

การวิเคราะห์ผลเลือดด้วยวิธีการตัดสินใจเชิงความหมายบนพื้นฐานของกฎนิเวโรฟuzzyแบบปรับตัวได้

SEMANTIC DECISION MAKING BASED ON ADAPTIVE NEURO-FUZZY RULES FOR BLOOD DIAGNOSIS

รณรงค์ แก้วประเสริฐ

นักศึกษาระดับปริญญาเอก

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

E-mail : kaow9kaow@gmail.com

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรศักดิ์ มั่งสิงห์

ผู้อำนวยการหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ

มหาวิทยาลัยศรีปทุม

E-mail : surasak.mu@spu.ac.th

บทคัดย่อ

ในงานวิจัยนี้สร้างแบบจำลองสำหรับการตัดสินใจเชิงความหมายโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างระบบการวินิจฉัยโรคจากผลตรวจเลือด โดยผสมผสานหลักการของโครงข่ายประสาทเทียม ฟuzzy logic ในฐานความรู้ออนโทโลยี กฎของการตัดสินใจเชิงความหมายแบบฟuzzyได้รับการออกแบบสำหรับข้อมูลนำเข้า 9 อย่าง และข้อมูลการส่งออก 3 อย่าง โดยข้อมูลการนำเข้าประกอบด้วยผลตรวจ FBS, BUN, Creatinine, Uric acid, Cholesterol, Triglyceride, ALP, ALT และ AST และข้อมูลส่งออกเป็นผลของการแปลผลตรวจเลือดทางห้องปฏิบัติการทางการแพทย์ การวินิจฉัยโรค และระดับความเสี่ยงในการเกิดโรค กฎการวินิจฉัยโรคแบบฟuzzyมีการเรียนรู้โดยชุดข้อมูลการสอนแบบโครงข่ายประสาทเทียม ในงานวิจัยนี้เราใช้โปรแกรมโปรเทเก้ (Protégé) ในการสร้างออนโทโลยี (Ontology) เพื่อเป็นฐานความรู้ในรูปแบบของ OWL และสร้างกฎเชิงความหมายในภาษา SWRL ที่สามารถสรุปผลการตรวจวินิจฉัยโรคจากผลตรวจเลือดจากฐานความรู้เชิงความหมายที่สร้างขึ้น การประเมินประสิทธิภาพความถูกต้องของผลวินิจฉัยโรคจากผลตรวจเลือดโดยวัดค่าความแม่นยำ (Precision) ได้ 98.2% ค่าความครบถ้วน (Recall) ได้ 97.4% และ ค่าความถ่วงดุล (F-measure) ได้ 95.1%

คำสำคัญ : ออนโทโลยี การตัดสินใจเชิงความหมาย นิเวโรฟuzzyแบบปรับตัวได้ การวินิจฉัยโรคจากผลเลือด

ABSTRACT

This research work, a model for semantic decision making is aimed at providing an adaptive neuro-fuzzy combined with ontology for blood diagnosis. The neuro-fuzzy ontology was designed with nine input fields and three output fields. The input variables are FBS, BUN, Creatinine, Uric acid, Cholesterol, Triglyceride, ALP, ALT and AST. The output fields were results of interpretation of laboratory blood diagnosis, diagnosis of disease and risk levels of disease which are classified into fuzzy linguistic variable. The data set used neural network modeled to make it appropriate for the training, in diagnostic rule then the initial fuzzy structure was generated, the semantic rules base was learned with the set of training data after which was tested and validated with the set of testing data. In this paper, we presented an implementation of this ontology in Protégé using OWL and SWRL rule that can be inferred to blood

diagnosis results from an existing semantic knowledge-based. The efficiency in providing accuracy for blood diagnosis of the proposed model was evaluated by precision (98.2%), recall (97.4%) and F-measure (95.1%) measurement.

KEYWORDS: Ontology, Semantic Decision Making, Adaptive Neuro-Fuzzy, Blood Diagnosis

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันมีระบบที่สามารถสร้างฐานความรู้เชิงความหมาย (Semantic) ด้วยการพัฒนาออนโทโลยีและเริ่มเป็นที่นิยม เพราะเมื่อนำไปใช้กับระบบผู้เชี่ยวชาญ (Expert System) จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการค้นคืนข้อมูลและการตัดสินใจโดยกฎมากกว่าฐานความรู้ธรรมดา เนื่องจากฐานข้อมูลออนโทโลยีมีรูปแบบโครงสร้างที่ลำดับชั้นมีความสัมพันธ์ระหว่างกัน การค้นคืนสามารถเข้าใจความหมายของข้อมูลที่สืบค้นได้ ทำให้ได้ผลการค้นคืนหรือการตัดสินใจที่มีประสิทธิภาพตรงตามความต้องการ และมีผลวิเคราะห์การทำนายถูกต้องมากยิ่งขึ้น จึงเริ่มถูกนำมาใช้มากกว่าการอ้างการทบทวนวรรณกรรม (Literature Review) เพียงอย่างเดียว

ออนโทโลยีของความรู้ถูกพัฒนาขึ้นและพบในงานด้านต่างๆ ในวงกว้าง ได้แก่ ด้านภาษา (มุสตี บุนรอด, 2551) การเกษตร (สิริรัตน์ ประภคิตกรชัย, 2550) การท่องเที่ยว (ชัชวาลย์ ศรีมนตรี, 2554) รวมถึงด้านการแพทย์ ที่มีการพัฒนาออนโทโลยีที่หลากหลาย เนื่องจากมีองค์ความรู้ที่สำคัญจากผู้เชี่ยวชาญด้านการแพทย์ ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาต่อยอดเป็นระบบสารสนเทศ ได้แก่ การนำไปสู่การพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจ หรือระบบให้คำแนะนำ (Recommendation System)

ในปัจจุบันมีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับฐานความรู้เชิงความหมาย โดยการพัฒนาออนโทโลยีด้านการแพทย์ที่น่าสนใจและมีความสำคัญ หลายงานวิจัย เช่น งานวิจัยของ กมลศร วรธาดา (2549) การวินิจฉัยโรคทางจิตเวชทั่วไป การเลือกใช้ยาในผู้ป่วยเบาหวาน (Chen et al., 2012) การประยุกต์ใช้ออนโทโลยีเพื่อพัฒนาวิธีการรักษาแบบใหม่ ในกลุ่มผู้ป่วยโรคทางด้านระบบภูมิคุ้มกัน (Immune-Mediated Disorder) (Shankar et al., 2006) การพัฒนาเว็บเชิงความหมายเพื่อบริการในการเก็บข้อมูล

ด้านการวินิจฉัยโรคผู้ป่วย เป็นต้น งานของ Mor et al. (2008) เป็นอีกงานวิจัยที่น่าสนใจ ได้ทำการศึกษาวิธีจำแนก (Clustering Analysis) โดยใช้หลักการของออนโทโลยีทำงานร่วมกับเทคนิคการทำเหมืองข้อมูล (Data Mining) เพื่อจำแนกกลุ่มของผู้ป่วยที่มีโรคประจำตัว และมีพัฒนาที่ผิดปกติ (Developmental Disorders) จากทิศทางการพัฒนางานวิจัยดังกล่าว จะพบว่างานวิจัยด้านนี้ยังมีความจำเป็นต้องนำหลักการอื่นๆ มาบูรณาการร่วมกับการพัฒนาออนโทโลยีเพื่อเพิ่มความสามารถของระบบสารสนเทศเชิงความหมายให้มีประโยชน์ในการใช้งานมากยิ่งขึ้น อีกทั้งงานด้านการแพทย์ยังมีช่องว่างอีกหลายด้านที่ยังคงต้องการพัฒนาระบบสารสนเทศเชิงความหมาย รวมถึงงานด้านการวิเคราะห์ผลเลือดซึ่งเป็นอีกหน่วยงานสำคัญที่ช่วยสนับสนุนการทำงานของแพทย์ งานวิจัยนี้จึงได้นำเสนอการวิเคราะห์ผลเลือดด้วยการประยุกต์ ใช้วิธีการตัดสินใจเชิงความหมาย (Semantic Decision Making) บนพื้นฐานของกฎนิเวศที่ปรับเปลี่ยนได้ (Adaptive Neuro-Fuzzy Rules) ซึ่งเป็นการศึกษาเพื่อได้วิธีการใหม่ ที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพด้านการวินิจฉัยโรคจากการวิเคราะห์ผลเลือดและเป็นฐานในการพัฒนาระบบสารสนเทศเชิงความหมายในเรื่องที่เกี่ยวข้องในอนาคต

แนวคิดทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาแนวคิดทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยขอเสนอแนวคิดที่เกี่ยวข้องไว้ในส่วนแรกของหัวข้อนี้ และส่วนท้ายของหัวข้อนี้จะเป็นการนำเสนอผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องตามลำดับดังนี้

1. ออนโทโลยี (Ontology)

ออนโทโลยีเป็นรูปแบบแสดงโครงสร้างความสัมพันธ์ของฐานความรู้ทางด้านใดด้านหนึ่ง หรือแสดงขอบเขตใด (Domain) ขอบเขตหนึ่ง ซึ่งมีแนวคิดและความเข้าใจตรงกัน

ออนโทโลยีใช้ในการอธิบายความหมายของสิ่งต่างๆ และสามารถจัดหมวดหมู่ของความรู้ ของข้อมูลได้ในขอบเขตความสนใจหนึ่งๆ (Kiryakov, 2004) ซึ่งในปัจจุบันออนโทโลยีได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในงานมากยิ่งขึ้น สามารถประยุกต์กับงานหลายๆ ด้าน เช่น ทางการศึกษา ทางอาหาร ทางอุตสาหกรรมทางการแพทย์ และงานอื่นๆ อีกหลากหลาย

ออนโทโลยีเป็นการแสดงโครงสร้างของแนวคิดที่บรรยายขอบเขตขององค์ความรู้เรื่องใดเรื่องหนึ่ง ออนโทโลยีประกอบด้วยนิยามความหมายหรือแนวคิด (Concepts) ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญในการสร้างฐานความรู้ โดยแนวคิดเหล่านี้จัดเรียงอยู่ในลำดับชั้นการถ่ายทอดความสัมพันธ์ ประกอบด้วย

- แนวความคิด (Concepts) หรือ คลาส คือ ขอบเขตของความรู้ หรือเรื่อง ใดเรื่องหนึ่ง และสามารถทำการอธิบายรายละเอียดได้
- คุณสมบัติ (Properties) หมายถึง คุณสมบัติต่างๆ ที่ใช้อธิบายความสัมพันธ์ (Relations) ของแนวคิด หรือนำมาใช้อธิบายแนวคิดที่มีการกำหนดความหมายร่วมกันทั้งหมด (Function) ไว้ในออนโทโลยีเรื่องนั้นๆ
- ความสัมพันธ์ (Relationships) หมายถึง รูปแบบการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแนวความคิด โดยมีการระบุความสัมพันธ์ไว้เป็นแบบต่างๆ
- ข้อกำหนดในการสร้างความสัมพันธ์ (Axioms) หมายถึง เงื่อนไขหรือตรรกะในการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างแนวความคิดกับแนวความคิด หรือแนวความคิดกับคุณสมบัติ เพื่อให้ได้ความหมายที่ถูกต้อง
- ตัวอย่างข้อมูล (Instances) หมายถึง คำศัพท์ที่มีการกำหนดความหมายไว้ในออนโทโลยีเรื่องนั้นๆ

2. Web Ontology Language หรือ OWL

OWL เป็นภาษาใช้แทนออนโทโลยี เพื่อให้คอมพิวเตอร์หรือซอฟต์แวร์เอเจนต์สามารถเข้าใจความหมายข้อมูลร่วมกันและพัฒนาขึ้นบนพื้นฐานของภาษา RDF (Resource Description Framework) (McGuinness et al., 2004) ในภาษา OWL (Web Ontology Language) จึงมีการบรรยายข้อมูลแบบผสมผสานกันระหว่างการให้ RDF, RDFS, XML Syntax ซึ่งแบ่งตามประเภทของการใช้งานและรายละเอียดของข้อมูลต่างๆ

3. โปรแกรมในการพัฒนาออนโทโลยี (Protege OWL Editor รุ่น 3.4.4)

การออกแบบพัฒนาฐานความรู้ออนโทโลยีสำหรับงานวิจัยนี้ใช้โปรแกรม Protégé OWL editor ที่เป็นซอฟต์แวร์โอเพนซอร์ส พัฒนาโดยมหาวิทยาลัย สแตนฟอร์ด (Stanford University School of Medicine) มีรูปแบบการสร้างที่มีตัวช่วย (Plug in) หลากหลาย และง่ายต่อการนำไปประยุกต์ใช้ (ฮอร์เกอร์ และคณะ, 2004) เหตุผลที่ผู้วิจัยใช้ Protégé OWL รุ่น 3.4.4 เนื่องจากสามารถทำงานบน OWL1 สนับสนุนการทำงานของส่วนเสริมที่เชื่อมต่อกับฐานข้อมูล (DataMaster) สนับสนุนการทำงานของส่วนเสริมที่แสดงโครงสร้างของออนโทโลยีแบบรูปภาพ สนับสนุนการทำงานของส่วนเสริมที่ใช้ตรวจสอบความสอดคล้องในโครงสร้างของออนโทโลยี (Consistency Reasoner) สนับสนุนการทำงานของส่วนเสริมที่ใช้สืบค้นข้อมูล (SPARQL, SWRL และ SQWRL tabs) และสามารถแสดงผลของการอนุมานกฎโดยใช้ Jess ได้ ส่วน Protégé 4.3 ทำงานบน OWL2 การใช้งานยังไม่เสถียร ส่วนสนับสนุนข้างต้นยังไม่สามารถใช้งานได้

4. ภาษากฎเชิงความหมาย

เป็นภาษาที่มีพื้นฐานอยู่บนภาษา RuleML ทำงานอยู่บน OWL สามารถดึงข้อเท็จจริงหรือองค์ความรู้ จากการสืบค้นโดยการอนุมาน (Inference) จากความรู้ที่มีความสัมพันธ์กัน ซึ่งอาศัยหลักการสืบค้นผ่านฐานกฎ (Rule Base) จากความต้องการของผู้ใช้แต่ละคน โดยให้ผู้ใช้สามารถกำหนดเงื่อนไข และขอบเขตการค้นหาค้นหาภายใต้ขอบเขตขององค์ความรู้ที่ทำการสร้างออนโทโลยี ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ด้านซ้ายมือของลูกศรหมายถึงส่วนเงื่อนไข (Antecedent) และด้านขวามือของลูกศร หมายถึงส่วนของผลลัพธ์หรือการปฏิบัติ (Consequent) โดยจะใช้เครื่องหมาย "?" นำหน้าตัวอักษรหมายถึงตัวแปร (Variable) หรือข้อมูล (Instance) ภายในคลาส และใช้สัญลักษณ์ "&" เชื่อมระหว่างเงื่อนไข ในการใช้งานจริง Protege จะมีส่วนเสริมที่เรียกว่า SWRLTab ซึ่งเป็นโปรแกรมในการสร้างกฎด้วยภาษา SWRL (Horrocks et al., 2004)

5. การตัดสินใจโดยใช้ภาษา SWRL/SQWRL บน OWL ออนโทโลยีที่เก็บในรูปแบบไฟล์ OWL นั้น ข้อมูลที่เก็บอยู่ในรูปแบบ OWL มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อกำหนดเหตุผลขึ้นมาใช้ใน

การค้นหาข้อมูลหรือใช้ในการตัดสินใจในรูปแบบของกฎมาใช้ในการตัดสินใจบนแฟ้ม OWL ในงานวิจัยนี้ได้นำ Protégé OWL ซึ่งเป็นแหล่งเก็บออนโทโลยีเรียกว่า โลบราลี ซึ่งสามารถติดต่อกับแฟ้มข้อมูลประเภท OWL ได้ และในส่วนของ การตัดสินใจและการให้เหตุผล (Decision Making Query and Reasoning) เพื่อกำหนดความสัมพันธ์และออบเจกต์ของแฟ้มข้อมูล OWL และใช้ภาษา SQWRL ที่พัฒนาขึ้นมาจากพื้นฐานภาษา SWRL มาใช้สำหรับการสร้างและกำหนดเงื่อนไขของกฎในการดึงข้อมูลจากแฟ้ม OWL สำหรับการนำมาใช้ในการตัดสินใจและให้เหตุผลภาษา (SQWRL) ใช้เป็นการกำหนดกฎที่ใช้ในการค้นหาค่าที่ตรงกับ ความหมายและความสัมพันธ์ที่ถูกกำหนดไว้ในออนโทโลยีเงื่อนไขต่าง ๆ ที่ได้จาก Semantic Query Form จะนำมาแปลงให้อยู่ในรูปแบบไวยากรณ์ของภาษา SQWRL โดยเงื่อนไขของคำสั่งต่าง ๆ จะตรงกับคลาสและความสัมพันธ์ที่เก็บอยู่ในออนโทโลยีของการวินิจฉัยโรคจากผลตรวจเลือด

