วิทยาการคำนวณ ๔

• สื่อการเรียนรู้ดิจิทัล MOOC

สื่อการเรียนรู้ดิจิทัลและ ๕๐ ปฏิบัติการเสมือนจริง

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชีวะ ทัศนา

สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มรภ.รำไพพรรณี

๕๐ ห้องปฏิบัติการเสมือนจริง • WebAssembly • GitHub Pages CDN

วิทยาการคำนวณ 4

แผนบริหารหลักสูตรและคู่มือพัฒนาบทเรียน MOOC วิทยาการคำนวณ

Master Curriculum, Syllabus & Active Learning MOOC Architecture

ชุดตำราวิทยาการคำนวณและฟิสิกส์บูรณาการ 4 เล่มสมบูรณ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชีวะ ทัศนา

สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี (RBRU Press)

ข้อมูลทางบรรณานุกรมของสำนักหอสมุดแห่งชาติ (National Library of Thailand CIP)

ชีวะ ทัศนา.
วิทยาการคำนวณ 4 แผนบริหารหลักสูตรและคู่มือพัฒนาบทเรียน MOOC วิทยาการคำนวณ. -- จันทบุรี : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี, 2569.
240 หน้า.

1. วิทยาการคำนวณ. 2. ขั้นตอนวิธีและการประมวลผลข้อมูล. 3. ภาษาไพทอน (คอมพิวเตอร์). I. ชื่อเรื่อง.
ISBN 978-616-XXXX-04-2 (ฉบับพิมพ์สมบูรณ์)
ISBN 978-616-XXXX-XX-X (ฉบับดิจิทัล EPUB 3.0)

สงวนลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติลิขสิทธิ์ พ.ศ. 2537 และฉบับแก้ไขเพิ่มเติม

ห้ามการลอกเลียนแบบ ดัดแปลง ทำซ้ำ หรือเผยแพร่ส่วนใดส่วนหนึ่งของหนังสือเล่มนี้ ไม่ว่าด้วยกระบวนการทางอิเล็กทรอนิกส์ การถ่ายสำเนา หรือวิธีการใดๆ โดยไม่ได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากผู้เขียน ยกเว้นเพื่อการอ้างอิงทางวิชาการ

ผู้เขียน: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชีวะ ทัศนา (Ph.D. in Physics)
จัดพิมพ์โดย: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี เลขที่ 41 หมู่ 5 ต.ท่าช้าง อ.เมือง จ.จันทบุรี 22000
พิมพ์ครั้งที่ 1: สิงหาคม พ.ศ. 2569 (จำนวนพิมพ์ 1,000 เล่ม)

คำนำ

ตำรา **"วิทยาการคำนวณ 4: แผนบริหารหลักสูตรและคู่มือพัฒนาบทเรียน MOOC วิทยาการคำนวณ"** เล่มนี้ ได้รับการประพันธ์และเรียบเรียงขึ้นอย่างประณีต เพื่อใช้เป็นตำราหลักในรายวิชา **4122100 การพัฒนาหลักสูตรและการจัดการเรียนรู้วิทยาการคำนวณ** โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อยกระดับทักษะการคิดเชิงคำนวณ การออกแบบขั้นตอนวิธี และการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ของนิสิต นักศึกษา และครูวิทยาศาสตร์ในระดับอุดมศึกษา

โครงสร้างของเนื้อหาในเล่ม ได้รับการร้อยเรียงตามกรอบทฤษฎีการศึกษา Bloom's Taxonomy และ Active Learning Cycle โดยผสานทฤษฎีคณิตศาสตร์เข้มข้นเข้ากับตัวอย่างโค้ดภาษา Python 3.11 และสื่อการทดลองเสมือนจริง **3D AR MediaPipe Hands** แบบไร้สัมผัส เพื่อให้ผู้เรียนเกิดมโนทัศน์ที่ลึกซึ้งและสามารถนำไปสร้างสรรค์นวัตกรรมได้จริง

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชีวะ ทัศนา
สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี
สิงหาคม 2569

กิตติกรรมประกาศ

ความสำเร็จในการจัดทำตำราวิชาการชุดนี้ สำเร็จลุล่วงลงได้ด้วยความอนุเคราะห์และการสนับสนุนอย่างดียิ่งจากหลากหลายภาคส่วน ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ **มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี** และ **คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี** ที่ได้ส่งเสริมและสนับสนุนทุนวิจัยและการพัฒนานวัตกรรมการจัดการเรียนการสอนอันเป็นประโยชน์ต่อนักศึกษาและวงการวิชาการ

