณะที่ประเด็นที่กลุ่มตัวอย่างมีความรู้ความเข้าใจน้อยที่สุด คือ กลุ่มตัวอย่างมีความเข้าใจว่าการไม่ใช้ประโยชน์ทรัพยากรใด ๆ ในพื้นที่ชุ่มน้ำคือการอนุรักษ์พื้นที่ชุ่มน้ำให้เกิดความยั่งยืน ซึ่งตามหลักการอนุรักษ์นั้นการสงวนหรือไม่ใช้ประโยชน์ทรัพยากรใด ๆ เป็นเพียงวิธีการหนึ่งเท่านั้น แต่การอนุรักษ์พื้นที่ชุ่มน้ำให้เกิดความยั่งยืนควรมีการผสมผสานวิธีการอนุรักษ์และควรรู้จักการใช้ทรัพยากรในพื้นที่ชุ่มน้ำอย่างชาญฉลาดและเหมาะสมเพื่อจะได้อำนวยประโยชน์ต่อความเป็นอยู่ของมนุษย์และสิ่งแวดล้อมตลอดไป (Table 1)

Table 1 Levels of knowledge about wetlands and wetland conservation in Kanchanaburi Municipality regarding Khwae Yai River Wetland

Knowledge	Level of knowledge			$\bar{x}$	S.D.	Overall level
	Low	Moderate	High			
Wetlands	42 (10.7)	119 (30.4)	230 (58.8)	6.86 (Min=3, Max=10)	2.11	High
Wetland conservation	35 (9.0)	101 (25.8)	255 (65.2)	11.01 (Min=4, Max=15)	3.04	High

Remark: Percentages shown in parentheses

การมีส่วนร่วมของประชาชนของเทศบาลเมืองกาญจนบุรีในการอนุรักษ์พื้นที่ชุ่มน้ำแม่น้ำแควใหญ่

การมีส่วนร่วมของประชาชนของเทศบาลเมืองกาญจนบุรีในการอนุรักษ์พื้นที่ชุ่มน้ำแม่น้ำแควใหญ่ โดยรวมอยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{x}$ = 2.61, S.D. = 1.11) โดยเมื่อพิจารณา

รูปแบบของการมีส่วนร่วม พบว่า การมีส่วนร่วมทั้ง 4 รูปแบบ คือ การมีส่วนร่วมในการรับผลประโยชน์ ($\bar{x}$ = 2.85, S.D. = 1.25) การมีส่วนร่วมในการวางแผน ($\bar{x}$ = 2.60, S.D. = 1.15) การมีส่วนร่วมในการติดตามและประเมินผล ($\bar{x}$ = 2.58, S.D. = 1.17) และการมีส่วนร่วมในการปฏิบัติ ($\bar{x}$ = 2.56, S.D. = 1.17) อยู่ในระดับ

ปานกลางเช่นเดียวกัน (Table 2) ซึ่งจะเห็นได้ว่าการมีส่วนร่วมในการรับผลประโยชน์มีค่าคะแนนเฉลี่ยมากที่สุด ($\bar{x} = 2.85$, S.D. = 1.25) สาเหตุอาจเพราะประชาชนในเทศบาลเมืองกาญจนบุรีส่วนใหญ่ยังคงได้รับประโยชน์ทั้งทางตรงและทางอ้อมจากพื้นที่ชุ่มน้ำแม่น้ำแควใหญ่ เช่น การอุปโภคบริโภค การเป็นแหล่งสร้างอาชีพและรายได้ การเป็นแหล่งท่องเที่ยว เป็นต้น ในขณะที่การมีส่วนร่วมในการปฏิบัติมีค่าคะแนนเฉลี่ยน้อยที่สุด ($\bar{x} = 2.56$, S.D. = 1.17) สาเหตุอาจเพราะประชาชนใน

เทศบาลเมืองกาญจนบุรี มีวิถีชีวิตในบริบทของความเป็นเมือง ทำให้ไม่ได้ให้ความสนใจในการอนุรักษ์พื้นที่ชุ่มน้ำหรือทรัพยากรธรรมชาติมากนัก จึงทำให้การเข้ามามีบทบาทหรือมีส่วนร่วมในการปฏิบัติในกิจกรรมอนุรักษ์มีค่าคะแนนเฉลี่ยน้อยที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Chantre and Chantre (2018) ที่พบว่า ประชาชนมีส่วนร่วมด้านการแบ่งปันผลประโยชน์มากที่สุดและมีส่วนร่วมด้านการดำเนินการน้อยที่สุดในการอนุรักษ์และฟื้นฟูป่าชายเลนเพื่อพัฒนาความหลากหลายทางชีวภาพ

Table 2 Levels of participation in Kanchanaburi Municipality regarding Khwae Yai River wetland conservation

n=391

Participation	Level of participation			$\bar{x}$	S.D.	Level
	Low	Moderate	High			
Planning	187 (47.8)	118 (30.2)	86 (22.0)	2.60	1.15	Moderate
Implementation	166 (42.5)	141 (36.0)	84 (21.5)	2.56	1.17	Moderate
Obtaining a benefit	148 (37.9)	109 (27.8)	134 (34.3)	2.85	1.25	Moderate
Monitoring and evaluation	167 (42.7)	138 (35.3)	86 (22.0)	2.58	1.17	Moderate
Overall average				2.61	1.11	Moderate

Remark: Percentages shown in parentheses

การได้รับบริการทางนิเวศจากพื้นที่ชุ่มน้ำแม่น้ำแควใหญ่

การได้รับบริการทางนิเวศจากพื้นที่ชุ่มน้ำแม่น้ำแควใหญ่ของกลุ่มตัวอย่างโดยรวมอยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{x} = 3.50$, S.D. = 0.89) โดยเมื่อพิจารณาในแต่ละด้านของการได้รับบริการทางนิเวศ พบว่า ด้านวัฒนธรรม ($\bar{x} = 3.81$, S.D. = 0.88) จัดอยู่ในระดับมาก ซึ่งเป็นด้านที่มีค่าคะแนนเฉลี่ยมากที่สุด ส่วนด้านเกื้อหนุน ($\bar{x} = 3.63$, S.D. = 0.96) ด้านการควบคุม ($\bar{x} = 3.47$, S.D. = 0.99) และด้านการเป็นแหล่งผลิต ($\bar{x} = 3.23$, S.D. = 1.08) จัดอยู่ในระดับปานกลาง (Table 3) ซึ่งประเด็นการได้รับบริการทางนิเวศจากพื้นที่ชุ่มน้ำแม่น้ำแควใหญ่ ที่กลุ่มตัวอย่างได้ประโยชน์มากที่สุดของแต่ละด้าน พบว่า ด้านการเป็นแหล่งผลิต คือ แม่น้ำแควใหญ่เป็นแหล่งน้ำใช้เพื่ออุปโภคบริโภค ด้านการควบคุม คือ แม่น้ำแควใหญ่เป็นแหล่งให้ความชุ่มชื้นร่มเงา ช่วยลดอุณหภูมิ ด้านวัฒนธรรม คือ แม่น้ำแควใหญ่เป็นสถานที่ท่องเที่ยว

เชิงนิเวศ และด้านเกื้อหนุน คือ แม่น้ำแควใหญ่เป็นแหล่งพักพิงและถิ่นอาศัยของพืชและสัตว์

นอกจากนี้เมื่อพิจารณาประเด็นทั้งหมดจากทั้ง 4 ด้านของการได้รับบริการทางนิเวศ พบว่า ในประเด็นที่แม่น้ำแควใหญ่เป็นสถานที่ท่องเที่ยวเชิงนิเวศเป็นบริการทางนิเวศหรือประโยชน์ที่กลุ่มตัวอย่างได้รับมากที่สุด อาจเนื่องมาจากในพื้นที่เทศบาลเมืองกาญจนบุรีอยู่ใกล้แม่น้ำแควใหญ่ตอนล่าง ซึ่งเป็นศูนย์กลางของการท่องเที่ยวทางธรรมชาติที่ใกล้ชิดเมือง รวมถึงเป็นแหล่งที่ตั้งของสถานที่สำคัญทางศาสนา วัฒนธรรม และประวัติศาสตร์ ส่วนประเด็นที่กลุ่มตัวอย่างได้รับบริการทางนิเวศหรือประโยชน์น้อยที่สุด คือ แม่น้ำแควใหญ่เป็นแหล่งวัสดุไม้ฟืนใช้สำหรับเป็นเชื้อเพลิงในครัวเรือน อาจเพราะพื้นที่ชุ่มน้ำแม่น้ำแควใหญ่ที่ผ่านบริเวณเทศบาลเมืองกาญจนบุรีไม่ได้มีลักษณะเป็นป่าไม้หรือมีไม้ที่ใช้สำหรับทำไม้ฟืน รวมถึงบริบทของความเป็นเมือง จึงทำให้ชุมชนไม่ได้มีการใช้ประโยชน์ในประเด็นนี้

Table 3 Levels of ecosystem services obtained from Khwae Yai River wetland

n=391

Ecosystem services	Level of ecosystem services obtained from Khwae Yai River Wetland			$\bar{x}$	S.D.	Level
	Low	Moderate	High			
Provisioning services	87 (22.3)	163 (41.7)	141 (36.0)	3.23	1.08	Moderate
Regulating services	51 (13.0)	162 (41.5)	178 (45.5)	3.47	0.99	Moderate
Cultural services	25 (6.4)	121 (30.9)	245 (62.7)	3.81	0.88	High
Supporting services	40 (10.2)	152 (38.9)	199 (50.9)	3.63	0.96	Moderate
Overall average				3.50	0.89	Moderate

Remark: Percentages shown in parentheses

ปัจจัยที่มีผลต่อการมีส่วนร่วมของประชาชนของเทศบาลเมืองกาญจนบุรีในการอนุรักษ์พื้นที่ชุ่มน้ำแม่น้ำแควใหญ่

ปัจจัยที่มีผลต่อการมีส่วนร่วมของประชาชนของเทศบาลเมืองกาญจนบุรีในการอนุรักษ์พื้นที่ชุ่มน้ำแม่น้ำแควใหญ่ ได้แก่ อาชีพ ($F = 3.980, p = 0.002$) รายได้ต่อเดือน ($F = 5.249, p < 0.001$) ความคิดเห็นเกี่ยวกับสภาพของแม่น้ำแควใหญ่ ($F = 4.286, p = 0.005$) ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับพื้นที่ชุ่มน้ำ ($F = 15.147, p < 0.001$) ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการอนุรักษ์พื้นที่ชุ่มน้ำ ($F = 19.950, p < 0.001$) และการได้รับบริการทางนิเวศจากพื้นที่ชุ่มน้ำแม่น้ำแควใหญ่ ($F = 5.191, p = 0.006$) ส่วนปัจจัยที่ไม่มีผลต่อการมีส่วนร่วมของประชาชนของเทศบาลเมืองกาญจนบุรีในการอนุรักษ์พื้นที่ชุ่มน้ำแม่น้ำแควใหญ่ ได้แก่ เพศ อายุ ระยะเวลาที่อาศัยระดับการศึกษา สถานภาพทางสังคม การรับรู้ข่าวสารเกี่ยวกับการอนุรักษ์ การเป็นสมาชิกกลุ่มอนุรักษ์ และการได้รับฝึกอบรมด้านการอนุรักษ์ (Table 4) เมื่อพิจารณาแต่ละปัจจัยที่มีผลต่อการมีส่วนร่วมของประชาชนของเทศบาลเมืองกาญจนบุรีในการอนุรักษ์พื้นที่ชุ่มน้ำแม่น้ำแควใหญ่ สามารถอธิบายรายละเอียดได้ดังนี้

อาชีพที่ต่างกันมีผลต่อการมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์พื้นที่ชุ่มน้ำแตกต่างกัน โดยกลุ่มที่ประกอบอาชีพเกษตรกรรมมีค่าคะแนนเฉลี่ยของการมีส่วนร่วมมากกว่ากลุ่มอาชีพอื่น อาจเนื่องมาจากเกษตรกรรมเป็นอาชีพที่มีการใช้ประโยชน์และพึ่งพิงทรัพยากรธรรมชาติจากพื้นที่ชุ่มน้ำโดยการใช้ทรัพยากรน้ำจากพื้นที่ชุ่มน้ำในการทำเกษตร ดังนั้นจึงเป็นกลุ่มที่ให้ความสำคัญกับการมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์พื้นที่ชุ่มน้ำแม่น้ำแควใหญ่มากกว่ากลุ่มอาชีพอื่น ๆ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษา

ของ Phommasak *et al.* (2013) ที่พบว่า อาชีพหลักเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์พื้นที่ชุ่มน้ำบึงเกล็ดงิ้ว สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว โดยกลุ่มอาชีพในภาคเกษตรกรรม มีส่วนร่วมในการอนุรักษ์พื้นที่ชุ่มน้ำมากกว่ากลุ่มอาชีพรับจ้างและค้าขาย

รายได้ต่อเดือนที่แตกต่างกันมีผลต่อการมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์พื้นที่ชุ่มน้ำแตกต่างกัน โดยกลุ่มที่มีรายได้อยู่ในช่วง 20,001–30,000 บาท มีค่าคะแนนเฉลี่ยของการมีส่วนร่วมมากกว่ากลุ่มรายได้อื่น อาจเกิดจากกลุ่มรายได้ดังกล่าวเป็นกลุ่มที่มีรายได้เหมาะสมและเพียงพอต่อการดำรงชีวิต ทำให้มีความพร้อมทั้งทางด้านการเงินและเวลาในการเข้าร่วมกิจกรรมหรือสนับสนุนกิจกรรมการอนุรักษ์ต่าง ๆ ในขณะที่กลุ่มที่มีรายได้น้อยกว่ากลุ่มดังกล่าวต้องใช้เวลาในการหาเลี้ยงชีพ อาจทำให้ไม่มีเวลาหรือการให้ความสำคัญกับการเข้ามามีส่วนร่วมในการอนุรักษ์พื้นที่ชุ่มน้ำ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Pulpol and Rattana (2016) ที่พบว่า รายได้ของครัวเรือนเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการมีส่วนร่วมของประชาชนในการอนุรักษ์พื้นที่ชุ่มน้ำทะเลน้อย จังหวัดพัทลุง โดยกลุ่มที่มีรายได้มากมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์มากกว่ากลุ่มที่มีรายได้น้อย

ความคิดเห็นเกี่ยวกับสภาพของแม่น้ำแควใหญ่ที่ต่างกันมีผลต่อการมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์พื้นที่ชุ่มน้ำแตกต่างกัน โดยกลุ่มที่มีความคิดเห็นว่าสภาพของแม่น้ำแควใหญ่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง มีค่าคะแนนเฉลี่ยของการมีส่วนร่วมมากกว่ากลุ่มอื่น เนื่องมาจากกลุ่มที่มีความคิดเห็นว่าสภาพของแม่น้ำแควใหญ่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงนั้น อาจมีความต้องการที่จะเห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของสภาพแม่น้ำแควใหญ่หรือต้องการให้แม่น้ำแควใหญ่มีสภาพที่ดีขึ้น จึงมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์มากกว่ากลุ่มที่มีความคิดเห็นอื่น ๆ

ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับพื้นที่ชุ่มน้ำและการอนุรักษ์พื้นที่ชุ่มน้ำที่แตกต่างกันมีผลต่อการมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์พื้นที่ชุ่มน้ำแตกต่างกัน โดยกลุ่มที่มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับพื้นที่ชุ่มน้ำและการอนุรักษ์พื้นที่ชุ่มน้ำในระดับน้อยและระดับปานกลาง มีค่าคะแนนเฉลี่ยของการมีส่วนร่วมมากกว่ากลุ่มที่มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับพื้นที่ชุ่มน้ำและการอนุรักษ์พื้นที่ชุ่มน้ำในระดับมาก อาจเพราะกลุ่มที่มีความรู้ความเข้าใจในระดับน้อยและระดับปานกลางนั้น มีเวลาดำเนินการประกอบอาชีพ เช่น อาชีพเกษตรกรรม จึงมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์มากกว่ากลุ่มที่มีความรู้ความเข้าใจในระดับมาก ซึ่งอาจประกอบอาชีพที่มีหน้าที่และความรับผิดชอบสูง เช่น อาชีพรับราชการ จึงไม่มีเวลาในการเข้ามามีส่วนร่วมในการอนุรักษ์มากนัก สอดคล้องกับการศึกษาของ Prasitthisarn *et al.* (2014) ที่พบว่า ระดับความรู้เกี่ยวกับทรัพยากรป่าไม้เป็นปัจจัยที่มีผลต่อการมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ของป่าสงวนแห่งชาติป่าภูระงำ อำเภอเวียงใหญ่และอำเภอนบพ จังหวัดขอนแก่น โดยพบว่ากลุ่มที่มีความรู้เกี่ยวกับทรัพยากร

ป่าไม้น้อย มีส่วนร่วมในการอนุรักษ์มากกว่ากลุ่มที่มีความรู้เกี่ยวกับทรัพยากรป่าไม้มาก

การได้รับบริการทางนิเวศจากพื้นที่ชุ่มน้ำแม่น้ำแควใหญ่ที่แตกต่างกันมีผลต่อการมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์พื้นที่ชุ่มน้ำแตกต่างกัน โดยกลุ่มที่ได้รับบริการทางนิเวศในระดับมาก มีค่าคะแนนเฉลี่ยของการมีส่วนร่วมมากกว่ากลุ่มที่ได้รับบริการทางนิเวศในระดับน้อยและระดับปานกลาง อาจเพราะเป็นกลุ่มที่ได้รับประโยชน์จากพื้นที่ชุ่มน้ำทั้งทางตรงและทางอ้อม ทำให้มีความตระหนักถึงคุณค่าและความสำคัญของพื้นที่ชุ่มน้ำ จึงเข้ามามีส่วนร่วมในการอนุรักษ์พื้นที่ชุ่มน้ำมากกว่ากลุ่มที่ได้รับบริการทางนิเวศในระดับน้อยและระดับปานกลาง สอดคล้องกับการศึกษาของ Sukloy and Mungkung (2006) ที่พบว่า การใช้ประโยชน์ทรัพยากรป่าไม้เป็นปัจจัยที่มีผลต่อการมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ของชุมชนบ้านคลองทราย อำเภอดงขี้เหล็ก จังหวัดนครราชสีมา โดยพบว่ากลุ่มที่มีการเข้าใช้ประโยชน์ทรัพยากรป่าไม้มาก มีส่วนร่วมในการอนุรักษ์มากกว่ากลุ่มที่ไม่เคยใช้ประโยชน์หรือใช้ประโยชน์น้อย

Table 4 Factors affecting participation by residents in Kanchanaburi Municipality regarding Khwae Yai River wetland conservation

Variable	t-test	F-test	P-value
Gender	-	1.404	0.247 ^{ns}
Age	-	2.108	0.064 ^{ns}
Duration of residence	-	2.019	0.134 ^{ns}
Education level	-	0.707	0.619 ^{ns}
Occupation	-	3.980	0.002*
Monthly income	-	5.249	0.000*
Social status	-0.456	-	0.648 ^{ns}
Received conservation information	-0.102	-	0.919 ^{ns}
Conservation group membership	-0.762	-	0.447 ^{ns}
Conservation training	-1.142	-	0.254 ^{ns}
Opinions about Khwae Yai River situation	-	4.286	0.005*
Knowledge about wetlands	-	15.147	0.000*
Knowledge about wetland conservation	-	19.950	0.000*
Ecosystem services obtained from Khwae Yai River Wetland	-	5.191	0.006*

Remark: * is significant at 0.05 level ($p < 0.05$), ^{ns} is not significant at 0.05 level ($p \geq 0.05$)

สรุป

การมีส่วนร่วมของประชาชนของเทศบาลเมืองกาญจนบุรีในการอนุรักษ์พื้นที่ชุ่มน้ำแม่น้ำแควใหญ่ ซึ่งเป็นพื้นที่ชุ่มน้ำที่มีความสำคัญระดับนานาชาติ พบว่า การมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์พื้นที่ชุ่มน้ำแม่น้ำแควใหญ่อยู่ในระดับปานกลาง โดยรูปแบบการมีส่วนร่วมในการรับผลประโยชน์มีค่าคะแนนเฉลี่ยมากที่สุด แต่รูปแบบการมีส่วนร่วมในการปฏิบัติมี

ค่าคะแนนเฉลี่ยน้อยที่สุด ส่วนความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับพื้นที่ชุ่มน้ำและการอนุรักษ์พื้นที่ชุ่มน้ำอยู่ในระดับมาก ในขณะที่การได้รับบริการทางนิเวศจากพื้นที่ชุ่มน้ำอยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งจากความเป็นชุมชนเมืองทำให้ประชาชนส่วนใหญ่ไม่ได้เข้ามาสัมผัสและมีส่วนร่วมในการปฏิบัติกิจกรรมหรือโครงการอนุรักษ์ต่าง ๆ มากนัก ดังนั้นหน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรส่งเสริมกิจกรรมอนุรักษ์ที่เน้นการมีส่วนร่วมในการปฏิบัติโดยเป็น

ลักษณะกิจกรรมการมีส่วนร่วมเชิงปฏิบัติการ เช่น การเก็บขยะริมน้ำ การติดตามคุณภาพน้ำและระดับน้ำ เป็นต้น พร้อมทั้งเพิ่มการประชาสัมพันธ์กิจกรรมเพื่อให้ประชาชนและทุกภาคส่วนได้เข้ามามีส่วนร่วมและได้ลงมือปฏิบัติในกิจกรรมนั้น

ส่วนปัจจัยที่มีผลต่อการมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์พื้นที่ชุ่มน้ำแม่น้ำแควใหญ่ ได้แก่ อาชีพ รายได้ต่อเดือน ความคิดเห็นเกี่ยวกับสภาพของแม่น้ำแควใหญ่ ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับพื้นที่ชุ่มน้ำ ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการอนุรักษ์พื้นที่ชุ่มน้ำ และการได้รับบริการทางนิเวศจากพื้นที่ชุ่มน้ำแม่น้ำแควใหญ่ ดังนั้นหน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรดูแล รักษา และพัฒนาพื้นที่ชุ่มน้ำแม่น้ำแควใหญ่ให้อยู่ในสภาพที่มีศักยภาพในการให้บริการทางนิเวศแก่ประชาชนของเทศบาลเมืองกาญจนบุรีอย่างยั่งยืน เพื่อให้ประชาชนได้ตระหนักถึงความสำคัญของพื้นที่ชุ่มน้ำและนำมาสู่การส่งเสริมการมีส่วนร่วมที่เพิ่มมากขึ้นได้

นอกจากนี้เพื่อให้เกิดการดำเนินงานเชิงรุกในการส่งเสริมการมีส่วนร่วมของประชาชนในการอนุรักษ์พื้นที่ชุ่มน้ำแม่น้ำแควใหญ่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงควรมีการแต่งตั้งคณะกรรมการพื้นที่ชุ่มน้ำจังหวัดและผู้จัดการพื้นที่ชุ่มน้ำ (wetland site manager) เพื่อจัดทำแผนการบริหารจัดการพื้นที่ชุ่มน้ำแม่น้ำแควใหญ่ โดยใช้ข้อมูลจากผลการวิจัยนี้ประกอบการจัดทำแผนการบริหารจัดการพื้นที่ชุ่มน้ำดังกล่าว เช่น การได้รับบริการทางนิเวศจากพื้นที่ชุ่มน้ำ ควรมีแนวทางการใช้ประโยชน์จากพื้นที่ชุ่มน้ำ ซึ่งจะช่วยให้ประชาชนรู้จักการใช้ประโยชน์อย่างเหมาะสมนำไปสู่การตระหนักถึงคุณค่าและเข้ามามีส่วนร่วมมากยิ่งขึ้น เป็นต้น ทั้งนี้การจัดทำแผนการบริหารจัดการพื้นที่ชุ่มน้ำแม่น้ำแควใหญ่นั้น จะช่วยให้เกิดความเชื่อมโยงและความต่อเนื่องของการส่งเสริมการมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์พื้นที่ชุ่มน้ำแม่น้ำแควใหญ่ รวมถึงสนับสนุนการนำเสนอขึ้นทะเบียนเป็นพื้นที่ชุ่มน้ำที่มีความสำคัญระหว่างประเทศ (Ramsar site) ต่อไปในอนาคต

REFERENCES

- Chantre, N., Chantre, P. 2018. People's participation in mangrove forest conservation and restoration for biodiversity development: A case study of Bang Chan Community. **Rajabhat Rambhai Barni Research Journal**, 12(3): 201-207. (in Thai)
- Convention on Wetlands Secretariat. 1971. **Convention on Wetlands of International Importance Especially as Waterfowl Habitat**. <https://www.ramsar.org/official-documents>, 1 July 2023.
- Hydro-Agro Informatics Institute. 2012. **Database 25 Watersheds**. <https://tiwrm.hii.or.th/web/index.php/knowledge/128-hydro-and-weather/663-25basinreports.html>, 9 July 2023. (in Thai)
- Jamikorn, S. 1983. **Analytical Statistical for Social Science Research**. Kasetsart University Press, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Lerduburoos, Y. 2014. **Biodiversity of Fish and Ecological Potential in the Merging Area of Kwae Yai, Kwae Noi and the MaeKlong River, Kanchanaburi Province**. National Research Council of Thailand, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Millennium Ecosystem Assessment. 2005. **Ecosystems and Human Well-being: Synthesis**. Island Press, Washington DC., USA.
- Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning (ONEP). 1999. **Wetlands in The Central Region and the East of Thailand**. Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning (ONEP). 2020. **Participatory Wetland Management Handbook**. Phaya Printing and Publishing, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Phommasak, V., Niyom, W. Rattana, K. 2013. People participation in conservation of wetlands at Bueng Kiat-ngong Prathumphone district, Champasak province, Lao PDR. **Journal of Forest Management**, 7(13): 14-26. (in Thai)
- Prasertsin, A. 2020. **Research Instruments in Education and Social Sciences**. Chulalongkorn University Press, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Prasitthisarn, T., Kaitpraneet, S., Huamuangkaew, W. 2014. People participation in forest resource conservation at Pa Phu Ra-ngum National Reserved Forest, Waeng Yai and Chonnabot districts, Khon Kaen province. **Thai Journal of Forestry**, 33(1): 57-65. (in Thai)
- Pulpol, S., Rattana, K. 2016. People participation in Thalay Noi watershed area conservation: A case study of Kohtao sub-district, Paphayom district, Phatthalung province. **Journal of Forest Management**, 10(19): 66-76. (in Thai)

Sukloy, T., Mungkung, N. 2006. Factor affecting community's participation in forest resource conservation: Kongsai village, Wang Nam Khiao sub-district, Wang Nam Khiao district, Nakhon Ratchasima province. **Kasetsart University Journal of Economics**, 13(1): 15-26. (in Thai)

Vanichbuncha, K. 2006. **Statistics for Research**. Chulalongkorn University Press, Bangkok, Thailand. (in Thai)

Yamane, T. 1973. **Statistics: An Introduction Analysis**, 3rd ed. Harper International Edition, Tokyo, Japan.

นิพนธ์ต้นฉบับ

การใช้ภูมิสารสนเทศในการคาดการณ์แนวโน้มการดูดซับคาร์บอน
ในอุทยานแห่งชาติทุ่งแสลงหลวงApplication of Geoinformatics in Predicting Carbon Sequestration Trends
in Thung Salaeng Luang National Parkอรณัฐ ศรีสังข์^{1,2}ลัดดาวรรณ เจริญตระกูล²วันชัย อรุณประภารัตน์^{2*}Oranut Srisatjung^{1,2}Laddawan Rianthakool²Wanchai Arunpraparut^{2*}¹สำนักอุทยานแห่งชาติ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช กรุงเทพฯ 10900¹National Park Office, Department of National Parks Wildlife and Plant Conservation, Bangkok 10900, Thailand²คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900²Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

*Corresponding Author, E-mail: fforwca@ku.ac.th

รับต้นฉบับ 22 มีนาคม 2567

รับแก้ไข 13 กรกฎาคม 2567

รับลงพิมพ์ 19 กรกฎาคม 2567

ABSTRACT

Currently, Thailand has the capacity to sequester 90 million t of CO₂ equivalent with the goal of increasing this to 120 million t of CO₂ equivalent in 2037. Therefore, the objectives of this study were to analyze land use changes and to predict land use and carbon sequestration in 2030 in the Thung Salaeng Luang National Park, Thailand to contribute to the national goal. Geoinformatics and visual interpretation techniques were applied to classify land use based on the LANDSAT 5 and LANDSAT 8 satellite images from 2004, 2009 and 2014. Additionally, the Land Change Modeler was used to integrate environmental factors, such as distance from roads and villages, as well as elevation and slope direction, to analyze and predict land use patterns in 2030, with the Ecosystem Services Modeler being used to predict carbon sequestration in 2030.

The findings revealed 11 distinct land use types. Analysis of land use changes between 2009 and 2014 indicated increases in the areas of dry evergreen forest (36.35%), mixed deciduous forest (12.30%), dry dipterocarp forest (1.23%), water body (0.07%), and urban and built-up (0.05%). Conversely, miscellaneous and agricultural decreased by 40.46% and 9.54%, respectively, while hill evergreen forest, moist evergreen forest, pine forest, and forest plantation remained unchanged. Predictions for land use in 2030 suggested important increases in agricultural (47.70%) and urban and built-up (2.30%). Conversely, mixed deciduous forest, miscellaneous, dry evergreen forest, and dry dipterocarp forest were projected to decrease by 32.72%, 12.27%, 4.40%, and 0.61%, respectively. Furthermore, the prediction of the carbon sequestered in forest in 2014 was 10,033,789 tC, while in 2030, it was 9,766,154 tC. These finding indicated a negative trend in carbon sequestration during 2014–2030, with a potential 267,635 tC net emission.

