

# เอกสารประกอบการเรียน Research Methodology

วิธีตรวจสอบการวิจัย หลักฐานข้อกล่าวอ้างทางวิศวกรรม  
และการใช้ AI ช่วยทบทวนวิทยานิพนธ์อย่างรับผิดชอบ

ปัญหา → หลักฐาน → การตัดสินใจ → ข้อกล่าวอ้าง

ฉบับร่างภาษาไทยสำหรับใช้ในชั้นเรียน แปลและปรับจาก handout ภาษาอังกฤษ โดยคงเนื้อหาเดิมไว้

พันธุ์ปิติ เปี่ยมสง่า

กรกฎาคม 2569

# สารบัญ

|                                                            |           |                                                                          |           |
|------------------------------------------------------------|-----------|--------------------------------------------------------------------------|-----------|
| คำนำ . . . . .                                             | 2         | 25. เครื่องมือและการวัด . . . . .                                        | 13        |
| คำสำคัญก่อนอ่าน . . . . .                                  | 2         | 26. ความตรง ความเที่ยง และความน่าเชื่อถือของงานวิจัย . . . . .           | 16        |
| คำถามหลักเวลาอ่านรายงานวิจัย . . . . .                     | 3         | 27. ขั้นตอนดำเนินการและการทำซ้ำได้ . . . . .                             | 16        |
| ห้าด้านคมสำหรับตรวจวิทยานิพนธ์ . . . . .                   | 4         | 28. การออกแบบการทดลอง ตัวควบคุม และค่าฐาน . . . . .                      | 16        |
| <b>ภาค I — การตั้งกรอบงานวิจัย . . . . .</b>               | <b>6</b>  | 29. แผนการวิเคราะห์ . . . . .                                            | 16        |
| 1. ชื่อเรื่องวิจัย . . . . .                               | 6         | 30. จริยธรรม ความเป็นส่วนตัว กฎหมาย และความรับผิดชอบในการวิจัย . . . . . | 16        |
| 2. บทคัดย่อ . . . . .                                      | 6         | 31. แผนวิจัย ความเป็นไปได้ และทรัพยากร . . . . .                         | 16        |
| 3. ภูมิหลังและบริบท . . . . .                              | 6         | <b>ภาค IV — หลักฐานและการรายงานผล . . . . .</b>                          | <b>18</b> |
| 4. ปัญหาวิจัยและข้อความระบุปัญหา . . . . .                 | 6         | 32. ผลการวิจัย . . . . .                                                 | 18        |
| 5. ช่องว่างการวิจัย . . . . .                              | 7         | 33. ตาราง . . . . .                                                      | 18        |
| 6. ความสำคัญและเหตุผลรองรับ . . . . .                      | 7         | 34. รูปและหลักฐานเชิงภาพ . . . . .                                       | 18        |
| 7. วัตถุประสงค์ . . . . .                                  | 7         | 35. อภิปรายผล . . . . .                                                  | 18        |
| 8. คำถามวิจัย . . . . .                                    | 8         | 36. ข้อสรุป . . . . .                                                    | 18        |
| 9. สมมติฐานหรือข้อเสนอเชิงแนวคิด . . . . .                 | 8         | 37. ผลงานสนับสนุน . . . . .                                              | 18        |
| 10. ผลงานสนับสนุนที่คาดหวัง . . . . .                      | 9         | 38. ข้อจำกัดในการตีความขั้นสุดท้าย . . . . .                             | 19        |
| 11. ผลผลิตและผลลัพธ์ต่อเนื่อง . . . . .                    | 9         | 39. ข้อเสนอแนะและงานในอนาคต . . . . .                                    | 19        |
| <b>ภาค II — ฐานความรู้และแหล่งอ้างอิง . . . . .</b>        | <b>10</b> | 40. แหล่งอ้างอิงและภาคผนวกในเอกสารฉบับสุดท้าย . . . . .                  | 19        |
| 12. การทบทวนวรรณกรรม . . . . .                             | 10        | 41. การเขียนเชิงวิชาการและถ้อยคำ . . . . .                               | 19        |
| 13. กรอบทฤษฎี . . . . .                                    | 10        | <b>ภาค V — ความสอดคล้องข้ามส่วน . . . . .</b>                            | <b>20</b> |
| 14. กรอบแนวคิด . . . . .                                   | 10        | 42. ตารางไถ่รอยชั้นต่ำ . . . . .                                         | 20        |
| 15. แหล่งอ้างอิง การอ้างในเนื้อหา และบรรณานุกรม . . . . .  | 11        | 43. การไถ่รอยตัวอย่างความหิวแบบเต็ม . . . . .                            | 21        |
| 16. การค้นหาและคัดเลือกแหล่งอ้างอิง . . . . .              | 11        | <b>ภาค VI — การใช้ปัญญาประดิษฐ์เป็นผู้ช่วยตรวจ . . . . .</b>             | <b>22</b> |
| <b>ภาค III — ขอบเขตและการออกแบบวิจัย . . . . .</b>         | <b>12</b> | โครงสร้างของคำถามตรวจ . . . . .                                          | 22        |
| 17. นิยามเชิงแนวคิดและนิยามเชิงปฏิบัติการ . . . . .        | 12        | ระดับความรุนแรง . . . . .                                                | 22        |
| 18. ขอบเขตและการจำกัดขอบเขตโดยตั้งใจ . . . . .             | 12        | คำสั่งสำหรับให้ AI ตรวจโดยผู้กำกับหลักฐาน . . . . .                      | 22        |
| 19. ข้อจำกัดของงาน . . . . .                               | 12        | วิธีใช้ Thesis Review Prompt Pack . . . . .                              | 23        |
| 20. สมมติฐานตั้งต้น . . . . .                              | 12        | กติกการตรวจด้วย AI . . . . .                                             | 24        |
| 21. กระบวนทัศน์และแนวทางวิจัย . . . . .                    | 12        | รายการตรวจสั้นก่อนจบ . . . . .                                           | 24        |
| 22. ประชากร ตัวอย่าง กรณีศึกษา และหน่วยวิเคราะห์ . . . . . | 13        | <b>สถานะการแปล . . . . .</b>                                             | <b>25</b> |
| 23. ตัวแปร มโนทัศน์ ปัจจัย และตัวแปรกวน . . . . .          | 13        |                                                                          |           |
| 24. ข้อมูลและชุดข้อมูล . . . . .                           | 13        |                                                                          |           |

เอกสารสำหรับนักศึกษาไทย ฉบับร่าง 0.5 แปลและปรับจากฉบับภาษาอังกฤษ โดยคงเนื้อหาและแกนตรรกะเดิมไว้ จุดประสงค์คืออธิบายส่วนสำคัญของรายงานวิจัย ความสัมพันธ์ระหว่างส่วนต่าง ๆ และหลักฐานที่ควรมีในแต่ละส่วน ตัวอย่าง “ทิว - กิน - อิม” เป็นข้อมูลสมมติสำหรับสอน ไม่ใช่หลักฐานด้านโภชนาการ

เวอร์ชัน: ฉบับเผยแพร่รายเดือน 2026.07

หน้าแหล่งที่มา: <https://punpiti.github.io/ai-assisted-thesis-review-handout/>

## คำนำ

เอกสารฉบับนี้จัดทำขึ้นสำหรับนักศึกษาไทยที่ต้องอ่าน ทบทวน และตรวจวิทยานิพนธ์ ต้นฉบับบทความ หรือรายงานวิจัย ก่อนใช้ปัญญาประดิษฐ์ช่วยตรวจ หรือก่อนส่งให้อาจารย์/กรรมการอ่าน จุดเน้นสำคัญคือให้ตรวจตรรกะของงานวิจัยก่อนตรวจ ภาษา รายงานที่ดูครบทุกหัวข้อยังอาจมีปัญหาหนักได้ ถ้าข้อเรื่องทำให้คนค้นไม่เจอ บทความอ่านไม่เข้าใจ คำถามวิจัยไม่ใช่คำถาม วิธีวิจัยตอบคำถามไม่ได้ หลักฐานไม่รองรับข้อกล่าวอ้าง หรือแหล่งอ้างอิงตรวจสอบไม่ได้

ฉบับภาษาไทยนี้แปลและปรับจากเอกสารประกอบการเรียนภาษาอังกฤษ โดยตั้งใจคงเนื้อหาเดิมไว้ให้มากที่สุด คำในระเบียบวิธีวิจัยหลายคำมีการใช้ทับศัพท์ทั้งในชั้นเรียนและเอกสารวิชาการไทย เอกสารนี้จึงใช้คำไทยเป็นหลัก และใส่คำอังกฤษในวงเล็บเมื่อปรากฏครั้งแรกหรือเมื่อจำเป็นต่อการเชื่อมกับแหล่งอ้างอิง/เครื่องมือจริง หลังจากนั้นจะใช้คำไทยหรือคำทับศัพท์ที่นิสิตคุ้นเคยโดยไม่สับสนซ้ำ

ตัวอย่าง “ทิว - กิน - อิม” เป็นตัวอย่างสมมติที่ตั้งใจให้เห็นตรรกะง่าย ไม่ใช่หลักฐานทางการแพทย์หรือโภชนาการ หลักการเดียวกันควรนำไปใช้กับงานวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ด้วย: ต้องนิยามปัญหาให้ชัด ให้เหตุผลรองรับวิธีที่เลือก ระบุตัวชี้วัดและเกณฑ์บังคับที่ตรวจได้ ไล่ผลลัพธ์กลับไปยังหลักฐาน และเขียนผลงานสนับสนุนไม่เกินสิ่งที่หลักฐานรองรับ

## คำสำคัญก่อนอ่าน

- ปัญญาประดิษฐ์ (artificial intelligence; AI): ระบบคอมพิวเตอร์ที่สร้างหรือวิเคราะห์ข้อความได้ แต่ผลลัพธ์ยังต้องถูกตรวจสอบเสมอ
- ข้อกล่าวอ้าง (claim): ข้อความหรือข้อสรุปที่ผู้เขียนต้องการให้ผู้อ่านยอมรับ
- หลักฐาน (evidence): ข้อมูล การสังเกต การคำนวณ แหล่งอ้างอิง หรือผลลัพธ์ที่ใช้รองรับข้อกล่าวอ้าง
- สายเหตุผลของงานวิจัย (research argument chain): สายเหตุผลที่เชื่อมจากปัญหาวิจัยไปสู่ข้อสรุป สายเหตุผลจะขาดเมื่อส่วนหนึ่งไม่รองรับส่วนถัดไป
- คำถามวิจัย (research question; RQ): คำถามเฉพาะที่งานวิจัยออกแบบมาเพื่อตอบ
- สมมติฐาน (hypothesis): ประโยคบอกเล่าหนึ่งข้อที่ทดสอบได้และมีโอกาสถูกหักล้างได้ โดยมีหลักฐานและกติกาคัดค้านล่วงหน้าว่า Supported: Yes/No
- วัตถุประสงค์ (objective): การเปลี่ยนแปลงหรือการคลี่คลายปัญหาที่งานวิจัยตั้งใจทำให้เกิดขึ้น ไม่ใช่แค่กิจกรรมที่ผู้วิจัยทำ
- ผลผลิต (output): ผลลัพธ์ตรงที่สังเกตได้ แสดงว่าปัญหาที่นิยามไว้ถูกแก้ตามวัตถุประสงค์แล้ว
- ผลลัพธ์ต่อเนื่อง (outcome): สิ่งที่เกิดขึ้นหลังจากปัญหาถูกแก้ อาจเป็นผลดี ผลเสีย ผลที่ตั้งใจ หรือผลที่ไม่ตั้งใจ และต้องถูกวัดก่อนจึงจะกล่าวอ้างว่าเกิดขึ้นจริงได้
- ระเบียบวิธีวิจัย (research methodology): เหตุผลที่เชื่อมคำถามวิจัย การออกแบบ ข้อมูล วิธีวิจัย การวิเคราะห์ และการตีความเข้าด้วยกัน
- การทบทวนวรรณกรรม (literature review): การเรียบเรียงด้วยหลักฐานว่าองค์ความรู้และความพยายามก่อนหน้านี้พาไปสู่ความจำเป็นที่ยังค้างอยู่ (unresolved need) อย่างไร และทำไมงานนี้จึงจำเป็น
- วิธีวิจัยหรือวิธีดำเนินการ (method): วิธีที่เลือกเพื่อจัดการปัญหาและสร้างหลักฐาน ควรเลือกจากทางเลือกที่เป็นไปได้ พร้อมวรรณกรรม เกณฑ์การเลือก และข้อจำกัดรองรับ
- วิธีแก้หรือวิธีแทรกแซง (solution or intervention method): การกระทำหรือวิธีแก้ที่เลือกเพื่อเปลี่ยนสภาพปัญหา
- วิธีประเมินผล (research or evaluation method): การออกแบบ การวัด และการวิเคราะห์ที่ใช้ตรวจว่าวิธีแก้ปัญหานั้นแก้ปัญหาได้จริงหรือไม่
- ช่องว่างการวิจัย (research gap): ช่องว่าง ข้อจำกัด ความไม่สอดคล้อง หรือประเด็นค้างที่มีขอบเขตชัดและแสดงผ่านองค์ความรู้เดิม

