

นิพนธ์ต้นฉบับ

การพัฒนาโปรแกรมประยุกต์เพื่อทำนายอัตราไฟลามในป่าเต็งรัง
บริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง จังหวัดอุทัยธานี

**Application Development for Predicting Fire Spread Rate
in Deciduous Dipterocarp Forest
at Huai Kha Khaeng Wildlife Sanctuary, Uthai Thani Province**

ปัทมทิพย์ สระศรีรัตน์^{1*}ปิยวัฒน์ ดิลกสัมพันธ²กอบศักดิ์ วันธงไชย²Pattamit Sasirat^{1*}Piyawat Diloksumpun²Kobsak Wanthongchai²¹บริษัท โคโคบานา จำกัด ห้วยครุ กรุงเทพฯ 10140

Cocobana Co., Ltd. Thongkru, Bangkok 10140, Thailand

*Corresponding Author, E-mail: pysort@hotmail.com

²คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

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

รับต้นฉบับ 3 กันยายน 2556

รับลงพิมพ์ 16 ตุลาคม 2556

ABSTRACT

The application development for predicting fire direction and fire spread in deciduous dipterocarp forest at Huai Kha Khaeng wildlife sanctuary, Uthai Thani province. The objective was to find relation of Wiriya (2009) model and cellular automata (CA) model, prepare data of Huai Kha Khaeng wildlife sanctuary as spatial data, and develop application for predicting fire direction and fire spread from the origin to neighbour area. The application used slope and fuel as the critical factors for predicting spread and direction of fire. The input data will be rendered as raster map layers by using geographic information system and remote sensing methodology. In addition, the data was normalized and stored in MySQL database server. The fire spreading was calculated by applying Wiriya model. The fire direction was controlled by CA model. The underlying technologies and software libraries used in project were OpenLayers, JavaScript, HTML and PHP.

Regarding to the result, the application could anticipate fire direction and spreading from origin to neighbour area by using spatial data of Huai Kha Khaeng wildlife sanctuary. However, the value of fuel map layer could be more accurate because the useable data was very few. Besides, the lack of weather which one of the three factors of the fire environment because of using merely slope (topography factor) and fuel (fuel factor).

Keywords: application, cellular automata, fire spreading, deciduous dipterocarp forest, Huai Kha Khaeng wildlife sanctuary

บทคัดย่อ

การพัฒนาโปรแกรมประยุกต์สำหรับทำนายทิศทางไฟและอัตราไฟลามในป่าเต็งรัง บริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง จังหวัดอุทัยธานี เพื่อศึกษาแบบจำลองไฟลาม Wiriya (2009) ร่วมกับแบบจำลองเซลล์ลาร์วอโตมาตาจัดทำข้อมูลเชิงพื้นที่ของเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้งและบริเวณใกล้เคียง และพัฒนาระบบเพื่อทำนายทิศทางไฟและอัตราไฟลามจากแหล่งกำเนิดไฟไปสู่พื้นที่ข้างเคียง โดยอาศัยข้อมูลความลาดชันและปริมาณเชื้อเพลิงที่จัดทำในรูปของข้อมูลเชิงพื้นที่และฐานข้อมูล อัตราไฟลามคำนวณจากแบบจำลองไฟลาม Wiriya ทิศทางไฟควบคุมตามแนวคิดของแบบจำลองเซลล์ลาร์วอโตมาตาและพัฒนาระบบในรูปของโปรแกรมประยุกต์ที่ทำงานผ่านระบบเครือข่ายโดยใช้โปรแกรมภาษา JavaScript โปรแกรมภาษา HTML โปรแกรมภาษา PHP และไลบรารี OpenLayers เป็นเครื่องมือในการพัฒนาระบบ

ผลการศึกษาพบว่า โปรแกรมประยุกต์ที่พัฒนาขึ้นสามารถทำนายทิศทางและอัตราไฟลามจากแหล่งกำเนิดไฟไปยังพื้นที่ข้างเคียงด้วยข้อมูลเชิงพื้นที่ของเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง อย่างไรก็ตามระบบมีข้อจำกัดด้านความถูกต้องของชั้นข้อมูลปริมาณเชื้อเพลิง เนื่องจากข้อมูลที่นำมาใช้ได้นั้นมีจำนวนน้อย อีกทั้งยังขาดปัจจัยทางด้านอากาศ จึงจะครบองค์ประกอบของสิ่งแวดล้อมของไฟตามที่ สันต์ (2526) ได้บันทึกไว้เนื่องจากใช้เพียงความลาดชันที่เป็นปัจจัยทางด้านสภาพภูมิประเทศและปริมาณเชื้อเพลิงที่เป็นปัจจัยทางด้านเชื้อเพลิง

คำสำคัญ: โปรแกรมประยุกต์ เซลล์ลาร์วอโตมาตา อัตราไฟลาม ป่าเต็งรัง เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง

คำนำ

ไฟป่ามีทั้งคุณและโทษ แต่ถ้าหากเกิดรุนแรงมีแต่โทษมหันต์ โดยไฟจะเผาผลาญต้นไม้และทุกสิ่งทุกอย่างที่เป็นเชื้อเพลิงในป่า ทำลายสัตว์ป่า ดินเสื่อมคุณภาพ ทำลายแหล่งน้ำและสิ่งก่อสร้างที่อยู่ใกล้ป่า ตลอดจนทรัพย์สินและชีวิตมนุษย์ แต่ถ้าหากไฟเกิดไม่รุนแรง มีเปลวไฟต่ำ ไฟนี้จะมีประโยชน์ ช่วยการสืบพันธุ์ของไม้ในป่า เพิ่มคุณภาพให้แก่ดิน ช่วยคงสภาพป่าบางชนิด เพราะสังคมพืชบางชนิดอยู่ได้ด้วยไฟที่มีความรุนแรงน้อย (สันต์, 2526)

คุณและโทษของไฟป่าขึ้นอยู่กับพฤติกรรมของไฟ ความเสียหายที่เกิดจากไฟป่าอาจลดลงได้ ถ้าหากรู้ทิศทางและอัตราไฟลามของไฟป่าที่เกิดขึ้น ซึ่งต้องอาศัยผู้ที่มีประสบการณ์และความเชี่ยวชาญทางด้านไฟป่าในการประเมินสถานการณ์ของไฟ

หลายปีที่ผ่านมา ได้มีการนำแบบจำลองและการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ มาประยุกต์ใช้

