

บทที่ 2

ทฤษฎี

ในการที่จะดำเนินงานในด้านของการใช้โปรแกรมเพื่อวิเคราะห์หรือวางแผนการจัดการไฟป่าจำเป็นต้องศึกษาถึง ประเภทของไฟป่า วิธีการจัดการไฟป่ารูปแบบต่างๆ และ หลักของการจำลองการลุกลามของไฟผิวดินของแบบจำลองในโปรแกรม FARSITE ซึ่งจะกล่าวถึงในหัวข้อต่อไป

2.1 ประเภทของไฟป่า

ไฟป่า (Forest fire) หมายถึงไฟที่เกิดขึ้นในพื้นที่ป่าโดยไม่สามารถควบคุมไฟได้ (Uncontrolled fire) โดยเราสามารถแบ่งชนิดของไฟป่าได้โดยแบ่งตามการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงแต่ละชนิดคือ เชื้อเพลิงแห้ง (ดินอินทรีย์ หรือ Organic Soil ใบไม้แห้ง กิ่งไม้ ท่อนไม้) และ เชื้อเพลิงเปียก (ไม้พื้นล่างต่างๆ ใบไม้สด) ไฟป่าจะมี 3 ชนิด คือ ไฟใต้ดิน ไฟผิวดิน และไฟเรือนยอด

ไฟใต้ดิน (Ground fire) คือไฟป่าที่เผาไหม้เชื้อเพลิงจำพวกดินอินทรีย์หรือรากไม้ที่ไม่ได้อยู่บนพื้นผิวป่าโดยอาจจะเกิดหลังจากไฟผิวดินก็เป็นได้ซึ่งมักจะเกิดขึ้นในป่าบางประเภทโดยเฉพาะป่าพรุ เนื่องจากอากาศมีอุณหภูมิต่ำส่งผลให้อัตราการย่อยสลายเชื้อเพลิงต่ำจึงมีปริมาณเชื้อเพลิงสะสมในปริมาณมาก ไฟชนิดนี้อาจไหม้แทรกลงไปใต้ผิวดินป่าได้ลึกและไม่มีเปลวไฟและมีควันน้อยมากจึงเป็นไฟที่ตรวจหาได้ยากมากทำให้การควบคุมไฟทำได้ยากตามไปด้วย ถึงแม้ว่าจะเป็นไฟที่มีอัตราการลุกลามช้าที่สุดแต่ก็เป็นไฟที่มีความรุนแรงสูงสามารถสร้างความเสียหายให้แม้กระทั่งรากไม้ของต้นไม้ขนาดใหญ่ทำให้ต้นไม้ตายได้ในเวลาต่อมา

ไฟผิวดิน (Surface fire) คือไฟป่าที่เผาไหม้เฉพาะเชื้อเพลิงที่อยู่บนพื้นป่าเท่านั้น เช่น ใบไม้แห้ง กิ่งไม้แห้ง ลูกไม้ ไม้พื้นล่างต่างๆ ไฟชนิดนี้เป็นไฟที่พบมากที่สุดในบรรดาไฟชนิดต่างๆโดยมักจะเกิดในบริเวณป่าเต็งรังเป็นประจำซึ่งจะไม่ทำอันตรายต้นไม้ใหญ่ถึงตายกลับกันยังเป็นประโยชน์กับระบบนิเวศอีกด้วย เช่น ลดปริมาณเชื้อเพลิงสะสม ทำให้เกิดความแตกต่างของปริมาณเชื้อเพลิง ลดปัญหาเกี่ยวกับแมลง เพิ่มจำนวนแบคทีเรียในดินที่เป็นประโยชน์ ในทาง

กลับกันถ้าปริมาณเชื้อเพลิงสะสมสูงจึงทำให้ไฟที่เกิดขึ้นมีความรุนแรงสูงส่งผลให้ต้นไม้ความเสียหาย เจริญเติบโตช้าลง และ แบคทีเรียในดินที่เป็นประโยชน์ลดลง โดยทั่วไปไฟจะมีความสูง เปลวไฟตั้งแต่ 0.3-3.0 เมตรในป่าเต็งรัง แต่ในป่าเบญจพรรณซึ่งมีปริมาณเชื้อเพลิงสะสมและไม้พื้นล่างที่มากกว่าป่าเต็งรังทำให้ความสูงเปลวไฟมากตามไปด้วย บางครั้งก็อาจลุกลามจากป่าเบญจพรรณเข้าสู่พื้นที่ป่าสนได้ทำให้มีโอกาสเกิดไฟเรือนยอดได้อีก ไฟป่าชนิดนี้มีอัตราการลุกลามในช่วงแรกต่ำซึ่งหากสามารถตรวจพบได้ในขณะเพิ่งเกิดและเข้าไปควบคุมอย่างรวดเร็วก็จะสามารถควบคุมไฟได้โดยง่าย แต่เมื่อเวลาผ่านไปอัตราการลุกลามของไฟจะสูงขึ้นเรื่อยๆ ทำให้การควบคุมไฟทำได้ยากลำบากขึ้น

ไฟเรือนยอด (Crown fire) คือ ไฟป่าที่เกิดการลุกลามของไฟผิวดินไปสู่เรือนยอดของต้นไม้ที่ ละต้น (Passive crown fire) หรือมาจากการลุกลามจากเรือนยอดหนึ่งไปสู่อีกเรือนยอดหนึ่งโดยอาศัยไฟผิวดินเป็นตัวกระตุ้น (Active crown fire) หรืออาจมาจากการลุกลามจากเรือนยอดหนึ่งไปสู่ อีกเรือนยอดหนึ่งโดยไม่ต้องอาศัยไฟผิวดินแล้ว (Independent active crown fire) ซึ่งการจะเกิดไฟ เรือนยอดประเภทใดขึ้นอยู่กับปัจจัยที่เกี่ยวข้องด้วย (Van Wagner 1977) ไฟเรือนยอดส่วนใหญ่จะ เกิดในป่าสนซึ่งจะมีอัตราการลุกลามและความรุนแรงที่สูงมากถ้าวางแผนการจัดการไม่เหมาะสม หรือเจ้าหน้าที่ดับไฟป่าขาดประสบการณ์แล้วก็จะอันตรายอย่างยิ่งสำหรับเจ้าหน้าที่ดับไฟป่า โดยทั่วไปไฟจะมีความสูงเปลวไฟประมาณ 20-40 เมตร ขึ้นอยู่กับความสูงของต้นไม้ แต่ในปัจจุบัน ไฟป่าชนิดนี้ยังไม่ค่อยพบเห็นในประเทศไทยมากนักเนื่องจากสภาพอากาศที่มีความชื้นสูง อีกทั้ง ป่าเพิ่งได้รับการฟื้นฟูมาเมื่อไม่นานทำให้ความสูงของฐานเรือนยอดของต้นไม้ยังมากอยู่ไฟผิวดิน จึงลามขึ้นไปได้ยากและปริมาณเชื้อเพลิงสะสมยังไม่มากนัก

2.2 วิธีการจัดการไฟป่า

การจัดการไฟป่า (Forest fire management) หมายถึงการป้องกันและแก้ไขปัญหาไฟป่า อย่างครบวงจรมีอยู่ 2 ลักษณะ คือ การลดอันตรายจากไฟป่า และ การดับไฟป่า ซึ่งในวิทยานิพนธ์ ฉบับนี้จะเน้นไปที่เรื่องของการลดอันตรายจากไฟป่าเพื่อเป็นการเสริมประสิทธิภาพในการป้องกัน ไฟป่า โดยจะประยุกต์ใช้หลักการของสามเหลี่ยมไฟ (Fire triangle) มาใช้ในการจัดการ คือ กลไก ของไฟป่าจะต้องมีองค์ประกอบที่สำคัญ 3 อย่าง คือ เชื้อเพลิง ออกซิเจน และ ความร้อน เรียกว่า

สามเหลี่ยมดังแสดงในภาพที่ 2.1 ไฟถ้านำสิ่งใดสิ่งหนึ่งออกไปไฟก็จะไม่เกิดขึ้นหรือถ้าเกิดไฟขึ้นไฟก็จะดับไป ดังนั้นการกำจัดเชื้อเพลิงออกไปจะสามารถลดความรุนแรงของไฟป่าที่จะเกิดขึ้นใน



ภาพที่ 2.1 สามเหลี่ยมไฟ

อนาคตได้ ความรู้และประสบการณ์ในด้านการจัดการไฟเป็นสิ่งสำคัญเนื่องมาจากการจัดการไฟป่าไม่ว่าจะเป็นรูปแบบใดๆ ย่อมทำให้เกิดผลกระทบกับสิ่งแวดล้อมอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้เพียงแต่จะมากหรือน้อยเท่านั้น ถ้าหากขาดความรู้และประสบการณ์ที่เพียงพอก็อาจจะทำให้การจัดการไฟป่าส่งผลเสียกับสิ่งแวดล้อมได้ ดังนั้นจึงควรศึกษาถึงทฤษฎีของการจัดการไฟป่าอย่างละเอียดก่อนลงมือปฏิบัติจริง

2.2.1 การใช้ประโยชน์จากไฟตามธรรมชาติ

การปล่อยให้ไฟลุกตาม (Prescribed natural fire) เป็นการปล่อยให้ไฟที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติในช่วงฤดูแล้งลุกลามไปได้โดยมีเจ้าหน้าที่ไฟป่าคอยเฝ้าสังเกตไม่ให้ไฟลุกลามมากกว่าพื้นที่ที่กำหนดไว้ วิธีการนี้สามารถใช้ได้กับป่าที่มีระบบนิเวศพึ่งพาไฟที่มีบริบทของไฟที่เป็นปกติซึ่งไฟป่าจะเกิดเป็นประจำและมีความรุนแรงต่ำ ประโยชน์ของวิธีการนี้ คือ ช่วยรักษาสมดุลของระบบนิเวศ ลดปริมาณเชื้อเพลิง แต่ในกรณีป่าในประเทศไทยซึ่งมีพฤติกรรมการเกิดไฟที่ผิดปกติแล้วจะใช้วิธีการที่คนต้องเข้าไปจุดไฟแทนซึ่งจะเป็นการฟื้นฟูระบบนิเวศรวมถึงไปถึงกลไกการเกิดไฟให้เกิดขึ้นตามปกติ

2.2.2 การชิงเผาและการเผาตามกำหนด

การใช้คนเข้าไปจุดไฟเป็นวิธีการที่ได้รับความนิยมอย่างมากโดยเฉพาะป่าที่มีบริบทของไฟที่ผิดปกติเนื่องจากมีรอบการเกิดไฟที่ไม่แน่นอนจะต้องใช้คนเข้าไปกระตุ้นซึ่งจะแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ การชิงเผา และการเผาตามกำหนด โดยจะแตกต่างกันที่ช่วงเวลาในการจัดการทำให้มีผลกับพฤติกรรมไฟที่เกิดขึ้น

การชิงเผา (Early burning) เป็นเทคนิคซึ่งใช้ในการกำจัดเชื้อเพลิงโดยจะใช้จุดไฟในตำแหน่งที่กำหนดเพื่อให้ไฟลุกลามไปในพื้นที่ที่ต้องการเป็นการลดปริมาณเชื้อเพลิงผิวดินสะสม นอกจากนั้นยังช่วยหมุนเวียนธาตุอาหาร กำจัดแมลง และ ปลูก ทั้งยังเพิ่มจำนวนแบคทีเรียที่สังเคราะห์ไนโตรเจน และ ช่วยให้เกิดการกระจายตัวของปริมาณเชื้อเพลิงซึ่งก็คือการฟื้นฟูระบบนิเวศของการเกิดไฟนั่นเอง ซึ่งต้องมีการควบคุมเป็นอย่างดีเพื่อให้ไฟลุกลามออกนอกพื้นที่โดยทำแนวกันไฟล้อมรอบพื้นที่นั้นไว้ ทำให้โอกาสในการเกิดไฟป่าลดลงหรือถ้าเกิดไฟป่าขึ้นก็เป็นไฟป่าที่มีความรุนแรงต่ำ การชิงเผาเป็นวิธีการที่เหมาะสมกับการกำจัดเชื้อเพลิงในป่าเต็งรังโดยมักจะเริ่มในช่วงที่อากาศมีอุณหภูมิต่ำและความชื้นเชื้อเพลิงสูงมักจะเป็นช่วงเดือนกุมภาพันธ์ซึ่งจะทำให้ไฟจากการชิงเผามีความรุนแรงต่ำไม่เป็นอันตรายต่อต้นไม้และยังง่ายต่อการควบคุม ในทางกลับกันถ้าทำการชิงเผาในฤดูการเกิดไฟจะเรียกว่าการเผาตามกำหนด (Prescribed burning) เพื่อเลียนแบบพฤติกรรมไฟป่าตามธรรมชาติซึ่งอากาศมีอุณหภูมิสูงและความชื้นเชื้อเพลิงต่ำทำให้ไฟที่เกิดขึ้นมีความรุนแรงสูงควบคุมได้ยากกว่าถ้าวางแผนไม่ดีอาจลุกลามกลายเป็นไฟป่าได้โดยง่ายเท่าที่ทราบคือในพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทยจะใช้เฉพาะการชิงเผาเท่านั้นเนื่องจากสามารถจัดการได้โดยง่ายโดยการจะเลือกใช้วิธีการใดจะไม่ลงรายละเอียดไว้ในที่นี้

2.2.3 การควบคุมไม่ให้เกิดไฟขึ้นเลย

การควบคุมไม่ให้เกิดไฟ (Control) เป็นการกำจัดไฟออกจากพื้นที่ป่าอย่างสิ้นเชิงไม่ว่าจะเป็นไฟที่มีความรุนแรงน้อยหรือมากก็ตาม โดยการประชาสัมพันธ์และออกกฎหมายเพื่อให้ประชาชนไม่ทำการจุดไฟเผาป่า รวมทั้งต้องใช้คนที่มีประสบการณ์ลาดตระเวนตรวจหาไฟในพื้นที่ต่างๆ โดยเฉพาะในจุดเสี่ยงที่มักจะเกิดไฟป่าเป็นประจำเพื่อที่สามารถควบคุมไฟได้ง่ายถ้าตรวจพบในขณะที่ไฟเพิ่งเกิดขึ้นได้ไม่นานซึ่งไฟยังไม่ลุกลามมากนัก วิธีการนี้มักจะทำแนวกันไฟเพื่อลดความต่อเนื่องของเชื้อเพลิงด้วย แต่ผลเสียที่เห็นได้ชัดเจนของการกำจัดไฟ คือ ทำให้เกิดบริบทของ

ไฟที่ผิดธรรมชาติ เกิดการสะสมของปริมาณเชื้อเพลิง เกิดพืชที่ไม่ทนไฟเข้าทดแทน การกระจายตัวของอายุพืชลดลงส่งผลให้ความถี่ของการเกิดไฟป่าลดลงแต่ความรุนแรงของไฟสูงขึ้นทำให้การดับไฟเป็นสิ่งที่ทำได้ยากและอันตรายที่สุดซึ่งผู้ที่ทำหน้าที่วางแผนและเจ้าหน้าที่ดับไฟป่าต้องเป็นผู้ที่มีความรู้และประสบการณ์ในการดับไฟป่ามาเป็นอย่างดีมีเช่นนั้นแล้วอาจทำให้การดับไฟป่าไม่ประสบผลสำเร็จและอาจเป็นอันตรายต่อตัวเจ้าหน้าที่เองด้วย ในอดีตการควบคุมไม่ให้เกิดไฟได้ถูกใช้ทั้งในประเทศไทยและในต่างประเทศแต่ในปัจจุบันอาจไม่ถือว่าเป็นวิธีการจัดการได้เพราะมีงานวิจัยเป็นจำนวนมากที่พบว่าเป็นการจัดการที่ทำให้เกิดไฟป่าที่รุนแรงได้ในอนาคต

2.2.4 การตัดต้นไม้หรือกิ่งไม้ลงบางส่วน

การตัดต้นไม้หรือกิ่งไม้ลงบางส่วน (Mechanical thinning) เป็นการตัดกิ่งของต้นไม้ที่อยู่ต่ำเกินไปและตัดต้นไม้บางต้นที่อยู่ชิดๆ กันไม่ให้หนาแน่นจนเกินไป โดยลดปริมาณต้นไม้ที่มีขนาดเล็กเส้นผ่าศูนย์กลางน้อยกว่า 50 เซนติเมตร และ มีความสูงไม่มาก ซึ่งจะทำในลักษณะกระจายทั่วพื้นที่ป่าในบริเวณที่ป่าที่มีความเสี่ยงของการเกิดไฟป่า วิธีการนี้ยังไม่ค่อยพบเห็นในประเทศไทยแต่นิยมใช้ในต่างประเทศโดยมักจะใช้ในพื้นที่ป่าสนโดยประโยชน์ของวิธีนี้ คือ การตัดกิ่งไม้ที่อยู่ต่ำจะช่วยเพิ่มความสูงของฐานเรือนยอดต้นไม้ทำให้โอกาสในการเกิดไฟเรือนยอดต่ำลงและการตัดต้นไม้บางส่วนก็ยังเป็นการเพิ่มพื้นที่ให้กับต้นไม้ในการเจริญเติบโต โดยมักจะใช้ร่วมกับวิธีการชิงเผาเพื่อลดเชื้อเพลิงที่ทำให้เกิดไฟผิวดินควบคู่กัน

2.2.5 การใช้ปุ๋ยสัตว์

การใช้ปุ๋ยสัตว์ เป็นการใส่สัตว์เลี้ยง เช่น วัว ควาย เป็นจำนวนมากเข้าไปกินหญ้าและใบอ่อนได้ซึ่งจะช่วยลดปริมาณของไม้พื้นล่างได้พอสมควรและเมื่อสัตว์เลี้ยงเดินอยู่ในป่าก็ยังเป็นการลดขนาดของใบไม้กิ่งไม้แห้งซึ่งจะเร่งให้ย่อยสลายได้เร็วขึ้นอีกด้วย การใช้สัตว์เลี้ยงทำให้เชื้อเพลิงแห้งและเปียกที่พื้นมีน้อยลงพอสมควรจึงไม่มีพื้นที่เสี่ยงที่จะทำให้เกิดไฟป่ารุนแรงแต่อาจจะได้รับผลกระทบด้านอื่น เช่น ต้นไม้มีขนาดเล็กและขึ้นหนาที่บนเรือนยอดขาดความสมบูรณ์ มีโรค และแมลงศัตรูพืช เนื่องจากการขาดไฟ วิธีนี้อาจจะไม่ได้ลดปริมาณเชื้อเพลิงได้มากเท่าที่ควรจึงอาจจะใช้เป็นวิธีการเสริมร่วมกับวิธีการหลัก

2.3 หลักการของโปรแกรม FARSITE ในการจำลองการลุกลามของไฟผิวดิน

FARSITE (Fire Area Simulator) เป็นแบบจำลองการลุกลามของไฟที่ใช้งานได้เพียงลำพัง โดยไม่ต้องใช้แบบจำลองตัวร่วม (Stand-alone fire growth model) ที่รวมเอารูปแบบพฤติกรรมของไฟ เช่น ไฟผิวดิน ไฟเรือนยอด ลูกไฟ และ ความชื้นเชื้อเพลิง โดยเทคนิคเวกเตอร์ของ Huygens ข้อมูลที่จะป้อนให้กับ FARSITE ประกอบด้วย 1) ชุดข้อมูล GIS ทั้งหมด 8 ชั้น ซึ่งอธิบายถึง ลักษณะภูมิประเทศ เชื้อเพลิงของไฟผิวดิน และ เชื้อเพลิงของไฟเรือนยอด 2) Data streams สำหรับ ลมและสภาพอากาศ 3) ข้อมูลรูปแบบเฉพาะของเชื้อเพลิงแต่ละชนิด 4) ความชื้นของเชื้อเพลิง และ 5) ตัวแก้ไขอัตราการลุกลามเพื่อปรับเทียบผลที่ได้จากแบบจำลองกับผลจากการทดลองภาคสนาม

FARSITE เป็นโปรแกรมจำลองระบบนิเวศในระดับภูมิประเทศซึ่งถูกออกแบบให้ใช้กับป่าที่มีการเปลี่ยนแปลงได้มากกว่าร้อยปี ข้อมูลสภาพอากาศจำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตและการสลายตัวของซากพืชซากสัตว์เป็นรายเดือน โดยเมื่อเกิดไฟขึ้นพฤติกรรมของมันก็จะถูกกำหนดโดยสภาพอากาศและลมที่เปลี่ยนแปลงเป็นรายชั่วโมง ซึ่งความแตกต่างของสภาพอากาศ เชื้อเพลิง และ ภูมิประเทศส่งผลให้เกิดความหลากหลายของพฤติกรรมไฟในปีถัดๆ ไปซึ่งเป็นผลที่เกิดจากไฟเอง เช่น การตายของต้นไม้และการลดลงของปริมาณเชื้อเพลิง ซึ่งทำให้สามารถทำนายบริบทของไฟ (Fire regime) ที่เปลี่ยนแปลงไปได้ โปรแกรม FARSITE ถูกเขียนด้วย C++ และทำงานด้วยระบบปฏิบัติการ Windows และ UNIX บนเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ให้ประสิทธิภาพการทำงานที่แตกต่างกันไปตามจำนวนของแหล่งกำเนิดไฟที่ถูกจำลอง การกำหนดความละเอียดของเวลาและพื้นที่ และการเลือกชนิดของข้อมูลแสดงผล

การสร้างแบบจำลองในโปรแกรม FARSITE จำเป็นต้องมีข้อมูลต่างๆเพื่อนำไปคำนวณด้วยสมการคณิตศาสตร์ที่มีอยู่ในแบบจำลองแล้วแสดงผลออกมาเป็นพฤติกรรมไฟ เช่น อัตราการลุกลาม ความรุนแรงของไฟ โดยวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะมุ่งเน้นการศึกษาไปที่ไฟผิวดินเท่านั้น เนื่องจากเป็นไฟชนิดที่จะเกิดขึ้นในป่าเต็งรัง ซึ่งหัวข้อนี้จะอธิบายถึง สมการคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการทำนายพฤติกรรมของไฟผิวดิน และ โครงสร้างข้อมูลที่ใช้ในการสร้างแบบจำลอง

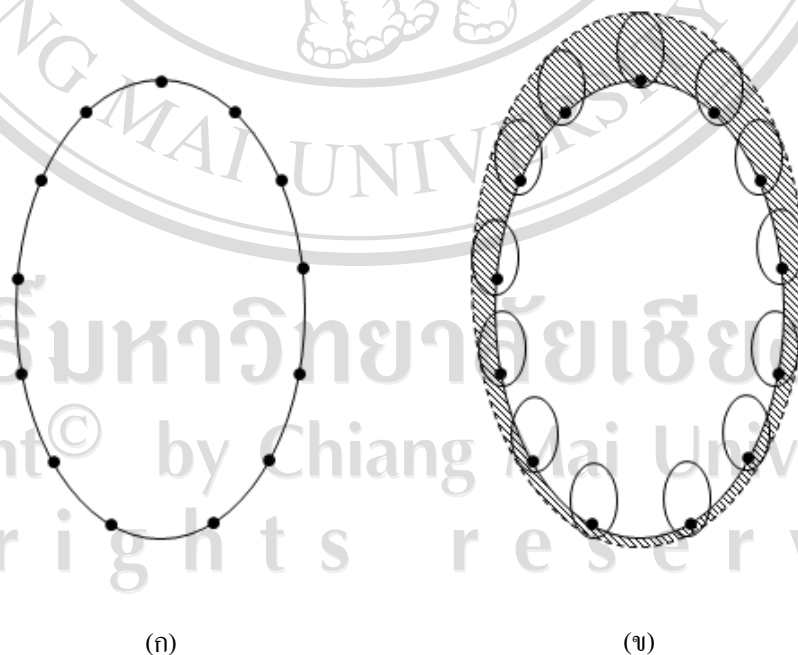
2.3.1 สมการคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการลุกลามของไฟผิวดิน

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงเฉพาะสมการที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองไฟผิวดินเนื่องจากป่าเต็งรังเป็นป่าผลัดใบทำให้มีโอกาสน้อยมากที่จะเกิดไฟเรือนยอดในฤดูไฟป่าทำให้ข้อมูลบางอย่างที่ใช้ใน

การจำลองไฟชนิดอื่นๆ ไม่ถูกกล่าวถึง การคำนวณพฤติกรรมของไฟผิวดินใน FARSITE จะประกอบด้วย การคำนวณรูปแบบการลุกลามของไฟตามสมการของ Huygens ซึ่งสมมุติให้ไฟลุกลามขยายออกเป็นรูปวงรี (Richards 1990, 1995) การคำนวณอัตราการลุกลามของไฟผิวดินตามสมการของ Rothermel (Rothermel 1972 และ Albini 1976) และการคำนวณความเร่งของอัตราการลุกลามของไฟตามสมการของ McAlpine และ Wakimoto (1991) ร่วมกับ Forestry Canada Fire Danger Group (1992) ดังนี้

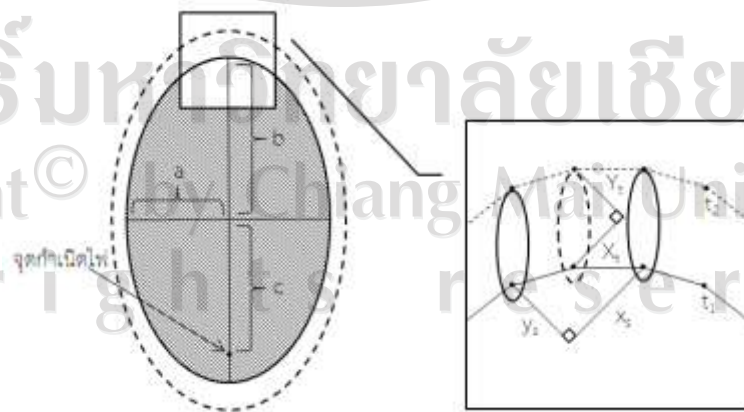
2.3.1.1 การลุกลามของไฟ

การคำนวณรูปแบบการลุกลามของไฟตามสมการของ Huygens ถูกพัฒนาโดย Richard (1990, 1995) ซึ่งกำหนดให้การขยายตัวของหน้าไฟจะเป็นรูปวงรีเริ่มจากศูนย์กลางของวงรีใหญ่ หลังจากนั้นได้สมมุติว่าจุดยอดแต่ละจุดสามารถจะเป็นจุดศูนย์กลางการขยายตัวของวงรีเล็กได้อย่างอิสระดังแสดงในภาพที่ 2.2 (ก) ทำให้เกิดจุดศูนย์กลางของวงรีใหญ่โดยมีจุดยอด (Vertex) ของวงรีเล็กที่ต่อกันไปเรื่อยๆ เป็นเส้นรอบวงเป็นเส้นปะจึงทำให้เกิดแนวของหน้าไฟขึ้นมาดังแสดงในภาพที่ 2.2 (ข)



รูปที่ 2.2 แสดงหลักการคลื่นวงรีของ Huygens (Finney M.A. 1998) (ก) แนวของหน้าไฟเริ่มต้น
(ข) แนวของหน้าไฟใหม่

หลักการของ Huygens ถูกใช้ในการจำลองการลุกลามของไฟในหลายรูปแบบ เริ่มจากการพัฒนาแบบจำลองการลุกลามของไฟในแนวรัศมีของ Sanderlin และ Sunderson (1975) ซึ่งใช้กริดของข้อมูลสภาพอากาศรวมถึงข้อมูลราสเตอร์ของเชื้อเพลิงและภูมิประเทศเพื่อประมาณการลุกลามของไฟ (Sanderlin และ Sunderson 1975; Sanderlin และ Van Gelder 1977) หลังจากนั้น Alexander (1985) ได้ตั้งสมมุติฐานว่าลมและความชันของพื้นที่มีผลต่ออัตราการลุกลามและรูปร่างของไฟ โดยทำให้การพาและแผ่รังสีความร้อนเปลี่ยนไปจึงมีผลต่อการลุกลามของไฟโดย Anderson and others (1982) ได้นำหลักการ Huygens มาพัฒนาสมการคณิตศาสตร์เรียกว่า “วิธีการเวกเตอร์” สำหรับแบบจำลองการลุกลามของไฟ สมการดังกล่าวได้เปรียบเทียบกับข้อมูลจากการทดลอง French and others (1990) and French (1992) โดยใช้เทคนิคทางกราฟิกคือ Computer graphics block-copy techniques ในการสร้างหน้าไฟโดยเทคนิค “four-point” (Beer 1990; French 1992) ซึ่งใช้จุดสี่จุดบนขอบวงรีบนแกนหลักและแกนรองเป็นจุดแพร่ของขอบเขตไฟใหม่ หลังจากนั้น Richards (1990) ได้สร้างสมการอนุพันธ์สำหรับการแพร่ที่จุดใดๆ โดยใช้รูปร่างวงรีเรียกว่า วงรีไฟ (Elliptical fire) เทคนิคนี้ได้ถูกนำมาใช้กับแบบจำลองในโปรแกรม FARSITE โดยใช้จุดยอดของเส้นขอบเขตการลุกลาม (Fire perimeter polygon) เป็นจุดศูนย์กลางในการแพร่ โดยข้อมูลที่จำเป็นในแต่ละศูนย์กลางของการลุกลามประกอบด้วย (1) ตัวกำหนดทิศทางของจุดยอดบนหน้าไฟในเทอมขององค์ประกอบอนุพันธ์ (x_s และ y_s , m) (2) ทิศทางของอัตราการลุกลามของไฟสูงสุด (Maximum fire spread rate, θ) และ (3) รูปร่างของวงรีไฟหาได้จากเงื่อนไขเฉพาะที่ถึงจุดยอดซึ่งอยู่ในเทอมของขนาดกว้าง ยาว และ หยา (a b และ c, m min⁻¹) ดังแสดงในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 ขนาดของคลื่นวงรีและพารามิเตอร์ที่ใช้ในการคำนวณการลุกลามของไฟด้วยสมการที่ 2.1 และ 2.2

(Finney M.A. 1999)

ซึ่งผลการคำนวณจะอยู่ในรูปของอนุพันธ์ของการคูณแบบไขว้ (Orthogonal spread rate differentials, $m \min^{-1}$) X_t และ Y_t สำหรับจุดยอดที่กำหนดดังนี้

$$X_t = \frac{a^2 \cos \theta (x_s \sin \theta + y_s \cos \theta) - b^2 \sin \theta (x_s \cos \theta - y_s \sin \theta)}{(b^2 (x_s \cos \theta + y_s \sin \theta)^2 - a^2 (x_s \sin \theta - y_s \cos \theta)^2)^{1/2}} + c \sin \theta \quad (2.1)$$

$$Y_t = \frac{-a^2 \sin \theta (x_s \sin \theta + y_s \cos \theta) - b^2 \cos \theta (x_s \cos \theta - y_s \sin \theta)}{(b^2 (x_s \cos \theta + y_s \sin \theta)^2 - a^2 (x_s \sin \theta - y_s \cos \theta)^2)^{1/2}} + c \cos \theta \quad (2.2)$$

โดยขนาด a , b และ c ของแกนวงรีในสมการที่ (2.1) และ (2.2) อธิบายถึงรูปร่างของวงรีไฟที่ถูกสร้างที่จุดยอดเดิม เมื่อ Alexander (1985) สมมุติว่าผลของลมและความชื้นที่มีต่อรูปร่างของไฟจะเป็นสัดส่วนกับผลของอัตราการลุกลามไปข้างหน้าซึ่งสมมุติฐานนี้ยังไม่ได้รับการพิสูจน์ในทางทฤษฎีแต่มีการตรวจสอบแล้วในการทดลองกับลม รูปร่างของไฟอาจเกิดจากผลกระทบที่แตกต่างกันของลมและความชื้นเนื่องจากผลของการพาและการแผ่รังสีความร้อนที่แตกต่างกันที่มีต่อการลุกลามไฟ

ขนาดของวงรีไฟมีความสัมพันธ์กับความเร็วลมโดยใช้สมการที่ได้จากการทดลอง (Alexander 1985; Forestry Canada Fire Danger Group 1992; Rothermel 1991) สมการเหล่านี้มีรูปแบบที่แตกต่างกันและมาจากรูปร่างไฟที่หลากหลายสำหรับแต่ละความเร็วลม โดยไม่คำนึงถึงสิ่งที่มีความถูกต้องมากที่สุด คือ ช่วงและความไม่แน่นอนของความเร็วลมในแต่ละเวลาด้วยความสูงในแนวตั้ง โครงสร้างของป่า และ ความไม่สม่ำเสมอของภูมิประเทศ ซึ่งพิจารณาสำหรับการเปลี่ยนแปลงของรูปร่างไฟในแต่ละแบบจำลอง ดังนั้น สำหรับสมการปัจจุบันถูกพัฒนาโดย Anderson (1983) ซึ่งอัตราส่วนความยาวต่อความกว้าง (LB, Length to breadth ratio) สมมุติว่าไฟลุกลามเป็นรูปวงรีเดียว (Alexander 1985) (ไม่ใช่วงรีคู่)

$$LB = 0.936e^{(0.2566U)} + 0.461e^{(-0.1548U)} - 0.397 \quad (2.3)$$

สมการเดิมของ Anderson (1983) ถูกแก้ไขโดยการลบค่า LB ด้วยค่าคงที่ 0.397 ซึ่งทำให้ $LB = 1$ บนพื้นที่ราบเรียบและไม่มีลม ในความเป็นจริงแล้วความถูกต้องของการทำนายการลุกลามของไฟเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงตามธรรมชาติของทิศทางลมที่ความถี่สูง (เกี่ยวข้องกับข้อมูลที่ใช้ป้อนเป็น U) ทำให้ LB ลดลงสำหรับไฟที่เกิดขึ้นจริง นอกจากนี้สมการ Anderson (1983) สามารถสร้าง

ไฟที่ผิดปกติมากๆ ซึ่งเกิดจากความเร็วลมที่สูง (Rothermel 1991) วังรีที่มี LB มากกว่า 8 จะถูกลดขนาดลงไม่ให้เกินค่าสูงสุดของการทดลองอ้างอิงจาก Alexander (1985)

สมมติให้โฟกัสด้านหลังของวังรี (The rear focus of the ellipse) เป็นจุดกำเนิดไฟ (Alexander 1985) อัตราส่วนหัวต่อหางของวังรี (The heading-to-backing ratio) จะเป็น

$$HB = (LB + (LB^2 - 1)^{0.5}) / (LB - (LB^2 - 1)^{0.5}) \quad (2.4)$$

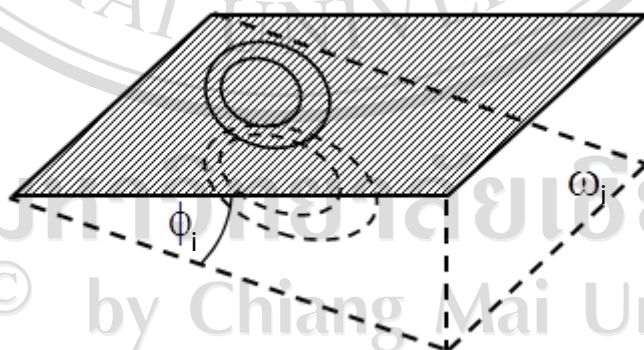
จากขนาด a, b และ c ของแกนวังรีสามารถคำนวณได้โดยใช้อัตราการลุกลามของไฟ R ($m \min^{-1}$) ของไฟผิวดินหรือไฟเรือนยอดดังนี้

$$a = 0.5(R + R/HB) / (LB) \quad (2.5)$$

$$b = (R + R/HB) / 2.0 \quad (2.6)$$

$$c = b - R/HB \quad (2.7)$$

ในกรณีของพื้นราบ Richard (1990, 1995) พัฒนา Transformation for Sloping Terrain โดย The angle differentials (x_s และ y_s) จะเป็นตัวกำหนดทิศทางการลุกลามของไฟสำหรับจุดศูนย์กลางแต่ละจุดในระนาบขนานกับพื้นดิน โดยจะปรับค่าอัตราการลุกลามในแนวราบด้วยสัมประสิทธิ์การปรับค่าความชัน (Slope correction, D , m) เพื่อให้อัตราการการลุกลามสอดคล้องกับทิศทางการรับแสง (Aspect, ω_i , Radians) ของจุดยอดที่ i เป็นหลักดังภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 แสดงการลุกลามของไฟในแนวระดับกับแนวเอียง (Finney M.A. 1998)

$$x_s = (x_{i-1} - x_{i+1}) \pm D_i \sin \omega_i \quad (2.8)$$

$$y_s = (y_{i-1} - y_{i+1}) \pm D_i \cos \omega_i \quad (2.9)$$

ซึ่ง D_i คือความแตกต่างระหว่างระยะที่วัดจากขอบของส่วนวงรี $(x_{i-1}, y_{i-1}) - (x_{i+1}, y_{i+1})$ บนระนาบแนวระดับและระนาบเอียง (The horizontal and local sloping plane) ที่จุดยอด i^{th} ใน Aspect direction (ω_i) ซึ่งคำนวณจากสมการดังนี้

$$D_i = [(x_{i-1} - x_{i+1})^2 + (y_{i-1} - y_{i+1})^2]^{1/2} \cos \delta_i (1 - \cos \phi_i) \quad (2.10)$$