- ตัวสร้างหรือโน้ตที่ซ่อนไว้ (construct): แนวคิดที่อาจสังเกตตรง ๆ ไม่ได้ เช่น ความหิว ความไว้วางใจ หรือความพึงพอใจ
- การแทรกแซง (intervention): การกระทำหรือเงื่อนไขที่ผู้วิจัยใส่เข้าไป เช่น การกินอาหารที่กำหนด
- ตัวแปรตอบสนองที่วัดได้ (measured response variable): ตัวแปรที่สังเกตเพื่อใช้เป็นหลักฐาน บางสาขาเรียก outcome variable แต่ในเอกสารนี้สงวนคำว่า “ผลลัพธ์ต่อเนื่อง” ไว้สำหรับสิ่งที่เกิดหลังจากปัญหาถูกแก้
- ค่าฐานหรือค่าอ้างอิง (baseline): ค่าหรือสถานะอ้างอิงก่อนการแทรกแซงหรือก่อนการเปรียบเทียบ
- ตัวแปรกวน (confounder): ปัจจัยที่อาจมีอิทธิพลทั้งต่อสภาพที่ศึกษาและต่อตัวแปรตอบสนอง ทำให้ตีความยาก
- หน่วยวิเคราะห์ (unit of analysis): หน่วยที่งานวิจัยสรุปถึง เช่น คน องค์กร เหตุการณ์ หรือเอกสาร
- นิยามเชิงปฏิบัติการ (operational definition): กติกาชัดเจนว่างานนี้จะสังเกต วัด หรือจัดประเภทแนวคิดหนึ่งอย่างไร
- ขอบเขตหรือการจำกัดขอบเขตโดยตั้งใจ (scope or delimitation): สิ่งที่ผู้วิจัยเลือกอย่างตั้งใจว่างานนี้จะทำและไม่ทำอะไร
- สมมติฐานตั้งต้น (assumption): เงื่อนไขที่ยอมรับว่าเป็นจริงหรือเสถียรพอสำหรับการออกแบบหรือการวิเคราะห์
- ข้อจำกัดของงาน (limitation): สิ่งที่ทำไม่ได้หรืออยากทำ หรือได้ประโยชน์ถ้าทำได้ แต่ทำไม่ได้เพราะข้อจำกัด จึงลดความแข็งแกร่งของหลักฐาน การตีความ หรือข้อกล่าวอ้าง
- ความตรงหรือความสมเหตุสมผลของการวัด/ตีความ (validity): ความเหมาะสมของการตีความหรือการวัดต่อข้อกล่าวอ้างที่ต้องการรองรับ
- ความเที่ยงหรือความสม่ำเสมอ (reliability): ความสม่ำเสมอหรือการทำซ้ำได้ของการวัดหรือกระบวนการ
- การนำผลไปใช้ทั่วไป (generalizability): ขอบเขตที่ผลลัพธ์อาจนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างและเงื่อนไขที่ศึกษา
- การไล่รอยหลักฐาน (traceability): ความสามารถในการไล่ข้อกล่าวอ้างย้อนกลับไปยังผลลัพธ์ หลักฐาน วิธีวิจัย และคำถามวิจัย
- ขนาดตัวอย่าง n (sample size): จำนวนหน่วยอิสระที่ศึกษา  $n=1$  หมายถึงหนึ่งหน่วย ไม่ใช่หนึ่งครั้งที่วัด
- การฟอกแหล่งอ้างอิง (citation laundering): การยกข้อกล่าวอ้างจาก secondary source โดยไม่ตรวจ original source ที่ควรเป็นหลักฐานจริง
- การทบทวนอย่างเป็นระบบ (systematic review): การทบทวนวรรณกรรมที่มีวิธีค้นหาและคัดเลือกที่กำหนดล่วงหน้า โปร่งใส และทำซ้ำได้
- ค่าจริงอ้างอิง (ground truth): ป้ายกำกับหรือค่าที่ถือเป็นมาตรฐานสำหรับเทียบการสังเกตหรือการทำนาย
- ข้อมูลรั่ว (data leakage): ข้อมูลไหลข้ามชั้นฝึก ทดสอบ หรือวิเคราะห์อย่างไม่เหมาะสม ทำให้ผลการประเมินดูดีกว่าที่ควร
- กรณีเปรียบเทียบที่ไม่เกิดขึ้นจริง (counterfactual): สิ่งที่จะเกิดขึ้นภายใต้เงื่อนไขทางเลือกที่เกี่ยวข้อง กลุ่มเปรียบเทียบ หรือค่าฐานอาจช่วยประมาณได้
- การวิเคราะห์ความไวหรือความทนทาน (sensitivity or robustness analysis): การทดสอบว่าข้อสรุปยังคล้ายเดิมหรือไม่เมื่อเปลี่ยนสมมติฐานตั้งต้น การเลือกข้อมูล หรือการตั้งค่าการวิเคราะห์ที่สมเหตุสมผล
- การทำให้ระบุตัวบุคคลไม่ได้ (anonymization): การปรับข้อมูลเพื่อไม่ให้ระบุตัวบุคคลได้อย่างสมเหตุสมผล การลบชื่ออย่างเดียวยังอาจไม่เพียงพอ

## คำถามหลักเวลาอ่านรายงานวิจัย

สำหรับทุกส่วนของรายงานวิจัย ให้ถามว่า:

1. ส่วนนี้ควรทำหน้าที่อะไร
2. ควรมีหลักฐานอะไร
3. ส่วนใดของรายงานต้องสอดคล้องกับส่วนนี้
4. ข้อมูลที่มีอยู่ขาด อ่อน หรือขัดกันเองหรือไม่
5. ข้อกล่าวอ้างอยู่ภายในขอบเขตของการออกแบบ ข้อมูล และข้อจำกัดของงานหรือไม่

## ห้าด้านคมสำหรับตรวจวิทยานิพนธ์

ให้ทำด้านเหล่านี้ก่อนแก้ภาษา ถ้าด้านสำคัญไม่ผ่าน ปัญหาอาจอยู่ที่ตรรกะวิจัยระดับขวางงานทั้งชิ้น ต่อให้แก้ภาษาให้เรียบร้อยก็ซ่อมไม่ได้ และถ้าตอบคำถามในห้าด้านนี้ไม่ได้ โอกาสที่งานจะไม่ผ่านสูงมาก

### ด้านที่ 1 — ข่าปัญหาให้รอดก่อนค่อยตัดสินวิธี

อย่าเริ่มด้วยการชมเทคนิคก่อน ให้ถามก่อนว่าปัญหาวิจัยยังยืนอยู่ได้หรือไม่

- สภาพไม่พึงประสงค์หรือประเด็นค้างที่ระบุไว้มีอยู่จริงหรือไม่ และมีหลักฐานว่ามันสำคัญหรือไม่
- สภาพนั้นยังค้างจริงหรือไม่ หรืองานเดิมแก้ได้เพียงพอแล้วในบริบทที่ระบุ
- งานที่เสนอแก้ปัญหาจริง หรือเป็นเพียงการใช้เทคนิค สร้างชิ้นงาน หรือทำแบบฝึกหัดทางเทคนิค
- มีวิธีที่ง่ายกว่า ปลอดภัยกว่า ถูกกว่า หรือใช้กันอยู่แล้วและแก้ปัญหาเดียวกันได้เพียงพอหรือไม่
- ผลผลิตที่เสนอจะแสดงได้หรือไม่ว่าปัญหาหายไปตามนิยามที่ตั้งไว้

**การตัดสินใจ:** ถ้าปัญหาป้องกันไม่ได้ ให้ปรับกรอบใหม่หรือหยุดก่อนถกเถียงวิธีวิจัย ความซับซ้อนทางเทคนิคช่วยงานที่ไม่จำเป็นไม่ได้

### ด้านที่ 2 — งานวิจัยต้องมีโอกาสไม่ผ่านได้

งานที่ออกแบบให้ผลทุกแบบดูสำเร็จเสมอ ไม่สามารถเป็นหลักฐานที่น่าเชื่อของความสำเร็จได้

- กำหนดล่วงหน้าว่าหลักฐานแบบใดสนับสนุนหรือไม่สนับสนุนสมมติฐานแต่ละข้อ
- นิยามความล้มเหลวระดับการศึกษา: ผลลัพธ์ การผิดเพี้ยน ความขัดแย้ง กรณีล้มเหลว หรือความไม่แน่นอนที่ยอมรับไม่ได้เพื่อชี้ว่าวิธีที่เลือกไม่ได้แก้ปัญหา
- ใส่เงื่อนไขที่ไม่เอื้อและกรณีล้มเหลวที่สมจริง ไม่ใช่ทดสอบเฉพาะตัวอย่างที่สะดวก
- ปฏิบัติต่อผลเชิงลบเป็นหลักฐาน ไม่ใช่เป็นสิทธิให้แก้ตัวประสงค์หรือกตีกาตัดสินหลังเห็นผล
- แยกให้ชัดเจนระหว่าง “ระบบรันได้” กับ “วิธีวิจัยแก้ปัญหาได้ภายใต้เงื่อนไขที่ต้องการ”

**การตัดสินใจ:** ถ้าไม่มีการสังเกตใดทำให้ผู้วิจัยตอบว่า No ได้ การประเมินนั้นไม่ได้ทดสอบข้อกล่าวอ้างจริง

### ด้านที่ 3 — เกณฑ์บังคับมากก่อนการปรับให้ดีขึ้น

การประเมินทางวิศวกรรมต้องแยกข้อกำหนดที่ห้ามแลกทั้ง ออกจากตัวชี้วัดที่ใช้จัดอันดับทางเลือกหลังผ่านเกณฑ์แล้ว ตารางที่ 1 แยกบทบาทของตัวชี้วัดสองกลุ่มนี้ให้เห็นชัด

ตารางที่ 1: บทบาทของตัวชี้วัดในการประเมินทางวิศวกรรม

| บทบาทของตัวชี้วัด           | ความหมาย                                             | กติกาดัดสิน                      | ตัวอย่าง                                                                            |
|-----------------------------|------------------------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| เกณฑ์บังคับ / เกณฑ์ยอมรับ   | เงื่อนไขจำเป็นของวิธีแก้ที่ยอมรับได้                 | ทุกเกณฑ์ต้องผ่าน                 | ความถูกต้อง ความปลอดภัย การไม่ผิดกฎหมาย ค่าตลาดเคลื่อนสูงสุด ความจุขั้นต่ำที่ต้องมี |
| ตัวชี้วัดเพื่อปรับให้ดีขึ้น | ปริมาณที่ใช้เปรียบเทียบวิธีแก้ที่ผ่านเกณฑ์บังคับแล้ว | ทำให้ดีขึ้น ลด เพิ่ม หรือถ่วงดุล | เวลาโต้ตอบ อัตรางาน ต้นทุน พลังงาน ความสะดวก ความดูแลรักษาได้                       |

- ระบุเกณฑ์บังคับ เกณฑ์ตัดสิน เงื่อนไขการทดสอบ และหลักฐานก่อนประเมิน
- อย่างรวมทุกตัวชี้วัดเป็นค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักจนความล้มเหลวของเกณฑ์บังคับรุนแรงหายไป
- รายงานตัวชี้วัดกำกับ แม้ไม่ใช่เป้าหมายหลักในการปรับให้ดีขึ้น

**ตัวอย่างเรื่องความปลอดภัย:** ระบบแนะนำอาหารอาจเสนอเมนูที่ราคาถูกลงกว่า หรือคนชอบมากกว่า แต่ยังไม่ยอมรับไม่ได้ถ้าแนะนำวัตถุดิบที่ขัดกับอาการแพ้ ข้อจำกัดจากยา ข้อจำกัดทางศาสนา หรือข้อกำหนดความปลอดภัยของอาหาร ความปลอดภัยคือเกณฑ์บังคับ ส่วนรสชาติ ต้นทุน ความหลากหลาย และความสะดวกเป็นเกณฑ์ปรับให้ดีขึ้นหลังจากผ่านด่านความปลอดภัยแล้ว

## ด้านที่ 4 — คุณภาพการวัดเป็นพาดานของคุณภาพข้อสรุป

ข้อสรุปจะแข็งแรงเกินจุดเชื่อมต่อที่อ่อนที่สุดในสายเหตุผลนี้ไม่ได้

มโนทัศน์ (construct) → ตัวชี้วัดเชิงปฏิบัติการ (operational indicator) → เครื่องมือ / ค่าจริงอ้างอิง → ข้อมูลและขั้นตอน → การวิเคราะห์ → ข้อกล่าวอ้าง

- การวัดตัวแทนผิด ต่อให้แม่นยำ ก็ไม่ได้วัดมโนทัศน์ที่ต้องการ
- จำนวนทศนิยม ขนาดตัวอย่าง หรือค่านัยสำคัญทางสถิติที่เพิ่มขึ้น ไม่ข่มอนิยามเชิงปฏิบัติการที่ไม่ตรง หรือค่าจริงอ้างอิงที่มั่วคลิด
- การสอบเทียบและการวัดซ้ำได้มีความหมายหลังจากแสดงแล้วว่าเครื่องมือวัดปริมาณที่เกี่ยวข้องจริง
- ต้องระบุการอนุมานที่เชื่อมตัวแทนเข้ากับข้อกล่าวอ้าง และมีหลักฐานให้การอนุมานนั้น

**ตัวอย่างเรื่องอาหาร:** กินหูก กินอิม กินแพง กินเพื่อเข้าสังคมหรือจีบสาว และกินอย่างปลอดภัย ไม่ได้ถูกตัดสินด้วยการวัดแบบเดียวกัน ราคาไม่ได้วัดความอิม รสชาติไม่ได้วัดคุณค่าทางอาหาร บรรยาภาศไม่ได้วัดความปลอดภัยจากอาการแพ้ และต่อให้อาหารมีคุณค่าทางโภชนาการ ก็ไม่ได้ลบข้อบ่งชี้ว่าอาหารนั้นต้องปลอดภัยก่อน ถ้าข้อกล่าวอ้างคือ “ปลอดภัย” หลักฐานต้องวัดความปลอดภัย ถ้าข้อกล่าวอ้างคือ “มีคุณค่าทางอาหาร” หลักฐานต้องวัดสารอาหาร ถ้าข้อกล่าวอ้างคือ “น่าพึงพอใจ” หลักฐานต้องวัดความพึงพอใจหรือความอิม การวัดผิดเรื่องอย่างแม่นยำมีแต่ทำให้ข้อสรุปผิดดูเรียบร้อยขึ้น

**การตัดสิน:** ถ้าความเชื่อมโยงระหว่างมโนทัศน์ ตัวชี้วัด และเครื่องมือวัดไม่ผ่าน ให้ลดข้อกล่าวอ้างหรือออกแบบการวัดใหม่อย่าขัดเกลารูปข้อสรุปเพื่อกลับปัญหา

## ด้านที่ 5 — อย่าแก้ปัญหาหนึ่งด้วยการสร้างอีกปัญหาหนึ่ง

การทำให้ตัวชี้วัดเป้าหมายดีขึ้นยังไม่ใช่วิธีแก้ที่ครบ ถ้ามันสร้างปัญหาใหม่ที่ยอมรับไม่ได้ให้ระบบ ผู้ใช้ ผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย หรือสิ่งแวดล้อม

- ระบุผู้ที่ได้ประโยชน์ ผู้ที่รับภาระ และผู้ที่อาจได้รับผลเสีย
- ถามว่าวิธีแก้ย้ายความเสี่ยงไปให้คนอื่น ทีมอื่น ระบบอื่น หรือเวลาข้างหน้าหรือไม่
- รายงานการแลกเปลี่ยนข้อดีข้อเสีย แทนการเลือกเฉพาะตัวชี้วัดที่ดีขึ้น
- ระบุผลเสียหรือการผิดเพี้ยนที่ทำให้วิธีแก้ยอมรับไม่ได้

**ตัวอย่าง:** ระบบเร็วขึ้นแต่เพิ่มความเสี่ยงด้านความเป็นส่วนตัวหรือการละเมิดรักษามากเกินไป อาจไม่ใช่วิธีแก้ที่ควรป้องกัน

**การตัดสิน:** ถ้าวิธีแก้สร้างปัญหาใหม่ที่รุนแรงกว่า ต้องออกแบบใหม่ จำกัดขอบเขตให้แคบลง หรือเปลี่ยนข้อกล่าวอ้าง

# ภาค I — การตั้งกรอบงานวิจัย

## 1. ชื่อเรื่องวิจัย

- **ต้องทำ:** ระบุนปรากฏการณ์ ตัวแปรหลัก หรือการแทรกแซง ประชากร/บริบท และบางครั้งรวมการออกแบบงานวิจัย
- **ตรวจ:** ชื่อเรื่องอธิบายงานที่ทำจริงหรือไม่
- **การค้นเจอ:** ชื่อเรื่องที่อ่านทำให้งานค้นไม่เจอ ผู้อ่าน ผู้ประเมิน และระบบค้นหาควรพอรู้หัวข้อ บริบท และสิ่งหลักที่ศึกษาจากชื่อเรื่อง
- **ความผิดพลาดที่พบบ่อย:** ใช้คำว่า “มีประสิทธิภาพ” “เหมาะสมที่สุด” หรือ “ผ่านการตรวจสอบแล้ว” โดยไม่มีการเปรียบเทียบหรือหลักฐานรองรับ
- **ตัวอย่าง:** “การเปลี่ยนแปลงคะแนนความหิวที่รายงานด้วยตนเองใน 60 นาทีหลังอาหารที่กำหนด: การสังเกตการณ์เดียว”

