WALAILAK PROCEDIA
Walailak Procedia 2019; 2019(7): NCIs6
http://wjst.wu.ac.th/index.php/wuresearch

โมเดลเชิงความหมายโดยใช้ออนโทโลยีเป็นฐานสำหรับการศึกษาที่เน้นผลลัพธ์การเรียนรู้

ธิษณัย จัตุพร*, อุมาพร สุภสิทธิเมธี และ เกรียงไกร ปอแก้ว

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพมหานคร 10140

*tis.sanai@gmail.com

บทคัดย่อ

แนวทางการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 นั้น มุ่งเน้นไปสู่ผลลัพธ์การเรียนรู้และการพัฒนาทักษะให้กับผู้เรียนมากขึ้น อีกทั้งการเปลี่ยนแปลงในยุคดิจิทัลที่เทคโนโลยีทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงวิถีชีวิตและสังคมอย่างรวดเร็ว การส่งเสริมการเรียนรู้ตลอดชีวิตและการเปิดกว้างช่องทางการเรียนรู้ตามความสนใจทั้งในห้องเรียนและการเรียนออนไลน์ ให้กับกลุ่มผู้เรียนที่อาจจะไม่ใช่มีเพียงกลุ่มวัยเรียนปกตินั้น ถือได้ว่ามีความสำคัญและเป็นการพัฒนาศักยภาพให้กับกำลังคนของประเทศ งานวิจัยชิ้นนี้ได้มีการออกแบบและพัฒนาออนโทโลยี เพื่อทำให้สามารถสืบค้นข้อมูลเชิงความหมายและนำเสนอวิชาเรียนตามทักษะที่ผู้เรียนสนใจ โดยผู้เรียนไม่จำเป็นต้องรู้โครงสร้างวิชาเรียนของหลักสูตรและการเชื่อมโยงผลลัพธ์การเรียนรู้กับทักษะที่ตนเองต้องการ ผลการทดลองโดยค่าความแม่นยำ (Precision) และ ค่าการเรียกคืน (Recall) เพื่อวัดประสิทธิภาพของออนโทโลยีในการสืบค้นบนหลักสูตรปกติและหลักสูตรออนไลน์ พบว่าผลลัพธ์ที่มีการค้นคืนมีความถูกต้องและสามารถแสดงผลลัพธ์ที่เกี่ยวข้องได้ทั้งหมด

คำสำคัญ: ออนโทโลยี ระบบสืบค้นข้อมูลเชิงความหมาย หลักสูตรมุ่งเน้นผลลัพธ์การเรียนรู้

Abstract

The 21st-century learning approach focuses on learning outcomes and skill development for learners and changing in the digital age causes rapid changes in lifestyle and society. Promoting lifelong learning and interest-based learning including classroom learning or online learning to learners who may not be just normal age group are very important to develop the potential of the country's workforce. This research has designed and developed ontologies for semantic search and offering the courses that correspond to the required skill. Learners do not need to know the curriculum structure or how linking between learning outcomes and skills. We apply the precision and recall to measure the effectiveness of ontologies for searching on regular courses and online courses. The result shows that our system is accurate and can show all the relevant results.

Keywords: ontology, Semantic Search, Outcome-Based Curriculum

บทนำ

การศึกษาในปัจจุบันที่มุ่งเน้นผลลัพธ์การเรียนรู้หรือมุ่งเน้นสมรรถนะ และเปิดช่องทางการเรียนที่ผู้เรียนสามารถเลือกเรียนได้ตามความสนใจ ทำให้เกิดการตอบสนองต่อการแนวทางการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ที่มีผู้เรียนเป็นศูนย์กลางมากขึ้น รวมถึงกลุ่มผู้เรียนที่อาจจะไม่ใช่มีเพียงกลุ่มวัยเรียนปกติเพียงกลุ่มเดียว การศึกษาแบบเดิมที่ความรู้จะถูกถ่ายทอดผ่านผู้สอนเป็นหลักนั้น ไม่สามารถตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงในยุคดิจิทัลที่เทคโนโลยีทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงวิถีชีวิตและสังคมอย่างรวดเร็ว และโจทย์ปัญหาที่มีความซับซ้อนมากขึ้น แนวทางการเรียนรู้จะเน้นที่การพัฒนาทักษะมากขึ้น และกลุ่มผู้เรียนที่อาจจะเป็นกลุ่มคนทำงาน หรือ กลุ่มสูงวัยสามารถที่จะมีการเรียนรู้เพิ่มเติมในทักษะด้านที่ตนเองสนใจ อีกทั้งการส่งเสริมให้เกิดการเรียนรู้ตลอดชีวิตมากขึ้น

จากบทความ “การผลิตบัณฑิตในศตวรรษที่ 21” (วิจารณ์ พานิช, 2555) ปัจจุบันการเรียนรู้อย่างเดียวนั้นไม่เพียงพอต้องมีทักษะด้วย วิธีการศึกษาที่ปรับปรุงเพื่อให้ผู้เรียนนั้นได้รับทักษะ เช่น การศึกษาที่มุ่งเน้นผลลัพธ์การเรียนรู้ (Outcome-Based Education) การศึกษาที่มุ่งเน้นสมรรถนะ (Competency-Based Education) นอกจากการศึกษาที่เปลี่ยนแปลงแล้ว ประชากรส่วนใหญ่ในประเทศไทยกำลังก้าวเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุ การศึกษาหลักสูตรที่ใช้ระยะเวลานาน อาจสร้างข้อจำกัดในการเรียนรู้ เราจะเห็นได้ว่ามีการศึกษาทางออนไลน์ Massive Open Online Courses หรือ MOOC กำเนิดขึ้นมากมาย เพื่อตอบสนองความต้องการในการเรียนที่ไม่ขึ้นกับวัย สถานที่และเวลา โดยการเรียนรู้นั้นขึ้นกับความสนใจของผู้เรียนเอง จากปัญหาข้างต้น งานวิจัยชิ้นนี้นำเสนอโครงสร้างออนโทโลยี ซึ่งจะเป็นเครื่องมือช่วยให้ทั้งหลักสูตรออนไลน์หรือหลักสูตรปกติที่มีโครงสร้างหลักสูตรมุ่งเน้นผลลัพธ์การเรียนรู้ (Outcome-Based Curriculum) สามารถกำหนดและเชื่อมโยงทักษะกับกลุ่มวิชาเรียน เพื่อให้ผู้ที่สนใจสามารถทราบวิชาหรือกลุ่มวิชาเรียน เพื่อเลือกเรียนเฉพาะส่วนตามทักษะที่ตนเองต้องการได้ โดยมีขอบเขตในการแนะนำวิชาเรียนตามทักษะทางวิชาชีพเท่านั้น