ขอขอบพระคุณ **รองศาสตราจารย์ ดร.จิรพัฒน์ จันทมาลี** และคณาจารย์ผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่าน ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาแลกเปลี่ยนข้อคิดเห็นเชิงวิชาการ และร่วมพัฒนากรอบมาตรฐานการสอนวิทยาการคำนวณร่วมกันมาอย่างต่อเนื่อง

ขอขอบคุณนักศึกษาสาขาวิชาฟิสิกส์และวิทยาการคอมพิวเตอร์ทุกคน ที่ได้ร่วมทดลองใช้งานระบบห้องปฏิบัติการเสมือนจริง 3D AR และให้ข้อเสนอแนะอันมีค่ายิ่งต่อการปรับปรุงหนังสือเล่มนี้ให้มีความสมบูรณ์สูงสุด

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชีวะ ทัศนา

สารบัญ

หัวข้อและเนื้อหา	หน้า
คำนำ	iv
กิตติกรรมประกาศ	v
สารบัญภาพ	viii
สารบัญตาราง	x
แผนบริหารการสอนประจำรายวิชา 4122100	xii
บทที่ 1 รากฐานแนวคิดและการสร้างแบบจำลองทางตรรกะ	1
บทที่ 2 การออกแบบขั้นตอนวิธี รหัสลำลอง และผังงานมาตรฐานสากล	25
บทที่ 3 การพัฒนาโปรแกรมภาษา Python และการจัดการข้อมูล	55
บทที่ 4 โครงสร้างการควบคุม ทางเลือก การวนซ้ำ และระบบอัตโนมัติ	85
บทที่ 5 โครงสร้างข้อมูลเชิงเส้นและอัลกอริทึมการค้นหา	115
บทที่ 6 อัลกอริทึมการจัดเรียงข้อมูลและการวิเคราะห์ Big-O	145
บทที่ 7 การโปรแกรมเชิงโมดูลและฟังก์ชันเรียกซ้ำ	175
บทที่ 8 การสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์และฟิสิกส์เชิงคำนวณ	205
บทที่ 9 สถาปัตยกรรมโครงข่ายประสาทเทียมและปัญญาประดิษฐ์	235
บทที่ 10 โครงงานบูรณาการและการสังเคราะห์นวัตกรรม Capstone	265
คู่มือห้องปฏิบัติการเสมือนจริง 3D AR MediaPipe 10 ปฏิบัติการ	295
ภาคผนวก ก ถึง ฉ (พร้อมคลังข้อสอบ 50 ข้อ)	335
ดัชนีคำสำคัญ (Index)	375
บรรณานุกรม (References)	381

สารบัญภาพ

ภาพที่	ชื่อภาพ	หน้า
ภาพที่ 1.1	เสาหลักทั้ง 4 ของแนวคิดเชิงคำนวณ (Decomposition, Pattern, Abstraction, Algorithm)	6
ภาพที่ 2.1	แผนผังโครงสร้าง 5 คุณสมบัติของขั้นตอนวิธีที่ดี	28
ภาพที่ 2.2	สัญลักษณ์ผังงานมาตรฐานสากล ISO 5807 และ ANSI Standard	32
ภาพที่ 2.3	แผนผังเปรียบเทียบ 3 โครงสร้างควบคุมหลัก (Sequential, Selection, Iteration)	36
ภาพที่ 3.1	โครงสร้างหน่วยความจำ RAM และลำดับการประมวลผลทางคณิตศาสตร์ PEMDAS	58
ภาพที่ 9.1	สถาปัตยกรรมโครงข่ายประสาทเทียมเชิงลึกแบบคอนโวลูชัน (CNN Model)	238
ภาพที่ 10.1	โครงข่ายกระดูกมือ 21 จุด 3 มิติ (MediaPipe 3D Hand Tracking System)	268

สารบัญตาราง

ตารางที่	ชื่อตาราง	หน้า
ตารางที่ 1.1	ตารางคำศัพท์และนิยามเชิงตรรกะประจำบทเรียนที่ 1	12
ตารางที่ 2.1	คำสำคัญมาตรฐานสากลในการเขียนรหัสลำลอง (Pseudocode Standard)	30
ตารางที่ 2.2	สัญลักษณ์ผังงานและหน้าที่ตามมาตรฐาน ISO 5807	34
ตารางที่ 5.1	การเปรียบเทียบความซับซ้อนเชิงเวลาและเชิงพื้นที่ Big-O ของอัลกอริทึม	120
ตารางที่ ข.1	บัตรสรุปความซับซ้อนของโครงสร้างข้อมูลมาตรฐาน Python	340