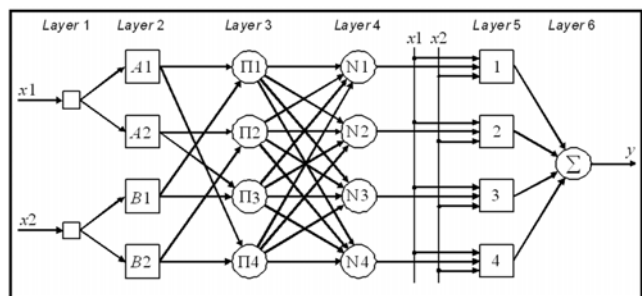
6. การตัดสินใจเชิงความหมาย (Semantic Decision Making)

การตัดสินใจเชิงความหมายโดยอาศัยหลักการและแนวคิดของเว็บเชิงความหมาย (Semantic Web) ในปัจจุบันนี้เว็บเชิงความหมาย ได้เข้ามามีบทบาทในการดำเนินงานวิจัยในหลายๆ ด้าน อาทิ การประยุกต์ใช้หลักการเว็บเชิงความหมายเพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของข้อมูลโดยใช้ออนโทโลยีในการพิจารณาหรือใช้สำหรับการค้นหาข้อมูลที่มีความสอดคล้องและแม่นยำต่อความต้องการของผู้ใช้งาน ข้อมูลต่างๆ ในระบบจะถูกอธิบายด้วยภาษาเชิงความหมาย ประกอบไปด้วย ภาษา RDFS และภาษา OWL และภาษาเหล่านี้เชื่อมต่อกับเครื่องจักรในการประมวลผลหรือคิวรีอย่างเป็นอัตโนมัติ ออนโทโลยี สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับการทำงานของระบบงานต่างๆ และมีวัตถุประสงค์แตกต่างกันออกไป อาทิ ในระบบสืบค้นข้อมูลออนโทโลยีมีส่วนช่วยในการขยายคำค้น ทำให้ค้นหาและเข้าถึงข้อมูลที่ตรงตามที่ต้องการจริง ด้วยการพิจารณาความหมายของสิ่งต่างๆ ในโดเมน เช่น ระบบงานการค้นหายา (Drug Discovery) ระบบค้นหาข้อมูลทางพันธุกรรม (Gene Ontology) ในระบบงานที่ต้องการผนวกความรู้ (Knowledge Integration) ใช้ออนโทโลยีเพื่อสร้างความเข้าใจเบื้องต้นของความรู้ระหว่างโดเมนต่างๆ และในระบบงานที่ต้องการสร้างความเข้าใจพื้นฐานระหว่างผู้ที่มีส่วน

เกี่ยวข้องในโดเมนโดยใช้ออนโทโลยีเป็นสื่อกลางในการแสดงความหมายของสิ่งต่างๆ เพื่อให้เข้าใจสิ่งต่างๆ ในโดเมนได้อย่างตรงกัน (จริวานต์ ปันณะรัส, 2552)

7. การอนุมานนิโรพชชีแบบปรับตัวได้ (Adaptive Neuro-Fuzzy)

เนื่องจากฟัซซีลอจิก (Fuzzy Logic) มีจุดเด่นตรงที่มีการใช้เหตุผลในเชิงตรรกะเหมือนความคิดของมนุษย์ สามารถอธิบายการตัดสินใจได้จากกฎฟัซซีและสามารถใช้กับข้อมูลที่คลุมเครือได้ แต่ข้อเสียของฟัซซีลอจิกอยู่ตรงที่ไม่สามารถเรียนรู้และปรับแต่งกฎต่างๆ ด้วยตัวเอง ต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญหรือผู้มีความรู้กำหนดโครงสร้างและกฎให้ ด้วยเหตุนี้จึงมีนักวิจัยสนใจนำวิธีต่างๆ มาผสมกันเป็นระบบผสม (Hybrid System) เพื่อนำข้อดีของแต่ละวิธีมารวมกันและขจัดข้อจำกัดของแต่ละวิธีออกไป หนึ่งในระบบผสมดังกล่าวได้แก่ การนำโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network: ANN) ผสมกับฟัซซีลอจิก (Fuzzy logic: FL) ได้เป็นระบบโครงข่ายประสาทเทียมแบบฟัซซี หรือระบบนิโรพชชี ซึ่งระบบนิโรพชชีที่เป็นที่นิยมได้แก่ ระบบอนุมานนิโรพชชีแบบปรับตัวได้ ในปี ค.ศ. 1993 โรเจอร์ จาง จาก Tsing Hua University (จาง, 1993: 665-685) ได้เสนองานวิจัยทางด้าน โครงข่ายประสาทเทียมทำงานเทียบเท่ากับ การอนุมานฟัซซี (Fuzzy Inference) ตามแบบของการอนุมานฟัซซีซูเกโน (Sugeno Fuzzy Inference) โดยใช้ชื่อว่า ระบบอนุมานนิโรพชชีแบบปรับตัวได้ (Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System) หรือ ANFIS โดยปกติจะแสดงในรูปของโครงข่ายประสาทเทียมแบบป้อนข้อมูลไปข้างหน้า (Feed Forward Neural Network) ประกอบด้วย layer ทั้งหมด 6 layer ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 สถาปัตยกรรมของ ANFIS

ตามแนวคิดของ ตัวแบบฟัซซีในรูปแบบที่ 1 โดยสมมติให้ ANFIS มี 2 อินพุต x_1 และ x_2 และมี 1 เอาท์พุท คือ y และให้ output โดยใช้หลักของ first-order polynomial ANFIS จะได้ rule ทั้งหมด 4 rule ได้แก่

Rule 1 : IF x_1 is A_1 AND x_2 is B_1 THEN $y = f_1$

Rule 2 : IF x_1 is A_2 AND x_2 is B_2 THEN $y = f_2$

Rule 3 : IF x_1 is A_2 AND x_2 is B_1 THEN $y = f_3$

Rule 4 : IF x_1 is A_1 AND x_2 is B_2 THEN $y = f_4$

โดยที่ x_1, x_2 เป็นตัวแปร input และ A_1, A_2 เป็น fuzzy set ใน universe of discourse ของ x_1 และ B_1, B_2 เป็น fuzzy set ใน universe of discourse ของ x_2

การเรียนรู้ของ ANFIS จะใช้ขั้นตอนการเรียนรู้แบบผสม (Hybrid Learning Algorithm) จากวัฏจักรการเรียนรู้แบบสองทาง โดยในการคำนวณไปข้างหน้า (Forward Pass) จะปรับค่าพารามิเตอร์ของข้อตามโดยใช้วิธีการประเมินกำลังสองน้อยที่สุด (Least Squares Estimate) ในขณะที่การคำนวณย้อนหลัง (Backward Pass) จะใช้วิธีปรับตามความลาดชัน (Gradient Descent) สำหรับการปรับค่าพารามิเตอร์

การใช้ ANFIS ในการพยากรณ์เริ่มได้รับความนิยมมากขึ้นในปัจจุบันเนื่องจากคุณสมบัติในการเรียนรู้และการใช้เหตุผลทำให้ผลลัพธ์มีความแม่นยำมากขึ้น เช่น การใช้ ANFIS ในการพยากรณ์การใช้พลังงานของอาคารในระหว่างการออกแบบอาคารขั้นต้น ซึ่งผลที่ได้สามารถนำไปใช้เลือกแบบควบคุมที่เหมาะสมได้ (เบคตาส อีคิซี และแอคชอย, 2011). ส่วนเรื่องข้อจำกัดของ ANFIS นั้น เวลาที่ ANFIS ใช้ในการเรียนรู้ เป็นสิ่งที่ผู้ใช้ ANFIS ต้องตระหนักถึง ปัญหานี้จะทวีความรุนแรงมากขึ้นเมื่อใช้กับระบบที่มีพฤติกรรมแบบพลวัตชนิดไม่เชิงเส้น (Non-linear Dynamic Behaviors) เพราะในระบบแบบนี้จะมีกฎฟัซซีแบบ ถ้า-แล้ว (IF-THEN) จำนวนมาก ทำให้ต้องใช้เวลาในการเรียนรู้นานมากขึ้น จึงไม่เหมาะกับการนำไปใช้งานแบบทำงานทันที (Real-time Applications) แต่ก็มีวิธีที่จะช่วยจำกัดจำนวนของกฎฟัซซีได้โดยใช้การจัดกลุ่มข้อมูล (Data Clustering) เช่น การจัดกลุ่ม แบบลบออก (Subtractive Clustering) (Askari and Markazi, 2012).

