รายงานฉบับสมบูรณ์

โครงการ
การพัฒนาระบบวิเคราะห์แบบหลายหลักเกณฑ์เชิงพื้นที่
เพื่อใช้ในระบบสนับสนุนการตัดสินใจ

โดย เมธี เอกะสิงห์ และคณะ

มิถุนายน 2551

สัญญาเลขที่ RDG49O0001

รายงานฉบับสมบูรณ์

โครงการ
การพัฒนาระบบวิเคราะห์แบบหลายหลักเกณฑ์เชิงพื้นที่ เพื่อใช้ในระบบสนับสนุนการตัดสินใจ

คณะผู้วิจัย	สังกัด
1. นาย เมธี เอกะสิงห์	ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร
2. นาย เฉลิมพล สำราญพงษ์	ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร
3. นาย ชาญชัย แสงชโยสวัสดิ์	ภาควิชาปฐพีศาสตร์และอนุรักษศาสตร์
4. นางสาว ประภัสสร พันธ์สมพงษ์	ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร
5. นาย เทวินทร์ แก้วเมืองมูล	ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร

คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

สารบัญ

หน้า

บทสรุปสำหรับผู้บริหาร 1

บทที่ 1 คำนำ 7

บทที่ 2 หลักการของวิธีการ AHP 11

การเปรียบเทียบเพื่อหาค่าถ่วงน้ำหนัก 12

วิธีการ Simple Geometric Mean (SGM) 14

วิธีการ Simple Normalized Column Sum (SNSC) 15

การประเมินความคงเส้นคงวาของการเปรียบเทียบ 15

การวิเคราะห์ความอ่อนไหว 16

การวิเคราะห์การตัดสินใจด้วยวิธีการ Fuzzy-AHP 17

บทที่ 3 การพัฒนาระบบวิเคราะห์การตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์ 22

โครงสร้างระบบร่วมตัดสินใจ (รตส.) 22

เมนูโครงงาน 23

การสร้างโครงงานใหม่ 23

การเปิดโครงงานเดิม 25

เมนูข้อมูลโครงงาน 26

เมนูออกแบบโครงสร้าง 26

กำหนดคุณสมบัติขององค์ประกอบ 29

การบันทึกโครงงาน 30

ส่วนการวิเคราะห์กระบวนการตัดสินใจ 30

วิธีการ Eigenvector 30

การวิเคราะห์ความอ่อนไหว 34

การวิเคราะห์การตัดสินใจด้วยวิธีการ Fuzzy AHP 35

วิธีการรวมแบบถ่วงน้ำหนัก 39

บทที่ 4 การพัฒนาโปรแกรมวิเคราะห์การตัดสินใจเชิงพื้นที่ 41

กรอบแนวคิด 42

การทำงานของระบบ 44

การกำหนดวัตถุประสงค์และโครงสร้างการตัดสินใจ 44

การสร้างโครงงานใหม่ใน MCDA-GIS 45

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

การนำเข้าโครงงานจากระบบ *รตส.* 47

การเปิดโครงงานเดิมที่จัดเก็บไว้ 48

การกำหนดชั้นข้อมูลที่เป็นหลักเกณฑ์ 48

ชนิดข้อมูล 49

การจัดการข้อมูลหลักเกณฑ์ 49

การจัดการข้อจำกัด 52

ส่วนคำอธิบายเพิ่มเติม 53

การสร้างหน่วยแผนที่ 54

การวิเคราะห์การตัดสินใจ 56

วิธีการ SAW 56

วิธีการ TOPSIS 60

การแสดงแผนที่ 63

การจัดเก็บรายละเอียดโครงงาน 69

การเปรียบเทียบผลลัพธ์ระหว่างโครงงาน 71

เครื่องมือใช้งานอื่นๆ 74

การเปรียบเทียบระหว่างการวิเคราะห์ชั้นข้อมูลเวกเตอร์และราสเตอร์ 74

บทที่ 5 กรณีศึกษา 76

กรณีศึกษาที่ 1 : การใช้การวิเคราะห์หลายหลักเกณฑ์เพื่อจัดทำดัชนีรวมการเข้าถึงข้อมูลในเว็บไซต์ 76

กรณีศึกษาที่ 2 : การประยุกต์ใช้ รตส. ในการตัดสินใจเลือกปลูกผักปลอดสารพิษของกลุ่มเกษตรกร 85

กรณีศึกษาที่ 3 : การประเมินคุณภาพที่ดินเพื่อการเพาะปลูกพืชแบบหลายหลักเกณฑ์ 95

กรณีศึกษาที่ 4: การคัดเลือกพื้นที่เหมาะสมกับการเลี้ยงปลาในนาข้าว 111

เอกสารอ้างอิง 120

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2-1	ตัวอย่างกรอบการตัดสินใจในวิธีการ AHP	11
รูปที่ 2-2	ตัวอย่างของค่า Performance rating ที่ระดับความมั่นใจ (α) เท่ากับ 0.6	20
รูปที่ 3-1	เมนูหลักของระบบ *รตส.*	22
รูปที่ 3-2	แสดงการเปิดหน้าต่างการสร้างโครงงานใหม่	23
รูปที่ 3-3	แสดงขั้นตอนการสร้างโครงงานทั่วไป	23
รูปที่ 3-4	แสดงขั้นตอนการสร้างโครงงานเชิงพื้นที่	24
รูปที่ 3-5	แสดงโฟลเดอร์และไฟล์ที่จัดเก็บข้อมูลโครงงาน	25
รูปที่ 3-6	แสดงการเปิดโครงงานเดิม	25
รูปที่ 3-7	แสดงหน้าต่างเลือกไฟล์โครงงานที่บันทึกไว้	25
รูปที่ 3-8	หน้าต่างการออกแบบโครงสร้างการตัดสินใจ	26
รูปที่ 3-9	เมนูแสดงการเพิ่มหลักเกณฑ์จำนวน 3 หลักเกณฑ์โดยให้เส้นเชื่อมโยงอยู่ตำแหน่งกึ่งกลาง	27
รูปที่ 3-10	ตัวอย่างผลการเพิ่มหลักเกณฑ์จำนวน 3 หลักเกณฑ์โดยใช้เมนูออกแบบโครงสร้างการตัดสินใจ	27
รูปที่ 3-11	ตัวอย่างโครงสร้างการตัดสินใจที่ประกอบด้วย 3 หลักเกณฑ์ 5 หลักเกณฑ์ย่อย และ 4 ทางเลือก	28
รูปที่ 3-12	การเพิ่มองค์ประกอบผ่านไอคอนขององค์ประกอบที่มีอยู่เดิม	29
รูปที่ 3-13	หน้าต่างการกำหนดรายละเอียดขององค์ประกอบในโครงงาน	29
รูปที่ 3-14	เมนูการบันทึกโครงงาน	30
รูปที่ 3-15	หน้าต่างแสดงการเปรียบเทียบคู่หลักเกณฑ์	31
รูปที่ 3-16	เครื่องมือกำหนดชนิด ขนาด และสีของตัวอักษรและพื้นหลัง	32
รูปที่ 3-17	ผลของการเปรียบเทียบทางเลือก	32
รูปที่ 3-18	หน้าต่างแสดงการปรับแก้ความคงเส้นคงวา	33
รูปที่ 3-19	ผลการเปรียบเทียบหลักเกณฑ์หลังการปรับแก้ความคงเส้นคงวา	34
รูปที่ 3-20	หน้าต่างแสดงผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ความอ่อนไหว	35
รูปที่ 3-21	แสดงค่า พิกัดล่าง ค่ากลาง พิกัดบนของข้อมูลแบบกำกวม	36
รูปที่ 3-22	ผลลัพธ์ของทางเลือก โดยใช้วิธีการ Fuzzy AHP ที่ระดับความเชื่อมั่น α = 0.5 และระดับความพอใจที่จะเสี่ยง λ = 0.5	36

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3-23	ผลลัพธ์ของทางเลือก โดยใช้วิธีการ Fuzzy AHP ที่ระดับความเชื่อมั่น α = 0.6 และระดับความพอใจที่จะเสี่ยง λ = 0.2	37
รูปที่ 3-24	หน้าต่างการวิเคราะห์ความอ่อนไหวเมื่อกำหนดความเชื่อมั่นในการกำหนดค่าในตารางเปรียบเทียบ เมื่อ α เท่ากับ 0.5 (ก) และ α เท่ากับ 0.8 (ข)	38
รูปที่ 3-25	หน้าต่างการวิเคราะห์ความอ่อนไหวเมื่อกำหนดความกล้าได้กล้าเสีย (λ) ของการเปรียบเทียบเท่ากับ 0.3 (ก) และเท่ากับ 0.7 (ข)	39
รูปที่ 3-26	เมนูเลือกวิธีการ Simple Additive Weighting เพื่อวิเคราะห์โครงงานทั่วไปที่ใช้ข้อมูลเชิงปริมาณ	40
รูปที่ 3-27	หน้าต่างแสดงการเลือกประเภทความสัมพันธ์ระหว่างค่าคะแนนของทางเลือกกับค่าความสำคัญสำหรับหลักเกณฑ์หนึ่งๆ	40
รูปที่ 4-1	ขั้นตอนการวิเคราะห์การตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์เชิงพื้นที่	42
รูปที่ 4-2	หน้าแรกของระบบ *MCDA-GIS*	44
รูปที่ 4-3	เมนูหลัก	44
รูปที่ 4-4	เมนูย่อยที่ทำหน้าที่สร้างและจัดการโครงงาน	45
รูปที่ 4-5	หน้าต่างสำหรับกรอกรายละเอียดโครงงานใหม่	46
รูปที่ 4-6	โฟลเดอร์และไฟล์สำหรับจัดเก็บโครงงาน	46
รูปที่ 4-7	ตัวอย่างโครงงานที่สร้างในโปรแกรม *รตส.* และเมนูส่งออกข้อมูลไปยัง *MCDA-GIS*	47
รูปที่ 4-8	รายการหลักเกณฑ์และค่าถ่วงน้ำหนักที่ถูกเรียกมาจากโปรแกรม *รตส.*	48
รูปที่ 4-9	หน้าต่างสำหรับเลือกไฟล์โครงงาน *.ahpg เพื่อเปิดโครงงานที่ได้จัดเก็บไว้	48
รูปที่ 4-10	เมนูกำหนดชั้นข้อมูล	49
รูปที่ 4-11	หน้าต่างกำหนดข้อมูลหลักเกณฑ์สำหรับโครงงานใหม่	49
รูปที่ 4-12	ตัวอย่างการกำหนดชื่อหลักเกณฑ์และค่าถ่วงน้ำหนัก	50
รูปที่ 4-13	ตัวอย่างตารางหลักเกณฑ์ที่ประกอบไปด้วยหลักเกณฑ์และค่าถ่วงน้ำหนัก	50
รูปที่ 4-14	หน้าต่างสำหรับกำหนดตำแหน่งข้อมูลที่ใช้เป็นหลักเกณฑ์	51
รูปที่ 4-15	ตัวอย่างตารางกำหนดหลักเกณฑ์ที่ใช้ชั้นข้อมูลชนิดเวกเตอร์ที่สมบูรณ์แล้ว	51
รูปที่ 4-16	กลุ่มเมนูสำหรับการจัดการข้อจำกัด	52

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4-17	ตัวอย่างการกำหนดข้อจำกัดให้กับโครงงาน (ก) สำหรับข้อมูลชนิดเวกเตอร์ และ (ข) สำหรับข้อมูลชนิดราสเตอร์	53
รูปที่ 4-18	เมนูคำอธิบายปัญหาและสถานะของข้อมูล	53
รูปที่ 4-19	หน้าต่างการทำงานในขั้นตอนสร้างหน่วยแผนที่	55
รูปที่ 4-20	หน้าต่างเข้าสู่การวิเคราะห์ข้อมูล	55
รูปที่ 4-21	เมนูวิเคราะห์การตัดสินใจ	56
รูปที่ 4-22	แบบจำลองสำหรับการปรับมาตรฐาน	57
รูปที่ 4-23	หน้าต่างสำหรับกำหนดแบบจำลองที่ใช้ปรับมาตรฐานในวิธีการ SAW	58
รูปที่ 4-24	หน้าต่างแสดงผลชั้นข้อมูลหลักเกณฑ์ที่ปรับค่ามาตรฐานแล้ว	58
รูปที่ 4-25	หน้าต่างแสดงกระบวนการวิเคราะห์ข้อมูล	59
รูปที่ 4-26	หน้าต่างแสดงแผนที่ผลลัพธ์ของดัชนีความสำคัญโดยรวมของทางเลือกในพื้นที่เป้าหมาย	60
รูปที่ 4-27	หน้าต่างสำหรับกำหนดฟังก์ชันที่ใช้ปรับมาตรฐานในวิธีการ TOPSIS	62
รูปที่ 4-28	หน้าต่างแสดงขนาดของแผนที่ขนาดเล็ก	63
รูปที่ 4-29	หน้าต่างแสดงขนาดของแผนที่ขนาดกลางและขนาดใหญ่	63
รูปที่ 4-30	แสดงส่วนของเครื่องมือพื้นฐานที่ได้จัดเตรียมไว้ในแผนที่ขนาดเล็ก	64
รูปที่ 4-31	ผลลัพธ์จากการใช้เครื่องมือแสดงแผนที่แบบ ZoomIn, ZoomOut และ ZoomFullExtent	64
รูปที่ 4-32	หน้าต่างแสดงชุดสีสำหรับข้อมูลที่มีค่าต่อเนื่อง	65
รูปที่ 4-33	หน้าต่างแสดงชุดสีสำหรับสุ่มตามค่าข้อมูล	66
รูปที่ 4-34	หน้าต่างแสดงชุดสีสำหรับการแสดงสีเพียงสีเดียว	66
รูปที่ 4-35	หน้าต่างแสดงการเลือกชุดสีสำหรับข้อมูลที่เป็นช่วงชั้น และกำหนดสีตามค่า	67
รูปที่ 4-36	หน้าต่างแสดงการรูปแบบการกำหนดสีตามค่าแบบ Equal Interval (ก) Natural Break (ข) และกำหนดเอง (ค)	67
รูปที่ 4-37	หน้าต่างสำหรับผู้ใช้กำหนดสีเอง	68
รูปที่ 4-38	ตัวอย่างผลลัพธ์จากการเปลี่ยนชุดสีที่เป็นค่าต่อเนื่อง	68
รูปที่ 4-39	หน้าต่างแสดงการเลือกแสดงผลกลับค่าสี	68
รูปที่ 4-40	การแสดงแผนที่แบบเต็มหน้าจอ	69

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4-41	หน้าต่างแสดงรายละเอียดโครงงาน	70
รูปที่ 4-42	หน้าต่างแสดงรายการแผนที่ผลลัพธ์และรายละเอียดสำหรับโครงงานปัจจุบัน	71
รูปที่ 4-43	รายการโครงงานที่ถูกเพิ่มเข้ามาเมื่อคลิกเพิ่มรายการโครงงานอื่น	72
รูปที่ 4-44	การแสดงผลลัพธ์จากการคลิกเลือกแสดงรายละเอียดโครงงาน	72
รูปที่ 4-45	การเลือกแสดงแผนที่ผลลัพธ์จากหลายๆ โครงงานเพื่อเปรียบเทียบ	73
รูปที่ 4-46	การแสดงแผนที่ผลลัพธ์เต็มหน้าจอทีละโครงงาน	73
รูปที่ 4-47	แสดงผลลัพธ์จากการเปลี่ยนสีหน้าจอแสดงผล	74
รูปที่ 5-1	โครงสร้างของกระบวนการตัดสินใจการจัดลำดับการเข้าถึงข้อมูลในเว็บไซต์	78
รูปที่ 5-2	การเข้าถึงข้อมูลพิจารณาเฉพาะหลักเกณฑ์จำนวน IP ที่ไม่ซ้ำกัน	79
รูปที่ 5-3	การเข้าถึงข้อมูลพิจารณาเฉพาะหลักเกณฑ์จำนวน Session ที่เข้าชม	79
รูปที่ 5-4	การเข้าถึงข้อมูลพิจารณาเฉพาะหลักเกณฑ์จำนวนหน้าเว็บที่มีผู้เข้าเยี่ยมชม	79
รูปที่ 5-5	การเข้าถึงข้อมูลพิจารณาเฉพาะหลักเกณฑ์จำนวนผู้เข้าเยี่ยมชม	80
รูปที่ 5-6	การเข้าถึงข้อมูลพิจารณาเฉพาะหลักเกณฑ์จำนวนผู้กลับเข้าเยี่ยมชมอีก	80
รูปที่ 5-7	ผลการเปรียบเทียบคู่หลักเกณฑ์เพื่อคำนวณหาค่าน้ำหนักความสำคัญของหลักเกณฑ์	81
รูปที่ 5-8	หน้าต่างผลลัพธ์การคำนวณคู่หลักเกณฑ์ที่ใช้ในกรณีศึกษา	82
รูปที่ 5-9	ตารางค่า ε_{ij} แสดงคู่หลักเกณฑ์ที่ก่อให้เกิดความคลาดเคลื่อนสูงสุดในการเปรียบเทียบความสำคัญของหลักเกณฑ์	82
รูปที่ 5-10	ผลการคำนวณหาค่าดัชนีรวมแสดงการเข้าถึงข้อมูลในเว็บไซต์ขององค์กรในกรณีศึกษา	83
รูปที่ 5-11	สถิติการเข้าเยี่ยมชมเว็บไซต์ www.mcc.cmu.ac.th	84
รูปที่ 5-12	ดัชนีรวมของการเข้าเยี่ยมชมเว็บไซต์ www.mcc.cmu.ac.th	84
รูปที่ 5-13	โครงสร้างการตัดสินใจสำหรับการเลือกปลูกผักปลอดสารพิษในฤดูฝน	87
รูปที่ 5-14	โครงสร้างการตัดสินใจสำหรับการเลือกปลูกผักปลอดสารพิษในฤดูหนาว	88
รูปที่ 5-15	ตัวอย่างเมตริกซ์เปรียบเทียบความสำคัญของหลักเกณฑ์ในการวิเคราะห์ครั้งที่ 1	89
รูปที่ 5-16	ตัวอย่างเมตริกซ์น้ำหนักความสำคัญของทางเลือกเมื่อพิจารณาเฉพาะหลักเกณฑ์ความต้องการของตลาดในการวิเคราะห์ครั้งที่ 1	90

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 5-17	ผลการคำนวณค่าน้ำหนักโดยรวมของทางเลือกจากการวิเคราะห์ครั้งที่ 1 และ 2 โดยใช้โปรแกรม *รตส.*	93
รูปที่ 5-18	โครงสร้างการตัดสินใจของการประเมินคุณภาพที่ดินสำหรับการผลิตข้าวนาปี	97
รูปที่ 5-19	การวิเคราะห์น้ำหนักความสำคัญของหลักเกณฑ์ที่ใช้ประเมินคุณภาพที่ดินสำหรับข้าวนาปี	97
รูปที่ 5-20	ค่าน้ำหนักความสำคัญของหลักเกณฑ์ย่อยด้านการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าวนาปี	98
รูปที่ 5-21	ผลการวิเคราะห์ความสำคัญของหลักเกณฑ์ย่อย (ก) ด้านการเจริญเติบโตของพืช และ (ข) ด้านการจัดการแปลงปลูกพืช สำหรับข้าวนาปี	98
รูปที่ 5-22	ผลการเปรียบเทียบค่าน้ำหนักความสำคัญของหลักเกณฑ์ในการประเมินคุณภาพที่ดินสำหรับผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ปลูกในฤดูฝน	99
รูปที่ 5-23	ผลการวิเคราะห์ความสำคัญของหลักเกณฑ์ย่อยด้านการเจริญเติบโตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ปลูกในฤดูฝน	99
รูปที่ 5-24	ผลการเปรียบเทียบค่าน้ำหนักความสำคัญของหลักเกณฑ์ในการประเมินคุณภาพที่ดินสำหรับผลิตลำไย	100
รูปที่ 5-25	ผลการวิเคราะห์ความสำคัญของหลักเกณฑ์ย่อยด้านการเจริญเติบโตและผลผลิตลำไย	100
รูปที่ 5-26	ตัวอย่างรายการหลักเกณฑ์และค่าถ่วงน้ำหนักตามผลสรุปการประชุมในโปรแกรม *MCDA-GIS* เพื่อการประเมินความเหมาะสมของที่ดินสำหรับการปลูกข้าว	103
รูปที่ 5-27	ตัวอย่างการกำหนดแบบจำลองและพารามิเตอร์สำหรับปรับมาตรฐานชั้นข้อมูลหลักเกณฑ์ในโปรแกรม *MCDA-GIS* เพื่อการประเมินความเหมาะสมของที่ดินสำหรับการปลูกข้าว	104
รูปที่ 5-28	แสดงแผนที่ปรับมาตรฐานสำหรับหลักเกณฑ์ย่อยการผลิตข้าวนาปี	105
รูปที่ 5-29	แสดงแผนที่ปรับมาตรฐานสำหรับหลักเกณฑ์ย่อยการผลิตข้าวโพด	106
รูปที่ 5-30	แสดงแผนที่ปรับมาตรฐานสำหรับหลักเกณฑ์ย่อยการผลิตลำไย	107

สารบัญรูป (ต่อ)

		หน้า
รูปที่ 5-31	ดัชนีความเหมาะสมของพื้นที่เพื่อผลิต (ก) ข้าวนาปี และ (ข) ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ฤดูฝน	108
รูปที่ 5-32	ดัชนีความเหมาะสมของพื้นที่เพื่อผลิตลำไย (ก) และลำไยที่ปรับการระบายน้ำของดินเป็นหลักเกณฑ์ในการประเมิน (ข)	109
รูปที่ 5-33	แผนที่ดัชนีความเหมาะสมสำหรับข้าวนาปีเทียบกับพื้นที่ปลูกข้าวนาปี ปี 2543	109
รูปที่ 5-34	แผนที่ดัชนีความเหมาะสมสำหรับลำไย (ก) และลำไยเมื่อมีการจัดการการระบายน้ำ (ข) เมื่อเทียบกับพื้นที่ปลูกลำไย ปี 2543	110
รูปที่ 5-35	รายการหลักเกณฑ์ ข้อจำกัดและค่าถ่วงน้ำหนักตามผลสรุปการประชุมในโปรแกรม *MCDA-GIS* เพื่อการประเมินความเหมาะสมสำหรับพื้นที่เลี้ยงปลาในนาข้าว	115
รูปที่ 5-36	แผนที่ข้อมูลตั้งต้นสำหรับการประเมินความเหมาะสมพื้นที่เลี้ยงปลาในนาข้าว	116
รูปที่ 5-37	ชั้นข้อมูลหลักเกณฑ์ที่ปรับมาตรฐานแล้วสำหรับการประเมินความเหมาะสมพื้นที่เลี้ยงปลาในนาข้าว	117
รูปที่ 5-38	ดัชนีความเหมาะสมต่อการเลี้ยงปลาในนาข้าว	118
ภาคผนวกรูปที่ 1	แถบเมนูช่วยเหลือในโปรแกรม รตส.	124
ภาคผนวกรูปที่ 2	หน้าต่างแสดงเมนูช่วยเหลือสำหรับโปรแกรม รตส.	124
ภาคผนวกรูปที่ 3	เมนูช่วยเหลือสำหรับโปรแกรม MCDA-GIS ที่อยู่ในเมนูกำหนดค่าอื่นๆ ทางด้านมุมบนขวาของโปรแกรม	125
ภาคผนวกรูปที่ 4	หน้าต่างแสดงเมนูช่วยเหลือสำหรับโปรแกรม MCDA-GIS	125
ภาคผนวกรูปที่ 5	หน้าต่างแสดงหัวข้อ “แบบฝึกหัดการสร้างโครงงานใหม่” ในโปรแกรมช่วยเหลือของ MCDA-GIS	126

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2-1	เกณฑ์ให้คะแนนความสำคัญในการเปรียบเทียบคู่องค์ประกอบตามวิธีการ AHP	12
ตารางที่ 2-2	การแปลงค่าความสำคัญเป็นค่า Fuzzy ในตาราง Pairwise Comparison Matrix, PCM)	18
ตารางที่ 2-3	หลักการคำนวณโดยใช้คณิตศาสตร์สำหรับข้อมูลกำกวม	19
ตารางที่ 4-1	ผลการเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการประมวลผลข้อมูลเวกเตอร์และราสเตอร์	75
ตารางที่ 5-1	ค่าน้ำหนักความสำคัญของหลักเกณฑ์และค่าน้ำหนักที่ประเมินของทางเลือกต่างๆ ในแต่ละหลักเกณฑ์ของการวิเคราะห์หลายหลักเกณฑ์ในครั้งที่ 1 และ 2 ที่คำนวณโดยโปรแกรมระบบร่วมตัดสินใจ รตส.	93
ตารางที่ 5-2	แสดงค่าน้ำหนักความสำคัญของหลักเกณฑ์ย่อยที่ใช้ประเมินความเหมาะสมของที่ดินสำหรับผลิตข้าวนาปี ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ฤดูฝนและลำไย	101
ตาราง 5-3	ค่าพารามิเตอร์ของฟังก์ชันที่ใช้ในการปรับค่าชั้นข้อมูลให้เป็นค่าระดับความเหมาะสมของที่ดินสำหรับแต่ละหลักเกณฑ์ย่อยในการผลิตข้าวนาปี	104
ตาราง 5-4	ค่าพารามิเตอร์ของฟังก์ชันที่ใช้ในการปรับค่าชั้นข้อมูลให้เป็นค่าระดับความเหมาะสมของที่ดินสำหรับแต่ละหลักเกณฑ์ย่อยในการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ฤดูฝน	105
ตาราง 5-5	ค่าพารามิเตอร์ของฟังก์ชันที่ใช้ในการปรับค่าชั้นข้อมูลให้เป็นค่าระดับความเหมาะสมของที่ดินสำหรับแต่ละหลักเกณฑ์ย่อยในการผลิตลำไย	106
ตารางที่ 5-6	หลักเกณฑ์และกรรมวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ที่ใช้ในการศึกษา	112
ตารางที่ 5-7	ข้อจำกัดและกรรมวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ที่ใช้ในการศึกษา	112
ตารางที่ 5-8	ค่าน้ำหนักความสำคัญของหลักเกณฑ์เพื่อประเมินความเหมาะสมในการเลี้ยงปลาในนาข้าว	112
ตารางที่ 5-9	ค่าถ่วงน้ำหนักและพารามิเตอร์ของแต่ละปัจจัย	117

โครงการวิจัย

การพัฒนาระบบวิเคราะห์แบบหลายหลักเกณฑ์เชิงพื้นที่ เพื่อใช้ในระบบสนับสนุนการตัดสินใจ

บทสรุปสำหรับผู้บริหาร

การตัดสินใจเพื่อวางแผนเชิงยุทธศาสตร์ในทางการเกษตรและจัดการทรัพยากรธรรมชาติมักพิจารณาจากเงื่อนไขหลายมิติ จึงต้องการเครื่องมือจัดการและวิเคราะห์ข้อมูลหลายหลักเกณฑ์ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ง่ายต่อการสร้างความเข้าใจในสถานการณ์และสะดวกต่อการพิจารณาตัดสินใจของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในสถานการณ์เหล่านั้น

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

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

โปรแกรม *MCDA-GIS* ได้รับการพัฒนาโดยใช้ภาษา Visual Basic และแบบจำลองวัตถุที่เป็นองค์ประกอบ ของระบบ ArcGIS โปรแกรมนี้มีส่วนติดต่อกับผู้ใช้เป็นภาษาไทย สามารถวิเคราะห์ข้อมูลประเภทเวคเตอร์หรือราสเตอร์ 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 มาปรับปรุงแก้ไขโปรแกรมเพื่อให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น กรณีศึกษาที่ได้จัดทำมี 4 กรณีศึกษา สองกรณีเป็นโครงงานทั่วไปที่ไม่ใช้ข้อมูลเชิงพื้นที่ ได้แก่การใช้ *รตส.*เพื่อจัดทำดัชนีรวมการเข้าถึงข้อมูลในเว็บไซต์ และการใช้ *รตส.* ในการตัดสินใจเลือกปลูกผักปลอดสารพิษของกลุ่มเกษตรกร ส่วนอีกสองกรณีเป็นการตัดสินใจหลายหลักเกณฑ์ที่อาศัยข้อมูลเชิงพื้นที่ในการวิเคราะห์ได้แก่ การใช้ *MCDA-GIS* ในการประเมินคุณภาพที่ดิน และการใช้ *MCDA-GIS* ในการหาพื้นที่เหมาะสมสำหรับเลี้ยงปลาในนาข้าว นอกจากเป็นการทดสอบการทำงานของโปรแกรมทั้งสองแล้ว กรณีศึกษานี้ยังสามารถใช้เป็นตัวอย่างสำหรับการฝึกอบรมและการเรียนรู้การทำงานของโปรแกรมด้วยตนเองอีกด้วย

ผลจากการจัดทำกรณีศึกษาทั้ง 4 กรณีชี้ให้เห็นว่าโปรแกรม *รตส.* และะ *MCDA-GIS* เป็นเครื่องมือที่ช่วยในการสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับสถานการณ์ที่มีความหลากหลายทั้งในแง่ผู้มีส่วนร่วมในการตัดสินใจ ประเภทของทางเลือก ข้อมูลที่ใช้ในการตัดสินใจ วิธีการที่ใช้ในการหาค่าน้ำหนักความสำคัญ และกฎเกณฑ์ในการรวมหลักเกณฑ์เพื่อหาค่าน้ำหนักความสำคัญโดยรวมของทางเลือก ตลอดจนการแสดงผลลัพธ์ในรูปแบบต่างๆที่แตกต่างกันระหว่างการตัดสินใจที่ใช้และไม่ใช้ข้อมูลเชิงพื้นที่ ถึงแม้ว่าในระยะแรกของโครงการวิจัยโปรแกรม *รตส.*ได้รับการออกแบบให้ทำหน้าที่จัดโครงสร้างการตัดสินใจและวิเคราะห์หาค่าน้ำหนักความสำคัญของหลักเกณฑ์ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของระบบการวิเคราะห์หลายหลักเกณฑ์เชิงพื้นที่ แต่ขีดความสามารถของ *รตส.* และความต้องการของผู้ที่ใช้การวิเคราะห์หลายหลักเกณฑ์กับข้อมูลทั่วไปทำให้คณะนักวิจัยต้องปรับให้โปรแกรมนี้ทำงานได้โดยไม่ต้องผูกติดกับ GIS เพื่อความสะดวกในการนำไปใช้กับงานทั่วไป ดังเช่นในกรณีศึกษาที่ 1 ที่ใช้ในการเรียงลำดับการเข้าถึงข้อมูลในเว็บไซต์ นอกจากนี้ในกรณีศึกษาที่ 2 ยังแสดงให้เห็นว่าการออกแบบโปรแกรม รตส. ให้สื่อความหมายในเชิงกราฟฟิกอย่างเหมาะสมทำให้ผู้ร่วมตัดสินใจที่เป็นเกษตรกรและนักวิชาการสามารถร่วมกันกำหนดวัตถุประสงค์ หลักเกณฑ์ และทางเลือกในการตัดสินใจเลือกผักปลอดสารพิษ ตลอดจนร่วมกันเปรียบเทียบหลักเกณฑ์และทางเลือกตามวิธีการ AHP ได้เป็นอย่างดี

กรณีศึกษาที่ 3 และ 4 แสดงให้เห็นว่าโปรแกรม *MCDA-GIS* สามารถช่วยสนับสนุนการตัดสินใจที่ใช้ข้อมูลเชิงพื้นที่สำหรับพื้นที่เป้าหมายขนาดใหญ่ระดับลุ่มน้ำและระดับจังหวัดได้ การวิเคราะห์การตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์ในลักษณะนี้แตกต่างจาก 2 กรณีแรก เนื่องจากจำนวนทางเลือกเป็นหน่วยแผนที่ซึ่งมีเป็นจำนวนมากเกินกว่าที่จะนำมาเปรียบเทียบทีละคู่ นอกจากนี้หลักเกณฑ์เป็นข้อมูลเชิงปริมาณซึ่งมีหน่วยวัดและช่วงค่าที่แตกต่างกันมาก จึงต้องการซอฟท์แวร์ที่ช่วยในการปรับมาตรฐานข้อมูลและคำนวณค่าน้ำหนักความสำคัญของทางเลือกที่มีเป็นจำนวนมหาศาลและแสดงผลลัพธ์เป็นแผนที่เพื่อสื่อสารกับผู้ตัดสินใจอย่างมีประสิทธิภาพ ผู้ใช้อาจเลือกใช้ชั้นข้อมูลประเภทเวคเตอร์ดังในกรณีศึกษาที่ 3 ซึ่งเป็นการหาความเหมาะสมของพื้นที่สำหรับปลูกพืชเศรษฐกิจในลุ่มน้ำแม่ปิงตอนบนครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 25,203 ตร.กม. หรืออาจใช้ชั้นข้อมูลประเภทราสเตอร์ดังเช่นในกรณีศึกษาที่ 4 ซึ่งเป็นการใช้ขีดความสามารถของ GIS ประเภทราสเตอร์ในการวิเคราะห์เชิงพื้นที่เพื่อสร้างชั้นข้อมูลหลักเกณฑ์และวิเคราะห์หาดัชนีความเหมาะสมของพื้นที่ในการใช้เลี้ยงปลาในจังหวัดเชียงราย

โปรแกรม *MCDA-GIS* อาจนำไปใช้ในสถานการณ์อื่นที่ใช้ข้อมูลเชิงพื้นที่เป็นหลักเกณฑ์ เช่น การหาพื้นที่เหมาะสมสำหรับวัตถุประสงค์เฉพาะเรื่องอื่นๆ การจัดลำดับความสำคัญของลุ่มน้ำย่อย การกำหนดเขตสำหรับการผลิตทางเกษตร และการจัดลำดับพื้นที่เสี่ยงต่ออาหารขาดแคลน หรือภัยพิบัติ เป็นต้น เนื่องจากการกำหนดหลักเกณฑ์และข้อจำกัดของสถานการณ์หนึ่งๆ 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.

บทที่ 1

คำนำ

การวิเคราะห์กระบวนการตัดสินใจเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของระบบสนับสนุนการตัดสินใจ ดังนั้นการพัฒนาวิธีการวิเคราะห์เชิงพื้นที่เพื่อนำมาใช้ในระบบการตัดสินใจจึงเป็นงานที่มีความสำคัญ ระบบที่พัฒนาขึ้นต้องมีการออกแบบให้ยืดหยุ่นและเป็นระบบที่เปิดให้สามารถใช้ได้กับวัตถุประสงค์ที่แตกต่างกัน และใช้ได้กับงานหลายประเภททั้งในด้านการวางแผนทางเกษตรและการบริการ ในสถานการณ์ที่ต้องการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่มักมีหลายวัตถุประสงค์และความเห็นไม่ตรงกัน อีกทั้งข้อมูลในเชิงปริมาณมีจำนวนจำกัด

วิธีการวิเคราะห์การตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์ เป็นวิธีการที่ใช้กันอย่างแพร่หลายทั้งในกระบวนการตัดสินใจที่ไม่ใช้ข้อมูลเชิงพื้นที่ และที่ใช้ข้อมูลเชิงพื้นที่ โดยมีขั้นตอนที่สำคัญคือ

การกำหนดวัตถุประสงค์ การตัดสินใจที่ดีต้องเริ่มจากมีวัตถุประสงค์ที่ชัดเจน เฉพาะเจาะจง วัดได้ ได้รับการเห็นพ้องต้องกัน สอดคล้องกับความเป็นจริง และขึ้นอยู่กับเวลาที่พิจารณา

การระบุทางเลือกเพื่อบรรลุวัตถุประสงค์ หลังจากระบุวัตถุประสงค์แล้วจึงทำการระบุทางเลือกซึ่งมีโอกาสนำไปใช้เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ ทางเลือกอาจเป็นนโยบาย ยุทธศาสตร์ ชนิดของการใช้ประโยชน์ที่ดิน หรือการจัดการเฉพาะเรื่อง แล้วแต่วัตถุประสงค์ของการตัดสินใจ

การระบุหลักเกณฑ์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบทางเลือก หลักเกณฑ์เป็นสิ่งที่กำหนดผลลัพธ์ของแต่ละทางเลือกว่าจะสนองวัตถุประสงค์มากน้อยเพียงใด หลักเกณฑ์แต่ละหลักเกณฑ์จะต้องสามารถวัดค่าในเชิงปริมาณได้หรือประเมินค่าเชิงคุณภาพได้ว่าแต่ละทางเลือกจะให้ผลตามวัตถุประสงค์ระดับใดเมื่อพิจารณาเฉพาะหลักเกณฑ์นั้น

การวิเคราะห์ทางเลือก การวิเคราะห์ทางเลือกอาจไม่ใช้ผลลัพธ์ทางการเงินเป็นตัวชี้ขาด โดยเฉพาะในกระบวนการตัดสินใจที่ประกอบด้วยผู้มีส่วนได้ส่วนเสียหลายฝ่าย ซึ่งจะเน้นการกระจายการตัดสินใจให้ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียมีส่วนร่วมในการให้ความสำคัญของหลักเกณฑ์และทางเลือกในรูปของคะแนนหรือค่าถ่วงน้ำหนัก

การตัดสินใจเลือกทางเลือกที่เหมาะสม เป็นขั้นตอนสุดท้ายในการตัดสินใจเลือกทางเลือกที่ดีที่สุด ซึ่งพิจารณาจากทางเลือกที่วิเคราะห์ไว้ในขั้นตอนที่ผ่านมา

ประเมินผลกระทบจากการตัดสินใจ การตัดสินใจที่ดีควรมีกลไกการติดตามประเมินผลของการตัดสินใจเลือกทางเลือกที่ผ่านมาแล้ว เพื่อเรียนรู้ข้อผิดพลาดที่ควรนำไปปรับปรุงกระบวนการตัดสินใจในโครงการอื่นต่อไป

วิธีการวิเคราะห์กระบวนการตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์นิยมใช้ในงานวิจัยเชิงดำเนินการ(Operation Research) และต่อมานำมาใช้ในหลายสาขารวมทั้งการจัดทรัพยากรเพื่อการเกษตร (Hayashi, 2000) วิธีการนี้ใช้ได้กับการตัดสินใจเกี่ยวข้องกับหลายปัจจัยแต่มีวัตถุประสงค์เดียว (Multi-criteria Decision Analysis, MCDA) หรือหลายปัจจัยหลายวัตถุประสงค์ (Multi-objective Decision Analysis, MODA) ข้อแตกต่างระหว่างการวิเคราะห์ทั้งสองประเภทคือวิธีการ MCDA จะคัดทางเลือกที่ต้องการตามวัตถุประสงค์จากทางเลือกที่มีอยู่จำนวนหนึ่ง โดยการวิเคราะห์คุณสมบัติของแต่ละทางเลือกว่าตรงตามหลักเกณฑ์ (Criteria) มากน้อยเพียงใด จากนั้นจึงทำการเรียงลำดับทางเลือกตามระดับความเหมาะสมของทางเลือกเพื่อให้ผู้ตัดสินใจเลือกทางเลือกที่ต้องการ แต่วิธี MODM ใช้วิธีการวิเคราะห์เพื่อให้ได้ทางเลือกที่ดีที่สุดที่เข้ากับวัตถุประสงค์หลายวัตถุประสงค์และข้อจำกัดที่ระบุเป็นสมการทางคณิตศาสตร์

ลักษณะที่สำคัญของ MCDA คือเน้นการใช้ทีมที่ประกอบด้วยผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในกระบวนการตัดสินใจ ตั้งแต่การระบุวัตถุประสงค์ หลักเกณฑ์ การวิเคราะห์หาความสำคัญเชิงสัมพัทธ์ระหว่างหลักเกณฑ์ และทางเลือก ดังนั้นจึงทำให้ MCDA สามารถจัดโครงสร้างของปัญหาที่ชัดเจน และมีวิธีการวิเคราะห์ที่ใช้ได้กับข้อมูลได้หลากหลายประเภท อย่างไรก็ตามข้อจำกัดของ MCDA เมื่อเทียบกับวิธีการคัดทางเลือกโดยใช้การวิเคราะห์ต้นทุนและกำไร คือ ทางเลือกที่ดีที่สุดที่ได้จาก MCDA อาจไม่ใช่ทางเลือกที่ให้ผลตอบแทนเป็นตัวเงินสูงสุด

ในวิธีการ MCDA จุดสำคัญของการวิเคราะห์การตัดสินใจอยู่ที่กฎเกณฑ์การตัดสินใจ (Decision rules) ซึ่งเป็นกระบวนการเรียงลำดับหรือคัดทางเลือกที่ใช้ได้ดีที่สุดสำหรับปัญหาหนึ่งๆ การวิเคราะห์อาจทำได้หลายวิธีการ เช่น การรวมแบบถ่วงน้ำหนัก (Simple additive weighting, SAW), Value/utility function, Analytic Hierarchy Process (AHP), Ideal point และ Concordance เป็นต้น (Malczewski, 1999) ในบรรดาวิธีการเหล่านี้ วิธีการ SAW เป็นวิธีการที่ง่ายสุด ผู้ตัดสินใจเป็นผู้กำหนดค่าถ่วงน้ำหนัก (Weights) ของแต่ละหลักเกณฑ์ (ปัจจัย) ที่ใช้ตัดสินใจ คะแนนรวมของแต่ละทางเลือกคำนวณจากผลคูณของค่าถ่วงน้ำหนักและค่าความเหมาะสมของแต่ละปัจจัย แล้วรวมผลคูณดังกล่าวของปัจจัยทั้งหมดเข้าด้วยกัน ทางเลือกที่ได้คะแนนสูงสุดจะถูกเลือกเป็นลำดับแรก วิธีการนี้มีข้อจำกัดบางประการเนื่องจากมีสมมติฐานว่า ไม่มีปฏิสัมพันธ์กันระหว่างปัจจัยตัดสินใจ

ข้อจำกัดของ MCDA คือในกรณีที่หลักเกณฑ์ไม่สามารถทำการวัดเป็นตัวเลขได้แน่ชัดการแปลงค่าจากข้อมูลที่เป็นข้อความไปเป็นคะแนนยังไม่มีมาตรฐานที่แน่นอน ทำให้ผลการประเมินแตกต่างกัน ดังนั้นจึงมีผู้เสนอให้บูรณาการ MCDA เข้ากับเทคนิคการวิเคราะห์อื่น เช่น ลอจิกแบบฟัซซี (Fuzzy logic) เป็นต้น ลอจิกแบบฟัซซีทำงานกับเซตฟัซซีซึ่งเป็นเซตที่ปราศจากขอบเขตที่

ชัดเจน และสมาชิกของเซตมีระดับความเป็นสมาชิกภาพตั้งแต่ 0 ถึง 1 ถ้ามีค่าเป็น 0 หมายถึงไม่เป็นสมาชิกของเซต ถ้าค่าเข้าใกล้ 1 มากเท่าใดความเป็นสมาชิกภาพของเซตนั้นจะเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นจึงใช้แสดงข้อมูลที่กำกวม ไม่ครบถ้วน ไม่แม่นยำ หรือมีความจริงบางส่วนได้ มีผู้นำแนวคิดด้านฟังก์ชันสมาชิกภาพมาผสมผสานกับ MCDA ในการประเมินทางเลือกมากมาย เช่น ใช้ในการประเมินความเหมาะสมของที่ดินในการเพาะปลูก (Hall et al., 1992; Banai, 1993; Burrough and McDonnell,l 1998; Jiang and Eastman, 2000) และ เพื่อจัดการป่าไม้ (Mendoza and Prabhu, 2000) เป็นต้น

วิธีการ AHP ได้รับความนิยมและนำไปใช้ในหลายวงการทั้งในแง่ส่วนบุคคล และการประยุกต์ใช้ในด้านสังคมศาสตร์ อุตสาหกรรม รัฐศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ การศึกษา การเกษตร การจัดการทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม Vaidya and Kumar (2006) ได้จัดการประยุกต์ใช้งาน AHP ในบทความที่ปรากฏในวารสารต่างๆออกเป็น 3 ประเภทใหญ่คือ (ก) การประยุกต์ใช้ตามหัวข้อ (ข) การประยุกต์ใช้เฉพาะเรื่อง (ค) การประยุกต์ใช้ที่บูรณาการร่วมกับวิธีการอื่น จากงานที่ผ่านมาจำนวน 150 บทความพบว่ามีการใช้ AHP ในการตัดสินใจทั้งทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ และสังคมศาสตร์ ส่วนใหญ่จัดอยู่ในการประยุกต์ใช้ประเภทการคัดเลือก และการประเมิน นอกจากนี้ยังพบว่าผู้ใช้มักใช้ AHP ล้วนๆในการประยุกต์ใช้ตอนเริ่มแรก เมื่อมีประสบการณ์ขึ้นจึงบูรณาการ AHP เข้ากับวิธีการอื่น เช่น เซทฟัซซี และโปรแกรมเชิงเส้น เป็นต้น ดังนั้นจึงเป็นการพิสูจน์ว่า AHP เป็นวิธีการที่มีความยืดหยุ่นพอที่นำไปใช้ร่วมกับวิธีการอื่นเพื่อใช้สนับสนุนการตัดสินใจ บทความฉบับนี้ยังแสดงให้เห็นว่ามีการใช้ AHP อย่างกว้างขวางทั้งในประเทศที่พัฒนาแล้วและกำลังพัฒนา อย่างไรก็ตามยังมีการใช้ AHP ในประเทศกำลังพัฒนาเป็นจำนวนน้อยอยู่ในปัจจุบัน เนื่องจากอาจติดปัญหาด้านซอฟท์แวร์ที่จะต้องมีการพัฒนาเพื่อรองรับภาษาท้องถิ่น หรือโครงสร้างปัญหาที่มีความซับซ้อน

ระบบภูมิสารสนเทศ (Geographic Information System, GIS) บางระบบได้รวมเอา AHP เข้าเป็นส่วนหนึ่งของการวิเคราะห์ เช่น IDRISI (Eastman, 1993) และมีการพัฒนา AHP ให้สามารถวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ร่วมกับโปรแกรม ArcInfo (Hill et al., 2005) โดยพัฒนาในลักษณะของชุดคำสั่ง Arc Macro Language (AML) ซึ่งไม่สะดวกในการใช้งานทั้งในแง่ความสอดคล้องกับระบบภูมิสารสนเทศที่ใช้งานกันอย่างแพร่หลายในประเทศไทย และในแง่การโต้ตอบกับผู้ใช้โดยใช้ภาษาไทย

การพัฒนาซอฟท์แวร์ที่จำหน่ายในเชิงการค้าในต่างประเทศโดยใช้หลัก AHP แต่ซอฟท์แวร์เหล่านั้นส่วนใหญ่จะทำงานโดยอาศัยตัวแปรที่ไม่ใช่ข้อมูลเชิงพื้นที่ ถึงแม้มีผู้พัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจเชิงพื้นที่โดยใช้ AHP เพื่อใช้ร่วมกับ GIS แต่ยังทำงานอยู่บนระบบ

GIS ที่ไม่ได้ใช้กันแพร่หลายในประเทศไทย และยังขาดการสื่อสารกับผู้ใช้ที่ง่ายและเป็นกันเอง ซึ่งเป็นสิ่งที่สำคัญสำหรับผู้ตัดสินใจและผู้ใช้งานระบบสนับสนุนการตัดสินใจในประเทศไทย ดังนั้นการบูรณาการวิธีการวิเคราะห์กระบวนการตัดสินใจแบบ AHP เข้ากับระบบภูมิสารสนเทศที่มีระบบเชื่อมโยงกับผู้ใช้เป็นภาษาไทยจึงเป็นสิ่งจำเป็นในการใช้ระบบสนับสนุนการตัดสินใจในการวางแผนยุทธศาสตร์เพื่อจัดการทรัพยากรทางการเกษตร ทั้งนี้เนื่องจากการวางแผนยุทธศาสตร์ต้องการข้อมูลนำเข้าและผลลัพธ์เป็นข้อมูลเชิงพื้นที่ เพื่อให้สามารถเห็นความสัมพันธ์ของข้อมูลประเภทต่างๆ ได้ดี ทำให้เกิดระบบที่สนับสนุนการทำงานเชิงบูรณาการอย่างแท้จริง

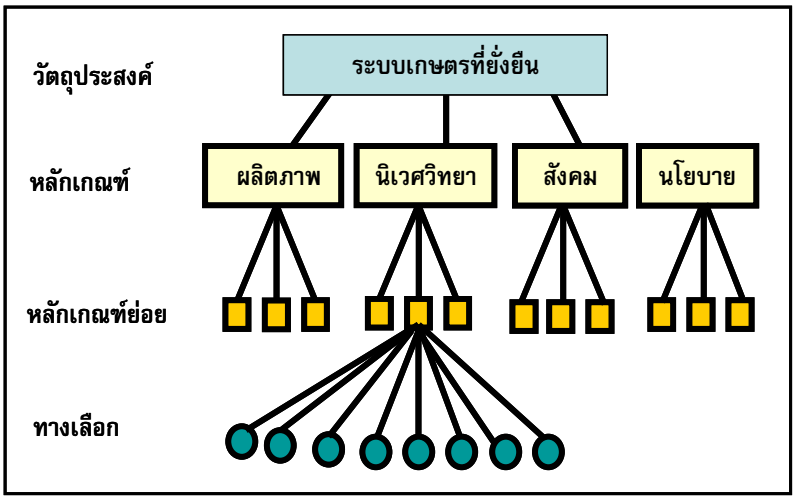
วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัยนี้เพื่อพัฒนาระบบร่วมตัดสินใจ (*รตส.)* โดยใช้หลักการของกระบวนการวิเคราะห์การตัดสินใจแบบเป็นลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process, AHP) เพื่อคัดทางเลือกที่เหมาะสมสำหรับสถานการณ์ทั้งที่ไม่ต้องใช้ข้อมูลเชิงพื้นที่ และใช้ข้อมูลเชิงพื้นที่ นอกจากนี้ยังมีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนากรณีศึกษาที่จะนำมาใช้ทดสอบระบบ *รตส.* สำหรับทั้งสองกรณี

บทที่ 2

หลักการของวิธีการ AHP

วิธีการ AHP จัดเป็น MCDA ที่นิยมใช้กันมากวิธีการหนึ่งในการตัดสินใจด้านการจัดการทรัพยากรธรรมชาติ วิธีการนี้เอื้ออำนวยให้เกิดการมีส่วนร่วมของผู้ตัดสินใจในการกำหนดวัตถุประสงค์ หลักเกณฑ์ และความสำคัญของแต่ละหลักเกณฑ์ ยังผลให้การวิเคราะห์มีโอกาสที่จะได้รับการยอมรับจากทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้อง

วิธีการ AHP ได้รับการพัฒนาโดย Saaty (1980) เพื่อใช้ในการตัดสินใจเรียงลำดับความสำคัญของทางเลือกในการบริหารจัดการ แต่ต่อมาได้รับการนำไปใช้ในงานสาขาอื่นมากมาย เช่น วิศวกรรมศาสตร์ การเกษตร และการจัดการทรัพยากรธรรมชาติ วิธีการ AHP แยกแยะปัญหาออกเป็นลำดับชั้น (Hierarchy) และแต่ละลำดับชั้นมีส่วนประกอบย่อย (Elements) โดยที่วัตถุประสงค์ของการตัดสินใจจะถูกจัดอยู่ในลำดับชั้นสูงสุด รองลงมาเป็นหลักเกณฑ์ หลักเกณฑ์ย่อย (ถ้ามี) และทางเลือก ลดหลั่นลงมาเป็นลำดับ (รูปที่ 2-1)



รูปที่ 2-1. ตัวอย่างกรอบการตัดสินใจในวิธีการ AHP

การเปรียบเทียบเพื่อหาค่าถ่วงน้ำหนัก

หลังจากที่จัดรูปแบบโครงสร้างของปัญหาแล้ว ผู้ที่มีส่วนร่วมในกระบวนการตัดสินใจจะต้องช่วยกันดำเนินการเปรียบเทียบคู่องค์ประกอบของแต่ละลำดับชั้น เพื่อใช้ในการคำนวณหาค่าความสำคัญเชิงสัมพัทธ์ หรือค่าถ่วงน้ำหนักขององค์ประกอบเหล่านั้นเมื่อพิจารณาองค์ประกอบหนึ่งๆในลำดับชั้นที่อยู่สูงขึ้นไปหนึ่งลำดับ จำนวนการเปรียบเทียบทั้งหมดเท่ากับ $n(n-1)/2$ เมื่อ n เป็นจำนวนองค์ประกอบในแต่ละลำดับชั้นที่จะนำมาเปรียบเทียบกัน

ในการเปรียบเทียบความสำคัญเพื่อคำนวณค่าถ่วงน้ำหนัก ผู้ร่วมตัดสินใจจะต้องให้ค่าความสำคัญเชิงเปรียบเทียบของแต่ละคู่องค์ประกอบเป็นค่าตัวเลข 1-9 โดยตัวเลขแต่ละตัวมีความหมายดังตารางที่ 2-1

ตารางที่ 2-1 เกณฑ์ให้คะแนนความสำคัญในการเปรียบเทียบคู่องค์ประกอบตามวิธีการ AHP

ความสำคัญ	**ความหมาย**	**คำอธิบาย**
1	สำคัญเท่ากัน	คู่ที่เปรียบเทียบมีส่วนกำหนดค่าที่ต้องการตามเป้าหมายเท่ากัน
3	สำคัญมากกว่าเล็กน้อย	จากประสบการณ์จริง สิ่งเปรียบเทียบสิ่งหนึ่งมีความสำคัญกว่าอีกสิ่งหนึ่งเล็กน้อย
5	สำคัญมากกว่าระดับปานกลาง	จากประสบการณ์จริง สิ่งเปรียบเทียบสิ่งหนึ่งมีความสำคัญกว่าอีกสิ่งหนึ่งมากระดับปานกลาง
7	สำคัญมากกว่าอย่างชัดเจน	ตามความเป็นจริง สิ่งเปรียบเทียบสิ่งหนึ่งเหนือกว่าอีกสิ่งหนึ่งอย่างเห็นได้ชัด
9	สำคัญมากกว่าสุดๆ	เป็นที่ประจักษ์อย่างแน่ชัดปราศจากข้อสงสัยว่า สิ่งเปรียบเทียบสิ่งหนึ่งเหนือกว่าอีกสิ่งหนึ่งอย่างแน่นอน
2,4,6,8	ค่าระหว่างค่าข้างบน	ค่าแบ่งย่อยระหว่างค่าข้างบน ใช้ในกรณีที่ต้องการรอมชอมระหว่างสองค่าข้างบน

ถ้าให้ $c_1, c_2, \ldots c_j$ เป็นองค์ประกอบในแต่ละลำดับชั้นของโครงสร้างการตัดสินใจ $w_1, w_2, \ldots w_n$ เป็นค่าความสำคัญขององค์ประกอบแต่ละตัวเมื่อเทียบกับตัวอื่น และ a_{ij} เป็นค่าอัตราส่วนของความสำคัญเปรียบเทียบระหว่าง c_i และ c_j ที่ได้จากกระบวนการเปรียบเทียบอย่างมีส่วนร่วม เมตริกซ์ตั้งต้นที่ได้จากการเปรียบเทียบคู่ส่วนประกอบคือ

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1j} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2j} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{j1} & a_{j2} & \cdots & a_{ij} \end{bmatrix} \qquad (2\text{-}1)$$