ในการจัดการไฟป่า โดยเฉพาะอย่างยิ่งเพื่อให้ได้มาซึ่งการทำนายพฤติกรรมไฟและการลุกลามในพื้นที่ป่า (Karafyllidis and Thanailakis, 1997) แบบจำลองไฟลามที่เป็นที่รู้จักและมีการนำมาศึกษามากที่สุด คือ แบบจำลองไฟลาม Rothermel (1972) ที่สามารถทำนายอัตราไฟลามและความรุนแรงของไฟได้ สำหรับการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์นั้น มีการใช้เซลล์ลาร์วอโตมาตาที่เป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ มาใช้จำลองการลุกลามของไฟ

ถึงแม้ว่าพื้นที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้งจะมีการค้นคว้าทางด้านไฟลามอย่างต่อเนื่อง รวมถึงมีการจัดทำแบบจำลองไฟลามขึ้น แต่ไม่ได้้นำการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์มาพัฒนาในรูปของโปรแกรมประยุกต์ เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการช่วยประเมินสถานการณ์ไฟ ดังนั้นการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ทำนายทิศทางและอัตราไฟลาม บริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้งจึงเป็นสิ่งจำเป็น เพื่อเป็นเครื่องมือที่ช่วยในการวางแผนควบคุมไฟป่าต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การวิเคราะห์แบบจำลอง

กำหนดคุณสมบัติพื้นฐานให้แก่แบบจำลองเซลล์สุรารอโตมาตา โดยยึดหลักดังที่ White and Engelen (2000) ระบุว่า แบบจำลองเซลล์สุรารอโตมาตาจะเป็นแบบจำลองพลวัตเชิงพื้นที่ที่ง่ายที่สุด ถ้าประกอบด้วยส่วนประกอบ 5 ส่วน คือ พื้นที่ตาราง สถานะเซลล์ เซลล์รอบข้าง กฎการเปลี่ยนสถานะ และช่วงเวลา รวมถึงกำหนดลักษณะพื้นฐานของแบบจำลองเซลล์สุรารอโตมาตาเพื่อกำหนดสถานะของแต่ละเซลล์และกฎภายในระบบตามแนวคิดของ Berjak and Hearne (2002) ร่วมกับแบบจำลองไฟลาม Wiriya (2009) ที่ได้กำหนดข้อมูลที่ต้องการสำหรับทำนายอัตราไฟลามดังนี้ 1) พื้นที่ตารางจัดแบ่งในรูปเมตริกซ์ 2 มิติ แต่ละเซลล์มีขนาด 25×25 เมตร ยึดตามหลักแนวคิดของ Yassemi (2006) ที่ระบุว่าชุดข้อมูลที่มีขนาด 25×25 เมตรนั้น มีความเหมาะสมกับแบบจำลองพฤติกรรมไฟที่มีปริมาณเชื้อเพลิงและสภาพภูมิประเทศที่หลากหลาย ซึ่งถ้าหากชุดข้อมูลมีขนาดใหญ่กว่านี้ มีโอกาสเสี่ยงที่จะเกิดผลกระทบที่ร้ายแรงต่อความถูกต้องในการจำลองพฤติกรรมไฟ แต่ถ้าหากชุดข้อมูลมีขนาดเล็กกว่านี้ จะไม่ส่งผลกระทบที่ร้ายแรงต่อความถูกต้องในการจำลองพฤติกรรมไฟ 2) สถานะเซลล์แบ่งออกเป็น 3 สถานะ ดังนี้ เซลล์ที่ยังไม่ไหม้ คือ สถานะของเซลล์ที่เชื้อเพลิงภายในเซลล์ยังไม่ถูกเผาไหม้ ซึ่งสถานะนี้ยังคงอยู่ถ้าเชื้อเพลิงภายในเซลล์ยังต้องการความร้อนเพิ่มขึ้นเพื่อให้เกิดการเผาไหม้ เซลล์ที่กำลังไหม้ คือ สถานะของเซลล์ที่เชื้อเพลิงภายในเซลล์กำลังถูกเผาไหม้ โดยเชื้อเพลิงภายในเซลล์จะเริ่มดับเผาไหม้เมื่อได้รับความร้อนถึงจุดติดไฟ และเซลล์ที่ไหม้เสร็จแล้ว คือ สถานะของเซลล์ที่เชื้อเพลิงภายในเซลล์ถูกเผาไหม้หมดแล้วหรือถูกเผาไปแล้ว 3) เซลล์รอบข้าง แบ่งตามแบบของ Moore (1962) โดยในเซลล์ที่สนใจจะรายล้อมไปด้วยเซลล์รอบข้าง 8 เซลล์ที่อยู่ติดกัน 4) กฎการเปลี่ยนสถานะ อัตราไฟลามของเซลล์ที่สนใจไปสู่เซลล์รอบข้างสามารถคำนวณได้จากแบบจำลองไฟลามของ Wiriya ด้วยการนำเข้าความลาดชันและความเร็วลมที่เป็นข้อมูล

นำเข้าจากผู้ใช้และปริมาณเชื้อเพลิงที่เป็นข้อมูลภายในสมการ นำอัตราไฟลามที่คำนวณได้มาประยุกต์เข้ากับกฎภายในแบบจำลองเซลล์สุรารอโตมาตา โดยแบ่งการเปลี่ยนสถานะออกเป็น 2 แบบ คือ 4.1) การเปลี่ยนสถานะจากเซลล์ที่ยังไม่ไหม้เป็นเซลล์ที่กำลังไหม้ สามารถเกิดได้จาก 2 รูปแบบ คือ ระยะเวลาที่เซลล์ที่ยังไม่ถูกเผาไหม้จะถูกเผาไหม้อย่างสมบูรณ์จากเซลล์รอบข้างที่กำลังไหม้ในแนวตั้งหรือแนวนอน สามารถคำนวณได้ตามสมการ (1) และระยะเวลาที่เซลล์ที่ยังไม่ไหม้จะถูกเผาไหม้อย่างสมบูรณ์จากเซลล์รอบข้างที่กำลังไหม้ในแนวทแยงมุม สามารถคำนวณได้ตามสมการ (2) 4.2) การเปลี่ยนสถานะจากเซลล์ที่กำลังไหม้เป็นเซลล์ที่ไหม้เสร็จแล้ว คือ ระยะเวลาที่เซลล์ที่กำลังไหม้ถูกกำหนดให้มีสถานะให้เป็นเซลล์ที่ไหม้เสร็จแล้ว สามารถคำนวณได้ตามสมการ (2) และ 5) ช่วงเวลา กำหนดหน่วยระยะเวลาที่เปลี่ยนแปลงในหลักวินาทีโดยช่วงเวลาของแต่ละเซลล์จะขึ้นอยู่กับสถานะของเซลล์ในขณะนั้น ซึ่งจะเริ่มมีค่าหากเป็นไปตามเงื่อนไขของกฎการเปลี่ยนสถานะ

$$t_a = \frac{a}{ros_{ij}} \quad (1)$$

โดยที่ t_a = ระยะเวลาที่เซลล์ (i,j) จะถูกเผาไหม้อย่างสมบูรณ์จากเซลล์ในแนวตั้งหรือแนวนอน (หน่วยต่อวินาที)

ros_{ij} = อัตราไฟลามของเซลล์ (i, j) (เมตรต่อวินาที)

a = ความยาวของเซลล์ในแนวตั้งหรือแนวนอน (เมตร)

$$t_d = \frac{\sqrt{2}a}{ros_{ij}} = \sqrt{2}t_a \quad (2)$$

โดยที่ t_d = ระยะเวลาที่เซลล์ (i,j) จะถูกเผาไหม้อย่างสมบูรณ์จากเซลล์ในแนวทแยงมุม (หน่วยต่อวินาที)

ros_{ij} = อัตราไฟลามของเซลล์ (i, j) (เมตรต่อวินาที)

$\sqrt{2}a$ = ความยาวของเซลล์ในแนวทแยงมุม (เมตร)

การเตรียมข้อมูล

1. ศึกษาค้นคว้าทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ประกอบด้วย พฤติกรรมของไฟ ปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อพฤติกรรมไฟ ไฟป่าที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง การควบคุมไฟป่า ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ การสำรวจระยะไกล การพัฒนาโปรแกรมประยุกต์บนระบบเครือข่าย แบบจำลองไฟลาม Wiriya (2009) และแบบจำลองเซลล์ออตโตมาตา

2. รวบรวมข้อมูลภูมิทัศน์ที่เกี่ยวข้องกับปัจจัย ประกอบด้วย ความลาดชันและปริมาณเชื้อเพลิง ซึ่งเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อทิศทางและอัตราไฟลามของไฟป่า ในพื้นที่ป่าเต็งรังบริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง

3. จัดเก็บและจัดการข้อมูล 1) สร้างชั้นข้อมูลแสดงแผนที่ภูมิประเทศ ด้วยการตัดต่อและใส่พิกัดแผนที่ภูมิประเทศ มาตราส่วน 1:50,000 ของกรมแผนที่ทหาร พ.ศ. 2542 ระบุว่า 4838I 4838IV 4839I 4839II 4839III 4839IV 4840I 4840II 4840III และ 4840IV 2) สร้างชั้นข้อมูลแสดงความลาดชันแบบราสเตอร์ที่มีกริดขนาด 25×25 เมตร ด้วยข้อมูลความสูงของระดับพื้นที่ พ.ศ. 2540 ข้อมูลเส้นแบ่งอาณาเขต พ.ศ. 2540 และข้อมูลเส้นชั้นความสูง พ.ศ. 2540 ของกรมป่าไม้ 3) สร้างชั้นข้อมูลแสดงปริมาณเชื้อเพลิงของเดือนกุมภาพันธ์ มีนาคม และเมษายน แบบราสเตอร์ที่มีกริดขนาด 25×25 เมตร ด้วยข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT-5 ระบบ TM บริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง บันทึกเมื่อวันที่ 21

กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2538 วันที่ 11 มีนาคม พ.ศ. 2539 วันที่ 10 เมษายน พ.ศ. 2538 วันที่ 14 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2553 วันที่ 18 มีนาคม พ.ศ. 2553 และ วันที่ 3 เมษายน พ.ศ. 2553 ของสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน พ.ศ. 2543 ของกรมป่าไม้ และข้อมูลภูมิเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของศูนย์วิจัยไฟป่าห้วยขาแข้งระหว่าง พ.ศ. 2551-2553 4) จัดเก็บชั้นข้อมูลแสดงความลาดชัน ชั้นข้อมูลแสดงปริมาณเชื้อเพลิงเดือนกุมภาพันธ์ ชั้นข้อมูลแสดงปริมาณเชื้อเพลิงเดือนมีนาคม และชั้นข้อมูลแสดงปริมาณเชื้อเพลิงเดือนเมษายน ในรูปแบบฐานข้อมูล

การพัฒนาระบบ

ออกแบบระบบด้วยการกำหนดรูปแบบข้อมูลที่ระบบต้องการจากผู้ใช้งานและกำหนดขอบเขตการทำงาน ของระบบ ออกแบบการแสดงผลผ่านทางเว็บเบราว์เซอร์ ในรูปของสื่อประสานผู้ใช้ และพัฒนาระบบโดยใช้โปรแกรมภาษา JavaScript โปรแกรมภาษา HTML โปรแกรมภาษา PHP และไลบรารี OpenLayers

ผลและวิจารณ์

การพัฒนาโปรแกรมประยุกต์

1. การออกแบบระบบ ระบบที่ได้ผ่านการวิเคราะห์แบบจำลองและการเตรียมข้อมูล มีลำดับขั้นตอนการทำงาน (Figure 1) ดังต่อไปนี้

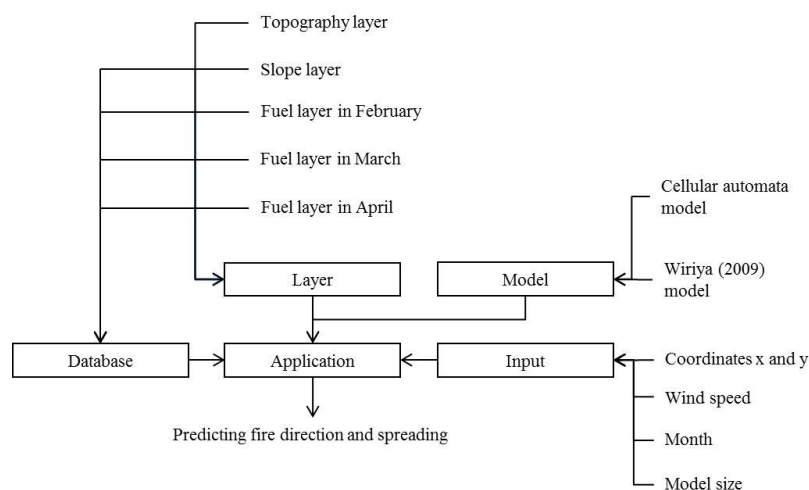


Figure 1 Conceptual framework of predicting fire direction and spreading.

