

โครงการวิจัย

การพัฒนาาระบบวิเคราะห์แบบหลายหลักเกณฑ์เชิงพื้นที่ เพื่อใช้ในระบบสนับสนุนการตัดสินใจ

บทสรุปสำหรับผู้บริหาร

การตัดสินใจเพื่อวางแผนเชิงยุทธศาสตร์ในทางการเกษตรและจัดการทรัพยากรธรรมชาติ มักพิจารณาจากเงื่อนไขหลายมิติ จึงต้องการเครื่องมือจัดการและวิเคราะห์ข้อมูลหลายหลักเกณฑ์ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ง่ายต่อการสร้างความเข้าใจในสถานการณ์และสะดวกต่อการพิจารณาตัดสินใจของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในสถานการณ์เหล่านั้น

โครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาโปรแกรมที่ใช้ขีดความสามารถของการวิเคราะห์การตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์ (Multicriteria Decision Analysis, MCDA) และระบบภูมิสารสนเทศ (Geographic Information System, GIS) เพื่อเป็นเครื่องมือช่วยให้การตัดสินใจมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น คณะนักวิจัย ได้พัฒนาโปรแกรม 2 โปรแกรมได้แก่ ระบบร่วมตัดสินใจ (รตส.) สำหรับวิเคราะห์การตัดสินใจทั่วไปที่ไม่ใช่ข้อมูลเชิงพื้นที่ และ โปรแกรม MCDA-GIS สำหรับสถานการณ์ที่ใช้ข้อมูลเชิงพื้นที่ ซึ่งงานในลักษณะดังกล่าวจะต้องทำการวิเคราะห์ซ้ำหลายครั้ง จนกว่าผู้ร่วมตัดสินใจจะเห็นพ้องต้องกัน ทำให้กินเวลานานและมีโอกาสเกิดความผิดพลาดจากการนำเข้าและวิเคราะห์ข้อมูลสูง หากดำเนินการในโปรแกรม GIS ที่ไม่มีส่วนการวิเคราะห์การตัดสินใจไว้

โปรแกรม รตส. อำนวยความสะดวกให้แก่ผู้ร่วมตัดสินใจกำหนดโครงสร้างการตัดสินใจซึ่งประกอบด้วย วัตถุประสงค์ หลักเกณฑ์ และทางเลือก นอกจากนี้ได้ใช้วิธีการ Analytic Hierarchy Process (AHP) และ Fuzzy AHP ในการวิเคราะห์การตัดสินใจ โปรแกรมมีกราฟิกที่ช่วยออกแบบโครงสร้าง วิเคราะห์ และแสดงผลการหาค่าน้ำหนักความสำคัญของหลักเกณฑ์และทางเลือก ตลอดจนการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของหลักเกณฑ์ที่ใช้ในกระบวนการตัดสินใจ

โปรแกรม MCDA-GIS ได้รับการพัฒนาโดยใช้ภาษา Visual Basic และแบบจำลองวัตถุที่เป็นองค์ประกอบ ของระบบ ArcGIS โปรแกรมนี้มีส่วนติดต่อกับผู้ใช้เป็นภาษาไทย สามารถวิเคราะห์ข้อมูลประเภทเวกเตอร์หรือราสเตอร์ ผู้ใช้สามารถกำหนดวัตถุประสงค์ หลักเกณฑ์ ข้อจำกัด และค่าน้ำหนักความสำคัญของหลักเกณฑ์ จากนั้นจึงนำเข้าและเทียบเคียงมาตรฐานชั้นข้อมูลที่ใช้เป็นหลักเกณฑ์ เพื่อแก้ปัญหาหน่วยวัดและช่วงค่าข้อมูลที่มีความแตกต่างกัน โดยมีแบบจำลองให้เลือกตามความเหมาะสมกับหลักเกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจ

การหาค่าความสำคัญของหลักเกณฑ์อาจทำได้โดยระบบ รตส. แล้วส่งผ่านหลักเกณฑ์และค่าน้ำหนักความสำคัญมายังโปรแกรม MCDA-GIS การวิเคราะห์การตัดสินใจเชิงพื้นที่อาศัย

ขีดความสามารถของระบบภูมิสารสนเทศ ผู้ใช้อาจเลือกวิธีการ Simple Additive Weighting (SAW) หรือ TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to an Ideal Solution) ในการวิเคราะห์การตัดสินใจ ทั้งสองวิธีเป็นวิธีการมาตรฐานที่นิยมใช้วิเคราะห์การตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์ นอกจากนี้ ระบบยังสามารถแสดงผลลัพธ์เป็นแผนที่เพื่อนำไปใช้ในการบูรณาการร่วมกับข้อมูลอื่นได้

การจัดทำกรณีศึกษามีวัตถุประสงค์เพื่อทดลองใช้ระบบ *รตส.* และ *MCDA-GIS* ในกระบวนการตัดสินใจร่วมกันผ่านการประชุมเชิงปฏิบัติการ เพื่อนำข้อจำกัดที่พบในการใช้งานระบบดังกล่าว มาปรับปรุงแก้ไขโปรแกรมเพื่อให้ความสมบูรณียิ่งขึ้น กรณีศึกษาที่ได้จัดทำมี 4 กรณีศึกษา สองกรณีเป็นโครงการทั่วไปที่ไม่ใช่ข้อมูลเชิงพื้นที่ ได้แก่การใช้ *รตส.* เพื่อจัดทำดัชนีรวมการเข้าถึงข้อมูลในเว็บไซต์ และการใช้ *รตส.* ในการตัดสินใจเลือกปลูกผักปลอดสารพิษของกลุ่มเกษตรกร ส่วนอีกสองกรณีเป็นการตัดสินใจหลายหลักเกณฑ์ที่อาศัยข้อมูลเชิงพื้นที่ในการวิเคราะห์ได้แก่ การใช้ *MCDA-GIS* ในการประเมินคุณภาพที่ดิน และการใช้ *MCDA-GIS* ในการหาพื้นที่เหมาะสมสำหรับเลี้ยงปลาในนาข้าว นอกจากนี้เป็นการทดสอบการทำงานของโปรแกรมทั้งสองแล้ว กรณีศึกษานี้ยังสามารถใช้เป็นตัวอย่างสำหรับการฝึกอบรมและการเรียนรู้การทำงานของโปรแกรมด้วยตนเองอีกด้วย

ผลจากการจัดทำกรณีศึกษาทั้ง 4 กรณีชี้ให้เห็นว่าโปรแกรม *รตส.* และ *MCDA-GIS* เป็นเครื่องมือที่ช่วยในการสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับสถานการณ์ที่มีความหลากหลายทั้งในแง่ผู้มีส่วนร่วมในการตัดสินใจ ประเภทของทางเลือก ข้อมูลที่ใช้ในการตัดสินใจ วิธีการที่ใช้ในการหาค่า น้ำหนักความสำคัญ และกฎเกณฑ์ในการรวมหลักเกณฑ์เพื่อหาค่าน้ำหนักความสำคัญโดยรวมของทางเลือก ตลอดจนการแสดงผลลัพธ์ในรูปแบบต่างๆที่แตกต่างกันระหว่างการตัดสินใจที่ใช้และไม่ใช้ข้อมูลเชิงพื้นที่ ถึงแม้ว่าในระยะแรกของโครงการวิจัยโปรแกรม *รตส.* ได้รับการออกแบบให้ทำหน้าที่จัดโครงสร้างการตัดสินใจและวิเคราะห์หาค่าน้ำหนักความสำคัญของหลักเกณฑ์ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของระบบการวิเคราะห์หลายหลักเกณฑ์เชิงพื้นที่ แต่ขีดความสามารถของ *รตส.* และความต้องการของผู้ที่ใช้การวิเคราะห์หลายหลักเกณฑ์กับข้อมูลทั่วไปทำให้คณะนักวิจัยต้องปรับให้โปรแกรมนี้ทำงานได้โดยไม่ต้องผูกติดกับ GIS เพื่อความสะดวกในการนำไปใช้กับงานทั่วไป ดังเช่นในกรณีศึกษาที่ 1 ที่ใช้ในการเรียงลำดับการเข้าถึงข้อมูลในเว็บไซต์ นอกจากนี้ในกรณีศึกษาที่ 2 ยังแสดงให้เห็นว่าการออกแบบโปรแกรม *รตส.* ให้สื่อความหมายในเชิงกราฟิกอย่างเหมาะสมทำให้ผู้ร่วมตัดสินใจที่เป็นเกษตรกรและนักวิชาการสามารถร่วมกันกำหนดวัตถุประสงค์หลักเกณฑ์ และทางเลือกในการตัดสินใจเลือกผักปลอดสารพิษ ตลอดจนร่วมกันเปรียบเทียบหลักเกณฑ์และทางเลือกตามวิธีการ AHP ได้เป็นอย่างดี

กรณีศึกษาที่ 3 และ 4 แสดงให้เห็นว่าโปรแกรม *MCD-GIS* สามารถช่วยสนับสนุนการตัดสินใจที่ใช้ข้อมูลเชิงพื้นที่สำหรับพื้นที่เป้าหมายขนาดใหญ่ระดับลุ่มน้ำและระดับจังหวัดได้ การวิเคราะห์การตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์ในลักษณะนี้แตกต่างจาก 2 กรณีแรก เนื่องจากจำนวนทางเลือกเป็นหน่วยแผนที่ซึ่งมีเป็นจำนวนมากเกินกว่าที่จะนำมาเปรียบเทียบทีละคู่ นอกจากนี้หลักเกณฑ์เป็นข้อมูลเชิงปริมาณซึ่งมีหน่วยวัดและช่วงค่าที่แตกต่างกันมาก จึงต้องการซอฟต์แวร์ที่ช่วยในการปรับมาตรฐานข้อมูลและคำนวณค่าน้ำหนักความสำคัญของทางเลือกที่มีเป็นจำนวนมากและแสดงผลลัพธ์เป็นแผนที่เพื่อสื่อสารกับผู้ตัดสินใจอย่างมีประสิทธิภาพ ผู้ใช้อาจเลือกใช้ชั้นข้อมูลประเภทเวกเตอร์ดังในกรณีศึกษาที่ 3 ซึ่งเป็นการหาความเหมาะสมของพื้นที่สำหรับปลูกพืชเศรษฐกิจในลุ่มน้ำแม่ปิงตอนบนครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 25,203 ตร.กม. หรืออาจใช้ชั้นข้อมูลประเภทแรสเตอร์ดังเช่นในกรณีศึกษาที่ 4 ซึ่งเป็นการใช้ขีดความสามารถของ GIS ประเภทแรสเตอร์ในการวิเคราะห์เชิงพื้นที่เพื่อสร้างชั้นข้อมูลหลักเกณฑ์และวิเคราะห์หาดัชนีความเหมาะสมของพื้นที่ในการใช้เลี้ยงปลาในจังหวัดเชียงราย

โปรแกรม *MCD-GIS* อาจนำไปใช้ในสถานการณ์อื่นที่ใช้ข้อมูลเชิงพื้นที่เป็นหลักเกณฑ์ เช่น การหาพื้นที่เหมาะสมสำหรับวัตถุประสงค์เฉพาะเรื่องอื่นๆ การจัดลำดับความสำคัญของลุ่มน้ำย่อย การกำหนดเขตสำหรับการผลิตทางเกษตร และการจัดลำดับพื้นที่เสี่ยงต่ออาหารขาดแคลน หรือภัยพิบัติ เป็นต้น เนื่องจากข้อกำหนดหลักเกณฑ์และข้อจำกัดของสถานการณ์หนึ่งๆ สามารถเปลี่ยนแปลงแก้ไขได้สะดวก ดังนั้นจึงเหมาะต่อการสร้างสถานการณ์จำลองโดยการเปลี่ยนแปลงหลักเกณฑ์และข้อจำกัด ที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต แล้วประเมินผลกระทบต่อลำดับความสำคัญของทางเลือก ทำให้กระบวนการตัดสินใจมีประสิทธิภาพและสอดคล้องกับสถานการณ์ที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต

Executive Summary

Strategic planning in agriculture and natural resource management involve decision making processes which are multidimensional in nature. To facilitate decision makers and stake holders in these situations, tools for multicriteria analyses are needed. This research project aims to develop a system that utilize the capability of Multicriteria Decision Analysis (MCDA) and Geographic Information System (GIS) to support the effective decision analyses which are based on spatial data.

Two application software were developed for this purpose. The “*Ror Tor Sor*” or “collective decision” was designed to facilitate general decision making process while “*MCDA-GIS*” was intended to use for the situation in which spatial data serve as criteria and alternatives in decision making process. The later often involves large amount of alternatives and requires repeated steps of analyses until the results are agreeable among those involve in the decision. Normally, this process is time consumed and error prone in data preparation and analysis if it is conducted in GIS package that does not provide MCDA capability.

Ror Tor Sor was developed using Visual Basic to facilitate decision makers to participate in defining a decision framework consisting of objective, criteria, sub-criteria and alternatives. The program employs Analytic Hierarchy Process (AHP) and Fuzzy AHP as main procedures to compare different criteria and alternatives and compute their relative weight of importance. This has been achieved through graphic user interfaces in Thai in every steps of the procedure from constructing a decision framework, pair-wise comparison technique, and ranking alternatives to sensitivity analysis of the results.

The *MCDA-GIS* was also developed to utilize programming objects from ArcGIS to accomplish necessary steps in MCDA and its graphic user interface is in Thai. The program was designed to handle spatial data in either vector or raster formats. A user may define objective, criteria and their weights within *MCDA-GIS* or imported them from *Ror Tor Sor*. Mapping units are considered to be alternatives in MCDA and may be built within the program by spatial analysis of the defined criteria and constraints. Standardization of the criterion maps are achieved by selecting appropriate functions

from a set of models provided by the program. The standardization of criteria is necessary to avoid differences in scale of measurement and range of values among the criterion maps. Two commonly used decision rules, Simple Additive Weighting (SAW) and Technique for Order Preference by Similarity to an Ideal Solution (TOPSIS) are provided for combining criteria and compute overall relative weights of importance for alternatives. The program also makes a tool available for verifying criteria, standardized criteria and the results of the decision as maps.

In order to test the flexibility and performance of the programs, four case studies have been conducted. For general MCDA, one case study applied *Ror Tor Sor* for ranking websites, another case study supported organic vegetable growers to select the suitable vegetables for rainy and cool seasons. The other case studies utilized *MCDA-GIS* in land evaluation and site suitability for fish culture in the paddy land.

The results from the case studies indicate that *Ror Tor Sor* and *MCDA-GIS* could be useful tools for supporting decision in situations of diverse stake holders, type of alternatives, availability of data, decision rules, and type of spatial data. Originally, *Ror Tor Sor* was designed to be part of *MCDA-GIS* but the demand for using it in non-spatial data environment convince us to release this program independently from *MCDA-GIS* which requires ArcGIS to run it, this would be an unnecessarily burden for general users. The *Ror Tor Sor* user interface in Thai has proved that ranking alternatives using AHP may be achieved by participation of experienced organic vegetable growers who collectively define decision framework and select the most suitable vegetables according to their objective and criteria.

Two case studies that were used to test the application of *MCDA-GIS* also illustrated that the program could conveniently handle target areas at the watershed and provincial levels. Decision making at this level are totally different from the above case studies because the number of alternatives depend on the amount of mapping units used for evaluation. The numbers are generally too many for pair-wise comparison as done in non-spatial data cases and criterion maps must be standardized before decision rules could be applied. The application of *MCDA-GIS* for land evaluation of rice, corn and longan in the Upper Ping watershed covers the areas of 25,203 sq. km. This case study used vector data and SAW as decision rule, the resulting suitability

index map is more meaningful than the existing land suitability map because it provide continuous index that can be easily used for estimating crop yield and economic land suitability providing the cost of inputs and price of crop produces. *MCDA-GIS* can work with raster data as illustrated in the site suitability case study in Chiang Rai province for culturing fish in the paddy. The case study employed the TOPSIS method as the decision rule.

MCDA-GIS may be used in other situations that require spatial data as criteria such as site selection for other specific purposes, watershed prioritization, agricultural zoning, natural hazard and environmental vulnerability map, etc. The flexibility in adding and removal of criteria, constraint and parameters of the models used for standardization of the criterion maps also facilitate testing the impacts of different scenarios on priority ranking of alternatives. This will lead to more effective decision plans for the future.