8. การวิเคราะห์ผลเลือด (Blood Diagnosis) คือ งานตรวจวิเคราะห์ความผิดปกติขององค์ประกอบทางเคมีในเลือด

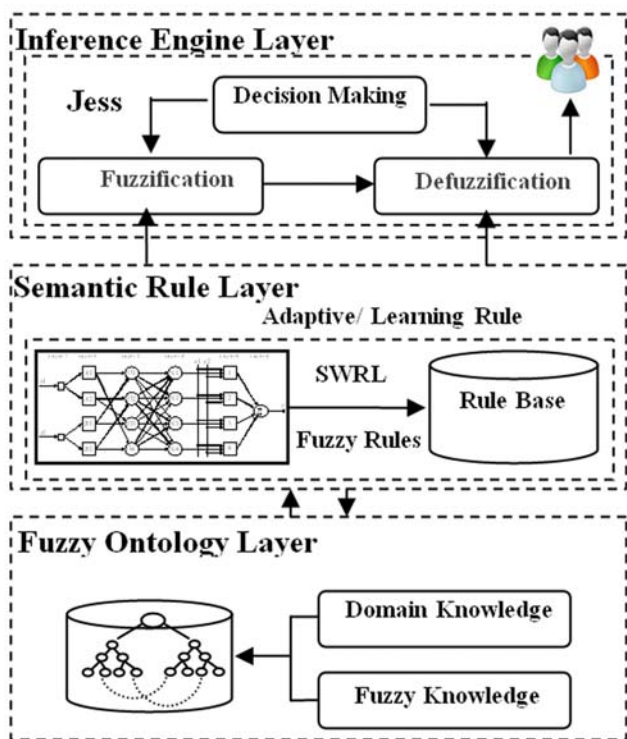
ซึ่งการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของสารเหล่านี้ บ่งบอกไปถึงว่าจะมีโรคอะไรเกิดขึ้นในร่างกายบ้าง เช่น การตรวจระดับน้ำตาล การตรวจระดับไขมัน เป็นต้น การใช้ผลการตรวจทางห้องปฏิบัติการทางการแพทย์ประกอบการประเมินสภาพภาวะสุขภาพ การแปลผล และการวิเคราะห์ผล ต้องนำผลที่ได้ไปเปรียบเทียบกับค่าปกติ จึงจะนำไปสู่การค้นหาค่าปัญหาสุขภาพที่ถูกต้อง

9. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า (Tarig et al., 2011) ได้พัฒนาระบบการวินิจฉัยที่ถูกต้องที่สามารถช่วยแพทย์ในการวินิจฉัยความเสี่ยงในการเกิดไข้เลือดออกโดยใช้หลักการของระบบอนุมานนิเวศฟัซซีแบบปรับตัวได้ อีกทั้งงานวิจัยของฟาซิลีปี 2008 ได้พัฒนาระบบวินิจฉัยความผิดปกติทางการพูดและทางภาษาในผู้ป่วยสมองพิการ โดยใช้การอนุมานนิเวศฟัซซีแบบปรับตัวได้ ให้ผลการวินิจฉัยที่ถูกต้อง 94.6% ใน 50 การทดสอบ ซึ่งความแม่นยำในการวินิจฉัยใกล้เคียงกับงานวิจัยของฮารุน (Harun, 2012) ซึ่งเป็นระบบที่ช่วยในการวินิจฉัยโรคลิ้นหัวใจ (Heart Valve Disease) โดยใช้หลักการ Discrete Wavelet Transform (DWT) และ Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System : ANFIS ในการวินิจฉัยใช้ข้อมูลจากคนปกติ และผู้ป่วยในกลุ่มนี้ 120 ข้อมูล ให้ผลความถูกต้องในการแยกผู้ป่วยออกจากคนปกติที่ 98.33% และงานวิจัยของ Özanel et al. (2010) ได้พัฒนาระบบอัจฉริยะในการวินิจฉัยโรค Rheumatoid Arthritis โดยใช้หลักการแบบผสมผสานของ Multiple Signal Classification กับ ANFIS พบว่าให้ผลการวินิจฉัยที่ถูกต้อง 95% ในกลุ่ม Right Hand Ulnar Artery และ 91.25% ในกลุ่ม left hand Ulnar Artery สำหรับการประยุกต์ใช้ในโรคหัวใจ พบงานวิจัยของโอบานิจิส (โอบานิจิส, 2012) มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ระบบ Neuro-Fuzzy สำหรับการตรวจสอบโรคหัวใจวาย โดยใช้อินพุตเป็นตัวแปร 8 ตัว และให้ผลออกมา 1 เอาท์พุท ตัวแปรเป็นอัตราการเต้นหัวใจ, ออกกำลังกาย, ความดันโลหิต, อายุ, คอเลสเตอรอล ชนิดอาการเจ็บหน้าอกเลือด ระดับน้ำตาล และเพศ เอาท์พุท แยกระดับความเสี่ยงของโรคที่ได้รับ การแบ่งออกเป็น 4 ระดับ คือ ต่ำมาก, ต่ำ, สูง และสูงมาก การใช้งานระบบถูกออกแบบมาในลักษณะที่ผู้ป่วยสามารถใช้งาน ได้ส่วนตัว ผู้ป่วยเพียงแค่ต้องใส่ค่าตัวแปรซึ่งทำหน้าที่เป็นอินพุต ไปยังระบบ และระบบจะได้เอาท์พุทในการทำนายระดับความเสี่ยงของผู้ป่วย

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้มีการออกแบบการวิจัย ตลอดจนนำเสนอในรูปแบบของกรอบแนวคิดในการวิจัย เพื่อเป็นตัวอธิบายวิธีการวิจัย ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แสดงขั้นตอนในการดำเนินการ

จากภาพที่ 2 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยนี้มีขั้นตอนหลักทั้งสิ้น 3 ส่วน ดังนี้คือ

- **พัฒนาออนโทโลยี (Ontology Development)**

งานตรวจทางห้องปฏิบัติการทางการแพทย์ เริ่มจากศึกษาและรวบรวมข้อมูล งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างออนโทโลยีในขอบเขตความรู้การตรวจทางห้องปฏิบัติการทางการแพทย์ และการวินิจฉัยโรคจากผลตรวจเลือด เพื่อใช้เป็นแนวทางในการสร้างฐานองค์ความรู้ระบบต้นแบบของห้องปฏิบัติการทางการแพทย์เพื่อนำไปใช้ในการวินิจฉัยโรคและให้คำแนะนำความเสี่ยงในการเกิดโรคเฉพาะบุคคล

- **พัฒนาการกฎเชิงความหมาย (Semantic Rules Base)**

เป็นการสร้างกฎเชิงความหมายแบบผสมผสานนำการเรียนรู้แบบโครงข่ายประสาทเทียมมาสอนให้ระบบ และความรู้ฟัซซีลอจิกมาช่วยการตัดสินใจข้อมูลเชิงเหตุผล

- **กลไกการอนุมาน (Inference Engine)** การวินิจฉัยโรคจากผลตรวจเลือดนี้ใช้ JESS (Java Expert System Shell) (O'connor et al., 2005) เป็นกลไกอนุมานของระบบ ซึ่งเป็นกลไกการอนุมานแบบกฎ พัฒนาด้วยภาษาจาวาโดยเออร์เนสต์ ฟรีดแมน-ฮิลล์ (Ernest Friedman-Hill) เป็นส่วนที่นำค่าความจริงจากองค์ความรู้ที่มีอยู่ และค่าการตัดสินใจซึ่งเป็นวิธีการแสดงความรู้ ในส่วนของฐานกฎ (Rule Base) จากภาษา SWRL นำผลการวินิจฉัยโรคจากผลตรวจเลือดมาแสดง

