# การสร้างแบบจำลองเพื่อพยากรณ์การเกิดแผลที่เท้าของผู้ป่วยโรคเบาหวานโดยใช้เทคนิคเหมืองข้อมูล

# Building Diabetic Foot Ulcer Prediction Models using Data Mining Techniques

บรรจบ ดลกุล[1*] จารี ทองคำ[2] วาทินี สุขมาก[3]

Banchop Dolkool[1*], Jaree Thongkam[2] Vatinee Sukmak[3]

Received: 11 November 2013 ; Accepted: 1 March 2014

## บทคัดย่อ

การสร้างแบบจำลองเพื่อการพยากรณ์การเกิดแผลที่เท้าของผู้ป่วยโรคเบาหวานเป็นงานวิจัยที่ท้าทาย เพราะโรคเบาหวานเป็นโรคเรื้อรังที่มีอัตราการป่วยเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องทุกปี งานวิจัยฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างแบบจำลองในการพยากรณ์การเกิดแผลที่เท้าของผู้ป่วยโรคเบาหวาน เพื่อช่วยในการวางแผนการรักษาและป้องกันการเกิดแผลที่เท้าของผู้ป่วยโรคเบาหวาน โดยใช้เทคนิคโครงข่ายประสาทเทียม (ANN) ซัพพอร์ตเวคเตอร์แมทชีน (SVM) และต้นไม้ตัดสินใจ (C4.5) ซึ่งเป็นเทคนิคที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย และสามารถสร้างแบบจำลองได้อย่างมีประสิทธิภาพ งานวิจัยนี้ได้ทำการวัดประสิทธิภาพแบบจำลองด้วยค่าความแม่นยำ (Accuracy) ค่าความไว(Sensitivity) และค่าความจำเพาะ (Specificity) คณะผู้วิจัยประสบผลสำเร็จในการสร้างแบบจำลองด้วยเทคนิค C4.5 โดยมีความแม่นยำในการพยากรณ์ที่ 75.90% และค่าความไวที่ 80.50%

**คำสำคัญ :** แผลที่เท้าเบาหวาน เหมืองข้อมูล โครงข่ายประสาทเทียม ซัพพอร์ตเวคเตอร์แมทชีน ต้นไม้ตัดสินใจ

## Abstract

Building Prediction models for diabetic foot ulcers is a challenging research. This is due to the fact that diabetes is a chronic disease with incidence rate increasing steadily every year. This research aims to create a model for predicting diabetic foot ulcers to help in planning treatment and prevention of foot ulcers in patients with diabetes using an artificial neural network (ANN), support vector machine (SVM) and decision tree (C4.5), which are commonly used techniques that can build efficient models. This research has measured performance models with accuracy, sensitivity and the specificity, respectively. The researchers succeeded in creating a C4.5 model-technique with accuracy in predicting up to75.90% and 80.50% for sensitivity.

**Keywords**: Diabetic Foot Ulcer, Data Mining, Artificial Neural Network, Support Vector Machine, Decision tree

## บทนำ

โรคเบาหวานเป็นโรคเรื้อรังที่มีอัตราป่วยและอัตราความชุกทั่วโลกเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องทุกปี โดยเมื่อปี พ.ศ. 2543 พบว่า มีประชากรทั่วโลกป่วยเป็นโรคเบาหวาน 171 ล้านคน หรือคิดเป็นร้อยละ 2.8 และคาดว่าจะเพิ่มเป็น 366 ล้านคน หรือคิดเป็นร้อยละ 4.4 ในปีพ.ศ.2573[1] และจากสถิติโรคเบาหวานในประเทศไทยพบว่า เมื่อ พ.ศ. 2551 ผู้ป่วย เพิ่มจาก 388,551คน คิดเป็น 675.74 ต่อแสนประชากร เป็น 674,826 คน คิดเป็น 1,050.05 ต่อแสนประชากรในปีพ.ศ. 2555[2] แสดงให้เห็นว่าโรคเบาหวานเป็นปัญหาสาธารณสุขทั่วโลกและเป็นปัญหาสำคัญของประเทศไทยด้วย อีกทั้งยังพบว่าโรคเบาหวานเป็นหนึ่งในสิบของโรคที่เป็นสาเหตุสำคัญของการ

[1] *นิสิตปริญญาโท,[2]ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คณะวิทยาการสารสนเทศ, [3]รองศาสตราจารย์ คณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150*

[1] *Master degree student, [2]Assist. Prof., Faculty of Informatics, Mahasarakham University, Kantharawichai District, Mahasarakham 44150, Thailand*

[3] *Assoc. Prof., Faculty of Nursing, Mahasarakham University, Kantharawichai District, Maha sarakham 44150, Thailand.*

* *Corresponding Author, Banchop Dolkool Faculty of Informatics, Mahasarakham University, Kantharawichai District, Maha sarakham 44150, Thailand. Tel. 09-2983-8959,08-7236-0351 , E-mail : Banchop2014@gmail.com*

เสียชีวิตและก่อให้เกิดความพิการ ซึ่งมีสาเหตุมาจากภาวะแทรกซ้อน โดยเฉพาะอย่างยิ่งภาวะแทรกซ้อนทางเท้าซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดแผล ที่เท้าในระยะต่อมาทำให้มีความเสี่ยงต่อการถูกตัดขามากกว่าผู้ป่วยที่ไม่เป็นเบาหวานถึง 25 เท่า [3] นักวิจัยที่ทำการศึกษาโรคเบาหวานกับการเกิดแผลที่เท้าส่วนใหญ่ได้วิเคราะห์การเกิดแผลที่เท้าของผู้ป่วยเบาหวานด้วยสถิติ Chi_square test [4-6] แต่ปัจจุบันพบว่าเหมืองข้อมูลได้เข้ามามีบทบาทอย่างมากในการวิเคราะห์ข้อมูลทางการแพทย์ เช่น งานวิจัยของ Xue-Hui Meng และคณะ[7] ได้ทำการวิเคราะห์ตัวแปรพื้นฐานในคนไข้กลุ่มที่ยืนยันว่าเป็นเบาหวานจำนวน 735 คน และกลุ่มคนปกติจำนวน 752 คน เปรียบเทียบแบบจำลอง 3 รูปแบบ คือ Artificial Neural Network (ANN), Decision Tree , Logistic Regression ในการพยากรณ์การเกิดโรคเบาหวาน ผลสรุป คือ Decision Tree มีความแม่นยำในการแบ่งกลุ่มสูงสุด และงานวิจัยของเสกสันติ พร้อมด้วยคณะ [8] ได้ทำการสร้างแบบจำลองวางแผนการรักษาโรคเรื้อรังประเภทเบาหวานเพื่อช่วยให้แพทย์วินิจฉัยได้แม่นยำขึ้น ด้วยต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree : C4.5) วิเคราะห์ข้อมูลการรักษาผู้ป่วยเรื้อรัง จำนวน 6,864 ระเบียน ตัวแปร คือ เพศ อายุ ดัชนีมวลกาย ผลการตรวจระดับน้ำตาลในเลือด ผลการตรวจการทำงานของไต วัดประสิทธิภาพความถูกต้อง (Correctly Classified Instances ) ค่าสูงสุดที่ 83.05% ค่าต่ำสุดที่ 16.95% และวัดค่าความคลาดเคลื่อน (Root Mean Squared Error : RMSE) ได้14.37% จากตัวอย่างงานวิจัยดังได้กล่าวมานั้นทำให้ทราบว่าการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเหมืองข้อมูลสามารถช่วยนำข้อมูลที่มีอยู่มาทำการวิเคราะห์เพื่อพยากรณ์การเกิดโรคและวางแผนการรักษาล่วงหน้าได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำ

งานวิจัยนี้จึงเสนอแบบจำลองเพื่อพยากรณ์การเกิดแผลที่เท้าของผู้ป่วยโรคเบาหวาน โดยใช้เทคนิคเหมืองข้อมูลประกอบด้วยเทคนิคโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network) เทคนิคซัพพอร์ตเวคเตอร์

แมทชีน (Support Vector Machine ) และเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ (C4.5) เพื่อช่วยในการสนับสนุนและเพิ่มประสิทธิภาพการวินิจฉัยของแพทย์รวมถึงสนับสนุนและเพิ่มประสิทธิภาพการวางแผนควบคุมและป้องกันการเกิดแผลที่เท้าของผู้ป่วยโรคเบาหวาน

## ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1. โรคเบาหวาน

โรคเบาหวาน (Diabetic Mellitus) เป็นโรคในระบบต่อมไร้ท่อชนิดหนึ่งที่ร่างกายมีระดับน้ำตาล ในเลือดสูงเพราะร่างกายไม่สามารถนำน้ำตาลในเลือดที่ได้จากการรับประทานอาหารไปใช้ได้ตามปกติ [9, 10] ทั้งนี้อาจมีสาเหตุจากตับอ่อนผลิตฮอร์โมนอินซูลิน (Insulin) ซึ่งเป็นตัวทำหน้าที่ช่วยให้เซลล์ร่างกายเผาผลาญน้ำตาล หรืออาจเกิดจากเซลล์ร่างกายดื้อต่อฮอร์โมนอินซูลิน เมื่อน้ำตาลในเลือดสูงอยู่เป็นเวลานานจะทำให้เกิดโรคแทรกซ้อนต่ออวัยวะต่าง ๆ เช่น ตา ไต หัวใจ เป็นต้น ปัจจุบันโรคเบาหวานแบ่งออกเป็น 4 ชนิด คือ

1) เบาหวานชนิดที่ 1 (Type 1 Diabetes) คือโรคเบาหวานที่ b -cell ของตับอ่อนถูกทำลายทำให้ไม่มีการหลั่งอินซูลิน

2) เบาหวานชนิดที่ 2 (Type 2 Diabetes) คือโรคเบาหวานที่เยื่อเซลล์ปลายทางดื้อต่ออินซูลินร่วมกับการปรับการหลั่งอินซูลินของร่างกายเสียไป

3) เบาหวานชนิดอื่น (Other Specific Types) คือโรคเบาหวานที่ไม่สามารถระบุได้ชัดเจนเหมือนชนิดที่ 1 และ 2 เช่น อาจเกิดจากภาวะแทรกซ้อนของโรค หรือการได้รับยาหรือสารเคมี หรือเกิดจากภายหลังการปลูกถ่ายอวัยวะ เป็นต้น

4) เบาหวานในหญิงตั้งครรภ์ (Gestational Diabetes Mellitus :GDM) คือเบาหวานที่พบในหญิงตั้งครรภ์อาจตรวจหาไม่พบเมื่อคลอดบุตรแล้วจึงเป็นเบาหวานชนิดที่ไม่ชัดเจน

1.1 การเกิดแผลที่เท้าของผู้ป่วโรคเบาหวาน

การเกิดแผลที่เท้าของผู้ป่วยโรคเบาหวาน (Diabetic Foot Ulcer) [5, 10, 11] ทั่วโลกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปีนำไปสู่การเสียชีวิตและพิการ แสดงให้เห็นถึงความรุนแรงอันเป็นภัยคุกคามต่อสุขภาพของประชาชนที่กระจายไปทั่วโลก องค์การอนามัยโลก (World Health Organization : WHO) ได้ให้ความสำคัญต่อการเกิดแผลที่เท้า และได้นิยามคำว่า เท้าเบาหวาน (Diabetic Foot) ไว้ในปี ค.ศ.1995ว่า เท้าเบาหวาน หมายถึงกลุ่มอาการของเท้าที่เกิดจากปลายประสาทเสื่อม เส้นเลือดส่วนปลายตีบตันและการติดเชื้อซึ่งก่อให้เกิดแผลและนำไปสู่การสูญเสียการทำงานหรือการถูกตัดขาได้[10] แต่โดยทั่วไปเมื่อพูดถึงเท้าเบาหวานมักหมายความรวมถึงปัญหาทุกชนิดที่เกิดขึ้นกับเท้าของผู้ป่วยเบาหวาน ซึ่งพบว่ามีสาเหตุและปัจจัยที่เกี่ยวข้องหลายประการ ได้แก่

1) ปลายประสาทเสื่อม (Peripheral Neuropathy) ซึ่งประกอบด้วยเส้นประสาทรับความรู้สึกเสื่อม (Sensory Neuropathy) เส้นประสาทสั่งการเสื่อม (Motor Neuropathy) เส้นประสาทอัตโนมัติเสื่อม (Autonomic Neuropathy) เหล่านี้จะทำให้ผู้ป่วยสูญเสียความรู้สึก กล้ามเนื้ออ่อนแรง บิดงอผิดรูป และผิวหนังแห้ง ส่งผลให้มีโอกาสเกิดแผลที่เท้าได้ง่ายขึ้น

2) หลอดเลือดส่วนปลายตีบตัน (Peripheral Vascular Disease: PVD) เป็นสาเหตุอันดับสองของการเกิด

แผล ในผู้ป่วยเบาหวานพบ PVD ได้สูงถึง 2-3 เท่าเมื่อเทียบกับคนทั่วไป

3) แรงกดทับและกลไกการบาดเจ็บของเท้า (Foot Stress) เช่นการเหยียบของมีคม การเสียดสีของรองเท้า หรือการเดินบ่อยเป็นต้น เป็นสาเหตุให้เกิดแผลที่เท้า

4) แผลติดเชื้อ (Infections) เมื่อผู้ป่วยโรคเบาหวานที่ควบคุมระดับน้ำตาลได้ไม่ดี จะมีความผิดปกติของการทำงานของเม็ดเลือดขาวโดยมีจำนวนลดลง และมีความสามารถในการทำลายเชื้อแบคทีเรียลดลง ทำให้เป็นแผลติดเชื้อได้ง่าย