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ออนโทโลยีถูกนำมาประยุกต์ใช้เพื่อทำให้ระบบมีองค์ความรู้เพียงพอในการตอบคำถามที่มากกว่าการเปรียบเทียบคำที่เท่ากันหรือให้คำแนะนำ ออนโทโลยีถูกนำมาใช้ในงานหลายด้าน ด้านการแพทย์ เช่น ระบบสืบค้นข้อมูลการรักษาด้านการแพทย์แผนไทยด้วยฐานความรู้ออนโทโลยี (ชารินี พรหมภักดี และคณะ, 2558) เพื่อการค้นคืนข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับองค์ความรู้การรักษาด้านการแพทย์แผนไทย ระบบให้คำแนะนำการบริโภคอาหารตามโภชนาการเฉพาะบุคคล (นภัส สุขสม, 2555) มีการแยกข้อมูลเป็น 2 ส่วนหลัก ๆ 1) ส่วนของโภชนาการ 2) ส่วนของบุคคล เพื่อใช้ในการอนุมานผล ว่าบุคคลนั้นด้วยคุณสมบัติดังกล่าวมีอาหารอะไรที่แนะนำบ้าง การพัฒนาออนโทโลยีผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร (ขนิษฐา กุลประจวบ และ นิศาชล จำนงศรี, 2559) เพื่อสร้างองค์ความรู้ออนโทโลยีเรื่องผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร ด้านการท่องเที่ยว เช่น ระบบให้คำแนะนำข้อมูลการท่องเที่ยวในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย (อิสรา ชื่นตา และคณะ, 2557) เพื่อทดลองการออกแบบองค์ความรู้ออนโทโลยีการท่องเที่ยวในแบบต่าง ๆ ว่ามีประสิทธิภาพแตกต่างกันอย่างไร ด้านการเกษตร เช่น การให้ข้อมูลเกี่ยวกับการเกษตร Ontology Evaluation Approaches: A Case Study from Agriculture Domain (Walisadeera et al., 2016) เพื่อเป็นองค์ความรู้ให้เกษตรกร และใช้ในการวิจัยวิธีการประเมินผลของออนโทโลยี ด้านการศึกษา เช่น งานวิจัย Course-Recommendation System Based On Ontology (Huang et al., 2013) ใช้ออนโทโลยีที่ออกแบบหลักสูตรใหม่ในการหาวิชาที่ยังไม่ได้เรียนคงเหลือของผู้เรียนในการสำเร็จหลักสูตรดังกล่าว กล่าวได้ว่า ระบบแนะนำข้อมูลนั้นคือการที่เราหาความสัมพันธ์ของสิ่งที่ค้นหากับข้อมูลที่ค้นหา หรือจะเป็นการตั้งกฎขึ้นมาเพื่อกลั่นกรองผลลัพธ์ เพื่อให้ตรงกับสิ่งที่ผู้ใช้งานต้องการมากที่สุด งานวิจัย Ontological Student Profile (Ameen et al., 2012) เพื่อสร้างองค์ความรู้ออนโทโลยี Student Profile จากข้อมูลนักเรียน และ งานวิจัย E-Course Ontology for Developing E-Learning Courses (El-Ghalayini, 2011) เพื่อสร้างองค์ความรู้ออนโทโลยีจาก Online Course โดยมีฐานเป็น Bloom Taxonomy และ Guerra Scale

งานวิจัย (El-Ghalayini, 2011; Noy & McGuinness, 2001; จุฑาทิพย์ ไชยกำบัง และ กุลธิดา ท้วมสุข, 2560) ได้ให้หลักการสำคัญในการสร้างออนโทโลยี ได้แก่ การกำหนดขอบเขตและคุณสมบัติของออนโทโลยีที่ต้องการสร้างซึ่งอาจมาจากโครงสร้างข้อมูลที่มีอยู่เดิมหรือจะกำหนดโครงสร้างใหม่ก็ได้ นิยามสำคัญคำศัพท์ กำหนดคลาส ลำดับชั้น คุณสมบัติ และเงื่อนไขข้อจำกัด มีงานวิจัยได้นำหลักการนี้ไปประยุกต์ เช่น ระบบสืบค้นข้อมูลการรักษาด้านการแพทย์แผนไทยด้วยฐานความรู้ออนโทโลยี (ชารินี พรหมภักดี และคณะ, 2558) ระบบให้คำแนะนำการบริโภคอาหารตามโภชนาการเฉพาะบุคคล (นภัส สุขสม, 2555) การพัฒนาออนโทโลยีผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร (ขนิษฐา กุลประจวบ และ นิศาชล จำนงศรี, 2559)และ การพัฒนาออนโทโลยีเชิงความหมายของความรู้เกี่ยวกับกลุ่มชาติพันธุ์ (จุฑาทิพย์ ไชยกำบัง และ กุลธิดา ท้วมสุข, 2560)

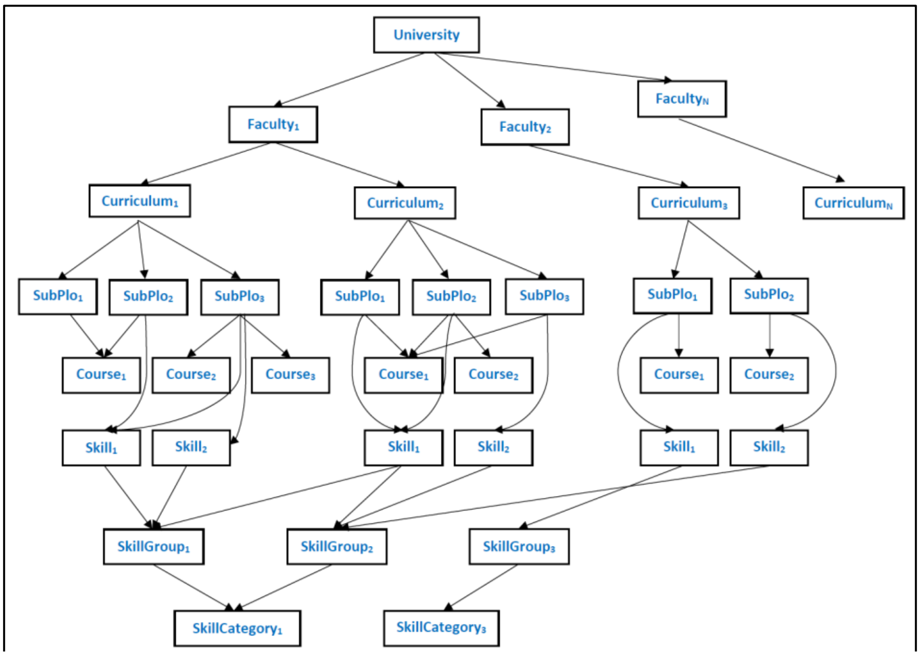
การประเมินผลออนโทโลยีนั้นมีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบว่าออนโทโลยีสามารถให้ผลลัพธ์ถูกต้องตรงตามขอบเขตที่ระบุ และ สามารถเรียกคืนคำตอบได้ครบถ้วนสมบูรณ์หรือไม่ จากการศึกษาพบว่ามีการประเมินผลออนโทโลยีแบ่งออกเป็น 2 จำพวกหลัก ได้แก่ การตรวจสอบการค้นคืนด้วยค่าความแม่นยำ (Precision) และ ความค่าการเรียกคืน (Recall) เพื่อตรวจสอบว่าโครงสร้างของออนโทโลยีที่ได้ออกแบบไปนั้นถูกต้องตามขอบเขตที่กำหนดไว้หรือไม่ (นุชจรินทร์ อุนิลคำ, 2555; Gulzar et al., 2018) หรือการตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญ เพื่อตรวจสอบว่าองค์ความรู้ของออนโทโลยีนั้นถูกต้องกับองค์ความรู้ที่มีอยู่ ในกรณีนี้จะเป็นองค์ความรู้ที่เฉพาะทาง

