การจำลองสถานการณ์ลักษณะการโดนแสงอาทิตย์ตกกระทบโพรงเทียมด้วยคอมพิวเตอร์ เมื่อติดตั้งหันหน้าไปในทิศทางต่าง ๆกันบนเรือนยอดต้นไม้ที่สูงเด่นที่สุด (Emergence Tree) เพื่อใช้ในการประเมินความเหมาะสมสำหรับการเลือกจุดติดตั้งโพรง ณ อุทยานแห่งชาติบูโด-สุไหงปาดี จังหวัดนราธิวาส ประเทศไทย

The Simulations of Natural Incident Light on Hornbill Artificial Nests Related to Installation Orientations for Using as Application in Installation Site Selection at Budo-Su-Ngai Padi National Park, Thailand.

ชาคร ผาสุวรรณ คณะมัณฑนศิลป์ มหาวิทยาลัยศิลปากร
Chakorn Pasuwan. Faculty of Decorative Arts, Silpakorn University.
ภาควิชาออกแบบผลิตภัณฑ์ คณะมัณฑนศิลป์ มหาวิทยาลัยศิลปากร
chakornpasuwan@hotmail.com

บทคัดย่อ

การใช้โพรงเทียมเพื่อเพิ่มโอกาสในการขยายพันธ์ให้แก่นกที่มีพฤติกรรมการเลี้ยงดูลูกอ่อนในโพรงไม้เช่นนกฮูก, นกแก้ว และ นกเงือก นับเป็นวิธีการอนุรักษ์นกในถิ่นที่อยู่อาศัยตามธรรมชาติวิธีหนึ่งที่ได้รับการยอมรับว่ามีประโยชน์ อย่างไรก็ตาม มีหลักฐานจากการวิจัยหลายชิ้นที่บ่งชี้ว่า โพรงธรรมชาตินอกจากจะป้องกันแม่ และลูกอ่อนจากสัตว์ผู้ล่าแล้ว โพรงธรรมชาติยังสามารถช่วยปกป้องลูกนกที่ยังอ่อนแอจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมภายนอกที่รุนแรงได้ ขณะที่โพรงเทียมมนุษย์สร้างขึ้นส่วนใหญ่สามารถปกป้องนกที่อยู่อาศัยภายในจากการแปรผันของสภาพแวดล้อมภายนอกได้ไม่ดีเท่ากับโพรงธรรมชาติ

หนึ่งในปัจจัยทางสภาวะแวดล้อมที่มีผลโดยตรงต่อสภาวะภูมิอากาศจุลภาค(microclimate)ภายในโพรงเทียมที่ติดตั้งในถิ่นที่อยู่อาศัยของสัตว์ตามธรรมชาติคือ แสงแดด ทั้งนี้เนื่องจากแสงแดดเป็นแหล่งพลังงานหลักที่แผ่ความร้อนสู่ถาวรวัตถุใดๆก็ตามที่อยู่ในสภาพแวดล้อมภายนอกเช่น โพรงเทียม ดังนั้นหากโพรงเทียมโดนแสงแดดที่มีความเข้มสูง(intensity)เป็นเวลานานๆจึงสามารถส่งผลต่อสภาวะอุณหภูมิภายในโพรงเทียมให้พุ่งสูงขึ้นมากได้

การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบโพรงเทียมสำหรับนกเงือกในช่วงฤดูผสมพันธ์โดยศึกษาในกรณีที่ติดตั้งบนบนเรือนยอดต้นไม้ของที่สูงเด่นที่สุด (Emergence Tree) ที่ไม่มีร่มเงา ณ พิกัดตัวอย่างในพื้นที่ศึกษาที่ อุทยานแห่งชาติบูโด-สุไหงปาดี จังหวัดนราธิวาส ทั้งนี้โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อนำผลการศึกษาไปประยุกต์ใช้เป็นเกณฑ์พิจารณาในการเลือกจุดติดตั้งที่เหมาะสมสำหรับโพรงเทียม ณ พื้นที่ศึกษาต่อไป

วิธีการศึกษากระทำโดย สร้างโมเดลสามมิติของโพรงเทียม และ ต้นไม้ที่ติดตั้งด้วยคอมพิวเตอร์ แล้วทำการจำลองมุมการโคจรของดวงอาทิตย์ตามตำแหน่งที่ตั้งทางภูมิศาสตร์ที่กำหนด และ วันเวลาที่กำหนดด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ sketch up

ผลการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์สรุปได้ว่า การติดตั้งให้โพรงหันหน้าไปทางทิศตะวันออกมีแนวโน้มจะทำให้โพรงเทียมมีพื้นที่ๆโดนแสงแดดน้อยกว่าการติดตั้งหันหน้าโพรงไปทางทิศอื่นๆ โดยการติดตั้งหันหน้าไปทางทิศตะวันออกมีพื้นที่โดนแสงอาทิตย์สูงสุด 4-6 ชั่วโมง/วัน เฉลี่ย 0.102 m^2 ทั้งนี้ โพรงที่ติดตั้งหันหน้าไปทางทิศ

ตะวันออกจะได้รับแสงแดดช่วงครึ่งวันเช้าซึ่งเป็นช่วงเวลาที่อุณหภูมิของสภาพแวดล้อมโดยรอบยังขึ้นไม่สูงมากแต่จะอยู่ในร่มเงาเป็นส่วนใหญ่ช่วงครึ่งวันบ่าย ซึ่งอุณหภูมิของสภาพแวดล้อมโดยรอบสูงกว่า นอกจากนี้ โพรงที่ติดตั้งให้หันหน้าไปทางทิศตะวันออกจะได้รับร่มเงาเพิ่มเติมจากเงาตกทอดของลำต้นๆไม้ที่ติดตั้งในช่วงบ่ายด้วย ผลการวิจัยทำให้พบด้วยว่า ขนาดของลำต้นๆไม้ที่ติดตั้งเป็นปัจจัยที่มีผลทำให้เกิดเงาตกทอดเพิ่มเติมลงบนโพรงเทียมได้ ทั้งนี้ ยิ่งต้นไม้ที่ติดตั้งมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นใหญ่เท่าไหร่เงาตกทอดที่ทอดลงบนโพรงเทียมก็จะยิ่งมากขึ้นตามไปด้วย

คำสำคัญ: โพรงเทียมสำหรับนกเงือก, การจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์, มุมแสงอาทิตย์

---

[1] การดำเนินงานในโครงการนี้ได้คำแนะนำ และ ความช่วยเหลือจาก อาจารย์ ดร. นุชนภางค์ แก้วนิล ซึ่งคณะผู้วิจัยขอขอบคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้ และ โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการดำเนินงานจาก คณะมัณฑนศิลป์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

Abstract

The artificial nest box was considered to be the useful in-situ conservation method to increase the breeding propensity for a cavity nester, especially hornbills. Evidences from researches indicate that the natural cavity does not only protect their inhabitants from predators but also buffer against climate fluctuations. However, it is well known that most of man-made nest boxes has less climate buffering capability when compare with natural cavity.

One of the environmental factors which has a strong influence on the fluctuation of microclimate inside a nest box is the sunray. The sunray is considered to be the main external heat load of a nest box installed in natural environment. If a nest box were installed in open area such as on the emergence tree with little or no shade and exposed to high-intensity sunlight for long time, heat from sunray could cause air temperature inside a nest box rising till uncomfortable for inhabitants.

The aim of this study was to examine natural incident light (sunlight) on nest boxes installed in the natural habitat by mean of using computer modelling and simulation. The results of this study could be used as guideline for installed site selection of nest boxes in study area at Budo-Su-Ngai Padi National Park, Narathiwat province, Thailand.

The computer simulations were conducted by creating 3 Dimension computer models of the nest boxes and a trunk of installed tree then sun angle and sunlight were simulated with specific location and times with Sketch up software.

Computer simulation results indicated that nest box with east-facing orientation tend to receive less heat from sunlight compared with nest boxes that face to other orientations (north, west and south). During hornbill breeding season, an east-facing nest box receives direct sunlight for half a day from morning to midday and, during this duration, temperature of surrounding environment was relatively low. In contrary, the east-facing nest box was mostly in shade area in the afternoon while temperature of surrounding environment was high. Average surface area of an east-facing nest box that exposes to partial sun (4-6 hours/day) is 0.102 m^2.

Moreover, the study results also indicated that a trunk of installed tree also cast a shadow onto a nest box that were installed on it, so the larger the tree trunk, the larger the shadow it casts on the nest box's surface.

Keywords: Artificial Nest for Hornbill, Computer Simulation, Sun Angle

บทนำ

นกเงือกเป็นนกชนิดหนึ่งที่มีพฤติกรรมทำรังวางไข่ภายในโพรงโดยไม่เจาะโพรงเอง (Secondary Cavity Nesters) ข้อดีของการทำรังในโพรงไม้นั้นนอกจากโพรงไม้จะช่วยป้องกันแม่และ ลูกนกจากสัตว์ผู้ล่าแล้ว โพรงไม้ยังมีผนังหนาที่ทำหน้าที่เป็นเสมือนฉนวนที่ช่วยปกป้องนกที่อยู่อาศัยในนั้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งลูกนกที่ยังอ่อนแอให้สามารถหลีกเลี่ยงจากสภาพแวดล้อมภายนอกที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรุนแรงเช่น ลม, พายุฝน และ แสงแดดได้ (Gill, 1989; Kalina, 1988) นอกจากนี้ ไม้ยืนต้นยังมีกลไกที่มีการดึงน้ำจากพื้นดินด้วยระบบรากขึ้นไปสู่ยอดผ่านไซเร็มตลอดเวลา ทำให้มีความเป็นไปได้ว่า น้ำที่ผ่านลำต้นนี้จะมีส่วนช่วยระบายความร้อนภายในลำต้นอีกทางหนึ่งด้วย (Kent, 2000) เมื่อตรวจวัดสภาวะภายในโพรงเทียมที่สร้างขึ้นด้วยมนุษย์(สร้างจากไม้ และ พลาสติด) เปรียบเทียบกับ โพรงไม้ตามธรรมชาติ พบว่า สภาวะภูมิอากาศจุลภาค (Microclimate)ภายในโพรงเทียมมีความแปรผันมากกว่าโพรงธรรมชาติ (Combrink, 2017; Pasuwan, et al. 2015) ทั้งนี้เนื่องมาจากโพรงเทียมที่สร้างโดยมนุษย์ส่วนใหญ่จะมีผนังที่บางกว่าลำต้นๆไม้ตามธรรมชาติมาก ทำให้มีค่าต้านทานความร้อน (R-Value) ต่ำกว่า และ ไม่มีระบบที่มีการดึงน้ำผ่านผนังซึ่งช่วยระบายความร้อนทางอ้อมเช่นต้นไม้ที่มีชีวิต