1. การพัฒนาออนโทโลยี

โครงสร้างฐานความรู้ออนโทโลยีของการวินิจฉัยโรคจากผลตรวจเลือดประกอบด้วยขั้นตอนการสร้าง 7 ขั้นตอน (Lopez et al., 1999)

1) **Specification** เป็นขั้นตอนการกำหนดขอบเขตของการพัฒนาออนโทโลยีให้ชัดเจน โดยพิจารณาถึงวัตถุประสงค์ของการพัฒนาออนโทโลยี ลักษณะการนำออนโทโลยีไปใช้งาน และกลุ่มเป้าหมายของผู้ใช้งาน

2) **Knowledge Acquisition** เป็นขั้นตอนการจัดเก็บและรวบรวมองค์ความรู้ ทั้งความรู้โดยนัย และความรู้ชัดแจ้ง รวบรวมให้อยู่ในลักษณะของหมวดหมู่เบื้องต้น และคำสำคัญภายใต้ขอบเขตการศึกษา ประกอบไปด้วยแหล่งข้อมูลจากเอกสาร งานวิจัย และจากตัวบุคคล (ผู้เชี่ยวชาญ)

3) **Conceptualization** เป็นขั้นตอนการสร้างแบบจำลองความสัมพันธ์เบื้องต้น ให้กับแนวคิด คำสำคัญที่รวบรวมมา ผลที่ได้เป็นลักษณะเป็นโครงร่างลำดับชั้น (Hierarchy) ซึ่งแสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างแนวคิด (Concept) คำสำคัญ (Keyword)

4) **Formalization** เป็นการนำแนวคิด คำสำคัญ มาจัดกลุ่มในรูปแบบของคำพ้องความ (Synonym) คำแปล (Translated Term) และคำย่อ (Acronym) โดยยึดหลักตามฐานความรู้ทางการแพทย์ UMLS (Unified Medical Language System) และคำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญ

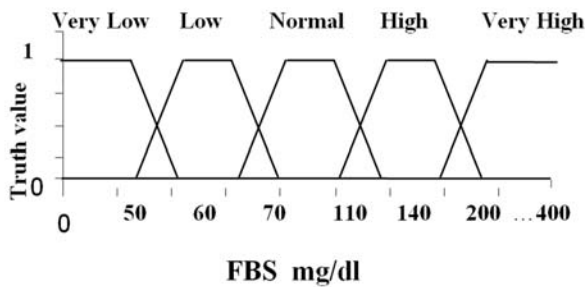
5) **Implementation** เป็นขั้นตอนการนำส่วนที่ได้ทั้งหมดมาสร้างออนโทโลยี โดยโปรแกรม Protege OWL editor

6) **Evaluation** การประเมินความถูกต้องของโครงสร้างออนโทโลยี

7) Documentation เป็นการบันทึกข้อมูล การสร้าง การดูแลรักษา และการนำไปใช้ของออนโทโลยี

2. พืชชี้และตัวแปรภาษา (Linguistic Variable)

เซตแบบพืชชี้สามารถประยุกต์ใช้ในการอธิบาย ค่าของตัวแปร เช่น ผลตรวจระดับน้ำตาลในเลือดใช้คำว่า "ต่ำ" เป็นคำที่ใช้แสดงปริมาณระดับน้ำตาลในเลือด ในทางรูปนัย สามารถเขียนได้เป็น ระดับน้ำตาลในเลือดต่ำ ตัวแปรระดับ ของน้ำตาลเป็นตัวแปรภาษา (Linguistic Variable) ซึ่งเป็นแนวคิด ที่สำคัญมากในตรรกะแบบพืชชี้ ที่นำไปใช้กำหนดแนวคิด ความสัมพันธ์ และข้อมูลอินสแตนส์ในออนโทโลยี ตัวแปรภาษา ช่วยกำหนดค่าของสิ่งที่จะอธิบายทั้งในรูปคุณภาพโดยใช้พจน์ภาษา (Linguistic Term) และในรูปปริมาณ โดยใช้ฟังก์ชันความเป็น สมาชิก (Membership Function) ตัวอย่างตัวแปรสัญลักษณ์ เช่น ระดับน้ำตาลในเลือด มีค่าพจน์ภาษาเป็น (Very Low, Low, Normal, High, Very High) คำว่า และมีค่าตัวแปรที่บอกถึงระดับ ตัวแปรเชิงตัวเลข ฟังก์ชันความเป็นสมาชิก ((0,60), (61,70), (71,110), (111,200), (201,400)) รูปที่ 3 แสดงตัวอย่าง เซตตัวแปรภาษาของระดับน้ำตาลในเลือด



ภาพที่ 3 แสดงตัวแปรภาษา ของระดับน้ำตาลในเลือด

3. การสร้างกฎเชิงความหมาย

กฎเป็นส่วนที่มีความสำคัญในการทำงานเพื่อ การอนุมานให้ผลการตัดสินใจ กฎเชิงความหมายนำกฎของพืชชี้ มาใช้ในรูปแบบของกฎ IF-THEN Rules ซึ่งสามารถสร้างเป็นกฎได้ 188 กฎ ซึ่งแต่ละกฎจะเป็นการนำผลการตรวจเลือดทางห้อง ปฏิบัติการมาพิจารณา เพื่อวินิจฉัยโรคและความเสี่ยงใน การเกิดโรค โดยแบ่งกฎออกเป็นกลุ่ม 5 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มความผิด ปกติของระดับน้ำตาลในเลือด ความผิดปกติของการทำงานของไต ความผิดปกติของกระดูกและข้อ, ความผิดปกติของไขมันในเลือด

และความผิดปกติของการทำงานของตับ ตัวอย่างกฎในกลุ่มของความผิดปกติต่างๆ ดังนี้

กฎ 1:

If ผู้ตรวจสุขภาพมีระดับน้ำตาลในเลือดเท่ากับ 105 mg/dl
Then แปลผลเลือดระดับน้ำตาลในเลือดอยู่ในช่วงปกติ และไม่พบความเสี่ยงในการเกิดโรคเบาหวาน

กฎ 2:

If ผู้ตรวจสุขภาพมีระดับ BUN เท่ากับ 30 mg/dl และมีระดับ Creatinine เท่ากับ 1.5 mg/dl
Then แปลผลเลือดการทำงานของไตผิดปกติ และมีความเสี่ยงที่จะเกิดโรคไต

กฎ 3:

If ผู้ตรวจสุขภาพมีระดับ Uric acid เท่ากับ 10 mg/dl
Then แปลผลเลือดมีระดับกรดยูริกในเลือดสูงกว่าปกติมาก และมีความเสี่ยงที่จะเกิดโรคเก๊าต์สูง

กฎ 4:

If ผู้ตรวจสุขภาพมีระดับ Cholesterol เท่ากับ 230 mg/dl และมีระดับ Triglyceride เท่ากับ 250 mg/dl
Then แปลผลเลือดมีระดับไขมันในเลือดสูงกว่าปกติเล็กน้อย และมีความเสี่ยงที่จะเกิดหัวใจและหลอดเลือด

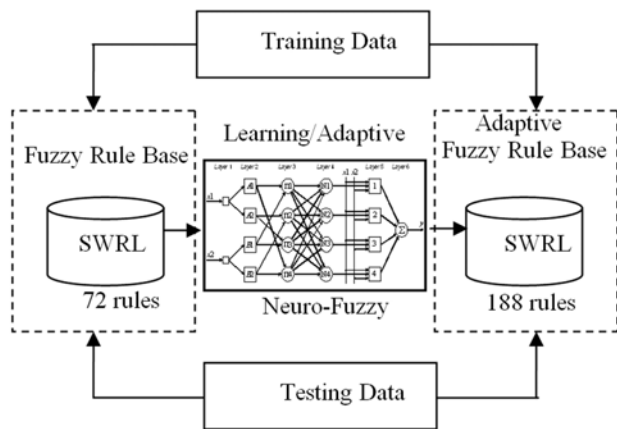
กฎ 5:

If ผู้ตรวจสุขภาพมีระดับ ALP เท่ากับ 200 U/L และมีระดับ ALT เท่ากับ 250 U/L และมีระดับ AST เท่ากับ 250 U/L
Then แปลผลเลือดมีระดับเอนไซม์จากตับในเลือดสูงกว่าปกติ การทำงานของตับผิดปกติ และมีความเสี่ยงที่จะเกิดโรคเกี่ยวกับตับสูง

