

ออนโทโลยี : แนวคิดการพัฒนา*

Ontologies: Approach for Building

มาลี กาบมาลา** Malee Kabmala
ลำปาง แม่บนมาตย์*** Lampang Manmart
กมลชิต มาลัยวงศ์*** Kanchit Malaivongs

สาระสังเขป

ออนโทโลยีได้รับความสนใจในสาขาปัญญาประดิษฐ์และเป็นทางเลือกในการนำเสนอความรู้ ปัจจุบันออนโทโลยีเป็นหัวข้อวิจัยที่ได้รับความสนใจในหลากหลายสาขา บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอความเข้าใจโดยทั่วไปเกี่ยวกับออนโทโลยี ความหมาย ประเภทออนโทโลยี แนวทางการพัฒนา เครื่องมือ ภาษาในการพัฒนาออนโทโลยี

Abstract

Ontologies emerged in Artificial Intelligence as an alternative to represent knowledge. Nowadays they are a topic of interest in diverse research areas and their usefulness can be perceived in a great number of applications. This paper is aimed to answer the kind of questions a reader could elaborate to acquire a general understanding of ontologies. To achieve this goal, it presents some definitions of ontologies and it distinguishes their main characteristics. Important aspects to build an ontology are mentioned followed by some applications briefly described. Tools and languages to support their management are included as well as some excerpts of relevant research projects.

คำสำคัญ: ออนโทโลยี การพัฒนาออนโทโลยี

Keywords: Ontologies; Ontologies building

* บทความวิเคราะห์และสังเคราะห์จากวิทยานิพนธ์ หลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาสารสนเทศศึกษา คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

** นักศึกษาหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาสารสนเทศศึกษา คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

*** รองศาสตราจารย์ หลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาสารสนเทศศึกษา คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

บทนำ

ปัจจุบันหน่วยงานทั้งองค์กรภาครัฐเอกชน และธุรกิจ ได้มีความพยายามบูรณาการระบบสารสนเทศที่มีอยู่ (legacy system) เพื่อการใช้งานร่วมกันระหว่างหน่วยงานและหน่วยงานเดียวกัน แนวคิดของการบูรณาการข้อมูลเพื่อการใช้ข้อมูลร่วมกันได้ดำเนินการจัดทำบนฐานคิดที่ว่า หน่วยงานมีระบบสารสนเทศเดิมอยู่แล้ว และไม่ควรที่จะสร้างหรือพัฒนาระบบสารสนเทศขึ้นมาใหม่ ทั้งนี้เพื่อให้เกิดการใช้ประโยชน์จากระบบสารสนเทศที่มีอยู่ โดยการนำข้อมูลมาใช้ร่วมกันด้วยการบูรณาการข้อมูลจากแหล่งข้อมูลของแต่ละหน่วยงาน แนวทางการแก้ปัญหาเพื่อการบูรณาการข้อมูลอย่างมีความหมาย (semantic conflict) จากแหล่งข้อมูลที่หลากหลาย (heterogeneity data sources) โดยใช้แนวคิดออนโทโลยี (Ontology-based Approach) ในการกำหนดนิยามความหมายที่ชัดเจนของคำศัพท์ คุณลักษณะหรือคุณสมบัติของข้อมูล สารสนเทศที่ใช้ร่วมกันระหว่างแหล่งข้อมูลให้เข้าใจและสอดคล้องตรงกัน เพื่อแก้ปัญหาความแตกต่างและหลากหลายของข้อมูล และสามารถเชื่อมโยงในการใช้ข้อมูลร่วมกันได้

ความหมายของออนโทโลยี

ออนโทโลยี เป็นคำทับเสียงของคำภาษาอังกฤษว่า Ontology มาจากภาษากรีก (Greek) ontos แปลว่า การมีอยู่ และ logos แปลว่า คำ (Word) ออนโทโลยีหรือเรียกว่าภววิทยา (Ontology) เป็นสาขาวิชาของอภิปรัชญา ที่ว่าด้วยเรื่องของธรรมชาติที่เป็นอยู่และความสัมพันธ์ที่มีอยู่ ออนโทโลยีมีการนำมาใช้เป็นครั้งแรกในสาขาปัญญาประดิษฐ์ เมื่อปี ค.ศ. 1980 โดย John McCarthy ซึ่งตีพิมพ์ในบทความ Circumscription: A form of Non-Monotonic วารสาร Artificial Intelligence ปีที่ 5 ฉบับที่ 13 หน้า 27-29 และได้เริ่มนำมาใช้ในหลากหลายสาขาวิชาในช่วงปี ค.ศ. 1990s ได้แก่ สาขาวิชาวิศวกรรมความรู้ (Knowledge Engineering) การนำเสนอตัวแทนความรู้ (Knowledge representation) การประมวลภาษาธรรมชาติ (Natural Language Process) ระบบสารสนเทศความร่วมมือ (Cooperative Information System) การบูรณาการข้อมูลอัจฉริยะ (Intelligent Information Integration) การจัดการความรู้ (Knowledge Management) การออกแบบฐานข้อมูล (Database Design) การค้นคืนสารสนเทศ (Information Retrieval) พาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Commerce) (Studer, Benjamins and Fensel, 1998 ; Fensel, 2001 ; Denny, 2002 ; Fensel, 2004 ; Viinikkala, 2004) สำหรับสาขาสถาปัตยกรรมศาสตร์ ในปี ค.ศ. 1997 Vickery ได้ตีพิมพ์บทความบทความทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับความสำคัญของออนโทโลยีในวารสาร Journal of information Science ปีที่ 23 ฉบับที่ 7 เดือนกรกฎาคม 1977 หน้า 277-86 นักวิชาการได้กำหนดคำที่ใช้เรียก "ออนโทโลยี (Ontology)" หลากหลายแตกต่างกัน อาทิเช่น อภิธานศัพท์ (Glossary) และพจนานุกรมข้อมูล (Data Dictionaries) ธีซอรัสและแทกโซโนมี (Thesauri & Taxonomies) แบบแผนเค้าร่าง (Schemas) และแบบจำลองข้อมูล (Data Model) แบบจำลองขอบเขตความรู้ (Domain Model) ออนโทโลยีที่เป็นแบบแผน (Formal Ontology) การอนุมาน (Inference) เป็นต้น (Merriam-Webster Online Dictionary, 2003)

ออนโทโลยีมีบทบาทสำคัญในการบรรยายเชิงความหมายเพื่อความเข้าใจร่วมกันในขอบเขตความรู้เรื่องใดเรื่องหนึ่งให้สอดคล้องตรงกัน โดยใช้แนวคิด (Concept) เดียว เพื่อลดหรือการตัดทอนแนวคิด (Concepts) หรือคำศัพท์ที่สับสน (Uschold and Gruninger, 1996) และสนับสนุนการแลกเปลี่ยน การค้นคืนข้อมูล สารสนเทศ (Hunter, 2001 ; Kashyap, 2001; Fensel, 2004) และมีความสำคัญต่อการพัฒนาระบบฐานความรู้ (Knowledge Based Systems) เนื่องจากการสร้างออนโทโลยีทำให้สามารถแบ่งปันและใช้ความรู้ร่วมกัน และสามารถนำความรู้มาใช้ใหม่ได้ (Dean ; Bench-Capon and Visser, 1999 ; Noy and McGuinness, 2001)

ออนโทโลยีเป็นการกำหนดนิยามความหมายของแนวคิด (Concepts) ในขอบเขตของความรู้ที่สนใจหรือขอบเขตความรู้เรื่องใดเรื่องหนึ่ง (Domain of Interest) โดยการกำหนดคุณสมบัติ (Property) ที่เกี่ยวข้องกับแนวคิด และกำหนดลักษณะความสัมพันธ์ (Relationships) รวมทั้งตรรกะของการแปลงความสัมพันธ์เพื่อสร้างความหมาย เช่น ลักษณะความสัมพันธ์ที่ถูกต้อง หรือลักษณะการแสดงความเกี่ยวข้องและไม่เกี่ยวข้องกันของแนวคิด หรือระหว่างแนวคิดกับคุณสมบัติในขอบเขตความรู้ที่สนใจ เพื่อสร้างองค์ความรู้ในด้านนั้น ๆ โดยแสดงเป็นโครงสร้างความสัมพันธ์ที่ชัดเจน โดยใช้คลาส (Classes) หรือแนวคิด (Concepts) ความสัมพันธ์ระหว่างคลาส และคุณสมบัติของคลาส (Property) (Dean; Bench-Capon and Visser, 1999 ; Jacob, 2003) นอกจากนี้ได้มีนักวิชาการได้กำหนดนิยามความหมายของออนโทโลยีที่สอดคล้องตรงกันว่า หมายถึง การกำหนดนิยามความหมายที่เป็นทางการและประกาศคุณลักษณะที่ชัดเจนของคำศัพท์ที่ใช้ในการอธิบาย ซึ่งเป็นตัวแทนของแนวคิด (Concepts) หรือแบบจำลอง (Model) ของกลุ่มชุมชนสารสนเทศที่ใช้ร่วมกัน (Information Communities) (วิลาศ วูวงศ์, 2549 ; Gruber, 1993 ; Guarino, 1998 ; OGC, 1999 ; Bishr et al, 1999 ; Kashyap, 2001 ; Fensel, 2004 ; Necib and Freytag, 2003 ; Aparicio ; Farias and Santos, 2005)

โดยสรุปออนโทโลยี หมายถึง การกำหนดนิยามความหมายที่ชัดเจนของคำศัพท์ที่ใช้เป็นตัวแทนของแนวคิด (Concepts) ของข้อมูล สารสนเทศ ความรู้ที่ใช้ร่วมกันของแหล่งข้อมูลที่หลากหลายที่มีขอบเขตเนื้อหาเดียวกันหรือเรื่องใดเรื่องหนึ่ง (Domain) ให้เข้าใจความหมายที่สอดคล้องตรงกัน และเป็นมาตรฐานเดียวกัน เพื่อให้ทั้งมนุษย์และคอมพิวเตอร์สามารถเข้าใจและใช้งานร่วมกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ

โครงสร้างของออนโทโลยี

ออนโทโลยีมีการกำหนดโครงสร้างที่ชัดเจนของสิ่งที่เกี่ยวข้องกับแนวคิด เพื่อนำมาใช้ในการบรรยายหรือแสดงแนวคิดในขอบเขตความรู้เรื่องใดเรื่องหนึ่ง โดยมีพื้นฐานแนวคิดในสาขาปรัชญาว่า สิ่งใด ๆ สามารถแสดงให้เห็นชัดเจนได้ด้วยการแสดงคุณสมบัติที่เกี่ยวข้องกับสิ่งนั้นๆ ซึ่งรูปแบบโครงสร้างโดยทั่วไปของออนโทโลยีจะอยู่ในรูปของโครงสร้างแบบมีลำดับชั้น (Hierarchical data structure) และมีการจัดกลุ่มแนวคิดแบบแทกโซโนมี (Taxonomy) ในลักษณะ parent-child ดังนั้นโครงสร้างออนโทโลยีประกอบด้วย การกำหนดนิยามความหมายหรือการอธิบายเรื่องราวโดยใช้

แนวคิด (Concepts) คุณสมบัติ (Properties) ความสัมพันธ์ (Relationships) ตรรกะการแปลงความสัมพันธ์ (Axioms) และคำศัพท์หรือตัวข้อมูล (Instances) (Benjamins and Gomez-Perez, 2000)

1) แนวคิด (Concepts) หมายถึงแนวคิดในขอบเขตความรู้เรื่องใดเรื่องหนึ่ง ซึ่งสามารถเป็นอะไรก็ได้ที่เกี่ยวข้องกับสิ่งที่ถูกกล่าวถึงและสามารถอธิบายรายละเอียดได้ เช่น งาน (Task) หน้าที่ (Function) การกระทำ (Action) กลยุทธ์ (Strategy) กระบวนการอย่างมีเหตุผล (Reasoning Process) เป็นต้น ตัวอย่างเช่น Trip, Tour

2) คุณสมบัติ (Properties, Slots, Roles, Functions) คุณสมบัติต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับสัมพันธ์กับแนวคิด (Concepts) เพื่อนำมาใช้ในการอธิบายแนวคิด (Jacob, 2003) ตัวอย่างเช่น ราคาของรถมือสอง (Price-of-a-Used-Car) การคำนวณราคาของรถมือสองขึ้นอยู่กับโมเดลของรถ (Car-Model) วันที่ผลิต (Manufacturing Date) และระยะทางการขับ (Mileage)

3) ความสัมพันธ์ (Relations) เป็นการนำเสนอประเภทของการปฏิสัมพันธ์ (Interaction) ระหว่างแนวคิดกับแนวคิดในขอบเขตความรู้ที่สนใจ และมีการกำหนดแบบแผนความสัมพันธ์ ความสัมพันธ์ในลักษณะต่าง ๆ ได้แก่ ความสัมพันธ์ตามลำดับชั้นแบบแทกโซโนมี (Taxonomy) (Subclass-of หรือ Is_a hierarchy) และความสัมพันธ์แบบ Mereology (Part-of) ตัวอย่างเช่น Trip Is_a Travel Product, Trip Synonym for Tour, Trip Related-to Party

4) แอ็กซีอึม (Axiom) เป็นตรรกะของการแปลงความสัมพันธ์ระหว่างแนวคิด (Concepts) กับคุณสมบัติ (Properties) หรือแนวคิด (Concepts) กับแนวคิด (Concepts) หรือการตรวจสอบคุณสมบัติของคุณสมบัติ (Properties) เพื่อการแปลความหมายที่ถูกต้อง

5) คำศัพท์ (Instances) เป็นคำศัพท์ที่มีการกำหนดนิยามความหมายร่วมกันทั้งหมดในออนโทโลยี

ตัวอย่างการนำเสนอออนโทโลยีการเดินทางท่องเที่ยว (travel) ประกอบด้วย

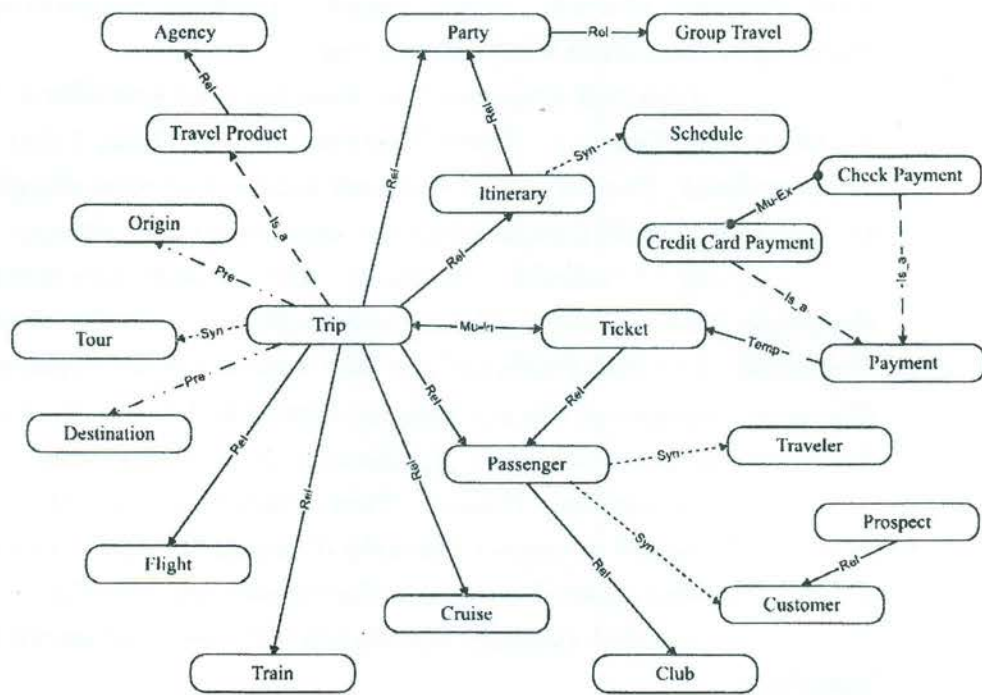
1. แนวคิด (Concepts) การกำหนดคำศัพท์พื้นฐาน คำศัพท์ซึ่งเป็นสาระของขอบเขตความรู้ และกำหนดให้นิยามและคุณสมบัติ (Properties) ที่สัมพันธ์กับแนวคิด ประกอบด้วย:

ระดับคลาส (แนวคิด)	คำอธิบาย
แนวคิดหลัก (Class)	Travel
แนวคิดย่อย (Sub-class)	Trip, Tour, Travel Product, Passenger, Itinerary, Ticket เป็นต้น
คุณสมบัติ (Property)	คุณสมบัติของแนวคิด Trip คือ จุดเริ่มต้นการเดินทาง (Origin) และจุดสิ้นสุดการเดินทาง Destination)

2. ความหมายหรือความสัมพันธ์ของคำศัพท์ การกำหนดและตัดคำที่ไม่ได้ใช้ออก ตัวอย่างเช่น passenger และ traveller หรือ customer เป็นแนวคิดเช่นเดียวกัน นอกจากนี้ยังมีคำศัพท์

voyager, passenger ซึ่งมีความหมายเหมือนกันกับ traveller แต่คำศัพท์ voyager มักจะไม่ค่อยใช้

3. ความสัมพันธ์ระหว่างคำศัพท์ การสร้างความสัมพันธ์ระหว่างคำศัพท์แบ่งออกเป็น Is_a, Synonym และ Related-to ตัวอย่างเช่น trip Is_a travel product ; trip Syn tour ; trip Rel itinerary



Legend

Relationships:

- Is_a —> Is_a
- Syn -----> Synonym
- Rel ——> Related-to

Constraints:

- . . . Pre . . . —> Pre-requisite
- ◄—— Mu-In —> Mutually-Inclusive
- Mu-Ex —● Mutually-Exclusive
- - Temp - -> Temporal

ภาพ 3 การนำเสนอโครงสร้างออนโทโลยีการเดินทางท่องเที่ยว (travel)

ออนโทโลยีคือโครงสร้างของความรู้ในเชิงแนวความคิดและความสัมพันธ์ในแต่ละโหนดภายในออนโทโลยีนั่น ๆ ซึ่งโหนดหนึ่ง ๆ จะประกอบไปด้วย กลุ่มของสิ่งใด ๆ ที่อยู่ภายใต้แนวคิดเดียวกัน และถูกเชื่อมกับโหนดอื่น ๆ ด้วยความสัมพันธ์อย่างหนึ่ง ออนโทโลยีนั่นถือเป็นฐานความรู้ที่ถูกสร้างขึ้น โดยมีขอบเขตความรู้เรื่องใดเรื่องหนึ่งโดยเฉพาะ (Domain) และมีความสำคัญในแง่ของการเป็นศูนย์กลางของความรู้ ซึ่งสามารถนำมาใช้ร่วมกันได้ และจากการที่ออนโทโลยีสามารถใช้ร่วมกันได้นั้น ทำให้มีข้อดีในแง่ของการนำกลับมาใช้ใหม่ (Reusable) และอีกทั้งยังสามารถเพิ่มเติมองค์ประกอบได้ภายหลัง ออนโทโลยีเป็นระบบคำศัพท์ที่มีความสัมพันธ์ใน

เชิงความหมาย เช่น General-Specific, Part-of เพื่อเป็นโครงร่างพื้นฐานในการอธิบายความรู้เฉพาะด้าน เช่น การเกษตร คอมพิวเตอร์ และสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการทำงานของระบบต่าง ๆ เช่น ใช้ในการเชื่อมโยงและบูรณาการสารสนเทศ ช่วยในการขยายคำค้นสำหรับระบบสืบค้นข้อมูล และใช้ในการจัดกลุ่มสารสนเทศ เป็นต้น

ประเภทของออนโทโลยี

การกำหนดประเภทออนโทโลยีสามารถจำแนกตามเนื้อหา ตั้งแต่ระดับทั่วไปหรือระดับสูงสุด (Generic or Top-level Ontology) ไปสู่ระดับที่มีความเฉพาะเจาะจงทั้งในด้านเนื้อหาและการใช้งาน โดยออนโทโลยีมีบทบาทในฐานะเป็นคำศัพท์ที่ใช้ร่วมกันในกลุ่มชุมชนสารสนเทศเดียวกัน (Communities) หรือในกลุ่มความรู้เฉพาะด้าน (Heijst; Schreiber and Wielinga, 1997 ; Guarino, 1997a ; 1997b ; 1998a ; Fensel, 2004) สามารถจำแนกได้ ดังนี้

1) ออนโทโลยีทั่วไป (Generic or Common Sense Ontologies) หรือเรียกว่าออนโทโลยีระดับสูง (Top-level Ontologies) (Guarino, 1997a ; 1997b) หรือออนโทโลยีระดับสูงกว่า (Higher Level Ontology) (Hakimpour, 2003) นำเสนอแนวคิดทั่วไป เช่น เวลา (Time) เนื้อที่ (Space) สภาพการณ์ (State) เหตุการณ์ (Event) เป็นต้น (Fridman-Noy and Hafner, 1997) เป็นแนวคิดที่ไม่เกี่ยวข้องกับขอบเขตความรู้เรื่องใดเรื่องหนึ่ง เหมาะสำหรับกลุ่มชุมชนสารสนเทศที่หลากหลายและมีขนาดใหญ่ และสามารถเชื่อมโยงกับความรู้สาขาอื่น ๆ ได้ (Borst and Akkermans, 1997)

2) ออนโทโลยีเฉพาะ (Domain Ontologies) เป็นออนโทโลยีที่จัดเก็บความรู้เฉพาะด้าน เช่น อิเล็กทรอนิกส์ แพทย์ เครื่องจักรกล การเกษตร เป็นต้น

3) ออนโทโลยีประยุกต์ (Application Ontologies) (Guarino, 1997a ; 1997b) นำเสนอแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับขอบเขตความรู้เรื่องใดเรื่องหนึ่งที่พิเศษเฉพาะ (Particular Domain) เช่น ออนโทโลยีวิธีการและงาน (Method and Task Ontology) นำเสนอแนวคิดเกี่ยวกับการทำงานนั้น ๆ โดยเฉพาะ และวิธีการในการแก้ปัญหา (Fensel, 2004) ออนโทโลยีงาน (Task Ontology) หรือ ออนโทโลยีการแก้ปัญหา (Problem-solving Ontology) หมายถึง การกำหนดนิยามความหมายและคุณลักษณะของคำศัพท์เฉพาะ (Terms) ที่เกี่ยวกับงานนั้น ๆ โดยเฉพาะ ใช้แทนแนวคิดและความสัมพันธ์แนวคิดที่ปรากฏในขอบเขตงานเรื่องใดเรื่องหนึ่ง (Task of Interest) ได้แก่ ออนโทโลยีการวินิจฉัย (Diagnosis Task Ontology) ออนโทโลยีการควบคุม (Monitoring Task Ontology) ออนโทโลยีงานที่ได้รับมอบหมาย (Scheduling Task Ontology) ออนโทโลยีงานวางแผน (Planning Task ontology) เป็นต้น

4) ออนโทโลยีตัวแทน (Representational Ontologies) เป็นออนโทโลยีไม่ผูกมัดหรือกำหนดกับความรู้ใด ๆ ออนโทโลยีตัวแทนที่รู้จักแพร่หลายคือ ออนโทโลยีเฟรม (Frame Ontology)

(Gruber, 1997) ซึ่งกำหนดแนวคิดเป็นเฟรม (Frames) คุณสมบัติ (Slots) และกฎเกณฑ์คุณสมบัติ (Slot Constraints) เชิงวัตถุ (Object-oriented) หรือลักษณะ Frame-based

5) ออนโทโลยีที่อธิบายรายละเอียดข้อมูล (Metadata Ontologies) เป็นออนโทโลยีที่รวบรวมคำศัพท์ สำหรับการอธิบายรายละเอียดเนื้อหาของแหล่งสารสนเทศออนไลน์ (Weibel et al., 1995)

การพัฒนาออนโทโลยี

การพัฒนาออนโทโลยีเป็นกระบวนการที่ต้องทำอยู่ตลอดเวลาตามพัฒนาการของความรู้ในแต่ละสาขาวิชา ดังนั้น การกำหนดแนวคิดและความสัมพันธ์ของแนวคิดในออนโทโลยีจะต้องกำหนดให้ใกล้เคียงกับสิ่งที่ศึกษาให้มากที่สุด ความเหมาะสมของการพัฒนาออนโทโลยีจึงขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ในการนำออนโทโลยีไปใช้ Noy McGuinness (2001) ได้เสนอแนะการพัฒนาออนโทโลยี โดยเฉพาะการกำหนดแนวคิด (Concepts) หรือคลาส (Classes) ของขอบเขตความรู้เรื่องใดเรื่องหนึ่ง สามารถทำได้หลายวิธีขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ บริบทแวดล้อม หรือความพร้อมในการพัฒนา ดังนี้

1) กำหนดจากออนโทโลยีที่มีอยู่แล้ว โดยการนำแนวคิด (Concepts) จากออนโทโลยีอื่นมาใช้ การสร้างขอบเขตความรู้เริ่มจากการกำหนดกลุ่มเป้าหมาย เพื่อสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับความต้องการของผู้ใช้ที่เป็นกลุ่มเป้าหมาย การวิเคราะห์กลุ่มผู้ใช้ การสร้างแนวคิดของสาขาวิชาที่จะพัฒนาจากนั้นนำไปเปรียบเทียบกับออนโทโลยีที่มีอยู่แล้ว และนำแนวคิด (Concepts) หรือคลาส (Classes) ที่เกี่ยวข้องกันมาใช้ (Sim and Rennels, 1995)

2) การพัฒนาออนโทโลยีจากฐานข้อมูล ซึ่งจะช่วยในการวิเคราะห์เอนติตี้และความสัมพันธ์ระหว่างเอนติตี้ที่ต่างกัน และการรวบรวมข้อคำถาม (Queries) ที่ผู้ใช้สนใจ ทั้งนี้เพื่อให้ออนโทโลยีที่พัฒนาขึ้นสามารถตอบสนองความต้องการสารสนเทศของผู้ใช้กลุ่มหลัก เพื่อช่วยในการกำหนดเอนติตี้และแอททริบิวต์ที่ไม่มีในเค้าร่าง (Schema)

3) การพัฒนาจากศัพท์ควบคุมที่มีอยู่แล้ว เช่น ธิซอร์สในสาขาวิชาใดวิชาหนึ่ง ซึ่งจะช่วยในการกำหนดคำศัพท์แทนแนวคิดและความสัมพันธ์ นอกจากนี้ธิซอร์สยังช่วยในการกำหนดแนวคิดและความสัมพันธ์ใหม่ได้โดยพิจารณาจากโครงสร้างความสัมพันธ์ของคำศัพท์ (Chun and Wenlin, 2004; Wielinga.; Schreiber ; Wilemaker and Sandberg, 2001; Kashyap, 1999)

4) การพัฒนาออนโทโลยีขึ้นมาใหม่ โดยการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลจากการวิเคราะห์เอกสาร ผู้เชี่ยวชาญ และผู้ใช้สารสนเทศ รวมทั้งบุคลากรที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาในสาขาที่จะพัฒนาออนโทโลยีขึ้นมาใหม่ (Knapp; Dexter and Mclaughlin, 2002)

การพัฒนาออนโทโลยีขึ้นมาใหม่ ส่วนใหญ่ได้ใช้แนวคิดของ Uschold and King ซึ่งเป็นแนวคิดพื้นฐานของการพัฒนาออนโทโลยี เนื่องจากเป็นแนวคิดที่สามารถนำวิธีการไปปรับใช้ได้ตามความต้องการและความเหมาะสมในการพัฒนาออนโทโลยี ในปี ค.ศ. 1995 Uschold and King เป็น

ผู้ริเริ่มพัฒนาแบบจำลองขอบเขตความรู้ (Domain Model) เรียกว่า Uschold's Skeletal Model และในปี ค.ศ. 1996 Uschold (1996) ได้พัฒนาออนโทโลยีจากพื้นฐานประสบการณ์การสร้าง Enterprise Ontology โดยกำหนดกระบวนการหรือวงจรการพัฒนาออนโทโลยี (life cycle for building ontologies) ออกเป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. กำหนดวัตถุประสงค์และขอบเขตที่ชัดเจน รวมทั้งการนำออนโทโลยีมาใช้ คุณลักษณะเฉพาะ (Specialization) สถานการณ์ (Scenarios) ชุดของคำศัพท์ (Set of Terms) รวมทั้งคุณลักษณะ (Characteristics) รายละเอียดปลีกย่อย (Granularity) ขอบเขตและประเภทของออนโทโลยี เช่น ออนโทโลยีทั่วไป (Generic Ontology) ออนโทโลยีเฉพาะ (Domain Ontology) หรือออนโทโลยีประยุกต์ (Application Ontology)

2. การสร้างออนโทโลยี (Building the Ontology) ซึ่งมีวิธีการ 3 ขั้นตอน คือ

2.1 การจัดเก็บรวบรวมออนโทโลยี (Ontology Capture) กำหนดแนวคิดหลักสำคัญและความสัมพันธ์ของขอบเขตความรู้ที่สนใจ (Domain of Interest) สร้างความต้องการที่ชัดเจน นิยามแนวคิดและความสัมพันธ์ รวมทั้งการกำหนดคำศัพท์ที่เกี่ยวข้องกัน การสร้างออนโทโลยีสามารถทำได้โดยใช้แนวคิด Top-Down Approach เป็นการนิยามแนวคิดในระดับกว้างลงไปสู่แนวคิดที่เฉพาะเจาะจง แนวคิด Bottom-Up Approach เป็นการนิยามแนวคิดที่เฉพาะเจาะจงไปหาแนวคิดในระดับที่กว้าง และแนวคิดแบบศูนย์กลาง (Middle-Out Approachs) หรือแนวคิดเชื่อมโยง (Combination) เป็นการผสมผสานระหว่างกระบวนการพัฒนาแบบ Top-Down กับ Bottom-Up ซึ่งเป็นการนิยามแนวคิดที่สำคัญที่สุดก่อนจากนั้นจึงขยายไปสู่แนวคิดที่กว้างและเฉพาะเจาะจง

2.2 การนำเสนอออนโทโลยี การนำเสนอความรู้ด้วยภาษาที่เป็นทางการ การสร้างโครงสร้างความรู้ด้วยแบบจำลองแนวคิด (Conceptual Model) การกำหนดระดับความเป็นทางการของออนโทโลยีโดยกำหนดจากวัตถุประสงค์และกลุ่มผู้ใช้ เช่น ผู้ใช้เป็นกลุ่มที่ไม่ใช่นักเทคโนโลยีและมีวัตถุประสงค์หลักของการพัฒนาเพียงเพื่อ ต้องการสร้างคำศัพท์ที่ใช้ร่วมกันระหว่างมนุษย์ ไม่ต้องการประมวลผลแบบอัตโนมัติโดยเครื่องจักรกล จะกำหนดระดับการพัฒนาเป็นแบบไม่เป็นทางการ (Informal Glossary) ทั้งนี้ระดับความเป็นทางการ (Formal) ของออนโทโลยีจะขึ้นอยู่กับระดับของการใช้งาน เช่น หากต้องการนำไปใช้เพื่อสนับสนุนการทำงานร่วมกันหรือการรู้ฐานความรู้ร่วมกัน ซึ่งเป็นการประมวลผลโดยเครื่องจักรกล ระดับความเป็นทางการของออนโทโลยีจะสูงขึ้น

2.3 การบูรณาการออนโทโลยี

3. การประเมิน (Evaluation) ความถูกต้องและความน่าเชื่อถือ โดยกำหนดประเด็นการประเมิน ได้แก่ ความชัดเจนของแนวคิด และความสามารถในการนำกลับมาใช้ใหม่

4. การจัดทำคู่มือ/เอกสารการใช้และการพัฒนาออนโทโลยี

จากแนวคิดการพัฒนาออนโทโลยีของ Uschold and King และ Uschold ได้มีผู้นำแนวคิดดังกล่าวมาพัฒนาออนโทโลยี ได้แก่ Fan, Ren and Xiong (2004) โดยนำแนวคิดมาใช้เป็นกรอบการวิจัยและพัฒนาออนโทโลยี Modeling and Management of Ontology-Based Credit

Evaluation Meta-Model และ ใช้กระบวนการพัฒนาจากระดับบนลงสู่ระดับล่าง (Top-Down Level) แบ่งเป็น 5 ขั้นตอน คือ

1. วิเคราะห์ความต้องการ (Requirement Analysis) เป็นการกำหนดวัตถุประสงค์ (Purposes) ขอบเขต (Scope) และความต้องการออนโทโลยีในการนำไปใช้
2. การจัดหาออนโทโลยี (Ontology Acquisition) เป็นการบ่งชี้แนวคิดเบื้องต้น (Primary Concepts) และรวบรวมข้อมูลและสารสนเทศที่สัมพันธ์กับแนวคิด
3. การวิเคราะห์ออนโทโลยี (Ontology Analysis) เป็นการกำหนดวิเคราะห์ข้อมูลและสารสนเทศที่รวบรวมระหว่างแนวคิดเบื้องต้น และกำหนดแนวคิดอื่น ๆ ซึ่งเป็นไปตามที่ได้รับจากแนวคิดเบื้องต้นและความสัมพันธ์ระหว่างแนวคิด การใช้แนวคิดและความสัมพันธ์ โครงสร้างของออนโทโลยีเป็นไปตามที่ต้องการ
4. ความน่าเชื่อถือของออนโทโลยี เป็นการวิเคราะห์แนวคิดเพื่อหลีกเลี่ยงการกำหนดนิยามของแนวคิดที่ซ้ำซ้อน
5. การนำออนโทโลยีไปใช้ (Ontology Implementation) เป็นการนำเสนอออนโทโลยีด้วยภาษาอธิบายความออนโทโลยี (Ontology Interpretation Language)

นอกจากนี้ Hakimpour and Geppert (2001; 2002 ; 2005) ; Hakimpour (2003) ได้ใช้แนวคิดการพัฒนาออนโทโลยีด้านภูมิศาสตร์ และใช้มาตรฐานทางด้านภูมิศาสตร์ GDF (Geographic Data Files Standard) และ ATKIS Standard (Amtliches Topographisch-Kartographisches Informations System-Objektarten katalog (ภาษาเยอรมัน) เป็นแนวทางพัฒนาออนโทโลยี โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อแก้ปัญหาความหลากหลายของความหมาย (Semantic Heterogeneity) และนำเสนอการพัฒนาออกเป็น 5 ขั้นตอน คือ

1. กำหนดขอบเขตให้ชัดเจน ได้แก่ กำหนดแหล่งที่ใช้ในการพัฒนาออนโทโลยี รวมทั้งกำหนดขอบเขตความรู้ (Domain)
2. การสกัดแนวคิด (Concepts) และความสัมพันธ์ (Relation) การสกัดคำศัพท์ที่เกี่ยวข้อง วลี (แนวคิด และความสัมพันธ์) จากแหล่งข้อมูลอื่นจากบริบทแวดล้อม
3. การสกัดนิยาม (Definition Extraction) จากแนวคิด ความสัมพันธ์และกฎเกณฑ์ที่สกัดจากขั้นตอนที่สอง
4. การกำหนดคำศัพท์ที่สมบูรณ (Complementary Terms) เพิ่มเติมจากการกำหนดจากขั้นตอนที่สาม ประกอบด้วยแนวคิดหรือความสัมพันธ์ที่อาจจะไม่เกี่ยวข้องโดยตรงกับขอบเขตที่กำหนด (Scope) ซึ่งมีความจำเป็นสำหรับการกำหนดนิยาม
5. การจัดทำแบบแผนหลังจากสกัดนิยามด้วยภาษาตรรกะ และนำเสนอแบบแผนที่ใช้

Hakimpour ได้ให้เหตุผลการพัฒนาออนโทโลยีว่าเป็นการสกัด (Extraction) คุณลักษณะจากการสร้างกรอบแนวคิดของกลุ่ม/ชุมชนร่วมกัน (Community's conceptualization) ซึ่งหมายถึงกลุ่มของผู้ใช้ที่ตกลงและยอมรับออนโทโลยีที่นำไปประยุกต์ใช้ (Application Domain) ที่พัฒนาร่วมกัน โดยที่กลุ่ม/ชุมชนมีอิสระในการกำหนดออนโทโลยีด้วยแนวคิดและนิยามของตนเอง การเพิ่มจำนวนกลุ่ม/ชุมชน และการกำหนดนิยามของออนโทโลยี ควรให้ความสำคัญกับข้อตกลง

ของการกำหนดแบบแผนหรือวัฒนธรรมร่วมกัน เพื่อนำไปสู่การพัฒนาออนโทโลยีร่วมกันระหว่างกลุ่ม/ชุมชนที่หลากหลาย เพื่อให้สามารถสื่อสารด้วยความเข้าใจที่สอดคล้องกันของกลุ่ม/ชุมชน ทั้งนี้ในการพัฒนาออนโทโลยีไม่จำเป็นต้องนำเสนอแนวคิดที่สมบูรณ์ของทุกกลุ่ม/ชุมชนในการยอมรับออนโทโลยีร่วมกัน ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Erickson (1997) ที่เห็นว่า กลุ่มควรนำเสนอคุณค่าที่ใช้ร่วมกัน โดยให้ความสำคัญกับคุณค่า (Value) เป้าหมาย (Goals) การปฏิบัติ (Practices) กระบวนการ (Procedures) และสัญลักษณ์ (Symbols) ที่เป็นแบบฉบับระหว่างสมาชิกด้วยกัน

นอกจากนี้ได้มีผู้ศึกษาการพัฒนาออนโทโลยีด้วยแนวคิดอื่น ๆ อาทิเช่น Jones; Bench-Capon and Visser (1999) ได้ศึกษาการสร้างออนโทโลยีจาก 12 โครงการ และจำแนกโครงการที่ศึกษาออกเป็น 2 ประเภท คือ โครงการขนาดใหญ่ที่มุ่งเน้นการศึกษาวิธีการที่เหมาะสมในการพัฒนาออนโทโลยี และโครงการขนาดเล็กที่ต้องการพัฒนาออนโทโลยีสำหรับงานของโครงการ โดยเฉพาะ พบว่า โครงการขนาดใหญ่ คือ TOVE, Enterprise Model Approach และ KBI IDEF5 IDEF5 มีขั้นตอนการพัฒนาออนโทโลยีที่คล้ายกัน คือ

1. การกำหนดวัตถุประสงค์และขอบเขตของออนโทโลยี เนื่องจากในการพัฒนาออนโทโลยี ไม่สามารถที่จะรวมสารสนเทศทุกอย่างที่เกี่ยวข้องกับโดเมนที่สนใจไว้ได้ทั้งหมด
2. การรวบรวมข้อมูลด้านเนื้อหาเพื่อนำมาพัฒนาออนโทโลยี
3. การวิเคราะห์และออกแบบโครงสร้างของออนโทโลยี โดยการกำหนดแนวคิด (Concepts) คุณสมบัติ (Properties) และความสัมพันธ์ (Relations)
4. การประเมินเพื่อตรวจสอบความถูกต้องทั้งด้านโครงสร้างและเนื้อหาเพื่อแก้ไขปรับปรุงต่อไป

Noy and McGuinness (2001) ได้นำเสนอวิธีการวิศวกรรมความรู้ (Knowledge-Engineering Methodology) จากประสบการณ์ในการพัฒนาออนโทโลยี ประกอบด้วยขั้นตอน ดังนี้

1. กำหนดขอบเขตความรู้ (Domain) และขอบเขตของออนโทโลยี เนื้อหาความครอบคลุมของออนโทโลยี วัตถุประสงค์การใช้ ผู้ใช้และผู้ดูแลออนโทโลยี
2. พิจารณาออนโทโลยีที่มีอยู่แล้วและนำกลับมาใช้หรือนำมาปรับใช้หรือขยายเพิ่ม
3. กำหนดรายการคำศัพท์ (คำหลัก) รวบรวมรายการคำสำคัญที่จะกำหนดให้มีในออนโทโลยี เพื่อสร้างคำอธิบายคุณสมบัติ (Properties) ให้กับคำศัพท์
4. การกำหนดคลาส (Classes) หรือแนวคิด (Concepts) และลำดับชั้นของคลาส โดยกระบวนการพัฒนา

4.1 แบบ Top-down เริ่มจากการกำหนดนิยามของแนวคิดจากระดับกว้าง และลงสู่ระดับที่เฉพาะเจาะจง โดยการสร้างคลาส (Classes) สำหรับแนวคิดทั่วไป (General Concepts) ลำดับต่อมาเป็นการกำหนดคลาสที่เฉพาะเจาะจง โดยการสร้างคลาสย่อย (Subclass)

4.2 แบบ Bottom-up เริ่มจากการกำหนดนิยามให้กับแนวคิดที่เฉพาะเจาะจงที่สุดขึ้นไปหาแนวคิดทั่วไปหรือแนวคิดที่กว้างที่สุด (General concepts) และจัดกลุ่มคลาส (Classes) ของแนวคิดทั่วไป

4.3 แบบเชื่อมโยง (Combination) เป็นการผสมผสานระหว่างกระบวนการพัฒนาแบบ Top-down กับ Bottom-up โดยเริ่มจากจุดที่สำคัญที่สุดก่อน จากนั้นไปสู่แนวคิดที่กว้างและไปสู่แนวคิดที่เฉพาะเจาะจง ส่วนใหญ่มักใช้วิธีนี้เนื่องจากสามารถแสดงรายละเอียดได้ครอบคลุมกว่าเริ่มจากการกำหนดคลาส (Classes) ก่อน โดยเลือกจากคำศัพท์ในรายการ เลือกคำศัพท์ที่ถูกอธิบายด้วยคำศัพท์อื่น ๆ ไม่เลือกคำศัพท์ที่ไปอธิบายคำศัพท์อื่น (Properties) คำศัพท์ที่เลือกจะกลายเป็นคลาสในออนโทโลยีและเป็นจุดเชื่อมโยง (Anchors) ของการกำหนดลำดับชั้นของคลาส (Classes Hierarchy)

5. กำหนดคุณสมบัติ (Properties) ของคลาส

6. กำหนดชุด (Facets) ของคุณสมบัติ (Slots) โดยใช้คุณลักษณะต่าง ๆ ในการอธิบายหรือแสดงค่า เช่น value type, allowed values, number of values หรือคุณลักษณะอื่น ๆ

7. สร้างคำศัพท์ (Instances) ขั้นสุดท้ายคือการสร้างคำศัพท์ แต่ละคลาส (Classes) ในลำดับชั้นความสัมพันธ์ที่สร้างขึ้น กำหนดคำศัพท์ที่แต่ละคลาสต้องการ

Sugumaran and Storey (2002) ได้พัฒนาออนโทโลยีด้วยแนวคิดฮิวริสติกหรือแนวคิดที่เป็นเหตุเป็นผล (Heuristic-based) ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การกำหนดคำศัพท์พื้นฐาน (Identification of basic terms) คำศัพท์ซึ่งเป็นสาระของความรู้โดยกำหนดนิยามความหมาย และคุณสมบัติ (Properties) กำหนดด้วยเหตุผล (Heuristic) ดังนี้

1. การกำหนดคำที่ใช้บ่อยที่สุด (Identification of most frequent terms) การสร้างโดยใช้เทคนิคกรณีศึกษา (Use Case) การคิดและวิเคราะห์เชิงนามธรรมในการทำควาเข้าใจ ประยุกต์ใช้ความรู้และกระบวนการจากคำศัพท์ที่เกี่ยวข้องกัน การใช้กรณีศึกษาช่วยให้การกำหนดรายละเอียดของแนวคิดและกระบวนการที่แคบเข้ามา

2. การกำหนดความหมายหรือความสัมพันธ์ของคำศัพท์ (Identification of Synonym or Related Terms) และตัดคำที่ไม่ได้ใช้ออก

ขั้นตอนที่ 2 การกำหนดประเภทของความสัมพันธ์ (Identification of Tree Type of Relationship) กำหนดด้วยเหตุผล ดังนี้

1. ความสัมพันธ์ระหว่างคำศัพท์ (Relationship Between Basic Terms) โดยแบ่งความสัมพันธ์ออกเป็น 3 ประเภท

1) กำหนดความสัมพันธ์ทั่วไป ได้แก่ ความสัมพันธ์ที่เป็น (Is_a) ความหมายเหมือนกัน (Synonym) และสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้อง (Related-to)

2) การกำหนดความหมายที่ชัดเจนของคำศัพท์ที่เหมือนกัน

3) การรวบรวมจัดเก็บคำศัพท์ที่ใช้ร่วมกันมากที่สุด

2. ความสัมพันธ์ระหว่างออนโทโลยี (Relationship between Ontologies) ความสัมพันธ์ระหว่างออนโทโลยีและออนโทโลยีย่อย (Sub-ontology) เนื่องจากขอบเขตของความรู้ที่กว้าง ดังนั้นการจัดการที่ดีที่สุดโดยการแบ่งออก (Breaking) เป็นขอบเขตความรู้ย่อย (Sub-domain) แต่ละขอบเขตความรู้ย่อยมีออนโทโลยีย่อยร่วมกัน ออนโทโลยีย่อยสามารถบูรณาการในการรวบรวมจัดเก็บองค์ความรู้ได้สมบูรณ์

ขั้นตอนที่ 3 การกำหนดกฎเบื้องต้น (Identification of Basic Constraints) การรวบรวมจัดเก็บข้อมูลกฎและความหมายที่ใช้ (Semantic) และความสัมพันธ์ กำหนดด้วยเหตุผลดังนี้

1. กฎที่เป็นเงื่อนไข (Pre-requisite Constraint) คำศัพท์และความสัมพันธ์ขึ้นอยู่กับคำศัพท์อื่น เช่น บัตรเครดิต (credit card) เป็นเงื่อนไขสำหรับการจ่ายเงิน การพิจารณา คำศัพท์ A, B, and C ถ้าคำศัพท์ A เป็นเงื่อนไขของ B and C ดังนั้น การกำหนดเงื่อนไข $A \rightarrow B, C$ อย่างไรก็ตามสำหรับคำศัพท์ A ที่เกิดขึ้น คำศัพท์ B และ C ควรเกี่ยวข้องกันด้วย ตัวอย่าง trip ควรเป็นต้นกำเนิดของคำศัพท์ origin and destination

2. กฎที่เป็นตามลำดับ (Temporal Constraint) คำศัพท์และความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นก่อนคำศัพท์อื่น ตัวอย่าง เช่น การจองที่นั่ง (reservation) มาก่อน การท่องเที่ยว (tour) ในกรณีของคำศัพท์ A, B and C ถ้า B ควรมาก่อน C กำหนด Temporal constraint เป็น $B \rightarrow C$

3. กฎที่รวมอยู่ด้วยกัน (Mutually Inclusive Constraint) คำศัพท์และความสัมพันธ์ขึ้นอยู่กับคำศัพท์อื่น เช่น การเดินทาง (travel) ไปต่างประเทศ (foreign country) ต้องการหนังสืออนุญาตเข้าประเทศ (visa) ในกรณีของคำศัพท์ A, B และ C ถ้า A ต้องการ B และ B ต้องการ A ด้วย ดังนั้น Mutually inclusive สัมพันธระหว่าง A and B เช่น คำศัพท์สองคำที่เกิดขึ้นพร้อมกัน ดังนั้นการกำหนด Mutually inclusive เป็น $A \leftrightarrow B$

4. กฎการยกเว้น Mutually Exclusive Constraint คำศัพท์หนึ่งคำ/ความสัมพันธ์ไม่เกิดขึ้นในเวลาเดียวกันกับคำศัพท์อื่น ๆ ตัวอย่างเช่น cruise ไม่สามารถเรียกรายชื่อที่กำลังจำหน่ายออกมาได้ในเวลาเดียวกัน และ traveler ไม่สามารถจ่ายเครดิตและตรวจสอบในเวลาเดียวกันได้ ถ้าคำศัพท์ A และ B ไม่ได้เกิดขึ้นพร้อมกันในเวลาเดียวกัน (Mutually Exclusive) ดังนั้นสามารถเกิดขึ้นในการให้บริบทการกำหนด Mutually exclusive constraint เป็น $A \nleftrightarrow B$

ขั้นตอนที่ 4 การกำหนดกฎระดับสูง ในการจัดเก็บรวบรวมองค์ความรู้ (Identification of Higher - Level Constraint) กำหนดด้วยเหตุผล ดังนี้

1. การกำหนดขอบเขตกฎที่ชัดเจน (Identify Domain Constraints) ตัวอย่างเช่น Double Occupancy สามารถนำมาใช้ในการจองการเดินทางด้วยเรือ (Cruise Ship) และเครื่องบิน (Airline Flight) ได้ในการออกแบบฐานข้อมูล คุณลักษณะ (Attribute) ของการครอบครอง (Occupancy) การกำหนดค่า (Value) ควรเป็น Single หรือ Double ที่จำเป็นสำหรับฐานข้อมูลเรือครูซ

2. การกำหนดขอบเขตกฎที่เกี่ยวข้องกัน (Identify Domain Dependencies)

การกำหนดกฎที่สัมพันธ์กัน (Multiple Terms) หรือสัมพันธ์ภายใน ตัวอย่างเช่น บริษัทตัวแทนท่องเที่ยว (Agent) ไม่สามารถจองการเดินทางด้วยเรือครูซ (Cruise) และการเดินทางด้วยเครื่องบิน (Airline Flight) ในวันที่ซ้ำซ้อนกันได้ ซึ่งวันซ้ำซ้อนถูกกำหนดให้สัมพันธ์กันตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงสิ้นสุดการเดินทาง

นอกจากนี้ Sugumaran and Storey (2002) ได้เสนอประเด็นขององค์ความรู้มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ดังนั้นออนโทโลยีควรที่สามารถเพิ่มเติม ลบ แก้ไข ปรับปรุงเปลี่ยนแปลง คำศัพท์ (Terms) คุณสมบัติความสัมพันธ์ (Properties Relationship) กฎเกณฑ์ (Constraints) และออนโทโลยีควรแบ่งย่อย หรือเชื่อมโยงกับสภาวะแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลง การกำหนดกฎเกณฑ์สามารถตรวจสอบความตรง ความเป็นเหตุผล (Heuristic) และความสอดคล้องกันด้วย (Consistency)

Aparicio, Farias and Santos (2005) ได้พัฒนาออนโทโลยีเพื่อประยุกต์ใช้กับฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ที่หลากหลาย โดยกระบวนการสร้างออนโทโลยีได้กำหนดคำศัพท์ (Term) คุณลักษณะของความสัมพันธ์ (Relationship) ระหว่างคำศัพท์ และความหมาย (Semantic) ที่ใช้ร่วมกัน และชี้ให้เห็นว่าการพัฒนาออนโทโลยีเป็นกระบวนการที่จำเป็นต้องทำซ้ำ ขั้นตอนของการสร้างต้องกำหนดขอบเขตความรู้และออนโทโลยี โดยการรวบรวมคำศัพท์ที่สำคัญในออนโทโลยี กำหนดคลาส (Classes) หรือแนวคิด (Concepts) และลำดับชั้นของแนวคิด และแนวคิดของคุณสมบัติ (Properties) และตัวข้อมูล/คำศัพท์ (Instances) ออนโทโลยีเป็นชุดของแนวคิด (Concepts) คุณสมบัติ (Properties) การกำหนดกฎเกณฑ์ (Restrictions) ทั้งนี้แต่ละแนวคิดมีคุณสมบัติที่เป็นรายละเอียดลักษณะสำคัญ (Feature) และคุณลักษณะของแนวคิด (Attributes) เนื่องจากแนวคิด (Concepts) เป็นส่วนสำคัญที่สุดของออนโทโลยีเพราะใช้อธิบายคลาสในขอบเขตความรู้ คลาสสามารถแบ่งออกเป็นคลาสย่อย (Subclass) คลาสที่เฉพาะเจาะจง (Super-class)

สำหรับ Prieto-Diaz (2002) ได้นำเสนอแนวคิดฟาเซตในการสร้างออนโทโลยี (Faceted Approach) ด้วยวิธีการวิเคราะห์ขอบเขตความรู้ (domain analysis) ซึ่งเป็นกระบวนการค้นหาและการกำหนดแบบจำลองขอบเขตความรู้ (domain models) ทั้งนี้ออนโทโลยีสามารถจัดเก็บความครบถ้วนสมบูรณ์อย่างแท้จริงได้ด้วยวิธีการวิเคราะห์ขอบเขตความรู้เพื่อจัดเตรียมสารสนเทศที่มีประสิทธิภาพและแนวคิด Prieto-Diaz ได้ชี้ให้เห็นว่าพื้นฐานการวิเคราะห์และความเหมือนระหว่างการวิเคราะห์ขอบเขตความรู้และการสร้างออนโทโลยีเป็นเทคนิคที่พัฒนามาจากแบบแผนการจัดหมวดหมู่ (classification schemes) ในสาขาบรรณารักษศาสตร์ ที่สามารถใช้สำหรับเริ่มต้นระบบในการสร้างออนโทโลยี ซึ่งแบบแผนการจัดหมวดหมู่แสดงลำดับความสัมพันธ์เช่นเดียวกับความสัมพันธ์ที่สร้างในการเชื่อมโยงระหว่างแนวคิด ซึ่งมีลำดับชั้นที่แตกต่างกัน (different hierarchies) ความสัมพันธ์ลำดับชั้นเป็นแนวคิดเบื้องต้นของการลำดับความสำคัญ (subordination) หรือการรวมเข้าไว้ด้วยกัน (inclusion) และกำหนดสัญลักษณ์ในแทกโซโนมี (taxonomy) ความสัมพันธ์ระหว่างแนวคิดถูกนำเสนอเป็นคลาสผสม (compound classes) ทั้งนี้แทกโซโนมีเป็นโครงสร้างของการจำแนกประเภท (categories) และการจัดหมวดหมู่ (classification) เป็นการปฏิบัติการในการกำหนดเอนทิตี (entities) ต่อการจำแนกประเภทตามลำดับชั้น (taxonomy) ซึ่ง

สอดคล้องกับ Reimer (2001) ได้กำหนดนิยามแทกโซโนมีเป็นศัพท์บังคับ (controlled vocabulary) ซึ่งถูกจัดการตามลำดับแนวคิด (concept hierarchy) และออนโทโลยีเป็นแทกโซโนมีและการกำหนดความหมายของแต่ละแนวคิด (concept) ด้วยคุณสมบัติที่เฉพาะ (properties) และมีความสัมพันธ์กับแนวคิดอื่นๆ และตรรกะการตีความที่เฉพาะ (axioms) ส่วนแบบแผนการจัดหมวดหมู่ (classification scheme) เป็นเครื่องมือที่จัดทำขึ้นเพื่อการจัดเรียงอย่างเป็นระบบโดยขึ้นอยู่กับคำศัพท์ดัชนีควบคุมและโครงสร้าง คำศัพท์ดัชนีถูกเรียกว่า แผนการจัดหมวดหมู่ (classification schedule) ประกอบด้วยชุดของคำศัพท์ที่นำเสนอแนวคิด (concepts) หรือคลาส (classes) จัดเรียงอย่างเป็นระบบและนำเสนอความสัมพันธ์ระหว่างคลาส แบบแผนการจัดหมวดหมู่และแผนการจัดหมวดหมู่สามารถเพิ่มเติมหรือลดลำดับชั้นแทกโซโนมี (taxonomy) ได้ ขณะที่การเพิ่มเติมลำดับชั้นแทกโซโนมีนำไปสู่การจัดการจำแนกประเภท (categories) รวมไปถึงความสัมพันธ์ระหว่างการจำแนกประเภทและการให้นิยามอย่างสั้น ๆ

ทั้งนี้แบบแผนการจัดหมวดหมู่ที่นำมาใช้ในการสร้างออนโทโลยี คือ การระบุเนื้อหาสาระ (enumerative) และการให้รายละเอียดเนื้อหาหรือการแยกสักระยะ (faceted) ซึ่งวิธีการระบุเนื้อหาสาระ (enumerative method) ได้แบ่งความรู้จากเรื่องทั่วไปไปสู่เรื่องเฉพาะ รวมทั้งการแบ่งออกเป็นคลาสย่อย (subclass) และคลาสผสม (compound classes) ระบบ Dewey Decimal เป็นตัวอย่างของการกำหนดระบุเนื้อหาสาระตามลำดับชั้น (enumerative hierarchy) แบบแผนนี้เรียกว่า การระบุเนื้อหาสาระ (enumerative) เพราะก่อนการกำหนดคลาสถูกกำหนดด้วยแบบแผนการจัดหมวดหมู่ (classification schedule) สำหรับแนวคิดฟาเซต (faceted approach) ซึ่งพัฒนาโดย Ranganathan ในปี ค.ศ.1939 (Ranganathan, 1967) ได้แบ่งความรู้ออกเป็น ส่วน ๆ การสร้างหรือสังเคราะห์จากรายการหัวเรื่อง (Subject statements) ของเอกสารโดยเฉพาะ (particular document) รายการหัวเรื่องถูกวิเคราะห์ภายใต้คลาสรายการที่เป็นส่วนประกอบ (component element classes) ที่ถูกเลือกจากแบบแผนการจัดหมวดหมู่ (schedule) การจัดหมวดหมู่ใช้แบบแผนที่แสดงถึงคลาสผสม (compound class) ประกอบด้วย รายการคลาส (elemental classes) ซึ่งกระบวนการนี้เรียกว่า การสังเคราะห์ (synthesis) การจัดกลุ่มของรายการคลาส แบบแผนฟาเซต (faceted scheme) เป็นการรวบรวมคำศัพท์ควบคุม (controlled vocabulary) ในรูปแบบของคำศัพท์ที่จัดการด้วยระบบฟาเซต และชุดของกฎระเบียบในการเชื่อมโยงแต่ละคำศัพท์ในการกำหนดคำศัพท์หลักที่เป็นแนวคิด (conceptual descriptors) เช่น การจำแนกประเภท (categories)

นอกจากนี้ Prieto-Diaz ได้ชี้ให้เห็นว่าการนำแนวคิดระบบการจัดหมวดหมู่แบบฟาเซตมาใช้ในการสร้างออนโทโลยี เนื่องจากเป็นแบบแผนการจัดหมวดหมู่ที่เกิดจากการปฏิบัติงานจริง (custom-made classification schemes) สร้างโดยการใช้กระบวนการที่เรียกว่า กระบวนการ Literary Warrant (Vickery, 1960) ประกอบด้วย การเลือกตัวอย่างของชื่อเรื่องหนังสือจากทรัพยากรในห้องสมุดที่ได้จัดหมวดหมู่แล้ว การจัดทำรายการของแต่ละคำศัพท์นำมาจากชื่อหนังสือ การจัดกลุ่มคำศัพท์ที่สัมพันธ์กันในหมวดหมู่หรือคลาส (classes) การจัดหมวดหมู่และแบบแผนการจัดหมวดหมู่ (classification scheme) ที่ใช้ร่วมกันด้วย จะเห็นได้ว่ากระบวนการดังกล่าวต้องการ

ขอบเขตความรู้ (domain) และมีเป้าหมายเพื่อใช้สำหรับทรัพยากรสารสนเทศ การเลือกคำศัพท์และความสัมพันธ์ของคำศัพท์สามารถพิจารณาด้วยภาษาที่เฉพาะในขอบเขตความรู้ (domain specific language) ใช้เพื่อนำเสนอกิจกรรมในขอบเขตความรู้เท่านั้น ซึ่ง Prieto-Diaz ได้นำเสนอตัวอย่างการสร้างฟาเซ็ทสำหรับรายการรายชื่อหนังสือเกี่ยวกับสัตวศาสตร์ (zoology) ของ (Buch, 1979) ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นตอนแรก การเลือกตัวแทนหนังสือจากทรัพยากรสารสนเทศของห้องสมุด

"Essays of the physiology of marine fauna"
 "Animals of the mountains"
 "Amphibious animals"
 "Desert reptiles"
 "Migratory Birds"
 "Salt water fish"
 "Mammalian Reproduction"
 "Snakes of the Amazon River"
 "Experimental reports on the respiration of vertebrates"
 "Tropical leaf moths"

2. การจัดกลุ่มคำศัพท์ที่ใช้ร่วมกัน (เช่น การจัดกลุ่มตามแนวคิด)

physiology, reproduction, respiration
 tropical, desert, mountains, salt water
 marine, amphibious
 fauna, animals, vertebrates, reptiles, snakes, birds, fish, moths, mammals
 essays, experimental reports

3. การจัดกลุ่มแนวคิดออกเป็น 5 กลุ่มสำหรับทรัพยากรหนังสือสัตวศาสตร์ แต่ละกลุ่มได้กำหนดแนวคิด ดังนี้ by process; by habitat; by element; by taxonomy; by literary form

ทั้ง 5 ฟาเซ็ทได้รับการจัดเรียงระบบอย่างเป็นตรรกะ (logical order) ในขอบเขตความรู้เรื่องเกี่ยวกับสัตว์/ช่วงชีวิตของสัตว์ในท้องถิ่นหนึ่งหรือช่วงเวลาหนึ่ง และผลลัพธ์แบบแผนการจัดหมวดหมู่ฟาเซ็ทนำเสนอ ดังนี้

{by habitat}	{by element}	{by taxonomy}	{by process}	{by literary form}
land	marine	animals/fauna	physiology	essays
tropic	:	invertebrates	respiration	:
desert	:	insects	reproduction	:

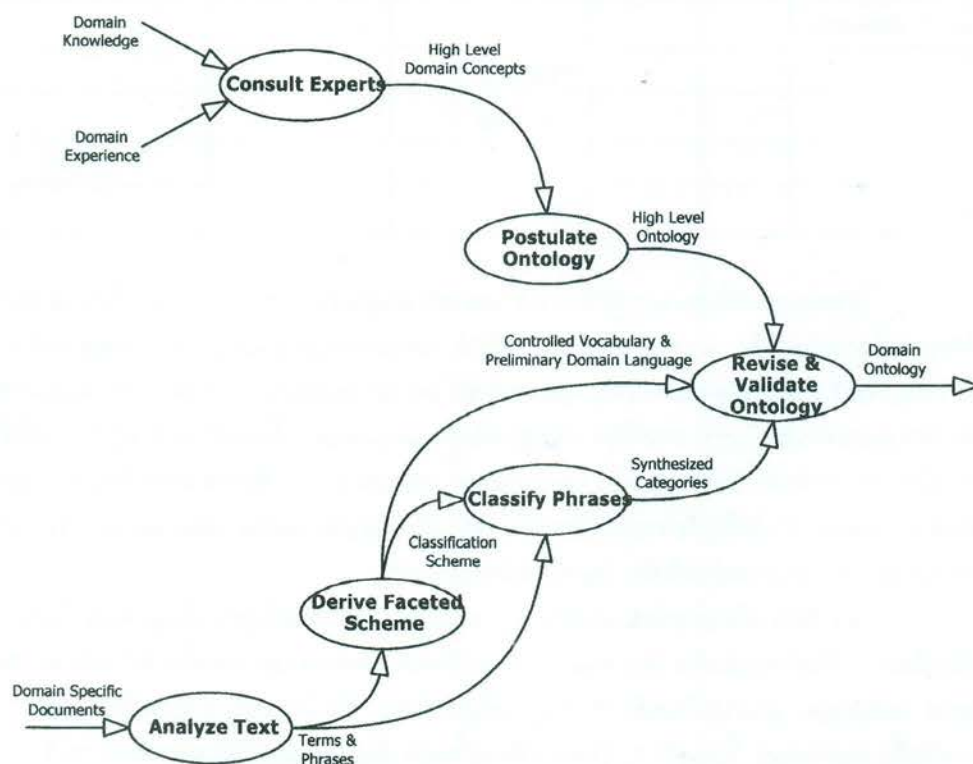
mountain	amphibious	moths	:	reports
:	:	:	:	experimental
:	:	vertebrates	:	:
water		mammals		
sea		:		
river		birds		
Amazon		:		
:		reptiles		
:		snakes		
		:		
		fish		

กระบวนการจัดหมวดหมู่ด้วยการสังเคราะห์ (synthetic classification) ใช้แบบแผนการจัดหมวดหมู่แบบฟาเซ็ท แบบแผนรวบรวมคำศัพท์ (vocabulary) และกฎระเบียบพื้นฐานสำหรับการแปลงชื่อเรื่องนำไปสู่ชุดของแนวคิด (normalized set of concepts) การจัดทำแบบแผนการจัดหมวดหมู่แบบฟาเซ็ทจัดทำจากระดับล่างขึ้นสู่ระดับสูง (bottom-up) โครงสร้างความรู้สามารถใช้ในการจัดการความสัมพันธ์คำศัพท์หลัก (descriptors) ของรายการ ซึ่งง่ายแก่การจำแนกประเภท (categorization) การใช้ชื่อเรื่องร่วมกันในส่วนของฟาเซ็ทเดียวกัน (same facet terms) การจำแนกประเภทดังกล่าวสามารถทำให้เห็นภาษาดั้งเดิมของความรู้

แนวคิดการวิเคราะห์ขอบเขตความรู้ ในการสร้างออนโทโลยีถูกนำเป็นฐานแนวคิดในการเชื่อมโยง วิธีการบนลงล่าง (top-down) และล่างขึ้นบน (bottom-up) ออนโทโลยีระดับสูง (high level ontology) ถูกวางเป็นหลักการพื้นฐานที่ต้องมีก่อน ดังนั้นการปรับปรุงแก้ไข และความน่าเชื่อถือ (validated) ขึ้นอยู่กับการวิเคราะห์ล่างขึ้นบน (bottom-up) ของเอกสารความรู้เฉพาะ ขณะที่วิธีการบนลงล่าง (top-down) เป็นการสร้างในระดับสูง (highly creative) เป็นแบบแผนและทำด้วยมือ (manual) ส่วนวิธีการล่างขึ้นบนพัฒนาอย่างเป็นระบบ สามารถทำซ้ำ (repeatable) และบางส่วนเป็นไปอย่างอัตโนมัติ ในกระบวนการบนลงล่างต้องอาศัยความเชี่ยวชาญในขอบเขตงานเฉพาะ รวมทั้งกำหนดแนวคิดหลัก (key concepts) และหลักการพื้นฐาน (postulate) และการจัดเก็บ (capture) เป็นเบื้องต้นของออนโทโลยีระดับสูง

ในกระบวนการล่างขึ้นบน คำสำคัญ (keywords) และวลี (phrases) ถูกสกัดจากเอกสารความรู้เฉพาะโดยการใช้เครื่องมือมาตรฐานการวิเคราะห์เนื้อหา และเทคนิค Literary Warrant ถูกนำมาใช้สร้างแบบแผนการจัดหมู่ฟาเซ็ทของขอบเขตความรู้ (domain specific faceted classification scheme) และใช้ในการจัดกลุ่มวลีเพื่อการจำแนกประเภท (categories) และสร้างกลุ่ม (cluster) ซึ่งนำเสนอแนวคิด (concept) ในขอบเขตความรู้

แนวคิดของ Prieto-Diaz สอดคล้องกับการทดลองปฏิบัติจริงของ Lakoff (1990) ซึ่งเป็นแนวคิดการจำแนกประเภทด้วยฐานแนวคิดต้นแบบ (prototype-based categories) ด้วยแบบจำลองการรับรู้จากสิ่งที่เป็นนามธรรมโดยทำให้เป็นแบบจำลองรูปธรรมขึ้น (embodied cognitive models) Lakoff ได้ให้เหตุผลว่าออนโทโลยีเป็นแนวคิดการรับรู้ (perceptions) ของความจริง ทั้งนี้ในการสร้างออนโทโลยีควรพัฒนาด้วยการรับรู้มากกว่าการสร้างบนแนวคิดที่เป็นนามธรรม (abstract concept) โดยควรกำหนดจากหลักการเหตุผลข้อเท็จจริง (rational argument)



ภาพ 1 กระบวนการสำหรับสร้างออนโทโลยี (A process for building ontologies) (Prieto-Diaz, 2002)

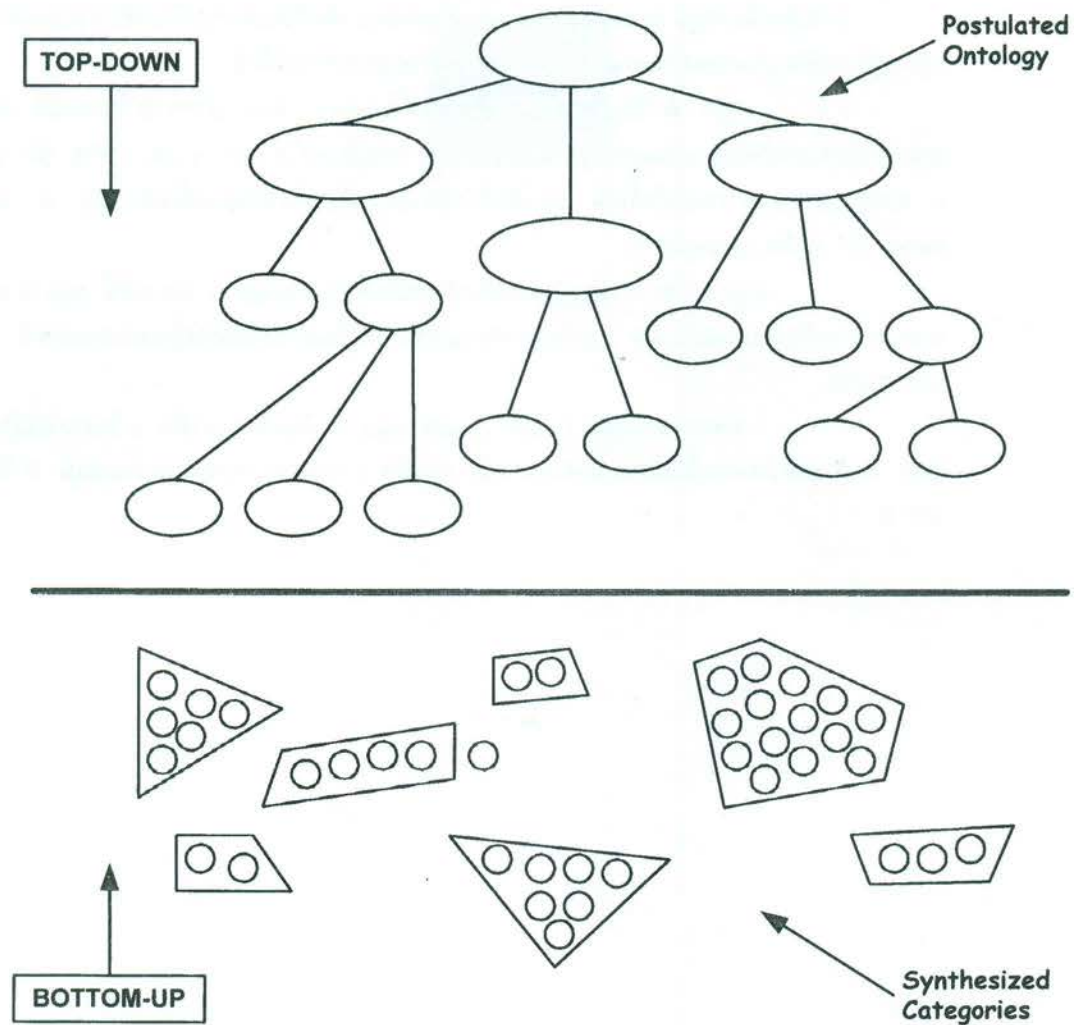
วิธีการพัฒนานลงล่าง (top-down) และล่างขึ้นบน (bottom-up) กลุ่มที่ได้สังเคราะห์ (synthesized cluster) ถูกนำมาเปรียบเทียบกับแนวคิดที่เป็นหลักการพื้นฐาน (postulated concepts) และกระบวนการที่ทำซ้ำ (iterative process) ทำให้สมบูรณ์มากขึ้น ออนโทโลยีได้รับการปรับปรุงแก้ไข (modified) และการปรับเปลี่ยนเพื่อเข้ากันได้ของกลุ่มล่างขึ้นบน (ภาพ 2 และ 3 นำเสนอวิธีการทำให้สมบูรณ์)

การเชื่อมโยงกลุ่ม (mapping cluster) นำเสนอแนวคิดที่ต้องการแก้ไขปรับปรุงออนโทโลยี และกลุ่มแนวคิด (concept clusters) ซึ่งประกอบด้วยสถานการณ์ดังนี้

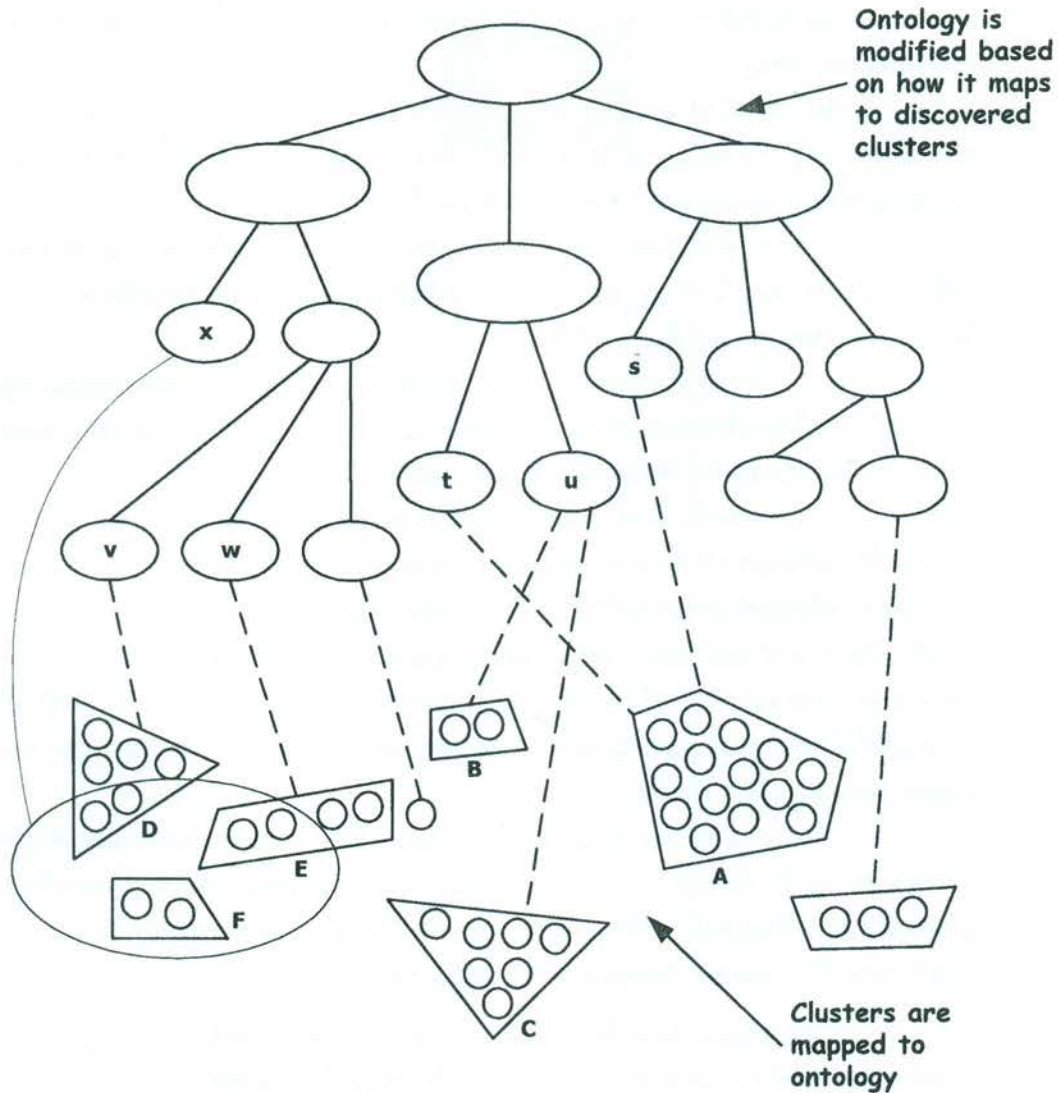
-กลุ่ม A เชื่อมโยงกับแนวคิด (concepts) s และ t (ภาพ 3) ในกรณีนี้ กลุ่ม A สามารถแยกแนวคิดออกเป็นสองแนวคิด (concepts) การเข้ากันได้ ของ s และ t หรือ ทั้ง s หรือ t สามารถลบออกจากออนโทโลยี และเก็บไว้เฉพาะการเชื่อมโยงเพียงหนึ่งเดียว กับ A จากทั้ง parent of t หรือ parent of s

-กลุ่ม B และ C เชื่อมโยงกับแนวคิดหนึ่งเดียว concept u ในกรณีนี้ กลุ่ม B และ C สามารถรวมกันนำเสนอแนวคิด u หรือแนวคิด u สามารถเป็นส่วนหนึ่งในสองแนวคิดที่แตกต่างกัน

- รายการจากกลุ่ม D และ E และ กลุ่ม F เชื่อมโยงแนวคิด x ในกรณีนี้เป็นกลุ่มใหม่ สามารถสร้างการเชื่อมโยงแนวคิด x หรือ แนวคิด x สามารถถูกลบ และรวมกลุ่ม F ใน D และ E



ภาพ 2 รายการของกระบวนการ บน-ล่าง และล่าง-บน (Prieto-Diaz, 2002)



ภาพ 3 การแก้ไขและความน่าเชื่อถือเบื้องต้นของออนโทโลยี (Prieto-Diaz, 2002)

ภาษาในการนำเสนอออนโทโลยี

ภาษาเป็นโครงสร้างพื้นฐานในการนำออนโทโลยีไปสู่การปฏิบัติ เพื่อให้คอมพิวเตอร์สามารถแปลงความหมายหรือประมวลผลนิยามศัพท์ที่สร้างขึ้นได้ และภาษาเป็นตรรกะในการสร้างองค์ความรู้หรือแบบจำลองแนวคิด (Conceptual Data Model) ของออนโทโลยี (Mcguinness, 2003) ภาษาในการนำเสนอ ออนโทโลยีที่ดีสามารถอธิบายแนวคิด (ความสัมพันธ์ระหว่างคลาสกับคุณสมบัติ (Properties) ที่อยู่ในขอบเขตความรู้ (Domain) (Mcguinness, 2001) และสามารถแสดงความสัมพันธ์ในระดับของคุณสมบัติ ลำดับค่า (Value Range) นอกจากนี้ภาษาควรมีโครงสร้างไวยากรณ์ที่ชัดเจน เพื่อให้คอมพิวเตอร์สามารถประมวลผลได้ สามารถสนับสนุนความเป็นเหตุ

เป็นผลได้อย่างมีประสิทธิภาพ และนำมาใช้ในการอธิบายความหมายได้ดี (Antoniou; Franconi and Hermelen, 2005)

ภาษาในการนำเสนอออนโทโลยีมีหลากหลายแบบแผน สามารถจำแนกตามลักษณะความเป็นทางการ (Formality) ของโครงสร้างในการสร้างและนิยามคำศัพท์ ออกเป็น 4 แบบแผน (Uschold, 1996 ; Uschold and Gruniger, 1996) ดังนี้

1. ภาษาไม่เป็นทางการ (Highly Informal) การอธิบายความหมายของคำศัพท์จะไม่มีโครงสร้างที่แน่นอน ในลักษณะของภาษาธรรมชาติ (Natural language) ที่มนุษย์สามารถเข้าใจได้ แต่ยากต่อการประมวลผลด้วยคอมพิวเตอร์

2. ภาษากึ่งไม่เป็นทางการ (Semi-Informal) การอธิบายความหมายของคำศัพท์ยังคงอธิบายตามโครงสร้างและข้อกำหนดของภาษาธรรมชาติ เพิ่มความชัดเจนและลดความหมายที่คลุมเครือ และมีโครงสร้างที่ชัดเจนขึ้น (Fraser, Tate and Uschold, 1995)

3. ภาษากึ่งทางการ (Semi-formal) การอธิบายความหมายของคำศัพท์ด้วยภาษาประดิษฐ์ที่นิยามขึ้นอย่างเป็นทางการ (Artificial Formally Define Language) ซึ่งเป็นภาษาที่สามารถอธิบายโครงสร้างทางภาษาได้อย่างชัดเจน แต่คำศัพท์ที่ใช้อาจเป็นศัพท์ควบคุมหรือไม่ก็ได้ ส่วนที่ไม่เป็นทางการ (Informal) จะช่วยให้มนุษย์สามารถทำความเข้าใจได้ง่ายขึ้น สำหรับส่วนที่เป็นทางการ (Formal) จะช่วยในการทำความเข้าใจของคอมพิวเตอร์ เพื่อให้สามารถนำข้อมูลไปประมวลผลได้ เช่น Ontolingua (Farquhar; Fikes and Rice, 1997) และ Frame Logic (Kifer ; Lausen and Wu, 1995) เป็นต้น

4. ภาษาทางการ (Rigorously Formal) การอธิบายความหมายของคำศัพท์จะมีการกำหนดโครงสร้างที่ชัดเจน และมีการตรวจสอบความหมายที่เป็นจริงและความถูกต้องของคุณสมบัติหรือคุณลักษณะที่ใช้อธิบายคำศัพท์ เช่น การออกเสียง และความสมบูรณ์ (Borgida, 1995) เช่น CYCL and KIF (Genesereth and Fikes, 1994) เป็นต้น

แนวคิดที่เป็นแบบแผนหรือภาษาในการนำเสนอออนโทโลยีเพื่อให้คอมพิวเตอร์สามารถแปลความหมาย หรือประมวลผลนิยามศัพท์ที่สร้างขึ้น โดยทั่วไปอธิบายด้วยภาษา Logic-Based Language ได้แก่ ภาษา Description Logic Language และ Frame-Based Approach แนวคิดที่เป็นแบบแผนที่นิยม (Fensel, 2004) ได้แก่

1. Frame-based Logic (FLogic) โครงสร้างประกอบด้วยคลาส (Classes) (หรือเฟรม (Frame) คุณสมบัติ (Properties) ความสัมพันธ์ (Relations) หน้าที่ (Functions) คุณสมบัติ (Slots) และฟาเซ็ท (Facets) (Zkural, 2001; Hakimphor, 2003 ; Heflin, 2004) เป็นการกำหนดนิยามให้กับคุณลักษณะ (Attribute) เพื่ออธิบายแนวคิด (Concepts) ในระดับที่แคบลงมา อธิบายแนวคิดจากคุณลักษณะที่กำหนดขึ้น ความสัมพันธ์ในลักษณะที่เป็นตามลำดับชั้น (Is_a hierarchy of) ซึ่ง Noy and McGuinness (2001) ได้นำแนวคิดดังกล่าวมาพัฒนาออนโทโลยีขององค์ความรู้เกี่ยวกับ French Wines โดยใช้ระบบ Frame-based System ซึ่งเป็นการพัฒนาออนโทโลยีโดย

การสร้างลำดับชั้นของคลาส และใช้ Protégé 2000 ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์ในการพัฒนาออนโทโลยี เริ่มจากการกำหนดลำดับชั้นของคลาส และกำหนดตำแหน่งของคลาส

2. Description Logic (DL) เป็นการนิยามชุดความสัมพันธ์ออนโทโลยี (Family Relationships Ontology) โดยคลาสจะอธิบายคุณลักษณะของสมาชิกหรือความสัมพันธ์ของสมาชิกกับคลาสเพื่อใช้ในการจัดกลุ่ม และกำหนดลำดับชั้นจากนิยามคลาส รายการอิลิเมนต์ที่เป็นแบบแผนหลักของ DL ประกอบด้วย นิยามแนวคิด และนิยามความสัมพันธ์ แนวคิดกำหนดโดยแนวคิดย่อย (Superconcepts) และการกำหนดกฎเกณฑ์ตามบทบาทของแนวคิด นิยามแนวคิดหรือความสัมพันธ์ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ Primitive Definitions แสดงกฎเกณฑ์ ที่จำเป็นสำหรับคำศัพท์ (Instances) ที่เพิ่มหรือขยายออกไป ส่วน Non-primitive Definitions ถูกอธิบายโดยความจำเป็นและเงื่อนไข และนำมาใช้เมื่อสามารถให้นิยามที่ชัดเจนของแนวคิดหรือความสัมพันธ์ DL เป็นระบบ Reasoning System จะไม่ยอมรับแต่ละกลุ่มภายใต้แนวคิด Primitive ถ้าไม่มีการประกาศนิยามออกมาอย่างชัดเจน (Baader et al, 2003)

ปัจจุบันในการนำเสนอออนโทโลยี ภาษาที่ใช้บรรยายข้อมูลเชิงความหมาย ได้แก่ XML (Extensible Markup Language) RDF (Resource Description Framework) และ OWL (Web Ontology Language) (Auxilio and Nieto, 2003 ; Bruijn, 2003) โดยแต่ละภาษามีความสามารถและข้อจำกัดในการบรรยายข้อมูลได้แตกต่างกัน เช่น รูปแบบของภาษา XML เหมาะสำหรับใช้อธิบายและเก็บข้อมูลในส่วนเนื้อหา ภาษา RDF และ RDFS เป็นภาษาที่ใช้อธิบายข้อมูลความสัมพันธ์ของข้อมูล และโครงสร้างภาษาสามารถใช้บรรยายข้อมูล แต่ยังมีข้อจำกัดด้านการบรรยายข้อมูลเชิงตรรกะ ภาษา OWL เป็นภาษาที่ใช้บรรยายข้อมูลเชิงความหมายและตรรกะสามารถใช้บรรยายโครงสร้างความสัมพันธ์แบบลำดับชั้นในฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์

บทสรุป

จากการศึกษาทบทวนและสังเคราะห์วรรณกรรมการพัฒนาออนโทโลยีด้วยแนวคิดและทฤษฎีที่หลากหลาย ออนโทโลยีจึงเป็นอีกประเด็นหัวข้อหนึ่งที่น่าสนใจที่สามารถนำมาศึกษาวิจัยและใช้งานรูปแบบต่างๆ ในยุคของซีแมนติกเว็บ (semantic web) และเว็บเซอร์วิส (web services) ได้แก่ การวิศวกรรมสารสนเทศและความรู้ การสกัดและค้นคืนสารสนเทศ ตลอดจนการบูรณาการสารสนเทศและฐานความรู้ที่หลากหลาย เช่น ธุรกิจการค้าเชิงอิเล็กทรอนิกส์ (e-commerce) การบูรณาการข้อมูลและบริการระหว่างหน่วยงานภาครัฐ และเอกชน เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

- วิลาศ ววงศ์. (2005). เมทาดาทา. จาก: <http://www.ii.mahidol.ac.th/seminar22nd/present/vilas.pdf>
- Apaício, Adriana S. ; Farias, Oscar L. M. and Santos, Neide dos. (2005).
Applying Ontologies in the Integration of Heterogeneous Relational Databases. Australasian Ontology Workshop (AOW 2005), Sydney. Conferences in Research and Practice in Information Technology (CRPIT), Vol. 58. T. Meyer and M. Orgun, Ed.
- Auxilio, Maña and Nieto, Medina. (2003). **An Overview of Ontologies.** Maxico : Center for Research in Information and Automation Technologies Interactive and Cooperative Technologies Lab Universidad De Las Americas Puebla.
- Benjamin V.R and Gomez-Perez. (2000) **Knowledge System Technology :Ontologies and Problem Solving Methods.**
- Bishr, Y. A. et al., (1999). **Probing the Concept of Information Communities - A First Step Toward Semantic Interoperability.** In Goodchild, M., Egenhofer, M., Fegeas, R., and Kottman, C., editors, Interoperating Geographic Information Systems, pages 55-69, Kluwer Academic.
- Borgida, A. (1995). Description Logics in Data Management. **IEEE Transaction on Knowledge and Data Engineering** 7(5):671-682. New York : Oxford University Press.
- Borst, W. N. and Akkermans, J. M. (1997). Engineering Ontologies. **International Journal of Human-Computer Studies** 46(2) : 365-406.
- Chun ,Chang and Wenlin, Lu. (2004). From agricultural thesaurus to ontology. From: http://www.fao.org/agris/aos/ConferencesW/FifthAOS_China04/AOS_Proceedings/docs /1-3.pdf
- De Bruijn, J. (2003). Using Ontologies - Enabling Knowledge Sharing and Reuse on the Semantic WebInnsbruck, Austria, DERI Digital Enterprise Research Institute.
 Retrieved 15 February 2005.
 From: <http://www.deri.ie/publications/techpapers/documents/DERI-TR-2003-10-29.pdf>.
- Dean, Jones ; Bench-Capon, Trevor and Visser, Pepijn. (1999). Methodologies for Ontology Development. From:<http://www.iet.com/Projects/RKF/SME/methodologies-for-ontology-development.pdf>

- Denny, Michael. (2002) *Ontology Building: A Survey of Editing Tools*. From:
<http://www.xml.com/lpt/a/2002/11/06/ontologies.html>
- Fan, Jing ; Ren, Bo; Xiong, Li-Rong . (2004). Modeling and Management of Ontology-based Credit Evaluation Meta-model 2004. **IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics**.
- Farquhar J. ; Fikes R. and Rice, J. (1997). The Ontolingua Server : A Tool for Collaborative Ontology Construction. **International Journal of Human-Computer Studies** 46: 707-728.
- Fensel, D. (2001). Ontologies and Electronic Commerce. **IEEE Intelligent Systems** 16(1): 8-14.
- Fensel, D. (2004). **Ontologies: A Silver Bullet for Knowledge Management and Electronic Commerce**. Berlin:Springer_Verlag.
- Genesereth M. and Fikes, R. (1994). **Knowledge Interchange Format Reference Manual**. Available from: <http://lgic.stanford.edu/sharing/papers/kif.ps>
- Gruber, T. R. (1993). A Translation Approach to Portable Ontology Specifications. **Knowledge Acquisition** 5(2) : 199-220.
- Guarino, N. (1997a). **Semantic Matching: Formal Ontological Distinctions for Information Organization, Extraction, and Integration**. In M. T. Pazienza (ed.) *Information Extraction: A Multidisciplinary Approach to an Emerging Information Technology*. Springer Verlag: 139-170.
- Guarino, N. (1997b). Understanding, Building, and Using Ontologies: A Commentary to "Using Explicit Ontologies . In KBS Development", by van Heijst, Schreiber, and Wielinga. **International Journal of Human and Computer Studies**(46): 293-310.
- Guarino, N. (1998). **Formal Ontology and Information Systems**. In: *Proceedings of 1st International Conference on Formal Ontologies in Information Systems (Fois'98)*. Trento, Italy, 6-8 June 1998. Ios Press.
- Hakimpour, F. (2003). Using Ontologies to Resolve Semantic Heterogeneity for Integrating Spatial **Databases Schema**. Dissertation zur Erlangung der naturwissenschaftlichen Doktorwurde.
 From: <http://www.ifi.unizh.ch/dbtg/Projects/MIGI/publication/thesis.pdf>
- Hakimpour, F. and Geppert, Andreas. (2005). **Ontologies: An Approach to Resolve Semantic Heterogeneity in Databases**.
 From: <http://www.ifi.unizh.ch/dbtg/Projects/MIGI/publication/ontoreport.pdf>.

- Hakimpour, Farshad and Geppert, Andreas. (2001). **Resolving Semantic Heterogeneity in Schema Integration: An Ontology Based Approach**. Formal Ontology in Information Systems Archive Proceedings of the International Conference on Formal Ontology in Information Systems, Ogunquit, Maine, USA.
- Heflin, Jeff. (2004). **OWL Web ontology language: use case and requirements**. W3C Recommendation 10 February 2004. [Online].
From: <http://www.w3.org/TR/webont-req/>
- Heijst, G.V.; Schreiber, A.T. and Wielinga, B.J. (1997). Using Explicit Ontologies in KBS Development. **International Journal of Human Computer Studies** 46(2/3): 183-292.
- Hoffer, Jeffery A; George, Joey F. and Valacich, Joseph S. (2002). **Modern Systems Analysis and Design**. 3 rd. ed. New Jersey: Prentice-Hall.
- Hunter, Jane. (2001). MetaNet – A Metadata Term Theasuarus to Enable Semantic Interoperability Between Metadata Domains. **Journal of Digital Information** 1(8). Article No. 42, 2001-02-08. [Online].
From: <http://jodi.tamu.edu/Articles/v01/i08/Hunter/>
- Jacob, E. K. (2003). Ontologies and the Semantic Web. Bulletin of the American Society for **Information Science and Technology** 29 (4): 19 -22.
- Kashyap, V. (1999). **Design and creation of ontologies for environmental information retrieval**, Proceedings of the 12th Workshop on Knowledge Acquisition, Modeling and Management (KAW'99), Banff, Canada, October 1999.
- Kifer, M.; Lausen, G., and Wu, J. (1995). Logical Foundations Of Object-Oriented And Frame-Based Languages. **Journal of ACM** 42(4), 741-843.
- Knapp, Michael; Dexter, Sara and McLaughlin, Robert. (2004). **Metadata Co-development: A Process Resulting in Metadata about Technical Assistance to Educators**.
From: <http://www.www2004.org/proceedings/docs/2p410.pdf>
- Merriam-Webster's Collegiate Dictionary**. (2004). Springfield, Mass. : Merriam-Webster.
- Mimoune, Mourad El-Hadj; Pierra, Guy and Ait-Ameur, Yamine. (2003). **An Ontology-Based Approach For Exchanging Data Between Heterogeneous Database Systems**.
From: <http://www.lisi.ensma.fr/ftp/pub/documents/papers/2003/2003-ICEIS03-ELHADJ-MIMOUNE.pdf>

- Necib, Chokri Ben and Freytag, Johann-Christoph. (2003). Ontology-based Query Processing in Database Management Systems. From: <http://www.dbis.informatik.hu-berlin.de/fileadmin/research/papers/conferences/2003-odbase-BenNecib.pdf>
- Noy, Natalya and McGuinness, Deborah L. (2001). **Ontology Development 101: A Guide to Creating Your First Ontology**. [Online].
From: www.ksl.stanford.edu/people/dlm/papers/ontology-tutorial-noy-mcguinness.pdf
- OGC (1999). **Semantics and Information Communities, The OpenGIS Abstract**
Studer, R. Benjamins R. and Fensel, D. (1998). Knowledge Engineering : Principles and Methods. **Data and Knowledge Engineering** 25(1/2): 161-119.
- Sugumaran, Vijayan and Storey, Veda C. (2002). Ontologies For Conceptual Modeling: Their Creation, Use, and Management. **Data & Knowledge Engineering** 42: 251-271.
- Uschold, M. 1996. **Building ontologies : towards a unified methodology**. Edinburgh: The University of Edinburgh. [Online].
From: <http://citeseer.nj.nec.com/uschold96building.html>
- Uschold, M. and Gruninger, M. (1996). Ontologies : Principles, Methods and Applications. **Knowledge Engineering Review** 11(2) : 93-155.
- Uschold, M. and King, M. (1995). **Towards a Methodology for Building Ontologies, IJCAI-95 Workshop on Basic Ontological Issues in Knowledge Sharing**, Montreal, Canada.
From: <http://citeseer.ist.psu.edu/uschold95toward.html>
- Visser, U. and Schlieder, C. (2002). **Modelling with Ontologies**. In The Ontology and Modeling of Real Estate Transactions in European Juristictions Ashgate - 2002, to appear.
- Wache, H. et al. (2001). **Ontology-Based Integration of Information : A Survey of Existing Approaches**. In Proceedings Of IJCAI-01 Workshop on Ontologies and Information Sharing. Seattle, Wa., 108-117, 2001.
- Weibel, S. et al. (1995). **OCLC/NCSA Metadata Workshop Report, Dublin, Ohio**.
From: http://www.oclc.org:5046/conferences/metadata/dublin_core_report.html
- Wielinga, B.J. Schreiber, A. Th.; Wilemaker, J. Sandberg, J.A.C. (2001). **From Thesaurus to Ontology**. From: <http://www.cs.vu.nl/~guus/papers/Wielinga01a.pdf>