5) สาเหตุและปัจจัยอื่นๆ ซึ่งจากการศึกษางาน วิจัยพบว่า นอกจากปัจจัยหลักแล้วยังพบว่ามีปัจจัยอื่นๆ ที่มีความสัมพันธ์กับการเกิดแผลที่เท้าของผู้ป่วยเบาหวานเช่น เพศ อายุ การควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด ภาวะแทรกซ้อนของเบาหวาน ยารักษาเบาหวาน ลักษณะและสภาพเท้า รองเท้าที่สวมใส่ ประวัติการเกิดแผลที่เท้า พยาธิสภาพของหลอดเลือดส่วนปลาย พยาธิสภาพของเส้นประสาทส่วนปลาย และพฤติกรรมการดูแลเท้า

1.2 ปัญหาของการเกิดแผลที่เท้า

จากการศึกษางานวิจัยพบว่าโรงพยาบาลและหน่วยบริการสุขภาพถึงแม้จะมีคลินิกดูแลเท้ารวมอยู่ด้วยแต่ยังพบว่าอัตราการเกิดแผลที่เท้ายังมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น[5] และยังพบว่าผู้ป่วยส่วนใหญ่มารักษาที่โรงพยาบาลหรือหน่วยบริการสาธารณสุขด้วยสาเหตุอันเนื่องมาจากแผลที่เท้านั้น มักไม่รู้ว่าเกิดแผลตั้งแต่เมื่อไดและมักมาเมื่อแผลลุกลามแล้ว[10] ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากกระบวนการการตรวจประเมินเท้า การวินิจฉัยและการวางแผนการควบคุมป้องกันยังไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอ กล่าวคือ เมื่อผู้ป่วยเบาหวานได้รับการตรวจประเมินเท้าทุกปี ๆ ละครั้ง แต่กระบวนการที่กระตุ้นให้เห็นปัจจัยที่เชื่อมโยงต่อการเกิดแผลที่เท้าหรือเครื่องมือพยากรณ์ที่จะช่วยให้แพทย์หรือบุคลากรที่ให้บริการหันมาสนใจให้การวินิจฉัยหรือวางแผนป้องกันได้อย่างทันท่วงทีนั้น ยังมีประสิทธิภาพไม่ดีพอ[5]

3. เหมืองข้อมูลกับโรคเบาหวาน

จากทฤษฎีการเกิดแผลที่เท้าของผู้ป่วยโรคเบาหวาน จะเห็นได้ว่ากระบวนการการตรวจวินิจฉัย การรักษาและการป้องกัน มีความละเอียดซับซ้อนทำให้กระบวนการดังที่กล่าวมานั้นไม่สามารถทำได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงมีนักวิจัยทั้งในและต่างประเทศ เช่น Chien-Lung Chan[12] เป็นต้น ได้นำเทคโนโลยีการประยุกต์ใช้เหมืองข้อมูลซึ่งเป็นกระบวนการเพิ่มประสิทธิภาพการวิเคราะห์ข้อมูลเข้ามาช่วยในการวางแผนและช่วยในการตัดสินใจในด้านการแพทย์ แสดงให้เห็นว่าเหมืองข้อมูลเป็นอีกหนึ่งเทคนิควิธีที่จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการวิเคราะห์ การพยากรณ์ และการวางแผนเพื่อการควบคุมป้องกันโรคให้มีความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น

4. เทคนิคในเหมืองข้อมูล

4.1 โครงข่ายประสาทเทียม

โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network:ANN) [13] เป็นการจำลองการทำงานของโครงข่ายประสาทของมนุษย์ (Biological Neurons) ซึ่งสมองประกอบไปด้วยใยประสาทจำนวนมหาศาล การทำงานของโครงข่ายประสาทเทียม เป็นการทำงานของคอมพิวเตอร์ที่เรียนรู้การทำงานคล้ายระบบประสาทมนุษย์ประกอบด้วยเซลล์ประสาทเทียมจำนวนมากเชื่อมต่อกันซึ่งการเชื่อมต่อแบ่งออกเป็นกลุ่มย่อย ๆ เรียกว่า ชั้น (layer) ชั้นแรกเป็นชั้นข้อมูลเข้าเรียกว่า ชั้นรับข้อมูลป้อนเข้า (Input Layer) ส่วนสุดท้ายเรียกว่าชั้นข้อมูลส่งออก (Output Layer) และชั้นที่อยู่ระหว่างชั้นข้อมูลป้อนเข้าและข้อมูลส่งออกเรียกว่า ชั้นแอบแฝง (Hidden Layer) โดยทั่วไปชั้นแอบแฝงอาจมีมากกว่า 1 ชั้นได้ ด้วยเหตุนี้จึงสามารถแบ่งประเภทของโครงข่ายประสาทเทียมออกได้เป็น 2 แบบ ได้แก่โครงข่ายแบบชั้นเดียว (Single Layer) และโครง ข่ายแบบหลายชั้น (Multiple Layer) โดยโครงข่ายประสาทเทียมแบบหลายชั้นเป็นโครงข่ายที่มีชั้นแอบแฝงตั้งแต่ 1 ชั้นขึ้นไปมีไว้สำหรับกรณีที่ปัญหามีความซับซ้อนที่โครงข่ายประสาทเทียมแบบชั้นเดียวไม่สามารถแก้ได้ จึงเพิ่มจำนวนโหนดที่มีการคำนวณ หรือชั้นแอบแฝงให้กับโครงข่าย ตัวอย่างโครงข่ายแบบหลายชั้น เช่น โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่กลับ ดังตัวอย่างใน Figure 1

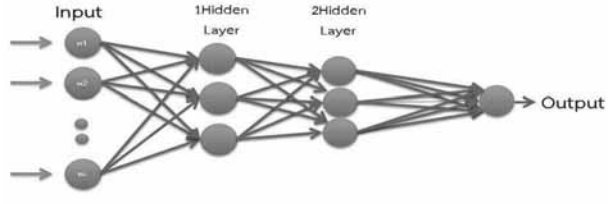


**Figure 1** Artificial Neural Network

ตัวอย่างงานวิจัยที่นำโครงข่ายประสาทเทียมมาใช้ใน การวิเคราะห์ข้อมูล เช่นง านวิจัยของ ภรัณยา[14] ได้นำเทคนิคโครงข่ายประสาทเทียมแบบเปอร์เซพตรอนหลายชั้นมาสร้างแบบจำลองเพื่อพยากรณ์ความเสี่ยงการเกิดโรคลมร้อนในกลุ่มทหารซึ่งให้ค่าความถูกต้องที่ 97.67 %