ϕ_i คือ Local slope (radians) ใน Aspect direction (ω_i , Radians) ส่วน δ_i คือความแตกต่างระหว่างทิศทางการรับแสงแดด (Aspect direction) และทิศทางเส้นรอบวงของการลูกกลม (Orientation angle of the perimeter segment, α_i) ซึ่งอ้างอิงกับระบบพิกัดของระนาบผิวดินดังนี้

$$\delta_i = \tan^{-1} \left(\frac{\tan(\omega_i - \alpha_i)}{\cos \phi_i} \right) \quad (2.11)$$

ซึ่ง α_i คือ The orientation angle (radians) of the perimeter segment บนระนาบตามขวางซึ่งสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\alpha_i = \tan^{-1} \left[(y_{i-1} - y_{i+1}) / (x_{i-1} - x_{i+1}) \right] \quad (2.12)$$

ค่าเหล่านี้คือค่าที่คำนวณอย่างหยาบๆ ในมุมปกติ (Normal angle) ของหน้าไฟเพราะจุดยอดใช้เพื่อการคำนวณ D_i จะตั้งอยู่ในระนาบที่แตกต่างของภูมิประเทศที่แตกต่างกันสำหรับการเปลี่ยนแปลงอนุพันธ์ของการลูกกลมมุมฉาก (X_i และ Y_i) ให้อยู่ในระนาบตามขวาง (X'_i และ Y'_i) สามารถคำนวณได้จากสมการดังนี้

$$X'_i = X_i \pm D_i \sin \omega_i \quad (2.13)$$

$$Y'_i = Y_i \pm D_i \cos \omega_i \quad (2.14)$$

ซึ่ง D_r คือความแตกต่างของอัตราการลูกกลม ($m \min^{-1}$) ระหว่างระนาบแนวระดับและระนาบเอียงในทิศทางการรับแสง (ω_i) ดังนี้

$$D_r = [X_i^2 + Y_i^2]^{1/2} \cos \left(\omega_i - \tan^{-1} (Y_i / X_i) \right) (1 - \cos \phi_i) \quad (2.15)$$

และถูกเพิ่มหรือลบออกจากองค์ประกอบของการแพร่ขึ้นอยู่กับมุมรับแสงแดด (Aspect angle) ดังนั้นพิกัดใหม่ในแนวนอนสำหรับจุดยอด i^h ที่เป็นผลผลิตกันซ์ของชั้นเวลาและ X'_i และ Y'_i ระยะการลุกลามในแนวนอนในช่วงเวลานั้นจะถูกคำนวณโดยทฤษฎีของ Pythagorean

2.3.1.2 อัตราการลุกลามและความรุนแรงของไฟผิวดิน

การคำนวณอัตราการลุกลามของไฟผิวดินจะใช้สมการการลุกลามของไฟผิวดินของ Rothermel (Rothermel 1972; Albini 1976) ซึ่งกำหนดให้ไฟมีลักษณะการลุกลามที่คงที่ในระนาบขนานกับพื้นผิวที่ทุกจุดของการลุกลามมีสมการดังนี้

$$R = \frac{I_R \xi (1 + \Phi_w + \Phi_s)}{\rho_b \varepsilon Q_{ig}} \quad (2.16)$$

โดยที่ ξ = The propagating flux ration

ρ_b = Owendry bulk density, kg m^{-3}

ε = Effective heating number, dimensionless

Q_{ig} = Heat of pre-ignition, kJ kg^{-1}

โดยค่า Reaction intensity (I_R) หมายถึงอัตราการปลดปล่อยพลังงานของหน้าไฟที่มาจากแก๊สที่กำลังลุกไหม้ที่ปลดปล่อยออกมาจากสารประกอบอินทรีย์ในเชื้อเพลิง ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงของสารประกอบอินทรีย์เหล่านี้จากของแข็งเป็นแก๊สจะใกล้เคียงกับอัตราการปลดปล่อยความร้อนที่เกิดขึ้นภายหลังการเกิดไฟ ค่านี้เรียกอีกอย่างว่าอัตราการปลดปล่อยความร้อนต่อหน่วยพื้นที่ของหน้าไฟและค่าสัมประสิทธิ์ลมและสัมประสิทธิ์ความชันจากสมการคือเทอมที่เพิ่มขึ้นมาเพื่อปรับค่าอัตราการลุกลามในกรณีพื้นราบและไม่มีลม ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์ลมและสัมประสิทธิ์ความชันนี้เป็นค่าที่ได้มาจากการทดลองในสภาวะจำลอง

$$\Phi_s = 5.275 \beta^{-0.3} \tan \phi^2 \quad (2.17)$$

$$\Phi_w = C(3.281U)^B \left(\frac{\beta}{\beta_{op}} \right)^{-E} \quad (2.18)$$

ซึ่ง β คือ Packing ratio ของชั้นเชื้อเพลิงและ ϕ คือความชันมีหน่วยเป็น Radians และ U คือ ค่าความเร็วลมที่ระดับเปลวไฟ (Midflame windspeed) มีหน่วยเป็น m s^{-1} ส่วนค่าสัมประสิทธิ์ต่างๆ (เช่น C_B และ E) จะขึ้นอยู่กับขนาดของอนุภาคเชื้อเพลิง (Burgan 1987; Rothermel 1972)

ยังมีตัวแปรอีกหนึ่งตัวที่มีความสำคัญพอๆกับอัตราการลุกลาม (R) ซึ่งก็คือ ความรุนแรงของไฟ (Fireline intensity, I_b , kW m^{-1}) อธิบายถึงอัตราการปลดปล่อยพลังงานต่อหน่วยความยาวของหน้าไฟ (Byram 1959)

$$I_b = hwR / 60 \quad (2.19)$$

โดยที่ h เป็นค่าความร้อนจำเพาะของเชื้อเพลิง (kJ kg^{-1}) และ w เป็นน้ำหนักของเชื้อเพลิงต่อหน่วยพื้นที่ (kg m^{-2}) และ $R/60$ เป็นอัตราการลุกลามของไฟที่แปลงหน่วยเป็น (m s^{-1}) ซึ่งจะถูกคำนวณใน BEHAVE และ FARSITE เป็นรูปแบบที่ใช้ในโปรแกรมจริง

$$I_b = \frac{I_R}{60} \frac{12.6R}{\sigma} \quad (2.20)$$

โดยที่ σ เป็นอัตราส่วนพื้นที่ผิวต่อปริมาตรของเชื้อเพลิง (m^{-1}) พฤติกรรมไฟ (อัตราการลุกลาม ความรุนแรง) ถูกคำนวณสำหรับไฟที่สภาวะคงที่ซึ่งขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมในปัจจุบัน เช่น ลักษณะและความชื้นของเชื้อเพลิง ความเร็วและทิศทางของลม และ ภูมิประเทศ ความชันและมุมรับแสงแดด ปัจจัยทั้งหมดจะต้องใช้และคำนวณได้ในทุกๆ ตำแหน่งและทุกๆ ช่วงเวลา

2.3.1.3 ความเร่งของไฟ

ความเร่งของไฟ (Fire acceleration) คืออัตราการเพิ่มขึ้นของอัตราการลุกลามสำหรับแหล่งกำเนิดไฟโดยสมมุติให้สภาพแวดล้อมของไฟทั้งหมดคงที่ตลอดลุกลาม คำอธิบายอื่นๆ ของความเร่งของไฟจะรวมถึงอัตราการเพิ่มขึ้นที่เกิดจากปริมาณเชื้อเพลิงที่ติดไฟเพิ่มมากขึ้น หรือ การตากแห้งของเชื้อเพลิงระหว่างวัน หรือ ความเร็วลมที่เพิ่มขึ้น (Cheney 1981; Cheney and Gould 1997) แต่ในความเป็นจริงการเพิ่มขึ้นของอัตราการลุกลามในสถานการณ์เหล่านี้เกิดจากสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนไปจนสร้างระดับที่มีศักยภาพสูงของอัตราการลุกลามสมดุลย์ (Fire spread rate equilibrium) ชนิดของการเปลี่ยนแปลงเหล่านี้ถูกระบุเป็นการจำลองการเคลื่อนที่ผ่านสภาพแวดล้อมแบบไดนามิกส์เมื่อไม่มีความเร่ง

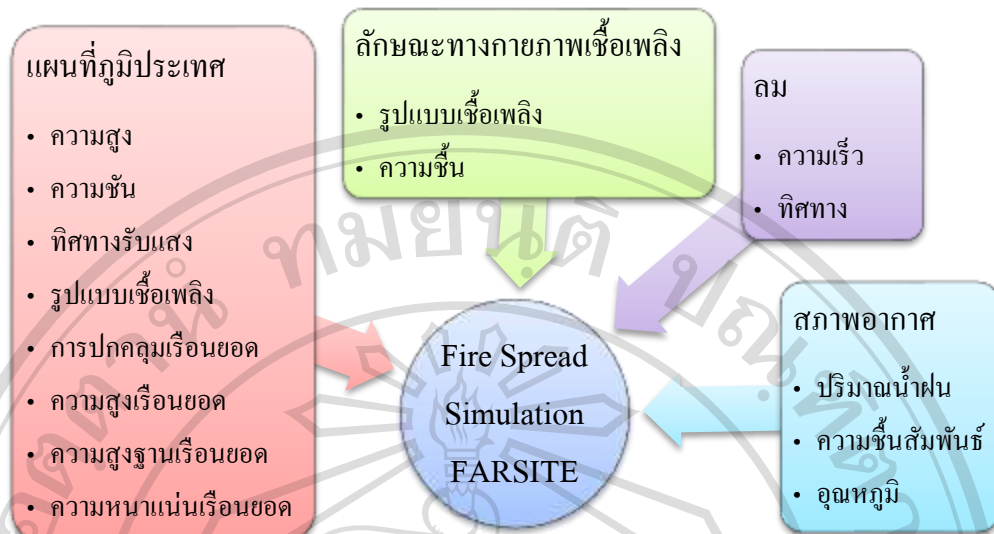
การคำนวณความเร่งของอัตราการลุกลามของไฟถูกนำมาใช้ในแบบจำลองในโปรแกรม FARSITE เพื่อลดการเพิ่มขึ้นอย่างฉับพลันของอัตราการลุกลามซึ่งเกิดจากการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วของความเร็วลม ความชื้น และการเปลี่ยนของชนิดเชื้อเพลิงด้วย สมการลอการิทึมอย่างง่ายสำหรับ Point-source fires ของ The Canadian Forest Fire Behavior Prediction System โดยสมมุติให้อัตราการลุกลามของไฟ R_t ที่เวลา t ใดๆ ขึ้นอยู่กับเวลาที่ให้ความเร่งเพิ่มได้มากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ภายใต้สภาวะที่เวลานั้นๆ (Forestry Canada Fire Danger Group 1992; McAlpine and Wakimoto 1991) ไฟจะถูกสมมุติให้ช้าลงทันทีเมื่อเข้าสู่สภาพแวดล้อมใหม่ซึ่งจะทำให้อัตราการลุกลามของไฟช้าลงดังนี้

$$R_t = R(1 - e^{-a_a t}) \quad (2.21)$$

ซึ่ง R_t คือ Equilibrium spread rate ($m \cdot min^{-1}$), t คือ เวลาที่ผ่านไป Elapsed time (min) และ a_a คือ ค่าคงที่ในการกำหนดอัตราของความเร่ง (Constant that determines the rate of acceleration) เมื่อเริ่มต้นขึ้นเวลาใหม่อัตราการลุกลามจะถูกเร่งจากค่าเดิมไปสู่อัตราการลุกลามสมดุลใหม่ที่คำนวณจากสภาวะปัจจุบันค่าคงที่ในการกำหนดอัตราของความเร่งสามารถตั้งค่าตามชนิดเชื้อเพลิงที่ยอมรับกัน ตัวอย่างเช่น ไฟจากหญ้าจะเร่งความเร็วได้มากกว่าไฟจากท่อนไม้หรือเชื้อเพลิงหนักอื่นๆ ยิ่งไปกว่านั้นเมื่ออาณาเขตของเวลาคอนข้างต้นอัตราเร่งของไฟจะมีความสำคัญต่อการพิจารณาอัตราการลุกลามและความรุนแรงของไฟซึ่งสภาพแวดล้อมเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว

2.3.2 โครงสร้างข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณ (Structure of Input Parameters)

การสร้างแบบจำลองในโปรแกรม FARSITE นั้นจำเป็นจะต้องมีข้อมูล ASCII ที่สำคัญ คือ ข้อมูลภูมิประเทศ ข้อมูลรูปแบบเชื้อเพลิง ข้อมูลสภาพอากาศ ข้อมูลลม และ ข้อมูลความชื้นเชื้อเพลิง ดังแสดงในภาพที่ 2.5 ซึ่งจะถูกนำมาคำนวณด้วยสมการทางคณิตศาสตร์แล้วแสดงผลเป็นพฤติกรรมไฟ โดยชนิดของข้อมูลที่มีนามสกุลต่างๆ ที่ผู้อ่านจะต้องพบในการศึกษาถึงการใช้แบบจำลองไฟป่า FARSITE จะมีอยู่ 4 ชนิดด้วยกันซึ่งต้องทำความเข้าใจก่อนเพื่อให้ง่ายต่อการศึกษามีดังนี้



รูปที่ 2.5 แสดงข้อมูล ASCII ที่สำคัญสำหรับการจำลองการลุกลามของไฟ

1) แผนที่ลักษณะความสูงของภูมิประเทศแบบดิจิทัล (DEM - Digital elevation model) เป็นโมเดลของข้อมูลจำลองลักษณะทางภูมิศาสตร์ของพื้นผิวและชั้นความสูงในลักษณะของดิจิทัล การเก็บข้อมูลเพื่อนำมาสร้างเดิมนั้นจะถูกเก็บด้วยวิธี Remote sensing เป็นส่วนใหญ่ ด้วยดาวเทียมของโครงการสำรวจพื้นผิวโลกของหน่วยงาน เช่น NASA หรือหน่วยงานสำรวจที่สังกัดรัฐบาลประเทศต่างๆ เช่น แคนาดา ญี่ปุ่น เป็นต้น แต่ก็สามารถสร้างขึ้นมามีด้วยวิธีการ Local sensing เช่น การทำรังวัด และการสำรวจ

2) ข้อมูลราสเตอร์ (Raster data) เช่น แผนที่ความสูง ซึ่งเป็นข้อมูลที่เก็บในรูปแบบของช่องสี่เหลี่ยมเล็กๆเรียกว่า พิกเซล (Pixels) ข้อมูลที่มีโครงสร้างเป็นช่องเหลี่ยมเรียกว่า จดภาพ (Grid cell) เรียงต่อเนื่องกันในแนวราบและแนวดิ่ง ในแต่ละจุดภาพสามารถเก็บค่าได้ 1 ค่าความสามารถแสดงรายละเอียดของข้อมูลขึ้นอยู่กับขนาดของเซลล์ ณ จุดพิกัดที่ประกอบขึ้นเป็นฐานข้อมูลแสดงตำแหน่งจุดนั้น

3) ข้อมูลเวกเตอร์ (Vector data) คือข้อมูลที่แสดงด้วย จุด หรือ เส้น หรือ พื้นที่ แบบ Cartesian coordinate system ที่ประกอบด้วยจุดพิกัดทางแนวราบคือ (X, Y) และ แนวดิ่งคือ (Z) ถ้าเป็นพิกัดตำแหน่งเดียวก็จะเป็นค่าของจุดถ้าจุดพิกัดสองจุดหรือมากกว่าจะเป็นค่าของเส้น ส่วนพื้นที่นั้นจะต้องมีจุดมากกว่า 3 จุดขึ้นไป และจุดพิกัดเริ่มต้นและจุดพิกัดสุดท้ายจะต้องอยู่ตำแหน่งเดียวกัน เช่น ถนน แม่น้ำ ขอบเขตการปกครอง

4) ข้อมูลแอสกี (ASCII file) หรือ Text file คือ ข้อมูลที่ไม่ใช่โปรแกรมแต่มีตัวอักษรที่ใช้เป็นรหัสแอสกีทั้งหมด ข้อมูลแอสกีมีลักษณะเฉพาะคือเป็นข้อมูลที่ไม่มีรูปแบบในการจัดหน้าซึ่งข้อความจะยาวไปเรื่อยๆ โดยไม่มีการขึ้นบรรทัดใหม่นอกจากจะเริ่มเขียนใหม่ตรงข้ามกับ Document file ซึ่งหมายถึงแฟ้มข้อมูลที่มีการจัดรูปหน้าไว้แล้ว

2.3.2.1 Landscape Data Inputs

Landscape data inputs (.lcp) หรือข้อมูลภูมิประเทศซึ่งจะมีลักษณะเป็นแผนที่ประกอบด้วยแผนที่ความสูง แผนที่ความชัน แผนที่ทิศทางรับแสงแดด แผนที่รูปแบบเชื้อเพลิง แผนที่การปกคลุมเรือนยอด แผนที่ความสูงเรือนยอด แผนที่ความสูงฐานเรือนยอด และ แผนที่ความหนาแน่นเรือนยอด (ตารางที่ 2.1) โดยจะไม่ใช่คำว่า “แผนที่” ในการกล่าวถึงอีกเพื่อป้องกันการสับสน แผนที่เหล่านี้จะเป็นข้อมูลราสเตอร์ (Raster) ที่นำมาจาก DEM โดยใช้โปรแกรม ArcMAP แปลข้อมูลจากความสูงไปเป็น แผนที่ความสูง แผนที่ความชัน และ แผนที่ทิศทางรับแสงแดด ให้โปรแกรม FARSITE ซึ่งจะอยู่ในรูปของข้อมูล ASCII เรียงซ้อนกันเป็นชั้นข้อมูล ส่วนแผนที่ที่เหลือจะนำจากการแปลภาพถ่ายดาวเทียมหรือการสำรวจด้วยวิธีการอื่น โดยจะต้องมีชั้นข้อมูลราสเตอร์ไม่น้อยกว่า 5 ชั้น คือ ความสูง ความชัน มุมรับแสงแดด เชื้อเพลิง ความหนาแน่นเรือนยอด จึงสามารถสร้างแบบจำลองไฟผิวดินได้ซึ่งความละเอียดของข้อมูลราสเตอร์โดยทั่วไปจะอยู่ที่ 25 ถึง 50 เมตรเมื่อเทียบกับพื้นที่จริง นอกจากนี้ในข้อมูลภูมิประเทศยังสามารถเพิ่มเติมแผนที่ถนนหรือทางน้ำได้ด้วยเพื่อสร้างความถูกต้องให้กับแบบจำลองพฤติกรรมไฟ โดยจะเพิ่มเข้ามาในรูปของข้อมูลเวกเตอร์

ตารางที่ 2.1 ข้อมูลราสเตอร์ที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองไฟ

ชนิดข้อมูล	หน่วย	คำอธิบาย
ความสูง (Elevation)	m	ใช้สำหรับปรับค่าของอุณหภูมิและความชื้นตามข้อมูลระดับความสูงอ้างอิงกับข้อมูลสภาพอากาศ
ความชัน (Slope)	degree	ใช้ในการคำนวณผลกระทบที่มีต่อการลุกลามของไฟโดยตรงและมีผลกับทิศทางการรับแสงซึ่งเป็นตัวกำหนดมุมของการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ที่เกิดขึ้น (รวมทั้งละติจูด วันที่ และ เวลา ก็มีผลกับทิศทางการรับแสงด้วย) อีกทั้งยังทำให้อัตราการลุกลามและทิศทางเปลี่ยนแปลง

ตารางที่ 2.1(ต่อ) ข้อมูลราสเตอร์ที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองไฟ

ชนิดข้อมูล	หน่วย	คำอธิบาย
ทิศทางรับแสง (Aspect)	degree	เหมือนความชัน
รูปแบบเชื้อเพลิง (Fuel Model)	-	จัดหาคำอธิบายทางกายภาพของเชื้อเพลิงผิวดินซึ่งเป็นตัวกำหนดพฤติกรรมของไฟผิวดิน (Anderson 1982) รูปแบบเชื้อเพลิงประกอบด้วย น้ำหนักที่แบ่งตามระดับขนาด ประเภทของพืชที่ตายแล้วยังมีชีวิต อัตราส่วนของพื้นที่ผิวกับปริมาตรและความหนาเชื้อเพลิงรวม
การปกคลุมเรือนยอด (Canopy Cover)	percent	เป็นตัวกำหนดการบังแสงโดยเฉลี่ยของเชื้อเพลิงผิวดิน (Rothermel <i>et al.</i> 1986) ซึ่งมีผลต่อการคำนวณเชื้อเพลิงผิวดิน อีกทั้งยังเป็นตัวกำหนดปัจจัยของการบังลมซึ่งจะลดความเร็วลมจากความเร็วลมอ้างอิงที่กำหนดในตอนแรกทำให้มีผลกระทบต่อไฟผิวดิน (Albini and Baughman 1979)
ความสูงเรือนยอด (Canopy Height)	m	มีผลต่อตำแหน่งที่สัมพันธ์กับ A logarithmic wind profile ซึ่งจะถูกขยายตัวเหนือภูมิประเทศ รวมทั้งความหนาแน่นเรือนยอดซึ่งเป็นปัจจัยที่มีผลกับการบังลม (Albini and Baughman 1979)
ความสูงฐานเรือนยอด (Crown Base Height)	m	นำไปใช้กับความรุนแรงไฟและความชื้นของเชื้อเพลิงเปียกเพื่อคำนวณการเปลี่ยนแปลงจากไฟผิวดินไปสู่ไฟเรือนยอด (Alexander 1988 and Van Wagner 1977)
ความหนาแน่นเรือนยอด (Crown Bulk Density)	kg m ⁻³	น้ำหนักแห้งของเรือนยอดต่อลูกบาศก์เมตรเป็นค่าเฉพาะของต้นไม้ที่บอกถึงปริมาณเชื้อเพลิงของไฟเรือนยอดซึ่งจะนำไปสู่การคำนวณพฤติกรรมของไฟเรือนยอด (Van Wagner 1977, 1993)

2.3.2.2 Custom Surface Fuel Models

Custom surface fuel models (.fmd) หรือข้อมูลรูปแบบเชื้อเพลิงซึ่งจะเป็นตัวกำหนดคุณสมบัติของเชื้อเพลิงชนิดต่างๆที่มีอยู่ในแผนที่รูปแบบเชื้อเพลิงคล้ายกับการทำบัญชีข้อมูล โดยจะเก็บบันทึกค่าทางกายภาพทั้งหมดของเชื้อเพลิงผิวดินไว้ได้หลายชนิดด้วยกัน ผู้จำลองสามารถสร้างหรือปรับเปลี่ยนค่าทางกายภาพได้ในช่วงก่อนการจำลองโดยใช้ Text editing เช่น Notepad หรือ WordPad หรือ Spreadsheet อีกทางเลือกหนึ่งคือเลือกใช้มาตรฐานข้อมูลรูปแบบเชื้อเพลิงที่มีอยู่แล้วในโปรแกรมก็ได้ซึ่งสามารถดูรายละเอียดได้จากงานของ Scott J.H. และ Burgan R.E. (2005) โดยข้อมูลรูปแบบเชื้อเพลิงจะแสดงรายละเอียดดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ข้อมูลรูปแบบเชื้อเพลิง

ชนิดข้อมูล	หน่วย	คำอธิบาย
Fuel Model Number	number 14-89	หมายเลขของเชื้อเพลิงซึ่งจะเชื่อมโยงกับแผนที่รูปแบบเชื้อเพลิง
Fuel Model Code	-	อักษรของเชื้อเพลิงซึ่งจะเชื่อมโยงกับแผนที่รูปแบบเชื้อเพลิง
Fuel Loading	metric tons/hectare	ปริมาณเชื้อเพลิงต่อตารางเมตรซึ่งแบ่งเป็นเชื้อเพลิงแห้งออกเป็น 3 ขนาด คือ เล็ก ¹ กลาง ² ใหญ่ ³ และเชื้อเพลิงเปียก 2 ชนิด คือ ส่วนลำต้น และ ส่วนใบ
Fuel Model Type	"static" or "dynamic"	การแปรผันของความชื้นเชื้อเพลิง
Surface to Volume Ratio	l/cm	อัตราส่วนพื้นที่ผิวต่อปริมาตรของเชื้อเพลิง
Fuel Bed Depth	cm	ความหนาของเชื้อเพลิง
Moisture of Extinction	percent	ความชื้นที่เชื้อเพลิงสามารถติดไฟได้
Heat Content fuels	J/kg	ค่าความร้อนจำของเชื้อเพลิงทั้งเชื้อเพลิงแห้งและเชื้อเพลิงเปียก
Fuel Model Name	-	ชื่อของเชื้อเพลิงที่จะตั้ง

¹ ปริมาณเชื้อเพลิงขนาดเล็ก หมายถึง น้ำหนักของใบไม้แห้งกับกิ่งไม้ขนาดเล็กเส้นผ่าศูนย์กลางไม่เกิน ¼ นิ้วต่อพื้นที่หนึ่งตารางเมตร

² ปริมาณเชื้อเพลิงขนาดกลาง หมายถึง น้ำหนักของกิ่งไม้ขนาดกลางเส้นผ่าศูนย์กลางไม่เกิน ¼ นิ้ว ถึง 1 นิ้วต่อพื้นที่หนึ่งตารางเมตร

³ ปริมาณเชื้อเพลิงขนาดใหญ่ หมายถึง น้ำหนักของกิ่งไม้ขนาดกลางเส้นผ่าศูนย์กลางไม่เกิน 1 นิ้ว ถึง 3 นิ้วต่อพื้นที่หนึ่งตารางเมตร

2.3.2.3 Weather and Wind Inputs

ในทางอุดมคติข้อมูลสภาพอากาศและลมสามารถที่จะป้อนข้อมูลเพื่อจำลองการลุกลามของไฟเป็นกริดสามมิติสำหรับทุกตัวแปรที่มีผลต่อการคำนวณพฤติกรรมไฟและความชื้นเชื้อเพลิงแท้จริงแล้วการจำลองการลุกลามของไฟจะใช้หลักการของ Huygens (Christiaan Huygens เป็นนักคณิตศาสตร์ ดาราศาสตร์และฟิสิกส์ชาวดัตช์ เกิดเมื่อ 14 เมษายน ค.ศ 1629) ที่ไม่ได้จำกัดชนิดหรือความละเอียดของข้อมูลสภาพอากาศและลม แต่สำหรับการใช้งานจริง เช่น การคาดการณ์การลุกลามของไฟในระดับภาคสนาม ข้อมูลสภาพอากาศและลมจะต้องคาดการณ์จากสถานีบันทึกสภาพอากาศเพียงไม่กี่แห่ง (Weather recording stations) ที่เป็นตัวแทนของสถานที่เกิดไฟ

