ระบบวิเคราะห์การตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์ที่ใช้ข้อมูลเชิงพื้นที่[1]

เมธี เอกะสิงห์[2] เฉลิมพล สำราญพงษ์ ชาญชัย แสงชโยสวัสดิ์ ประภัสสร พันธ์สมพงษ์

และ เทวินทร์ แก้วเมืองมูล[2]

บทคัดย่อ

การตัดสินใจคัดทางเลือกที่เหมาะสมสำหรับสถานการณ์ที่ต้องใช้ข้อมูลเชิงพื้นที่เป็นงานที่ ต้องการระบบที่เชื่อมโยงวิธีการวิเคราะห์การตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์ (Multicriteria Decision Analysis, MCDA) เข้ากับระบบภูมิสารสนเทศ (Geographic Information System, GIS) บทความนี้จะแสดงให้เห็นถึงการพัฒนาระบบ MCDA-GIS ที่มีส่วนติดต่อกับผู้ใช้เป็นภาษาไทยที่ประกอบด้วยการโครงสร้างการตัดสินใจสำหรับสถานการณ์ที่สนใจ การวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของหลักเกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจ การสร้างหน่วยแผนที่ซึ่งใช้เป็นทางเลือก การประมวลผลและแสดงแผนที่ผลลัพธ์ของการจัดลำดับความสำคัญของทางเลือก ทั้งนี้ได้ใช้การประเมินความเหมาะสมของพื้นที่ในการผลิตข้าวนาปี ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และลำไยเป็นกรณีศึกษา การทำงานของโปรแกรมสามารถอำนวยความสะดวกให้ผู้ใช้ทำงานตามขั้นตอนของ MCDA ได้สะดวกยิ่งขึ้น นอกจากนี้ การกำหนดหลักเกณฑ์และข้อจำกัดของสถานการณ์หนึ่งๆสามารถเปลี่ยนแปลงแก้ไขได้โดยสะดวก ผู้ใช้อาจสร้างสถานการณ์จำลองโดยการเปลี่ยนแปลงหลักเกณฑ์และข้อจำกัดตลอดจนค่าที่ใช้ในการเทียบเคียงมาตรฐานข้อมูลที่ใช้เป็นหลักเกณฑ์ในการตัดสินใจ แล้วทำการประเมินผลกระทบต่อการจัดลำดับความสำคัญของทางเลือก จึงทำให้สามารถใช้โปรแกรมดังกล่าวสนับสนุนกระบวนการตัดสินใจได้หลากหลายสถานการณ์และสอดคล้องกับสิ่งที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในอนาคต

***คำสำคัญ**: การตัดสินใจ ระบบภูมิสารสนเทศ การประเมินคุณภาพที่ดิน MCDA GIS*

บทนำ

การตัดสินใจเพื่อวางแผนเชิงยุทธศาสตร์ในทางการเกษตร และจัดการทรัพยากรธรรมชาติมักพิจารณาจากเงื่อนไขหลายมิติ จึงต้องการเครื่องมือจัดการและวิเคราะห์ข้อมูลหลายหลักเกณฑ์ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ง่ายต่อการสร้างความเข้าใจในสถานการณ์ และสะดวกต่อการพิจารณาตัดสินใจของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในสถานการณ์เหล่านั้น วิธีการวิเคราะห์การตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์ (Multicriteria Decision Analysis, MCDA) เป็นวิธีการหนึ่งที่นิยมใช้กันทั้งในสถานการณ์ทั้งที่ไม่ใช้และใช้ข้อมูลเชิงพื้นที่ วิธีการ MCDA จึงถูกนำมาใช้ร่วมกับระบบภูมิสารสนเทศ (Geographic Information System, GIS) อย่างกว้างขวาง (Boroushaki and Malczewski, 2008; Liu *et al*., 2007; Malczewski, 2006a) รวมทั้งประยุกต์ใช้ในการเกษตร (Baja *et al*., 2002; Braimoh *et al*., 2004; Thapa and Murayama, 2008) ระบบภูมิสารสนเทศบางระบบได้รวมเอา MCDA เข้าเป็นส่วนหนึ่งของการวิเคราะห์ เช่น IDRISI (Eastman, 1997) นอกจากนี้ได้มีการพัฒนา MCDA ให้สามารถวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ร่วมกับโปรแกรม ArcInfo (Hill *et al*., 2005) ในลักษณะเป็นชุดคำสั่ง Arc Macro Language (AML)

---

[1] *สนับสนุนงานวิจัยโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย*

[2] *ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่*

อย่างไรก็ตาม ระบบดังกล่าวยังมีข้อจำกัดในการใช้งาน ทั้งในแง่ความสอดคล้องกับระบบภูมิสารสนเทศที่ใช้งานกันอย่างแพร่หลายในประเทศไทย และในแง่การสื่อสารกับผู้ใช้เป็นภาษาไทย

การบูรณาการวิธีการวิเคราะห์กระบวนการตัดสินใจแบบ MCDA เข้ากับระบบภูมิสารสนเทศที่มีระบบเชื่อมโยงกับผู้ใช้เป็นภาษาไทยเป็นสิ่งจำเป็น ทั้งนี้เพื่อส่งเสริมให้การใช้ระบบสนับสนุนการตัดสินใจ ในการวางแผนยุทธศาสตร์เพื่อจัดการทรัพยากรทางการเกษตรเป็นไปอย่างกว้างขวาง และเป็นการกระตุ้นให้มีการประยุกต์ใช้ GIS ในการวิเคราะห์เชิงพื้นที่มากขึ้น เนื่องจากการใช้งาน GIS ส่วนใหญ่ในปัจจุบันเป็นการใช้แสดงแผนที่และสืบค้นข้อมูลเชิงพื้นที่ ทั้งๆ ที่ GIS มีขีดความสามารถในการสนับสนุนการตัดสินใจที่ใช้ข้อมูลเชิงพื้นที่ และต้องการชั้นข้อมูลผลลัพธ์ที่เกิดจากการวิเคราะห์หลายหลักเกณฑ์ เพื่อสนับสนุนการทำงานเชิงบูรณาการ

บทความนี้จะแสดงให้เห็นถึง การพัฒนาโปรแกรมวิเคราะห์การตัดสินใจ ที่มีหลักเกณฑ์และทางเลือกเป็นข้อมูลเชิงพื้นที่ พร้อมทั้งแสดงตัวอย่างการประยุกต์ใช้งานโปรแกรมดังกล่าวในการประเมินคุณภาพที่ดินเพื่อการเกษตร ซึ่งเป็นงานที่จำเป็นในการวางแผนการจัดการทรัพยากรทางเกษตรในระดับมหภาค

วิธีการวิเคราะห์การตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์

วิธีการ MCDA สามารถดำเนินการโดยบุคคลหรือกลุ่มของบุคคล ที่มีส่วนได้เสียในสถานการณ์หนึ่งๆ วิธีการนี้เริ่มจากการกำหนดวัตถุประสงค์ที่ชัดเจน วัดได้ และได้รับการเห็นพ้องต้องกันว่าสอดคล้องกับความเป็นจริง วัตถุประสงค์จะนำไปสู่การระบุทางเลือก (Alternatives) ที่อาจนำไปใช้เพื่อแก้ปัญหาให้บรรลุวัตถุประสงค์นั้น ทางเลือกอาจเป็นนโยบาย ยุทธศาสตร์ ชนิดของการใช้ประโยชน์ที่ดิน หรือการจัดการเฉพาะเรื่อง แล้วแต่วัตถุประสงค์ของการตัดสินใจ จำนวนทางเลือกที่อาจเป็นไปได้ขึ้นอยู่กับธรรมชาติของสถานการณ์ที่ต้องการตัดสินใจ ทางเลือกอาจมีจำนวนไม่มากในกรณีการตัดสินใจที่ไม่ต้องการใช้ข้อมูลเชิงพื้นที่ เช่น เลือกโครงการที่จะดำเนินการ หรือเลือกระบบการผลิตที่เหมาะสมสำหรับกลุ่มเกษตรกร อย่างไรก็ตามจำนวนทางเลือกอาจทวีจำนวนขึ้นอย่างมหาศาล เป็นเรือนหมื่นทางเลือกในสถานการณ์ที่ต้องอาศัยข้อมูลเชิงพื้นที่ในการวิเคราะห์ เช่น หาพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับปลูกพืชในระดับจังหวัดหรือลุ่มน้ำหลัก เป็นต้น

เนื่องจากจำนวนทางเลือกมีมาก และแต่ละทางเลือกมีข้อดีข้อเสียแตกต่างกันในมิติต่างๆ ที่นำมาพิจารณาประกอบการตัดสินใจ ดังนั้นการเปรียบเทียบทางเลือกจำเป็นต้องอาศัยหลักเกณฑ์ (Criteria) ที่ผู้ร่วมตัดสินใจต้องเห็นพ้องต้องกันว่าเป็นสิ่งที่นำไปสู่การระบุทางเลือกที่เหมาะสมได้ หลักเกณฑ์แต่ละหลักเกณฑ์จะต้องสามารถวัดค่าในเชิงปริมาณได้ หรือประเมินค่าเชิงคุณภาพได้ว่าแต่ละทางเลือกจะให้ผลตามวัตถุประสงค์ในระดับใด การวิเคราะห์ทางเลือกอาจไม่ใช้ผลลัพธ์เชิงเศรษฐกิจแต่เพียงอย่างเดียวเป็นตัวชี้ขาด โดยเฉพาะในกระบวนการตัดสินใจที่ประกอบด้วยผู้มีส่วนได้ส่วนเสียหลายฝ่าย แต่มักจะให้ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียมีส่วนร่วมในการให้ความสำคัญของหลักเกณฑ์และ

ทางเลือกในรูปของคะแนน หรือค่าน้ำหนักความสำคัญ (Relative importance) การเรียงลำดับความสำคัญของทางเลือกที่เหมาะสมเป็นขั้นตอนสุดท้ายก่อนที่จะตัดสินใจระบุทางเลือกที่ดีที่สุด

ขั้นตอนสำคัญของวิธีการ MCDA อยู่ที่กฎเกณฑ์การตัดสินใจ (Decision rules) ซึ่งเป็นกระบวนการวิเคราะห์เพื่อรวมหลักเกณฑ์เข้าด้วยกัน เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่สามารถเรียงลำดับความสำคัญทำให้สามารถคัดทางเลือกที่เหมาะสมที่สุดสำหรับปัญหาหนึ่งๆ ได้อย่างมีหลักการ ประเด็นสำคัญที่ต้องพิจารณาในกระบวนการนี้คือ คุณลักษณะของหลักเกณฑ์ที่ช่วงค่ามีความแตกต่างกันอย่างมาก และมีหน่วยวัดที่อาจไม่เหมือนกัน ดังนั้นก่อนที่จะรวมค่าหลักเกณฑ์เหล่านั้นอย่างมีความหมายจะต้องมีวิธีการเทียบค่าให้เป็นมาตรฐานเดียวกัน (Standardization)

การรวมหลักเกณฑ์อาจทำได้หลายวิธีการ Malczewski (2006b) ได้ทบทวนและวิเคราะห์บทความที่ตีพิมพ์ระหว่างปี ค.ศ. 1990-2004 พบว่า วิธีการที่นิยมมากที่สุดในการรวมหลักเกณฑ์ที่ใช้ข้อมูลเชิงพื้นที่เข้าด้วยกันได้แก่วิธีการรวมหลักเกณฑ์แบบถ่วงน้ำหนัก (Simple Additive Weighting, SAW) รองลงมาได้แก่วิธีการ Ideal Point และ Analytic Hierarchy Process (AHP)

ในบรรดาวิธีการเหล่านี้ วิธีการ SAW เป็นวิธีการที่ซับซ้อนน้อยสุด ผู้ตัดสินใจกำหนดค่าน้ำหนักความสำคัญของแต่ละหลักเกณฑ์ที่ใช้ตัดสินใจ ค่าความสำคัญโดยรวมของแต่ละทางเลือกคำนวณจาก ผลคูณระหว่างค่าน้ำหนักความสำคัญของหลักเกณฑ์ และค่าความสำคัญของแต่ละทางเลือกในแต่ละหลักเกณฑ์ แล้วจึงรวมผลคูณดังกล่าวของทุกหลักเกณฑ์เข้าด้วยกัน ทางเลือกที่มีค่าสูงสุดจะถูกเลือกเป็นลำดับแรก วิธีการนี้มีข้อจำกัดบางประการเนื่องจากมีสมมติฐานว่า ไม่มีปฏิสัมพันธ์กันระหว่างปัจจัยที่ใช้ช่วยการตัดสินใจ

วิธีการ AHP ได้รับการพัฒนาโดย (Saaty, 1980) เพื่อใช้ในการตัดสินใจเรียงลำดับความสำคัญของทางเลือกในการบริหารจัดการ แต่ต่อมาได้รับการนำไปใช้ในงานสาขาอื่นมากมาย วิธีการ AHP แยกแยะปัญหาออกเป็นลำดับชั้น (Hierarchy) แต่ละลำดับชั้นมีส่วนประกอบย่อย (Elements) โดยที่วัตถุประสงค์ของการตัดสินใจจะถูกจัดอยู่ในลำดับชั้นสูงสุด รองลงมาเป็นหลักเกณฑ์ หลักเกณฑ์ย่อย (ถ้ามี) และทางเลือก ลดหลั่นลงมาเป็นลำดับ หลังจากที่จัดรูปแบบโครงสร้างของปัญหาแล้ว ผู้ที่มีส่วนร่วมในกระบวนการตัดสินใจเปรียบเทียบคู่องค์ประกอบของแต่ละลำดับชั้น เพื่อคำนวณหาค่าน้ำหนักความสำคัญ หรือค่าถ่วงน้ำหนักขององค์ประกอบเหล่านั้น เมื่อพิจารณาองค์ประกอบหนึ่งๆ ในลำดับชั้นที่อยู่สูงขึ้นไปหนึ่งลำดับ จำนวนการเปรียบเทียบทั้งหมดเท่ากับ $n(n-1)/2$ เมื่อ n เป็นจำนวนองค์ประกอบในแต่ละลำดับชั้นที่จะนำมาเปรียบเทียบกัน ในการเปรียบเทียบความสำคัญเพื่อคำนวณค่าถ่วงน้ำหนัก ผู้ร่วมตัดสินใจจะต้องให้ค่าความสำคัญเชิงเปรียบเทียบของแต่ละคู่องค์ประกอบเป็นค่าตัวเลข 1-9

ค่าน้ำหนักความสำคัญที่ได้จากการเปรียบเทียบคู่องค์ประกอบในแต่ละลำดับชั้น ไม่ว่าจะใช้วิธีการใดเรียกว่าค่าน้ำหนักความสำคัญเฉพาะที่ (Local weight) ส่วนค่าน้ำหนักโดยรวม (Global

weight) ของทางเลือกได้จากการคูณค่า Local weight ของทางเลือกในแต่ละหลักเกณฑ์ด้วยค่า Global weight ของหลักเกณฑ์นั้นก่อนที่จะรวมผลคูณของทุกหลักเกณฑ์เข้าด้วยกัน (Zhu and Dale, 2001)

ในการตัดสินใจที่ประกอบด้วยหลักเกณฑ์หรือทางเลือกจำนวนมาก การเปรียบเทียบความสำคัญระหว่างคู่องค์ประกอบการตัดสินใจเหล่านั้นอาจเกิดความไม่คงเส้นคงวา (Consistence) ได้ จึงต้องคำนวณหาค่าอัตราส่วนความไม่คงเส้นคงวา (Inconsistency ratio, CR) ถ้าค่า CR สูงกว่าที่ยอมรับได้จะต้องดำเนินการเปรียบเทียบคู่หลักเกณฑ์หรือทางเลือกใหม่ วิธีการ AHP ได้รับความนิยมและนำไปใช้ในหลายวงการทั้งในแง่ส่วนบุคคล และการประยุกต์ใช้ในด้านสังคมศาสตร์ อุตสาหกรรม รัฐศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ การศึกษา การเกษตร การจัดการทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม (Vaidya and Kumar, 2006)

วิธีการ TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to an Ideal Solution) เป็นวิธีการที่พัฒนาโดย Hwang and Yoon (1981) หลักการที่สำคัญของวิธีการนี้คือทางเลือกที่เหมาะสมที่สุด ควรเป็นทางเลือกที่ไม่เพียงแต่จะอยู่ห่างจากทางเลือกอุดมคติในเชิงบวก (Positive ideal solution) เท่านั้น แต่ควรจะอยู่ห่างจากทางเลือกอุดมคติที่ในเชิงลบ(Negative-ideal solution) ด้วย วิธีการ TOPSIS เริ่มจากการปรับค่า (Normalization) ของเมตริกซ์การตัดสินใจ (Decision matrix) อันประกอบด้วยค่าของทางเลือกในแต่ละหลักเกณฑ์ จากนั้นจึงคำนวณค่าอุดมคติในเชิงบวก และอุดมคติในเชิงลบ ก่อนที่จะหาว่าแต่ละทางเลือกอยู่ห่างจากค่าทั้งสองเท่าใดโดยอาศัยค่าระยะทางยูคลิเดียน (Euclidean distance) แล้วจึงคำนวณเป็นค่าความใกล้ชิดจากจุดในอุดมคติของแต่ละทางเลือก เพื่อนำไปเรียงลำดับความสำคัญของทางเลือกต่อไป รายละเอียดของแต่ละขั้นตอนศึกษาได้จากรายงานของ Jahanshahloo *et al*., (2006) ผลลัพธ์จากการวิเคราะห์เป็นค่าดัชนีของแต่ละทางเลือก ทางเลือกที่ให้ค่าดัชนีสูงที่สุดเป็นทางเลือกที่ดีที่สุดสำหรับการตัดสินใจในสถานการณ์นั้น

การพัฒนาโปรแกรม *MCDA-GIS*

โปรแกรม *MCDA-GIS* เป็นการบูรณาการระหว่าง MCDA และ GIS โปรแกรมนี้ได้รับการออกแบบและพัฒนาขึ้นเพื่อตอบสนองต่อสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลเชิงพื้นที่ และต้องวิเคราะห์ผลของการใช้หลักเกณฑ์ที่แตกต่างกันในการตัดสินใจ งานในลักษณะดังกล่าวจะต้องทำการวิเคราะห์ซ้ำหลายครั้งจนกว่าผู้ร่วมตัดสินใจจะเห็นพ้องต้องกัน วิธีการดังกล่าวกินเวลานานและมีโอกาสเกิดความผิดพลาดจากการนำเข้าและวิเคราะห์ข้อมูลสูง หากดำเนินการในโปรแกรม GIS ที่ไม่มีส่วนการวิเคราะห์การตัดสินใจไว้

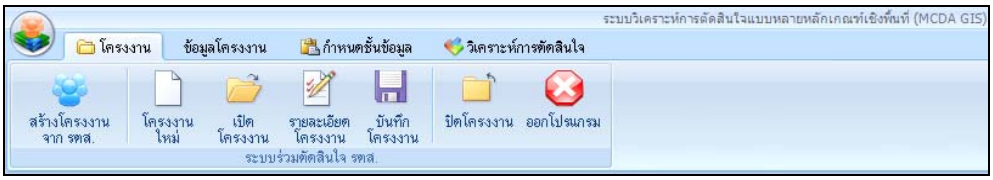
การเชื่อมโยง MCDA เข้ากับ GIS เข้าด้วยกันเป็นระบบสนับสนุนการตัดสินใจเชิงพื้นที่ (Spatial Decision Support System, SDSS) อาจดำเนินการได้หลายแบบ (Goodchild *et al*., 1992; Malczewski, 2006b) แบบแรกเป็นการเชื่อมกันอย่างหลวม (Loose-coupling) โดยระบบ MCDA และ

GIS เพียงแต่แลกเปลี่ยนแฟ้มข้อมูลกันได้ นั่นคือระบบหนึ่งสามารถใช้ข้อมูลจากอีกระบบหนึ่งเพื่อเป็นข้อมูลนำเข้าเท่านั้น ส่วนการทำงานอื่นแยกกันโดยอิสระ แบบที่สองเป็นการเชื่อมโยงแบบแนบแน่น (Tight-coupling) กล่าวคือทั้งสองระบบนอกจากจะใช้แฟ้มข้อมูลชุดเดียวกันแล้ว ยังมีโปรแกรมเชื่อมโยงกับผู้ใช้ (User interface) ร่วมกันด้วย ส่วนการเชื่อมโยงแบบที่สามเป็นการบูรณาการแบบเต็มขั้น (Full integration) โดยมีการพัฒนาโปรแกรมขึ้นใหม่แล้วผนวกเข้ากับชุดคำสั่งของโปรแกรม GIS จากการสำรวจบทความที่ผ่านมา Malczewski (2006b) พบว่า การเชื่อมโยงส่วนใหญ่เป็นประเภทเชื่อมโยงแบบหลวม อาศัยโปรแกรม GIS เป็นหลัก โดยมีการเคลื่อนของข้อมูลเป็นแบบทางเดียวเข้าหาโปรแกรม GIS อย่างไรก็ตามมีงานจำนวนไม่น้อยที่มีการเชื่อมโยงแบบแนบแน่นโดยใช้โปรแกรม MCDA เป็นฐาน สำหรับการเชื่อมโยงแบบบูรณาการเต็มขั้นยังมีเป็นจำนวนน้อยกว่าร้อยละ 4.5 ของบทความทั้งหมด ไม่ว่าจะเป็นการบูรณาการโดยใช้ GIS หรือ MCDA เป็นโปรแกรมหลัก

โปรแกรม *MCDA-GIS* ได้รับการพัฒนาโดยใช้ภาษา Visual Basic และ แบบจำลองวัตถุที่เป็นองค์ประกอบ (Component Object Model, COM) ของระบบ ArcGIS โปรแกรมนี้มีส่วนติดต่อกับผู้ใช้เป็นภาษาไทย สามารถวิเคราะห์ข้อมูลได้ทั้งประเภทเวคเตอร์และราสเตอร์ ผู้ใช้สามารถกำหนดวัตถุประสงค์ หลักเกณฑ์ ข้อจำกัด และค่าน้ำหนักความสำคัญของหลักเกณฑ์ จากนั้นจึงนำเข้าและเทียบเคียงมาตรฐานข้อมูล เพื่อแก้ปัญหาหน่วยวัดและช่วงค่าข้อมูลหลักเกณฑ์ที่มีความแตกต่างกันมาก โดยมีแบบจำลองให้เลือกตามความเหมาะสมกับหลักเกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจ

การกำหนดค่าความสำคัญของหลักเกณฑ์อาจทำได้โดยระบบ *รตส.* (เมธี และคณะ, 2550) แล้วส่งผ่านหลักเกณฑ์และค่าน้ำหนักความสำคัญมายังโปรแกรม *MCDA-GIS* การวิเคราะห์การตัดสินใจเชิงพื้นที่อาศัยขีดความสามารถของระบบภูมิสารสนเทศ ผู้ใช้อาจเลือกวิธีการ SAW หรือ TOPSIS ในการวิเคราะห์การตัดสินใจ ทั้งสองวิธีเป็นวิธีการมาตรฐานที่นิยมใช้วิเคราะห์การตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์ นอกจากนี้ ระบบยังสามารถแสดงผลลัพธ์เป็นแผนที่เพื่อนำไปใช้ในการบูรณาการร่วมกับข้อมูลอื่นได้