4.2 ซัพพอร์ตเวคเตอร์แมชชีน

ซัพพอร์ตเวคเตอร์แมชชีน (Support Vector Machine : SVM )[15] เป็นเทคนิคการจำแนกประเภทของข้อมูลที่มีพื้นฐานมาจากทฤษฎีการเรียนรู้จากสถิติ คล้ายเทคนิคโครงข่ายประสาทเทียม แต่แตกต่างกันตรงที่ SVM ใช้หลักการลดค่าความเสี่ยงเชิงโครงสร้างให้ต่ำสุด (Structural Risk Minimization) เพื่อลดค่าความผิดพลาดของการทำนาย (Minimized Error) พร้อมกับเพิ่มระยะการแบ่งแยกให้มากที่สุด (Maximized Margin) โดยสรุป SVM คือการหาสัมประสิทธิ์ของสมการเพื่อสร้างเส้นแบ่งแยกประเภทข้อมูลที่ดีที่สุด เมื่อต้องการทราบเส้นแบ่งที่ดีที่สุดต้องเพิ่มเส้นขอบ (Margin)ให้กับเส้นแบ่งทั้งสองข้าง หากเส้นขอบของเส้นแบ่งใดมีความกว้างมากที่สุด แสดงให้เห็นว่าข้อมูลสองชุดมีการแยกกันอย่างชัดเจนจึงเรียกว่าเป็นเส้นแบ่งที่ดีที่สุด เรียกเส้นประที่แบ่งนั้นว่าเส้นขอบ และเรียกตำแหน่งสัมผัสข้อมูลที่ใกล้ที่สุดกับเส้นขอบว่า Support Vector ดังแสดง Figure 2

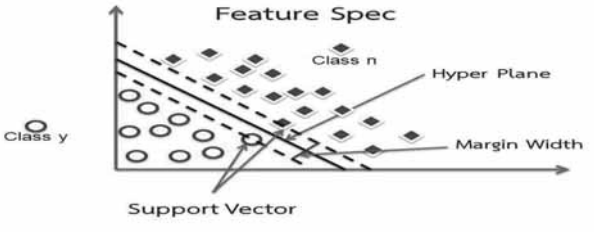


**Figure 2** Support Vector Machine

ตัวอย่างงานวิจัยที่นำซัพพอร์ตเวคเตอร์แมชชีนมาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล เช่น งานวิจัยของ สุรเดช และคณะ[15] ได้นำ SVM มาสร้างแบบจำลองทำนายโรคพาร์คินสัน ได้ผลการทำนายให้ค่าความแม่นยำสูงถึง 92.19 %

4.3 ต้นไม้ตัดสินใจ

ต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) [16] เป็นการเรียนรู้โดยการจำแนก (Classification) ข้อมูลออกเป็นกลุ่ม (Class) ต่างๆ โดยใช้คุณสมบัติ (Attribute) ของข้อมูลในการจำแนก ต้นไม้ตัดสินใจประกอบด้วยอัลกอริธึมหลายชนิด เช่น ID3,C4.5 เป็นต้น ในงานวิจัยฉบับนี้ได้เสนออัลกอริธึม C4.5 ซึ่งเป็นอัลกอริธึมที่พัฒนามาจาก ID3 โดยได้เพิ่มการใช้ค่ามาตรฐานอัตราส่วนเกน (Gain Ratio Criterion) ในการตัดสินใจเลือกคุณสมบัติที่จะใช้เป็นรากหรือโหนดต่างๆ คุณสมบัติของ C4.5 จะแตกต่างไปจาก ID3 คือ

1) ไม่นำแถว (Tuple) ที่ประกอบด้วย Missing Data ใน Attribute มาคำนวณค่า Gain ของ Attributes ที่จะปรับค่า Gain ที่ได้ด้วยสัดส่วนระหว่างจำนวนข้อมูลที่ทราบค่า Attributes และจำนวนข้อมูลทั้งหมด

2) ตัดแบ่งค่า Attribute ที่มีลักษณะต่อเนื่องออกเป็นช่วง ๆ โดยอัตโนมัติเพื่อใช้ในการสร้างต้นไม้

3) แก้ปัญหาการเกิด Over-fitting โดยการทำการตัดเล็ม (Pruning)

เพื่อให้เห็นภาพชัดเจนสามารถแสดงตัวอย่างโครง สร้างของต้นไม้ตัดสินใจได้ Figure 3

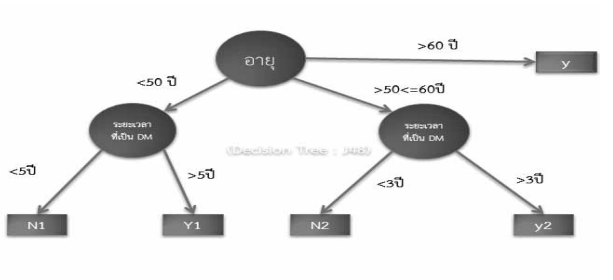


**Figure 3** Decision Tree

ตัวอย่างงานวิจัยที่นำต้นไม้ตัดสินใจมาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล เช่น งานวิจัยของ ชลธิศา[16] ได้สร้างแบบจำลองเพื่อวิเคราะห์ปัจจัยเสี่ยงการเกิดโรคตับอักเสบชนิดซีด้วยเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ ซึ่งให้ค่าความแม่นยำสูงถึง 92.99%

## วิธีการดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้ใช้วิธีการทำเหมืองข้อมูลซึ่งมีขั้นตอนการทำวิจัยทั้งหมด 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. เตรียมข้อมูล

ผู้วิจัยได้ประสานขอความร่วมมือชี้แจงวัตถุประสงค์เพื่อขอทำการศึกษาและรวบรวมข้อมูลผู้ป่วยเบาหวานและข้อมูลการตรวจประเมินเท้าของเครือข่ายบริการสุขภาพปฐมภูมิ(CUP)ของหน่วยงานภาครัฐแห่งหนึ่งพ.ศ. 2555 ทำการคัดกรองข้อมูลที่สมบูรณ์แล้วจำนวน 758 ราย มีแอตทริบิวต์จำนวน 37 ซึ่งเป็นแอตทริบิวต์ที่นำมาใช้เพื่อการพยากรณ์การเกิดแผลที่เท้าคือ(1) อายุ (2)เพศ (3)ประเภทของเบาหวานที่เป็น(4)ระยะเวลาที่เป็นเบาหวาน(5)เคยเป็นแผลที่เท้า(6)เคยถูกตัดเท้าจากเบาหวาน(7)สูญเสียความรู้สึก(8)ประวัติการสูบบุหรี่(9)ค่าระดับโปรตีนในเลือด(10)ค่าน้ำตาลในเลือด(11)ประเภทรองเท้าที่ใส่(12)เท้าผิดรูป(13)นิ้วจิก(14)เท้ารูปฆ้อน(15)เท้ารูปค้อนไม้(16)หัวแม่เท้าเอียง(17)ผิวหนังแตกแห้ง(18)เท้าที่มีลักษณะลงน้ำหนักส่วนหน้ามาก(19)เท้าเป็นเชื้อรา(20)เท้าเป็นหูดชนิดต่างๆ(21)เท้าพอง(22)ตาปลาที่เท้า(23)เท้ากระปุก(24)เล็บขบ (25)เท้าที่มีลักษณะลงน้ำหนักส่วนส้นเท้ามาก(26)การตรวจเท้าด้วยเครื่อง Podoscope (27)สภาพสีผิวของเท้า(28)สภาพเท้าที่มีขนหลุดหาย(29)สภาพอุณหภูมิเท้า(30)การประเมินเส้นเลือดแดงใหญ่ที่หลังเท้า(31)

