

ระบบผู้เชี่ยวชาญทางพฤกษนุกรมวิธาน

กิตติชัย ล้วนยานนท์¹

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี บางมด ทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140

บทคัดย่อ

พฤกษนุกรมวิธานเป็นสาขาหนึ่งในวิชาพฤกษศาสตร์ ที่ว่าด้วยการจัดหมวดหมู่พืช ในปัจจุบันเกิดการขาดแคลนนักพฤกษศาสตร์ที่ทำงานด้านพฤกษนุกรมวิธาน ระบบผู้เชี่ยวชาญทางพฤกษนุกรมวิธาน ที่พัฒนาขึ้นมีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นสื่อการสอนวิชาเภสัชวินิจฉัย ในการจำแนกวงศ์ของพืชตามทฤษฎีของ Hsuan Keng และเป็นแหล่งอ้างอิงความรู้ เพื่อเป็นการแบ่งเบาภาระหน้าที่ของผู้เชี่ยวชาญ

บทความนี้กล่าวถึงการนำเทคนิคระบบผู้เชี่ยวชาญมาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาระบบพฤกษนุกรมวิธาน ความรู้จากผู้เชี่ยวชาญโดยตรงและตำราความรู้อื่นๆ ถูกนำมาวิเคราะห์ในการสร้างฐานความรู้ ระบบที่พัฒนาขึ้นใช้การแทนค่าความรู้แบบกฎและการแทนค่าความรู้แบบกรอบ กลไกอนุมานที่เลือกใช้ เป็นแบบการอนุมานไปข้างหน้าและการอนุมานย้อนกลับ ระบบเหมาะสมกับผู้ใช้ที่มีความรู้ทางด้านรูปเบื้องต้นทางพรรณสัณฐานของพืช และนักพฤกษศาสตร์

การวินิจฉัยในพฤกษนุกรมวิธานอยู่บนพื้นฐานของความแน่นอนและชัดเจนของข้อมูลที่ใช้ คุณลักษณะเหล่านี้แสดงให้เห็นถึงความเหมาะสมในการนำระบบผู้เชี่ยวชาญมาประยุกต์ใช้ การพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญนี้ยังแสดงให้เห็นถึงความสำคัญในการวิเคราะห์ความรู้อย่างถี่ถ้วน โดยเฉพาะในกรณีที่แหล่งความรู้มาจากผู้เชี่ยวชาญที่ใช้แนวทางต่างกัน

คำสำคัญ : การอนุมานไปข้างหน้า / การอนุมานย้อนกลับ / การแทนค่าความรู้แบบกฎ / การแทนค่าความรู้แบบกรอบ / พฤกษนุกรมวิธาน / ระบบผู้เชี่ยวชาญ / เภสัชวินิจฉัย / Hsuan Keng

An Expert System in Plant Taxonomy

Kittichai Lavangnananda ¹

King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangmod, Toongkru, Bangkok 10140

Abstract

Plant Taxonomy, a sub-field of Botany, is concerned with classification of plants. At present, there is a shortage of well-qualified experts in this field. The Expert System in Plant Taxonomy is to be used as an educational tool in classification of plants according to Hsuan Keng as well as a source of reference in order to alleviate workload of experts in the field.

This paper describes an application of Expert System in Plant Taxonomy. Knowledge elicitation was done by extracting from textbooks as well as consulting real experts. Rules and frames were selected as techniques for knowledge representation, while forward chaining and backward chaining were adopted for inferring mechanism. Intended users of the system include both novices as well as experts in the field.

Analysis in plant taxonomy is made on the basis that information given is correct as well as monotonic. This characteristic makes it suitable for the application of expert systems. This work also affirms that consultation with experts is crucial during knowledge elicitation, especially when knowledge is extracted from several sources or where experts adopt different approaches in their practice.

Keywords : Forward Chaining / Backward Chaining / Rules / Frames / Plant Taxonomy / Expert Systems / Pharmacognosy / Hsuan Keng /

¹ Lecturer, School of Information Technology

บทนำ

พฤกษอนุกรมวิธาน (Plant Taxonomy) เป็นสาขาหนึ่งในวิชาพฤกษศาสตร์ (Botany) ซึ่งส่วนหนึ่งของสาขาวิชานี้ คือวิธีการจัดหมวดหมู่พืช (Plant Classification) [1] ในปัจจุบันการศึกษาเน้นไปในทางด้านพฤกษศาสตร์ประยุกต์ ทำให้ความก้าวหน้าทางพฤกษศาสตร์บริสุทธิ์ เช่น พฤกษอนุกรมวิธานลดน้อยลง [1] และจำนวนนักพฤกษศาสตร์ที่ทำงานเฉพาะด้านอนุกรมวิธานก็มีจำนวนน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับในต่างประเทศ และยังไม่มีการรวมตัวเพื่อการพัฒนาการเรียนการสอน การให้บริการสังคมเพื่อนำเอาความรู้ทางพฤกษศาสตร์ไปใช้ประโยชน์สูงสุด [2] จากปัญหาดังกล่าวจึงพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญทางพฤกษอนุกรมวิธานในการระบุถึงวงศ์ (family) ของพืช เพื่อจะเป็นการแบ่งเบาภาระหน้าที่ของผู้เชี่ยวชาญ และเป็นแหล่งอ้างอิงความรู้

บทความนี้เริ่มจากการอธิบายหลักการเบื้องต้นและแนวทางต่าง ๆ ที่ผู้เชี่ยวชาญใช้ในการจัดหมวดหมู่พืช รวมทั้งกล่าวถึงวรรณกรรมที่นำเทคโนโลยีสารสนเทศมาใช้เพื่อประโยชน์ทางพฤกษอนุกรมวิธานพอสังเขป เนื้อหาหลักของบทความนี้อธิบายระบบผู้เชี่ยวชาญทางพฤกษอนุกรมวิธานที่พัฒนาขึ้น โดยเริ่มจากการวิเคราะห์ความรู้จนถึงการพัฒนาส่วนติดต่อกับผู้ใช้ ในช่วงท้ายของบทความสรุปถึงประโยชน์ที่ได้รับ สิ่งที่ได้เรียนรู้ ข้อสังเขป และแนวทางพัฒนาในอนาคต

วัตถุประสงค์

โครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ดังนี้ :

- ศึกษาและวิเคราะห์คุณลักษณะของการจัดหมวดหมู่ทางพฤกษอนุกรมวิธานเพื่อความเหมาะสมในการนำทฤษฎีระบบผู้เชี่ยวชาญมาประยุกต์ใช้ทางพฤกษศาสตร์
- พัฒนาด้านแบบระบบผู้เชี่ยวชาญทางพฤกษอนุกรมวิธาน ในการระบุถึงชื่อทางวิทยาศาสตร์ในลำดับชั้นของวงศ์ โดยใช้หลักเกณฑ์ทางพฤกษศาสตร์ของ Hsuan Keng เพื่อนำระบบที่พัฒนาขึ้นไปประยุกต์เป็นสื่อการสอนวิชาเภสัชวินิจฉัย (Pharmacognosy) ในการจำแนกวงศ์ของพืชมีเมล็ด
- พัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญที่สามารถปรับปรุงและเพิ่มเติมฐานความรู้ทางพฤกษอนุกรมวิธานได้

ขอบเขตของระบบผู้เชี่ยวชาญที่พัฒนาขึ้น

ฐานความรู้ของระบบผู้เชี่ยวชาญที่พัฒนาขึ้นมีขอบเขตความรู้ตามหลักเกณฑ์ของ Hsuan Keng ที่ใช้เป็นหนังสือประกอบวิชาเภสัชวินิจฉัย (Pharmacognosy) ของคณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล เฉพาะการจำแนกพืชมีเมล็ด กลุ่มไบเล็ยงค์

การอธิบายรูปพรรณสัณฐานของพืชใช้คำศัพท์ภาษาอังกฤษ เพื่อความเป็นสากล และความกระชับของการสื่อสารกับผู้ใช้ระบบ และเพื่อให้สอดคล้องกับการปฏิบัติการจริงที่ใช้คำศัพท์ภาษาอังกฤษอยู่ก่อนแล้ว

กลุ่มผู้ใช้ระบบผู้เชี่ยวชาญที่พัฒนาขึ้นจะต้องเป็นผู้ที่มีความรู้ทางด้านรูปพรรณสัณฐานของพืชพอสมควร เช่น นักศึกษาทางพฤกษศาสตร์ นักพฤกษศาสตร์ หรือ ผู้วิจัยทางพฤกษศาสตร์

หลักเกณฑ์ทางพฤกษนุกรมวิทยา

ส่วนหนึ่งของวิชาพฤกษนุกรมวิทยาคือศาสตร์ที่ว่าด้วยการจัดหมวดหมู่พืช [1] ซึ่งมีหลายหลักเกณฑ์ในการพิจารณาจัดหมวดหมู่ พฤกษนุกรมวิทยาในสมัยแรกเป็นแบบบรรยาย (description taxonomy) คือการศึกษาพืชโดยการสังเกตและบรรยายลักษณะเหมือนหรือแตกต่างโดยยึดเอาความเข้าใจธรรมชาติ (natural system) เป็นหลักในการจำแนกหมวดหมู่พืช เนื่องจากประวัติวิวัฒนาการของพืชยังไม่เป็นที่ทราบชัดเจน ดังนั้นจึงใช้เกณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับพืชมาเป็นหลักพิจารณา เช่น สัณฐานวิทยา นิเวศวิทยา เซลล์วิทยา

ในปัจจุบันเกณฑ์สัณฐานวิทยา (Morphology) [2] ซึ่งใช้ความแตกต่างระหว่างความคล้ายคลึงของพืช หรือจากลักษณะทางรูปพรรณสัณฐาน เป็นแนวทางที่ยอมรับอย่างกว้างขวางในการตรวจสอบเอกลักษณ์พืช และการจัดหมวดหมู่พืช อย่างไรก็ตามในศาสตร์นี้ก็ยังไม่สามารถบอกชัดเจนได้ว่าลักษณะใดสำคัญที่สุดในการนำมาจัดเป็นหลักเกณฑ์ในการจัดหมวดหมู่พืช

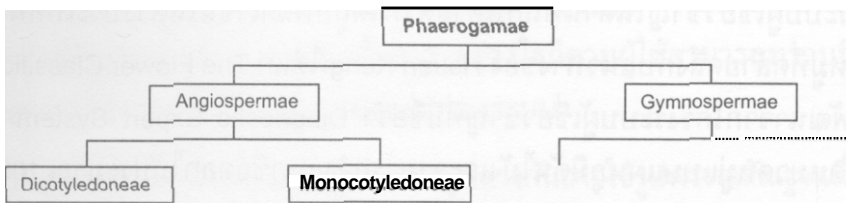
1. การพิจารณาเลือกวิธีการจำแนกหมวดหมู่พืช

ในยุคนับปัจจุบัน นักพฤกษศาสตร์ได้นำเสนอระบบการจำแนกหมวดหมู่ไว้หลายระบบ ตัวอย่างของการจำแนกหมวดหมู่พืชในประเทศไทยและประเทศใกล้เคียง คือ Order and Families of Malayan Seed Plants โดย Hsuan Keng [3], Manual of Cultivated Plants โดย Bailey, L.H. [4] และ A Flora of Manila โดย Merrill, E.D. [5]

รูปแบบของระบบการจำแนกหมวดหมู่พืชจะมีลักษณะเป็น artificial key เหมือนกัน ดังนั้นจึงได้พิจารณาคุณสมบัติของทฤษฎีที่จะนำมาเป็นตัวอย่างการศึกษา เพื่อให้สามารถใช้ประโยชน์ได้อย่างแท้จริงแก่การศึกษาในประเทศไทย จากการพิจารณาพบว่า วิชาแยกวงศ์ของ Hsuan Keng มีคุณสมบัติที่เหมาะสม คือ ทำการรวบรวมและศึกษาวิจัย พืชชั้นสูง (Spermatophytes) ซึ่งส่วนหนึ่งของพืชในกลุ่มนี้คือ พืชสมุนไพรไทย และทำการรวบรวมพันธุ์พืชในพื้นที่ประเทศมาเลเซีย ซึ่งมีสภาพภูมิประเทศ และภูมิอากาศใกล้เคียงกับประเทศไทย วิชาแยกวงศ์นี้ถูกใช้เป็นคู่มือของนักพฤกษศาสตร์ และตำราเรียน เช่น สื่อการสอนในวิชาเภสัชวินิจฉัย ของคณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

2. การจัดแบ่งกลุ่มพืชตามทฤษฎีของ Hsuan Keng

วิชาแยกวงศ์ (Key to Families) ของ Hsuan Keng เป็นการจัดแบ่งพืชมีเมล็ดออกเป็น 2 ลำดับชั้น ดังแสดงได้ตามรูปที่ 1



รูปที่ 1 การจัดแบ่งกลุ่มพืชตามทฤษฎีของ Hsuan Keng

1. Angiospermae สามารถแบ่งแยกต่อไปเป็นลำดับชั้นของวงศ์ได้ 174 วงศ์ ซึ่ง 174 วงศ์ นี้ ได้ถูกจัดแบ่งออกเป็น 2 ลำดับชั้น ดังนี้ :

- Dicotyledoneae : ชั้นนี้มีลักษณะที่ซับซ้อน ในการระบุถึงวงศ์ จึงได้จัดแบ่งออกเป็น 7 กลุ่มใหญ่ ใน 142 วงศ์
- Monocotyledoneae : ชั้นนี้สามารถแบ่งออกได้อีก 32 วงศ์

2. Gymnospermae สามารถแบ่งแยกต่อไปเป็นลำดับชั้นของวงศ์ได้ 5 วงศ์ เนื่องจาก Hsuan Keng ได้เก็บสำรวจและสะสมตัวอย่างพืชได้จำนวนหนึ่งเท่านั้น ในบางกรณีการใช้วิธานแยกวงศ์ของ Hsuan Keng อาจเกิดปัญหาไม่สามารถระบุถึงวงศ์ของพืชที่สนใจได้ ซึ่งอาจเกิดจากเหตุผลที่ว่าพืชชนิดนั้นได้ผ่านการวิวัฒนาการต่อมาตามเวลาจนรูปร่างลักษณะพื้นฐานเปลี่ยนแปลงไป ในกรณีเช่นนี้จำเป็นต้องเปลี่ยนไปใช้วิธานแยกวงศ์ของผู้เชี่ยวชาญอื่นแทน

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในปัจจุบันงานวิจัยทางด้านพฤกษศาสตร์ในประเทศไทยเกิดขึ้นพอสมควร งานวิจัยส่วนมากพบว่าเป็นการจัดสร้างฐานข้อมูลและการสืบค้นข้อมูล ส่วนหนึ่งของงานเหล่านี้ได้แก่

การพัฒนาสารสนเทศสำหรับการเข้าถึงฐานข้อมูลสมุนไพรไทย [6] ระบบนี้ช่วยให้นิสิต อาจารย์ และบุคคลทั่วไป สามารถทำการสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับสมุนไพรได้อย่างสะดวก การเข้าถึงข้อมูลสามารถทำได้ 10 รูปแบบ เช่น โดยใช้ชื่อวิทยาศาสตร์ (ทั้งภาษาไทยและอังกฤษ) โดยใช้ชื่อสมุนไพร โดยอธิบายลักษณะลำต้น ลักษณะดอก เป็นต้น

การจัดสร้างฐานข้อมูลไม้มีพิษในประเทศไทย [7] ระบบนี้รวบรวมข้อมูลทางพฤกษศาสตร์นิเวศวิทยาการแพทย์ ของพันธุ์ไม้มีพิษ 78 วงศ์ 200 สกุล 204 ชนิด โดยสามารถสืบค้นข้อมูลในลักษณะคล้ายกับงานข้างต้น [6]

ระบบผู้เชี่ยวชาญในการจำแนกพันธุ์อ้อย [8] ระบบนี้สามารถจำแนกพันธุ์อ้อยที่จะส่งเข้าสู่โรงงานโดยใช้ลักษณะทางสัณฐานในการพิจารณา ระบบใช้การแทนค่าความรู้แบบกรอบและตารางแนวการจำแนกสอดคล้องกับแนวทางการตัดสินใจแบบแผนภูมิต้นไม้ (decision-tree) ซึ่งสามารถแยกพันธุ์อ้อย 50 ชนิดในประเทศไทย ระบบถูกพัฒนาด้วยภาษา Visual Basic Version 4

ส่วนระบบผู้เชี่ยวชาญในด้านพฤกษศาสตร์ที่ได้ถูกพัฒนาขึ้นในต่างประเทศที่ได้ยึดแนวทางจำแนกหมวดหมู่ที่คล้ายคลึงกับแนวทางของ Hsuan Keng ได้แก่ The Flower Classification Trainer [9] ระบบถูกพัฒนาจากโครงระบบผู้เชี่ยวชาญที่มีชื่อว่า Diagnostic Expert System Shell Kit D3 ระบบอิงการจัดหมวดหมู่แบบแผนภูมิต้นไม้ และสามารถจำแนกชื่อดอกไม้ประมาณ 100 ชนิด ระบบนี้ถูกใช้เป็นสื่อการสอนในวิชา Practical Flower Classification ในมหาวิทยาลัย Wurzburg ประเทศเยอรมันนี้

ตามที่ได้ศึกษาและค้นคว้าจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ ยังไม่พบว่ามี การนำเทคนิคในวิชาระบบผู้เชี่ยวชาญมาพัฒนาระบบพฤกษนุกรมวิธานในการจำแนกวงศ์พืช ตามทฤษฎีของ Hsuan Keng ทั้งในและต่างประเทศ

การพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญทางพฤกษนุกรมวิธาน

1. ความหมายของระบบผู้เชี่ยวชาญ

ความหมายของ ‘ระบบผู้เชี่ยวชาญ’ ที่กว้างที่สุดคือ “ระบบที่แสดงถึงหรือเลียนแบบความเชี่ยวชาญของผู้เชี่ยวชาญที่เป็นมนุษย์” [10,11] วารสารฉบับหนึ่ง ได้อ้างอิงถึงคำนิยามจากหนังสือระบบผู้เชี่ยวชาญในการประมวลผลว่า “ระบบผู้เชี่ยวชาญ คือโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ฐานความรู้ (knowledge base) และวิธีการอนุมาน (inference procedure) เพื่อแก้ปัญหา ซึ่งถ้าเป็นมนุษย์แล้วจะต้องใช้มนุษย์ที่มีความเชี่ยวชาญสูงมาก (significant expertise)” [12] ส่วนหนังสือการออกแบบและพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญได้ให้คำนิยามว่า “ระบบผู้เชี่ยวชาญ คือโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ประกอบด้วยฐานความรู้ (knowledge base) และการอนุมาน (inference engine)” [13] ซึ่งจะเห็นได้ว่า หนังสือทั้ง 2 เล่ม ให้นิยามที่สอดคล้องกัน

แม้ว่าผู้แต่งหนังสือ และนักวิจัยทั้งหลาย จะให้คำนิยามและให้ความสำคัญในองค์ประกอบของระบบผู้เชี่ยวชาญต่างกัน แต่ก็พอสรุปได้ว่าระบบผู้เชี่ยวชาญต้องประกอบด้วยองค์ประกอบสำคัญ 2 ประการคือ ฐานความรู้ และกลไกอนุมาน [13]

2. การดึงความรู้จากผู้เชี่ยวชาญ (Knowledge Elicitation)

ขั้นตอนการดึงความรู้จากผู้เชี่ยวชาญนี้ได้รับความร่วมมือจากผู้เชี่ยวชาญทางพฤกษนุกรมวิธานในการให้คำปรึกษาและแนะนำแหล่งความรู้ที่มีอยู่แล้วในตำราและเอกสารวิชาการ [1-3] จากนั้นจึงทำการรวบรวมความรู้เพิ่มเติมที่เกี่ยวข้องเพื่อให้ทราบถึงหลักการ และแนวคิดที่นักพฤกษศาสตร์ซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญทางพฤกษนุกรมวิธานใช้ในการจัดสร้างแบบวิเคราะห์พันธุ์ไม้

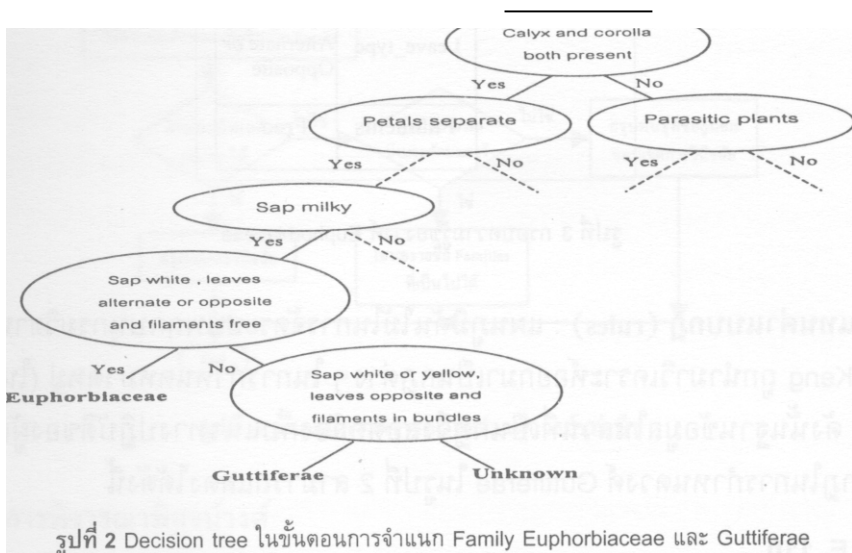
ความรู้จากหลายแหล่งที่กล่าวมา ได้ถูกวิเคราะห์ออกเป็น 3 มุมมองคือ

1. ภาษาที่ใช้ในการอธิบาย : จากการศึกษาพบว่าคำศัพท์ที่ผู้เชี่ยวชาญใช้หลายคำจะต้องอธิบายด้วยภาษาไทยที่มีความยาวเป็นประโยค เช่น ‘Perianth’ มีความหมายว่า “ดอกของพืชที่ไม่สามารถแยกชั้นของกลีบดอกและกลีบเลี้ยงออกจากกันได้ เนื่องจากมีสีสันและลักษณะเหมือนกันหรือมีอยู่

ชั้นเดียว บอกไม่ได้ว่าเป็นกลีบเลี้ยงหรือกลีบดอก” เพื่อความกระชับในการอธิบายและตั้งคำถามต่อผู้ใช้ระบบที่พัฒนาขึ้นจึงใช้คำศัพท์สากลในการสื่อสาร อย่างไรก็ตามผู้ใช้สามารถทราบถึงความหมายคำศัพท์สากลเหล่านี้ได้จากการใช้ ‘user interface’ ของระบบ

2. การรวบรวมแนวทางวิเคราะห์ : ผู้เชี่ยวชาญที่ต่างกันอาจใช้รูปพรรณสัณฐานที่ต่างกัน ในการวิเคราะห์พันธุ์ไม้เดียวกัน ในงานวิจัยนี้ยึดแนวทางของ Hsuan Keng แต่ก็ได้ใช้แนวทางของ Hutchinson ในบางกรณีที่เหมาะสมกว่า การรวมแหล่งความรู้ที่ได้รับคำปรึกษาอย่างดีจากผู้เชี่ยวชาญชั้นตอนนี้ได้แสดงให้เห็นถึงความสำคัญในการปรึกษาผู้เชี่ยวชาญโดยตรงในการสร้างฐานความรู้ เนื่องจากชั้นตอนนี้มีความซับซ้อนและอาจทำให้ฐานความรู้ขาดประสิทธิภาพหรือผิดพลาดได้ หากไม่ให้ความสำคัญในการตรวจสอบเพียงพอ

3. วิชานแยกวงศ์ของ Hsuan Keng : แนวทางหลักของ Hsuan Keng คือการกระจายรูปพรรณสัณฐานจากลักษณะที่ร่วมกัน (compound attribute) ให้มีลักษณะเป็นลักษณะเดี่ยวๆ (single attribute) การจัดลำดับความสำคัญของแต่ละลักษณะ พิจารณาจากความถี่ของแต่ละลักษณะที่ถูกนำไปใช้ในการพิจารณาลักษณะที่สำคัญที่สุดก่อนแล้วจึงพิจารณาลักษณะที่สำคัญรองลงมา สอดคล้องกับแนวทางการสร้างแผนภูมิต้นไม้ในการจัดหมวดหมู่ [14,15] ดังนั้นความรู้และแนวทางของ Hsuan Keng ที่ถูกบรรยายไว้จึงถูกแปรเป็นแผนภูมิต้นไม้ในการจัดระบบพฤษคุณกรมวิธาน รูปที่ 2 แสดงตัวอย่างบางส่วนของแผนภูมิต้นไม้ในการจำแนกวงศ์ Euphorbiaceae และ Guttiferae



3. ซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการพัฒนาระบบ

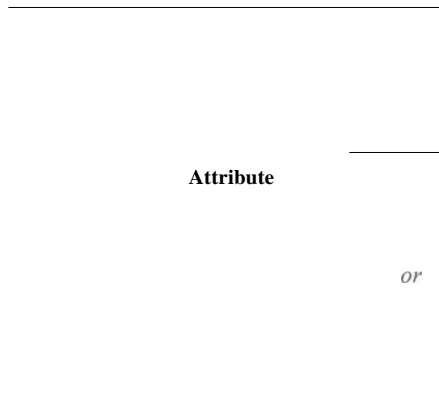
ซอฟต์แวร์ที่นำมาใช้ในการพัฒนาระบบ คือ โครงระบบผู้เชี่ยวชาญ (Expert System Shell) ที่มีชื่อว่า Level 5 Object 3.6 Professional [16] โครงระบบผู้เชี่ยวชาญนี้เป็นซอฟต์แวร์ที่มีคุณสมบัติที่เหมาะสม กล่าวคือ Level 5 มีการทำงานที่ใช้หลักการการทำงานแบบ Object Oriented Programming แนวทางนี้สอดคล้องกับการจัดหมวดหมู่ เนื่องจากหมวดหมู่ต่างๆ สามารถถ่ายทอดคุณสมบัติของตัวเองไปยังหมวดหมู่ย่อยได้ตามกลไกการถ่ายทอด (inheritance) จาก superclass ไปยัง subclasses ต่างๆ

นอกจากนี้แล้ว Level 5 ยังมีกลไกอนุमानที่เหมาะสมและสามารถนำมาใช้ได้โดยไม่ต้องพัฒนาขึ้นใหม่ (รายละเอียดกลไกอนุमानของระบบได้กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 5 Graphic User Interface ของ Level 5 ยังช่วยสนับสนุนการสร้างส่วนติดต่อกับผู้ใช้ (user interface)

4. ฐานความรู้ (Knowledge Base)

จากการวิเคราะห์โครงสร้างความรู้ดังที่กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 2 เทคนิคที่นำมาใช้ในการสร้างฐานความรู้คือ การแทนค่าความรู้ (knowledge representation) แบบกรอบ (frames) และ การแทนค่าความรู้แบบกฎ (rules)

การแทนค่าแบบกรอบ (frames) : วิธีนี้นำมาใช้ในการแทนค่าความรู้ที่เกี่ยวกับ order และ family ต่างๆ ความรู้ลักษณะนี้รวมถึงการกำหนด superclass และคุณสมบัติต่างๆ ในแต่ละกรอบของ order หรือ family คุณสมบัติเหล่านี้อาจเป็นค่าของลักษณะที่ต้องพิจารณาในแต่ละกรอบความรู้ ตัวอย่างของกรอบความรู้ของวงศ์ Euphorbiaceae ในรูปที่ 2 สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 กรอบความรู้ของวงศ์ Euphorbiaceae

การแทนค่าแบบกฎ (rules) : แผนภูมิต้นไม้ในการจัดระบบพฤกษศาสตร์ตามแนวทางของ Hsuan Keng ถูกนำมาวิเคราะห์ออกมาเป็นกฎต่างๆ ในการกำหนดหมวดหมู่ (ในแต่ละ family และ order) ดังนั้นฐานข้อมูลในส่วนที่เป็นกฎจึงสอดคล้องกับแนวทางปฏิบัติของผู้เชี่ยวชาญจริง ตัวอย่างของกฎในการกำหนดวงศ์ Guttiferae ในรูปที่ 2 สามารถแสดงได้ดังนี้

RULE 110

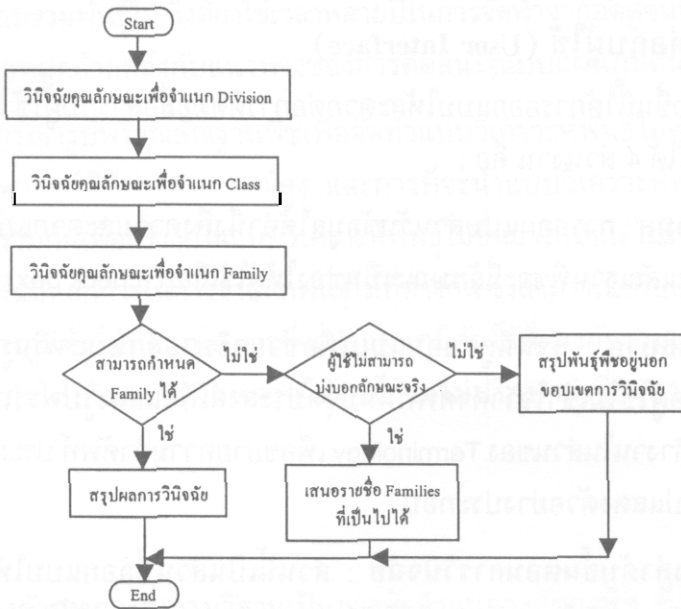
```
IF (plant_class = 'Sap Milky Plants')
  and ( (Sap_Color = 'White') or (Sap_Color = 'Yellow') )
  and (Leave_type = 'Opposite')
  and (Filments = 'Bundles')
THEN unknown_plant = 'Guttiferae'
```


5. กลไกอนุมาน (Inference Engine)

การอนุมานไปข้างหน้า (forward chaining) และ การอนุมานย้อนกลับ (backward chaining) ได้ถูกพัฒนาขึ้นให้สอดคล้องกับความต้องการในการนำไปใช้ ซึ่งสามารถแบ่งลักษณะการใช้ระบบได้ 2 กรณีดังนี้

5.1 การพิจารณาจัดจำแนกวงศ์

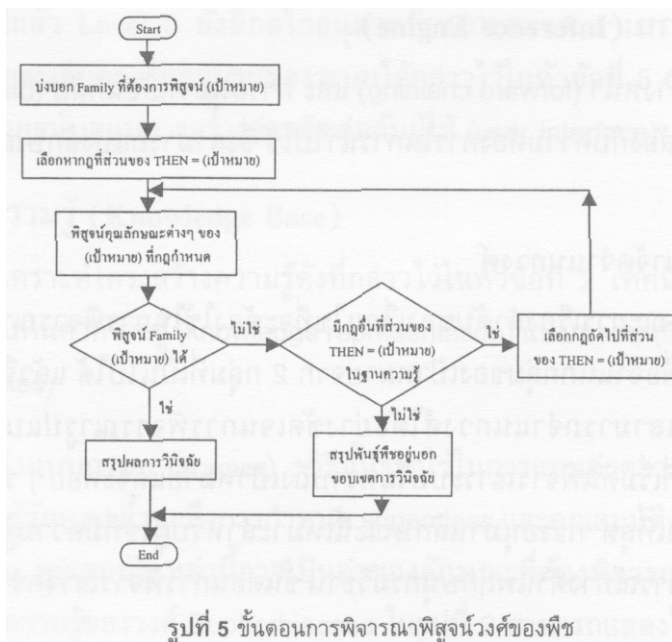
ขั้นตอนนี้มีลักษณะการเรียงลำดับของเงื่อนไขที่จะต้องใช้ในการพิจารณาในลำดับชั้นต่างๆ โดยเริ่มจากลำดับที่ 1 เพื่อจำแนกกลุ่มของเป้าหมายจาก 2 กลุ่มที่เป็นไปได้ แล้วจึงพิจารณาเงื่อนไขในลำดับชั้นต่อไปจนสามารถจำแนกวงศ์ได้อย่างชัดเจนการพิจารณารูปแบบนี้ใช้การอนุมานไปข้างหน้า คือ ในขณะที่เริ่มต้นพิจารณาระบบไม่ทราบถึงเป้าหมายแต่จะค่อยๆ รวบรวมข้อมูล เพื่อนำไปสู่การจำแนกวงศ์ในที่สุด การอนุมานลักษณะนี้เหมาะสำหรับผู้ใช้ที่มีความรู้ทางพฤกษศาสตร์ทั่วไป แต่ยังขาดประสบการณ์ทางด้านพฤกษณุกรมวิธาน ขั้นตอนการพิจารณาจัดจำแนกวงศ์ แสดงได้ในรูปที่ 4



รูปที่ 4 ขั้นตอนการพิจารณาจัดจำแนกวงศ์ของพืช

5.2 การพิจารณาพิสูจน์วงศ์

ขั้นตอนนี้ใช้สำหรับผู้ใช้ที่มีประสบการณ์ทางด้านพฤกษณุกรมวิธานอยู่แล้วพอควร กรณีเช่นนี้ผู้ใช้อาจทราบถึง Division หรือ Class ที่สังกัดอยู่ หรืออาจต้องการพิสูจน์ว่าพันธุ์ไม้ที่กำลังพิจารณาคือวงศ์ใดวงศ์หนึ่ง การพิจารณารูปแบบนี้ใช้การอนุมานย้อนกลับ โดยระบบจะพยายามหาหลักฐานมาเพื่อพิสูจน์เป้าหมายที่ผู้ใช้ระบุ ขั้นตอนการพิจารณาพิสูจน์วงศ์แสดงได้ในรูปที่ 5



6. ส่วนติดต่อกับผู้ใช้ (User Interface)

ระบบที่พัฒนาขึ้นนี้ได้รับการออกแบบให้สะดวกต่อการติดต่อสื่อสารกับผู้ใช้ โดยทั่วไปสามารถแบ่งการติดต่อกับผู้ใช้ได้ 4 ส่วนงาน คือ :

1. ส่วนรับข้อมูล : การออกแบบส่วนรับข้อมูลได้คำนึงถึงความสะดวกแก่ผู้ใช้ระบบคือในการพิจารณาเลือกรูปพรรณสัณฐานพืชจะมีลักษณะเป็นช่องให้ผู้ใช้เลือก (check box)

2. ส่วนการอธิบาย : ส่วนนี้ถูกออกแบบเพื่อช่วยอธิบายลักษณะหรือรูปพรรณสัณฐานพืชที่จะต้องพิจารณา เมื่อผู้ใช้ไม่เข้าใจว่าคำศัพท์นั้นมีจุดประสงค์เพื่อแสดงรูปพรรณสัณฐานลักษณะใด ผู้ใช้สามารถเลือกการทำงานในส่วนของ Terminology เพื่อขยายความคำศัพท์ ประกอบกับการพิจารณาลักษณะดังกล่าวจากรูปแสดงตัวอย่างประกอบ

3. ส่วนแสดงลำดับขั้นตอนการวินิจฉัย : ส่วนนี้เป็นส่วนที่ออกแบบให้ผู้ใช้ทราบถึงลำดับและลักษณะรูปพรรณสัณฐานพืชในลำดับต่างๆที่ได้พิจารณาผ่านมาแล้ว ส่วนนี้ทำหน้าที่เสริมความมั่นใจให้ผู้ใช้ในขั้นตอนการวินิจฉัยของระบบ

4. ส่วนสรุปผล : ส่วนนี้สามารถแบ่งได้เป็น 2 ส่วน ส่วนแรกแสดงข้อสรุปในการจำแนกวงค์ของพืช และภาพประกอบแสดงลักษณะที่สำคัญต่างๆ และตัวอย่างพืชที่อยู่ในวงค์นั้น รวมถึงการอธิบายลักษณะของ order ที่วงค์นั้นสังกัดอยู่ และส่วนที่สองแสดงการสรุปรูปพรรณสัณฐานพืชที่ใช้ในการพิจารณาแต่ละวงค์ในรูปที่เรียงตามลำดับที่ใช้ในการพิจารณา

สิ่งที่ได้จากการพัฒนาระบบ

สิ่งที่ได้จากการพัฒนาระบบ สามารถสรุปเป็นหัวข้อได้ดังนี้

1. ระบบผู้เชี่ยวชาญทางพฤกษศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นสามารถนำมาใช้เป็นตัวอย่างหรือสื่อการสอนวิชาเภสัชวินิจฉัย หรือวิชาทางพฤกษศาสตร์เบื้องต้นได้
2. โครงระบบผู้เชี่ยวชาญที่มีการแทนค่าความรู้แบบกฎ และแบบกรอบ กลไกอนุมานที่ใช้เป็นแบบการอนุมานไปข้างหน้าและการอนุมานย้อนกลับ ฐานความรู้ของระบบสามารถขยายได้โดยเพิ่มเติมความรู้ที่เกี่ยวข้องในรูปแบบกฎและรูปแบบกรอบ
3. ต้นแบบการสร้างระบบผู้เชี่ยวชาญทางพฤกษศาสตร์ที่สามารถนำหลักการจัดหมวดหมู่ โดยผู้เชี่ยวชาญท่านอื่น นอกจากของ Hsuan Keng

สิ่งที่ได้เรียนรู้จากการพัฒนาระบบ

1. แนวคิดในการจัดทำแบบวิเคราะห์พันธุ์ไม้ของผู้เชี่ยวชาญทางพฤกษศาสตร์ที่จัดทำขึ้นจากการศึกษาและรวบรวมพันธุ์ไม้ ซึ่งต้องใช้เวลาหลายปีในการจัดทำจากอดีตจนถึงปัจจุบัน ได้ใช้เทคนิคการจัดจำแนกหมวดหมู่คล้ายคลึงกับแนวทางของการตัดสินใจแบบแผนภูมิต้นไม้ (decision tree)
2. การพิจารณารูปพรรณสัณฐานพืชเพื่อจัดทำแบบวิเคราะห์พันธุ์ไม้เป็นงานที่ใช้เวลา ทั้งยังต้องเป็นนักพฤกษศาสตร์ที่มีประสบการณ์สูง และการที่จะนำแบบวิเคราะห์พันธุ์ไม้ของผู้เชี่ยวชาญมากกว่า 1 ท่าน มารวมกันเพื่อสร้างเป็นแบบวิเคราะห์พันธุ์ไม้ขึ้นมาใหม่นั้น ไม่ใช่สิ่งที่ควรปฏิบัติ เพราะผู้เชี่ยวชาญแต่ละท่านมีหลักการในการจำแนกพันธุ์ไม้ที่ต่างกัน ซึ่งสามารถเปรียบเทียบได้กับการจำแนกหมวดหมู่โดยใช้แผนภูมิต้นไม้ที่ต่างกัน การที่จะนำแผนภูมิต้นไม้ที่ต่างกันรวมเป็น แผนภูมิต้นไม้เดียวเป็นขั้นตอนที่อาจก่อให้เกิดความผิดพลาดได้ง่ายหากไม่ปรึกษาผู้เชี่ยวชาญและใช้การวิเคราะห์อย่างถี่ถ้วน

ข้อสังเกต

ความรู้ทางด้านพฤกษศาสตร์เป็นการจัดจำแนกวงศ์ของพืช ซึ่งมีเพียงเป้าหมายเดียวในการพิจารณาแต่ละครั้งภายใต้ความรู้ความชัดเจนและคงที่ เนื่องจากลักษณะรูปร่างพรรณสัณฐานของพืชไม่มีการเปลี่ยนแปลงตามเงื่อนไขของเวลา ความรู้ด้านนี้มีความเหมาะสมและสะดวกในการนำทฤษฎีระบบผู้เชี่ยวชาญมาประยุกต์ใช้

คุณสมบัตินี้แตกต่างจากลักษณะของความรู้ทางด้านอื่นที่มีลักษณะการวินิจฉัยแบบพหุเป้าหมาย (multiple goals) หรือการวินิจฉัยต้องคำนึงถึงค่าความไม่แน่นอนของข้อมูลที่อาจเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลา (nonmonotomic reasoning) ประกอบไปพร้อมๆ กันในการวินิจฉัย

แต่ละครั้ง ดังเช่นกรณี การพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญในการปฐมพยาบาล [17] อื่นๆ การพิจารณาจำแนกหมวดหมู่ในพจนานุกรมวิชานี้ขึ้นอยู่กับพื้นฐานของความรู้ที่ได้จากการศึกษาจากตัวอย่างที่เกิดขึ้นจริงในธรรมชาติ แม้ผู้เชี่ยวชาญอาจมีแนวทางการจำแนกหมวดหมู่ที่ต่างกัน แต่ผลลัพธ์ของวงศ์ที่พันธุ์ไม่ถูกจัดกลุ่มไว้จะเหมือนกัน กล่าวคือการวิเคราะห์ในศาสตร์นี้ค่าของตัวแปรทุกตัวแปรสามารถกำหนดค่าได้อย่างชัดเจน ในบางสาขาความรู้หรือความเชี่ยวชาญ ผู้เชี่ยวชาญแต่ละคนอาจให้นำหนักความสำคัญของแต่ละปัจจัยที่ใช้ในการวินิจฉัยไม่เท่ากัน อีกทั้งในบางกรณีน้ำหนักความสำคัญของบางปัจจัยอาจไม่สามารถถูกกำหนดได้ชัดเจน ดังเช่น ความสำคัญของค่าความน่าเชื่อถือของข้อมูลในกรณีพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญในการอนุมัติสินเชื่อ [18]

แนวทางการพัฒนาในอนาคต

1. ปรับปรุงฐานความรู้ในส่วนของคำศัพท์ที่ใช้ในการบรรยายรูปพรรณสัณฐานพืช ให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ซึ่งจะมีผลให้ผู้ที่มีความสนใจแต่ไม่มีความรู้ทางพฤกษศาสตร์ สามารถจัดจำแนกหมวดหมู่พืชได้โดยไม่ต้องขอคำปรึกษาจากผู้เชี่ยวชาญ
2. ปรับปรุงฐานความรู้ในส่วนของรูปวิธานแยกวงศ์พืชให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ซึ่งจะมีผลให้จำนวนวงศ์ของพืชที่ระบบจะสามารถจำแนกได้นั้นมีจำนวนมากขึ้น จุดเริ่มต้นของการพัฒนาฐานความรู้คือ เพิ่มความรู้ในการจำแนกพืชใบเลี้ยงเดี่ยว (Monocotyledoneae)
3. พัฒนาความสามารถในการเปรียบเทียบลักษณะรูปพรรณสัณฐานระหว่างพันธุ์พืชที่ถูกพิจารณากับวงศ์ที่ใกล้เคียง หรือ ระหว่าง 2 วงศ์ ที่สนใจ
4. พัฒนาระบบในรูปแบบของเว็บเพจ เพื่อให้สามารถใช้ประโยชน์ได้อย่างเต็มที่

ข้อสรุป

ระบบผู้เชี่ยวชาญทางพจนานุกรมวิชานี้ที่ได้พัฒนาขึ้นนี้สามารถให้ความรู้และช่วยในการจัดจำแนกหมวดหมู่พืชในลำดับชั้นวงศ์ ให้กับบุคคลที่มีความรู้ขั้นพื้นฐานจนถึงนักพฤกษศาสตร์ที่มีประสบการณ์ทางด้านพจนานุกรมวิชา ขอบเขตของฐานความรู้ที่จัดทำขึ้นตามวิธานแยกวงศ์ของ Hsuan Keng เฉพาะพืชมีเมล็ดที่มีใบเลี้ยงคู่ ระบบได้ถูกพัฒนาให้เหมาะสมตามความต้องการของผู้ใช้ใน 2 กรณี คือ การพิจารณาจัดจำแนกวงศ์ และการพิจารณาพิสูจน์วงศ์ การแทนค่าความรู้มีลักษณะแบบกรอบและแบบกฎ โดยใช้กลไกอนุมานไปข้างหน้า และกลไกอนุมานย้อนกลับ

ระบบที่พัฒนาขึ้นนี้ได้ถูกประเมินโดยคณาจารย์ ภาควิชาเกษตรพฤกษศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล พบว่าการพัฒนาได้บรรลุตามจุดประสงค์ที่ตั้งไว้ แนวทางการพัฒนาขั้นต่อไปคือ ขยายฐานความรู้ตามความต้องการของนักพฤกษศาสตร์ที่มีประสบการณ์ในด้านการจัดจำแนกหมวดหมู่พืช โดยคำนึงถึงประโยชน์ของการนำไปใช้เป็นหลัก

อย่างไรก็ตาม โครงการวิจัยนี้เป็นการเริ่มต้นในการนำเทคนิคในสาขาวิชาการระบบผู้เชี่ยวชาญมาประยุกต์ใช้ในแขนงวิชาที่ยังขาดแคลนผู้เชี่ยวชาญจริง อีกทั้งยังเป็นการนำเทคโนโลยีสารสนเทศมาประยุกต์ใช้อย่างมีคุณค่าทางการศึกษาและต่อสังคมโดยรวม

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอขอบคุณ นางสาวพีพร ราชเมืองฝาง ที่กรุณาให้ความช่วยเหลือมาโดยตลอด โครงการวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนอย่างดีจากคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

เอกสารอ้างอิง

1. ภูวดล บุตรรัตน์, 2529, *พฤกษศาสตร์ทั่วไป ตอนลักษณะภายนอกของพืชดอก*, ภาควิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์, คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ปัตตานี, 190 หน้า.
2. วงศ์สถิตย์ ฉั่วกุล, 2537, *พฤกษอนุกรมวิธานพืชสมุนไพร*, ภาควิชาเภสัชพฤกษศาสตร์, คณะเภสัชศาสตร์, มหาวิทยาลัยมหิดล, 40 หน้า.
3. Keng, H., 1969, *Order and Families of Malayan Seed Plants*, University of Malaya Press, Malaysia, 400 pp.
4. Bailey, H., 1949, *Manual of Cultivated Plants*, Macmillan, New York, pp. 1-150.
5. Merrill, E.D., 1968, *A Flora of Manila*, Wheldon & Wesley, New York, pp. 1-60.
6. ชายชาติ ศันสนีย์ชีวิน, 2539, *การพัฒนาระบบสารสนเทศสำหรับการเข้าถึงฐานข้อมูลสมุนไพรไทย*, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 140 หน้า
7. ไพรัตน์ นันทไพฑูรย์, 2537, *การจัดสร้างฐานข้อมูลไม่มีพิษในประเทศไทย*, โครงการการเรียนการสอนเพื่อเพิ่มประสบการณ์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, หน้า 1-30
8. ไตรสุตา ไวดรรจโรด, 2539, *ระบบผู้เชี่ยวชาญในการจำแนกพันธุ์อ้อย*, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 108 หน้า
9. Puppe, F. and Reinhardt, B., *Generating Case-Oriented Training from Diagnostic Expert System*, Wuerzburg University, Germany, <http://d3.informatik-uni-wuerzburg.de>
10. Alty, J.L. and Coombs, M.J., 1984, *Expert System Concepts and Examples*, The National Computing Center Limited, Manchester, U.K.

11. Ignizio, J.P., 1991, Introduction to Expert Systems The Development and implementation of Rule-Based Expert Systems, McGraw-Hill Inc., London, U.K., 402 pp.
12. ศรีศักดิ์ จามรมาน, 2536, ระบบผู้เชี่ยวชาญ, วารสารราชบัณฑิตยสถาน ฉบับผนวกเล่ม 1 สำนักวิทยาศาสตร์, หน้า 87-91,
13. Durkin, J., 1994, Expert system Design and Development, Prentice Hall International, New York, pp. 1-80,
14. Winston, P.H., 1995, Artificial Intelligence 3rd Edition, Addison-Wesley Publishing Co., London, pp. 403-409.
15. Russell, S. and Norving, P., 1995, Artificial Intelligence, Prentice-Hall Int., pp. 531-537.
16. Information Builders, 1995, Level 5 Object for Microsoft Windows Reference Guide Release 3.6, Information Builders, California, 395 pp.
17. กิตติชัย ลวันยานนท์ และ สุกัญญา ศรีประไพพงศ์ศาล, 2542, ระบบผู้เชี่ยวชาญการปฐมพยาบาล, วิศวกรรมสาร, ปีที่ 52 เล่มที่ 5 พฤษภาคม, หน้า 78-82
18. กิตติชัย ลวันยานนท์, 2541, ระบบผู้เชี่ยวชาญในการอนุมัติสินเชื่อของธนาคารพาณิชย์, ประชุมวิชาการทางวิทยาการคอมพิวเตอร์และวิศวกรรมคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (NCSEC'98), 19-21 ตุลาคม 2541, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์