Keywords: Geoinformatics; Land use; Modeler; Carbon sequestration; Thung Salaeng Luang National Park

บทคัดย่อ

ปัจจุบันประเทศไทยมีความสามารถในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อยู่ที่ 90 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์ ในอนาคตประเทศไทยต้องการเพิ่มปริมาณขึ้นให้ได้ 120 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์ ในปี พ.ศ. 2580 การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน และการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2573 รวมถึงคาดการณ์แนวโน้มการกักเก็บคาร์บอน ปี พ.ศ. 2573 บริเวณอุทยานแห่งชาติทุ่งแสลงหลวง โดยจำแนกสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินจากภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT 5 และ LANDSAT 8 ปี พ.ศ. 2547, 2552 และ 2557 ด้วยเทคนิคแปลตีความด้วยสายตา และใช้แบบจำลอง Land Change Modeler ร่วมกับปัจจัยขับเคลื่อน ได้แก่ ระยะห่างจากถนน ระยะห่างจากหมู่บ้าน ความสูง และความลาดชัน ในคาดการณ์แนวโน้มการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2573 และใช้แบบจำลอง Ecosystem Services Modeler ในการคาดการณ์การดูดซับคาร์บอนของป่าไม้ในปี พ.ศ. 2573

ผลการศึกษาพบว่า มีการใช้ประโยชน์ที่ดินทั้งหมด 11 ประเภท และการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในช่วงปี พ.ศ. 2552-2557 ป่าดิบแล้ง ป่าเบญจพรรณ ป่าเต็งรัง แหล่งน้ำ และชุมชนและสิ่งก่อสร้าง มีพื้นที่เพิ่มขึ้น ร้อยละ 36.35 12.30 1.23 0.07 และ 0.05 ตามลำดับ ส่วนเบ็ดเตล็ด เกษตรกรรม มีพื้นที่ลดลง ร้อยละ 40.46 และ 9.54 ตามลำดับ และป่าดิบเขา ป่าดิบชื้น ป่าสนเขา และสวนป่า ไม่มีการเปลี่ยนแปลง จากการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดิน ในปี พ.ศ. 2573 พบว่า เกษตรกรรม ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ร้อยละ 47.70 และ 2.30 ตามลำดับ ป่าเบญจพรรณ เบ็ดเตล็ด ป่าดิบแล้ง และป่าเต็งรัง มีแนวโน้มลดลง ร้อยละ 32.72 12.27 4.40 และ 0.61 ตามลำดับ นอกจากนี้ การคาดการณ์การกักเก็บคาร์บอนของป่าไม้ พบว่า การกักเก็บคาร์บอนในปี พ.ศ. 2557 เท่ากับ 10,033,789 ตันคาร์บอน การกักเก็บคาร์บอนในปี พ.ศ. 2573 เท่ากับ 9,766,154 ตันคาร์บอน ทั้งนี้ ในช่วงเวลาดังกล่าว มีแนวโน้มการปล่อยคาร์บอน เท่ากับ 267,635 ตันคาร์บอน

คำสำคัญ: ภูมิสารสนเทศ การใช้ประโยชน์ที่ดิน แบบจำลอง การกักเก็บคาร์บอน อุทยานแห่งชาติทุ่งแสลงหลวง

คำนำ

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่ส่งผลกระทบในปัจจุบัน เป็นผลมาจากการเพิ่มขึ้นของก๊าซเรือนกระจก โดยเฉพาะก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นตัวการสำคัญที่ทำให้อุณหภูมิของโลกสูงขึ้น และในปี พ.ศ. 2564 ได้มีการประชุมสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ครั้งที่ 26 (Conference of the Parties 26, COP 26) ที่เมืองกลาสโกว์ ประเทศสกอตแลนด์ ประเทศไทยได้มีส่วนร่วมเป็นภาคีสมาชิกเข้าร่วมการประชุม และได้ประกาศเป้าหมายสำคัญคือ ประเทศไทยจะลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ร้อยละ 40 ภายในปี ค.ศ. 2030 (พ.ศ. 2573) จะเป็นกลางทางคาร์บอน (carbon neutrality) ในปี ค.ศ. 2050 (พ.ศ. 2593) และปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเป็นศูนย์ (net zero) ภายในปี ค.ศ. 2065 (พ.ศ. 2608) การไปสู่เป้าหมายความเป็นกลางทางคาร์บอนนั้น จะพิจารณาจากการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในประเทศไทยที่มาจากหลายภาคส่วน เมื่อมีการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาแล้วจะต้องมีการดูดกลับ ปัจจุบันงานที่จะเข้ามาช่วยในการดูดกลับคาร์บอนไดออกไซด์ คือ ภาคป่าไม้ เนื่องจากต้นไม้สามารถดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากชั้นบรรยากาศโดยผ่านกระบวนการสังเคราะห์แสงและนำมาสะสมไว้ในรูปของมวลชีวภาพ ปัจจุบันประเทศไทยมีความสามารถในการดูดกลับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อยู่ที่ 90 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์ (National Nanotechnology Center, 2024) ในอนาคตประเทศไทยต้องการเพิ่มปริมาณขึ้นให้ได้ 120

ล้านตันฯ เป็นอย่างน้อย ในปี พ.ศ. 2580 โดยผ่าน 3 กลไก ได้แก่ 1) ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เช่น การใช้พลังงานหมุนเวียนแทนการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล (fossil fuel) 2) ดูดกลับก๊าซเรือนกระจกจากชั้นบรรยากาศ เช่น การปลูกป่า เพื่อเพิ่มแหล่งสะสมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตามธรรมชาติ 3) ชดเชยการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการซื้อคาร์บอนเครดิต เพื่อไปสู่เป้าหมายการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ร้อยละ 40 ภายในปี ค.ศ. 2030 (พ.ศ. 2573) และความเป็นกลางทางคาร์บอนภายในปี ค.ศ. 2050 (พ.ศ. 2593) แต่เมื่อพื้นที่ป่าไม้มีพื้นที่ลดลง การกักเก็บคาร์บอนไดออกไซด์ก็จะลดลงตามไปด้วย (Global Compact Network Thailand, 2021)

จากการสำรวจพื้นที่ป่าไม้ในประเทศไทยในปี พ.ศ. 2566 มีจำนวน 101,818,155.76 ไร่ (16,290,904.92 เฮกตาร์) หรือร้อยละ 31.47 ของพื้นที่ประเทศ (Royal Forest Department, 2023) พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ป่าอนุรักษ์ โดยกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช มีพื้นที่รับผิดชอบอยู่ประมาณ 67 ล้านไร่ (ร้อยละ 20.97) ของพื้นที่ประเทศ (DNP, 2021) ทั้งนี้ อุทยานแห่งชาติทุ่งแสลงหลวงเป็นอุทยานแห่งชาติที่มีขนาดใหญ่เป็นอันดับ 3 ของอุทยานแห่งชาติทั้ง 156 แห่ง ถือว่าเป็นพื้นที่ที่มีศักยภาพในการดูดซับและกักเก็บคาร์บอนไดออกไซด์ขนาดใหญ่ โดยมีพื้นที่ประมาณ 1,262.55 ตารางกิโลเมตร หรือ 789,000 ไร่ (126,240 เฮกตาร์) ครอบคลุมท้องที่อำเภอวังทอง อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก และอำเภอลำลูกกา

อำเภอชนแดน อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ โดยพื้นที่ตั้งอยู่ในเขตเทือกเขาเพชรบูรณ์ซึ่งเป็นเทือกเขาที่วางตัวในแนวเหนือ-ใต้ และเป็นเส้นแบ่งเขตระหว่างจังหวัดพิษณุโลกและจังหวัดเพชรบูรณ์ ความสูงโดยเฉลี่ยประมาณ 500 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง ยอดสูงสุด คือ เขาแค สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางประมาณ 1,028 เมตร เป็นแหล่งต้นน้ำลำธารของลำน้ำที่สำคัญหลายสาย เช่น ลำน้ำเข็ก คลองชมพู และคลองห้วยกอก เป็นต้น (DNP, 2023)

การศึกษาค้นคว้านี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในปี พ.ศ. 2547 พ.ศ. 2552 และพ.ศ. 2557 เพื่อคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในปี พ.ศ. 2573 และคาดการณ์การกักเก็บคาร์บอนในปี พ.ศ. 2573 บริเวณพื้นที่อุทยานแห่งชาติทุ่งแสลงหลวง โดยใช้แบบจำลอง

Land change modeler วิเคราะห์การคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Kongsawi *et al.*, 2020) และใช้แบบจำลอง Ecosystem Services Modeler ในการคาดการณ์การกักเก็บคาร์บอนของป่าไม้ ผลการศึกษาจะเป็นข้อมูลที่แสดงถึงศักยภาพของพื้นที่ป่าไม้ในการเป็นแหล่งกักเก็บคาร์บอนที่สำคัญ ซึ่งสามารถนำข้อมูลไปใช้สนับสนุนการวางแผนการจัดการพื้นที่ในระดับสากลต่อไปในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการ

พื้นที่ศึกษา

การศึกษาค้นคว้านี้ดำเนินการในพื้นที่อุทยานแห่งชาติทุ่งแสลงหลวง จังหวัดพิษณุโลก มีเนื้อที่ประมาณ 1,262.55 ตารางกิโลเมตร หรือ 789,000 ไร่ (126,240 เฮกตาร์) (Figure 1)

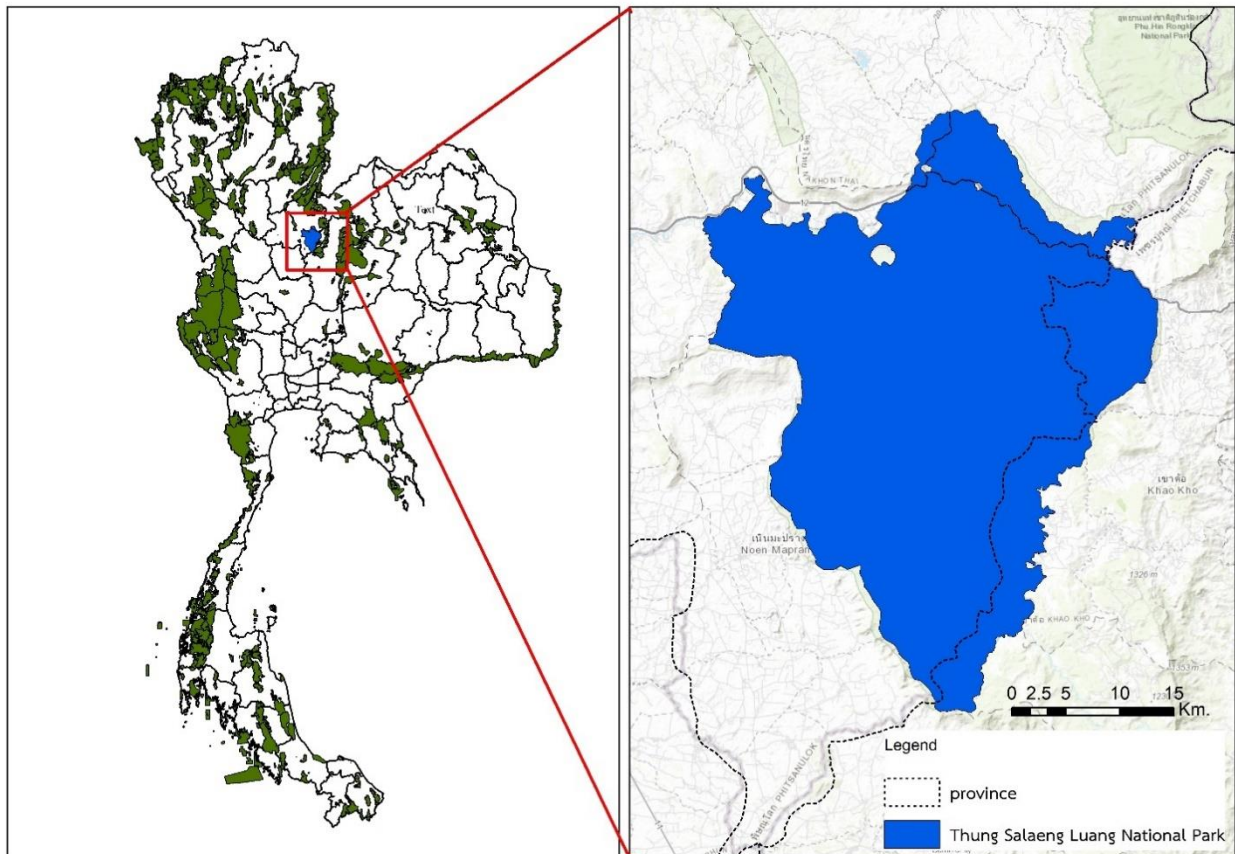


Figure 1 Boundary of Thung Salaeng Luang National Park

การรวบรวมข้อมูล

รวบรวมข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT 5 ปี พ.ศ. 2547 พ.ศ. 2552 และ LANDSAT 8 ปี พ.ศ. 2557 (เนื่องจาก LANDSAT 5 ยุติการให้บริการตั้งแต่วันที่ 5 มิถุนายน 2556) และรวบรวมข้อมูลปัจจัยขับเคลื่อน ได้แก่ ความลาดชัน ความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง ระยะห่างจากหมู่บ้าน และระยะห่างจากถนน โดยพื้นที่ที่มีระยะห่างจากสิ่งปลูกสร้างและถนนน้อยจะมีความเสี่ยงต่อการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินมากกว่าพื้นที่ที่อยู่ไกลออกไปและพื้นที่ที่มีความลาดชันต่ำจะมีการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินมากกว่าพื้นที่ที่มีความลาดชันสูง (Lamsa, 2016) และ (Tiansuwan and Pattaratuma, 2021) และความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง เป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อสภาพภูมิอากาศและชนิดพันธุ์พืช ทำให้เกิดการจำกัดรูปแบบการทำเกษตรกรรม (Wiyant et al., 2020)

การสำรวจข้อมูลภาคสนาม

การสำรวจและเก็บรวบรวมข้อมูลภาคสนามเบื้องต้นถึงลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อทำความเข้าใจหรือความคุ้นเคยของพื้นที่และเป็นข้อมูลประกอบการแปลตีความภาพถ่ายจากดาวเทียมด้วยสายตา

การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน

ดำเนินการแปลภาพถ่ายการใช้ประโยชน์ที่ดินจากภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT 5 ปี พ.ศ. 2547 พ.ศ. 2552 และ LANDSAT 8 ปี พ.ศ. 2557 ด้วยโปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ วิธีการแปลตีความด้วยสายตาทำการสร้างเส้นขอบเขตการใช้ประโยชน์ที่ดินในแต่ละประเภท (Geo-Informatics and Space Technology Development Agency, 2009) โดยใช้ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินจากกรมป่าไม้ในปี พ.ศ. 2543 และข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินของกรมพัฒนาที่ดิน พ.ศ. 2543-2545 และ พ.ศ. 2552 เป็นข้อมูลอ้างอิงประกอบการแปลตีความด้วยสายตา

การประเมินความถูกต้องของการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน

ประเมินความถูกต้องของข้อมูลการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2557 กับข้อมูลการสำรวจทรัพยากรป่าไม้ของกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช และข้อมูลกรมพัฒนาที่ดิน โดยกำหนดจุดสุ่มตัวอย่างที่เป็นตัวแทนในการตรวจสอบความถูกต้อง และนำข้อมูลมาซ้อนทับกับข้อมูลอ้างอิงที่ใช้ในการตรวจสอบ และคำนวณหาความถูกต้องโดยใช้ตาราง Error matrix และหาค่าความถูกต้องรวม (overall accuracy) ความถูกต้องของผู้ผลิต (producer's accuracy) และความถูกต้องของผู้ใช้ (user's accuracy) และข้อมูลสถิติแคปปา (kappa statistics) ถ้าข้อมูลที่มีค่าความถูกต้องมีค่าน้อยให้ย้อนกลับไปเริ่มแปลภาพถ่ายอีกครั้ง (Chuchip, 2018) โดยจุดตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลการจำแนก

การใช้ประโยชน์ที่ดิน มีทั้งหมด 468 จุด แบ่งตามสัดส่วนของพื้นที่ในแต่ละประเภทของการใช้ประโยชน์ที่ดินได้ ดังนี้ 1) ป่าดิบเขา 44 จุด 2) ป่าดิบชื้น 3 จุด 3) ป่าดิบแล้ง 161 จุด 4) ป่าเบญจพรรณ 66 จุด 5) ป่าเต็งรัง 6 จุด 6) ป่าสนเขา 3 จุด 7) สวนป่า 7 จุด 8) เกษตรกรรม 145 จุด 9) ชุมชน 10 จุด 10) เบ็ดเตล็ด 13 จุด 11) แหล่งน้ำ 10 จุด

การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน

วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณอุทยานแห่งชาติทุ่งแสลงหลวง โดยวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน 2 ช่วงเวลา ได้แก่ ระหว่างปี พ.ศ. 2547-2552 เพื่อใช้ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลอง Land change modeler และระหว่างปี พ.ศ. 2552-2557 เพื่อใช้คาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2573 โดยใช้เทคนิคการซ้อนทับ (overlay analysis) ด้วยโปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

การคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดิน

คาดการณ์แนวโน้มการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2557 เป็นการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินในช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2547-2552 โดยใช้แบบจำลอง Land change modeler ร่วมกับปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่เป็นตัวขับเคลื่อน แล้วนำมาประมวลผลการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินในปี พ.ศ. 2557 เพื่อใช้ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลอง Land change modeler

ตรวจสอบความถูกต้องของการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2557 กับข้อมูลการสำรวจทรัพยากรป่าไม้ของกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช และข้อมูลกรมพัฒนาที่ดิน โดยกำหนดจุดสุ่มตัวอย่างที่เป็นตัวแทนในการตรวจสอบความถูกต้อง และนำข้อมูลมาซ้อนทับกับข้อมูลอ้างอิงที่ใช้ในการตรวจสอบ และคำนวณหาความถูกต้องโดยใช้ตาราง Error matrix และหาค่าความถูกต้องรวม (overall accuracy) ความถูกต้องของผู้ผลิต (producer's accuracy) และความถูกต้องของผู้ใช้ (user's accuracy) และข้อมูลสถิติแคปปา (kappa statistics) (Chuchip, 2018) โดยจุดตรวจสอบความถูกต้อง มีทั้งหมด 468 จุด แบ่งตามสัดส่วนของพื้นที่ในแต่ละประเภทของการใช้ประโยชน์ที่ดินได้ ดังนี้ 1) ป่าดิบเขา 44 จุด 2) ป่าดิบชื้น 3 จุด 3) ป่าดิบแล้ง 161 จุด 4) ป่าเบญจพรรณ 66 จุด 5) ป่าเต็งรัง 6 จุด 6) ป่าสนเขา 3 จุด 7) สวนป่า 7 จุด 8) เกษตรกรรม 145 จุด 9) ชุมชน 10 จุด 10) เบ็ดเตล็ด 13 จุด 11) แหล่งน้ำ 10 จุด

คาดการณ์แนวโน้มการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2573 เป็นการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินในช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2552-2557 โดยใช้แบบจำลอง Land

change modeler ร่วมกับปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่เป็นตัวขับเคลื่อน แล้วนำมาประมวลผลการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินในปี พ.ศ. 2573 (Clark Lab, 2020)

การจัดเตรียมข้อมูลมวลชีวภาพ

นำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจแก่นับทรัพยากรป่าไม้ภาคสนามของสำนักวิจัยการอนุรักษ์ป่าไม้และพันธุ์พืช กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช ในปี พ.ศ. 2557 จากแปลงตัวอย่าง จำนวน 163 แปลง แบ่งตามประเภทป่าได้ดังนี้ 1) ป่าดิบเขา จำนวน 25 แปลง 2) ป่าดิบชื้น จำนวน

2 แปลง 3) ป่าดิบแล้ง จำนวน 74 แปลง 4) ป่าเบญจพรรณ จำนวน 56 แปลง 5) ป่าเต็งรัง จำนวน 3 แปลง และ 6) ป่าสนเขา จำนวน 3 แปลง ซึ่งแต่ละแปลงมีขนาดเท่ากับ 0.1 เฮกตาร์ หรือ 1,000 ตารางเมตร นำมาคำนวณค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (above-ground biomass) ของต้นไม้ในแปลงตัวอย่างด้วยสมการแอลโลเมตรีของชนิดป่าต่าง ๆ และคำนวณค่าปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของป่าไม้แต่ละประเภท ในบริเวณอุทยานแห่งชาติทุ่งแสลงหลวง ได้ดังนี้ Table 1

Table 1 Carbon storage in above ground biomass of trees in Thung Salaeng Luang National Park

Forest Type	Stocking (trees/ha)	Above ground biomass (t/ha)	Carbon storage (t/ha)
Hill evergreen forest	897	235.83	110.84
Moist evergreen forest	945	235.28	110.58
Dry evergreen forest	855	211.81	99.55
Mix deciduous forest	401	90.79	42.67
Dry dipterocarp forest	1,010	137.96	64.84
Pine forest	133	74.38	34.96

การคาดการณ์การกักเก็บคาร์บอน

ใช้แบบจำลอง Ecosystem services modeler ในการวิเคราะห์ข้อมูลการคาดการณ์การกักเก็บคาร์บอนของป่าไม้บริเวณอุทยานแห่งชาติทุ่งแสลงหลวงในปี พ.ศ. 2573 โดยหลักการทำงาน คือ การนำข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินในปีปัจจุบัน ปี พ.ศ. 2557 ข้อมูลการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคต (ปี พ.ศ. 2573) และข้อมูลค่าการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของป่าไม้ในปีปัจจุบันแต่ละประเภทป่า นำข้อมูลเข้ามาวิเคราะห์ในแบบจำลอง Ecosystem services modeler ผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์เป็นรูปแบบข้อมูลตารางแสดงค่า Total current carbon (คาร์บอนปัจจุบันทั้งหมด) Total value of currently stored carbon (มูลค่ารวมของคาร์บอนที่เก็บไว้ในปัจจุบัน) Total scenario carbon (สถานการณ์คาร์บอนในอนาคตทั้งหมด) และ Total sequestered carbon (คาร์บอนที่ดูดซับทั้งหมด) (Clark Lab, 2020) มีสมการคำนวณดังสมการที่ 1 (Sharp *et al.*, 2018)

ปริมาณคาร์บอนที่จัดเก็บ (Carbon storage)

$$= \sum_{i=1}^n \text{Area}_i \times \text{Carbon density}_i \quad (1)$$

โดยที่ Area_i คือ พื้นที่ของการใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละประเภท
Carbon density_i คือ ความหนาแน่นของคาร์บอนแต่ละกลุ่ม

การเปลี่ยนแปลงคาร์บอน (carbon sequestration)

$$= \text{Carbon storage final} - \text{Carbon storage initial} \quad (2)$$

โดยที่ Carbon storage final คือ ปริมาณคาร์บอนที่จัดเก็บช่วงเวลาสุดท้าย

Carbon storage initial คือ ปริมาณคาร์บอนที่จัดเก็บช่วงเวลาเริ่มต้น

โดย Piyathilake *et al.* (2022) ใช้แบบจำลองดังกล่าวในการประมาณการกักเก็บคาร์บอน โดยการกักเก็บคาร์บอนจะแตกต่างกันไปตามประเภทสิ่งปกคลุมดินหรือประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยพื้นที่ป่าธรรมชาติมีปริมาณคาร์บอนสะสมมากที่สุด ซึ่งบ่งบอกถึงความสำคัญของป่าธรรมชาติในการกักเก็บคาร์บอน ผลลัพธ์เหล่านี้สามารถนำไปใช้ในการจัดทำแผนการจัดการสิ่งแวดล้อม จัดทำนโยบายด้านสิ่งแวดล้อม และจัดทำแผนพัฒนาประเทศที่ดำเนินการโดยภาครัฐและองค์กรอื่น ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพพร้อมขั้นตอนการศึกษาแสดงดัง Figure 2

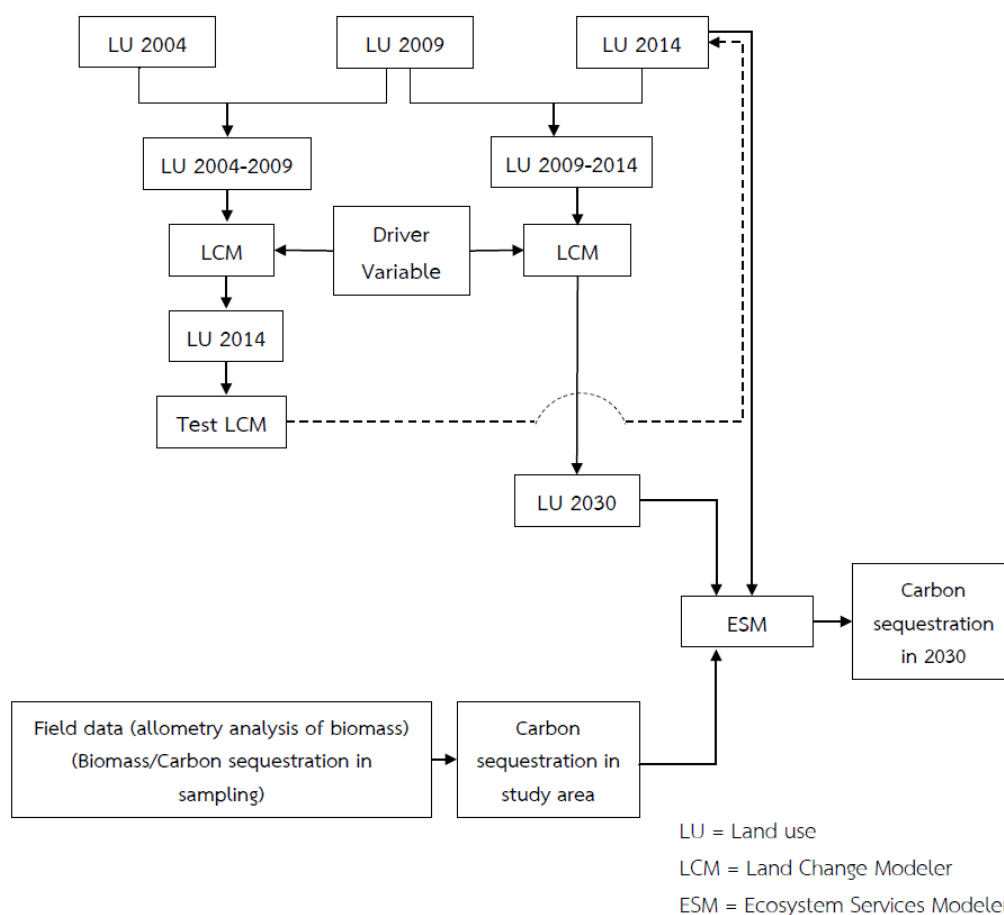


Figure 2 Study flowchart

ผลและวิจารณ์

การจำแนกข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม

การวิเคราะห์การใช้ประโยชน์ที่ดินจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT 5 ปี พ.ศ. 2547 พ.ศ. 2552 และ

LANDSAT 8 ปี พ.ศ. 2557 พบว่า พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ป่าดิบแล้ง รองลงมาพื้นที่ป่าเบญจพรรณ พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่เบ็ดเตล็ด พื้นที่ป่าดิบเขา พื้นที่ป่าสนเขา พื้นที่ป่าเต็งรัง พื้นที่แหล่งน้ำ พื้นที่สวนป่า พื้นที่ป่าดิบชื้น และพื้นที่ชุมชนและสิ่งก่อสร้าง ตามลำดับ ดัง Table 2 และ Figure 3

Table 2 Land use types in Thung Salaeng Luang National Park, Phitsanulok province, for 2004, 2009, and 2014

Land use type	Area in 2004		Area in 2009		Area in 2014	
	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)
Hill evergreen forest	a	1.79	2,260.18	1.79	2,260.18	1.79
Moist evergreen forest	199.14	0.16	199.14	0.16	199.14	0.16
Dry evergreen forest	61,026.53	48.34	61,026.08	48.34	61,451.00	48.68
Mix deciduous forest	36,803.06	29.15	36,747.23	29.11	36,891.00	29.22
Dry dipterocarp forest	539.68	0.43	533.21	0.42	547.53	0.43
Pine forest	1,804.69	1.43	1,804.69	1.43	1,804.69	1.43
Forest plantation	237.46	0.19	237.46	0.19	237.46	0.19
Agricultural land	17,179.03	13.61	17,431.81	13.81	17,320.34	13.72
Urban and built-up	100.53	0.08	110.20	0.09	110.84	0.09
Water body	295.93	0.23	296.66	0.23	297.48	0.24
Miscellaneous	5,793.76	4.59	5,593.34	4.43	5,120.34	4.06
Total	126,240.00	100.00	126,240.00	100.00	126,240.00	100.00