ประเมินเส้นเลือดแดงใหญ่ข้อเท้าด้านใน (32)การมีเนื้อตายที่เท้า(33)มีนิ้วกุดจากเบาหวาน (34)เท้ามีรอยแตก (35)หนังแข็งตาปลา(36)ประเมินประสาทการรับรู้ที่เท้าด้วย Monofilament (37)การเกิดแผลที่เท้า

1.1 นำข้อมูลที่ได้เข้าสู่กระบวนการกลั่นกรองข้อมูลโดยนำข้อมูลเข้าโปรแกรม Microsoft Excel 2010 แล้วตรวจสอบข้อมูลที่ขาดหายหรือข้อมูลที่เป็นค่าว่างปรับปรุงจัดเรียงข้อมูลให้ถูกต้องและเหมาะสม พบว่ามี แอตทริบิวต์ที่มีข้อมูลขาดหายมาก คือ ค่าระดับโปรตีนในเลือด และแอตทริบิวต์ที่มีค่าเดียวจำนวน 9 แอตทริบิวต์จึงทำการตัดออก

1.2 แทนค่าข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบที่สามารถนำไปใช้ได้ ดังแสดงในตารางที่ 1

**Table 1** Attribute

| NO | Attribute | Label |
|---|---|---|
| 1 | Age | |
| 2 | Sex | male=0,female=1 |
| 3 | DM_Type | 1=type1,2=type2,3=type3,4=type4,5=type5 |
| 4 | DM_Time | |
| 5 | Y_DM_Foot | yes=1, no=0 |
| 6 | Loss_sens | no loss=0, Numbness=1,pain=2,&pain=3 |
| 7 | Ciga | yes=1, no=0 |
| 8 | FBS | |
| 9 | Shoes_Type | 0=no_shoes,1=SH01,2=SH02,3=SH03,4=SH04,5=SH05 |
| 10 | Foot_Deformities | yes=1, no=0 |
| 11 | Claw_Toe | yes=1, no=0 |
| 12 | Hammer_Toe | yes=1, no=0 |
| 13 | Mallet_Toe | yes=1, no=0 |
| 14 | Hallux_Vagus | yes=1, no=0 |
| 15 | Dry_Crack_Skin | yes=1, no=0 |
| 16 | Pad_Foot | yes=1, no=0 |
| 17 | Athlete_Foot | yes=1, no=0 |
| 18 | Bunion | yes=1, no=0 |
| 19 | Ingrow_Toenail | yes=1, no=0 |
| 20 | Heel_Foot | yes=1, no=0 |
| 21 | Podoscope | Normal=0,flash foot=1,Hight Arch Foot=2 |
| 22 | Foot_Color | normal=0,red=1,pale=2 |
| 23 | Foot_no_Hair | yes=1, no=0 |
| 24 | Foot_Temp | normal=0,cool=1,hot=2 |
| 25 | Dosalis_Pedis | yes=1,soft=2, no=0 |
| 26 | Posterior_Tibial | yes=1,soft=2, no=0 |
| 27 | Dry | yes=1, no=0 |
| 28 | Callus | yes=1, no=0 |
| 29 | Monofilamet_Test | Loss of sensation=1 no Loss of sensation =0 |
| 30 | DM_FOOT_ULCER | y=yes, n=no |

1.3 แปลงค่าข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบเดียวกันที่เหมาะสมเพื่อให้คอมพิวเตอร์สามารถนำไปประมวลผลได้ เนื่องจากข้อมูลในงานวิจัยนี้มีรูปแบบข้อมูลที่เป็นทั้ง Numerical และ Discrete

2. สร้างแบบจำลอง

เมื่อทำการเตรียมข้อมูลแล้ว งานวิจัยนี้ได้ทำการสร้างแบบจำลองเพื่อการพยากรณ์การเกิดแผลที่เท้าโดยนำข้อมูลที่ได้ เข้าสู่กระบวนการสร้างโมเดลด้วยเทคนิคโครงข่ายประสาทเทียม ซัพพอร์ตเวคเตอร์แมทชีน และต้นไม้ตัดสินใจ (C4.5) แล้วทำการพยากรณ์และวัดประสิทธิภาพแบบจำลอง

3. วัดประสิทธิภาพแบบจำลอง

งานวิจัยนี้ได้ใช้วิธีการวัดประสิทธิภาพโดยมีวิธีการ Figure 4

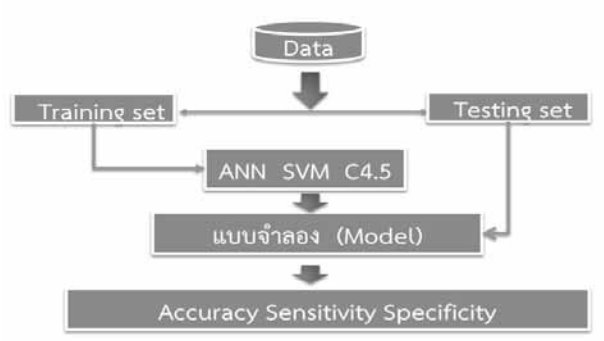


**Figure 4** Process of the model evaluation

Figure 4 เป็นการวัดประสิทธิภาพแบบจำลองโดยใช้ 10-fold cross validation โดยทำการจำแนกข้อมูลออกเป็นสองกลุ่มคือ 1) กลุ่มที่ต้องการนำไปใช้เป็นข้อมูลการสอน หรือTraining Set 2) กลุ่มข้อมูลที่ต้องการนำไปใช้เป็นข้อมูลทดสอบ หรือ Testing Set ทำการสุ่มอย่างง่าย (Simple random sampling) ในอัตราส่วนของชุดข้อมูลการเรียนรู้ และชุดข้อมูลการทดสอบ แล้วสลับชุดข้อมูลเพื่อให้ได้รับการทดสอบจนครบ 10 ชุด วัดประสิทธิภาพด้วยค่าความแม่นยำ (Accuracy) ดังสมการที่ (1), ค่าความไว (Sensitivity) ดังสมการที่ 2, และค่าความจำเพาะ (Specificity) ดังสมการที่ 3

$$Accuracy=\left(\frac{TP+TN}{TP+FP+TN+FN}\right)100 \qquad (1)$$

$$Sensitivity=\left(\frac{TP}{TP+FP}\right)100 \qquad (2)$$

$$Specificity=\left(\frac{TN}{TN+FN}\right)100 \qquad (3)$$

โดยที่

*TP* คือ ค่าที่พยากรณ์ถูกต้องของการเกิดแผลที่เท้า
*FP* คือ ค่าที่พยากรณ์ผิดของการเกิดแผลที่เท้า
*TN* คือ ค่าที่พยากรณ์ถูกต้องของการไม่เกิดแผลที่เท้า
*FN* คือ ค่าที่พยากรณ์ผิดของการไม่เกิดแผลที่เท้า

## ผลการทดลอง

งานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ pc ซีพียู Intel Core Quad ความเร็วในการประมวลผล 2.70 GHz. หน่วยความจำ 8 Gb โปรแกรม Weka เวอร์ชัน 3.7.10 ทำการทดลองเพื่อหาปัจจัยการพยากรณ์การเกิดแผลที่เท้าของผู้ป่วยโรคเบาหวาน การสร้างแบบจำลองเพื่อพยากรณ์การเกิดแผลที่เท้าในผู้ป่วยโรคเบาหวาน และทำการวัดประสิทธิภาพแบบจำลอง ด้วยค่า Accuracy, Sensitivity และ Specificity

1. ปัจจัยในการพยากรณ์

งานวิจัยนี้ได้นำเอา Gain Ratio มาใช้ในการวัดระดับความสำคัญของตัวแปรที่มีผลต่อการพยากรณ์เพื่อเลือกตัวแปรที่ดีที่สุด ดังแสดงในรูปที่ 5

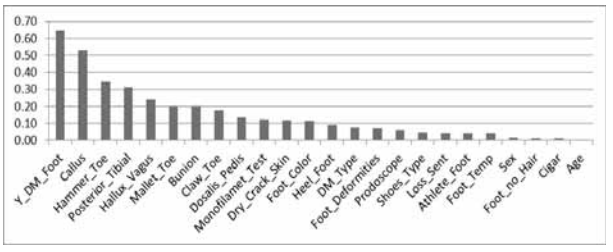


**Figure 5** Factors of prediction

Figure 5 แสดงระดับความสำคัญของตัวแปรซึ่งเป็นปัจจัยในการพยากรณ์ พบว่าปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการพยากรณ์การเกิดแผลที่เท้าของผู้ป่วยโรคเบาหวานโดยเรียงลำดับความสำคัญตามค่า Gain Ratio พบว่า ผู้ป่วยที่เคยเกิดแผลที่เท้ามีค่า Gain Ratio สูงสุด แสดงให้เห็นว่าผู้ป่วยที่เคยเกิดแผลที่เท้าส่งผลต่อการเกิดแผลที่เท้าซ้ำได้อีกมากกว่าปัจจัยอื่นๆ ส่วนปัจจัยที่ไม่มีผลต่อการเกิดแผลที่เท้าเลยคืออายุ เนื่องจากค่า Gain Ratio มีค่าเท่ากับ 0 แสดงให้เห็นว่าการเกิดแผลที่เท้าในผู้ป่วยเบาหวานไม่เกี่ยวข้องกับอายุ เพราะผู้ป่วยที่มีอายุน้อยหรือมากไม่สามารถเป็นข้อบ่งชี้ได้ว่าจะต้องเกิดแผลที่เท้าหรือไม่เกิดแผลที่เท้า

2. ความแม่นยำ

ความแม่นยำ (Accuracy)[17] เป็นค่าที่แสดงถึงประสิทธิภาพโดยรวมของแบบจำลองในการพยากรณ์การเกิดแผลที่เท้าของผู้ป่วยโรคเบาหวาน สามารถแสดงค่าความแม่นยำในการพยากรณ์ของแบบจำลองได้ดังรูปที่ 6

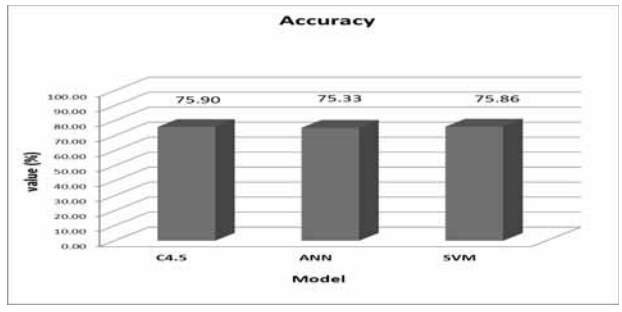


**Figure 6** Comparison of accuracy rate

Figure 1 การเปรียบเทียบค่าความแม่นยำของแบบจำลอง รูปที่ 6 แสดงการเปรียบเทียบค่า Accuracy ของแบบจำลอง ANN, SVM และ C4.5 จากการทดลองปรากฏว่าเทคนิค C4.5 สามารถสร้างแบบจำลองที่มีประสิทธิภาพสูงสุด (75.90%) รองลงมาคือ SVM (75.86%) และ ANN (75.33%)

3. ความไว

ความไว (Sensitivity)[17] หรือTrue-Positive Rate เป็นค่าความน่าจะเป็น หรืออัตราส่วนของการพยากรณ์เหตุการณ์ที่ถูกต้องของการเกิดแผลที่เท้า โดยสามารถแสดงการเปรียบเทียบค่าความไวได้ดังรูปที่ 7

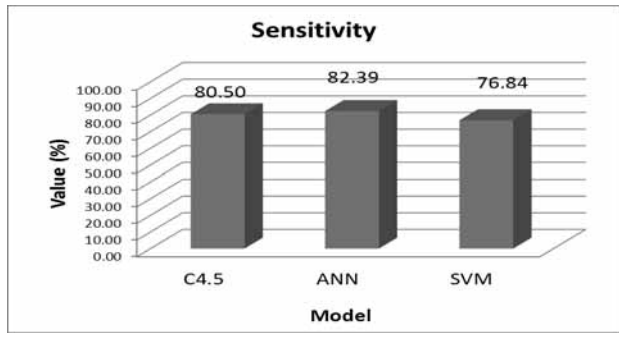


**Figure 7** Comparison of sensitivity rate

Figure 7 แสดงการเปรียบเทียบค่า Sensitivity ของแบบจำลอง ANN, SVM และ C4.5 จากผลการทดลองพบว่าแบบจำลอง ANN มีค่าความไวที่ 82.39% C4.5 มีค่าความไวที่ 80.50% และ SVM มีค่าความไวที่ 76.84% แสดงให้เห็นว่า ANN มีประสิทธิภาพในการวิเคราะห์แยกผู้ป่วยเบาหวานที่เกิดแผลที่เท้าได้ถูกต้องและรวดเร็ว รองลงมาคือ C4.5 และ SVM ตามลำดับ

4. ความจำเพาะ

ความจำเพาะ (Specificity) [17] หรือ True-Negative Rate คือค่าความน่าจะเป็นหรืออัตราส่วนของการพยากรณ์เหตุการณ์ที่ถูกต้องของการไม่เกิดแผลที่เท้า สามารถแสดงการเปรียบเทียบค่าความจำเพาะได้ดังรูปที่ 8

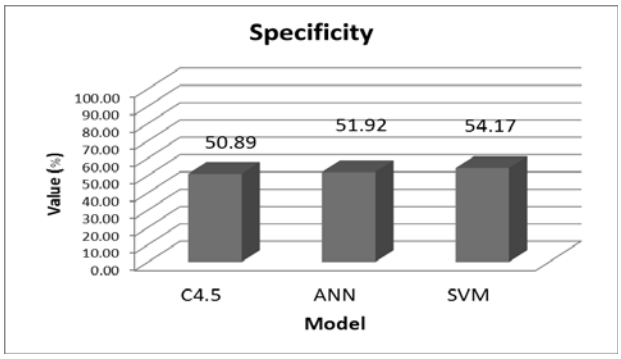


**Figure 8** Comparison of specificity rate

รูปที่ 8 แสดงการเปรียบเทียบค่าความจำเพาะของโมเดล พบว่าแบบจำลอง SVM มีค่าความจำเพาะที่ 54.17% ANN มีค่าความจำเพาะที่ 51.92% และ C4.5 ที่มีค่าความจำเพาะที่ 50.89 % แสดงให้เห็นว่า SVM มีประสิทธิภาพในการวิเคราะห์แยกผู้ป่วยเบาหวานที่ไม่เกิดแผลที่เท้าได้ถูกต้องและรวดเร็วกว่า รองลงมาคือ ANN และ C4.5 ตามลำดับ

5. แบบจำลองการพยากรณ์การเกิดแผลที่เท้า

งานวิจัยนี้ได้นำเทคนิค C4.5 มาใช้ในการสร้างแบบจำลองดังแสดงในรูปที่ 9

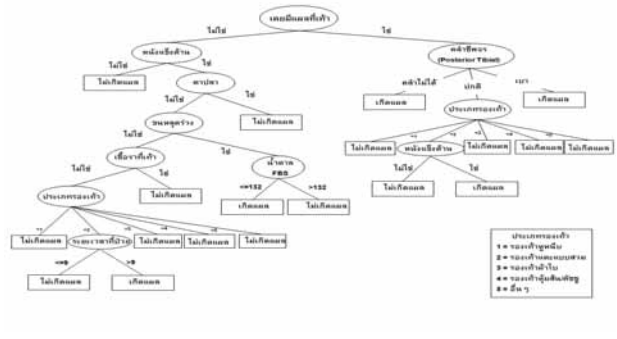

**Figure 9** Example of decision tree model

Figure 9 แสดงตัวอย่างแบบจำลองการพยากรณ์การเกิดแผลที่เท้าของผู้ป่วยโรคเบาหวานที่สร้างด้วย C4.5 สามารถสร้างแผนภูมิต้นไม้ได้ 22 เงื่อนไข ขนาดของต้นไม้เป็น 34 โหนด โดยสามารถแปลความหมายของเงื่อนไขของแบบจำลองได้ดังนี้

เงื่อนไขที่ 1 คือ ถ้าผู้ป่วยเบาหวานมีประวัติเคยเกิดแผลที่เท้า และไม่สามารถวัดชีพจรเส้นเลือดแดงบริเวณข้อเท้าด้านในได้เลย พยากรณ์ว่าเกิดแผลที่เท้า ด้วยจำนวนของข้อมูล 14 กรณี

เงื่อนไขที่ 2 คือ ถ้าผู้ป่วยเบาหวานมีประวัติเคยเกิดแผลที่เท้า และไม่สามารถวัดชีพจรเส้นเลือดแดงบริเวณข้อเท้าด้านในได้ไม่แต่ชัดเจน (เบา) พยากรณ์ว่าเกิดแผลที่เท้า ด้วยจำนวนของข้อมูล 16 กรณี

เงื่อนไขที่ 3 คือ ถ้าผู้ป่วยเบาหวานมีประวัติเคยเกิดแผลที่เท้าและและเท้า และไม่สามารถวัดชีพจรเส้นเลือดแดงบริเวณข้อเท้าด้านในได้ปกติ มีประวัติการใส่รองเท้าแตะแบบสวมเป็นประจำ และมีหนังแข็งด้านที่เท้า พยากรณ์ว่าเกิดแผลที่เท้า ด้วยจำนวนของข้อมูล 22 กรณี

เงื่อนไขที่ 4 คือ ถ้าผู้ป่วยเบาหวานที่ไม่มีประวัติเคยเกิดแผลที่เท้าแต่มี หนังแข็งด้านที่เท้า มีตาปลาที่เท้า มีขนที่เท้าหลุดร่วง และค่าระดับน้ำตาลในกระแสเลือดน้อยกว่าหรือเท่ากับ 132 มิลลิกรัมเปอร์เซ็น พยากรณ์ว่า เกิดแผลที่เท้าด้วยจำนวนของข้อมูล 11 กรณี

## สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากผลการทดลอง ลำดับความสำคัญของตัวแปรซึ่งเป็นปัจจัยในการพยากรณ์ พบว่าประวัติเคยเกิดแผลที่เท้าเป็นปัจจัยหลักในการพยากรณ์การเกิดแผลที่เท้า รองลงมาคือ หนังแข็งด้านและเท้ารูปฆ้อน เป็นต้น ตามลำดับ แต่อายุไม่มีผลต่อการพยากรณ์การเกิดแผลที่เท้าของของผู้ป่วยแต่อย่างใด

การสร้างแบบจำลองการเกิดแผลที่เท้าของผู้ป่วยโรคเบาหวานด้วยเทคนิค ANN, SVM และ C4.5 พบว่า C4.5 มีประสิทธิภาพในการสร้างแบบจำลองสูงสุดด้วยการวัดประสิทธิภาพความแม่นยำในการพยากรณ์ที่ 75.90% ส่วนการวัดประสิทธิภาพแบบจำลองด้วยค่าความไวซึ่งหมายถึงค่าความสามารถในการตรวจวิเคราะห์เพื่อคัดแยกผู้ป่วยที่เกิดแผลที่เท้าได้ชัดเจนถูกต้องนั้น พบว่า ANN มีประสิทธิภาพสูงสุดที่ 82.39% และการวัดประสิทธิภาพแบบจำลองด้วยการวัดค่าความจำเพาะ ซึ่งหมายถึงค่าความสามารถในการตรวจวิเคราะห์เพื่อคัดแยกผู้ป่วยที่ไม่เกิดแผลที่เท้าได้ชัดเจนถูกต้อง พบว่าแบบจำลอง SVM มีประสิทธิภาพสูงสุดที่ 54.17%

งานวิจัยนี้มีความประสงค์จะสร้างแบบจำลองการพยากรณ์การเกิดแผลที่เท้าของผู้ป่วยโรคเบาหวานโดยเลือกแบบจำลองที่มีประสิทธิภาพสูงสุด จากผลการวิจัยพบว่าแบบจำลองทุกแบบมีประสิทธิภาพในการทำนายที่แตกต่างกันแต่ก็มีความแตกต่างกันไม่มากนัก ผู้วิจัยจึงเลือกใช้ C4.5 ในการสร้างแบบจำลองเพราะนอกจากจะมีความแม่นยำสูงแล้ว C4.5 ยังมีความสะดวกต่อการอ่านค่าการแปลผล และง่ายต่อการปรับปรุงแบบจำลองให้เหมาะสมต่อการนำไปประยุกต์ใช้อีกด้วย

อย่างไรก็ตามในการนำตัวแปรมาสร้างแบบจำลองเพื่อการพยากรณ์การเกิดแผลที่เท้าถึงแม้ส่วนใหญ่จะยังใช้ตัวแปรที่เป็นมาตรฐานแต่ก็ยังมีความแตกต่างกันแต่ละหน่วย

บริการที่จะนำมาประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับผู้ป่วยในแต่ละพื้นที่ และการสร้างแบบจำลองที่ผู้วิจัยได้นำเสนอนั้นเป็นเพียงส่วนหนึ่งของเทคนิคซึ่งมีอยู่อีกมากมาย จึงมีข้อเสนอแนะให้เกิดการนำไปต่อยอดงานวิจัย โดยในอนาคตอาจจำเป็นต้องเพิ่มปริมาณและเพิ่มพื้นที่การเก็บข้อมูลเพื่อให้เกิดความหลากหลายทางด้านวิชาการมากขึ้น รวมถึงการพัฒนาแบบจำลองที่ได้ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ในอนาคตผู้วิจัยมีแนวคิดในการพัฒนาแบบจำลองให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นเพื่อให้แบบจำลองสามารถนำไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

## กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนอุดหนุนสนับสนุนงานวิจัยประจำปีการศึกษา 2556 มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

## เอกสารอ้างอิง

1. สมเกียรติ โพธิสัตย์, อุดม ไกรฤทธิชัย, ชาญเวช ศรัทธาพุทธ, และ อัมพร จงเสรีจิตต์. ชุดโครงการการวิจัยภาวะแทรกซ้อนทางคลินิคในผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2. กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยและประเมินเทคโนโลยีทางการแพทย์ กรมการแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข; 2554.
2. กระทรวงสาธารณสุข กรมควบคุมโรค สำนักโรคไม่ติดต่อ. จำนวนและอัตราผู้ป่วยในด้วยโรคเบาหวาน (ราย) ปี พ.ศ. 2544-2555
(อัตราต่อ 100,000 ประชากร) ได้จาก; http://thaincd.com/information-statistic/non-communicable-disease-data.php.
3. สถาบันวิจัยและประเมินเทคโนโลยีทางการแพทย์. เอกสารข้อมูลสถานการณ์โรคเบาหวาน/ความดันโลหิตสูงและภาวะแทรกซ้อนในประเทศไทย. ได้จาก;http://www.dms.moph.go.th/imrta/images/data/doc_dm_ht.pdf.
4. วรรณา อธิวาส, อัมภาพร นามวงศ์พรหม, น้ำอ้อย ภักดีวงศ์. พฤติกรรมการดูแลเท้าและปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการเกิดแผลที่เท้าของผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 วิทยานิพนธ์พยาบาลศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาการพยาบาลผู้ใหญ่ มหาวิทยาลัยรังสิต; 2551.
5. อำภาพร นามวงศ์พรหม, น้ำอ้อย ภักดีวงศ์. การเกิดแผลที่เท้าและปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการเกิดแผลที่เท้าของผู้เป็นเบาหวานชนิดที่2. วารสารการพยาบาล 2553;25(3):51-63.
6. รัชฎา สหะวรกุลศักดิ์. การศึกษาความชุกตามระดับความเสี่ยงของการเกิดแผลเบาหวานที่เท้า. วารสารศูนย์การศึกษาแพทย์ศาสตร์คลินิก โรงพยาบาลประปกเกล้า 2556;30(1):71-81.
7. Meng X-H, Yi-Xiang, Rao D-P, Zhang Q, Q. L. Comparison of three data mining models for predincting diabates or prediabetes by risk factors. Kaohsiung Journal of Meical Sciences 2013:93-9.
8. เสกสันติ จันทะมงคล, สมจิตร อาจอินทร์, งามนิจ อาจอินทร์, วัชชพล เดชขันธ์. ระบบช่วยเหลืออัจฉริยะเพื่อการวางแผนการรักษาโรคเรื้อรังโดยใช้เหมืองข้อมูล. National Conference on Information Technology. 117-22, 2012.
9. ณรงค์ชัย ยิ่งศักดิ์มงคล. The Diabetic Foot ได้จาก http://med.swu.ac.th/surgery/index.php/2012-06-27-02-57-54/37-the-diabetic-foot-by-dr-narongchai-june-17-2010.
10. ศิริพร จันทร์ฉาย. การดูแลเท้าเบาหวาน การป้องกันการถูกตัดขา. จุฬาลงกรณ์เวชสาร 2548;49(3):174-88.
11. อรรถสิทธิ์ ศรีสุบัติ (บรรณาธิการ), สุรีพร คนละเอียด (บรรณาธิการ). แนวทางการดูแลเท้าผู้ป่วยเบาหวาน. สถาบันวิจัยและประเมินเทคโนโลยีทางการแพทย์: โอ-วิทย์ (ประเทศไทย); 2552.
12. Chien-Lung Chan, Yu-Chan Liu , Shih-Hui Luo. Investigation of Diabetic Microvacukar Complication Using Datamining. International Joint Conference on Neurol Network (IJCNN) 2008:830-4.
13. Jiawei Han, Micheline Kamber. Data Mining Concepts and Techniqes. San Francisco 2006.
14. ภรัณญา อำมฤครัตน์, พยุง มีสิจ. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการจำแนกกลุ่มข้อมูลของโรคลมร้อนด้วยวิธีการทางเครือข่ายประสาทเทียม. National Conference on Information Technology. 6, 116-21, 2010.
15. สุรเดช บุญลือ, จักรกริช เคล้าละมอม, แสงนภา วันเพ็ง. การทำนายโรคพาร์กินสันโดยใช้ซัพพอร์ทเว็กเตอร์แมชชีน. National Conference on Information Technology & UniNOMS. 7-12, 2011.
16. ชลธิศา พลทองมาก, พุธษดี ศิริแสงตระกูล. การวิเคราะห์ความเสี่ยงการเป็นโรคไวรัสตับอักเสบซีโดยต้นไม้การตัดสินใจและทฤษฎีเบย์เซียน. National Conference on Information Technology. 7, 558-63, 2011.
17. Jaree Thongkam, Guandong Xu, Yanchun Zhang, Fuchun Huang. Expert Systems with Applic ation. Expert Systems with Applications 2009;36:12200–9.