จากงานวิจัยที่อธิบายข้างต้น แนวทางการพัฒนาออนโทโลยีของงานวิจัยชิ้นนี้ ถอดแบบโครงสร้างมาจากโครงสร้างหลักสูตรที่มุ่งเน้นผลลัพธ์การเรียนรู้ (Outcome-Based Curriculum) โดยใช้ข้อมูลตัวอย่างหลักสูตรของ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี โดยผู้วิจัยเพิ่มเติมส่วนที่เป็นทักษะ ในออนโทโลยีเพื่อสร้างความเชื่อมโยงกับโครงสร้างหลักสูตรที่มีอยู่ โดยอ้างอิงตามหลักการการสร้างออนโทโลยี (El-Ghalayini, 2011; Noy & McGuinness, 2001) มีลำดับขั้นดังต่อไปนี้

1. ถอดแบบโครงสร้างหลักสูตร และกำหนดคลาสออนโทโลยี
2. จัดลำดับขั้นของออนโทโลยี และความสัมพันธ์ระหว่างคลาส
3. กำหนดคุณสมบัติของคลาส

วิธีดำเนินการวิจัย

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึง โครงสร้างและความสัมพันธ์ขององค์ประกอบของหลักสูตรที่มุ่งเน้นผลลัพธ์การเรียนรู้ (Outcome-Based Curriculum) กับทักษะ สามารถแสดงไว้ในรูปที่ 1 และ การออกแบบออนโทโลยีเพื่อให้รองรับกับโครงสร้างดังกล่าว

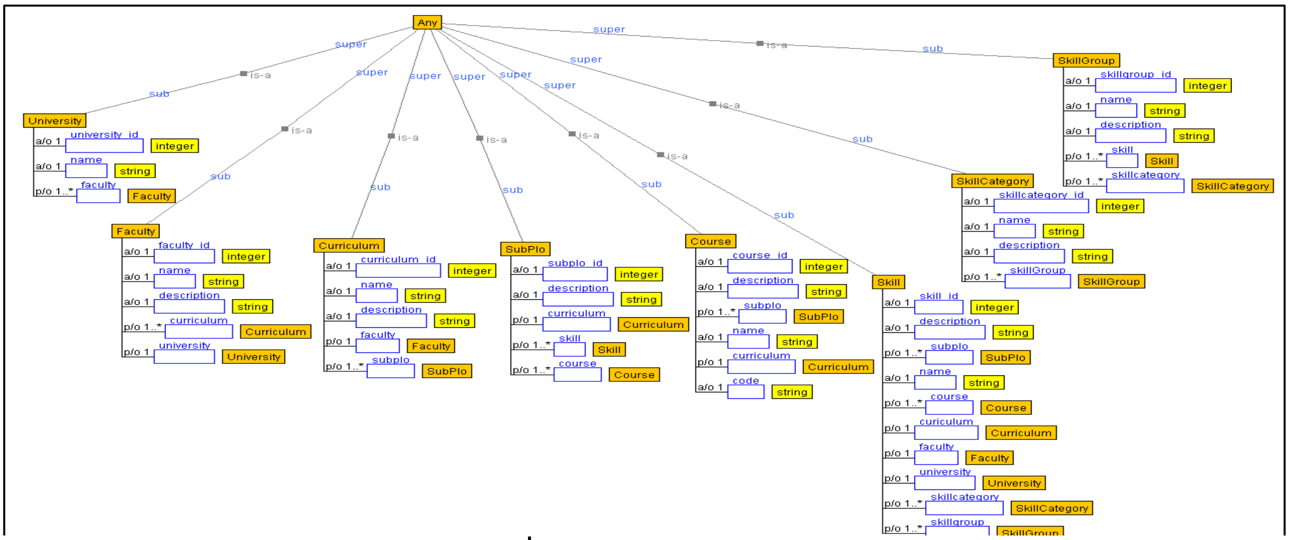


รูปที่ 1 ความสัมพันธ์ของหลักสูตรที่มุ่งเน้นผลลัพธ์การเรียนรู้ (Outcome-Based Curriculum) และทักษะ

มหาวิทยาลัย (University) ประกอบด้วย หลายคณะ (Faculty) แต่ละคณะมีหลายหลักสูตร (Curriculum) โดยแต่ละหลักสูตรจะมี เป้าหมายเพื่อพัฒนาชุดขององค์ประกอบย่อยของผลลัพธ์การเรียนรู้ (SubPlo) ให้สำเร็จ โดยที่แต่ละวิชา (Course) จะสามารถทำให้เกิดหนึ่งหรือหลายองค์ประกอบย่อยของผลลัพธ์การเรียนรู้ โดยที่องค์ประกอบย่อยของผลลัพธ์การเรียนรู้นั้นจะสำเร็จได้ต่อเมื่อเรียนครบทุกวิชาที่เกี่ยวข้องแล้วเท่านั้น

ทักษะ (Skill) หมายถึง ทักษะวิชาชีพที่หลักสูตรกำหนดขึ้นจากองค์ประกอบย่อยของผลลัพธ์การเรียนรู้ภายในหลักสูตร โดยทักษะนั้นจะสำเร็จได้ต่อเมื่อทุกองค์ประกอบย่อยของผลลัพธ์การเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องสำเร็จ โดยแต่ละทักษะ จะมีกลุ่มทักษะ (SkillGroup) หมายถึง ชื่อกลุ่มทักษะที่มีความหมายคล้ายคลึงกัน แต่ยังเจาะจง โดยกำหนดจากผู้ดูแลข้อมูล เช่น ทักษะ:การเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ด้วยภาษาจาวา และ ทักษะ:การเขียนโปรแกรมขั้นสูง อยู่ใน กลุ่มทักษะ:การเขียนโปรแกรม โดยทักษะ อาจอยู่ได้ในหลายกลุ่มทักษะ แต่ละกลุ่มทักษะมี ประเภทของกลุ่มทักษะ (SkillCategory) เรากำหนด ประเภทกลุ่มทักษะโดยวิธีการจำแนก ที่สำรวจจาก Online Course (Futurelearn, Coursesera, EDX) และ มาตรฐานการจัดกลุ่มทางการศึกษาจาก ISCED (International Standard Classification of Education)

จากคำอธิบายข้างต้น ได้ทำการกำหนดคลาสที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย คุณสมบัติและความสัมพันธ์ในแต่ละคลาส 8 คลาส ประกอบด้วย มหาวิทยาลัย (University) คณะ (Faculty) หลักสูตร (Curriculum) องค์ประกอบย่อยของผลลัพธ์การเรียนรู้ (SubPlo) วิชา (Course) ทักษะ (Skill) กลุ่มทักษะ (SkillGroup) และ ประเภทของกลุ่มทักษะ (SkillCategory) โดยโครงสร้างออนโทโลยีสามารถแสดงไว้ในรูปที่ 2



รูปที่ 2 โครงสร้างออนโทโลยี

จากรูปที่ 2 ผู้วิจัยขออธิบายแนวคิดของโครงสร้างเฉพาะคลาสทักษะ (Skill) เนื่องจากเป็นคลาสหลักของออนโทโลยี คลาสทักษะ (Skill) ประกอบด้วยคุณสมบัติ และองค์ประกอบ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตารางคุณสมบัติ และองค์ประกอบของคลาสทักษะ (Skill)

คุณสมบัติ	ชนิด	จำนวนค่า	รูปแบบของค่า
รหัสทักษะ (skill_id)	Attribute of	1	ตัวเลข (integer)
ชื่อ (name)	Attribute of	1	ตัวอักษร (String)
รายละเอียด (description)	Attribute of	1	ตัวอักษร (String)
วิชา (course)	Part of	1..*	วิชา (Course)
องค์ประกอบย่อยของผลลัพธ์การเรียนรู้ (subplo)	Part of	1..*	องค์ประกอบย่อยของผลลัพธ์การเรียนรู้ (SubPlo)
หลักสูตร (curriculum)	Part of	1	หลักสูตร (Curriculum)
คณะ (faculty)	Part of	1	คณะ (Faculty)
มหาวิทยาลัย (university)	Part of	1	มหาวิทยาลัย (University)
กลุ่มทักษะ (skillgroup)	Part of	1..*	กลุ่มทักษะ (SkillGroup)
ประเภทกลุ่มทักษะ (skillcategory)	Part of	1..*	ประเภทกลุ่มทักษะ (SkillCategory)

แนวคิด ทักษะ (Skill) หมายถึง ทักษะวิชาชีพที่หลักสูตรกำหนดขึ้น โดยใช้ทักษะ (Skill) มีองค์ประกอบสำคัญดังต่อไปนี้

1. ชื่อ (name) หมายถึง ชื่อของทักษะ เช่น “Computer Networking”

2. รายละเอียด (description) หมายถึง คำอธิบายความสามารถที่จะได้รับหลังเรียนรู้ทักษะ

3. วิชา (Course) หมายถึง กลุ่มวิชาที่สร้างองค์ประกอบย่อยของผลลัพธ์การเรียนรู้ (SubPlo) ที่จำเป็นทำให้เกิด ทักษะ (Skill) ดังตัวอย่างของ Course (code : “INT207” name : “เครือข่าย 1”) เป็นวิชาหนึ่งที่ให้ SubPlo (description : “สามารถ อธิบาย

สถาปัตยกรรมระบบทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ") และ SubPlo (description : "สามารถ อธิบาย ความรู้เชิงทฤษฎีขององค์ประกอบของเทคโนโลยีสารสนเทศที่เกี่ยวข้อง") ที่ส่งผลให้เกิด Skill (name : "Computer Networking")

4. องค์ประกอบย่อยของผลลัพธ์การเรียนรู้ (SubPlo) หมายถึง กลุ่มองค์ประกอบย่อยของผลลัพธ์การเรียนรู้ ที่เกี่ยวข้องทำให้เกิด ทักษะ (Skill) ดังตัวอย่างของ SubPlo (description : "สามารถ อธิบาย สถาปัตยกรรมระบบทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ") เป็นองค์ประกอบย่อยของผลลัพธ์การเรียนรู้ที่ส่งผลให้เกิด Skill (name : "Computer Networking")

5. หลักสูตร (Curriculum) หมายถึง หลักสูตร (Curriculum) ที่สร้าง ทักษะ (Skill) ดังตัวอย่างของ Curriculum (name : "Bachelor of Science Program in Information Technology") เป็นหลักสูตรที่กำหนด Skill (name : "Computer Networking")

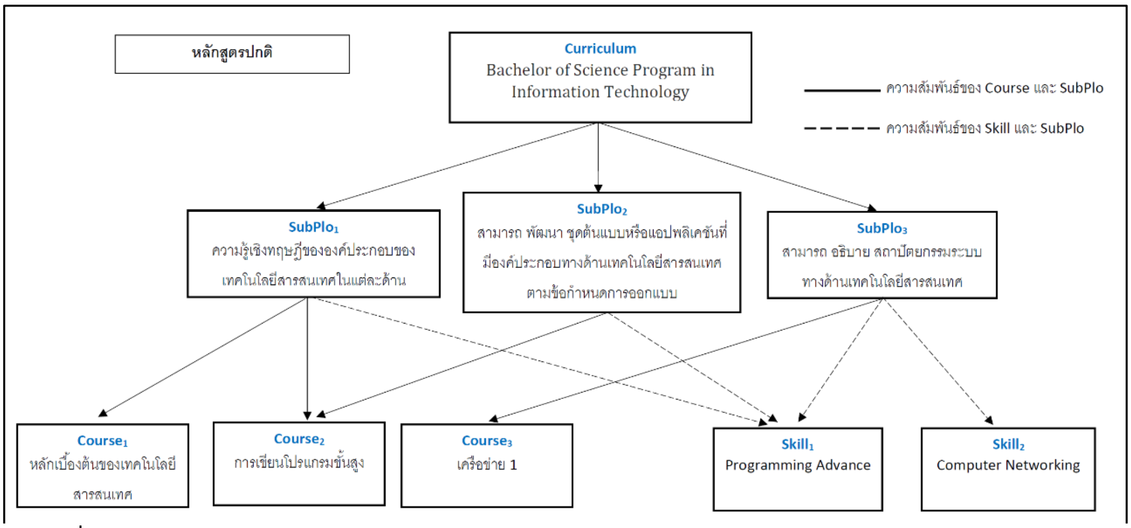
6. คณะ (Faculty) หมายถึง คณะ (Faculty) ของ หลักสูตร (Curriculum) ที่กำหนด ทักษะ (Skill) สังกัด ดังตัวอย่างของ Curriculum (name : "Bachelor of Science Program in Information Technology") ที่กำหนด Skill (name : "Computer Networking") สังกัด Faculty (name : "School of Information Technology")

7. มหาวิทยาลัย (University) หมายถึง มหาวิทยาลัย (University) ของ คณะ (Faculty) ที่เป็นเจ้าของ หลักสูตร (Curriculum) ที่กำหนด ทักษะ (Skill) สังกัด ดังตัวอย่างของ Faculty (name : "School of Information Technology") ของ Curriculum (name : "Bachelor of Science Program in Information Technology") ที่กำหนด Skill (name : "Computer Networking") สังกัด University (name : "King Mongkut's University of Technology Thonburi")

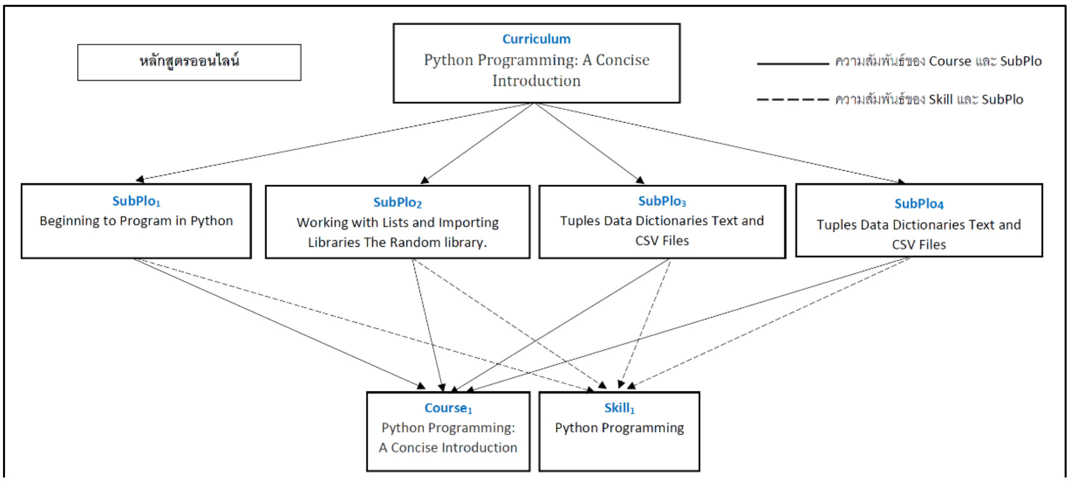
8. กลุ่มทักษะ (SkillGroup) หมายถึง กลุ่มทักษะที่มีความใกล้เคียงกับ ทักษะ (Skill) โดยอธิบายในมุมมองที่กว้างกว่าแต่เจาะจงประเภทของทักษะนั้น ดังตัวอย่างของ SkillGroup (name : "Computer") ที่ Skill (name : "Computer Networking") อยู่ในกลุ่มนี้

9. ประเภทของกลุ่มทักษะ (SkillCategory) ภายใต้ แนวคิด ทักษะ (Skill) หมายถึง การจัดกลุ่ม กลุ่มทักษะ (SkillGroup) โดยใช้วิธีการจำแนก ที่สำรวจจาก หลักสูตรออนไลน์ (Futurelearn, Coursesera, EDX) และ มาตรฐานการจัดกลุ่มทางการศึกษาจาก ISCED (International Standard Classification of Education) ดังตัวอย่างของ SkillGroup (name : "Computer") ที่ Skill (name : "Computer Networking") อยู่ จัดเป็นประเภทของ SkillCategory (name : "Computer Science")

ในงานวิจัยชิ้นนี้ใช้หลักสูตรปกติของ หลักสูตรของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี และหลักสูตรออนไลน์ ที่นำมาจาก Futurelearn , Coursesera, EDX โดยตัวอย่างการเชื่อมโยงของทักษะ (Skill) องค์ประกอบย่อยของผลลัพธ์การเรียนรู้ (SubPlo) และ วิชา (Course) สามารถแสดงไว้ในรูปที่ 3 - 4



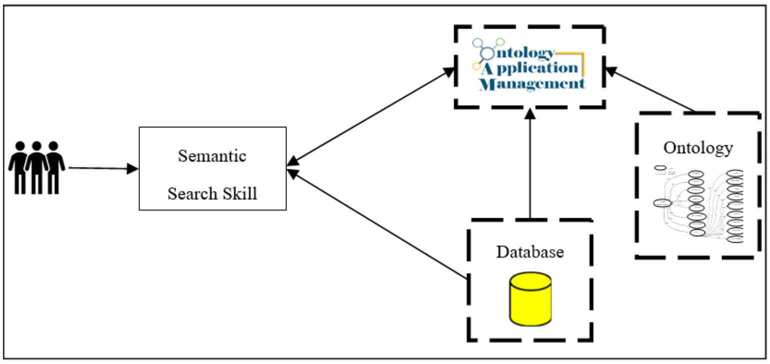
รูปที่ 3 ตัวอย่างการเชื่อมโยงของทักษะ (Skill) องค์ประกอบย่อยของผลลัพธ์การเรียนรู้ (SubPlo) และ วิชา (Course) ของหลักสูตรปกติ



รูปที่ 4 ตัวอย่างการเชื่อมโยงของทักษะ (Skill) องค์ประกอบย่อยของผลลัพธ์การเรียนรู้ (SubPlo) และ วิชา (Course) ของหลักสูตรออนไลน์

จากรูปที่ 4 หลักสูตรออนไลน์ ที่นำมาจาก Futurelearn, Coursesera, EDX ทางผู้วิจัยได้ทำการกำหนดให้กับออนโทโลยีที่ได้ออกแบบเอาไว้ มหาวิทยาลัย (University) จะเป็น University (name : “Online Course”) และ คณะ (Faculty) จะเป็น ชื่อของหลักสูตรออนไลน์ เช่น Faculty (name : “Coursesera”) โดย หลักสูตร (Curriculum) จะเป็น หลักสูตรเรียนในหลักสูตรออนไลน์ เช่น Curriculum (name : “Python Programming: A Concise Introduction”) และ องค์ประกอบย่อยของผลลัพธ์การเรียนรู้ (SubPlo) ของหลักสูตรออนไลน์ ทางผู้วิจัยได้ใช้ สิ่งที่ใกล้เคียงที่สุดคือ “What will you achieve?” (Futurelearn) “WHAT YOU WILL LEARN” (Coursesera) “What you'll learn” (EDX) ของ หลักสูตรออนไลน์ วิชา (Course) ของ หลักสูตรออนไลน์ ส่วนใหญ่จะเป็นตามชื่อหลักสูตรออนไลน์ ไม่ได้มีการแบ่งเป็นรายวิชา และ ทักษะ (Skill) ถ้าไม่ได้ระบุใน หลักสูตรออนไลน์ ผู้วิจัยจะทำการระบุขึ้นมาให้

โครงสร้างระบบประกอบไปด้วย 4 องค์ประกอบ สำคัญ ได้แก่ เว็บแอปพลิเคชัน Semantic Search Skill แพลตฟอร์มพัฒนาระบบฐานความรู้ด้วยออนโทโลยี (Ontology Application Management Framework (OAM)) ออนโทโลยีและฐานข้อมูล สามารถแสดงไว้ในรูปที่ 4



รูปที่ 4 โครงสร้างระบบ

จากรูปที่ 4 สามารถอธิบายได้ดังต่อไปนี้

1. แพลตฟอร์มพัฒนาระบบฐานความรู้ด้วยออนโทโลยี (Ontology Application Management Framework (OAM)) เป็นโปรแกรมประยุกต์ที่ใช้ฐานความรู้ด้วยออนโทโลยี ที่ช่วยสนับสนุนการพัฒนาออนโทโลยี ลดความซับซ้อนในการพัฒนา เช่น การจัดการเชื่อมโยงออนโทโลยีกับฐานข้อมูล และเครื่องมือสนับสนุนการสืบค้นเชิงความหมาย

2. ออนโทโลยี ออนโทโลยีหลักสูตรที่สร้างจาก Ho-zo Ontology Editor เพื่ออธิบายองค์ความรู้ หลักสูตรและทักษะ

3. ฐานข้อมูล เป็นฐานข้อมูลที่เก็บข้อมูลหลักสูตรและข้อมูลทักษะ

4. เว็บแอปพลิเคชัน Semantic Search Skill เพื่อสืบค้นข้อมูลเชิงความหมาย

จากโครงสร้างระบบ ฐานข้อมูลต้องออกแบบให้สอดคล้องกับออนโทโลยี เพื่อใช้ในการจัดการการเชื่อมโยงข้อมูล ผ่านแพลตฟอร์มพัฒนาระบบฐานความรู้ด้วยออนโทโลยี โดยมีการเชื่อมความสัมพันธ์ของคลาส และคุณสมบัติ กับ คอลัมน์ ในฐานข้อมูล โดยเราสามารถค้นคืนข้อมูลเชิงความหมายจาก แพลตฟอร์มพัฒนาระบบฐานความรู้ด้วยออนโทโลยี ตามโครงสร้างออนโทโลยีที่เรากำหนด

ในส่วนของ เว็บแอปพลิเคชัน Semantic Search Skill จะใช้คำค้น และเงื่อนไขที่ผู้ค้นหากำหนด โดยค้นคืนข้อมูลเชิงความหมาย จาก แพลตฟอร์มพัฒนาระบบฐานความรู้ด้วยออนโทโลยี จากการเรียกผ่าน API โดยคำตอบจะกลับมาในรูปแบบของ JSON (JavaScript Object Notation) และนำข้อมูลที่ได้มานำเสนอในเว็บแอปพลิเคชัน โดยตัวอย่าง JSON สามารถแสดงไว้ในรูปที่ 5


```
[{"skillGroup":"ref:SkillGroup:12 , ref:SkillGroup:3","skillId":"7","university":"King
Mongkut's University of Technology Thonburi","name":"Web
Development","subPlo":"ref:SubPlo:49 , ref:SubPlo:50 , ref:SubPlo:51 , ref:SubPlo:52 ,
ref:SubPlo:53","course":"ref:Course:50 , ref:Course:51 , ref:Course:54 , ref:Course:56
, ref:Course:57 , ref:Course:58 , ref:Course:59","description":"-
","curriculum":"Bachelor of Science Program in Computer Science  English
Program","skillCategory":"ref:SkillCategory:2","faculty":"School of Information
Technology"}]
```


รูปที่ 5 ตัวอย่าง JSON หลังเรียกผ่าน API

ผลและอภิปรายผล

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงการเตรียมข้อมูลการทดลอง สภาพแวดล้อมของระบบและวิธีการประเมินผล

ส่วนของข้อมูลการทดลองทางผู้วิจัยได้นำมาจาก 2 แหล่งคือ หลักสูตรของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี และหลักสูตรออนไลน์ Futurelearn, Coursesera, EDX] ทางผู้วิจัยได้นำข้อมูลดังกล่าวมาเพิ่มในส่วนของ ทักษะ และการเชื่อมโยงทักษะกับองค์ประกอบย่อยของผลลัพธ์การเรียนรู้ ดังรูปที่ 3 - 4

เครื่องที่ใช้ในการทดลอง เป็นเครื่อง HP Probook 640 G4 ใช้ระบบปฏิบัติการ Windows 10 64bit โปรเซสเซอร์ intel i5-8250U 1.6GHz มีหน่วยความจำที่ 1638 MB หน่วยความจำสำรองแบบ โซลิดสเตต 512 GB

การทดสอบการค้นคืนกับออนโทโลยีที่เราทำการออกแบบไว้ในรูปที่ 2 โดยทดสอบจากคุณสมบัติของคลาส ว่าสามารถให้ผลลัพธ์การค้นคืนออกมาตรงกับข้อมูลที่เชื่อมโยงของออนโทโลยีและฐานข้อมูล โดยมีความครบถ้วน และความแม่นยำในการดึงผลลัพธ์ จะใช้การวัดค่าความแม่นยำ (Precision) และค่าการเรียกคืน (Recall) ตามสูตรดังต่อไปนี้

$$\text{ค่าความแม่นยำ} = \frac{\text{จำนวนอินสแตนซ์ผลลัพธ์ที่ถูกต้องที่ถูกค้นคืน}}{\text{จำนวนอินสแตนซ์ทั้งหมดที่ถูกค้นคืน}}$$

$$\text{ค่าการเรียกคืน} = \frac{\text{จำนวนอินสแตนซ์ผลลัพธ์ที่ถูกต้องที่ถูกค้นคืน}}{\text{จำนวนอินสแตนซ์ที่ถูกต้องทั้งหมด}}$$

การทดสอบ ข้อมูล ทักษะ (Skill) มีข้อมูลที่ใช้ในค้นหาได้ ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 จำนวนอินสแตนซ์ของแต่ละคลาสหลังทำการเชื่อมโยงข้อมูลกับออนโทโลยี

คลาส	จำนวนอินสแตนซ์
มหาวิทยาลัย (University)	2
คณะ (Faculty)	7
หลักสูตร (Curriculum)	16
องค์ประกอบย่อยของผลลัพธ์การเรียนรู้ (SubPlo)	242
วิชา (Course)	500
ทักษะ (Skill)	38
กลุ่มทักษะ (SkillGroup)	12
ประเภทของกลุ่มทักษะ (SkillCategory)	6

การทดสอบด้วยการค้นคืน คุณสมบัติของคลาส โดยจะทำการเลือกจากคลาสสำคัญ 3 คลาส ได้แก่ วิชา (Course) องค์ประกอบย่อยของผลลัพธ์การเรียนรู้ (SubPlo) และ ทักษะ (Skill) โดยจะทำการเลือกคุณสมบัติที่คาดหวังที่มีจำนวนของอินสแตนซ์ของผลลัพธ์ แบ่งเป็น 3 ประเภท ได้แก่

1. เลือกคุณสมบัติที่คาดหวังที่มีจำนวนอินสแตนซ์ของผลลัพธ์เป็นไปได้มากที่สุด
2. เลือกคุณสมบัติที่คาดหวังที่มีจำนวนอินสแตนซ์ของผลลัพธ์เป็นได้ได้น้อยที่สุดแต่ไม่เท่ากับ 0 ผลลัพธ์
3. เลือกคุณสมบัติที่คาดหวังที่มีจำนวนอินสแตนซ์ของผลลัพธ์เป็น 0 ผลลัพธ์

ทั้ง 3 คลาส จะค้นคืนข้อมูลคุณสมบัติจากต่างคลาสโดยใช้คุณสมบัติประเภทคลาสในการเข้าถึงคุณสมบัติดังกล่าว โดยมีเป้าหมายในการค้นคืนดังต่อไปนี้

- ค้นหาจากคุณสมบัติของคลาสวิชา (Course)
- ค้นหาจากคุณสมบัติของคลาสทักษะ (Skill)
- ค้นหาจากคุณสมบัติของคลาสองค์ประกอบย่อยของผลลัพธ์การเรียนรู้ (SubPlo)
- ค้นหาจากคุณสมบัติของคลาสกลุ่มทักษะ (SkillGroup)

ผลการทดลอง ดังตารางที่ 3 - 5

ตารางที่ 3 ผลทดสอบการค้นคืนคุณสมบัติของคลาสวิชา (Course)

ลำดับ	คุณสมบัติ	ประเภทการเลือกคุณสมบัติ	จำนวนอินสแตนซ์ของผลลัพธ์ ทั้งหมดที่ถูกต้อง	จำนวนอินสแตนซ์ของผลการค้นคืน [ถูกต้อง,ไม่ถูกต้อง]	ค่าความแม่นยำ	ค่าการเรียกคืน
1	has_subplo >> **has_skill** >> has_name EQUALS "Programming"	1	59	59 [59,0]	1.0	1.0
2	has_subplo >> **has_skill** >> has_name EQUALS "Python Programming"	2	1	1 [1,0]	1.0	1.0
3	**has_subplo** >> has_description EQUALS "Able to properly apply knowledge of computing mathematics and domain to the problems."	1	48	48 [48,0]	1.0	1.0
4	**has_subplo** >> has_description EQUALS "Beginning to Program in Python"	2	1	1 [1,0]	1.0	1.0
5	has_subplo>>has_skill>>**has _skillgroup>>**has_name EQUALS "Computer"	1	114	114 [114,0]	1.0	1.0
6	has_subplo>>has_skill>>**has _skillgroup**>>has_name EQUALS "Java Programming"	3	0	0 [0,0]	1.0	1.0

ตารางที่ 4 ผลทดสอบการค้นคืนคุณสมบัติของคลาสองค์ประกอบย่อยของผลลัพธ์การเรียนรู้ (SubPlo)

ลำดับ	คุณสมบัติ	ประเภทการเลือกคุณสมบัติ	จำนวนอินสแตนซ์ของผลลัพธ์ ทั้งหมดที่ถูกต้อง	จำนวนอินสแตนซ์ของผลการค้นคืน [ถูกต้อง,ไม่ถูกต้อง]	ค่าความแม่นยำ	ค่าการเรียกคืน
1	**has_course** >> has_code EQUALS "CSC290"	1	13	13 [13,0]	1.0	1.0
2	**has_course** >> has_code EQUALS "APE100"	2	2	2 [2,0]	1.0	1.0
3	**has_skill** >> has_name EQUALS "Programming"	1	9	9 [9,0]	1.0	1.0
4	**has_skill** >> has_name EQUALS "Data Science"	2	2	2 [2,0]	1.0	1.0
5	has_skill>>**has_skillgroup>>** has_name EQUALS "Computer"	1	62	62 [62,0]	1.0	1.0
6	has_skill>>**has_skillgroup**>> has_name EQUALS "Java Programming"	3	0	0 [0,0]	1.0	1.0

ตารางที่ 5 ผลทดสอบการค้นคืนคุณสมบัติของคลาสทักษะ (Skill)

ลำดับ	คุณสมบัติ	ประเภทการเลือกคุณสมบัติ	จำนวนอินสแตนซ์ของผลลัพธ์ ทั้งหมดที่ถูกต้อง	จำนวนอินสแตนซ์ของผลการค้นคืน [ถูกต้อง,ไม่ถูกต้อง]	ค่าความแม่นยำ	ค่าการเรียกคืน
1	**has_course** >> has_code EQUALS “INT100”	1	4	4 [4,0]	1.0	1.0
2	**has_course** >> has_name EQUALS “Functional Programming in Haskell: Supercharge Your Coding”	2	1	1 [1,0]	1.0	1.0
3	**has_subplo** >> has_description EQUALS “สามารถ อธิบาย ความรู้เชิงทฤษฎีขององค์ประกอบของเทคโนโลยีสารสนเทศในแต่ละด้าน”	1	4	4 [4,0]	1.0	1.0
4	**has_subplo** >> has_description EQUALS “Be able to match design principles of cyber-physical networks to different application requirements.”	2	1	1 [4,0]	1.0	1.0
5	**has_skillgroup>>**has_name EQUALS “Computer”	1	21	21 [21,0]	1.0	1.0
6	**has_skillgroup**>>has_name EQUALS “Java Programming”	3	0	0 [0,0]	1.0	1.0

จากผลทดสอบข้างต้น จำนวนอินสแตนซ์ที่สืบค้นจาก คุณสมบัติ ในแต่ละ คลาส พบว่าการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของออนโทโลยีและฐานข้อมูลเป็นไปอย่างถูกต้อง ไม่พบข้อมูลที่ไม่สัมพันธ์กัน โดยมีค่าความแม่นยำและค่าการเรียกคืนที่ 100 นอกจากนี้เพื่อเป็นการยืนยันผลลัพธ์เราทำการตรวจสอบผลการค้นคืนในคลาสวิชา (Course) และ องค์ประกอบย่อยของผลลัพธ์การเรียนรู้ (SubPlo) ว่ามีความสอดคล้องกับคลาสทักษะ (Skill) ดังตารางที่ 6 - 7

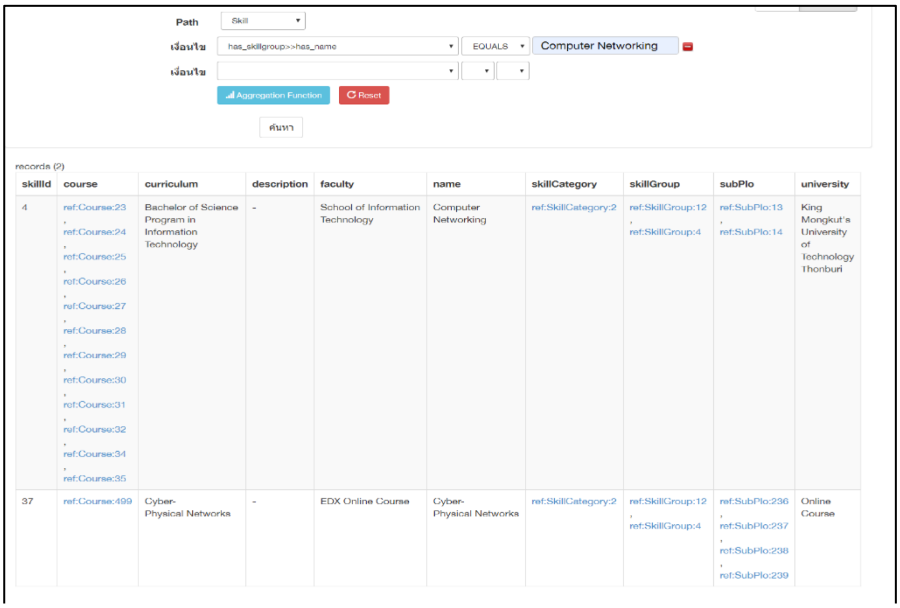
ตารางที่ 6 การเปรียบเทียบผลการค้นคืนจากคลาสวิชา (Course) กับ คลาสทักษะ (Skill)

ลำดับ	คุณสมบัติจากคลาสวิชา (Course)	จำนวนอินสแตนซ์ของ Course	คุณสมบัติจากคลาสทักษะ (Skill)	จำนวนอินสแตนซ์ของ Course จากทุกอินสแตนซ์ ของ Skill โดยไม่ซ้ำค่า
1	has_subplo >> has_skill >> has_name EQUALS “Computer Networking”	12	has_name EQUALS “Computer Networking”	12
2	has_subplo >> has_skill >> has_name EQUALS “Python Programming”	1	has_name EQUALS “Python Programming”	1
3	has_subplo>>has_skill>>has_skillgroup>>has_name EQUALS “Programming”	103	has_skillgroup>>has_name EQUALS “Programming”	103

ตารางที่ 7 การเปรียบเทียบผลการค้นคืนจากคลาสองค์ประกอบย่อยของผลลัพธ์การเรียนรู้ (SubPlo) กับ คลาสทักษะ (Skill)

ลำดับ	คุณสมบัติจากคลาสองค์ประกอบย่อยของผลลัพธ์การเรียนรู้ (SubPlo)	จำนวนอินสแตนซ์ของ SubPlo	คุณสมบัติจากคลาสทักษะ (Skill)	จำนวนอินสแตนซ์ของ Subplo จากทุกอินสแตนซ์ ของ Skill โดยไม่ซ้ำค่า
1	has_skill >> has_name EQUALS “Computer Networking”	2	has_name EQUALS “Computer Networking”	2
2	has_skill >> has_name EQUALS “Python Programming”	4	has_name EQUALS “Python Programming”	4
3	has_skill>>has_skillgroup>>has_name EQUALS “Programming”	55	has_skillgroup>>has_name EQUALS “Programming”	55

จาก ตารางที่ 6 - 7 พบว่า ผลการค้นคืนจากคลาสวิชา (Course) และ องค์ประกอบย่อยของผลลัพธ์การเรียนรู้ (SubPlo) อินสแตนซ์ ของทั้ง 2 คลาส มีความสอดคล้องกับคลาสทักษะ (Skill) ตัวอย่างข้อมูลหลังการสืบค้นข้อมูลเชิงความหมายคลาสทักษะ (Skill) ด้วยคุณสมบัติ has_skillgroup>>has_name EQUALS “Computer Networking” สามารถแสดงไว้ในรูปที่ 6



skillId	course	curriculum	description	faculty	name	skillCategory	skillGroup	subPlo	university
4	ref:Course:23 , ref:Course:24 , ref:Course:25 , ref:Course:26 , ref:Course:27 , ref:Course:28 , ref:Course:29 , ref:Course:30 , ref:Course:31 , ref:Course:32 , ref:Course:34 , ref:Course:35	Bachelor of Science Program in Information Technology	-	School of Information Technology	Computer Networking	ref:SkillCategory:2	ref:SkillGroup:12 , ref:SkillGroup:4	ref:SubPlo:13 , ref:SubPlo:14	King Mongkut's University of Technology Thonburi
37	ref:Course:499	Cyber-Physical Networks	-	EDX Online Course	Cyber-Physical Networks	ref:SkillCategory:2	ref:SkillGroup:12 , ref:SkillGroup:4	ref:SubPlo:236 , ref:SubPlo:237 , ref:SubPlo:238 , ref:SubPlo:239	Online Course

รูปที่ 6 ผลการสืบค้นจาก แพลตฟอร์มพัฒนาระบบฐานความรู้ด้วยออนโทโลยี

สรุปผลการวิจัย

การพัฒนาออนโทโลยีสำหรับหลักสูตรมุ่งเน้นผลลัพธ์การเรียนรู้โดยนำทักษะมาเชื่อมโยงกับหลักสูตรเดิมที่มีอยู่ทำให้สามารถแนะนำวิชาเรียนให้แก่ผู้ที่สนใจ และทำให้หลักสูตรสามารถบอกทักษะที่มีให้หลักสูตรได้ ผู้สนใจศึกษาสามารถเลือกหลักสูตรที่สนใจโดยรู้ได้ว่าทักษะที่สนใจมีอยู่ในชุดวิชาใดในหลักสูตร จากผลการทดลองพบว่า ระบบสามารถเรียกคืนและแสดงรายการผลลัพธ์ที่มีค่าความถูกต้องครบถ้วน และมีความสอดคล้องกัน

บรรณานุกรม

ขนิษฐา กุลประจวบ และ นิศาชล จำนงศรี. (2559). การพัฒนาออนโทโลยีผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร. วารสารสารสนเทศศาสตร์, 34(1), 94-121.

ข้อมูลหลักสูตรของ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. จากเว็บไซต์:https://sites.google.com/mail.kmutt.ac.th/curriculum-edskmutt.

จุฑาทิพย์ ไชยกำบัง และ กุลธิดา ท้วมสุข. (2560). การพัฒนาออนโทโลยีเชิงความหมายของความรู้เกี่ยวกับกลุ่มชาติพันธุ์. วารสารวิจัยสมาคมห้องสมุดแห่งประเทศไทยฯ, 10(2), 1-15.

ชารินี พรหมภักดี, มารุต บูรณรัช และ จรัสศรี รุ่งรัตนาอุบล. (2558). ระบบสืบค้นข้อมูลการรักษาด้านการแพทย์แผนไทยด้วยฐานความรู้ออนโทโลยี. วารสารสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก, 4(2) , 61-70.

นภัส สุขสม. (2555). ระบบให้คำแนะนำการบริโภคอาหารตามโภชนาการเฉพาะบุคคล โดยใช้หลักการออนโทโลยี. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

นุชจรินทร์ อุนิลคำ. (2555). ระบบให้ป้ายระบุสาหรับพืชสมุนไพรไทยโดยใช้ออนโทโลยี. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

วิจารณ์ พานิช. (2555). การผลิตบัณฑิตในศตวรรษที่ 21. จากเว็บไซต์: https://www.tci-thaijo.org/index.php/sjss/article/view/20389/17707.

อิสรา ชื่นตา, จารี ทองคำ และ จิรัฏฐา ภูบุญอบ. (2557). การค้นคืนสารสนเทศการท่องเที่ยวในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยโดยใช้ออนโทโลยี. วารสารเทคโนโลยีสารสนเทศ, 10(2), 15-25.

Ameen A., Khan K.U.R. and Rani B.P. (2012). Ontological student profile. Proceedings of the Second International Conference on Computational Science, Engineering and Information Technology. pp. 466-471. doi: 10.1145/2393216.2393294.

Coursesera. Retrieved from https://www.coursera.org.

EDX. Retrieved from https://www.edx.org/.

El-Ghalayini H. (2011). E-Course Ontology for Developing E-Learning Courses. In Dubai, 2011 Developments in E-systems Engineering. pp. 245-249. doi: 10.1109/DeSE.2011.29.

Futurelearn. Retrieved from https://www.futurelearn.com.

Gulzar Z., Leema A. A. and Deepak G. (2018). Personalized Course Recommender System Based on Hybrid Approach. Procedia Computer Science Volume 125, pp. 518-524.

Ho-zo Ontology Editor. Retrieved from http://www.hozo.jp/.

Huang C.-Y., Chen R.-C. and Chen L.-S. (2013). Course-recommendation system based on ontology. In Tianjin, 2013 International Conference on Machine Learning and Cybernetics. pp. 1168-1173. doi: 10.1109/ICMLC.2013.6890767.

ISCED (International Standard Classification of Education). Retrieved from http://uis.unesco.org/en/topic/international-standard-classification-education-isced.

JSON (JavaScript Object Notation). Retrieved from https:// https://www.json.org/.

Noy N. F. and McGuinness D. L. (2001). Ontology Development 101: A Guide to Creating Your First Ontology. Retrieved from https://protege.stanford.edu/publications/ontology_development/ontology101.pdf.

Ontology Application Management Framework (OAM). Retrieved from https://lst.nectec.or.th/oam/.

Walisadeera A.I., Ginige A. and Wikramanayake G.N. (2016). Ontology Evaluation Approaches: A Case Study from Agriculture Domain. In: Gervasi O. et al. (eds) Computational Science and Its Applications -- ICCSA 2016. ICCSA 2016. Lecture Notes in Computer Science, vol 9789. Springer, Cham.