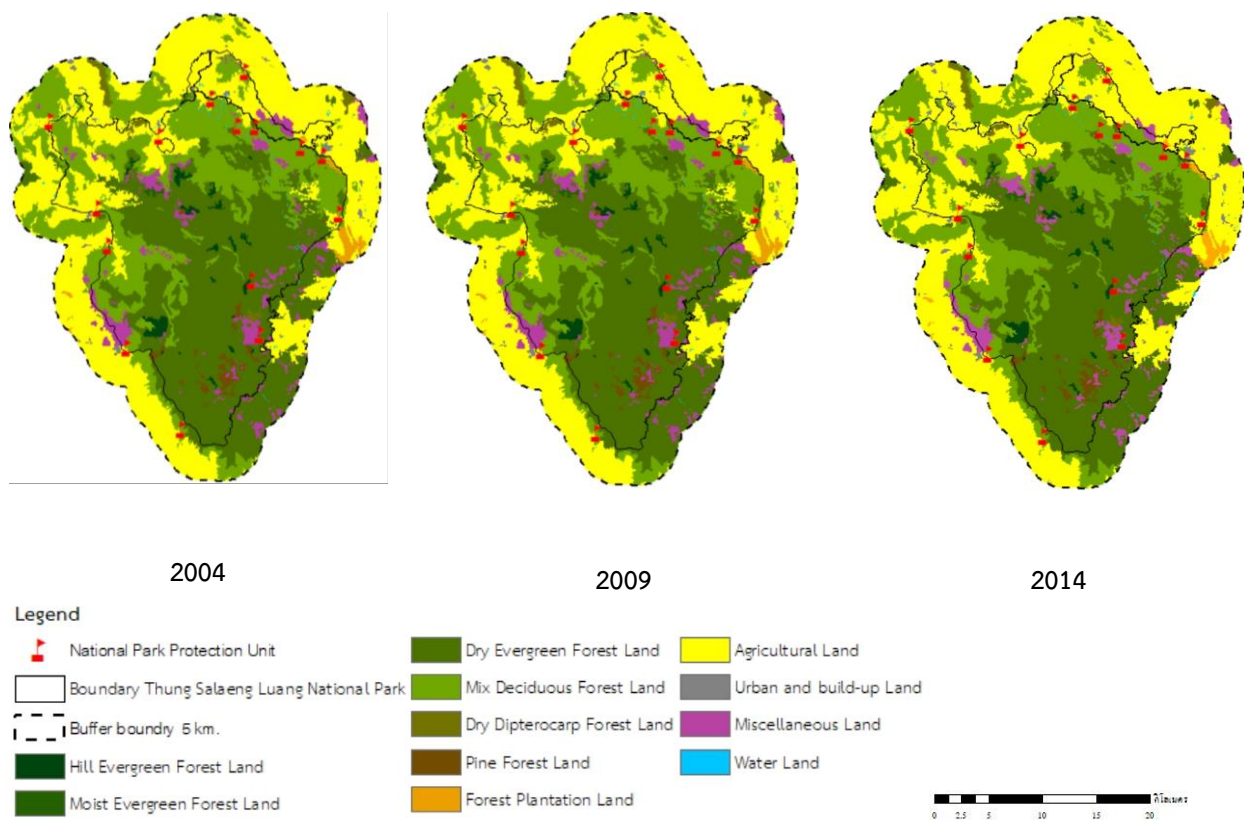


Figure 3 Map of land use types in Thung Salaeng Luang National Park, Phitsanulok province, for 2004, 2009, and 2014

การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน

ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณอุทยานแห่งชาติทุ่งแสลงหลวงในปี พ.ศ. 2557 กับข้อมูลการสำรวจทรัพยากรป่าไม้ของ

กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช และข้อมูลกรมพัฒนาที่ดิน ปี พ.ศ. 2558 (เนื่องจากข้อมูลการใช้ที่ดินในปี พ.ศ. 2557 ไม่มีให้บริการ) การตรวจสอบความถูกต้องพบว่า ค่าความถูกต้องโดยรวม เท่ากับร้อยละ 87.61 และค่าสถิติแค่ป่า เท่ากับร้อยละ 83.41 ซึ่งมีความถูกต้องอยู่ในเกณฑ์สูง ดัง Figure 4 และ Table 3

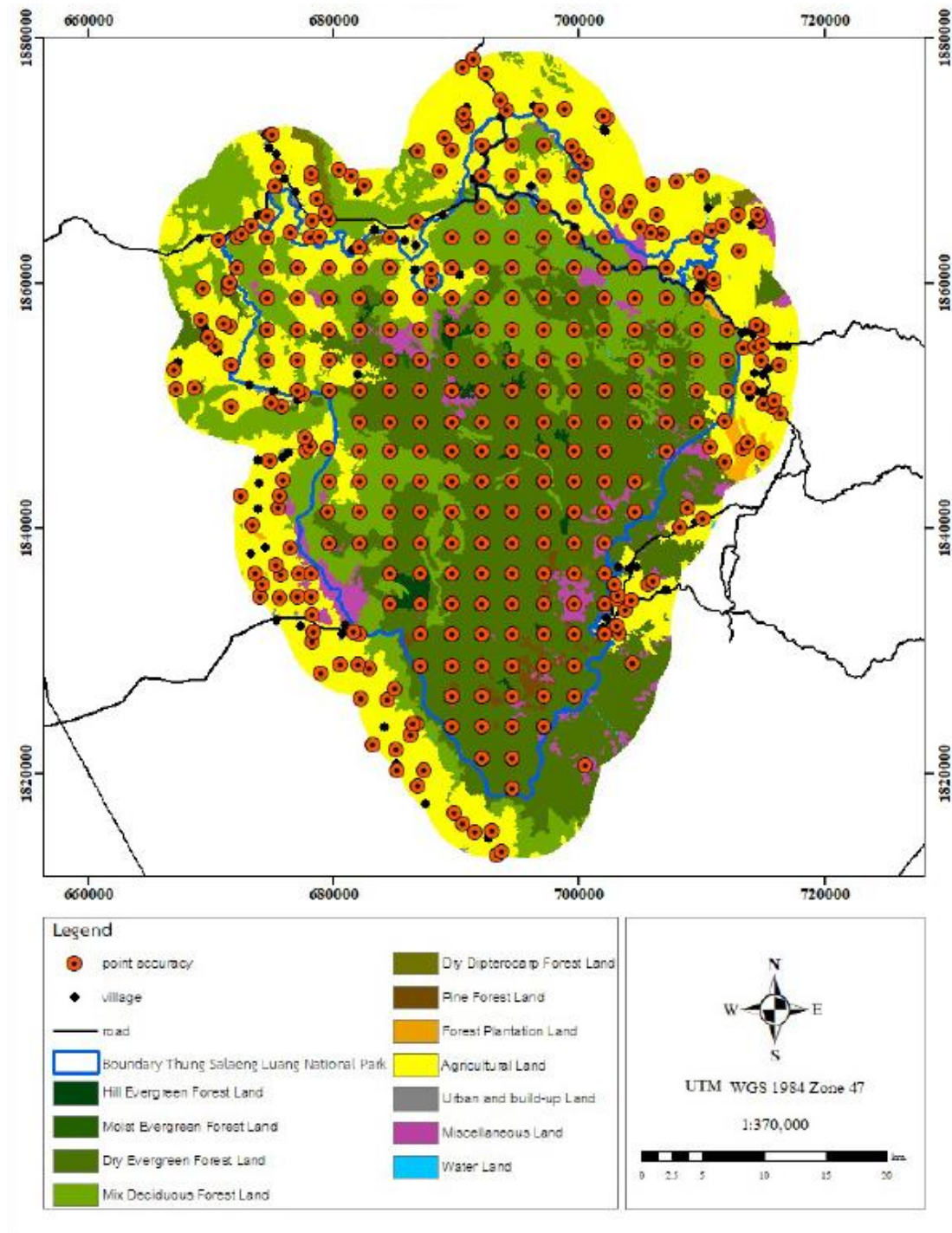


Figure 4 Validation locations for land use classification based on LANDSAT 8 satellite data in 2014

Table 3 Accuracy of land use classification based on LANDSAT 8 satellite data in 2014

Land use type		Reference data											Total	User accuracy (%)
		HE	ME	DE	MD	DD	PF	FP	A	U	M	W		
Interpreted data	HE	32		9									41	78.05
	ME		3										3	100.00
	DE	8		150	1				1				160	93.75
	MD	4		1	65			1				1	72	90.28
	DD					6			1				7	85.71
	PF						3						3	100.00
	FP							1	3				4	25.00
	A			1				5	135	4	9	3	157	85.99
	U								2	6			8	75.00
	W											5	5	100.00
	M								3		4	1	8	50.00
Total		44	3	161	66	6	3	7	145	10	13	10	468	
Producer accuracy (%)		72.73	100.00	93.17	98.48	100.00	100.00	14.29	93.10	60.00	30.77	50.00		

Overall accuracy (%) = 87.61; Kappa accuracy (%) = 83.41

Remarks: HE = Hill evergreen forest, ME = Moist evergreen forest, DE = Dry evergreen forest, MD = Mix deciduous forest, DD = Dry dipterocarp forest, PF = Pine forest, FP = Forest plantation, A = Agricultural, U = Urban and built-up, W = Water body, M = Miscellaneous

การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน

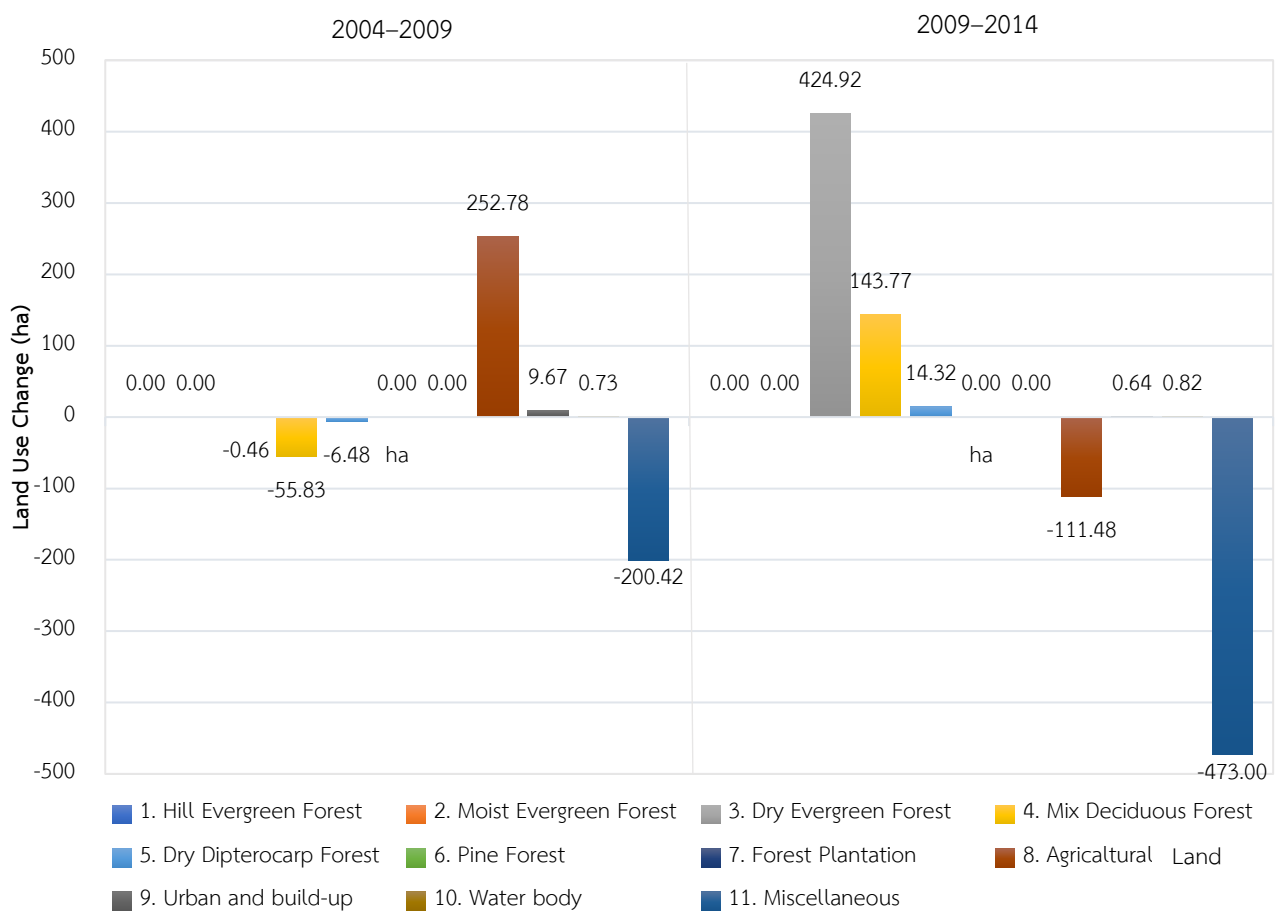
การเปลี่ยนแปลงสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดิน บริเวณอุทยานแห่งชาติทุ่งแสลงหลวง ระหว่างปี พ.ศ. 2547-2552 พบว่า มีการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ทั้งหมด 526.37 เฮกตาร์ โดยพื้นที่เกษตรกรรมมีพื้นที่เพิ่มขึ้นมากที่สุด เท่ากับ 252.78 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 48.02 ของพื้นที่การเปลี่ยนแปลงทั้งหมด รองลงมาพื้นที่ชุมชนและสิ่งก่อสร้างมีพื้นที่เพิ่มขึ้น เท่ากับ 9.67 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 1.84 ของพื้นที่การเปลี่ยนแปลงทั้งหมด และพื้นที่แหล่งน้ำมีพื้นที่เพิ่มขึ้น เท่ากับ 0.73 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 0.14 ของพื้นที่การเปลี่ยนแปลงทั้งหมด ส่วนพื้นที่เบ็ดเตล็ด มีพื้นที่ลดลงมากที่สุด เท่ากับ 200.42 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 38.08 ของพื้นที่การเปลี่ยนแปลงทั้งหมด รองลงมาพื้นที่ป่าเบญจพรรณ มีพื้นที่ลดลง เท่ากับ 55.83 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 10.61 ของพื้นที่การเปลี่ยนแปลงทั้งหมด พื้นที่ป่าเต็งรังมีพื้นที่ลดลง เท่ากับ 6.48 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 1.23 ของพื้นที่การเปลี่ยนแปลงทั้งหมด และพื้นที่ป่าดิบแล้งมีพื้นที่ลดลง เท่ากับ 0.46 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 0.09 ของพื้นที่การเปลี่ยนแปลงทั้งหมด และพื้นที่ป่าดิบเขา พื้นที่ป่าดิบชื้น พื้นที่ป่าสนเขา และพื้นที่สวนป่า ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่

การเปลี่ยนแปลงสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดิน บริเวณอุทยานแห่งชาติทุ่งแสลงหลวง ระหว่างปี พ.ศ. 2552-2557 พบว่า มีการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ทั้งหมด 1,168.95 เฮกตาร์ โดยพื้นที่ป่าดิบแล้งมีพื้นที่เพิ่มขึ้นมากที่สุด เท่ากับ 424.92 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 36.35 ของพื้นที่การเปลี่ยนแปลงทั้งหมด รองลงมาพื้นที่ป่าเบญจพรรณ มีพื้นที่เพิ่มขึ้น เท่ากับ 143.77 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 12.30 ของพื้นที่การเปลี่ยนแปลงทั้งหมด พื้นที่ป่าเต็งรัง มีพื้นที่เพิ่มขึ้น เท่ากับ 14.32 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 1.23 ของพื้นที่การเปลี่ยนแปลงทั้งหมด พื้นที่แหล่งน้ำมีพื้นที่เพิ่มขึ้น เท่ากับ 0.82 เฮกตาร์

คิดเป็นร้อยละ 0.07 ของพื้นที่การเปลี่ยนแปลงทั้งหมด และพื้นที่ชุมชนและสิ่งก่อสร้างมีพื้นที่เพิ่มขึ้น เท่ากับ 0.64 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 0.05 ของพื้นที่การเปลี่ยนแปลงทั้งหมด ส่วนพื้นที่เบ็ดเตล็ด มีพื้นที่ลดลงมากที่สุด เท่ากับ 473 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 40.46 ของพื้นที่การเปลี่ยนแปลงทั้งหมด รองลงมาพื้นที่เกษตรกรรมมีพื้นที่ลดลง เท่ากับ 111.48 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 9.54 ของพื้นที่การเปลี่ยนแปลงทั้งหมด และพื้นที่ป่าดิบเขา พื้นที่ป่าดิบชื้น พื้นที่ป่าสนเขา และพื้นที่สวนป่า ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ สาเหตุที่พื้นที่ป่าเพิ่มขึ้น อาจเนื่องจากการมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช ได้มีมาตรการในการฟื้นฟูและอนุรักษ์พื้นที่ป่าไม้มาโดยตลอด คือ มาตรการทวงคืนผืนป่า การฟื้นฟูป่าที่เสื่อมโทรม การควบคุมไฟป่า และมาตรการอื่น ๆ โดยในปี พ.ศ. 2551-2554 กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ได้จัดทำแผนปฏิบัติการแก้ไขปัญหาหมอกควันและไฟป่า เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการป้องกัน และลดไฟป่า จัดให้มีชุดปฏิบัติการในพื้นที่ล่อแหลมต่อการบุกรุกป่า (Pollution Control Department, 2007) และในปี พ.ศ. 2555 อุทยานแห่งชาติทุ่งแสลงหลวง มียุทธการทวงคืนผืนป่า จากการปลุกยงพารา และโครงการปลูกป่าต่าง ๆ เพื่อฟื้นฟูระบบนิเวศให้กลับมาสมบูรณ์จากพื้นที่เกษตรเป็นพื้นที่ป่าไม้ ซึ่งการดำเนินการดังกล่าวจำเป็นต้องทราบถึงสภาพพื้นที่ สภาพสังคมพืชดั้งเดิมในการปลูกฟื้นฟู ลักษณะภูมิประเทศ ลักษณะดินและหิน สภาพภูมิอากาศ และปัจจัยสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ เพื่อฟื้นฟูระบบนิเวศได้อย่างมีประสิทธิภาพ (DNP, 2008) จึงส่งผลให้ระหว่างปี พ.ศ. 2552 - 2557 อุทยานแห่งชาติทุ่งแสลงหลวงมีพื้นที่ป่าเพิ่มขึ้น และสอดคล้องกับรายงานโครงการจัดทำข้อมูลสภาพพื้นที่ป่าไม้ปี พ.ศ. 2557-2558 ของ Royal Forest Department (2016) รายงานว่า พื้นที่ป่าไม้ในจังหวัดพิษณุโลกมีร้อยละ 36.52 จังหวัดเพชรบูรณ์มีร้อยละ 31.25 ซึ่งมีพื้นที่ป่าเพิ่มขึ้น ดัง Table 4 และ Figure 5

Table 4 Area of land use change in Thung Salaeng Luang National Park, Phitsanulok province, 2004–2009 and 2009–2014

Land use type	Area change 2004–2009 (ha)	Area change 2009–2014 (ha)
Hill evergreen forest	0.00 (0 %)	0.00 (0 %)
Moist evergreen forest	0.00 (0 %)	0.00 (0 %)
Dry evergreen forest	-0.46 (0.09 %)	+424.92 (36.35 %)
Mix deciduous forest	-55.83 (10.61 %)	+143.77 (12.30 %)
Dry dipterocarp forest	-6.48 (1.23 %)	+14.32 (1.23 %)
Pine forest	0.00 (0 %)	0.00 (0 %)
Forest plantation	0.00 (0 %)	0.00 (0 %)
Agricultural land	+252.78 (48.02 %)	-111.48 (9.54 %)
Urban and built-up	+9.67 (1.84 %)	+0.64 (0.05 %)
Water body	+0.73 (0.14 %)	+0.82 (0.07 %)
Miscellaneous	-200.42 (38.08 %)	-473 (40.46 %)
Total	526.37	1,168.95

**Figure 5** Land use change in Thung Salaeng Luang National Park, Phitsanulok province, during 2004–2009 and 2009–2014

การคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดิน

การคาดการณ์แนวโน้มการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2557 เป็นการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินในช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2547–2552 โดยใช้แบบจำลอง Land change modeler ร่วมกับปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่เป็นตัวขับเคลื่อน ได้แก่ ความลาดชัน ความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง ระยะห่างจากหมู่บ้าน และระยะห่างจากถนน แล้วนำมาประมวลผลการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินในปี พ.ศ. 2557 เพื่อใช้ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลอง Land change modeler พบว่า แนวโน้มการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดิน ในปี พ.ศ. 2557 มีพื้นที่ทั้งหมด 126,240 เฮกตาร์ ประกอบด้วย 11 ประเภท ได้แก่ ป่าดิบเขา จำนวน 2,260.18 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 1.79 ของพื้นที่ทั้งหมด ป่าดิบชื้น จำนวน 199.14 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 0.16 ของพื้นที่ทั้งหมด ดิบแล้ง จำนวน 60,972.71 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 48.30 ของพื้นที่ทั้งหมด ป่าเบญจพรรณ จำนวน 36,825.96 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 29.17 ของพื้นที่ทั้งหมด ป่าเต็งรัง จำนวน 507.30 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 0.40 ของพื้นที่ทั้งหมด ป่าสนเขา จำนวน 1,804.69 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 1.43 ของพื้นที่ทั้งหมด สวนป่า จำนวน 237.46 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 0.19 ของพื้นที่ทั้งหมด เกษตรกรรม จำนวน 17,514.55 เฮกตาร์ คิดเป็น

ร้อยละ 13.87 ของพื้นที่ทั้งหมด ชุมชนและสิ่งก่อสร้าง จำนวน 112.21 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 0.09 ของพื้นที่ทั้งหมด เบ็ดเตล็ด จำนวน 5,509.14 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 4.36 ของพื้นที่ทั้งหมด และแหล่งน้ำ จำนวน 296.66 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 0.12 ของพื้นที่ทั้งหมด

การตรวจสอบความถูกต้องของการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณอุทยานแห่งชาติทุ่งแสลงหลวงในปี พ.ศ. 2557 ดำเนินการโดยใช้ข้อมูลการสำรวจทรัพยากรป่าไม้ของกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช และข้อมูลกรมพัฒนาที่ดิน ปี พ.ศ. 2558 (เนื่องจากข้อมูลการใช้ที่ดินในปี พ.ศ. 2557 ไม่มีให้บริการ) ในการตรวจสอบความถูกต้องพบว่า ค่าความถูกต้องโดยรวม เท่ากับร้อยละ 85.26 และค่าสถิติแคปปา เท่ากับร้อยละ 80.18 ซึ่งมีค่าความถูกต้องและความสอดคล้องของข้อมูลอยู่ในเกณฑ์สูง จึงสามารถนำแบบจำลอง Land change modeler ไปวิเคราะห์ในปี พ.ศ. 2573 ต่อไปได้

การคาดการณ์แนวโน้มการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2573 เป็นการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินในช่วงระหว่างปีพ.ศ. 2552–2557 โดยใช้แบบจำลอง Land change modeler ร่วมกับปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่เป็นตัวขับเคลื่อน ได้แก่ ความลาดชัน ความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง ระยะห่างจากหมู่บ้าน และระยะห่างจากถนน ดัง Figure 6

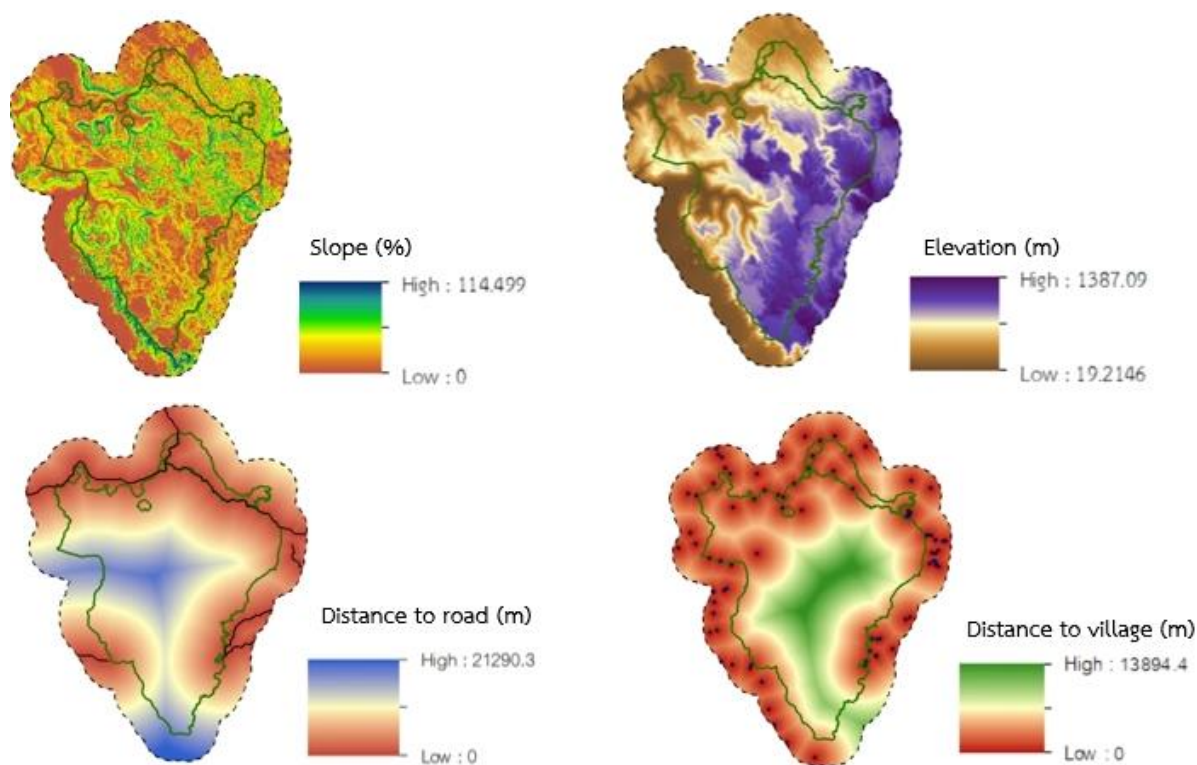


Figure 6 Driver variables for predicting land use in Thung Salaeng Luang National Park

จากแบบจำลองดังกล่าว พบว่า แนวโน้มการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดิน ในปี พ.ศ. 2573 มีพื้นที่ทั้งหมด 126,240 เฮกตาร์ ประกอบด้วย 11 ประเภท ได้แก่ พื้นที่ป่าดิบเขา จำนวน 2,260.18 เฮกตาร์ หรือคิดเป็นร้อยละ 1.79 ของพื้นที่ทั้งหมด พื้นที่ป่าดิบชื้น จำนวน 199.14 เฮกตาร์ หรือคิดเป็นร้อยละ 0.16 ของพื้นที่ทั้งหมด พื้นที่ป่าดิบแล้ง จำนวน 61,132.08 เฮกตาร์ หรือคิดเป็นร้อยละ 48.43 ของพื้นที่ทั้งหมด พื้นที่ป่าเบญจพรรณ จำนวน 34,519.44 เฮกตาร์ หรือคิดเป็นร้อยละ 27.34 ของพื้นที่ทั้งหมด พื้นที่ป่าเต็งรัง จำนวน 503.65 เฮกตาร์ หรือคิดเป็นร้อยละ 0.40 ของพื้นที่

ทั้งหมด พื้นที่ป่าสนเขา จำนวน 1,804.69 เฮกตาร์ หรือคิดเป็นร้อยละ 1.43 ของพื้นที่ทั้งหมด พื้นที่สวนป่า จำนวน 237.46 เฮกตาร์ หรือคิดเป็นร้อยละ 0.19 ของพื้นที่ทั้งหมด พื้นที่เกษตรกรรม จำนวน 20,777.29 เฮกตาร์ หรือคิดเป็นร้อยละ 16.46 ของพื้นที่ทั้งหมด พื้นที่ชุมชนและสิ่งก่อสร้าง จำนวน 277.51 เฮกตาร์ หรือคิดเป็นร้อยละ 0.22 ของพื้นที่ทั้งหมด พื้นที่เบ็ดเตล็ด จำนวน 4,231.08 เฮกตาร์ หรือคิดเป็นร้อยละ 3.35 ของพื้นที่ทั้งหมด และพื้นที่แหล่งน้ำ จำนวน 297.48 เฮกตาร์ หรือคิดเป็นร้อยละ 0.24 ของพื้นที่ทั้งหมด รายละเอียด ดัง Table 5 และ Figure 7

Table 5 Land use type prediction for Thung Salaeng Luang National Park in 2030 using land change modeler

Land use type	Prediction of area in 2030	
	(ha)	(%)
Hill evergreen forest	2,260.18	1.79
Moist evergreen forest	199.14	0.16
Dry evergreen forest	61,132.08	48.43
Mix deciduous forest	34,519.44	27.34
Dry dipterocarp forest	503.65	0.40
Pine forest	1,804.69	1.43
Forest plantation	237.46	0.19
Agricultural land	20,777.29	16.46
Urban and built-up	277.51	0.22
Water body	297.48	0.24
Miscellaneous	4,231.08	3.35
Total	126,240.00	100.00

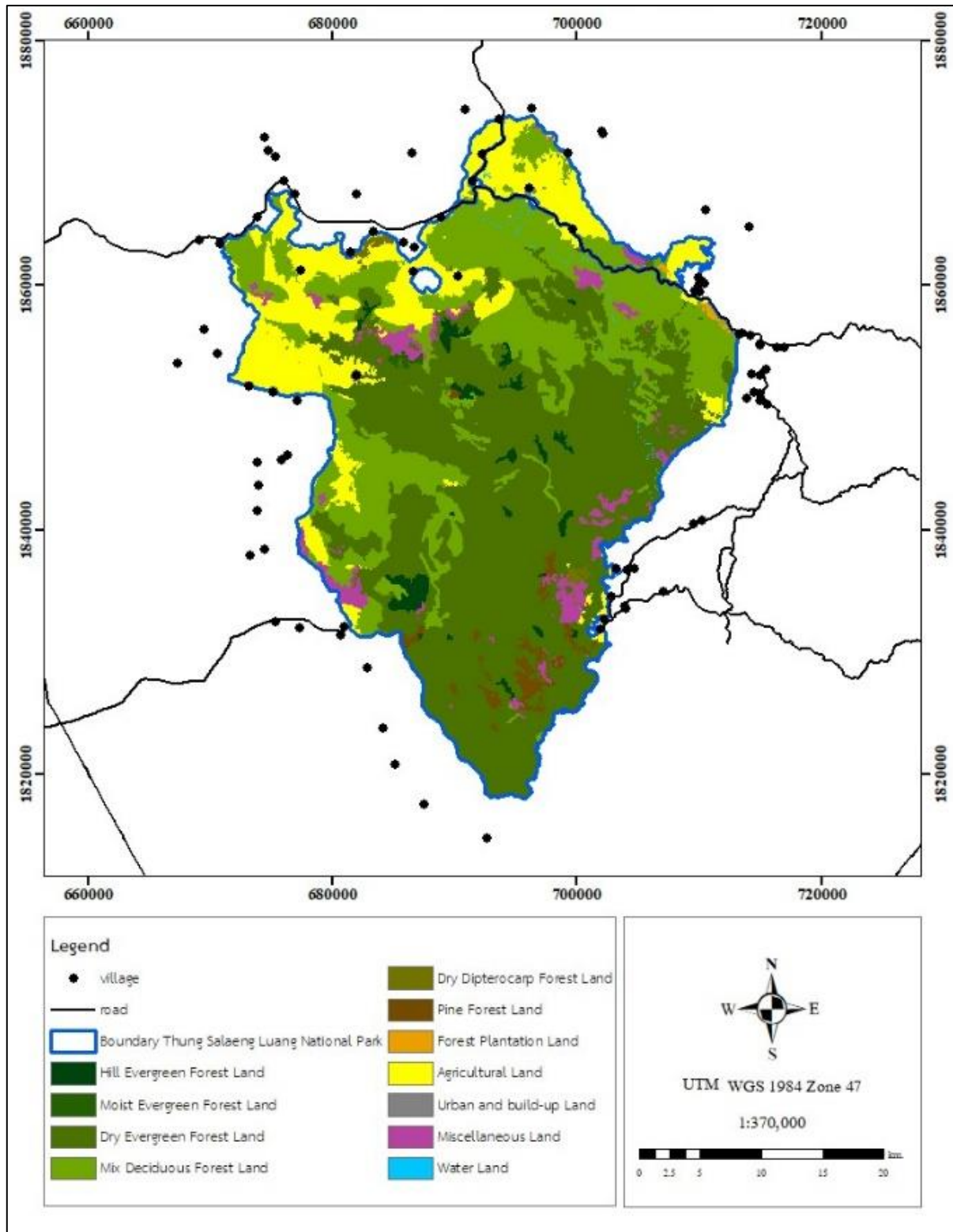


Figure 7 Prediction of land use in 2030 for Thung Salaeng Luang National Park

การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน บริเวณอุทยานแห่งชาติทุ่งแสลงหลวง ระหว่างปี พ.ศ. 2557–2573 คาดการณ์ว่า มีการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ทั้งหมด 7,247.24 เฮกตาร์ โดยพื้นที่เกษตรกรรมมีพื้นที่เพิ่มขึ้นมากที่สุด เท่ากับ 3,456.95 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 47.70 ของพื้นที่การเปลี่ยนแปลงทั้งหมด รองลงมาพื้นที่ชุมชนและสิ่งก่อสร้าง มีพื้นที่เพิ่มขึ้น เท่ากับ 166.67 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 2.30 ของพื้นที่การเปลี่ยนแปลงทั้งหมด ในขณะที่การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินที่มีพื้นที่ลดลงมากที่สุด คือ พื้นที่ป่าเบญจพรรณ มีพื้นที่ลดลง เท่ากับ 2,371.56 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 32.72 ของพื้นที่การเปลี่ยนแปลงทั้งหมด รองลงมาพื้นที่เบ็ดเตล็ดมีพื้นที่ลดลง เท่ากับ 889.26 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 12.27 ของพื้นที่การเปลี่ยนแปลงทั้งหมด พื้นที่ป่าดิบแล้ง มีพื้นที่ลดลง เท่ากับ 318.92 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 4.40 ของพื้นที่การเปลี่ยนแปลงทั้งหมด พื้นที่ป่าเต็งรัง มีพื้นที่ลดลง เท่ากับ 43.88 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 0.61 ของพื้นที่การเปลี่ยนแปลงทั้งหมด และพื้นที่ป่าดิบเขา พื้นที่ป่าดิบชื้น พื้นที่ป่าสนเขา และพื้นที่สวนป่า ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ (Table 6) (Figure 8-Figure 9) เนื่องจากในพื้นที่อุทยานแห่งชาติทุ่งแสลงหลวง มีการทำเกษตรกรรมในพื้นที่อยู่แล้ว และมีพื้นที่ชุมชนอยู่ใกล้ขอบเขต อีกทั้งยังมีถนนทางหลวงหมายเลข 12 พาดผ่านพื้นที่

อุทยานแห่งชาติทุ่งแสลงหลวง ซึ่งมีความเสี่ยงต่อการถูกบุกรุก สอดคล้องกับการศึกษาของ Jirapong and Rojanatrakul (2021) อธิบายว่า พื้นที่ป่าไม้ลดลงอย่างมาก เกิดจากหลายสาเหตุ โดยเฉพาะมนุษย์เป็นสาเหตุหลัก ที่ทำให้ทรัพยากรป่าไม้มีการเปลี่ยนแปลงไปเป็นพื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่ชุมชนและสิ่งก่อสร้าง และแหล่งน้ำ เนื่องจากเมื่อประชากรเพิ่มสูงขึ้น ความต้องการใช้ที่ดินเพื่อปลูกสร้างที่อยู่อาศัย ทำการเกษตร และสร้างสาธารณูปโภคต่าง ๆ ก็สูงขึ้นตามไปด้วย จึงทำให้เกิดการลักลอบตัดไม้ทำลายป่า การเผาป่า และการบุกรุกทำลายป่า เป็นต้น และการศึกษาของ Grainger (1993) อธิบายว่า การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไม้ เกิดจากการกระทำของมนุษย์ส่งผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินมากกว่าการเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ เนื่องจากมนุษย์มีความต้องการใช้ที่ดินในการทำกิจกรรมต่าง ๆ ดังนั้นอุทยานแห่งชาติทุ่งแสลงหลวงควรกำหนดมาตรการป้องกัน การตัดไม้ทำลายป่า โดยส่งเสริมการดำเนินการด้านการบริหารจัดการป่าไม้ทุกประเภทอย่างยั่งยืน หยุดยั้งการตัดไม้ทำลายป่า พื้นที่ป่าที่เสื่อมโทรม โดยการยึดคืนพื้นที่ป่า ยับยั้งการบุกรุกป่า จัดตั้งหน่วยเฉพาะกิจ และส่งเสริมการมีส่วนร่วมในการป้องกัน และปราบปรามการตัดไม้ทำลายป่า และต้องดำเนินการอย่างเข้มงวดและต่อเนื่อง

Table 6 Land use change in Thung Salaeng Luang National Park, Phitsanulok province, between 2014 and 2030

Land use type	Area in 2014 (ha)	Area in 2030 (ha)	Area change (ha)	Area change (%)
Hill evergreen forest	2,260.18	2,260.18	0.00	0.00
Moist evergreen forest	199.14	199.14	0.00	0.00
Dry evergreen forest	61,451.00	61,132.08	-318.92	4.40
Mix deciduous forest	36,891.00	34,519.44	-2,371.56	32.72
Dry dipterocarp forest	547.53	503.65	-43.88	0.61
Pine forest	1,804.69	1,804.69	0.00	0.00
Forest plantation	237.46	237.46	0.00	0.00
Agricultural land	17,320.34	20,777.29	+3,456.95	47.70
Urban and built-up	110.84	277.50	+166.67	2.30
Water body	297.48	297.48	0.00	0.00
Miscellaneous	5,120.34	4,231.08	-889.26	12.27
Total	126,240.00	126,240.00	7,247.24	100.00

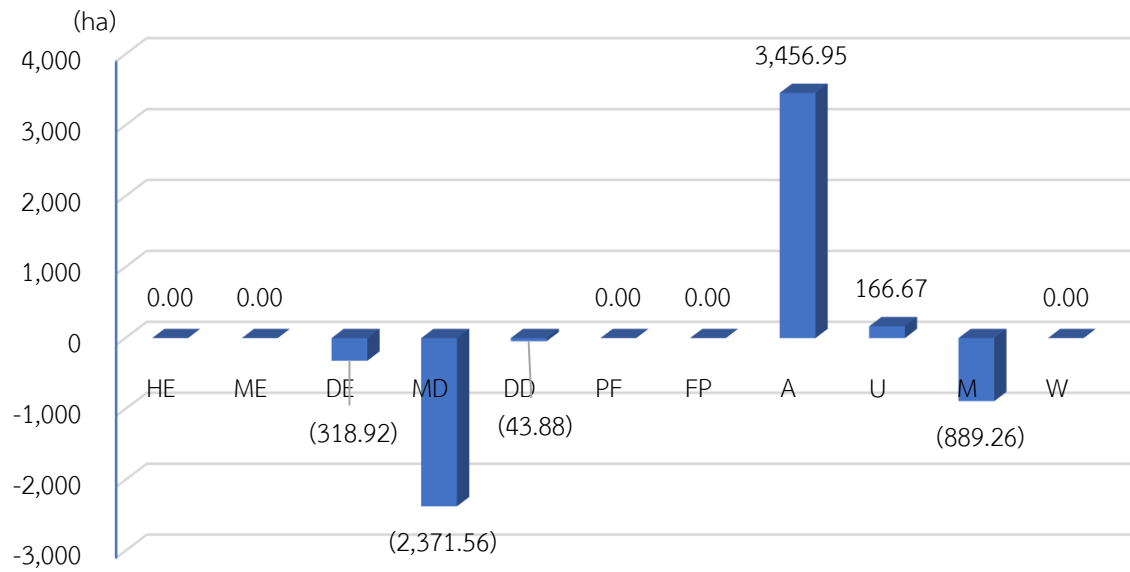


Figure 8 Land use change in Thung Salaeng Luang National Park, Phitsanulok Province, between 2014 and 2030.

Remarks: HE = Hill evergreen forest, ME = Moist evergreen forest, DE = Dry evergreen forest, MD = Mix deciduous forest, DD = Dry dipterocarp forest, PF = Pine forest, FP = Forest plantation, A = Agricultural land, U = Urban and built-up, W = Water body, M = Miscellaneous



Figure 9 Map of land use changes between 2014 and 2030 for Thung Salaeng Luang National Park

การคาดการณ์การกักเก็บคาร์บอนของป่าไม้ ปี พ.ศ. 2573

จากข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2557 ข้อมูลการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2573 และข้อมูลปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของป่าไม้แต่ละประเภทมาวิเคราะห์การคาดการณ์การกักเก็บคาร์บอนในปี พ.ศ. 2573 โดยใช้แบบจำลอง Ecosystem services modeler พบว่า ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของป่าไม้ในปี พ.ศ. 2557 เท่ากับ 10,033,789 ตันคาร์บอน การกักเก็บ

คาร์บอนของป่าไม้ในปี พ.ศ. 2573 เท่ากับ 9,766,154 ตันคาร์บอน แสดงว่า ในปี พ.ศ. 2557-2573 มีแนวโน้มการปล่อยคาร์บอนของป่าไม้ เท่ากับ 267,635 ตันคาร์บอน ซึ่งจากข้อมูลการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2573 พบว่า พื้นที่เกษตรกรรม มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นมากที่สุด รองลงมา พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง ส่วนพื้นที่ป่าเบญจพรรณ มีแนวโน้มลดลงมากที่สุด รองลงพื้นที่ป่าดิบแล้ง และพื้นที่ป่าเต็งรัง จึงส่งผลให้ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของป่าไม้ในปี พ.ศ. 2573 ลดลง และทำให้ช่วงเวลา พ.ศ. 2557-2573 มีแนวโน้มการปล่อยคาร์บอน ดัง Table 7

Table 7 Carbon sequestration prediction for Thung Salaeng Luang National Park in 2030 using ecosystem services modeler

Carbon storage and sequestration prediction	
Total currently stored carbon	10,033,789 tC
Total scenario stored carbon	9,766,154 tC
Total sequestered carbon	- 267,635 tC

สรุปและข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษาข้างต้น พบว่า มีประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินทั้งหมด 11 ประเภท ได้แก่ ป่าดิบเขา ป่าดิบชื้น ป่าดิบแล้ง ป่าเบญจพรรณ ป่าเต็งรัง ป่าสนเขา สวนป่า เกษตรกรรม ชุมชนและสิ่งก่อสร้าง เบ็ดเตล็ด และแหล่งน้ำ สำหรับการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในช่วงปี พ.ศ. 2547-2552 พบว่า พื้นที่เกษตรกรรมมีพื้นที่เพิ่มขึ้นมากที่สุด รองลงมา ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง และแหล่งน้ำ ในขณะที่เบ็ดเตล็ด ป่าเบญจพรรณ ป่าเต็งรัง และป่าดิบแล้ง มีพื้นที่ลดลง ส่วนในช่วงปี พ.ศ. 2552-2557 พื้นที่เกษตรกรรม มีพื้นที่ลดลง แต่ป่าดิบแล้ง ป่าเบญจพรรณ และป่าเต็งรัง มีพื้นที่เพิ่มขึ้น สำหรับชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง และแหล่งน้ำ มีพื้นที่เพิ่มขึ้นต่อเนื่อง ผลการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินในปี พ.ศ. 2573 พบว่า พื้นที่เกษตรกรรม มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นมากที่สุด รองลงมาชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง ส่วนพื้นที่ป่าเบญจพรรณ มีแนวโน้มลดลงมากที่สุด รองลงมาเบ็ดเตล็ด ป่าดิบแล้ง และป่าเต็งรัง และผลการคาดการณ์การกักเก็บคาร์บอนของป่าไม้ในปี พ.ศ. 2573 พบว่า ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของป่าไม้มีแนวโน้มลดลง 267,635 ตันคาร์บอน เนื่องจากพื้นที่เกษตรกรรม มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ส่วนพื้นที่ป่าไม้มีแนวโน้มลดลง จึงส่งผลให้การกักเก็บคาร์บอนของภาคป่าไม้ลดลงตามไปด้วย และทำให้ไม่เป็นไปตามเป้าหมายสำคัญที่ประเทศไทยประกาศไว้ว่าจะลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกร้อยละ 40 ภายในปี พ.ศ. 2573 และจะเป็นกลางทางคาร์บอน (carbon neutrality) ในปี พ.ศ. 2593 จึงเห็นควรให้

อุทยานแห่งชาติทุ่งแสลงหลวง มีมาตรการป้องกันการตัดไม้ทำลายป่าแบบเชิงรุก พื้นที่ป่าที่เสื่อมโทรมเพื่อเพิ่มพื้นที่การกักเก็บคาร์บอน และส่งเสริมการมีส่วนร่วมทุกภาคส่วนในการป้องกันและปราบปรามการตัดไม้ทำลายป่า ซึ่งต้องดำเนินการอย่างเข้มงวดและต่อเนื่อง เพื่อเพิ่มพื้นที่ป่าไม้ในการเป็นแหล่งดูดซับและกักเก็บคาร์บอนในอนาคตเพิ่มขึ้นต่อไป

คำนิยาม

ขอขอบคุณกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช ที่อนุเคราะห์ข้อมูลสำหรับใช้ในการศึกษาวิจัยในพื้นที่อุทยานแห่งชาติทุ่งแสลงหลวง

REFERENCES

- Chuchip, K. 2018. **Accuracy Assessment: Remote Sensing Technical Note No. 3.** Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Clark Lab. 2020. **IDRISI Spotlight: The Land Change Modeler.** Clark Labs, Clark University, USA.
- Department of National Parks Wildlife and Plant Conservation (DNP). 2008. **Guidelines for Restoring Forest Conditions in Protected Areas that does not Use the Upstream Area.** Protected Area Rehabilitation and Development Office, Bangkok, Thailand. (in Thai)

- Department of National Parks Wildlife and Plant Conservation (DNP). 2021. **Statistical Information 2021**. <https://www.dnp.go.th/statistics/2564/index.html>, 10 March 2023. (in Thai)
- Department of National Parks Wildlife and Plant Conservation (DNP). 2023. **Thung Salaeng Luang National Park (Thung Salaeng Luang)**. <https://portal.dnp.go.th/Content/nationalpark?contentId=737>, 15 November 2023. (in Thai)
- Geo-Informatics and Space Technology Development Agency. 2009. **Space Technology and Geo-Informatics** Amarin Printing & Publishing, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Global Compact Network Thailand. 2021. **The COP26 Conference and the Elevation of Sustainable Lifestyles that Raise Awareness about the Environment, Economy, and Society: Realistic Implementation**. <https://globalcompact-h.com/news/detail/632>, 15 November 2023. (in Thai)
- Grainger, A. 1993. **Controlling Tropical Deforestation**. Routledge, London, UK.
- Jirapong, S., Rojanatrakul, T. 2021. Promote Sustainable Conservation of Forest Resources. **Journal of Roi Kaensarn Academi**, 6(10): 441-458 (in Thai)
- Kongsawi, V., Arunpraparut, W., Riantrakool, L. 2020. Application of geo-informatics in predicting forest land use at the Doi Inthanon National Park, Chiang Mai province. **Thai Journal of Forestry**, 39(2): 77-90. (in Thai)
- Lamsa, S. 2016. **Land Use Change Factors and Forest Protection Guidelines in Huai Yang Waterfall National Park, Prachuap Khiri Khan**. M.S. Thesis, National Institute of Development Administration, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- National Nanotechnology Center. 2024. **NCAS Nanocatalysis and Molecular Simulation**. <https://shorturl.asia/l6qNL>, 25 February 2024.
- Piyathilake, U., Udayakumara, E.P.N., Ranaweera, L.V., Gunatilake, S. 2022. Modeling predictive assessment of carbon storage using InVEST model in Uva province, Sri Lanka. **Modeling Earth Systems and Environment**, 8: 1-11.
- Pollution Control Department. 2007. **Action Plan for Solving Smog and Forest Fire Problems for 2008-2011**. <https://www.pcd.go.th/strategy>, 22 June 2024. (in Thai)
- Royal Forest Department. 2016. **Project to Prepare Information on the Condition of Forest Areas in the Year 2014-2015**. [https://www.forest.go.th/land/wp-content/uploads/sites/29/2016/06/Complete report - 2015.pdf](https://www.forest.go.th/land/wp-content/uploads/sites/29/2016/06/Complete%20report%202015.pdf), 20 February 2024. (in Thai)
- Royal Forest Department. 2023. **Project to Prepare Information on the Condition of Forest Areas in the Year 2023**. [https://www.forest.go.th/land/Report on project preparation -12/, 3 March 2024](https://www.forest.go.th/land/Report%20on%20project%20preparation%20-%2012%2F03%2024.pdf). (in Thai)
- Sharp, R., Chaplin-Kramer, R., Wood, S., Guerry, A., Tallis, H., Ricketts, T., Nelson, E., Ennaanay, D., Wolny, S., Olwero, N., Vigerstol, K., Pennington, D., Mendoza, G., Aukema, J., Foster, J., Forrest, J., Cameron, D.R., Arkema, K., Lonsdorf, E., Douglass, J. 2018. **InVEST 3.6.0 User's Guide**. The Natural Capital Project, Stanford University, University of Minnesota, The Nature Conservancy, and World Wildlife Fund, Minneapolis, USA.
- Tiansuwan, A., Pattaratuma, A. 2021. Impacts of the infrastructure construction on land use change in Bang Khanun subdistrict, Bang Krui district, Nonthaburi province. **Thai Journal of Forestry**, 27(2): 41-47 (in Thai)
- Wiyantont, T., Chompuchan, C., Taesombat, W. 2020. Land use forecasting in Huai Phak subbasin, Phetchaburi province using CA-Markov model. In: **The 21st TSAE National Conference**. Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima, Thailand, pp. 250-257 (in Thai)

นิพนธ์ต้นฉบับ

การศึกษาประสิทธิภาพในการประเมินผลผลิตยูคาลิปตัส สายต้น K58

โดยตัวแปรขนาดปกคลุมเรือนยอดจากอากาศยานไร้คนขับ

Efficiency Study on Estimation of Yield of *Eucalyptus* Clone K58 Trees Using Canopy Cover Variable from Unmanned Aerial Vehicleสมรักษ์ ชาตไทย^{1,2}พิชิต ลำไย^{1*}วีระภาส คุณรัตนศิริ¹Somrak Chatthai^{1,2}Pichit Lumyai^{1*}Weeraphart Khunrattanasiri¹¹คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900¹ Faculty of Forestry, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand²สำนักอนุรักษ์สัตว์ป่า กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช กรุงเทพฯ 10900²Wildlife Conservation Office, Department of National Parks Wildlife and Plant Conservation, Bangkok 10900, Thailand

*Corresponding Author, E-mail: fforpcl@ku.ac.th

รับต้นฉบับ 11 เมษายน 2567

รับแก้ไข 8 กรกฎาคม 2567

รับลงพิมพ์ 19 กรกฎาคม 2567

ABSTRACT

Forest inventory is the collection and analysis to know yields of forest resource. There are various forms and methods of forest inventory. Estimation models were created of the yield from eucalypt clone K58 (volume, biomass and fresh weight) at age 5 years, using field data variables (tree height, diameter at breast height, tree position, canopy cover) and compared with using a canopy cover variable from an unmanned aerial vehicle.

Based on the results of the study, several models were developed to estimate the yield of eucalypt clone K58: volume ($V = 0.000128(DBH^{2.236})(Ht^{0.392})$, with $R^2 = 0.978$; biomass ($Bm = 0.0590(DBH^{2.220})(Ht^{0.609})$, with $R^2 = 0.9763$) and fresh weight ($W = 0.0785(DBH^{2.202})(Ht^{0.651})$, with $R^2 = 0.9767$). In addition, the same yield estimates using a canopy cover variable (Ap) from an unmanned aerial vehicle generated equations: $V = 0.017(Ap^{0.944})$, with $R^2 = 0.869$; $Bm = 13.489(Ap^{0.968})$, with $R^2 = 0.845$ and $W = 19.396(Ap^{0.969})$, with $R^2 = 0.845$.

Keyword: Eucalyptus K58; Tree's yields; Remote sensing; Unmanned aerial vehicle

บทคัดย่อ

การสำรวจทรัพยากรป่าไม้ เป็นการรวบรวมและวิเคราะห์ เพื่อให้ทราบถึงผลผลิตของทรัพยากรป่าไม้ ซึ่งการสำรวจทรัพยากรป่าไม้มีรูปแบบและวิธีการที่หลากหลาย ในการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างตัวแบบประเมินผลผลิตยูคาลิปตัส สายต้น K58 อายุ 5 ปี ได้แก่ ปริมาตร มวลชีวภาพ และน้ำหนักสด โดยข้อมูลการสำรวจภาคสนาม ได้แก่ ความสูง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก ตำแหน่งของต้นไม้ ขนาดปกคลุมเรือนยอด และเพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการประเมินผลผลิตยูคาลิปตัส สายต้น K58 อายุ 5 ปี โดยตัวแปรขนาดปกคลุมเรือนยอดจากอากาศยานไร้คนขับ

ผลการศึกษาพบว่า ข้อมูลจากการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นระหว่างผลผลิตของยูคาลิปตัส สายต้น K58 และข้อมูลภาคสนาม สามารถสร้างตัวแบบประเมินผลผลิต ดังนี้ $V = 0.000128(DBH^{2.236})(Ht^{0.392})$ ($R^2 = 0.978$) $Bm = 0.059020108(DBH^{2.220})(Ht^{0.609})$ ($R^2 = 0.976$) และ $W = 0.078523563(DBH^{2.202})(Ht^{0.651})$ ($R^2 = 0.977$) และจากการวิเคราะห์สมการระหว่างผลผลิตของยูคาลิปตัส สายต้น K58 และขนาดปกคลุมเรือนยอดจากภาพถ่ายทางอากาศ สามารถเขียนได้ ดังนี้ $V = 0.005 + 0.015Ap$ ($R^2 = 0.808$) $Bm = 13.489(Ap^{0.968})$ ($R^2 = 0.845$) และ $W = 19.396(Ap^{0.969})$ ($R^2 = 0.845$)

คำสำคัญ: ยูคาลิปตัส สายต้น K58 ผลผลิตของไม้ การรับรู้ระยะไกล อากาศยานไร้คนขับ

คำนำ

ในทุกวันนี้การทำงานในพื้นที่สวนป่าต่าง ๆ ถือว่าเป็นงานที่หนักสำหรับคนงาน เพราะเป็นงานที่ทำได้ยาก สกปรก อันตราย และมีความเสี่ยงสูง อีกทั้ง ยังเป็นงานที่มีลักษณะเฉพาะ (Na Takuathung and Diloksumpun, 2020) รวมถึงการสำรวจผลผลิตสวนป่าให้ได้ข้อมูลอย่างถูกต้อง และแม่นยำ ยังเป็นสิ่งสำคัญในการดำเนินงานทางด้านสวนป่า โดยการหาผลผลิตสวนป่าแบบดั้งเดิมจะต้องรู้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก และความสูงของต้นไม้ต้น ๆ ในกรณีที่ต้องการวัดผลผลิตโดยตรง จะเป็นการเสียเวลา และเพิ่มภาระงานทางกายเป็นอย่างมาก และไม่สามารถสำรวจได้ครอบคลุมพื้นที่สวนป่า (Pranchai *et al.*, 2022) จึงมีการพัฒนาวิธีการใช้วิธีการรับรู้ระยะไกล (remote sensing) เพื่อเป็นแนวทางในการนำมาใช้หาผลผลิตของต้นยูคาลิปตัส (Prasertsingkul, 2021) และง่ายต่อการประเมินข้อมูลสภาพพื้นที่ให้เป็นไปได้อย่างถูกต้อง ชัดเจน ลดระยะเวลาในการหาผลผลิตของไม้ยูคาลิปตัส

ดังนั้น อากาศยานไร้คนขับ (unmanned aerial vehicle, UAV) หรือโดรน (drone) จึงเป็นทางเลือกอีกทางหนึ่งสำหรับการสำรวจด้วยวิธีการรับรู้ระยะไกล เพราะเป็นอุปกรณ์ที่เข้าถึงง่าย ความสามารถในการบันทึกข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศ (aerial photography) ได้อย่างรวดเร็ว ขนาดกะทัดรัด มีประสิทธิภาพสูง สามารถสำรวจครอบคลุมพื้นที่เป็นวงกว้าง รวมทั้งยังสามารถสำรวจในพื้นที่ที่สามารถเข้าถึงลำบาก (Sanitwaja, 2016) เช่น การศึกษาประเมินปริมาตรไม้สักด้วยอากาศยานไร้คนขับ บริเวณสวนป่าแม่สรอย อำเภอดงขี้เหล็ก จังหวัดแพร่ เป็นต้น ฉะนั้น อากาศยานไร้คนขับ จึงอาจจะสามารถตอบโจทย์ในด้านการลดภาระงานของคนงาน และเพิ่มวิธีการสำรวจผลผลิตของสวนป่ายูคาลิปตัสอีกทางหนึ่ง

ยูคาลิปตัส ถือว่าเป็นไม้เศรษฐกิจที่ใช้ประโยชน์แพร่หลายทั่วโลก ซึ่งประเทศไทยเองก็เป็นประเทศที่ต้องการ

ใช้ไม้ยูคาลิปตัสเป็นวัตถุดิบสำหรับธุรกิจภาคอุตสาหกรรมปิละหลายล้านต้น และมีแนวโน้มที่จะสูงขึ้นทุกปี ซึ่งความต้องการของภาคอุตสาหกรรม สามารถจำแนกเป็นรายอุตสาหกรรม ได้ดังนี้ อุตสาหกรรมกระดาษ อุตสาหกรรมผลิตไม้สับส่งออกรวมถึงอุตสาหกรรมหลังแผ่นไม้ประกอบและไม้ชีวมวล โดยไม้ยูคาลิปตัส สายต้น K58 เป็นไม้ยูคาลิปตัสสายต้นหนึ่งที่มีความสำคัญในการนำมาผลิตเยื่อกระดาษ หรือนำมาแปรรูปเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมทางไม้ด้วย (Borisuthipongsakul, 2013)