โปรแกรม *MCDA-GIS* ได้รับการออกแบบให้มีขีดความสามารถทำงานในทุกขั้นตอนของ MCDA โดยมีการดำเนินการผ่านเมนูหลักและเมนูย่อยเพื่อให้สะดวกในการใช้งาน เมนูหลักประกอบด้วย 4 ส่วน ได้แก่ *โครงงาน ข้อมูลโครงงาน กำหนดชั้นข้อมูล* และ*วิเคราะห์การตัดสินใจ* (ภาพที่ 1)

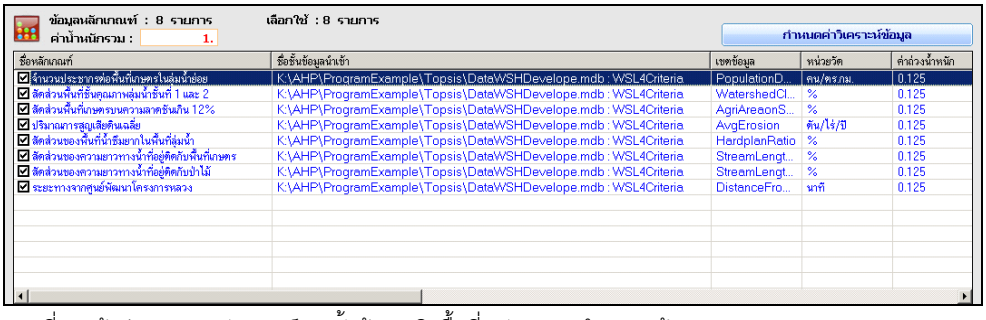


ภาพที่ 1 เมนูหลักของโปรแกรม *MCDA-GIS*

การสร้างโครงงานใหม่ใน MCDA-GIS

การสร้างโครงงานใหม่จากโปรแกรม *MCDA-GIS* ดำเนินการผ่านเมนูย่อยที่ทำหน้าที่จัดการโครงงาน ในกรณีที่ผู้ใช้สามารถระบุหลักเกณฑ์ที่เป็นข้อมูลเชิงพื้นที่ได้อย่างแน่ชัด รวมทั้งทราบค่าน้ำหนักความสำคัญจากแหล่งอื่น และต้องการใช้ *MCDA-GIS* เพื่อวิเคราะห์การตัดสินใจเชิงพื้นที่ ผู้ใช้สร้างโครงงานใหม่โดยเริ่มจากกำหนดชื่อโครงการ และวัตถุประสงค์ พร้อมทั้งกำหนดตำแหน่งจัดเก็บรายละเอียดโครงงานและข้อมูลผลลัพธ์ในเครื่องคอมพิวเตอร์

การกำหนดหลักเกณฑ์ และชั้นข้อมูลเชิงพื้นที่ของแต่ละหลักเกณฑ์ ดำเนินการผ่านเมนูที่มีส่วนการทำงานย่อยประกอบด้วย การกำหนดรายละเอียดของหลักเกณฑ์สำหรับการวิเคราะห์ เช่น ชนิดของข้อมูล และตำแหน่งจัดเก็บข้อมูลเชิงพื้นที่ที่ใช้เป็นหลักเกณฑ์ ผู้ใช้อาจเลือกข้อมูลประเภทเวคเตอร์ในรูปแบบของ Geodatabase และ Shape file หรือข้อมูลราสเตอร์ในรูปของกริด (Grid) อย่างหนึ่งอย่างใดในแต่ละโครงงานเพื่อใช้เป็นหลักเกณฑ์ ระบบฯ มีส่วนของการจัดการหลักเกณฑ์เพื่อช่วยในการกำหนดชื่อ ค่าน้ำหนักความสำคัญ และหน่วยวัดของข้อมูลให้แต่ละหลักเกณฑ์ (ภาพที่ 2) ผู้ใช้สามารถเพิ่มหลักเกณฑ์จำนวนเท่าใดก็ได้ เมื่อต้องการแก้ไขอาจลบบางหลักเกณฑ์หรือทั้งหมด เมื่อมีการเพิ่มหลักเกณฑ์ในแต่ละครั้งระบบจะทำการคำนวณผลรวมของค่าน้ำหนักความสำคัญ ซึ่งมีค่ารวมเท่ากับ 1.0 ผู้ใช้อาจกำหนดข้อจำกัดหรือบริเวณที่จะไม่นำมาใช้ในการวิเคราะห์การตัดสินใจ ในโครงงานนั้นๆ ซึ่งจะช่วยให้ขอบเขตการวิเคราะห์แคบลง และการประมวลผลมีประสิทธิภาพมากขึ้น



ภาพที่ 2 หน้าต่างแสดงหลักเกณฑ์และชั้นข้อมูลเชิงพื้นที่หลังจากถูกกำหนดแล้ว

การสร้างโครงงานจากระบบ รตส.

การสร้างโครงงานใหม่อาจทำได้จากระบบร่วมตัดสินใจ (*รตส.*) ซึ่งเป็นโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นเพื่อวิเคราะห์การตัดสินใจที่ไม่ใช้ข้อมูลเชิงพื้นที่ (เมธี และคณะ, 2550) โปรแกรม *รตส.* มีเมนูภาษาไทยที่อำนวยความสะดวกให้ผู้ใช้ร่วมกันกำหนดโครงสร้างของสถานการณ์อย่างเป็นลำดับชั้น เริ่มจากการกำหนดวัตถุประสงค์ ตามด้วยหลักเกณฑ์ หลักเกณฑ์ย่อย และทางเลือก การเปรียบเทียบความสำคัญระหว่างหลักเกณฑ์อยู่ในรูปแบบของกราฟิกและตารางที่ง่ายต่อการใช้งานและตรวจสอบผลตามวิธีการ

AHP (Saaty, 1980) พร้อมทั้งมีส่วนการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของหลักเกณฑ์ เพื่อประเมินผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงค่าถ่วงน้ำหนักที่มีผลต่อการจัดลำดับความสำคัญของทางเลือก *MCDA-GIS* มีปุ่มให้ผู้ใช้เปิดโปรแกรม *รตส.* พื่อกำหนดวัตถุประสงค์ หลักเกณฑ์และวิเคราะห์ค่าถ่วงน้ำหนักแต่ละหลักเกณฑ์ ชื่อหลักเกณฑ์และค่าถ่วงน้ำหนักจะถูกส่งผ่านเข้ามาเก็บไว้ในโปรแกรม *MCDA-GIS* เพื่อการวิเคราะห์การตัดสินใจในเชิงพื้นที่ต่อไป

การวิเคราะห์การตัดสินใจ

การวิเคราะห์การตัดสินใจ เป็นการประเมินทางเลือกโดยการรวมหลายหลักเกณฑ์เข้าด้วยกันเป็นค่าดัชนีแสดงระดับความสำคัญโดยรวมของแต่ละทางเลือก เนื่องจากแต่ละหลักเกณฑ์มีช่วงค่าที่แตกต่างกันมากและหน่วยวัดไม่เหมือนกัน จึงต้องสร้างชั้นข้อมูลดัชนีความสำคัญของหลักเกณฑ์ (Criterion map) ซึ่งสามารถเทียบเคียงมาตรฐานกันได้โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมสำหรับแต่ละหลักเกณฑ์

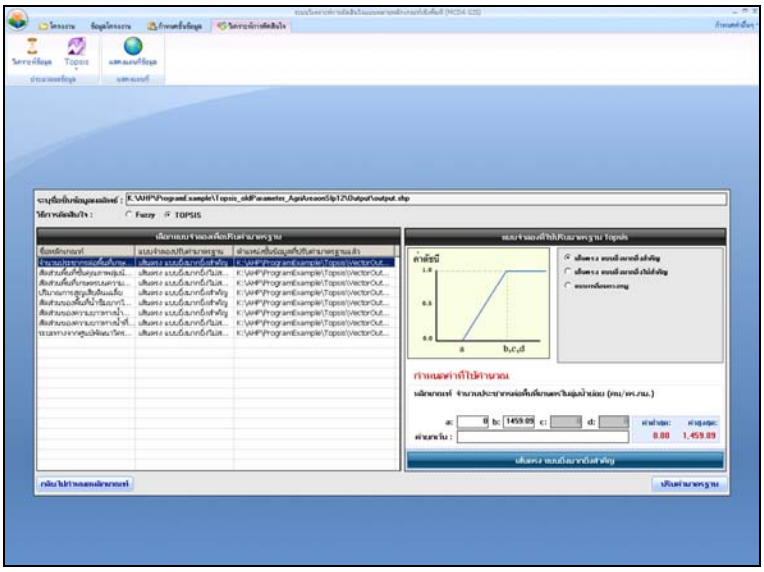
โปรแกรม *MCDA-GIS* มีวิธีการรวมหลักเกณฑ์อยู่ 2 วิธีได้แก่ SAW และ TOPSIS แต่ละวิธีการมีหน้าต่างที่ให้ผู้ใช้เลือกแบบจำลองเพื่อแปลงค่าข้อมูลดังกล่าว ประกอบด้วยชุดเส้นตรง ได้แก่ แบบยิ่งมากยิ่งสำคัญ แบบยิ่งมากยิ่งไม่สำคัญ แบบเหลี่ยมคางหมูและแบบสามเหลี่ยม สำหรับเส้นโค้งแบ่งได้เป็น 2 ลักษณะคือ แบบ J-Shape และแบบ Sigmoidal โดยมีหน้าต่างให้ผู้ใช้กำหนดแบบจำลอง และค่าพารามิเตอร์ที่กำหนดรูปร่างของกราฟการตอบสนองของแต่ละหลักเกณฑ์ (ภาพที่ 3) โปรแกรมจะทำการคำนวณและสร้างชั้นข้อมูลใหม่ที่จัดเก็บค่าหลักเกณฑ์ที่ปรับมาตรฐานแล้ว เป็นค่าดัชนีความสำคัญของแต่ละหน่วยแผนที่ในแต่ละชั้นข้อมูลและมีค่าระหว่าง 0-1.0 ผู้ใช้สามารถเรียกชั้นข้อมูลเหล่านี้มาตรวจสอบได้ โดยใช้เครื่องมือแสดงแผนที่ ก่อนนำไปประมวลผลเพื่อคำนวณหาค่าดัชนีความสำคัญโดยรวมของแต่ละหน่วยแผนที่ต่อไป

กระบวนการสุดท้ายคือการรวมค่าหลักเกณฑ์ตามวิธีการที่เลือก ผลลัพธ์เป็นค่าดัชนีแสดงความสำคัญของแต่ละทางเลือก ระบบจะแสดงรายละเอียดทุกขั้นตอนของการประมวลผล (ภาพที่ 4) เพื่อสะดวกในการตรวจสอบและติดตามการประมวลผลในโครงงานหนึ่งๆ ผลลัพธ์ของการวิเคราะห์การตัดสินใจจะถูกจัดเก็บเป็นชั้นข้อมูลเชิงพื้นที่ ผู้ใช้สามารถเรียกแสดงผลหน้าจอภาพเป็นแผนที่เพื่อการตรวจสอบได้

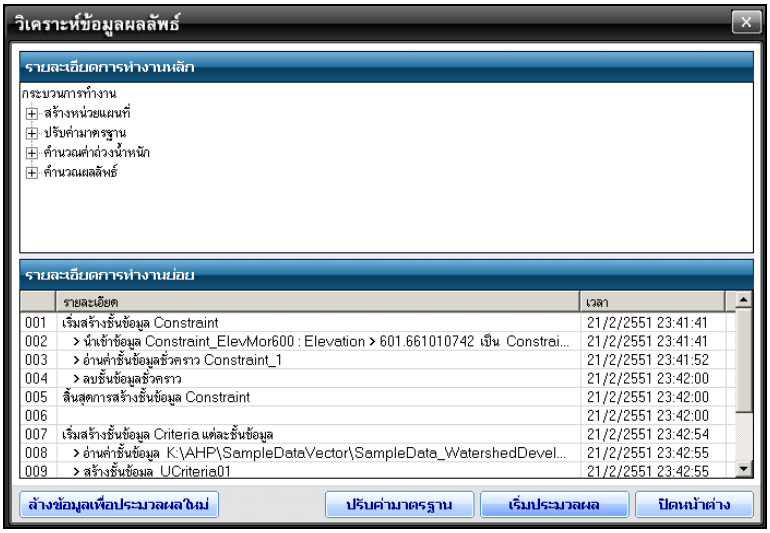
ตัวอย่างการใช้งาน: การประเมินคุณภาพที่ดินเพื่อการผลิตพืช

การประเมินคุณภาพที่ดินในประเทศไทยอาศัยหลักการที่ปรับปรุงจาก กรอบการประเมินของ FAO (1976) และกรมพัฒนาที่ดิน (บัณฑิต และคำรณ, 2542; พันธุ์, 2547) โดยเปรียบเทียบคุณสมบัติของที่ดินว่า สอดคล้องกับความต้องการของพืชในด้านการเจริญเติบโตและให้ผลผลิต ด้านการจัดการแปลงปลูกพืช และด้านการอนุรักษ์ที่ดินเพื่อความยั่งยืนของระบบการผลิตในระดับใด ดังนั้นจึงอาจดำเนินการโดยวิธีการ MCDA ในกรณีนี้คุณภาพที่ดินที่ใช้เป็นหลักเกณฑ์ผันแปรเชิงพื้นที่ตามชนิดของ

ดิน ภูมิอากาศ รวมทั้งทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมในระบบการผลิตพืชเป้าหมาย (Baja *et al*., 2002; Braimoh *et al*., 2004) อย่างไรก็ตาม การประเมินคุณภาพที่ดินในพื้นที่ขนาดใหญ่ต้องจัดการและวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่จำนวนมาก ทำให้ต้องใช้เวลาในการประมวลผลนานและอาจเกิดความผิดพลาดได้ หากดำเนินการทีละขั้นตอนโดยไม่มีแบบจำลองเข้าช่วย ขั้นตอนการเตรียมข้อมูลและวิเคราะห์การตัดสินใจจะมีประสิทธิภาพมากกว่าหากดำเนินการในโปรแกรม *MCDA-GIS*



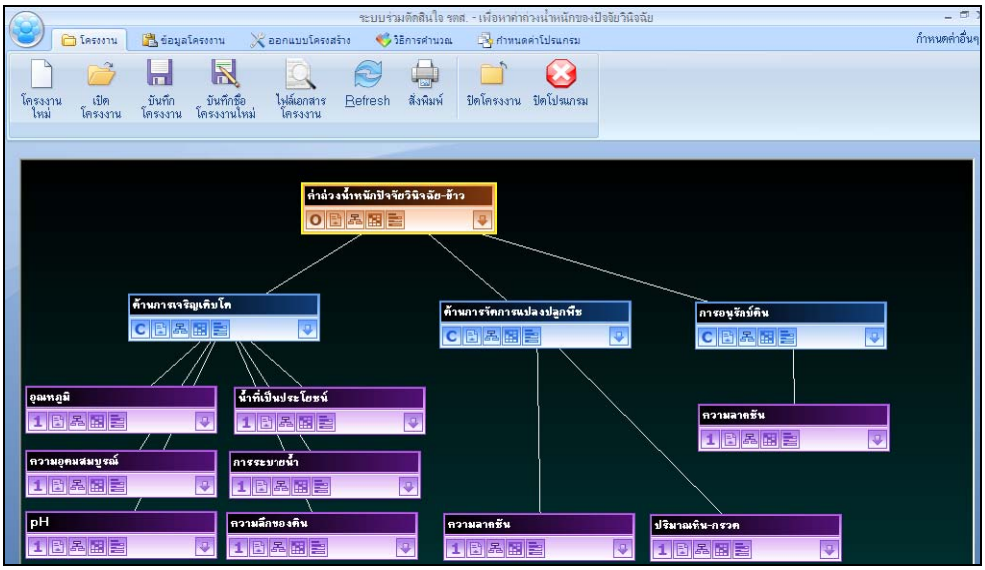
ภาพที่ 3 หน้าต่างการปรับค่าชั้นข้อมูลหลักเกณฑ์เพื่อเทียบเคียงมาตรฐาน



ภาพที่ 4 หน้าต่างแสดงกระบวนการวิเคราะห์ข้อมูล

กรณีศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ทดสอบกระบวนการตัดสินใจในสถานการณ์ที่ต้องใช้ข้อมูลเชิงพื้นที่ โดยจัดทำเป็นโครงงานในโปรแกรม *MCDA-GIS* การประเมินเน้นการผลิตพืชที่มีความต้องการทรัพยากรที่ดินและสิ่งแวดล้อมในการผลิตต่างกันได้แก่ ข้าวนาปี ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และลำไย ขอบเขตพื้นที่ศึกษาครอบคลุมพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบนครอบคลุมพื้นที่ 25,203 ตร.กม.

การกำหนดโครงสร้างการตัดสินใจ ดำเนินการโดยการระดมความเห็นของผู้มีประสบการณ์ในการประเมินคุณภาพที่ดินโดยใช้โปรแกรม *รตส.* ตามวิธีการ AHP โครงสร้างการตัดสินใจของการประเมินคุณภาพที่ดินทั้ง 2 พืชคล้ายคลึงกัน ตัวอย่างในภาพที่ 5 เป็นโครงสร้างการตัดสินใจอย่างเป็นลำดับชั้นของการประเมินคุณภาพที่ดินสำหรับข้าวนาปี หลักเกณฑ์ที่กำหนดความเหมาะสมของพื้นที่ในการปลูกพืชเป้าหมายประกอบด้วย 3 หลักเกณฑ์ ได้แก่ หลักเกณฑ์ด้านที่เกี่ยวกับการเจริญเติบโตและผลผลิต ประกอบด้วย 6 หลักเกณฑ์ย่อย ได้แก่ อุณหภูมิ น้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ความลึกของดิน การระบายน้ำของดิน ความเป็นกรด-ด่างของดิน ความอุดมสมบูรณ์ของดิน หลักเกณฑ์ที่เกี่ยวกับการจัดการแปลงปลูกพืช ประกอบด้วย 2 หลักเกณฑ์ย่อย คือ ความลาดชันของพื้นที่ และปริมาณกรวดและเศษหินในดิน และหลักเกณฑ์ที่เกี่ยวกับการอนุรักษ์ดิน ประเมินจากปริมาณการชะล้างพังทลายดินและไม่มีหลักเกณฑ์ย่อย



ภาพที่ 5 โครงสร้างการตัดสินใจของการประเมินคุณภาพที่ดินสำหรับข้าวนาปี

ถึงแม้โครงสร้างการตัดสินใจในการประเมินคุณภาพที่ดิน ของพืชทั้งสองประเภทคล้ายคลึงกัน แต่น้ำหนักความสำคัญของแต่ละหลักเกณฑ์และหลักเกณฑ์ย่อยไม่เหมือนกันสำหรับแต่ละพืช ดังนั้น จึงต้องวิเคราะห์หาค่าน้ำหนักความสำคัญของหลักเกณฑ์ย่อย เป็นโครงงานแยกกันสำหรับแต่

ละพืช เริ่มจากเปรียบเทียบหลักเกณฑ์ก่อนแล้วจึงเปรียบเทียบหลักเกณฑ์ย่อยโดยใช้โปรแกรม *รตส.* ภาพที่ 6 เป็นตัวอย่างเมตริกซ์เปรียบเทียบความสำคัญของหลักเกณฑ์ย่อยด้านการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวนาปีในโปรแกรม *รตส.* และผลสรุปค่าน้ำหนักความสำคัญของหลักเกณฑ์ย่อยทั้งหมดแสดงในตารางที่ 1

ภาพที่ 6 ค่าน้ำหนักความสำคัญของหลักเกณฑ์ย่อยด้านการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าวนาปี

ตารางที่ 1 ค่าน้ำหนักความสำคัญของหลักเกณฑ์ย่อยสำหรับข้าวนาปี ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และลำไย

หลักเกณฑ์	ข้าว	ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	ลำไย
อุณหภูมิเฉลี่ยช่วงฤดูปลูก (องศาเซลเซียส)	0.032	0.050	-
อุณหภูมิเฉลี่ยช่วงระหว่างออกดอก (องศาเซลเซียส)	-	-	0.100
ปริมาณน้ำฝนช่วงฤดูปลูก (มิลลิเมตร)	0.303	0.200	0.250
ชั้นการระบายน้ำ	0.184	0.250	0.200
ชั้นความอุดมสมบูรณ์	0.066	0.150	0.100
ความลึกของดิน (เซนติเมตร)	0.021	0.050	0.100
ความเป็นกรด-ด่างของดิน	0.031	0.050	0.050
ชั้นความลาดชัน	0.194	0.050	0.100
ชั้นการชะล้างพังทลาย	0.105	0.100	0.050
ชั้นปริมาณหิน-กรวด	0.065	-	-
ชั้นการหยั่งราก	-	0.100	0.050

เมื่อหาค่าน้ำหนักความสำคัญของของหลักเกณฑ์ย่อยใน *รตส.* แล้ว โปรแกรม *MCDA-GIS* จะรับหลักเกณฑ์ย่อยและน้ำหนักความสำคัญจากโปรแกรม *รตส.* แล้วทำการประเมินคุณภาพที่ดินของแต่ละหน่วยแผนที่ ในกรณีนี้เลือกใช้วิธีการรวมหลักเกณฑ์แบบถ่วงน้ำหนัก (SAW) เพื่อคำนวณค่าดัชนีความเหมาะสมทางกายภาพของที่ดิน

โปรแกรม *MCDA-GIS* ใช้ข้อมูลหลักเกณฑ์ได้ทั้งแบบเวคเตอร์และราสเตอร์ ในกรณีศึกษานี้ได้เลือกใช้ข้อมูลประเภทเวคเตอร์ ข้อมูลเชิงพื้นที่อุณหภูมิที่ใช้มีสองแบบ กรณีของการปลูกข้าวนาปีและข้าวโพดใช้อุณหภูมิเฉลี่ยในช่วงฤดูปลูก แต่สำหรับลำไยซึ่งเป็นพืชที่ต้องการความเย็นสะสมเพื่อการพัฒนาดอกในช่วงเดือนธันวาคมถึงกุมภาพันธ์ ใช้อุณหภูมิเฉลี่ยในช่วงเวลาดังกล่าวแทน ในการวิเคราะห์น้ำที่เป็นประโยชน์ใช้ปริมาณน้ำฝนที่พืชนำไปใช้ได้ (Effective rainfall) ในช่วงฤดูปลูกจากการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ (ชาญชัย และคณะ, 2548) สำหรับในพื้นที่เขตชลประทานให้ดัชนีความชื้นที่เป็นประโยชน์มีค่าเท่ากับ 1.0

หลักเกณฑ์ความลึกของดิน การระบายน้ำ ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ความอุดมสมบูรณ์ของดิน ความลาดชันของพื้นที่ ตลอดจนปริมาณกรวดและเศษหินในดิน สามารถสร้างขึ้นจากข้อมูลอรรถาธิบายกลุ่มชุดดินซึ่งเชื่อมโยงกับข้อมูลเชิงพื้นที่กลุ่มชุดดิน การชะล้างพังทลายดินเป็นชั้นข้อมูลที่ใช้ เป็นหลักเกณฑ์ด้านการอนุรักษ์ดินเพื่อความยั่งยืนของระบบการผลิตพืช ได้จากรายงานของชาญชัย และคณะ (2548)

เมื่อโปรแกรม *รตส.* ส่งข้อมูลค่าน้ำหนักความสำคัญของแต่ละหลักเกณฑ์ย่อยที่คำนวณได้แล้วโปรแกรม *MCDA-GIS* จะรับข้อมูลดังกล่าวและแสดงรายการหลักเกณฑ์และค่าน้ำหนักความสำคัญ จากนั้นจึงทำการสร้างหน่วยแผนที่เพื่อการประเมิน แล้วปรับค่าของชั้นข้อมูลหลักเกณฑ์ย่อยให้สามารถเทียบเคียงกันได้ โดยใช้แบบจำลองและค่าคงที่สำหรับแต่ละหลักเกณฑ์ย่อยดังในตารางที่ 2

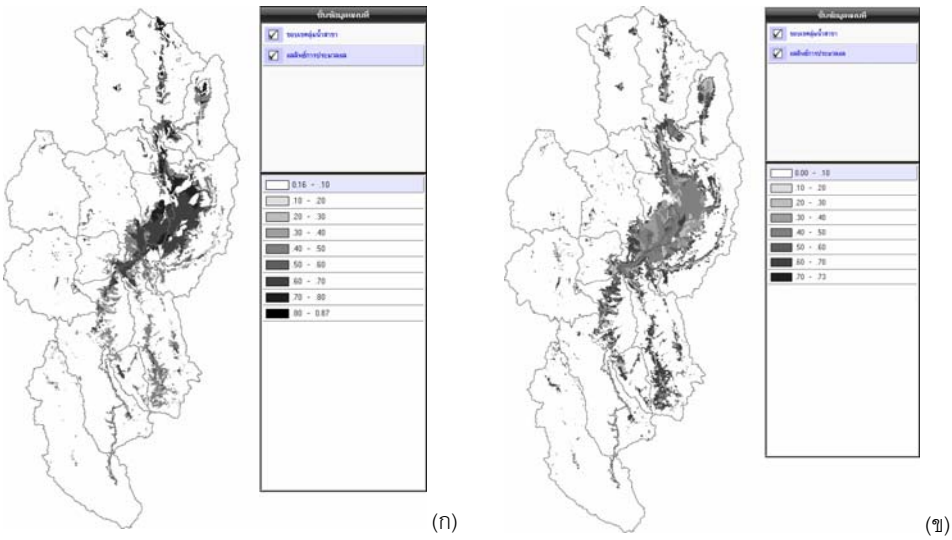
ผลการศึกษาพบว่า โปรแกรม *MCDA-GIS* สามารถรับข้อมูลโครงสร้างการตัดสินใจ และค่าน้ำหนักความสำคัญของหลักเกณฑ์จากโปรแกรม *รตส.* และสามารถเข้าสู่กระบวนการวิเคราะห์การตัดสินใจเชิงพื้นที่ในระบบภูมิสารสนเทศอย่างมีประสิทธิภาพ ผลการประเมินความเหมาะสมของพื้นที่เพื่อการปลูกข้าวนาปี (ภาพที่ 7ก) สอดคล้องกับสภาพการเพาะปลูกจริงในพื้นที่ศึกษา โดยพื้นที่เหมาะสมสำหรับปลูกข้าวส่วนใหญ่ปรากฏในพื้นที่ราบลุ่มเขตชลประทาน ของทั้งจังหวัดเชียงใหม่และลำพูน ส่วนพื้นที่เหมาะสมสำหรับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นพื้นที่ดอนในจังหวัดลำพูน และเชียงใหม่ (ภาพที่ 7ข) สำหรับกรณีของลำไยพบว่า หากจำลองสถานการณ์ให้มีการจัดการดินเพื่อขจัดปัญหาการระบายน้ำของดินบริเวณที่ราบลุ่มเชียงใหม่-ลำพูน โดยปรับค่าคงที่ในแบบจำลองเทียบเคียงค่ามาตรฐานของชั้นหลักเกณฑ์การระบายน้ำ จะทำให้ดัชนีความเหมาะสมสำหรับการปลูกลำไยในบริเวณที่ราบลุ่มมีค่าสูงขึ้น (ภาพที่ 8ข) เมื่อเปรียบเทียบกับสภาพการระบายน้ำเดิมของดิน (ภาพที่ 8ก)

ในความเป็นจริงพบว่าพื้นที่ปลูกลำไยในจังหวัดเชียงใหม่และลำพูนมีการขยายเพิ่มขึ้นจาก 127,812 ไร่ เป็น 447,150 ไร่ระหว่างปี 2534-2544 (เบญจพรรณ และคณะ, 2548) ซึ่งพื้นที่เหล่านี้จำนวนมากเป็นที่นาเดิมที่ได้มีการปรับปรุงการระบายน้ำ โดยการยกร่องหรือเคลื่อนย้ายดินรอบโคนต้นลำไยให้สูงกว่าระดับเดิม

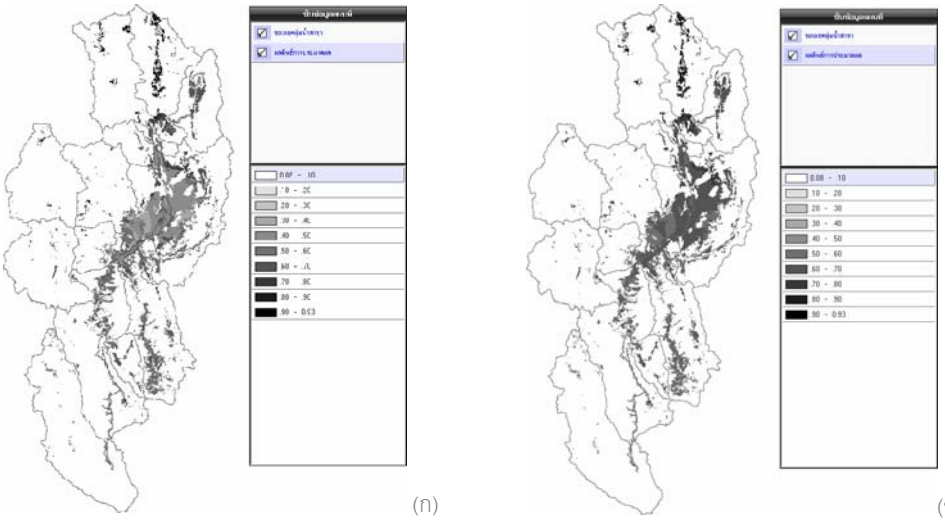
ตารางที่ 2 ค่าคงที่ของแบบจำลองในการเทียบมาตรฐานของหลักเกณฑ์ย่อยในการผลิตพืช

หลักเกณฑ์	แบบจำลอง*	ค่าคงที่			
		a	b	c	d
อุณหภูมิเฉลี่ยช่วงฤดูปลูก	8	20	22	30	33
ปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์	5	350	650	-	-
ชั้นการระบายน้ำ	2	-	-	3	6
ชั้นความอุดมสมบูรณ์	1	1	3	-	-
ความลึกของดิน	2	-	-	25	50
ความเป็นกรด-ด่างของดิน	8	4	5.6	7.3	8.4
ชั้นความลาดชัน	2	-	-	1	3
ชั้นการชะล้างพังทลาย	6	-	-	2	12
ชั้นปริมาณหิน-กรวด	2	-	-	1	4

แบบจำลอง* 1 = เส้นตรง ยิ่งมากยิ่งสำคัญ 2 = เส้นตรง ยิ่งมากยิ่งไม่สำคัญ 5 = เส้นโค้ง แบบยิ่งมากยิ่งสำคัญ 6 = เส้นโค้ง แบบยิ่งมากยิ่งไม่สำคัญ 8 = เส้นโค้ง ระฆังคว่ำกว้างแบบสมมาตร



ภาพที่ 7 ดัชนีความเหมาะสมทางกายภาพสำหรับการผลิตข้าวนาปี (ก) และข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (ข)



ภาพที่ 8 ดัชนีความเหมาะสมสำหรับการผลิตลำไย (ก) และลำไยที่แก้ไขปัญหาการระบายน้ำของดิน (ข)

