

## แบบเสนอโครงการพิเศษ (ปริญญานิพนธ์)

สาขาวิชาวิศวกรรมสารสนเทศและเครือข่าย

ภาควิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ

คณะเทคโนโลยีและการจัดการอุตสาหกรรม

### 1. ข้อมูลขั้นต้นของโครงการ

#### 1.1 ชื่อโครงการ

(ภาษาไทย) แพลตฟอร์มวิศวกรรมความรู้เชิงสัมพันธ์การปรากฏร่วม

(ภาษาอังกฤษ) Co-Occurrence Knowledge Engineering Platform

#### 1.2 ชื่อนักศึกษาผู้ทำโครงการ

ชื่อ-นามสกุล นายยงยุทธ ขวนขุนทด

สาขาวิชา วิศวกรรมสารสนเทศและเครือข่าย

ภาควิชา เทคโนโลยีสารสนเทศ

ภาคเรียนที่ 1

ปีการศึกษา 2568

#### 1.3 ชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

ชื่อ-นามสกุล รองศาสตราจารย์ ดร. อนิราช มิ่งขวัญ

### 2. รายละเอียดของโครงการ

#### 2.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในยุคดิจิทัลปัจจุบัน ข้อมูลและความรู้ที่เกิดขึ้นในแต่ละวันมีปริมาณที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะอย่างยิ่งเอกสารทางวิชาการ หนังสือ และงานวิจัยต่าง ๆ ที่มีการเผยแพร่ในรูปแบบดิจิทัล เช่น ไฟล์ PDF ซึ่งเป็นแหล่งความรู้ที่มีคุณค่าสูง อย่างไรก็ตาม การจัดการ การวิเคราะห์ และการค้นหาความเชื่อมโยงระหว่างความรู้จากเอกสารเหล่านี้ยังคงเป็นปัญหาที่ท้าทาย

ปัญหาหลักที่พบในปัจจุบันคือ การที่ผู้ใช้งานไม่สามารถมองเห็นภาพรวมของความสัมพันธ์และความเชื่อมโยงระหว่างแนวคิดต่าง ๆ ที่ปรากฏในเอกสารหลายฉบับได้อย่างชัดเจน การอ่านและทำความเข้าใจเอกสารแต่ละฉบับแยกกันทำให้เกิดการสูญเสียโอกาสในการค้นพบความรู้ใหม่ที่อาจเกิดขึ้นจากการเชื่อมโยงข้อมูลจากแหล่งที่ต่างต่างกัน

นอกจากนี้ การวิเคราะห์ความถี่ของการใช้คำและการปรากฏร่วมของความรู้ (Co-occurrence) ในเอกสารยังเป็นกระบวนการที่ซับซ้อนและใช้เวลานาน หากต้องทำด้วยมือหรือเครื่องมือพื้นฐาน ทำให้การสกัดความรู้และการสร้างความเข้าใจเชิงลึกจากเอกสารเป็นไปได้ยาก

ด้วยเหตุนี้ จึงจำเป็นต้องมีระบบที่สามารถแปลงเอกสารจากแหล่งต่าง ๆ ให้กลายเป็นกราฟเครือข่าย (Network Graph) ที่แสดงความสัมพันธ์และความเชื่อมโยงระหว่างแนวคิดได้อย่างชัดเจน รวมถึงสามารถสกัดส่วนของกราฟเพื่อนำไปผสมผสานกับข้อมูลจากแหล่งอื่น ๆ เพื่อสร้างความรู้ใหม่และค้นพบความเป็นไปได้ที่ไม่เคยมีมาก่อน ซึ่งจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการความรู้และส่งเสริมการเกิดนวัตกรรมใหม่ ๆ ในอนาคต

## 2.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

- 2.2.1 เพื่อพัฒนาแพลตฟอร์มวิศวกรรมความรู้เชิงสัมพันธ์การปรากฏร่วมที่สามารถแปลงเอกสารให้กลายเป็นกราฟเครือข่ายความรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ
- 2.2.2 เพื่อพัฒนาระบบวิเคราะห์การปรากฏร่วมของคำและแนวคิด (Co-occurrence Analysis) ที่สามารถระบุความถี่และความสัมพันธ์ระหว่างคำศัพท์ในเอกสารได้อย่างแม่นยำ
- 2.2.3 เพื่อสร้างส่วนติดต่อผู้ใช้ (User Interface) ที่ช่วยให้ผู้ใช้สามารถแสดงผลและโต้ตอบกับกราฟเครือข่ายความรู้ได้อย่างง่ายดายและเข้าใจง่าย
- 2.2.4 เพื่อพัฒนาพีเจอร์การจัดการส่วนของกราฟ (Graph Management) เพื่อนำไปใช้ในการสร้างกราฟเครือข่ายใหม่หรือผสมผสานกับข้อมูลจากแหล่งอื่น
- 2.2.5 เพื่อพัฒนาระบบการผสมผสานความรู้จากหลายแหล่งข้อมูลเพื่อค้นหาความเชื่อมโยงและสร้างความรู้ใหม่ที่มีความเชื่อมโยงกัน
- 2.2.6 เพื่อพัฒนาระบบบูรณาการกับ Large Language Models (LLM) ที่สามารถใช้ข้อมูลจากกราฟเครือข่ายในการปรับปรุงความแม่นยำและประสิทธิภาพของการค้นหาและสกัดความรู้

## 2.3 ขอบเขตของการทำโครงการพิเศษ (Scope of Special Project)

- 2.3.1 การพัฒนาระบบประมวลผลและวิเคราะห์เอกสาร เช่น PDF ที่สามารถดึงข้อความ วิเคราะห์โครงสร้าง และแยกแยะเนื้อหาสำคัญจากเอกสารได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมถึงการจัดการกับรูปแบบการจัดวางข้อความและภาษาที่หลากหลาย
- 2.3.2 การพัฒนาระบบวิเคราะห์การปรากฏร่วม (Co-occurrence Analysis) ที่สามารถ
  - 2.3.2.1 วิเคราะห์ความถี่ของคำและวลีในเอกสาร
  - 2.3.2.2 ระบุความสัมพันธ์และการปรากฏร่วมของแนวคิดต่าง ๆ
  - 2.3.2.3 คำนวณค่าความแข็งแกร่งของความเชื่อมโยงระหว่างคำหรือแนวคิด
  - 2.3.2.4 สร้างเมทริกซ์ความสัมพันธ์สำหรับการสร้างกราฟเครือข่าย
- 2.3.3 การพัฒนาระบบสร้างและจัดการกราฟเครือข่ายความรู้ (Knowledge Network Graph) ที่สามารถ
  - 2.3.3.1 แปลงข้อมูลการวิเคราะห์ให้เป็นโครงสร้างกราฟ
  - 2.3.3.2 จัดกลุ่มและจัดระเบียบโหนดและขอบเชื่อมตามความสัมพันธ์
  - 2.3.3.3 คำนวณคุณสมบัติของกราฟ เช่น ความหนาแน่น ความเป็นศูนย์กลาง
  - 2.3.3.4 สนับสนุนการแสดงผลแบบ Interactive และ Dynamic
- 2.3.4 การพัฒนาส่วนติดต่อผู้ใช้ (User Interface) ที่มีคุณสมบัติ
  - 2.3.4.1 อัปโหลดและจัดการไฟล์ PDF
  - 2.3.4.2 แสดงผลกราฟเครือข่ายแบบโต้ตอบได้
  - 2.3.4.3 เครื่องมือการค้นหาและกรองข้อมูล

- 2.3.4.4 ส่งออกผลลัพธ์ในรูปแบบต่าง ๆ (รูปภาพ, JSON, CSV)
- 2.3.5 การพัฒนาฟีเจอร์การสกัดและจัดการส่วนของกราฟ (Graph Management) ที่สามารถ
  - 2.3.5.1 เลือกและสกัดส่วนที่สนใจจากกราฟใหญ่
  - 2.3.5.2 บันทึกและจัดเก็บส่วนกราฟที่สกัดไว้
  - 2.3.5.3 ผสมผสานกราฟจากหลายแหล่งข้อมูล
  - 2.3.5.4 สร้างกราฟใหม่จากการรวมข้อมูลหลายเอกสาร
- 2.3.6 การพัฒนาระบบฐานข้อมูลสำหรับจัดเก็บข้อมูล
  - 2.3.6.1 ข้อมูลเอกสารและเมตาดาต้า
  - 2.3.6.2 ผลการวิเคราะห์และกราฟเครือข่าย
  - 2.3.6.3 ประวัติการทำงานและการแก้ไข
  - 2.3.6.4 การตั้งค่าและ Preferences ของผู้ใช้
- 2.3.7 การพัฒนาระบบบูรณาการกับ Large Language Models (LLM) ที่สามารถ
  - 2.3.7.1 แปลงข้อมูล Network Graph ให้เป็นรูปแบบที่ LLM สามารถเข้าใจและประมวลผลได้
  - 2.3.7.2 สร้างระบบ Query Interface ที่ช่วยให้ผู้ใช้สามารถสอบถามข้อมูลจากกราฟผ่าน LLM ได้
  - 2.3.7.3 พัฒนา Context-aware Search ที่ใช้ความรู้จากกราฟเครือข่ายในการปรับปรุงความแม่นยำของการค้นหา
  - 2.3.7.4 สร้างระบบ Knowledge Discovery ที่ใช้ LLM ในการวิเคราะห์และสกัดความรู้ใหม่จากความสัมพันธ์ในกราฟ
- 2.4 รายละเอียดของทฤษฎีที่ใช้ในการจัดทำปริณญาณพนธ์
  - 2.4.1 สมมติฐาน หรือ ข้อตกลงเบื้องต้นในการจัดทำโครงการพิเศษ (Assumption of the Study)
    - 2.4.1.1 เอกสารที่นำเข้าสู่ระบบจะอยู่ในรูปแบบ PDF เป็นต้น ฯลฯ ที่มีข้อความที่สามารถสกัดได้ (Text-extractable) และมีคุณภาพเพียงพอ สำหรับการ ประมวล ผล ด้วย เทคนิค Optical Character Recognition (OCR) ในกรณีที่เป็น
    - 2.4.1.2 เอกสารที่ใช้ในการวิเคราะห์จะเป็นเอกสารทางวิชาการ งานวิจัย หรือเอกสารที่มีโครงสร้างและเนื้อหาที่ชัดเจน โดยมีการใช้คำศัพท์และแนวคิดที่สามารถระบุและวิเคราะห์ความสัมพันธ์ได้
    - 2.4.1.3 ระบบจะทำงานภายใต้สมมติฐานที่ว่าปรากฏการณ์ของคำหรือแนวคิดในระยะทางที่ใกล้กันภายในเอกสารแสดงถึงความสัมพันธ์หรือความเชื่อมโยงระหว่างแนวคิดเหล่านั้น
    - 2.4.1.4 ผู้ใช้งานระบบจะมีความรู้พื้นฐานในการตีความและวิเคราะห์กราฟเครือข่าย รวมถึงสามารถระบุความสัมพันธ์และความหมายของความสัมพันธ์ที่แสดงในกราฟได้
    - 2.4.1.5 ระบบจะมีประสิทธิภาพในการประมวลผลเอกสารที่มีขนาดปานกลางถึงใหญ่ โดยสมมติว่าทรัพยากรคอมพิวเตอร์ที่ใช้งานมีความสามารถเพียงพอสำหรับการประมวลผลและการแสดงผลกราฟเครือข่ายแบบโต้ตอบได้
    - 2.4.1.6 การบูรณาการกับ Large Language Models (LLM) จะช่วยปรับปรุงความแม่นยำในการระบุและจัดกลุ่มแนวคิด โดยสมมติว่า LLM จะสามารถเข้าใจบริบทและความหมายของข้อความในเอกสารได้อย่างถูกต้อง
    - 2.4.1.7 ผลลัพธ์ที่ได้จากระบบจะมีความเชื่อถือได้และสามารถนำไปใช้ในการตัดสินใจหรือการวิจัยเพิ่มเติมได้ โดยระบบจะมีกลไกในการตรวจสอบและปรับปรุงความแม่นยำของผลการวิเคราะห์