พื้นที่ศึกษาบริเวณสถานีวิจัยและฝักริสนิตวนศาสตร์ สนามชัยเขต จังหวัดฉะเชิงเทรา เนื้อที่ 1,944 ไร่ 1 งาน 9 ตารางวา อยู่ในพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติโดยได้รับอนุญาตจากกรมป่าไม้ให้ใช้ประโยชน์ ระยะเวลา 30 ปี ตั้งแต่ 15 กันยายน พ.ศ. 2560 ถึง 14 กันยายน พ.ศ. 2590 (RFD, 2017) ในพื้นที่มีการปลูกไม้เศรษฐกิจส่วนใหญ่เป็นต้นยูคาลิปตัส สายต้น K58 งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของผลผลิตของไม้ยูคาลิปตัส สายต้น K58 อายุ 5 ปี ที่ระยะปลูก 1.5 เมตร x 2 เมตร ในสถานีวิจัยและฝักริสนิตวนศาสตร์ สนามชัยเขต ระหว่างข้อมูลการสำรวจภาคสนาม และภาพถ่ายทางอากาศ และสร้างตัวแบบประเมินผลผลิตของไม้ยูคาลิปตัส สายต้น K58 ด้วยการประยุกต์เทคนิคจากการรับรู้ระยะไกลโดยอากาศยานไร้คนขับ เพื่อเป็นกลไกส่วนหนึ่งในการบริหารจัดการทรัพยากรสวนป่าอย่างเหมาะสมและยั่งยืนต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

พื้นที่ศึกษา

สถานีวิจัยและฝักริสนิตวนศาสตร์ สนามชัยเขต จังหวัดฉะเชิงเทรา ตั้งอยู่บริเวณท้องที่บ้านอ่างตะแบก ตำบลทุ่งพระยา อำเภอสนามชัยเขต จังหวัดฉะเชิงเทรา เป็นพื้นที่สังกัดคณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เนื้อที่ประมาณ 1,944-1-9 ไร่ (Figure 1)

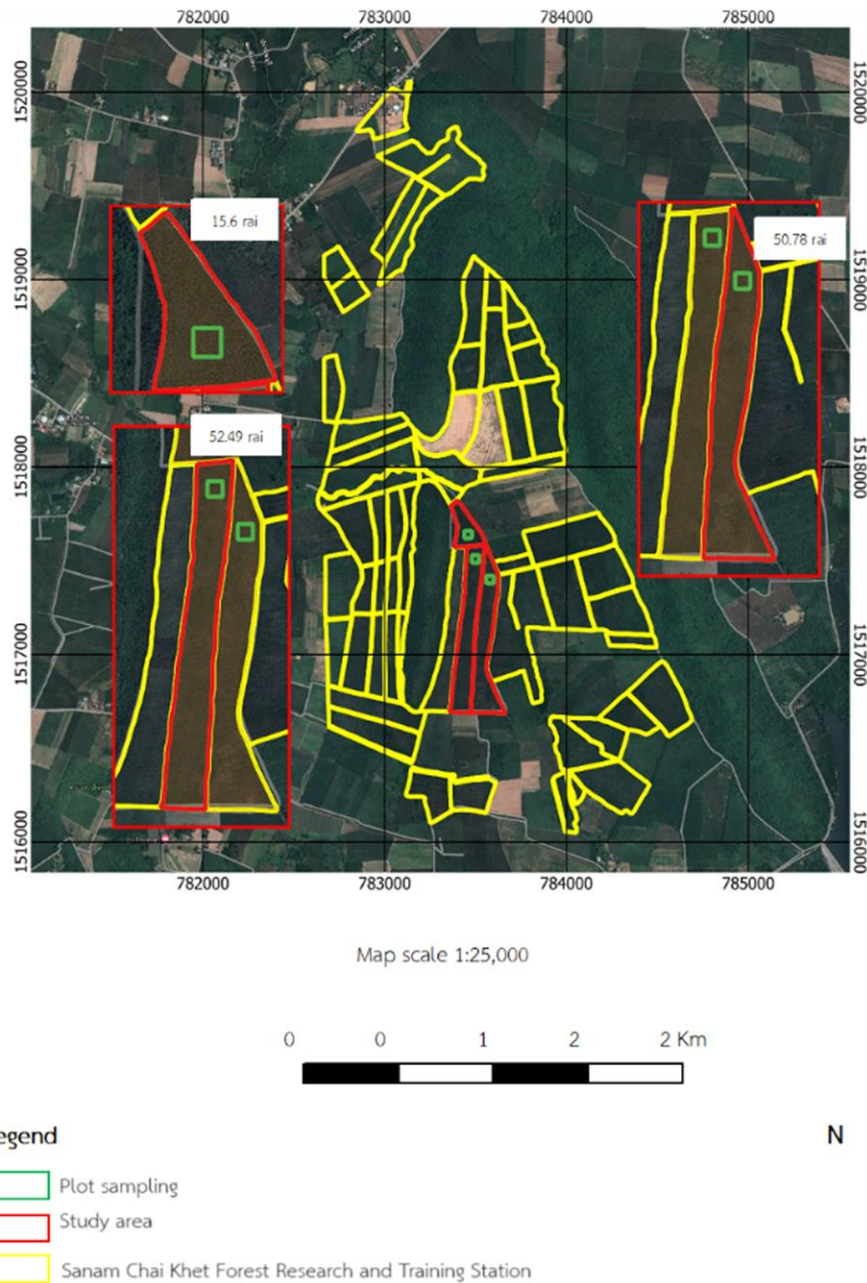


Figure 1 Sanam Chai Khet Forest Research and Training Station, Chachoengsao province

การสำรวจข้อมูลภาคสนาม

การสุ่มตัวอย่างจำนวนแปลงตัวอย่าง ขนาด 40 เมตร x 40 เมตร โดยคำนวณจากร้อยละ 2.5 ของพื้นที่แปลงตัวอย่าง ประมาณ 120 ไร่ ซึ่งมีระยะปลูก 1.5 เมตร x 2 เมตร จำนวน 3 แปลง ทำการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (diameter at breast height, DBH) ที่ระดับ 1.30 เมตรเหนือพื้นดิน โดยใช้เทปวัดเส้นผ่านศูนย์กลาง ความสูงทั้งหมด โดยใช้ Haga altimeter และตำแหน่งของไม้ยูคาลิปตัส สายต้น K58

ด้วยเครื่องระบุตำแหน่งบนพื้นโลก (global positioning system, GPS) ทุกต้นที่อยู่ภายในแปลงตัวอย่างแต่ละแปลง รวมถึงเก็บข้อมูลขนาดปกคลุมเรือนยอดจากการใช้เทปวัดระยะรัศมีของเรือนยอดทั้ง 4 ทิศ นอกจากนี้ทำการจดบันทึกตำแหน่งต้นไม้ภายในแปลงตัวอย่างแต่ละแปลงเพื่อช่วยในการระบุต้นไม้ในภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับได้ถูกต้องยิ่งขึ้น โดยเฉพาะกรณีตำแหน่งมีความคลาดเคลื่อน (Rinnamang, 2020) จากนั้นนำค่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง

เพียงอกของต้นไม้ มาแจกแจงความถี่ จำนวน 5 อันตรภาคชั้น ซึ่งกำหนดจำนวนต้นไม้ในอันตรภาคชั้นละ 6 ต้น และกำหนดเส้นศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ยในแต่ละชั้น แล้วตัดต้นไม้ที่ระดับขีดพื้นดิน บันทึกความสูงของต้นไม้ทั้งหมด และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับขีดพื้นดิน ที่ระดับความสูงเหนือพื้นดิน 0.30 เมตร และทุก ๆ 1 เมตร จนถึงปลายยอดของต้นไม้ จากนั้นตัดไม้ตามระดับความสูงที่วัดไว้ก่อนหน้าจนถึงปลายยอด หลังจากนั้นทำการบันทึกภาพถ่ายทางอากาศโดยอากาศยานไร้คนขับ ขนาด 40 เมตร x 40 เมตร บริเวณแปลงที่ผู้ศึกษาได้ทำการกำหนด เพื่อหาตำแหน่งและขนาดเรือนยอดของต้นไม้ โดยอากาศยานไร้คนขับที่ใช้ในการสำรวจครั้งนี้ คือ อากาศยานไร้คนขับ ยี่ห้อ DJI รุ่น Phantom 4 RTK ในการนี้มีการกำหนดค่าซ้อนทับกันด้านหน้า (front overlap) ร้อยละ 80 และค่าซ้อนทับด้านข้างกัน (side overlap) ร้อยละ 75 กำหนดความสูงที่ระดับ 90 เมตร จากจุดปล่อยอากาศยานไร้คนขับ ตามขั้นตอนของสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) โดยสุ่มเก็บตัวอย่างทุก ๆ ส่วนเหนือพื้นดินของยูคาลิปตัส สายต้น K58 โดยนำมาชั่งน้ำหนักสด โดยทำการเก็บตัวอย่างในแต่ละส่วน ไม่น้อยกว่า 500 กรัม จากนั้นนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 176 องศาฟาเรนไฮต์ (80 องศาเซลเซียส) ไม่น้อยกว่า 72 ชั่วโมง หรือจนกว่าน้ำหนักของตัวอย่างจะอยู่ในระดับคงที่ (Hnukaew *et al*, 2015) พร้อมนำน้ำหนักแห้งเพื่อคำนวณหามวลชีวภาพ และการกักเก็บคาร์บอนของยูคาลิปตัส สายต้น K58 เพื่อสร้างตัวแบบประเมินผลผลิตต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูล

การคำนวณปริมาตรไม้ การวิเคราะห์ข้อมูล ในรูปปริมาตรไม้ที่ได้ค่าต่าง ๆ แล้ว ได้แก่ ความโตที่ระดับความสูงเพียงอก ความสูงทั้งหมด นำความโตที่ได้นำไปคำนวณหาพื้นที่หน้าตัดของแต่ละส่วนแล้วนำไปคำนวณหาปริมาตรไม้ (Duangsathaporn and Prasomsin, 2003) ภายในพื้นที่แปลงตัวอย่างที่ทำการสุ่มเลือกไว้ ดังตัวแบบที่ 1

$$V = 1/2(B+b) L \quad (1)$$

ส่วนท่อนสุดท้ายของลำต้นสามารถคำนวณได้จากสูตรรูปทรงกรวย (Duangsathaporn and Prasomsin, 2003) ดังตัวแบบที่ 2

$$V_{top} = 1/3(Ba \times L_{top}) \quad (2)$$

กำหนดให้ V คือ ปริมาตรไม้ (m^3)

V_{top} คือ ปริมาตรไม้ลำต้นช่วงสุดท้าย (m^3)

B คือ พื้นที่หน้าตัดโคนต้น (m^2)

b คือ พื้นที่หน้าตัดปลายท่อน (m^2)

L คือ ความยาวท่อนไม้ (m)

Ba คือ พื้นที่หน้าตัดของส่วนโคนต้นที่เหลือ (m^2)

เมื่อแบ่งเป็นท่อน ๆ ละ 1 เมตร สามารถวิเคราะห์ได้ ดังตัวแบบที่ 3

$$Ba = (G)^2/4\pi \quad (3)$$

กำหนดให้ G คือ เส้นรอบวง (m)

ขั้นตอนการนำตัวอย่างจากการเก็บตัวอย่างและผ่านการอบแห้งเรียบร้อยแล้ว มาชั่งน้ำหนักเพื่อหามวลชีวภาพ และการกักเก็บคาร์บอน ดังตัวแบบที่ 4 5 และ 6

$$\text{มวลชีวภาพ} = \frac{100 \times \text{น้ำหนักสด}}{100 + \text{ร้อยละความชื้น}} \quad (4)$$

$$\text{ร้อยละความชื้น} = \frac{\text{น้ำหนักสด} - \text{น้ำหนักแห้ง}}{\text{น้ำหนักแห้ง}} \times 100 \quad (5)$$

$$\text{การกักเก็บคาร์บอน} = 0.4899 \times \text{มวลชีวภาพ} \quad (6)$$

กระบวนการนำข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศที่จะได้จากอากาศยานไร้คนขับ เข้าสู่การประมวลผลภาพ และปรับแก้ภาพ ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Pix4D Mapper เพื่อให้ได้ภาพถ่ายทางอากาศ และนำไปเข้าสู่กระบวนการวิเคราะห์หาขนาดปกคลุมเรือนยอด จากโปรแกรมสำเร็จรูปทางภูมิศาสตร์ โดยสร้างตัวแบบประเมินผลผลิต ซึ่งคัดเลือกตัวแบบประเมินผลผลิตจากความสัมพันธ์ของตัวแปร 2 ตัว คือ ตัวแปรตาม ได้แก่ ปริมาตร มวลชีวภาพ และน้ำหนักสดของต้นไม้ ส่วนตัวแปรอิสระ ได้แก่ เส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก ความสูงของต้นไม้ เส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกยกกำลังสอง (DBH^2) และเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกยกกำลังสองคูณด้วยความสูงของต้นไม้ (DBH^2Ht) เลือกตัวแบบที่มีค่าสัมประสิทธิ์การกำหนด (coefficient of determination, R^2) สูงสุด แสดงว่าเป็นตัวแบบที่ดีและเหมาะสม สามารถอธิบายความสัมพันธ์ตัวแปร

ดังกล่าวข้างต้นดีที่สุด ส่วนค่า F-test สูงกว่า จะเหมาะสมกว่า รวมถึงตัวแปรอิสระมีค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย (standard error: SE) ต่ำกว่า จะมีความเหมาะสมมากกว่าตัวแบบที่ประมาณค่าผลผลิต (Pimtongngam, 2009)

ดัง Table 1 จากนั้นนำค่าที่ได้ ไปคำนวณหาปริมาตร มวลชีวภาพ และน้ำหนักสด สุดท้ายทำการเปรียบเทียบความโต ความสูง ปริมาตร มวลชีวภาพ และน้ำหนักสด โดยใช้การวิเคราะห์จากโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

Table 1 Yield equations based on multiple regression analysis using eucalypt clone K58 data

No.	Equation	
1	$Y = a + b \text{ DBH}$	
2	$Y = a + b \text{ DBH}^2 \text{Ht}$	
3	$Y = a + b \text{ DBH} + c \text{ DBH}^2$	
4	$\text{Log } Y = \text{log } a + b \text{ log DBH} + c \text{ log Ht}$ หรือ $Y = a \text{ DBH}^b \text{Ht}^c$	
5	$\text{Log } Y = \text{log } a + b \text{ log DBH}^2 \text{Ht}$ หรือ $Y = a (\text{DBH}^2 \text{Ht})^b$	
6	$Y = a + b \text{ DBH} + c \text{ Ht}$	
7	$Y = a (\text{DBH})^b$	
Remarks:	Y = Yield (volume, biomass, fresh weight) Ht = Total height (meters) DBH = Diameter at breast height (meters) a-c = Equation constants	
Sources:	Spurr (1952); Kira and Shidei (1967); Wongnam and Prosomsin (2020)	

การวิเคราะห์สมการถดถอย โดยกำหนดตัวแปรตาม ได้แก่ ปริมาตร มวลชีวภาพ และน้ำหนักสด ส่วนตัวแปรอิสระ คือ ขนาดปกคลุมเรือนยอดจากอากาศยานไร้คนขับ ที่วิเคราะห์

จากโปรแกรมสำเร็จรูปทางภูมิศาสตร์ โดยใช้รูปแบบ ดัง Table 2 เพื่อทดสอบหาประสิทธิภาพของขนาดปกคลุมเรือนยอดจากอากาศไร้คนขับ

Table 2 Yield equations based on non-linear regression analysis using eucalypt clone K58 data

Model	Equation	
Linear	$Y = a + b \text{ Ap}$	
Logarithmic	$Y = a + b \ln(\text{Ap})$	
Exponential	$Y = a(e^{b \text{ Ap}})$	
Power	$Y = a(\text{Ap})^b$	
Remarks:	Y = Yield (volume, biomass, fresh weight) Ap = Canopy cover based on aerial photos (square meters) a-c = Equation constants	
Sources:	Upadhyaya <i>et al.</i> (2023)	

ผลและวิจารณ์

การสำรวจภาคสนาม

จากการศึกษาและเก็บตัวอย่างข้อมูลภาคสนาม โดยการวัดความโต ความสูง และขนาดปกคลุมเรือนยอด ทั้ง 3 แปลง ปรากฏว่า แปลงที่ 1 มีค่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย เท่ากับ 9.3 ± 2.4 เซนติเมตร ความสูงทั้งหมดของต้นไม้เฉลี่ย เท่ากับ 17.0 ± 2.5 เมตร ขนาดปกคลุมเรือนยอดเฉลี่ย เท่ากับ 3.616 ± 1.902 ตารางเมตร แปลงที่ 2 มีค่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย เท่ากับ 8.2 ± 1.9 เซนติเมตร ความสูงทั้งหมดของต้นไม้เฉลี่ย เท่ากับ 16.3 ± 2.3 เมตร ขนาดปกคลุมเรือนยอดเฉลี่ย เท่ากับ 2.754 ± 1.597 ตารางเมตร และแปลงที่ 3 มีค่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย เท่ากับ 8.2 ± 1.7 เซนติเมตร ความสูงทั้งหมดของต้นไม้เฉลี่ย เท่ากับ 18.3 ± 8.6 เมตร ขนาดปกคลุมเรือนยอดเฉลี่ย เท่ากับ 3.267 ± 1.542 ตารางเมตร

ผลผลิต

จากการศึกษาและเก็บตัวอย่างข้อมูลจากภาคสนาม และจากภาพถ่ายทางอากาศ ปรากฏว่า ยูคาลิปตัส สายต้น K58 จำนวน 30 ต้น มีค่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย เท่ากับ 8.2 ± 2.4 เซนติเมตร ความสูงทั้งหมดของต้นไม้เฉลี่ย เท่ากับ 15.8 ± 2.6 เมตร ขนาดปกคลุมเรือนยอดเฉลี่ย เท่ากับ 2.8957 ± 1.8204 ตารางเมตร และขนาดปกคลุมเรือนยอดจากภาพถ่ายทางอากาศเฉลี่ย เท่ากับ 2.9473 ± 1.8409 ตารางเมตร ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบความโต และความสูงของ Klangprapan

et al. (2019) แล้ว พบว่า มีค่าความโตและความสูงของยูคาลิปตัส สายต้น K58 สอดคล้องกัน

จากการศึกษาผลผลิตของไม้ยูคาลิปตัส สายต้น K58 พบว่า ปริมาตรไม้ รายต้น มีค่าตั้งแต่ 0.01 ถึง 0.104 ลูกบาศก์เมตร และค่ามวลชีวภาพ รายต้น มีค่าตั้งแต่ 7.691 ถึง 83.600 กิโลกรัม และค่าน้ำหนักสด รายต้น มีค่าตั้งแต่ 11.100 ถึง 120.7 กิโลกรัม โดยมีปริมาตรเฉลี่ย เท่ากับ 0.048 ± 0.03 ลูกบาศก์เมตร มวลชีวภาพเฉลี่ย เท่ากับ 39.367 ± 24.403 กิโลกรัม และน้ำหนักสดเฉลี่ย เท่ากับ 56.727 ± 35.267 กิโลกรัม ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบค่าผลผลิตยูคาลิปตัสของ Sawiangphon *et al.* (2021) แล้ว พบว่า ผลผลิตของไม้ยูคาลิปตัส สายต้น K58 ของผู้วิจัยมีค่าผลผลิตสูงกว่า ยูคาลิปตัส สายต้น K7 และ K62

การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นระหว่างผลผลิตไม้ยูคาลิปตัส สายต้น K58

จากการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นระหว่างตัวแปรตาม คือ ผลผลิตของยูคาลิปตัส สายต้น K58 ได้แก่ ปริมาตร มวลชีวภาพ น้ำหนักสด และตัวแปรอิสระ ได้แก่ เส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก ความสูงของต้นไม้ เส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกคูณด้วยความสูงของต้นไม้ เส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกยกกำลังสอง และเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกยกกำลังสองคูณด้วยความสูงของต้นไม้ พบว่า ตัวแบบประเมินผลผลิตที่มี $DBH \times Ht$ เป็นตัวแปรอิสระที่มีค่าสัมประสิทธิ์การกำหนดสูงที่สุด สามารถเขียนสมการ ดัง Table 3

Table 3 Yield equations based on regression analysis using eucalypt clone K58 data

Equation	R ²	SE	F	P-Value
$V = 0.000128(DBH^{2.236})(Ht^{0.392})$	0.978	0.0496	609.232	0.00*
$Bm = 0.0590(DBH^{2.220})(Ht^{0.609})$	0.976	0.0539	557.198	0.00*
$W = 0.0785(DBH^{2.202})(Ht^{0.651})$	0.977	0.0535	566.263	0.00*

Remarks: V = Volume (cubic meters)

W = Fresh weight (kilograms)

DBH = Diameter at breast height (meters)

Bm = Biomass (kilograms)

Ht = Total height (meters)

* = Significant difference at p-value < 0.05

จาก Table 3 สามารถกำหนดรูปแบบตัวแบบประเมินมวลชีวภาพและน้ำหนักสดของลำต้น ใบ กิ่ง โดยสามารถเขียนรูปแบบ ดัง Table 4 อีกทั้ง ตัวแบบประเมินผลผลิตมีความสัมพันธ์กับผลผลิตจากข้อมูลภาคสนามอย่างมากและเหมาะสม ที่จะนำไปหาค่าผลผลิต ซึ่งสอดคล้องกับ Klangprapan *et al.* (2019) กล่าวว่า สมการความสัมพันธ์เชิงแอลโลเมตรีเพื่อประมาณผลผลิตของไม้ยูคาลิปตัสสายต้น K58 ส่วนที่อยู่เหนือพื้นดิน จะช่วยในการประมาณ

ผลผลิตของไม้ยูคาลิปตัสในการตัดสินใจทำไม้หรือจำหน่ายไม้ โดยเพียงทำการวัด DBH ในแปลงที่จะขายไม้ และสมการความสัมพันธ์เชิงแอลโลเมตรีเพื่อประมาณผลผลิต มีประโยชน์ในการใช้ประมาณปริมาณการกักเก็บคาร์บอน เพื่อการตัดสินใจซื้อขายคาร์บอน เครดิตต่อไปในอนาคต ดังนั้น การปลูกสร้างสวนป่าที่ให้ผลผลิตสูงต้องมีการวางแผนงานที่ดี มีความตั้งใจ มีความรู้ด้านลักษณะทางกายภาพและปัจจัยที่มีผลต่อผลผลิตของยูคาลิปตัส

Table 4 Equations for tree parts based on regression analysis using eucalypt clone K58 data

Tree part	Equation	R ²	SE	F	P-value
Stem	$Bm_s = 0.0608(DBH^{2.221})(Ht^{0.572})$	0.976	0.0542	542.027	0.00*
	$W_s = 0.0877(DBH^{2.221})(Ht^{0.572})$	0.976	0.05424	542.027	0.00*
Leaves	$Bm_L = 0.00007(DBH^{2.127})(Ht^{1.926})$	0.857	0.1748	80.717	0.00*
	$W_L = 0.0001(DBH^{2.127})(Ht^{1.926})$	0.857	0.1748	80.717	0.00*
Branches	$Bm_b = 0.0012(DBH^{2.296})(Ht^{0.615})$	0.763	0.1990	43.437	0.00*
	$W_b = 0.0018(DBH^{2.296})(Ht^{0.615})$	0.763	0.1990	43.437	0.00*

Remarks: Bm_s = Stem biomass (kilograms)

Bm_L = Leaf's biomass (kilograms)

Bm_b = Branch's biomass (kilograms)

W_s = Fresh weight stem (kilograms)

W_L = Fresh weight leaf (kilograms)

W_b = Fresh weight branch (kilograms)

Ht = Total height (meters)

DBH = Diameter at breast height (meters)

* = Significant difference at p-value < 0.05

จากการวิเคราะห์สมการถดถอย ระหว่างตัวแปรตาม คือ ผลผลิตของยูคาลิปตัส สายต้น K58 ได้แก่ ปริมาตรมวลชีวภาพ น้ำหนักสด และตัวแปรอิสระ คือ ขนาดปกคลุม

เรือนยอดที่ได้จากการประมวลผลภาพถ่ายทางอากาศทั้ง 4 รูปแบบ สามารถเขียนในรูปได้ ดัง Table 5

Table 5 Yield equations based on non-linear regression analysis using eucalypt clone K58 data

Equation	R ²	SE	F	P-value
1. $V = 0.005 + 0.015Ap$	0.808	0.0134	117.810	0.00*
2. $Bm = 13.489(Ap^{0.968})$	0.845	0.3122	152.301	0.00*
3. $W = 19.396(Ap^{0.969})$	0.845	0.3121	152.786	0.00*

Remarks: V = Volume (cubic meters)

Bm = Biomass (kilograms)

W = Fresh weight (kilograms)

Ap = Canopy cover based on aerial photos (square meters).

* = Significant difference at p-value < 0.05

จาก Table 5 ตัวแบบประเมินผลผลิตดังกล่าว มีรูปแบบสอดคล้อง Sanitwaja (2016) ทั้งนี้ Rinnamang (2020) กล่าวว่า การใช้อากาศยานไร้คนขับ มีข้อดีในด้านการประเมินผลผลิต นอกจากนี้ความคลาดเคลื่อนของการประเมินผลผลิตสามารถเกิดได้จากการวางแผนแปลงตัวอย่าง ซึ่งไม่ทราบแน่ชัดว่าบริเวณที่มีการสุ่มวางแผนแปลงตัวอย่างเป็นตัวแทนที่แท้จริงของพื้นที่ทั้งหมดหรือไม่ มีความยากในการตรวจสอบ จึงส่งผลให้เกิดความผิดพลาดต่อการประเมินผลผลิต และก่อให้เกิดความผิดพลาดในการวางแผนจัดการสวนป่าที่ผิดพลาดได้

สรุปและข้อเสนอแนะ

จากข้อมูลตัวอย่างไม้ยูคาลิปตัส สายต้น K58 จำนวน 30 ต้น พบว่า มีช่วงค่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง เท่ากับ 5.8-10.6 เซนติเมตร ช่วงความสูงทั้งหมดของต้นไม้ เท่ากับ 13.2-18.4 เมตร และช่วงขนาดปกคลุมเรือนยอดจากภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับ เท่ากับ 1.106-4.788 ตารางเมตร รวมถึงผลผลิตของไม้ยูคาลิปตัส สายต้น K58 โดยมีช่วงปริมาตร เท่ากับ 0.018-0.078 ลูกบาศก์เมตร ช่วงค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดิน เท่ากับ 14.964-63.770 กิโลกรัม และช่วงค่าน้ำหนักสด เท่ากับ 21.460-91.994 กิโลกรัม โดยจากการวิเคราะห์การถดถอยระหว่างผลผลิตของยูคาลิปตัส สายต้น K58 และขนาดการปกคลุมเรือนยอดจากอากาศยานไร้คนขับ สามารถเขียนในรูปแบบได้ ดังนี้ $V = 0.005 + 0.015Ap$ ($R^2 = 0.808$) $Bm = 13.489(Ap)^{0.968}$ ($R^2 = 0.845$) และ $W = 19.396(Ap)^{0.969}$ ($R^2 = 0.845$)

ข้อเสนอแนะจากการศึกษามีดังต่อไปนี้ 1) การบินถ่ายภาพทางอากาศ จะมีวัชพืชต่าง ๆ ที่ขึ้นเบียดบัง หรือ ซ่อน掖เรือนยอดของต้นยูคาลิปตัส สายต้น K58 และปัจจัยเรื่องกระแสน้ำที่ทำให้เรือนยอดเอียง ส่งผลให้การแปลผลภาพถ่ายทางอากาศเกิดความคลาดเคลื่อนจากเดิม ทั้งนี้สามารถแก้ไขปัญหาเบื้องต้นโดยการตัดวัชพืชที่เบียดบัง หรือ ซ่อน掖เรือนยอด ออกไป และ 2) จำนวนการศึกษาโดยใช้การบินถ่ายภาพทางอากาศยังมีการศึกษาน้อยดังนั้นจึงควรมีการศึกษาและเก็บข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อพัฒนาให้แบบจำลองสามารถประเมินผลผลิตได้แม่นยำมากขึ้นในอนาคต

คำนิยาม

ขอขอบคุณศูนย์วิจัยป่าไม้ สถานีวิจัยและฝึกนิสิตวนาศาสตร์สนามชัยเขต คณะวนศาสตร์ ที่อำนวยความสะดวกใน

การเก็บข้อมูล และสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) ที่สนับสนุนความรู้ และอุปกรณ์ด้านอากาศยานไร้คนขับ รวมทั้งผู้มีส่วนร่วมทุกท่านที่มีส่วนร่วมการเก็บข้อมูล จนงานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

REFERENCES

- Borisuthipongsakul, Y. 2013. **Contract Farming: Thai Demand for *Eucalyptus* Wood**. Department of Foreign Trade. Bangkok, Thailand.
- Duangstaphaporn, K., Prasomsin, P. 2003. **Forest Mensuration I**. Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Hnukaew, M., Poolsiri, R., Haruthaithanasan, M., Chompoowiset, P. 2015. Yield and nutrient contents of various 5-year-old *Eucalyptus* clones in the upper northeast. **Thai Journal of Forestry**, 34(2): 11–21. (in Thai)
- Kira, T., Shidei, T. 1967. Primary production and turnover of organic matter in different forest ecosystems of the Western Pacific. **Japan Journal of Ecology**, 17(2): 70–87.
- Klangprapan, A., Maelim, S., Meunpong, P. 2019. Growth yields and financial return of 4-years-old *Eucalyptus* clone K58 and K62 planted in paired rows at Sa Kaeo plantation, Sa Kaeo province. **KKU Research Journal**, 19: 22–34. (in Thai)
- Na Takuathung, C., Diloksumpun, P. 2020. An assessment of physical workload of timber harvesting workers in teak plantation, Phare province. **Thai Journal of Forestry**, 39(1): 125–134. (in Thai)
- Pimpongngam, T. 2009. **Statistics For Research**. Thepsatri Rajabhat University, Lopburi, Thailand. (in Thai)
- Pranchai, A., Kaakkurivaara, N., Premashthira, A. 2022. **Application of Precision Forestry in Teak Plantations in Northern Thailand**. Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Prasertsingkul, S. 2021. Determining **The Volume of a *Eucalyptus* Tree Trunk Using a 3D Laser Scanner (TLS) Survey**. <http://www.intaniamagazine.com/eucalyptus-tls/>, 15 January 2022.
- Rinnamang, S. 2020. **Teak (*Tectona grandis* Linn.f.) Biomass Estimation Using Aerial**

- Photogrammetry from Unmanned Aerial Vehicle at Thong Pha Phum Plantation, Kanchanaburi Province. M.S. Thesis, Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Royal Forest Department (RFD). 2017. **Royal Forest Department Announcement No. 25/2017: Designated Areas for Government Agencies or Government Organizations to Enter National Reserved Forests.** Royal Forest Department, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Sanitwaja, S. 2016. **Teak Volume Estimate by Unmanned Aerial Vehicle (UAV) in Mae Saroy Forest Plantation, Wang Chin district, Phare Province.** M.S. Thesis, Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Sawiangphon, B., Lumyai, P., Maelim, S., Boukaew, C. 2021. Growth and yield models of four-year-old *Eucalyptus* Clones K7 and K62 at the Sa Keao plantation, Sa Keao province. **Thai Journal of Forestry**, 40(2): 187–203. (in Thai).
- Spurr, S.H. 1952. **Forest Inventory.** The Ronald Press Co., New York, NY, USA.
- Upadhyaya, S., Gyawali, P., Sapkota, S., Nishan, N. 2023. Estimation of above ground biomass and carbon stock using UAV image. **Journal on Geoinformatics**, 22: 36–46. doi:10.3126/njg.v22i1.55123
- Wongnam, P. Prasomsin, P. 2020. Local merchantable volume table of *Dalbergia cochinchinensis* Pierre: A case study at the Tha Kum Noboru Umeda plantation, Trat province. **Thai Journal of Forestry**, 39(2): 164-175 (in Thai)
-

Original Article

Forest Carbon, Soil Nutrients, and Heavy Metal Status after 15 years
of Small-scale Gold Mining in GuyanaDevon George^{1,2*}Amnat Chidthaisong^{1,2*}¹The Joint Graduate School of Energy and Environment, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Thailand²Center for Energy Technology and Environment, Ministry of Education, Bangkok, Thailand

*Corresponding author: devongearge04@gmail.com; amnat.chi@kmutt.ac.th

Received date: 24 May 2024

Received date: 6 August 2024

Accepted date: 5 September 2024

ABSTRACT

This study evaluated the impacts of small-scale gold mining on forest regeneration, soil nutrients, and the accumulation of heavy metals over a chronosequence of 1-15 years after mining activities in Mahdia, Guyana. Thirteen 50m x 50m plots were established across twelve mined-out sites, with three plots each in areas abandoned after 1, 5, 10, and 15 years, along with a control plot. Soil samples were taken from each mining plot, along with collection of tree data, including species composition, height, and diameter at breast height (DBH) for trees >4 cm in diameter. Small trees (DBH 1-4 cm) were measured within subplots of size 10m x 10m, and saplings were counted in 4m x 4m plots. The control plot was dominated by four species: *Mora gonggrijpii*, *Chlorocardium rodiei*, *Mora excelsa*, and *Catostemma commune*, which contributed more than 60% of the overall species sampled, with biomass and carbon content measured at 665 ton/ha and 313 tonC/ha, respectively. In contrast, tree regeneration in mined-out areas was significantly slower, with only 1-2 tree species present after 15 years and the maximum biomass and carbon content estimated between 1.3-1.5 tonC/ha. Heavy metal levels generally returned to levels similar to that of the control, except for mercury and lead, which were two-fold and four-fold higher, respectively. Additionally, nitrogen and phosphorus levels were considerably lower, likely contributing to the limited accumulated biomass through regrowth and altered species composition in the mined-out soils.

Keywords: Small-scale gold mining; Heavy metal; Soil nutrient; Forest regeneration; Guyana

INTRODUCTION

The global demand for gold and its increasing price has led to significant growth in legal and illegal global mining activities. These activities have resulted in substantial degradation of forested areas and soil toxicity through heavy metals (Román-Dañobeytia *et al.*, 2015). It has been reported that small-scale gold mining has primarily contributed to mercury and heavy metal pollution globally (Aquino *et al.*, 2022), playing an important role in the economies of several developing countries, including Guyana. It provides employment opportunities in rural areas with limited economic activity and serves as a major source of foreign exchange (Cortines and Valcarcel, 2009; Karthikeyan *et al.*, 2021; Akoto *et al.*, 2023). However, the use of harmful chemicals, particularly mercury, in the extraction of gold has contributed to soil degradation and heavy metal contamination, a common issue in mining areas. Studies have consistently reported that gold mining significantly increases the concentrations of heavy metals like arsenic, chromium, iron, lead, zinc, and mercury in the soil (Bempah *et al.*, 2013; Tóth *et al.*, 2016; Akoto *et al.*, 2023). The global demand for gold and its increasing price has led to significant growth in legal and illegal global mining activities. These activities have resulted in substantial degradation of forested areas and soil toxicity through heavy metals (Román-Dañobeytia *et al.*, 2015). It has been reported that small-scale gold mining has primarily contributed to mercury and heavy metal pollution globally (Aquino *et al.*, 2022), playing an important role in the economies of several developing countries, including Guyana. It provides employment opportunities in rural areas with limited economic activity and serves as a major source of foreign exchange (Cortines and Valcarcel, 2009; Karthikeyan *et al.*, 2021; Akoto *et al.*, 2023). However, the use of harmful chemicals, particularly mercury, in the extraction of gold has contributed to soil degradation and heavy metal contamination, a common issue in mining areas. Studies have consistently reported that gold mining significantly increases the concentrations of heavy metals l.

The degradation of soil quality due to mining can have severe consequences for land use and recovery, including the natural regeneration of forests. In extreme cases, plant growth may be hampered on mined-out lands due to poor soil physical properties, insufficient nutrients, and high toxicity levels from heavy metals (Román-Dañobeytia *et al.*, 2015). The diversity and abundance of plants, particularly woody tree species, are critical indicators of the success of remediation efforts in areas contaminated with mercury and heavy metals (Román-Dañobeytia *et al.*, 2015). Studies have documented a relatively lower number of woody species in regenerating post-mining sites. For example, Peterson and Heemskerk (2001) observed a reduction in tree diversity growing on abandoned mining plots in Suriname compared to control plots. Similarly, Nyenda *et al.* (2021) reported that it could take up to 100 years for soil macronutrients to return to pre-mining levels in a survey of sites in Zimbabwe. Waste rock dumps from post-mining activities also pose long-term environmental challenges unless rehabilitated through vegetation (Lewis *et al.*, 2022).

In Guyana, artisanal and small-scale gold mining (ASGM) has expanded significantly over the past 25 years, with 374,739 hectares of land under gold mining as of April 2021. By the end of 2023, there were 2,422 licensed small-scale gold mining operations were recorded in the country (Mcpherson *et al.*, 2021). Gold mining is a leading export industry in Guyana, driving economic growth (Laing, 2019). However, many mined-out lands have been rendered degraded and nutrient-poor due to the lack of backfilling and a high concentration of toxic heavy metals in the soil, posing significant challenges for forest regeneration. Despite the scale of mining activities, very few studies have monitored changes in heavy metal distribution, soil nutrient levels, and forest succession in these abandoned mining areas in Guyana. Therefore, the objective of this study was to investigate the concentrations of heavy metals and soil nutrients in post-mining areas and to estimate the regrowth of native forests and their carbon sequestration capacity. The results of this study are expected to provide foundational knowledge related

to the future management and ecological recovery of lands impacted by small-scale gold mining activities.

MATERIAL AND METHODS

Site location and description

The study was conducted in the Mahdia Region 8 (Potaro-Siparuni) of Guyana, which hosts a significant number of the country's gold mines. This region is geographically bound by the Potaro River, Ebini

Mountain Range, and Konawaruk Mountain Range, covering an area of 22,330 km² at an altitude of 415 meters. The climate is characterized by an average temperature of 24.5°C and an annual rainfall of 2,269 mm. Mahdia is part of the pre-Dambrian Shield of Guyana, and the Potaro Mahdia alluvium is composed of three main sedimentary layers geomorphologically, clay, clayey sand, and gravel (Mcpheerson *et al.*, 2021). Figure 1 shows a visual representation of Mahdia's location within region 8.

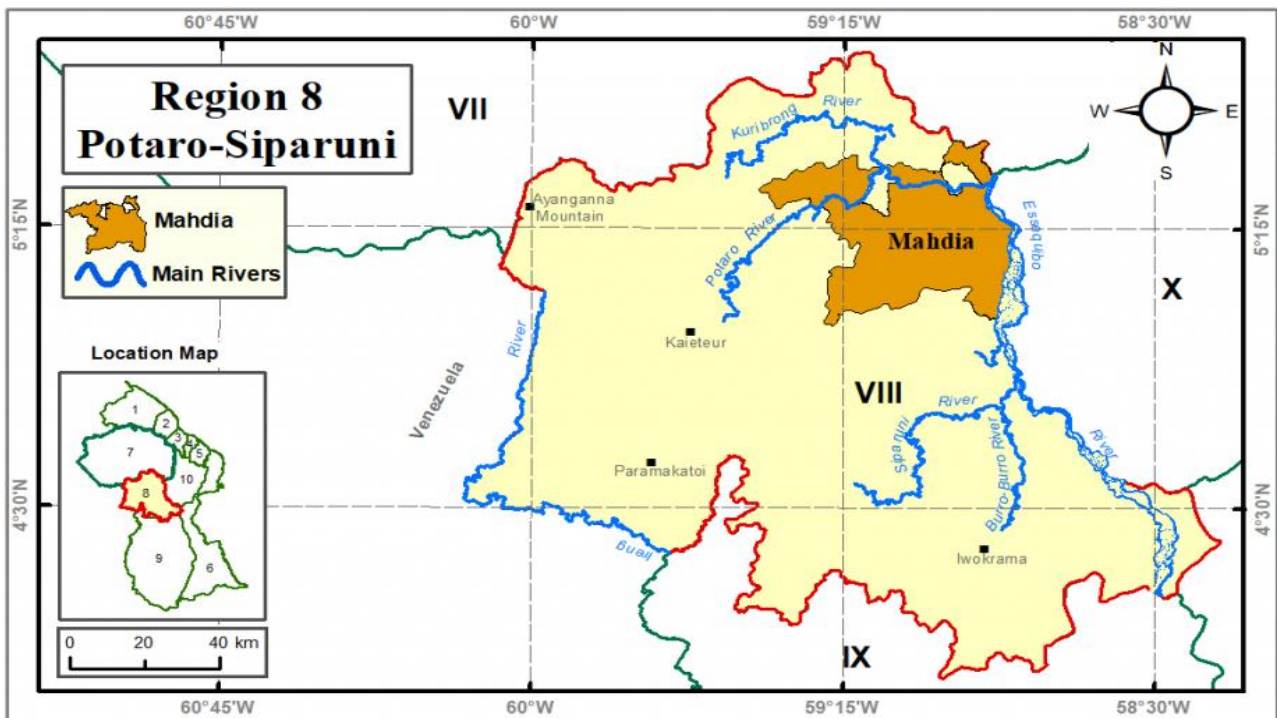


Figure 1 The location of Mahdia in the Potaro Mining District, Guyana (Guyana Lands and Surveys Commission, n.d.).

Enrichment Factor (EF) was used to quantify the number of times an item is enriched compared to the reference material. The reference material is considered as being unpolluted.

$$EF = \frac{[Metal]_{sample}}{[Metal]_{background}}$$

Tree characteristics and carbon storage in the biomass

Sampling plots were established at each mined-out area to assess the forest condition, carbon stock, and changes in stock over time. Twelve 50 m x 50 m plots were established along a chronosequence

of 1, 5, 10, and 15 years after the stoppage of mining activities, with an additional control plot (no mining activity) used as a reference. Within each plot, tree characteristics were recorded to evaluate the tree density, species composition, growth rate, and carbon sequestration. Trees with a diameter at breast height (DBH) greater than 4 cm were measured for height and DBH, while three 10 m x 10 m subplots were established in each plot to measure trees with a DBH between 1-4 cm. Additionally, within each 10 m x 10 m subplot, three 4 m x 4 m plots were established to count the number of saplings. Species were identified with DBH greater than 1 cm. Plot measurements were made using a standard 50 m tape and the plots were strategically placed to encompass overburdens, tailing

ponds, and mining pits wherever possible. Figure 2 illustrates the layout of the sampling plots.

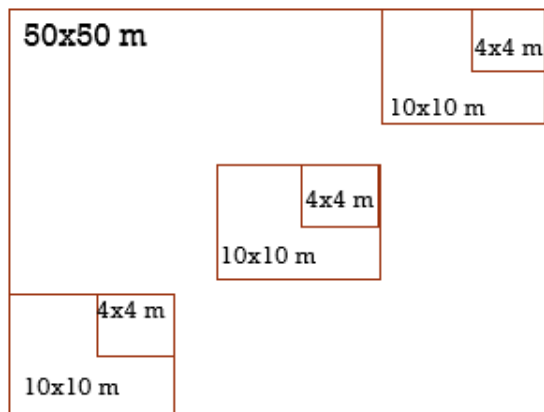


Figure 2 Layout of each plot established in the mined-out areas

Soil sampling and analysis

Fieldwork and soil sampling were conducted in October 2023. Soil samples were collected from three distinct locations within each mined-out site: (i) overburdens, (ii) tailing ponds, and (iii) mining pits, to provide a comprehensive representation of the mining area. Thirteen plots were sampled in total, with three plots for each chronosequence (1, 5, 10, and 15 years post-mining) and one control plot from the undisturbed primary forest. Soil samples were taken from the topsoil layer (depth between 0-20 cm), where most of the tree roots are found and obtain the most essential nutrients (Khadka, 2016). For each sample, at least 1,000g of soil was collected using a spade, which was cleaned between samples to prevent contamination. The soil samples were placed in olefin bags and air-dried on-site. The three samples (overburden, tailing pond, and mining pit) from each mined-out site were labeled, dried, and mixed thoroughly in a polytene bag to form a composite sample. Approximately 1,000g of the composite

sample was then placed in a newly labeled olefin bag to represent the site. These samples were sent to Actlabs Inc., which is a certified laboratory specializing in soil testing and analysis in Guyana.

All the minerals were analyzed using aqua regia digestion (concentrated HNO_3 and HCl) at elevated temperatures, following ISO standards as outlined in Tóth *et al.* (2016). The samples were subsequently analyzed for the levels of phosphorus and potassium using Inductively Coupled Plasma - Optical Emission Spectrometry (ICP-OES), while lead, iron, copper, mercury, arsenic, and chromium accumulation was measured using Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometry (ICP-MS). The total nitrogen (N) content was determined using elementary exceed instrumentation, which measures the total nitrogen through combustion.

Data analysis

Allometric equations used for estimating the aboveground biomass in the tropical moist forest was based on the work of Brown *et al.* (1989), and can be mathematically written as:

$$\text{AGB} = \exp(-2.4090 + 0.9522 * \ln(D^2 * H * \rho)),$$

where: AGB is above ground biomass of a tree (kg), D is DBH is diameter at breast height in cm, H is the tree height in meters, and ρ is the wood density (g/cm^3).

The belowground biomass was calculated using the default values listed in Table 4.4 of the 2006 IPCC Guidelines (IPCC, 2006). The ratio of belowground to aboveground biomass in a tropical rainforest (0.37), and the carbon fraction of biomass (0.47) were also taken from Table 4.3 of the IPCC Guidelines. Figure 3 below shows the location of each sample point.

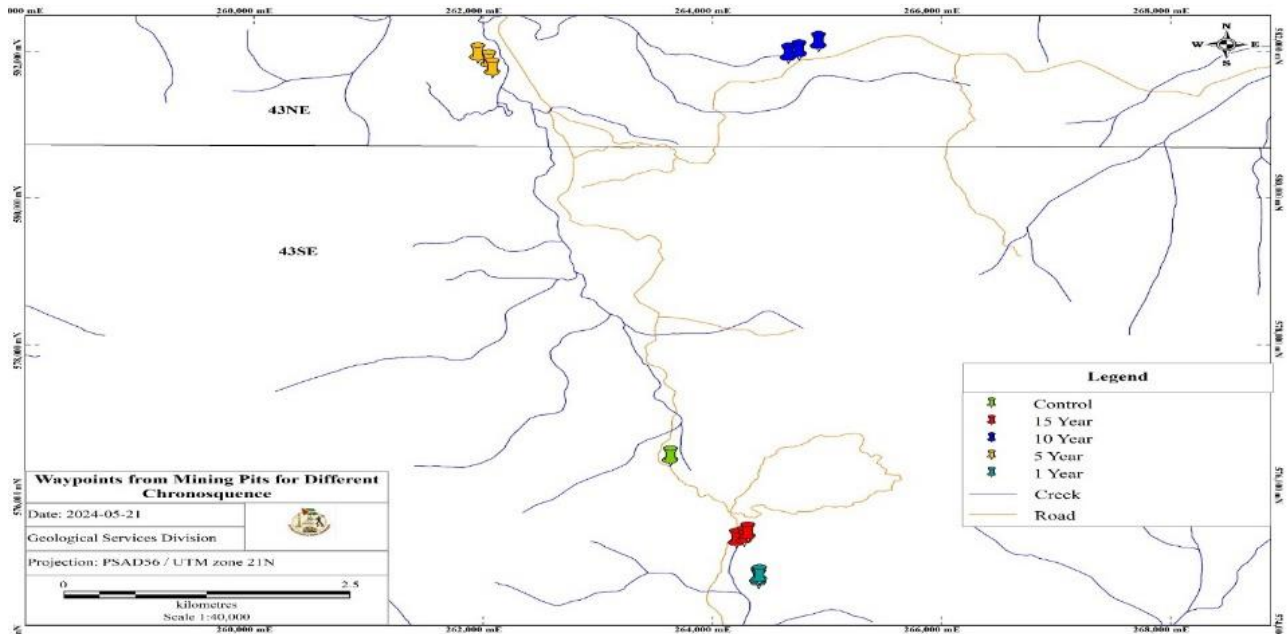


Figure 3 The location of sample points over the chronosequence of 1-15 years after mining

Remark: This map was produced for the authors by the Guyana Geology and Mines Commission (2024).

Statistical analysis

A two-tailed F-test and two-tailed T-test was used to determine any significant differences between the means of measured variables. All the statistical analysis was performed using XLSTAT 2013 at a significance level of 95%.

RESULTS AND DISCUSSION

Forest characteristics

Primary forest (no mining activity)

The primary forest used as the control plot was characterized by dense forest cover with a diverse range of tree species, varying in both height and DBH. A total of 13 tree species were identified within the plot, with a density of 1,056 trees/ha exceeding 4 cm DBH documented in the 50 m x 50 m plot. Four dominant species, *Mora gonggrijpii*, *Chlorocardium*

rodiei, *Mora excelsa*, and *Catostemma commune*, constituted over 60% of the total tree species (Figure 4-5, Table 1). The tallest tree in the plot was from the species *Chlorocardium rodiei* reaching a height of over 31 meters, while the largest measured DBH was 65 cm for a tree belonging to the *Mora gonggrijpii* species. In the smaller 10 m x 10 m plots, 368 trees ha⁻¹ with a DBH between 1-4 cm were recorded, with species composition similar to the larger trees. Additionally, within the 4 m x 4 m plots, 1,580 saplings/ha under 1 cm in DBH were identified, although their species identification was not done for these smaller plants. The soil samples collected from the control plot were darker in color compared to those from the mined-out areas and had a thicker layer of organic matter, containing more leaves and small roots. The soil texture was classified as silty clay loam.



Figure 4 Visualized forest conditions of the control plot

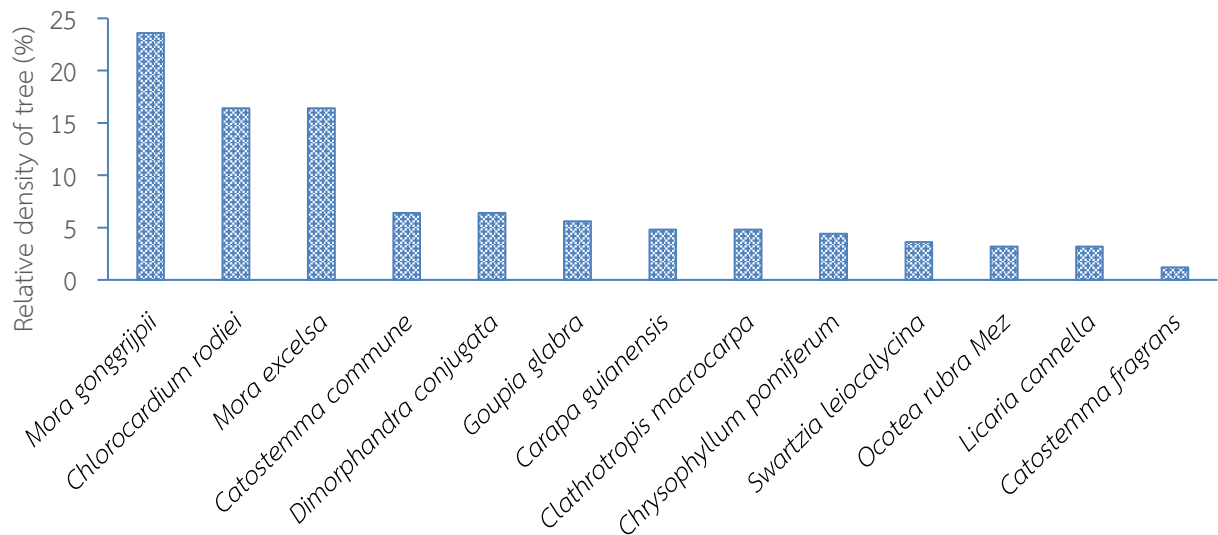


Figure 5 Species composition of the control plot

Mined-out areas

We investigated the forest conditions in abandoned mining areas over a chronosequence of 1, 5, 10, and 15 years. Visually, it was evident that the

pit areas had almost no tree cover. Figure 6 depicts the visual comparison of plots abandoned for 1, 5, 10, and 15 years. After one year post-mining, the area exhibited minimal regrowth, with no presence of

forest species. The perimeter of mining area was primarily covered with grass species that were all less than 0.5 meters tall. A few trees from the *Cecropia peltata* and *Vismia guianensis* species were found, predominantly in the overburdens. The height of the tallest tree recorded in this area was 5.2 meters, with the largest DBH recorded at 8 cm. No vegetation, either trees or grasses, was found in the tailings pond or the mining pit. Soil samples from this area had a slightly darker color relative to other samples across the chronosequence, except for the control plot. The soil texture varied from sandy clay loam to clay loam.

Plots abandoned after five years had a slightly higher biomass than the one-year plots, though the soil conditions were below optimum to support robust plant growth five years post-mining. These plots were dominated by grasses, with various species reaching heights of up to 1.5 meters in some areas. Thin grass cover was also present in the mining pits and tailings pond. A small creek running near the plots may have contributed to the presence of grasses, as the area is prone to flooding during the rainy season. This periodic flooding would have likely promoted grass growth while also potentially preventing the establishment of trees. The soil in these plots was classified as clay loam to loam, with more coarse particles compared to the other mined-out plots. This coarser texture is likely a result of the creek's floodwaters, which may wash away finer particles, leaving heavier, coarse material behind.

The abandoned mining areas after ten years had a higher biomass accumulation compared to the earlier stages in the chronosequence. However, tree growth remained confined to the areas outside of the mining pits and tailings ponds, indicating that toxic heavy metals and a lack of nutrients were still hindering the vegetation regrowth within these zones. These plots had a lower grass cover compared to those abandoned for shorter periods, although the overburden was densely populated with pioneer species such as *Cecropia peltata* and *Vismia guianensis*. The tailings pond had very little grass cover, but small amounts of organic matter, such as dead leaves from the overburden, were found in both the mining pits and tailings pond. The soil particles in

these plots were finer than those sampled from the earlier stages, with textures ranging from clay to sandy clay. Despite the higher biomass, no forest species had been able to re-establish in these areas, suggesting that forest regeneration was still limited by the site's degraded soil conditions.

The area in plots abandoned for 15 years had similar condition as that of the 10-year plots, indicating that, without human intervention, natural recovery in mined-out areas can be exceedingly slow, even after 15 years (Figure 6). Notably, a few trees were observed growing in the tailing ponds and mining pits, although these were not forest species but rather the same pioneer species, *Cecropia peltata*. The general area remained largely covered with grasses, some of which appeared dead, likely due to a lack of water availability. The overburden and perimeter of the tailing ponds and mining pits were dominated by *Cecropia peltata* and *Vismia guianensis*, similar to previous stages. The soil texture in these plots was classified as clay loam, with a light brown color similar to that observed in the 5-year plots.

Based on the information described, it is clear that 15 years after the mines were abandoned, the areas did not fully recover. All the forest parameters investigated—such as total number of individuals, tree height, DBH, and species diversity—remained significantly lower than those in the control or nearby primary forest plots. Extreme soil conditions resulting from gold mining, including altered physical properties, nutrient depletion, and higher levels of heavy metal toxicity, appeared to have severely hindered plant regrowth. Notably, certain parts of the mining areas, particularly the mining pits and tailings ponds, had little to no growth. The removal of topsoil, rich in organic matter and essential nutrients like nitrogen and phosphorus, played a major role in the lack of vegetation regrowth (Arcand *et al.*, 2010; Khadka, 2016). Additionally, heavy metal contamination further inhibited plant regeneration (see sections below), making these areas less conducive to recovery.

Despite these harsh conditions, large grass cover was observed in the 5- and 15-year abandoned areas, with grasses reaching up to 1.5 meters in height

in the 5-year areas and 1 meter in the 15-year areas. While the total basal areas increased over time in the abandoned plots, they remained well below the levels in the control plots. Only two tree species, *Cecropia peltata* and *Vismia guianensis*, were

identified in the mined-out areas. These species are low-density, short-lived pioneer species that typically colonize disturbed areas after strong disturbance to the local ecosystem.

Table 1 Forest characteristics of the control plot and of the plots after 1-15 years of mining termination

Plots	Total number of Trees per ha DBH >4 cm	Number species	Average height (m)	Average DBH (cm)	Total basal area (m ² / ha)
Control	1056	13	10.0	13.8	1,376.1
1	48±8	2±1	4.2±1.0	6.4±1.0	12.2±3.0
5	52±9	1±0	5.7±1.0	7.1±1.0	16.4±3.0
10	220±32	2±1	5.8±2.0	7.9±2.0	95.5±7.0
15	192±28	2±1	5.2±2.0	7.9±2.0	87.3±9.0



(a)



(b)



(c)



(d)

Figure 6 Mined out area after (a) one year (b) after five years (c) after ten years and (d) after fifteen years

Biomass and carbon storage

The results indicate that even 15 years after the cessation of mining activities, the total biomass in the area was less than 1% of that in the control plot. The biomass estimated in the control plot was 665 tons ha⁻¹, while the biomass in the 15-year post-mining area

was only 2-3 tons ha⁻¹, with an average biomass increase of approximately 0.2 tons per year. At this rate, it would take over 200 years for the forest to recover naturally to a level comparable to that of the primary forest, making natural recovery without intervention highly unlikely. Similar recovery time

scales were reported by Nyenda *et al.* (2021) in mining areas.

Human intervention, therefore, is necessary for successful regeneration and remediation in these mined-out areas. The first step should involve modifying the terrain to restore to its original state, primarily by replacing the nutrient-rich topsoil removed during mining. This process would not only help reduce erosion but also replenish essential soil nutrients (Lewis *et al.*, 2022). Additionally, successful reclamation efforts, such as the planting of *Acacia mangium* Willd., have been shown to accelerate the

recovery of mined out sites (Lewis *et al.*, 2020).

In terms of carbon storage in vegetation biomass, the total carbon storage is directly proportional to the total biomass. The control plot stored 313 tons of carbon per hectare (ton C ha^{-1}), compared to just 0.12, 0.19, 1.30, and 1.15 ton C ha^{-1} after one, five, ten, and fifteen years after mine abandonment, respectively (Figure 7). These findings highlight that the slow regeneration of species in mined-out areas can significantly reduce the carbon storage capacity of these ecosystems.

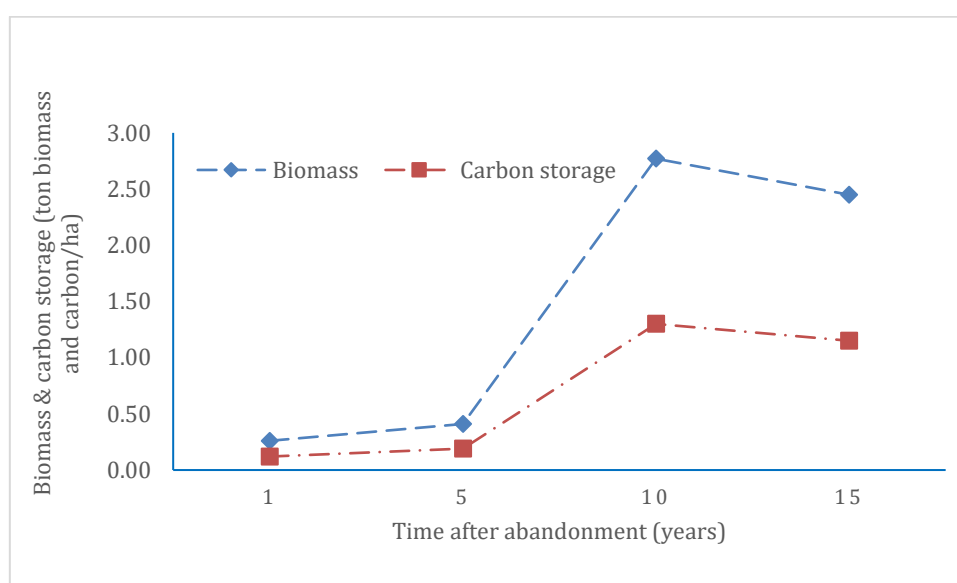


Figure 7 Biomass and carbon storage in aboveground and belowground biomass after 1-15 years of mining activity.

Heavy metals

Gold mining activities often lead to heavy metal contamination of the environment (Fashola *et al.*, 2016). The primary sources of this contamination are the wastes generated during mining, mineral processing, and metallurgical extraction. In gold mining, more than 99% of the extracted ore is typically discarded as waste (Fashola *et al.*, 2016). In small-scale mining, mercury is frequently used to separate gold from other materials (Stoffersen *et al.*, 2018). In this study, the concentrations of arsenic, chromium, mercury, lead, iron, and copper were measured (see Figures 8, Table 2) and are discussed below.

Arsenic (As)

Arsenic (As) is naturally present in the Earth's crust and found in significant quantities in air, water, and soil. In its inorganic form, As is highly toxic (WHO, 2022a). Studies by Harmanescu *et al.* (2011) and Durães *et al.* (2021) have shown a strong correlation between arsenic concentrations in the environment and gold mining activities. For instance, Bempah *et al.* (2013) reported as concentrations as high as 1,752 mg/kg in gold mine tailings compared to the permissible level of As in soil of 20 mg/kg (Mercado and Aribal, 2020). The results from this study, as shown in Figure 9, indicate a significant increase ($p < 0.05$) in arsenic levels relative to the control plot

(2 mg kg⁻¹) to 279 mg/kg in mining pits abandoned for one year. These findings are consistent with previous studies, which also found elevated as levels in mining pits one year after mining activities (Bempah *et al.*, 2013; Tóth *et al.*, 2016; Akoto *et al.*, 2023). However, the results show a decrease in concentrations over time, with reduction to nearly the same levels as the control (3 mg kg⁻¹) after 15 years of abandonment. The Enrichment Factor (EF) analysis indicates that as levels were extremely severe after one year but decreased to moderately severe in years five and ten, and to minor enrichment by year fifteen. This substantial decrease suggests that arsenic leached from the topsoil into deeper layers or nearby waterways over time.

Chromium (Cr)

Chromium (Cr) is found naturally in the rocky soils and is classified as a carcinogen. Cr is highly soluble and poses a significant hazard by contaminating the groundwater and entering the food chain. Its presence adversely affects plant growth by impairing essential metabolic processes and promoting the production of reactive oxygen species (ROS), leading to oxidative stress in plants (Sharma *et al.*, 2020). Léopold *et al.* (2016) found that Cr levels in mined-out soils (57.53 mg kg⁻¹) were significantly higher than in non-mined areas (24.53 mg kg⁻¹). In this study, Cr concentrations fluctuated throughout the chronosequence. Cr levels increased from 155 mg kg⁻¹ in the control plot to 188 mg/kg in plots abandoned after one year, that decreased to 110 mg/kg after five years. Interestingly, a significant increase ($p < 0.05$) was observed in plots abandoned for ten years, with Cr levels reaching 798 mg kg⁻¹. The reason for this observation is unclear, but it may be due to the sampling of a hotspot area. After fifteen years, Cr levels decreased significantly to 42 mg kg⁻¹, which was lower than the control plot levels. The EF analysis indicated no enrichment in samples from years five and fifteen, with minor to moderately severe enrichment observed in years one and ten, respectively. It is to be noted that the permissible level of Cr in soil is 100 mg kg⁻¹, a threshold exceeded by all samples except those from plots abandoned for fifteen years (Mercado and Aribal, 2020).

Mercury (Hg)

Mercury (Hg) is naturally present in the Earth's crust and is released into the environment through natural processes such as weathering of rocks and volcanic activity, as well as human activities. The primary sources of Hg pollution from human activity include coal-fired power plants, household coal burning, industrial processes, waste incineration, and mining operations, particularly mercury, gold, and other metal mining. As Hg cannot be destroyed, it can be recycled and repurposed, reducing the need for further mercury mining. The use of Hg is particularly hazardous in artisanal and small-scale gold mining, where it poses serious health risks to vulnerable communities (World Health Organization [WHO], 2017). Globally, artisanal and small-scale gold mining is responsible for around 37% of mercury emissions into the air and water (WHO, 2013).

The results from this study showed minimal changes in Hg concentrations throughout the chronosequence. Interestingly, there was a significant decrease ($p < 0.05$) in Hg levels after one year (0.10 mg kg⁻¹) compared to the control plot (0.16 mg kg⁻¹). Previously, Kalamandeen *et al.* (2020) had also noted that mercury leached quickly from mining areas, with Hg levels in pits abandoned for six months to three years being two orders of magnitude lower than in active pits. After five years, Hg concentrations slightly increased to 0.19 mg kg⁻¹, and in pits abandoned for ten years, there was a significant increase ($p < 0.05$) to 0.28 mg kg⁻¹ compared to the control. By year fifteen, Hg levels had slightly decreased to 0.27 mg kg⁻¹. Notably, all Hg concentrations across the chronosequence remained below the WHO/FAO permissible limits for soils (0.3 mg kg⁻¹; Ssenku *et al.*, 2023). The EF analysis indicated minor Hg enrichment in plots abandoned for five to fifteen years.

Lead (Pb)

Lead (Pb) is a naturally occurring toxic element found in the Earth's crust. Its widespread use has led to significant environmental contamination, human exposure, and major public health concerns. Globally, exposure to Pb-contaminated soil and dust from mining activities has resulted in widespread Pb poisoning and several child fatalities (WHO, 2023).

Léopold *et al.* (2016) found that Pb concentrations in exploited areas (19.02 mg kg^{-1}) were higher than in non-exploited areas (15.77 mg kg^{-1}). Similarly, Akoto *et al.* (2023) reported that Pb levels were up to 15-fold higher in areas where gold-bearing rocks were being excavated, processed, and where mine tailings were dumped, compared to control areas.

The results from this study confirm that Pb levels in soil increased following the stoppage of mining activities. A significant positive correlation between Pb and As was observed by Akoto *et al.* (2023), indicating that similar anthropogenic activities may influence both metals. The findings of this study are consistent with those of Léopold *et al.* (2016) and Akoto *et al.* (2023), demonstrating a significant increase ($p < 0.05$) in Pb levels one year post-mining, with concentrations increasing to 8.32 mg kg^{-1} compared to the control. However, no significant changes were observed after five and ten years, with Pb levels measured at 2.84 mg kg^{-1} and 4.09 mg kg^{-1} , respectively. Interestingly, after 15 years, Pb levels increased significantly to 13.42 mg kg^{-1} . The findings indicate that Pb levels generally increase following gold mining activities and that these levels do not reduce significantly even after 15 years. Importantly, the measured Pb levels in this study were below the permissible limit of 50 mg kg^{-1} for soils (Mercado and Aribal, 2021).

Copper (Cu)

Copper (Cu) is both a pollutant in drinking water and an essential nutrient, with excessive levels in the body leading to organ damage and malfunction. Copper is widely used in alloys, coatings, and in the production of pipes, valves, and fittings (Abdul-Wahab and Marikar, 2011; WHO, 2022b). Cu is a high-density chemical element that can accumulate during the gravimetric concentration procedures at gold mining sites, leading to geochemical anomalies and contamination hotspots (Cesar *et al.*, 2011). Tun *et al.* (2020) observed an increase in the heavy metals associated with gold mining, including copper, after mining activities, posing environmental and health risks to humans and animals.

In the present study, Cu concentrations significantly increased ($p < 0.05$) to 126 mg kg^{-1} one year

after mining, compared to 22 mg kg^{-1} in the control site. However, over time, the concentration of Cu in the soil decreased and returned to levels similar to the control site after 15 years. The EF analysis indicated that the soil was moderately severely enriched with Cu one year after mining, but the enrichment was classified as minor to negligible for years five, ten, and fifteen. This suggests that copper may leach out from the soil over time or be washed into nearby streams. It is important to note that the permissible level of copper in soils is 100 mg kg^{-1} , with all the measured levels in this study being below this limit, except for the samples from the one-year plots (Mercado and Aribal, 2020).

Iron (Fe)

Iron (Fe) concentrations in soils generally range between 20,000 and 550,000 mg kg^{-1} . Due to the specific characteristics of the soil and external factors, native Fe concentrations can vary significantly, even at smaller distances. In a study by Léopold *et al.* (2016), contrasting results were found in soils exploited by gold mining in Cameroon. In one area, exploited soils had a mean of $65,926 \text{ mg kg}^{-1}$ (ranging from 40,976 to $120,926 \text{ mg kg}^{-1}$) compared to non-exploited soils with a mean of $35,039 \text{ mg kg}^{-1}$ (ranging from 22,497 to $45,278 \text{ mg kg}^{-1}$). In another area, the mean Fe concentration in exploited soils was $41,197 \text{ mg kg}^{-1}$ (ranging from 17,226 to $77,358 \text{ mg kg}^{-1}$), while non-exploited soils had a mean of $47,015 \text{ mg kg}^{-1}$ (ranging from 41,416 to $52,159 \text{ mg kg}^{-1}$). These findings indicate that iron levels may depend largely on the soil's natural composition rather than mining activities alone.

The results of the present study showed fluctuations in Fe concentrations across the chronosequence, though none were found to be statistically significant ($p < 0.05$). One year after the mining, there was a slight decrease in Fe concentration ($53,966 \text{ mg kg}^{-1}$) compared to the control ($55,783 \text{ mg kg}^{-1}$). After five years, the concentration further decreased to $32,862 \text{ mg kg}^{-1}$, followed by an increase to $66,902 \text{ mg kg}^{-1}$ after ten years. Finally, after 15 years, the concentration returned to levels similar to the five-year mark ($36,857 \text{ mg kg}^{-1}$). These results do not indicate any clear

trends in the Fe concentrations over time, supporting Léopold *et al.* (2016) findings that iron levels can vary considerably, even within the same area. Notably, the

permissible levels of iron in soil is 50,000 mg/kg, and only the samples from the five- and fifteen-year plots were below this threshold (Mercado and Aribal, 2020).

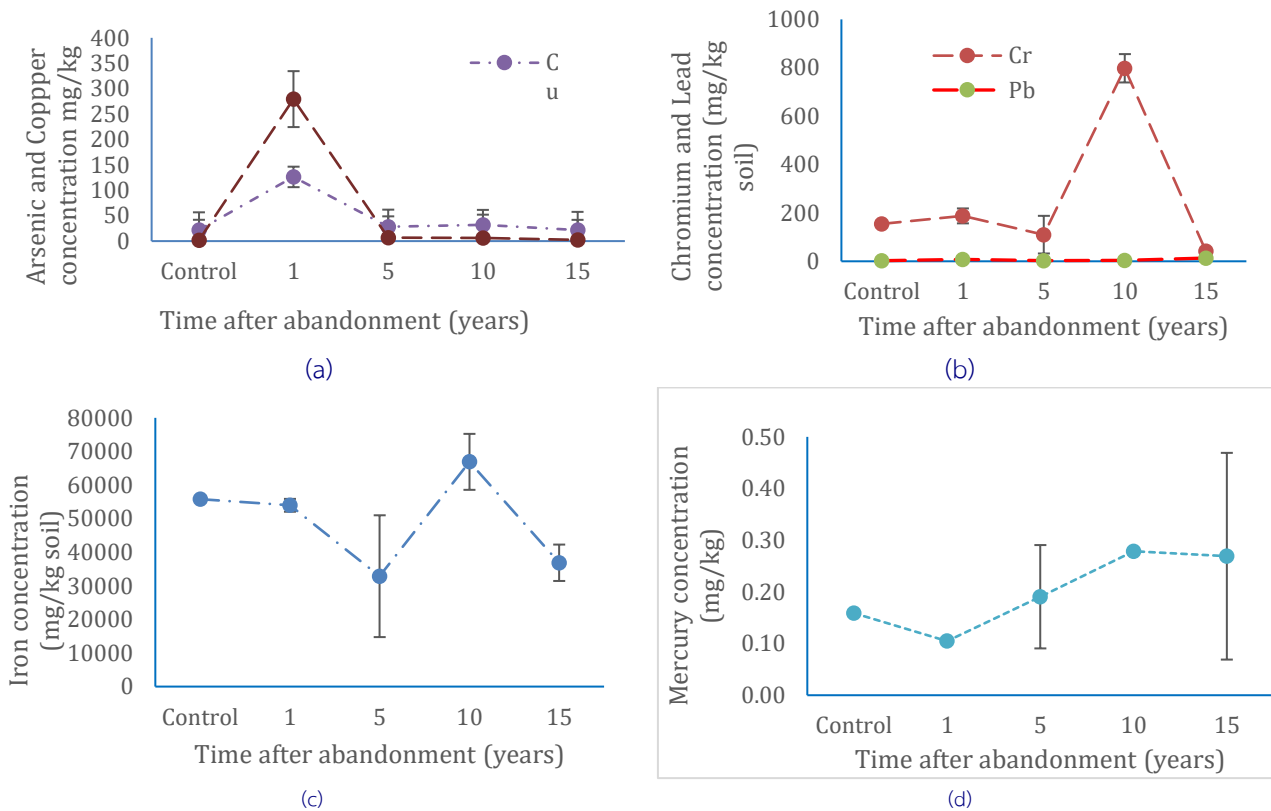


Figure 8 Changes in (a) Arsenic (As) and copper (Cu) concentrations over the chronosequence (b) Chromium (Cr) and Lead (Pb) concentrations over the chronosequence (c) Iron (Fe) concentrations over the chronosequence and (d) Mercury (Hg) concentrations over the chronosequence.

Table 2 Changes in heavy metal content in the soil from the mined-out areas (means $\pm$ S.D. of 3 replications). Values with the symbol (*) indicate a significant difference from control at $p < 0.05$

Years after mine	Heavy metal content (mg/kg)					
Abandonment	Pb	Fe	Cu	Hg	As	Cr
Control	3.0 $\pm$ 0.1	55,783 $\pm$ 119	22 $\pm$ 1	0.2 $\pm$ 0.1	2.0 $\pm$ 0.8	155.0 $\pm$ 3.4
1	8.0 $\pm$ 0.1*	53,966 $\pm$ 1,911	126 $\pm$ 21*	0.1 $\pm$ 0.1*	279.0 $\pm$ 28.0*	188.0 $\pm$ 30.9
5	3.0 $\pm$ 0.1	32,862 $\pm$ 18,131	29 $\pm$ 8	0.2 $\pm$ 0.1	7.0 $\pm$ 7.7	110.0 $\pm$ 77.8
10	4.0 $\pm$ 1.5	66,902 $\pm$ 8,332	32 $\pm$ 4	0.3 $\pm$ 0.1*	6.0 $\pm$ 3.2	798.0 $\pm$ 58.6*
15	13.0 $\pm$ 1.4*	36,857 $\pm$ 5,414*	22 $\pm$ 5	0.3 $\pm$ 0.2	3.0 $\pm$ 0.4	42.0 $\pm$ 14.3*

Nutrients

In this study, the total nitrogen, phosphorus, and potassium content were measured and are plotted in Figure 9. Kalamandeen *et al.* (2020) noted that nutrient depletion, particularly nitrogen loss due

to mining, may have a greater impact on forest regeneration than mercury contamination, as nutrient-poor soils hinder plant growth. Román-Dañobeytia *et al.* (2015) also pointed out that mining-related topsoil excavation depletes soils of essential nutrients

and organic matter, significantly slowing the forest recovery compared to other land uses. Similarly, Khadka (2016) found a significant positive correlation between soil organic matter and total nitrogen levels, emphasizing the importance of maintaining high organic matter content to balance the macronutrient concentrations. The results of this study indicated to a significant decrease ($p < 0.05$) in nitrogen content from $1,691 \text{ mg kg}^{-1}$ in the control plot to 720 mg kg^{-1} one year after mining. This reduction is likely due to the absence of litter and organic matter on the topsoil, where nitrogen is typically stored. The mining pits and tailings pond areas, which had little to no vegetation, further exacerbated this decline. While nitrogen levels slightly increased over time, they remained significantly below the levels observed in the control plot. Nitrogen concentrations after five, ten, and fifteen years were estimated at 847 mg kg^{-1} , 923 mg kg^{-1} , and 863 mg kg^{-1} , respectively, suggesting that a lack of forest cover and organic matter continued to inhibit the recovery of nitrogen.

In comparison to nitrogen, phosphorus and potassium were not exhibit a pronounced change relative to the control plot. The removal of topsoil to access gold ore can lead to the loss of phosphorus. Nyenda *et al.* (2021) observed a gradual increase in phosphorus content over time in mine tailings, spanning from 10 to 110 years. However, the results of this study showed an overall significant decrease

($p < 0.05$) in phosphorus across the chronosequence, except for the one-year pits. After one year, the total phosphorus was 321 mg kg^{-1} , a slight increase from the control plot's 287 mg kg^{-1} . By year five, the phosphorus levels ad dropped significantly to 155 mg kg^{-1} . In years ten and fifteen, phosphorus levels were recorded at 179 mg kg^{-1} and 152 mg kg^{-1} , respectively, both significantly lower than the control plot. The removal of topsoil, rich in organic matter, appears to have had a major impact on the phosphorus levels in the soil, contributing to the observed depletion over time.

We did not find any significant correspondence between potassium levels and gold mining activities, suggesting that other factors may have influenced its concentration. In the control plot, potassium levels were recorded at 311 mg kg^{-1} . After one year, potassium levels significantly increased ($p < 0.05$) to 723 mg kg^{-1} . In the pits abandoned for five years, the mean levels dropped to 263 mg kg^{-1} , and after ten years, they decreased further to 100 mg/kg . Interestingly, after 15 years, potassium levels increased to 795 mg kg^{-1} . These variations throughout the chronosequence indicate that mining activities did not significantly affect the potassium levels, indicating to the likelihood that other environmental or soil-related factors influenced the potassium concentrations (Figure 9).

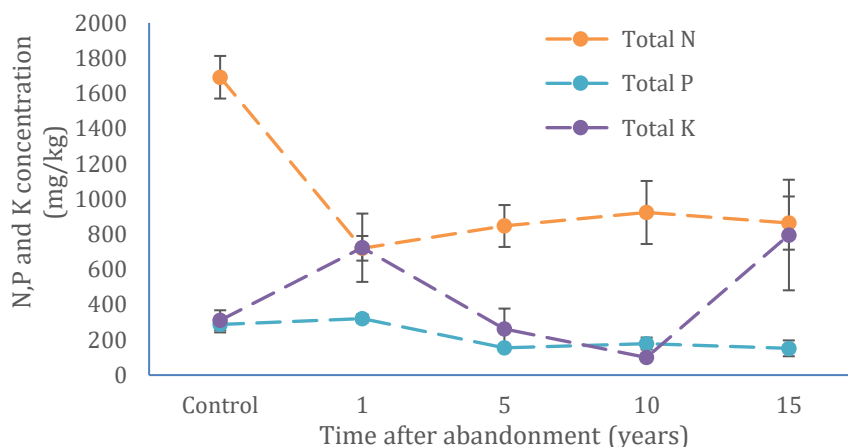


Figure 9 Changes in total nitrogen, phosphorus and potassium in the control and mined-out areas

The pH of the control soil was measured at 4.95, which is typical for regions with high rainfall. Following one year of mining, the pH increased to 5.22, and peaked at 5.59 after five years, with both increases being statistically significant ($p < 0.05$). However, after ten years, the pH sharply declined to

5.17, followed by a further reduction to 5.14 after 15 years. The general trend shows a significant increase in soil pH during the first five years post-mining, followed by a gradual decline over time, as illustrated in Figure 10.

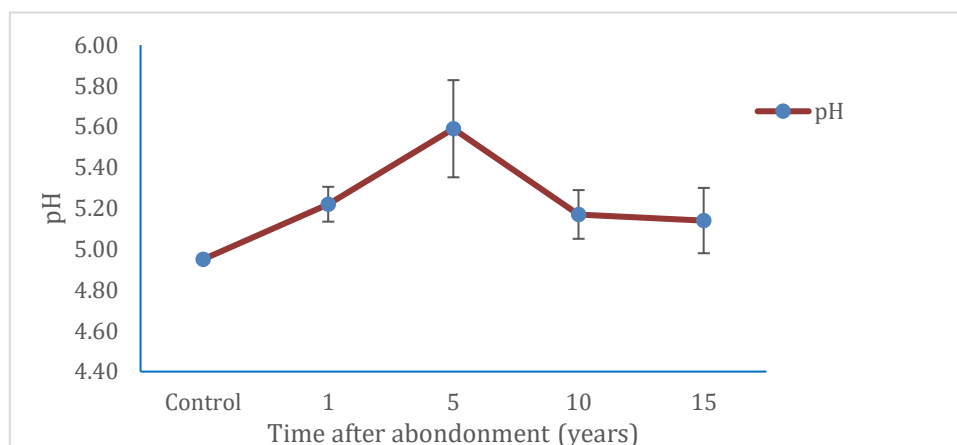


Figure 10 Changes in pH levels over the chronosequence

CONCLUSIONS

The results indicate that essential plant nutrients, particularly nitrogen and phosphorus, significantly diminished following mining activities, likely contributing to the limited biomass recovery observed throughout the chronosequence. Heavy metals such as copper, arsenic, and chromium significantly increased one year after mining, peaking at different times compared to the control. However, most heavy metal concentrations returned to levels similar to the reference levels after 15 years, except for lead and mercury. These two metals remained elevated even after 15 years, suggesting that they persisted in the soil at high concentrations and did not readily leach out.

Biomass recovery over the 15-year period was notably low, potentially due to the nutrient depletion and sustained high levels of mercury and lead, both of which negatively affect plant germination and natural ecological processes. This study established

a baseline for the natural conditions observed after 15 years, highlighting that natural regeneration is highly challenging without intervention. Effective remediation, including backfilling and soil nutrient management, is essential for promoting plant growth and biomass recovery, underscoring the need for human intervention to reclaim and restore these lands.

ACKNOWLEDGEMENTS

This study is a part of the master's thesis of D. George, supported by the Thailand International Cooperation Agency (TICA) and the Joint Graduate School of Energy and Environment. The support provided by the Government of Guyana and the Guyana Geology and Mines Commission is gratefully acknowledged. The authors also extend their sincere thanks to Dr. Sapit Diloksumpun and Dr. Pariwate Varnakovidra for their invaluable suggestions, and to Mr. Colonel Heywood and Mr. Kwosi Devonish for their dedicated field efforts in ensuring all the necessary data were collected.

REFERENCES

- Abdul-Wahab, S.A., Marikar, F.A. 2012. The environmental impact of gold mines: pollution by heavy metals. **Central European Journal of Engineering**, 2: 304–313. doi.org/10.2478/s13531-011-0052-3
- Akoto, O., Yakubu, S., Ofori, L.A., Bortey-sam, N., Boadi, N.O., Horgah, J., Sackey, L.N.A. 2023. Multivariate studies and heavy metal pollution in soil from gold mining area. **Heliyon**, 9: e12661
- Aquino, R.Q., Malone, A., Smith, N.M., Zúñiga, F.F.G. 2022. Perceptions and realities of mercury contamination in a Peruvian artisanal and small-scale gold mining (ASGM) community. **Environmental Research**, 214: 114092. doi.org/10.1016/J.ENVRES.2022.114092
- Arcand, M.M., Lynch, D.H., Voroney, R.P., Van Straaten, P. 2010. Residues from a buckwheat (*Fagopyrum esculentum*) green manure crop grown with phosphate rock influence bioavailability of soil phosphorus. **Canadian Journal of Soil Science**, 90(2): 257–266. doi.org/10.4141/CJSS09023
- Bempah, C.K., Ewusi, A., Obiri-Yeboah, S., Asabere, S.B., Mensah, F., Boateng, J., Voigt, H. 2013. Distribution of Arsenic and Heavy Metals from Mine Tailings dams at Obuasi Municipality of Ghana. **American Journal of Engineering Research**, 05: 61–70.
- Brown, S., Gillespie, A.J.R., Lugo, A.E. 1989. Biomass Estimation Methods for Tropical Forests with Applications to Forest Inventory Data. **Forest Science**, 35(4): 881–902. doi.org/10.1093/FORRESTSCIENCE/35.4.881
- Cesar, R., Egler, S.G., Polivanov, H., Castilhos, Z.C., Rodrigues, A.P. 2011. Mercury, copper and zinc contamination in soils and fluvial sediments from an abandoned gold mining area in southern Minas Gerais State, Brazil. **Environmental Earth Sciences**, 64(1): 211–222. doi.org/10.1007/s12665-010-0840-8
- Cortines, E., Valcarcel, R. 2009. Influence of pioneer-species combinations on restoration of disturbed ecosystems in the Atlantic Forest, Rio de Janeiro, Brazil. **Revista Arvore**, 33(5): 927–936. doi.org/10.1590/S0100-67622009000500015
- Durães, N., Portela, L., Sousa, S., Patinha, C., Ferreira da Silva, E. 2021. Environmental impact assessment in the former mining area of regoufe (Arouca, Portugal): Contributions to future remediation measures. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, 18(3): 1–17. doi.org/10.3390/ijerph18031180
- Fashola, M.O., Ngole-Jeme, V.M., Babalola, O.O. 2016. Heavy metal pollution from gold mines: Environmental effects and bacterial strategies for resistance. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, 13(11): 1047. doi.org/10.3390/IJERPH13111047
- Harmanescu, M., Alda, L.M., Bordean, D.M., Gogoasa, I., Gergen, I. 2011. Heavy metals health risk assessment for population via consumption of vegetables grown in old mining area; a case study: Banat County, Romania. **Chemistry Central Journal**, 5: 64. doi.org/10.1186/1752-153X-5-64
- IPCC. 2006. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (Volume 4), Agriculture, Forestry and Other Land Use (Chapter 4), Forest Land. https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/4_Volume4/V4_04_Ch4_Forest_Land.pdf
- Kalamandeen, M., Gloor, E., Johnson, I., Agard, S., Katow, M., Vanbrooke, A., Ashley, D., Batterman, S.A., Ziv, G., Holder-Collins, K., Phillips, O.L., Brondizio, E.S., Vieira, I., Galbraith, D. 2020. Limited biomass recovery from gold mining in Amazonian forests. **Journal of Applied Ecology**, 57(9): 1730–1740. doi.org/10.1111/1365-2664.13669
- Karthikeyan, O.P., Smith, T.J., Dandare, S.U., Parwin, K.S., Singh, H., Loh, H.X., Cunningham, M.R., Williams, P.N., Nichol, T., Subramanian, A., Ramasamy, K., Kumaresan, D. 2021. Metal (loid) speciation and transformation by aerobic methanotrophs. **Microbiome**, 9(1): 156. doi.org/10.1186/S40168-021-01112-Y
- Khadka, D. 2016. Assessment of Relationship between Soil Organic Matter and Macronutrients,

- Western Nepal. **Journal of Biological Pharmaceutical and Chemical Research**, 3(1): 4–12.
- Laing, T. 2019. Small man goes where the large fears to tread: Mining in Guyana: 1990-2018. **Resources Policy**, 63: 101426. doi.org/10.1016/j.resourpol.2019.101426
- Léopold, E.N., Sabine, D.D., Philémon, Z.Z., Jung, M.C. 2016. Physical and Metals Impact of Traditional Gold Mining on Soils in Kombo-Laka Area (Meiganga, Cameroon). **International Journal of Geosciences**, 7(9): 1102–1121. doi.org/10.4236/IJG.2016.79084
- Lewis, L., Hossain, M., Rao, R. 2022. The planting density of *Acacia mangium* influences the rehabilitation of a waste rock dump in Papua New Guinea. **Arabian Journal of Geosciences**, 15(3): 216. doi.org/10.1007/s12517-022-09522-4
- Lewis, S., Lewis, L., Elroy, C., Skeete, R. 2020. Pruning as a successful treatment to improve growth of *Acacia mangium* Willd. plantation in the reclamation of gold mine spoils of Guyana. **Journal of Geosciences**, 4(1): 1–14.
- Mcpherson, S.A., Adams, A., Singh, D. 2021. An Investigation of the Carbon Emissions and Climate Change Awareness from the Artisanal and Small-scale Gold Mining (ASGM) Sector in Guyana: The Case of Mahdia. **Journal of Academic Research and Essays**, 2021: 1-17. doi.org/10.52377/NYAS8215
- Mercado, J.A., Aribal, L.G. 2020. Phytoremediation of Mangrove species exposed to effluents of mining ultramafic soils. **Journal of Biodiversity and Environmental Sciences**, 16(2): 50–70.
- Nyenda, T., Gwenzi, W., Jacobs, S.M. 2021. Changes in physicochemical properties on a chronosequence of gold mine tailings. **Geoderma**, 395: 115037. doi.org/10.1016/J.GEODERMA.2021.115037
- Peterson, G.D., Heemskerk, M. 2001. Deforestation and forest regeneration following small-scale gold mining in the Amazon: the case of Suriname. **Environmental Conservation**, 28(2): 117–126. doi.org/10.1017/S0376892901000121
- Guyana Lands and Surveys Commission's Fact Page on Guyana (GLSC). Region 8. (n.d). <https://factpage.glsc.gov.gy/region-8/>, 30 April 2023)
- Román-Dañobeytia, F., Huayllani, M., Michi, A., Ibarra, F., Loayza-Muro, R., Vázquez, T., Rodríguez, L., García, M. 2015. Reforestation with four native tree species after abandoned gold mining in the Peruvian Amazon. **Ecological Engineering**, 85: 39–46. doi.org/10.1016/J.ECOLENG.2015.09.075
- Sharma, A., Kapoor, D., Wang, J., Shahzad, B., Kumar, V., Bali, A.S., Jasrotia, S., Zheng, B., Yuan, H., Yan, D. 2020. Chromium Bioaccumulation and Its Impacts on Plants: An Overview. **Plants**, 9(1). doi.org/10.3390/PLANTS9010100
- Stoffersen, B., Appel, P.W., Na-Oy, L.D., Sekamane, A.S., Ruiz, I.Z., Koster-Rasmussen, R. 2018. Introduction of mercury-free gold extraction to small-scale miners in the Cabo Delgado province in Mozambique. **Journal of Health and Pollution** 8:180909. doi.org/10.5696/2156-9614-8.19.180909
- Ssenku, J.E., Naziriwo, B., Kutesakwe, J., Mustafa, A.S., Kayeera, D., Tebandeke, E. 2023. Mercury accumulation in food crops and phytoremediation potential of wild plants thriving in artisanal and small-scale gold mining areas in Uganda. **Pollutants**, 3(2), 181–196. doi.org/10.3390/pollutants3020014
- Tóth, G., Hermann, T., Szatmári, G., Pásztor, L. 2016. Maps of heavy metals in the soils of the European Union and proposed priority areas for detailed assessment. **Science of the Total Environment**, 565: 1054–1062. doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.05.115
- Tun, A.Z., Wongsasuluk, P., Siri Wong, W. 2020. Heavy Metals in the Soils of Placer Small-Scale Gold Mining Sites in Myanmar. **Journal of Health & Pollution**, 10(27): 200911. doi.org/10.5696/2156-9614-10.27.200911

World Health Organisation (WHO). 2013. **Mercury Exposure and Health Impacts among Individuals in the Artisanal and Small-Scale Gold Mining (ASGM) Community.** https://cdn.who.int/media/docs/default-source/chemical-safety/mercury/mercury-asgm.pdf?sfvrsn=37340b60_12&download=true, 30 April 2023.

World Health Organisation (WHO). 2017. **Mercury and Health.** <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/mercury-and-health>, 31 March 2017.

World Health Organisation (WHO). 2022a. **Chemical Fact Sheets: Copper.** <https://www.who.int/publications/m/item/chemical-fact-sheets-copper>, 18 May 2022.

World Health Organisation (WHO). 2022b. **Arsenic.** <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/arsenic>, 7 December 2022.

World Health Organisation (WHO). 2023. **Lead Poisoning.** <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/lead-poisoning-and-health>, 11 August 2023.

คำแนะนำสำหรับผู้เขียนวารสารวนศาสตร์ไทย

<https://li01.tci-thaijo.org/index.php/tjf>

วารสารวนศาสตร์ไทย เป็นวารสารทางวิชาการป่าไม้ จัดทำโดยศูนย์วิจัยป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำหนดพิมพ์เผยแพร่ทุก 6 เดือน (ปีละ 2 ฉบับ) วัตถุประสงค์เพื่อพิมพ์เผยแพร่ผลงานวิจัยทางป่าไม้สาขาต่าง ๆ ทั้งภายในและภายนอกมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยวารสารนี้มีการเผยแพร่ไปยังห้องสมุดของสถาบันและหน่วยงานต่าง ๆ ทั้งในและต่างประเทศ

การส่งต้นฉบับ ต้นฉบับต้องไม่เคยลงตีพิมพ์และไม่ได้อยู่ระหว่างกระบวนการพิจารณาตีพิมพ์ในวารสารหรือสิ่งตีพิมพ์อื่นใด ผลงานจัดอยู่ในงานเขียนประเภทหนึ่ง ดังต่อไปนี้ (1) **นิพนธ์ต้นฉบับ (original article)** เป็นการเสนอผลงานวิจัยแบบสมบูรณ์ที่ผู้เขียนได้ดำเนินการวิจัยด้วยตนเอง (2) **บทความวิจัยสั้น (short communications)** เป็นงานวิจัยที่น่าสนใจหรือการค้นพบสิ่งใหม่แต่มีเนื้อหาสมบูรณ์น้อยกว่า และ (3) **บทวิจารณ์ (review article)** เป็นบทความทางวิชาการที่นำเสนอสาระซึ่งผ่านการวิเคราะห์หรือประมวลจากการตรวจสอบเอกสาร ทั้งนี้เรื่องที่เป็นนิพนธ์ต้นฉบับ และบทความวิจัยสั้น จะได้รับพิจารณาให้ลงตีพิมพ์ก่อนเรื่องที่เป็นบทวิจารณ์

การเตรียมต้นฉบับ

ต้นฉบับ

ต้นฉบับเขียนเป็นภาษาไทย ควรมีการตรวจทานการใช้ภาษาและคำสะกดต่าง ๆ อย่างถี่ถ้วนก่อนนำเสนอ ความยาวไม่เกิน 20 หน้า กระดาษ A4 จัดรูปแบบกั้นหน้ากระดาษบน ล่าง ซ้าย และขวา ขนาด 1 นิ้ว หรือ 2.54 เซนติเมตร

การพิมพ์

1. การพิมพ์ใช้ตัวอักษร TH Sarabun PSK ขนาด 14 สำหรับภาษาไทย และ ภาษาอังกฤษ
2. หัวข้อหลักใช้ ขนาด 18 ตัวหนาและจัดกึ่งกลางหน้า เช่น คำนำ อุปกรณ์และวิธีการ ฯลฯ ถ้าเรื่องที่เขียนเป็นตัวอักษรภาษาอังกฤษ หัวข้อหลักใช้ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ เช่น ABSTRACT INTRODUCTION REFERENCES เป็นต้น
3. หัวข้อย่อยแรก ใช้อักษรตัวหนาและจัดชิดซ้าย ขนาด 16 และในหัวข้อย่อยถัดไปให้ใส่ย่อหน้า 1 Tab พร้อมทั้งใช้ตัวอักษร ตัวหนา ขนาด 14
4. ใส่หมายเลขหน้า มุมขวา ด้านบน
5. ใส่หมายเลขบรรทัด (นับต่อเนื่องจากหน้าแรกจนถึงหน้าสุดท้าย)
6. รายละเอียดใน Table และ Figure เป็นภาษาอังกฤษทั้งหมด ใช้ตัวอักษร TH Sarabun PSK ขนาด 14

รายละเอียดของเนื้อหา

หน้าแรก (Title page) เป็นหน้าที่แยกออกจากเนื้อหาอื่น ๆ ประกอบด้วย

1. **ชื่อเรื่อง** เรื่องที่เขียนเป็นภาษาไทย ให้ระบุชื่อเรื่องทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ควรกระชับและตรงกับเนื้อเรื่อง จัดให้อยู่กึ่งกลางหน้ากระดาษ
2. **ชื่อผู้เขียน** เรื่องที่เขียนเป็นภาษาไทย ใช้ชื่อเต็มทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ไม่ต้องระบุเพศ ยศ ตำแหน่ง
3. **สถานที่ทำงานของผู้เขียน** ให้ระบุสถานที่ทำงานและที่อยู่ของผู้เขียนทุกท่านทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ พร้อมระบุที่อยู่ติดต่อได้ของผู้เขียน โดยระบุชื่อหน่วยงาน สถานที่ทำงาน เขต/อำเภอ จังหวัด รหัสไปรษณีย์ และ Corresponding Author E-mail

เนื้อหา ประกอบด้วยหัวข้อหลัก ดังนี้

1. บทคัดย่อ สรุปสาระสำคัญของผลงานไว้โดยครบถ้วน ได้แก่ ที่มาและปัญหาวิจัย วัตถุประสงค์ วิธีการ การค้นพบสำคัญ และสรุป โดยมีความยาวไม่เกิน 300 คำ เรื่องที่เขียนเป็นภาษาไทย ต้องมีบทคัดย่อเป็นภาษาอังกฤษ (ABSTRACT) ด้วย (ภาษาอังกฤษก่อนและตามด้วยภาษาไทย) ให้ระบุ Keywords จำนวนไม่เกิน 5 คำไว้ในตอนท้ายบทคัดย่อภาษาอังกฤษด้วย

2. คำนำ อธิบายความสำคัญของปัญหา การตรวจเอกสาร (literature review) เฉพาะส่วนที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยเท่านั้น และวัตถุประสงค์ของงานวิจัย ในกรณีงานวิจัยทางสังคมศาสตร์อาจเพิ่มเติมขอบเขตการวิจัย กรอบแนวคิดการวิจัย และสมมติฐานการวิจัย (ถ้ามี) การอ้างอิง (citation) ในเนื้อหาใช้ระบบ family name-and-year system ตัวอย่างการเขียนอ้างอิงในเนื้อหา เช่น

กรณีผู้แต่ง 1 คน	Iberdrola (2022) ...	... (Iberdrola, 2022)
กรณีผู้แต่ง 2 คน	Cortines and Valcarcel (2009) ...	... (Cortines and Valcarcel, 2009)
กรณีผู้แต่งตั้งแต่ 3 คน	Karthikeyan <i>et al.</i> (2021)	... (Karthikeyan <i>et al.</i> , 2021)

หากมีการอ้างอิงหลายฉบับพร้อมกัน ให้เรียงจากปีที่ตีพิมพ์ก่อนไปปีที่ตีพิมพ์หลังสุด เช่น ... (Cortines and Valcarcel, 2009; Karthikeyan *et al.*, 2021; Akoto *et al.*, 2023)

3. อุปกรณ์และวิธีการ ในส่วนหัวข้อต้องประกอบไปการบรรยายหรือรูปภาพที่เกี่ยวกับพื้นที่ที่ใช้ในการศึกษาของท่านเขียนให้รัดกุม ไม่พรรณนาวิธีการวิเคราะห์ ใช้วิธีการอ้างอิงชื่อหรือองค์กร เช่น ใช้ตามวิธีของ AOAC (1990) เป็นต้น

4. ผลและวิจารณ์ ผลการทดลองและวิจารณ์ผลเขียนรวมกัน ภาพและตาราง ต้องมีเนื้อหาและคำอธิบายเป็นภาษาอังกฤษ ให้แสดงเฉพาะข้อมูลสำคัญและจำเป็น แทรกภาพและตารางตามลำดับในเนื้อหา โดยใช้คำว่า Figure ในการอ้างอิงภาพและใช้คำว่า Table ในการอ้างอิงตาราง

5. สรุปและข้อเสนอแนะ ให้กระชับ ยกใจความสำคัญที่ได้จากการวิจัย พร้อมทั้งข้อเสนอแนะจากงานวิจัย

6. คำนิยม แห่ลงทุน หน่วยงาน บุคคลหรือสถานที่ในการให้ความอนุเคราะห์ในการศึกษาของท่านไม่ควรเกิน 50 คำ

7. REFERENCES หลักเกณฑ์และรูปแบบการเขียน REFERENCES เรียงเรียงโดยใช้ภาษาอังกฤษทั้งหมดในกรณีเอกสารอ้างอิงเป็นภาษาไทยให้ปรับเป็นภาษาอังกฤษและต่อท้ายเอกสารอ้างอิงนั้นด้วยคำว่า (in Thai)

กรณีบทวิจารณ์ (review article) อาจปรับเปลี่ยนหัวข้อให้เหมาะสมแต่อย่างน้อยควรมี คำนำ สรุปและข้อเสนอแนะ และเอกสารอ้างอิง

ก่อนส่งต้นฉบับควรตรวจทานการอ้างอิงในเนื้อหาและในท้ายบทให้ตรงกัน และถูกต้องตามหลักเกณฑ์ที่ระบุไว้ดังต่อไปนี้

1) การอ้างอิง (citation) ในเนื้อหาใช้ระบบ family name-and-year system

2) การเรียงลำดับ REFERENCES เรียงตามลำดับตัวอักษร เอกสารทั้งหมดที่ถูกอ้างอิงในเนื้อหาต้องปรากฏในรายการเอกสารและสิ่งอ้างอิง

3) การเขียน REFERENCES (ตัวอย่างการเขียนแสดงด้านล่าง)

- การเขียนให้ขึ้นต้นด้วยนามสกุล คั่นด้วยเครื่องหมายจุลภาค (,) แล้วตามด้วยตัวอักษรย่อตัวแรกของชื่อจริง และ/หรือชื่อย่อกลางทุกคนตามลำดับ

- เอกสารภาษาอังกฤษให้ขึ้นต้นด้วยนามสกุล คั่นด้วยเครื่องหมายจุลภาค (,) แล้วตามด้วยตัวอักษรย่อตัวแรกของชื่อจริงและชื่อย่อกลาง (ถ้ามี) ของทุกคนตามลำดับ เช่น Palma, C.E., Mamon, S.J.B., Rubin, K.N.D. 2009. ส่วนเอกสารอ้างอิงภาษาไทยให้แปลเป็นภาษาอังกฤษและทำการอ้างอิงเหมือนเอกสารภาษาอังกฤษ แล้ววงเล็บด้านหลังว่า (in Thai)

- เอกสารอ้างอิงประเภทหนังสือที่ตีพิมพ์ครั้งแรกไม่ต้องระบุครั้งที่พิมพ์
- วารสารวิชาการให้ใช้ชื่อเต็มของวารสาร
- เอกสารอ้างอิงประเภทเว็บไซต์ต้องระบุวัน เดือน ปี ที่สืบค้นข้อมูล

4) การเขียนหน่วยให้ใช้หน่วยวัดสากล (International System of Units, SI Unit) เช่น พื้นที่ใช้เฮกตาร์ (ha) ตารางเซนติเมตร (cm²) ตารางเมตร (m²) หรือตารางกิโลเมตร (km²) เป็นต้น หน่วยระยะทาง ความกว้าง ความสูง และความยาวใช้มิลลิเมตร (mm) เซนติเมตร (cm) เมตร (m) หรือกิโลเมตร (km) และมาตรการตวงใช้หน่วยเมตริก เช่น กรัม (g) กิโลกรัม (kg) ตัน (ton) เป็นต้น

ตัวอย่างการเขียน REFERENCES

บทความในวารสาร

รูปแบบ: กรณียบทความไม่มีเลข DOI

ชื่อผู้แต่ง. ปีที่พิมพ์. ชื่อบทความ. ชื่อเต็มวารสาร, ปีที่พิมพ์(ฉบับที่): เลขหน้าหรือเลขที่บทความ.

Blanchard, M.G., Runkle, E.S. 2006. Temperature during the day, but not during the night, controls flowering of *Phalaenopsis* orchids. **Journal of Experimental Botany**, 57: 4043–4049.

Pozsgai, G., Littlewood, N.A. 2014. Ground beetle (Coleoptera: Carabidae) population declines and phenological changes: Is there a connection? **Ecological Indicators**, 41: 15–24.

Seekhiew, A., Tasen, W., Teejuntuk, S. 2020. Ground dwelling insect community in limestone mining rehabilitation area, Saraburi province. **Thai Journal of Forestry**, 39(1): 1–10. (in Thai)

วารสารอิเล็กทรอนิกส์

รูปแบบ: กรณียบทความที่มีเลข DOI

ชื่อผู้แต่ง. ปีที่พิมพ์. ชื่อบทความ. ชื่อเต็มวารสาร, ปีที่พิมพ์(ฉบับที่): เลขหน้าหรือเลขที่บทความ. doi.org/xxx หรือ doi: 10.xxx

Arakawa, T., Timasheff, S.N. 1982. Stabilization of protein structure by sugars. **Biochemistry**, 21: 6536–6544. doi.org/10.1021/bi00268a033

Ounban, W., Puangchit, L., Diloksumpun, S. 2016. Development of general biomass allometric equations for *Tectona grandis* Linn.f. and *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. Plantations in Thailand.

Agriculture and Natural Resources, 50(1): 48–53. doi:10.1016/j.anres.2015.08.001.

Spitz, D., Hunter, S. 2005. Contested code: The social construction of Napster. **Inform. Soc.**, 21: 169–180. doi: 10.1080/01972240490951890

หนังสือ

รูปแบบ: กรณียหนังสือ

ชื่อผู้แต่ง. ปีที่พิมพ์. ชื่อหนังสือ. สำนักพิมพ์. จังหวัด, ประเทศ. (in Thai)

Subinprasert, S. 2003. **Insect Biology**. Ramkhamhaeng University Press, Bangkok, Thailand. (in Thai)

รูปแบบ: หนังสือที่พิมพ์หลายครั้ง

ชื่อผู้แต่ง. ปีที่พิมพ์. ชื่อหนังสือ, พิมพ์ครั้งที่ X. สำนักพิมพ์. จังหวัด, ประเทศ. (in Thai)

Strunk, Jr.W., White, E.B. 1979. **The Elements of Style**, 3rd ed. Macmillan. New York, NY, USA.

รูปแบบ: บทความในหนังสือ

ชื่อผู้แต่ง. ปีที่พิมพ์. ชื่อบทความ. In: นามสกุล, ชื่อย่อ (Ed. หรือ Eds.). **ชื่อหนังสือ, พิมพ์ครั้งที่ X**. สำนักพิมพ์. จังหวัด, ประเทศ, pp. xx-xx. (in Thai)

Loth, G.R., Hemgesberg, L.B. 1999. How to prepare an electronic version of your article. In: Jones, B.S., Smith, R.Z. (Eds.). **Introduction to the Electronic Age**. E-Publishing Inc. New York, USA. pp. 281-304.

รายงานการประชุมสัมมนาทางวิชาการ

รูปแบบ: รายงานการประชุมสัมมนาทางวิชาการ

ชื่อผู้แต่ง. ปีที่พิมพ์. ชื่อเรื่อง. In: **ชื่อรายงานการประชุม**. สถานที่, จังหวัด, ประเทศ, pp. xx-xx.

Liu, C., Peng, D., Yang, Y. 2010. Anti-oxidative and anti-aging activities of collagen hydrolysate. In: **Proceedings of 3rd International Conference on Biomedical Engineering and Informatics**. Yantai, China, pp. 1981-1985.

Mettam, G.R., Adams, L.B. 1999. How to prepare an electronic version of your article. In: Jones, B.S., Smith, R.Z. (Eds.). **Introduction to the Electronic Age**. E-Publishing Inc. New York, NY, USA, pp. 281-304.

วิทยานิพนธ์

รูปแบบ: วิทยานิพนธ์

ชื่อผู้แต่ง. ปีที่พิมพ์. ชื่อเรื่อง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท/เอก, ชื่อมหาวิทยาลัย, จังหวัด, ประเทศ. (in Thai)

Isnaeni, N.F. 2007. **Product Formulation of Pure Instant Potatoes (*Ipomoea batatas* (L.) Lam] as One of Staple Food Diversification**. M.S. Thesis, Bogor Agricultural University, Bogor, Indonesia.

Jundang, W. 2010. **Evaluation of Carbon Sequestration in Dry Dipterocarp Forest and Eucalypt Plantation at Mancha Khiri Plantation, Khon Kaen Province**. M.S. Thesis, Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai)

ข้อมูลสารสนเทศจากแหล่งข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์ (เว็บไซต์)

รูปแบบ: เว็บไซต์

ชื่อผู้แต่ง. ปีที่เผยแพร่. ชื่อเรื่อง. <http://xxx>, วัน เดือน ปี ที่สืบค้น.

Sillery, B. 1998. Urban rain forest: An African jungle come to life on New York's west side. **Popular Science**. <http://epnet.com/hosttrial/login.htm/>, 27 March 1998.

The Thai Tapioca Development Institute. 2019. Harvested Area and Production, Past Years. http://tapiocathai.org/English/L1_e.html, 5 September 2021.

ข้อแนะนำในการใช้ภาษา

1. ใช้คำศัพท์ตามพจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถานและประกาศของราชบัณฑิตยสถาน
2. การใช้ศัพท์บัญญัติทางวิชาการ ควรใช้ควบคู่กับศัพท์ภาษาอังกฤษ ในครั้งแรกที่ปรากฏในเอกสาร
3. การใช้ชื่อวิทยาศาสตร์ให้ใช้ควบคู่กับชื่อสามัญในครั้งแรกที่ปรากฏ
4. การเขียนชื่อเฉพาะหรือคำแปลจากภาษาต่างประเทศ ควรพิมพ์ภาษาเดิมของชื่อนั้น ๆ ไว้ในวงเล็บ ในครั้งแรกที่ปรากฏในเอกสาร

5. ไม่ควรใช้ภาษาต่างประเทศในกรณีที่มีภาษาไทยอยู่แล้ว
6. รักษาความสม่ำเสมอในการใช้คำศัพท์และตัวย่อ โดยตลอดทั้งบทความ

กระบวนการพิจารณาบทความ

การพิจารณากลั่นกรองบทความ (peer review) ทุกบทความจะได้รับการกลั่นกรองเบื้องต้นจากกองบรรณาธิการ เพื่อพิจารณาถึงความสำคัญของบทความ ความเหมาะสมต่อวารสารวนศาสตร์ไทย รวมถึงคุณภาพเนื้อหาทางด้านวิทยาศาสตร์ และข้อมูลที่น่าสนใจ บทความที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานจะถูกปฏิเสธ (reject) โดยไม่จำเป็นต้องส่งพิจารณาตรวจทาน ส่วนบทความที่ผ่านเกณฑ์เบื้องต้นจะถูกส่งให้ผู้เชี่ยวชาญ (reviewer) จำนวน 3 ท่าน ในแต่ละสาขาทำการพิจารณากลั่นกรอง (peer review) โดยชื่อของผู้ประพันธ์และผู้เชี่ยวชาญจะถูกปิดเป็นความลับ ข้อเสนอแนะจากผู้ทรงเชี่ยวชาญจะได้รับการทบทวนจากกองบรรณาธิการ และส่งต่อไปยังผู้ประพันธ์เพื่อดำเนินการเปลี่ยนแปลงบทความตามคำแนะนำดังกล่าวและส่งผลงานที่ปรับแก้ไขแล้วมายังกองบรรณาธิการเพื่อตัดสินใจขั้นสุดท้ายสำหรับการยอมรับ (accept) หรือ (reject) บทความ ปกติการพิจารณาบทความบทความใช้เวลาประมาณ 3 เดือน นับจากวันที่ส่งบทความ หากเกินกว่ากำหนดนี้ผู้ประพันธ์สามารถสอบถามมายังกองบรรณาธิการเพื่อทราบความเหตุผลได้

บทความที่ได้รับการยอมรับ (accepted manuscripts) ทางกองบรรณาธิการจะส่งร่างบทความสำหรับตีพิมพ์ให้กับผู้ประพันธ์เพื่อพิสูจน์ความถูกต้อง (corrected proof) จากนั้นผู้ประพันธ์จะได้รับแจ้งกำหนดเวลาการตีพิมพ์บทความนั้น

บทความที่ถูกปฏิเสธ (rejected manuscripts) ทางกองบรรณาธิการจะส่งคืนเอกสารทั้งหมดรวมถึงข้อคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญให้กับผู้ประพันธ์ เพื่อเป็นประโยชน์ในการปรับปรุงและส่งผลงานไปตีพิมพ์ยังวารสารอื่น ๆ ที่มีความเหมาะสม

การส่งต้นฉบับ

ผู้เขียนจัดส่งรายละเอียดดังนี้

1. ต้นฉบับ (manuscript) 1 ชุด ในรูป ในแบบฟอร์มที่กำหนด
2. แบบเสนอต้นฉบับ (submission form) 1 ชุด ในรูป Microsoft Office Word หรือ PDF file
3. ไฟล์ภาพต้นฉบับที่สามารถปรับแก้ไขได้

ดาวน์โหลดแบบฟอร์มแบบเสนอต้นฉบับได้ที่ <http://li01.tci-thaijo.org/index.php/tjf/SubmissionForm> ส่งทุกไฟล์ผ่านระบบ ThaiJO (Thai Journal Online) <http://li01.tci-thaijo.org/index.php/tjf> สอบถามข้อมูลเพิ่มเติมที่ กองบรรณาธิการ วารสารวนศาสตร์ไทย ศูนย์วิจัยป่าไม้ ชั้น 5 อาคารวนศาสตร์ 72 ปี คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900 โทรศัพท์ 02-5614761

หมายเหตุ

1. เอกสารที่มีการเตรียมต้นฉบับไม่ถูกต้องตามข้อเสนอแนะจะไม่ได้รับการพิจารณา
2. ทางวารสารฯ ขอสงวนสิทธิ์ที่จะไม่คืนเอกสารข้างต้นให้ผู้เขียนไม่ว่ากรณีใดๆ
3. บทความที่ท่านส่งเข้าระบบต้องไม่เคยได้รับการตีพิมพ์มาก่อนหรืออยู่ในขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่งในการพิจารณาจากวารสารของทั้งในระบบ ThaiJO หรือระบบอื่น ๆ หากทางเราตรวจพบเจอบทความดังกล่าวได้ถูกตีพิมพ์ซ้ำหรือคัดลอกมาจากที่อื่นโดยไม่มีการอ้างอิงบทความของท่านจะถูกปฏิเสธการตีพิมพ์หรือถูกถอดออกจากระบบทันที



Original article

Simulated Comparisons of Thinning Effects Using SIBYLA Program <i>Surapit Homnan and Nopparat Kaakkurivaara</i>	1
Risk Area Determination for Encroachment in Mangrove Forest Land Use Zone, Trang Province <i>Amorrat Kelsuek, Laddawan Rianthakool and Wanchai Arunpraparut</i>	10
Adsorption Property Modification of Coconut Shell Biochar using Argon Non-thermal Atmospheric Pressure Plasma and Steam at High Temperature <i>Jirapong Sornsakdanuphap, Chaithat Chamchalerm, Khuanjarat Choengpanya, Thanyarat Chuesaard, Thiti Wanishdilokratn and Pradoong Suanpoot</i>	25
Using CA-Markov Model and Landsat 8 Imagery Data for Land Use Prediction in Thale Noi Non-hunting Area <i>Weeraphart Khunrattanasiri, Sunisa Klaylaroen and Santi Suksard</i>	37
Comparison of Land Use Classification Methods Using Landsat 9 Data in Eastern Economic Corridor, Thailand <i>Weeraphart Khunrattanasiri, Jutamad Srikongruk, Santi Suksard and Vissanu Domrongsutsiri</i>	51
Development of a Tree Data Collection System for Green Space Management and Conservation of Heritage Trees in the Phra Nakhon District <i>Ekachai Phumduang, Yussanee Sommathat and Jitchin Jittisukaphong</i>	62
Application of Remote Sensing to Study Forest Encroachment in Tai Rom Yen National Park, Surat Thani Province <i>Supawan Audomsin, Asamaporn Sitthi and Weeraphart Khunrattanasiri</i>	74
Application of Geo-Informatics in Predicting Carbon Sequestration and Greenhouse Gases Emission in Khao Soi Dao Wildlife Sanctuary, Chanthaburi Province <i>Komchan Jutien, Wanchai Arunpraparut and Nopparat Kaakkurivaara</i>	86
Assessment of the Risk of Invasion in Phouphueng-Phouphathoun and Tadkuangsi National Protection Forest Areas, Lao People's Democratic Republic, Using Geographic Information System Data <i>Weeraphart Khunrattanasiri, Hor Manythong and Patsi Prasomsin</i>	102
Factors Affecting Visitors' Response to Recreational Use Regulations in National Parks <i>Peerawat Kamlamlert, Supattra Thueksathit and Noppawan Tanakanjana Phongkhieo</i>	114
Factors Affecting Community Participation in Waste Management at Original Source, Bang Sai Sub-district, Mueang District, Surat Thani Province <i>Sarayut Samattiyakon, Kitichai Rattana and Nittaya Mianmit</i>	127
People Participation in Kanchanaburi Municipality on International Importance of Wetlands Conservation: Case Study of Khwae Yai River Wetland, Kanchanaburi Province <i>Pattaphon Yangprayut, Supattra Thueksathit and Patchares Chacuttrikul</i>	137
Application of Geoinformatics in Predicting Carbon Sequestration Trends in Thung Salaeng Luang National Park <i>Oranut Srisatjung, Laddawan Rianthakool and Wanchai Arunpraparut</i>	147
Efficiency Study on Estimation of Yield of Eucalyptus Clone K58 Trees Using Canopy Cover Variable from Unmanned Aerial Vehicle <i>Somrak Chatthai, Pichit Lumyai and Weeraphart Khunrattanasiri</i>	165
Forest Carbon, Soil Nutrients, and Heavy Metal Status after 15 years of Small-scale Gold Mining in Guyana <i>Devon George and Amnat Chidthaisong</i>	174