เนื่องจากการติดตั้งโพรงเทียมสำหรับนกเงือกขนาดใหญ่เช่น นกกก และ นกเงือกหัวแรด ต้องติดตั้งบนต้นไม้ใหญ่ที่สูงไม่ต่ำกว่า 25 เมตรซึ่งส่วนใหญ่จุดติดตั้งจะอยู่ในชั้นเรือนยอด ทำให้จุดติดตั้งบางแห่งมีร่มเงาเพียงบางส่วน หรือ ไม่มีร่มเงาเลย ดังนั้นโพรงเทียมจึงมีโอกาสได้รับความร้อนจากแสงอาทิตย์อันเป็นแหล่งความร้อนหลักตามธรรมชาติที่มีอิทธิพลต่อถาวรวัตถุที่ติดตั้งตามธรรมชาติมากที่สุด

ด้วยเหตุนี้ เพื่อหลีกเลี่ยงการที่โพรงเทียมจะได้รับความร้อนจากแสงอาทิตย์มากเกินไป สิ่งที่ต้องคำนึงถึงเมื่อเลือกจุดติดตั้งโพรงเทียมคือ ทิศทางการติดตั้ง(หรือ การวางตัว)ของโพรงที่ต้องเลือกโดยพิจารณาร่วมกับตำแหน่ง และมุมองศาของดวงอาทิตย์ที่กระทำต่อพื้นโลก ณ ช่วงเวลานั้นๆ ซึ่งหลักการดังกล่าวนี้จะทำให้นักออกแบบสามารถประเมินปัจจัยพื้นฐานของการได้รับความร้อนจากแสงอาทิตย์(Geetha &Velraj, 2012)ของโพรง ณ ทิศทางการติดตั้งนั้นๆได้

โครงการนี้ดำเนินงานบนพื้นฐานของกรอบแนวคิดที่ว่า ปัจจัยการของสภาวะแวดล้อมภายนอก(โดยเฉพาะลักษณะแสงแดด) ณ จุดติดตั้งมีความสัมพันธ์กับสภาวะภายในโพรงเทียม

ดังนั้น การดำเนินงานในครั้งนี้จึงทำการศึกษาลักษณะแสงอาทิตย์ในช่วงเวลาต่างๆของวันที่ตกกระทบโพรงเทียมระหว่างฤดูผสมพันธ์ของนกเงือกซึ่งเป็นช่วงที่นกเงือกขังตัวอยู่ในโพรง โดยมุ่งศึกษา วิเคราะห์ขนาดของพื้นที่ๆเมื่อโพรงติดตั้งตามแนวทิศหลัก 4 ทิศ(เหนือ, ใต้, ตะวันออก, ตะวันตก) โดยพิจารณาร่วมกับลักษณะการแปรผันของสภาวะอุณหภูมิของสภาพแวดล้อมในพื้นที่ศึกษา ทั้งนี้ เพื่อให้ทราบถึงปัจจัยด้านแสงอาทิตย์ ทิศทางการติดตั้ง ที่มีแนวโน้มที่ส่งผลต่อสภาวะภายในโพรง เพื่อใช้เป็นเกณฑ์พิจารณาในการเลือกสถานที่ และ มุมในการติดตั้งโพรงเทียม

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อทราบถึงลักษณะแสงอาทิตย์ในช่วงเวลาต่างๆของวันที่ตกกระทบโพรงเทียมที่ติดตั้งโดยไม่อยู่ในร่มเงาระหว่างฤดูผสมพันธ์ของนกเงือก ระหว่างช่วงกุมภาพันธ์ถึงพฤษภาคม ที่จุดติดตั้ง ณ อุทยานแห่งชาติบูโดฯ จังหวัดนราธิวาส โดยดำเนินการด้วยการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์

อุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาในครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพโดยใช้การจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ซึ่งดำเนินการบนพื้นฐานของตัวแปรต้น และ ตัวแปรตามดังนี้

ตัวแปรต้น: ช่วงเวลา, ตำแหน่งทางภูมิศาสตร์, และ มุมแสงอาทิตย์

ตัวแปรตาม: แสงเงาที่ตกกระทบโพรงเทียมเมื่อติดตั้งทิศทางต่างๆ

โดยเงื่อนไขการจำลองแสงแดดตกกระทบโพรงสรุปดังนี้

1.การจำลองสถานการณ์สภาพแสงด้วย software sketch up จะกำหนดตำแหน่งที่ทำการทดสอบด้วยการติดตั้ง 3 D Model ในตำแหน่งภูมิศาสตร์ที่กำหนดด้วยการใช้ function geolocation ด้วยการกำหนดพื้นที่ทดสอบโดยใช้พิกัดบริเวณที่ทำการอุทยานห่งชาติบูโด-สุไหงปาดี อำเภอบาเจาะ จังหวัดนราธิวาสเป็นพื้นที่ตัวอย่างศึกษา