## 2. บทคัดย่อ

- **ต้องมี:** ปัญหา/ความจำเป็น วัตถุประสงค์ การออกแบบ/ข้อมูล วิธีวิจัย ผลหลัก และข้อสรุปที่มีขอบเขต
- **ตรวจ:** ตัวเลขและข้อกล่าวอ้างในบทคัดย่อตรงกับรายงานหลักหรือไม่
- **ความผิดพลาดที่พบบ่อย:** บทคัดย่อมีแรงจูงใจและวิธีวิจัย แต่ไม่มีผลจริง
- **ผลต่อผู้อ่าน:** ถ้าบทคัดย่ออ่านไม่เข้าใจ ผู้อ่านจะไม่คาดหวังว่าส่วนอื่นจะชัดเจน บทคัดย่อที่อ่านยากทำให้คนหยุดอ่าน
- **กติกา:** บทคัดย่อคือสายเหตุผลของงานวิจัยแบบย่อ ไม่ใช่โฆษณา

## 3. ภูมิหลังและบริบท

- **ต้องทำ:** พาผู้อ่านจากบริบทกว้างไปยังปัญหาวิจัยเฉพาะ
- **ตรวจ:** ใครได้รับผลกระทบ ภายใต้เงื่อนไขใด และทำไมสถานการณ์นี้จึงสำคัญ
- **ความผิดพลาดที่พบบ่อย:** ภูมิหลังยาวมากแต่ไม่บอกว่าอะไรยังไม่คลี่คลาย
- **ความล้มเหลวของการสังเคราะห์:** บางงานย่อและปะงานของคนอื่นต่อ ๆ กัน แล้วสรุปเป็นไอเดียของตัวเองเพียงน้อยนิด ภูมิหลังไม่ใช่กองสรุปบทความ แต่ต้องสังเคราะห์หลักฐานให้พาไปถึงปัญหาของงานนี้
- **แยกให้ชัด:** ภูมิหลังอธิบายบริบท แต่ไม่แทนข้อความระบุปัญหา

## 4. ปัญหาวิจัยและข้อความระบุปัญหา

- **รูปแบบ:** เขียนข้อความระบุปัญหาเป็นประโยคบอกเล่าชัดเจนหนึ่งประโยคที่แสดงปัญหากลางหนึ่งเรื่อง ถ้าต้องมีรายละเอียด ให้ขยายในภูมิหลัง เหตุผลรองรับ ขอบเขต หรือนิยามเชิงปฏิบัติการ อย่าอัดหลายความคิดลงในประโยคปัญหา
- **ไม่ใช่คำถาม:** ประโยคคำถามอยู่ในส่วนคำถามวิจัย ไม่ใช่ข้อความระบุปัญหา
- **ไม่ใช่วิธีหรือวิธีแก้:** อย่าใส่แบบสอบถาม อัลกอริทึม การทดลอง แบบจำลอง เครื่องมือ หรือวิธีแก้ที่ขอบไว้ในข้อความระบุปัญหา สิ่งเหล่านี้อยู่ในส่วนวิธีวิจัย การใส่วิธีในข้อความระบุปัญหาคือการลืกรอคำนก่อนที่การออกแบบจะมีเหตุผลรองรับ
- **ต้องฟังดูเป็นปัญหา:** ประโยคควรอธิบายสภาพไม่พึงประสงค์ ความไม่แน่นอนที่ยังไม่คลี่คลาย ความสามารถที่ยังขาด ความไม่สอดคล้อง หรือความรู้ที่ยังไม่พอ
- **ไม่ใช่สาขา:** “การวิจัยเรื่องความหิวและความอิม” เป็นชื่อสาขา ไม่ใช่ปัญหา
- **ไม่ใช่หัวข้อ:** “ความหิวหลังมื้ออาหาร” เป็นหัวข้อ ไม่ใช่สิ่งที่ผิดหรือยังไม่รู้
- **ไม่ใช่ความต้องการหรือกิจกรรม:** “ฉันต้องการศึกษาเรื่องอาหาร” หรือ “ฉันต้องการสร้างระบบ” บอกความตั้งใจของผู้วิจัย
- **ต้องมีหลักฐานรองรับ:** ภูมิหลังหรือวรรณกรรมควรแสดงว่าสภาพหรือความไม่แน่นอนนั้นมีอยู่จริง

ตารางที่ 2 แยกข้อความที่มักถูกสับสนกับข้อความระบุปัญหา เพื่อย้ำว่าคำถามวิจัยไม่ใช่ปัญหาวิจัย และหัวข้อวิจัยก็ยังไม่ใช่ปัญหา

ตารางที่ 2: ตัวอย่างสิ่งที่ใช้และไม่ใช้ข้อความระบุปัญหา

| ประเภท                                               | ตัวอย่าง                                                               | ทำไมใช้หรือไม่ใช้ข้อความระบุปัญหา                    |
|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| สาขาวิจัย                                            | “การวิจัยเรื่องความหิวและความอิม”                                      | เป็นชื่อสาขาเท่านั้น                                 |
| หัวข้อ                                               | “ความหิวหลังมื้ออาหาร”                                                 | เป็นชื่อเรื่องเท่านั้น                               |
| ความต้องการ                                          | “ฉันต้องการศึกษาว่าอาหารมีผลต่อความหิวอย่างไร”                         | บอกสิ่งที่ผู้วิจัยอยากทำ                             |
| คำถามวิจัย                                           | “ความหิวเปลี่ยนอย่างไรหลังมื้ออาหาร”                                   | เป็นคำถาม ต้องอยู่ในส่วนคำถามวิจัย                   |
| ข้อความที่แฝงวิธีวิจัยไว้ล่วงหน้า/ข้อความที่ลือคำตอบ | “ควรใช้แบบสอบถามวัดความหิวหลังกินอาหาร”                                | กำหนดวิธีไว้ก่อนตั้งปัญหา                            |
| ข้อความระบุปัญหา                                     | “ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด กรณีนี้มีคะแนนความหิว 8 สูงกว่าเกณฑ์ที่ต้งไว้” | เป็นประโยคบอกเล่า มีปัญหากลางชัด และไม่กำหนดวิธีก่อน |

- ตรวจสอบครั้งสุดท้าย: ประโยคนี้เฉพาะเจาะจง สำคัญ ศึกษาได้ มีขอบเขต และเห็นชัดว่าเป็นปัญหาหรือไม่

## 5. ช่องว่างการวิจัย

- รูปแบบที่เป็นไปได้: ช่องว่างด้านความรู้ ช่องว่างด้านวิธีวิจัย ช่องว่างจากหลักฐานหรือบริบท ความไม่สอดคล้อง หรือช่องว่างเชิงปฏิบัติ
- ตรวจ: ช่องว่างเกิดจากการเปรียบเทียบหลักฐานเดิมจริงหรือไม่
- ตรวจผลกระทบจากงานเดิม: ถ้ามีงานเดิมที่แข็งแกร่งแก้ปัญหาเดียวกันภายใต้เงื่อนไขเดียวกันแล้ว ผลกระทบของงานใหม่อาจต่ำมาก รายงานต้องอธิบายว่าอะไรยังไม่คลี่คลาย เงื่อนไขต่างกันตรงไหน หรือทำไมยังจำเป็นต้องทำอีกหนึ่งงาน
- ความผิดพลาดที่พบบ่อย: ประกาศว่า “ยังไม่มีใครศึกษาเรื่องนี้” โดยไม่มีการค้นหาที่โปร่งใส
- กติกา: ความสนใจส่วนตัวหรือการไม่มีข้อมูลท้องถิ่นไม่ได้เป็นช่องว่างระดับสาขาโดยอัตโนมัติ

## 6. ความสำคัญและเหตุผลรองรับ

- ต้องอธิบาย: คุณค่าทางวิชาการ/ปฏิบัติ ผู้ใช้หรือผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่ได้รับผลกระทบ เวลา ต้นทุน ความเสี่ยง และความเป็นไปได้
- ตรวจ: ประโยชน์ที่คาดหวังตามมาจากวัตถุประสงค์จริงหรือไม่
- ความผิดพลาดที่พบบ่อย: เขียนความสำคัญเป็นภาษาประชาสัมพันธ์แทนเหตุผลที่มีหลักฐานรองรับ
- ความล้มเหลวของแหล่งอ้างอิง: มักอ้างความสำคัญโดยไม่มีแหล่งอ้างอิง อ้างแหล่งที่เกี่ยวข้องต่ำ หรือกระโดดไปอ้างนโยบายชาติ/SDG ทั้งที่งานจริงอยู่ไกลมาก การอ้างนโยบายกว้าง ๆ ไม่ได้ทำให้งานเล็กที่ไม่เชื่อมกับนโยบายนั้นสำคัญขึ้นเอง

## 7. วัตถุประสงค์

- ความหมายหลัก: วัตถุประสงค์ระบุการเปลี่ยนหรือการคลี่คลายปัญหาที่งานวิจัยตั้งใจทำให้เกิดกับปัญหาในข้อความระบุปัญหา
- ความสัมพันธ์ตรง: วัตถุประสงค์แต่ละข้อควรแก้ ลด อธิบาย หรือคลี่คลายปัญหาที่ระบุ ถ้าไล่กลับไปหาปัญหาไม่ได้ เรียกว่าวัตถุประสงค์กำพร้า
- ไม่ใช่กิจกรรม: “กินอาหาร”, “เก็บข้อมูล”, “สร้างระบบ” เป็นการกระทำ แต่วัตถุประสงค์ต้องบอกว่าสภาพปัญหาจะเปลี่ยนอย่างไร
- ตรวจ: วัตถุประสงค์สามารถถูกตอบหรือตรวจด้วยวิธีวิจัย ผล/หลักฐาน และผลผลิตได้หรือไม่
- ตัวอย่างความหิว: ลดคะแนนความหิวจาก 8 ให้เหลือเกณฑ์ที่ 2 หรือต่ำกว่าภายใน 30 นาที

## 8. คำถามวิจัย

- **ต้องเป็น:** เฉพาะเจาะจง ตอบได้ สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ และไม่ฝังคำตอบที่ต้องการไว้ล่วงหน้า
- **ไม่ใช่ปัญหาวิจัย:** ปัญหาวิจัยคือสภาพไม่พึงประสงค์หรือความไม่แน่นอนที่ต้องจัดการ ส่วนคำถามวิจัยคือคำถามเฉพาะที่งานนี้ออกแบบมาเพื่อตอบ
- **รูปแบบ:** คำถามวิจัยต้องเป็นคำถาม ไม่ใช่ประโยคบอกเล่า
- **ตรวจ:** ข้อมูลและการวิเคราะห์แบบใดจึงจะนับว่าเป็นคำตอบ
- **ความสัมพันธ์กับวิธีวิจัย:** วิธีประเมินผลควรสร้างหลักฐานที่ตอบคำถามได้ ถ้าคำตอบถูกฝังอยู่แล้วในวิธีที่เลือก คำถามนั้นอาจแฝงวิธีวิจัยไว้ล่วงหน้า มากกว่าจะเป็นการแสวงหาหลักฐาน
- **ตัวอย่าง:** “คะแนนความหิวที่รายงานด้วยตนเองเปลี่ยนอย่างไรใน 60 นาทีหลังอาหารที่กำหนด”

## 9. สมมติฐานหรือข้อเสนอเชิงแนวคิด

- **รูปแบบ:** สมมติฐานเป็นประโยคบอกเล่า ไม่ใช่คำถาม ระบุความสัมพันธ์ ความแตกต่าง เงื่อนไข หรือเกณฑ์หนึ่งข้อที่คาดไว้
- **การตัดสินใจแบบสองทาง:** ก่อนเก็บผล ผู้วิจัยต้องสามารถเติมประโยค Supported? Yes / No ได้โดยใช้หลักฐานและกติกาตัดสินที่ระบุไว้
- **ความเป็นข้อเดียว:** สมมติฐานหนึ่งข้อควรมีข้อกล่าวอ้างเดียว ถ้าตัดสินอย่างซื่อสัตย์ได้ว่า “บางส่วน” ให้ตกเป็น H1a, H1b และสมมติฐานย่อยต่อไปจนแต่ละข้อรับการตัดสินของตัวเองได้
- **ต้องระบุ:** ตัวแปรหรือมีโนทัศน์ ความสัมพันธ์/ทิศทาง/เกณฑ์ที่คาดไว้ ประชากรหรือระบบ เงื่อนไข เวลา หรือภาระงานเมื่อเกี่ยวข้อง และหลักฐานที่ใช้ตัดสิน
- **กำหนดล่วงหน้า:** การวัด ตัวเปรียบเทียบ/ค่าฐาน เกณฑ์ยอมรับ หรือการทดสอบทางสถิติ และผลแบบใดที่จะไม่สนับสนุนสมมติฐาน
- **การตีความ:** Yes แปลว่าหลักฐานที่ระบุสนับสนุนสมมติฐานภายใต้ขอบเขต ไม่ใช่พิสูจน์ความจริงสากล No ก็เป็นผลวิจัยที่ถูกต้องได้
- **ข้อควรระวังทางสถิติ:** ในการทดสอบนัยสำคัญของสมมติฐานว่าง ให้รายงาน reject หรือ fail to reject สมมติฐานว่าง ไม่ใช่ prove หรือ accept โดยอัตโนมัติ
- **งานเชิงคุณภาพ:** อาจใช้ข้อเสนอเชิงแนวคิดหรือคำถามนำทางแทนการบังคับใช้สมมติฐานเชิงสถิติ
- **ความผิดพลาดที่พบบ่อย:** คำถามที่ปลอมเป็นสมมติฐาน คำกว้างเช่น “วิธีนี้ควรใช้ได้” หลายข้อกล่าวอ้างต่อกันด้วย “และ” ไม่มีเงื่อนไขล้มเหลว หรือสร้างกติกาตัดสินหลังเห็นผล

### ตัวอย่างสมมติฐานเรื่องความหิว

- H1a: ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด คะแนนความหิวที่ 30 นาทีมีค่า 2 หรือต่ำกว่า Supported? Yes/No.
- H1b: ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด คะแนนความหิวที่ 30 นาทีต่ำกว่าคะแนนฐาน Supported? Yes/No.

### การแตกสมมติฐานในวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

- กว้างเกินไป: “ระบบแนะนำมื้ออาหารที่เสนอให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ ราคาพอเหมาะ ปลอดภัย และน่าพึงพอใจ”
- H1a: สำหรับโปรไฟล์ทดสอบทุกกรณีในระบบแนะนำมื้ออาหารที่มีวัตถุดิบต้องห้าม
- H1b: สำหรับโปรไฟล์ทดสอบทุกกรณีที่ระบุงบประมาณ ต้นทุนมื้ออาหารที่แนะนำไม่เกินงบประมาณนั้น
- H1c: ภายใต้ขั้นตอนให้คะแนนที่กำหนด คะแนนความเป็นประโยชน์เฉลี่ยไม่ต่ำกว่าระบบแนะนำค่าฐาน
- H1d: ภายใต้รายการตรวจคำอธิบายที่กำหนด คำแนะนำแต่ละรายการอธิบายเหตุผลหลักกว่าทำไมจึงเหมาะกับข้อจำกัดของผู้ใช้

แต่ละสมมติฐานย่อยต้องมีหลักฐานและการตัดสิน Yes/No ของตัวเอง คะแนนความเป็นประโยชน์ที่สูงกลบความล้มเหลวเรื่องอาการแพ้ไม่ได้ และคำแนะนำที่ปลอดภัยยังต้องมีหลักฐานแยกเรื่องต้นทุน ความเป็นประโยชน์ และคุณภาพคำอธิบาย

## 10. ผลงานสนับสนุนที่คาดหวัง

- รูปแบบที่เป็นไปได้: หลักฐานเชิงประจักษ์ ทฤษฎี คำอธิบาย วิธีวิจัย เครื่องมือ ชุดข้อมูล ชุดทดสอบมาตรฐาน หลักการออกแบบ ขั้นตอนที่ตรวจสอบแล้ว หรือผลเชิงปฏิบัติ
- ตรวจ: หลักฐานแบบใดจะแสดงผลงานสนับสนุนแต่ละข้อ
- ความผิดพลาดที่พบบ่อย: เอรายการกิจกรรมหรือสิ่งส่งมอบมาเขียนเป็นผลงานสนับสนุน
- ความคาดหวังของสาขา: สำหรับวิทยานิพนธ์ปริญญาโทหรือเอกด้านวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ผู้อ่านคาดหวังผลงานสนับสนุนต่อวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ เช่น วิธี ตัวชี้วัด หลักการออกแบบระบบ ชุดข้อมูล ชุดทดสอบมาตรฐาน หลักฐานเชิงประจักษ์ หรือขั้นตอนที่ตรวจสอบแล้ว การลงมือทำระบบทั่วไปอย่างเดียวยังไม่พอ

## 11. ผลผลิตและผลลัพธ์ต่อเนื่อง

### นิยามสำหรับการสอน

- ผลผลิต = ปัญหาถูกแก้ตามนิยาม: ผลลัพธ์ตรงที่สังเกตได้ แสดงว่าวัตถุประสงค์สำเร็จและปัญหาที่ระบุถูกแก้ตามนิยาม
- ผลลัพธ์ต่อเนื่อง = สิ่งที่เกิดหลังปัญหาถูกแก้: ผลกระทบหรือการเปลี่ยนแปลงภายหลังผลผลิต
- ผลพลอยได้ = ผลอื่นที่เกิดร่วม: ผลเพิ่มเติมที่อาจเกิดข้างทาง จะดี เสีย เป็นกลาง หรือไม่เกี่ยวข้องก็ได้ และห้ามขายเป็นผลลัพธ์หลักถ้าการออกแบบไม่ได้วัดมัน
- หลักฐานมาก่อนผลผลิต: ตาราง การวัด การสังเกต หรือการวิเคราะห์เป็นหลักฐานที่ใช้ตัดสินว่าผลผลิตเกิดขึ้นหรือไม่
- ผลลัพธ์ต่อเนื่องที่คาดหวังยังไม่ใช่ข้อค้นพบ: ถ้างานไม่ได้วัดผลกระทบปลายน้ำ ให้รายงานเป็นผลลัพธ์ที่คาดหวังหรือเป็นไปได้ ไม่ใช่ผลลัพธ์ที่พิสูจน์แล้ว

### ความสัมพันธ์ที่ต้องมี

ปัญหา → เส้นทางการบรรณกรรม → ความจำเป็น/ช่องว่างที่ยังค้าง → เหตุผลรองรับ

→ วัตถุประสงค์ → ทางเลือก → เหตุผลการเลือก → วิธีที่เลือก

→ ผล/หลักฐาน → ผลผลิต → ผลลัพธ์ต่อเนื่อง / ผลพลอยได้

- ปัญหา อธิบายสภาพไม่พึงประสงค์หรือสิ่งที่ยังค้าง
- เส้นทางการบรรณกรรม อธิบายว่าองค์ความรู้และความพยายามแก้ปัญหาหน้าพัฒนาอย่างไร ใครศึกษาอะไร ใช้วิธีใด หลักฐานบอกอะไร อะไรใช้ได้หรือใช้ไม่ได้ภายใต้เงื่อนไขใด
- ความจำเป็น/ช่องว่างที่ยังค้าง ตามมาจากการเปรียบเทียบนั้นและให้เหตุผลว่าทำไมยังต้องมียานนี้
- วัตถุประสงค์ ระบุการคลี่คลายปัญหาเดียวกันนั้น
- การทบทวนวรรณกรรม อาจช่วยระบุทางเลือกของวิธีแก้หรือวิธีวิจัย และหลักฐานที่เกี่ยวกับการเลือกแนวทางปัจจุบัน
- เหตุผลการเลือก เปรียบเทียบทางเลือกด้วยเกณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ขอบเขต ผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย ความเสี่ยง ทรัพยากร และข้อจำกัด
- วิธีที่เลือก คือทางเลือกที่มีเหตุผลรองรับแล้วเพื่อจัดการปัญหา ส่วนวิธีประเมินผลสร้างหลักฐานว่าวิธีนั้นใช้ได้หรือไม่
- ผลผลิต แสดงโดยตรงว่าปัญหาถูกแก้ตามวัตถุประสงค์
- ผลลัพธ์ต่อเนื่อง อธิบายสิ่งที่ตามมาหลังปัญหาถูกแก้
- ผลพลอยได้ บันทึกผลอื่นที่อาจกระทบคุณค่า ความปลอดภัย ต้นทุน หรือภาระของการออกแบบ

## ภาค II — ฐานความรู้และแหล่งอ้างอิง

### 12. การทบทวนวรรณกรรม

- เป้าหมายหลัก: สร้างเส้นทางทางปัญญาและทางเทคนิคที่ทำให้งานปัจจุบันยังจำเป็น การทบทวนวรรณกรรมไม่ใช่ชั้นวางงานวิจัยที่แค่หน้าตาคล้ายงานของเรา
- ต้องอธิบาย: ใครจัดการส่วนใดของปัญหา ใช้ทฤษฎี ข้อมูล วิธี ระบบ หรือการแทรกแซงอะไร ได้หลักฐานอะไร อะไรใช้ได้ หรือใช้ไม่ได้ ภายใต้ประชากร สภาพแวดล้อม ภาระงาน สมมติฐานตั้งต้น และขอบเขตใด และอะไรยังไม่คลี่คลาย
- ตอนจบที่ต้องมี: สะพานเหตุผลจากงานเดิมสู่งานนี้: รู้อะไรแล้ว → เคยพยายามทำอะไรแล้ว → หลักฐานบอกอะไร → อะไรยังไม่พอหรือยังไม่แน่ใจ → ทำไมงานนี้ยังจำเป็น → งานนี้จะจัดการอะไร
- หน้าที่เพิ่มเติม: นิยามแนวคิด ระบุมาตรวัดและค่าฐานที่ผ่านการใช้อย่างมากก่อน ระบุทางเลือกของวิธีแก้และวิธีวิจัย เปรียบเทียบประสิทธิผล ต้นทุน ความเสี่ยง ความเป็นไปได้ เงื่อนไข และข้อจำกัด เพื่อให้เหตุผลรองรับวิธีและการออกแบบที่เลือก
- การสังเคราะห์: จัดหลักฐานให้เป็นข้อโต้แย้งที่เดินหน้าไปเรื่อย ๆ อาจจัดตามปัญหา แนวทาง หลักฐาน ลำดับเวลา ประเด็นโต้แย้ง หรือเงื่อนไขขอบเขต ไม่ใช่สรุปที่ละบทความแบบแยกส่วน
- ตรวจ: ถ้ามีย่อหน้าสุดท้ายและข้อความปัจจุบันออก ผู้อ่านยังพอเข้าใจหรือไม่ว่าทำไมยังต้องมีอีกหนึ่งงาน และประเด็นค้างที่งานนั้นควรจัดการคืออะไร
- ความผิดพลาดที่พบบ่อย: เรียง “งานที่คล้ายของเรา” บรรยายแล้วว่าแต่ละผู้เขียนทำอะไรโดยไม่ตัดสินหลักฐาน รายงานเฉพาะผลดี ใช้คำวิจารณ์ที่ไม่เกี่ยวกับวัตถุประสงค์ของงานปัจจุบัน หรือประกาศช่องว่างเพียงเพราะยังไม่พบถ้อยคำผสมแบบเดียวกันเป๊ะ

ตารางที่ 3 เป็นแม่แบบสำหรับตรวจว่าวรรณกรรมไม่ได้ถูกเรียงเป็นรายการข้อบ่งชี้ความ แต่เชื่อมมาสู่งานปัจจุบันอย่างมีเหตุผล

#### ตารางเชื่อมวรรณกรรมสู่งานปัจจุบัน

ตารางที่ 3: แม่แบบเชื่อมวรรณกรรมสู่งานปัจจุบัน

| งานเดิม / กลุ่มงาน      | ปัญหาที่จัดการ    | แนวทางและหลักฐาน                         | จุดแข็ง / สิ่งที่ได้     | สิ่งที่ใช้ไม่ได้ / ขอบเขต                                | สิ่งที่ยังค้าง        | ผลต่อการออกแบบงานนี้                           |
|-------------------------|-------------------|------------------------------------------|--------------------------|----------------------------------------------------------|-----------------------|------------------------------------------------|
| งานวิจัยหรือรายงานวิจัย | ส่วนเฉพาะของปัญหา | ทฤษฎี ข้อมูล วิธี การเปรียบเทียบ ผลลัพธ์ | คุณค่าที่มีหลักฐานรองรับ | ข้อจำกัด ความขัดแย้ง ความล้มเหลว หรือเงื่อนไขที่ไม่ทดสอบ | ความจำเป็นที่ยังเหลือ | ทำไมวัตถุประสงค์หรือการออกแบบปัจจุบันจึงจำเป็น |

### 13. กรอบทฤษฎี

- ต้องทำ: อธิบายปรากฏการณ์ และช่วยกำหนดความสัมพันธ์ที่คาดไว้ การตีความ และเงื่อนไขขอบเขต
- ตรวจ: ทฤษฎีมีผลต่อคำถามวิจัย วิธีวิจัย หรืออภิปรายผลจริงหรือไม่
- ตัวอย่างความหิว: กรอบความอึมแบบง่ายอาจเชื่อมช่วงเวลาจากมื่อก่อน องค์ประกอบอาหาร ปริมาณ รสชาติ บรรยากาศการกิน บริบททางสังคม และสภาพของบุคคล เข้ากับคะแนนความหิวที่รายงานด้วยตนเองตามเวลา กรอบนี้บอกว่าควรวัดอะไร ควบคุมอะไร และอะไรต้องอยู่นอกข้อกล่าวอ้าง
- ความผิดพลาดที่พบบ่อย: เอย์ชื่อทฤษฎีไว้ แต่ไม่เคยใช้ทฤษฎีนั้นจริง

### 14. กรอบแนวคิด

- ต้องแสดง: มโนทัศน์/ตัวแปร ความสัมพันธ์ที่เสนอ และสิ่งที่อยู่ในหรืออยู่นอกแบบจำลอง
- ตัวอย่างความหิว: ช่วงเวลาจากมื่อก่อน + ลักษณะอาหาร + รสชาติ + บรรยากาศการกิน + กลุ่มคน/บริบททางสังคม + ปัจจัยส่วนบุคคล + ภาระ/ค่าใช้จ่ายในการเก็บข้อมูล → ความหิวตามเวลา
- ตรวจ: วัดองค์ประกอบสำคัญของแบบจำลองครบแล้วหรือไม่ หรือระบุตัวองค์ประกอบใดอยู่นอกขอบเขต

## 15. แหล่งอ้างอิง การอ้างอิงในเนื้อหา และบรรณานุกรม

- การอ้างอิงในเนื้อหา (citation): ผู้ผู้อ่านไปยังแหล่งข้อมูลภายในเนื้อความ
- รายการอ้างอิง (reference entry): ให้ข้อมูลเมทาตาหาพอให้ค้นหาแหล่งข้อมูลได้
- รายการเอกสารอ้างอิง (reference list): รวบรวมที่อ้างอิงในเนื้อหา ส่วนบรรณานุกรมอาจรวมงานเพิ่มเติมตามรูปแบบของสถาบัน
- ตรวจ: ข้อกล่าวอ้างได้รับการรองรับตรงจุดหรือไม่ เนื้อหาและรายการท้ายเล่มตรงกันหรือไม่ เมทาตาหาถูกต้องหรือไม่ มี DOI หรือที่อยู่เว็บหรือไม่ ใช้แหล่งต้นทางหรือไม่ และมีการให้เครดิตข้อความอ้าง รูป และตารางที่นำมาใช้ซ้ำหรือไม่
- ความผิดพลาดที่พบบ่อย: แหล่งอ้างอิงปลอม การลอกแหล่งอ้างอิง แหล่งอ้างอิงไม่เกี่ยวข้อง หรือแหล่งอ้างอิงล้าสมัยสำหรับข้อกล่าวอ้างปัจจุบัน
- คำเตือนเรื่องปัญญาประดิษฐ์: ถ้าใช้ปัญญาประดิษฐ์ทำรายการอ้างอิงแล้วมันแต่งแหล่งอ้างอิงขึ้นมา ความเสียหายรุนแรงมาก แหล่งอ้างอิงที่ไม่มีจริงไม่ใช่แค่ผิดรูปแบบเล็กน้อย แต่เป็นความล้มเหลวด้านจริยธรรมและความซื่อสัตย์ทางวิชาการ
- กติกา: ถ้าหาแหล่งอ้างอิงไม่พบ ให้เขียนว่า “ต้องการแหล่งอ้างอิง” หรือ “ยังขาดหลักฐาน” ห้ามแต่งขึ้นเอง

## 16. การค้นหาและคัดเลือกแหล่งอ้างอิง

- บันทึกเมื่อความรัดกุมสำคัญ: ฐานข้อมูล คำค้น/วันที่ค้น เกณฑ์รับเข้า/คัดออก ช่วงวันที่ ภาษา การจัดการรายการซ้ำ และการประเมินคุณภาพ
  - ตรวจ: ผู้ประเมินอีกคนหนึ่งเข้าใจได้หรือไม่ว่าผู้วิจัยรวบรวมฐานความรู้ของงานนี้มาอย่างไร
  - กติกา: ความรัดกุมของการค้นต้องสอดคล้องกับข้อกล่าวอ้าง ไม่ใช่ทุกการทบทวนวรรณกรรมต้องเป็นการทบทวนอย่างเป็นระบบ
-

## ภาค III — ขอบเขตและการออกแบบวิจัย

### 17. นิยามเชิงแนวคิดและนิยามเชิงปฏิบัติการ

- นิยามเชิงแนวคิด: ความหมายภายในทฤษฎีหรือสาขาวิชา
- นิยามเชิงปฏิบัติการ: กติกาว่างานนี้จะสังเกต วัด หรือจัดประเภทโน้ตสนั้นอย่างไร
- ตรวจสอบ: ใช้นิยามเดียวกันตลอดส่วนวิธีวิจัย ผล และข้อสรุปหรือไม่
- ตัวอย่าง: ความหิวคือคะแนนรายงานตนเอง 0–10 ส่วนความอิ่มในตัวอย่างสอนนี้กำหนดเป็นคะแนน 2 หรือต่ำกว่าเท่านั้น

### 18. ขอบเขตและการจำกัดขอบเขตโดยตั้งใจ

- อาจกำหนด: ประชากร สถานที่ ช่วงเวลา ข้อมูล ตัวแปร วิธี/การแทรกแซง ผลที่วัด ผลลัพธ์ต่อเนื่อง เกณฑ์รับเข้า/คัดออก
- ทดสอบด้วยภาษาง่าย: “เราเลือกศึกษาเท่านั้นเท่านั้น”
- การจำกัดขอบเขตโดยตั้งใจ: ขอบเขตที่เลือกไว้ก่อนหรือระหว่างออกแบบ เพื่อให้งานจดจ่อกับวัตถุประสงค์ที่ระบุ
- ตัวอย่าง: งานนี้ตั้งใจครอบคลุมคนหนึ่งคน อาหารที่เลือกหนึ่งแบบ การสังเกต 60 นาทีหนึ่งครั้ง และคะแนนความหิวที่รายงานด้วยตนเองเท่านั้น ประชากร อาหาร ช่วงเวลา และผลลัพธ์อื่นอยู่นอกขอบเขตที่เลือก
- ตรวจสอบ: ข้อสรุปยังอยู่ในขอบเขตเหล่านี้หรือไม่
- ห้ามเขียน: สิ่งที่ตั้งใจไม่ทำราวกับเป็นความล้มเหลวที่ไม่คาดคิด

### 19. ข้อจำกัดของงาน

- ทดสอบด้วยภาษาง่าย: “เราต้องการ ควรทำ หรือจะได้ประโยชน์ถ้าทำสิ่งนี้ได้ แต่มีข้อจำกัดทำให้ทำไม่ได้”
- นิยาม: ข้อจำกัดคือสิ่งที่ขัดขวางไม่ให้ทำส่วนหนึ่งของงานที่ตั้งใจหรือพึงทำให้สำเร็จ จึงทำให้หลักฐาน การตีความ หรือการนำผลไปใช้ทั่วไปอ่อนลง
- ประเภท: การออกแบบ การสุ่มหรือคัดเลือกตัวอย่าง การวัด คุณภาพข้อมูล การวิเคราะห์ ความตรงภายนอก และทรัพยากร
- ตัวอย่าง: ไม่มีมาตรวัดความหิวที่ผ่านการตรวจสอบเหมาะสม และควบคุมหรือวัดปัจจัยบริบทที่เกี่ยวข้องได้ไม่ครบ ดังนั้น การวัดและการตีความยังไม่แน่นอน
- ตรวจสอบ: ข้อจำกัดแต่ละข้อกระทบข้อกล่าวอ้างใด
- แยกให้คม: อย่าเขียนข้อเท็จจริงเดียวกันเป็นทั้งขอบเขตและข้อจำกัดโดยไม่อธิบายเจตนา “เราเลือกศึกษาหนึ่งกรณี” คือขอบเขต “เราวางแผนรับผู้เข้าร่วม 30 คน แต่รับได้เพียง 1 คนเพราะเข้าถึงไม่ได้” คือข้อจำกัดและเป็นการเบี่ยงจากขอบเขตที่ตั้งใจ

### 20. สมมติฐานตั้งต้น

- นิยาม: เงื่อนไขที่ยอมรับเพื่อให้การออกแบบหรือการวิเคราะห์ดำเนินต่อไปได้
- ตัวอย่าง: ผู้ตอบเข้าใจและใช้มาตรวัดสม่ำเสมอ เงื่อนไขการวัดคงที่พอ
- ตรวจสอบ: สมมติฐานตั้งต้นนั้นตรวจสอบ อธิบายเหตุผล หรือทดสอบได้หรือไม่
- ความผิดพลาดที่พบบ่อย: ซ่อนสมมติฐานตั้งต้นที่สำคัญไว้ ไม่เขียนให้ผู้อ่านเห็น

### 21. กระบวนทัศน์และแนวทางวิจัย

- กลุ่มแนวทาง: เชิงปริมาณ เชิงคุณภาพ วิธีผสม วิทยาการออกแบบ/วิศวกรรม กรณีศึกษา การทดลอง/กึ่งทดลอง/สังเกตการณ์ การจำลองหรือการสร้างแบบจำลอง
- ตรวจสอบ: แนวทางที่เลือกเหมาะกับคำถามวิจัยและหลักฐานที่ต้องการหรือไม่
- เหตุผลการเลือก: ระบุทางเลือกที่พิจารณา เกณฑ์เปรียบเทียบ วรรณกรรมที่รองรับ การแลกเปลี่ยนข้อดีข้อเสีย ข้อจำกัด และเหตุผลว่าทำไมแนวทางที่เลือกจึงเหมาะสมที่สุดกับปัญหาและขอบเขตนี้
- แยกให้ชัด: วิธีแก้หรือวิธีแทรกแซงใช้จัดการปัญหา ส่วนวิธีวิจัยหรือวิธีประเมินผลใช้ทดสอบว่าปัญหาถูกแก้จริงหรือไม่ งานที่ป้องกันได้ต้องอธิบายทั้งสองส่วน

- ความผิดพลาดที่พบบ่อย: เลือกวิธีที่ดูมีชื่อเสียง ค้นเคย สะดวก หรือมีเครื่องมือพร้อม ก่อนทบทวนและเปรียบเทียบทางเลือกอื่น

## 22. ประชากร ตัวอย่าง กรณีศึกษา และหน่วยวิเคราะห์

- **ต้องนิยาม:** ประชากรเป้าหมาย ประชากรที่เข้าถึงได้ กรอบและวิธีคัดเลือกตัวอย่าง เหตุผลของขนาดตัวอย่าง เกณฑ์รับเข้า/คัดออก หน่วยสังเกต และหน่วยวิเคราะห์
- **กติกาเรื่องความทิว:** การวัด 4 เวลาในคน 1 คน ไม่เท่ากับผู้เข้าร่วม 4 คน
- **ตรวจ:** ข้อสรุปของงานนี้กล่าวถึงหน่วยใด

## 23. ตัวแปร มโนทัศน์ ปัจจัย และตัวแปรกวน

- **ต้องระบุ:** การแทรกแซงหรือสิ่งที่ได้รับ ตัวแปรตอบสนองที่วัดได้ ตัวแปรควบคุม ตัวแปรส่งผ่าน/ตัวแปรกำกับเมื่อเกี่ยวข้อง และตัวแปรกวน
- **ตัวอย่างความทิว:** อาหาร → คะแนนความทิว ตัวแปรกวนได้แก่ มื้อก่อนหน้า การนอน ความเครียด กิจกรรม และเครื่องดื่ม
- **ตรวจ:** ตัวแปรในสมมติฐานมีอยู่จริงในข้อมูลและการวิเคราะห์หรือไม่

## 24. ข้อมูลและชุดข้อมูล

- **ต้องอธิบาย:** แหล่งที่มาและประวัติข้อมูล ช่วงเวลาเก็บข้อมูล โครงสร้างข้อมูล/หน่วย การสุ่มหรือความครอบคลุม ข้อมูลขาดหาย การทำความสะอาดข้อมูล ป้ายกำกับหรือค่าจริงอ้างอิง อคติ/ข้อมูลรั่ว สิทธิใช้งาน/การเข้าถึง เวอร์ชัน และการเก็บรักษา
- **ตรวจ:** ข้อมูลเหล่านี้ตอบคำถามวิจัยได้หรือไม่
- **ความผิดพลาดที่พบบ่อย:** ตัดกรณียากออกระหว่างทำความสะอาดข้อมูลโดยไม่มีเหตุผล หรือแบ่งชุดข้อมูลจนข้อมูลรั่วข้ามชุด

## 25. เครื่องมือและการวัด

- **ต้องมี:** มโนทัศน์ เครื่องมือ/มาตรวัด/ตัวรับสัญญาณ วิธีให้คะแนน/หน่วย การสอบเทียบ หลักฐานความตรง ความเที่ยง หรือความละเอียด และขั้นตอนการใช้เครื่องมือ
- **ตรวจ:** เครื่องมือนี้นวัดสิ่งที่ข้อกล่าวอ้างบอกว่าวัดจริงหรือไม่
- **ตัวอย่างความทิว:** คะแนนความทิว ความพึงพอใจต่อการกิน รสชาติ ปริมาณสารอาหาร สถานะแพ้/ความปลอดภัย และต้นทุน เป็นคนละมโนทัศน์ แบบสอบถามความพึงพอใจไม่ได้วัดสารอาหาร ตารางโภชนาการไม่ได้วัดความอร่อย และอาหารราคาถูกไม่ได้พิสูจน์ความปลอดภัย
- **ความผิดพลาดที่พบบ่อย:** ถือว่าเครื่องมือที่สั้นหรือสะดวกย่อมใช้ได้โดยไม่ต้องมีหลักฐานความตรง

## ตัวชี้วัดสำหรับงานวิศวกรรมและวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

งานวิจัยวิศวกรรมต้องแปลงค่าอย่าง “ดีขึ้น” “เร็วขึ้น” “ปลอดภัยขึ้น” “แม่นยำขึ้น” หรือ “มีประสิทธิภาพขึ้น” ให้เป็นตัวชี้วัดเชิงปฏิบัติการ เลือกตัวชี้วัดจากปัญหาและวัตถุประสงค์ อย่าเก็บตัวชี้วัดที่ค้นเคยเพียงเพราะเครื่องมือรายงานให้

สำหรับตัวชี้วัดหลักทุกตัว ให้ระบุ:

- ชื่อและนิยามเชิงปฏิบัติการ
- หน่วยและทิศทางที่ถือว่าดีขึ้น
- ค่าฐาน ตัวเปรียบเทียบ หรือค่าอ้างอิง
- เป้าหมายหรือเกณฑ์ยอมรับที่เชื่อมกับวัตถุประสงค์
- ภาระงาน สภาพแวดล้อม การกระจายของข้อมูลเข้า รุนฮาร์ดแวร์/ซอฟต์แวร์ และเงื่อนไขการทดสอบ
- วิธีสรุปผล เช่น ค่าเฉลี่ย มัธยฐาน เปอร์เซ็นไทล์ กรณีแย่งสุด อัตรา หรือการกระจาย

- จำนวนรอบซ้ำ ความแปรปรวน ความไม่แน่นอน และวิธีจัดการความล้มเหลว

ตารางที่ 4 ใช้ตรวจตัวชี้วัดวิศวกรรมทั่วไป ส่วนตารางที่ 5 ขยายตัวอย่างไปยังงานวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ที่มีตัวชี้วัดด้านระบบ ซอฟต์แวร์ ข้อมูล และความปลอดภัย

ตารางที่ 4: ตัวชี้วัดทั่วไปสำหรับงานวิศวกรรม

| ประเด็นวิศวกรรมทั่วไป        | ตัวชี้วัดที่เป็นไปได้                                                  | คำถามตรวจ                                                    |
|------------------------------|------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| ประสิทธิผล                   | อัตราบรรลุเป้าหมาย ค่าคลาดเคลื่อนหรือช่องว่างจากเป้าหมาย               | ระบบบรรลุวัตถุประสงค์ที่นิยามไว้หรือไม่                      |
| ประสิทธิภาพ                  | ผลลัพธ์ที่มีประโยชน์ต่อหนึ่งหน่วยของข้อมูลเข้า เวลา พลังงาน หรือต้นทุน | นิยามผลลัพธ์และข้อมูลเข้าให้เปรียบเทียบกันได้หรือไม่         |
| สมรรถนะและความเร็ว           | งานต่อเวลา เวลาทำงานเสร็จ                                              | ภาระงานและเงื่อนไขทดสอบคงที่หรือไม่                          |
| ความปลอดภัยและความเสี่ยง     | ความน่าจะเป็นของความล้มเหลว ความรุนแรง การสัมผัสความเสี่ยง การกู้คืน   | พิจารณาทั้งโอกาสเกิดและผลกระทบหรือไม่                        |
| ต้นทุนและการใช้ทรัพยากร      | ต้นทุนรวม ต้นทุนต่อหน่วย พลังงาน วัสดุ แรงงาน                          | รวมวงจรชีวิตและขอบเขตต้นทุนใดบ้าง                            |
| การสูญเสียหรือของเสีย        | ข้อมูลเข้าลบผลลัพธ์ที่ใช้ได้ อัตราของเสีย หรือข้อบกพร่อง               | อะไรนับเป็นผลลัพธ์ที่ใช้ได้                                  |
| ความถูกต้องและค่าคลาดเคลื่อน | ค่าคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์/สัมพัทธ์ หรือความถูกต้องเฉพาะงาน                | ค่าจริงอ้างอิงหรือค่าอ้างอิงคืออะไร                          |
| ความละเอียดหรือการวัดซ้ำได้  | ความแปรปรวนจากการวัดซ้ำ                                                | “precision” หมายถึงการวัดซ้ำได้ หรือหมายถึงตัวชี้วัดการจำแนก |
| ความทนทานและความเชื่อถือได้  | รอบ/เวลาก่อนล้มเหลว ความน่าจะเป็นของความล้มเหลว                        | ช่วงเวลาภารกิจและสภาพการใช้งานคืออะไร                        |
| การบำรุงรักษาได้             | เวลาแก้ไข ความพยายามในการเปลี่ยนแปลง เวลาเอาข้อบกพร่องออก              | เหตุการณ์บำรุงรักษาเริ่มและจบเมื่อใด                         |