ข้อมูลนำเข้าจากผู้ใช้ (Input) นำข้อมูลเข้าสู่ระบบผ่านทางสื่อประสานกับผู้ใช้ โดยผู้ใช้ระบุพิกัดที่เกิดไฟ ระบุความเร็วลมในขณะนั้น เลือกเดือนที่เกิดไฟ และเลือกขนาดแบบจำลอง (Figure 3)

แผนที่ฐาน (Layer) จัดเตรียมข้อมูลเชิงพื้นที่เพื่อให้ระบบเรียกใช้งาน และแสดงผลข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์แก่ผู้ใช้ ประกอบด้วย ชั้นข้อมูลแสดงแผนที่ภูมิประเทศ (Figure 5) ชั้นข้อมูลแสดงความลาดชัน (Figure 6) ชั้นข้อมูลแสดงปริมาณเชื้อเพลิงเดือนกุมภาพันธ์ ชั้นข้อมูลแสดงปริมาณเชื้อเพลิงเดือนมีนาคม และชั้นข้อมูลแสดงปริมาณเชื้อเพลิงเดือนเมษายน (Figure 7)

ฐานข้อมูล (Database) จัดเตรียมข้อมูลเชิงบรรยายเพื่อให้ระบบเรียกใช้งาน นำข้อมูลเชิงพื้นที่ที่ต้องนำเข้าสมการไฟลาม Wiriya (2009) ในรูปแบบตัวแปร ประกอบด้วย ชั้นข้อมูลแสดงความลาดชัน ชั้นข้อมูลแสดงปริมาณเชื้อเพลิงเดือนกุมภาพันธ์ ชั้นข้อมูลแสดงปริมาณเชื้อเพลิงเดือนมีนาคม ชั้นข้อมูล

แสดงปริมาณเชื้อเพลิงเดือนเมษายน มาจัดเก็บในรูปแบบของฐานข้อมูล (Figure 8)

แบบจำลอง (Model) นำแบบจำลองไฟลาม Wiriya (2009) และแบบจำลองเซลล์ลารีโอโตมาตาสำหรับทำนายไฟลาม ประยุกต์และจัดทำในรูปแบบของคลาส เพื่อให้ระบบเรียกใช้เมื่อต้องการสร้างแบบจำลอง (Figure 10 and Figure 12)

โปรแกรมประยุกต์ (Application) พัฒนาระบบออกมาในรูปแบบของโปรแกรมประยุกต์ สามารถรับข้อมูลนำเข้าจากผู้ใช้ จัดแสดงแผนที่ฐาน ดึงข้อมูลจากฐานข้อมูล และสร้างแบบจำลอง เพื่อให้ผู้ใช้ประเมินสถานการณ์ไฟลามในป่าได้จริงได้ โดยใช้โปรแกรมภาษา JavaScript โปรแกรมภาษา HTML โปรแกรมภาษา PHP และไลบรารี OpenLayers เป็นเครื่องมือในการพัฒนาระบบ

2. การทำงานของระบบ ประกอบด้วย 4 ขั้นตอนเรียงตามลำดับ ดังต่อไปนี้

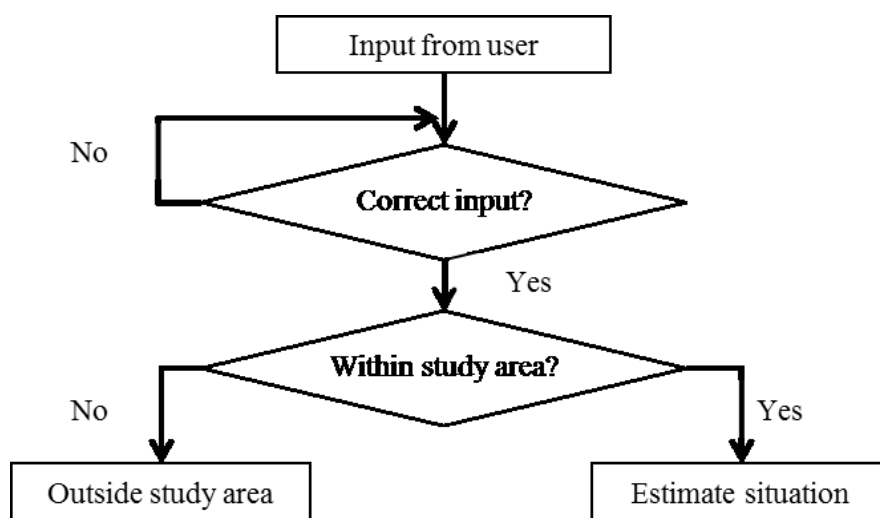


Figure 2 Decision hierarchies of predicting fire direction and spreading.

2.1 การรับข้อมูลนำเข้าจากผู้ใช้ (Input from user) เป็นการเตรียมข้อมูลที่ระบบต้องการใช้ในการประเมินสถานการณ์ ด้วยการให้ผู้ใช้กำหนดค่าเริ่มต้นให้แก่ระบบ

เมื่อผู้ใช้นำข้อมูลเข้าสู่ระบบ โดยที่ตัวผู้ใช้อาจเป็นที่จะต้องมียุทธศาสตร์เบื้องต้นอยู่แล้ว (Figure 3) โดยระบบจะมีส่วนเสริมสำหรับแปลงค่าพิกัดภูมิศาสตร์ให้เป็นพิกัดกริดที่เชื่อมตามที่ต้องการ (Figure 4)

ผู้ใช้สามารถใช้ชั้นข้อมูลแผนที่ภูมิประเทศเป็นแนวทางในการระบุพื้นที่ที่ต้องการ

2.2 ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล (Correct input) เมื่อนำเข้าข้อมูลสู่ระบบเรียบร้อยแล้ว ระบบจะทำการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล หากข้อมูลที่นำเข้าไม่ถูกต้อง อาทิ ข้อมูลที่กรอกไม่ครบหรือผู้ใช้กรอกข้อมูลผิดประเภท ระบบจะทำการแจ้งให้ผู้ใช้ทราบเพื่อให้ผู้ใช้ทำการแก้ไขข้อมูลนำเข้าใหม่ให้ถูกต้อง

2.3 ตรวจสอบขอบเขตการทำงาน (Within study area) เมื่อผ่านการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลเรียบร้อยแล้ว ระบบจะตรวจสอบข้อมูลที่รับเข้า กับฐานข้อมูลของระบบ เพื่อตรวจสอบว่าข้อมูลนั้นอยู่ในพื้นที่ศึกษาหรือไม่ หากข้อมูลนั้นไม่ถูกต้อง (Outside study area) ระบบจะแจ้งให้ผู้ใช้ทราบว่า ข้อมูลที่ระบบได้รับนั้นไม่สามารถนำมาทำนายสถานการณ์ไฟได้ อาทิ ค่าของพิกัดที่เกิดไฟไม่ใช่ว่าพื้นที่ป่าเต็งรัง หรือกรณีค่าของพิกัดที่เกิดไฟไม่สามารถนำมาสร้างแบบจำลองได้ ซึ่งอาจเกิดจากผู้ใช้เลือกตำแหน่งที่เกิดไฟใกล้ขอบของแผนที่มากเกินไป ทำให้แบบจำลองไปทับส่วนที่ไม่มีข้อมูล อาจแก้ไขได้ด้วยการลดขนาดแบบจำลองให้เล็กลง

