การบูรณาการคุณภาพที่ดินเพื่อเป็นแบบจำลองการประเมินที่ดิน สำหรับพืชไร่อาศัยน้ำฝน: การพัฒนาโปรแกรม

INTEGRATED LAND QUALITIES AS A MODEL OF THE LAND EVALUATION FOR RAIN-FED FIELD CROPS: A PROGRAM DEVELOPMENT

นางสาวแสงดาว นพพิทักษ์
ชรัตน์ มงคลสวัสดิ์
ศูนย์ภูมิสารสนเทศเพื่อการพัฒนาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
สุรชัย รัตรเสริมพงศ์
สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน)

Sangdaow Noppitug
Charat Mongkolsawat
Geo-Informatics Center for Development of Northeast Thailand, KhonKaen University
Surachai Ratanasermpong
Geo-Informatics and Space Technology Development Agency (Public Organization)

Abstract

In the process of land evaluation, complexities in integration of land evaluation needs automated computer program., However, available commercial softwares for land evaluation require expertise in using it. To facilitate users, a program for land evaluation is developed based on the FAO guidelines for land evaluation to integrate land qualities with the model. The test site, Khon Kaen province, covers approximately 10,886 km^2 and comprises a diverse, predominantly crop-based mixed-farm. The program was developed using Visual Basic Editor (VBE) available within ArcGIS 9.2 to create the custom commands (Visual Basic for Applications (VBA) environment and ArcObjects). The developed program supports database inputs, analysis of the used model, and map and report generation. The program is divided into 4 modules including data management, crop types to be evaluated, data analysis, and map output and reports. To test the developed program, 7 geo-spatial land qualities were used as inputs with multiplication model and factor ratings were assigned to create land suitability maps for cassava and sugar cane. The obtained maps were then checked against the ground survey, resulting the Kappa coefficients of 79% and 71% for the cassava and the sugar cane respectively. Moreover, the developed program has capabilities to support additional land quality layers and analytical models to be used in the evaluation process.

บทคัดย่อ

ในขั้นตอนการประเมินที่ดินที่มีความยุ่งยากซับซ้อน การบูรณาการคุณภาพที่ดินในการประเมินที่ดินจำเป็นต้องอาศัยโปรแกรมคอมพิวเตอร์แบบอัตโนมัติ การใช้งานโปรแกรมเชิงพาณิชย์ในการประเมินที่ดิน ผู้ใช้จะต้องเป็นผู้ที่มีความรู้ความชำนาญ การพัฒนาโปรแกรมการประเมินที่ดินพัฒนาขึ้นเพื่ออำนวยความสะดวกต่อผู้ใช้ มีจุดประสงค์ในการบูรณาการคุณภาพที่ดินเพื่อเป็นแบบจำลองการประเมินที่ดิน โดยอ้างอิงตามหลักการประเมินที่ดินของ FAO โดยใช้ข้อมูลทดสอบในจังหวัดขอนแก่นที่มีพื้นที่ครอบคลุมประมาณ 10,886 ตารางกิโลเมตร ซึ่งมีความหลากหลายของพืชสวนผสม การพัฒนาโปรแกรมได้ใช้ Visual Basic Editor (VBE) เป็นเครื่องมือในการพัฒนาภายใต้โปรแกรม ArcGIS desktop รุ่น 9.2 ด้วยภาษาโปรแกรม Visual Basic for Applications (VBA) และ ArcObjects ชุดคำสั่งในโปรแกรมประกอบด้วยฟังก์ชันในการนำเข้าฐานข้อมูล แบบจำลองที่ใช้วิเคราะห์ การสร้างแผนที่และรายงาน ส่วนของเมนูและหน้าจอโปรแกรมประกอบด้วย 4 มอดูล ได้แก่ ส่วนจัดการ

ข้อมูล ประเภทของพืชที่จะถูกประเมิน การวิเคราะห์ข้อมูลแผนที่และรายงาน โดยได้ทำการทดสอบโปรแกรมด้วยชั้นข้อมูลคุณภาพที่ดินจำนวน 7 ชั้นข้อมูล ที่นำมาใช้ในการประเมินความเหมาะสมของที่ดินกับแบบจำลองต่างๆ และให้ค่าน้ำหนักแก่ปัจจัยวินิจฉัยเพื่อสร้างแผนที่ความเหมาะสมสำหรับปลูกมันสำปะหลังและอ้อย หลังจากได้ผลการประเมินความเหมาะสมแล้ว ได้นำไปตรวจสอบความถูกต้องกับข้อมูลภาคสนามด้วยวิธีค่าสัมปสิทธิ์ Kappa พบว่ามีค่าท่ากับร้อยละ 79 และ 71 ในการประเมินความเหมาะสมของที่ดินสำหรับมันสำปะหลังและอ้อยตามลำดับ มากไปกว่านั้นโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นสามารถเพิ่มชั้นข้อมูลคุณภาพที่ดินอื่นๆ และระบุแบบจำลองต่างๆ ที่ใช้ในขั้นตอนการประเมินที่ดินได้อีกด้วย

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

1.1 การประเมินความเหมาะสมของที่ดินเพื่อการเกษตร

จากจำนวนประชากรที่เพิ่มมากขึ้นในทุกวัน จึงเกิดความต้องการในการใช้ทรัพยากรเพิ่มขึ้น ต้องการพื้นที่เพื่อใช้ประโยชน์ในกิจกรรมต่างๆ เพิ่มขึ้น ไม่ว่าจะเป็นความต้องการพื้นที่เพื่อสร้างสิ่งปลูกสร้างต่างๆ หรือแม้กระทั่งความต้องการพื้นที่เพื่อการเกษตร ไม่ว่าจะเป็นความต้องการพื้นที่เพื่อวัตถุประสงค์ใด ย่อมต้องมีการวิเคราะห์ถึงความเหมาะสมต่อการใช้ประโยชน์ที่ดินตามวัตถุประสงค์นั้นๆ เพื่อให้เกิดการใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างเหมาะสมและคุ้มค่า โดยเฉพาะประเทศไทยที่ถือเป็นประเทศที่ทำการเกษตรเป็นหลัก การประเมินความเหมาะสมของที่ดินเพื่อการเกษตรจึงถือเป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างยิ่ง เพื่อเป็นแนวทางให้มีการส่งเสริมการใช้ที่ดินอย่างมีประสิทธิภาพและเหมาะสมต่อเกษตรกร การที่จะสามารถอธิบายหรือให้คำตอบได้ว่าพื้นที่นั้นเหมาะสมต่อการใช้ประโยชน์ในกิจกรรมใดๆ หรือไม่ ต้องอาศัยการประเมินที่ดิน (Land evaluation) โดยองค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (Food and agriculture organization of the united nations: FAO) FAO (1983) ได้ให้ความหมายว่า การประเมินที่ดิน คือการประเมินศักยภาพของพื้นที่เพื่อใช้ประโยชน์ในจุดประสงค์ใดๆ เพื่อใช้สำหรับการตัดสินใจในการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยมีพื้นฐานอยู่บนการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการใช้ประโยชน์ที่ดินและที่ดิน หรือให้ค่าประมาณข้อมูลนำเข้าที่ต้องการและได้ผลลัพธ์ออกมา ซึ่งมีการกำหนดขั้นตอนในการประเมินที่ดินไว้ดังนี้ 1) กำหนดวัตถุประสงค์ของการประเมินที่ดิน 2) เลือกและกำหนดประเภทของการใช้ประโยชน์ที่ดินหรือทำการกำหนดและสำรวจหน่วยที่ดิน คัดเลือกคุณภาพที่ดิน (Land quality: LQ) และลักษณะของที่ดิน (Land characteristic: LC) 3) จับคู่เพื่อเปรียบเทียบความต้องการการใช้ประโยชน์ที่ดินกับคุณภาพที่ดินและทำการจัดระดับความเหมาะสมของที่ดิน (Land suitability) 4) ทำการปรับปรุงข้อมูลที่พิจารณาและทำการวิเคราะห์ด้านอื่นๆ และ 5) แสดงผลการประเมินที่ดินด้วยรายงานหรือแผนที่ และ Rossiter (1996) กล่าวว่าการประเมินที่ดินเป็นขั้นตอนของการทำนายการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยขึ้นอยู่คุณสมบัติต่างๆ ของที่ดินนั้นด้วย พร้อมทั้งได้กล่าวถึงหลักการประเมินที่ดินด้วยแบบจำลอง Automated land evaluation system (ALES) ที่เป็นการประยุกต์ใช้การประเมินที่ดินที่มีพื้นฐานอยู่บนคุณภาพที่ดินโดยมีข้อมูลพื้นฐานที่แน่นอนและมีความเหมาะสมของที่ดินที่แน่นอน

1.2 เทคนิคและปัญหาของการประเมินความเหมาะสมของที่ดิน

ธงชัย จารุพพัฒน์ (2545) ได้ทำการตรวจวัดความเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน การประเมินค่าที่ดิน และการวางแผนการใช้ที่ดินในบริเวณลุ่มน้ำลำพระเพลิง ซึ่งมีการกล่าวถึงขั้นตอนการประเมินที่ดินโดยยึดตามหลักการประเมินที่ดินขององค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ FAO (1976) เป็นหลัก แต่ได้มีการดัดแปลงให้มีความเหมาะสมกับสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ซึ่งมีขั้นตอนโดยสังเขปดังนี้ 1) การกำหนดชนิดพืชที่ต้องการประเมินซึ่งมีการปลูกพืชอยู่มากถึง 24 ชนิดอาทิเช่น ข้าว อ้อย ข้าวโพด ยางพารา มะม่วง หญ้าเลี้ยงสัตว์ เป็นต้น 2) การกำหนดค่าคะแนนสำหรับระดับความเหมาะสมของปัจจัยซึ่งมีการแบ่งระดับความเหมาะสมของปัจจัยออกเป็น 4 ระดับได้แก่ ระดับที่ 1 มีความเหมาะสมมาก

(S1) มีคะแนน 1.0 ระดับที่ 2 มีความเหมาะสมมากปานกลาง (S2) มีคะแนน 0.8 ระดับที่ 3 มีความเหมาะสมน้อย (S3) มีคะแนน 0.5 และระดับที่ 4 ไม่มีความเหมาะสม (S4) มีคะแนน 0.2 3) การกำหนดคุณภาพที่ดิน 4) การกำหนดค่าความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช 5) การแปลงค่าปัจจัยความต้องการของพืชสู่ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ 6) การสร้างฐานข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ 7) ประเมินที่ดิน และ 8) สรุปผลการประเมินที่ดิน เนื่องจากงานวิจัยชิ้นนี้ไม่ได้เน้นการพัฒนาโปรแกรม จึงมีเพียงโปรแกรมสำหรับส่วนของการวิเคราะห์ความเหมาะสมของที่ดินสำหรับการปลูกพืชต่างๆ ตามปัจจัยวินิจฉัยที่กำหนด โดยมีการกำหนดค่าคะแนนให้แต่ละระดับความเหมาะสมซึ่งเป็นการให้ค่าคะแนนที่แน่นอน แต่ก็ไม่ยืดหยุ่นต่อการใช้งาน ทั้งยังไม่ได้ทำการพัฒนาให้ครอบคลุมถึงส่วนของการจัดการข้อมูล การซ้อนทับข้อมูล และการแสดงผลลัพธ์แผนที่ จะเห็นว่าการทำงานในบางส่วนยังต้องอาศัยฟังก์ชันอื่นๆ เพิ่มเติมทำให้เกิดความยุ่งยากต่อการใช้งานและยังต้องอาศัยผู้ประเมินที่มีความรู้ความชำนาญในงานหลายด้านอีกด้วย และจากงานวิจัยของ Kalogiroua (2001) ได้ทำการพัฒนาโปรแกรม LEIGIS ขึ้นมาด้วยภาษาโปรแกรม CLIPS ซึ่งสามารถประเมินที่ดินทั้งในเชิงกายภาพและเศรษฐกิจสำหรับการประเมินพืชไร่ 5 ชนิด ได้แก่ ข้าวสาลี ข้าวบาร์เลย์ ข้าวโพด ฝ้าย และบีท โดยอ้างอิงตามหลักการขององค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติในการจำแนกพื้นที่เหมาะสมสำหรับการปลูกพืชไร่ ในขั้นตอนการประเมินที่ดินจะประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก ได้แก่ ส่วนของโปรแกรมด้านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มีหน้าที่ในการจัดการกับข้อมูลเชิงพื้นที่และแสดงผลลัพธ์ และส่วนของโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นจะถูกใช้ในการประเมินและแสดงชุดข้อมูลเชิงพื้นที่ ซึ่งผู้ทำการประเมินที่ดินไม่จำเป็นต้องมีทักษะทางด้านคอมพิวเตอร์ก็สามารถใช้งานได้ แต่เมื่อพิจารณาจะเห็นว่ามีการพัฒนาโปรแกรมเพียงส่วนของการประเมินที่ดินและแสดงชุดข้อมูลเชิงพื้นที่เพียงอย่างเดียว ไม่ได้ครอบคลุมถึงส่วนของการจัดการข้อมลูเชิงพื้นที่และแสดงผลลัพธ์ ซึ่งทำให้เกิดความยุ่งยากต่อการใช้งาน เนื่องจากแต่ละส่วนแยกทำงานในแต่ละโปรแกรม และ Rossiter and Van Wambeke (1997) ได้กล่าวถึงขั้นตอนการประเมินที่ดินในโปรแกรม ALES ที่ประกอบด้วย 7 ส่วน ได้แก่ 1) หลักการสำหรับข้อมูลพื้นฐานที่ใช้อธิบายวัตถุประสงค์ของการใช้ประโยชน์ที่ดินทั้งในเชิงกายภาพและเศรษฐกิจ 2) หลักการสำหรับฐานข้อมูลที่ใช้อธิบายถึงพื้นที่ที่จะถูกประเมิน 3) การประเมินที่ดินด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ ที่มีทำการคำนวณทั้งเชิงกายภาพและเศรษฐกิจ 4) ความสะดวกของแบบจำลองที่ผู้สร้างเข้าใจ 5) ขอบเขตของผู้ใช้สำหรับการค้นหาข้อมูลในระบบ ณ เวลาหนึ่ง 6) สร้างรายงาน และ 7) ส่วนของการนำเข้าและส่งออกข้อมูลเพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลกับฐานข้อมูลอื่นๆ ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์อื่น และข้อมูลในลักษณะแผ่นงาน ซึ่งระบบประเมินที่ดินอัตโนมัตินี้จะให้ความสะดวกและรวดเร็วต่อการประเมินที่ดินเสมือนเป็นการทำงานของผู้เชี่ยวชาญ แต่เมื่อพิจารณาในส่วนของหน้าจอการทำงานพบว่าเป็นลักษณะเมนูที่ซับซ้อน และมีขั้นตอนการตัดสินใจที่ยุ่งยาก Yizengaw and Verheye (1995) ได้พัฒนาเครื่องมือเพิ่มเติมสำหรับโปรแกรม ALES ขึ้น โดยมีขั้นตอนสำหรับการตัดสินใจอย่างง่ายเพื่อประเมินการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยเฉพาะในใจกลางเมืองเอธิโอเปีย ซึ่งเป็นการประเมินที่ดินสำหรับปลูกข้าวบาร์เล่ย์ ข้าวโพด และข้าวสาลี เทฟ ซึ่งให้ความรวดเร็วและง่ายในการสร้างข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับพื้นที่ที่มีข้อจำกัด อีกทั้งยังทำให้ได้ความรู้อย่างผู้เชี่ยวชาญผ่านหน้าจอจากระบบคอมพิวเตอร์ โดยระบบการประเมินที่ดินนี้มีชื่อว่า “Central Ethiopia” หรือ LEV-CET แต่ต้องทำการติดตั้งเพิ่มเติม

1.3 ระบบโปรแกรมที่พัฒนากับการประยุกต์ใช้งาน

จากเทคนิคการประเมินความเหมาะสมของที่ดินดังกล่าวที่มีขั้นตอนการประเมินที่ดินที่ค่อนข้างยุ่งยากซับซ้อน และผู้ประเมินจะต้องมีความรู้ความเข้าใจในหลักการประเมินที่ดิน จนกระทั่งจะต้องมีทักษะความสามารถในการใช้โปรแกรมทางด้านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ และยังต้องอาศัยการใช้งานโปรแกรมสำหรับการคำนวณเพิ่มเติม เช่น โปรแกรม

ไมโครซอฟต์เอกเซลล์ เพื่อช่วยในการคำนวณค่าต่างๆ และจากความไม่ยืดหยุ่นของโปรแกรม การพัฒนาฟังก์ชันการทำงานในส่วนต่างๆ ที่จำเป็นต่อการประเมินที่ดินไม่ครบถ้วนหรือมีความสลับซับซ้อน และความยุ่งยากในการใช้งานโปรแกรม เพื่อให้ได้โปรแกรมที่สามารถอำนวยความสะดวกแก่การประเมินที่ดิน ดังนั้นจึงเกิดแนวคิดในการพัฒนาโปรแกรมประเมินความเหมาะสมของที่ดินขึ้น เพื่อลดข้อจำกัดและปัญหาต่างๆ ให้ได้โปรแกรมที่สามารถใช้งานง่ายไม่สลับซับซ้อน มีความยืดหยุ่นต่อการใช้งาน มีฟังก์ชันพร้อมสำหรับการประเมินที่ดิน อีกทั้งผู้ประเมินยังสามารถปรับปรุง แก้ไข และตรวจสอบข้อมูลตามที่ต้องการได้ ซึ่งการพัฒนาโปรแกรมสำหรับงานวิจัยในครั้งนี้ได้อ้างอิงตามโปรแกรม ALES ที่เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ใช้สำหรับการประเมินที่ดินที่มีลักษณะโปรแกรมแบบระบบผู้เชี่ยวชาญ (Expert system) เป็นระบบคอมพิวเตอร์ที่ออกแบบมาเพื่อช่วยในการตัดสินใจสำหรับกิจกรรมอย่างใดอย่างหนึ่ง โดยยึดตามหลักการประเมินที่ดินขององค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติใช้ประกอบในการพัฒนาโปรแกรม แต่เน้นการพัฒนาเฉพาะในส่วนของการประเมินที่ดินด้านกายภาพ และพัฒนาด้วยภาษาโปรแกรม Visual basic for application (VBA) และ ArcObject ภายใต้โปรแกรม ArcGIS desktop ดังเช่น Riolo (2005) ได้พัฒนาโปรแกรมที่ให้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์สามารถบูรณาการร่วมกับข้อมูลด้านการประมง ซึ่งมีการพัฒนาภายใต้โปรแกรม ArcGIS desktop รุ่น 8.3 ด้วยภาษา VBA และ ArcObject เช่นกัน สามารถให้หน้าจอโปรแกรมสำหรับการใช้งานและแสดงผลลัพธ์ที่ง่ายขึ้น สำหรับการพัฒนาโปรแกรมการประเมินที่ดินในครั้งนี้ ได้ยกตัวอย่างการประเมินความเหมาะสมของพืชไว้ 2 ชนิดได้แก่ อ้อย และมันสำปะหลัง โดยพืชทั้ง 2 ถือเป็นพืชไร่อาศัยน้ำฝนและยังเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศ จากรายงานของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2551) กล่าวว่าอ้อยมีมูลค่าการส่งออกถึง 70,000 ล้านบาทต่อปี ส่วนมันสำปะหลังมีตัวเลขการส่งออกมากกว่า 40,000 ล้านบาทต่อปีซึ่งถือเป็นผู้ส่งออกอันดับ 1 ของโลก ซึ่งพืชทั้ง 2 ชนิดมีการเพาะปลูกในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยด้วย

2. วัตถุประสงค์

เพื่อพัฒนาโปรแกรมสำหรับประเมินความเหมาะสมของที่ดินสำหรับพืชไร่ ด้วยการสร้างแบบจำลองเชิงบูรณาการของชั้นข้อมูลคุณภาพที่ดิน ในการพัฒนาโปรแกรมนี้เป็นการพัฒนาด้วยภาษา VBA และ ArcObjects

3. ขอบเขตและข้อจำกัดการวิจัย

3.1 ในการประเมินความเหมาะสมของที่ดินได้ใช้พืชไร่ที่อาศัยน้ำฝนเพียง 2 ชนิด ได้แก่ อ้อย และมันสำปะหลัง

3.2 การศึกษาวิจัยครั้งนี้ พื้นที่ที่ใช้ในการประเมินที่ดินจำเพาะภายในจังหวัดขอนแก่นเท่านั้น

3.3 การพัฒนาโปรแกรมในครั้งนี้เป็นเพียงการประเมินในเชิงกายภาพ โดยมิได้พัฒนาโปรแกรมในส่วนของการวิเคราะห์ความเหมาะสมในเชิงการจัดการเศรษฐกิจและสังคม

4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

4.1 ได้โปรแกรมการบูรณาการคุณภาพที่ดินเพื่อเป็นแบบจำลองการประเมินที่ดินสำหรับพืชไร่ที่อาศัยน้ำฝน

4.2 สามารถนำโปรแกรมที่ได้จากการพัฒนาไปประยุกต์ใช้ในหน่วยงานที่มีการทำการประเมินความเหมาะสมของที่ดิน

5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

5.1 การประเมินที่ดิน

FAO (1983) ได้ให้ความหมายของการประเมินที่ดินว่า การประเมินที่ดิน คือการประเมินศักยภาพของพื้นที่เพื่อใช้ประโยชน์ในจุดประสงค์ใดๆ เพื่อใช้สำหรับการตัดสินใจในการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยมีพื้นฐานอยู่บนการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการใช้ประโยชน์ที่ดินและที่ดิน หรือให้ค่าประมาณข้อมูลนำเข้าที่

ต้องการและให้ผลลัพธ์ต่างๆ และวัตถุประสงค์หลักของการประเมินที่ดินก็เพื่อเลือกการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เหมาะสมในหน่วยที่ดินที่กำหนด ซึ่งต้องพิจารณาทั้งเรื่องทางกายภาพและเศรษฐกิจสังคม และยังรวมไปถึงการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติเพื่อใช้ประโยชน์ในอนาคตอีกด้วย

ธงชัย จารุพพัฒน์ (2545) ได้กล่าวถึงขั้นตอนการประเมินที่ดินโดยยึดตามแนวทางในการประเมินค่าที่ดินขององค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ FAO (1976) เป็นหลัก แต่ได้ปรับปรุงและดัดแปลงให้มีความเหมาะสมกับสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยตามขั้นตอนต่างๆ ได้แก่ 1. กำหนดชนิดพืชที่จะประเมินค่า รวมทั้งสิ้น 8 ชนิด ได้แก่ พืชนา 1 ชนิด คือข้าว พืชไร่ 3 ชนิด ได้แก่ อ้อย และข้าวโพด มันสำปะหลัง พืชสวน 3 ชนิด ได้แก่ ยางพารา มะม่วง และมะขาม และทุ่งหญ้า 1 ชนิด ได้แก่ หญ้าเลี้ยงสัตว์ 2. กำหนดค่าคะแนนสำหรับระดับความเหมาะสมของปัจจัย ในการประเมินค่าที่ดินเพื่อปลูกพืชแต่ละชนิดได้ดัดแปลงค่าคะแนนความเหมาะสมของปัจจัยจากที่องค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ FAO (1983) 3. การกำหนดคุณภาพของที่ดิน คุณภาพของที่ดินที่นำมาใช้ในการจำแนกความเหมาะสมของดินซึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชเศรษฐกิจทั้ง 8 ชนิด ซึ่งมีจำนวนรวม 8 ปัจจัย ได้แก่ สภาพอุณหภูมิ (Temperature condition: T) น้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (Water availability: W) ความจุการดูดยึดธาตุอาหาร (Nutrient retention capacity: N) ประกอบด้วย B.S. ดินล่าง (Base saturation: B.S.) และ C.E.C. ดินล่าง (Cation exchange capacity: C.E.C.) ดัชนีความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารต่อพืช (Nutrient availability index: NAI) ประกอบด้วย ไนโตรเจน (Nitrogen: N) ฟอสฟอรัส (Phosporus: P) โปตัสเซียม (Potassium: K) และความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH) การรักษาน้ำของเนื้อดิน (Water retention: X) สภาวะการหยั่งลึกของราก (Rooting condition: R) ความเป็นประโยชน์ของออกซิเจนต่อรากพืช (Oxygen Availability: O) และสภาพภูมิประเทศ (Topography: G) ประกอบด้วย ธรณีสัณฐาน และความลาดชัน 4. การกำหนดค่าความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช 5. การแปลงค่าปัจจัยความต้องการของพืชสู่ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ในการสร้างแบบจำลองเชิงพื้นที่ (Spatial model) เพื่อประเมินค่าที่ดินว่ามีความเหมาะสมในการปลูกพืชชนิด 6. การสร้างฐานข้อมูลระบบสารสนเทศ 7. การประเมินค่าที่ดิน ในการประเมินค่าที่ดินใช้วิธีการสร้างแบบจำลองด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อประเมินค่าที่ดินสำหรับการปลูกพืชเดี่ยวแต่ละชนิดโดยการคำนวณค่าทางคณิตศาสตร์ตามวิธีการต่างๆ ได้แก่ การประกบคู่เพื่อประเมินหาความเหมาะสมของพื้นที่ การคำนวณค่าความเหมาะสมรวม (Overall suitability) และการจัดช่วงค่าความเหมาะสมใหม่ 8. การตรวจสอบความถูกต้อง และ 9. สรุปผลการประเมินค่าที่ดิน

Mongkolsawat, Thiranggoon, and Kuptawutinan (1997) ได้ใช้ข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์สร้างแบบจำลองเชิงพื้นที่เพื่อประเมินที่ดินที่เหมาะสมต่อการปลูกข้าวในบริเวณลุ่มแม่น้ำพองตอนล่าง ซึ่งอยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย โดยนำแนวทางการประเมินที่ดินของ องค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ ปี พ.ศ. 2526 มาปรับปรุงให้เหมาะสมต่อการประเมินที่ดินสำหรับการปลูกข้าวในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ซึ่งประกอบด้วยคุณภาพที่ดินที่นำไปประเมินที่ดิน ได้แก่ น้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (Water available: W) แร่ธาตุที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (Nutrient available index: NAI) น้ำและแร่ธาตุที่พืชเก็บกักไว้ใช้ได้ (Water and nutrient retentions: R) ความเค็มของดิน (Saline soil: S) และลักษณะภูมิประเทศ ซึ่งทั้ง 5 คุณภาพที่ดินและรายละเอียดข้อมูลอื่นๆ จะถูกเก็บไว้ฐานข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ และมีปัจจัยในการกำหนดค่าคะแนนสำหรับแต่ละคุณภาพข้อมูลของการปลูกข้าว ผลการศึกษานี้พบว่าพื้นที่เหมาะสมมากต่อการปลูกข้าวมีเนื้อที่ประมาณ 208.3 ตารางกิโลเมตร ซึ่งเป็นพื้นที่ที่รับน้ำจากระบบชลประทานและมีค่าแร่ธาตุที่เป็นประโยชน์ต่อพืชสูง และพื้นที่ที่ไม่มีความเหมาะมีเนื้อที่ประมาณ 17.73 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากเป็นพื้นที่ที่มีความลาดชันสูง นอกจากนั้นยังชี้ให้เห็นว่าข้อมูลระยะไกล (Remote sensing) และข้อมูลที่เก็บไว้ใน

ฐานข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ สามารถนำมาใช้สร้างรูปแบบเพื่อประเมินหาความเหมาะสมต่อการใช้ที่ดินได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5.2 โปรแกรม Automated Land Evaluation System (ALES)

Rossiter (1994) กล่าวว่าโปรแกรม ALES เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้สำหรับการประเมินที่ดิน พัฒนาโดย David G. Rossiter ในช่วงปี พ.ศ. 2529 ถึงปี พ.ศ. 2539 ที่มีลักษณะโปรแกรมแบบระบบผู้เชี่ยวชาญซึ่งเป็นระบบคอมพิวเตอร์ที่ออกแบบมาเพื่อช่วยในการตัดสินใจสำหรับกิจกรรมอย่างใดอย่างหนึ่ง โดยยึดตามหลักการประเมินที่ดินขององค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ ผลลัพธ์จากการประเมินที่ดินที่ได้จะใช้ทำนายถึงการใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างแท้จริงหรือบอกถึงระบบการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ถูกเสนอจุดประสงค์หลักเป็นขั้นตอนที่มีการจัดสรรการใช้ประโยชน์พื้นที่ของแต่ละบุคคล กลุ่ม หรือองค์กร ซึ่งถือเป็นเครื่องมือช่วยในการตัดสินใจ เป้าหมายที่สำคัญของการประเมินที่ดินคือสามารถอธิบายได้ถึงข้อจำกัดของการใช้ที่ดิน พื้นฐานการใช้ที่ดิน และวิธีการจัดการที่เหมาะสม

Yizengaw and Verheye (1995) กล่าวว่าในการตัดสินใจอย่างง่ายใช้ระบบการประเมินที่ดินแอลอีวี-ซีอีทีที่ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้เป็นเครื่องมือเพิ่มเติมของโปรแกรม ALES โดยแบบจำลองนี้จะถูกประยุกต์ใช้เพื่อประเมินการใช้ประโยชน์ที่ดินในใจกลางเมืองเอธิโอเปียสำหรับการประเมินที่ดินของปลูกข้าวบาร์เล่ย์ ข้าวโพด และข้าวสาลี เทฟ ซึ่งให้ความรวดเร็วและง่ายในการสร้างข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับพื้นที่ที่มีข้อจำกัด อีกทั้งยังทำให้ได้ความรู้อย่างผู้เชี่ยวชาญผ่านหน้าจอจากระบบคอมพิวเตอร์

5.3 ArcObjects ภายใต้ VBA

Burke (2003) กล่าวว่า VBA คือภาษาโปรแกรมรุ่นหนึ่งของวิชวลเบสิก (Visual Basic) ซึ่งเป็นภาษาหนึ่งที่มีลักษณะการเขียนโปรแกรมเชิงอ็อบเจกต์ (Object Oriented Programming: OOP) ภาษาอื่นๆ ที่มีลักษณะการเขียนโปรแกรมแบบนี้ เช่น C++ หรือวิชวลเบสิก แต่ภาษา VBA ได้ถูกรวมเข้าไปในโปรแกรม ArcGIS desktop

ESRI (2001) VBA จะทำงานร่วมกับส่วนประกอบของ ArcGIS desktop ที่ประกอบด้วย Visual Basic Editor (VBE) และคำโต้ตอบที่ผู้ใช้สามารถกำหนดได้เอง (Customize Dialog) ที่สามารถเข้าถึงการทำงานในโปรแกรม ArcMap หรือ ArcCatalog ซึ่งในการพัฒนา VBA บน ArcGIS จะต้องอาศัยทรัพยากรของ ArcGIS

Boroushaki and Malczewski (2008) ได้พัฒนาโปรแกรมในลักษณะเพิ่มเติมในโปรแกรม ArcGIS โดยเน้นการบูรณาการระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ร่วมกับขั้นตอนการวิเคราะห์แบบลำดับชั้นที่มีชื่อว่า Analytical hierarchy process (AHP) ซึ่ง AHP เป็นการระบุและเป็นวิธีการสำหรับการวิเคราะห์และแก้ไขปัญหาการตัดสินใจที่ซับซ้อนโดยมีโครงสร้างแบบลำดับชั้น ซึ่ง AHP ใช้ร่วมกับวิธี Ordered weighted averaging (OWA) ทำให้เกิดตัวดำเนินการแบบผสมผสานหลายเกณฑ์ ระบบ AHP_OWA โดยปกติแล้วจะขึ้นอยู่กับพารามิเตอร์ซึ่งในที่นี้คือตัววัดปริมาณเป็นภาษา หากมีการเปลี่ยนคำศัพท์ AHP_OWA จะทำการสร้างช่วงของการตัดสินใจจุดประสงค์เพื่อให้ได้ระบบการประเมินแบบหลายเกณฑ์ด้านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์สามารถทำงานได้ด้วย AHP_OWA ภายใต้ ArcGIS ให้สามารถบูรณาการคำศัพท์ร่วมกับเอเอชพีสำหรับการตัดสินใจเชิงพื้นที่ด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มีการให้คำนิยามง่ายๆ และอำนวยความสะดวกต่อการวิเคราะห์ต่อไป

6. วิธีการศึกษา

ในการวิจัยครั้งนี้ได้พัฒนาโปรแกรมในลักษณะของโปรแกรมเสริมสำหรับโปรแกรม ArcGIS desktop ประกอบด้วยข้อมูลเชิงพื้นที่ของพื้นที่ศึกษาที่ใช้เป็นตัวอย่างข้อมูลในการทดสอบโปรแกรม ซึ่งเป็นข้อมูลที่ถูกต้องและสมบูรณ์ อุปกรณ์และโปรแกรมที่ใช้ในการวิจัย และขั้นตอนการวิจัย โดยมีรายละเอียดดังนี้

6.1 อุปกรณ์และโปรแกรมในการวิจัย

6.1.1 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาวิจัย

ประกอบด้วยข้อมูลเชิงพื้นที่ที่ใช้ในการวิจัย (จังหวัดขอนแก่น) จำนวนทั้งสิ้น 7 ชั้นข้อมูล ดังนี้

(1) น้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (Water availability: W)

(2) ดัชนีความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารต่อพืช (Nutrient availability index: NAI)

(3) ขนาดของอนุภาคดิน (Particle size class: P)

(4) สภาวะการหยั่งลึกของราก (Rooting conditions: R)

(5) ความเป็นประโยชน์ของออกซิเจนต่อรากพืช (Oxygen Availability: M)

(6) สภาพภูมิประเทศ (Topography: T)

(7) การใช้ประโยชน์ที่ดิน จากข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2548

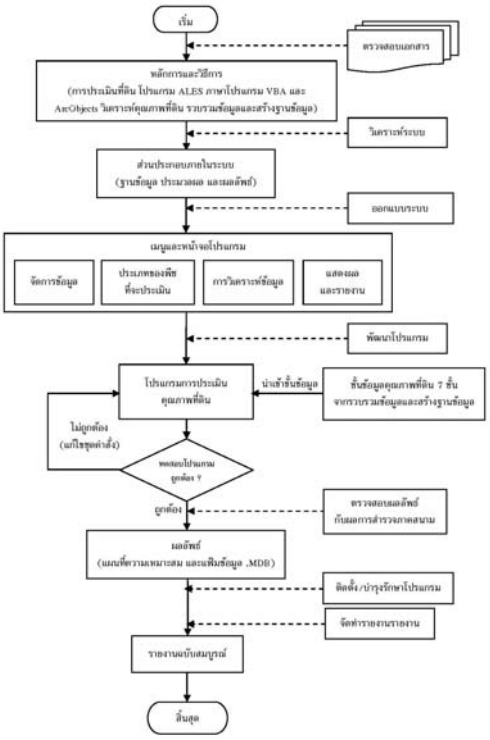
หมายเหตุ ทุกชั้นข้อมูลมีมาตราส่วนอยู่ที่ 1: 50,000 จากศูนย์ภูมิสารสนเทศเพื่อการพัฒนาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

6.1.2 อุปกรณ์และเครื่องมือในการวิจัย

เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ ใช้ในการพัฒนาโปรแกรมและจัดทำรายงาน และโปรแกรม ArcGIS desktop รุ่น 9.2 ซึ่งประกอบด้วยภาษาโปรแกรม VBA ที่ใช้ในการพัฒนาโปรแกรม

6.2 ขั้นตอนการศึกษา

สำหรับการพัฒนาโปรแกรมในครั้งนี้ ได้ทำการรวบรวมข้อมูลและทำการศึกษาภาษาโปรแกรมที่จะใช้ในการพัฒนาโปรแกรมในเบื้องต้น เพื่อวิเคราะห์ถึงความเป็นไปได้ในการพัฒนาโปรแกรมร่วมกับข้อมูลที่ได้รวบรวมมาซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินการวิจัยดังภาพที่ 1 และมีรายละเอียดดังต่อไปนี้



ภาพที่ 1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

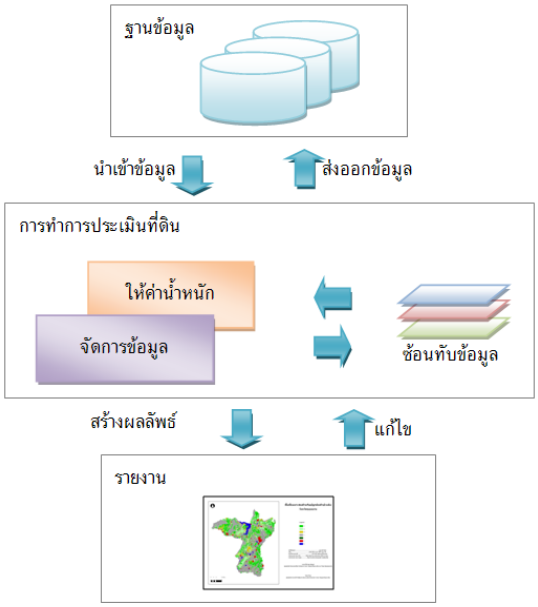
6.2.1 ตรวจสอบเอกสาร

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ได้ทำการตรวจสอบเอกสารจากงานวิจัย วิทยานิพนธ์ และรวมถึงวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการประเมินที่ดิน โปรแกรม ALES และการเขียนโปรแกรมด้วยภาษา VBA และ ArcObjects ภายใต้โปรแกรม ArcGIS desktop ทำให้ทราบถึงหลักการและวิธีการต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาวิจัย ได้แก่ หลักการปรเมินที่ดิน การประเมินที่ดินด้วยโปรแกรม ALES และการเขียนโปรแกรมด้วยภาษา VBA และ ArcObjects ภายใต้โปรแกรม ArcGIS desktop และวิเคราะห์คุณภาพที่ดินคุณภาพที่ดินที่ใช้ในการประเมินที่ดินได้ใช้จาก FAO (1983) ซึ่งประกอบไปด้วยชั้นคุณภาพที่ดินจำนวนมาก ในกรณีนี้ได้เลือกจากคุณภาพที่ดินที่มีความแปรปรวนและแตกต่าง ส่วนคุณภาพที่ดินที่ไม่มีความแตกต่างจะไม่นำมาพิจารณา นอกจากนี้ได้พิจารณาคุณภาพที่ดินจากการทบทวนเอกสาร และทำการรวบรวมข้อมูลและสร้างฐานข้อมูลในลักษณะของ (.SHP) ที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาวิจัย ซึ่งเป็นข้อมูลทางด้านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ของจังหวัดขอนแก่น (ข้อมูลเชิงพื้นที่) จำนวนทั้งสิ้น 7 ชั้นข้อมูล ได้แก่ น้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ดัชนีความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารต่อพืช

ขนาดของอนุภาคดิน สภาวะการหยั่งลึกของราก ความเป็นประโยชน์ของออกซิเจนต่อรากพืช สภาพภูมิประเทศ และการใช้ประโยชน์ที่ดิน เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานที่ใช้สนับสนุนขั้นตอนของการวิเคราะห์ระบบต่อไป

6.2.2 วิเคราะห์ระบบ

จากการศึกษาระบบการประเมินที่ดินของโปรแกรม ALES และทำการวิเคราะห์ถึงส่วนประกอบต่างๆ ของโปรแกรม ALES ทำให้เกิดแนวคิดในการออกแบบระบบสำหรับงานวิจัยนี้ โดยเมื่อวิเคราะห์ถึงภาพรวมของระบบสามารถแบ่งส่วนประกอบหลักๆ ภายในระบบได้ 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนของฐานข้อมูล ส่วนของการประมวลผล และส่วนของผลลัพธ์ ซึ่งสามารถแสดงให้เห็นถึงภาพโดยรวมของระบบดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ภาพโดยรวมของระบบ

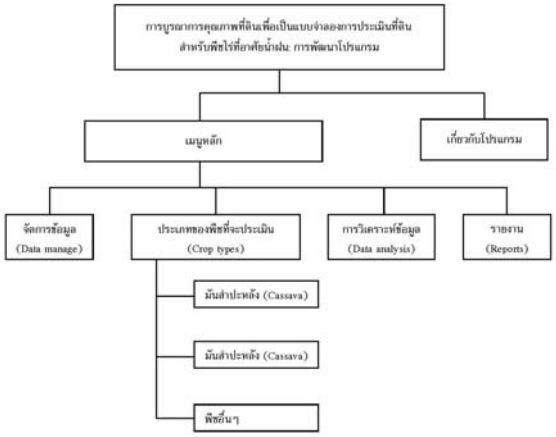
ส่วนของฐานข้อมูลเป็นข้อมูลเชิงพื้นที่ที่ใช้สำหรับจัดการข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล หรือเป็นข้อมูลคุณภาพที่ดินที่พร้อมต่อการคำนวณค่าหรือการจัดการสำหรับแต่ละปัจจัยวินิจฉัยในแต่ละคุณภาพที่ดิน

ส่วนการประมวลผล ประกอบด้วย ส่วนของการจัดการข้อมูลของแต่ละปัจจัยวินิจฉัยในแต่ละคุณภาพที่ดิน ได้แก่ การเพิ่มเขตข้อมูล (Field) ลบเขตข้อมูล เพื่อรองรับค่าที่ได้จากการคำนวณ ส่วนของการสืบค้นและคำนวณค่าซึ่งเป็นการให้ค่าน้ำหนักแก่ปัจจัยวินิจฉัยตามความต้องการของการใช้ประโยชน์ที่ดินหรือสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูล

และส่วนของรายงาน เป็นส่วนที่แสดงออกมาเป็นแผนที่ความเหมาะสมที่แสดงถึงความเหมาะสมในแต่ละระดับและส่งออกไฟล์ข้อมูล (.MDB)

6.2.3 ออกแบบระบบ

จากการตรวจสอบเอกสารและวิเคราะห์ระบบเพื่อใช้เป็นแนวทางในการออกแบบเมนูสำหรับแต่ละหน้าจอโปรแกรมเพื่อรองรับการใช้งานที่ง่ายและสะดวกดังภาพที่ 3

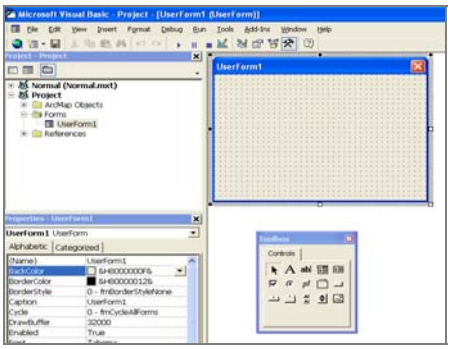


ภาพที่ 3 แผนผังเมนู

6.2.4 พัฒนาโปรแกรม

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้จะทำการพัฒนาด้วยภาษาโปรแกรม VBA ซึ่งเป็นภาษาโปรแกรมรุ่นหนึ่งของวิชวลเบสิกภายใต้โปรแกรม ArcGIS desktop ที่มีลักษณะการเขียนโปรแกรมแบบเชิงวัตถุ และในการพัฒนาโปรแกรมต้องใช้งานร่วมกับ ArcObjects ซึ่งเป็นกลุ่มของคลาสที่สามารถเรียกได้ภายในโปรแกรม ArcGIS desktop สำหรับการพัฒนาขั้นตอนการประเมินที่ดินเป็นไปตามที่มีการออกแบบหน้าจอจากการอ้างอิงตามโปรแกรม ALES ซึ่งภายในโปรแกรม ArcGIS desktop จะประกอบด้วยเครื่องมือ VBE ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาโปรแกรมที่มีสมรรถนะในการสร้างหน้าจอการทำงาน เมนู และเขียนชุดคำสั่งเกี่ยวกับการนำเข้าชั้นข้อมูล แสดงข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล และแสดงผลข้อมูลเชิงพื้นที่ในรูปแบบแผนที่ความเหมาะสม และส่งออกเป็น

แฟ้มข้อมูลฐานข้อมูล โดยภายในตัวโปรแกรม VBE ประกอบด้วยส่วนต่างๆ ที่ใช้ในการพัฒนาโปรแกรม ได้แก่ หน้าต่างโปรเจคแสดงรายการฟอร์มและมอดูล หน้าต่างกำหนดคุณสมบัติที่ใช้ในการกำหนดคุณสมบัติให้กับฟอร์มหรือเครื่องมือควบคุมต่างๆ หน้าต่างเครื่องมือประกอบด้วยเครื่องมือควบคุมต่างๆ ที่สามารถนำไปใช้ในกับฟอร์มเพื่อสร้างหน้าจอการทำงาน และสุดท้ายเป็นหน้าต่างฟอร์ม ดังภาพที่ 3 โดยโปรแกรมที่ได้จากการพัฒนาในครั้งนี้จะเป็นโปรแกรมลักษณะแมโครที่อาศัยทรัพยากรจากโปรแกรม ArcGIS desktop เป็นหลัก ซึ่งการพัฒนาโปรแกรมได้พัฒนาใน 2 ส่วนหลัก ได้แก่ ส่วนของการสร้างเมนูและเขียนชุดคำสั่ง และส่วนของหน้าจอโปรแกรมและเขียนชุดคำสั่ง



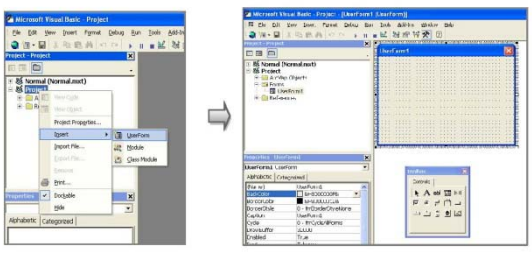
ภาพที่ 4 ส่วนประกอบหน้าจอของ VBE

ตัวอย่างการสร้างหน้าจอโปรแกรมและเขียนชุดคำสั่งในส่วนของการจัดการข้อมูลมีขั้นตอนในการสร้างดังนี้

(1) ออกแบบหน้าจอโปรแกรม โดยเริ่มจากการสร้างฟอร์มโดยคลิกขวาที่หน้าต่างโปรเจค

(2) เลือก Insert

(3) และเลือก User Form จะปรากฏหน้าต่างฟอร์ม และหน้าต่างเครื่องมือควบคุม



ภาพที่ 5 การสร้างฟอร์ม

6.2.5 ทดสอบโปรแกรม

จากขั้นตอนการเขียนโปรแกรมก็จะต้องมีการทดสอบโปรแกรมเพื่อทำการตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรมว่ามีข้อผิดพลาดเกิดขึ้นที่จุดใดบ้าง ซึ่งจะต้องทำการทดสอบในทุกๆ มอดูลของตัวโปรแกรม ซึ่งอาจเกิดข้อผิดพลาดทั้งในเชิงไวยากรณ์ของภาษาโปรแกรมหรืออัลกอริทึม ก็จะต้องทำการแก้ไขชุดคำสั่งในส่วนที่ผิดพลาดพร้อมๆ กับการทดสอบโปรแกรมจนได้โปรแกรมที่ถูกต้องสมบูรณ์

6.2.6 ตรวจสอบผลลัพธ์

หลังจากการทดสอบโปรแกรมขั้นตอนต่อไปจะเป็นการตรวจสอบผลลัพธ์จากการออกสำรวจภาคสนาม โดยใช้วิธีตรวจสอบความถูกต้องด้วยวิธีค่าสัมปสิทธิ์ Kappa

6.2.7 ติดตั้ง/บำรุงรักษาโปรแกรม

ขั้นตอนการติดตั้งและบำรุงรักษาโปรแกรม เป็นขั้นตอนสุดท้ายของการพัฒนาโปรแกรมซึ่งการบำรุงรักษาโปรแกรมประกอบด้วย 2 ส่วนคือการแก้ไขข้อผิดพลาดจากการใช้งานและปรับปรุงโปรแกรมให้มีความสามารถเพิ่มขึ้น เพื่อให้เหมาะสมและสะดวกต่อการใช้งาน

6.2.8 จัดทำรายงาน

ขั้นตอนสุดท้ายของการศึกษาวิจัยนี้เป็นขั้นตอนของการจัดทำรายงานจากผลลัพธ์ที่ได้จากการพัฒนาโปรแกรม ได้แก่ การแสดงแผนที่ความเหมาะสมและส่งออกแฟ้มข้อมูล (.MDB) แล้วทำการสรุปผลการศึกษาและรวมทั้งข้อเสนอแนะเพื่อจัดทำรูปเล่มรายงานต่อไป

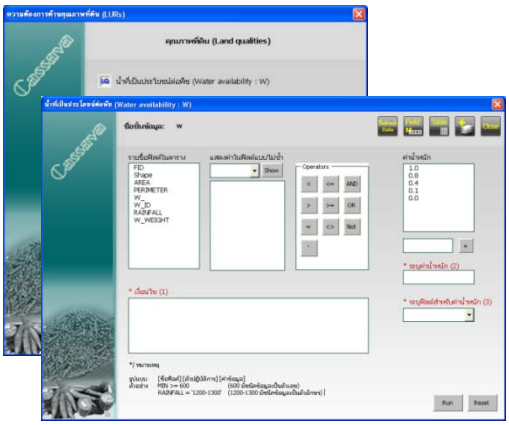
7. ผลการศึกษา

โปรแกรมการบูรณาการคุณภาพที่ดินเพื่อเป็นแบบจำลองการประเมินที่ดินสำหรับพืชไร่ที่อาศัยน้ำฝน ประกอบด้วยหน้าจอโปรแกรมในส่วนต่างๆ ได้แก่ ส่วนของเมนู ส่วนจัดการข้อมูลที่ประกอบด้วยหน้าจอจัดการเขตข้อมูลและหน้าจอจัดการข้อมูล ส่วนประเภทของพืชที่จะประเมินที่ประกอบด้วยหน้าจอรายการคุณภาพที่ดินและการให้ค่าน้ำหนักสำหรับมันสำปะหลัง อ้อย และพืช

อื่นๆ ส่วนวิเคราะห์ข้อมูลที่ประกอบด้วยหน้าจอสำหรับการซ้อนทับข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูลจากการระบุแบบจำลอง และการจัดช่วงความเหมาะสม และสุดท้ายเป็นส่วนของการสร้างรายงาน จากการออกแบบหน้าจอโปรแกรมที่สนับสนุนต่อการทำงานสำหรับงานแต่ละอย่าง ทำให้การประเมินความเหมาะสมของที่ดินมีความสะดวกมากขึ้น โดยมีผลการพัฒนาโปรแกรมในส่วนต่างๆ ดังนี้

7.1 ผลการออกแบบหน้าจอโปรแกรม

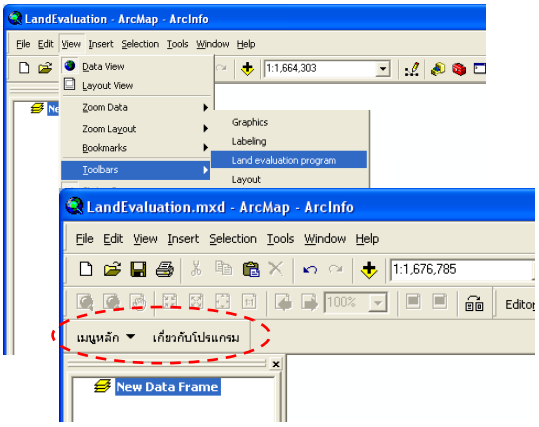
ผลการออกแบบหน้าจอโปรแกรม ประกอบด้วย ผลจากการออกแบบเมนู ผลการออกแบบหน้าจอจัดการข้อมูล ผลการออกแบบหน้าจอประเภทของพืชที่จะประเมิน ผลการออกแบบหน้าจอการวิเคราะห์ข้อมูล และผลการออกแบบหน้าจอรายงาน



ภาพที่ 6 ตัวอย่างผลการออกแบบหน้าจอการให้ค่าน้ำหนัก

7.2 การเรียกใช้งานโปรแกรม

การพัฒนาโปรแกรมในครั้งนี้เป็นการพัฒนาแบบโปรแกรมแบบแมโครซึ่งจะต้องอาศัยทรัพยากรบนโปรแกรมหลักซึ่งคือโปรแกรม ArcMap ภายใต้ชุดโปรแกรม ArcGIS desktop เมื่อทำการคัดลอกโฟล์เดอร์ LandEvaluation ไว้ที่ C:\ แล้ว ขั้นต่อไปให้ทำการเปิดแฟ้มข้อมูล LandEvaluation.mxd แล้วเรียกแถบเครื่องมือ Land evaluation program จากเมนู View > Toolbars จะปรากฏเมนูสำหรับการประเมินที่ดินบนโปรแกรม ArcMap



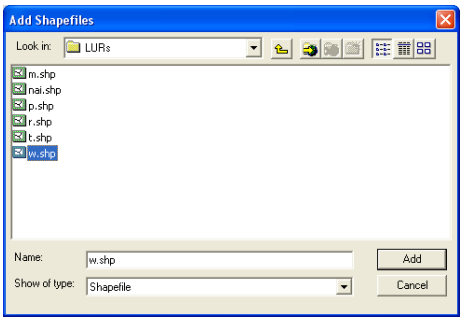
ภาพที่ 7 การเรียกใช้งานโปรแกรม

7.3 ผลและการทดสอบโปรแกรม

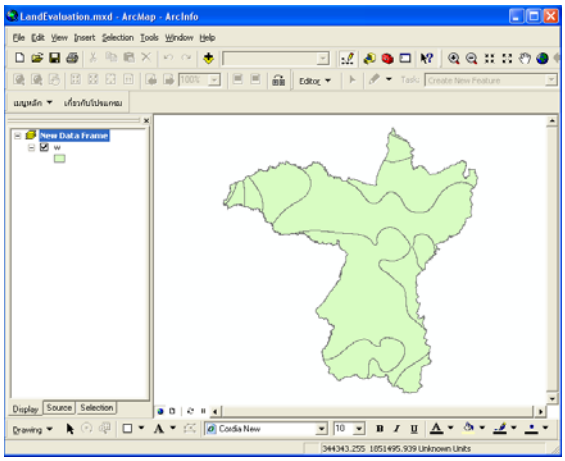
7.3.1 ผลและการทดสอบเครื่องมือหลัก

เครื่องมือหลักสำหรับใช้งานในแต่ละหน้าจอที่ปรากฏในส่วนบนขวาจะประกอบด้วย 4 ปุ่มหลักได้แก่ ปุ่มเพิ่มชั้นข้อมูล ปุ่มแสดงตาราง ปุ่มแสดงผลข้อมูลใหม่ข้อมูล และปุ่มปิด

ตัวอย่างการเพิ่มข้อมูลคลิกที่ปุ่ม จะปรากฏหน้าต่างเพิ่มข้อมูล คลิกเลือกแฟ้มข้อมูลที่ต้องการแล้วคลิกที่ปุ่ม “Add” จะปรากฏชั้นข้อมูลที่ถูกเพิ่มเข้าไป



ภาพที่ 8 การทดสอบการเพิ่มข้อมูล

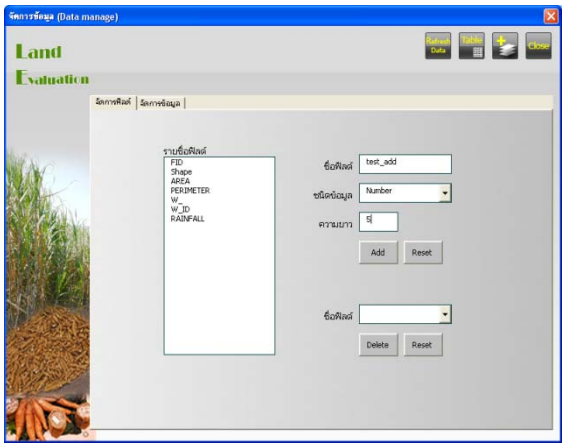


ภาพที่ 9 ผลการทดสอบการเพิ่มข้อมูล

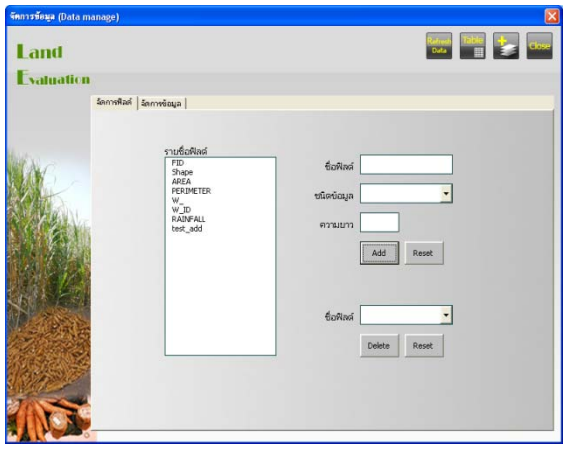
7.3.2 ผลและการทดสอบเมนูจัดการข้อมูล

การทดสอบเมนูจัดการข้อมูล ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ การจัดการเขตข้อมูล ประกอบด้วย การเพิ่มเขตข้อมูลและการลบเขตข้อมูล และส่วนจัดการข้อมูลสามารถสืบค้นข้อมูลจากตารางโดยจะต้องมีการระบุเงื่อนไข ระบุข้อมูล และระบุเขตข้อมูลที่ต้องการแก้ไขข้อมูล

ตัวอย่างการจัดการเขตข้อมูล ประกอบด้วย การเพิ่มเขตข้อมูลและการลบเขตข้อมูล ในการเพิ่มเขตข้อมูลให้ระบุชื่อเขตข้อมูล ระบุชนิดข้อมูล และความยาวของข้อมูล แล้วคลิกที่ปุ่ม “Add”



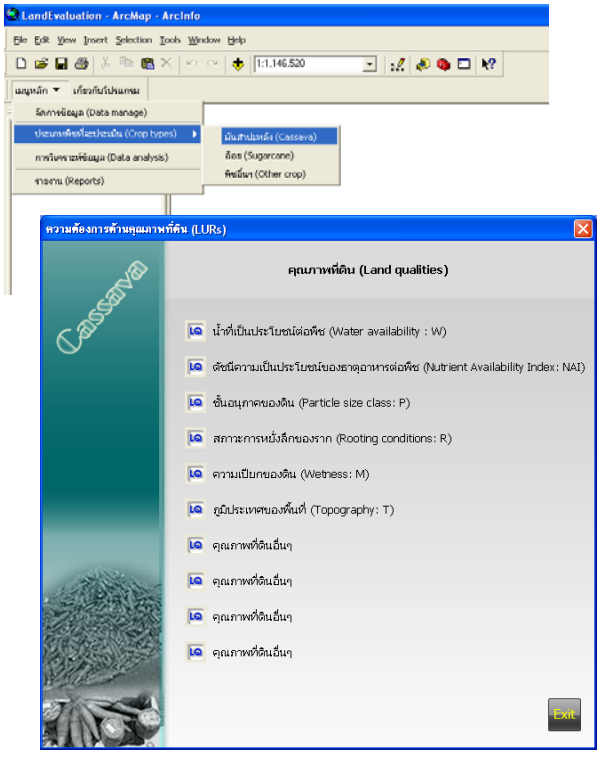
ภาพที่ 10 การทดสอบการเพิ่มเขตข้อมูล



ภาพที่ 11 ผลการเพิ่มเขตข้อมูล

7. 3.3 ผลและการทดสอบเมนูประเภทของพืชที่จะประเมิน

มีการทดสอบการเลือกคุณภาพที่ดินและให้ค่าน้ำหนักแก่ปัจจัยวินิจฉัยสำหรับมันสำปะหลังและอ้อย ดังตัวอย่างการทดสอบการเลือกเมนูมันสำปะหลังดังภาพที่ 12



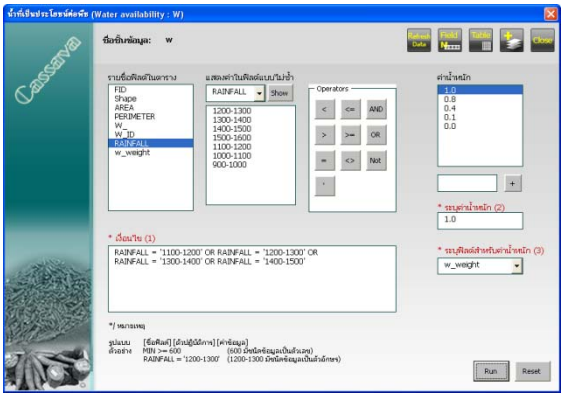
ภาพที่ 12 การทดสอบการเลือกเมนูมันสำปะหลัง

ในการทดสอบการให้ค่าน้ำหนักแก่แต่ละปัจจัยวินิจฉัยสำหรับมันสำปะหลังและอ้อยได้นำเงื่อนไขการทดสอบที่อ้างอิงจาก ชรัตน์ มงคลสวัสดิ์,

สถาพร ไพบูลย์ศักดิ์ และวาสนา พุฒกลาง (2550) และเงื่อนไขการทดสอบที่อ้างอิงจาก ชรัตน์ มงคลสวัสดิ์, วาสนา พุฒกลาง, แสงดาว นพพิทักษ์ และอุราวรรณ จันทร์เกษ (2552) โดยลำดับ

ตัวอย่างการทดสอบการให้ค่าน้ำหนักแก่ น้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืช สำหรับมันสำปะหลัง เริ่มด้วยการนำเข้าข้อมูล W.SHP เข้ามายังโปรแกรม แล้วตรวจสอบเขตข้อมูลและข้อมูลในตารางเพื่อเตรียมเขตข้อมูลไว้จัดเก็บข้อมูลที่ได้จากการให้ค่าน้ำหนัก โดยเพิ่มเขตข้อมูลชื่อ W_WEIGHT

จากการตรวจสอบข้อมูลของข้อมูลที่ใช้ทดสอบพบว่า เขตข้อมูลที่ใช้สำหรับสร้างเงื่อนไขคือ เขตข้อมูล RAINFALL ข้อมูลในเขตข้อมูลคือปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีที่ถูกจัดเก็บเป็นช่วงชั้นประกอบไปด้วยช่วงชั้นต่างๆ ดังนี้ 900-1000 1000-1100 1100-1200 1200-1300 1300-1400 1400-1500 และ 1500-1600 ซึ่งสามารถสร้างเงื่อนไขสำหรับการให้ค่าน้ำหนักในแต่ละระดับความเหมาะสมที่อ้างอิงจาก ชรัตน์ มงคลสวัสดิ์ และคณะ (2550) ดังตารางที่ 1 ได้ดังนี้



ภาพที่ 13 การทดสอบการให้ค่าน้ำหนักแก่น้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืชสำหรับเงื่อนไข S1

ตารางที่ 1 ความต้องการการใช้ที่ดินและปัจจัยวินิจฉัยสำหรับปลูกมันสำปะหลัง

ความต้องการด้านคุณภาพที่ดิน				อัตราการให้ค่าคะแนน			
คุณภาพที่ดิน	**ปัจจัยวินิจฉัย**		**หน่วย**	**S1 (1.0)**	**S2 (0.8)**	**S3 (0.4)**	**N (0.1)**
น้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืช	ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี		มม.	1,100-1,500	900-1,100 1,500-2,500	500-900 2,500-4,000	<500 >4,000
ดัชนีความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารต่อพืช	NAI = N x P x K x pH		-	≥0.6400	0.1024-0.6400	0.0010-0.1024	<0.0010
		N	%	>0.2	0.1-0.2	<0.1	-
		P	ppm	>25	6-25	<6	-
		K	ppm	>60	30-60	<30	-
		pH	-	6.1-7.3	7.4-7.8, 5.1-6.0	7.9-8.4, 4.0-5.0	>8.4, <4
ขนาดของอนุภาคดิน	Soil texture (TXT)		class	L, SiL, Si, SL	LS	SiC, CL, SCL, SiCL	C, SC, S, F, SS
สภาวะการหยั่งลึกของราก	Soil depth		cm.	>100 (ลึกมาก, ลึก)	50-100 (ลึกปานกลาง)	25-50 (ตื้น)	<25 (ตื้นมาก, กรวด)
ความเป็นประโยชน์ของออกซิเจนต่อรากชีพ	Soil Drainage		Class (USDA)	very well/well	moderately well	somewhat well/ somewhat poor	very poor/poor
สภาพภูมิประเทศ	Landform x slope		Class & %				

หมายเหตุ: L = Loam, SiCL = Silty clay loam, SiL = Silty loam, SCL = Sandy clay loam, CL = Clay loam, SL = Sandy loam, C = Clay, LS = Loamy sand, SC = Sandy clay, SiC = Silty clay, S = Sand, SC = slop complex, SS = Skeletal soil, F=Fragmental Suitability evaluation:

S1 = Highly suitable (1.0), S2 = Moderately suitable (0.8), S3 = Marginally suitable (0.4), N = Unsuitable (0.1)

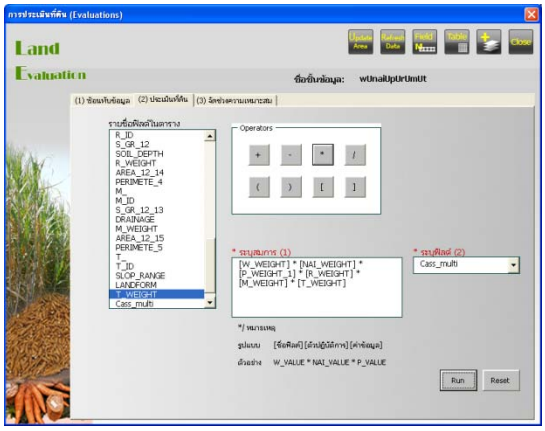
7. 3.4 ผลและการทดสอบเมนูวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลจะทำหลังจากที่มีการให้ค่าน้ำหนักแก่ปัจจัยวินิจฉัยครบทุกปัจจัยแล้ว โดยเริ่มจากการซ้อนทับข้อมูลให้ครบทุกคุณภาพที่ดินตามความต้องการการใช้ที่ดิน แล้วทำการวิเคราะห์ข้อมูลจากการระบุแบบจำลองประเมินที่ดิน และท้ายสุดเป็นการจัดช่วงความเหมาะสม โดยการทดสอบชุดคำสั่งการวิเคราะห์ข้อมูลที่ดินจากหน้าจอโปรแกรมได้ทำการทดสอบทั้ง 3 ส่วนจากพืชทั้ง 2 ชนิด ได้แก่ มันสำปะหลัง อ้อย และพืชอื่นๆ

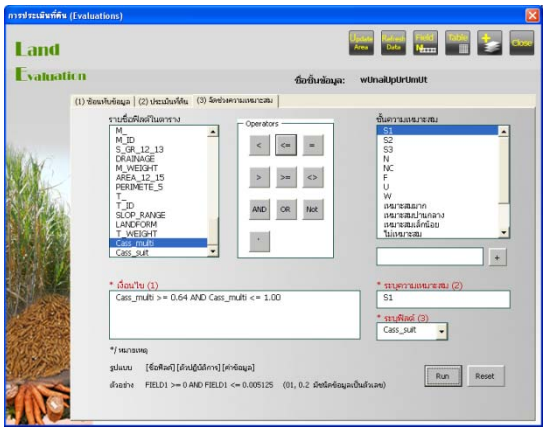
แบบจำลองการประเมินที่ดินที่ระบุได้ใช้สมการการคูณ คือ W x NAI x P x R x M x T แล้วนำผลคูณที่ได้มาจัดช่วงค่าคะแนน และกำหนดระดับความเหมาะสมใหม่ เป็นเหมาะสมมาก (S1), เหมาะสมปานกลาง (S2), เหมาะสมน้อย (S3) และไม่เหมาะสม ดังตารางที่ 2 (ชรัตน์ มงคลสวัสดิ์ และคณะ, 2550)

ตารางที่ 2 การกำหนดค่าคะแนนและความเหมาะสมจากการบูรณาการคุณภาพที่ดินสำหรับปลูกมันสำปะหลัง

ชั้นความเหมาะสม	ช่วงค่าคะแนนความเหมาะสม W x NAI x P x R x M x T	ช่วงค่าคะแนน
เหมาะสมมาก (S1)	$(1^3 \times 0.8^2) - 1.00000$	0.64000 - 1.00000
เหมาะสมปานกลาง (S2)	$(0.8^3 \times 0.4^2) - 0.64000$	0.08192 - 0.64000
เหมาะสมน้อย (S3)	$(0.4^3 \times 0.1^2) - 0.08192$	0.00064 - 0.08192
ไม่เหมาะสม (N)	$< 0.4^3 \times 0.1^2$	< 0.00064



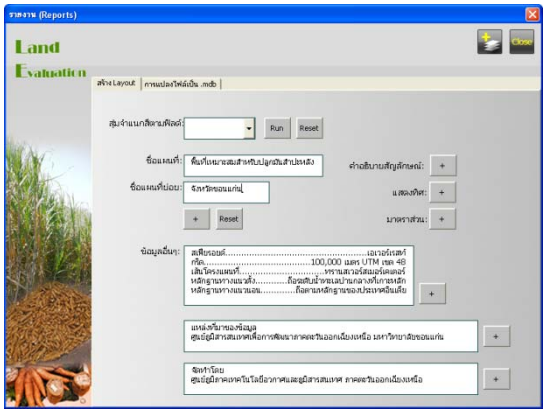
ภาพที่ 14 การทดสอบการคูณโดยสมการ W x NAI x P x R x M x T



ภาพที่ 15 ตัวอย่างการทดสอบการจัดชั้นความเหมาะสมสำหรับชั้นความเหมาะสมมาก

7. 3.5 ผลและการทดสอบเมนูรายงาน

การสร้างรายงานได้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ การสร้าง Layout และการส่งออกข้อมูลให้เป็นแฟ้มข้อมูล .MDB



ภาพที่ 16 ตัวอย่างการสร้าง Layout

8. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นเป็นโปรแกรมที่พัฒนาเพื่อใช้สำหรับการบูรณาการคุณภาพที่ดินในการสร้างแบบจำลองการประเมินความเหมาะสมสำหรับพืชไร่ที่ปลูกโดยอาศัยน้ำฝนสำหรับพืชไร่ 2 ชนิดได้แก่ มันสำปะหลัง และอ้อย ซึ่งใช้ข้อมูลจำเพาะภายในจังหวัดขอนแก่นเป็นข้อมูลทดสอบ โดยเริ่มจากจากการรวบรวมข้อมูลและตรวจสอบเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการประเมินที่ดิน โปรแกรม ALES และการพัฒนาโปรแกรมด้วยภาษาโปรแกรม VBA และ ArcObjects ภายใต้โปรแกรม ArcGIS desktop และทำการวิเคราะห์ความต้องการคุณภาพที่ดิน ในกรณีนี้ได้เลือกจาก

คุณภาพที่ดินที่มีความแปรปรวนและแตกต่าง ส่วนคุณภาพที่ดินที่ไม่มีความแตกต่างจะไม่นำมาพิจารณา นอกจากนี้ได้พิจารณาคุณภาพที่ดินจากการทบทวนเอกสาร และทำการรวบรวมข้อมูลและสร้างฐานข้อมูลในลักษณะของ (.SHP) ที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาวิจัย ซึ่งเป็นข้อมูลทางด้านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ของจังหวัดขอนแก่น (ข้อมูลเชิงพื้นที่) จำนวนทั้งสิ้น 7 ชั้นข้อมูล แล้วจึงทำการวิเคราะห์ระบบซึ่งสามารถแบ่งส่วนประกอบหลักๆ ภายในระบบได้ 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนของฐานข้อมูล ส่วนของการประมวลผล และส่วนของผลลัพธ์ โดยส่วนของส่วนของฐานข้อมูลเป็นข้อมูลเชิงพื้นที่ (.SHP) ที่ใช้ในการประเมินที่ดินที่พร้อมต่อการคำนวณค่าหรือการจัดการสำหรับแต่ละปัจจัยวินิจฉัยในแต่ละคุณภาพที่ดิน ส่วนการวิเคราะห์ข้อมูล ประกอบด้วยส่วนของการจัดการข้อมูลปัจจัยวินิจฉัยในแต่ละคุณภาพที่ดิน ได้แก่ การเพิ่มเขตข้อมูลเพื่อรองรับค่าที่ได้จากการคำนวณ ส่วนของการสืบค้นและคำนวณค่าซึ่งเป็นการให้ค่าน้ำหนักแก่ปัจจัยวินิจฉัย และส่วนของรายงานที่ให้ผลลัพธ์แสดงออกมาในลักษณะแผนที่ความเหมาะสมในแต่ละระดับและส่งออกแฟ้มข้อมูล และจากการวิเคราะห์ระบบพบว่าขั้นตอนการประเมินที่ดินประกอบด้วย การเลือกประเภทของพืชที่จะประมเน การเลือกคุณภาพที่ดิน การให้ค่าน้ำหนักแก่ปัจจัยวินิจฉัยพร้อมๆ กับจัดการข้อมูล เช่น เพิ่มเขตข้อมูลหรือลบเขตข้อมูล เพื่อรองรับค่าที่ได้จากการให้ค่าน้ำหนัก แล้วขั้นตอนถัดไปจึงเป็นการวิเคราะห์ข้อมูลและสร้างรายงานออกมา หลังจากนั้นก็ทำการออกแบบระบบซึ่งได้ทำการออกแบบเมนูเพื่อใช้เรียกหน้าจอการทำงานตามส่วนต่างๆ ได้แก่ เมนูหลักที่ประกอบด้วย 4 เมนูย่อย คือ เมนูจัดการข้อมูล เมนูประเภทของพืชที่จะประเมิน (มันสำปะหลัง อ้อย และพืชอื่นๆ) เมนูการวิเคราะห์ข้อมูล และเมนูรายงาน หลังจากนั้นก็ทำการพัฒนาโปรแกรมด้วยภาษาโปรแกรม VBA และ ArcObjects โดยอาศัย VBE เป็นเครื่องในการพัฒนาโปรแกรมที่มีสมรรถนะในการสร้างหน้าจอการทำงาน เมนู และเขียนชุดคำสั่งภายใต้โปรแกรม ArcGIS desktop รุ่น 9.2 การพัฒนาโปรแกรมประกอบด้วย 1) สร้างเมนูโดยอาศัยเครื่องมือ Customize จากโปรแกรม ArcGIS desktop และเขียนชุดคำสั่งโดยใช้ VBE ให้เมนูเรียกหน้าจอการทำงานตามหน้าที่ในส่วนต่างๆ 2) ออกแบบหน้าจอโปรแกรมสำหรับแต่ละส่วนงานโดยอาศัยเครื่องมือควบคุมในโปรแกรม VBE และเขียนชุดคำสั่งโดยใช้โปรแกรม VBE เพื่อรองรับการทำงานแต่ละส่วนงาน ซึ่งประกอบด้วย หน้าจอจัดการข้อมูลใช้สำหรับจัดการตารางซึ่งสามารถเพิ่ม ลบเขตข้อมูลให้รองรับการใช้งานสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลและสืบค้นข้อมูลในตารางเพื่อทำการแก้ไขข้อมูลตามที่ต้องการได้ หน้าจอรายการคุณภาพที่ดินเป็นหน้าจอโปรแกรมที่แสดงรายการสำหรับแต่ละพืชที่จะถูกประเมิน หน้าจอการให้ค่าน้ำหนักแก่ปัจจัยวินิจฉัยในคุณภาพที่ดินสำหรับแต่ละพืชที่จะถูกประเมิน ได้แก่ มันสำปะหลัง อ้อย และพืชอื่นๆ ที่มีการพัฒนาเครื่องมือสำหรับอำนวยความสะดวกต่อการให้ค่าน้ำหนักโดยให้มีการสืบค้นข้อมูลในตารางได้ตามเงื่อนไขที่ต้องการ และทำการระบุค่าน้ำหนักตามที่ผู้ใช้งานต้องการได้ตามหน้าจอการทำงานที่ยืดหยุ่นและสะดวกต่อการตรวจสอบข้อมูล หน้าจอการวิเคราะห์ข้อมูลประกอบด้วยฟังก์ชันของการซ้อนทับข้อมูลซึ่งเป็นการจัดเตรียมข้อมูลและทำให้ข้อมูลถูกต้องสมบูรณ์สำหรับใช้ในแบบจำลองการประเมินที่ดินได้ตามความต้องการของผู้ใช้งานตามหน้าจอการวิเคราะห์ข้อมูล และหน้าจอสำหรับจัดชั้นความเหมาะสม และสุดท้ายเป็นหน้าจอการออกรายงาน เมื่อได้ผลลัพธ์จากการประเมินแล้วจะต้องนำมาจัดรูปแบบข้อมูลให้สะดวกต่อการแสดงผลข้อมูลและสามารถแสดงผลข้อมูลของการประเมินออกมาเป็นแผนที่ความเหมาะสม หากพบว่าข้อมูลยังมีข้อผิดพลาดหรือไม่สมบูรณ์สามารถกลับไปแก้ไขแล้วจึงทำการสร้างแผนที่ความเหมาะสมและส่งออกข้อมูลเป็นแฟ้มข้อมูลประเภท .MDB ใหม่ได้ หลังจากที่พัฒนาโปรแกรมเรียบร้อยแล้วขั้นตอนต่อไปคือการทดสอบโปรแกรมเพื่อทำการตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรมว่ามีข้อผิดพลาดเกิดขึ้นที่จุดใดบ้าง ซึ่งจะต้องทำการทดสอบในทุกๆ ส่วนของตัวโปรแกรมที่อาจเกิดข้อผิดพลาดทั้งในเชิงไวยากรณ์ของภาษาโปรแกรมหรืออัลกอริทึม ก็จะต้องทำการแก้ไขชุดคำสั่งในส่วนที่ผิดพลาดพร้อมๆ กับการทดสอบโปรแกรมจนได้โปรแกรมที่ถูกต้องสมบูรณ์ แล้วจึงทำการติดตั้งและบำรุงรักษาโปรแกรมซึ่งเป็นขั้นตอน

สุดท้ายของการพัฒนาโปรแกรม โดยการบำรุงรักษาโปรแกรมประกอบด้วย 2 ส่วน คือ การแก้ไขข้อผิดพลาดจากการใช้งานและปรับปรุงโปรแกรมให้มีความสามารถเพิ่มขึ้น เพื่อให้เหมาะสมและสะดวกต่อการใช้งาน

จากการศึกษาวิจัยทำให้โปรแกรมการบูรณาการคุณภาพที่ดินเพื่อเป็นแบบจำลองการประเมินที่ดินสำหรับพืชไร่ที่อาศัยน้ำฝนที่ประกอบด้วยหน้าจอโปรแกรมในส่วนต่างๆ ได้แก่ ส่วนของเมนู ส่วนจัดการข้อมูลที่ประกอบด้วยหน้าจอจัดการเขตข้อมูลและหน้าจอจัดการข้อมูล ส่วนประเภทของพืชที่จะถูกประเมิน ที่ประกอบด้วยหน้าจอรายการคุณภาพที่ดินและการให้ค่าน้ำหนักสำหรับมันสำปะหลัง อ้อย และพืชอื่นๆ ส่วนประเมินที่ดินที่ประกอบด้วยหน้าจอสำหรับการซ้อนทับข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล และการจัดช่วงความเหมาะสม และสุดท้ายเป็นส่วนของการสร้างรายงาน จากการออกแบบหน้าจอโปรแกรมที่สนับสนุนต่อการทำงานสำหรับงานแต่ละอย่าง ทำให้การประเมินคุณภาพที่ดินมีความสะดวกมากขึ้น หากผู้ใช้ทำการประเมินที่ดินบนโปรแกรมด้านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์โดยทั่วไป ผู้ใช้จำเป็นจะต้องศึกษาและทำความเข้าใจเกี่ยวกับเครื่องมือที่มีอยู่เป็นจำนวนมากภายในโปรแกรมนั้นๆ ซึ่งในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ได้ทำการทดสอบโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นโดยใช้ข้อมูลเชิงพื้นที่ของจังหวัดขอนแก่น จำนวนทั้งสิ้น 7 ชั้นข้อมูล ซึ่งประกอบไปด้วยชั้นข้อมูลคุณภาพที่ดินของ น้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ดัชนีความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารต่อพืช ขนาดของอนุภาคดิน สภาวะการหยั่งลึกของราก ความเป็นประโยชน์ของออกซิเจนต่อรากพืช สภาพภูมิประเทศ และการใช้ประโยชน์ที่ดิน ซึ่ง 6 ชั้นข้อมูลแรกใช้ในการวิเคราะห์แต่สำหรับชั้นข้อมูลสุดท้ายซึ่งก็คือชั้นข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินใช้ในการจำแนกข้อมูลเท่านั้น ผลลัพธ์ที่ได้จากการประเมินความเหมาะสมของที่ดินด้วยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นเมื่อทำการตรวจสอบความถูกต้องกับข้อมูลภาคสนามด้วยวิธีค่าสัมประสิทธิ์ Kappa พบว่ามีค่าท่ากับร้อยละ 79 และ 71 ในการประเมินความเหมาะสมของที่ดินสำหรับมันสำปะหลังและอ้อยตามลำดับ แต่โปรแกรมที่ได้จากการพัฒนาในครั้งนี้ก็ยังมีข้อจำกัดในด้านต่างๆ ได้แก่ สำหรับการใช้งานโปรแกรมเนื่องจากเป็นการพัฒนาโปรแกรมนี้เป็นพัฒนาโปรแกรมในลักษณะแมโคร ซึ่งชุดคำสั่งที่สร้างขึ้นจะถูกฝังอยู่ในแฟ้มข้อมูล (.MXD) หากต้องการใช้งานโปรแกรมนี้จำเป็นจะต้องมีการติดตั้งโปรแกรม ArcGIS desktop เข้าไปในเครื่องคอมพิวเตอร์ก่อนจึงจะสามารถใช้งานโปรแกรมนี้ได้ อีกทั้งเป็นโปรแกรมที่ทำงานภายในเครื่องแบบเดี่ยวไม่ได้สนับต่อการทำงานแบบเครือข่าย และมีข้อจำกัดภายในตัวโปรแกรมที่มีการออกแบบหน้าจอโปรแกรมการให้ค่าน้ำหนักแก่ปัจจัยวินิจฉัยที่สนับสนุนเพียงคุณภาพที่ดินของพืช 2 ชนิด ได้แก่ มันสำปะหลัง และอ้อย และโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นยังเป็นเพียงการประเมินในเชิงกายภาพ มิได้พัฒนาโปรแกรมในส่วนของการวิเคราะห์ความเหมาะสมในเชิงการจัดการเศรษฐกิจ และสังคมร่วมด้วย ซึ่งหากมีการพัฒนาต่อไปควรจะมีการพัฒนาให้ครอบคลุมถึงส่วนของการวิเคราะห์ความเหมาะสมในเชิงการจัดการเศรษฐกิจ และสังคม และสนับสนุนต่อข้อมูลที่เป็นแรสเตอร์ และข้อเสนอแนะสำหรับการใช้โปรแกรมนี้ควรจะมีการจัดเตรียมข้อมูลให้เหมาะสมสำหรับแต่ละคุณภาพที่ดินเพื่อความสะดวกต่อการสร้างเงื่อนไขในการสืบค้นและให้ค่าน้ำหนักแก่แต่ละปัจจัยวินิจฉัย และเพื่อความถูกต้องของผลลัพธ์ ควรตรวจสอบข้อมูลในตารางที่ได้จากการให้ค่าน้ำหนักในทุกๆ เงื่อนไขร่วมด้วย

9. เอกสารอ้างอิง

ชรัตน์ มงคลสวัสดิ์, วาสนา พุฒกลาง, แสงดาว นพพิทักษ์ และอุราวรรณ จันทร์เกษ. (2552). พื้นที่เหมาะสมสำหรับปลูกอ้อยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. **การประชุมวิชาการดาวเทียมธีออสเทคโนโลยีอวกาศของไทยเพื่อการพัฒนาภูมิสารสนเทศ**. 8-9 กันยายน 2552. ณ โรงแรมณุศา พลาญ่าโอเต็ล แอนด์ สปา ชลบุรี.

ชรัตน์ มงคลสวัสดิ์, สถาพร ไพบูลย์ศักดิ์ และวาสนา พุฒกลาง. (2550). การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อประเมินความเหมาะสมของที่ดินสำหรับปลูกมันสำปะหลัง

ในภาคตะวันออก เฉียงเหนือ. **การประชุมวิชาการการแผนที่และภูมิสารสนเทศแห่งชาติ ประจำปี 2550.** วันที่ 28 พฤศจิกายน-1 ธันวาคม 2550. ณ โรงแรมแอมบาสซาเดอร์ กรุงเทพฯ.

ธงชัย จารุพพัฒน์. (2545). **การตรวจวัดความเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน การประเมินค่าที่ดินและการวาง แผนการใช้ที่ดินในบริเวณลุ่มน้ำพระเพลิง** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาปฐพีศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2551). **ข้อมูลพื้นฐานเศรษฐกิจการเกษตร ปี 2551.** ศูนย์สารสนเทศการเกษตร: สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

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

Burke, R. (2003). **ArcObjects Programming ArcGIS with VBA.** ESRI Press Redlands California.

ESRI. (2001). **Introduction to Programming ArcObjects With VBA.** ESRI Training. ESRI Thailand.

FAO. (1976). **A framework for land evaluation.** Soil Bulletin No.32. Publications Division: Rome.

_____. (1983). **Guideline: Land evaluation for rainfed agriculture.** FAO Soil Bulletin No.52. Publications Division: Rome.

Kalogirou, S. (2002). Expert systems and GIS: an application of land suitability evaluation. **Computers, Environment and Urban Systems,** (26), 89-112.

Mongkolsawat, C. Thiranggoon, P. and Kuptawutinan, P. (1997). A physical evaluation of land suitability for rice: A methodological study using GIS. **Proceeding of the 18th Asia Conference on Remote Sensing, 20 - 24 October 1997.** Kuala Lumpur, Malaysia.

Riolo, F. (2005). A geographic information system for fisheries management in American Samoa. **Environmental Modeling & Software,** (21), 1025-1041.

Rossiter, G.D. (1994). **Lecture Notes:"Land Evaluation".** Department Of Soil Crop and Atmospheric Science College of Agriculture and Life Science Cornell University. Retrieved November 28, 2007, from http://www.css.cornell.edu/landeval/ales/ales.htm.

_____. (1996). A theoretical framework for land evaluation. **Geoderma,** (72), 165-190.

Rossiter, G.D. and Van Wambeke, A.R. (1997). **Automated Land Evaluation System ALES Version 4.65 User's Manual.** Retrieved December 19, 2007, from http://www.css.cornell.edu/landeval/ales/ftp/index.html.

Yizengaw, T. and Verheye, W. (1995). Application of computer captured knowledge in land evaluation, using ALES in central Ethiopia. **Geoderma,** (66), 297-311.