4. แบบจำลองการเรียนรู้นิวโรฟัซซีออนโทโลยี

แบบจำลองนิวโรฟัซซีออนโทโลยีมีพื้นฐานหลักของ โครงสร้างเป็นการทำงานของฟัซซีลอจิกคือมีฟัซซีฟิ เคชัน (Fuzzification) ฟัซซีอินเฟอเรนซ์ (Fuzzy Inference) และ ดีฟัซซีฟิเคชัน (Defuzzification) ใช้ อัลกอริทึมในการเรียนรู้แบบ โครงข่ายประสาทเทียมแบบวิธีแพร่ย้อนกลับ (Backpropagation)

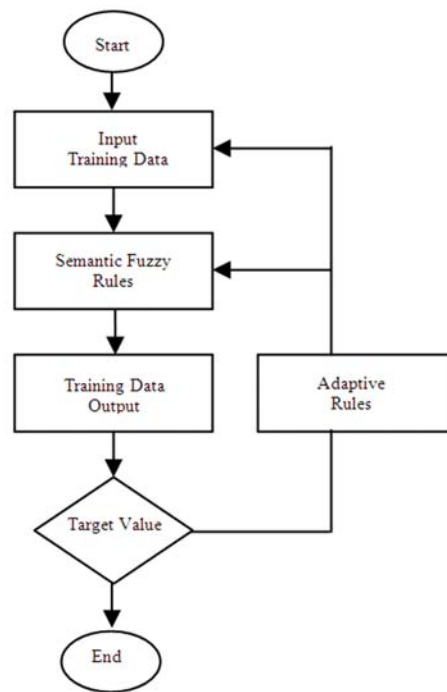
ในการสอนและการปรับปรุงกฎเชิงความหมายของออนโทโลยี ในส่วนของข้อมูลอินพุต (Antecedent) และพารามิเตอร์ในส่วน ของผลลัพธ์ของฟัซซี (consequent) ดังแสดงในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 การเรียนรู้แบบนิวโรฟัซซีออนโทโลยี

5. โมเดลการเรียนรู้ (learning Pattern Model)

เป็นการสอนออนโทโลยีให้มีการเรียนรู้โดยใช้ทฤษฎีของโครงข่ายประสาทเทียมการเรียนรู้แบบมีผู้สอน (Supervised Learning) โดยใช้ข้อมูลที่ได้ทำการเตรียมไว้แล้วใช้ส่วนที่เป็นชุดการสอน นำมาสอนผ่านออนโทโลยี โดยใช้เทคนิคการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ย้อนกลับ (Back-propagation Learning Algorithm) เป็นตัวสอนออนโทโลยีให้เกิดการเรียนรู้ ใช้ชุดข้อมูลสำหรับการสอนอินพุตเข้าไปในส่วนของกฎ แล้วมีการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงค่าเป็นของตัวแปรภาษา (Linguistic Variable) และฟังก์ชันความเป็นสมาชิก (Membership Function) ในส่วนส่วนของข้อมูลอินพุต (Antecedent) และพารามิเตอร์ในส่วน of ผลลัพธ์ของฟัซซี (Consequent) จนกว่าค่าผลลัพธ์ของของฐานกฎมีความถูกต้องอยู่ในค่าที่ยอมรับได้ หรือการวนรอบจนอิมิตัวจึงจะหยุดทำการสอนแบบโครงข่ายให้ ออนโทโลยี ดังแสดงในภาพที่ 5



ภาพที่ 5 ขั้นตอนการเรียนรู้แบบและปรับปรุงกฎ

ผลของการวิจัย

1. ออนโทโลยีการวินิจฉัยโรคจากผลตรวจเลือด

จากการนำองค์ความรู้ในขอบเขตของการตรวจวินิจฉัยทางห้องปฏิบัติการทางการแพทย์ การแปลผลตรวจเลือด และการวินิจฉัยโรคจากผลตรวจเลือด มาพัฒนาเป็นฐานความรู้ออนโทโลยีด้วยโปรแกรม Protégé 3.4.4 ออนโทโลยีที่ได้ประกอบด้วย 8 คลาสหลัก (super-class) คือ laboratory Interpretation, Laboratory Method, Laboratory Process, Laboratory Result, Laboratory Test, Laboratory Quality, Personal Status และ Specimen Type และประกอบด้วย คลาสย่อย (sub class) ในทุกคลาสหลัก ตัวอย่างของคลาสย่อยของ laboratory Interpretation ประกอบไปด้วย คลาสย่อย Diagnosis, Disease, Recommendation และ Risk Degree ดังแสดงในภาพที่ 6

กฎวินิจฉัยโรคเบาหวาน

กฎที่-1: Blood test (?t) \wedge hasFBS (?t, ?s) \wedge swrlb:lessThan (?s, 60) \wedge hasRisk_Degree (?t, ?r) \wedge hasDiagnosis (?t, ?d) \wedge hasDisease (?t, ?ds) \rightarrow sqwrl:select (?s, ?d, ?ds, ?r)

กฎที่-2: Blood test (?t) \wedge hasFBS (?t, ?s) \wedge swrlb:lessThan (?s, 70) \wedge swrlb:greaterThan (?s, 59) \wedge hasRisk_Degree (?t, ?r) \wedge hasDiagnosis (?t, ?d) \wedge hasDisease (?t, ?ds) \rightarrow sqwrl:select (?s, ?d, ?ds, ?r)

กฎที่-3: Blood test (?t) \wedge hasFBS (?t, ?s) \wedge swrlb:lessThan (?s, 111) \wedge swrlb:greaterThan (?s, 69) \wedge hasRisk_Degree (?t, ?r) \wedge hasDiagnosis (?t, ?d) \wedge hasDisease (?t, ?ds) \rightarrow sqwrl:select (?s, ?d, ?ds, ?r)

⋮

กฎที่-n: Blood test (?t) \wedge hasFBS (?t, ?s) \wedge swrlb:greaterThan (?s, 201) \wedge hasRisk_Degree (?t, ?r) \wedge hasDiagnosis (?t, ?d) \wedge hasDisease (?t, ?ds) \rightarrow sqwrl:select (?s, ?d, ?ds, ?r)

วินิจฉัยโรคเก๊าท์

กฎที่-1: Blood test (?t) \wedge hasUric_acid (?t, ?ua) \wedge swrlb:lessThan (?ua, 3) \wedge hasRisk_Degree (?t, ?r) \wedge hasDiagnosis (?t, ?d) \wedge hasDisease (?t, ?ds) \rightarrow sqwrl:select (?ua, ?d, ?ds, ?r)

กฎที่-2: Blood test (?t) \wedge hasUric_acid (?t, ?ua) \wedge swrlb:lessThan (?ua, 7.1) \wedge swrlb:greaterThan (?ua, 2.9) \wedge hasRisk_Degree (?t, ?r) \wedge hasDiagnosis (?t, ?d) \wedge hasDisease (?t, ?ds) \rightarrow sqwrl:select (?ua, ?d, ?ds, ?r)

กฎที่-3: Blood test (?t) \wedge hasUric_acid (?t, ?ua) \wedge swrlb:lessThan (?ua, 10.1) \wedge swrlb:greaterThan (?ua, 7.0) \wedge hasRisk_Degree (?t, ?r) \wedge hasDiagnosis (?t, ?d) \wedge hasDisease (?t, ?ds) \rightarrow sqwrl:select (?ua, ?d, ?ds, ?r)

⋮

กฎที่-n: Blood test (?t) \wedge hasUric_acid (?t, ?ua) \wedge swrlb:greaterThan (?ua, 10.0) \wedge hasRisk_Degree (?t, ?r) \wedge hasDiagnosis (?t, ?d) \wedge hasDisease (?t, ?ds) \rightarrow sqwrl:select (?ua, ?d, ?ds, ?r)

วินิจฉัยการทำงานของไต

กฎที่-1: Blood test (?t) \wedge hasBUN (?t, ?b) \wedge hasCreatinine (?t, ?c) \wedge swrlb:lessThan (?b, 22) \wedge swrlb:greaterThan (?b, 8) \wedge swrlb:lessThan (?c, 1.2) \wedge swrlb:greaterThan (?c, 0.8) \wedge hasRisk_Degree (?t, ?r) \wedge hasDiagnosis (?t, ?d) \wedge hasDisease (?t, ?ds) \rightarrow sqwrl:select (?b, ?c, ?d, ?ds, ?r)

กฎที่-2: Blood test (?t) \wedge hasBUN (?t, ?b) \wedge hasCreatinine (?t, ?c) \wedge swrlb:lessThan (?b, 31) \wedge swrlb:greaterThan (?b, 22) \wedge swrlb:lessThan (?c, 1.6) \wedge swrlb:greaterThan (?c, 1.2) \wedge hasRisk_Degree (?t, ?r) \wedge hasDiagnosis (?t, ?d) \wedge hasDisease (?t, ?ds) \rightarrow sqwrl:select (?b, ?c, ?d, ?ds, ?r)

กฎที่-3: Blood test (?t) \wedge hasBUN (?t, ?b) \wedge hasCreatinine (?t, ?c) \wedge swrlb:lessThan (?b, 41) \wedge swrlb:greaterThan (?b, 30) \wedge swrlb:lessThan (?c, 3.0) \wedge swrlb:greaterThan (?c, 1.5) \wedge hasRisk_Degree (?t, ?r) \wedge hasDiagnosis (?t, ?d) \wedge hasDisease (?t, ?ds) \rightarrow sqwrl:select (?b, ?c, ?d, ?ds, ?r)

⋮

กฎที่-n: Blood test (?t) \wedge hasBUN (?t, ?b) \wedge hasCreatinine (?t, ?c) \wedge swrlb:greaterThan (?b, 40) \wedge swrlb:greaterThan (?c, 3.0) \wedge hasRisk_Degree ((?t, ?r) \wedge hasDiagnosis (?t, ?d) \wedge hasDisease (?t, ?ds) \rightarrow sqwrl:select (?b, ?c, ?d, ?ds, ?r)

วินิจฉัยระดับไขมันในเลือด

กฎที่-1: Blood test (?t) \wedge hasCholesterol (?t, ?c) \wedge hasTriglyceride (?t, ?tg) \wedge swrlb:lessThan (?c, 200) \wedge swrlb:lessThan (?tg, 200) \wedge hasRisk_Degree (?t, ?r) \wedge hasDiagnosis (?t, ?d) \wedge hasDisease (?t, ?ds) \rightarrow sqwrl:select (?c, ?tg, ?d, ?ds, ?r)

กฎที่-2: Blood test (?t) \wedge hasCholesterol (?t, ?c) \wedge hasTriglyceride (?t, ?tg) \wedge swrlb:lessThan (?c, 241) \wedge swrlb:greaterThan (?c, 200) \wedge swrlb:lessThan (?tg, 241) \wedge swrlb:greaterThan (?tg, 200) \wedge hasRisk_Degree (?t, ?r) \wedge hasDiagnosis (?t, ?d) \wedge hasDisease (?t, ?ds) \rightarrow sqwrl:select (?c, ?tg, ?d, ?ds, ?r)

กฎที่-3: Blood test (?t) \wedge hasCholesterol (?t, ?c) \wedge hasTriglyceride (?t, ?tg) \wedge swrlb:lessThan (?c, 401) \wedge swrlb:greaterThan (?c, 140) \wedge swrlb:lessThan (?tg, 401) \wedge swrlb:greaterThan (?tg, 140) \wedge hasRisk_Degree (?t, ?r) \wedge hasDiagnosis (?t, ?d) \wedge hasDisease (?t, ?ds) \rightarrow sqwrl:select (?c, ?tg, ?d, ?ds, ?r)

กฎที่-n: Blood test (?t) \wedge hasCholesterol (?t, ?c) \wedge hasTriglyceride (?t, ?tg) \wedge swrlb:greaterThan (?c, 400) \wedge swrlb:greaterThan (?tg, 400) \wedge hasRisk_Degree (?t, ?r) \wedge hasDiagnosis (?t, ?d) \wedge hasDisease (?t, ?ds) \rightarrow sqwrl:select (?c, ?tg, ?d, ?ds, ?r)

วินิจฉัยการทำงานของตับ

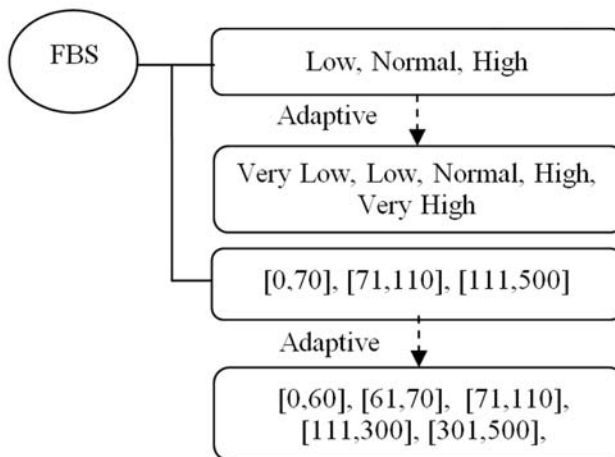
กฎที่-1: Blood test (?t) \wedge hasALP (?t, ?a) \wedge hasALT (?t, ?al) \wedge hasAST (?t, ?as) \wedge swrlb:lessThan (?a, 101) \wedge swrlb:greaterThan (?a, 34) \wedge swrlb:lessThan (?al, 37) \wedge swrlb:greaterThan (?al, 0) \wedge swrlb:lessThan (?as, 36) \wedge swrlb:greaterThan (?as, 5) \wedge hasRisk_Degree (?t, ?r) \wedge hasDiagnosis (?t, ?d) \wedge hasDisease (?t, ?ds) \rightarrow sqwrl:select (?a, ?al, ?as, ?d, ?ds, ?r)

กฎที่-2: Blood test (?t) \wedge hasALP (?t, ?a) \wedge hasALT (?t, ?al) \wedge hasAST (?t, ?as) \wedge swrlb:lessThan (?a, 301) \wedge swrlb:greaterThan (?a, 100) \wedge swrlb:lessThan (?al, 301) \wedge swrlb:greaterThan (?al, 100) \wedge swrlb:lessThan (?as, 301) \wedge swrlb:greaterThan (?as, 100) \wedge hasRisk_Degree (?t, ?r) \wedge hasDiagnosis (?t, ?d) \wedge hasDisease (?t, ?ds) \rightarrow sqwrl:select (?a, ?al, ?as, ?d, ?ds, ?r)

กฎที่-n: Blood test (?t) \wedge hasALP (?t, ?a) \wedge hasALT (?t, ?al) \wedge hasAST (?t, ?as) \wedge swrlb:greaterThan (?a, 500) \wedge swrlb:greaterThan (?al, 500) \wedge swrlb:greaterThan (?as, 500) \wedge hasRisk_Degree (?t, ?r) \wedge hasDiagnosis (?t, ?d) \wedge hasDisease (?t, ?ds) \rightarrow sqwrl:select (?a, ?al, ?as, ?d, ?ds, ?r)

3. ผลการเรียนรู้และปรับตัวได้ของกฎ

การเรียนรู้ของกฎ (Semantic Rule Training) จากการนำข้อมูลนำเข้าชุดแรกมาฝึกให้ออนโทโลยีในส่วนของกฎมีการเรียนรู้ เพื่อปรับพารามิเตอร์ของกฎพีซีซี ทั้งในส่วนของข้อมูลตัวแปรภาษาของค่าอินสแตนส์ และส่วนของฟังก์ชันการเป็นสมาชิก ภาพที่ 9 แสดงผลการปรับปรุงในส่วนของตัวแปรภาษาของกฎการตรวจน้ำตาลในเลือด



ภาพที่ 9 การปรับค่าตัวแปรภาษาของกฎจากการเรียนรู้

4 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของออนโทโลยีและกฎ

การทดสอบประสิทธิภาพของออนโทโลยี การวินิจฉัยโรคจากผลตรวจเลือด หลังจากมีการให้ออนโทโลยีมีการเรียนรู้และปรับปรุงกฎจนมีค่าความถูกต้องของการแปลผลตรวจเลือดและการวินิจฉัยโรคเป็นไปตามค่าเป้าหมาย วัดค่าการทดสอบจากชุดข้อมูลการทดสอบได้ค่า Precision, Recall และ F-measure ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลลัพธ์การทดสอบออนโทโลยี

ประสิทธิภาพของออนโทโลยี	
Precision	98.2 %
Recall	97.4 %
F-measure	95.1 %

สรุปผลการวิจัย

ผลตรวจวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการทางการแพทย์ช่วยในการประเมินภาวะสุขภาพของแต่ละบุคคลผลการเปลี่ยนแปลงเคมีในเลือด สามารถบ่งบอกถึงความผิดปกติของร่างกายของและช่วยในการตรวจพบปัญหาที่อาจเกิดขึ้นในร่างกายตั้งแต่ระยะเริ่มต้น เพื่อช่วยในการรักษาได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุดงานวิจัยนี้ได้ทำการพัฒนาแบบจำลองระบบการวินิจฉัยโรคด้วยผลตรวจเลือด เป็นระบบการตัดสินใจเชิงความหมายแบบนิเวโรฟซซี ที่ช่วยในให้การตัดสินใจทำได้ดีขึ้น โดยมีการนำนิเวโรฟซซีมาช่วยในการทำงาน ในเรื่องของข้อมูลคลุมเครือ และช่วยให้มีการเรียนรู้และปรับปรุงกฎการตัดสินใจบนฐานความรู้ออนโทโลยีระบบถูกออกแบบให้ช่วยในการตัดสินใจโดยใช้วิธีเดียวกับผู้เชี่ยวชาญที่เป็นมนุษย์ ผลการทดสอบพบว่าการวินิจฉัยโรคจากผลตรวจเลือดมีค่า Precision ค่า Recall และค่า F-measure อยู่ในเกณฑ์สูง จากผลการทดลองพบว่าโมเดลที่นำเสนอมีประสิทธิภาพช่วยวินิจฉัยโรคเลือดในเบื้องต้นได้ดี

ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้สามารถเป็นแนวทางการดำเนินการวิจัยในอนาคต สามารถนำไปพัฒนาระบบให้มีการบูรณาการทำงานระหว่างออนโทโลยี นิเวโรฟซซีที่สามารถทำงานแบบอัตโนมัติแทนที่การสร้างแนวคิดโดยอาศัยการใช้ผู้เชี่ยวชาญ และสามารถ

เป็นแนวทางในการพัฒนาระบบการตัดสินใจเชิงความหมายอื่น ๆ ทางการแพทย์ เช่น ระบบแปลผลคลื่นไฟฟ้าหัวใจ ระบบแปลผลรูปภาพเซลล์เม็ดเลือด เป็นต้น เพื่อเป็นประโยชน์ในการใช้งานจริงต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- กมลศ วรรณดา. 2549. "การพัฒนาระบบช่วยในการวินิจฉัยโรคทางจิตเวชทั่วไปด้วยเทคโนโลยีออนโทโลยี." วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, เทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- ชัชวาลย์ ศรีมนตรี. 2554. "ระบบสืบค้นข้อมูลการท่องเที่ยวที่สอดคล้องกับความสนใจส่วนบุคคลของผู้ใช้โดยใช้คำอธิบายออนโทโลยี." วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ผุสดี บุญรอด. 2551. "การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการย่อความภาษาไทย และการพัฒนาเทคนิคการย่อความภาษาไทยโดยใช้การประมวลผลภาษาธรรมชาติร่วมกับฐานความรู้ออนโทโลยี." วิทยานิพนธ์ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- วิวิกันต์ บัณฑิตะรัส. 2552. "การประยุกต์เว็บเชิงความหมายในการสืบค้นความเชี่ยวชาญของนักวิจัย." วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์และสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- สิริรัตน์ ประภฤติกรชัย. 2550. "การสร้างต้นแบบออนโทโลยีของพืชสมุนไพรไทย." วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต คณะวิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- Askari, M. and Markazi, A. H. D. 2012. "A new evolving compact optimised Takagi-Sugeno fuzzy model and its application to nonlinear system identification." *International Journal of Systems Science*, 43, 4: 776-785.

- Bektas, E. B. and Aksoy, U. T. 2011. "Prediction of building energy needs in early stage of design by using ANFIS." **Expert Systems with Applications**, 38, 5: 5352-5358.
- Chen, R. C., et al. 2012. "A recommendation system based on domain ontology and SWRL for anti-diabetic drugs selection." **Expert Systems with Applications**, 39, 4: 3995-4006.
- Fazeli, S., Naghibolhosseini, M. and Bahrami, F. 2008. "An Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System for Diagnosis of Aphasia." The 2nd International Conference on Bioinformatics and Biomedical Engineering (ICBBE), 535 - 538. Shanghai, China. Medicine and Biology Society.
- Harun, U. 2012. "Adaptive neuro-fuzzy inference system for diagnosis of the heart valve Diseases using wavelet transform with entropy." **Neural Computing and Applications**, 21, 7: 1617-1628.
- Holger, K., et al. 2013. The Protege OWL Plugin: An Open Development Environment for Semantic Web Applications. Retrieved December 1, 2013, from: <http://protege.stanford.edu/plugins/owl/publications/ISWC2004-protege-owl.pdf>.
- Horrocks, I. et al. 2004. "SWRL: A semantic web rule language combining OWL and RuleML." W3C Member submission, 21: 79.
- Jang, J.-S. R. 1993. "ANFIS: Adaptive-Network-based Fuzzy Inference System." **IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics**, 23, 3: 665-685.
- Kiryakov, A. et al. 2004. "Semantic annotation, indexing, and retrieval." *Web Semantics: Science, Services and Agents on the World Wide Web*, 2,1: 49-79.
- López, M. F. et al. 1999. "Building a chemical ontology using methontology and the ontology design environment." **IEEE Intelligent Systems**, 14, 1: 37-46.
- McGuinness, D. L. and Harmelen, F. van. 2004. **OWL Web Ontology Language Overview**. Retrieved December 1, 2013. from: <http://www.w3.org/TR/owl-features/>.
- Mor, P. et al. 2008. "Onto-clust-A methodology for Combining clustering analysis and ontological methods for identifying groups of co morbidities for developmental disorders." **Journal of BioMedical Informatics**, 42, 1(Frebruary): 165-175.
- Obanijesu, O. and Emuoyibofarhe, O. Justice. 2012. "Development of Neuro-fuzzy System for Early Prediction of Heart Attack." **International Journal Information Technology and Computer Science**, 9: 22-28.
- O'connor, M. et al. 2005. Supporting Rule System Interoperability on the Semantic Web With SWRL. Retrieved November 1, 2014, from: <http://www.mit.edu/~bgrosf/paps/swrl-editor-iswc2005.pdf>
- Özkan, AO. et al. 2010. "Medical diagnosis of rheumatoid arthritis disease from right and left hand Ulnar artery Doppler signals using adaptive network based fuzzy inference system (ANFIS) and MUSIC method." **Adv Eng Software**, 41: 1295-301.
- Shankar, R. D. et al. 2006. "Epoch: An Ontological Framework to Support Clinical Trials Management." **International Workshop on Healthcare Information and Knowledge Management**, 25-32.
- Tarig F., Mohd, N. T. and Fatimah, I. 2011. "Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System for Diagnosis Risk in Dengue Patients." **Expert system with Applications**, 39: 4483-4495.



>> รณรงค์ แก้วประเสริฐ

สำเร็จการศึกษา ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ พ.ศ. 2557 มหาวิทยาลัยศรีปทุม
ปริญญาโท (ว.ทม.) สาขาเทคนิคการแพทย์ พ.ศ. 2546 มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ปริญญาตรี (ว.ทบ.) สาขาเทคนิค
การแพทย์ พ.ศ. 2539 จากมหาวิทยาลัยมหิดล ปฏิบัติงานในตำแหน่ง นักเทคนิคการแพทย์ชำนาญการพิเศษ
หัวหน้ากลุ่มงานพยาธิวิทยาคลินิก โรงพยาบาลศรีสังวรสุโขทัย



>> ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรศักดิ์ มั่งสิงห์

สำเร็จการศึกษา ปริญญาเอก (D.Eng.) สาขา Computer Science พ.ศ. 2547 จาก Asian Institute
of Technology ปริญญาโท (M.S.) สาขา Computer Science พ.ศ. 2529 จาก Naval Postgraduate School
ปริญญาโท สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ พ.ศ. 2527 จากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปริญญาตรี (B.S.E.) สาขา (Structures,
Materials and Fluids) พ.ศ. 2518 จากมหาวิทยาลัย University of South Florida

ปัจจุบันดำรงตำแหน่งผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ และผู้อำนวยการหลักสูตร
วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม