การเปรียบเทียบความแม่นยำในการประเมินภาวะอ้วน ระหว่างการใช้ระบบกฎเกณฑ์ฟัซซีกับการถดถอยมัลติโนเมียลลอจิสติก ของผู้ปฏิบัติงานในโรงไฟฟ้าแม่เมาะจังหวัดลำปาง

Comparison of Accuracy in Evaluation of Obesity Utilizing Fuzzy Rule-based Systems and Multinomial Logistic Regression of Workers in Mae Moh Power Plant, Lampang Province

วรรณศิริ คูริพรรณ์, วฐา มินเสน*, สุรีย์ ชูประทีป และ พิมผกา ธานินพงศ์

Wansiri Khooriphan, Watha Minsan*, Suree Chooprateep and Pimpaka Thaninpong

ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Statistics Department, Faculty of Science, Chiang Mai University

Received : 28 May 2018

Accepted : 10 July 2018

Published online : 18 July 2018

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อการเปรียบเทียบความแม่นยำในการประเมินภาวะอ้วนระหว่างการใช้ระบบกฎเกณฑ์ฟัซซีกับการถดถอยมัลติโนเมียลลอจิสติกของผู้ปฏิบัติงานในโรงไฟฟ้าแม่เมาะจังหวัดลำปาง ซึ่งข้อมูลที่ใช้ในการศึกษามาจากวิธีการสำรวจด้วยตัวอย่าง (Sample Survey Method) เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบสอบถาม โดยสอบถามจากผู้ปฏิบัติงานในโรงไฟฟ้าแม่เมาะที่เข้ารับการตรวจสุขภาพประจำปีที่กองการแพทย์และอนามัยโรงไฟฟ้าแม่เมาะจำนวน 237 คน มีขั้นตอนในการวิเคราะห์ดังนี้ 1) นำข้อมูลที่ได้มาประมวลผลโดยใช้การวิเคราะห์ปัจจัย (Factor Analysis) 2) นำผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ปัจจัยมาศึกษาต่อด้วยการวิเคราะห์โดยใช้ระบบกฎเกณฑ์ฟัซซี และการถดถอยมัลติโนเมียลลอจิสติก 3) ประเมินภาวะอ้วนโดยใช้ระบบกฎเกณฑ์ฟัซซีและใช้ตัวแบบที่ได้จากการวิเคราะห์การถดถอยมัลติโนเมียลลอจิสติก และ 4) การตรวจสอบความแม่นยำในการประเมินภาวะอ้วนโดยใช้เกณฑ์ในการประเมินด้วยการคำนวณค่าความถูกต้อง จากการนำตัวแบบที่ได้จากการวิเคราะห์การถดถอยมัลติโนเมียลลอจิสติกไปใช้ในการประเมินภาวะอ้วน พบว่าสามารถประเมินถูกร้อยละ 51 โดยกลุ่มที่อยู่ในภาวะอ้วนสามารถประเมินถูกร้อยละ 82 กลุ่มปกติสามารถประเมินถูกร้อยละ 52 แต่กลุ่มน้ำหนักเกินไม่สามารถประเมินได้ถูกเลย ในขณะที่การประเมินภาวะอ้วนโดยใช้ระบบกฎเกณฑ์ฟัซซี ซึ่งสร้างกฎในระบบได้ทั้งหมด 227 กฎ สามารถประเมินถูกร้อยละ 78 โดยในกลุ่มที่อยู่ในภาวะอ้วนสามารถประเมินได้ถูกทั้งหมด กลุ่มที่ปกติสามารถประเมินถูกร้อยละ 72 ส่วนน้ำหนักเกินสามารถประเมินถูกร้อยละ 48 ซึ่งผลการประเมินมีความแม่นยำสูงกว่า

คำสำคัญ : ภาวะอ้วน, ฟัซซีลอจิก, ระบบกฎเกณฑ์ฟัซซี, การถดถอยมัลติโนเมียลลอจิสติก

***Corresponding author. E-mail** : wathaminsan@gmail.com

Abstract

This study aimed to compare the accuracy in evaluation of obesity between utilizing Fuzzy Rule-based Systems and Multinomial Logistic Regression of workers in Mae Moh Power Plant, Lampang Province. The sample group consisted of 237 power plant workers in Mae Moh who attend the annual health check at Mae Moh Division of Medical and Health. The data were analyzed by using Factor Analysis and then using Fuzzy Rule-based Systems and Multinomial Logistic Regression. The accuracy in evaluation of obesity were checked. The results of Multinomial Logistic Regression analysis can be evaluated at 51%. The accuracy in group of obese, normal and overweight are 82%, 52% and 0%, respectively. Fuzzy Rule-based Systems has 227 rule and can be evaluated at 78%. The accuracy in group of obese, normal and overweight are 100%, 72% and 48%, respectively. The results of evaluation of obesity utilizing Fuzzy Rule-based Systems are more accurate.

Keywords : obesity, Fuzzy Logic, Fuzzy Rule-based Systems, Multinomial Logistic Regression

บทนำ

ภาวะอ้วนส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นในคนวัยทำงาน (Damapong, 2008) เนื่องจากคนในวัยทำงานมีภารกิจงาน ทำให้ไม่มีเวลาออกกำลังกาย และขาดความเอาใจใส่ในการเลือกรับประทานอาหารให้ถูกหลักโภชนาการ จึงทำให้มีภาวะน้ำหนักตัวเกินและนำไปสู่ภาวะอ้วน ซึ่งในปี พ.ศ. 2540 องค์การอนามัยโลกประกาศว่าโรคอ้วนเป็นปัญหาที่สำคัญและพบมากขึ้นทั่วโลก อีกประการหนึ่งอัตราโรคอ้วนเพิ่มขึ้นตามอายุ (Nithiyanan, 2011) เนื่องจากระบบการเผาผลาญพลังงานในร่างกายจะมีอัตราการเผาผลาญที่ลดลงเมื่ออายุเพิ่มมากขึ้น ในการสำรวจสุขภาพคนไทยครั้งล่าสุดคือครั้งที่ 4 พ.ศ. 2551-2552 โดยการตรวจร่างกายของคนไทยอายุ 15 ปีขึ้นไป พบว่าคนไทยมีภาวะอ้วนสูงถึงร้อยละ 34.7 (Health Station, 2015) ซึ่งความชุกสูงสุดอยู่ในกลุ่มอายุ 45-59 ปี ซึ่งความชุกของภาวะอ้วนมีแนวโน้มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ภาวะอ้วนนับเป็นภัยร้ายแรง นำมาซึ่งโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง (Folk Doctor Thailand, 2015; Thai Health Promotion Foundation, 2015; Thairath Online, 2015) ได้แก่ โรคเบาหวาน โรคความดันโลหิตสูง ระดับน้ำตาลในเลือดสูง ไขมันในเลือดผิดปกติ โรคหลอดเลือดตีบ และโรคข้อเข่าเสื่อม เป็นต้น นอกจากนี้ภาวะอ้วนยังทำให้สูญเสียความเชื่อมั่นในตัวเอง รวมทั้งเคลื่อนไหวลำบากและขาดความคล่องแคล่วในการทำกิจกรรมต่าง ๆ

เกณฑ์กำหนดภาวะอ้วนที่นิยมใช้คือดัชนีมวลกาย (Body Mass Index: BMI) (Nithiyanan, 2011) ซึ่งใช้น้ำหนักตัวเทียบกับส่วนสูง ดัชนีมวลกายได้รับความนิยมเนื่องจากเป็นดัชนีที่มีความสัมพันธ์กับระดับไขมันที่สะสมอยู่ใต้ผิวหนังในร่างกายของคนเราค่อนข้างดีที่สุด และสามารถคำนวณได้ง่าย สำหรับคนไทยที่มีอายุ 18 ปีขึ้นไปหากมีดัชนีมวลกายมากกว่าหรือเท่ากับ 23 จะถือว่าอยู่ในภาวะน้ำหนักเกิน และหากมากกว่าหรือเท่ากับ 25 จะถือว่าอยู่ในภาวะอ้วน จากการศึกษาพบว่ามีผู้วิจัยหลายท่านได้ทำการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อภาวะอ้วนและภาวะอ้วนลงพุง เช่น พลอยฌญารินทร์ ราวินิจ และ อดิศักดิ์ สัตย์ธรรม (Rawinij & Sattham, 2016) ศึกษาเรื่องปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับภาวะอ้วนลงพุงในประชากรตำบลชะแมบ อำเภอวังน้อย จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับ ปัจจัยส่วนบุคคล ปัจจัยตามแบบแผนความเชื่อด้านสุขภาพ ปัจจัยทฤษฎีแรงสนับสนุนทางสังคม และปัจจัยพฤติกรรมส่วนบุคคลด้วยแบบสอบถาม ซึ่งประกอบด้วยกลุ่มตัวอย่าง

จำนวน 255 คน จากการสุ่มตัวอย่างแบบเป็นระบบ (Systematic Random Sampling) เกณฑ์ในการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างคือ จะต้องพักอาศัยอยู่ในตำบลชะแมบ อำเภอวังน้อย จังหวัดพระนครศรีอยุธยา เป็นระยะเวลามากกว่า 6 เดือนขึ้นไป มีอายุตั้งแต่ 15 ปีขึ้นไป ในการศึกษานี้ภาวะการอ้วนลงพุงเป็นข้อมูลแจงนับชนิด 2 ตัวเลือกจำแนกเป็นผู้ที่มีภาวะอ้วนลงพุงและไม่มีภาวะอ้วนลงพุง วัดโดยการประเมินจากเส้นรอบเอวโดยที่ในเพศชายกำหนดเส้นรอบเอวเกิน 90 เซนติเมตร และเพศหญิงกำหนดเส้นรอบเอวเกิน 80 เซนติเมตร คือ ผู้ที่มีภาวะอ้วนลงพุง วิเคราะห์ข้อมูลด้วยการวิเคราะห์สถิติถดถอยพหุตัวแปรลอจิสติก (Multiple Logistic Regression) ผลการศึกษาพบว่าปัจจัยที่สัมพันธ์กับการเกิดภาวะอ้วนลงพุงคือ เพศหญิงและพบความเสี่ยงต่อการเกิดภาวะอ้วนลงพุงเป็น 9.83 เท่า ของเพศชาย สถานภาพคู่พบความเสี่ยงต่อการเกิดภาวะอ้วนลงพุงเป็น 12.54 เท่า ของผู้ที่สถานภาพโสด คะแนนการสนับสนุนด้านการประเมิน พบว่าเมื่อคะแนนลดลงทุก ๆ 1 เท่า จะทำให้เสี่ยงต่อการเกิดภาวะอ้วนลงพุงเป็น 2.85 เท่า และผู้ที่ออกกำลังกายน้อยกว่า 20 นาทีต่อวัน มีโอกาสเสี่ยงต่อการเกิดภาวะอ้วนลงพุง 4.35 เท่า ของผู้ที่ออกกำลังกายมากกว่า 20 นาทีต่อวัน นอกจากนี้ยังพบปัจจัยส่วนบุคคลที่สัมพันธ์กับการป้องกันการเกิดภาวะอ้วนลงพุงคือ ผู้ที่ประกอบอาชีพเป็นพนักงานบริษัทเอกชนมีโอกาสลดความเสี่ยงต่อการเกิดภาวะอ้วนลงพุงร้อยละ 87 ของผู้ที่ประกอบอาชีพรับจ้างทั่วไป

การศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อภาวะอ้วนและภาวะอ้วนลงพุงเป็นการศึกษาที่มีการจำแนกกลุ่มของภาวะอ้วน หรือ ภาวะอ้วนลงพุง ซึ่งเป็นตัวแปรตามในการศึกษาออกเป็น 2 กลุ่ม วิธีการทางสถิติที่ใช้จึงได้แก่ การถดถอยลอจิสติก (Logistic Regression) หากจำแนกกลุ่มของภาวะอ้วนมากกว่า 2 กลุ่ม เช่น ปกติ น้ำหนักเกิน อ้วน วิธีการทางสถิติที่ใช้คือ การถดถอยมัลติโนเมียลลอจิสติก (Multinomial Logistic Regression) ซึ่งเป็นวิธีการวิเคราะห์ที่มีวัตถุประสงค์เพื่อมุ่งหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแล้วนำผลที่ได้ไปใช้ในการประมาณค่าตัวแปรตาม โดยที่มีเงื่อนไขที่สำคัญในการวิเคราะห์คือ ตัวแปรตามต้องเป็นตัวแปรเชิงกลุ่มที่มีมากกว่า 2 กลุ่ม และตัวแปรอิสระต้องไม่มีความสัมพันธ์เชิงเส้นแบบพหุ (Multicollinearity) (Wanijbancha, 2009)

ปัจจุบันมีการนำฟัซซีลอจิก (Fuzzy Logic) เข้ามาใช้ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรด้วย ซึ่งข้อดีของฟัซซีลอจิกคือเป็นระบบที่มีเสถียรภาพสูง สามารถรองรับข้อมูลเข้า (Input) ที่มีความคลุมเครือได้อย่างหลากหลาย (Suwaphan, 2017) ซึ่งประมวลผลด้วยการใช้กฎที่กำหนดโดยผู้เชี่ยวชาญนั่นเอง จึงสะดวกในการปรับแต่งระบบเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ และไม่มีข้อจำกัดของจำนวนข้อมูลเข้าหรือข้อมูลออก (Output) ทำให้การออกแบบระบบสามารถทำได้หลากหลาย ฟัซซีลอจิกมีโครงสร้างที่สามารถแบ่งแยกเป็นหน่วยประมวลผลย่อย ๆ ได้ ทำให้ได้ระบบที่มีการกระจายการทำงาน ง่ายต่อการดูแลและปรับปรุงแก้ไข อีกทั้งยังสามารถใช้กับงานที่ไม่เป็นเชิงเส้นได้ ทำให้ลดภาระการคำนวณหาแบบจำลองระบบทางคณิตศาสตร์ที่ซับซ้อน Demir *et al*. (Demir & Basaran & Simonetti, 2016) ได้ศึกษาเรื่องการหาปัจจัยที่ส่งผลต่อความพึงพอใจในการบริการสุขภาพโดยใช้ระบบกฎเกณฑ์ฟัซซี (Fuzzy Rule-based Systems: FRBS) มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อความพึงพอใจในบริการสุขภาพของผู้ป่วย ทำการศึกษาโดยประยุกต์ใช้ FRBS ในการตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ซึ่งในระบบฟัซซีนี้มีตัวแปรภาษาและค่าของฟังก์ชันสมาชิกคือ Low = {0, 0, 40} Medium = {35, 55, 70} และ High = {65, 100, 100} ส่วนกฎที่ใช้เรียกว่า IF-THEN Rules ระบบสามารถสร้างกฎที่แตกต่างกันได้ 64 กฎ ผลการศึกษาพบว่า ตัวแปรที่ส่งผลต่อความพึงพอใจในบริการสุขภาพ (Healthcare Service Satisfaction: HSS) คือ การสื่อสารระหว่างแพทย์กับผู้ป่วย (Doctor-Patient Communication: DPC) และ พฤติกรรมการแสวงหาข้อมูล (Information-Seeking Behavior: ISB) ซึ่งมีสิ่งที่น่าสนใจเกี่ยวกับ DPC คือ ถ้า DPC มีค่าต่ำแล้วไม่ส่งผลให้ HSS ลดลงเลย นั่นหมายความว่าถ้าผู้ป่วยทราบว่าแพทย์มีทักษะ

การสื่อสารที่ไม่ดีแล้ว ผู้ป่วยจะไม่ให้ความสำคัญกับปัจจัยนี้ ดังนั้นการประเมินความพึงพอใจของผู้ป่วยจึงไม่เปลี่ยนแปลง กล่าวคือความพึงพอใจไม่ลดลง งานวิจัยเรื่องนี้ทำให้ได้เรียนรู้การตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรโดยใช้ FRBS ซึ่งเป็นสิ่งที่น่าสนใจมาก

ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะนำ FRBS มาประเมินภาวะอ้วนของผู้ปฏิบัติงานในโรงไฟฟ้าแม่เมาะ จังหวัดลำปาง และต้องการเปรียบเทียบความแม่นยำในการประเมินภาวะอ้วนระหว่างการใช้ระบบกฎเกณฑ์ฟัซซีกับการถดถอยมัลติโนเมียลลอจิสติก ซึ่งคาดหวังว่ากองการแพทย์และอนามัยโรงไฟฟ้าแม่เมาะจะได้นำผลการศึกษาไปประกอบการวางแนวทางในการเฝ้าระวัง และส่งเสริมสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานในโรงไฟฟ้าแม่เมาะ ตลอดจนแผนกอนามัยโรงไฟฟ้าแม่เมาะจะได้นำผลการศึกษาไปประกอบการวางแผนจัดทำโครงการรณรงค์ลดภาวะอ้วนให้แก่ผู้ปฏิบัติงานในโรงไฟฟ้าแม่เมาะ และเป็นแนวทางให้ผู้ที่สนใจศึกษาสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1. **ฟัซซีลอจิก** (Fuzzy Logic)

ฟัซซีลอจิกเป็นศาสตร์ด้านการคำนวณ ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ช่วยในการตัดสินใจภายใต้ความไม่แน่นอนของข้อมูล โดยยอมให้มีความยืดหยุ่นได้ ใช้หลักการเหตุผลที่คล้ายการเลียนแบบวิธีคิดที่ซับซ้อนของมนุษย์ (Suwaphan, 2017) ซึ่งฟัซซีลอจิกเป็นแนวคิดเกี่ยวกับการวิเคราะห์เชิงตรรกะ โดยมีแนวคิดที่พัฒนามาจากตรรกะแบบบูลีน (Boolean Logic) ที่มีค่าความจริงเป็น 0 กับ 1 เท่านั้น เช่น ถูกกับผิด ใช่กับไม่ใช่ นั่นเอง โดยทั่วไปแล้วหากเราสามารถวิเคราะห์เหตุการณ์ต่างๆในเชิงตรรกะได้ว่า นั่นถูก นี่ผิด นั่นใช่ นี่ไม่ใช่ ก็ถือว่าเป็นตรรกะที่มีความชัดเจน ไม่มีความคลุมเครือใดๆ แต่ในกรณีที่เป็นเหตุการณ์ที่ผู้วิเคราะห์ไม่สามารถตอบได้อย่างชัดเจนว่าคำตอบควรเป็นอย่างไร เช่น สีเทา ให้บอกว่าคือสีดำใช่หรือไม่ หรือ ให้บอกว่าสุภาพสตรีวัย 28 ปี เป็นผู้ใหญ่ใช่หรือไม่ กรณีตัวอย่างเหล่านี้ผู้ตอบที่ต่างเพศ ต่างวัย และต่างประสบการณ์ คงจะให้คำตอบที่ไม่เหมือนกัน เพราะเกิดความไม่ชัดเจนในคำตอบนั่นเอง เนื่องจากเหตุการณ์ในกรณีตัวอย่างนี้ ไม่ได้แสดงจุดยืนว่าอยู่ข้างใดข้างหนึ่งอย่างชัดเจน เช่นสีเทา มันไม่ใช่ทั้งสีขาวและสีดำ จะให้ตอบว่าขาว หรือดำ ผู้ตอบก็เกิดความลังเลที่จะตอบ เพราะคำตอบเป็นไปได้เพียง 2 คำตอบเท่านั้น จะเห็นได้ว่าตรรกะแบบบูลีนสร้างกรอบความคิดไว้เช่นนั้น ดังนั้นการวิเคราะห์ในกรณีตัวอย่างเหล่านี้ จึงนำมาสู่การนำเสนอตรรกะรูปแบบใหม่ที่เปิดกว้างกว่าเดิม และยอมให้ความขัดแย้งในคำตอบดังที่กล่าวข้างต้นเกิดขึ้นได้ เพื่อที่จะสะท้อนความเป็นจริงมากที่สุด ฟัซซีลอจิกจึงแตกต่างไปจากลอจิกบูลีนที่ซึ่งมีเพียง ใช่-ไม่ใช่ หรือ ศูนย์-หนึ่ง แต่ฟัซซีลอจิกเป็นตรรกะหลายระดับซึ่งเกี่ยวข้องกับการกำหนดค่าระดับความเป็นสมาชิก (Degree Of Membership) โดยใช้ค่าตัวเลขตั้งแต่ศูนย์ถึงหนึ่ง ฟัซซีลอจิกเข้ามามีบทบาทมากขึ้นในวงการวิจัยด้านคอมพิวเตอร์ และได้ถูกนำไปประยุกต์ใช้ในงานต่าง ๆ มากมาย เช่น ด้านการแพทย์ ด้านการทหาร ธุรกิจ และอุตสาหกรรม เป็นต้น ฟัซซีถูกนำเสนอโดยนักตรรกศาสตร์และปรัชญาชาวโปแลนด์ชื่อ Jan Lukasiewicz ในปี ค.ศ. 1930 ต่อมาในปี ค.ศ. 1965 ศาสตราจารย์ Lotfi Zadeh ซึ่งในขณะนั้นเป็นหัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ University of California, Berkeley ได้ตีพิมพ์งานในเรื่อง “Fuzzy Sets” ซึ่งทำให้งานทางฟัซซีลอจิกเป็นที่รู้จัก และได้รับความนิยมอย่างกว้างขวางในเวลาต่อมา (BomezzZ Enterprises, 2015)

ฟัซซีเซตต่างจากเซตแบบดั้งเดิม ซึ่งเซตแบบเดิมเป็นเซตชัดเจน หรือเซตทวินัย (Crisp set) คือมีการแบ่งขอบเขตของค่าความเป็นสมาชิกไว้อย่างแน่นอน ค่าของความเป็นสมาชิกแสดงด้วยค่าตัวเลข 0 และ 1 โดย 0 หมายถึง ไม่เป็นสมาชิกใน

เซต ส่วน 1 หมายถึง เป็นสมาชิกในเซต ในขณะที่ฟัซซีเซตจะมีค่าของความเป็นสมาชิกซึ่งแสดงด้วยค่าตัวเลขระหว่าง 0 และ 1 โดย 0 หมายถึง ไม่เป็นสมาชิกในเซต ส่วน 1 หมายถึง เป็นสมาชิกในเซต และค่าระหว่าง 0 กับ 1 หมายถึง เป็นสมาชิกบางส่วนในเซต

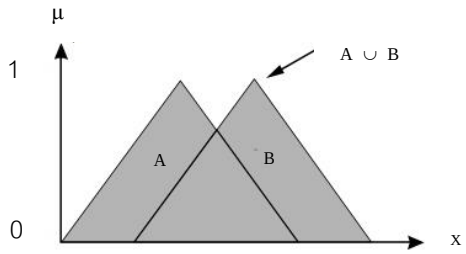
การดำเนินการของฟัซซีเซตมีคุณสมบัติเหมือนกับเซตโดยทั่วไป มีการดำเนินการ (Operation) คือ ยูเนียน (Union) ดังภาพที่ 1 และ อินเตอร์เซกชัน (Intersection) ดังภาพที่ 2 (BomezzZ Enterprises, 2015)

1) ยูเนียนของฟัซซีเซตจะเป็นการดำเนินการ หรือ (OR)

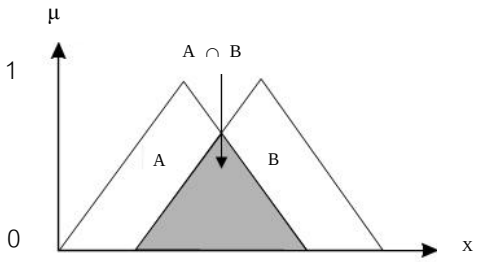
$$\mu_{A\cup B}(x) = \mu_A(x) \vee \mu_B(x)$$
$$= \max\ (\mu_A(x), \mu_B(x))$$

2) อินเตอร์เซกชันของฟัซซีเซตจะเป็นการดำเนินการ และ (AND)

$$\mu_{A\cap B}(x) = \mu_A(x) \wedge \mu_B(x)$$
$$= \min\ (\mu_A(x), \mu_B(x))$$



ภาพที่ 1 ยูเนียนของฟัซซีเซต



ภาพที่ 2 อินเตอร์เซกชันของฟัซซีเซต

โดยที่ x คือสมาชิกในเซต

A, B คือเซตแบบทวินัย

μ_A คือค่าความเป็นสมาชิกในเซต A

μ_B คือค่าความเป็นสมาชิกในเซต B

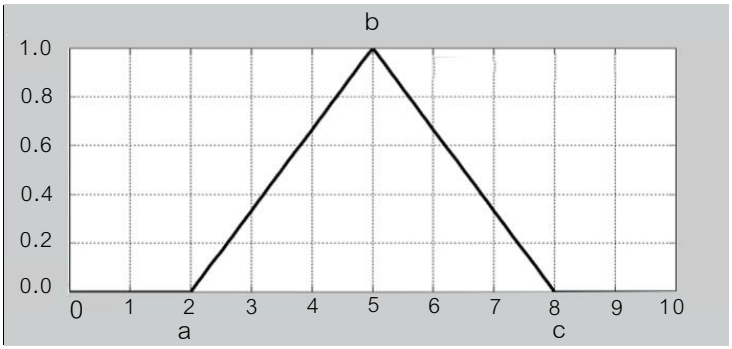
$\mu_{A\cup B}$ คือค่าความเป็นสมาชิกของเซต A ยูเนียนเซต B

$\mu_{A\cap B}$ คือค่าความเป็นสมาชิกของเซต A อินเตอร์เซกเซต B

การกำหนดค่าระดับความเป็นสมาชิกของตัวแปรที่สนใจนั้นต้องอาศัยฟังก์ชันสมาชิก (Membership Function : MF) ซึ่งรูปร่างของฟังก์ชันสมาชิกมีหลายรูปแบบ เช่น รูปสามเหลี่ยม รูปสี่เหลี่ยมคางหมู และรูประฆังคว่ำ เป็นต้น โดยปกติทั่วไปจะใช้รูปร่างของฟังก์ชันสมาชิกเป็นแบบสามเหลี่ยม ฟังก์ชันสมาชิกแบบรูปสามเหลี่ยม (Triangular Membership Function) (Thoobjeen *et al*., 2017) จะมีพารามิเตอร์ 3 ตัวคือ {a, b, c} ดังภาพที่ 3 ซึ่งจะให้ความสำคัญกับค่าที่อยู่ตรงกลาง (b)

$$f(x; a, b, c) = \begin{cases} 0, & x < a \\ (x-a)/(b-a), & a \le x \le b \\ (c-x)/(c-b), & b \le x \le c \\ 0, & x > c \end{cases}$$

เรียก $f(x;a,b,c)$ ว่าฟังก์ชันสมาชิก



ภาพที่ 3 ฟังก์ชันสมาชิกแบบรูปสามเหลี่ยม เมื่อกำหนดพารามิเตอร์ {2, 5, 8}

ระบบฟัซซีลอจิกประกอบไปด้วยฟัซซีเซตที่ใช้ระบุค่าความเป็นสมาชิกของตัวแปรภายในระบบ และฟัซซีเซตยังประกอบไปด้วยตัวแปรภาษา (Linguistic Variable) ซึ่งตัวแปรภาษาใช้แสดงถึงคุณภาพ หรือ ปริมาณ เช่น “บ้าง” (Seldom) “บางครั้ง” (Somtimes) และ “เสมอ” (Aways) เป็นต้น ตัวแปรภาษาใช้ในการกำหนดกฎเกณฑ์ภายในระบบ โดยกฎของฟัซซี (Fuzzy Rule) เป็นการนำเอาความรู้ของมนุษย์มาใส่ในระบบฟัซซีลอจิก ซึ่งกฎของฟัซซีก็คือกลุ่มของประโยคเงื่อนไข ถ้า-แล้ว (IF-THEN) กฎของฟัซซีจะอยู่ในรูปแบบ “ถ้า x เท่ากับ A แล้ว y เท่ากับ B” หรือ “IF x is A THEN y is B” โดยที่ x และ y เป็นตัวแปรภาษาและ A กับ B เป็นค่าของตัวแปรภาษา (Suwaphan, 2017) ระบบกฎฟัซซีเป็นสิ่งที่มีประโยชน์ในการจัดรูปแบบของระบบที่ซับซ้อนที่สามารถสังเกตได้โดยมนุษย์ เพราะระบบเหล่านี้สามารถแสดงด้วยตัวแปรภาษาในข้อนำและข้อตามของกฎได้ ซึ่งจำนวนกฎในระบบจะขึ้นอยู่กับจำนวนของตัวแปรและค่าของตัวแปรภาษา

การประมวลผลแบบฟัซซีลอจิกจะเริ่มจากการวิเคราะห์ระบบที่กำลังสนใจ โดยต้องหาว่าข้อมูลออก (Output) ที่ต้องการคืออะไร และมีตัวแปรใดบ้างที่มีผลต่อข้อมูลออกที่กำลังสนใจอยู่ก็ให้ตัวแปรเหล่านั้นเป็นข้อมูลเข้า (Input) ของระบบ โดยทั่วไปแล้วการประมวลแบบฟัซซีลอจิกจะประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้

1) ฟัซซีฟิเคชัน (Fuzzification) เป็นกระบวนการหาค่าระดับความเป็นสมาชิกของข้อมูลเข้าแต่ละตัวหรือกล่าวได้ว่าเป็นการแปลงจากข้อมูลเข้า เช่น สูง ปานกลาง และ ต่ำ เป็นต้น มาเป็นค่าระดับความเป็นสมาชิก ซึ่งค่าระดับความเป็นสมาชิกจะหาได้จากฟังก์ชันสมาชิกที่ได้กำหนดไว้แล้ว

2) การประเมินค่ากฎของฟัซซี (Fuzzy Rule Evaluation) คือการหาค่าของข้อมูลออกจากกฎแต่ละข้อของระบบฟัซซี ซึ่งจะใช้การดำเนินการอินเตอร์เซกชันในการประเมินค่ากฎ

3) การรวมกฎ (Aggregation) หลังจากกฎต่าง ๆ ถูกประเมินค่าแล้ว กฎที่มีค่าของข้อมูลออกไม่เท่ากับศูนย์จะถูกรวมเข้าด้วยกันเพื่อหาข้อมูลออกของระบบ ซึ่งการรวมกฎจะใช้การดำเนินการยูเนียน

4) ดีฟัซซีฟิเคชัน (Defuzzification) เป็นการนำผลของการรวมกฎในขั้นตอนที่ 3 มาแปลงให้อยู่ในรูปของค่าชัดเจน ซึ่งใช้วิธีการหาจุดศูนย์ถ่วง (Center Of Gravity : COG) ในทางปฏิบัติการคำนวณ COG สามารถหาได้จากข้อมูลดังสมการที่ 1

$$COG = \frac{\sum_{x=a}^{b} \mu_A(x) \times x}{\sum_{x=a}^{b} \mu_A(x)} \quad (1)$$

2. การถดถอยมัลติโนเมียลลอจิสติก (Multinomial Logistic Regression)

การถดถอยมัลติโนเมียลลอจิสติก เป็นเทคนิคการวิเคราะห์การถดถอยแบบหนึ่งที่ตัวแปรตามเป็นตัวแปรเชิงคุณภาพที่แบ่งได้มากกว่า 2 กลุ่ม เช่น Y หมายถึงระดับการมีส่วนร่วมในการพัฒนาชุมชน โดยแบ่งเป็น 4 กลุ่ม คือ Y = 0 ไม่มีส่วนร่วมเลย Y = 1 มีส่วนร่วมบ้างเล็กน้อย Y = 2 มีส่วนร่วมปานกลาง และ Y = 3 มีส่วนร่วมมาก เป็นต้น ส่วนตัวแปรอิสระอาจจะเป็นตัวแปรเชิงปริมาณหรือตัวแปรเชิงคุณภาพ หรืออาจจะมีทั้งตัวแปรเชิงปริมาณและตัวแปรเชิงคุณภาพก็ได้ (Pongsapakdee, 1998) และ (Jiawiwatkul, 2010) ซึ่งใช้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระกับตัวแปรตาม และพยากรณ์โอกาสที่จะเกิดเหตุการณ์ที่สนใจ จากชุดของตัวแปรอิสระที่เหมาะสม ซึ่งข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์การถดถอยมัลติโนเมียลลอจิสติก คือ ตัวแปรตามต้องเป็นตัวแปรเชิงกลุ่มที่มีมากกว่า 2 กลุ่ม และตัวแปรอิสระต้องไม่มีความสัมพันธ์เชิงเส้นแบบพหุ (Multicollinearity) โดยตัวแบบการถดถอยมัลติโนเมียลลอจิสติกเป็นดังสมการที่ 2 และสมการที่ 3

$$\log\left[\frac{P(A)}{1-P(A)}\right] = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \cdots + \beta_p x_p \quad (2)$$

$$\log\left[\frac{P(A)}{1-P(A)}\right] = b_0 + b_1 x_1 + \cdots + b_p x_p \quad (3)$$

โดยที่ $P(A)$ คือความน่าจะเป็นที่จะเกิดเหตุการณ์ที่สนใจ

p คือจำนวนตัวแปรอิสระ

β คือค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยลอจิสติกของประชากร

b คือค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยลอจิสติกของตัวอย่าง

เรียก $\log\left[\frac{P(A)}{1-P(A)}\right]$ หรือ $\log(odds)$ ว่า Logit

แต่เมื่อ Y มีมากกว่า 2 กลุ่ม เช่น มี J กลุ่ม เมื่อ J > 2 จะได้ Logit จำนวน J-1 สมการ โดยที่แต่ละสมการจะเปรียบเทียบกับกลุ่มสุดท้ายของ Y (Baseline Category) เช่น Y มี 3 กลุ่ม จะได้ Logit จำนวน 2 สมการ ซึ่งสมการที่ได้จะเป็นค่าของกลุ่ม 1 เทียบกับกลุ่ม 3 และค่าของกลุ่ม 2 เทียบกับกลุ่ม 3

การทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับสัมประสิทธิ์การถดถอยมัลติโนเมียลลอจิสติก เป็นการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับพารามิเตอร์ β_i ในตัวแบบว่ามีค่าเท่ากับ 0 หรือไม่ นั่นก็คือ ทดสอบว่าตัวแปรอิสระ (X) มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตาม (Y) หรือไม่ สมมติฐานที่ใช้ในการทดสอบคือ

$$H_0: \beta_i = 0 \quad ; \ i = 1,2,..., \ p$$
$$H_1: \beta_i \neq 0$$

สถิติทดสอบ $$Wald = \left[\frac{\hat{\beta}_i}{s(\hat{\beta}_i)} \right]^2$$

โดยที่ $s(\hat{\beta}_i)$ คือค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการประมาณค่าภาวะน่าจะเป็นสูงสุด

อาณาเขตวิกฤตที่ระดับนัยสำคัญ α

การตัดสินใจจะปฏิเสธสมมติฐานหลักเมื่อ ค่าสถิติทดสอบมากกว่าค่า $\chi^2_{(r-1)(c-1)}$ ซึ่งถ้าปฏิเสธสมมติฐานหลักแสดงว่าตัวแปรอิสระ (X) มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตาม (Y) โดยที่ r คือจำนวนแถว และ c คือจำนวนคอลัมน์

การตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบการถดถอยมัลติโนเมียลลอจิสติกจะพิจารณาค่า -2 Log Likelihood สมมติฐานที่ใช้ในการทดสอบคือ

H_0 : ตัวแบบมีความเหมาะสม

H_1 : ตัวแบบไม่มีความเหมาะสม

ในการทดสอบถ้าหาก $\chi^2_{(J-1)(I-1)}$ ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติก็คือยอมรับสมมติฐานหลัก แสดงว่า ตัวแบบมีความเหมาะสมโดยที่ J คือจำนวนกลุ่มของตัวแปรตาม และ I คือจำนวนตัวแปรอิสระใน Logit การประเมินความเชื่อถือได้ของการวิเคราะห์การถดถอยมัลติโนเมียลลอจิสติก จะนำสมการของตัวแบบที่ได้ไปทำนาย แล้วพิจารณาร้อยละของความถูกต้องในการทำนาย

3. การวิเคราะห์ปัจจัย (Factor Analysis)

เนื่องจากแบบสอบถามที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลประกอบไปด้วยข้อคำถามจำนวนมาก คือจำนวน 23 ข้อคำถาม จึงต้องใช้การวิเคราะห์ปัจจัย เพื่อลดจำนวนตัวแปรลง ซึ่งเป็นการลดความซับซ้อนในการวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป การวิเคราะห์ปัจจัยเป็นการจัดกลุ่มให้กับตัวแปรที่มีอยู่ โดยจะได้ตัวแปรใหม่ที่มีจำนวนน้อยกว่า ซึ่งการวิเคราะห์ปัจจัยคิดค้นโดย Spearman ในปี ค.ศ. 1904 แต่การวิเคราะห์ปัจจัยในสมัยนั้นยังเป็นวิธีที่ยุ่งยาก ซับซ้อน และเสียเวลามากในการวิเคราะห์ ดังนั้นการวิเคราะห์ปัจจัยจึงยังไม่เป็นที่รู้จักในหมู่นักวิจัย จนกระทั่งมีคอมพิวเตอร์ที่ใช้ช่วยในการวิเคราะห์ การวิเคราะห์ปัจจัยจึงเป็นที่รู้จักอย่างกว้างขวางในหมู่นักวิจัย การวิเคราะห์ปัจจัยนิยมใช้กันมากในการตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดทางจิตวิทยา เช่น แบบวัดเชาว์ปัญญา แบบวัดความถนัด แบบวัดความสนใจ และแบบวัดบุคลิกภาพ เป็นต้น การวิเคราะห์ปัจจัยเป็นวิธีการทางสถิติที่ใช้จัดกลุ่ม หรือรวมกลุ่มตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กันไว้ในกลุ่มเดียวกัน ซึ่งการวิเคราะห์ปัจจัยมีจุดมุ่งหมายคือเพื่อศึกษาโครงสร้างของตัวแปร และลดจำนวนตัวแปรที่มีอยู่ให้มีการรวมกันได้ โดยมีขั้นตอนการวิเคราะห์ดังนี้

1) ตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์ปัจจัย ข้อมูลต้องเป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้นจึงสามารถวิเคราะห์ปัจจัยได้ ซึ่งข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์ปัจจัยมีดังนี้
   - ตัวแปรต้องมีความสัมพันธ์กัน ตรวจสอบโดยการทดสอบ Bartlett Test of Sphericity ค่าสถิติ Bartlett's Test ควรจะมีนัยสำคัญทางสถิติ (Sig < 0.05) หมายความว่าตัวแปรแต่ละตัวมีความสัมพันธ์กัน
   - ขนาดตัวอย่างมีความเหมาะสม ตรวจสอบโดยพิจารณาจากค่า Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) โดยค่าของ KMO ควรจะมากกว่า 0.5 ถ้าขนาดตัวอย่างเหมาะสม

2) สกัดปัจจัย (Factor Extraction)

เทคนิคการสกัดปัจจัยวิธีที่นิยมใช้กันคือ การวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principal Component : PC) การวิเคราะห์ด้วยวิธีนี้ ใช้สำหรับลดจำนวนตัวแปรให้น้อยลงโดยการสร้างตัวแปรใหม่ ซึ่งตัวแปรใหม่สามารถอธิบายความผันแปรของข้อมูลให้ได้มากที่สุดโดยใช้ตัวแปรจำนวนน้อยกว่าเดิม

3) หมุนแกนปัจจัย (Factor Rotation)

เนื่องจากการสกัดปัจจัยอาจจะไม่สามารถจัดกลุ่มตัวแปรได้อย่างชัดเจนจึงทำการหมุนแกนปัจจัยเพื่อให้สามารถแปลความหมายของปัจจัยได้ง่ายขึ้น นิยมใช้การหมุนแกนแบบตั้งฉาก (Orthogonal Rotation) โดยวิธีการหมุนแบบวาริแมก (Varimax) เพราะง่ายในการแปลความหมายปัจจัย ซึ่งวิธีการนี้จะให้ค่าสูงสุดกระจายไปตามปัจจัย

4) แปลความหมาย (Interpreting Factor)

การพิจารณาว่าตัวแปรใดควรอยู่ในปัจจัยใดจะพิจารณาจากค่าน้ำหนักปัจจัย (Factor Loading) ของตัวแปรต่าง ๆ ถ้าตัวแปรดังกล่าวมีค่าน้ำหนักปัจจัยมากที่สุดในปัจจัยใดก็ให้อยู่ในปัจจัยนั้น

4. วิธีการตรวจสอบความแม่นยำในการประเมิน

4.1 เมทริกซ์ความสับสน (Confusion Matrix)

ตารางจัตุรัสที่มีสมาชิกของตารางเป็นความถี่ของผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจริงและที่ได้จากสมการทำนายหรือการทดสอบตัวอย่าง ในกรณีของตารางขนาด 2×2 มีลักษณะดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ความถี่ของผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจริงและที่ได้จากสมการทำนายหรือการทดสอบ

ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจริง	ผลลัพธ์จากสมการทำนาย		รวม
	0 (-)	1 (+)	
0 (-)	a	b	a+b
1 (+)	c	d	c+d
รวม	a+c	b+d	a+b+c+d

สมาชิกของเมทริกซ์ความสับสน ประกอบด้วย

a คือ จำนวนผลลัพธ์ลบจริง โดยลบจริง (True Negative) หมายถึง ผลลัพธ์ที่ไม่สนใจซึ่งแสดงด้วย 0 หรือเครื่องหมายลบ (-) และผลจากสมการทำนายหรือผลการทดสอบระบุว่าเป็น 0 หรือลบ

b คือ จำนวนผลลัพธ์บวกเท็จ โดยบวกเท็จ (False Positive) หมายถึง ผลลัพธ์ที่สนใจซึ่งแสดงด้วย 0 หรือเครื่องหมายลบ (-) และผลจากสมการทำนายหรือผลการทดสอบระบุว่าเป็น 1 หรือบวก

c คือ จำนวนผลลัพธ์ลบเท็จ โดยลบเท็จ (False Negative) หมายถึง ผลลัพธ์ที่ไม่สนใจซึ่งแสดงด้วย 1 หรือเครื่องหมายบวก (+) และผลจากสมการทำนายหรือผลการทดสอบระบุว่าเป็น 0 หรือลบ

d คือ จำนวนผลลัพธ์บวกจริง โดยบวกจริง (True Positive) หมายถึง ผลลัพธ์ที่สนใจซึ่งแสดงด้วย 1 หรือเครื่องหมายบวก (+) และผลจากสมการทำนายหรือผลการทดสอบระบุว่าเป็น 1 หรือบวก (Office of the Royal Society, 2015)

4.2 ความแม่นยำในการประเมินด้วยการคำนวณค่าความถูกต้อง (Accuracy)

ในการประเมินภาวะอ้วนนั้นจะดูความแม่นยำในการประเมินด้วยการคำนวณค่าความถูกต้องซึ่งจะคำนวณได้ดังสมการที่ **4**

$$\text{Accuracy} = \frac{a + d}{a + b + c + d} \qquad (4)$$

วิธีดำเนินการวิจัย

ผู้ศึกษาทำการวิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้โปรแกรม MATLAB และโปรแกรม MINITAB ซึ่งกำหนดการวิเคราะห์ไว้ดังนี้

1) นำข้อมูลพฤติกรรมสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานในโรงไฟฟ้าแม่เมาะ จังหวัดลำปาง มาตรวจสอบความครบถ้วนของข้อมูล
2) วิเคราะห์ด้วยการวิเคราะห์ปัจจัย เนื่องจากแบบสอบถามที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลประกอบไปด้วยข้อคำถามจำนวนมาก คือจำนวน 23 ข้อคำถาม จึงต้องใช้การวิเคราะห์ปัจจัย เพื่อลดจำนวนตัวแปรลง ซึ่งเป็นการลดความซับซ้อนในการวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป
3) นำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยปัจจัยมาศึกษาต่อด้วยการวิเคราะห์โดยใช้ FRBS ซึ่งเริ่มจากการกำหนดตัวแปรภาษา จากนั้นกำหนดฟังก์ชันสมาชิกและค่าความเป็นสมาชิกของแต่ละตัวแปร แล้วนำตัวแปรภาษาและฟังก์ชันสมาชิกไปสร้างกฎเกณฑ์ในระบบฟัซซี จากนั้นเข้าสู่การอนุมานฟัซซี คือเป็นการประเมินภาวะอ้วนโดยใช้ FRBS และตรวจสอบความแม่นยำในการใช้ FRBS ไปประเมินภาวะอ้วน
4) นำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยปัจจัยมาศึกษาต่อด้วยการวิเคราะห์การถดถอยมัลติโนเมียลลอจิสติก ซึ่งเริ่มจากนำตัวแปรอิสระทั้งหมดที่มีผลต่อภาวะอ้วน ได้แก่ ข้อมูลทั่วไปของผู้ปฏิบัติงานในโรงไฟฟ้าแม่เมาะจังหวัดลำปาง และตัวแปรที่ได้จากการวิเคราะห์ปัจจัยเข้าสู่การวิเคราะห์ หลังจากได้ตัวแบบที่มีความเหมาะสมแล้วจะดูความแม่นยำในการประเมินภาวะอ้วนจากตัวแบบที่ได้จากการวิเคราะห์
5) เปรียบเทียบความแม่นยำในการประเมินภาวะอ้วนระหว่างการใช้ระบบกฎเกณฑ์ฟัซซีกับ การถดถอยมัลติโนเมียลลอจิสติก โดยใช้เกณฑ์ในการประเมินโดยการคำนวณค่าความถูกต้องของการประเมินภาวะอ้วนโดยใช้ FRBS และการประเมินภาวะอ้วนจากตัวแบบที่ได้จากการวิเคราะห์การถดถอยมัลติโนเมียลลอจิสติก แล้วนำมาเปรียบเทียบกัน
6) สรุปผลการศึกษา

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่าง คือ ผู้ปฏิบัติงานในโรงไฟฟ้าแม่เมาะ ที่มีรายชื่ออยู่ในฐานข้อมูลการตรวจสุขภาพของกองการแพทย์และอนามัยโรงไฟฟ้าแม่เมาะ พ.ศ. 2555 ถึง พ.ศ. 2557 ที่สุ่มโดยใช้การสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งชั้นภูมิ (Stratified Sampling) โดยแบ่งเป็น 3 ชั้นภูมิตามช่วงอายุของผู้ปฏิบัติงานได้แก่

1. ผู้ปฏิบัติงานที่มีอายุ 18 - 25 ปี โดยจัดว่าช่วงอายุนี้คือช่วงวัยรุ่น
2. ผู้ปฏิบัติงานที่มีอายุ 26 - 40 ปี โดยจัดว่าช่วงอายุนี้คือช่วงวัยผู้ใหญ่ตอนต้น
3. ผู้ปฏิบัติงานที่มีอายุ 41- 59 ปี โดยจัดว่าช่วงอายุนี้คือช่วงวัยกลางคน

เนื่องจาก ผู้ปฏิบัติงานในแต่ละช่วงอายุมีความสมบูรณ์ทางด้านร่างกายและจิตใจที่แตกต่างกัน รวมทั้งมีบทบาทหน้าที่ค่อนข้างต่างกัน ซึ่งส่งผลต่อการดำเนินชีวิตประจำวัน นอกจากนี้ระบบการเผาผลาญพลังงานในร่างกายจะมีอัตราการเผาผลาญที่ลดลงเมื่ออายุเพิ่มมากขึ้น ด้วยเหตุผลดังกล่าว อาจทำให้พฤติกรรมสุขภาพต่างกัน ผู้ศึกษาจึงใช้อายุเป็นเกณฑ์ในการจำแนกชั้นภูมิ จากนั้นทำการสุ่มตัวอย่างจากแต่ละชั้นภูมิ ด้วยวิธีการสุ่มตัวอย่างอย่างง่าย (Simple Random Sampling) ได้ผู้ปฏิบัติงานที่เป็นหน่วยตัวอย่างจำนวน 237 คน

การวิเคราะห์ปัจจัย

เนื่องจากแบบสอบถามที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลประกอบไปด้วยข้อคำถามจำนวนมาก คือจำนวน 23 ข้อคำถาม จึงต้องใช้การวิเคราะห์ปัจจัย เพื่อลดจำนวนตัวแปรลง ซึ่งเป็นการลดความซับซ้อนในการวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป การวิเคราะห์ปัจจัยเป็นการจัดกลุ่มให้กับตัวแปรที่มีอยู่ โดยจะได้ตัวแปรใหม่ที่มีจำนวนน้อยกว่า ซึ่งขั้นตอนการวิเคราะห์ปัจจัยจะเริ่มจากการตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์ก่อน ข้อตกลงเบื้องต้นนี้คือขนาดตัวอย่างต้องเหมาะสม และตัวแปรแต่ละตัวที่นำมาวิเคราะห์จะต้องมีความสัมพันธ์กัน ถ้าข้อมูลเป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้นแล้วจะสามารถวิเคราะห์ปัจจัยต่อได้ และนำผลจากการวิเคราะห์มาพิจารณาค่าน้ำหนักปัจจัยของตัวแปรต่าง ๆ ว่ามีค่ามากที่สุดอยู่ที่ปัจจัยใด ก็จัดว่าเป็นตัวแปรที่วัดปัจจัยนั้น ซึ่งค่าน้ำหนักปัจจัยควรจะมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0.3

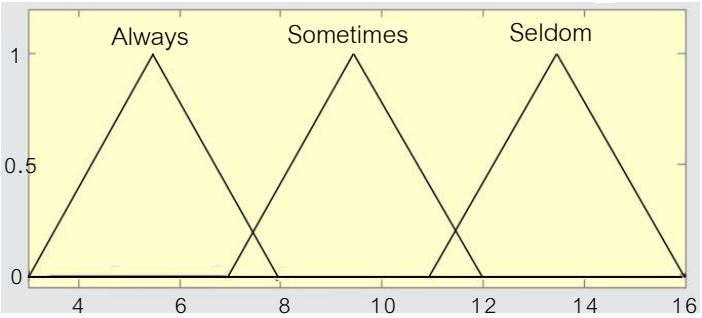
การวิเคราะห์โดยใช้ FRBS

องค์การอนามัยโลกได้กำหนดเกณฑ์ดัชนีมวลกาย (BMI) สำหรับคนเอเชียไว้ดังนี้

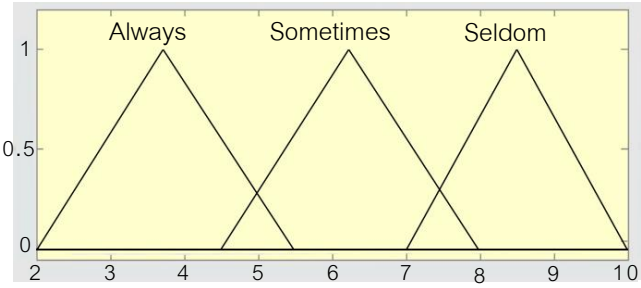
BMI $<$ 18.5 กิโลกรัม/(เมตร)^2	ผอม
BMI 18.5 - 22.9 กิโลกรัม/(เมตร)^2	ปกติ
BMI 23.0 - 24.9 กิโลกรัม/(เมตร)^2	น้ำหนักเกิน
BMI $\geq$ 25.0 กิโลกรัม/(เมตร)^2	อ้วน

เนื่องจากตัวอย่างที่มีค่าดัชนีมวลกายอยู่ในกลุ่มผอมมีน้อยมากคือมีจำนวน 4 คนซึ่งไม่สามารถทำการวิเคราะห์โดยใช้เกณฑ์ดังกล่าวได้ การศึกษานี้จึงแบ่งกลุ่มดัชนีมวลกายออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ ปกติ น้ำหนักเกิน และอ้วน ซึ่งใช้ฟังก์ชันสมาชิกเป็นแบบสามเหลี่ยมโดยตัวแปรตามคือ ดัชนีมวลกาย ซึ่งมีค่าของตัวแปรภาษาได้แก่ Normal, Overweight และ Obese โดย Normal เป็นกลุ่มปกติ Overweight เป็นกลุ่มน้ำหนักเกิน และ Obese เป็นกลุ่มอ้วน ซึ่งตัวแปรภาษาและค่าของฟังก์ชันสมาชิกคือ Normal = {16, 19.5, 23} Overweight = {21, 23.5, 26} และ Obese = {24, 30.5, 37} ดังรูปที่ 4 ส่วนตัวแปรภาษาและค่าของฟังก์ชันสมาชิกของตัวแปรอิสระซึ่งประกอบไปด้วย 11 ตัวแปร จำแนกเป็น 2 ส่วนดังนี้ ส่วนแรกคือตัวแปรข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ได้แก่ ฝ่ายงาน คือ Part1 = {0, 1, 2} Part2 = {1, 2, 3} Part3 = {2, 3, 4} Part4 = {3, 4, 5} และ Part5 = {4, 5, 6} เพศ คือ Male = {0, 1, 2} และ Female = {1, 2, 3} อายุ คือ 18 – 25 ปี = {0, 1, 2} 26 – 40 ปี = {1, 2, 3} และ 41 – 59 ปี = {2, 3, 4} โรคประจำตัว คือ No = {0, 1, 2} และ Yes = {1, 2, 3} และสถานภาพ คือ Single = {0, 1, 2} Married = {1, 2, 3} และ Separated = {2, 3, 4} ส่วนที่สองคือตัวแปรที่ได้จากการวิเคราะห์ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัยที่ 1 ปัจจัยที่ 2 ปัจจัยที่ 3 ปัจจัยที่ 4 ปัจจัยที่ 5 และ ปัจจัยที่ 6 ซึ่งมีส่วนตัวแปรภาษาและค่าของฟังก์ชันสมาชิกเป็นดังนี้ ปัจจัยที่ 1 และ 2 คือ Always = {3, 5.5, 8} Sometimes = {7, 9.5, 12} และ Seldom = {11, 13.5, 16} ปัจจัยที่ 3 คือ Always = {2, 3.75, 5.5} Sometimes = {4.5, 6.25, 8} และ Seldom = {7, 8.5, 10} และปัจจัยที่ 4, 5 และ 6 คือ Always = {1, 2.25, 3.5} Sometimes = {2.5, 3.75, 5} และ Seldom = {4, 5.5, 7} ดังภาพที่ 5 ถึง 7

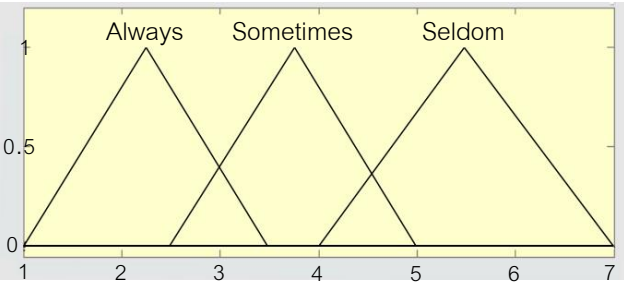
ภาพที่ 4 ตัวแปรภาษาและค่าของฟังก์ชันสมาชิกของตัวแปรตาม



ภาพที่ 5 ตัวแปรภาษาและค่าของฟังก์ชันสมาชิกของปัจจัยที่ 1 และ 2



ภาพที่ 6 ตัวแปรภาษาและค่าของฟังก์ชันสมาชิกของปัจจัยที่ 3



ภาพที่ 7 ตัวแปรภาษาและค่าของฟังก์ชันสมาชิกของปัจจัยที่ 4, 5 และ 6

การวิเคราะห์การถดถอยมัลติโนเมียลลอจิสติก

ในการศึกษานี้ตัวแปรตาม คือ ดัชนีมวลกาย ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มปกติ กลุ่มน้ำหนักเกิน และกลุ่มอ้วน ซึ่งการวิเคราะห์การถดถอยมัลติโนเมียลลอจิสติก ตัวแปรตามก็คือ ดัชนีมวลกาย ตัวแปรอิสระประกอบไปด้วย 2 ส่วนคือ ข้อมูลทั่วไป และปัจจัยด้านพฤติกรรมสุขภาพที่ได้จากการวิเคราะห์ปัจจัย วิเคราะห์ข้อมูลโดยนำตัวแปรอิสระทั้งหมดเข้าตัวแบบ และทดสอบทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับสัมประสิทธิ์ความถดถอยลอจิสติก จะได้ตัวแบบการถดถอยมัลติโนเมียลลอจิสติกที่ประกอบไปด้วยตัวแปรอิสระที่ส่งผลต่อตัวแปรตามจากนั้นตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบ และตรวจสอบความแม่นยำในการใช้ ตัวแบบที่ได้จากการวิเคราะห์การถดถอยมัลติโนเมียลลอจิสติกไปประเมินภาวะอ้วนโดยใช้เกณฑ์ในการประเมินโดยการคำนวณค่าความถูกต้อง

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

1. **การพรรณนาข้อมูล**

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาเป็นข้อมูลของผู้ปฏิบัติงานในโรงไฟฟ้าแม่เมาะจังหวัดลำปางซึ่งมีจำนวนดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ข้อมูลทั่วไปของผู้ปฏิบัติงานในโรงไฟฟ้าแม่เมาะจังหวัดลำปาง

ฝ่าย	เพศ	อายุ	โรคประจำตัว	สถานภาพ	ดัชนีมวลกาย
ชฟฟ2. = 24	ชาย = 184	18-25 ปี = 10	ไม่มี = 143	โสด = 27	< 18.5 = 4
ศกม-ฟ. = 8	หญิง = 47	26-40 ปี = 18	มี = 94	สมรส = 194	18.5-22.9 = 60
อฟม. = 84		41-59 ปี = 209		หม้าย / หย่า / แยกกันอยู่ = 16	23.0-24.9 = 63
อรม. = 80					≥ 25 = 100
อจม. = 41					

* ไม่ระบุเพศ 6 คน และไม่ทราบค่าดัชนีมวลกาย 10 คน

2. **การวิเคราะห์ปัจจัย**

จากการวิเคราะห์ปัจจัยพบว่าค่าสถิติ KMO (0.676) และ Bartlett's Test of Sphericity (= 1212.84, sig < 0.001) แสดงให้เห็นว่าขนาดของกลุ่มตัวอย่างมีความเหมาะสม และตัวแปรแต่ละตัวมีความสัมพันธ์กัน ดังนั้นข้อมูลสามารถนำไปวิเคราะห์ปัจจัยต่อได้ ซึ่งจากการวิเคราะห์ปัจจัยสามารถจัดกลุ่มปัจจัยจาก 23 ข้อคำถามดังตารางที่ 3 ได้เป็น 6 ปัจจัย โดยปัจจัยที่ 1 ประกอบไปด้วยคำถามข้อที่ 14, 15, 16, 17, 18 และ 19 ปัจจัยที่ 2 ประกอบไปด้วยคำถามข้อที่ 4, 5, 6, 7, 9 และ 10 ปัจจัยที่ 3 ประกอบไปด้วยคำถามข้อที่ 1, 2, 3, และ 8 ปัจจัยที่ 4 ประกอบไปด้วยคำถามข้อที่ 22 และ 23 ปัจจัยที่ 5 ประกอบไปด้วยคำถามข้อที่ 11 และ 12 ส่วนปัจจัยที่ 6 ประกอบไปด้วยคำถามข้อที่ 20 และ 21 ดังตารางที่ 4 เนื่องจากข้อคำถามที่ 13 มีค่าน้ำหนักปัจจัยต่ำมากไม่สามารถจัดให้อยู่ในปัจจัยใดได้ หรืออาจกล่าวได้ว่าข้อคำถามที่ 13 ไม่มีความสัมพันธ์กับปัจจัยใดเลย จึงไม่นำข้อคำถามที่ 13 มาวิเคราะห์

ตารางที่ 3 ข้อคำถามในแบบสอบถามที่ใช้ในการศึกษา

1. ทานอาหารครบ 3 มื้อ	13. ตรวจเช็คสุขภาพร่างกายประจำปี
2. ทานอาหารมื้อเช้า	14. ทานอาหารที่มีไขมันมาก อาหารจำพวกทอด อาหารที่มีกะทิ
3. ทานอาหารมื้อเย็นก่อนเวลาเข้านอนไม่น้อยกว่า 4 ชั่วโมง	15. ทานอาหารรสจัด เช่น รสหวาน รสเค็ม เป็นต้น
4. ทานอาหารครบ 5 หมู่	16. ทานอาหารปรุงสำเร็จ อาหารแช่แข็งหรืออาหารกึ่งสำเร็จรูป
5. ทานผักและผลไม้สดชนิดต่างๆ รวมกันประมาณ 0.5 กิโลกรัมต่อวัน	17. ทานของหวานและขนมที่มีแป้ง ครีมและเนย หรือน้ำตาลมาก
6. ทานปลาอย่างน้อยวันละ 1 มื้อ	18. ทานขนมขบเคี้ยว
7. ทานอาหารประเภท ต้ม นึ่ง ลวก อบ ยำหรือหมก	19. ดื่มน้ำอัดลม
8. ดื่มน้ำวันละ 6–8 แก้ว	20. ดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของคาเฟอีน เช่น ชา กาแฟ เป็นต้น
9. ดื่มนมรสจืดหรือนมถั่วเหลือง วันละ 1-2 แก้ว	21. ดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ เช่น เหล้า เบียร์ เป็นต้น
10. ออกกำลังกายต่อเนื่องอย่างน้อย 30 นาทีต่อครั้ง	22. สูบบุหรี่
11. นอนหลับไม่น้อยกว่าวันละ 6-8 ชั่วโมง	23. อยู่ในบริเวณที่มีควันบุหรี่ / มีผู้สูบบุหรี่
12. อารมณ์ดี ไม่เครียด	

ตารางที่ 4 ข้อคำถามและปริมาณความสัมพันธ์จำแนกตามองค์ประกอบ

ปัจจัยที่ 1		**ปัจจัยที่ 2**		**ปัจจัยที่ 3**		**ปัจจัยที่ 4**		**ปัจจัยที่ 5**		**ปัจจัยที่ 6**	
คำถามข้อที่	ค่าน้ำหนักปัจจัย	คำถามข้อที่	ค่าน้ำหนักปัจจัย	คำถามข้อที่	ค่าน้ำหนักปัจจัย	คำถามข้อที่	ค่าน้ำหนักปัจจัย	คำถามข้อที่	ค่าน้ำหนักปัจจัย	คำถามข้อที่	ค่าน้ำหนักปัจจัย
17	0.758	6	0.754	1	0.811	22	0.855	12	0.862	21	0.756
18	0.701	5	0.724	2	0.784	23	0.830	11	0.724	20	0.548
14	0.658	7	0.610	3	0.482						
15	0.654	4	0.577	8	0.392						
16	0.654	9	0.467								
19	0.597	10	0.399								

3. **ระบบกฎเกณฑ์ฟัซซี** (FRBS)

ในระบบสร้างกฎตามข้อมูลตัวอย่างซึ่งได้กฎทั้งหมดที่ใช้ในระบบจำนวน 227 กฎ และนำมาแสดงให้ดูเป็นตัวอย่าง 5 กฎ ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 กฎที่ใช้ในระบบฟัซซี

กฎ	ตัวแปรอิสระ	ตัวแปรตาม
1	IF Part = 1 and Gender = Male and Age = 18 - 25 and Disease = No and Status = Single and Factor 1 = Sometimes and Factor 2 = Always and Factor 3 = Always and Factor 4 = Seldom and Factor 5 = Always and Factor 6 = Always	BMI=Overweight
2	IF Part = 1 and Gender = Male and Age = 26 - 40 and Disease = No and Status = Marry and Factor 1 = Always and Factor 2 = Always and Factor 3 = Always and Factor 4 = Seldom and Factor 5 = Always and Facto 6 = Always	BMI=Normal
3	IF Part = 1 and Gender = Male and Age = 26 - 40 and Disease = Yes and Status = Marry and Factor 1 = Sometimes and Factor 2 = Sometimes and Factor 3 = Always and Factor 4 = Seldom and Factor 5 = Sometimes and Factor 6 = Always	BMI=Obese
4	IF Part = 1 and Gender = Male and Age = 41 - 59 and Disease = Yes and Status = Marry and Factor 1 = Sometimes and Factor 2 = Sometimes and Factor 3 = Always and Factor 4 = Seldom and Factor 5 = Sometimes and Factor 6 = Sometimes	BMI=Obese
5	IF Part = 1 and Gender = Male and Age = 41 - 59 and Disease = No and Status = Single and Factor 1 = Sometimes and Factor 2 = Always and Factor 3 = Always and Factor 4 = Seldom and Factor 5 = Always and Factor 6 = Always	BMI=Normal

จากการนำกฎจำนวน 227 กฎที่ได้ไปใช้ในการประเมินภาวะอ้วนโดยใช้ข้อมูลตัวอย่างเดิม พบว่าการประเมินภาวะอ้วนโดยการใช้ FRBS สามารถประเมินถูกร้อยละ 78 โดยในกลุ่มที่อยู่ในภาวะอ้วนสามารถประเมินได้ถูกทั้งหมด กลุ่มที่ปกติสามารถประเมินถูกร้อยละ 72 ส่วนน้ำหนักเกินสามารถประเมินถูกร้อยละ 48 ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ผลการประเมินภาวะอ้วนจากค่าสังเกตโดยใช้ FRBS

ข้อมูลจากตัวอย่าง	ผลการประเมิน (จำนวน : คน)			
	ปกติ	น้ำหนักเกิน	อ้วน	ร้อยละที่ประเมินถูก
ปกติ	46*	1	17	71.88
น้ำหนักเกิน	1	30*	32	47.62
อ้วน	0		100*	100.00
ร้อยละที่ประเมินถูกทั้งหมด				77.53

* ประเมินได้ถูกต้อง

4. การวิเคราะห์การถดถอยมัลติโนเมียลลอจิสติก

จากการวิเคราะห์การถดถอยมัลติโนเมียลลอจิสติกพบว่าตัวแปรอิสระที่ส่งผลต่อตัวแปรตาม ได้แก่ เพศ และอายุ ซึ่งจากการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรเพศและอายุ พบว่า เพศและอายุไม่มีความสัมพันธ์กัน ดังนั้นตัวแบบที่ได้จากการวิเคราะห์จึงได้ดังสมการที่ 5 และ 6

$$\log\left[\frac{P(\text{Normal})}{P(\text{Obese})}\right] = 0.409 - 1.43(\text{Gender} = \text{Male}) + 1.776(\text{Age} = 18-25) + 1.851(\text{Age} = 26-40) \quad (5)$$

$$\log\left[\frac{P(\text{Overwight})}{P(\text{Obese})}\right] = 0.061 - 0.650(\text{Gender}=\text{Male}) + 0.477(\text{Age}=18\text{-}25) + 0.245(\text{Age}=26\text{-}40) \quad (6)$$

เมื่อนำตัวแบบที่ได้ไปใช้ในการประเมินภาวะอ้วนโดยใช้ข้อมูลตัวอย่างเดิม พบว่าการประเมินภาวะอ้วนสามารถประเมินถูกร้อยละ 51 โดยกลุ่มที่อยู่ในภาวะอ้วนสามารถประเมินถูกร้อยละ 82 กลุ่มปกติสามารถประเมินถูกร้อยละ 52 แต่กลุ่มน้ำหนักเกินไม่สามารถประเมินได้ถูกเลย ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ผลการประเมินภาวะอ้วนจากค่าสังเกตโดยใช้ตัวแบบที่ได้จากการวิเคราะห์การถดถอยมัลติโนเมียลลอจิสติก

ข้อมูลจากตัวอย่าง	**ผลการประเมิน (จำนวน : คน)**			
	ปกติ	น้ำหนักเกิน	อ้วน	ร้อยละที่ประเมินถูก
ปกติ	33*	0	31	51.60
น้ำหนักเกิน	18	0*	45	0.00
อ้วน	18	0	82*	82.00
ร้อยละที่ประเมินถูกทั้งหมด				50.70

* ประเมินได้ถูกต้อง

จากผลการเปรียบเทียบความแม่นยำในการประเมินภาวะอ้วนจากการใช้การวิเคราะห์การถดถอยมัลติโนเมียลลอจิสติก และจากการประยุกต์ใช้ FRBS ในการประเมินภาวะอ้วนจะเห็นได้ว่า การประเมินภาวะอ้วนโดยการใช้ FRBS มีความแม่นยำสูงกว่า ในระบบฟัซซีใช้ตัวแปรอิสระทุกตัวในการประเมินภาวะอ้วนในขณะที่ตัวแบบที่ได้จากการวิเคราะห์การถดถอยมัลติโนเมียลลอจิสติก ใช้ตัวแปรอิสระเพียง 2 ตัวคือ เพศ และอายุ อาจเป็นเพราะจำนวนตัวแปรอิสระที่ใช้ในการประเมินภาวะอ้วนของระบบฟัซซีมากกว่า และในการศึกษานี้ใช้ข้อมูลของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดในการสร้างตัวแบบของการวิเคราะห์การถดถอยมัลติโนเมียลลอจิสติก และกฎในระบบฟัซซีสร้างมาจากข้อมูลของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดด้วย ส่วนการประเมินความแม่นยำในการประเมินภาวะอ้วนก็ใช้ข้อมูลชุดเดิม จึงอาจส่งผลให้ระบบฟัซซีมีความแม่นยำสูงกว่า ซึ่งจากการศึกษาก็พบว่าการประเมินภาวะอ้วนโดยการใช้ระบบกฎเกณฑ์ฟัซซีมีความเหมาะสมกับข้อมูลชุดนี้มากกว่าการประเมินภาวะอ้วนโดยการใช้ตัวแบบที่ได้จากการวิเคราะห์การถดถอยมัลติโนเมียลลอจิสติก หากในการศึกษาตัวอย่างมีขนาดใหญ่การประยุกต์ใช้ระบบกฎเกณฑ์ฟัซซีจะเหมาะสมกว่า แต่ถ้าในการศึกษาตัวอย่างมีขนาดเล็กควรใช้การวิเคราะห์การถดถอยมัลติโนเมียลลอจิสติก

สรุปผลการวิจัย

จากการนำตัวแบบที่ได้จากการวิเคราะห์การถดถอยมัลติโนเมียลลอจิสติกไปใช้ในการประเมินภาวะอ้วนของผู้ปฏิบัติงานในโรงไฟฟ้าแม่เมาะจังหวัดลำปาง พบว่าการประเมินภาวะอ้วนสามารถประเมินถูกร้อยละ 51 โดยกลุ่มที่อยู่ในภาวะอ้วนสามารถประเมินถูกร้อยละ 82 กลุ่มปกติสามารถประเมินถูกร้อยละ 52 แต่กลุ่มน้ำหนักเกินไม่สามารถประเมินได้ถูกเลย ในขณะที่การนำ FRBS มาประยุกต์ใช้ในการประเมินภาวะอ้วนโดยใช้ข้อมูลทั่วไปและพฤติกรรมสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานในโรงไฟฟ้าแม่เมาะจังหวัดลำปาง ซึ่งในระบบฟัซซีตัวแปรภาษาและค่าของฟังก์ชันสมาชิกของตัวแปรตามคือ Normal = {16, 19.5, 23} Overweight = {21, 23.5, 26} Obese = {24, 30.5, 37} ซึ่งสร้างกฎในระบบได้ทั้งหมด 227 กฎ พบว่าการประเมินภาวะอ้วนโดยการใช้ FRBS สามารถประเมินถูกร้อยละ 78 โดยในกลุ่มที่อยู่ในภาวะอ้วนสามารถประเมินได้ถูกทั้งหมด กลุ่มที่ปกติสามารถประเมินถูกร้อยละ 72 ส่วนน้ำหนักเกินสามารถประเมินถูกร้อยละ 48 ซึ่งผลการประเมินมีความแม่นยำสูงกว่า

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาสำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาและการอนุเคราะห์เป็นอย่างดีจากกองการแพทย์และอนามัยโรงไฟฟ้าแม่เมาะจังหวัดลำปาง รวมทั้งการคณะคณะวิทยาศาสตร์ และวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ที่ให้ใช้ทรัพยากรต่างๆ ในการช่วยการวิเคราะห์ข้อมูลจนสำเร็จ

เอกสารอ้างอิง

BomezzZ Enterprises. FUZZY LOGIC. Retrieved October 10, 2015, from https://www.scribd.com/document/82775047/Fuzzy-Logic 3 กันยายน 2560

Damapong, S. (2008). *Manual…Normal Weight Organization*. (1). Bangkok: The War Veterans Organization of Thailand Printing House. (in Thai)

Demir, M., Basaran, M. & Simonetti, B. (2016). Determining factors affecting healthcare service satisfaction utilizing fuzzy rule-based systems. *Journal of Applied Statistics*, *43*(13), 2474-2489.

Folk Doctor Thailand. *Abdominal Obesity…Danger*. Retrieved October 10, 2015, from https://goo.gl/ZImnWV. (in Thai)

Health Station. (2015). *Thai Health 2015 11 Obesity Indicators*. Retrieved October 10, 2015, from http://www.healthstation.in.th/action/viewarticle/827. (in Thai)

Jiawiwatkul, U. (2010). Multiple logistic. (2). In Research Zone Phrase 14th. (pp. 2-53). Bangkok: National Research Council of Thailand. (in Thai)

Nithiyanan, W. (2011). *Obesity and Abdominal Obesity*. (1). Bangkok: Sukhumvit Media Marketing Co.,Ltd. (in Thai)

Office of the Royal Society. (2015). Dictionary of Statistics the Royal Society. (1). Bangkok: Office of the Royal Society. (in Thai)

Pongsapakdee, W. (1998). Analysis of Categorical Data : Theories and Applications with GLIM and SPSS/FW. (2). Nakhon Pathom: Silpakorn University Printinghouse. (in Thai)

Rawinij, P. & Sattham, A. (2016). Factor Associated with the Metabolic Syndrome in Chamab Sub-district, Wang Noi District, Ayutthaya Province. *APMEIT Journals*, *5*(4), 33-47. (in Thai)

Suwaphan, *A. Fuzzy Logic*. Retrieved September 3, 2017, from https://goo.gl/g1SxGn. (in Thai)

Thai Health Promotion Foundation. *Abdominal Obesity*. Retrieved October 10, 2015, from http://resource.thaihealth.or.th/taxonomy/term/1627. (in Thai)

Thairath Online. *Abdominal Obesity…Disaster Warning Health Hazards*. Retrieved October 10, 2015, from http://www.thairath.co.th/content/188331. (in Thai)

Thoobjeen, S. Rattanasiriwongwut, M. & Tiantong, M. (2017). Fuzzy Set Greading for Student's Learning Assesment. Thai Journal of Science and Technology, *25*(3), 388-400. (in Thai)

Wanijbancha, K. (2009). *Analysis Data for Multiple Variables with SPSS for Windows*. (4). Bangkok: Chulalongkorn University Press. (in Thai)