2.ช่วงวัน เวลา ที่จำลองสถานการณ์แสงแดดกำหนดให้เป็นช่วงฤดูผสมพันธ์ของนกเงือก ประมาณ กุมภาพันธ์ ถึงมิถุนายน (Kemp,1995)

3.คอมพิวเตอร์โมเดลที่ใช้ทดสอบ: สร้าง 3D model จาก software: Sketch up 2016 ให้มีรูปทรงสี่เหลี่ยมขนาดกว้างxยาวxสูง เท่ากับ 50x50x100 cm ใช้เป็นตัวแทนโพรงเทียม และ นำ model ดังกล่าวไปวางแนบกับทรงกระบอกขนาด DIA. 1 m เพื่อใช้เป็นตัวแทนลำต้นต้นไม้ที่ติดตั้ง (รูปที่1) โดยสร้างmodel ให้หันไปทางทิศที่จะทดสอบ 4 ทิศคือ เหนือ ใต้ ตะวันออก และ ตะวันตก

<u>การจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์</u>

การจำลองสถานการณ์ดำเนินการโดยใช้software sketch up

-การกำหนดตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ใช้Function: Geolocation

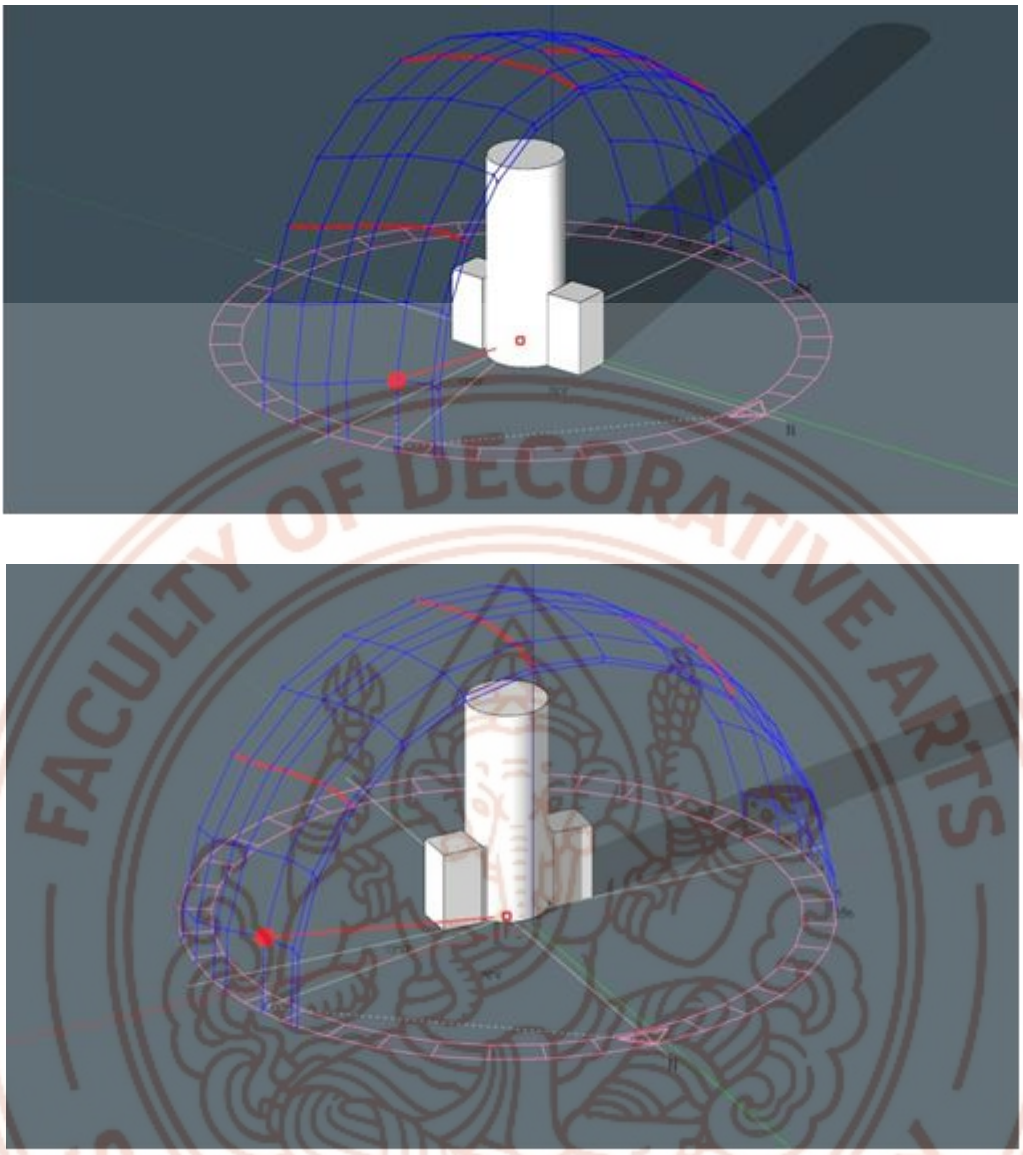
-การจำลองสภาพแสงอาทิตย์โดยใช้ Curic Sun (sketch up extension) และ Function: Shadow

-การคำนวณพื้นที่โดนแสงใช้ Function: Entity Information

การจำลองสภาพแสงดำเนินการโดยจัดสร้างmodelโพรงเทียมเป็นคู่ๆแต่ละคู่จะจับคู่โพรงที่ติดตั้งบนแกนทิศร่วมกันแต่หันหน้าโพรงไปในทิศตรงข้ามกัน แบ่งเป็น 2 คู่คือ โพรงที่หันหน้าทางทิศเหนือ กับใต้คู่หนึ่ง และ โพรงที่หันหน้าทางทิศตะวันออกกับทิศตะวันตกอีกคู่หนึ่ง โพรงแต่ละคู่จะทำการจำลองสภาพแสงตามช่วงเวลาที่กำหนด โดยแบ่งการจำลองเป็น 2 กระบวนการคือ

1. การจำลองสภาพแสงรายวันกระทำโดยใช้ extension: Curic Sun>day

2. การจำลองสภาพแสงในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งตลอดช่วงฤดูผสมพันธ์ เช่น แสงเวลา 9.00 น ตั้งแต่ต้นเดือนกุมภาพันธ์ ถึงปลายมิถุนายน การดำเนินการนี้กระทำโดยใช้ extension: Curic Sun>hour



รูปที่ 1 ภาพตัวอย่างแสดงองค์ประกอบต่างๆของการจำลองแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบโพรง ประกอบด้วย: model โพรง (แท่งสี่เหลี่ยมสีขาวทั้ง 2 ก้อน) มุมการโคจรดวงอาทิตย์รายเดือน(เส้นโค้งสีฟ้า), ทิศอ้างอิง(N= ทิศเหนือตามลูกศร), และ model ต้นไม้ที่ติดตั้ง(รูปทรงกระบอกสีขาว)(ภาพโดย ชาคร ผาสุวรรณ)
(ภาพบน)แสดงmodelโพรง 2 โพรงที่ติดตั้งตามแนวแกน ทิศตะวันออก-ตะวันตก
(ภาพล่าง)แสดงmodelโพรง 2 โพรงที่ติดตั้งตามแนวแกน ทิศตะวันเหนือ-ใต้

FACULTY OF DECORATIVE ARTS
SILPAKORN UNIVERSITY

<u>ช่วงเวลาการจำลองสถานการณ์ และ การเก็บข้อมูล</u>

ผู้วิจัยแบ่งช่วงเวลาในการจำลองสถานการณ์ และ เก็บข้อมูลออกเป็น 3 ช่วงโดยใช้เวลาEQUINOX เป็นเกณฑ์ (ประมาณวันที่ 20 เมษายน) คือ

ช่วงก่อน EQUINOX ประมาณ กุมภาพันธ์-กลางมีนาคม สุ่มเลือกวันที่ 5, 14,16 กุมภาพันธ์, และ5,11มีนาคม เป็นตัวแทนในการจำลองแสงแดด

ช่วงกำลังจะเข้า-เข้า EQUINOX ประมาณกลางมีนาคม-กลางเมษายนสุ่มเลือกวันที่ 20 มีนาคม, 5, 20, 22 เมษายน เป็นวันตัวแทนในการจำลองแสงแดด

ช่วงหลัง EQUINOX ประมาณเดือนกลางเมษายน-มิถุนายน สุ่มเลือกวันที่ 10, 21 พฤษภาคม,10 มิถุนายน เป็นวันตัวแทนในการจำลองแสงแดด

เวลาจำลองสภาพแดดของทุกวันจะจำลองสภาพแสงในเวลา 8.00-9.00 น และ 15.00-16.00 น

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ด้วยสถิติบรรยาย และ การพรรณาปรากฏการณ์ โดยใช้การอธิบาย และ แปลความหมายของปรากฏการณ์ ที่เกิดขึ้นตามสภาพที่ปรากฏด้วยการเปรียบเทียบลักษณะแสงเงา พื้นที่ผิวที่โดนแสง ระหว่างโพรงที่ติดตั้งทิศตามทางต่างๆในช่วงเวลาเดียวกัน

การคำนวณพื้นที่ผิวโพรงที่โดนแสงอาทิตย์ดำเนินการบนพื้นฐานของ 3 เงื่อนไขดังนี้

1. คำนวณเฉพาะวันที่สุ่มเลือกมาแล้ว
2. กำหนดช่วงเวลาที่คำนวณการโดนแสงตั้งแต่ 10.00-17.00 น ของทุกวัน ทั้งเนื่องจากช่วงเวลาดังกล่าวนี้เป็นช่วงที่แสงอาทิตย์จะมีความแรงค่อนข้างมาก (Craghan, 2003)
3. ระดับความมาก-น้อยของการโดนแสงแดด แบ่งเป็น 4 ระดับดังนี้ Full sun: โดนแสงมากกว่า 6 ชั่วโมง, Partial sun: โดนแสง 4-6 ชั่วโมง, Partial shade: โดนแสง 1.5 – 4 ชั่วโมง, และ Full shade: โดนแสงน้อยกว่า 1.5 ชั่วโมง (DeKay& Brown, 2014)

นอกจากนี้ยังนำผลการวิเคราะห์ปริมาณพื้นที่ๆโดนแสงมาวิเคราะห์ผลร่วมกับข้อมูลแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในพื้นที่ศึกษาทั้งแบบรายวัน และ รายปี ที่รวบรวมโดยกรมอุตุนิยมวิทยา

สรุปและอภิปรายผล

ปลายกุมภาพันธ์ในประเทศไทย ดวงอาทิตย์จะขึ้นทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ (~100 องศาAzimuth) และ ตกทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ (~250 องศาAzimuth) โดยทำมุมเอียง ประมาณ60 – 70 องศา (Solar altitude) หลังจากนั้นดวงอาทิตย์จะค่อยๆเคลื่อนไปขึ้นไปทางทิศเหนือเรื่อยๆ จนกระทั่งประมาณ วันที่ 21 มีนาคม ดวงอาทิตย์จะขึ้นทางทิศตะวันออกพอดี (~90 องศาAzimuth) และ ตกทางทิศตะวันตก (~270 องศาAzimuth) โดยทำมุมเอียง ประมาณ70-80 องศา (Solar altitude)

ดวงอาทิตย์จะเคลื่อนค่อนไปทางทิศเหนือเรื่อยๆ และทำมุมเอียงสูงขึ้นเรื่อยๆจนกระทั่งประมาณปลายเดือนเมษายน ดวงอาทิตย์จะทำมุมเอียง 90 องศา (Solar altitude)เดือนพฤษภาคม ดวงอาทิตย์จะขึ้นทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ (~70 องศา Azimuth) และ ตกทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือ (~290 องศาAzimuth) ทำมุมเอียง 84 องศา (Solar altitude) (Santamouris & Kolakotsa, 2013)(แพทย์วงษ์, 2558)

พื้นที่ผิวของโพรงเทียมที่โดนแสงอาทิตย์เมื่อติดตั้งตามทิศหลัก 4 ทิศในช่วงฤดูผสมพันธ์ของนกเงือก ณ พื้นที่ศึกษาสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 1

เดือน		พื้นที่เฉลี่ยที่โดนแสงของแต่ละทิศทางที่ติดตั้ง(m^2)			
		หันหน้าทิศเหนือ	หันหน้าทิศใต้	หันหน้าทิศตะวันออก	หันหน้าทิศตะวันตก
กุมภาพันธ์	Full sun: โดนแสงมากกว่า 6 ชั่วโมง	-	~0.173	-	-
	Partial sun: โดนแสง 4-6 ชั่วโมง	~0.51	~1.10	~0.51	~1.02
	Partial shade: โดนแสง 1.5 – 4 ชั่วโมง	~0.26	-	~0.26	~0.25
	Full shade: โดนแสงน้อยกว่า 1.5 ชั่วโมง	~1.02	~0.51	~1.02	~0.51
มีนาคม	Full sun: โดนแสงมากกว่า 6 ชั่วโมง	~0.173	~0.153	-	-
	Partial sun: โดนแสง 4-6 ชั่วโมง	~0.256	~0.25	-	~0.25
	Partial shade: โดนแสง 1.5 – 4 ชั่วโมง	~0.34	~0.34	~0.77	~0.42
	Full shade: โดนแสงน้อยกว่า 1.5 ชั่วโมง	~1.02	~1.02	~1.02	~0.85
เมษายน	Full sun: โดนแสงมากกว่า 6 ชั่วโมง	~0.13	~0.13	-	-
	Partial sun: โดนแสง 4-6 ชั่วโมง	~0.13	~0.13	-	-
	Partial shade: โดนแสง 1.5 – 4 ชั่วโมง	~0.51	~0.51	~0.26	~0.77
	Full shade: โดนแสงน้อยกว่า 1.5 ชั่วโมง	~1.02	~1.275	~1.53	~1.02
พฤษภาคม	Full sun: โดนแสงมากกว่า 6 ชั่วโมง	-	-	-	-
	Partial sun: โดนแสง 4-6 ชั่วโมง	~0.26	~0.26	-	~0.26
	Partial shade: โดนแสง 1.5 – 4 ชั่วโมง	~1.02	~0.51	~0.77	~1.02
	Full shade: โดนแสงน้อยกว่า 1.5 ชั่วโมง	~0.51	~1.02	~1.275	~0.51
มิถุนายน	Full sun: โดนแสงมากกว่า 6 ชั่วโมง	-	-	-	-
	Partial sun: โดนแสง 4-6 ชั่วโมง	~0.26	~0.26	-	~0.26
	Partial shade: โดนแสง 1.5 – 4 ชั่วโมง	~1.02	~0.51	~0.77	~1.02
	Full shade: โดนแสงน้อยกว่า 1.5 ชั่วโมง	~0.51	~1.02	~1.02	~0.51

ตารางที่ 1. ขนาดพื้นที่ผิวเฉลี่ยของโพรงเทียมที่โดนแสงอาทิตย์เมื่อติดตั้งหันหน้าไปตามทิศหลัก 4 ทิศ ในช่วงฤดูผสมพันธ์ของนกเงือก ณ อุทยานแห่งชาติบูโดฯ นราธิวาส

- เมื่อติดตั้งโพรงตามแนวทิศเหนือ-ใต้, และ ตะวันออก-ตะวันตก โพรงที่ติดตั้งตามแนวแกนเดียวกัน แต่หันหน้าไปในทิศทางตรงกันข้าม(โพรงที่ติดตั้งหันหน้าไปทางทิศเหนือ กับ หันหน้าไปทางทิศใต้, และ โพรงที่ติดตั้งหันหน้าไปทางทิศตะวันออก กับ หันหน้าไปทางทิศตะวันตก) จะมีเวลาที่โดนแสงแดด และ อยู่ในร่มเงาสลับตรงข้ามกัน
- หากเปรียบเทียบกับการรับแสงแดดจากระยะเวลาที่วงโคจรของดวงอาทิตย์ช่วงก่อน Equinox ซึ่งโคจรตามแนวทิศด้านตะวันตกเฉียงใต้-ตะวันออกเฉียงใต้ ต่อ การรับแสงแดดจากระยะเวลาที่วงโคจรหลังก่อน Equinox ซึ่งโคจรตามแนวทิศตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงเหนือพบว่า มีเวลา~ 50 วัน (ช่วงต้นฤดูผสมพันธ์): ~ 90 วัน (ช่วงกลาง-ปลายฤดูผสมพันธ์): ซึ่งจากข้อมูลดังกล่าวข้างต้นทำให้ทราบว่า โพรงด้านที่หันไปทางทิศใต้มีวันที่โดนแสงแดดน้อยกว่าโพรงด้านที่หันไปทางทิศเหนือ

- เมื่อติดตั้งโพรงแนบกับลำต้นต้นไม้ขนาด DIA.ของลำต้นมีผลในแง่การให้ร่มเงาแก่โพรงโดยยิ่งขนาด DIA. ใหญ่ยิ่งสามารถให้ร่มเงาเพิ่มแก่โพรงได้มากขึ้นในบางเวลา
- หากนำลักษณะการตกกระทบของแสงแดดบนโพรงที่กล่าวมาแล้วข้างต้นมาพิจารณาร่วมกับรูปแบบการขึ้น-ลงของอุณหภูมิในช่วงวัน (กรมอุตอนิยมวิทยา 2014) พบว่า ความแตกต่างของการโดนแสงแดด หรือ อยู่ในร่มเงาของโพรงที่ติดตั้งหันหน้าไปทางทิศทางที่ต่างกันในแต่ละช่วงเวลาของวันมีแนวโน้มที่จะมีผลต่อระดับของอุณหภูมิภายในโพรงที่แตกต่างกันด้วย

เนื่องจากในช่วงรุ่งเช้าเวลาประมาณ 04.00-05.00 น เป็นเวลาที่อุณหภูมิของสภาพแวดล้อมลดลงต่ำสุดในช่วงวัน ส่งผลให้อุณหภูมิช่วงครึ่งวันเช้ามีค่าต่ำกว่าช่วงบ่ายที่อุณหภูมิสภาพแวดล้อมจะสูงขึ้นเรื่อย ๆจนสูงสุดในเวลาประมาณ14.00-15.00 น ดังนั้น โพรงที่ติดตั้งหันหน้าทางทิศตะวันออกซึ่งจะโดนแสงแดดช่วงครึ่งวันเช้าเป็นหลัก และอยู่ในร่มเงาในช่วงครึ่งวันบ่ายจึงมีแนวโน้มที่จะมีอัตราการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิภายในต่ำกว่าโพรงที่ติดตั้งหันหน้าทางทิศตะวันตกซึ่งจะมีลักษณะกลับกันคือ โดนแสงแดดช่วงครึ่งบ่ายเป็นหลัก และ อยู่ในร่มเงาในช่วงครึ่งวันเช้า ทั้งนี้เพราะโพรงที่หันไปทางทิศตะวันออกได้รับแสงแดดในขณะที่อุณหภูมิภายนอกต่ำ แต่ในช่วงที่อุณหภูมิสูงของวันโพรงกลับอยู่ในร่มเงา แต่ โพรงที่หันไปทางทิศตะวันตกกลับได้รับแสงแดดในช่วงที่อุณหภูมิภายนอกสูง ด้วยเหตุนี้จึงทำให้โพรงได้รับความร้อนเพิ่มจากแสงแดดที่จัดจ้าของเวลาบ่ายนอกเหนือจากอุณหภูมิภายนอกที่มีระดับสูงอยู่แล้ว

- หากพิจารณาแนวทิศการติดตั้ง รวมกับแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิตลอดฤดูผสมพันธ์ (กรมอุตอนิยมวิทยา 2014) พบว่า เนื่องจากอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเรื่อย ๆโดยมีอุณหภูมิช่วงต้นฤดูผสมพันธ์ต่ำกว่าปลายฤดูผสมพันธ์ ดังนั้น ผนังของโพรงด้านที่หันไปทิศเหนือ จึงมีแนวโน้มที่จะได้รับความร้อนจากแสงแดดเพิ่มเติมในช่วงเวลาที่อุณหภูมิสภาพแวดล้อมมีค่าค่อนข้างสูงอยู่แล้ว นอกจากนี้ โพรงที่ติดตั้งหันหน้าไปทางทิศเหนือยังมีจำนวนวันที่ได้รับแสงแดด 3 ด้านของโพรงมากกว่าโพรงที่ติดตั้งหันหน้าไปทางทิศใต้ซึ่งทำให้โพรงที่หันหน้าไปทางทิศเหนือมีแนวโน้มที่จะมีอุณหภูมิภายในสูงกว่าโพรงที่ติดตั้งหันหน้าไปทิศอื่น ๆในช่วง 90 วัน ปลายฤดูผสมพันธ์ตั้งแต่ช่วง ปลายมีนาคม ถึงมิถุนายน