เมื่อระบบได้รับข้อมูลที่เหมาะสมสำหรับการทำงาน ระบบจะใช้ตำแหน่งพิกัดที่เกิดไฟที่ได้รับการนำเข้าจากผู้ใช้ คำนวณความลาดชันและปริมาณเชื้อเพลิงที่ต้องการจากฐานข้อมูล (Figure 8) เพื่อสร้างแบบจำลองขึ้น

2.4 ประเมินสถานการณ์ (Estimate Situation) หากข้อมูลที่ผู้ใช้เลือกอยู่ในพื้นที่ศึกษา ระบบจะสร้างแบบจำลองขึ้น (Figure 10 and Figure 12) เพื่อให้ผู้ใช้ได้ทำนายทิศทางและอัตราไฟลามตามข้อมูลนำเข้าที่ผู้ใช้ระบุ

ผู้ใช้สามารถดูทิศทางและอัตราไฟลามจากตำแหน่งที่เกิดไฟไปยังพื้นที่ข้างเคียงได้จากแบบจำลอง ร่วมกับข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์จากแผนที่ฐาน ทำให้ทราบว่าเมื่อเกิดไฟขึ้นในแต่ละพื้นที่ ไฟได้

ลุกลามไปยังพื้นที่ใดบ้างและมีอัตราเร็ว ณ ขณะนั้นเท่าไร ใช้เวลานานขนาดไหน ไฟถึงจะดับ รวมถึงพื้นที่รอบข้างกับตำแหน่งที่เกิดไฟ มีโอกาสได้รับการคุกคามจนเกิดการติดไฟเมื่อเวลาผ่านไปเท่าไร

Figure 9-10 ลูกศรสีเข้มจะแสดงข้อมูลจะแสดงข้อมูลนำเข้าของจุดที่เกิดไฟ โดยมีค่าเส้นกริดตั้ง (แกน X ทางตะวันออก) อยู่ที่ 532,116.19020004 และมีค่าเส้นกริดราบ (แกน Y ทางทิศเหนือ) อยู่ที่ 1,717,400.8396865 เกิดไฟไหม้ในเดือนเมษายน ซึ่งในขณะนั้นมีความเร็วลมอยู่ที่ 15 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ปัจจุบันพื้นที่นี้ไฟได้ดับลงแล้ว ส่วนลูกศรสีอ่อนจะแสดงข้อมูลปัจจุบันของจุดที่เลือกในขณะนั้น โดยมีค่าเส้นกริดตั้งอยู่ที่ 532,231.07216991 และมีค่าเส้นกริดราบอยู่ที่ 1,717,467.195077 พื้นที่ที่มีความลาดชัน 25% มีปริมาณเชื้อเพลิงก่อนการเผาไหม้อยู่ที่ 5,233 กิโลกรัมต่อเฮกเตอร์ ปัจจุบันมีปริมาณเชื้อเพลิงเหลืออยู่ 5,233 กิโลกรัมต่อเฮกเตอร์ พื้นที่นี้ปัจจุบันกำลังอยู่ระหว่างการลุกไหม้ มีอัตราไฟลามจากพื้นที่ปัจจุบันไปสู่พื้นที่ข้างเคียงอยู่ที่ 4.15 เมตรต่อวินาที จะดับในอีก 8.25 นาที ส่วนเวลารวมจะเริ่มนับตั้งแต่ไฟเริ่มลุกจากจุดที่เกิดไฟมาจนถึงเวลาปัจจุบัน โดยปัจจุบันไฟได้ไหม้ไปแล้ว 31.34 นาที

ในกรณีที่ Figure 11-12 มีข้อมูลนำเข้าเหมือนกับ Figure 9-10 แต่พื้นที่ที่สนใจอยู่ในขณะนี้ (ลูกศรสีอ่อน) มีค่าเส้นกริดตั้งอยู่ที่ 532,003.9168107 และมีค่าเส้นกริดราบอยู่ที่ 1,717,289.9030893 พื้นที่ที่มีความลาดชัน 5% มีปริมาณเชื้อเพลิงก่อนการเผาไหม้อยู่ที่ 5,233 กิโลกรัมต่อเฮกเตอร์ ปัจจุบันมีปริมาณเชื้อเพลิงเหลืออยู่ 5,233 กิโลกรัมต่อเฮกเตอร์ พื้นที่นี้ปัจจุบันเป็นพื้นที่ที่ยังไม่เกิดไฟไหม้ ไม่มีอัตราไฟลามจากพื้นที่ปัจจุบันไปสู่พื้นที่ข้างเคียง แต่จะได้รับความร้อนจากพื้นที่ข้างเคียงจนเกิดการลุกไหม้ในอีก 1.46 นาที โดยการเกิดไฟในครั้งนี้ ไฟได้ไหม้เป็นเวลานาน 31.34 นาที (เวลารวม)

Figure 3 User input original data for starting system progress.

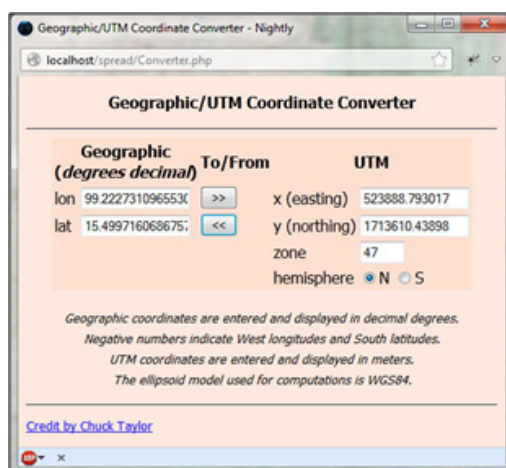


Figure 4 Plug in for coordinate translation from Geographic to UTM.

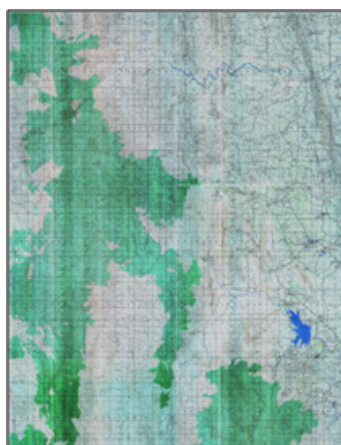


Figure 5 Some part of topography layer at Huai Kha Khaeng wildlife sanctuary.

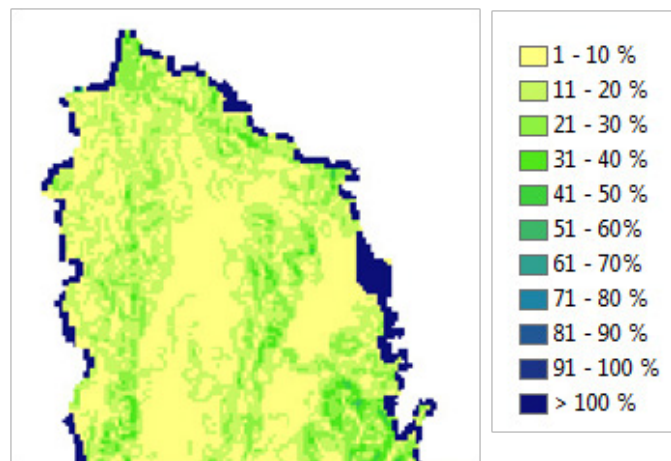


Figure 6 Some part of slope layer at Huai Kha Khaeng wildlife sanctuary.

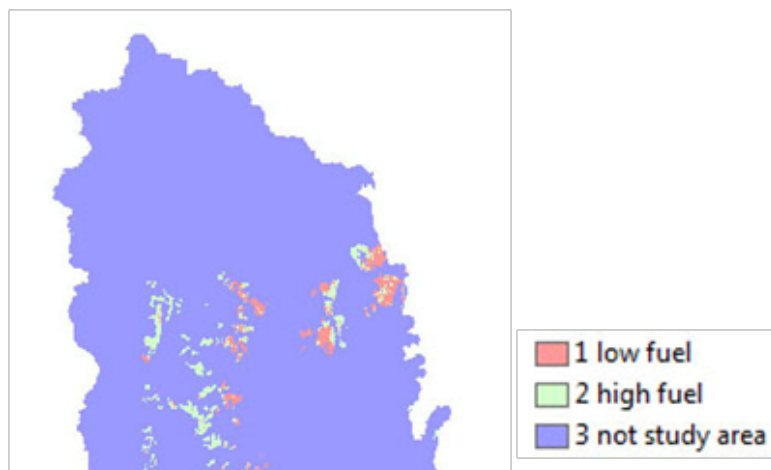


Figure 7 Some part of fuel layer at Huai Kha Khaeng wildlife sanctuary.

ROW	COL	VALUE
99	1980	0
99	1981	0
99	1982	0
99	1983	0
99	1984	0
99	1985	0
99	1986	0
99	1987	0
99	1988	0
99	1989	0
99	1990	0
99	1991	0
99	1992	0
99	1993	0
99	1994	0
99	1995	0

Figure 8 Sample layer of Huai Kha Khaeng wildlife sanctuary to database.

ข้อมูลป่าเข้าและข้อมูลปัจจุบัน			
ข้อมูลป่าเข้า			
พิกัด X :	532116.19020004		
พิกัด Y :	1717400.8396865		
เดือน :	เมษายน		
ความเร็วลม :	15	กิโลเมตรต่อชั่วโมง	
ข้อมูลปัจจุบัน			
พิกัด X :	532231.07216991		
พิกัด Y :	1717467.195077		
ความลาดชัน :	5	เปอร์เซ็นต์	
ปริมาณเชื้อเพลิง :	5233	กิโลกรัมต่อเฮกตาร์	
ปริมาณเชื้อเพลิงคงเหลือ :	5233	กิโลกรัมต่อเฮกตาร์	
สถานะปัจจุบัน :	กำลังไหม้		
อัตราไฟลาม :	4.15	เมตรต่อนาที	
เวลาเปลี่ยนสถานะ :	08:25	นาที	
เวลารวม :	31:34	นาที	
หยุดการทำงาน		เริ่มการทำงาน	

Figure 9 System description and current coordinates at burning area.

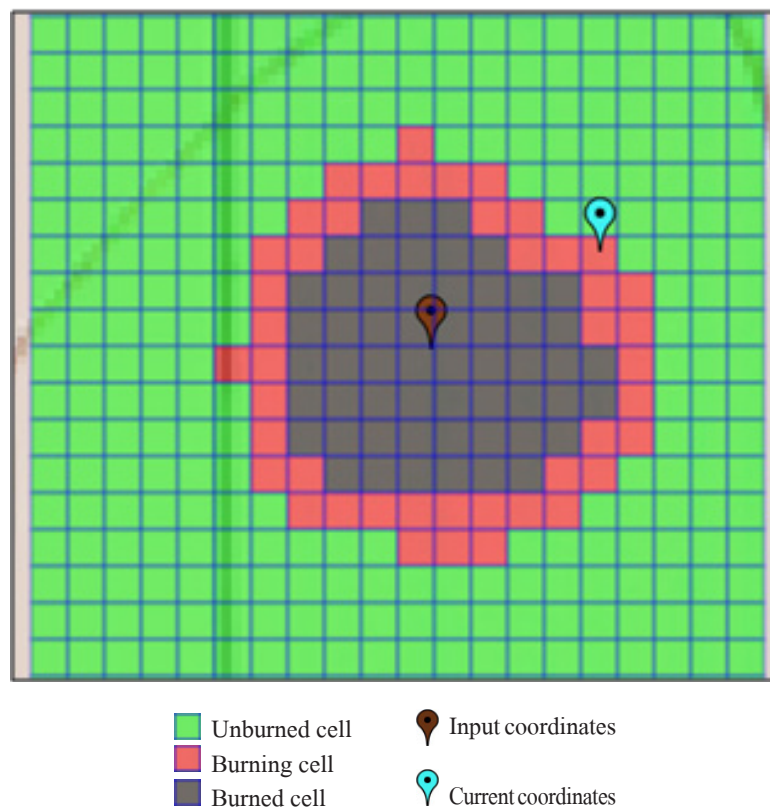


Figure 10 System model and current coordinates at burning area.

ข้อมูลป้อนเข้าและข้อมูลปัจจุบัน			
ข้อมูลป้อนเข้า			
พิกัด X :	532116.19020004		
พิกัด Y :	1717400.8396865		
เดือน :	เมษายน		
ความเร็วลม :	15	กิโลเมตรต่อชั่วโมง	
ข้อมูลปัจจุบัน			
พิกัด X :	532003.9168107		
พิกัด Y :	1717289.9030893		
ความลาดชัน :	5	เปอร์เซ็นต์	
ปริมาณเชื้อเพลิง :	5233	กิโลกรัมต่อเฮกเตอร์	
ปริมาณเชื้อเพลิงคงเหลือ :	5233	กิโลกรัมต่อเฮกเตอร์	
สถานะปัจจุบัน :	ยังไม่ไหม้		
อัตราไฟลาม :	0.00	เมตรต่อนาที	
เวลาเปลี่ยนสถานะ :	01:46	นาที	
เวลารวม :	32:17	นาที	
หยุดการทำงาน		เปลี่ยนการทำงาน	

Figure 11 System description and current coordinates at unburned area.

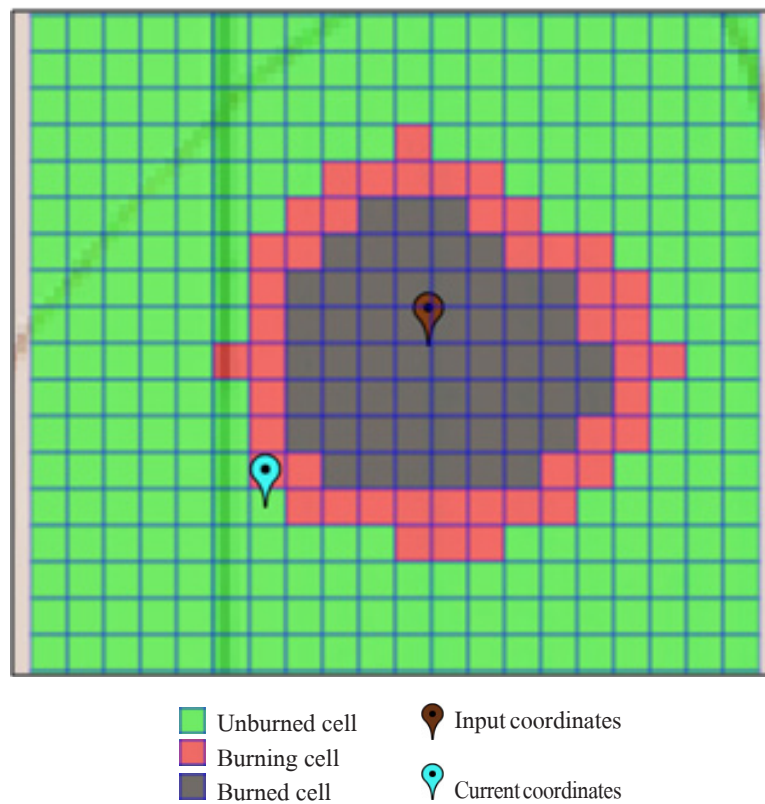


Figure 12 System model and current coordinates at unburned area.

โปรแกรมประยุกต์ที่พัฒนาขึ้นสามารถทำนายทิศทางและอัตราไหลมาจากแหล่งกำเนิดไฟไปยังพื้นที่ข้างเคียง โดยได้ทิศทางไหลมาควบคุมตามแนวคิดของแบบจำลองเซลล์ลาร์วอโดมาตาสำหรับทำนายไฟลาม และได้อัตราไหลมาที่คำนวณจากแบบจำลองไฟลาม Wiriya (2009) (ที่ปรับแก้ค่าจากแบบจำลองไฟลาม Rothmel (1972) ให้เหมาะสมกับพื้นที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง) ร่วมกับการใช้ข้อมูลเชิงพื้นที่ของเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้งตรงตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ อย่างไรก็ตามการพัฒนาระบบก็มีข้อจำกัดทางด้านข้อมูลปริมาณเชื้อเพลิง เนื่องจากในอดีตไม่ได้มีการเก็บค่าที่เปลี่ยนแปลงเผาพฤติกรรมไฟเก็บข้อมูลระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ถึงเมษายนเท่านั้น รวมถึงขาดความหลากหลายของจุดที่เก็บข้อมูล ส่งผลให้ชั้นข้อมูลปริมาณเชื้อเพลิงที่สร้างจากข้อมูลทุติยภูมิของปริมาณเชื้อเพลิงในอดีตมีความถูกต้องไม่ดีเท่าที่ควร

ระบบใช้เพียงแค่ความลาดชันที่เป็นปัจจัยทางด้านสภาพภูมิประเทศและปริมาณเชื้อเพลิงที่เป็นปัจจัยทางด้านเชื้อเพลิง ยังขาดปัจจัยทางด้านอากาศจึงจะครบองค์ประกอบของสิ่งแวดล้อมของไฟตามที่ สันต์ (2526) ได้บันทึกไว้

ประสิทธิภาพของระบบจะเพิ่มขึ้นได้ด้วยการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างอัตราไฟลามที่ได้จากแบบจำลองไฟลาม Wiriya (2009) และอุณหภูมิของอากาศ แนวคิดนี้ได้รับการสนับสนุนจากการศึกษาของ สิริและคณะ (2546) ถึงพฤติกรรมของไฟในป่าเต็งรังเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง จังหวัดอุทัยธานี ในช่วงฤดูไฟพบว่าอุณหภูมิของอากาศมีผลต่ออัตราไฟลาม โดยหากอุณหภูมิของอากาศสูงขึ้น อัตราไฟลามจะเพิ่มขึ้นด้วย ไม่เพียงเท่านั้นความชื้นสัมพัทธ์ (ปริมาณน้ำในอากาศ) มีความสัมพันธ์กับความชื้นของเชื้อเพลิงขนาดเล็ก ถ้าความชื้นสัมพัทธ์สูง ความชื้นของเชื้อเพลิงขนาดเล็กก็จะสูงด้วย ทำให้เชื้อเพลิงติดไฟยาก การลุกลามช้าและมีความรุนแรงน้อย แต่ถ้าความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ ความชื้น

ของเชื้อเพลิงก็จะต่ำด้วย ทำให้เชื้อเพลิงติดไฟง่าย การลุกลามเร็ว และมีความรุนแรงมาก ซึ่งจากการศึกษาของ Brown and David (1973) พบว่าเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นหรือลดลง 11°C ความชื้นสัมพัทธ์จะลดลงหรือเพิ่มขึ้น 2 เท่า

การวัดประสิทธิภาพของระบบก็เป็นเรื่องที่ทำได้ยาก เนื่องจากต้องเผาพื้นที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้งเป็นจำนวนมากและเผาในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนเมษายนที่เป็นช่วงฤดูไฟป่า ไม่เพียงเท่านั้นการคำนวณอัตราไฟลามของระบบ คิดตามแบบจำลองไฟลาม Wiriya (2009) ที่สร้างจากตัวอย่างแปลงเผาพฤติกรรมไฟที่มีความลาดชันอยู่ระหว่าง 0-40% ทำให้การหาอัตราไฟลามของพื้นที่ที่ติดไฟที่มีความลาดชันมากกว่า 40% อาจมีความคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง แต่ก็ไม่ใช่สิ่งที่ควรจะตระหนักมาก เนื่องจากพื้นที่ป่าเต็งรังที่มีความลาดชันมากกว่า 40% นั้น มีอยู่น้อยมาก

อย่างไรก็ตามการวัดประสิทธิภาพของระบบก็เป็นสิ่งที่จำเป็น ด้วยการนำระบบไปทดสอบกับพื้นที่ป่าเต็งรังของเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง จะทำให้ทราบว่าระบบมีความถูกต้องมากหรือน้อยเพียงใด รวมถึงนำข้อบกพร่องของระบบไปปรับแก้ เพื่อให้ได้ระบบที่มีความสมบูรณ์มากขึ้นในอนาคต

ดังนั้น โปรแกรมประยุกต์ที่พัฒนาขึ้นนี้จึงเหมาะสำหรับนำไปเป็นต้นแบบและแนวทางในการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ทางด้านไฟป่าต่อไปในอนาคต โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากต้องการพัฒนาโดยใช้แนวคิดของแบบจำลองเซลล์ลาร์วอโดมาตาสำหรับทำนายไฟลาม หรือนำไปประยุกต์ใช้ในการพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจทางด้านไฟป่าของเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง เนื่องจากโปรแกรมประยุกต์นี้ไม่เพียงแต่สามารถทำนายทิศทางและอัตราไฟลามได้เท่านั้น แต่ยังนำเสนอข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่เกี่ยวข้องต่อการควบคุมไฟป่าอีกด้วย

สรุป

การพัฒนาโปรแกรมประยุกต์สำหรับทำนายทิศทางไฟและอัตราไฟลามในป่าเต็งรัง บริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง จังหวัดอุทัยธานี เพื่อเป็นเครื่องมือที่ใช้ประกอบการตัดสินใจในการวางแผนควบคุมไฟป่า ได้นำปัจจัยที่ส่งผลต่อการกำหนดทิศทางและอัตราไฟลาม ประกอบด้วย ความลาดชันและปริมาณเชื้อเพลิง จัดทำในรูปของแผนที่ฐานด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และการสำรวจระยะไกล รวมถึงจัดเก็บในรูปแบบของฐานข้อมูลด้วยโปรแกรมจัดการฐานข้อมูล MySQL นำอัตราไฟลามที่คำนวณได้จากแบบจำลองไฟลาม Wiriya (2009) และทิศทางไฟลามที่ควบคุมตามแนวคิดของแบบจำลองเซลล์ลาร์อโตมาตาสำหรับทำนายไฟลาม พัฒนาออกมาในรูปแบบของโปรแกรมประยุกต์ที่ทำงานผ่านระบบเครือข่าย โดยใช้โปรแกรมภาษา JavaScript โปรแกรมภาษา HTML โปรแกรมภาษา PHP และไลบรารี OpenLayers เป็นเครื่องมือในการพัฒนาระบบ ผู้ใช้สามารถใช้งานระบบผ่านทางเครือข่ายเว็บไซต์ได้เว็บ เชื่อมต่อการทำงานกับระบบผ่านทางสื่อประสานกับผู้ใช้ เพื่อทำนายทิศทางและอัตราไฟลามจากแหล่งกำเนิดไฟไปยังพื้นที่ข้างเคียง พร้อมทั้งรับทราบข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ในขณะใช้งานระบบ

โปรแกรมประยุกต์ที่พัฒนาขึ้นนี้ ใช้ได้เฉพาะพื้นที่ป่าเต็งรังบริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้งเท่านั้น แต่การเกิดไฟป่าสามารถเกิดจากพื้นที่อื่นหรือเกิดจากพื้นที่ป่าเต็งรังแล้วลุกลามเข้าพื้นที่อื่นก็ได้ ดังนั้นจึงควรศึกษาพื้นที่ป่าชนิดอื่นของเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้งด้วย นอกจากนี้ระบบยังมีข้อจำกัดทางด้านข้อมูลปริมาณเชื้อเพลิง เนื่องจากในอดีตไม่ได้มีการเก็บค่าพิคัดแปลงเผาพฤติกรรมไฟ เก็บข้อมูลระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ถึงเมษายนเท่านั้น รวมถึงขาดความหลากหลายของจุดที่เก็บข้อมูล ทำให้ไม่สามารถศึกษาได้ครอบคลุมทั่วทั้งฤดูไฟป่า ดังนั้นจึงควรมีการเก็บค่าพิคัดแปลงเผาพฤติกรรมไฟทุกครั้ง เพิ่มการเก็บข้อมูลในเดือนมกราคม และในแต่ละเดือนไม่ควรเก็บจุดที่เก็บข้อมูลซ้ำกัน

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- ศิริ อัคระอัคร, ไกรสร วิริยะ และ ธนวัฒน์ ทองตัน. 2546. พฤติกรรมของไฟในป่าเต็งรังเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง. สำนักป้องกันและควบคุมไฟป่า, กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช, อุทัยธานี.
- สันต์ เกตุปราณีต. 2526. ไฟป่าและการควบคุมไฟ. ภาควิชาวนวัฒนวิทยาคณะวนศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- Berjak, S.G. and J.W. Hearne. 2002. An improved cellular automaton model for simulating fire in a spatially heterogeneous Savanna system. **Ecol. Model.** 148 (2): 133-151.
- Brown, A.A. and K.P. Davis. 1973. **Forest Fire: Control and Use.** McGraw-Hill Book Co, New York.
- Karafyllidis, I and A. Thanailakis. 1997. A model for predicting forest fire spreading using cellular automata. **Ecol. Model.** 99 (1): 87-97.
- Moore, E.F. 1962. Machine models of self-reproduction, **Proc. Symp. Appl. Math.** 14: 17-33.
- Rothermel, R.C. 1972. A Mathematical Model for Predicting Fire Spread in Wildland Fuels. **USDA For. Serv. Res. Pap. Int-155.** Intermt. For. and Range Exp. Sta. Ogden, Utah.
- White, R. and G. Engelen. 2000. High resolution integrated modeling of the spatial dynamics of urban and regional systems. **Computer, Environment and Urban Systems** 24: 383-400.
- Wiriya, K. 2009. **Fuel Model and Fire Behavior Prediction in Dry Deciduous Dipterocarp Forest at Huai Kha Khaeng Wildlife Sanctuary, Uthai Thani Province.** Ph.D. Thesis, Kasetsart University.
- Yassemi, S. 2006. **Development of a GIS-Based Spatial Decision Support System for Forest Fire Management.** M.S. Thesis, Simon Fraser University.