ผลลัพธ์ของการประเมินคุณภาพที่ดินด้วยวิธีนี้ เป็นดัชนีความเหมาะสมซึ่งเป็นค่าต่อเนื่อง ดังนั้น จึงอาจนำไปประเมินความเหมาะสมเชิงเศรษฐกิจของที่ดินสำหรับระบบการผลิตต่างๆ ต่อไปได้ ทำให้สามารถจัดเขตการผลิตพืชที่มีพลวัตสูงตามการเปลี่ยนแปลงของความต้องการอาหาร พลังงาน และสภาพทางเศรษฐกิจสังคมที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว

โปรแกรม *MCDA-GIS* อาจนำไปใช้ในสถานการณ์อื่นที่ใช้ข้อมูลเชิงพื้นที่เป็นหลักเกณฑ์ เช่น การหาพื้นที่เหมาะสมสำหรับวัตถุประสงค์เฉพาะเรื่องอื่นๆ การจัดลำดับความสำคัญของลุ่มน้ำย่อย การกำหนดเขตสำหรับการผลิตทางเกษตร และการจัดลำดับพื้นที่เสี่ยงต่ออาหารขาดแคลน หรือภัยพิบัติ เป็นต้น เนื่องจากการกำหนดหลักเกณฑ์และข้อจำกัดของสถานการณ์หนึ่งๆ สามารถเปลี่ยนแปลงแก้ไขได้สะดวก ดังนั้นจึงเหมาะต่อการสร้างสถานการณ์จำลองโดยการเปลี่ยนแปลงหลักเกณฑ์และข้อจำกัด ที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต แล้วประเมินผลกระทบต่อลำดับความสำคัญของทางเลือก ทำให้กระบวนการตัดสินใจมีประสิทธิภาพและสอดคล้องกับสถานการณ์ที่อาจเกิดขึ้นในอนาคตได้

สรุป

ความแตกต่างที่สำคัญระหว่างกระบวนการตัดสินใจที่ใช้ และไม่ใช้ข้อมูลเชิงพื้นที่ประการสำคัญคือจำนวนทางเลือกที่เกี่ยวข้อง ในสถานการณ์ที่การตัดสินใจขึ้นอยู่กับหลักเกณฑ์ที่เป็นข้อมูลเชิงพื้นที่ จำนวนทางเลือกเป็นหน่วยที่ดินซึ่งมีจำนวนมากเกินกว่าที่จะนำมาเปรียบเทียบกันเป็นคู่ตามวิธีการ AHP โดยลำพัง ดังนั้นโปรแกรมเชื่อมโยงระหว่าง MCDA และGIS จึงเป็นเครื่องมือที่สำคัญในการวิเคราะห์เพื่อจัดลำดับความสำคัญของทางเลือกที่มีจำนวนมหาศาล ให้สำเร็จภายในเวลาอันสั้น

ด้วยความเที่ยงตรงเมื่อดำเนินการประมวลผลซ้ำ ระบบ *MCDA-GIS* ที่พัฒนาขึ้นใช้องค์ประกอบเชิงวัตถุของโปรแกรม ArcGIS และมีส่วนเชื่อมโยงกับผู้ใช้เป็นภาษาไทยเพื่ออำนวยความสะดวกในการดำเนินงานตามขั้นตอนของวิธีการวิเคราะห์การตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์ นอกจากนี้ยังช่วยในการนำเข้าชั้นข้อมูลเชิงพื้นที่เพื่อสร้างหน่วยแผนที่ที่ใช้เป็นทางเลือก และแสดงผลลัพธ์ของการประเมินเป็นแผนที่ดัชนีเพื่อสะดวกในการจัดลำดับความสำคัญ โปรแกรมนี้ไม่ได้พัฒนาขึ้นสำหรับสถานการณ์หนึ่งใดโดยเฉพาะ ดังนั้นจึงอาจนำไปประยุกต์ใช้กับงานหลายด้านที่เกี่ยวกับการวางแผนจัดการทางเกษตร ทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม

เอกสารอ้างอิง

ชาญชัย แสงชโยสวัสดิ์, เมธี เอกะสิงห์, วรวีรุกรณ์ วีระจิตต์, วัฒนา พัฒนถาวร และสมจินต์ วานิชเสถียร. 2548. ***รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ โครงการวิจัยระบบสนับสนุนการวางแผนจัดการทรัพยากรเพื่อการเกษตรและบริการระยะที่1 ภาคเหนือตอนบน : การจำแนกระบบนิเวศเกษตรและการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน***. เชียงใหม่: ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

บัณฑิต ตันศิริ และ คำรณ ไทรฟัก. 2542. ***คู่มือการประเมินคุณภาพที่ดินสำหรับพืชเศรษฐกิจ.พิมพ์ครั้งที่ 3***. กองวางแผนการใช้ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์..

เบญจพรรณ เอกะสิงห์ ศุภกิจ สินไชยกุล นฤมล ทินราช กุศล ทองงาม และ ธันยา พรหมบุรมย์. 2548. ระบบการผลิตและผลิตภาพในการใช้ที่ดินของเกษตรกรจังหวัดเชียงใหม่ เชียงรายและ ลำพูน. ***วารสารเศรษฐศาสตร์เกษตร*** 24(2): 49-69.

พันธ์ ขำเกลี้ยง. 2547. ***คู่มือการจำแนกระดับความต้องการปัจจัยสำหรับพืชเศรษฐกิจรายพันธุ์***. สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

เมธี เอกะสิงห์ เฉลิมพล สำราญพงษ์ และเทวินทร์ แก้วมูลเมือง. 2550. โปรแกรมร่วมตัดสินใจ (รตส.) และการใช้ประโยชน์ในการจัดทำดัชนีรวมการเข้าถึงข้อมูลของเวบไซต์. *ใน* ***รายงานการประชุมวิชาการศวพก. ปี 2550***. ระหว่างวันที่ 7-8 กันยายน 2550 ณ ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. น. 39-47.

Boroushaki, S., and J. Malczewski. 2008. Implementing an extension of the analytical hierarchy process using ordered weighted averaging operators with fuzzy quantifiers in ArcGIS. ***Computers & Geosciences*** 34:399-410.

Braimoh, A.K., P.L.G. Vlek, and A. Stein. 2004. Land evaluation for maize based on fuzzy set and interpolation. ***Environmental Management*** 33:226-238.

Eastman, J.R. 1997. ***IDRISI for Windows, Version 2.0: Tutorial Exercise***. Clark University, Worcester, MA.

Goodchild, M.F., R. Haining, S. Wise, and A. others. 1992. Integrating GIS and spatial data analysis: problems and possibilities. ***International Journal of Geographical Information Science*** 6:407-423.

Hill, M.J., R. Braaten, S.M. Veitch, B.G. Lees, and S. Sharma. 2005. Multi-criteria decision analysis in spatial decision support: the ASSESS analytic hierarchy process and the role of quantitative methods and spatially explicit analysis. ***Environmental Modelling & Software*** 20:955-976.

Liu, Y., X. Lv, X. Qin, H. Guo, Y. Yu, J. Wang, and G. Mao. 2007. An integrated GIS-based analysis system for land-use management of lake areas in urban fringe. ***Landscape and Urban Planning*** 82:233-246.

Malczewski, J. 2006a. Ordered weighted averaging with fuzzy quantifiers: GIS-based multicriteria evaluation for land-use suitability analysis. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 8:270-277.

Malczewski, J. 2006b. GIS-based multicriteria decision analysis: a survey of the literature. *International Journal of Geographical Information Science* 20:703-726.

Saaty, T.L. 1980. The Analytic Hierarchy Process. McGraw Hill Company, New York.

Thapa, R.B., and Y. Murayama. 2008. Land evaluation for peri-urban agriculture using analytical hierarchical process and geographic information system techniques: A case study of Hanoi. *Land Use Policy* 25:225-239.

Vaidya, O.S., and S. Kumar. 2006. Analytic hierarchy process: An overview of applications. *European Journal of Operational Research* 169:1-29.

Zhu, X., and A.P. Dale. 2001. JavaAHP: a web-based decision analysis tool for natural resource and environmental management. *Environmental Modelling & Software* 16:251-262.