ตารางที่ 5: ตัวอย่างตัวชี้วัดสำหรับงานวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

| ประเด็นวิศวกรรมคอมพิวเตอร์         | ตัวอย่างตัวชี้วัด                                                                                   | บริบทที่จำเป็น                                                                   |
|------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| เวลาโต้ตอบ                         | ค่าเฉลี่ย มัธยฐาน กรณีขั้นที่สุด หรือเปอร์เซ็นต์ไทล์เมื่อจำเป็น                                     | งานของผู้ใช้ ประเภทคำขอ ภาระงาน เครือข่าย และฮาร์ดแวร์                           |
| อัตรางาน                           | คำขอ อัตรกรรม แพ็กเก็ต คำสั่ง หรือข้อมูลต่อวินาที                                                   | ภาวะพร้อมกัน ขนาดข้อมูล ความถูกต้อง และช่วงเวลาที่รักษาระดับได้                  |
| การใช้ทรัพยากร                     | หน่วยประมวลผล ตัวเร่ง หน่วยความจำ ที่เก็บข้อมูล แบนด์วิดท์                                          | ความจุ ช่วงเวลาสุ่มวัด และเงื่อนไขคอขวด                                          |
| ประสิทธิภาพพลังงาน                 | การทำงาน อัตรกรรม หรืองานที่มีประโยชน์ต่อจุด/วัตต์                                                  | ขอบเขตการวัดพลังงานและภาระงาน                                                    |
| ความสามารถในการขยาย                | สมรรถนะเมื่อภาระงานหรือทรัพยากรเพิ่มขึ้น อัตราเร่ง และประสิทธิภาพการขยาย                            | กติกาการขยายแบบเพิ่มงานหรือเพิ่มทรัพยากร จำนวนทรัพยากร และค่าฐาน                 |
| ความเชื่อถือได้และความพร้อมใช้     | อัตราล้มเหลว ความเชื่อถือได้ตามภารกิจ เวลาพร้อมให้บริการ ค่าเฉลี่ยเวลาก่อนล้มเหลว/เวลาก่อนซ่อมเสร็จ | ช่วงเวลาสังเกต และระบบซ่อมได้หรือไม่                                             |
| ความทนทานต่อข้อผิดพลาดและการกู้คืน | อัตรากู้คืนสำเร็จ ข้อมูลสูญหาย เวลากู้คืน                                                           | แบบจำลองข้อผิดพลาดที่ฉีดเข้าไป ความรุนแรง และเกณฑ์กู้คืน                         |
| ความถูกต้องและข้อผิดพลาด           | อัตราข้อผิดพลาด อัตราผ่านชุดทดสอบ ค่าคลาดเคลื่อนเชิงตัวเลข                                          | ตัวตัดสิน/ค่าจริงอ้างอิง ความครอบคลุมของข้อมูลเข้า และค่าคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ |

| ประเด็นวิศวกรรมคอมพิวเตอร์  | ตัวอย่างตัวชี้วัด                                                                            | บริบทที่จำเป็น                                                        |
|-----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| คุณภาพงานเรียนรู้ของเครื่อง | ความถูกต้อง ความแม่นยำจำแนก ความครอบคลุม ความจำเพาะ F1 การเปรียบเทียบและค่าความสูญเสียของงาน | สมดุลคลาส เกณฑ์ตัดสินใจ การแบ่งชุดข้อมูล ข้อมูลรั่ว และผลรายกลุ่มย่อย |
| ความมั่นคงปลอดภัย           | อัตราตรวจพบ/เตือนผิด อัตราโจมตีสำเร็จ อัตรารั่วไหล เวลาแก้แพตช์                              | แบบจำลองภัยคุกคาม ความสามารถผู้โจมตี และความครอบคลุมของการทดสอบ       |
| ความคุ้มค่าต้นทุน           | ต้นทุนต่อคำขอ/รอบรัน/ผู้ใช้ หรือสมรรถนะต่อต้นทุน                                             | ช่วงราคาที่ใช้ ขอบเขตโครงสร้างพื้นฐาน และระดับการใช้งาน               |
| การบำรุงรักษาซอฟต์แวร์ได้   | เวลาเปลี่ยนแปลง ความหนาแน่นข้อบกพร่อง ความซับซ้อน ความครอบคลุมของชุดทดสอบ                    | ขอบเขตคลังโค้ด ประเภทการเปลี่ยนแปลง และกติกาการวัด                    |

## ตรวจสอบสูตรและถ้อยคำ

- **ประสิทธิภาพไม่ใช่ประสิทธิผล:** การบรรลุเป้าหมายต่างจากทรัพยากรที่ใช้เพื่อบรรลุเป้าหมายนั้น
- สูตรทั่วไป  $\text{output/input} \times 100\%$  ไม่ได้มีความหมายโดยอัตโนมัติ ต้องนิยามปริมาณที่เข้ากันได้และอธิบายว่าควรใช้เปอร์เซ็นต์หรือไม่
- $|\text{measured} - \text{true}| / |\text{true}|$  คือค่าคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ ไม่ใช่ขี้นิยามสากลของความแม่นยำ
- คำว่า **precision** ขึ้นกับบริบท: ในงานวัด precision เกี่ยวกับการวัดซ้ำได้ ส่วนในงานจำแนกหมายถึง  $\text{TP} / (\text{TP} + \text{FP})$
- $\text{MTTF} / (\text{MTTF} + \text{MTTR})$  มักใช้เป็นอัตราแบบความพร้อมใช้ ส่วนความเชื่อถือได้เกี่ยวกับการทำงานโดยไม่ล้มเหลวตลอดช่วงเวลาภารกิจที่ระบุ อย่าใช้คำสองคำนี้แทนกัน
- ค่าเฉลี่ยเวลาได้ตอบอย่างเดียวยอาจซ่อนกรณีช้า ควรรายงานกรณีช้าที่สุด ช่วงค่า หรือเปอร์เซ็นต์ไทล์เมื่อพฤติกรรมช่วงปลายสำคัญ
- ความถูกต้องรวมของการจำแนกอย่างเดียวอาจทำให้เข้าใจผิดเมื่อคลาสไม่สมดุล ให้เลือกตัวชี้วัดที่สะท้อนต้นทุนของข้อผิดพลาดและวัตถุประสงค์วิจัย
- ตัวชี้วัดหนึ่งดีขึ้นยังไม่พอ ถ้าตัวชี้วัดบังคับอีกตัวแย่จนยอมรับไม่ได้ ต้องรายงานการแลกเปลี่ยนข้อดีข้อเสีย เช่น เวลาได้ตอบ-อัตรางาน ความถูกต้อง-ต้นทุน ความมั่นคงปลอดภัย-ความสะดวกใช้ หรือสมรรถนะ-พลังงาน

## ตัวอย่างการโล่รอยในวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

ปัญหา: ระบบแนะนำมื้ออาหารเดิมไม่คัดกรองข้อจำกัดเรื่องอาการแพ้และงบประมาณที่ผู้ใช้ระบุ

→ วัตถุประสงค์: ออกแบบระบบแนะนำอาหารด้วยการเรียนรู้ของเครื่องที่หลีกเลี่ยงวัตถุดิบต้องห้ามและคุมต้นทุนให้อยู่ในงบที่กำหนด

→ วรรณกรรม/ทางเลือก: ตัวกรองแบบกฎ ฐานข้อมูลโภชนาการ collaborative filtering การแนะนำแบบมีข้อจำกัด หรือการให้ผู้เชี่ยวชาญด้านโภชนาการตรวจ

→ เหตุผลการเลือก: ความปลอดภัยที่คาด ความเป็นประโยชน์ ความพร้อมของข้อมูล ต้นทุน ความอธิบายได้ การบำรุงรักษา และข้อจำกัดทางกฎหมาย/จริยธรรม

→ การประเมิน: โปรไฟล์ผู้ใช้ที่กำหนด ฐานข้อมูลวัตถุดิบ กฎอาการแพ้ เกณฑ์งบประมาณ การทดสอบซ้ำ และการตรวจกรณีไม่ปลอดภัยโดยมนุษย์

→ หลักฐาน: จำนวนคำแนะนำไม่ปลอดภัย จำนวนครั้งที่เกินงบ คะแนนความเป็นประโยชน์จากผู้ใช้ ต้นทุนการเตรียม และคุณภาพคำอธิบาย

→ ผลผลิต: คำแนะนำผ่านเกณฑ์บังคับเรื่องอาการแพ้และงบประมาณในชุดทดสอบ

→ ผลลัพธ์ต่อเนื่อง: การวางแผนมื้ออาหารง่ายขึ้นหรือความพึงพอใจต่อการกินดีขึ้น เฉพาะเมื่อวัดแยกต่างหาก

รายการตัวชี้วัดนี้ปรับและตรวจเชิงวิพากษ์จาก **ตัวชี้วัดทางวิศวกรรม** แหล่งนี้มีประโยชน์ในการระบุตัวชี้วัดที่เป็นไปได้ แต่สูตรและคำศัพท์ทุกคำต้องตรวจให้ตรงสาขาและบริบทเฉพาะก่อนใช้

## 26. ความตรง ความเที่ยง และความน่าเชื่อถือของงานวิจัย

- **เชิงปริมาณ:** ความตรงของมโนทัศน์ ความตรงภายใน ความตรงภายนอก ความตรงของข้อสรุปทางสถิติ และความเที่ยง/การวัดซ้ำได้
- **เชิงคุณภาพ:** ความน่าเชื่อถือ ความถ่ายโอนได้ ความพึงพาได้ และความยืนยันได้
- **กติก:** ใช้เกณฑ์คุณภาพให้เหมาะกับกระบวนการทัศน์ อย่างบังคับกรอบคุณภาพเดียวกับทุกงาน

## 27. ขั้นตอนดำเนินการและการทำซ้ำได้

- **ต้องบันทึก:** ขั้นตอนตามลำดับ วัสดุ/ซอฟต์แวร์/เวอร์ชัน พารามิเตอร์ บทบาท/เวลา กติกาตัดสินใจ การเบี่ยงเบน และหลักฐานสำหรับตรวจสอบ
- **ตรวจ:** ผู้มีความสามารถในสาขาสามารถทำซ้ำหรือตรวจสอบขั้นตอนได้หรือไม่
- **ตัวอย่างความหิว:** บันทึกสภาพการอดอาหาร อาหาร ตารางเวลา บริบท และการเบี่ยงเบนจากแผน

## 28. การออกแบบการทดลอง ตัวควบคุม และค่าฐาน

- **ถาม:** การเปรียบเทียบแทนกรณีที่ไม่เกิดขึ้นจริงแบบใด ค่าฐานง่าย ยุติธรรม และเกี่ยวข้องกับสาขาหรือไม่ จำเป็นต้องสุ่มปิดบัง ทำซ้ำ หรือควบคุมการแบ่งชุดข้อมูลหรือไม่
- **ตรวจ:** การเปรียบเทียบแยกคำอธิบายที่เกี่ยวข้องกับคำถามวิจัยได้หรือไม่
- **กติก:** เพิ่มความซับซ้อนเท่าที่คำถามต้องการเท่านั้น

## 29. แผนการวิเคราะห์

- **กำหนดล่วงหน้าเมื่อทำได้:** การเตรียมข้อมูล สรุปเชิงพรรณนา ผลหลัก/ผลรอง วิเคราะห์ การจัดการข้อมูลขาดหาย/ค่านอกกลุ่ม ความไม่แน่นอน การเปรียบเทียบหลายครั้ง และการวิเคราะห์ความไว/ความคลาดเคลื่อน
- **ตรวจ:** การวิเคราะห์ตอบคำถามวิจัยและเข้ากับข้อมูล/การออกแบบหรือไม่
- **ความผิดพลาดที่พบบ่อย:** เลือกการวิเคราะห์หลังจากเห็นผลที่ต้องการแล้ว

## 30. จริยธรรม ความเป็นส่วนตัว กฎหมาย และความรับผิดชอบในการวิจัย

- **ตรวจ:** ความยินยอม ความเสี่ยง/ประโยชน์ กลุ่มเปราะบาง คณะกรรมการจริยธรรมหรือ IRB ข้อมูลอ่อนไหว การทำให้ระบุตัวบุคคลไม่ได้ ความมั่นคงปลอดภัย/การรักษา ลิขสิทธิ์/สัญญาอนุญาต/เงื่อนไขบริการ ผลประโยชน์ทับซ้อน และการเปิดเผยการใช้ปัญญาประดิษฐ์อย่างรับผิดชอบ
- **กติก:** หัวข้อที่ดูเรียบง่ายไม่ได้ทำให้การด้านจริยธรรมหายไปโดยอัตโนมัติ
- **ความปลอดภัยระหว่างทำวิจัย:** ต้องปกป้องผู้เข้าร่วมและผู้วิจัยระหว่างเก็บข้อมูล แทรกแซง เดินทาง จัดการอาหาร ใช้อุปกรณ์ ทำงานในห้องปฏิบัติการ หรือทำงานภาคสนาม งานที่ดูไม่มีพิษภัยยังอาจสร้างความเสี่ยงเรื่องอาการแพ้ การบาดเจ็บ ความเป็นส่วนตัว ความอับอาย การถูกกีดกัน หรือความมั่นคงปลอดภัยได้
- **คำเตือนด้านกฎหมาย:** ตรวจสอบกฎหมายที่เกี่ยวข้อง กฎสถาบัน ข้อกำหนด IRB/จริยธรรม ข้อกล่าวอ้างด้านอาหารและสุขภาพ กฎคุ้มครองข้อมูล ลิขสิทธิ์/สัญญาอนุญาต เงื่อนไขแพลตฟอร์ม กฎจัดซื้อจัดจ้าง และข้อกำหนดความปลอดภัยก่อนเก็บข้อมูลหรือปล่อยระบบใช้งาน
- **ข้อควรระวังเรื่องปัญญาประดิษฐ์:** อย่าอัปโหลดวิทยานิพนธ์ลับหรือข้อมูลผู้เข้าร่วมโดยไม่ได้รับอนุญาต

## 31. แผนวิจัย ความเป็นไปได้ และทรัพยากร

- **ต้องมี:** หมายเหตุการทำงาน สิ่งที่ขึ้นต่อกัน ความพร้อมของข้อมูล/การเข้าถึง ความเชี่ยวชาญ อุปกรณ์/ซอฟต์แวร์ งบประมาณ ความเสี่ยง/แผนสำรอง และสิ่งส่งมอบ
- **ตรวจ:** งานวิจัยทำเสร็จได้ด้วยทรัพยากรและเวลาที่ระบุหรือไม่
- **กติก:** ความเป็นไปได้ไม่ได้พิสูจน์คุณค่าทางวิทยาศาสตร์ แต่การออกแบบที่ไม่ได้ยอมตอบคำถามวิจัยไม่ได้



## ภาค IV — หลักฐานและการรายงานผล

### 32. ผลการวิจัย

- **ต้องทำ:** รายงานหลักฐานที่เกิดจากวิธีวิจัยที่ระบุไว้ และจัดผลตามวัตถุประสงค์หรือคำถามวิจัย
- **อาจมี:** คำอธิบายข้อมูล/ตัวอย่าง ผลหลัก ความไม่แน่นอน การเปรียบเทียบ ผลที่ไม่พบความแตกต่าง ข้อผิดพลาด/ความล้มเหลว และการวิเคราะห์ความไว
- **กตিকা:** แยกการสังเกตออกจากการตีความ

### 33. ตาราง

- **ต้องมี:** วัตถุประสงค์เฉพาะ ชื่อตารางที่อธิบายได้ คอลัมน์/หน่วย/คำย่อ/ตัวอย่าง/เงื่อนไขที่นิยามชัด การเปรียบเทียบที่สอดคล้องกัน ความไม่แน่นอนเมื่อเกี่ยวข้อง แหล่งที่มา และการอ้างถึงในเนื้อความ
- **กตিকাการวาง:** แนะนำและอ้างตารางในเนื้อความก่อนที่ผู้อ่านจะเจอตาราง อย่าวางตารางก่อนเนื้อความที่อธิบายว่าตารางนั้นมีไว้ทำไม
- **ตรวจ:** ค่าต่าง ๆ ตรงกับคำอธิบายในเนื้อหาและการคำนวณหรือไม่
- **ความผิดพลาดที่พบบ่อย:** ตารางกลายเป็นที่ทิ้งข้อมูล ลอยอยู่โดยไม่มีคำอธิบาย หรือใช้จำนวนทศนิยมที่ไม่อธิบาย