- 2.4.1.8 การผสมผสานข้อมูลจากหลายแหล่งจะช่วยสร้างความรู้ใหม่ที่มีคุณค่า โดยสมมติว่าข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ จะมีความเข้ากันได้และสามารถรวมเข้าด้วยกันได้อย่างมีความหมาย
- 2.4.2 คำจำกัดความ (Key Word)
- 2.4.2.1 การปรากฏร่วม (Co-occurrence) หมายถึง การที่คำหรือแนวคิดสองคำหรือมากกว่าปรากฏในตำแหน่งที่ใกล้เคียงกันภายในเอกสารหรือข้อความ ซึ่งแสดงถึงความสัมพันธ์หรือความเชื่อมโยงระหว่างแนวคิดเหล่านั้น
  - 2.4.2.2 วิศวกรรมความรู้ (Knowledge Engineering) หมายถึง กระบวนการในการสกัด จัดระเบียบ จัดเก็บ และจัดการความรู้จากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เพื่อให้สามารถนำไปใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ
  - 2.4.2.3 แพลตฟอร์ม (Platform) หมายถึง ระบบซอฟต์แวร์ที่ให้บริการและเครื่องมือครบครันสำหรับการดำเนินงานเฉพาะด้าน ในที่นี้คือการวิเคราะห์และจัดการความรู้เชิงสัมพันธ์
  - 2.4.2.4 กราฟเครือข่าย (Network Graph) หมายถึง โครงสร้างข้อมูลที่ประกอบด้วยโหนด (Nodes) และขอบเชื่อม (Edges) ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแนวคิดหรือเอนทิตีต่าง ๆ ในรูปแบบที่เข้าใจได้ง่าย
  - 2.4.2.5 การวิเคราะห์การปรากฏร่วม (Co-occurrence Analysis) หมายถึง เทคนิคการวิเคราะห์ข้อมูลที่ใช้ในการระบุและวัดความถี่ของการปรากฏร่วมของคำหรือแนวคิดในข้อความ เพื่อค้นหาความสัมพันธ์และรูปแบบต่าง ๆ
  - 2.4.2.6 โหนด (Node) หมายถึง จุดหรือองค์ประกอบพื้นฐานในกราฟเครือข่ายที่แทนคำ แนวคิด หรือเอนทิตีต่าง ๆ ที่ได้จากการวิเคราะห์เอกสาร
  - 2.4.2.7 ขอบเชื่อม (Edge) หมายถึง เส้นเชื่อมระหว่างโหนดในกราฟเครือข่ายที่แสดงความสัมพันธ์หรือความเชื่อมโยงระหว่างแนวคิดหรือเอนทิตีต่าง ๆ รวมถึงค่าน้ำหนักที่บ่งบอกถึงความแข็งแกร่งของความสัมพันธ์
  - 2.4.2.8 การสกัดข้อความ (Text Extraction) หมายถึง กระบวนการในการดึงข้อความจากเอกสารดิจิทัล เช่น ไฟล์ PDF โดยใช้เทคนิคการประมวลผลเอกสารหรือ OCR (Optical Character Recognition)
  - 2.4.2.9 เมทริกซ์ความสัมพันธ์ (Relationship Matrix) หมายถึง ตารางสองมิติที่แสดงค่าความแข็งแกร่งของความสัมพันธ์ระหว่างคำหรือแนวคิดต่าง ๆ ที่ได้จากการวิเคราะห์การปรากฏร่วม
  - 2.4.2.10 Large Language Models (LLM) หมายถึง โมเดลปัญญาประดิษฐ์ที่ได้รับการฝึกฝนด้วยข้อมูลข้อความขนาดใหญ่ เพื่อให้สามารถเข้าใจและประมวลผลภาษาธรรมชาติได้อย่างมีประสิทธิภาพ
  - 2.4.2.11 การแสดงผลแบบโต้ตอบ (Interactive Visualization) หมายถึง การแสดงผลข้อมูลในรูปแบบที่ผู้ใช้สามารถโต้ตอบและปรับเปลี่ยนมุมมองหรือรายละเอียดได้ตามต้องการ
  - 2.4.2.12 การจัดการส่วนของกราฟ (Graph Management) หมายถึง ระบบที่ช่วยในการเลือก สกัด บันทึก และจัดการส่วนต่าง ๆ ของกราฟเครือข่ายเพื่อนำไปใช้งานหรือวิเคราะห์เพิ่มเติม
  - 2.4.2.13 การค้นพบความรู้ (Knowledge Discovery) หมายถึง กระบวนการในการค้นหาและระบุรูปแบบความสัมพันธ์ หรือความรู้ใหม่ที่ซ่อนอยู่ในข้อมูลขนาดใหญ่ผ่านเทคนิคการวิเคราะห์ข้อมูลต่าง ๆ

### 2.4.3 รายงานการค้นคว้า การศึกษา หรือการวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.4.3.1 Centroid Terms as Text Representatives

งาน วิจัย ของ Mario M. Kube, Herwig Unger (2016) เรื่อง "Centroid Terms as Text Representatives" ได้ศึกษาเทคนิคการสร้างกราฟความรู้จากข้อความ โดยเฉพาะการใช้เทคนิค Co-occurrence Analysis ในการระบุความสัมพันธ์ระหว่างเอนทิตีต่าง ๆ การศึกษานี้ได้ชี้ให้เห็นว่า อัลกอริทึมสำหรับการจัดกลุ่มและการจำแนกข้อความตามหัวข้อนั้นอาศัยข้อมูลเกี่ยวกับระยะทางและความคล้ายคลึงเชิงความหมาย วิธีการมาตรฐานที่อิงตามแบบจำลอง bag-of-words ในการกำหนดข้อมูลนี้จะให้เพียงการประมาณแบบคร่าว ๆ เกี่ยวกับความเกี่ยวข้องของข้อความ นอกจากนี้วิธีการเหล่านี้ยังไม่สามารถค้นหาคำศัพท์ที่เป็นนามธรรมหรือคำที่สามารถอธิบายเนื้อหาของข้อความได้อย่างครอบคลุม งานวิจัยนี้จึงได้นำเสนอวิธีการใหม่ในการกำหนดคำศูนย์กลาง (Centroid Terms) ในข้อความและการประเมินความคล้ายคลึงโดยใช้คำที่เป็นตัวแทนเหล่านั้น ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการวิเคราะห์การปรากฏร่วมสามารถช่วยในการค้นพบรูปแบบความสัมพันธ์ที่ซ่อนอยู่ในข้อมูลขนาดใหญ่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการพัฒนาระบบวิศวกรรมความรู้เชิงสัมพันธ์ได้

#### 2.4.3.2 Spreading activation: a fast calculation method for text centroids

งาน วิจัย ของ Mario M. Kube, Thomas Böhm, Herwig Unger (2017) เรื่อง "Spreading activation: a fast calculation method for text centroids" ได้นำเสนอเทคนิค การ คำนวณ Centroid Terms แบบใหม่ที่มีประสิทธิภาพสูง โดยใช้ Spreading Activation Algorithm ซึ่งเป็นเทคนิคที่ทำงานบนพื้นฐานของกราฟและหลักการทำงานแบบเฉพาะที่ (Local Working Principle) การศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่า Centroids เป็นเครื่องมือที่สะดวกในการแสดงคำค้นหาและข้อความทั้งหมดด้วยคำศัพท์เชิงบรรยายเพียงคำเดียว ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการกำหนดความคล้ายคลึงของเนื้อหาข้อความและการจัดกลุ่มเอกสารแบบลำดับชั้น อย่างไรก็ตาม การคำนวณตามคำจำกัดความแบบดั้งเดิมอาจใช้เวลามากและเป็นอุปสรรคต่อการนำไปใช้งานจริง ดังนั้น การพัฒนาอัลกอริทึมแบบใหม่ที่อิงตามกราฟ Co-occurrence จึงมีความสำคัญต่อการเพิ่มประสิทธิภาพการประมวลผล ซึ่งสอดคล้องกับแนวทางที่จะใช้ในโครงงานนี้สำหรับการวิเคราะห์การปรากฏร่วมและการสร้างกราฟเครือข่ายความรู้ที่มีประสิทธิภาพในการประมวลผลเอกสารขนาดใหญ่

#### 2.4.3.3 Enhancing Retrieval-Augmented Generation Systems by Text-Representing Centroid

การ ศึกษา ของ Yanakorn Ruamsuk, Anirach Mingkhaw, Herwig Unger (2025) เรื่อง "Enhancing Retrieval-Augmented Generation Systems by Text-Representing Centroid" ได้นำเสนอแนวทางใหม่ในการปรับปรุงระบบ Retrieval-Augmented Generation (RAG) โดยการบูรณาการเทคนิค Text-Representing Centroid (TRC) เพื่อแก้ไขข้อจำกัดของฐานข้อมูลเวกเตอร์แบบดั้งเดิม วิธีการนี้สามารถรักษาความสัมพันธ์เชิงโครงสร้างและปรับตัวตามความซับซ้อนของเนื้อหา ส่งผลให้การค้นคืนข้อมูลมีประสิทธิภาพและความแม่นยำที่สูงขึ้น การมีส่วนร่วมสนับสนุนที่สำคัญได้แก่การสร้างกราฟขั้นสูง อัลกอริทึมการให้คะแนนความเกี่ยวข้อง และการตรวจสอบความถูกต้องอย่างครอบคลุม พร้อมการอภิปรายเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้ที่เป็นไปได้และการวิจัยในอนาคต หลักฐานเชิงประจักษ์แสดงให้เห็นว่าเทคนิค TRC สามารถบรรลุอัตราความสำเร็จ 75 เปอร์เซ็นต์จากคำถาม 100 ข้อ ซึ่งมีประสิทธิภาพเหนือกว่าวิธีการเวกเตอร์แบบดั้งเดิม การศึกษานี้มีความเกี่ยวข้องโดยตรงกับโครงงานที่เสนอ เนื่องจากแสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ในการใช้เทคนิค Co-occurrence Analysis และ Centroid-based Methods ในการพัฒนาระบบวิศวกรรมความรู้ที่มีประสิทธิภาพสูง

#### 2.4.4 เนื้อหา เหตุผล และทฤษฎีที่สำคัญ

โครงการ Co-Occurrence Knowledge Engineering Platform นี้มีพื้นฐานทางทฤษฎีที่แข็งแกร่งและเหตุผลที่ชัดเจนในการพัฒนา โดยอาศัยหลักการทางวิศวกรรมความรู้และเทคนิคการวิเคราะห์ข้อมูลขั้นสูงหลายแนวทาง

##### เหตุผลในการพัฒนาโครงการ

ในยุคสารสนเทศปัจจุบัน ปริมาณข้อมูลและเอกสารดิจิทัลเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว แต่การจัดการและการค้นหาความเชื่อมโยงระหว่างความรู้จากแหล่งต่าง ๆ ยังคงเป็นความท้าทายสำคัญ ผู้ใช้งานส่วนใหญ่ไม่สามารถมองเห็นภาพรวมของความสัมพันธ์ระหว่างแนวคิดที่ปรากฏในเอกสารหลายฉบับได้อย่างชัดเจน การวิเคราะห์การปรากฏร่วม (Co-occurrence Analysis) แบบดั้งเดิมใช้เวลามากและซับซ้อน ดังนั้น จึงจำเป็นต้องมีระบบที่สามารถแปลงเอกสารให้เป็นกราฟเครือข่ายความรู้ที่เข้าใจได้ง่าย และสามารถผสมผสานข้อมูลจากหลายแหล่งเพื่อสร้างความรู้ใหม่

##### ทฤษฎีพื้นฐานที่ใช้ในการพัฒนา

###### 1. ทฤษฎีการปรากฏร่วม (Co-occurrence Theory)

หลักการพื้นฐานของการวิเคราะห์การปรากฏร่วมอิงตามสมมติฐานที่ว่า คำหรือแนวคิดที่ปรากฏใกล้กันข้อความมักจะมีความสัมพันธ์หรือความเชื่อมโยงกัน ทฤษฎีนี้ได้รับการสนับสนุนจากงานวิจัยของ Mario M. Kubek et al. (2016, 2017) ที่แสดงให้เห็นว่าการวิเคราะห์ Centroid Terms และ Spreading Activation Algorithm สามารถช่วยในการระบุความสัมพันธ์เชิงความหมายได้อย่างมีประสิทธิภาพ

###### 2. ทฤษฎีกราฟและเครือข่าย (Graph Theory and Network Theory)

การแสดงความรู้ในรูปแบบกราฟเครือข่ายอิงตามทฤษฎีกราฟ ซึ่งประกอบด้วยโหนด (Nodes) แทนแนวคิดหรือเอนทิตี และขอบเชื่อม (Edges) แทนความสัมพันธ์ ทฤษฎีนี้ช่วยให้สามารถคำนวณคุณสมบัติต่าง ๆ ของเครือข่าย เช่น ความหนาแน่น (Density) ความเป็นศูนย์กลาง (Centrality) และการจัดกลุ่ม (Clustering) ซึ่งมีความสำคัญต่อการวิเคราะห์และการค้นพบความรู้

###### 3. ทฤษฎีการประมวลผลภาษาธรรมชาติ (Natural Language Processing Theory)

การสกัดข้อความและการวิเคราะห์เนื้อหาจากเอกสาร PDF อาศัยหลักการของ NLP รวมถึงเทคนิค Tokenization, Part-of-Speech Tagging, Named Entity Recognition และ Semantic Analysis เพื่อให้สามารถระบุและแยกแยะแนวคิดสำคัญได้อย่างแม่นยำ

###### 4. ทฤษฎีการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning และ Deep Learning Theory)

การบูรณาการกับ Large Language Models (LLM) อาศัยหลักการของ Deep Learning และ Transformer Architecture เพื่อปรับปรุงความแม่นยำในการระบุความสัมพันธ์และการทำ Semantic Reasoning งานวิจัยของ Yanakorn Ruamsuk et al. (2025) แสดงให้เห็นว่าการใช้ Text-Representing Centroid ร่วมกับ LLM สามารถบรรลุอัตราความสำเร็จ 75 เปอร์เซ็นต์ในการตอบคำถาม

###### 5. ทฤษฎีการจัดการฐานข้อมูล (Database Management Theory)

การจัดเก็บและการจัดการข้อมูลกราฟอาศัยหลักการของ Graph Database และ NoSQL Database เพื่อรองรับการประมวลผลข้อมูลเชิงสัมพันธ์ที่ซับซ้อนและการ Query แบบ Real-time

## 2.5 วิธีดำเนินการจัดทำโครงการพิเศษ

การพัฒนาแพลตฟอร์ม Co-Occurrence Knowledge Engineering Platform จะดำเนินการโดยใช้แนวทางการพัฒนาระบบแบบครบวงจร (Full-Stack Development) ร่วมกับเทคโนโลยีคลาวด์และเครื่องมือออกแบบสมัยใหม่ เพื่อให้ได้ระบบที่มีประสิทธิภาพ ปลอดภัย และใช้งานง่าย

### วิธีการดำเนินการหลัก

#### 2.5.1 การพัฒนาระบบบนคลาวด์เซิร์ฟเวอร์

- 2.5.1.1 ใช้คลาวด์เซิร์ฟเวอร์เป็นสภาพแวดล้อมหลักในการ Host โครงการ
- 2.5.1.2 ติดตั้งและกำหนดค่าระบบปฏิบัติการ Linux (Server) สำหรับการประมวลผล
- 2.5.1.3 ปรับแต่งสภาพแวดล้อมสำหรับการพัฒนา TypeScript, Go และฐานข้อมูล

#### 2.5.2 การออกแบบ User Interface และ User Experience

- 2.5.2.1 ใช้เครื่องมือ Figma ในการออกแบบ Wireframes และ Mockups ทั้งหมด
- 2.5.2.2 สร้าง Design System ที่สอดคล้องกับการใช้งานของ Knowledge Engineering Platform
- 2.5.2.3 ออกแบบ Interactive Prototypes สำหรับการแสดงผลกราฟเครือข่าย
- 2.5.2.4 ทดสอบ Usability และปรับปรุงการออกแบบตามผลการทดสอบ
- 2.5.2.5 สร้าง Responsive Design เพื่อรองรับการใช้งานบนอุปกรณ์ต่าง ๆ

#### 2.5.3 การพัฒนาระบบจำลองและการทดสอบ

- 2.5.3.1 สร้างระบบจำลองการวิเคราะห์ Co-occurrence ด้วยข้อมูลตัวอย่าง
- 2.5.3.2 พัฒนา Proof of Concept สำหรับการสร้างกราฟเครือข่ายจากเอกสาร PDF
- 2.5.3.3 สร้างและทดสอบการบูรณาการกับ Large Language Models (LLM)

#### 2.5.4 การสร้างเอกสารและข้อกำหนดระบบ

- 2.5.4.1 จัดทำเอกสาร System Requirements และ Functional Specifications
- 2.5.4.2 สร้าง API Documentation สำหรับการใช้งานระบบ
- 2.5.4.3 เขียน User Manual และ Administrator Guide
- 2.5.4.4 จัดทำเอกสาร Technical Architecture และ Database Schema
- 2.5.4.5 สร้าง Test Cases และ Test Plans สำหรับการทดสอบระบบ

#### 2.5.5 การสร้างสภาพแวดล้อมความปลอดภัย

- 2.5.5.1 ติดตั้งและกำหนดค่า VPN Server สำหรับการเชื่อมต่อที่ปลอดภัย
- 2.5.5.2 สร้าง Private Network สำหรับการเข้าถึงฐานข้อมูลและทรัพยากรภายใน
- 2.5.5.3 ปรับแต่งระบบ Firewall และ Security Groups สำหรับการควบคุมการเข้าถึง
- 2.5.5.4 ใช้ SSL/TLS Certificates สำหรับการเข้ารหัสข้อมูล

#### 2.5.6 การพัฒนาและการทดสอบระบบ

- 2.5.6.1 สร้าง CI/CD Pipeline สำหรับการ Deploy และ Testing อัตโนมัติ
- 2.5.6.2 ทดสอบระบบด้วย Unit Testing, Integration Testing และ End-to-End Testing
- 2.5.6.3 ประเมินประสิทธิภาพระบบด้วย Performance Testing และ Load Testing
- 2.5.6.4 ทดสอบความปลอดภัยด้วย Security Testing และ Penetration Testing

## สถานที่ดำเนินการ

### 2.5.7 สถานที่หลักในการพัฒนา

2.5.7.1 ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ ภาควิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีและการจัดการอุตสาหกรรม สำหรับการพัฒนาและทดสอบระบบ

2.5.7.2 ห้องส่วนตัวที่มีการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตความเร็วสูง สำหรับการพัฒนาและการออกแบบ

2.5.7.3 คลาวด์เซิร์ฟเวอร์ สำหรับ Host และ Deploy ระบบ

### 2.5.8 สภาพแวดล้อมการทำงาน

2.5.8.1 ระบบพัฒนาบนเครื่อง Local Development Environment (macOS/Linux)

2.5.8.2 ระบบทดสอบบน Staging Environment ในคลาวด์เซิร์ฟเวอร์

2.5.8.3 ระบบจริงบน Production Environment ที่มีการรักษาความปลอดภัยสูง

2.5.8.4 ระบบการออกแบบบน Figma Cloud Platform

## 2.6 แผนกิจกรรมและตารางเวลาในการจัดทำ

### 2.6.1 แผนกิจกรรมหลักและระยะเวลา

ตารางที่ 1: แผนการดำเนินงานภาคการศึกษาที่ 1

ขั้นตอนการดำเนินการ	ก.ค.				ส.ค.				ก.ย.				ต.ค.			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1) วางแผนการพัฒนา																
2) เก็บ Requirement																
3) ออกแบบ UI และ UX																
4) ออกแบบสถาปัตยกรรมซอฟต์แวร์																
5) พัฒนาระบบส่วนแกนหลัก																

ตารางที่ 2: แผนการดำเนินงานภาคการศึกษาที่ 2

ขั้นตอนการดำเนินการ	ธ.ค.				ม.ค.				ก.พ.				มี.ค.			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
6) ทดสอบระบบส่วนแกนหลัก																
7) ทดสอบความปลอดภัยของระบบ																
8) ทดสอบสภาพแวดล้อมจริง																
9) จัดทำเอกสารแพลตฟอร์ม																
10) ส่งมอบแพลตฟอร์ม																



## 2.6.2 แผนภูมิขั้นตอนการจัดทำโครงการพิเศษ โดยละเอียด

การพัฒนาแพลตฟอร์ม Co-Occurrence Knowledge Engineering Platform จะดำเนินการตามผังงานที่มีการแบ่งขั้นตอนและกิจกรรมอย่างชัดเจน พร้อมทั้งกำหนดอัตราส่วนของแต่ละกิจกรรมเป็นร้อยละเพื่อการติดตามความก้าวหน้าอย่างมีประสิทธิภาพ

### ผังงานการดำเนินงาน (Development Flow Chart)

**Phase 1: การวางแผนและวิเคราะห์ (Planning & Analysis Phase) - 15% ของโครงการทั้งหมด**

#### 1.1 การวางแผนการพัฒนา (5%)

- 1.1.1 กำหนดขอบเขตโครงการและวัตถุประสงค์
- 1.1.2 วิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางเทคนิค (Technical Feasibility)
- 1.1.3 จัดทำ Project Charter และ Timeline
- 1.1.4 กำหนดทรัพยากรและงบประมาณ

#### 1.2 การเก็บความต้องการ (Requirements Gathering) (10%)

- 1.2.1 วิเคราะห์ Functional Requirements
- 1.2.2 วิเคราะห์ Non-Functional Requirements
- 1.2.3 สร้าง Use Case Diagrams และ User Stories
- 1.2.4 กำหนด Acceptance Criteria สำหรับแต่ละฟีเจอร์
- 1.2.5 วิเคราะห์ข้อจำกัดและความเสี่ยง

**Phase 2: การออกแบบระบบ (System Design Phase) - 25% ของโครงการทั้งหมด**

#### 2.1 การออกแบบ UI และ UX (12%)

- 2.1.1 สร้าง User Persona และ User Journey Mapping
- 2.1.2 ออกแบบ Wireframes และ Mockups ด้วย Figma
- 2.1.3 สร้าง Interactive Prototypes
- 2.1.4 ทดสอบ Usability และปรับปรุงการออกแบบ
- 2.1.5 สร้าง Design System และ Component Library

#### 2.2 การออกแบบสถาปัตยกรรมซอฟต์แวร์ (13%)

- 2.2.1 ออกแบบ System Architecture และ Component Diagram
- 2.2.2 ออกแบบ Database Schema และ Data Model
- 2.2.3 ออกแบบ API Architecture และ Endpoints
- 2.2.4 ออกแบบ Security Architecture และ Authentication
- 2.2.5 ออกแบบ Deployment Architecture และ Infrastructure
- 2.2.6 สร้าง Technical Specifications Document

### **Phase 3: การพัฒนาระบบ (Development Phase) - 40% ของโครงการทั้งหมด**

#### **3.1 การพัฒนาระบบส่วนแกนหลัก (Core System Development) (40%)**

##### **3.1.1 Backend Development (20%)**

- 3.1.1.1 สร้าง API สำหรับการอัปโหลดและประมวลผล PDF (4%)
- 3.1.1.2 พัฒนาระบบ Co-occurrence Analysis Engine (6%)
- 3.1.1.3 สร้างระบบ Graph Generation และ Management (5%)
- 3.1.1.4 พัฒนาระบบ Database และ Data Storage (3%)
- 3.1.1.5 บูรณาการกับ Large Language Models (LLM) (2%)

##### **3.1.2 Frontend Development (15%)**

- 3.1.2.1 สร้าง Dashboard และ Main Interface (4%)
- 3.1.2.2 พัฒนา File Upload และ Management System (3%)
- 3.1.2.3 สร้าง Interactive Graph Visualization (5%)
- 3.1.2.4 พัฒนา Search และ Filter Components (2%)
- 3.1.2.5 สร้าง Export และ Share Features (1%)

##### **3.1.3 Integration และ API Development (5%)**

- 3.1.3.1 Integration Testing ระหว่าง Frontend และ Backend (2%)
- 3.1.3.2 สร้าง API Documentation (1%)
- 3.1.3.3 พัฒนา Error Handling และ Logging System (1%)
- 3.1.3.4 Optimization และ Performance Tuning (1%)

### **Phase 4: การทดสอบระบบ (Testing Phase) - 15% ของโครงการทั้งหมด**

#### **4.1 การทดสอบระบบส่วนแกนหลัก (8%)**

- 4.1.1 Unit Testing สำหรับแต่ละ Component (2%)
- 4.1.2 Integration Testing สำหรับระบบทั้งหมด (3%)
- 4.1.3 Performance Testing และ Load Testing (2%)
- 4.1.4 Functional Testing และ User Acceptance Testing (1%)

#### **4.2 การทดสอบความปลอดภัยของระบบ (4%)**

- 4.2.1 Security Testing และ Vulnerability Assessment (2%)
- 4.2.2 Authentication และ Authorization Testing (1%)
- 4.2.3 Data Protection และ Privacy Testing (1%)

#### **4.3 การทดสอบสภาพแวดล้อมจริง (3%)**

- 4.3.1 Deployment Testing บน Production Environment (1%)
- 4.3.2 End-to-End Testing กับข้อมูลจริง (1%)
- 4.3.3 User Experience Testing และ Feedback Collection (1%)

## Phase 5: การจัดทำเอกสารและส่งมอบ (Documentation & Delivery Phase) - 5% ของโครงการทั้งหมด

### 5.1 การจัดทำเอกสารแพลตฟอร์ม (3%)

- 5.1.1 เขียน User Manual และ Administrator Guide (1%)
- 5.1.2 สร้าง API Documentation และ Technical Guide (1%)
- 5.1.3 จัดทำ Installation Guide และ Troubleshooting (0.5%)
- 5.1.4 สร้าง Video Tutorial และ Demo Materials (0.5%)

### 5.2 การส่งมอบแพลตฟอร์ม (2%)

- 5.2.1 Final System Testing และ Quality Assurance (0.5%)
- 5.2.2 Knowledge Transfer และ Training Session (0.5%)
- 5.2.3 Project Handover และ Final Presentation (0.5%)
- 5.2.4 Post-Implementation Support Planning (0.5%)

## การติดตามความก้าวหน้า (Progress Monitoring)

การประเมินความก้าวหน้าจะดำเนินการโดยใช้ระบบ Milestone-based Tracking ซึ่งแบ่งการประเมินออกเป็น:

### 5.3 Weekly Progress Review (รายสัปดาห์)

- 5.3.1 ตรวจสอบความก้าวหน้าตาม Timeline ที่กำหนด
- 5.3.2 ประเมินคุณภาพของงานที่ส่งมอบในแต่ละ Phase
- 5.3.3 ระบุและแก้ไข Issues หรือ Blockers ที่เกิดขึ้น
- 5.3.4 ปรับปรุง Plan หากจำเป็น

### 5.4 Phase Gate Reviews (รายเฟส)

- 5.4.1 การประเมินผลลัพธ์ที่ได้จากแต่ละ Phase
- 5.4.2 การตรวจสอบคุณภาพตาม Acceptance Criteria
- 5.4.3 การอนุมัติให้ดำเนินการใน Phase ถัดไป
- 5.4.4 การจัดทำ Lessons Learned สำหรับปรับปรุงในอนาคต

## สรุปการแบ่งสัดส่วนงาน

- การวางแผนและวิเคราะห์: 15%
- การออกแบบระบบ: 25%
- การพัฒนาระบบ: 40%
- การทดสอบระบบ: 15%
- การจัดทำเอกสารและส่งมอบ: 5%

## 2.7 ทรัพยากรที่ต้องใช้ในการจัดทำโครงการพิเศษ

การพัฒนาแพลตฟอร์ม Co-Occurrence Knowledge Engineering Platform ต้องใช้ทรัพยากรหลากหลายประเภทเพื่อให้การดำเนินงานมีประสิทธิภาพและบรรลุวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ โดยทรัพยากรเหล่านี้จะแบ่งออกเป็นหมวดหมู่ต่าง ๆ ตามลักษณะการใช้งานและความสำคัญต่อโครงการ

### ทรัพยากรหลัก (Primary Resources)

#### 2.7.1 ทรัพยากรด้านฮาร์ดแวร์และโครงสร้างพื้นฐาน

##### 2.7.1.1 เครื่องคอมพิวเตอร์สำหรับการพัฒนา

2.7.1.1.1 MacBook (CPU: Apple M2, RAM: 16GB ขึ้นไป, SSD: 256GB ขึ้นไป)

2.7.1.1.2 จอภาพเพิ่มเติมขนาด 24-27 นิ้ว สำหรับการแสดงผลและออกแบบ

2.7.1.1.3 อุปกรณ์รับเสียงและไมโครโฟนสำหรับการจัดทำวิดีโอการนำเสนอ

##### 2.7.1.2 คลาวด์เซิร์ฟเวอร์และบริการ

2.7.1.2.1 Virtual Private Server (VPS) หรือ Cloud Instance สำหรับ Development และ Testing Environment

2.7.1.2.2 Production Server พร้อม Load Balancer สำหรับการใช้งานจริง

2.7.1.2.3 Content Delivery Network (CDN) สำหรับการกระจายข้อมูลและเพิ่มประสิทธิภาพ

2.7.1.2.4 SSL/TLS Certificates สำหรับการรักษาความปลอดภัย

##### 2.7.1.3 ระบบฐานข้อมูลและการจัดเก็บข้อมูล

2.7.1.3.1 Graph Database (เช่น Neo4j, ArangoDB) สำหรับการจัดเก็บกราฟเครือข่าย

2.7.1.3.2 Document Database (MongoDB) สำหรับการจัดเก็บเอกสารและเมตาดาต้า

2.7.1.3.3 File Storage System (MinIO) สำหรับการจัดเก็บไฟล์ PDF และผลลัพธ์ที่ส่งออก

2.7.1.3.4 Cache Database (Redis) สำหรับการเพิ่มประสิทธิภาพการประมวลผล

#### 2.7.2 ทรัพยากรด้านซอฟต์แวร์และเครื่องมือพัฒนา

##### 2.7.2.1 เครื่องมือการพัฒนาและ IDE

2.7.2.1.1 Visual Studio Code สำหรับการเขียนโปรแกรม

2.7.2.1.2 Git และ GitHub สำหรับการจัดการเวอร์ชันโค้ด

2.7.2.1.3 Docker และ Docker Compose สำหรับการจัดการ Container

2.7.2.1.4 Kubernetes หรือ Docker Swarm สำหรับการจัดการ Orchestration

##### 2.7.2.2 เครื่องมือการออกแบบและ UI/UX

2.7.2.2.1 Figma สำหรับการออกแบบ Interface, Flowchart และ Prototyping

2.7.2.2.2 Excalidraw สำหรับการสร้าง Diagram ทั่วไป

##### 2.7.2.3 เครื่องมือการทดสอบและการจัดการคุณภาพ

2.7.2.3.1 Trivy สำหรับการวิเคราะห์ความปลอดภัยของ Container

2.7.2.3.2 Postman สำหรับการทดสอบ API

2.7.2.3.3 Performance Testing Tools (k6)

## 2.7.3 ทักษะการด้านเทคโนโลยีและภาษาโปรแกรม

### 2.7.3.1 เทคโนโลยี Backend Development

- 2.7.3.1.1 Go (Golang) สำหรับการพัฒนา High-Performance Backend Services
- 2.7.3.1.2 GraphQL สำหรับการสร้าง Flexible API
- 2.7.3.1.3 RESTful API Frameworks (Fiber for Go)
- 2.7.3.1.4 Langchain สำหรับการจัดการ LLM เช่น Context, Memory

### 2.7.3.2 เทคโนโลยี Frontend Development

- 2.7.3.2.1 React.js หรือ Next.js สำหรับการสร้าง Interactive Web Interface
- 2.7.3.2.2 TypeScript สำหรับการเพิ่มความปลอดภัยของโค้ด
- 2.7.3.2.3 D3.js หรือ Vis.js สำหรับการสร้าง Interactive Graph Visualization
- 2.7.3.2.4 CSS Frameworks (Tailwind CSS, Material-UI) สำหรับการออกแบบ

### 2.7.3.3 เทคโนโลยี Machine Learning และ NLP

- 2.7.3.3.1 Python Libraries (NumPy, Pandas, Scikit-learn) สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูล
- 2.7.3.3.2 Natural Language Processing Libraries (spaCy, NLTK, Transformers)
- 2.7.3.3.3 PDF Processing Libraries (PyPDF2, pdfplumber, Tesseract OCR)
- 2.7.3.3.4 Large Language Model APIs (OpenAI GPT, Google PaLM, Claude)

### 2.7.3.4 เทคโนโลยี DevOps และ Infrastructure

- 2.7.3.4.1 CI/CD Tools (GitHub Actions, GitLab CI, Jenkins)
- 2.7.3.4.2 Infrastructure as Code (Terraform, CloudFormation)
- 2.7.3.4.3 Monitoring และ Logging (Prometheus, Grafana, ELK Stack)
- 2.7.3.4.4 Container Orchestration (Kubernetes, Docker Swarm)

## 2.7.4 ทักษะการด้านข้อมูลและการวิจัย

### 2.7.4.1 ข้อมูลสำหรับการทดสอบและพัฒนา

- 2.7.4.1.1 เอกสาร PDF ตัวอย่างจากแหล่งวิชาการต่าง ๆ สำหรับการทดสอบระบบ
- 2.7.4.1.2 Dataset ข้อมูลงานวิจัยและเอกสารทางวิชาการจากแหล่งเปิด
- 2.7.4.1.3 Sample Co-occurrence Networks สำหรับการเปรียบเทียบผลลัพธ์

### 2.7.4.2 แหล่งข้อมูลและการอ้างอิง

- 2.7.4.2.1 การเข้าถึงฐานข้อมูลวิชาการ (IEEE Xplore, ACM Digital Library, SpringerLink)
- 2.7.4.2.2 เครื่องมือการจัดการ References (Zotero, Mendeley, EndNote)
- 2.7.4.2.3 Online Learning Resources และ Technical Documentation
- 2.7.4.2.4 การสมัครสมาชิก Professional Communities และ Forums

## 2.7.5 ทรัพยากรด้านบุคลากรและการสนับสนุน

### 2.7.5.1 ทีมพัฒนาและที่ปรึกษา

#### 2.7.5.1.1 อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ

## 2.7.6 ทรัพยากรด้านการเงินและงบประมาณ

### 2.7.6.1 ค่าใช้จ่ายด้านโครงสร้างพื้นฐาน

#### 2.7.6.1.1 ค่า Cloud Server อยู่ที่ 0 บาท (ใช้ Cloud Server ของตนเอง จึงไม่นับค่าใช้จ่าย)

#### 2.7.6.1.2 ค่าจัดทำปฏิญานิพนธ์ ประมาณ 1,000 บาท

## 2.8 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

การพัฒนาแพลตฟอร์ม Co-Occurrence Knowledge Engineering Platform คาดว่าจะให้ผลลัพธ์ที่มีคุณค่าและส่งผลกระทบเชิงบวกต่อการจัดการความรู้และการวิจัยในหลายมิติ โดยผลที่คาดว่าจะได้รับสามารถแบ่งออกเป็นหมวดหมู่ตามประเภทของผู้ใช้งานและขอบเขตการประยุกต์ใช้

### ผลทางเทคนิคและเทคโนโลยี (Technical and Technological Outcomes)

#### 2.8.1 ระบบแพลตฟอร์มที่สมบูรณ์และมีประสิทธิภาพ

##### 2.8.1.1 แพลตฟอร์มวิศวกรรมความรู้เชิงสัมพันธ์การปรากฏร่วมที่มีความสามารถในการประมวลผลเอกสาร PDF ขนาดใหญ่ได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำ

##### 2.8.1.2 กราฟเครือข่ายความรู้แบบโต้ตอบที่สามารถแสดงผลความสัมพันธ์เชิงซับซ้อนได้อย่างเข้าใจง่ายและสวยงาม

##### 2.8.1.3 ระบบบูรณาการกับ Large Language Models (LLM) ที่ช่วยเพิ่มความแม่นยำในการค้นหาและสกัดความรู้

##### 2.8.1.4 ส่วนติดต่อผู้ใช้ (User Interface) ที่ใช้งานง่าย เข้าใจง่าย และตอบสนองได้รวดเร็วบนอุปกรณ์ต่าง ๆ

#### 2.8.2 นวัตกรรมทางเทคนิคและอัลกอริทึม

##### 2.8.2.1 เทคนิคการสร้างกราฟเครือข่ายความรู้แบบไดนามิกที่สามารถปรับตัวตามข้อมูลและบริบทได้

##### 2.8.2.2 ระบบการจัดการส่วนของกราฟ (Graph Management) ที่ช่วยให้สามารถผสมผสานและเปรียบเทียบความรู้จากแหล่งต่าง ๆ ได้

##### 2.8.2.3 เทคนิคการบูรณาการ LLM กับกราฟเครือข่ายที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานวิจัยด้านอื่น ๆ ได้

##### 2.8.2.4 ระบบ Knowledge Discovery ที่สามารถค้นพบรูปแบบและความเชื่อมโยงใหม่ที่ไม่เคยมีมาก่อน

#### 2.8.3 เครื่องมือและ APIs สำหรับนักพัฒนา

##### 2.8.3.1 RESTful APIs ที่สมบูรณ์พร้อมเอกสารประกอบสำหรับการพัฒนาระบบต่อยอด

##### 2.8.3.2 SDK และ Libraries สำหรับการเชื่อมต่อกับแพลตฟอร์มในภาษาโปรแกรมต่าง ๆ

##### 2.8.3.3 เครื่องมือ Export และ Import ข้อมูลในรูปแบบมาตรฐาน (JSON, CSV, GraphML)

##### 2.8.3.4 Template และ Examples สำหรับการใช้งานในกรณีต่าง ๆ

##### 2.8.3.5 ระบบ Plugin Architecture ที่ช่วยให้สามารถขยายฟังก์ชันการทำงานได้ง่าย

## ผลทางวิชาการและการวิจัย (Academic and Research Outcomes)

### 2.8.4 การส่งเสริมการวิจัยและการเรียนรู้

- 2.8.4.1 เครื่องมือที่ช่วยให้นักวิจัยสามารถวิเคราะห์ความเชื่อมโยงระหว่างงานวิจัยได้อย่างมีประสิทธิภาพ
- 2.8.4.2 แพลตฟอร์มที่ช่วยในการค้นพบ Research Gaps และโอกาสในการวิจัยใหม่ ๆ
- 2.8.4.3 ระบบที่ช่วยให้การทำ Literature Review มีประสิทธิภาพและครอบคลุมมากขึ้น
- 2.8.4.4 เครื่องมือสำหรับการวิเคราะห์ Trend และ Pattern ในสาขาวิชาต่าง ๆ
- 2.8.4.5 แพลตฟอร์ม ที่ สนับสนุน การ ทำงาน ร่วม กัน ระหว่าง นัก วิจัย จาก สาขา ต่าง ๆ (Interdisciplinary Research)

### 2.8.5 การพัฒนาความรู้และองค์ความรู้ใหม่

- 2.8.5.1 องค์ความรู้ใหม่เกี่ยวกับการประยุกต์ใช้ Co-occurrence Analysis ในการสร้างกราฟเครือข่าย
- 2.8.5.2 ความเข้าใจที่ลึกซึ้งเกี่ยวกับการบูรณาการ LLM กับระบบวิศวกรรมความรู้
- 2.8.5.3 รูปแบบและวิธีการใหม่ในการแสดงผลความสัมพันธ์เชิงซับซ้อนให้เข้าใจง่าย
- 2.8.5.4 แนวทางการพัฒนาระบบ Knowledge Management ที่มีประสิทธิภาพสูง
- 2.8.5.5 ต้นแบบสำหรับการพัฒนาระบบ AI-assisted Knowledge Discovery ในอนาคต

## ผลทางสังคมและการประยุกต์ใช้ (Social and Application Outcomes)

### 2.8.6 การเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานและการตัดสินใจ

- 2.8.7.1 การลดเวลาในการค้นหาและวิเคราะห์เอกสารสำหรับนักวิจัยและนักวิชาการลงได้ 50-70 เปอร์เซ็นต์
- 2.8.7.2 การเพิ่มความแม่นยำในการค้นพบความเชื่อมโยงระหว่างแนวคิดและงานวิจัย
- 2.8.7.3 การช่วยให้องค์กรและสถาบันการจัดการความรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น
- 2.8.7.4 การสนับสนุนการตัดสินใจเชิงนโยบายที่อิงตามหลักฐานและข้อมูล (Evidence-based Decision Making)
- 2.8.7.5 การเพิ่มโอกาสในการเกิดนวัตกรรมจากการเชื่อมโยงความรู้จากสาขาต่าง ๆ

### 2.8.7 การสร้างชุมชนและเครือข่ายความร่วมมือ

- 2.8.8.1 ชุมชนนักพัฒนาและผู้ใช้งานที่ร่วมกันพัฒนาและปรับปรุงแพลตฟอร์ม
- 2.8.8.2 เครือข่ายการแลกเปลี่ยนความรู้และประสบการณ์ระหว่างนักวิจัยจากสถาบันต่าง ๆ
- 2.8.8.3 การสร้างมาตรฐานและ Best Practices ในการจัดการกราฟเครือข่ายความรู้
- 2.8.8.4 การส่งเสริมการทำงานร่วมกันข้ามสาขาวิชาและข้ามสถาบัน
- 2.8.8.5 การสร้างแรงบันดาลใจให้เกิดโครงการพัฒนาเครื่องมือประเภทนี้เพิ่มเติม

### 2.8.8 การประยุกต์ใช้ในหลากหลายสาขา

- 2.8.9.1 การใช้งานในสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสำหรับการวิเคราะห์ความก้าวหน้าทางเทคนิค
- 2.8.9.2 การประยุกต์ใช้ในสาขาสังคมศาสตร์สำหรับการวิเคราะห์แนวโน้มทางสังคม
- 2.8.9.3 การประยุกต์ใช้ในการศึกษาสำหรับการพัฒนาหลักสูตรและการเรียนการสอน
- 2.8.9.4 การใช้งานในหน่วยงานราชการสำหรับการวิเคราะห์นโยบายและการวางแผน

## ผลกระทบระยะยาว (Long-term Impact)

### 2.8.12 การพัฒนาต่อยอดและความยั่งยืน

- 2.8.12.1 แพลตฟอร์มที่สามารถขยายขนาดและเพิ่มฟีเจอร์ได้อย่างต่อเนื่อง
- 2.8.12.2 ระบบที่มีความยืดหยุ่นสูงและสามารถปรับตัวตามเทคโนโลยีใหม่ ๆ ได้
- 2.8.12.3 ชุมชนผู้ใช้งานและนักพัฒนาที่แข็งแกร่งและมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง
- 2.8.12.4 การเป็นพื้นฐานสำหรับการพัฒนาเทคโนโลยี Knowledge Engineering รุ่นถัดไป
- 2.8.12.5 การส่งผลกระทบเชิงบวกต่อการพัฒนาสังคมและเศรษฐกิจในระยะยาว

### สรุปผลที่คาดว่าจะได้รับ

การพัฒนาแพลตฟอร์ม Co-Occurrence Knowledge Engineering Platform คาดว่าจะส่งผลกระทบเชิงบวกในหลากหลายมิติ ตั้งแต่การสร้างนวัตกรรมทางเทคนิค การส่งเสริมการวิจัยและการเรียนรู้ การเพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน ผลลัพธ์เหล่านี้จะไม่เพียงแต่ตอบสนองความต้องการในปัจจุบันเท่านั้น แต่ยังเป็นการวางรากฐานสำหรับการพัฒนาเทคโนโลยีการจัดการความรู้ในอนาคตอีกด้วย

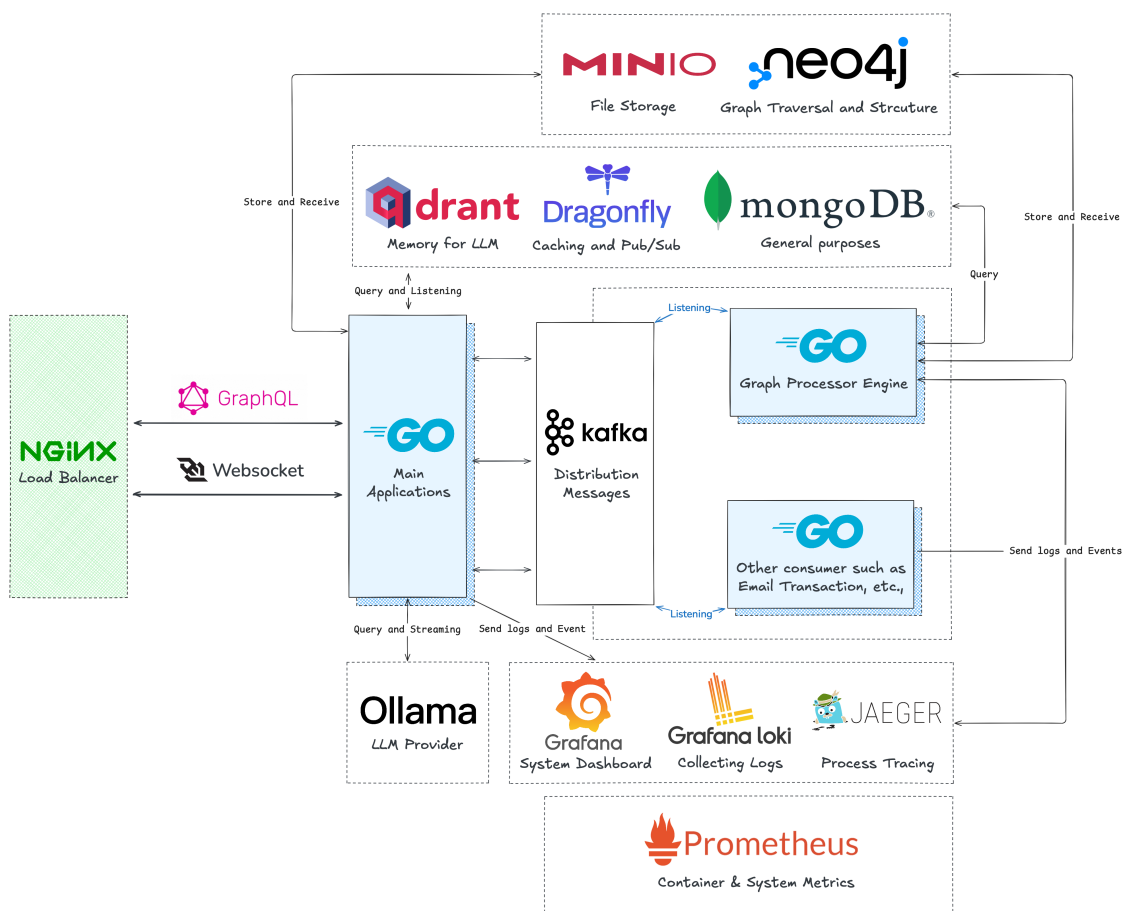
## 2.9 เอกสารอ้างอิง

1. [Mario M. Kubek, Herwig Unger] 2016, "Centroid Terms as Text Representatives", DocEng '16: Proceedings of the 2016 ACM Symposium on Document Engineering, Pages 99 - 102, [<https://doi.org/10.1145/2960811.2967150>]
2. [Mario M. Kubek, Thomas Böhme, Herwig Unger] 2017, "Spreading activation: a fast calculation method for text centroids", ICCIP '17: Proceedings of the 3rd International Conference on Communication and Information Processing, Pages 24 - 27, [<https://doi.org/10.1145/3162957.3163014>]
3. [Aidan Hogan, Eva Blomqvist, Michael Cochez, et al.] 2021, "Knowledge Graphs", ACM Computing Surveys (CSUR), Volume 54, Issue 4, Article No. 72, [<https://doi.org/10.1145/3447772>]
4. [Supaporn Simcharoen, Anirach Mingkhawn, Herwig Unger] 2024, "X-WiKi: Graph-Based Knowledge Aggregation from Wikipedia Pages", Conference: 2024 IEEE International Conference on Big Data and Smart Computing (BigComp), [<http://dx.doi.org/10.1109/BigComp60711.2024.00100>]
5. [Yanakorn Ruamsuk, Anirach Mingkhawn, Herwig Unger] 2025, "Enhancing Retrieval-Augmented Generation Systems by Text-Representing Centroid", NLPiR '24: Proceedings of the 2024 8th International Conference on Natural Language Processing and Information Retrieval, Pages 265 - 271, [<https://doi.org/10.1145/3711542.3711558>]



## 2.10 ภาคผนวก

### 2.10.1 สถาปัตยกรรมของแพลตฟอร์มแบบภาพรวม (Architecture Overview)



รูปที่ 1: สถาปัตยกรรมของแพลตฟอร์มแบบภาพรวม

สถาปัตยกรรมของแพลตฟอร์ม Co-Occurrence Knowledge Engineering Platform ได้รับการออกแบบตามหลักการของ Microservices Architecture และ Event-Driven Architecture เพื่อให้สามารถรองรับการประมวลผลข้อมูลขนาดใหญ่และการใช้งานแบบเรียลไทม์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยแบ่งองค์ประกอบหลักออกเป็นชั้นต่าง ๆ ดังนี้

## ชั้น Gateway และ Load Balancing

**Nginx (Reverse Proxy & Load Balancer)** ทำหน้าที่เป็นจุดเข้าถึงหลักของระบบ รับผิดชอบในการกระจายโหลดไปยัง Service ต่าง ๆ และจัดการการเชื่อมต่อจากผู้ใช้งาน โดยรองรับการสื่อสารผ่าน GraphQL API สำหรับการค้นหาและจัดการข้อมูลแบบยืดหยุ่น และ WebSocket สำหรับการสื่อสารแบบเรียลไทม์ เช่น การอัปเดตสถานะการประมวลผลกราฟ การแจ้งเตือน และการซิงโครไนซ์ข้อมูลระหว่างผู้ใช้หลายคน ระบบนี้ยังทำหน้าที่ในการจัดการ SSL/TLS Termination และการรักษาความปลอดภัยในระดับต้น

## ชั้น Application Services

**Main Application (Go)** เป็นแกนหลักของระบบที่เขียนด้วยภาษา Go เพื่อความเร็วและประสิทธิภาพในการประมวลผล รับผิดชอบในการจัดการ Business Logic หลัก เช่น การรับและประมวลผลไฟล์ PDF การวิเคราะห์ Co-occurrence การจัดการผู้ใช้งาน การควบคุมการเข้าถึงข้อมูล และการประสานงานระหว่าง Service ต่าง ๆ ระบบนี้ยังทำหน้าที่ในการส่ง Message ไปยัง Message Queue สำหรับงานที่ต้องการการประมวลผลแบบ Asynchronous

**Graph Processor Engine (Go)** เป็น Service พิเศษที่เขียนด้วย Go เพื่อจัดการกับการสร้างและประมวลผลกราฟเครือข่ายขนาดใหญ่ ทำงานแบบ Consumer โดยรับ Message จาก Kafka และประมวลผลการสร้าง Node และ Edge ของกราฟแบบขนานกัน (Parallel Processing) เพื่อให้สามารถจัดการกับข้อมูลขนาดใหญ่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ Service นี้มีความสามารถในการ Scale horizontally เมื่อมีปริมาณงานเพิ่มขึ้น

**Email Transaction Service (Go)** จัดการกับการส่งอีเมลต่าง ๆ เช่น การยืนยันบัญชีผู้ใช้ การแจ้งเตือนเมื่อการประมวลผลเสร็จสิ้น การส่งรายงานประจำ และการแจ้งเตือนเหตุการณ์สำคัญ โดยทำงานแบบ Asynchronous ผ่าน Message Queue เพื่อไม่ให้กระทบต่อประสิทธิภาพของ Main Application

## ชั้น Message Queue และ Event Streaming

**Apache Kafka** ทำหน้าที่เป็นแกนกลางของ Event-Driven Architecture รับผิดชอบในการรับและกระจาย Message จำนวนมากจาก Main Application ไปยัง Consumer Services ต่าง ๆ โดยเฉพาะงานหนักอย่างการสร้าง Network Graph ขนาดใหญ่ที่จำเป็นต้องแบ่งการประมวลผลออกเป็นหลาย ๆ ส่วน Kafka ช่วยให้ระบบสามารถรองรับ High Throughput และมี Fault Tolerance สูง โดยการจัดเก็บ Message แบบ Persistent และการ Replication ข้ามหลาย Broker

## ชั้นการจัดเก็บข้อมูล (Data Storage Layer)

**Qdrant (Vector Database)** ทำหน้าที่เป็น Memory และ Knowledge Base สำหรับ Large Language Models (LLM) จัดเก็บ Vector Embeddings ของข้อความและแนวคิดต่าง ๆ เพื่อให้ LLM สามารถทำ Semantic Search และ Context-aware Query ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ช่วยเพิ่มความแม่นยำในการตอบคำถามและการค้นหาความเชื่อมโยงระหว่างแนวคิด

**DragonflyDB (Redis Fork)** เป็นระบบ In-Memory Cache ที่มีประสิทธิภาพสูง ทำหน้าที่ในการ Cache ข้อมูลที่ใช้อยู่บ่อย เช่น ผลการค้นหา Session ของผู้ใช้ และข้อมูล Metadata ต่าง ๆ นอกจากนี้ยังทำหน้าที่เป็น Pub/Sub Broker สำหรับการสื่อสารระหว่าง Service แบบเรียลไทม์ และการซิงโครไนซ์ข้อมูลระหว่าง Instance ต่าง ๆ

**MongoDB (Document Database)** จัดเก็บข้อมูลทั่วไปของระบบในรูปแบบ Document เช่น ข้อมูลบัญชีผู้ใช้ Metadata ของเอกสาร การตั้งค่าต่าง ๆ ประวัติการใช้งาน และข้อมูล Configuration ต่าง ๆ เหมาะสำหรับข้อมูลที่มีโครงสร้างแบบยืดหยุ่นและต้องการการเข้าถึงที่รวดเร็ว

**Neo4j (Graph Database)** เป็นหัวใจสำคัญของระบบที่จัดเก็บ Network Graph ที่เกิดจากการวิเคราะห์ Co-occurrence รวมถึงความสัมพันธ์ระหว่าง Node และ Edge ต่าง ๆ รองรับการ Query แบบ Graph-specific ด้วย Cypher Query Language ทำให้สามารถค้นหารูปแบบความสัมพันธ์ที่ซับซ้อนและการวิเคราะห์ Network Properties ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

**MinIO (S3-Compatible Object Storage)** จัดเก็บไฟล์ต่าง ๆ ที่ผู้ใช้อัปโหลดเข้าสู่ระบบ เช่น ไฟล์ PDF เอกสารต้นฉบับ รูปภาพที่ส่งออกจากกราฟ และไฟล์ผลลัพธ์ต่าง ๆ รองรับการ Scale แบบ Distributed และมี API ที่เข้ากันได้กับ Amazon S3 ทำให้สามารถ Migrate หรือ Backup ได้ง่าย

## ชั้น AI และ Machine Learning

**Ollama (LLM Service)** ให้บริการ Large Language Models เพื่อการประมวลผลภาษาธรรมชาติ การตีความข้อความ การสร้าง Summary และการตอบคำถามเกี่ยวกับเนื้อหาในกราฟเครือข่าย ทำงานร่วมกับ Qdrant ในการ Retrieve Context ที่เกี่ยวข้องและสร้างคำตอบที่มีความแม่นยำสูง รองรับการ Load Balance และ Scale ตามความต้องการใช้งาน

## ชั้น Observability และ Monitoring

**Grafana Dashboard** เป็นหน้าตาหลักสำหรับการมองภาพรวมของระบบทั้งหมด แสดงผล Metrics ต่าง ๆ เช่น การใช้งาน CPU, Memory, Network Traffic จำนวนผู้ใช้งาน สถานะของ Service ต่าง ๆ และ Performance Indicators ที่สำคัญ ช่วยให้ผู้ใช้และระบบสามารถติดตามและตัดสินใจได้อย่างรวดเร็ว

**Grafana Loki (Log Aggregation)** รวบรวมและจัดการ Log จาก Service ทุกตัวในระบบ ช่วยในการ Debug การวิเคราะห์ปัญหา และการติดตาม Event ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น รองรับการ Query Log แบบ Real-time และการสร้าง Alert เมื่อเกิด Error หรือ Anomaly

**Jaeger Tracing** ติดตาม Request Flow ทั้งหมด ที่ เกิด ขึ้น ใน ระบบ แสดง Latency และ Dependencies ระหว่าง Service ต่าง ๆ ช่วยในการ Optimize Performance และการระบุ Bottleneck ในระบบ เป็นเครื่องมือสำคัญสำหรับการ Debug ปัญหาที่เกิดขึ้นใน Microservices Environment

**Prometheus (Metrics Collection)** รวบรวมและจัดเก็บ Metrics จาก Service ทุกตัวในระบบ เช่น Response Time, Error Rate, Throughput และ Resource Usage รองรับการสร้าง Alert Rule และการ Integration กับ Grafana สำหรับการแสดงผลแบบ Real-time

## การไหลของข้อมูลและการทำงานของระบบ

เมื่อผู้ใช้อัปโหลดเอกสาร PDF ผ่าน Web Interface ข้อมูลจะผ่าน Nginx เข้าสู่ Main Application ซึ่งจะประมวลผลข้อความและส่ง Message ไปยัง Kafka สำหรับการสร้างกราฟ Graph Processor Engine จะรับ Message และสร้าง Node/Edge ใน Neo4j พร้อมทั้งอัปเดต Vector Embeddings ใน Qdrant ผลลัพธ์จะถูก Cache ใน DragonflyDB และผู้ใช้จะได้รับการแจ้งเตือนผ่าน WebSocket เมื่อการประมวลผลเสร็จสิ้น

ระบบนี้ได้รับการออกแบบให้มีความ Scalable, Fault-tolerant และ Observable ช่วยให้สามารถรองรับการใช้งานระดับ Enterprise และการพัฒนาต่อยอดในอนาคตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

### 2.10.2 ความสัมพันธ์และแนวคิดข้อมูล (Data Relations and Concepts)

การพัฒนาระบบ Co-Occurrence Knowledge Engineering Platform ต้องอาศัยการทำความเข้าใจเกี่ยวกับโครงสร้างและความสัมพันธ์ของข้อมูลอย่างลึกซึ้ง เนื่องจากระบบนี้มีเป้าหมายในการแปลงข้อความจากเอกสารให้กลายเป็นกราฟเครือข่ายความรู้ที่สามารถแสดงความเชื่อมโยงระหว่างแนวคิดต่าง ๆ ได้อย่างมีความหมาย ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการออกแบบโครงสร้างข้อมูลและแนวคิดหลักที่รองรับการทำงานของระบบ

#### โครงสร้างกราฟเครือข่าย (Network Graph Structure)

ในการทำระบบ Knowledge Engineering จำเป็นต้องมี **Network Graph Structure** เพื่อการค้นหาความเชื่อมโยงระหว่างความรู้ที่มีประสิทธิภาพ โครงสร้างกราฟเครือข่ายนี้ประกอบด้วยองค์ประกอบหลัก 3 ส่วน ได้แก่

2.10.2.1 โหนด (Nodes) แทนแนวคิด คำศัพท์ หรือเอนทิตีที่สกัดมาจากข้อความ

2.10.2.2 ขอบเชื่อม (Edges) แทนความสัมพันธ์และความแข็งแกร่งของการเชื่อมโยงระหว่างแนวคิด

### 2.10.2.3 เซนทรอยด์ (Centroid) เป็นจุดกึ่งกลางของกราฟทั้งหมด ซึ่งเป็น Concept หลักในการแสดงกราฟทั้งหมด

#### แนวคิดเซนทรอยด์ (Centroid Concept)

เซนทรอยด์ (Centroid) เป็นแนวคิดสำคัญที่ใช้ในการระบุจุดศูนย์กลางหรือแนวคิดหลักของกราฟเครือข่าย โดยเซนทรอยด์จะถูกคำนวณจากความถี่การปรากฏและระดับการเชื่อมโยงของแต่ละโหนดในกราฟ เซนทรอยด์ทำหน้าที่เป็น:

- 2.10.2.3.1 ตัวแทนความหมายหลัก ของเนื้อหาทั้งหมดในกราฟ
- 2.10.2.3.2 จุดอ้างอิง สำหรับการคำนวณความสัมพันธ์กับโหนดอื่น ๆ
- 2.10.2.3.3 เครื่องมือสรุปเนื้อหา ที่ช่วยให้เข้าใจแนวคิดหลักได้อย่างรวดเร็ว
- 2.10.2.3.4 ดัชนีการค้นหา ที่เพิ่มประสิทธิภาพในการ Query และ Retrieval

การคำนวณเซนทรอยด์ใช้อัลกอริทึม Spreading Activation ที่พิจารณาจากค่าน้ำหนักและความเชื่อมโยงของโหนดทั้งหมดในกราฟ

#### เงื่อนไขการสร้างกราฟเครือข่าย (Graph Creation Criteria)

ในการสร้าง Network Graph สำหรับ Co-occurrence Graph ขึ้นมาได้ จำเป็นต้องมีข้อกำหนดพื้นฐานสำหรับข้อมูลต้นทางและเงื่อนไขทางคณิตศาสตร์ที่ชัดเจน ดังนี้:

เงื่อนไขทางคณิตศาสตร์สำหรับการสร้าง Co-occurrence Graph:

##### 1. เงื่อนไขความยาวประโยค:

สำหรับประโยคข้อความ  $S$  ที่มีความยาว  $n$  คำ จำเป็นต้องมี:

$$n > 0$$

โดยที่  $n$  คือจำนวนคำในประโยคหลังจากการประมวลผล (Tokenization) และการกรอง Stop Words

##### 2. เงื่อนไขการปรากฏร่วม (Co-occurrence Condition):

การปรากฏร่วมคือการปรากฏของคำสองคำในประโยคเดียวกัน โดยกำหนดให้:

สำหรับคำ  $w_i$  และ  $w_j$  ใน corpus  $C$  ที่มีการปรากฏร่วมกันด้วยความถี่  $f(w_i, w_j)$

$$f(w_i, w_j) \geq \sigma$$

โดยที่:

$f(w_i, w_j)$  = ความถี่การปรากฏร่วมของคำ  $w_i$  และ  $w_j$  ในประโยคเดียวกัน

$\sigma$  = ค่าเกณฑ์ขั้นต่ำ (threshold) สำหรับการปรากฏร่วมที่มีนัยสำคัญ

กำหนดให้  $\sigma = 2$  สำหรับระบบนี้

### 3. เงื่อนไขการสร้างขอบเชื่อมต่อ (Edge Creation Condition):

ขอบเชื่อมต่อ  $e_{ij}$  ระหว่างโหนด  $w_i$  และ  $w_j$  จะถูกสร้างขึ้นก็ต่อเมื่อ:

$$e_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{ถ้า } f(w_i, w_j) \geq \sigma \\ 0, & \text{ถ้า } f(w_i, w_j) < \sigma \end{cases}$$

### 4. น้ำหนักของขอบเชื่อมต่อ (Edge Weight):

น้ำหนักของขอบเชื่อมต่อ  $w_{ij}$  คำนวณจาก:

$$w_{ij} = \frac{f(w_i, w_j)}{\max_{k,l \in V} f(w_k, w_l)}$$

โดยที่  $V$  คือเซตของโหนดทั้งหมดในกราฟ

### 5. เงื่อนไขการกรองข้อมูล (Data Filtering Condition):

เมื่อกำหนด  $\sigma = 2$  แล้ว ข้อความใดที่มีความถี่การปรากฏรวมต่ำกว่าค่านี้จะไม่ถูกนำมาสร้างกราฟ กล่าวคือ:

$$\forall (w_i, w_j) : f(w_i, w_j) < 2 \Rightarrow (w_i, w_j) \notin E$$

โดยที่  $E$  คือเซตของขอบเชื่อมต่อทั้งหมดในกราฟ

### 6. เงื่อนไขการคำนวณ Centroid:

สำหรับการคำนวณ Centroid ของกราฟ ใช้สูตร:

$$C = \sum_{w_j \in V} w_{ij} \cdot d_{ij}^{-1}$$

โดยที่:

- $C$  = Centroid ของกราฟ
- $d_{ij}$  = ระยะทางสั้นที่สุดระหว่างโหนด  $w_i$  และ  $w_j$
- $V$  = เซตของโหนดทั้งหมดที่ผ่านเงื่อนไขความถี่

### 7. เงื่อนไขความหนาแน่นของกราฟ (Graph Density Condition):

ความหนาแน่นของกราฟ  $D$  คำนวณจาก:

$$D = \frac{2|E|}{|V|(|V| - 1)}$$

โดยที่:

- $|E|$  = จำนวนขอบเชื่อมต่อที่มีความถี่  $\geq \sigma$
- $|V|$  = จำนวนโหนดทั้งหมดในกราฟ

## 8. ตัวอย่างการประยุกต์ใช้:

ให้ประโยค: "ระบบวิศวกรรมความรู้ช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูล"

หลังจาก Tokenization และ Stop Words Removal: ["ระบบ", "วิศวกรรม", "ความรู้", "วิเคราะห์", "ข้อมูล"]

Co-occurrence pairs ที่เป็นไปได้:

- (ระบบ, วิศวกรรม), (ระบบ, ความรู้), (ระบบ, วิเคราะห์), (ระบบ, ข้อมูล)
- (วิศวกรรม, ความรู้), (วิศวกรรม, วิเคราะห์), (วิศวกรรม, ข้อมูล)
- (ความรู้, วิเคราะห์), (ความรู้, ข้อมูล)
- (วิเคราะห์, ข้อมูล)

เฉพาะ pairs ที่มี  $f(w_i, w_j) \geq 2$  เท่านั้นที่จะถูกนำมาสร้างเป็นขอบเชื่อมในกราฟ  
กระบวนการสร้างกราฟ:

- 2.10.2.4.1 การแบ่งคำ (Tokenization) แยกประโยคออกเป็นคำแต่ละคำ
- 2.10.2.4.2 การกรองคำ (Filtering) กำจัด Stop Words และคำที่ไม่มีความหมาย
- 2.10.2.4.3 การสร้างโหนด (Node Creation) แปลงคำที่เหลือเป็นโหนดในกราฟ
- 2.10.2.4.4 การคำนวณ Co-occurrence วิเคราะห์การปรากฏร่วมของคำ
- 2.10.2.4.5 การสร้างขอบเชื่อม (Edge Creation) เชื่อมโยงโหนดตามค่า Co-occurrence

### การจัดเก็บ Metadata และ Context

สำหรับทุกคำที่ถูกแปลงเป็นโหนดในกราฟ ระบบจะสร้างและจัดเก็บ **Metadata** ที่สำคัญดังนี้:

- 2.10.2.5.1 ข้อความประโยคต้นฉบับ (Original Sentences) เก็บประโยคเดิมที่คำนั้น ๆ เคยปรากฏอยู่
- 2.10.2.5.2 ตำแหน่งในเอกสาร (Document Position) บันทึกหน้า บรรทัด และตำแหน่งของคำ
- 2.10.2.5.3 ความถี่การปรากฏ (Frequency) นับจำนวนครั้งที่คำปรากฏในเอกสาร
- 2.10.2.5.4 บริบทโดยรอบ (Surrounding Context) เก็บคำ ๆ ข้างเคียงเพื่อสร้าง Context Window
- 2.10.2.5.5 ข้อมูลการประมวลผล (Processing Metadata) เก็บข้อมูลเกี่ยวกับวิธีการประมวลผลและ Algorithm ที่ใช้

Metadata เหล่านี้จะถูกนำไปใช้เป็น **Context** ให้กับ Large Language Models (LLM) เพื่อการ:

- 2.10.2.5.6 Context-Aware Question Answering ตอบคำถามโดยอิงจากบริบทที่ถูกต้อง
- 2.10.2.5.7 Semantic Understanding เข้าใจความหมายของคำในบริบทต่าง ๆ
- 2.10.2.5.8 Knowledge Discovery ค้นพบความรู้ใหม่จากการเชื่อมโยงบริบท
- 2.10.2.5.9 Content Summarization สร้างสรุปเนื้อหาที่มีความหมาย

### ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล (Data Relationships)

ระบบใช้หลายรูปแบบความสัมพันธ์เพื่อแสดงการเชื่อมโยงระหว่างข้อมูล:

- 2.10.2.6.1 Co-occurrence Relationship ความสัมพันธ์จากการปรากฏร่วมในข้อความ
- 2.10.2.6.2 Semantic Relationship ความสัมพันธ์เชิงความหมาย โดยใช้ Vector Embeddings
- 2.10.2.6.3 Hierarchical Relationship ความสัมพันธ์แบบลำดับชั้น จากการจัดหมวดหมู่
- 2.10.2.6.4 Temporal Relationship ความสัมพันธ์เชิงเวลา จากลำดับการปรากฏ
- 2.10.2.6.5 Contextual Relationship ความสัมพันธ์จากบริบทที่ใช้งาน

## โมเดลข้อมูลสำหรับระบบ (Data Model)

ระบบใช้โมเดลข้อมูลแบบ Hybrid ที่ผสมผสานหลายแนวทาง:

### Graph Data Model:

- Nodes: แทนแนวคิดและเอนทิตี
- Edges: แทนความสัมพันธ์และน้ำหนัก
- Properties: แทน Metadata และ Attributes

### Vector Data Model:

- Embeddings: แทนความหมายเชิงลึกของข้อความ
- Similarity Scores: แทนความคล้ายคลึงทางความหมาย
- Clustering Information: แทนการจัดกลุ่มตามความหมาย

### Document Data Model:

- Original Text: เก็บข้อความต้นฉบับ
- Processed Text: เก็บข้อความหลังประมวลผล
- Metadata: เก็บข้อมูลเสริมและการประมวลผล

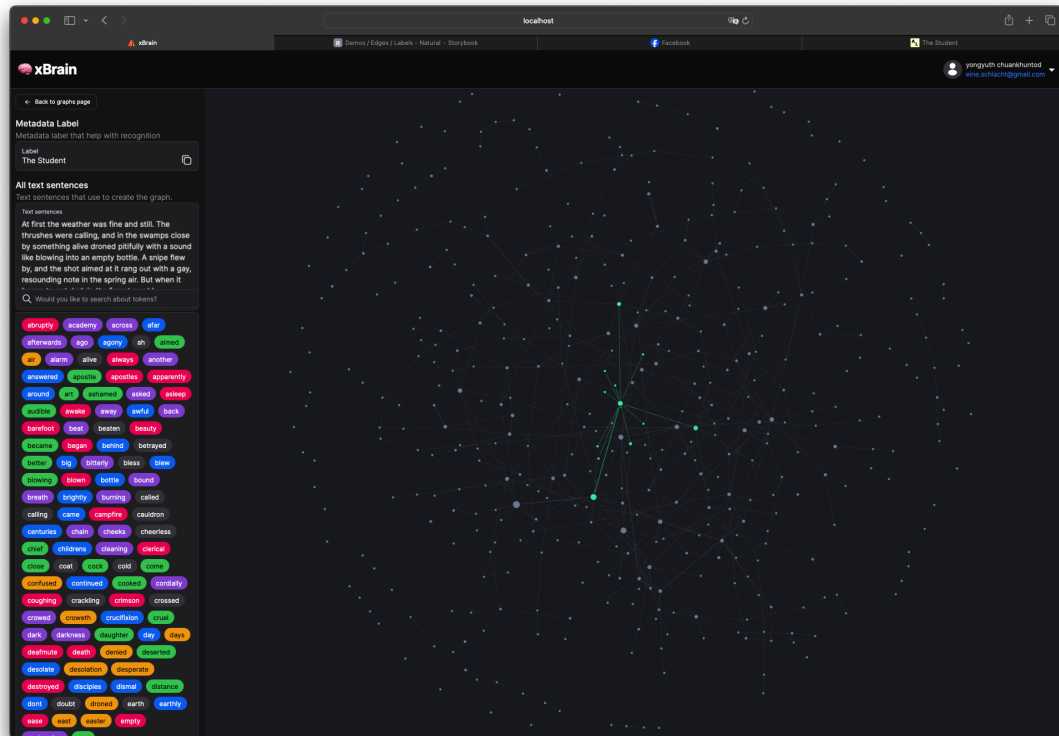
## การประยุกต์ใช้แนวคิดในระบบ

แนวคิดเหล่านี้ถูกนำไปประยุกต์ใช้ในระบบเพื่อสร้างประสบการณ์การใช้งานที่มีประสิทธิภาพได้แก่:

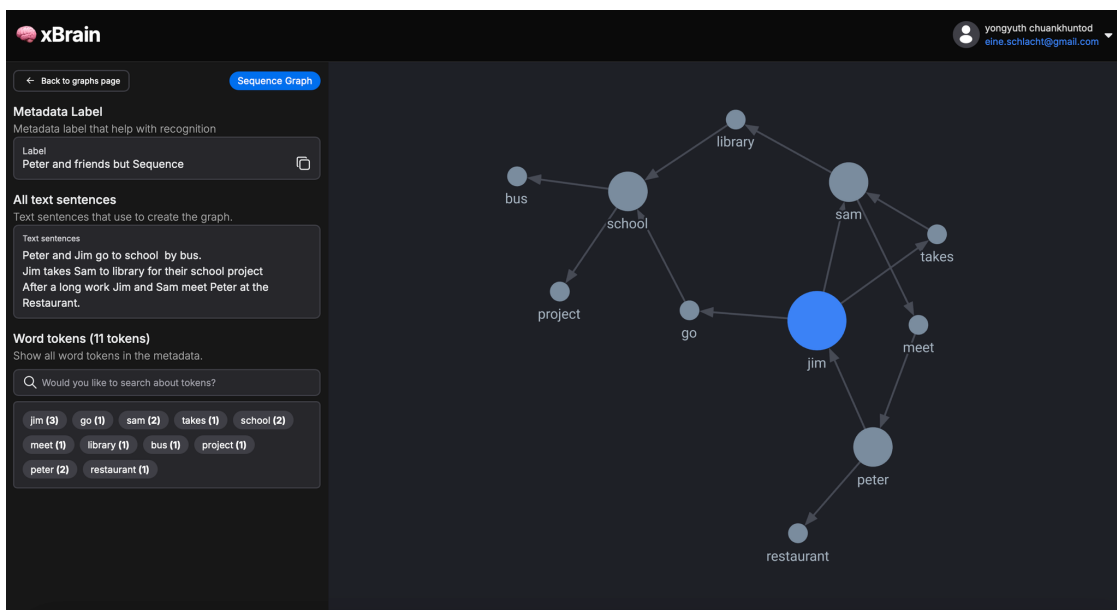
- 2.10.2.7.1 **Intelligent Search** การค้นหาที่เข้าใจบริบทและความหมาย
- 2.10.2.7.2 **Dynamic Visualization** การแสดงผลกราฟที่ปรับตัวตามข้อมูล
- 2.10.2.7.3 **Pattern Discovery** การค้นพบรูปแบบและแนวโน้มใหม่
- 2.10.2.7.4 **Knowledge Fusion** การผสมผสานความรู้จากหลายแหล่ง
- 2.10.2.7.5 **Automated Insights** การสร้าง Insights อัตโนมัติจากข้อมูล

ความสำคัญของการออกแบบโครงสร้างข้อมูลและแนวคิดเหล่านี้คือ ช่วยให้ระบบสามารถจัดการกับความซับซ้อนของความรู้และสร้างความเข้าใจที่ลึกซึ้งจากข้อมูลที่มีอยู่ ทำให้ผู้ใช้งานสามารถค้นพบความเชื่อมโยงและสร้างความรู้ใหม่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ภาพตัวอย่างของแพลตฟอร์ม Co-Occurrence Knowledge Engineering Platform ที่แสดงให้เห็นถึงการทำงานและความสามารถของระบบ โดยจะแบ่งออกเป็น 2 ภาพหลัก ได้แก่ กราฟขนาดใหญ่ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเอกสารและกราฟขนาดเล็กที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแนวคิดต่าง ๆ ในเอกสาร



รูปที่ 2: กราฟขนาดใหญ่ที่แสดงความสัมพันธ์



รูปที่ 3: กราฟขนาดเล็กที่แสดงความสัมพันธ์



ลงชื่อ นายยงยุทธ ชวนขุนทด ผู้เสนอโครงการ  
(นาย ยงยุทธ ชวนขุนทด)

วันที่ ...../...../.....

ความเห็นอาจารย์ที่ปรึกษา .....

.....

.....

ลงชื่อ ..... อาจารย์ที่ปรึกษา  
( ..... )  
วันที่ ...../...../.....

สาขาวิชา / ภาควิชาที่ได้รับแบบเสนอโครงการวันนี้ .....

ผลการพิจารณา .....

.....

.....

ลงชื่อ ..... ประธาน

( ..... )

วันที่ ..... / ..... / .....

ลงชื่อ ..... กรรมการ

( ..... )

วันที่ ..... / ..... / .....

ลงชื่อ ..... กรรมการ

( ..... )

วันที่ ..... / ..... / .....

ลงชื่อ ..... กรรมการ

( ..... )

วันที่ ..... / ..... / .....