จากปัจจัยร่วมทั้งหมดที่กล่าวมานี้ ทำให้ประเมินได้ว่า โพรงที่ติดตั้งโดยหันหน้าโพรงไปทางทิศตะวันออกมีพื้นที่โดน ๆแสงอาทิตย์น้อยที่สุด นอกจากนี้ยังมีช่วงเวลาที่โดนแสงอาทิตย์ขณะที่แสงมีความเข้มสูงและ อุณหภูมิสภาพแวดล้อมเพิ่มขึ้นสูงเป็นเวลาสั้นที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับโพรงที่ติดตั้งตามทิศอื่น ๆทั้งหมด ทำให้มีความเป็นไปได้มากที่สุดที่จะมีอุณหภูมิภายในภายในโพรงต่ำกว่าโพรงที่ติดตั้งหันหน้าไปทางทิศอื่น

ข้อเสนอแนะ

ผลจากการจำลองสถานการณ์สรุปในภาพรวมได้ว่า การติดตั้งโพรงทางทิศตะวันออกของต้นไม้ในพื้นที่ศึกษาเป็นทิศทางที่ทำให้โพรงได้รับแสงแดดน้อยที่สุด และ มีช่วงเวลาที่อยู่ในร่มเงามากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับการติดตั้งโพรงให้หันหน้าไปทางทิศอื่น ๆ นอกจากนี้ ขนาดลำต้นของต้นไม้ที่เลือกเพื่อติดตั้งโพรงก็มีผลต่อการอยู่ในร่มเงาของโพรงโดยหากเลือกต้นไม้ที่ติดตั้งที่มีลำต้นขนาดยิ่งใหญ่ก็ยิ่งมีผลให้โพรงอยู่ในร่มเงามากขึ้น โดยขนาดลำต้นต้นไม้เล็กสุดที่ควรเลือกสำหรับติดตั้งโพรงคือ DIA. 1 m

ผลการจำลองสถานการณ์แสงแดดตกกระทบโพรงที่ได้นำเสนอนี้สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางการพิจารณาทิศทางการติดตั้งโพรงได้ในเบื้องต้นเท่านั้น ทั้งนี้เพราะ การเลือกจุดติดตั้งในสภาพแวดล้อมธรรมชาติยังมีปัจจัยเฉพาะจุดที่ติดตั้งอื่น ๆที่อาจแปรผัน และสามารถส่งผลต่อการได้รับแสงอาทิตย์ตกกระทบโพรง เช่น ลักษณะภูมิประเทศ และ ทิศทางการหันของสันเขา เป็นต้น ซึ่งผู้ติดตั้งต้องจะพิจารณาปัจจัยเหล่านี้เป็นจุด ๆไปด้วย

เอกสารอ้างอิง

กรมอุตุนิยมวิทยา. (2014). ตรวจวัดโดยสถานีตรวจอากาศที่ 583201. จังหวัดนราธิวาส

ปรเมศร์ อมาตยกุล และ เทวินทร์ โจมทา. (2560). *เอกสารวิชาการ อุตุนิยมวิทยาน่ารู้เพื่อการเกษตรจังหวัดนราธิวาส.* กรมอุตุนิยมวิทยา. http://www.arcims.tmd.go.th/DailyDATA/Southern.html

วทัญญู แพทย์วงษ์. (2558). *ดาราศาสตร์กับสถาปัตยกรรม*. สำนักบริการวิชาการและสื่อสารทางดาราศาสตร์. สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ(องค์การมหาชน). http://www.narit.or.th/index.php/2012-11-15-06-31-44/250-2013-02-04-03-49-52

Gill, F. B. (1989). *Ornithology.* W.H. Freeman and Company, New York, USA.

Kalina, J. (1988). *Ecology and Behavior of Black-and-White Casqued Hornbill (Byca-nistes subcylindricus subquadratus) in Kibale Forest, Uganda.* PhD. Diss. Michigan State University.

Kemp, A.C. (1995) *The hornbills*. Oxford University Press

L. Combrink, H.J. Combrink, A.J. Botha, and C.T. Downs (2017). *Nest Temperature Fluctuation in Cavity Nester*: *The Southern Ground Hornbill*. Journal of Thermal Biology (66).

Santamouris, M. and Kolakotsa, D. (2013), *Passive cooling dissipation technique for buildings and other structures*. Energy and Building 57.

DeKay, M. and Brown, G. Z. (2014), *Sun, Wind, & Light*. Jhon Wiley & Son, Inc. USA.

Craghan, M. (2003). *Physical Geography: A self-Teaching Guide*, Jhon Wiley & Son, Inc. USA.

Kent, M. (2000), *Advanced Biology*. Oxford University Press, UK.

Pasuwan, C., Pattanakiat, S., Navanugraha, C., Chimchome, V., Mudri, S., Rattanarungsikul, P., Thiensongrusamee, P., Boonsriroj, T., and Poonswad. P., (2015). *An assessment on artificial nest construction for hornbills in Budo-Sungai Padi National Park, Thailand*. Malayan Nature Journal Vol. 67 No 2.

Geetha, N.B. and Velraj, R. (2012). *Passive cooling methods for energy efficient buildings with and without energy storage.* Energy Education Science and Technology Part A: Energy Science and Research Volume29(2).