### 34. รูปและหลักฐานเชิงภาพ

- **ต้องมี:** วัตถุประสงค์เฉพาะ คำบรรยายรูปที่มีประโยชน์ ป้ายกำกับ/แกน/หน่วย/คำอธิบายสัญลักษณ์เมื่อเกี่ยวข้อง แหล่งที่มาถ้าดัดแปลง และการอ้างถึงในเนื้อความ
- **กตিকাในเนื้อความ:** อธิบายในเนื้อหาว่ารูปแสดงอะไร ผู้อ่านควรสังเกตอะไร และหลักฐานเชิงภาพนั้นรองรับข้อกล่าวอ้างใด อย่ายปล่อยให้ผู้อ่านตีความเองทั้งหมด
- **ตรวจ:** รูปแบบภาพเหมาะสมหรือไม่ แกน หน่วย คำอธิบายสัญลักษณ์ ความไม่แน่นอน ขนาดตัวอย่าง สีที่เข้าถึงได้ สเกลที่ชัดเจน คำบรรยายที่มีประโยชน์ และไม่มีการประมวลผลที่ทำให้เข้าใจผิด
- **ความผิดพลาดที่พบบ่อย:** ตัดสเกลหรือใช้สเกลไม่สอดคล้องกันจนทำให้ผลดูใหญ่เกินจริง

### 35. อภิปรายผล

- **ต้องทำ:** ตีความผลเทียบกับคำถามวิจัยหรือสมมติฐาน อธิบายกลไกที่เป็นไปได้ เปรียบเทียบกับงานเดิม พิจารณาทางเลือกอื่น ระบุความหมายของผล และผสานข้อจำกัดเข้าในการตีความ
- **ความผิดพลาดที่พบบ่อย:** การเขียนทวนผลลัพธ์ซ้ำซ้อน ปฏิบัติต่อทุกผลเหมือนเป็นความสำเร็จ เหมินหลักฐานที่ขัดแย้งหรือใส่ผลใหม่ที่ไม่มีหลักฐานรองรับ

### 36. ข้อสรุป

- **ต้องทำ:** ตอบคำถามวิจัยโดยตรง โดยให้ความแรงและขอบเขตของข้อสรุปสมดุลกับหลักฐาน
- **ตรวจ:** แยกข้อค้นพบออกจากความไม่แน่นอนหรือไม่ และหลีกเลี่ยงข้อกล่าวอ้างใหม่ที่ไม่มีหลักฐานรองรับหรือไม่
- **ตัวอย่าง:** “คะแนนลดลงสำหรับกรณีและเงื่อนไขนี้” ไม่ใช่ “อาหารนี้ใช้ได้กับทุกคน”

### 37. ผลงานสนับสนุน

- **การเล่าเรื่อง:** ปัญหา → ความพยายาม/หลักฐานเดิม → ความจำเป็น/ช่องว่างที่ยังค้าง → เหตุผลรองรับ → วัตถุประสงค์ → ทางเลือก/เหตุผลทางเลือก → วิธี → ผล → ผลงานสนับสนุนที่แสดงได้จริง
- **ตรวจ:** หลักฐานใดแสดงผลงานสนับสนุนแต่ละข้อ
- **แยกให้ชัด:** ข้อเสนอโครงการอธิบายผลงานสนับสนุนที่คาดหวัง แต่รายงานฉบับสุดท้ายต้องแสดงหลักฐานว่าผลงานนั้นเกิดขึ้นจริง

### 38. ข้อจำกัดในการตีความขั้นสุดท้าย

- สำหรับข้อจำกัดแต่ละข้อ ให้ระบุว่าผลหรือการตีความใดได้รับผลกระทบ ข้อกล่าวอ้างใดต้องลดระดับลง หลักฐานใดยังขาด และงานต่อไปควรจัดการอะไร
- กติกา: ข้อจำกัดไม่ใช่ย่อหน้าป้องกันตัวท้ายเล่ม แต่เป็นสิ่งที่กำหนดรูปร่างของข้อสรุป

### 39. ข้อเสนอแนะและงานในอนาคต

- ต้องตามมาจาก: ข้อจำกัด คำถามวิจัยที่ยังไม่คลี่คลาย หรือหลักฐานใหม่
- ต้องระบุ: ควรทดสอบอะไรและทำไม
- ความผิดพลาดที่พบบ่อย: รายการความปรารถนาหรือข้อเสนอเชิงนโยบายที่ไม่เชื่อมกับการออกแบบงานวิจัย

### 40. แหล่งอ้างอิงและภาคผนวกในเอกสารฉบับสุดท้าย

- ภาคผนวกอาจมี: เครื่องมือ ขั้นตอน ตารางเพิ่มเติม เอกสารจริยธรรม โค้ด/พจนานุกรมข้อมูล และการวิเคราะห์เสริม
- กติกา: หลักฐานที่จำเป็นต่อข้อโต้แย้งหลักต้องอยู่ในเนื้อหาหลัก อย่าซ่อนไว้ในภาคผนวก
- ตรวจ: แหล่งอ้างอิงครบ ตรวจสอบได้ และสอดคล้องกับการอ้างในเนื้อหาหรือไม่

### 41. การเขียนเชิงวิชาการและถ้อยคำ

- ตรวจ: ใช้คำสม่ำเสมอ ระดับข้อกล่าวอ้างพอดีกับหลักฐาน ย่อหน้ามีข้อกล่าวอ้าง-หลักฐาน-เหตุผล ใช้กาลและน้ำเสียงเหมาะกับสาขา และอ้างอิง/ยกข้อความอย่างมีจริยธรรม
  - กติกา: การแก้ภาษาไม่ควรซ่อนความอ่อนแอเชิงแนวคิด
-

## ภาค V — ความสอดคล้องข้ามส่วน

### 42. ตารางไต่รอยขั้นต่ำ

ตารางที่ 6 ใช้ตรวจสอบความสอดคล้องข้ามส่วน อย่าใช้เพียงเป็นตารางสรุปสวย ๆ แต่ให้ไล่กลับไปดูหลักฐานในแต่ละแถวจริง

ตารางที่ 6: ตารางไต่รอยขั้นต่ำสำหรับตรวจสอบความสอดคล้องข้ามส่วน

| องค์ประกอบที่ต้องไต่รอย    | สิ่งที่ต้องตรวจ                                         | หลักฐานที่ต้องหา                          |
|----------------------------|---------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| ปัญหา                      | สิ่งที่ต้องแก้เป็นสภาพกลางหนึ่งเรื่อง                   | ข้อความระบุปัญหาและภูมิหลังที่รองรับ      |
| ความพยายาม/หลักฐานเดิม     | ใครเคยทำอะไร อะไรใช้ได้ อะไรล้มเหลว และภายใต้เงื่อนไขใด | การทบทวนวรรณกรรมและหลักฐานต้นทาง          |
| ความจำเป็นที่ยังค้าง       | อะไรยังไม่พอหรือยังไม่แน่ใจ และทำไมยังต้องมีอีกหนึ่งงาน | ย่อหน้าช่องว่าง/เหตุผลรองรับ              |
| วัตถุประสงค์/คำถามวิจัย    | การคลี่คลายที่ตั้งใจตอบปัญหาเดียวกันหรือไม่             | วัตถุประสงค์และคำถามวิจัย                 |
| ทางเลือกและเหตุผลการเลือก  | อะไรอาจจัดการปัญหาได้ และทำไมตัวเลือกนี้เหมาะสม         | ทางเลือกจากวรรณกรรมและเกณฑ์เปรียบเทียบ    |
| วิธี/การประเมิน            | วิธีที่เลือกถูกนำไปทำและตรวจอย่างไร                     | วิธีวิจัย การวัด ข้อมูล และแผนวิเคราะห์   |
| ผล/หลักฐาน                 | สังเกตอะไรได้ และมาจากวิธีที่วางแผนไว้หรือไม่           | ผล ตาราง รูป บันทึก หรือการวิเคราะห์      |
| ผลผลิต                     | หลักฐานตรงว่าปัญหาตามนิยามถูกแก้                        | ข้อความผลผลิตที่ผูกกับวัตถุประสงค์        |
| ผลลัพธ์ต่อเนื่อง/ผลพลอยได้ | อะไรเกิดหลังปัญหาคลี่คลาย รวมทั้งผลตั้งใจและไม่ตั้งใจ   | ผลลัพธ์ที่วัด ผลข้างเคียง ต้นทุน หรือภาระ |
| ข้อจำกัด                   | อะไรทำไม่ได้เพราะข้อจำกัด                               | ข้อจำกัดและข้อกล่าวอ้างที่มีขอบเขต        |

ใช้หนึ่งแถวต่อหนึ่งวัตถุประสงค์หรือคำถามวิจัย ให้มองหา:

- ปัญหากำพวด — ไม่มีวัตถุประสงค์ใดจัดการปัญหานั้น
- รายการวรรณกรรมที่ไม่มีเส้นทางหลักฐานไปสู่ความจำเป็นที่ยังค้าง
- ช่องว่างที่กล่าวอ้างโดยไม่มีเหตุผลว่าทำไมยังต้องมีอีกหนึ่งงาน
- วัตถุประสงค์กำพวด — ไม่มีปัญหา/ช่องว่างรองรับ
- วิธีที่เลือกโดยไม่มีทางเลือกจากวรรณกรรมหรือเกณฑ์เปรียบเทียบ
- การแทรกแซงที่ไม่มีวิธีประเมินผล
- ผลที่ไม่เชื่อมกับการประเมินที่วางแผนไว้
- ข้อสรุปที่ไม่มีหลักฐาน
- ข้อจำกัดที่ทำให้ข้อกล่าวอ้างแบบไม่จำกัดขอบเขตใช้ไม่ได้

### 43. การไต่รอยตัวอย่างความหิวแบบเต็ม

ตารางที่ 7 แสดงตัวอย่าง “หิว - กิน - อิ่ม” แบบเต็ม เพื่อให้เห็นว่าปัญหา หลักฐาน การตัดสินใจ และข้อกล่าวอ้างต้องไต่รอยถึงกันอย่างไร

ตารางที่ 7: การไต่รอยตัวอย่าง “หิว - กิน - อิ่ม” แบบเต็ม

| องค์ประกอบ              | ตัวอย่างสำหรับสอน                                                                    | ข้อควรระวังเวลาตรวจ                                                                                     |
|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| การสังเกต               | หิวหลังผ่านไปหกชั่วโมง                                                               | เรื่องเล่าเฉพาะตัวอย่างเดียวไม่ใช่ปัญหาทั่วไป                                                           |
| ปัญหา                   | คะแนนความหิวคือ 8 สูงกว่าเกณฑ์อิ่ม                                                   | สภาพไม่พึงประสงค์หนึ่งประโยค ไม่ใช่วิธี                                                                 |
| ช่องว่าง                | ยังไม่กล่าวอ้างก่อนทบทวนวรรณกรรม                                                     | ห้ามแต่งช่องว่างขึ้นเอง                                                                                 |
| วัตถุประสงค์            | ลดคะแนนให้เหลือไม่เกิน 2 ภายใน 30 นาที                                               | แก้ปัญหาที่ระบุโดยตรง                                                                                   |
| ทางเลือก                | อาหารหลายแบบ ปริมาณ วิธีเตรียม ราคา และเงื่อนไขการเข้าถึง                            | ต้องจับคู่และเปรียบเทียบผ่านวรรณกรรม                                                                    |
| เหตุผลการเลือก          | ผลที่คาด ความปลอดภัย ต้นทุน การเข้าถึง เวลา ความเหมาะสม และความเป็นไปได้             | อธิบายความเหมาะสม ไม่ได้พิสูจน์ว่าตัวเลือกนี้ดีที่สุดสำหรับทุกกรณี                                      |
| ขอบเขต                  | คนหนึ่งคน อาหารที่เลือกหนึ่งแบบ 60 นาที คะแนนความหิวที่รายงานด้วยตนเองเท่านั้น       | ขอบเขตที่เลือกอย่างตั้งใจ                                                                               |
| วิธีแก้/วิธีแทรกแซง     | กินอาหารที่เลือกและระบุไว้                                                           | วิธีที่เลือกเพื่อจัดการปัญหา                                                                            |
| วิธีวิจัย/วิธีประเมินผล | ให้คะแนนตนเองซ้ำตลอด 60 นาที                                                         | ทดสอบว่าวัตถุประสงค์บรรลุในขอบเขตที่ตั้งใจหรือไม่ ยังไม่เปรียบเทียบ และยังไม่มีมาตรวัดที่ผ่านการตรวจสอบ |
| ผล/หลักฐาน              | คะแนนความหิวที่เวลา 0, 15, 30 และ 60 นาที คือ 8 → 4 → 2 → 3                          | การสังเกตสมมติ                                                                                          |
| ผลผลิต                  | คะแนนถึง 2 ที่นาทีที่ 30                                                             | ปัญหาตามนิยามถูกแก้สำหรับกรณี/เวลานี้                                                                   |
| ผลลัพธ์ต่อเนื่อง        | สบายขึ้นหรือมีสมาธิขึ้น                                                              | ไม่ได้วัด เป็นเพียงผลลัพธ์ที่คาดหวัง                                                                    |
| ผลพลอยได้               | อาหารเหลือ ต้นทุนเพิ่ม เวลาเตรียมอาหาร หรือความไม่สบายหลังกิน                        | อาจมีผลต่อคุณค่าของการออกแบบ แต่ไม่ใช่ผลผลิตหลัก                                                        |
| ข้อสรุป                 | ผลผลิตตามนิยามเกิดขึ้นสำหรับกรณีนี้                                                  | ไม่กล่าวอ้างถึงประชากรหรือผลลัพธ์ปลายน้ำ                                                                |
| ข้อจำกัด                | ไม่มีมาตรวัดที่ผ่านการตรวจสอบ และควบคุม/วัดปัจจัยบริบทได้ไม่ครบ                      | ความแข็งแกร่งเชิงวิธีที่ต้องการทำไม่ได้ จึงจำกัดข้อกล่าวอ้างโดยตรง                                      |
| งานต่อไป                | ใช้มาตรวัดที่ผ่านการตรวจสอบ ควบคุมบริบทให้ดีขึ้น และวัดผลลัพธ์ต่อเนื่องถ้าเกี่ยวข้อง | ต้องจัดการข้อจำกัดจริงหรือคำถามวิจัยใหม่                                                                |

## ภาค VI — การใช้ปัญญาประดิษฐ์เป็นผู้ช่วยตรวจ

### โครงสร้างของคำถามตรวจ

เป้าหมายที่ตรวจ

- เกณฑ์ด้านระเบียบวิธีวิจัย
- หลักฐานและตำแหน่ง
- การเปรียบเทียบข้ามส่วน
- ความสอดคล้อง ปัญหา-วัตถุประสงค์-ผลผลิต-ผลลัพธ์ต่อเนื่อง
- ขาด เทียบกับ อ่อน/ขัดกัน
- Blocking / Major / Minor
- การแก้ที่มนุษย์ตรวจสอบได้

### ระดับความรุนแรง

- **Blocking:** คำถามวิจัยหลัก ความตรง หลักฐาน หรือข้อกล่าวอ้างหลักล้มเหลว
- **Major:** หลักฐานหรือความสอดคล้องยังไม่พอและต้องแก้
- **Minor:** ปัญหาความชัดเจนหรือการนำเสนอที่ไม่เปลี่ยนความตรงหลักของงาน

### คำสั่งสำหรับให้ AI ตรวจโดยผูกกับหลักฐาน

ใช้คำสั่งนี้เพื่อให้ AI เสนอประเด็นตรวจเบื้องต้น แล้วผู้ตรวจต้องกลับไปตรวจหลักฐานจริงเอง:

ทำหน้าที่เป็นผู้ประเมินวิชาการที่เข้มงวดแต่สร้างสรรค์

ตรวจสอบสาเหตุดังนี้:

ปัญหา → ความพยายาม/หลักฐานเดิม → อะไรใช้ได้/ใช้ไม่ได้และที่ใด → ความจำเป็น/ช่องว่างที่ยังค้าง → ทำไมงานนี้ยังจำเป็น → วัตถุประสงค์/คำถามวิจัย → ทางเลือก/เหตุผลการเลือก → วิธีที่เลือก/การประเมิน → ผล/หลักฐาน → ผลผลิต → ผลลัพธ์ต่อเนื่อง → ข้อสรุป

สำหรับทุกประเด็น:

1. ระบุส่วนของเอกสารและหลักฐาน/ตำแหน่ง
2. แยกข้อมูลที่ขาดออกจากข้อมูลที่อ่อนหรือขัดกัน
3. จัดระดับความรุนแรงเป็น Blocking, Major หรือ Minor
4. อธิบายผลกระทบต่อความตรงของงาน
5. เสนอวิธีแก้โดยไม่แต่งข้อมูล แหล่งอ้างอิง หรือผลลัพธ์

ตรวจข้ามบทความย่อ วิธีวิจัย ตาราง/รูป ผล และข้อสรุป

ยืนยันว่าวัตถุประสงค์แก้ปัญหา ผลผลิตแสดงว่าปัญหาถูกแก้ และผู้วิจัยวัดผลลัพธ์ต่อเนื่องก่อนนำไปกล่าวอ้าง

ตรวจว่าวรรณกรรมเรียบเรียงว่าใครจัดการอะไร อย่างไร ด้วยหลักฐานใด อะไรใช้ได้หรือไม่ได้ภายใต้เงื่อนไขใด อะไรยังค้าง และทำไมงานนี้ยังจำเป็น รวมทั้งตรวจว่ามีทางเลือกของวิธีแก้หรือวิธีวิจัย มีเกณฑ์ชัดเจนรองรับตัวเลือกที่เลือก และวิธีประเมินผลแสดงได้ว่าวิธีที่เลือกใช้ได้จริงหรือไม่

ตรวจว่าสมมติฐานแต่ละข้อเป็นประโยคบอกเล่าหนึ่งข้อที่หักล้างได้ และมีกติกาตัดสินล่วงหน้าที่อนุญาตให้ตอบ Supported: Yes/No ด้วยหลักฐาน ให้แตกสมมติฐานที่รวมหลายข้อออกเป็นข้อย่อย

สำหรับงานวิศวกรรมหรือวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ตรวจว่าตัวชี้วัดหลักทุกตัวมีนิยามเชิงปฏิบัติการ หน่วย ทิศทาง ค่าฐาน เป้าหมาย ภาระงาน/เงื่อนไขทดสอบ วิธีสรุปผล จำนวนรอบซ้ำ และความไม่แน่นอน และตรวจว่าสูตรกับค่าเทคนิคตรงความหมายในสาขา

ใช้ห้าด้านก่อนแก้ภาษา:

1. ปัญหาขจัดหรือไม่ — ปัญหาจริง ปัจจุบัน มีหลักฐาน ยังไม่คลี่คลาย และวิธีที่ง่ายกว่าหรือใช้กันอยู่ยังไม่ได้แก้พอแล้วหรือไม่
2. ล้มเหลวได้จริง — หลักฐานใดที่กำหนดไว้ล่วงหน้าจะแสดงว่าสมมติฐาน วิธีที่เลือก หรืองานนี้ไม่ผ่าน

3. เกณฑ์บังคับ — แยกเกณฑ์ยอมรับที่ต้องผ่านออกจากตัวชี้วัดเพื่อปรับให้ดีขึ้น และอย่าให้ค่าเฉลี่ยซ่อนการไม่ผ่านเกณฑ์
  4. เพดานของการวัด — ตรวจสอบ มโนทัศน์ → ตัวชี้วัด → เครื่องมือ/ค่าจริงอ้างอิง → ข้อมูล → ข้อกล่าวอ้าง รวมถึงความตรงของตัวแทนที่ใช้วัด
  5. ไม่สร้างปัญหาใหม่ — ตรวจสอบการแลกเปลี่ยนข้อดีข้อเสีย ผู้ได้รับผลกระทบ ผลลัพธ์ไม่ตั้งใจ ภาระที่ถูกละเลย และเกณฑ์กำกับเรื่องผลเสียที่ต้องผ่าน
- รูปแบบผลลัพธ์:
- เกณฑ์ | หลักฐาน/ตำแหน่ง | หลักฐานเดิม/ความจำเป็นที่ยังค้าง/เหตุผลว่าทำไมงานนี้จำเป็น | ทางเลือก/เหตุผลการเลือก | ความเชื่อมโยง ปัญหา-วัตถุประสงค์-ผลผลิต-ผลลัพธ์ต่อเนื่อง | ประเด็น | ความรุนแรง | การแก้

## วิธีใช้ Thesis Review Prompt Pack

ใช้ Thesis Review Prompt Pack เพื่อสร้างบันทึกตรวจและคำถามตรวจ ไม่ใช่ให้ AI ตัดสินว่าวิทยานิพนธ์ถูกต้องหรือไม่ แหล่งสำหรับนักศึกษาคือ Thesis Review Prompt Pack: Student Edition v1.2:

<https://punpiti.github.io/thesis-review-prompt-pack/>

### ขั้นตอนขั้นต่ำ

1. เปิด index.html ในชุดคำสั่ง
2. เมื่อตรวจทั้งวิทยานิพนธ์หรือต้นฉบับบทความ ให้ใช้ขั้นตอนการทำงานใน workspace.html เป็นหลัก
3. ใส่ไฟล์วิทยานิพนธ์ ต้นฉบับ แหล่งอ้างอิง รูป ตาราง ผล สคริปต์และบันทึกการทำงาน ตัวชี้วัด และค่าฐานลงในพื้นที่ทำงานสำหรับตรวจ
4. ถ้าไฟล์ปะปนกัน ให้ใช้คำสั่งตั้งต้นที่ชุดคำสั่งแสดงไว้
5. ให้ AI เตรียมคำสั่งตรวจจากงานปัจจุบันก่อนตรวจเต็ม
6. จากนั้นใช้คำสั่งประเมินแบบสั้นที่ชุดคำสั่งแสดงไว้
7. อ่านบันทึกตรวจ ตรวจประเด็นสำคัญทุกข้อกับเอกสารต้นทาง และแก้ Blocking ก่อนขัดภาษา
8. เก็บหรือสร้างบันทึกสถานะการตรวจ เพื่อให้รอบถัดไปต่อจากหลักฐานที่รู้แล้ว ไม่ต้องเริ่มใหม่

### สิ่งที่ชุดคำสั่งควรตรวจเป็นอันดับแรก

- ความสอดคล้องของชื่อเรื่องและบทคัดย่อ
- ความสำคัญของปัญหาและปัญหายังรอดหรือไม่
- การสังเคราะห์วรรณกรรมและคุณภาพแหล่งอ้างอิง
- ความสอดคล้องของวัตถุประสงค์/คำถามวิจัย/ปัญหา
- เหตุผลรองรับวิธี ทางเลือก และค่าฐาน
- ผล ผลที่คาด หลักฐาน และผลงานสนับสนุน
- การไต่รอยจากปัญหาถึงผลงานสนับสนุน
- จริยธรรม IRB กฎหมาย ข้อมูล และความรับผิดชอบในการใช้ LLM
- ตาราง รูป ความเรียบร้อยของการเขียน ถ้อยคำ และลำดับการอ่าน

### กติกาที่ต่อรองไม่ได้

- ใช้ AI เพื่อสร้างบันทึกตรวจที่เป็นไปได้ ไม่ใช่สร้างความจริงที่ขาดหาย
- อย่าแก้ต้นฉบับวิทยานิพนธ์ก่อนมีบันทึกตรวจ เว้นแต่กำลังทำรอบแก้ไขภายหลังอย่างชัดเจน
- อย่าให้ AI แต่งแหล่งอ้างอิง DOI สถานที่ตีพิมพ์ อันดับ ชุดข้อมูล ตัวชี้วัด ผลลัพธ์ สถานะ IRB หรือข้อกำหนดกฎหมาย
- ถือว่าข้อมูลที่ LLM สร้างยังไม่ผ่านการตรวจ จนกว่าจะตรวจเทียบกับเอกสารที่ให้มา หน้าเว็บทางการ PDF ไฟล์ข้อมูล หรือ

### แหล่งจริงอื่น

- คำวิจารณ์สำคัญทุกข้อควรระบุตำแหน่งในต้นฉบับเมื่อทำได้ เช่น บท หัวข้อ หน้า ย่อหน้า รูป หรือตาราง
- สำหรับแหล่งอ้างอิง ให้แยกหลักฐานจากต้นฉบับ หลักฐานจากแหล่งอ้างอิง และการตีความของผู้ประเมิน
- ถ้าขาดแหล่งข้อมูล ให้เขียนว่า missing input, reference required หรือ needs verification อย่าเดา
- ตรวจสอบตรรกะวิจัยก่อนขัดภาษา

## ใช้ชุดคำสั่งเป็นรอบการตรวจ

### เตรียมบริบท

- สร้างคำสั่งตรวจ
- ใช้คำสั่งประเมินแบบสั้น
- สร้างบันทึกตรวจ
- ตรวจสอบหลักฐานด้วยมนุษย์
- แก้ Blocking
- ตรวจ Major ที่เหลือซ้ำ
- ขัดภาษาเมื่อตรวจรอบแล้วเท่านั้น

## กติกาการตรวจด้วย AI

- ผลจาก AI เป็นข้อเสนอให้มนุษย์ตรวจ ไม่ใช่คำตัดสินที่มีอำนาจ
- ตรวจทุกความเห็นกับเอกสารต้นทาง
- อย่าให้ AI แต่งแหล่งอ้างอิง ช่องว่าง ชุดข้อมูล ผลลัพธ์ การอนุมัติ หรือการคำนวณ
- อย่าให้การเขียนใหม่ซ่อนตรรกะวิจัยที่พัง
- ผู้ตรวจที่เป็นมนุษย์ยังเป็นเจ้าของวิจารณ์ญาณและความรับผิดชอบทางวิชาการ

## รายการตรวจสอบก่อนจบ

- ☐ ปัญหาจริง เฉพาะเจาะจง สำคัญ ศึกษาได้ และมีหลักฐาน
- ☐ ช่องว่างตามมาจากองค์ความรู้เดิม
- ☐ การทบทวนวรรณกรรมอธิบายว่าใครเคยทำอะไร หลักฐานบอกอะไร อะไรยังค้าง และทำไมงานนี้ยังจำเป็น
- ☐ วัตถุประสงค์แต่ละข้อแก้ปัญหาที่ระบุไว้ในข้อความระบุปัญหาโดยตรง
- ☐ ผลผลิตแสดงโดยตรงว่าปัญหาถูกแก้ตามวัตถุประสงค์
- ☐ ผลลัพธ์ต่อเนื่องตามมาจากผลผลิต และยังไม่ถูกกล่าวอ้างถ้ายังไม่ได้วัด
- ☐ วัตถุประสงค์และคำถามวิจัยสอดคล้องกับปัญหาและผลงานสนับสนุน
- ☐ สมมติฐานแต่ละข้อเป็นประโยคบอกเล่า เป็นข้อเดียว หักล้างได้ และตัดสินเป็น Supported: Yes/No ได้ด้วยหลักฐานที่กำหนดไว้ล่วงหน้า
- ☐ ปัญหาหยุดจากการทำลาย: จริง มีหลักฐาน ยังไม่คลี่คลาย จำเป็นต้องศึกษา และวิธีที่ง่ายกว่าหรือใช้กันอยู่ยังไม่ดีพอแล้ว
- ☐ เกณฑ์ล้มเหลวระดับงานวิจัยระบุว่าหลักฐานแบบใดจะแสดงว่าวิธีที่เลือกไม่แก้ปัญหา
- ☐ แยกเกณฑ์ยอมรับที่ต้องผ่านออกจากตัวชี้วัดเพื่อปรับให้ดีขึ้น และทุกเกณฑ์ผ่าน
- ☐ สาย มโนทัศน์-ตัวชี้วัด-เครื่องมือ/ค่าจริงอ้างอิง-ข้อมูล-ข้อกล่าวอ้าง รองรับข้อสรุป และไม่มีการใช้ตัวแทนผิดโดยไม่มีเหตุผล
- ☐ วิธีแก้ไขสร้างหรือโยกย้ายปัญหาใหม่ ผลเสีย ความเสี่ยง หรือภาระที่ยอมรับไม่ได้
- ☐ นิยาม ขอบเขต สมมติฐานตั้งต้น และข้อจำกัดแยกกันชัด
- ☐ การออกแบบ ข้อมูล การวัด และการวิเคราะห์ตอบคำถามวิจัยได้
- ☐ ตัวชี้วัดวิศวกรรมเมื่อเกี่ยวข้อง ระบุหน่วย ค่าฐาน เป้าหมาย เงื่อนไขทดสอบ วิธีสรุปผล จำนวนรอบซ้ำ ความไม่แน่นอน และการแลกเปลี่ยนข้อดีข้อเสียที่เกี่ยวข้อง
- ☐ แหล่งอ้างอิงมีจริง เกี่ยวข้อง และสอดคล้องกัน
- ☐ ตาราง/รูปตรงกับเนื้อหา

- ☐ ผลตอบวัตถุประสงค์
- ☐ ข้อสรุปและข้อเสนอแนะไม่เกินหลักฐาน
- ☐ จริยธรรม ความเป็นส่วนตัว กฎหมาย และการใช้ AI อย่างรับผิดชอบถูกกล่าวถึง
- ☐ ข้อกล่าวอ้างสำคัญทุกข้อได้ร้อยผ่านสายเหตุผลของงานวิจัยได้

## สถานะการแปล

ฉบับร่างนี้แปลครบเนื้อหาหลักจากต้นฉบับภาษาอังกฤษแล้ว และผ่านการกล่าภาษาไทยเพื่อแก่นักศึกษาแล้ว ยังต้องตรวจความยาว ตารางกว้าง การตัดหน้า และความเหมาะสมเชิงภาพก่อนใช้เป็นฉบับแจกจริง.