Weather inputs (.wtr) หรือข้อมูลสภาพอากาศประกอบด้วยอุณหภูมิและความชื้นต่ำสุดและสูงสุดแบบรายวันรวมทั้งปริมาณฝนที่ระดับความสูงที่กำหนดที่มาจากการเก็บในภาคสนาม (ตารางที่ 2.3) ข้อมูลเหล่านี้ใช้ในการสร้างรูปแบบสภาพอากาศช่วงเวลากลางวันเพื่อใส่ลงในรูปแบบภูมิประเทศซึ่งจะนำไปคำนวณความชื้นของเชื้อเพลิงแห้ง อุณหภูมิและความชื้นถูกสมมุติให้ตอบสนองอย่างตรงข้ามกันเมื่อเวลาผ่านไปเป็นเส้นโค้งโคไซน์ระหว่างต่ำสุดและสูงสุด (Beck and Trevitt 1989; Rothermel *et al.* 1986) เมื่อระดับความสูงเริ่มต้นหรือระดับความสูงที่เก็บข้อมูล ณ ตำแหน่งใดๆ บนภูมิประเทศเปลี่ยนแปลงโปรแกรมจะทำการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ (1 องศาเซลเซียส ต่อ 100 เมตร) และความชื้น (0.2 เปอร์เซ็นต์ ต่อ 100 เมตร) โดยปริมาณน้ำฝนจะสมมุติให้คงที่

ตารางที่ 2.3 ตัวอย่างข้อมูลสภาพอากาศที่ใช้ในแบบจำลอง

เดือน	วัน	ปริมาณฝน (มิลลิเมตร)	ชั่วโมงแดด		อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)		ความชื้นสัมพัทธ์ (เปอร์เซ็นต์)		ความสูง (เมตร)
			AM	PM	ต่ำสุด	สูงสุด	ต่ำสุด	สูงสุด	
03	04	00	0600	1400	20	36	81	25	2000
03	05	00	0600	1400	20	36	78	35	2000
03	06	00	0600	1400	24	36	91	40	2000

Wind inputs (.wnd) หรือข้อมูลลมที่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ตามระดับความสูง ประกอบด้วย ความเร็ว ทิศทาง และ ปริมาณเมฆปกคลุม ซึ่งสามารถเปลี่ยนแปลงได้ตลอดการ

คำนวณ (ตารางที่ 2.4) เช่นเดียวกับข้อมูลสภาพอากาศ โดยข้อมูลลมและเมฆถูกสมมุติให้เท่ากันทั่วทั้งภูมิภาค ข้อมูลที่ต้องการจะได้จากที่สภาวะเหนือยอดไม้ (Open conditions) ที่ 6.1 เมตรเหนือจากยอดสูงสุดของต้นไม้ซึ่งความเร็วลมที่ทุกตำแหน่งจะสมมุติให้ขนานกับภูมิภาค ลมเหนือยอดไม้ (Open wind) จะถูกคำนวณกลายเป็นความเร็วลมที่ความสูงระดับกลางเปลวไฟ (U ; Albini and Baughman 1979) สมมุติว่าเป็นพื้นที่ราบและไม่พิจารณาถึงความแตกต่างของการรับลมที่มีต่อไฟผิวดินซึ่งผลของการรวมกันของทิศทางลมและตำแหน่งบนภูมิภาค (เช่น สันเขาเทียบกับเนินเขาเทียบกับก้นหุบเขา) สำหรับพื้นที่ที่ไม่มีต้นไม้ความเร็วลมที่ระดับเปลวไฟ (Midflame windspeed) จะถูกลดลงตามระดับความสูงที่กำหนดไว้ให้เท่ากับสองเท่าของความหนาของชั้นเชื้อเพลิง (Fuel bed depth) (Albini and Baughman 1979) สำหรับพื้นที่ที่มีต้นไม้ความเร็วลมเหนือยอดไม้ (Open windspeed) จะถูกลดลงโดยข้อมูลการปกคลุมเรือนยอด

$$U = \frac{0.3066 U_{20+H}}{\sqrt{f 3.28 H \ln \left(\frac{(20 + 1.18 H) / 0.43 H}{0.43 H} \right)}} \quad (2.22)$$

โดย H = ความสูงของเรือนยอดต้นไม้
 U_{20+H} = ความเร็วลมที่ระดับความสูง 6.1 เมตรเหนือยอดไม้
 f = The crown filling fraction = $\left(C/100 \right) \left(\pi/12 \right)$
 C = การปกคลุมเรือนยอด

Crown filling fraction (การปกคลุมเรือนยอด) คือ สัดส่วนของพื้นที่ที่ถูกปกคลุมโดยเรือนยอดของต้นไม้ทั่วทั้งพื้นที่ป่า ซึ่งสัดส่วนของพื้นที่เรือนยอดเหล่านี้จะมีความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นกับการปกคลุมเรือนยอดใน Single story stands เมื่อปริมาณของเรือนยอดต้นไม้คงที่สำหรับสมการ $f = (C/100)(\pi/12)$ จะสมมุติให้เรือนยอดต้นไม้เป็นทรงกรวยซึ่งมีปริมาตรหนึ่งในสามของทรงกระบอกที่ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากัน โดยการคำนวณ Filling fraction ได้สูงสุดประมาณ 0.26 ที่อยู่ในแนวเดียวกับการประมาณเชิงสูงของ f สำหรับ Dense mature stands การปกคลุมเรือนยอดจาก 20 ถึง 40 เปอร์เซ็นต์ จะได้ค่า $f = 0.05$ ถึง 0.10 ที่สอดคล้องกับช่วงของ Open stand เสนอโดย Albini and Baughman (1979)

ตารางที่ 2.4 ตัวอย่างข้อมูลลมและเมฆที่ใช้ในแบบจำลอง

เดือน	วัน	เวลา (ชั่วโมง)	ความเร็วลม (เมตรต่อวินาที)	ทิศทางลม (องศา)	ปริมาณเมฆปกคลุม (เปอร์เซ็นต์)
03	05	0000	01	220	00
03	05	0100	01	220	00
03	05	0200	01	220	00
03	05	0300	01	220	00
03	05	0400	01	220	00
03	05	0500	01	220	00

2.3.2.4 Fuel Moisture

Fuel moisture (.fms) หรือข้อมูลความชื้นเชื้อเพลิงประกอบด้วยเชื้อเพลิงแห้งและเปียก ความชื้นของเชื้อเพลิงแห้งจะแปรผันตามช่วงเวลาซึ่งเป็นฟังก์ชันของขนาดอนุภาคเชื้อเพลิง สภาพอากาศ และการสัมผัสกับลมและอากาศ ผู้ใช้ต้องกำหนดค่าความชื้นเชื้อเพลิงเริ่มต้นตามประเภทของเชื้อเพลิงเปียกและแห้งโดยให้ตรงกับแผนที่รูปแบบเชื้อเพลิง ความผันแปรของความชื้นเชื้อเพลิงเริ่มต้นทั้งเชื้อเพลิงเปียกและแห้งเนื่องจากความสูงและทิศทางการรับแสงแดด สามารถประมาณค่าได้โดย (1) กำหนดรูปแบบเชื้อเพลิงในพื้นที่เหล่านั้น (2) ปรับค่าเชื้อเพลิงแห้งตั้งแต่มก่อนการเริ่มสร้างแบบจำลอง

ตลอดการสร้างแบบจำลองในโปรแกรม FARSITE จะคำนวณความชื้นของเชื้อเพลิงแห้ง ซึ่งจะแบ่งตามขนาดของอนุภาคเชื้อเพลิงจะมีความล่าช้าของเวลาในการระเหยที่แตกต่างกัน โดยความชื้นของอนุภาคเชื้อเพลิงขนาดเล็ก (1 hr timelag fuels) และขนาดกลาง (10 hr timelag fuels)

จะคำนวณด้วยระบบ BEHAVE (Hartford และ Rothermel 1991; Rothermel *et al.* 1986) ส่วนความชื้นของอนุภาคเชื้อเพลิงขนาดใหญ่ (100 hr timelag fuels) จะคำนวณจากสมการของ National Fire Danger Rating System (NFDRS) (Bradshaw *et al.* 1984) ความชื้นของเชื้อเพลิงแห้งบนภูมิประเทศที่แต่ละจุดยอดของไฟจะถูกคำนวณที่แต่ละช่วงเวลาที่เริ่มจากเงื่อนไขเริ่มต้น ซึ่งโดยวิธีนี้จะทำให้การคำนวณความชื้นเชื้อเพลิงใช้เวลาน้อยกว่าการคำนวณความชื้นของเชื้อเพลิงแห้งทุกจุด

พร้อมกันทั้งภูมิภาคในทุกๆช่วงเวลา ส่วนความชื้นของเชื้อเพลิงเปียกถูกสมมุติให้คงที่ตลอดการคำนวณ

เป็นที่รู้กันดีอยู่แล้วว่าความชื้นเชื้อเพลิงแห้งจะขึ้นอยู่กับความร้อนและการระเหยจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์โดยตรง ดังนั้น ในแบบจำลองจึงได้รวมผลกระทบจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้รับในช่วงเวลากลางวันในการคำนวณความชื้นเชื้อเพลิง แสงอาทิตย์จะเปลี่ยนแปลงเมื่อมุมของดวงอาทิตย์และภูมิภาคเปลี่ยนไปตาม ละติจูด วัน และ เวลาที่กำหนด (Rothermel *et al.* 1986) การรับรังสีจากดวงอาทิตย์จะลดลงตามปริมาณเมฆปกคลุมและความหนาแน่นเรือนยอด



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved