

ออนโทโลยีงาน : เครื่องมือสำหรับการวางแผน

Task Ontology : Planning Tool

ดร.มาลี กาบมาลา¹

Dr. Malee Kabmala

บทคัดย่อ

เนื้อหาบทความนำเสนอแนวคิด องค์ประกอบ โมเดล และคุณลักษณะของ ออนโทโลยีงาน ออนโทโลยีงานวางแผน ออนโทโลยีงานการกำหนดแผนการ และ ออนโทโลยีงานแผน

ABSTRACT

In this article propose concept, component, model and characteristic of task ontology, planning task ontology, scheduling task ontology, plan task ontology

คำสำคัญ: ออนโทโลยีงาน ออนโทโลยีงานวางแผน ออนโทโลยีงานการกำหนดแผนการ และออนโทโลยีงานแผน

Keywords: Task ontology, Planning task ontology, Scheduling task ontology, Plan task ontology

¹ รองศาสตราจารย์ กลุ่มวิชาการจัดการสารสนเทศและการสื่อสาร คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

Associate Professor, Information and Communication Management Department,
Humanities and Social Sciences Faculty, Khon Kaen University

บทนำ

การวางแผนเป็นกระบวนการกำหนดวัตถุประสงค์ และสิ่งที่จะกระทำเพื่อให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ เป็นเครื่องมือในการบริหารของผู้บริหาร เพื่อให้การดำเนินงานประสบผลสำเร็จอย่างมีประสิทธิภาพ รวดเร็ว ประหยัดเวลา และทรัพยากร ทั้งนี้การวางแผนประกอบด้วย กิจกรรมหรือการกระทำที่ก่อให้เกิด “แผน” ซึ่งเป็น แนวปฏิบัติที่ใช้กำหนดการจัดสรรทรัพยากร ตารางการปฏิบัติงาน และกิจกรรมที่สำคัญเพื่อมุ่งไปสู่การบรรลุเป้าหมาย

การวางแผนให้ประสบความสำเร็จได้เป็นอย่างดีขึ้นอยู่กับเทคนิคและการใช้เครื่องมือที่จะช่วยให้การปฏิบัติงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ จากความก้าวหน้าของเทคโนโลยีสารสนเทศ จึงได้มีการพัฒนา เทคนิคและเครื่องมือสำหรับการวางแผนด้วยระบบปัญญาประดิษฐ์ (artificial intelligence-AI) ซึ่งเป็นความสามารถของระบบคอมพิวเตอร์ที่ถูกป้อนโปรแกรมอย่างเหมาะสมเพื่อให้สามารถปฏิบัติหน้าที่ต่างๆ ได้ใกล้เคียงกับสติปัญญาของมนุษย์ เช่น สามารถเข้าใจภาษาพูด ทำการตัดสินใจ และมีการเรียนรู้อย่างสม่ำเสมอ การนำปัญญาประดิษฐ์มาประยุกต์ใช้ในรูปของระบบผู้เชี่ยวชาญ (expert system) ที่สามารถดำเนินการกับข้อมูล วิวินิจฉัยปัญหา และตัดสินใจบนพื้นฐานของสารสนเทศกับปัญหาที่เฉพาะเจาะจง ทั้งนี้ระบบผู้เชี่ยวชาญมีลักษณะพื้นฐาน 1) ระบบถูกป้อนโปรแกรมที่ใช้ความรู้ของข้อมูลที่เป็นจริง และวิธีการที่เฉพาะเจาะจงในการแก้ปัญหาที่ซับซ้อน กฎที่เป็นขั้นตอนของตรรกวิทยาสำหรับเอื้อประโยชน์ในการแก้ปัญหา 2) ระบบจัดเตรียมคำอธิบายที่ถูกป้อนโปรแกรมไว้ ดังนั้นผู้ใช้สามารถดำเนินการตามสมมติฐานการใช้หลักเหตุผล และชี้แนะกระบวนการตามทางเลือกที่นำเสนอไว้ 3) ระบบใช้พื้นฐานกระบวนการคิดโดยผู้เชี่ยวชาญที่สามารถค้นหาทางเลือกที่เป็นไปได้สำหรับการแก้ปัญหาที่ดี

แนวคิดหลักของการแบ่งความรู้ผู้เชี่ยวชาญความรู้ออกเป็น 2 ประเภท คือ ความรู้ที่ขึ้นอยู่กับงาน (task-dependent knowledge) และความรู้ที่ขึ้นอยู่กับขอบเขตความรู้เรื่องใดเรื่องหนึ่ง (domain-dependent knowledge) (Chandrasekaran, 1986; Clancey, 1985; McDermott, 1988) ซึ่ง Chandrasekaran (1986) and Motta (1999) นำเสนอแนวคิดการสร้างโมเดลความรู้ (knowledge modeling approach) โดยใช้แนวคิดออนโทโลยี (ontology approach) ทั้งนี้ออนโทโลยีมีวัตถุประสงค์เบื้องต้นในการจัดเก็บความรู้ในขอบเขตเรื่องใด

เรื่องหนึ่ง เป็นการวิศวกรรมความรู้ในการนำเสนอข้อตกลงร่วมกันในการทำแนวคิดของความรู้

ออนโทโลยีงาน

ความหมายออนโทโลยีงาน

ออนโทโลยีงาน (task ontology) มีชื่อเรียกหลากหลายอาทิเช่น ออนโทโลยีวิธีการและงาน (method and task ontology) ออนโทโลยีการแก้ปัญหา (problem-solving ontology) หมายถึง การกำหนดนิยามความหมายและคุณลักษณะของคำศัพท์เฉพาะ (terms) ที่เกี่ยวกับงานนั้นๆ โดยใช้แทนแนวคิดและความสัมพันธ์ของแนวคิดที่ปรากฏในขอบเขตงานเรื่องใดเรื่องหนึ่ง ได้แก่ ออนโทโลยีงานวินิจฉัย (diagnosis task ontology) ออนโทโลยีงานการควบคุม (monitoring task ontology) ออนโทโลยีงานกำหนดแผนการ (scheduling task ontology) เป็นต้น (Guarino, 1997; Fensel, 2004) ออนโทโลยีงานเป็นการจัดเตรียมความรู้หรือคำศัพท์ (terms) ในขอบเขตเรื่องใดเรื่องหนึ่ง (domain knowledge) ในบริบทของการแก้ไขปัญหา (problem solving context)

องค์ประกอบของออนโทโลยีงาน

ออนโทโลยีงาน ประกอบด้วย แนวคิด (concept) ที่มีการจัดเป็นระบบตามลำดับชั้นแบบอนุกรมวิธาน (taxonomy) และแอกเซียม (axioms) ซึ่งเป็นกฎเกณฑ์ที่กำหนดขึ้นหรือกฎระหว่างแนวคิด

โมเดลออนโทโลยีงาน

การพัฒนาออนโทโลยีงานด้วยโมเดลการแก้ปัญหาในระดับแนวคิด (conceptual level) โดยการรวบรวมคำศัพท์เบื้องต้นของการอธิบายบริบทการแก้ปัญหา ซึ่งทำให้ง่ายต่อการกำหนดขอบเขตความรู้ในบริบทการแก้ปัญหา ออนโทโลยีงานเป็นการกำหนดคุณลักษณะของแนวคิดและความสัมพันธ์ที่ปรากฏในงานที่สนใจ ประกอบด้วย 1) งานย่อย (task-subtask) สามารถจำแนกประเภทงาน (task categories) ได้แก่ การวินิจฉัย (diagnosis) การควบคุม (monitoring) การกำหนดแผนการ (scheduling) การออกแบบ (design) และ 2) ออนโทโลยีสำหรับกำหนดกระบวนการแก้ปัญหา (problem solving process) แนวคิดดังกล่าวเน้นงานที่เฉพาะเจาะจง (task-specific/Task-S) ประกอบด้วยแนวคิด (concept) ที่สัมพันธ์กับกิจกรรม (activity) และบทบาท (role) ของวัตถุประสงค์ที่

กิจกรรมนำไปใช้การนำเสนอบทบาทกระบวนการแก้ปัญหา ซึ่งข้อดีของออนโทโลยีงานไม่เพียงกำหนดโครงร่างที่เฉพาะของกระบวนการแก้ไขปัญหานั้น และยังนำเสนอบริบทแนวคิดในขอบเขตความรู้เรื่องใดเรื่องหนึ่งที่นำมาใช้ด้วย ทั้งนี้กระบวนการพัฒนาออนโทโลยีงาน ประกอบด้วย 1) กำหนดความชัดเจนของออนโทโลยีงานโดยกำหนดจากงานที่เฉพาะเจาะจง 2) สร้างออนโทโลยีงาน 3) การกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างออนโทโลยีงานและออนโทโลยีกระบวนการแก้ปัญหา 4) การออกแบบกรอบแนวคิดที่เชื่อมโยงระหว่างโมเดลที่อธิบายด้วยออนโทโลยีและโมเดลการคำนวณ (Ikeda, et al., 1998)

โมเดลออนโทโลยีงานแบ่งออกเป็น 3 โมเดล โมเดล M(A) โมเดล M(B) และโมเดล M(C) ซึ่ง A, B และ C เป็นหน้าที่ (function) M(A) เป็นโมเดลระดับคำศัพท์ (lexical level model) นำเสนอคำศัพท์ด้วยภาษาธรรมชาติ เป็นคำศัพท์ที่อธิบายกระบวนการแก้ปัญหาและรายละเอียดการแก้ปัญหา ส่วนโมเดล M(B) เป็นโมเดลภายในที่มุ่งหมายนำเสนอความหมายด้วยประโยค เรียกว่า โมเดลระดับแนวคิด (conceptual level) จัดเก็บการทำความหมายของรายละเอียดระดับแนวคิด และโมเดล (C) มีความสามารถที่เป็นพลวัต เรียกว่า โมเดลระดับสัญลักษณ์ (symbol level model)

1. โครงร่างออนโทโลยีงาน (configuration task ontology) แบ่งออกเป็น 3 ระดับ คือ

1.1 ออนโทโลยีระดับคำศัพท์ แนวคิดทั้งหมดถูกจัดลำดับด้วยคลาสคำ (words classes) เช่น คำกริยาทั่วไป คำนามทั่วไป คำคุณศัพท์ทั่วไป การกำหนดระดับแนวคิดของออนโทโลยีงานกำหนดโดยกว้าง ๆ และออนโทโลยีงานระดับคำศัพท์ ประกอบด้วย 1) การนำเสนอคำนามทั่วไปมีวัตถุประสงค์ที่สะท้อนถึงบทบาท (roles) ที่ปรากฏในกระบวนการแก้ปัญหา 2) การนำเสนอคำกริยาทั่วไป หน่วยกิจกรรมที่ปรากฏในกระบวนการแก้ปัญหา 3) คำคุณศัพท์ทั่วไปเป็นการปรับปรุงวัตถุประสงค์ 4) คำอื่นๆ ที่เฉพาะกับงาน

ตัวอย่างออนโทโลยีงานการกำหนดแผนการระดับคำศัพท์

1) คำนาม : ผู้รับผิดชอบกำหนดแผนการ (schedule recipient) ทรัพยากรที่ใช้กำหนดแผนการ (schedule resource) กำหนดการส่ง (due date) การนำเสนอการแก้ปัญหา (solution representation) กฎเกณฑ์ (constraints) เป้าประสงค์ (goal) สิทธิพิเศษ (priority)

- 2) คำกิริยา : มอบหมายงาน (assign) จัดกลุ่ม (classify) จัดให้เป็นระเบียบ (pick up) เลือก (select) พักผ่อน (relax) ทอดทิ้ง (neglect)
- 3) คำคุณศัพท์: ไม่มอบหมายงาน (unassigned) สุดท้าย (the last) ฯลฯ
- 4) อื่น ๆ : กฎเกณฑ์ที่เข้มงวด (strong constraint) ข้อสรุปกฎเกณฑ์ (constraint predicates) คุณลักษณะกฎเกณฑ์ (constraint attributes) ฯลฯ

ตารางที่ 1 โครงร่างของออนโทโลยีงาน

ออนโทโลยี (Ontology)	คำศัพท์ (Vocabulary)	แอกเซียม (Axiom)
ออนโทโลยีงาน (Task Ontology - TO)	คำศัพท์สำหรับการนำเสนอกระบวนการแก้ปัญหา	โมเดลที่ปฏิบัติบนฐานของความสอดคล้อง ระหว่าง TO/K และ TO/S
ออนโทโลยีระดับความรู้ (Knowledge Level Ontology -TO/K)	คำศัพท์สำหรับนำเสนอกระบวนการดำเนินการให้สำเร็จในระดับแนวคิด	ความสอดคล้องระหว่าง TO/K-L และการทำ ความหมายให้ประจักษ์ (pragmatic meaning) โมเดลการดำเนินการให้สำเร็จในระดับแนวคิด
ออนโทโลยีระดับคำศัพท์ (Lexical Level Ontology-TO/K-L)	คำศัพท์ทั่วไป (คำนาม คำกิริยา คำคุณศัพท์ ฯลฯ (โหนด และ การเชื่อมโยง ประกอบด้วย เครือข่ายงาน กระบวนการทั่วไป (GPN)	กฎไวยากรณ์ในกระบวนการทั่วไป การทำความเข้าใจของกระบวนการทั่วไป (การทำความเข้าใจไวยากรณ์)
ออนโทโลยีระดับแนวคิด(Conceptual Level Ontology - TO/K-C)	คำศัพท์ที่ได้รับการยอมรับสำหรับวัตถุประสงค์ (objects) และกิจกรรมงาน (task activities)	ประสิทธิภาพเช่นเดียวกับการทำความเข้าใจของกิจกรรม
แหล่งเก็บระดับสัญลักษณ์ (Symbol Level Library-TO/S)	องค์ประกอบโปรแกรมในระดับสัญลักษณ์	แอกเซียมสัมพันธ์กับกระบวนการดำเนินการให้สำเร็จบนฐานเชิงความหมายในการคำนวณระดับสัญลักษณ์

1.2 **ออนโทโลยีระดับแนวคิด** นำเสนอความเข้าใจการแก้ไขปัญหาที่ได้รับการจัดการในคลาสแนวคิดทั่วไป (generic concept class) เช่น กิจกรรม วัตถุประสงค์ สถานการณ์ ฯลฯ ความสัมพันธ์ระหว่างคำศัพท์ (lexical) และแนวคิด เช่น คำกริยา คำนาม คำคุณศัพท์ ที่สอดคล้องกับกิจกรรม วัตถุประสงค์ และสถานการณ์ ตามลำดับ

1.3 **ออนโทโลยีสัญลักษณ์ (TO/S)** เป็นการรวบรวมระดับสัญลักษณ์ (symbol level CLOS)

2. การกำหนดเอกเซียม (Axiom) ระหว่างแนวคิดของออนโทโลยีงานในการดำเนินการให้สำเร็จในระดับ แนวคิด ประกอบด้วย 1) กิจกรรมที่สัมพันธ์ระหว่างเหตุและผล โดยจัดเก็บความสัมพันธ์หน้าที่ระหว่างกิจกรรม 2) วัตถุประสงค์ที่สัมพันธ์ระหว่างเหตุและผล โดยจัดเก็บเป็นความสัมพันธ์ระหว่างวัตถุประสงค์ ทรัพยากร วัตถุประสงค์นำเข้า (input) ของกิจกรรม และวัตถุประสงค์ที่เป็นผลลัพธ์ (output) ของกิจกรรม

จากการศึกษาออนโทโลยีงานได้มีนักวิชาการนำเสนอแนวคิดในการพัฒนาออนโทโลยีงาน ในขอบเขตที่น่าสนใจ ได้แก่ ออนโทโลยีการวางแผน ออนโทโลยีงาน การกำหนดแผนการ และออนโทโลยีงานแผน

1) ออนโทโลยีงานการวางแผน

การวางแผน หมายถึง การจัดทำรายละเอียดที่เป็นแบบแผนของความต่อเนื่องของแผนงาน (plan-task) และการดำเนินการที่ร่วมกันด้วยแผนงาน (plan-task) ซึ่งแผนงานและการดำเนินการสามารถประสบความสำเร็จด้วยหน่วยงานที่รับผิดชอบ (agent) เพื่อเปลี่ยนแปลงสถานการณ์เบื้องต้นไปสู่เป้าประสงค์ (goal) ทั้งนี้ผลลัพธ์ของงานการวางแผน คือ แผน (plan) ที่นำไปใช้กับเกณฑ์การแก้ปัญหาที่เฉพาะเจาะจง

แนวคิดการพัฒนาออนโทโลยีงานการวางแผน

Rajpathak & Motta (2004) ได้เสนอแนวคิดโดยใช้ทฤษฎีงานวางแผน (planning task) ในระดับทั่วไป เป็นการผสมผสานกระบวนการทัศนการวางแผนที่แตกต่างกัน และได้กำหนดนิยามการวางแผน ประกอบด้วย คุณลักษณะของกระบวนการวางแผน 3 แบบ ได้แก่ 1) การวางแผนแบบดั้งเดิม (classical planning) วัตถุประสงค์หลักอยู่ที่การได้มาซึ่งเป้าประสงค์ (goal) คุณลักษณะชุดของเงื่อนไขเบื้องต้น จำนวนของการดำเนินการวางแผนที่ถูกนำมาใช้เพื่อเปลี่ยนแปลงสถานการณ์ เป้าประสงค์ ด้วยวิธีที่ต่อเนื่องของขั้นตอน (Fike & Nilson, 1971) 2) การวางแผนด้วยทฤษฎีการตัดสินใจ (decision

theoretic planning-DTP) การสร้างด้วยปัจจัยความคาดหวังที่สูง เทคนิคสำหรับการแก้ปัญหาการตัดสินใจที่ต่อเนื่อง เช่น การวิเคราะห์การตัดสินใจ เศรษฐกิจ และวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Erol; Hendler and Nau, 1994) 3) เครือข่ายงานตามลำดับชั้น (hierarchical task networks - HTN) (Blythe, 1999) เป็นการแบ่งกระบวนการวางแผนออกเป็นส่วนๆ โดยใช้กระบวนการวิธีการ (methods) แผนเสร็จสมบูรณ์เมื่อเครือข่ายผลลัพธ์ที่ประกอบด้วยงานเบื้องต้น (primitive-task) และการแก้ปัญหาที่คงที่ด้วยชุดของกฎเกณฑ์ที่นำไปสู่การปฏิบัติ

คุณลักษณะออนโทโลยีงานการวางแผน ประกอบด้วย

1. คุณลักษณะทั่วไปของงานการวางแผน ประกอบด้วย สถานการณ์เบื้องต้น (initial-world-state) เป้าหมาย (goal) แผนงาน (plan-task) การดำเนินการ (actions) หน่วยงานที่รับผิดชอบ (agents) พารามิเตอร์ (parameters) กรอบเวลา (time-horizon) กฎเกณฑ์ (constraints) ทางเลือก (preferences) ค่าใช้จ่ายที่มีประสิทธิภาพ (cost- function) โมเดลแผน (plan-model)

- สถานการณ์เบื้องต้น (initial-world-state) เป็นการอธิบายสถานการณ์เบื้องต้นที่จุดเริ่มต้นของกระบวนการวางแผน

- เป้าประสงค์ (goal) เป็นการอธิบายสถานการณ์ความต้องการที่ต้องการประสบความสำเร็จตลอด

ทั้งกระบวนการวางแผน

- แผนงาน (plan-task) เป็นชุดของแผนงาน ซึ่งกำหนดเป้าประสงค์ที่เป็นกลาง (intermediate goals) ที่ต้องการบรรลุผลสำเร็จเป้าประสงค์ทั้งหมดของงานการวางแผน

- การดำเนินการ (actions) สำหรับแต่ละแผนงานเป็นชุดที่มีการกำหนดขอบเขตของการดำเนินการ ซึ่งต้องการบรรลุผลสำเร็จของแผนงาน

- หน่วยงานที่รับผิดชอบ (agents) เป็นชุดของหน่วยงานที่รับผิดชอบ ซึ่งรับผิดชอบต่อความสำเร็จแผนงานตลอดทั้งความสำเร็จของการดำเนินการ

- พารามิเตอร์ (parameters) พารามิเตอร์สามารถทำให้เห็นตัวชี้ (pointer) ในระดับรายละเอียด (meta-level) ของเอนทิตีขอบเขตเรื่องใดเรื่องหนึ่งซึ่งเกี่ยวข้องกับกระบวนการวางแผน

- **กรอบเวลา (time-horizon)** กรอบเวลาที่กำหนดไว้ซึ่งแผน (plan) ต้องนำไปปฏิบัติ
- **กฎเกณฑ์ (constraints)** ชุดของกฎเกณฑ์ซึ่งไม่จำเป็นต้องรุนแรง กฎเกณฑ์ส่วนใหญ่ตั้งข้อสังเกตในการวางแผนไม่ผูกมัดและแปรเปลี่ยนได้ (variable binding) ความสัมพันธ์ที่เป็นไปตามลำดับ (ordering relation) และการสงวนรักษาไว้แต่ละช่วงเวลา (interval preservation)
- **ทางเลือก (preferences)** ชุดของเกณฑ์สำหรับการจัดลำดับแผนที่เหมาะสมที่สุด (competing plans) มีความสำคัญในการสนับสนุนการจัดหาและการออกแบบเดลของเกณฑ์ระหว่างกระบวนการจัดหาความรู้ และเรียกว่า กฎเกณฑ์ที่สามารถยืดหยุ่น (soft constraints) ได้ในหลากหลายแนวคิดเพื่อออกแบบและวางแผน (planning)
- **ค่าใช้จ่ายที่มีประสิทธิภาพ (cost- function)** โดยจัดเตรียมกลไกสำหรับการเปรียบเทียบความคุ้มค่าของแผนที่เป็นทางเลือก (alternative plans)
- **เกณฑ์การแก้ปัญหา (solution criterion)** เป็นการเชื่อมโยงจากแผน (plan) (ที่ดำเนินการถูก/ผิด) ถ้าแผนที่ได้รับเลือก (candidate plan) ในการแก้ปัญหา เกณฑ์การแก้ปัญหาปกติต้องการแผนที่สมบูรณ์และเชื่อถือได้
- **โมเดลแผน (plan-model)** แผนที่ได้รับเลือกเป็นความต่อเนื่องของแผนงานและหน่วยงานที่รับผิดชอบ ซึ่งแผนงานและหน่วยงานที่รับผิดชอบสามารถทำให้บรรลุผลสำเร็จเกี่ยวข้องกับการดำเนินการร่วมกับแผนงาน

2. คุณลักษณะที่เป็นแบบแผนของออนโทโลยีงาน ประกอบด้วย การกำหนดนิยาม

2.1 การวางแผนงานและแผนการแก้ปัญหา (planning-Task and plan-solution)

ออนโทโลยีเป็นการกำหนดคลาสการวางแผนงาน (class planning-task) ซึ่งเป็นคุณลักษณะของปัญหาการวางแผน ประกอบด้วยบทบาท (roles) การนำเข้า (input) และผลลัพธ์ (output) เงื่อนไขเบื้องต้น (precondition) และเป้าหมายที่ต้องการแสดงออก (goal-expression) การจำลองกรอบแนวคิดบนพื้นฐานงาน (task) และกระบวนการแก้ไขปัญหา (problem solving methods-PSMs) เงื่อนไขเบื้องต้น (precondition states) ซึ่งงานการวางแผน (planning task) จำเป็นต้องรวบรวมรายละเอียดเบื้องต้นและสถานการณ์เป้าหมาย (goal states) เป้าประสงค์ที่แสดงออก (goal-expression) เป็นเป้าหมาย

ของงานการวางแผน (planning task) ที่สร้างแผน (plan) รวมทั้งกำหนดเกณฑ์ การแก้ปัญหา (solution criterion)

2.2 สถานการณ์เบื้องต้นและรายละเอียดเป้าหมายประสงค์ (Initial state and goal description)

รายละเอียดของสถานการณ์เบื้องต้นและรายละเอียดเป้าหมายประสงค์ เป็นชุดของสถานการณ์ที่แสดงออกสถานการณ์ปัจจุบัน และสถานการณ์การตัดสินใจที่ต้องการบรรลุผลสำเร็จ สถานการณ์ที่แสดงคุณสมบัติ (properties) ของพารามิเตอร์ (parameters) และรายละเอียดเป้าหมายประสงค์เป็นการแสดงออกแบบตรรกะ

2.3 แผนงาน (plan task) แผนงานนำเสนอจำนวนของคุณลักษณะ (attributes) ประกอบด้วย

- มีพารามิเตอร์ (Has-parameter) คุณสมบัติ (slots) ที่นำเสนอพารามิเตอร์ร่วมกับแผนงาน (plan-task) สามารถกำหนดโดยการวิเคราะห์เงื่อนไขก่อน (precondition) การดำเนินการ (actions) และเงื่อนไขหลัง (postcondition) การทำให้ชัดเจนด้วยกระบวนการที่เป็นเหตุผล (reasoning process)
- มีเงื่อนไขก่อน (has-precondition) คุณสมบัติที่ประกอบด้วยสถานการณ์ที่เป็นตรรกะ ซึ่งสถานการณ์จะต้องถูกต้องก่อนบรรลุผลสำเร็จแผนงาน (plan-task) เช่น ถ้าแผนงานเป็นแสดงการเชื่อมต่อโดยหุ่นยนต์ ดังนั้น แขนของหุ่นยนต์จะต้องถือปืนก่อนดำเนินการเชื่อมต่อ
- มีเงื่อนไขหลัง (has-postcondition) คุณสมบัติที่ประกอบด้วยสถานการณ์ที่เป็นตรรกะ ซึ่งสถานการณ์จะต้องถูกต้องหลังจากบรรลุผลสำเร็จแผนงาน (plan-task)
- บรรลุผลสำเร็จด้วยการดำเนินการ (achieved-by-actions) คุณสมบัติที่บ่งชี้การปฏิบัติงานซึ่งต้องการบรรลุผลสำเร็จแผนงาน (plan-task)
- หน่วยงานที่รับผิดชอบ (requires-agents) คุณสมบัติที่เกี่ยวข้องกับแผนงาน (plan-task) ของหนึ่งหน่วยงานหรือมากกว่าหนึ่งหน่วยงานที่สามารถให้งานแผน (plan task) บรรลุผลสำเร็จ
- มีลำดับเวลา (has-time-range) คุณสมบัติที่นำเสนอลำดับเวลาที่แผนงานจะต้องนำไปสู่การดำเนินการ เป็นการนำเสนอเวลาก่อนเริ่มต้น (earliest start

time) และเวลาหลังสุดก่อนเวลาเริ่มต้น (latest start time) และเวลาที่ครบกำหนด (end times)

สำหรับความสัมพันธ์ (relation) และหน้าที่ (function) ของออนโทโลยีงานสามารถนำมาใช้ในการ ตรวจสอบ ถ้าแผนงานที่บรรลุผลสำเร็จขณะที่สร้างแผน (plan) เช่น ความสัมพันธ์หน่วยงานที่รับผิดชอบความสำเร็จของแผนงาน (agent executes plan-task) หน่วยงานที่รับผิดชอบ แผนงาน แผนจำลอง ความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยงานที่รับผิดชอบ แผนงาน และแผนจำลอง กล่าวว่าหน่วยงานที่ทำให้แผนงานสำเร็จในการวางแผน ความสัมพันธ์แผนงานที่สำเร็จเป็นความสัมพันธ์ระหว่างแผนงานและแผนจำลอง การตรวจสอบ ถ้าแผนงานสำเร็จโดยหน่วยงานที่รับผิดชอบรวมทั้งความสำเร็จของการดำเนินการร่วมกัน และความสัมพันธ์แผนงานที่ไม่สำเร็จ (plan-task-is-unachieved) ตรงข้ามกับความสัมพันธ์แผนงานที่สำเร็จ (plan-task-is-achieved) สิ่งสำคัญคือ การควบคุมกลไกกลไกนำเข้าสำหรับการบรรลุผลสำเร็จแผนงานเพื่อสร้างแผนการแก้ปัญหา (solution plan) หน้าที่การดำเนินการร่วมกับแผนงาน (actions associated-with-plan-task) และหน่วยงานที่รับผิดชอบร่วมกับแผนงาน (agents-associated-with-plan-task) ใช้เพื่อค้นหาการดำเนินการแผนงานทั้งหมดและหน่วยงานที่ร่วมด้วยขณะที่กำลังสร้างแผน ส่วนหน้าที่ (function) เรียกว่า ความต่อเนื่องของแผนงาน (duration-of-a-plan-task) ถูกกำหนดการคำนวณความต่อเนื่องของแผนงาน หน้าที่นำไปสู่การนำเข้าตามลำดับเวลา (time range) ของแผนงานและคำนวณความต่อเนื่องแผนงานโดยการหักเวลาที่สิ้นสุดของแผนงานจากเวลาที่เริ่มต้นของระยะเวลาแผนงาน

2.4 การดำเนินการ (action)

การดำเนินการที่เกี่ยวข้องกับแผนงาน (plan-task) แต่ละครั้ง รวมทั้งการกำหนดเงื่อนไขก่อน (precondition) และเงื่อนไขหลัง (postcondition) ความแตกต่างหลักระหว่างการดำเนินการและแผนงาน เป็นการแบ่งแยกส่วนการดำเนินการภายในจำนวนของการดำเนินการ ขณะที่การดำเนินการไม่ได้ขยายหรือเพิ่มเติมออกไปจากโมเดลการวางแผน (planning model) ตัวอย่างเช่น การวางแผนการขนย้ายกระเป๋าเดินทาง ถ้าแผนงานเป็นการโหลดกระเป๋าเดินทางเข้าไปในรถ ดังนั้น การดำเนินการที่ทำร่วมกันกับแผนงาน (plan-task) คือ การเปิดประตู (open-door) การแสดงการโหลดกระเป๋าเดินทาง (perform-package-loading) การเปิดประตู (close-door) เป็นต้น

2.5 หน่วยงานที่รับผิดชอบ (agent)

คลาสหน่วยงานที่รับผิดชอบนำเสนอเป็นบุคคล (person) กลุ่ม (group) หรือเอนทิตี (entity) ซึ่งมีวัตถุประสงค์และความรับผิดชอบต่อความสำเร็จของแผนงานที่แตกต่างกัน รวมทั้งความสำเร็จของการดำเนินการ ประกอบด้วยคุณลักษณะ (attributes) สามารถดำเนินการแผนงาน (can-executes-plan-task) ควบคุมวัตถุประสงค์ (holds-a-purpose) มีกรอบระยะเวลา (has-time-windows)

- สามารถดำเนินการแผนงาน (can-executes-plan-task) คุณสมบัติที่รวมแต่ละหน่วยงานที่รับผิดชอบต่อแผนงานที่เป็นไปได้ และสามารถบรรลุผลสำเร็จในการสร้างแผน (plan)
- ควบคุมวัตถุประสงค์ (holds-a-purpose) คุณสมบัติที่แสดงออกถึงทัศนคติ การรับรู้ของหน่วยงานที่รับผิดชอบ เอนทิตีทางกายภาพ หน่วยงานอื่นๆ ที่รับรู้หรือรู้สึก หรือกฎเกณฑ์
- กรอบระยะเวลา (has-time-window) คุณสมบัติที่นำเสนอข้อจำกัดของกรอบเวลา ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อหน่วยงานที่รับผิดชอบในการบรรลุผลสำเร็จแผนงาน (plan-tasks) และนำเสนอเวลาเริ่มและเวลาสิ้นสุด

2.6 กฎเกณฑ์หรือทางเลือก (constraint and preference)

คลาสของกฎเกณฑ์นำเสนอคุณสมบัติ (property) การแก้ปัญหาที่นำเชื่อถือด้วยทฤษฎี เทคนิค วิศวกรรม หรือการดำเนินการควบคุมรับรู้ ซึ่งสามารถใช้กำหนดแผนที่นำเชื่อถือ กฎเกณฑ์ที่ยืดหยุ่นใช้กำหนดเกณฑ์ร่วมกับการแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุด

2.7 เกณฑ์ที่เหมาะสมที่สุดกับแผน (plan optimization criterion)

งานการวางแผน (planning task) เป็นความพยายามที่ค้นหาการแก้ปัญหาที่สมบูรณ์ ออนโทโลยีงานเป็นการจัดเก็บเกณฑ์ที่เหมาะสมที่สุดกับแผน ซึ่งเลือกแผนที่เหมาะสม เช่น ค่าใช้จ่ายน้อย ใช้เวลาน้อยที่สุด

ความเหมาะสมเกี่ยวข้องกับวิธีการสร้าง คือ การจัดเก็บความรู้ที่จำเป็นต่อการจัดลำดับทางเลือก วิธีการแก้ปัญหาที่ได้รับเลือก (candidate solutions) และค่าใช้จ่ายที่มีประสิทธิภาพ (cost-function) จัดเตรียมเกณฑ์ที่เหมาะสมกับค่าใช้จ่ายที่มีประสิทธิภาพ และจัดลำดับที่โดยทางเลือก รวมทั้งแอกเซียมค่าใช้จ่าย การจัดกลุ่ม-ทางเลือก (cost subsumes-preferences) และค่าใช้จ่าย-ทางเลือก-ความคงที่ (cost-preference-consistency)

แอกเชื่อมแรกเป็นค่าใช้จ่ายที่มีประสิทธิภาพที่ควรแสดงออกตามลำดับ โดยเกี่ยวข้องกับทางเลือก แอกเชื่อมที่สองเป็นค่าใช้จ่ายที่มีประสิทธิภาพไม่ควรเชื่อมโยงกับทางเลือก เพราะว่าทางเลือกมีวัตถุประสงค์เพื่อความหลากหลาย ค่าใช้จ่ายที่มีประสิทธิภาพไม่ควรเป็นเฉพาะค่าตัวเลข

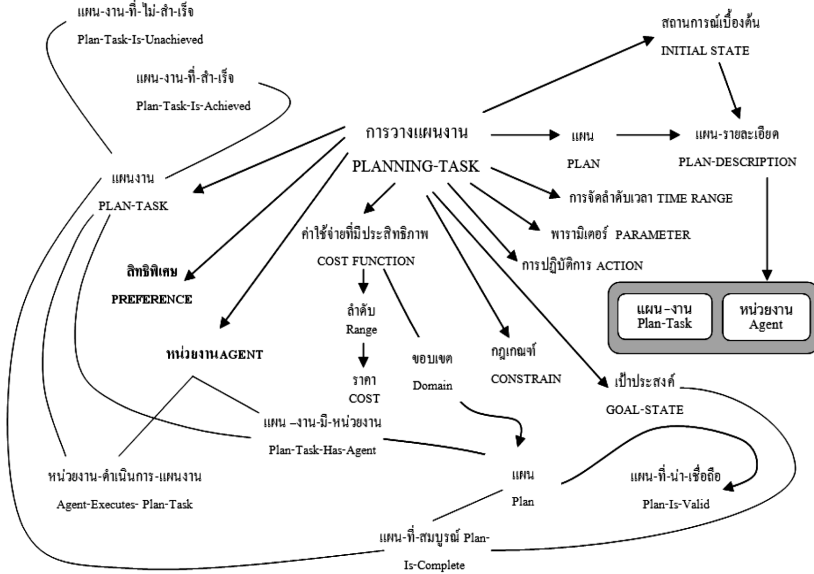
3. แอกเชื่อม/กฎเกณฑ์ในออนโทโลยีงานการวางแผน

แอกเชื่อมที่รวบรวมไว้ในออนโทโลยี ประกอบด้วยชุดที่คงที่ของโมเดลด้วยออนโทโลยี ประกอบด้วย

- แผน-งาน-การเรียงลำดับ-การดูแล-ก่อน-และ-หลัง-เงื่อนไข (plan-task-ordering-maintains-pre-and-post-condition) ถ้าแผนงานสองแผนงานมีกฎเกณฑ์โดยความสัมพันธ์เป็นไปตามลำดับ ดังนั้น เงื่อนไขก่อน (precondition) ของแผนงานที่สองจะต้องเสร็จหลังจากแผนงานแรกบรรลุผลสำเร็จ

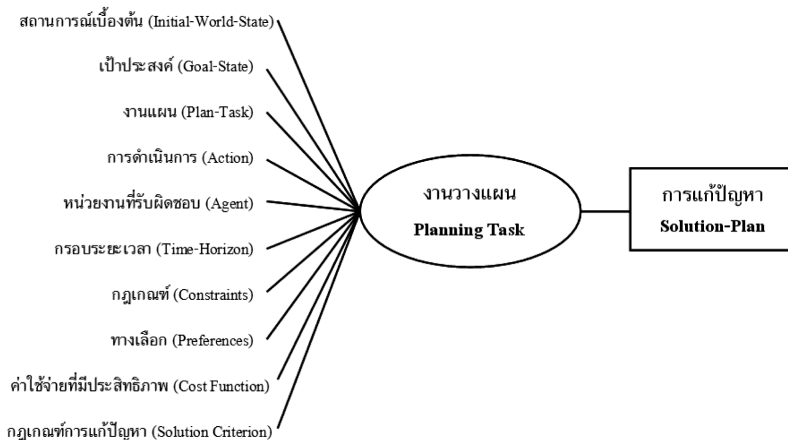
- แผน-การดูแล-ความสมบูรณ์-ความสำเร็จ (plan-maintains-complete-exclusion) แอกเชื่อมนี้ดูแลการบรรลุผลสำเร็จที่สมบูรณ์ระหว่างสองแผนงานตลอด ตั้งแต่ต้นจนจบการสร้างแผน โดยที่แผนงานทั้งสองไม่สามารถเกิดขึ้นในเวลาเดียวกันถ้าเป็นหน่วยงานที่รับผิดชอบเดียวกัน

- เงื่อนไข-ความสม่ำเสมอ-ระหว่าง-แผน-งาน-และ-การดำเนินการ (condition-consistency-among-plan-task-and-action) ถ้าแผนงานที่มีอยู่มีความต่อเนื่องของการดำเนินการร่วมกัน หน่วยงานที่รับผิดชอบ หน่วยงานที่ 1 และหน่วยงานที่ 2 ดังนั้นการกำหนดเงื่อนไขของแผนงานจะต้องดำเนินการแผนงานแรกก่อน และแผนงานแรกต้องบรรลุผลสำเร็จและเงื่อนไขหลังสุดของแผนงานจะต้องบรรลุผลสำเร็จการดำเนินการท้ายสุด



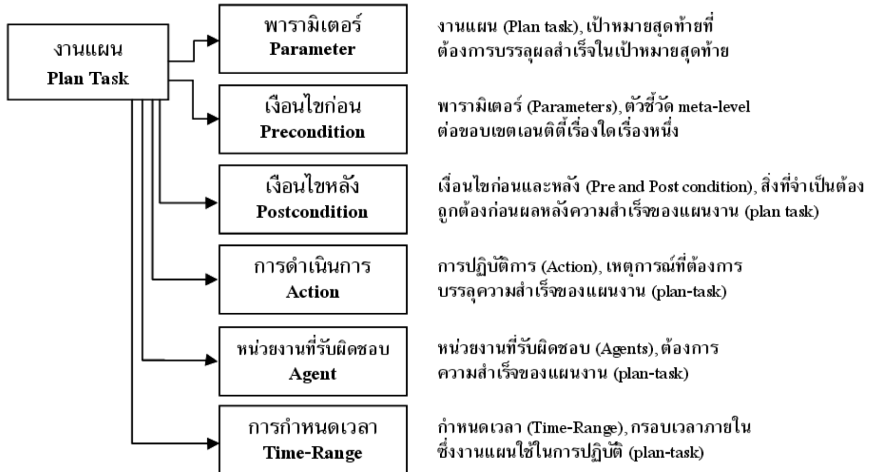
ภาพที่ 1 โมเดลออนโทโลยีงานการวางแผน (Rajpathak & Motta, 2004)

คุณลักษณะของการวางแผน
(Specification of the Planning Task)



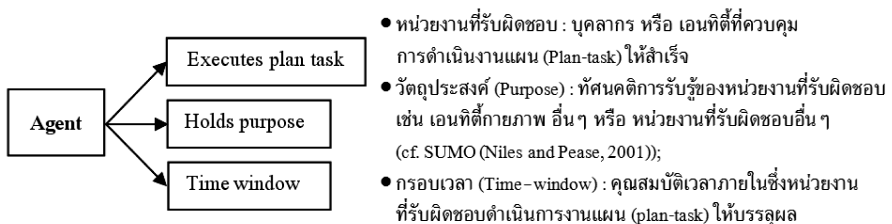
ภาพที่ 2 คุณลักษณะของงานการวางแผน (Rajpathak & Motta, 2004)

งานแผน (Plan Task)



ภาพที่ 3 งานแผน (Rajpathak & Motta, 2004)

หน่วยงานที่รับผิดชอบ (Agents)



ภาพที่ 4 หน่วยงานที่รับผิดชอบ (Rajpathak & Motta, 2004)

2) ออนโทโลยีงานการกำหนดแผนการ

แนวคิดการพัฒนาออนโทโลยีงานการกำหนดแผนการ

ในกระบวนการวางแผน การกำหนดแผนการเป็นกระบวนการออกแบบ การสร้างกิจกรรมที่สัมพันธ์กับเวลา (Friedland & Iwasaki, 1985) Rajpathak; Motta & Roy (2001) ได้พัฒนาออนโทโลยีงานสำหรับการกำหนดแผนการ (scheduling task) โดยทั่วไปงานการกำหนดแผนการเป็นคุณลักษณะของการกำหนดแผนการที่มีการกำหนดงานด้วยข้อกำหนดเงื่อนไขของเวลา (time-constrained jobs) รวมทั้งทรัพยากรที่มีการกำหนดเงื่อนไขเวลา (time-constrained resources) ซึ่งนำเสนอความสมบูรณ์ตามกรอบเวลาที่กำหนด (time horizon) ของแผนการ (schedule) แผนที่ยอมรับได้ (admissible schedule) การกำหนดกฎเกณฑ์ที่เข้มงวดและยืดหยุ่น (hard and/or soft constraints) ด้วยการกำหนดงาน (jobs) หรือทรัพยากร (resources) ผลลัพธ์ของงานการกำหนดแผนการ (scheduling task) เป็นแผนการที่ถูกต้องตามระเบียบ (legal schedule) สอดคล้องกับกฎเกณฑ์วิธีการแก้ปัญหาที่กำหนดไว้ เช่น ความสมบูรณ์ (complete) และพอยอมรับได้ (admissible) (Saucer, 1999; Weben & Fox (editors), 1994)

ออนโทโลยีงานการกำหนดแผนการ ประกอบด้วย 1) ออนโทโลยีงานทั่วไปสำหรับแผนการ (scheduling) และ 2) ออนโทโลยีงาน (task ontology) เน้นถึงการอธิบายรายละเอียดของคลาสงาน การกำหนดแผนการ บทบาทของออนโทโลยีงาน รวมทั้งคุณลักษณะที่ชัดเจนของคลาสแผนการที่นำไปประยุกต์ใช้ (scheduling applications)

คุณลักษณะออนโทโลยีงานการกำหนดแผนการ

1. **คุณลักษณะทั่วไปของงานการกำหนดแผนการ** การกำหนดแผนนำเสนอการเชื่อมโยง 7 มิติ {J, R, HC, SC, Str, P, Cf} เพื่อการแก้ปัญหาสำหรับแผนการ {Ssol1, ..., Ssoln} องค์ประกอบของงานแผนการประกอบด้วย

งาน (J = Jobs) ชุดของงาน (jobs) ซึ่งสามารถกำหนดด้วยชุดของทรัพยากร (resources)

ทรัพยากร (R = Resources) ชุดของทรัพยากรที่เป็นประโยชน์ต่องานที่ได้รับมอบหมาย

กฎเกณฑ์ที่เข้มงวด (Hc = Hard constraints) ชุดของกฎเกณฑ์ที่เข้มงวดซึ่งไม่สามารถละเมิดโดย วิธีการแก้ปัญหาแผนการ (schedule solution)

กฎเกณฑ์ที่ยืดหยุ่นได้ (Sc = Soft constraints) ชุดของกฎเกณฑ์ที่ยืดหยุ่นถ้าจำเป็นต่อความสำเร็จของวิธีการแก้ปัญหาแผนการ (schedule solution)

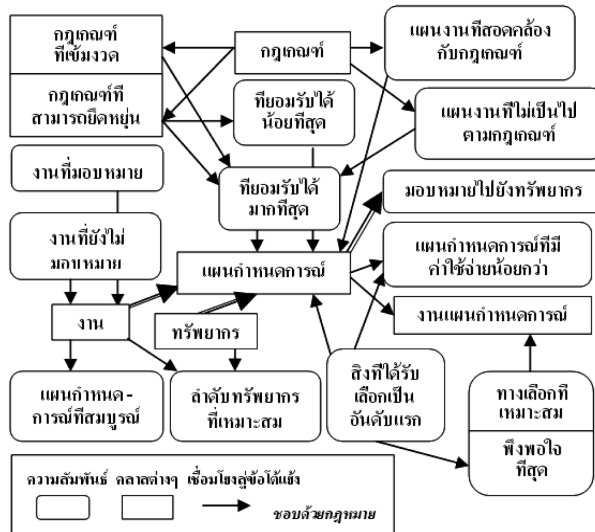
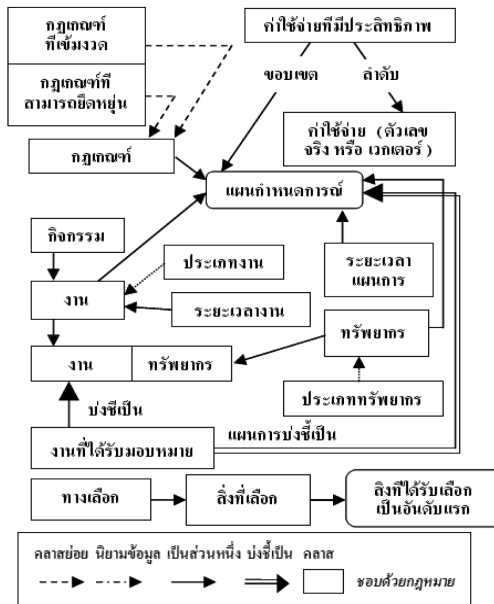
ระยะเวลาแผนการ (Str = Schedule time-range) กรอบเวลาที่สมบูรณ์ของแผนการ

ทางเลือก (P = Preferences) ชุดของทางเลือกซึ่งสามารถใช้กำหนดบรรทัดฐานสำหรับการเลือกระหว่างวิธีการแก้ปัญหาแผนการที่สมบูรณ์ (competing schedule solutions)

ค่าใช้จ่ายที่มีประสิทธิภาพ (Cf = Cost function) เป็นการปฏิบัติหน้าที่ในการคำนวณค่าใช้จ่าย / ต้นทุนต่อวิธีการแก้ปัญหาแผนการสุดท้าย (final schedule solution)

ประเภทของกฎเกณฑ์สำหรับการแก้ปัญหาแผนการ (schedule solution)

- แผนการที่สมบูรณ์ (schedule = Si) (complete c) ถ้างานทั้งหมดถูกกำหนดด้วยทรัพยากรที่เป็นประโยชน์โดยความสมบูรณ์ต่อแผนการ
- แผนการ เป็นสิ่งที่อย่างน้อยที่พอจะยอมรับได้ (minimally admissible min-a) ถ้าชุดทั้งหมดของกฎเกณฑ์เงื่อนไขที่เข้มงวดเป็นที่พึงพอใจ
- แผนการเป็นสิ่งที่อย่างมากที่พอจะยอมรับได้ (maximally admissible max-a) (ถ้าเป็นสิ่งที่อย่างน้อยพอจะยอมรับได้) (เป็นความพึงพอใจทั้งหมดต่อกฎเกณฑ์ที่เข้มงวด (hard constraints) และพึงพอใจต่อกฎเกณฑ์ที่ยืดหยุ่นเช่นกัน (soft constraints)
- แผนการที่ชอบด้วยกฎหมาย (legal) เป็นวิธีการแก้ปัญหาแผนการ (schedule-solution-Ssol) ถ้าทั้งหมดมีความสมบูรณ์และอย่างมากสุดพอที่จะสามารถยอมรับได้
- การแก้ปัญหาแผนการที่เหมาะสมที่สุด (schedule solution, Ssol-d) เป็นที่น่าพอใจที่สุด ถ้าไม่มีแผนการอื่นที่ค่าใช้จ่ายต่ำกว่า (ค่าใช้จ่ายของวิธีการแก้ปัญหาแผนการสุดท้ายคำนวณโดยการปฏิบัติหน้าที่ที่ใช้จ่ายที่เป็นที่น่าพอใจที่สุดต่อวิธีการแก้ปัญหาแผนการอื่นๆ (Ssol-r)



ภาพที่ 5 แบบจำลองกรอบแนวคิด และแผนผังความสัมพันธ์ระหว่าง
คลาสสอนโพลีอิงงานการกำหนดแผนการ (Rajpathak; Motta & Roy, 2001)

การกำหนดแผนการมอบหมายงานต่อทรัพยากร และออนโทโลยีงาน อยู่บนฐานของงานเป็นศูนย์กลาง (job centered) ออนโทโลยีงานการกำหนดแผนการเป็นการทำโมเดลความรู้ด้วยเทคนิคการใช้โครงสร้างการกำหนดนิยามคลาส (class) และคุณลักษณะ (attributes) คุณสมบัติ (slots) ความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน (binary relation) ภายในคลาสเฉพาะ (particular classes) (Dominique ; Motta & Corcho Garcia, 1999)

2. ออนโทโลยีงานการกำหนดแผนการ ประกอบด้วย 54 นิยาม และพัฒนาจากออนโทโลยีเวลา (time ontology) ซึ่งนำเสนอมาตรฐานเวลา และฐานออนโทโลยี (base ontology) รวบรวมนิยามเพื่อจัดทำโมเดลแนวคิด เช่น งาน (task) ความสัมพันธ์ (relation) หน้าที่ (function) บทบาท (roles) จำนวน (number) ชุด (set) รายละเอียดประกอบด้วย

2.1 คลาสงาน (class job)

- **นิยามงาน (job)** นำเสนอคลาสที่เป็นแนวคิด ซึ่งรวมทั้งลำดับกิจกรรมที่หลากหลาย (activity-ranges) และได้รับการมอบหมายทรัพยากรเพื่อดำเนินการให้สำเร็จ (execution)
 - **ลำดับกิจกรรม (activity-range)** คุณสมบัติที่นำเสนอความจริงซึ่งทุกงานสามารถลำดับกิจกรรม ซึ่งจำเป็นต้องดำเนินการ (performed) เพื่อให้งานสำเร็จ
 - **ลำดับทรัพยากรที่เหมาะสม (suitable-resource-range)** คุณสมบัติที่อธิบายงาน ชุดของลำดับทรัพยากรที่เหมาะสมเพื่อการดำเนินการให้สำเร็จ (execution)
 - **ลำดับระยะเวลา (time-range)** คุณสมบัติที่สามารถสืบทอดคุณค่า (value) ของคลาสงานตามลำดับเวลา (class job-time-range) ซึ่งนำเสนอเวลาเริ่มต้นก่อนสุดและเวลาสิ้นสุดหลังสุดของงานด้วยหน่วยของเวลา
- ออนโทโลยีงานมีความสัมพันธ์ที่ชัดเจน เรียกว่า การมอบหมายทรัพยากร (assigned-to-resource) ซึ่งจำลองการมอบหมายงาน (job) โดยให้ทรัพยากร (resource) ที่เป็นรายการของคลาสแผนการ (class schedule)

2.2 คลาสประเภทงาน (class job-type)

- นิยามตัวอย่างทั้งหมดของคลาสประเภทงาน (class job-type) เป็นคลาทย่อยของคลาสนงาน (subclasses of class job) ตัวอย่าง เช่น คลาสนงานเชื่อม คลาสนงานย่อยหรือประเภทงาน (job-type) ได้แก่ คลาสการเจาะ (milling) และคลาสการบด (drilling) เป็นต้น

2.3 คลาสกิจกรรม (class activity)

- นิยามกิจกรรมเป็นสิ่งที่นำเสนอชุดที่หลากหลายของการดำเนินการ (operation) สำหรับงานที่มอบหมายให้ทำ ซึ่งนำเสนอขอบเขตรายละเอียดของงานที่ได้รับมอบหมาย โดยแบ่งงานออกเป็นส่วนๆ ตัวอย่างเช่น ถ้างานเป็นการบด (drilling) ดังนั้นชุดของกิจกรรมเป็นการติดตั้งเครื่องจักร (machine set-up) การบรรจุ (loading) การปฏิบัติงานปกติ เป็นต้น

- การกำหนดความต่อเนื่อง (fixed-duration) คุณสมบัตินี้บ่งบอกถึงทุกๆ กิจกรรมมีการกำหนดความต่อเนื่องสำหรับการดำเนินการ ผลรวมความต่อเนื่องทั้งหมดนำเสนอความต่อเนื่องทั้งหมดของงาน

2.4 คลาสทรัพยากร (class resource)

- นิยามทรัพยากรนำเสนอคลาสแนวคิดซึ่งเป็นงานที่ถูกมอบหมายดำเนินการ

- ประเภทที่ได้รับการมอบหมายดำเนินการ (handles-job-type) ประกอบด้วยคุณสมบัติ 2 ส่วน ส่วนแรกนำเสนอคุณสมบัติที่ขัดแย้งประเภทของงาน ซึ่งทรัพยากรที่ได้รับมอบหมาย (handle) ส่วนที่สองกำหนดค่าพื้นฐาน (cardinality value) ซึ่งเป็นความสามารถของการได้รับมอบหมาย n จำนวนงานที่ได้จัดเตรียม ซึ่งงานเหล่านี้สนับสนุนกฎเกณฑ์/แอกเซียมทรัพยากรที่เป็นประโยชน์

- ความต่อเนื่องที่เป็นประโยชน์ (available-duration) ซึ่งบ่งบอกความต่อเนื่องของทรัพยากร ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการนำไปใช้ในงานที่ได้รับมอบหมาย (assigned job) เพื่อรักษาความสม่ำเสมอของความต่อเนื่อง ความสัมพันธ์ถูกสร้างระหว่างความต่อเนื่องของงานกับความต่อเนื่องของทรัพยากรที่ใช้ประโยชน์ ความสัมพันธ์กำหนดกฎเกณฑ์ความต่อเนื่องของงานมักจะน้อยกว่าความต่อเนื่องของทรัพยากรที่ใช้ประโยชน์

- สมรรถนะ (competence) เป็นมาตรวัดคุณภาพของสมรรถนะทรัพยากร ซึ่งชี้ให้เห็นถ้าทรัพยากรมีสมรรถนะดำเนินการตามงานที่มอบหมาย

2.5 คลาสประเภททรัพยากร (class resource-type)

- นิยามตัวอย่างทั้งหมดของคลาสประเภททรัพยากรเป็นคลาทย่อยของคลาสทรัพยากร (class resource) เช่น ประเภทของเครื่องจักรกล ประเภทของพาหนะขนส่ง เป็นต้น

2.6 คลาสกฎเกณฑ์ (class constraint)

- นิยามคลาสกฎเกณฑ์มีการกำหนดนิยามเช่นเดียวกับกฎเกณฑ์ที่เข้มงวดและกฎเกณฑ์ที่ยืดหยุ่น ซึ่งแบ่งออกเป็นคลาทย่อยของคลาสกฎเกณฑ์ กฎเกณฑ์ที่เข้มงวดมักไม่สามารถละเมิดภายใต้สถานการณ์ ซึ่งกฎเกณฑ์ที่ยืดหยุ่นมีความพอใจโดยเวลาที่สำเร็จล่วงหน้าของแผนการ ตัวอย่าง กฎเกณฑ์ (ยืดหยุ่น) วันที่กำหนด (ยืดหยุ่น) กฎเกณฑ์จำเป็นต้องผ่อนปรนสำหรับงานเนื่องจากข้อจำกัดความสามารถของกิจกรรมการผลิต (zweben; fox, 1994) กฎเกณฑ์ทั้งสองถูกนำมาใช้กับงานหรือทรัพยากร รวมทั้งคลาสแผนการ (class schedule) ซึ่งช่วยให้พึงพอใจทั้งเงื่อนไขอย่างน้อยที่สุดกับเงื่อนไขที่มากที่สุดที่พอจะยอมรับได้ของเงื่อนไขของวิธีการแก้ปัญหา (solution)

- มี-การแสดงออก (has-expression) การนำเสนอจำนวนของข้อดี เหตุผลเกี่ยวกับกฎเกณฑ์ที่ เข้มงวดและยืดหยุ่นและคุณสมบัติด้วย รวมทั้งกฎเกณฑ์พิเศษที่กำหนดโดยคลาสพิเศษของการกำหนดแผนการ ที่นำมาใช้ โดยเฉพาะการนำเสนอเป็นพารามิเตอร์ในประเด็นของคู่งาน-ทรัพยากร เช่น งานที่ได้มอบหมายสำหรับคลาสแผนการ

- เงื่อนไขความสามารถในการนำไปใช้ (applicability-condition) เงื่อนไขกำหนดขอบเขตใน การศึกษาสถานะที่จริงของแผนคลาส ความน่าเชื่อถือนี้ถ้ากฎเกณฑ์ที่เข้มงวดและยืดหยุ่นสอดคล้องกับงาน หรือทรัพยากรที่ได้รับความพึงพอใจโดยวิธีการแก้ปัญหาแผนการ (schedule solution)

2.7 คลาสลำดับเวลางาน (class job-time-range)

- นิยามคลาสการบ่งบอกลำดับเวลาที่สำเร็จล่วงหน้าของแต่ละงาน ซึ่งกำหนดเวลาเริ่มต้นและเวลาสิ้นสุดสำหรับงานที่เฉพาะประกอบด้วยคุณสมบัติ (slots) เวลาก่อนเริ่มต้น (earliest start-time) เวลาสิ้นสุดก่อน (earliest end-time) และเวลาหลัง

เริ่มต้น (latest start-time) เวลาสิ้นสุดที่หลัง (latest end-time) ของงาน รวมทั้งหน่วยของเวลา (unit-of-time) ซึ่งบ่งบอกหน่วยของเวลาที่นำเสนอ (expressed)

- เวลาเริ่มต้นก่อน (earliest-start-time) (ณ เวลาขณะนั้น (time-point) นำเสนองานเฉพาะที่เริ่มต้น ก่อนเวลาที่กำหนดไว้ (early a particular job can start)

- เวลาเริ่มต้นสิ้นสุด (latest-start-time) นำเสนองานเฉพาะที่สิ้นสุดหลังจากงานเริ่มต้นและยังไม่ละเมิดกำหนดเวลาของแผน (given time-range of the schedule)

- เวลาสิ้นสุด (earliest-end-time) นำเสนองานเฉพาะที่สามารถเสร็จสิ้นก่อนเวลา

- เวลาสิ้นสุดหลังสุด (latest-end-time) นำเสนองานเฉพาะที่สามารถเสร็จสิ้นหลัง

- หน่วยของเวลา (unit-of-time) บ่งบอกหน่วยเวลาที่กำหนด เช่น นาที (second) ชั่วโมง (hour) เป็นต้น

2.8 คลาสแผนการลำดับเวลา (class schedule-time-range)

- นิยามลำดับเวลา (time-range) นำเสนอเวลาเริ่มต้นและสิ้นสุดของแผนการ (schedule) ซึ่งเป็นกรอบเวลารวมสำหรับแผนการที่ถูกสร้างขึ้น หน่วยของเวลา (unit-of-time) บ่งชี้หน่วยเวลาที่กำหนดไว้แล้ว

- เวลาเริ่มต้นของแผน (start-time)

- เวลาสิ้นสุดของแผน (end-time)

- หน่วยของเวลา (unit-of-time)

ออนโทโลยีงานแยกความสัมพันธ์ เรียกว่า ลำดับเวลาระหว่างงาน และแผนการ (time-range-between-job-and-schedule) ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันระหว่างลำดับเวลา (time-range) ของงาน (job) และแผนการ (schedule) ความสัมพันธ์กำหนดให้มีกฎเกณฑ์ ซึ่งนำเสนอเวลาเริ่มต้น (start-time) ของงานแรก จำเป็นต้องเท่ากับเวลาเริ่มต้น (start-time) หรือหลังเวลาเริ่มต้นของแผนการ (schedule) และเวลาสิ้นสุด (end-time) ของงานสุดท้าย จำเป็นต้องน้อยกว่าหรือเท่ากับเวลาสิ้นสุดของแผนการ ตัวอย่าง ถ้าแผนการกำหนดเวลาเริ่มต้น (9.00 am) ดังนั้นเวลาเริ่มต้นของงานครั้งแรกเป็น

ได้ทั้ง (9.00 am) หรือ (9.01 am) เช่นเดียวกับถ้าแผนการสำเร็จเวลา (6.00 น.) เวลาสิ้นสุดของงานสุดท้ายเป็นได้ทั้ง (6.00 น.) หรือ (5.59 น.)

2.9 คลาสทางเลือก (class preference)

- นิยามคลาสนำเสนอโดยการแสดงออกสิ่งที่เลือก (preference-expression) ดังนั้น การแสดงออกช่วยในการจัดวิธีการแก้ปัญหาแผนการ (schedule solution) ซึ่งมีความสำคัญในการจัดเก็บความแตกต่างระหว่างกฎเกณฑ์ที่ยืดหยุ่นและทางเลือกที่เป็นแนวคิดมากกว่าเป็นแบบแผน และยังเป็นการแสดงความสัมพันธ์แบบความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน (binary relation) สำหรับการศึกษาครั้งนี้อนโทโลยีงานเลือกแผนการที่เหมาะสมบนฐานของค่าใช้จ่าย/ต้นทุนในการกำหนดแผนการ

2.10 คลาสค่าใช้จ่ายที่มีประสิทธิภาพ (class cost-function)

- นิยามค่าใช้จ่ายที่มีประสิทธิภาพ คำนวณค่าใช้จ่ายของแผนการในประเด็นของทางเลือกที่หลากหลาย รวมทั้งจัดเตรียมเกณฑ์ที่กว้างสำหรับการจัดลำดับความแตกต่างวิธีการแก้ปัญหาแผนการ

- ลำดับขอบเขตเรื่องใดเรื่องหนึ่ง (domain/range) ขอบเขตของค่าใช้จ่ายที่มีประสิทธิภาพในเรื่องใดเรื่องหนึ่งเป็นแผนการและลำดับค่าใช้จ่ายที่มีประสิทธิภาพ (cost-function) เป็นค่าใช้จ่าย ค่าใช้จ่ายนำเสนอเป็น ชุดของทั้งตัวเลข (numbers) หรือปริมาณ (vectors)

- ค่าใช้จ่ายที่มีประสิทธิภาพ (cost-function) ถูกสร้างโดยการแยกเป็นกลุ่มทางเลือก (ดูที่การนิยาม กฎเกณฑ์/แอกเซียม (axiom))

2.11 คลาสแผนการ (class schedule)

- นิยามข้อบ่งชี้แผนการถูกนำเสนอเป็นชุดคู่ของงานที่ได้รับการมอบหมาย (job-assignment) ชุดงานที่ได้รับมอบหมายนำเสนอประเด็นของชุดความสัมพันธ์สมาชิก ซึ่งเป็นสิ่งที่จริงสำหรับรายการของชุดงานที่ได้รับมอบหมาย ชุดความสัมพันธ์สมาชิกถูกจำลองโดยการใช้สมาชิกตรวจสอบ (membership-test)

- ตรวจสอบโดยสมาชิก (Membership-Test) ตรวจสอบสมาชิกของคลาสแผนการเป็นความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันระหว่างคลาสงาน (class job) และทรัพยากร และเป็นสิ่งที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้องสำหรับ คู่ของและทรัพยากร (?งาน? ทรัพยากร) เช่น งานที่ได้รับมอบหมายในแผนการ ขอบเขตของความสัมพันธ์สมาชิก

แผนการเป็นงานที่ถูกกำหนดและจัดลำดับ (rang) คือ ทรัพยากรซึ่งได้กำหนดให้ คลาสงานที่ได้มอบหมาย (class job-assignment) ถูกนำมาใช้เพื่อจำลองคุณในรูปของงานและทรัพยากร (งาน ? ทรัพยากร) สุดท้าย คลาสงานที่ได้มอบหมายใช้สำหรับสร้างความพึงพอใจต่อประสิทธิภาพและความจำเป็น ถ้าเงื่อนไขคลาสแผนการบ่งชี้เป็น (Is-A) ชุดของแผนการ (schedule)

3. แอ็กเซียมในออนโทโลยีงาน

ออนโทโลยีงานได้กำหนดแอ็กเซียมเพื่อรับรองสิ่งที่ถูกต้องตามกฎหมายของคุณลักษณะงานแผนการ ภายใต้สภาพแวดล้อม (circumstances)

- *Resource-Availability* แอ็กเซียมกล่าวถึงทรัพยากรเดียวกันไม่สามารถกำหนดให้สำหรับงานสองชุดที่แตกต่างกัน ถ้าลำดับระยะเวลา (time-ranges) คาบเกี่ยวกับกับอีกงาน ขณะที่ทรัพยากรถูกกำหนดให้เฉพาะชุดของงานแผนการ (schedule) ดังนั้นทรัพยากรที่ไม่เป็นประโยชน์สำหรับชุดอื่น ๆ ของงานและลำดับเวลาที่เกี่ยวข้องอื่นๆ จำเป็นต้องสร้างขึ้นและเกี่ยวข้องกับทรัพยากรสำหรับการกำหนดให้ในชุดงานถัดไป

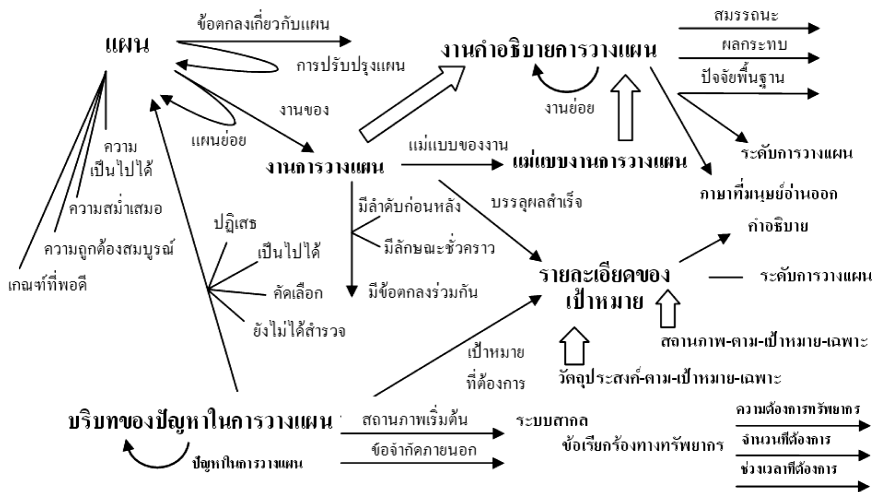
- *Constraints-Are-Either-Hard-Or-Soft* แอ็กเซียมกล่าวถึงกฎเกณฑ์ที่เข้มงวดและยืดหยุ่นเป็นคลาสย่อย (subclasses) ที่ละเอียดถี่ถ้วนของคลาสกฎเกณฑ์ (class constraint) ขอบเขตเพื่อใช้ทั้งสองกฎเกณฑ์

- *Cost-Subsumes-Preferences* แอ็กเซียมกล่าวถึงค่าใช้จ่ายที่มีประสิทธิภาพ (cost-function) ซึ่งคำนวณค่าใช้จ่ายของแผนการ แต่ละกลุ่มทางเลือก (subsumes preferences) เพื่อค่าใช้จ่ายของแผนการ รวมทั้งเกณฑ์ทางเลือกที่เฉพาะ (preference specific criterions) อีกอย่างหนึ่งค่าใช้จ่ายที่มีประสิทธิภาพจำเป็นต้องสร้างโดยการเชื่อมโยงเกณฑ์ค่าใช้จ่ายทางเลือกที่เฉพาะ การกำหนดเกณฑ์ทางเลือกและการเปลี่ยนแปลง (transforming) มีผลต่อค่าใช้จ่ายของ แผนการสุดท้าย (final schedule)

- *Cost-Preference-Consistency* แอ็กเซียมกล่าวถึงค่าใช้จ่ายที่มีประสิทธิภาพ (cost-function) ไม่ควรขัดแย้งกับคลาสทางเลือก ดังนั้นการเรียงลำดับมากกว่าสองแผนการสำหรับทางเลือกการแก้ปัญหาแผนการจำเป็นต้องคงที่ด้วยค่าใช้จ่ายที่มีประสิทธิภาพ (cost-function)

3) ออนโทโลยีงานแผน

การวางแผนประกอบด้วยกิจกรรมที่ก่อให้เกิดแผน ซึ่งเป็นแนวปฏิบัติที่ใช้กำหนดการจัดสรรทรัพยากร ตารางการปฏิบัติงาน และกิจกรรมที่สำคัญเพื่อมุ่งไปสู่การบรรลุเป้าหมาย Gil and Blythe (2000) ได้พัฒนาออนโทโลยีงานแผน PLANET นำเสนอความรู้เกี่ยวกับแผน (plan knowledge) ด้วยแนวคิดหลักที่สำคัญ ได้แก่ บริบทการวางแผนเบื้องต้น (initial-planning-context) เป้าประสงค์ (goals) การดำเนินการ (actions) งาน (tasks) และทางเลือก (choice-points) บริบทการวางแผนเบื้องต้นนำเสนอสมมติฐานเกี่ยวกับปัญหาการวางแผน การอธิบายความเป็นมาของแผนที่สร้างขึ้นมา และสิ่งที่ต้องดำเนินการ บริบทการวางแผนเบื้องต้น ประกอบด้วย สถานการณ์เบื้องต้น รายละเอียดของเป้าหมาย และกฎเกณฑ์ภายนอก และผลลัพธ์ของแผนที่นำเสนอด้วยชุดของข้อตกลงในการนำไปสู่การดำเนินการโดยหน่วยงานที่รับผิดชอบต่อความสำเร็จด้วยเป้าหมายที่เฉพาะ ออนโทโลยี PLANET นำเสนอโมเดลสิ่งแวดล้อมสำหรับแผน โดยออกแบบสถานการณ์ที่แน่นอนเป็นสถานการณ์เบื้องต้น (initial states) สำหรับการนำไปสู่การดำเนินการ แผนการแก้ไขปัญหทั้งหมดนำไปสู่ความน่าเชื่อถือในสถานการณ์เบื้องต้น เป้าประสงค์ (goals) อธิบายความต้องการสำเร็จในกระบวนการสร้างแผน ทั้งนี้บริบทการวางแผนเบื้องต้นไม่ควรกำหนดเป้าหมายที่เฉพาะเจาะจงโดยตรงที่ต้องการสำเร็จ แต่สามารถกำหนดสารสนเทศเบื้องต้นที่เกี่ยวกับสถานการณ์และกฎเกณฑ์ ซึ่งกำหนดจากปัญหาการวางแผน แผนการแก้ไขปัญหามีความถูกต้องสมบูรณ์ (completion) ความสม่ำเสมอ (consistency) ความเป็นไปได้ (feasibility) และเกณฑ์ที่พอดี (justified criteria) ความรู้ที่เป็นทางเลือกหลักขณะที่ยังดำเนินการกำหนดแผนการ เช่น ข้อตกลงเกี่ยวกับงาน (task commitment) ข้อตกลงการจัดลำดับ (ordering commitment) การดำเนินการ (action) เป็นรายละเอียดแผนงาน (plan task description) ซึ่งสามารถนำไปสู่สถานการณ์ ประกอบด้วย แม่แบบ/เทมเพลต (templates) และตัวอย่างที่กำหนดรายละเอียดแผนงาน



ภาพที่ 6 ออนโทโลยีงานแผน (Gil & Blythe, 2000)

การจัดทำแบบแผนออนโทโลยีงานการวางแผน ด้วยทฤษฎีงานวางแผนในการจัด
ทำรายละเอียดที่เป็น แบบแผนของความต่อเนื่องของแผนงาน โดยการกำหนดคุณลักษณะ
ทั่วไปของงานการวางแผน ประกอบด้วย สถานการณ์เบื้องต้น เป้าประสงค์ แผนงาน
การดำเนินการ หน่วยงานที่รับผิดชอบ พารามิเตอร์ ระยะเวลา ข้อจำกัดหรือเงื่อนไข สิทธิ
พิเศษ ค่าใช้จ่ายที่มีประสิทธิภาพ ทั้งนี้ออนโทโลยีงานการวางแผนประกอบด้วยลักษณะ
งาน 2 ส่วน คือ 1) คุณลักษณะทั่วไปของงานการวางแผนงาน ประกอบด้วย สถานการณ์
เบื้องต้น เป้าประสงค์ แผนงาน การดำเนินการ หน่วยงานที่รับผิดชอบ พารามิเตอร์
ระยะเวลา กฎเกณฑ์ทางเลือก ค่าใช้จ่ายที่มีประสิทธิภาพ เกณฑ์การแก้ปัญหา และ
2) คุณลักษณะที่เป็นแบบแผนของออนโทโลยีงาน ซึ่งเป็นกระบวนการแก้ปัญหางาน
การวางแผน ประกอบด้วย แนวคิดการวางแผนงานและแผนวิธีการ สถานการณ์เบื้องต้น
แผนงาน การดำเนินการ หน่วยงานที่รับผิดชอบ กฎเกณฑ์หรือทางเลือก เกณฑ์ที่
เหมาะสมที่สุดกับแผน และเอกซิมมของออนโทโลยีงาน

เอกสารอ้างอิง

- Blythe, Jim. (1999). Decision-Theoretic planning. **AI Magazine**, 20 (2).
- Chandrasekaran, Balakrishnan. (1986). Generic tasks in knowledge-based reasoning: high-level building blocks for expert systems design. **IEEE Expert**, 1 (3): 23-30
- Clancey, W.J. (1985). Heuristic classification. **Artificial Intelligence**, 27(.3): 289-350
- Erol, Kutluhan; Hendler, James & Nau, Dana S. (1994). **Semantics for hierarchical task-network planning**. Technical report CS-TR-3239, University of Maryland at College Park.
- Fensel, D. (2004). **Ontologies: A Silver Bullet for Knowledge Management and Electronic Commerce**. Berlin: Springer_Verlag.
- Fikes, Richard & Nilson, Niles J. (1971). STRIPS: A New approach to the application of theorem proving and problem solving. **Artificial Intelligence**, 2: 189-208.
- Gil, Yolanda & Blythe, Jim. (2000). **PLANET: A sharable and reusable ontology for representing plans**. In Y. Gil and K. L. Myers, editors, Proceedings of the AAAI - Workshop on Representational Issues for Real-World Planning Systems, pages 28-33.
- Guarino, N. (1997). Understanding, building, and using ontologies: a commentary to "using explicit ontologies". In van Heijst, Schreiber, and Wielinga (Eds.). **International Journal of Human and Computer Studies**, (46), 293-310.
- Ikeda, Mitsuru; Seta, Kazuhisa; Kakusho, Osamu; Mizoguchi, Riichiro. (1998). **Task ontology: Ontology for building conceptual problem solving models**. <http://www.ei.sanken.osaka-u.ac.jp/pub/ikeda/ikeda-KAIS98.pdf>
- McDermott, J. (1988). Using problem solving methods to impose structure on knowledge. Proceedings of the International Conference on AI Applications, pp. 7-11.

- Mizoguchi, Riichiro; Vanwelkenhuysen, Johan & Ikeda, Mitsuru . (1995). **Task ontology for reuse of problem solving knowledge**. Towards Very Large Knowledge Bases, pp. 46-57, IOS Press.
- Motta, Enrico. (1999). Reusable components for knowledge modelling - principles and case studies in parametric design problem solving. Netherlands : IOS Press
- Rajpathak, Dnyanesh & Motta, Enrico. (2004) **An Ontological formalization of the planning task**.
- Rajpathak Dnyanesh; Motta, Enrico & Roy, Rajkumar.(2001). **A Generic task ontology for scheduling applications**.
- Saucer, J. (1999). Knowledge-Based Systems techniques and applications in scheduling. Knowledge-Based scheduling techniques in industry, in: Jain, L., Intelligent Techniques in Industry, CRC Press,
- Tate, Austin. (1994.) **Plan ontology - A working document**. In Proceedings of the workshop on ontology development and use. Le Jolle, CA.
- Valente, Andre. (1995). Knowledge-level analysis of planning systems. **SIGART Bulletin**. 6 (1): 33-41.
- Zweben, M.; Fox M. S. (editors) (1994). **Intelligent Scheduling**. Palo Alto,: Morgan Kaufmann.

แนวคิด	โมเดลการพัฒนาออนโทโลยี	กระบวนการพัฒนา ออนโทโลยีงาน	คุณลักษณะออนโทโลยีงาน
Ikeda et al., 1998	โมเดลการแก้ปัญหาในระดับแนวคิด (conceptual level) โดยการรวบรวม คำศัพท์เบื้องต้นของการอธิบาย บริบทการแก้ปัญหา ซึ่งทำให้ง่ายต่อการกำหนดขอบเขตความรู้ใน บริบทการแก้ปัญหา ออนโทโลยีงาน เป็นการกำหนดคุณลักษณะของ แนวคิดและความสัมพันธ์ที่ปรากฏ ในงานที่สนใจ (task of interest) ประกอบด้วย 1) งาน-งานย่อย (task-subtask) สามารถจำแนกประเภทงาน (task categories) ได้แก่ การวินิจฉัย (diagnosis) การควบคุม (monitoring) การกำหนดแผนการ (scheduling) การออกแบบ (design) และ 2) ออนโทโลยีสำหรับกำหนด กระบวนการแก้ปัญหา (problem solving process) แนวคิดดังกล่าว เน้นงานที่เฉพาะเจาะจง (task-specific/task-S) ประกอบด้วย แนวคิด (concept) ที่สัมพันธ์กับ กิจกรรม (activity) และบทบาท (role) ของวัตถุประสงค์ที่กิจกรรมนำไปใช้ การนำเสนอบทบาทกระบวนการแก้ ปัญหา ซึ่งข้อดีของออนโทโลยีงาน ไม่เพียงกำหนดโครงร่าง ที่เฉพาะ ของกระบวนการแก้ปัญหาเท่านั้น และยังนำเสนอบริบทแนวคิดใน ขอบเขตความรู้เรื่องใดเรื่องหนึ่ง (domain concepts) ที่นำมาใช้ด้วย	1) กำหนดความชัดเจนของออนโทโลยีงานโดยกำหนดจากงานที่เฉพาะเจาะจง 2) สร้างออนโทโลยีงาน 3) การกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างออนโทโลยีงานและออนโทโลยีกระบวนการแก้ปัญหา 4) การออกแบบกรอบแนวคิดที่เชื่อมโยงระหว่างโมเดลที่อธิบายด้วยออนโทโลยีและโมเดลการคำนวณ	

แนวคิด	โมเดลการพัฒนาออนโทโลยี	กระบวนการพัฒนา ออนโทโลยีงาน	คุณลักษณะออนโทโลยีงาน
	โมเดลออนโทโลยีงานแบ่งออกเป็น 3 โมเดล โมเดล M(A) โมเดล M(B) และโมเดล M(C) ซึ่ง A, B และ C เป็นหน้าที่ M(A) เป็นโมเดลระดับคำศัพท์ (lexical level model) นำเสนอคำศัพท์ด้วยภาษาธรรมชาติ เป็นคำศัพท์ที่อธิบายกระบวนการแก้ปัญหา และรายละเอียดการแก้ปัญหา ส่วนโมเดล M(B) เป็นโมเดลภายในที่มุ่งหมายนำเสนอความหมายด้วยประโยค เรียกว่า โมเดลระดับแนวคิด (conceptual level) จัดเก็บการทำความหมายของรายละเอียดระดับแนวคิด และโมเดล (C) มีความสามารถที่เป็นพลวัตร เรียกว่า โมเดลระดับสัญลักษณ์ (symbol level model)		
	1. ออนโทโลยีระดับคำศัพท์ แนวคิดทั้งหมดถูกจัดลำดับด้วยคลาสคำ (words classes) เช่น คำกริยาทั่วไป คำนามทั่วไป คำคุณศัพท์ทั่วไป การกำหนดระดับแนวคิดของออนโทโลยีงานกำหนดโดยกว้างๆ และออนโทโลยีงานระดับคำศัพท์		
	2. ออนโทโลยีระดับแนวคิด นำเสนอความเข้าใจการแก้ปัญหาที่ได้รับการจัดการในคลาสแนวคิดทั่วไป (generic concept class) เช่น กิจกรรม วัตถุประสงค์ สถานการณ์ ฯลฯ ความสัมพันธ์ระหว่างคำศัพท์ (lexical) และแนวคิด (conceptual) ที่มีอยู่ เช่น คำกริยา คำนาม คำคุณศัพท์ ที่สอดคล้องกับกิจกรรม วัตถุประสงค์ และสถานการณ์ตามลำดับ		

แนวคิด	โมเดลการพัฒนาออนโทโลยี	กระบวนการพัฒนา ออนโทโลยีงาน	คุณลักษณะออนโทโลยีงาน
	3. ออนโทโลยีสัญลักษณ์ (TO/S) เป็นการรวบรวมระดับสัญลักษณ์ (symbol level CLOS)		
			การกำหนดเอกเซียม (Axiom) ระหว่างแนวคิดของออนโทโลยีงาน ในการดำเนินการให้สำเร็จในระดับ แนวคิด ประกอบด้วย 1) กิจกรรม ที่สัมพันธ์ระหว่างเหตุและผล โดย จัดเก็บความสัมพันธ์หน้าที่ระหว่าง กิจกรรม 2) วัตถุประสงคที่สัมพันธ์ ระหว่างเหตุและผล โดยจัดเก็บเป็น ความสัมพันธ์ระหว่างวัตถุประสงค ทรัพยากร วัตถุประสงคนำเข้า (in- put) ของกิจกรรม และวัตถุประสงค ที่เป็นผลลัพธ์ (output) ของ กิจกรรม
ออนโทโลยีงาน การวางแผน			
Rajpathak and Motta (2004)	แนวคิดโดยใช้ทฤษฎีงานวางแผน ในระดับทั่วไป เป็นการผสมผสาน กระบวนการทศน์การวางแผนที่ แตกต่างกัน และได้กำหนดนิยาม การวางแผนประกอบด้วย คุณลักษณะ ของกระบวนการวางแผน 3 แบบ ได้แก่ 1) การวางแผน แบบดั้งเดิม (classical planning) วัตถุประสงคหลักอยู่ที่การได้มาซึ่ง เป้าประสงค (goal) คุณลักษณะชุด ของเงื่อนไขเบื้องต้น จำนวนของ การดำเนินการวางแผนที่ถูกนำมา ใช้เพื่อเปลี่ยนแปลงสถานการณ์ เป้าประสงค ด้วยวิธีที่ต่อเนื่องของ ขั้นตอน 2) การวางแผนด้วยทฤษฎี การตัดสินใจ (decision theoretic planning-DTP) การสร้างด้วยปัจจัย ความคาดหวังที่สูงเทคนิคสำหรับ		1. คุณลักษณะทั่วไปของงานการ วางแผน (A generic specification of (planning task) ประกอบด้วย สถานการณ์เบื้องต้น (Initial- World-State) เป้าหมาย (goal) แผนงาน (plan-task) การดำเนิน การ (actions) หน่วยงานที่รับ ผิดชอบ (agents) พารามิเตอร์ (parameters) กรอบเวลา (time- horizon) กฎเกณฑ์ (constraints) ทางเลือก (preferences) ค่าใช้จ่าย ที่มีประสิทธิภาพ (cost- function) โมเดลแผน (plan-model)

แนวคิด	โมเดลการพัฒนาออนโทโลยี	กระบวนการพัฒนา ออนโทโลยีงาน	คุณลักษณะออนโทโลยีงาน
	การแก้ปัญหาการตัดสินใจที่ต่อเนื่อง เช่น การวิเคราะห์การตัดสินใจ เศรษฐกิจ และวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Erol; Hendler & Nau,1994) 3) เครือข่ายงานตามลำดับชั้น (hierarchical task networks - HTN) (Blythe, 1999) เป็นการแบ่ง กระบวนการวางแผนออกเป็นส่วนๆ โดยใช้กระบวนการวิธีการ (methods) แผนเสร็จสมบูรณ์เมื่อเครือข่าย ผลลัพธ์ที่ประกอบด้วยงานเบื้องต้น (primitive-task) และการแก้ปัญหา ที่คงที่ด้วยชุดของกฎเกณฑ์ที่นำไปสู่ การปฏิบัติ		
			1. การวางแผนงานและแผนการแก้ปัญหา (planning-task and plan-solution) 2. สถานการณ์เบื้องต้นและรายละเอียดเป้าหมาย (Initial state and goal description) 3. แผนงาน (plan task) 4. การดำเนินการ (action) 5. หน่วยงานที่รับผิดชอบ (agent) 6. กฎเกณฑ์หรือทางเลือก (constraint and preference) 7. เกณฑ์ที่เหมาะสมที่สุดกับแผน (plan optimization criterion)
			ออกแบบกฎเกณฑ์ใน ออนโทโลยีงาน
ออนโทโลยีงาน การกำหนดแผนการ			

แนวคิด	โมเดลการพัฒนาออนโทโลยี	กระบวนการพัฒนาออนโทโลยีงาน	คุณลักษณะออนโทโลยีงาน
	Rajpathak; Motta & Roy (2001) ได้พัฒนาออนโทโลยีงานสำหรับการกำหนดแผนการ (scheduling task) โดยทั่วไปงานการกำหนดแผนการเป็นคุณลักษณะของการกำหนดแผนการที่มีการกำหนดงานด้วยข้อกำหนดเงื่อนไขของเวลา (time-constrained jobs) รวมทั้งทรัพยากรที่มีการกำหนดเงื่อนไขเวลา (time-constrained resources) ซึ่งนำเสนอความสมบูรณ์ตามกรอบเวลาที่กำหนด (time horizon) ของแผนการ (schedule) แผนที่ยอมรับได้ (admissible schedule) การกำหนดกฎเกณฑ์ที่เข้มงวดและยืดหยุ่น (hard and/or soft constraints) ด้วยการกำหนดงาน (jobs) หรือทรัพยากร (resources) ผลลัพธ์ของงานการกำหนดแผนการ (scheduling task) เป็นแผนการที่ถูกต้องตามระเบียบ (legal schedule) สอดคล้องกับกฎเกณฑ์วิธีการแก้ปัญหาที่กำหนดไว้ เช่น ความสมบูรณ์ (complete) และพอยอมรับได้ (admissible) (Saucer, 1999; Weben & Fox (editors), 1994)		1. คุณลักษณะทั่วไปของงานการกำหนดแผนการ 2. ออนโทโลยีงานการกำหนดแผนการเอกเซียมในออนโทโลยีงาน
	ออนโทโลยีงานการกำหนดแผนการประกอบด้วย 1) ออนโทโลยีงานทั่วไปสำหรับแผนการ (scheduling) และ 2) ออนโทโลยีงาน (task ontology) เน้นถึงการอธิบายรายละเอียดของคลาสงาน การกำหนดแผนการ บทบาทของออนโทโลยีงาน รวมทั้งคุณลักษณะที่ขัดแย้งของคลาสแผนการที่นำไปประยุกต์ใช้ (scheduling applications)		

แนวคิด	โมเดลการพัฒนาออนโทโลยี	กระบวนการพัฒนา ออนโทโลยีงาน	คุณลักษณะออนโทโลยีงาน
ออนโทโลยีงาน แผน			
Gil & Blythe (2000)	ออนโทโลยีงานแผน PLANET ด้วยแนวคิดหลักที่สำคัญ ได้แก่ บริบทการวางแผนเบื้องต้น (initial-planning-context) เป้าประสงค์ (goals) การดำเนินการ (actions) งาน (tasks) และทางเลือก (choice-points) บริบทการวางแผนเบื้องต้นนำเสนอสมมติฐานเกี่ยวกับปัญหาการวางแผน การอธิบายความเป็นมาของแผนที่สร้างขึ้นมาและสิ่งที่ต้องดำเนินการ บริบทการวางแผนเบื้องต้น ประกอบด้วย สถานการณ์เบื้องต้น รายละเอียดของเป้าหมาย และกฎเกณฑ์ภายนอก และผลลัพธ์ของแผนที่นำเสนอด้วยชุดของข้อตกลงในการนำไปสู่การดำเนินการโดยหน่วยงานที่รับผิดชอบต่อความสำเร็จด้วยเป้าหมายที่เฉพาะ (action)	ออนโทโลยี PLANET นำเสนอโมเดลสิ่งแวดล้อมสำหรับแผน โดยออกแบบสถานการณ์ที่แน่นอนเป็นสถานการณ์เบื้องต้น (initial states) สำหรับการนำไปสู่การดำเนินการ แผนการแก้ไขปัญหาทั้งหมดนำไปสู่ความน่าเชื่อถือในสถานการณ์เบื้องต้น เป้าประสงค์ (goals) อธิบายความต้องการสำเร็จในกระบวนการสร้างแผน ทั้งนี้บริบทการวางแผนเบื้องต้นไม่ควรถูกกำหนดเป้าหมายที่เฉพาะเจาะจงโดยตรงที่ต้องการสำเร็จ แต่สามารถกำหนดสารสนเทศเบื้องต้นเกี่ยวกับสถานการณ์และกฎเกณฑ์ ซึ่งกำหนดจากปัญหาการวางแผน แผนการแก้ไขปัญหาที่มีความถูกต้องสมบูรณ์ (completion) ความสม่ำเสมอ (consistency) ความเป็นไปได้ (feasibility) และเกณฑ์ที่พอดี (justified criteria) ความรู้ที่เป็นทางเลือกหลักเกณฑ์ที่ดำเนินการกำหนดแผนการ เช่น ข้อตกลงเกี่ยวกับงาน (task commitment) ข้อตกลงการจัดลำดับ (ordering commitment) การดำเนินการเป็นรายละเอียดแผนงาน (plan task description) ซึ่งสามารถนำไปสู่สถานการณ์ประกอบด้วย แม่แบบ/เทมเพลต (templates) และตัวอย่างที่กำหนดรายละเอียดแผนงาน	