ซึ่งอาจเขียนเมตริกซ์เปรียบเทียบได้ว่า

$$\boldsymbol{A} = (a_{ij}) \qquad (2\text{-}2)$$

$$a_{ji} = 1/a_{ij}, \qquad (2\text{-}3)$$

$a_{ij} > 0,$ และ $i, j = 1,2,\ldots n$

เวกเตอร์ค่าความสำคัญ $\boldsymbol{w} = (w_1, w_2, \ldots w_n)^{\mathbf{T}}$ สามารถหาได้จากค่า Eigenvalue ของเมตริกซ์ $\boldsymbol{A}$

$$\boldsymbol{A}\boldsymbol{w} = \lambda_{max}\boldsymbol{w} \qquad (2\text{-}4)$$

เมื่อ λ_{max} คือ Eigenvalue ที่มีค่าสูงสุด หรือที่เรียกว่า Principal eigenvalue ของเมตริกซ์ $\boldsymbol{A}$ ซึ่งประมาณค่าได้จากการยกกำลังเมตริกซ์ให้มีค่ามากพอ แล้วจึงรวมค่าในแต่ละแถวของเมตริกซ์ก่อนจะปรับค่าโดยการ Normalization ดังสมการที่ (2-5)

$$w = \lim_{k \to \infty} \left(\frac{A^k e^T}{e A^k e^T} \right) \qquad (2\text{-}5)$$

เมื่อ $e = (1,1, \ldots, 1)$ และ k เป็นตัวเลขยกกำลัง

ถึงแม้ว่า Saaty (1998) จะแนะนำให้ใช้ Normalized eigenvector ในการหาเวกเตอร์ค่าถ่วงน้ำหนักในวิธีการ AHP แต่ก็ยอมรับว่ามีวิธีการอื่นที่สามารถใช้ประมาณค่าได้

Choo and Wedler (2004) ได้ทดสอบ 18 วิธีการที่อาจนำมาใช้ในการหาเวกเตอร์ค่าถ่วงน้ำหนัก วิธีการเหล่านั้นอาจแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มได้แก่

วิธีการประเภท Distance minimization วิธีการนี้หาค่าถ่วงน้ำหนักโดยพยายามให้อัตราส่วนโดยรวมของ w_i/w_j ที่ได้จากการคำนวณมีค่าใกล้เคียงกับอัตราส่วนของค่าความสำคัญในเมตริกซ์เปรียบเทียบ (a_{ij}) ตัวอย่างของวิธีการที่จัดอยู่ในกลุ่มนี้ได้แก่ Least square (LS), Least

worst square (LWS) , Least absolute error (LAE), Logarithmic least square หรือ Simple geometric mean, (SGM) เป็นต้น

วิธีการที่ให้ความถูกต้องในกรณีที่ปราศจากความคลาดเคลื่อนในการเปรียบเทียบ วิธีการนี้คำนวณค่าความสำคัญจากค่าในคอลัมน์ของเมตริกซ์เปรียบเทียบที่ไม่มีความคลาดเคลื่อน ตัวอย่างของวิธีการประเภทนี้ได้แก่ Simple column sum (SCS), Simple normalized column sum method (SNCS), Right eigenvector method (REV), Normalized right eigenvector method (NREV)

จากผลการทดสอบ Choo and Wedler (2004) ได้สรุปว่าการจะเลือกใช้วิธีใดขึ้นอยู่กับลักษณะของความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นจากกระบวนการเปรียบเทียบของผู้มีส่วนตัดสินใจ อย่างไรก็ตามวิธีการ SNCS, REV, SGM และ NREV ให้ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อน (Mean Absolute Deviation, MAD) ต่ำสุด ทั้งในกรณีที่มีความคลาดเคลื่อนสูงแต่พบจำนวนน้อย และความคลาดเคลื่อนต่ำแต่มีจำนวนมาก แต่เนื่องจากวิธีการ SGM และ SNCS สามารถคำนวณได้ง่ายและสะดวกจึงแนะนำให้ใช้วิธีการนี้ในการหาค่าเวกเตอร์ของค่าถ่วงน้ำหนัก

<u>วิธีการ Simple Geometric Mean (SGM)</u>

วิธีการนี้อาจเรียกว่า Logarithmic Least Square Method (LLSM) โดยหาค่าเวกเตอร์ความสำคัญจากสมการ

$$LLSM = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n}(\ln a_{ij} - \ln w_i + \ln w_j)^2 \qquad (2\text{-}6)$$

Saaty (1998) แสดงให้เห็นว่าค่าเวกเตอร์ความสำคัญอาจหาได้โดยการปรับค่า (Normalization) ผลคูณของส่วนประกอบในแต่ละแถวของเมตริก $\boldsymbol{A}$ ดังสมการที่ (2-7) ซึ่งเป็นวิธีการเดียวกับการหาค่า Geometric mean ของเมตริกซ์ $\boldsymbol{A}$ ซึ่งง่ายต่อการคำนวณกว่าสมการที่ (2-5) ข้างบน

$$w_i = \frac{\left(\prod_{j=1}^{n} a_{ij}\right)^{1/n}}{\sum_{i=1}^{n}\left(\prod_{j=1}^{n} a_{ij}\right)^{1/n}}, \quad i = 1,\ldots,n. \qquad (2\text{-}7)$$

วิธีการ Simple Normalized Column Sum (SNSC)

วิธีการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาอันเนื่องมาจากหน่วยวัดของหลักเกณฑ์ที่ไม่เหมือนกันเมื่อมีการรวมค่าความสำคัญเปรียบเทียบในแต่ละคอลัมน์ของเมตริกซ์ A ดังนั้นจึงมีการปรับค่า (Normalization) ก่อนที่จะรวมค่าในแต่ละคอลัมน์ ดังสมการที่ (2-8)

$$w = \sum_j \left(1 / e^T C_j\right) C_j \qquad (2\text{-}8)$$

เมื่อ w เป็นผลรวมของค่าอัตราส่วนความสำคัญในคอลัมน์ของเมตริกซ์ $\boldsymbol{A}$ ที่ปรับค่าแล้ว ดังนั้นเวกเตอร์ความสำคัญจึงคำนวณได้จากการเฉลี่ยค่าของเวกเตอร์คอลัมน์ที่ได้ปรับค่าแล้วเพื่อให้หน่วยวัดสามารถเทียบเคียงกันได้

ค่าถ่วงน้ำหนักที่ได้จากการเปรียบเทียบคู่องค์ประกอบในแต่ละลำดับชั้นไม่ว่าจะใช้วิธีการใดเรียกว่าค่าถ่วงน้ำหนักเฉพาะที่ (Local weight) ส่วนค่าถ่วงน้ำหนักโดยรวม (Global weight) ของแต่ละองค์ประกอบจะได้จากการถ่วงน้ำหนักค่า Local weight ด้วยค่าน้ำหนักขององค์ประกอบที่อยู่เหนือขึ้นไปหนึ่งลำดับชั้น ดังนั้น Global weight ของทางเลือกหนึ่งๆจึงได้จากการคูณค่า Local weight ของทางเลือกในแต่ละหลักเกณฑ์ด้วยค่า Global weight ของหลักเกณฑ์นั้นก่อนที่จะรวมผลคูณของทุกหลักเกณฑ์เข้าด้วยกัน (Zhu and Dale, 2001)

การประเมินความคงเส้นคงวาของการเปรียบเทียบ

ในการตัดสินใจที่ประกอบด้วยหลักเกณฑ์หรือทางเลือกจำนวนมาก การเปรียบเทียบความสำคัญระหว่างคู่ส่วนประกอบอาจเกิดความไม่คงเส้นคงวา (Consistence) ได้ ตัวอย่างเช่น c_1 มีความสำคัญมากกว่า c_2 เล็กน้อย (ค่าเปรียบเทียบเท่ากับ 2) และ c_2 มีความสำคัญมากกว่า c_3 เล็กน้อย (2) แต่จากผลการเปรียบเทียบที่ประชุมให้ c_1 มีความสำคัญมากกว่า c_3 ปานกลาง โดยมีค่าเปรียบเทียบเท่ากับ 5

ดังนั้นจึงต้องมีวิธีการวัดความคงเส้นคงวาของค่าที่ได้ในเมตริกซ์ $\boldsymbol{A}$ โดยใช้หลักการว่าเมตริกซ์ $\boldsymbol{A}$ จะมีความคงเส้นคงวาอย่างสมบูรณ์ต่อเมื่อ

$$a_{ik} a_{kj} = a_{ij} \quad i, j, k = 1, 2, \ldots, n \qquad (2\text{-}9)$$

และ $$\lambda_{max} = n \qquad (2\text{-}10)$$

ค่า λ_{max} ยิ่งเข้าใกล้ n เมื่อใด การเปรียบเทียบจะมีความคงเส้นคงวามากยิ่งขึ้นเท่านั้น ดังนั้นจึงอาจให้นิยามของดรรชนีความคงเส้นคงวา (Consistency index, CI) ได้ว่า

$$(\lambda_{max} - n)/(n-1) \qquad (2\text{-}11)$$

เมื่อได้ค่า CI แล้ว Saaty (1980) เสนอแนะให้นำไปคำนวณค่า อัตราส่วนความไม่คงเส้นคงวา (Inconsistency ratio, CR) โดยนำค่า CI ที่ได้จากผลการเปรียบเทียบจริงไปคิดเป็นสัดส่วนของค่า CI เฉลี่ยที่ได้จากเมตริกซ์การเปรียบเทียบขนาดเดียวกันแต่ค่าตัวเลขในเมตริกซ์เกิดจากการสุ่ม ถ้าค่า CR เท่ากับ 0 แสดงว่าการเปรียบเทียบคู่ของส่วนประกอบมีความคงเส้นคงวาแบบสมบูรณ์ แต่ถ้าการเปรียบเทียบไม่มีความแตกต่างจากการให้ตัวเลขโดยการสุ่มแล้วค่า CR จะมีค่าเท่ากับ 1.0 โดยทั่วไป Saaty (1980) แนะนำว่าหากค่า CR มากกว่า 0.1 ควรจะต้องดำเนินการเปรียบเทียบใหม่

การวิเคราะห์ความอ่อนไหว

ผู้ตัดสินใจอาจคัดทางเลือกได้เหมาะสมขึ้นหากทราบความอ่อนไหวของแต่ละหลักเกณฑ์ การวิเคราะห์ความอ่อนไหวจึงมีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบว่า ลำดับของทางเลือกตอบสนองอย่างไรต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความสำคัญของแต่ละหลักเกณฑ์ Triantaphyllou and Sanchez (1997) ได้เสนอวิธีการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของหลักเกณฑ์ เพื่อวิเคราะห์ว่าค่าความสำคัญของหลักเกณฑ์จะเปลี่ยนแปลงน้อยสุดเป็นเท่าใดจึงจะทำให้การเรียงลำดับความสำคัญของทางเลือกสลับกัน (Rank reversal) ต่างจากผลลัพธ์ที่ได้ในปัจจุบัน

ถ้าให้ $D_{k,i,j}$ $(1 \le i \le j \le M$ และ $1 \le k \le N)$ เป็นค่าการเปลี่ยนแปลงของค่าน้ำหนักความสำคัญ (W_k) ของหลักเกณฑ์ (Q_k)ที่จะทำให้ทางเลือก A_i และ A_j มีการเรียงลำดับสลับกัน ค่า $D_{k,i,j}$ อาจคำนวณได้จากสมการที่ (2-12)

$$D_{k,i,j} = \left| \frac{(P_j - P_i)}{(a_{jk} - a_{ik})} \right| \times \frac{100}{W_k} \qquad (2\text{-}12)$$

เมื่อ P_j และ P_i คือค่าน้ำหนักความสำคัญที่คำนวณได้จากการเปรียบเทียบทุกหลักเกณฑ์ของทางเลือก A_j และ A_i ตามลำดับ ส่วน a_{jk} และ a_{ik} คือค่าความสำคัญเชิงเปรียบเทียบระหว่างทางเลือก A_j และ A_i เมื่อคิดเฉพาะหลักเกณฑ์ k ดังนั้นถ้าหาค่า $D_{k,i,j}$ ที่น้อยที่สุดได้จะทราบว่าหลักเกณฑ์ใดและทางเลือกคู่ j ใดอ่อนไหวที่สุด

ถ้าสัมประสิทธิ์ความอ่อนไหวของหลักเกณฑ์ใดมีค่าสูง หลักเกณฑ์นั้นจะมีเสถียรภาพต่ำ ผู้ตัดสินใจต้องมีความระมัดระวังในการเปรียบเทียบทางเลือกกับหลักเกณฑ์ดังกล่าว เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงค่าน้ำหนักที่คำนวณได้จากการเปรียบเทียบโดยวิธีการ AHP จะมีผลทำให้การเรียงลำดับความสำคัญของทางเลือกสลับกันได้ง่าย ผลจากการวิเคราะห์ความอ่อนไหวจะช่วยให้ผู้

ตัดสินใจเพิ่มความระมัดระวังในการจัดทำชั้นข้อมูลของหลักเกณฑ์ที่มีความอ่อนไหวมาก เนื่องจากความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากชั้นข้อมูลนี้อาจส่งผลให้เกิดความผิดพลาดในการจัดลำดับความสำคัญของพื้นที่ในวงกว้างได้

การวิเคราะห์การตัดสินใจด้วยวิธีการ Fuzzy AHP

วิธีการ AHP มีจุดอ่อนตรงที่ไม่ได้นำเอาความไม่แน่นอนของการให้ความเห็นมาพิจารณาในการเปรียบเทียบคู่องค์ประกอบ ดังนั้น จึงมีการพัฒนาวิธีการ Modified Fuzzy AHP (Jeganathan, 2003) ซึ่งปรับปรุงจากวิธีการ Fuzzy Pair wise Comparison ที่เสนอโดย Deng (1999) เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลที่มีลักษณะกำกวม (fuzzy) หรือมีความไม่แน่นอนดังกล่าว วิธีการนี้ใช้ Triangular Fuzzy Number (TFN) ในการแสดงข้อมูลอันเป็นผลจากการเปรียบเทียบหลักเกณฑ์และทางเลือกของผู้ร่วมตัดสินใจ หลังจากนั้นจึงใช้วิธีการคำนวณค่าถ่วงน้ำหนักโดยหลักคณิตศาสตร์สำหรับตัวเลขกำกวม (Fuzzy arithmetic) ในการคำนวณค่าน้ำหนักความสำคัญเบ็ดเสร็จ (Final performance index) ของทางเลือก ก่อนเรียงลำดับความสำคัญเพื่อตัดสินใจ

ขั้นตอนการทำงานของวิธีการ Modified Fuzzy AHP มีดังนี้

1. จัดโครงสร้างการตัดสินใจ พร้อมทั้งสร้างตารางเมตริกซ์เปรียบเทียบ (Pair wise Comparison Matrix, PCM) สำหรับหลักเกณฑ์ย่อยหรือทางเลือกตามวิธีการ AHP โดยนำ เข้าข้อมูลใน

   ตารางทีละคู่เปรียบเทียบ ทำการ Fuzzify ค่าในเมตริกซ์ โดยการคำนวณค่าต่ำ (lower fuzzy, l) และค่าสูง (upper fuzzy, u) จากค่าความสำคัญเปรียบเทียบที่ได้นำเข้าใน PCM โดยใช้หลักการในตารางที่ 2-2 จนได้เมตริกซ์ที่คงเส้นคงวาแล้วตามหลักการของ AHP การคำนวณค่าส่วนกลับในครึ่งล่างของตารางให้ใช้หลักการ matrix inversion ของ TFN ดังปรากฏในตารางที่ 2-3

2. คำนวณค่าน้ำหนักความสำคัญของแต่ละทางเลือก (x_i) ด้วยวิธีการ Column Sum (Jeganathan, 2003) โดยพิจารณาทีละหลักเกณฑ์จนครบทุกหลักเกณฑ์ พร้อมทั้งคำนวณค่าน้ำหนักความสำคัญของแต่ละหลักเกณฑ์ (w_i)

ตารางที่ 2-2 การแปลงค่าความสำคัญเป็นค่า Fuzzy ในตาราง Pair wise Comparison Matrix, PCM)

ค่าความสำคัญ	**ค่า Fuzzy**	**ค่าความสำคัญ**	**ค่า Fuzzy**
1	(1,1,1) สำหรับช่องทะแยงมุมใน PCM (1, 1, 3) สำหรับช่องอื่นใน PCM	1/1	(1/1, 1/1, 1/1) สำหรับช่องทะแยงมุมใน PCM (1/3, 1,1) สำหรับช่องอื่นใน PCM
2	(1, 2, 4)	1/2	(1/4,1/2, 1/1)
3	(1, 3, 5)	1/3	(1/5,1/3, 1/1)
5	(3, 5, 7)	1/5	(1/7, 1/5, 1/3)
7	(5, 7, 9)	1/7	(1/9, 1/7, 1/5)
9	(7, 9, 11)	1/9	(1/11, 1/9, 1/7)

3. คำนวณหาค่า Fuzzy Performance Rating (Z) ซึ่งเป็นเมตริกซ์ค่าความสำคัญของแต่ละทางเลือกเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบทีละหลักเกณฑ์ ดังสมการที่ (2-13)

$$Z = \begin{bmatrix} w_1x_{11} & w_2x_{12} & \dots & w_mx_{1m} \\ w_1x_{21} & w_2x_{22} & \dots & w_mx_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ w_1x_{n1} & w_2x_{n2} & \dots & w_mx_{nm} \end{bmatrix} \qquad (2\text{-}13)$$

เมื่อ x_{ij} = ค่า Performance rating ของแต่ละทางเลือก A_i $(I = 1,2, ..,n)$ เมื่อพิจารณาตามแต่ละหลักเกณฑ์ C_j $(j = 1,2,..m)$ และ w_j = ค่าน้ำหนักความสำคัญของหลักเกณฑ์ C_j ตามวัตถุประสงค์ของการตัดสินใจ การคำนวณ Z ใช้หลักการคณิตศาสตร์ที่ใช้กับข้อมูลกำกวม โดยอาศัยค่า TFN ดังในตารางที่ 2-3

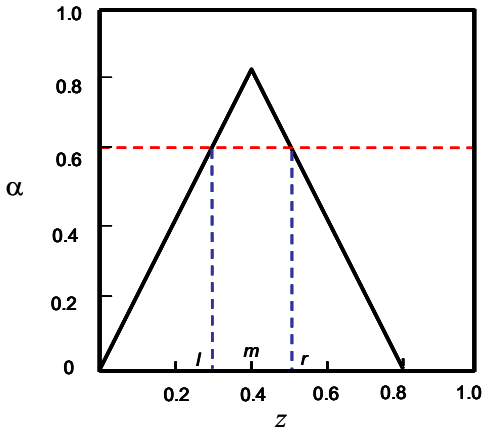
ตารางที่ 2-3 หลักการคำนวณโดยใช้คณิตศาสตร์สำหรับข้อมูลกำกวม

ข้อมูลนำเข้า	**การคำนวณผลลัพธ์**
A+B	(a1+b1 , a2+b2, a3+b3)
A-B	(a1-b3, a2-b2, a3-b1)
A*B	(a1*b1, a2*b2, a3*b3)
A/B	(a1/b3, a2/b2, a3/b1)
Inverse(A)	(1/a3, 1/a2,1/a1)
Inverse(B)	(1/b3, 1/b2, 1/b1)

4. คำนวณหาช่วงค่าของ Performance Matrix (สมการ 2-14) โดยวิธีการ α-cut เพื่อผนวกเอาความไม่แน่นอนเนื่องจากความไม่มั่นใจของผู้ร่วมตัดสินใจ โดยค่าระดับความมั่นใจในการกำหนดค่าเปรียบเทียบ (α) ได้จากความเห็นของผู้ร่วมตัดสินใจ

$$Z_\alpha = \begin{bmatrix} \left[Z^\alpha{}_{11l}, Z^\alpha{}_{11r}\right] & \left[Z^\alpha{}_{12l}, Z^\alpha{}_{12r}\right] & \dots & \left[Z^\alpha{}_{1ml}, Z^\alpha{}_{1mr}\right] \\ \left[Z^\alpha{}_{21l}, Z^\alpha{}_{21r}\right] & \left[Z^\alpha{}_{22l}, Z^\alpha{}_{22r}\right] & \dots & \left[Z^\alpha{}_{2ml}, Z^\alpha{}_{2mr}\right] \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \left[Z^\alpha{}_{n1l}, Z^\alpha{}_{n1r}\right] & \left[Z^\alpha{}_{n2l}, Z^\alpha{}_{n1r}\right] & \dots & \left[Z^\alpha{}_{nml}, Z^\alpha{}_{nmr}\right] \end{bmatrix} \qquad (2\text{-}14)$$

รูปที่ 2-2 แสดงตัวอย่างช่วงค่า Performance rating (Z_α) ที่ค่า α เท่ากับ 0.6 เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าความสำคัญระหว่างทางเลือก ค่า Z_α มีช่วงค่าระหว่าง ค่า Alfa left (l) และ Alfa right (r) ในตัวอย่างนี้มีค่าเท่ากับ 0.3 และ 0.5 ตามลำดับ ช่วงค่า Z_α จะกว้างขึ้นหากผู้ตัดสินใจมีความเชื่อมั่นน้อยลง (ค่า α ลดลง) ในทางตรงกันข้ามถ้าผู้ตัดสินใจมีความเชื่อมั่นมากขึ้น (ค่า α เพิ่มมากขึ้น) ค่า Z_α ที่คำนวณได้จะมีช่วงแคบลง และหากผู้ร่วมตัดสินใจมีความเชื่อมั่นสูงสุด (α =1.0) ค่า Z_α จะมีค่าเดียวกล่าวคือมีค่าเท่ากับ 0.4 ในตัวอย่างนี้ การคำนวณค่า Z_α สามารถทำได้โดยใช้สมการที่ (2-14)



รูปที่ 2-2 ตัวอย่างของค่า Performance rating ที่ระดับความมั่นใจ (α) เท่ากับ 0.6

5. หาค่า Crisp Performance Matrix, CPM ($Z_{\alpha}^{\lambda'}$) โดยนำเอาพฤติกรรมด้านความเสี่ยงของผู้ตัดสินใจมาพิจารณาและแสดงเป็นค่าดัชนีความพอใจที่จะเสี่ยง (Optimism index, λ) ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 0 -1.0 ค่า 0 ใช้สำหรับผู้ตัดสินใจที่ไม่ยอมเสี่ยง (Pessimistic) และค่า 1.0 ใช้สำหรับผู้ตัดสินใจที่ชอบเสี่ยง (Optimistic) จากนั้นจึงแปลงข้อมูลที่เป็น fuzzy range เป็น crisp range โดยอาศัยสมการที่ (2-15) ผลลัพธ์ในขั้นตอนนี้จะได้เมตริกซ์ดังสมการที่ (2-16)

$$Z_{\alpha}^{\lambda} = \lambda * Z_{ij(r)}^{\alpha} + (1-\lambda) * Z_{ij(l)}^{\alpha} \qquad \lambda \in [0,1] \qquad (2\text{-}15)$$

เมื่อ $Z_{ij(r)}^{\alpha}$ = ค่าด้านขวาสุดจากการวิเคราะห์แบบ α-cut (รูปที่ 2-2)

$Z_{ij(l)}^{\alpha}$ = ค่าด้านซ้ายสุดจากการวิเคราะห์แบบ α-cut

$$Z_{\alpha}^{\lambda'} = \begin{bmatrix} Z_{11\alpha}^{\lambda'} & Z_{12\alpha}^{\lambda'} & \cdots & Z_{1n\alpha}^{\lambda'} \\ Z_{21\alpha}^{\lambda'} & Z_{22\alpha}^{\lambda'} & \cdots & Z_{2n\alpha}^{\lambda'} \\ \cdots' & \cdots' & \cdots & \cdots' \\ Z_{m1\alpha}^{\lambda'} & Z_{m2\alpha}^{\lambda'} & \cdots & Z_{mn\alpha}^{\lambda'} \end{bmatrix} \qquad (2\text{-}16)$$

6. คำนวณค่า Normalized performance matrix (Z_{α}^{λ}) เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบหลักเกณฑ์ได้ดีขึ้น โดยหารทุกค่าในเมตริกซ์ CPM ด้วยรากที่สองของค่าผลรวมยกกำลังสองของทุกค่าในเมตริกซ์ CPM จะได้เมตริกซ์ดังสมการที่ (2-17)

$$Z_{\alpha}^{\lambda} = \begin{bmatrix} Z_{11\alpha}^{\lambda} & Z_{12\alpha}^{\lambda} & \dots & Z_{1n\alpha}^{\lambda} \\ Z_{21\alpha}^{\lambda} & Z_{22\alpha}^{\lambda} & \dots & Z_{2n\alpha}^{\lambda} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ Z_{m1\alpha}^{\lambda} & Z_{m2\alpha}^{\lambda} & \dots & Z_{mn\alpha}^{\lambda} \end{bmatrix} \quad (2\text{-}17)$$

7. หาค่า Positive Ideal Solution, PIS ($A_{\alpha}^{\lambda+}$) และ Negative Ideal Solution, NIS ($A_{\alpha}^{\lambda-}$) ตามสมการที่ (2-18) และ (2-19)

$$A_{\alpha}^{\lambda+} = (Z_{1\alpha}^{\lambda+}, Z_{2\alpha}^{\lambda+}, Z_{3\alpha}^{\lambda+}, \dots, Z_{n\alpha}^{\lambda+}) \quad (2\text{-}18)$$

$$A_{\alpha}^{\lambda-} = (Z_{1\alpha}^{\lambda-}, Z_{2\alpha}^{\lambda-}, Z_{3\alpha}^{\lambda-}, \dots, Z_{n\alpha}^{\lambda-}) \quad (2\text{-}19)$$

เมื่อ $$Z_{1\alpha}^{\lambda+} = \max(z_{1j\alpha}^{\lambda}, Z_{2j\alpha}^{\lambda}, Z_{3j\alpha}^{\lambda}, \dots, Z_{mj\alpha}^{\lambda}) \quad (2\text{-}20)$$

และ $$Z_{1\alpha}^{\lambda-} = \min(z_{1j\alpha}^{\lambda}, Z_{2j\alpha}^{\lambda}, Z_{3j\alpha}^{\lambda}, \dots, Z_{mj\alpha}^{\lambda}) \quad (2\text{-}21)$$

8. คำนวณค่า “ความคล้ายคลึงกัน” ระหว่างแต่ละทางเลือกกับค่า PIS ($S_{i\alpha}^{\lambda+}$) และ NIS ($S_{i\alpha}^{\lambda-}$) ตามสมการที่ (2-22) และ (2-23)

$$S_{i\alpha}^{\lambda+} = \frac{A_{i\alpha}^{\lambda} A_{\alpha}^{\lambda+}}{Max(A_{i\alpha}^{\lambda} A_{i\varepsilon}^{\lambda} A_{\alpha}^{\lambda+} A_{\alpha}^{\lambda+})} \quad (2\text{-}22)$$

$$S_{i\alpha}^{\lambda-} = \frac{A_{i\alpha}^{\lambda} A_{\alpha}^{\lambda-}}{Max(A_{i\alpha}^{\lambda} A_{i\varepsilon}^{\lambda} A_{\alpha}^{\lambda-} A_{\alpha}^{\lambda-})} \quad (2\text{-}23)$$

เมื่อ $$A_{i\alpha}^{\lambda} = (Z_{i1\alpha}^{\lambda}, Z_{i2\alpha}^{\lambda}, Z_{i3\alpha}^{\lambda}, \dots, Z_{in\alpha}^{\lambda}) \quad (2\text{-}24)$$

i = แถวที่ของ เมตริกซ์ค่าความสำคัญโดยรวม ($i = 1$ ถึง n)

9. หาค่า Performance Index เบ็ดเสร็จ (P_{α}^{λ}) ของแต่ละทางเลือกตามสมการ (2-25)

$$P_{\alpha i}^{\lambda} = \frac{S_{i\alpha}^{\lambda+}}{(S_{i\alpha}^{\lambda+} + S_{i\alpha}^{\lambda-})} \quad (2\text{-}25)$$

10. จัดลำดับทางเลือกตามค่า Performance Index จากค่าสูงมาหาค่าต่ำ

หลักการที่กล่าวมาข้างต้นจะเป็นพื้นฐานที่ใช้ในการออกแบบโปรแกรมระบบร่วมตัดสินใจ (*รตส.*) ที่จะอธิบายรายละเอียดในบทต่อไป

บทที่ 3

การพัฒนาระบบวิเคราะห์การตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์

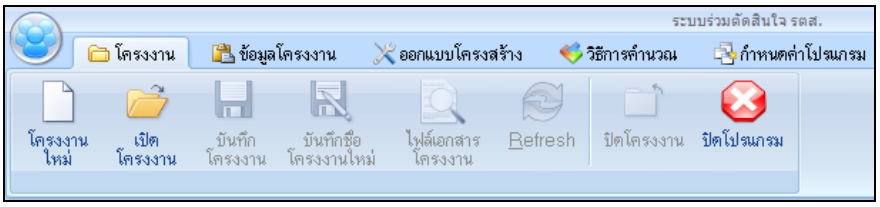
โครงสร้างระบบร่วมตัดสินใจ (*รตส.*)

แนวคิดหลักในการพัฒนาโปรแกรม รตส. คือการให้การสนับสนุนกระบวนการวิเคราะห์การตัดสินใจแบบมีส่วนร่วมผ่านการประชุมเชิงปฏิบัติการ การทำงานจึงประกอบไปด้วยการร่วมกันกำหนดวัตถุประสงค์ของโครงงาน หลักเกณฑ์ที่จะทำให้บรรลุวัตถุประสงค์ และทางเลือกที่จะนำมาใช้ในกระบวนการวิเคราะห์การตัดสินใจตามหลักการที่กล่าวในบทที่ 2 จะช่วยเรียงลำดับทางเลือกที่เหมาะสมที่สุดในการแก้ไขปัญหา

โปรแกรม *รตส.* เป็นซอฟท์แวร์ภาษาไทย ที่ได้รับการพัฒนาขึ้นจากภาษา Visual Basic 6.0 โดยอำนวยความสะดวกให้ผู้ใช้ร่วมกันกำหนดโครงสร้างของสถานการณ์อย่างเป็นลำดับชั้น เริ่มจากการกำหนดวัตถุประสงค์ ตามด้วยหลักเกณฑ์ หลักเกณฑ์ย่อย และทางเลือก ผ่านกราฟิกของระบบพร้อมคำอธิบายที่ง่ายต่อการทำความเข้าใจ

ระบบได้รับการออกแบบและปรับปรุงให้แสดงผลการเปรียบเทียบความสำคัญในรูปแบบของกราฟิกและตารางที่ง่ายต่อการใช้งานและตรวจสอบผล พร้อมทั้งมีส่วนการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของหลักเกณฑ์ เพื่อประเมินผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงค่าถ่วงน้ำหนักที่มีผลต่อการจัดลำดับความสำคัญของทางเลือก ระบบ *รตส.* นี้ นอกจากจะสามารถวิเคราะห์การตัดสินใจแบบทั่วไปแล้ว ยังได้รับการพัฒนาให้สามารถเชื่อมต่อกับการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ร่วมกับระบบภูมิสารสนเทศ ทำให้สามารถแสดงผลการวิเคราะห์เป็นแผนที่ได้

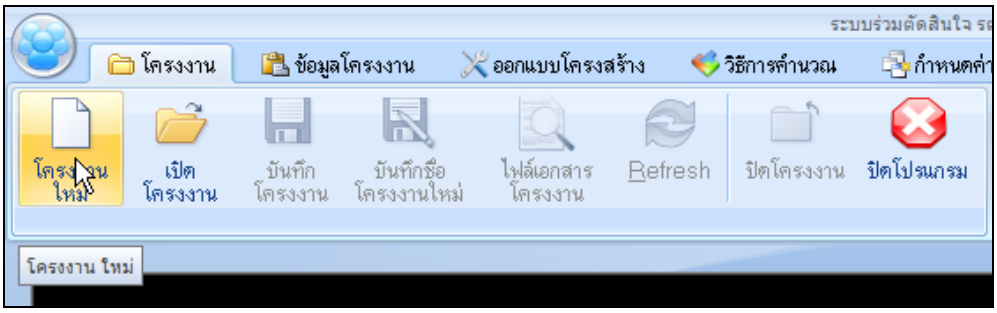
ระบบ *รตส.* ประกอบด้วยเมนูหลักและเมนูย่อยเพื่อให้การใช้งานง่าย โดยเมนูหลักประกอบด้วย 5 ส่วน ได้แก่ 1) โครงงาน 2) ข้อมูลโครงงาน 3) ออกแบบโครงสร้าง 4) วิธีการคำนวณ และ 5) กำหนดค่าโปรแกรม (รูปที่ 3-1)



รูปที่ 3-1 เมนูหลักของระบบ *รตส.*

เมนูโครงงาน

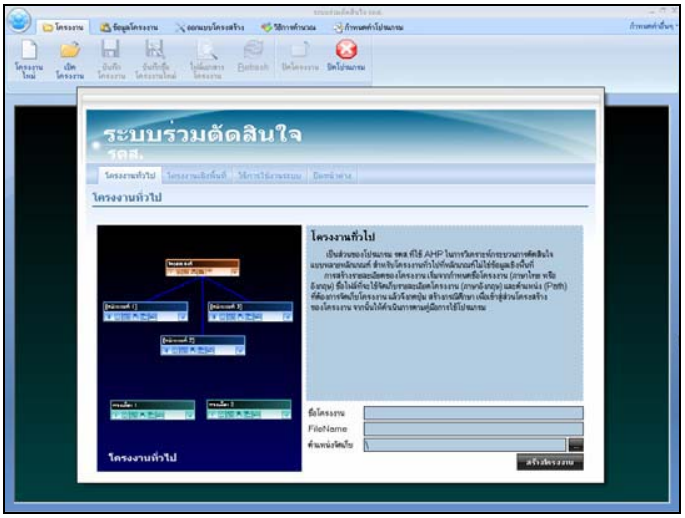
เมนูหลักโครงงานทำหน้าที่จัดการโครงงาน โดยประกอบด้วยเมนูย่อยที่ทำหน้าที่ สร้างโครงงานใหม่ เปิดโครงงานเดิมที่สร้างไว้แล้ว และบันทึกโครงงานที่สร้างขึ้นใหม่หรือได้ทำการแก้ไขรายละเอียดโครงการเดิม (รูปที่ 3-1) เมื่อผู้ใช้กดปุ่ม โครงงานใหม่ บนเมนูบาร์ (รูปที่ 3-2) โปรแกรมจะแสดงหน้าต่างการสร้างโครงงานใหม่ (รูปที่ 3-3)



รูปที่ 3-2 แสดงการเปิดหน้าต่างการสร้างโครงงานใหม่

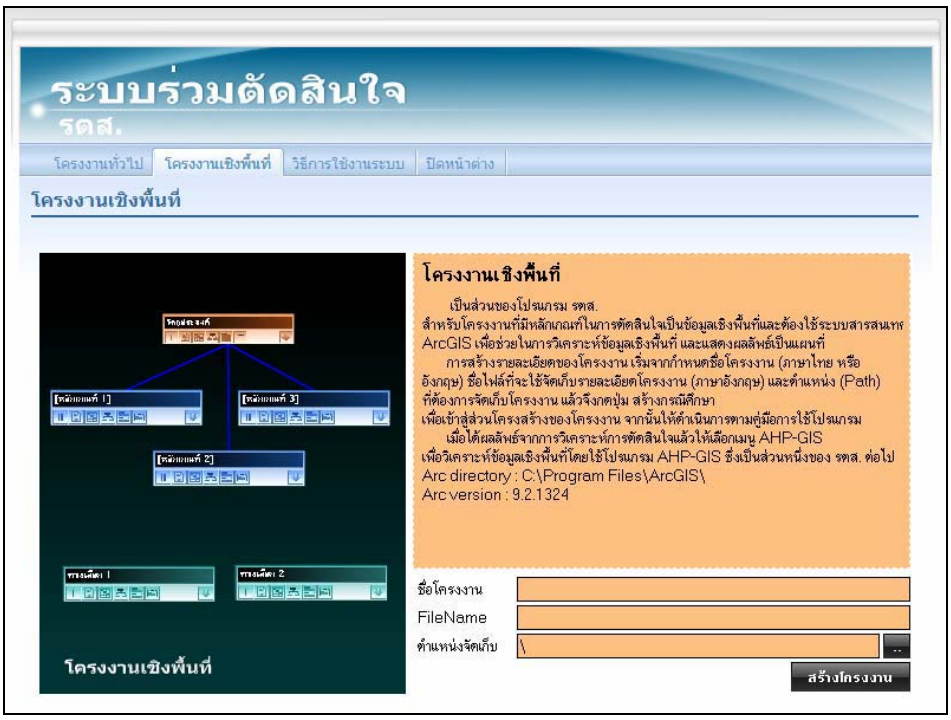
การสร้างโครงงานใหม่

ผู้ใช้อาจเลือกสร้างโครงงานใหม่เป็นแบบ *โครงงานทั่วไป* ซึ่งเป็นโครงงานที่ไม่ใช้ข้อมูลเชิงพื้นที่เป็นหลักเกณฑ์ โปรแกรมจะเปิดหน้าต่างเพื่อให้ผู้ใช้ตั้งชื่อโครงงาน (เป็นภาษาไทยหรืออังกฤษ) ชื่อไฟล์ที่จัดเก็บและตำแหน่งที่จัดเก็บเป็นภาษาอังกฤษ (รูปที่ 3-3)



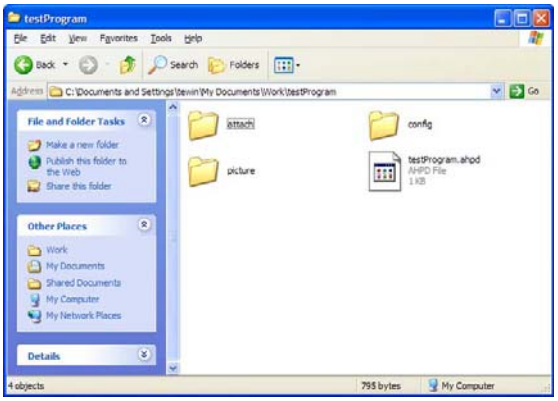
รูปที่ 3-3 แสดงขั้นตอนการสร้างโครงงานทั่วไป

หลังจากนั้นเมื่อกดปุ่ม **สร้างโครงงาน** โปรแกรมจะจัดเก็บโครงงานพร้อมเปิดหน้าต่างสำหรับออกแบบโครงสร้างการตัดสินใจของโครงงานที่สร้างขึ้นใหม่ หากผู้ใช้ต้องการใช้ *รตส.* เพื่อวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของหลักเกณฑ์ในกระบวนการตัดสินใจที่ใช้ข้อมูลเชิงพื้นที่ ผู้ใช้สามารถเลือกเมนูย่อย *โครงงานเชิงพื้นที่* เพื่อตั้งชื่อโครงงาน ชื่อไฟล์ และตำแหน่งจัดเก็บเช่นเดียวกับกรณีของโครงงานทั่วไป (รูปที่ 3-4)



รูปที่ 3-4 แสดงขั้นตอนการสร้างโครงงานเชิงพื้นที่

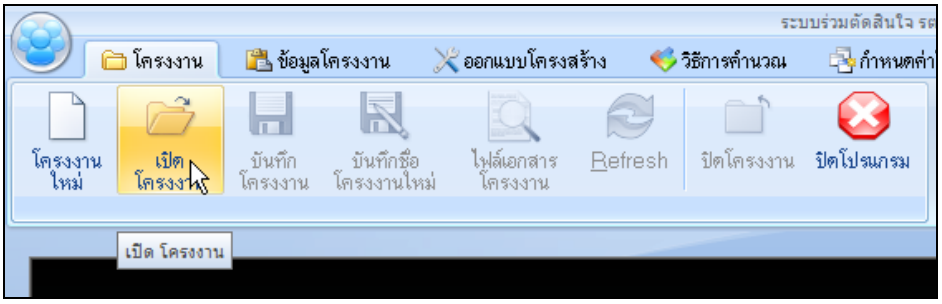
เมื่อสร้างโครงของโครงงานเสร็จแล้ว โปรแกรมจะสร้างโฟลเดอร์จำนวน 3 โฟลเดอร์ ประกอบด้วยโฟลเดอร์ attach สำหรับเก็บไฟล์เพิ่มเติมของโครงงาน โฟลเดอร์ config สำหรับเก็บค่าคุณสมบัติที่ตั้งค่าไว้ของโครงงาน โฟลเดอร์ picture สำหรับเก็บรูปภาพที่ใช้ในโครงงาน และไฟล์ที่ตั้งชื่อไว้มีนามสกุล .ahpd เพื่อบันทึกโครงสร้างของโครงงาน (รูปที่ 3-5)



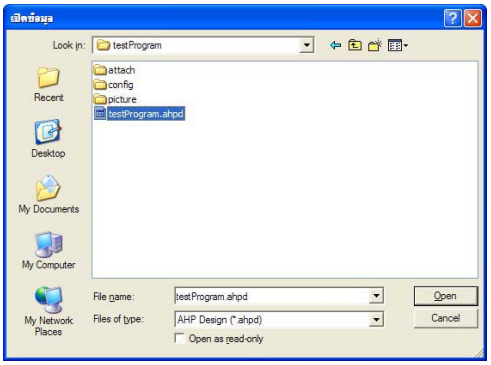
รูปที่ 3-5 แสดงโฟลเดอร์และไฟล์ที่จัดเก็บข้อมูลโครงงาน

การเปิดโครงงานเดิม

ถ้าผู้ใช้ต้องการเปิดโครงงานที่ทำการบันทึกไว้แล้ว ให้กดปุ่ม **เปิดโครงงาน** (รูปที่ 3-6) โปรแกรมจะแสดงหน้าต่างให้ผู้ใช้เลือกไฟล์ *.ahpd ที่ต้องการ (รูปที่ 3-7)



รูปที่ 3-6 แสดงการเปิดโครงงานเดิม



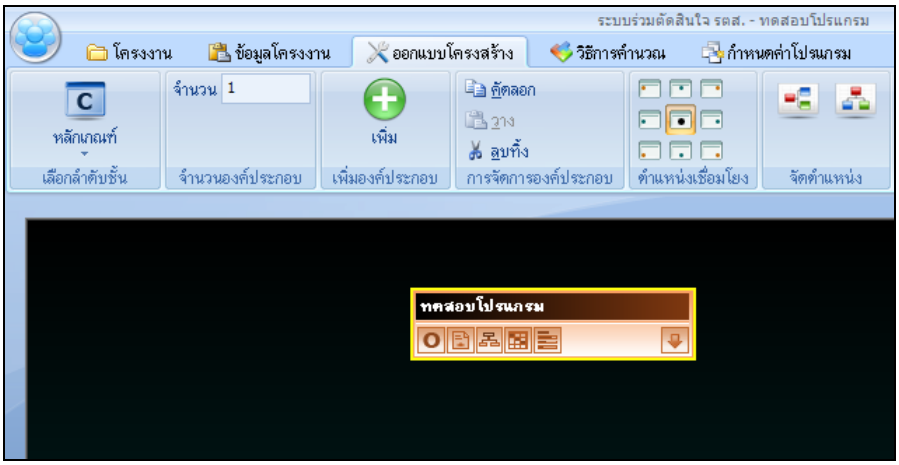
รูปที่ 3-7 แสดงหน้าต่างเลือกไฟล์โครงงานที่บันทึกไว้

เมนูข้อมูลโครงงาน

เมนูนี้มีไว้เพื่อแสดงตรวจสอบรายละเอียดของโครงงานได้แก่ ชื่อโครงงาน ตำแหน่งที่จัดเก็บ และรายละเอียดเพิ่มเติมของโครงงาน

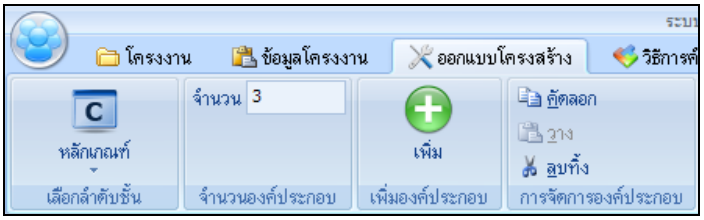
เมนูออกแบบโครงสร้าง

เมื่อผู้ใช้กดปุ่ม **สร้างโครงงาน** ในหน้าต่างสร้างโครงงานใหม่ โปรแกรมจะเปิดหน้าต่างการออกแบบโครงสร้างของกระบวนการตัดสินใจเป็นลำดับชั้น โดยโปรแกรมจะเริ่มด้วยการสร้างกล่องวัตถุประสงค์ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่มีลำดับชั้นสูงสุดก่อนโดยอัตโนมัติ (รูปที่ 3-8) ในกล่องนี้ประกอบด้วยไอคอน ที่สามารถเปิดหน้าต่างใหม่เพื่อกำหนดคุณสมบัติขององค์ประกอบ สำหรับเปิดหน้าต่างตารางเมตริกซ์ สร้างเส้นเชื่อมโยงองค์ประกอบในแต่ละลำดับชั้น สำหรับแสดงผลลัพธ์การวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญ ตลอดจน เพื่อขยาย และ เพื่อย่อกล่องวัตถุที่แสดงองค์ประกอบของกระบวนการตัดสินใจ

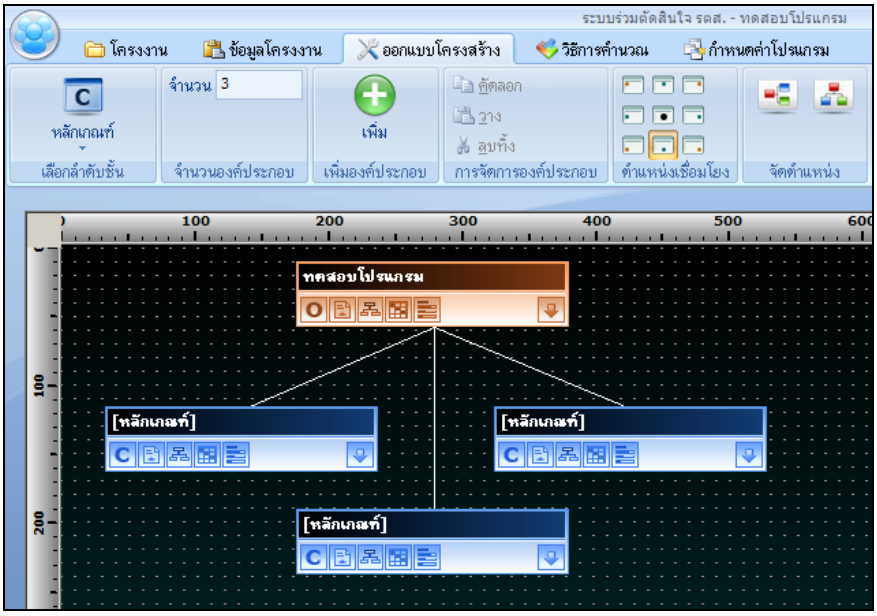


รูปที่ 3-8 หน้าต่างการออกแบบโครงสร้างการตัดสินใจ

ขั้นตอนต่อไปเป็นการสร้างองค์ประกอบเป็นลำดับชั้นเพิ่มเติมโดยการเลือกเมนู ออกแบบโครงสร้าง แล้วเลือกลำดับชั้นขององค์ประกอบที่ต้องการเพิ่มเติม จำนวนขององค์ประกอบในลำดับชั้นนั้น ตำแหน่งของเส้นเชื่อมโยงองค์ประกอบจากกล่องหนึ่งไปยังอีกกล่องหนึ่ง เมื่อกำหนดเสร็จแล้วให้กดปุ่ม สร้างองค์ประกอบ โปรแกรมจะสร้างกราฟฟิกแสดงองค์ประกอบในลำดับชั้นที่เลือกพร้อมทั้งเส้นเชื่อมโยงไปยังองค์ประกอบในลำดับชั้นที่อยู่สูงกว่าหนึ่งลำดับชั้น ตัวอย่างในรูปที่ 3-9 เป็นการเพิ่มโครงสร้างในลำดับชั้นหลักเกณฑ์ จำนวน 3 หลักเกณฑ์ ผลลัพธ์ที่ได้เป็นกราฟิกแสดงให้เห็นการเชื่อมโยงระหว่างหลักเกณฑ์ทั้งสามกับวัตถุประสงค์ซึ่งเป็นองค์ประกอบในลำดับชั้นสูงกว่าหนึ่งชั้น (รูปที่ 3-10)

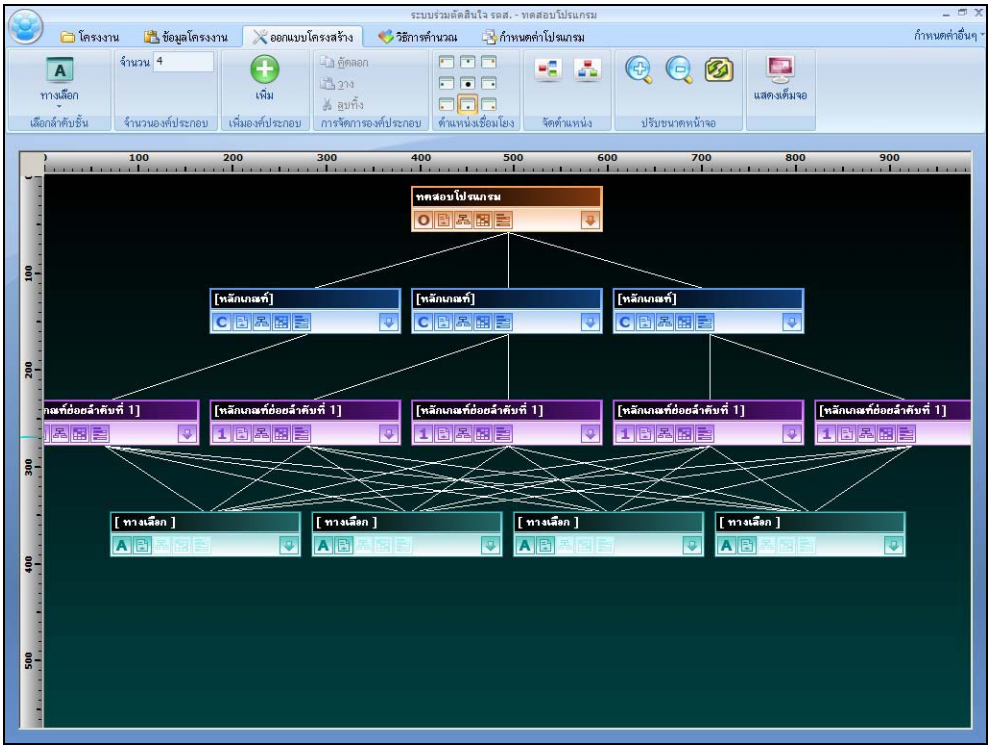


รูปที่ 3-9 เมนูแสดงการเพิ่มหลักเกณฑ์จำนวน 3 หลักเกณฑ์โดยให้เส้นเชื่อมโยงอยู่ตำแหน่งกึ่งกลาง



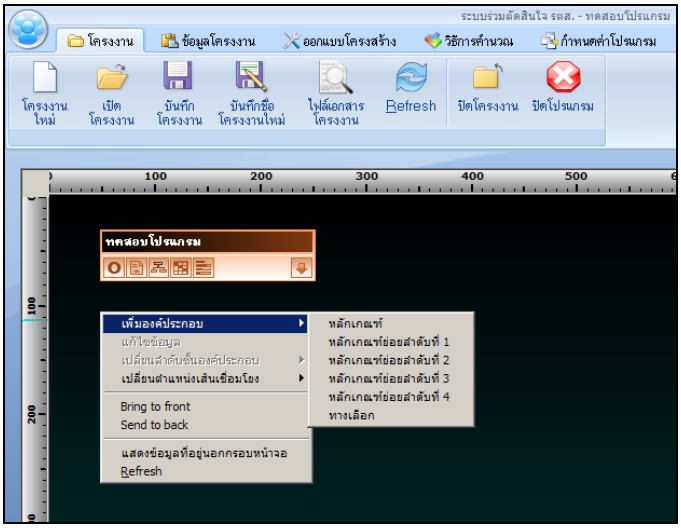
รูปที่ 3-10 ตัวอย่างผลการเพิ่มหลักเกณฑ์จำนวน 3 หลักเกณฑ์โดยใช้เมนูออกแบบโครงสร้างการตัดสินใจ

โปรแกรมอำนวยความสะดวกให้ผู้ใช้เพิ่มเติมลำดับชั้นถัดลงมาในโครงสร้างการตัดสินใจตั้งแต่หลักเกณฑ์ย่อยลำดับชั้นที่ 1 หลักเกณฑ์ย่อยลำดับชั้นที่ 2 หลักเกณฑ์ย่อยลำดับชั้นที่ 3 หลักเกณฑ์ย่อยลำดับชั้นที่ 4 จนถึงลำดับชั้นทางเลือกซึ่งเป็นลำดับชั้นต่ำสุดในโครงสร้าง จำนวนลำดับชั้นและองค์ประกอบในแต่ละลำดับชั้นขึ้นอยู่กับธรรมชาติของปัญหา ซึ่งผู้ร่วมตัดสินใจต้องช่วยกันพิจารณา องค์ประกอบที่ได้สร้างขึ้นแล้วสามารถลบทิ้งหรือคัดลอกได้โดยอาศัยไอคอนที่ปรากฏอยู่ในส่วนการออกแบบโครงสร้าง ตัวอย่างในรูปที่ 3-11 เป็นผลการสร้างโครงงานที่โครงสร้างการตัดสินใจประกอบด้วย 3 หลักเกณฑ์ 5 หลักเกณฑ์ย่อย และ 4 ทางเลือก ซึ่งหลักเกณฑ์แต่ละหลักเกณฑ์ประกอบด้วยจำนวนหลักเกณฑ์ย่อยไม่เท่ากัน



รูปที่ 3-11 ตัวอย่างโครงสร้างการตัดสินใจที่ประกอบด้วย 3 หลักเกณฑ์ 5 หลักเกณฑ์ย่อย และ 4 ทางเลือก

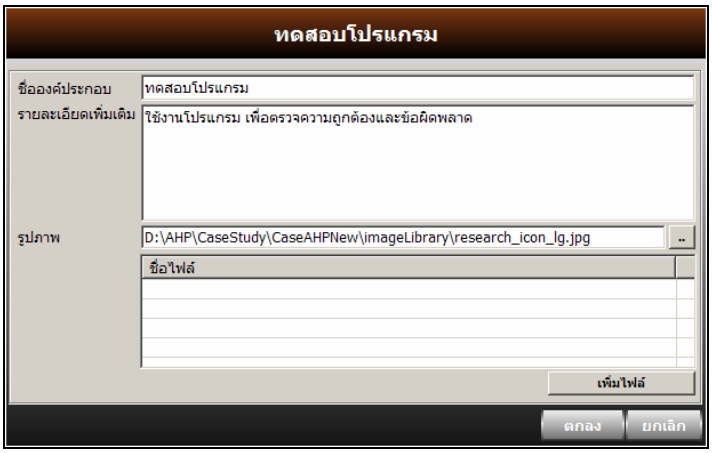
การเพิ่มเติมโครงสร้างการตัดสินใจอาจทำได้อีกทางหนึ่งโดยใช้เมาส์คลิกขวาที่ไอคอนบนกล่องกราฟฟิกที่เป็นตัวแทนขององค์ประกอบที่ต้องการ โปรแกรมจะเปิดหน้าต่างให้ผู้ใช้เลือกลำดับชั้นขององค์ประกอบที่ต้องการเพิ่มเติม (รูปที่ 3-12) แต่การเพิ่มองค์ประกอบในลักษณะนี้จะทำได้ทีละองค์ประกอบเท่านั้น



รูปที่ 3-12 การเพิ่มองค์ประกอบผ่านไอคอนขององค์ประกอบที่มีอยู่เดิม

กำหนดคุณสมบัติขององค์ประกอบ

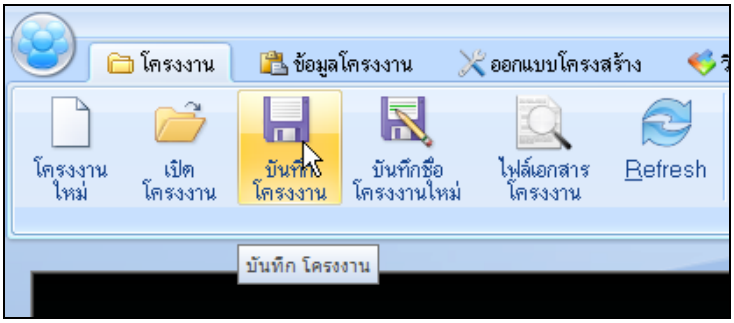
ผลลัพธ์ที่ได้จากขั้นตอนการออกแบบข้างบนเป็นเพียงโครงสร้างของโครงงาน ยังขาดรายละเอียดขององค์ประกอบในแต่ละลำดับชั้น ขั้นตอนต่อไปจึงเป็นการระบุรายละเอียดโดยผู้ใช้คลิกที่ไอคอนที่ปรากฏด้านล่างของกล่ององค์ประกอบที่ต้องการ โดยอาจเริ่มจากวัตถุประสงค์จนสิ้นสุดที่ทางเลือก เมื่อคลิกที่ไอคอนโปรแกรมจะเปิดหน้าการกำหนดคุณสมบัติขององค์ประกอบ ซึ่งผู้ใช้จะต้องระบุชื่อขององค์ประกอบ รายละเอียดเพิ่มเติม ตำแหน่งไฟล์ที่เก็บภาพที่จะแสดงในกล่ององค์ประกอบ รวมทั้งไฟล์ที่ต้องการเพิ่มเติมเพื่ออธิบายรายละเอียดขององค์ประกอบ (รูปที่ 3-13)



รูปที่ 3-13 หน้าต่างการกำหนดรายละเอียดขององค์ประกอบในโครงงาน

การบันทึกโครงงาน

เมื่อจัดทำรายละเอียดโครงงานครบทุกองค์ประกอบแล้ว ผู้ใช้อาจจัดเก็บโครงงานเพื่อนำกลับมาแก้ไขหรือเพิ่มเติมโครงสร้าง และนำไปวิเคราะห์ลำดับความสำคัญในภายหลังได้ โดยการกดปุ่ม **บันทึกโครงงาน** ดังรูปที่ 14 โปรแกรมจะบันทึกโครงงานลงในไฟล์และตำแหน่งที่จัดเก็บตามที่ได้ระบุไว้ในขั้นตอนที่ผ่านมา



รูปที่ 3-14 เมนูการบันทึกโครงงาน

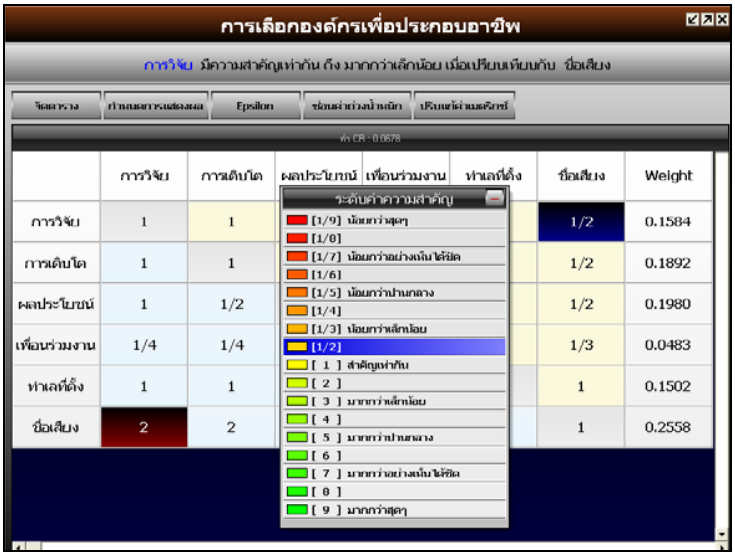
ส่วนการวิเคราะห์กระบวนการตัดสินใจ

ระบบ *รตส.* ได้จัดเตรียมวิธีการคำนวณค่าถ่วงน้ำหนักความสำคัญขององค์ประกอบไว้ 3 วิธี ได้แก่ 1) วิธีการ Eigenvector 2) วิธีการวิเคราะห์การตัดสินใจที่ใช้ข้อมูลแบบคลุมเครือ (Fuzzy AHP) และ 3) วิธีการคำนวณแบบ Simple Additive Weighting (SAW) ทำให้ผู้ใช้สามารถเลือกใช้ตามสถานการณ์และความเหมาะสมในแต่ละโจทย์ปัญหาที่ต้องการตัดสินใจ

***วิธีการ** Eigenvector*

เป็นวิธีการที่ใช้ได้ดีกับหลายสถานการณ์ (Choo and Wedler, 2004) และอาจนำไปใช้ปรับปรุงค่าอัตราส่วนความคงเส้นคงวา (Consistency Ratio, CR) หากพบว่าผลของการเปรียบเทียบให้ค่า CR สูงกว่าที่จะยอมรับได้ โปรแกรมจะระบุคู่องค์ประกอบที่ก่อให้เกิดค่า CR สูงและปรับค่าความสำคัญเชิงเปรียบเทียบของค่าข้อมูลนั้น พร้อมทั้งคำนวณค่า CR ใหม่ จนอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ (Saaty, 2003) ดังรายละเอียดของหลักการ AHP ที่ได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 2

ระบบได้รับการออกแบบให้แสดงผลการเปรียบเทียบความสำคัญในรูปของกราฟิกและตารางที่ทำงานได้รวดเร็วขึ้น และง่ายต่อการตรวจสอบผล ในขั้นตอนการสังเคราะห์ข้อมูล โปรแกรมจะเปิดหน้าต่างการสร้างเมตริกซ์เปรียบเทียบคู่องค์ประกอบ (Comparison matrix, CPM) โดยทั่วไปการเปรียบเทียบควรเริ่มจากองค์ประกอบที่อยู่ในลำดับชั้นบนก่อน เช่น เปรียบเทียบระหว่างคู่หลักเกณฑ์ เสร็จแล้วจึงทำการเปรียบเทียบระหว่างคู่หลักเกณฑ์ย่อยและคู่ทางเลือกตามลำดับจนครบทุกองค์ประกอบของโครงสร้างการตัดสินใจ ตัวอย่างในรูปที่ 3-15 เป็นการเลือกองค์กรสำหรับประกอบอาชีพซึ่งหยิบยกมาจากตัวอย่างในหนังสือของ Saaty (1980) เพื่อเป็นการทดสอบการทำงานของโปรแกรม *รตส.* ในตัวอย่างนี้มีองค์กรซึ่งเป็นทางเลือกอยู่ 3 องค์กร และมีหลักเกณฑ์ 6 หลักเกณฑ์ได้แก่ การให้ความสนใจต่องานวิจัยขององค์กร การเติบโตขององค์กร ผลประโยชน์ที่องค์กรให้แก่บุคลากร เพื่อนร่วมงาน ทำเลที่ตั้ง และชื่อเสียงขององค์กร เมื่อต้องการเปรียบเทียบหลักเกณฑ์โปรแกรม *รตส.*จะเปิดหน้าต่าง CPM ให้ผู้ร่วมตัดสินใจเปรียบเทียบหลักเกณฑ์ทีละคู่จนครบทุกคู่หลักเกณฑ์ โดยมีเครื่องมือที่ช่วยให้ผู้ใช้เลือกระดับความสำคัญในการเปรียบเทียบ (รูปที่ 3-15) ตามรายละเอียดที่กล่าวมาแล้ว

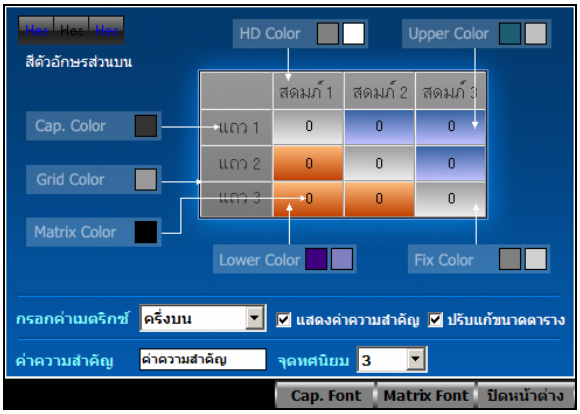


รูปที่ 3-15 หน้าต่างแสดงการเปรียบเทียบคู่หลักเกณฑ์

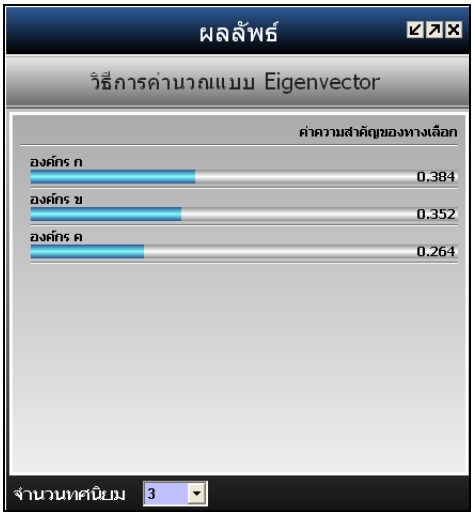
หน้าต่างเมตริกซ์เปรียบเทียบยังมีเครื่องมือกำหนดชนิด ขนาด และสีของตัวอักษรและพื้นหลังตามผู้ใช้ต้องการ (รูปที่ 3-16) จึงอำนวยความสะดวกในการระดมความเห็นเพื่อเปรียบเทียบความสำคัญขององค์ประกอบในระดับต่างๆได้ดี

หลังจากดำเนินการเปรียบเทียบหลักเกณฑ์เรียบร้อยแล้ว โปรแกรมจะคำนวณเวกเตอร์ค่าความสำคัญ ของแต่ละหลักเกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจ แล้วแสดงผลลัพธ์ในคอลัมน์สุดท้ายต่อจาก

ตารางเปรียบเทียบ (รูปที่ 3-15) พร้อมทั้งแสดงผลการคำนวณค่าความคงเส้นคงวา (CR) บนแถบด้านล่างของหน้าต่างแสดงผล ในตัวอย่างนี้ ค่า CR เท่ากับ 0.0678 แสดงว่าผลการเปรียบเทียบให้ค่าความสำคัญของหลักเกณฑ์ที่มีความคงเส้นคงวาสูงในระดับที่ยอมรับได้ (ค่า CR <0.1) ดังนั้นผู้ใช้อาจดำเนินการเปรียบเทียบทางเลือกโดยพิจารณาทีละหลักเกณฑ์จนครบทุกหลักเกณฑ์ ก่อนจะประเมินความสำคัญโดยรวมของแต่ละทางเลือกต่อไป ผลลัพธ์จากการคำนวณค่าน้ำหนักความสำคัญโดยวิธีการนี้แสดงเป็นทั้งตัวเลขและกราฟแท่งในแนวนอน (รูปที่ 3-17)



รูปที่ 3-16 เครื่องมือกำหนดชนิด ขนาด และสีของตัวอักษรและพื้นหลัง



รูปที่ 3-17 ผลของการเปรียบเทียบทางเลือก

ในการคำนวณหาเวกเตอร์ค่าความสำคัญ หากพบว่าความไม่คงเส้นคงวาในการเปรียบเทียบหลักเกณฑ์สูงกว่าที่ยอมรับได้ดังตัวอย่างในรูปที่ 3-18 (CR = 0.155) โปรแกรมจะค้นหาค่าความสำคัญเปรียบเทียบในตารางเมตริกซ์ที่มีความไม่คงเส้นคงวาสูงสุดตามวิธีการที่เสนอโดย Saaty (2003) เพื่อเปลี่ยนค่าสัดส่วนความสำคัญของหลักเกณฑ์คู่นั้นใหม่ให้อัตโนมัติ

ก่อนที่จะคำนวณค่าเวกเตอร์ความสำคัญและค่า CR ใหม่ซึ่งจะมีค่าน้อยกว่า 0.1 แสดงว่าเมตริกซ์เปรียบเทียบมีความคงเส้นคงวาดีในระดับที่ยอมรับได้ ในตัวอย่างนี้ พบว่าค่า CR ที่ได้เท่ากับ 0.067 (รูปที่ 3-19) ดังนั้น จึงสามารถใช้ค่าความสำคัญของหลักเกณฑ์ในการคำนวณ ค่าความสำคัญโดยรวมของทางเลือกได้

รูปที่ 3-18 หน้าต่างแสดงการปรับแก้ความคงเส้นคงวา

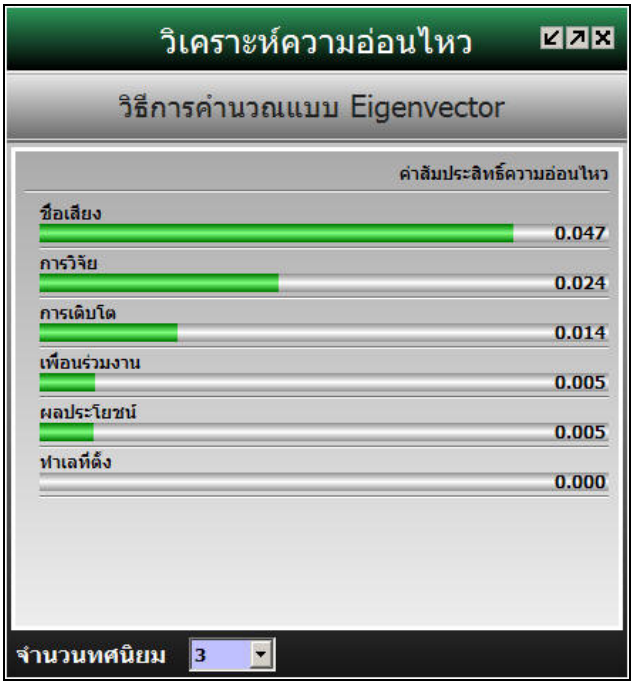
	การวิจัย	การเติบโต	ผลประโยชน	เพื่อนร่วมงา	ทำเลที่ตั้ง	ชื่อเสียง	Weight
การวิจัย	1	1	1	4	1	1/2	0.1584
การเติบโต	1	1	2	4	1	1/2	0.1892
ผลประโยช	1	1/2	1	5	3	1/2	0.1980
เพื่อนร่วมงา	1/4	1/4	1/5	1	1/3	1/3	0.0483
ทำเลที่ตั้ง	1	1	1/3	3	1	1	0.1502
ชื่อเสียง	2	2	2	3	1	1	0.2558

รูปที่ 3-19 ผลการเปรียบเทียบหลักเกณฑ์หลังการปรับแก้ความคงเส้นคงวา

<u>การวิเคราะห์ความอ่อนไหว</u>

ผู้ตัดสินใจอาจคัดทางเลือกได้เหมาะสมขึ้นหากทราบความอ่อนไหวของแต่ละหลักเกณฑ์ การวิเคราะห์ความอ่อนไหวจึงมีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบว่า ลำดับของทางเลือกตอบสนองอย่างไรต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความสำคัญของแต่ละหลักเกณฑ์ ดังนั้น *รตส.* จึงมีส่วนการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของหลักเกณฑ์โดยใช้วิธีการของ Triantaphyllou and Sanchez (1997) ตามหลักการที่อธิบาย

ในการแสดงผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ความอ่อนไหว โปรแกรม *รตส.* แสดงค่าสัมประสิทธิ์ความอ่อนไหว (Sensitivity coefficient) เป็นตัวเลขและแผนภูมินอน (รูปที่ 3-20) ถ้าสัมประสิทธิ์ความอ่อนไหวของหลักเกณฑ์ใดมีค่าสูง หลักเกณฑ์นั้นจะมีเสถียรภาพต่ำ ผู้ตัดสินใจต้องมีความระมัดระวังในการเปรียบเทียบทางเลือกกับหลักเกณฑ์ดังกล่าวเป็นพิเศษ เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงค่าน้ำหนักที่คำนวณได้จากการเปรียบเทียบโดยวิธีการ AHP จะมีผลทำให้การเรียงลำดับความสำคัญของทางเลือกสลับกันได้ง่าย ในกรณีตัวอย่างการเลือกองค์กรเพื่อประกอบอาชีพ พบว่า”ชื่อเสียงองค์กร” เป็นหลักเกณฑ์ที่อ่อนไหวที่สุด (ค่าสัมประสิทธิ์ความอ่อนไหวเท่ากับ 0.047) ในขณะที่ทำเลที่ตั้งเป็นหลักเกณฑ์ที่มีความอ่อนไหวน้อยสุด (รูปที่ 3-20)



รูปที่ 3-20 หน้าต่างแสดงผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ความอ่อนไหว

การวิเคราะห์การตัดสินใจด้วยวิธีการ Fuzzy AHP

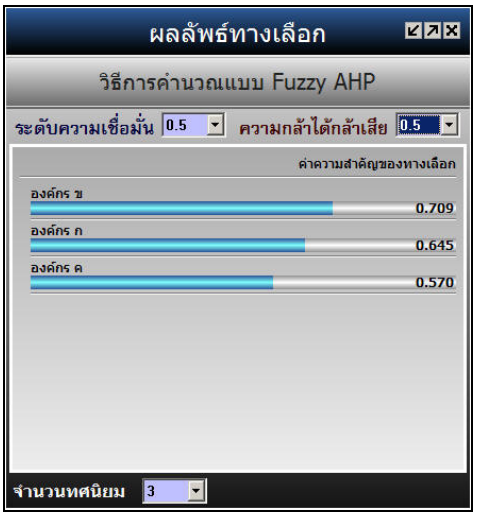
การวิเคราะห์อีกแบบหนึ่งในโปรแกรม *รตส.* คือวิธีการวิเคราะห์การตัดสินใจที่ใช้ข้อมูลแบบคลุมเครือ (Fuzzy AHP) (Jeganathan, 2003) ซึ่งปรับปรุงจากวิธีการ Fuzzy Pairwise Comparison ที่เสนอโดย Deng (1999) เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลที่มีลักษณะกำกวม (fuzzy) วิธีการนี้ใช้ Triangular Fuzzy Number (TFN) ในการแสดงข้อมูลอันเป็นผลจากการเปรียบเทียบหลักเกณฑ์และทางเลือกของผู้ร่วมตัดสินใจ หลังจากนั้นจึงใช้วิธีการคำนวณค่าถ่วงน้ำหนักโดยหลักคณิตศาสตร์สำหรับตัวเลขกำกวม (Fuzzy arithmetic) ในการคำนวณค่าน้ำหนักความสำคัญเบ็ดเสร็จ (Final performance index) ของทางเลือก ก่อนเรียงลำดับความสำคัญเพื่อตัดสินใจ รายละเอียดของวิธีการนี้ได้นำเสนอแล้วในบทที่ 2

ผู้ใช้อาจเลือกวิธีการตัดสินใจแบบ Fuzzy AHP ได้จากเมนูวิธีการคำนวณ จากนั้นจึงนำเข้าข้อมูลใน PCM โปรแกรมจะปรับค่าเป็นข้อมูลแบบกำกวมโดยใส่ค่าพิกัดล่าง (Lower fuzzy, l) และพิกัดบน (Upper fuzzy, u) ของค่าเปรียบเทียบให้อัตโนมัติโดยอาศัยหลักการที่กล่าวมาแล้ว พร้อมทั้งรายงานค่าความคงเส้นคงวา (Consistency ratio) ของการเปรียบเทียบ ผู้ใช้สามารถดูค่าพิกัดล่าง พิกัดบน ได้โดยกดปุ่มแสดงช่วงค่า (รูปที่ 3-21) เมื่อผู้ใช้พอใจที่จะใช้ PCM นี้เพื่อวิเคราะห์ต่อไป ให้กด

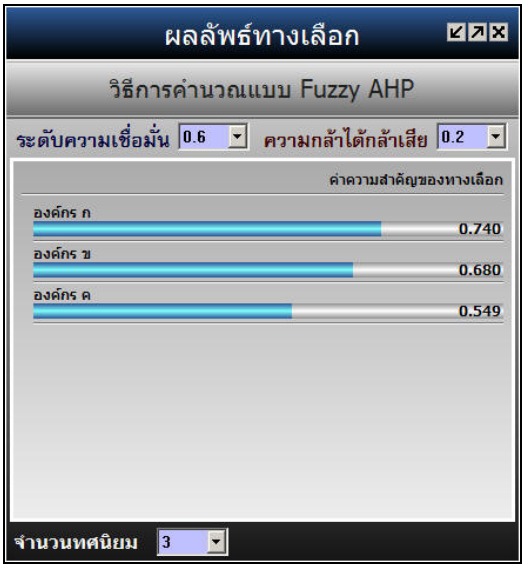
	การวิจัย	การเติบโต	ผลประโยชน์	เพื่อนร่วมงาน	ทำเลที่ตั้ง	ชื่อเสียง
การวิจัย	1 , 1 , 1	1 , 1 , 3	1 , 1 , 3	2 , 4 , 6	1 , 1 , 3	1/4 , 1/2 , 1
การเติบโต	1/3 , 1 , 1	1 , 1 , 1	1 , 2 , 4	2 , 4 , 6	1 , 1 , 3	1/4 , 1/2 , 1
ผลประโยชน์	1/3 , 1 , 1	1/4 , 1/2 , 1	1 , 1 , 1	3 , 5 , 7	1 , 3 , 5	1/4 , 1/2 , 1
เพื่อนร่วมงาน	1/6 , 1/4 , 1	1/6 , 1/4 , 1	1/7 , 1/5 , 1	1 , 1 , 1	1/5 , 1/3 , 1	1/5 , 1/3 , 1
ทำเลที่ตั้ง	1/3 , 1 , 1	1/3 , 1 , 1	1/5 , 1/3 , 1	1 , 3 , 5	1 , 1 , 1	1 , 1 , 3
ชื่อเสียง	1 , 2 , 4	1 , 2 , 4	1 , 2 , 4	1 , 3 , 5	1/3 , 1 , 1	1 , 1 , 1

รูปที่ 3-21 แสดงค่า พิกัดล่าง ค่ากลาง พิกัดบนของข้อมูลแบบกำกวม

ปุ่มแสดงผลลัพธ์ โปรแกรมจะแสดงผลลัพธ์ของทางเลือก (รูปที่ 3-22) มีค่าตั้งต้นของค่าดรรชนีความมั่นใจในการกำหนดค่าเปรียบเทียบใน PCM (Confidence index, α) เท่ากับ 0.5 และระดับความพอใจที่จะเสี่ยง (Optimism index, λ) เท่ากับ 0.5 ในสถานการณ์ที่กำลังตัดสินใจ อย่างไรก็ตาม ผู้ใช้สามารถเปลี่ยนค่าดรรชนีความมั่นใจในการกำหนดค่าเปรียบเทียบกับระดับความพอใจที่จะเสี่ยงได้ (รูปที่ 3-23)

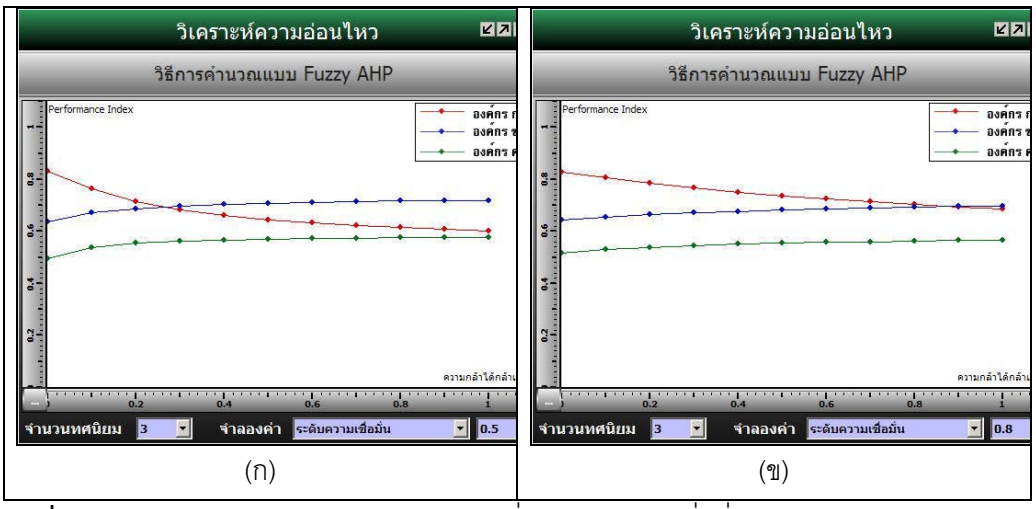


รูปที่ 3-22 ผลลัพธ์ของทางเลือก โดยใช้วิธีการ Fuzzy AHP ที่ระดับความเชื่อมั่น α = 0.5 และระดับความพอใจที่จะเสี่ยง λ = 0.5



รูปที่ 3-23 ผลลัพธ์ของทางเลือก โดยใช้วิธีการ Fuzzy AHP ที่ระดับความเชื่อมั่น α = 0.6 และระดับความพอใจที่จะเสี่ยง λ = 0.2

ผู้ใช้อาจวิเคราะห์ความอ่อนไหวของการวิเคราะห์การตัดสินใจโดยวิธีการ Fuzzy AHP ได้ผลการวิเคราะห์แสดงในรูปของกราฟ โดยมีแกนตั้งเป็นค่า Performance Index และแกนนอนเป็นค่าระดับความเชื่อมั่น (α) หรือความกล้าได้กล้าเสีย (λ) ขึ้นอยู่กับการกำหนดค่าของผู้ใช้ในการวิเคราะห์ความอ่อนไหว รูปที่ 3-24 เป็นหน้าต่างการวิเคราะห์ความอ่อนไหวที่แสดงให้เห็นการเปลี่ยนแปลงค่าความสำคัญของแต่ละทางเลือกซึ่งแสดงในรูปของค่า Performance index (แกนตั้ง) เมื่อความกล้าได้กล้าเสียผันแปรระหว่าง 0 ถึง 1.0 โดยที่ผู้ตัดสินใจกำหนดระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.5 (รูปที่ 3-24ก) เมื่อเทียบกับ 0.8 (รูปที่ 3-24ข) จะเห็นได้ว่าถ้าผู้ตัดสินใจมีความเชื่อมั่นในค่าที่ให้ในตารางเมตริกซ์เปรียบเทียบ (PCM) เพียงร้อยละ 50 องค์กร ก. จะมีลำดับความสำคัญสูงกว่าองค์กร ข. และ ค. ต่อเมื่อผู้ตัดสินใจมีทัศนคติไม่ชอบเสี่ยง (ค่า λ < 0.25) อย่างไรก็ตามหากผู้ตัดสินใจมีความมั่นใจร้อยละ 80 ว่าข้อมูลที่ใส่ในตาราง PCM มีความถูกต้อง องค์กร ก. จะมีลำดับความสำคัญสูงกว่าอีก 2 องค์กร ในช่วงที่ผู้ตัดสินใจมีทัศนคติต่อความเสี่ยงระหว่าง 0 - 0.9

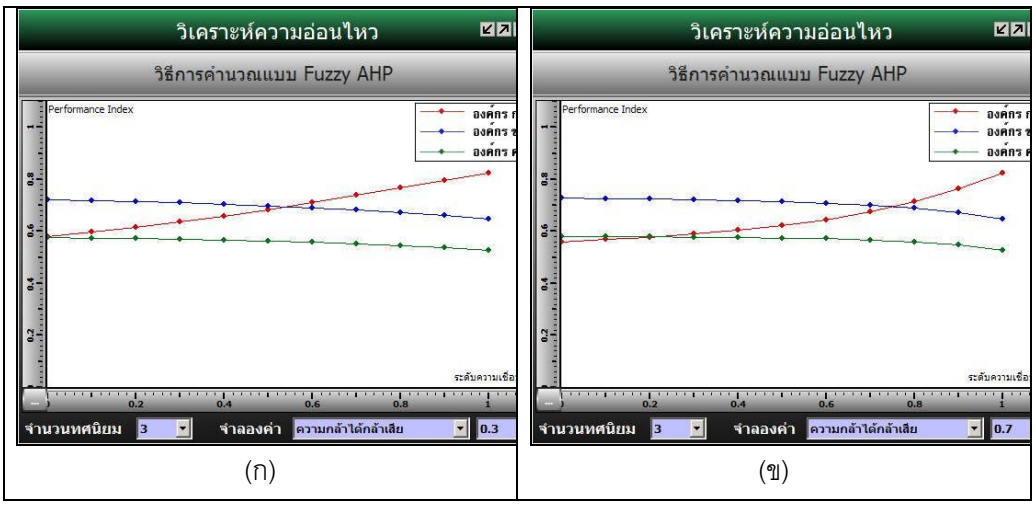


(ก) (ข)

รูปที่ 3-24 หน้าต่างการวิเคราะห์ความอ่อนไหวเมื่อกำหนดความเชื่อมั่นในการกำหนดค่าในตารางเปรียบเทียบ เมื่อ α เท่ากับ 0.5 (ก) และ α เท่ากับ 0.8 (ข)

หากทำการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของทางเลือกต่อระดับความมั่นใจในการสร้าง PCM ที่ระดับทัศนคติความเสี่ยงของผู้ตัดสินใจที่แตกต่างกัน ในกรณีตัวอย่างนี้พบว่า หากผู้ตัดสินใจไม่ชอบเสี่ยง (λ = 0.3) องค์กร ก. จะมีลำดับความสำคัญมากกว่า ข. และ ค. ต่อเมื่อความมั่นใจของผู้ตัดสินใจในการกำหนดค่าใน PCM อยู่ในระดับ α มีค่าอย่างน้อย 0.55 (รูปที่ 3-25ก) อย่างไรก็ตาม หากผู้ตัดสินใจยอมรับความเสี่ยงมากขึ้น (λ = 0.7) ระดับความมั่นใจในการสร้าง PCM จะต้องสูงขึ้นเป็นอย่างน้อยอยู่ในระดับ λ > 0.75 จึงจะทำให้ความสำคัญขององค์กร ก. สูงกว่าอีก 2 องค์กร (รูปที่ 3-25ข)

ดังนั้นการนำเอาระดับความมั่นใจในการสร้างเมตริกซ์เปรียบเทียบและทัศนคติต่อความเสี่ยงของผู้ตัดสินใจมาพิจารณา จึงทำให้การวิเคราะห์มีความยืดหยุ่นไปตามประสบการณ์และลักษณะของผู้เข้าร่วมในกระบวนการวิเคราะห์การตัดสินใจ



(ก) (ข)

รูปที่ 3-25 หน้าต่างการวิเคราะห์ความอ่อนไหวเมื่อกำหนดความกล้าได้กล้าเสีย (λ) ของการเปรียบเทียบเท่ากับ 0.3 (ก) และเท่ากับ 0.7 (ข)

วิธีการรวมแบบถ่วงน้ำหนัก

วิธีการสุดท้ายที่ได้บรรจุไว้ในระบบคือวิธีการคำนวณแบบ Simple Additive Weighting (SAW) ซึ่งเป็นวิธีการที่ใช้ในโครงงานทั่วไปที่หลักเกณฑ์สามารถแสดงเป็นเชิงปริมาณซึ่งสามารถคำนวณค่าคะแนนความสำคัญโดยรวมตามสมการที่ (3-1)

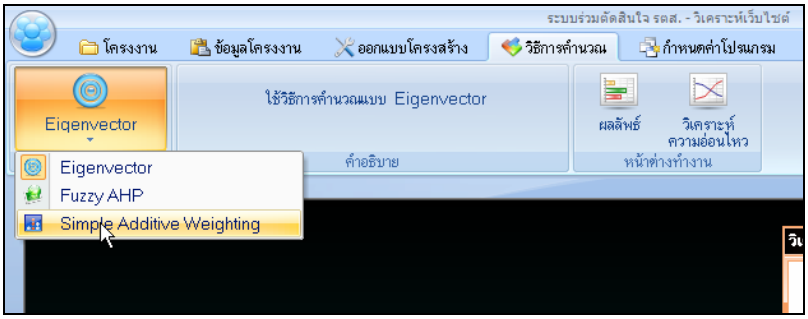
$$S = w_i * x_i \qquad (3\text{-}1)$$

เมื่อ s = ค่าคะแนนความสำคัญโดยรวม

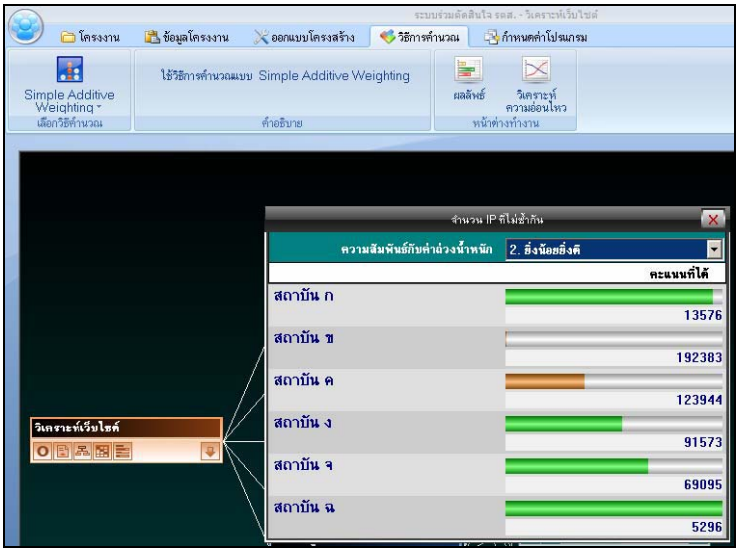
w_i = ค่าความสำคัญของแต่ละหลักเกณฑ์

x_i = ค่าเชิงปริมาณของแต่ละหลักเกณฑ์

ผู้ใช้อาจเลือกวิธีการวิเคราะห์แบบ SAW โดยใช้เมนูเลือกวิธีการคำนวณแล้วเลือก วิธีการ “Simple Additive Weighting” (รูปที่ 3-26) ในวิธีการนี้ผู้ใช้จะต้องทำการปรับมาตรฐานค่าคะแนนของทางเลือกเมื่อพิจารณาแต่ละหลักเกณฑ์หรือหลักเกณฑ์ย่อย ดังนั้นผู้ใช้จะต้องระบุประเภทความสัมพันธ์ของข้อมูลระหว่างค่าคะแนนกับค่าความสำคัญของทางเลือกเมื่อพิจารณาแต่ละหลักเกณฑ์ ว่าความสัมพันธ์เป็นแบบ “ยิ่งมากยิ่งดี” หรือ “ยิ่งน้อยยิ่งดี” (รูปที่ 3-27) ทั้งนี้เพื่อให้การคำนวณโดยใช้สมการ (3-1) ได้อย่างถูกต้อง



รูปที่ 3-26 เมนูเลือกวิธีการ Simple Additive Weighting เพื่อวิเคราะห์โครงงานทั่วไปที่ใช้ข้อมูลเชิงปริมาณ



รูปที่ 3-27 หน้าต่างแสดงการเลือกประเภทความสัมพันธ์ระหว่างค่าคะแนนของทางเลือกกับค่าความสำคัญสำหรับหลักเกณฑ์หนึ่งๆ

รายละเอียดของการสร้างโครงงาน กระบวนการเปรียบเทียบ และผลลัพธ์จากการประยุกต์ใช้งานโปรแกรม *รดส.* ในทางการเกษตร จะอธิบายโดยละเอียดเป็นกรณีศึกษาในบทที่ 5

บทที่ 4

การพัฒนาโปรแกรมวิเคราะห์การตัดสินใจเชิงพื้นที่

การตัดสินใจเลือกพื้นที่เพื่อใช้ในการวางแผนเชิงยุทธศาสตร์เป็นงานที่มีความสลับซับซ้อน และต้องการผู้มีส่วนร่วมในการตัดสินใจตามวัตถุประสงค์ที่เฉพาะเจาะจง โครงสร้างของการตัดสินใจประกอบด้วยหลายหลักเกณฑ์และทางเลือก ซึ่งมีทั้งหลักเกณฑ์ที่สอดคล้องสนับสนุนกันและที่ขัดแย้งกัน นอกจากนี้ ข้อมูลเชิงพื้นที่ยังมีส่วนเพิ่มความยุ่งยากให้กับการตัดสินใจ อันเนื่องมาจากความหลากหลาย ทั้งในด้านที่มาของข้อมูล ชนิด หน่วยวัด ความไม่แน่นอนดังกล่าวจะถูกนำมาวิเคราะห์ร่วมกับค่าความสำคัญ (ถ่วงน้ำหนัก) ของแต่ละหลักเกณฑ์ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ซึ่งแสดงลำดับความสำคัญของทางเลือกที่อาจนำไปใช้แก้ไขสถานการณ์ที่เป็นปัญหา ดังนั้นกระบวนการวิเคราะห์การตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์ (Multicriteria Decision Analysis, MCDA) จึงอำนวยประโยชน์ให้แก่ผู้กำหนดนโยบาย นักวางแผน และผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในสถานการณ์นั้น

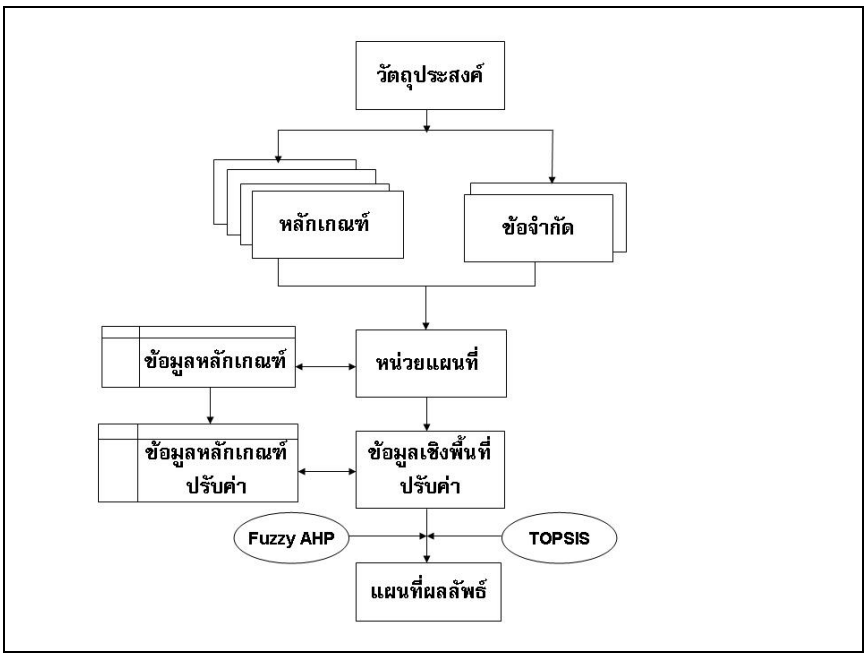
ในปัจจุบัน มีผู้นำวิธีการ MCDA มาใช้ร่วมกับระบบภูมิสารสนเทศอย่างกว้างขวาง (Boroushaki and Malczewski, 2008; Liu et al., 2007; Malczewski, 2006) รวมทั้งประยุกต์ใช้ในการเกษตร (Baja et al., 2002; Braimoh et al., 2004; Zhang et al., 2004)

ระบบภูมิสารสนเทศ (Geographic Information System, GIS) บางระบบได้รวมเอา MCDA เข้าเป็นส่วนหนึ่งของการวิเคราะห์ เช่น IDRISI (Eastman, 1993) และมีการพัฒนา MCDA ให้สามารถวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ร่วมกับโปรแกรม ArcInfo (Hill et al., 2005) โดยพัฒนาในลักษณะของชุดคำสั่ง Arc Macro Language (AML) ซึ่งไม่สะดวกในการใช้งานทั้งในแง่ความสอดคล้องกับระบบภูมิสารสนเทศที่ใช้งานกันอย่างแพร่หลายในประเทศไทย และในแง่การโต้ตอบกับผู้ใช้โดยใช้ภาษาไทย

ดังนั้นการบูรณาการวิธีการวิเคราะห์กระบวนการตัดสินใจแบบ MCDA เข้ากับระบบภูมิสารสนเทศที่มีระบบเชื่อมโยงกับผู้ใช้เป็นภาษาไทยจึงเป็นสิ่งจำเป็นในการใช้ระบบสนับสนุนการตัดสินใจในการวางแผนยุทธศาสตร์เพื่อจัดการทรัพยากรทางการเกษตร และเป็นการกระตุ้นให้มีการประยุกต์ใช้ GIS เพื่อการวิเคราะห์เชิงพื้นที่มากขึ้น เนื่องจากในปัจจุบันการใช้งาน GIS ส่วนใหญ่เป็นการใช้แสดงแผนที่และสืบค้นข้อมูลเชิงพื้นที่ ในขณะที่ GIS มีขีดความสามารถในการสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อวางแผนและจัดการทรัพยากรเกษตร ที่ต้องการข้อมูลนำเข้าและผลลัพธ์เป็นข้อมูลเชิงพื้นที่ เพื่อให้สามารถเห็นความสัมพันธ์ของข้อมูลประเภทต่างๆ ได้ดี ทำให้เกิดระบบที่สนับสนุนการทำงานเชิงบูรณาการอย่างแท้จริง

กรอบแนวคิด

ขั้นตอนการวิเคราะห์การตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์เชิงพื้นที่ ประกอบด้วย 1) การกำหนดวัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์ 2) การกำหนดหลักเกณฑ์และข้อจำกัด 3) การสร้างหน่วยแผนที่เพื่อการวิเคราะห์จากชั้นข้อมูลเชิงพื้นที่ที่เป็นหลักเกณฑ์และข้อจำกัด 4) การปรับมาตรฐานค่าข้อมูลที่เป็นหลักเกณฑ์ของแต่ละหน่วยแผนที่ 5) การกำหนดวิธีการวิเคราะห์การตัดสินใจ และ 6) การแสดงผลของการวิเคราะห์เป็นแผนที่ (รูปที่ 4-1)



รูปที่ 4-1 ขั้นตอนการวิเคราะห์การตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์เชิงพื้นที่

ระบบ *MCDA-GIS* ได้รับการออกแบบและพัฒนาขึ้นเพื่อทำงานร่วมกับระบบร่วมตัดสินใจ (*รตส.*) และโปรแกรม ArcView9.x โดยเพิ่มขีดความสามารถในการวิเคราะห์การตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์ให้สามารถทำงานกับข้อมูลเชิงพื้นที่ได้ การพัฒนาระบบดังกล่าวมีแนวคิดที่จะแยกระบบการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ออกจากระบบ *รตส.* เพื่อตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้ที่มีหลายกลุ่ม ระบบ *รตส.* มุ่งเน้นกลุ่มผู้ตัดสินใจที่ไม่ต้องการการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ ในขณะที่ระบบ *MCDA-GIS* สามารถตอบสนองต่อกลุ่มการตัดสินใจที่ใช้และวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ได้ในระดับหนึ่ง แต่ยังขาดเครื่องมือที่อำนวยประโยชน์ต่อกระบวนการวิเคราะห์การตัดสินใจที่มีความซับซ้อนและมีขั้นตอนที่ต้องดำเนินการซ้ำหลายครั้งจนกว่าจะได้ผลลัพธ์ จึงมีความจำเป็นต้องพัฒนาระบบวิเคราะห์แบบหลายหลักเกณฑ์เชิงพื้นที่ขึ้นเพื่อตอบสนองความต้องการดังกล่าว

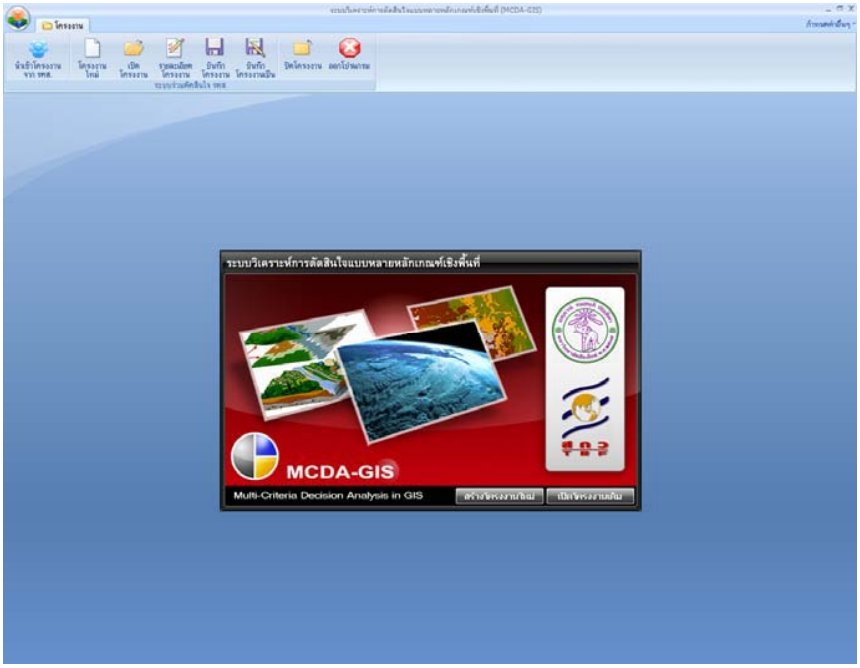
ระบบนี้ได้รับการพัฒนาขึ้นโดยใช้ภาษา Visual Basic และ COM component ของระบบ ArcGIS มีส่วนติดต่อกับผู้ใช้เป็นภาษาไทย สามารถวิเคราะห์ข้อมูลได้ทั้งประเภทเวกเตอร์และ

ราสเตอร์ ถ้าเป็นข้อมูลประเภทเวกเตอร์ ระบบรองรับข้อมูลรูปเหลี่ยมปิด (polygon) ได้ทั้งรูปแบบ Feature Dataset จากฐานข้อมูล Geodatabase หรือข้อมูลประเภท Shape file นอกจากนี้ ระบบรองรับข้อมูลประเภทกริดได้ ผลลัพธ์จากการวิเคราะห์จะถูกจัดเก็บไว้ได้ทั้งสองรูปแบบ หากเป็นข้อมูลเวกเตอร์ระบบจะทำการจัดเก็บข้อมูลในรูปแบบของ Shape file สำหรับข้อมูลประเภทราสเตอร์จะถูกจัดเก็บในรูปแบบกริดของ ArcInfo

โปรแกรมได้รับการออกแบบให้มีส่วนติดต่อกับผู้ใช้โดยทอนการวิเคราะห์ข้อมูลที่มีขั้นตอนสลับซับซ้อนให้เป็นขั้นตอนที่ง่ายต่อการใช้งาน การจัดลำดับความสำคัญของหลักเกณฑ์ทำได้โดยระบบ *รตส.* ซึ่งจะทำหน้าที่ในการวิเคราะห์หลักเกณฑ์ก่อนที่จะนำมาใช้งานในระบบภูมิสารสนเทศ และส่งผ่านหลักเกณฑ์และค่าถ่วงน้ำหนักมายังระบบวิเคราะห์เชิงพื้นที่ด้วยไฟล์ประเภท Extensible Markup Language (xml) เพื่อนำมาใช้ในการวิเคราะห์ร่วมกับข้อมูลเชิงพื้นที่ กระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ประกอบด้วย การนำเข้าข้อมูลให้สอดคล้องกับหลักเกณฑ์การตัดสินใจ (Criteria) การกำหนดพื้นที่ที่เป็นข้อจำกัด (Constraints) การปรับมาตรฐานข้อมูล (Standardization) โดยมีฟังก์ชั่นให้เลือกตามความเหมาะสมกับหลักเกณฑ์การตัดสินใจ การวิเคราะห์การตัดสินใจเชิงพื้นที่อาศัยขีดความสามารถของระบบภูมิสารสนเทศ เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลชนิดเวกเตอร์และราสเตอร์ ผู้ใช้อาจเลือกวิธีการ Simple Additive Weighting, SAW (Malczewski, 1999) และ Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution, TOPSIS (Hwang and Yoon, 1981) ในการวิเคราะห์การตัดสินใจ ทั้งสองวิธีการเป็นวิธีการมาตรฐานที่นิยมใช้วิเคราะห์การตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์ นอกจากนี้ ระบบยังสามารถแสดงผลลัพธ์เป็นแผนที่เพื่อนำไปใช้ในการบูรณาการร่วมกับข้อมูลอื่นได้

การทำงานของระบบ

โปรแกรม *MCDA-GIS* (รูปที่ 4-2) ได้รับการออกแบบให้มีขีดความสามารถทำงานในทุกขั้นตอนข้างบนในแต่ละโครงงานที่สร้างขึ้น ทั้งนี้มีการดำเนินการผ่านเมนูหลักและเมนูย่อย เพื่อให้สะดวกในการใช้งาน เมนูหลักประกอบด้วย 4 ส่วนได้แก่ *โครงงาน ข้อมูลโครงงาน กำหนดชั้นข้อมูล* และ *วิเคราะห์การตัดสินใจ* (รูปที่ 4-3)

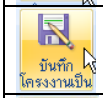
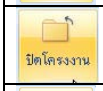


รูปที่ 4-2 หน้าแรกของระบบ *MCDA-GIS*

รูปที่ 4-3 เมนูหลัก

การกำหนดวัตถุประสงค์และโครงสร้างการตัดสินใจ

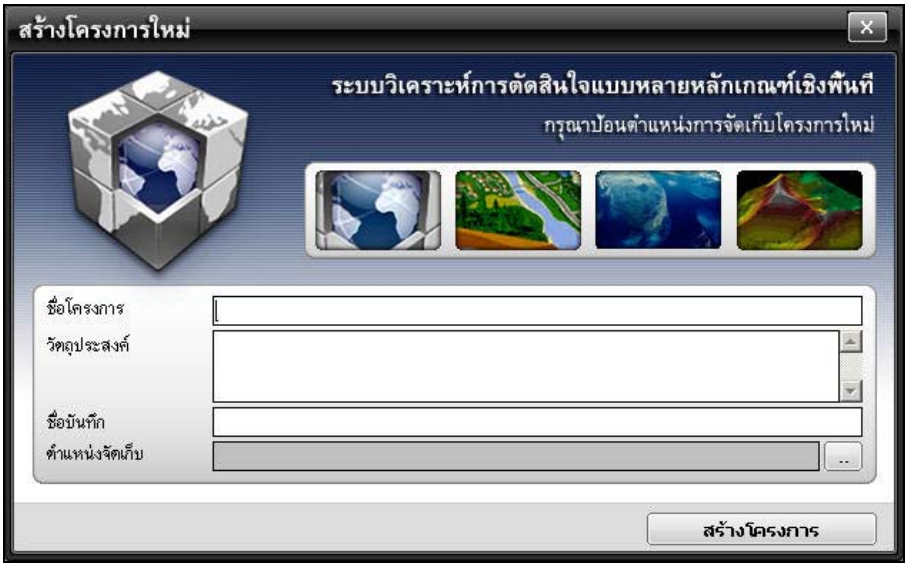
การกำหนดวัตถุประสงค์ของโครงงานที่จะนำมาวิเคราะห์ในโปรแกรม *MCDA-GIS* เป็นสิ่งแรกที่ผู้ใช้จะต้องดำเนินการผ่านเมนูหลักของโครงการ ผู้ใช้อาจเลือกสร้างโครงงานใหม่แล้วนำเข้าหลักเกณฑ์และค่าน้ำหนักความสำคัญจากโปรแกรม *รตส.* หรือกำหนดหลักเกณฑ์และค่าน้ำหนักความสำคัญใหม่จากโปรแกรม *MCDA-GIS* โดยมีเมนูย่อยทำหน้าที่จัดการโครงงาน (รูปที่ 4-4)

	คลิกเพื่อนำเข้าโครงงานที่จัดเก็บจากระบบ *รตส.*
	คลิกเพื่อสร้างโครงงานใหม่ในโปรแกรม *MCDA-GIS*
	คลิกเพื่อเปิดโครงงานเดิมที่ได้จัดเก็บไว้ (*.ahpg)
	คลิกเพื่อเปิดดูรายละเอียดโครงงาน
	คลิกเพื่อบันทึกโครงงาน
	คลิกเพื่อบันทึกโครงงานเป็นชื่ออื่น
	คลิกเพื่อปิดโครงงานปัจจุบันและเริ่มการทำงานใหม่
	คลิกเพื่อออกจากโปรแกรม

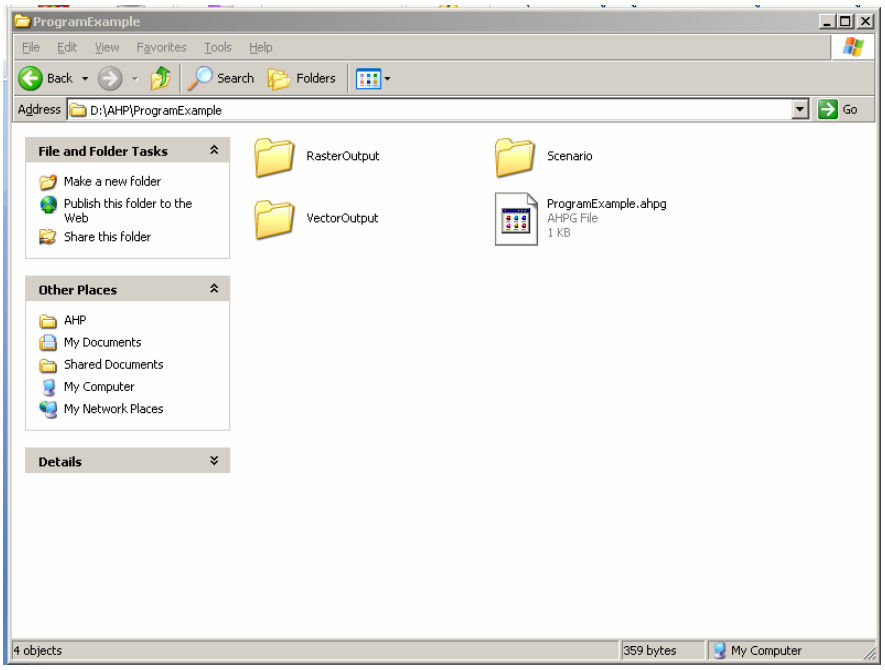
รูปที่ 4-4 เมนูย่อยที่ทำหน้าที่สร้างและจัดการโครงงาน

การสร้างโครงงานใหม่ใน MCDA-GIS

ในกรณีที่ผู้ใช้สามารถระบุหลักเกณฑ์ที่เป็นข้อมูลเชิงพื้นที่ได้อย่างแน่ชัด รวมทั้งทราบค่าถ่วงน้ำหนักได้จากแหล่งอื่น และต้องการใช้ *MCDA-GIS* เพื่อวิเคราะห์การตัดสินใจเชิงพื้นที่ ผู้ใช้สามารถคลิกปุ่ม [โครงงานใหม่] สำหรับการสร้างโครงงานใหม่เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ (รูปที่ 4-5) ผู้ใช้ต้องกำหนดชื่อโครงการ และวัตถุประสงค์เป็นภาษาไทยหรืออังกฤษ ส่วนชื่อบันทึกโครงงานให้กำหนดเป็นภาษาอังกฤษ นอกจากนี้ยังต้องกำหนดตำแหน่งจัดเก็บรายละเอียดโครงงานและข้อมูลผลลัพธ์ในเครื่องคอมพิวเตอร์ ไฟล์โครงงานที่สร้างขึ้นจะถูกจัดเก็บในรูปแบบ *.ahpg โดยมีโครงสร้างตามแบบภาษา xml เมื่อคลิกปุ่ม[สร้างโครงการ] ระบบจะทำการสร้างพื้นที่การทำงานขึ้นมา 3 โฟลเดอร์ (รูปที่ 4-6) ประกอบไปด้วย โฟลเดอร์ Scenario สำหรับเก็บข้อมูลรายละเอียดหลักเกณฑ์และค่าถ่วงน้ำหนักตลอดจนข้อจำกัดที่ใช้ในโครงงาน โฟลเดอร์ VectorOutput มีไว้สำหรับจัดเก็บ shapefile ที่ได้จากการปรับค่ามาตรฐานและผลลัพธ์ และโฟลเดอร์ RasterOutput มีไว้สำหรับจัดเก็บไฟล์ราสเตอร์ที่อยู่ในรูปแบบ grid file นอกจากนี้ยังมีไฟล์รายละเอียดโครงงาน (*.ahpg) ที่ตั้งชื่อโครงงานไว้ก่อนหน้านี้



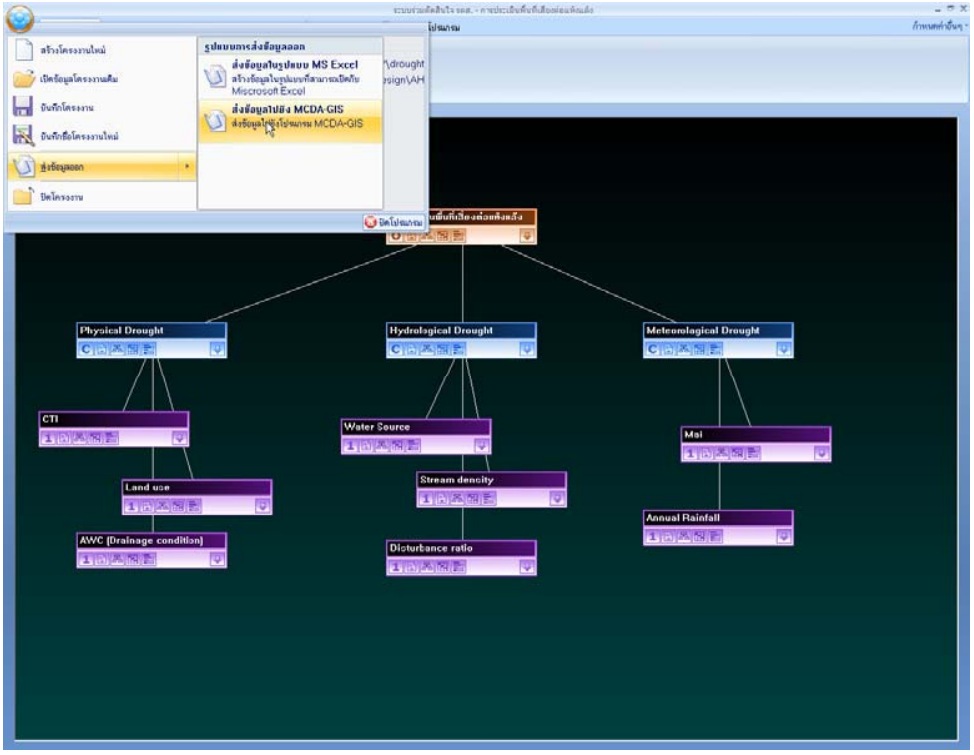
รูปที่ 4-5 หน้าต่างสำหรับกรอกรายละเอียดโครงงานใหม่



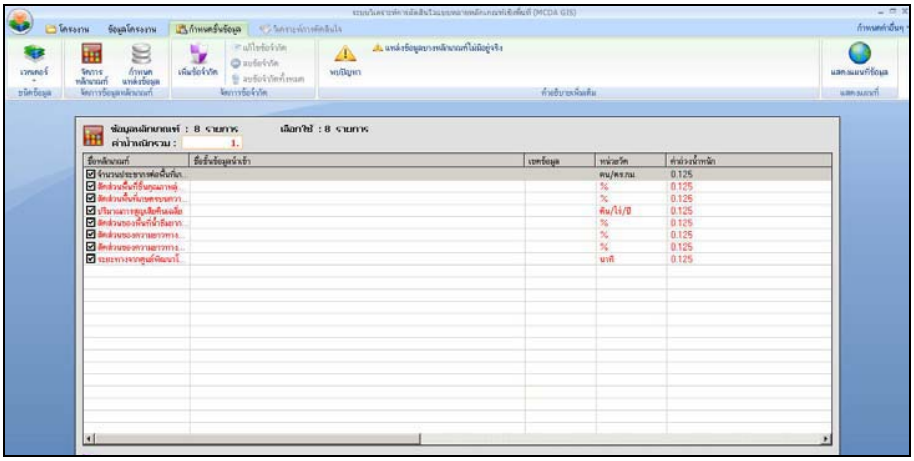
รูปที่ 4-6 โฟลเดอร์และไฟล์สำหรับจัดเก็บโครงงาน

<u>การนำเข้าโครงงานจากระบบ รตส.</u>

โปรแกรม *รตส.* มีปุ่มสำหรับให้ผู้ใช้ส่งหลักเกณฑ์และค่าน้ำหนักความสำคัญไปยังโปรแกรม *MCDA-GIS* เพื่อใช้สำหรับการวิเคราะห์ในเชิงพื้นที่ต่อไป (รูปที่ 4-7) โดยไฟล์จะถูกเก็บไว้ในรูปแบบ *.ahpg เมื่อผู้ใช้เปิดโปรแกรม *MCDA-GIS* สามารถเรียกไฟล์โครงงานที่จัดเก็บจากโปรแกรม*รตส.* โดยคลิกปุ่ม [นำเข้าโครงงานจาก*รตส.*] ชื่อหลักเกณฑ์และค่าน้ำหนักความสำคัญจะถูกเรียกขึ้นมา สำหรับทำงานในขั้นตอนต่อไป (รูปที่ 4-8)



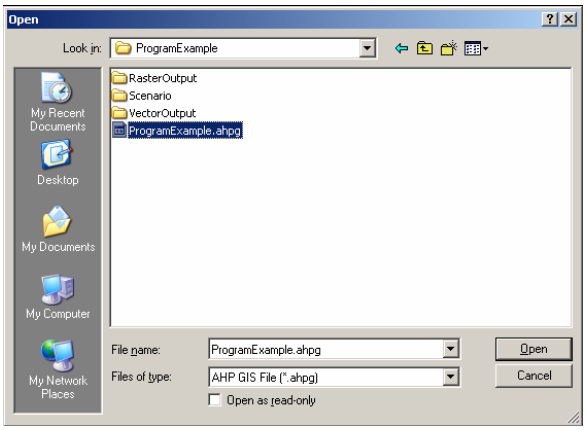
รูปที่ 4-7 ตัวอย่างโครงงานที่สร้างในโปรแกรม *รตส.* และเมนูส่งออกข้อมูลไปยัง *MCDA-GIS*



รูปที่ 4-8 รายการหลักเกณฑ์และค่าถ่วงน้ำหนักที่ถูกเรียกมาจากโครงงานโปรแกรม *รตส.*

<u>การเปิดโครงงานเดิมที่จัดเก็บไว้</u>

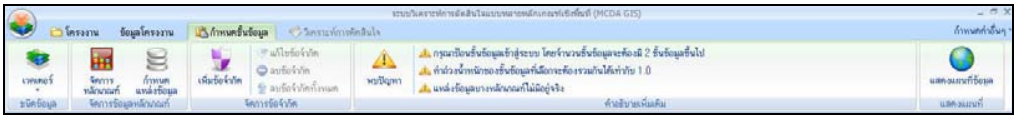
สำหรับโครงงานที่จัดเก็บไว้แล้ว ผู้ใช้สามารถคลิกปุ่ม [เปิดโครงงาน] เพื่อเลือกไฟล์ *.ahpg ที่ต้องการ (รูปที่ 4-9)



รูปที่ 4-9 หน้าต่างสำหรับเลือกไฟล์โครงงาน *.ahpg เพื่อเปิดโครงงานที่ได้จัดเก็บไว้

<u>การกำหนดชั้นข้อมูลที่เป็นหลักเกณฑ์</u>

เมื่อกำหนดวัตถุประสงค์แล้วขั้นตอนต่อมาคือการกำหนดหลักเกณฑ์และชั้นข้อมูลเชิงพื้นที่ของแต่ละหลักเกณฑ์ โดยดำเนินการผ่านเมนู “กำหนดชั้นข้อมูล” (รูปที่ 4-9) เมนูนี้มีส่วนการทำงานย่อยประกอบไปด้วย การกำหนดรายละเอียดของหลักเกณฑ์สำหรับการวิเคราะห์ ชนิดของข้อมูล การจัดการรายละเอียดของหลักเกณฑ์ การกำหนดแหล่งข้อมูลเชิงพื้นที่ที่ใช้หลักเกณฑ์ การระบุพื้นที่ข้อจำกัดหรือไม่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ การแสดงหลักเกณฑ์เป็นแผนที่เพื่อความสะดวกในการตรวจสอบ และส่วนของคำอธิบายเพิ่มเติมเพื่อสื่อสารกับผู้ใช้ (รูปที่ 4-10)



รูปที่ 4-10 เมนูกำหนดชั้นข้อมูล

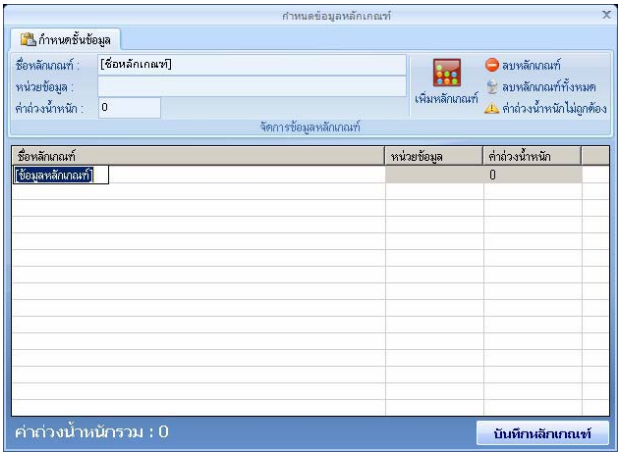
<u>ชนิดข้อมูล</u>

ในโปรแกรม *MCDA-GIS* ผู้ใช้สามารถเลือกชั้นข้อมูลได้ 2 รูปแบบคือข้อมูลประเภท และข้อมูลประเภทราสเตอร์ ซึ่งข้อมูลประเภทเวกเตอร์อยู่ในรูปแบบของ Geodatabase หรือ Shape file ส่วนข้อมูลประเภทราสเตอร์จะต้องอยู่ในรูปแบบของ grid file และ เพื่อใช้เป็นหลักเกณฑ์หรือข้อจำกัด

<u>การจัดการข้อมูลหลักเกณฑ์</u>

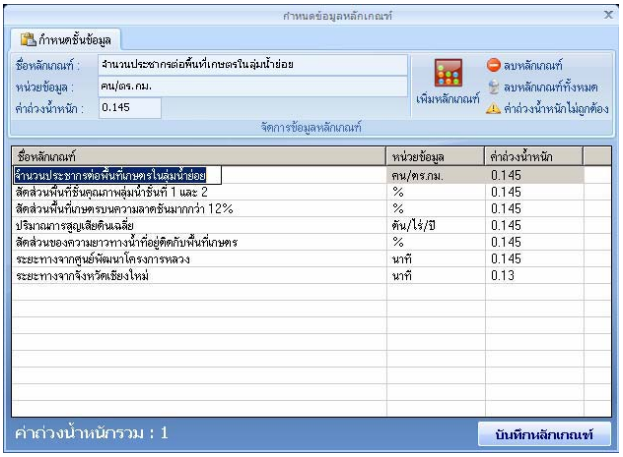
เป็นส่วนของการจัดการข้อมูลที่ใช้เป็นหลักเกณฑ์ ประกอบด้วย 2 เมนูย่อยเพื่อสะดวกในการใช้งานคือ “จัดการหลักเกณฑ์” และ “กำหนดแหล่งข้อมูล”

“จัดการหลักเกณฑ์” ใช้ในการกำหนด เพิ่ม หรือแก้ไขหลักเกณฑ์ และค่าถ่วงน้ำหนัก ผู้ใช้สามารถคลิกปุ่ม [จัดการหลักเกณฑ์] จะปรากฏหน้าต่างสำหรับกำหนดรายละเอียดหลักเกณฑ์ (รูปที่ 4-11)



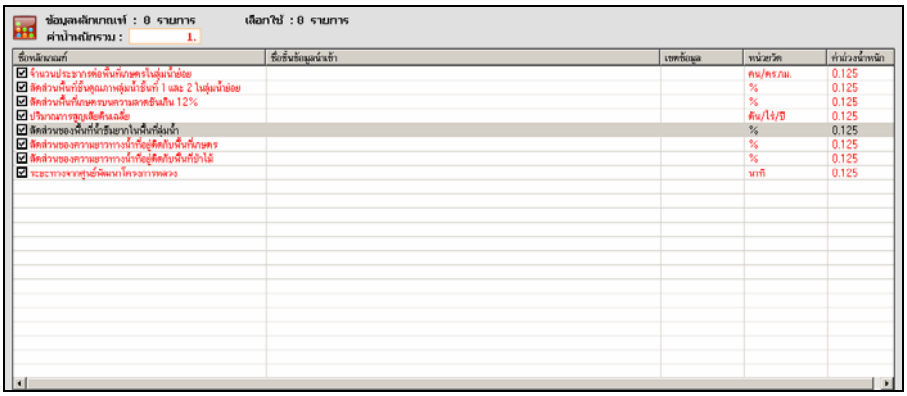
รูปที่ 4-11 หน้าต่างกำหนดข้อมูลหลักเกณฑ์สำหรับโครงงานใหม่

เมื่อคลิกปุ่ม [เพิ่มหลักเกณฑ์] รายการหลักเกณฑ์ในตารางจะถูกเพิ่มขึ้น ผู้ใช้ต้องทำการกำหนดชื่อหลักเกณฑ์ และกำหนดค่าถ่วงน้ำหนักให้แต่ละหลักเกณฑ์ ส่วนหน่วยข้อมูลผู้ใช้จะทำการกรอกหรือไม่ก็ได้ เมื่อกำหนดเรียบร้อยแล้วหากต้องการเพิ่มหลักเกณฑ์อีก สามารถคลิกปุ่ม [เพิ่มหลักเกณฑ์] ไปเรื่อยๆ จนได้จำนวนหลักเกณฑ์ครบตามต้องการ



รูปที่ 4-12 ตัวอย่างการกำหนดชื่อหลักเกณฑ์และค่าถ่วงน้ำหนัก

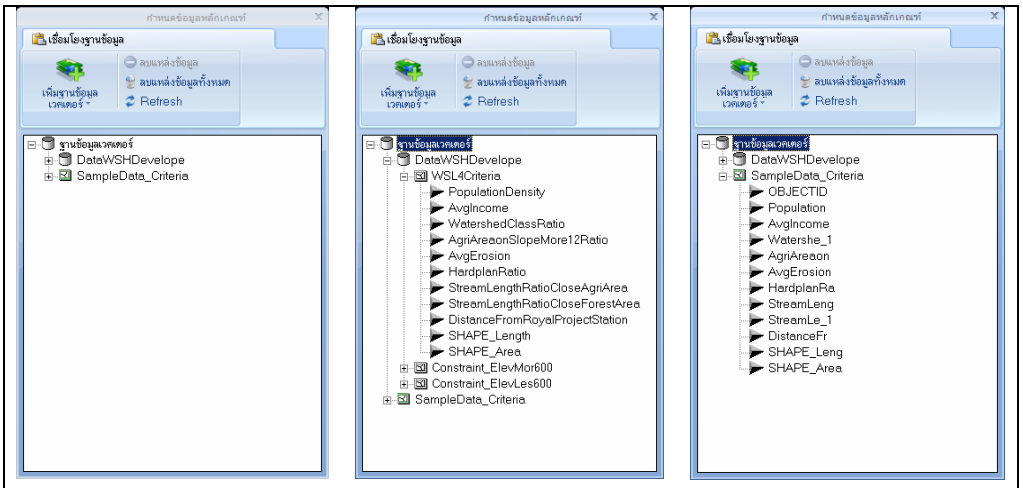
ปุ่ม [ลบหลักเกณฑ์] จะทำการลบหลักเกณฑ์ที่คลิกเลือกไว้ในตาราง (แถบสีเทา) เท่านั้น หากผู้ใช้ต้องการล้างข้อมูลออกทั้งหมด เพื่อกำหนดใหม่ สามารถคลิกปุ่ม [ลบหลักเกณฑ์ทั้งหมด] ได้ ในแต่ละครั้งเมื่อมีการเพิ่มหลักเกณฑ์ ระบบจะทำการคำนวณผลรวมของค่าถ่วงน้ำหนัก หากค่าถ่วงน้ำหนักมีค่าน้อยกว่า หรือมากกว่า 1 จะมีข้อความเตือนผู้ใช้อยู่ด้านขวาบนเพื่อให้ผู้ใช้ทำการกำหนดค่าถ่วงน้ำหนักให้มีค่าเท่ากับ 1 จึงจะสามารถทำงานต่อไปได้ (รูปที่ 4-12) จากนั้นเมื่อผู้ใช้คลิกปุ่ม [บันทึกหลักเกณฑ์] ชื่อหลักเกณฑ์และค่าถ่วงน้ำหนักจะถูกนำไปใส่ไว้ในตารางรายละเอียดหลักเกณฑ์ในหน้าโปรแกรมหลัก (รูปที่ 4-13)



รูปที่ 4-13 ตัวอย่างตารางหลักเกณฑ์ที่ประกอบไปด้วยหลักเกณฑ์และค่าถ่วงน้ำหนัก

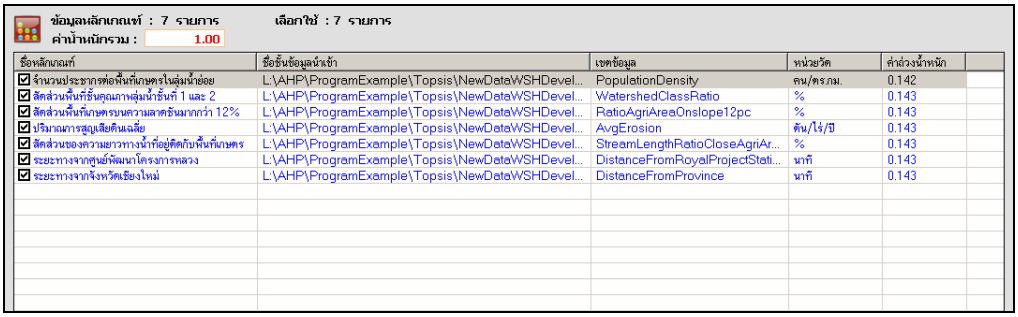
ตัวอย่างในรูปที่ 4-13 แสดงให้เห็นตารางหลักเกณฑ์ที่ยังไม่สมบูรณ์ เนื่องจากชื่อชั้นข้อมูลนำเข้า และเขตข้อมูลยังไม่ถูกกำหนด ผู้ใช้ต้องคลิกปุ่ม [กำหนดตำแหน่งข้อมูล] เพื่อเปิดหน้าต่างสำหรับการเลือก และกำหนดตำแหน่งของการจัดเก็บข้อมูลที่ใช้เป็นหลักเกณฑ์ (รูปที่ 4-14ก.) ในกรณีที่เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลชนิดเวกเตอร์ ผู้ใช้ต้องคลิก [เพิ่มฐานข้อมูลเวกเตอร์] เพื่อเลือกชนิดของข้อมูลเวกเตอร์ที่จะนำมากำหนดให้กับหลักเกณฑ์ ซึ่งในระบบได้กำหนดไว้เพียง 2 ชนิดเท่านั้น

คือ Geodatabase และ Shape file โดยหลังจากคลิกเลือกชนิด และเลือกตำแหน่งจัดเก็บชั้นข้อมูลเรียบร้อยแล้ว รายการฟิลด์ข้อมูลจะถูกแสดงออกมาเพื่อให้ผู้ใช้เลือกสำหรับแต่ละหลักเกณฑ์ หากชั้นข้อมูลเป็น Geodatabase จะถูกแสดงด้วยสัญลักษณ์ ตามด้วยรายการของ Feature class ที่ปรากฏใน Geodatabase นั้นๆ (รูปที่ 4-14ข.) ส่วนข้อมูล Shape file แสดงด้วยสัญลักษณ์ (รูปที่ 4-14ค.) ในทำนองเดียวกัน หากผู้ใช้ต้องการวิเคราะห์ข้อมูลชนิดราสเตอร์ ให้ดับเบิลคลิกตรงตำแหน่งหลักเกณฑ์ที่ต้องการกำหนดแหล่งข้อมูลเพื่อเลือกตำแหน่งจัดเก็บชั้นข้อมูลทีละรายการ



รูปที่ 4-14 หน้าต่างสำหรับกำหนดตำแหน่งข้อมูลที่ใช้เป็นหลักเกณฑ์

การกำหนดตำแหน่งข้อมูลสำหรับเวกเตอร์ที่ใช้เป็นหลักเกณฑ์สามารถทำได้ 2 วิธีคือ วิธีแรกคือการคลิกเลือกหลักเกณฑ์ในตารางหลัก จากนั้นดับเบิลคลิกยังฟิลด์ที่ต้องการในหน้าต่างกำหนดหลักเกณฑ์ ชื่อชั้นข้อมูลนำเข้า และเขตข้อมูลจะถูกนำเติมให้สมบูรณ์สำหรับหลักเกณฑ์ที่ได้คลิกเลือกไว้ ส่วนวิธีที่สองผู้ใช้ต้องทำการคลิกเลือกฟิลด์ที่ต้องการก่อน จากนั้นใช้เมาส์ลากและปล่อยลงในตาราง ชื่อชั้นข้อมูลนำเข้าและเขตข้อมูลจะถูกเติมให้สมบูรณ์ (รูปที่ 4-15)



ข้อมูลหลักเกณฑ์ : 7 รายการ เลือกใช้ : 7 รายการ
ค่าน้ำหนักรวม : 1.00

ชื่อหลักเกณฑ์	ชื่อชั้นข้อมูลนำเข้า	เขตข้อมูล	หน่วยวัด	ค่าถ่วงน้ำหนัก
จำนวนประชากรต่อพื้นที่เกษตรในลุ่มน้ำย่อย	L:\AHP\ProgramExample\Topsis\NewDataWSHDevel...	PopulationDensity	คน/ตร.กม.	0.142
สัดส่วนพื้นที่ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำชั้นที่ 1 และ 2	L:\AHP\ProgramExample\Topsis\NewDataWSHDevel...	WatershedClassRatio	%	0.143
สัดส่วนพื้นที่เกษตรบนความลาดชันมากกว่า 12%	L:\AHP\ProgramExample\Topsis\NewDataWSHDevel...	RatioAgriAreaOnslope12pc	%	0.143
ปริมาณการสูญเสียดินเฉลี่ย	L:\AHP\ProgramExample\Topsis\NewDataWSHDevel...	AvgErosion	ตัน/ไร่/ปี	0.143
สัดส่วนของความยาวทางน้ำที่อยู่ติดกับพื้นที่เกษตร	L:\AHP\ProgramExample\Topsis\NewDataWSHDevel...	StreamLengthRatioCloseAgriAr...	%	0.143
ระยะทางจากศูนย์พัฒนาโครงการหลวง	L:\AHP\ProgramExample\Topsis\NewDataWSHDevel...	DistanceFromRoyalProjectStati...	นาที	0.143
ระยะทางจากจังหวัดเชียงใหม่	L:\AHP\ProgramExample\Topsis\NewDataWSHDevel...	DistanceFromProvince	นาที	0.143

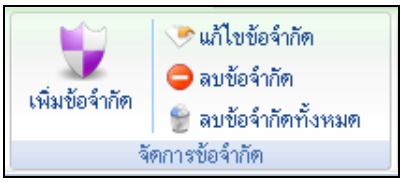
รูปที่ 4-15 ตัวอย่างตารางกำหนดหลักเกณฑ์ที่ใช้ชั้นข้อมูลชนิดเวกเตอร์ที่สมบูรณ์แล้ว

ในตารางหลักเกณฑ์ จะสังเกตุเห็นว่ามีเครื่องหมาย ☑ อยู่หน้าหลักเกณฑ์แต่ละหลักเกณฑ์ เครื่องหมายนี้มีไว้สำหรับการเลือกชั้นหลักเกณฑ์เพื่อนำไปวิเคราะห์ หากผู้ใช้คลิกเครื่องหมายถูกออก ผลที่ได้คือหลักเกณฑ์นั้นๆ จะไม่ถูกนำไปวิเคราะห์ร่วมกับหลักเกณฑ์อื่นๆ และค่าถ่วงน้ำหนักรวมของทั้งหมดจะลดลง ในกรณีนี้ผู้ใช้ต้องกำหนดค่าถ่วงน้ำหนักให้กับหลักเกณฑ์ที่เหลือใหม่ โดยทั่วไป การวิเคราะห์การตัดสินใจในโครงงานหนึ่งๆจำเป็นต้องมีการทดสอบการเพิ่มและลดหลักเกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจ ดังนั้นการใช้เครื่องหมาย ☑ จึงเป็นการอำนวยความสะดวกในการเปรียบเทียบผลที่ได้จากการใช้หลักเกณฑ์ที่แตกต่างกัน โดยที่ผู้ใช้ไม่ต้องนำเข้าชั้นข้อมูลที่ต้องการเพิ่มใหม่

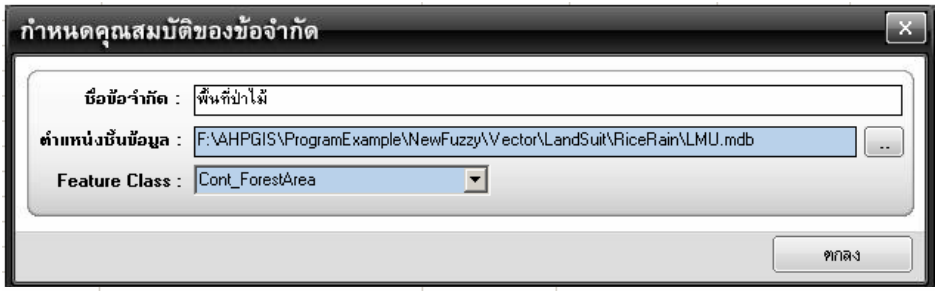
<u>การจัดการข้อจำกัด</u>

"ข้อจำกัด" หมายถึงบริเวณที่ผู้ทำการวิเคราะห์กำหนดไว้ว่าจะไม่นำมาใช้ในการวิเคราะห์การตัดสินใจในโครงงานนั้นๆ การกำหนดข้อจำกัดให้กับโครงงานจะช่วยให้ขอบเขตการวิเคราะห์แคบลง และการประมวลมีประสิทธิภาพมากขึ้น ผู้ใช้ขจัดพื้นที่ๆจะนำมาวิเคราะห์โดยใช้ชั้นข้อมูลที่เป็นข้อจำกัดในขั้นตอนเตรียมชั้นข้อมูลในโปรแกรม GIS ก่อนที่จะนำมาวิเคราะห์ในโปรแกรม *MCDA-GIS* ก็ได้

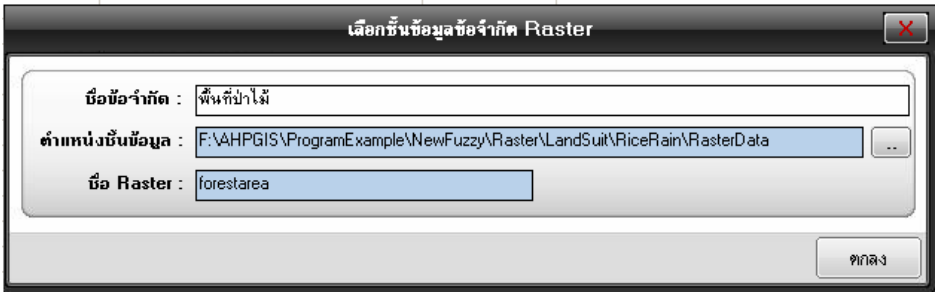
การกำหนดข้อจำกัดให้กับโครงงานใน *MCDA-GIS* สามารถกระทำได้โดยเรียกใช้กลุ่มเมนูการจัดการข้อจำกัด (รูปที่ 4-16) เมื่อผู้ใช้คลิกปุ่ม [เพิ่มข้อจำกัด] หน้าต่างสำหรับการจัดการข้อจำกัดจะปรากฏขึ้น (รูปที่ 4-17ก, 4-17ข) ผู้ใช้ต้องกำหนดชื่อข้อจำกัด และเลือกตำแหน่งที่จัดเก็บชั้นข้อมูล (Geodatabase หรือ Shape file หรือ Grid file) สำหรับข้อมูลข้อจำกัดที่นำมาวิเคราะห์ ผู้ใช้ต้องเตรียมข้อมูลข้อจำกัดให้เรียบร้อยก่อนนำเข้าใน *MCDA-GIS* ถ้าเป็นข้อมูลชนิดเวกเตอร์ผู้ใช้ต้องชั้นข้อมูลที่เป็นข้อจำกัดจะต้องมีเฉพาะพื้นที่ที่กำหนดว่าจะไม่นำไปวิเคราะห์เท่านั้น สำหรับพื้นที่ซึ่งเป็นข้อจำกัดในชั้นข้อมูลชนิดราสเตอร์จะต้องกำหนดให้มีค่าเป็น 0 และพื้นที่นอกเหนือข้อจำกัดให้กำหนดค่าเป็น 1



รูปที่ 4-16 กลุ่มเมนูสำหรับการจัดการข้อจำกัด



(ก)



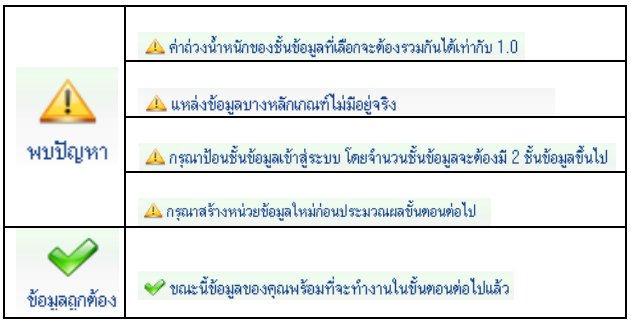
(ข)

รูปที่ 4-17 ตัวอย่างการกำหนดข้อจำกัดให้กับโครงงาน (ก) สำหรับข้อมูลชนิดเวกเตอร์ และ (ข) สำหรับข้อมูลชนิดราสเตอร์

ผู้ใช้อาจแก้ไขเปลี่ยนแปลงข้อจำกัดที่ได้ทำการกำหนดไปแล้ว โดยการคลิกปุ่ม [แก้ไขข้อจำกัด] เพื่อเปิดหน้าต่างกำหนดคุณสมบัติของข้อจำกัดดังรูปที่ 4-17 ขึ้นมาเพื่อทำการแก้ไข นอกจากนี้ผู้ใช้อาจลดจำนวนข้อจำกัดได้โดยการคลิกปุ่ม [ลบข้อจำกัด] แล้วคลิกเลือกข้อจำกัดที่ต้องการลบออกจากการวิเคราะห์ หรืออาจลบข้อจำกัดทั้งหมดที่ได้กำหนดไว้ออกจากการวิเคราะห์โดยการคลิกปุ่ม [ลบข้อจำกัดทั้งหมด]

<u>ส่วนคำอธิบายเพิ่มเติม</u>

เมนูนี้เป็นการตรวจสอบการทำงานของผู้ใช้ในเรื่องของการกำหนดค่าถ่วงน้ำหนักและสถานะของข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ว่าถูกต้องหรือไม่ (รูปที่ 4-18) โดยจะมีข้อความปรากฏดังนี้



รูปที่ 4-18 เมนูคำอธิบายปัญหาและสถานะของข้อมูล

"ค่าถ่วงน้ำหนักของชั้นข้อมูลที่เลือกจะต้องรวมกันได้เท่ากับ 1.0" – เกิดขึ้นเมื่อมีการกำหนดค่าถ่วงน้ำหนักของหลักเกณฑ์รวมไม่เท่ากับ 1.0 หรือมีการคลิกเครื่องหมายหน้าหลักเกณฑ์ในตารางออกเมื่อไม่ต้องการวิเคราะห์หลักเกณฑ์นั้นๆแต่ไม่ได้ปรับค่าถ่วงน้ำหนักใหม่ การแก้ไขคือผู้ใช้ต้องทำการตรวจสอบและกำหนดค่าถ่วงน้ำหนักรวมของหลักเกณฑ์ทั้งหมดอีกครั้งให้ได้เท่ากับ 1.0

"แหล่งข้อมูลบางหลักเกณฑ์ไม่มีอยู่จริง" - การแก้ไขคือผู้ใช้ต้องทำการเลือกชั้นข้อมูลเชิงพื้นที่สำหรับหลักเกณฑ์ใหม่ ปัญหานี้อาจเนื่องมาจากการย้ายตำแหน่งแหล่งข้อมูล หรือแหล่งข้อมูลสูญหายไป

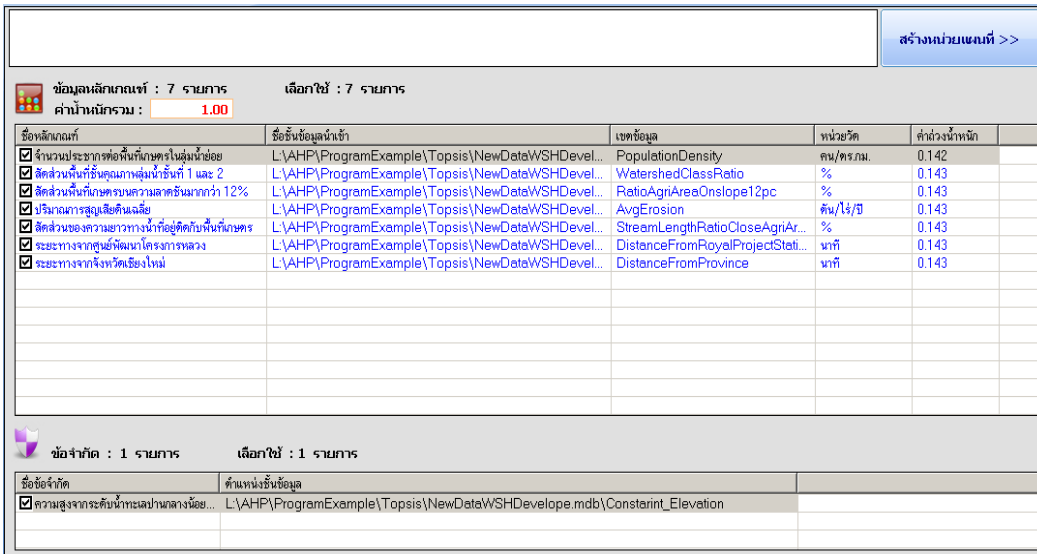
"กรุณาป้อนชั้นข้อมูลเข้าสู่ระบบ โดยจำนวนชั้นข้อมูลจะต้องมี 2 ชั้นขึ้นไป" - มักจะเกิดเมื่อผู้ใช้กำหนดหลักเกณฑ์เพียงหลักเกณฑ์เดียว การแก้ไขคือผู้ใช้ต้องกำหนดหลักเกณฑ์มากกว่า 2 หลักเกณฑ์ขึ้นไปสำหรับการวิเคราะห์ซึ่งเป็นความต้องการขั้นต่ำของระบบ

"กรุณาสร้างหน่วยข้อมูลใหม่ก่อนประมวลผลขั้นต่อไป" – เป็นคำเตือนเมื่อโครงงาน
ยังไม่มีการสร้างหน่วยแผนที่ หรือมีการแก้ไขหลักเกณฑ์หรือข้อจำกัดภายในโครงงาน ผู้ใช้ต้องทำการคลิก [คลิกเพื่อสร้างหน่วยแผนที่ใหม่] เพื่อสร้างหน่วยแผนที่ จึงจะไปยังขั้นตอนการวิเคราะห์ต่อไปได้

"ขณะนี้ข้อมูลของคุณพร้อมที่จะทำงานในขั้นตอนต่อไปแล้ว" – ข้อความแสดงถึงสถานะการทำงานเมื่อไม่พบข้อผิดพลาดของหลักเกณฑ์สำหรับการวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป

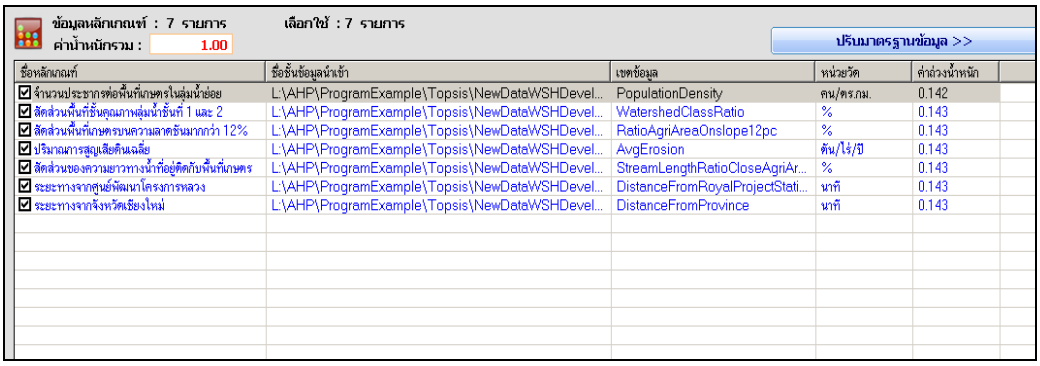
การสร้างหน่วยแผนที่

หลังจากที่ได้กำหนดรายละเอียดหลักเกณฑ์ และตรวจสอบความถูกต้องของหลักเกณฑ์เรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการสร้างหน่วยแผนที่ โดยการการกดปุ่ม [สร้างหน่วยแผนที่] (รูปที่ 4-19) โปรแกรมจะตรวจสอบข้อมูลว่ามีข้อจำกัดหรือไม่ หากมีชั้นข้อมูลข้อจำกัดมากกว่า 2 ชั้นขึ้นไป โปรแกรมจะรวมข้อจำกัดเข้าด้วยกันเป็นชั้นข้อมูลเดียว ก่อนนำไปซ้อนทับกับชั้นข้อมูลหลักเกณฑ์ เพื่อลดขนาดของไฟล์และระยะเวลาในการคำนวณขั้นต่อไป ขั้นตอนการสร้างหน่วยแผนที่หลักเกณฑ์ในกรณีที่หลักเกณฑ์มาจาก Feature class หรือ Shape file ที่มีขอบเขตต่างกันอาจใช้เวลานานพอสมควร แต่หากผู้ใช้ขจัดพื้นที่ที่เป็นข้อจำกัดก่อนที่นำมาวิเคราะห์ใน *MCDA-GIS* เวลาที่ใช้ในขั้นตอนการสร้างหน่วยแผนที่จะลดลงมาก



รูปที่ 4-19 หน้าต่างการทำงานในขั้นตอนสร้างหน่วยแผนที่

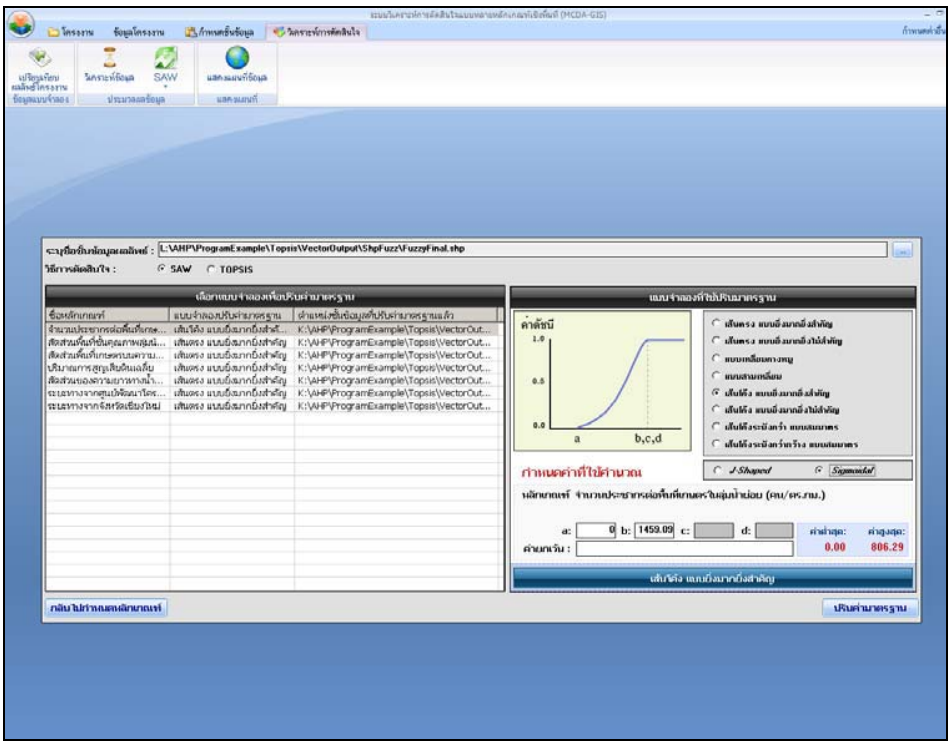
หน่วยแผนที่ที่ได้จากขั้นตอนข้างบนจะถูกนำไปวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป และในกรณีที่เป็นการเปิดโครงงานเดิม และมีการสร้างหน่วยแผนที่จากโปรแกรมเรียบร้อยแล้ว ผู้ใช้ไม่ต้องทำการสร้างหน่วยแผนที่อีก ปุ่มสำหรับการสร้างหน่วยแผนที่จะหายไป และปุ่มสำหรับการวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไปจะขึ้นมาแทน (รูปที่ 4-20) จนกระทั่งผู้ใช้มีการเปลี่ยนแปลงหลักเกณฑ์ หรือข้อจำกัด ระบบจะเตือนให้มีการสร้างหน่วยแผนที่ใหม่ทุกครั้ง เพื่อความถูกต้องก่อนการวิเคราะห์ข้อมูลในขั้นตอนต่อไป



รูปที่ 4-20 หน้าต่างเข้าสู่การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์การตัดสินใจ

ในขั้นตอนการวิเคราะห์การตัดสินใจ ผู้ใช้อาจเลือกวิธีการประเมินทางเลือกจากการรวมหลายหลักเกณฑ์เข้าด้วยกันเป็นค่าดัชนีแสดงระดับความสำคัญโดยรวมของแค่ละทางเลือก ในโปรแกรม *MCDA-GIS* มีวิธีการประเมินให้เลือก 2 วิธีการ ได้แก่ วิธีการรวมค่าดัชนีแบบ SAW และ TOPSIS (รูปที่ 4-21)



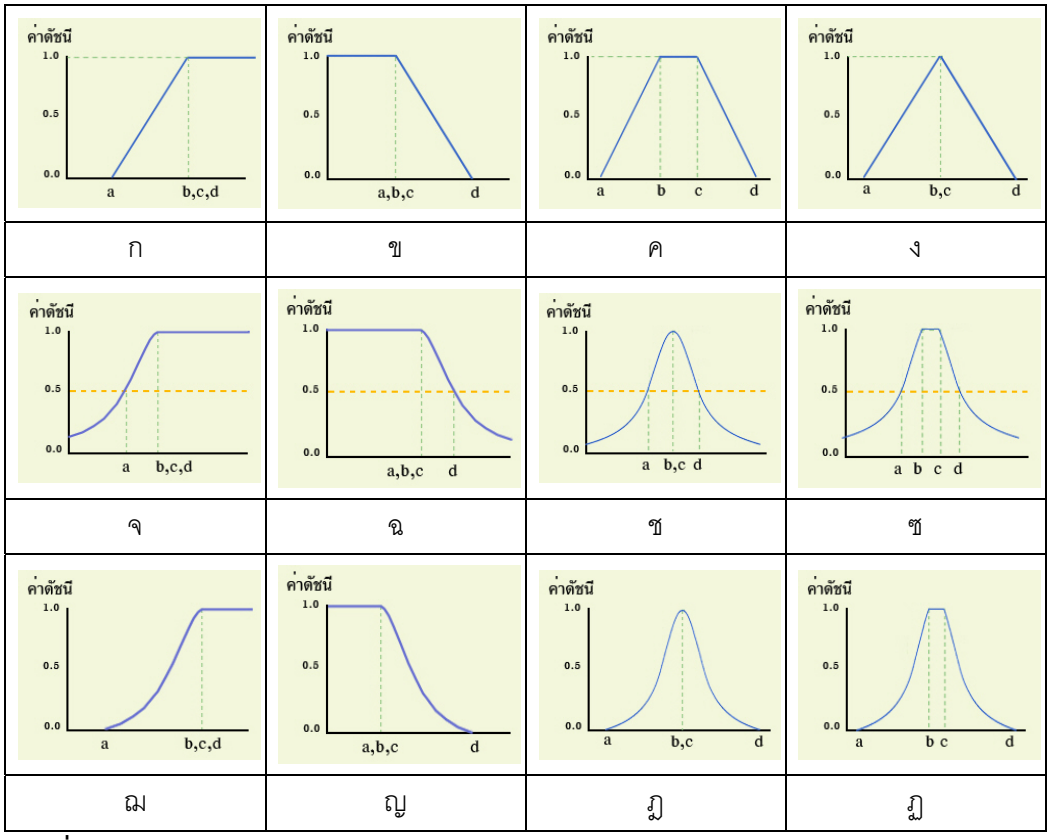
รูปที่ 4-21 เมนูวิเคราะห์การตัดสินใจ

วิธีการ SAW

ในวิธีการ SAW การประเมินดัชนีความสำคัญ (S) คิดจากการรวมของผลคูณระหว่างดัชนีความสำคัญสำหรับหลักเกณฑ์ (x_i) และค่าน้ำหนักความสำคัญ (w_i) ของแต่ละหลักเกณฑ์

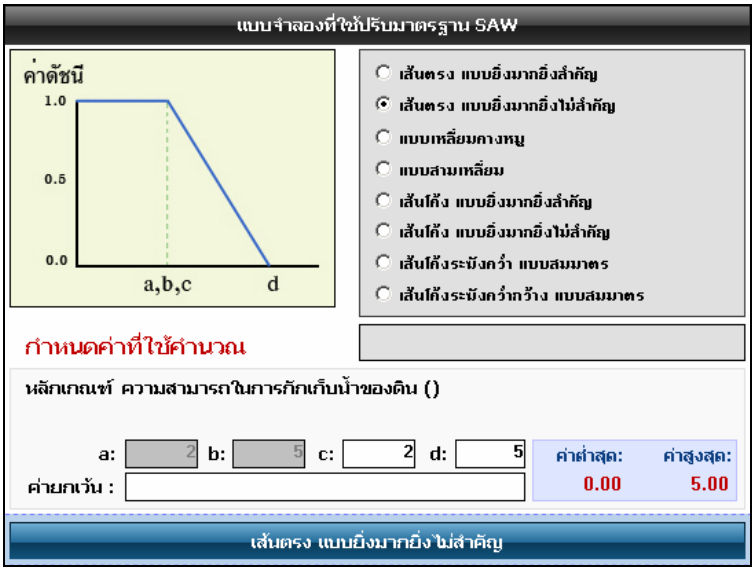
$$(S = \Sigma w_i * x_i) \qquad (4.1)$$

ดังนั้นผู้ใช้จะต้องสร้างชั้นข้อมูลดัชนีความสำคัญ (Criterion map) โดยการแปลงค่าข้อมูลให้เป็นมาตรฐานเดียวกัน (Standardization) โดยใช้ฟังก์ชันที่เหมาะสมสำหรับแต่ละหลักเกณฑ์ เนื่องจากแต่ละหลักเกณฑ์มีช่วงค่าที่แตกต่างกันมากและหน่วยวัดไม่เหมือนกัน โปรแกรม *MCDA-GIS* จึงมีหน้าต่างที่ให้ผู้ใช้เลือกฟังก์ชันจำนวน 12 แบบเพื่อแปลงค่าข้อมูลดังกล่าว (รูปที่ 4-22)

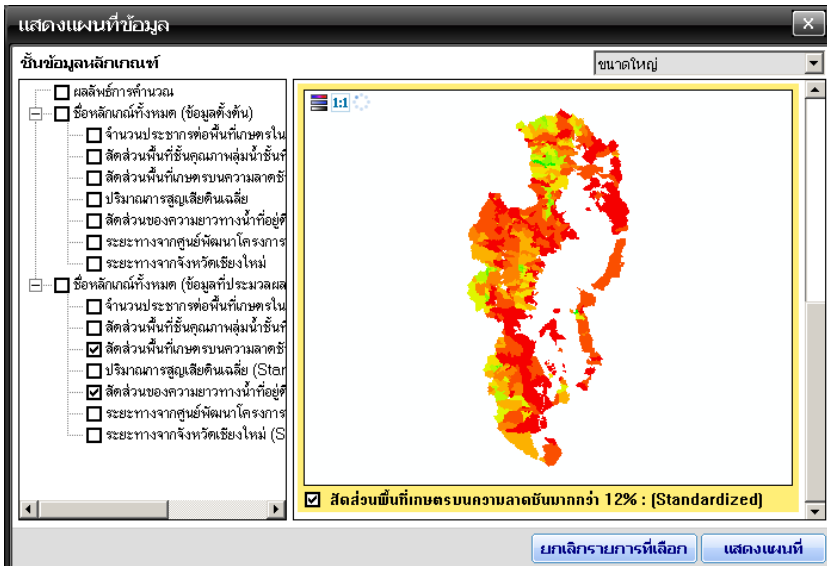


รูปที่ 4-22 แบบจำลองสำหรับการปรับมาตรฐาน

ฟังก์ชัน 12 แบบที่มีให้เลือกประกอบไปด้วย ชุดเส้นตรง ได้แก่ แบบยิ่งมากยิ่งสำคัญ (รูปที่ 4-22ก) แบบยิ่งมากยิ่งไม่สำคัญ (รูปที่ 4-22ข) แบบเหลี่ยมคางหมู (รูปที่ 4-22ค) แบบสามเหลี่ยม (รูปที่ 4-22ง) สำหรับเส้นโค้งได้แบ่งออกเป็น 2 ลักษณะคือ แบบ J-Shape (รูปที่ 4-22จ-4-22ซ) และแบบ Sigmoidal (รูปที่ 4-22ฌ-4-22ฎ) โดยมีหน้าต่างให้ผู้ใช้กำหนดรูปแบบของฟังก์ชัน และค่าพารามิเตอร์ที่กำหนดรูปร่างของกราฟการตอบสนองของแต่ละฟังก์ชัน (รูปที่ 4-23) เมื่อกำหนดรูปแบบฟังก์ชันและพารามิเตอร์ครบถ้วนแล้วโปรแกรมจะทำการคำนวณและสร้างชั้นข้อมูลใหม่ที่จัดเก็บค่าหลักเกณฑ์ที่ปรับมาตรฐานแล้วสำหรับแต่ละหลักเกณฑ์ ค่าดัชนีความสำคัญของแต่ละหน่วยแผนที่ในแต่ละชั้นข้อมูลมีค่าระหว่าง 0-1.0 ผู้ใช้สามารถเรียกชั้นข้อมูลเหล่านี้มาตรวจสอบได้ โดยใช้เครื่องมือแสดงแผนที่ (รูปที่ 4-24) โปรแกรมจะเรียกชั้นข้อมูลเหล่านี้ไปประมวลผลเพื่อคำนวณหาค่าดัชนีความสำคัญโดยรวมของแต่ละหน่วยแผนที่ต่อไป



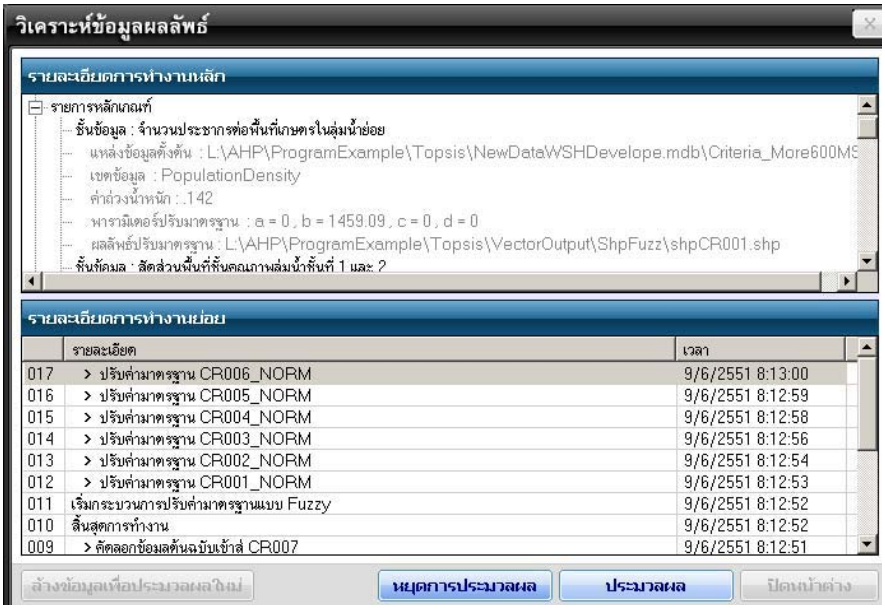
รูปที่ 4-23 หน้าต่างสำหรับกำหนดแบบจำลองที่ใช้ปรับมาตรฐานในวิธีการ SAW



รูปที่ 4-24 หน้าต่างแสดงผลชั้นข้อมูลหลักเกณฑ์ที่ปรับค่ามาตรฐานแล้ว

เมื่อกำหนดแบบจำลองและค่าคงที่ให้กับทุกหลักเกณฑ์แล้ว ขั้นตอนสุดท้ายของระบบคือการวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งผู้ใช้สามารถกำหนดตำแหน่งของแผนที่ผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณได้จากปุ่ม .. จากนั้นคลิกปุ่ม [ปรับค่ามาตรฐาน] จะปรากฏหน้าต่างสรุปรายละเอียดหลักเกณฑ์ก่อนทำการวิเคราะห์ และขั้นตอนกระบวนการทำงานของโปรแกรม (รูปที่ 4-25) ระบบจะทำการปรับมาตรฐานข้อมูลตามแบบจำลองที่ได้กำหนดไว้ก่อนหน้านี้ เมื่อปรับมาตรฐานครบทุกหลักเกณฑ์แล้ว ระบบจะทำการสร้างไฟล์แผนที่ผลลัพธ์จากการปรับมาตรฐานออกไปในรูปของ Shape file

ซึ่งอาจใช้ระยะเวลาพอสมควรสำหรับการสร้างไฟล์ผลลัพธ์ในขั้นตอนนี้ กระบวนการสุดท้ายคือการนำผลลัพธ์จากการปรับมาตรฐานไปคำนวณค่าน้ำหนักความสำคัญโดยรวมของทางเลือก



รูปที่ 4-25 หน้าต่างแสดงกระบวนการวิเคราะห์ข้อมูล

หากผู้ใช้ไม่พอใจในการวิเคราะห์ในครั้งแรก สามารถคลิกปุ่ม [ล้างข้อมูลเพื่อประมวลผลใหม่] เพื่อล้างข้อมูลเดิมทั้งหมดที่ได้ทำการวิเคราะห์ไปก่อนหน้านั้นออกจาก work space ของระบบ และทำการประมวลผลใหม่โดยคลิกปุ่ม [ปรับค่ามาตรฐาน] เพื่อทำการปรับมาตรฐานเพียงอย่างเดียว หรือคลิกปุ่ม [เริ่มประมวลผล] เพื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลทุกขั้นตอนจนเสร็จสิ้น ผลลัพธ์ของการวิเคราะห์การตัดสินใจจะถูกจัดเก็บเป็นชั้นข้อมูลเชิงพื้นที่ ผู้ใช้สามารถเรียกแสดงผลหน้าจอภาพเพื่อตรวจสอบได้โดยกดปุ่ม [แสดงแผนที่] (รูปที่ 4-26)