วิทยาการคำนวณ 4 สื่อการเรียนรู้ดิจิทัลและคู่มือปฏิบัติการเสมือนจริงบนระบบ MOOC

หมวดหมู่ที่ 0 ข้อมูลและข้อตกลงรายวิชา

ผู้พัฒนาหลักสูตร ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชีวะ ทัศนา • สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ระบบเผยแพร่ RBRU MOOC (elearning.rbru.ac.th) & GitHub Pages Global CDN

🏛️ 0.1 ปฐมนิเทศและคำอธิบายรายวิชา

รหัสและชื่อรายวิชา

- **ชื่อภาษาไทย** สื่อการเรียนรู้ดิจิทัลและคู่มือปฏิบัติการเสมือนจริงวิทยาการคำนวณและปัญญาประดิษฐ์
- **ชื่อภาษาอังกฤษ** Digital Learning Media & Virtual Interactive Labs for Computing Science and AI
- **จำนวนหน่วยกิต** 3 หน่วยกิต (3-0-6)
- **แพลตฟอร์มการเรียนรู้** RBRU MOOC Platform • 100% Online Lifelong Learning

คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาและฝึกปฏิบัติการเสมือนจริงเกี่ยวกับแนวคิดเชิงคำนวณ การใช้เหตุผลเชิงตรรกะ การเขียนรหัสลำลองและผังงานมาตรฐานสากล การพัฒนาโปรแกรมด้วยภาษา Python โครงสร้างข้อมูลเชิงเส้นและตารางแฮช อัลกอริทึมการค้นหาและการจัดเรียงข้อมูล การวิเคราะห์ความซับซ้อน Big-O สถาปัตยกรรมโปรแกรมเชิงโมดูลและการจัดการไฟล์ การสร้างแบบจำลองทางฟิสิกส์และคณิตศาสตร์ การประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์ (AI) การเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) คอมพิวเตอร์วิทัศน์ตรวจจับท่าทางมือ 3 มิติ (MediaPipe Hands) และอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) ผ่านชุดสื่อจำลองสถานการณ์เสมือนจริง 50 ปฏิบัติการบนระบบคลาวด์ระดับโลก

🎯 0.2 แผนผังผลลัพธ์การเรียนรู้ประจำรายวิชา

```
graph TD
    CLO1["CLO 1: อธิบายหลักการแนวคิดเชิงคำนวณ ตรรกศาสตร์ อัลกอริทึม และ AI ได้อย่างถูกต้อง (Cognitive Domain - Bloom 2)"]
    CLO2["CLO 2: ออกแบบผังงานและเขียนโปรแกรมภาษา Python จัดการโครงสร้างข้อมูลเชิงลึกได้ (Psychomotor Domain - Bloom 3)"]
    CLO3["CLO 3: วิเคราะห์และวัดประสิทธิภาพขั้นตอนวิธีด้วยสัญกรณ์ Big-O และการทำนายข้อมูลด้วย ML ได้ (Analytical Domain - Bloom 4)"]
    CLO4["CLO 4: พัฒนาและบูรณาการโครงงานร่วมกับเซนเซอร์ IoT และระบบคอมพิวเตอร์วิทัศน์ 3 มิติได้ (Creation Domain - Bloom 6)"]
    CLO5["CLO 5: แสดงออกถึงจริยธรรม ความปลอดภัยสารสนเทศ และการปฏิบัติตามกฎหมาย PDPA (Affective Domain - Bloom 3)"]
```

🌐 0.3 สถาปัตยกรรม 50 ปฏิบัติการเสมือนจริง

หลักสูตรดิจิทัลนี้ถูกออกแบบด้วยเทคโนโลยี **WebAssembly (Pyodide), Three.js PBR Physical Shaders, MediaPipe AI, และ GitHub Pages CDN** ทำให้ผู้เรียนสามารถรันโค้ดและทดลองฟิสิกส์ 3D ได้ทันทีบนเว็บเบราว์เซอร์ทุกอุปกรณ์โดยไม่ต้องติดตั้งโปรแกรมใดๆ

```
graph TD
    User["ผู้เรียน (Web Browser / Mobile / iPad)"] ⟶ Moodle["RBRU MOOC Portal\n(elearning.rbru.ac.th)"]
    Moodle ⟶ CDN["GitHub Pages Global CDN\n(tsanaphy2023.github.io/computing-science/)"]
    CDN ⟶ Engine1["1. Pyodide In-Browser Python Sandbox (Execution O(1))"]
    CDN ⟶ Engine2["2. Three.js PBR Shaders & 3D Interactive Mechanics"]
    CDN ⟶ Engine3["3. MediaPipe 21 Hand Landmarks 3D Tracking"]
    CDN ⟶ Engine4["4. Web Audio API Acoustic Synthesizer & Oscilloscope"]
```

📊 0.4 แผนผัง 10 หมวดหมู่วิชาหลัก (Sections 1 ถึง 10 รวม 50 โมดูลบทเรียน)

หมวดที่	หัวข้อหลักสูตรดิจิทัลบน MOOC	จำนวนตอนย่อย	ชุดจำลองเสมือนจริงที่ฝังในระบบ
Section 1	ตรรกะและกระบวนการคิดเชิงคำนวณ	5 โมดูล	Logic Truth Table Simulator, River Crossing Game
Section 2	การออกแบบขั้นตอนวิธีและผังงานมาตรฐาน	5 โมดูล	Interactive Flowchart Engine, Trace Table Runner
Section 3	พื้นฐานการเขียนโปรแกรมและการจัดการข้อมูล	5 โมดูล	In-browser Python Sandbox, Kinetic Energy Calc
Section 4	โครงสร้างควบคุม เงื่อนไข และการทำซ้ำ	5 โมดูล	Greenhouse IoT Climate Controller Simulator
Section 5	โครงสร้างข้อมูลและอัลกอริทึมการค้นหา	5 โมดูล	Linear vs Binary Search Live Race (10M Items)
Section 6	อัลกอริทึมการจัดเรียงและการวิเคราะห์ Big-O	5 โมดูล	4-Algorithm Sorting Visualizer & Master Theorem
Section 7	การเขียนโปรแกรมเชิงโมดูลและฟังก์ชันเรียกซ้ำ	5 โมดูล	Tower of Hanoi 3D Sim, Vector Math Module
Section 8	วิทยาศาสตร์เชิงคำนวณและแบบจำลองฟิสิกส์	5 โมดูล	Projectile Motion Δt Sim, Spring Oscillator
Section 9	ปัญญาประดิษฐ์ คอมพิวเตอร์วิทัศน์ และ IoT	5 โมดูล	MediaPipe 3D Hand Tracking, Scikit-learn Classifier
Section 10	การพัฒนาโครงงานบูรณาการและการเผยแพร่	5 โมดูล	Gantt & Kanban CLI, 5-Chapter Thesis Template

---

🎓 0.5 เกณฑ์การประเมินผลและการรับใบประกาศนียบัตร

- **แบบทดสอบท้ายโมดูล (Formative Quizzes 50 ชุด):** ร้อยละ 40
- **ใบงานปฏิบัติการเสมือนจริง ** ร้อยละ 30
- **แบบทดสอบประมวลความรู้ปลายภาค ** ร้อยละ 30
- **เกณฑ์การสำเร็จการศึกษา** ได้คะแนนรวมไม่ต่ำกว่า **ร้อยละ 70** (≥ 70) จะได้รับใบประกาศนียบัตรดิจิทัล (Digital Certificate with Verification QR Code) จากมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

วิทยาการคำนวณ 4 สื่อการเรียนรู้ดิจิทัลและคู่มือปฏิบัติการเสมือนจริงบนระบบ MOOC

หมวดหมู่ที่ 1 ตรรกะและกระบวนการคิดเชิงคำนวณ

ผู้พัฒนาหลักสูตร ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชีวะ ทัศนา • สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

🎯 ผลลัพธ์การเรียนรู้ประจำหมวดที่ 1

1. เข้าใจและจำแนกการใช้เหตุผลเชิงตรรกะแบบนิรนัย (Deductive) และอุปนัย (Inductive) ผ่านระบบจำลองสถานการณ์เสมือนจริง
2. ประยุกต์ใช้ 4 เสาหลักของแนวคิดเชิงคำนวณ (Decomposition, Pattern Recognition, Abstraction, Algorithm Design) ในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์
3. ปฏิบัติการทดลองเสมือนจริง 2D Canvas และ 3D AR MediaPipe Hands พร้อมบันทึกตารางผลและสรุปผลตามกระบวนการสืบเสาะ

📚 รายละเอียด 5 โมดูลบทเรียนดิจิทัลและชุดปฏิบัติการเสมือนจริง 2D/3D

```
graph TD
    M1["หมวดหมู่ที่ 1: ตรรกะและกระบวนการคิดเชิงคำนวณ (5 โมดูลดิจิทัล)"]
    M1 ⟶ M10["1.0 River Crossing State Transition\n• ปริศนาข้ามแม่น้ำ & ตารางค้นหาปริภูมิสถานะ 7 สเต็ป"]
    M1 ⟶ M11["1.1 Decomposition Tree Builder\n• ผังต้นไม้ย่อยปัญหาระบบ EV & Fault Injection"]
    M1 ⟶ M12["1.2 Waveform & Pattern Explorer\n• ลำดับฟีโบนัชชีลู่เข้าสู่ φ = 1.618 & เสียงเรโซแนนซ์ 3D"]
    M1 ⟶ M13["1.3 Point-Mass Abstraction Sandbox\n• แบบจำลองมวลจุด ลดภาระคำนวณ 840 เท่า"]
    M1 ⟶ M14["1.4 Robot Grid Navigator 5×5\n• เปรียบเทียบ 4 อัลกอริทึมพาหุ่นยนต์หลบหินสู่เป้าหมาย"]
```

🔹 โมดูล 1.0 เรื่องเล่าเปิดบทเรียนและทำไมการคิดอย่างเป็นระบบจึงเปลี่ยนโลก

- **เนื้อหาสื่อการสอน** ปริศนาข้ามแม่น้ำ (Wolf, Sheep, Cabbage Puzzle) กับทฤษฎีการเปลี่ยนสถานะในปริภูมิสถานะ (State Space Transitions)
- **สมการเงื่อนไขตรรกะความปลอดภัย**

$$\text{Danger} = (W \wedge S_h \wedge \neg M) \vee (S_h \wedge C \wedge \neg M)$$

- **ชุดปฏิบัติการเสมือนจริง 2D/3D:**
  - **ชื่อแล็บ** `LAB 1.0` ปริศนาข้ามแม่น้ำเชิงตรรกะและการสำรวจปริภูมิสถานะ (AR River Crossing State Space Explorer)
  - **วัตถุประสงค์** ค้นหาเส้นทางปลอดภัยและพิสูจน์อัลกอริทึม 7 เที่ยวเรือ
  - **ขั้นตอนการทดลอง** เปิดระบบกล้อง MediaPipe ⟶ ใช้ท่าทาง Pinch 👌 หยิบตัวละครลงเรือ ⟶ พายข้ามฝั่ง ⟶ ดึงแกะกลับในเที่ยวที่ 4 ⟶ บันทึกผล
  - **ตารางบันทึกผล** ตาราง 7 เที่ยวเรือ + การทดสอบกรณีผิดพลาด (หมาป่ากินแกะ / แกะกินผัก)
  - **สรุปผล** ค้นพบว่าต้องใช้กลยุทธ์ State Backtracking ในขั้นตอนที่ 4 จึงจะผ่านเงื่อนไขปลอดภัย 100%
  - **ลิงก์จำลองเสมือนจริง** `chapter01_river_crossing.html`

🔹 โมดูล 1.1 เสาหลักที่ 1 การแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา

- **เนื้อหาสื่อการสอน** การแตกปัญหาซับซ้อนออกเป็นระบบย่อยอิสระตามสถาปัตยกรรม High Cohesion, Low Coupling
- **กรณีศึกษา** การย่อยระบบรถยนต์ไฟฟ้า EV (BMS, Powertrain, AI Perception, Chassis)
- **ชุดปฏิบัติการเสมือนจริง 2D/3D:**
  - **ชื่อแล็บ** `LAB 1.1` ผังต้นไม้ย่อยปัญหาและสถาปัตยกรรมเชิงโมดูล (Decomposition Tree Builder)
  - **วัตถุประสงค์** ฝึกทักษะการแยกโมดูลย่อยและทดสอบความทนทานต่อข้อผิดพลาด (Fault Tolerance)
  - **ขั้นตอนการทดลอง** กางมือ ✋ สั่ง Exploded View ⟶ ลากเส้นเชื่อม Tree Nodes ⟶ ฉีดข้อผิดพลาด (Fault Injection) ⟶ สังเกตระบบ
  - **ตารางบันทึกผล** ตารางจำแนก 4 โมดูลและผลกระทบเมื่อเกิดความผิดพลาด
  - **สรุปผล** สถาปัตยกรรม Low Coupling ช่วยให้เมื่อกล้อง AI ขัดข้อง ระบบขับเคลื่อนและเบรกยังคงปลอดภัย
  - **ลิงก์จำลองเสมือนจริง** `chapter01_decomposition_tree.html`

🔹 โมดูล 1.2 เสาหลักที่ 2 การหารูปแบบและความเหมือน

- **เนื้อหาสื่อการสอน** การค้นหาความถี่ซ้ำ ความสัมพันธ์เชิงฟังก์ชัน และแนวโน้มของข้อมูล
- **สูตรคณิตศาสตร์แห่งรูปแบบ**

$$\lim_{n\to\infty} \frac{F_{n+1}}{F_n} = \phi = \frac{1+\sqrt{5}}{2} \approx 1.6180339887...$$

- **ชุดปฏิบัติการเสมือนจริง 2D/3D:**
  - **ชื่อแล็บ** `LAB 1.2` การค้นหารูปแบบลำดับและคลื่นคณิตศาสตร์ (Pattern Recognition & Harmonics)
  - **วัตถุประสงค์** ศึกษาการลู่เข้าของอัตราส่วนฟีโบนัชชีสู่ ϕ และความถี่เรโซแนนซ์
  - **ขั้นตอนการทดลอง** ปรับความถี่คลื่นด้วยมือ AR $\rightarrow$ ป้อนค่า $n = 1..10$ $\rightarrow$ หมุน 3D Torus $\rightarrow$ ฟังเสียง Synth Resonance
  - **ตารางบันทึกผล** ตารางคำนวณ F_n, $\frac{F_{n+1}}{F_n}$, % Error, และการเกิดคอร์ดประสาน
  - **สรุปผล** เมื่อ $n \geq 8$ ค่าอัตราส่วนคลาดเคลื่อนต่ำกว่า 0.06 ส่งผลให้โครงสร้าง 3D Torus สมมาตรสมบูรณ์ ($R^2 = 0.999$)
  - **ลิงก์จำลองเสมือนจริง** `chapter01_pattern_recognition.html`

🔹 โมดูล 1.3 เสาหลักที่ 3 การคิดเชิงนามธรรม

- **เนื้อหาสื่อการสอน** การคัดกรองเฉพาะสาระสำคัญและละทิ้งสิ่งไม่จำเป็นออกเพื่อสร้างแบบจำลอง (Modeling)
- **กรณีศึกษา** แผนที่รถไฟฟ้าลอนดอน (Topology) และแบบจำลองมวลจุด (Point Mass Model $\vec{F} = m\vec{a}$)
- **ชุดปฏิบัติการเสมือนจริง 2D/3D:**
  - **ชื่อแล็บ** `LAB 1.3` แบบจำลองมวลจุดเชิงนามธรรมและการลดทอนความซับซ้อน (Point-Mass Dynamics)
  - **วัตถุประสงค์** เปรียบเทียบประสิทธิภาพ Frame Time และ RAM ในแต่ละระดับนามธรรม Level 0 ถึง 3
  - **ขั้นตอนการทดลอง** ทดสอบรถยนต์จริง Level 0 $\rightarrow$ ปรับสไลเดอร์สู่ Level 1-3 $\rightarrow$ ปล่อยแรงขับเคลื่อน $\rightarrow$ วัดเวลาประมวลผล
  - **ตารางบันทึกผล** ตารางเปรียบเทียบ Polygons, Frame Time (ms), RAM (MB), และความคลาดเคลื่อนทางฟิสิกส์
  - **สรุปผล** แบบจำลองมวลจุด Level 3 ประมวลผลเร็วขึ้น 840 เท่า และประหยัดแรม 99.5% โดยคงความแม่นยำทางฟิสิกส์ 100%
  - **ลิงก์จำลองเสมือนจริง** `chapter01_abstraction_sandbox.html`

🔹 โมดูล 1.4 เสาหลักที่ 4 การออกแบบขั้นตอนวิธีและ Unplugged Coding

- **เนื้อหาสื่อการสอน** การเขียนชุดคำสั่งทีละขั้นที่ไม่กำกวมและมีจุดสิ้นสุดที่แน่นอน (Deterministic Algorithms)
- **ชุดปฏิบัติการเสมือนจริง 2D/3D:**
  - **ชื่อแล็บ** `LAB 1.4` การนำทางหุ่นยนต์บนตารางกริดและการออกแบบขั้นตอนวิธี (Robot Grid Navigation 5x5)
  - **วัตถุประสงค์** ออกแบบขั้นตอนวิธีที่สั้นและปลอดภัยที่สุด พาหุ่นยนต์จาก $(1,1)$ ไปยัง $(5,5)$
  - **ขั้นตอนการทดลอง** สำรวจตำแหน่งเริ่มต้นและสิ่งกีดขวาง $\rightarrow$ ทดสอบ 4 กลยุทธ์การเดิน $\rightarrow$ บันทึกจำนวนก้าวและเวลา
  - **ตารางบันทึกผล** ตารางเปรียบเทียบ 4 กลยุทธ์ (เดินตรง, เลี้ยบขอบ, ซิกแซก, ลัดเลาะเหมาะสมที่สุด)
  - **สรุปผล** กลยุทธ์ Optimal Path ใช้ 8 ก้าว เลี้ยว 3 ครั้ง ประหยัดเวลาสูงสุดเพียง 4.0 s
  - **ลิงก์จำลองเสมือนจริง** `chapter01_robot_grid_navigator.html`

วิทยาการคำนวณ 4 สื่อการเรียนรู้ดิจิทัลและคู่มือปฏิบัติการเสมือนจริงบนระบบ MOOC

หมวดหมู่ที่ 2 การออกแบบขั้นตอนวิธีและผังงานมาตรฐาน

รายวิชา 4122104 วิทยาการคำนวณสำหรับการสอนวิทยาศาสตร์

ผู้พัฒนาหลักสูตร ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชีวะ ทัศนา • สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

🎯 ผลลัพธ์การเรียนรู้ประจำหมวดที่ 2

1. **CLO 1:** เขียนรหัสลำลอง ตามมาตรฐานสากลที่มีโครงสร้างชัดเจนและปราศจากความกำกวม
2. **CLO 2:** ออกแบบและวาดผังงาน ตามมาตรฐาน ISO 5807 ด้วยโครงสร้างควบคุม 3 รูปแบบ (ลำดับ ทางเลือก วนซ้ำ)
3. **CLO 3:** ดำเนินการตรวจสอบและกำจัดข้อผิดพลาดของขั้นตอนวิธีด้วยตารางไล่ค่าตัวแปร (Trace Table) ผ่านชุดห้องปฏิบัติการเสมือนจริง 2D/3D AR MediaPipe Hands

---

📚 รายละเอียด 5 โมดูลบทเรียนดิจิทัลและห้องปฏิบัติการเสมือนจริง

```
graph TD
    MOOC2["MOOC หมวดที่ 2: ผังงานและขั้นตอนวิธีมาตรฐาน"]
    MOOC2 ⟶ M20["โมดูล 2.0: Mars Trajectory Unit Converter (Lab 2.0)"]
    MOOC2 ⟶ M21["โมดูล 2.1: Pseudocode AST Linter (Lab 2.1)"]
    MOOC2 ⟶ M22["โมดูล 2.2: ISO 5807 Flowchart Builder (Lab 2.2)"]
    MOOC2 ⟶ M23["โมดูล 2.3: Multi-Branch Decision Gates (Lab 2.3)"]
    MOOC2 ⟶ M24["โมดูล 2.4: Animated Trace Table Runner (Lab 2.4)"]
```

🔷 โมดูล 2.0 ปฐมบทขั้นตอนวิธี บทเรียนยานอวกาศ Mars กับมาตรฐานการสื่อสาร

- **เนื้อหาสื่อการสอน** วิเคราะห์กรณีศึกษาความผิดพลาดมูลค่า 327 ล้านดอลลาร์ของยาน Mars Climate Orbiter จากการไม่แปลงหน่วยแรงขับดัน ($lbf \cdot s$ vs $N \cdot s$)
- **ชุดปฏิบัติการเสมือนจริงประจำโมดูล**
  - **ชื่อแล็บ** `LAB 2.0 แบบจำลองการแปลงหน่วยวิถียานอวกาศดาวอังคาร`
  - **โหมดจำลอง** 2D Planetary Canvas ↔ 3D AR MediaPipe Hands Spatial Orbiter
  - **ฟังก์ชันในตัว** ตารางบันทึกค่าแรงขับดัน, ระดับความสูงวงโคจร (h), สังเคราะห์เสียงไซเรนเตือนภัย / เสียง Chime สำเร็จ
  - **ลิงก์จำลองเสมือนจริง** `chapter02_visual_flowchart_intro.html`

🔷 โมดูล 2.1 การเขียนรหัสลำลองตามหลักสากลและการสร้างต้นไม้ไวยากรณ์

- **เนื้อหาสื่อการสอน** กฎไวยากรณ์สากล 5 ประการ, คำสงวนมาตรฐาน (`INPUT`, `OUTPUT`, `IF-THEN-ELSE-ENDIF`, `WHILE-ENDWHILE`), และการเยื้องวรรค (Indentation)
- **ชุดปฏิบัติการเสมือนจริงประจำโมดูล**
  - **ชื่อแล็บ** `LAB 2.1 ตัววิเคราะห์รหัสลำลองและต้นไม้ไวยากรณ์ 3D (Pseudocode AST Linter)`
  - **โหมดจำลอง** 2D Syntax Highlighter ↔ 3D Glowing Abstract Syntax Tree
  - **ฟังก์ชันในตัว** ตรวจจับข้อผิดพลาด Missing Block Closure, แจ้งเตือนคำศัพท์เฉพาะทาง, และเรนเดอร์กิ่งไม้ 3 มิติ
  - **ลิงก์จำลองเสมือนจริง** `chapter02_pseudocode_linter.html`

🔹 โมดูล 2.2 สัญลักษณ์ผังงานมาตรฐาน ISO 5807 และโครงสร้างลำดับ

- **เนื้อหาสื่อการสอน** สัญลักษณ์ 5 รูปทรงเรขาคณิต (Terminator, Process, I/O, Decision, Connector) และการลากเส้น Flowline
- **ชุดปฏิบัติการเสมือนจริงประจำโมดูล**
  - **ชื่อแล็บ** `LAB 2.2 สตูดิโอประกอบผังงานมาตรฐานและทดสอบเลเซอร์ (Flowchart Builder Studio)`
  - **โหมดจำลอง** 2D Drag-and-Drop Canvas $\leftrightarrow$ 3D AR Spatial Flowchart Grid
  - **ฟังก์ชันในตัว** ลากเส้นเชื่อมโยงบล็อก, ปล่อยลำแสงเลเซอร์แสดงการไหลของข้อมูล, และทดสอบคะแนนสอบ ($Score \geq 50$)
  - **ลิงก์จำลองเสมือนจริง** `chapter02_flowchart_builder.html`

🔹 โมดูล 2.3 โครงสร้างทางเลือกและการตัดสินใจหลายเงื่อนไข

- **เนื้อหาสื่อการสอน** โครงสร้าง Nested IF, ตรรกะบูลีนผสม (`AND`, `OR`, `NOT`), และการควบคุมระบบอัตโนมัติในโรงเรือนอัจฉริยะ (Smart Greenhouse)
- **ชุดปฏิบัติการเสมือนจริงประจำโมดูล**
  - **ชื่อแล็บ** `LAB 2.3 ประตูตรรกะและการตัดสินใจหลายเงื่อนไข Smart Farm`
  - **โหมดจำลอง** 2D Sensor Logic Schematic $\leftrightarrow$ 3D Holographic Greenhouse
  - **ฟังก์ชันในตัว** ปรับค่าอุณหภูมิ, ความชื้น, ระดับน้ำ, ทดสอบระบบพ่นหมอกอัตโนมัติ พร้อม Safety Lock
  - **ลิงก์จำลองเสมือนจริง** `chapter02_decision_branching.html`

🔹 โมดูล 2.4 โครงสร้างวนซ้ำและการไล่ค่าตัวแปรด้วยตารางดรายรัน

- **เนื้อหาสื่อการสอน** กลไกการทำงานของลูป (`WHILE`, `FOR`), การคำนวณผลรวมอนุกรม $\sum_{i=1}^{n} i$, และการสร้างตาราง Trace Table
- **ชุดปฏิบัติการเสมือนจริงประจำโมดูล**
  - **ชื่อแล็บ** `LAB 2.4 ตารางไล่ค่าตัวแปรอนิเมชัน (Animated Trace Table Runner)`
  - **โหมดจำลอง** 2D Interactive Trace Grid $\leftrightarrow$ 3D Variable Memory Cubes
  - **ฟังก์ชันในตัว** ก้าวข้ามคำสั่งทีละบรรทัด (`STEP FORWARD`), อัปเดตค่า i และ Sum แบบสด, บันทึกตารางและพิมพ์ใบงาน
  - **ลิงก์จำลองเสมือนจริง** `chapter02_trace_table_runner.html`

📋 ตารางสรุป 5 ปฏิบัติการเสมือนจริงประจำหมวดที่ 2 บนระบบ MOOC

รหัสแล็บ	ชื่อการทดลอง	รูปแบบ	สาระสำคัญ	ลิงก์ตรงบน CDN
LAB 2.0	แบบจำลองการแปลงหน่วยยาน Mars	2D/3D AR	ป้องกันบั๊กการคำนวณแรงขับดัน	เข้าสู่ห้องทดลอง 2.0
LAB 2.1	ตัววิเคราะห์รหัสลำลองและ AST	2D/3D AR	ตรวจสอบกฎไวยากรณ์และบล็อกปิด	เข้าสู่ห้องทดลอง 2.1
LAB 2.2	สตูดิโอสร้างผังงานมาตรฐาน ISO	2D/3D AR	ประกอบบล็อกเรขาคณิตและรันเลเซอร์	เข้าสู่ห้องทดลอง 2.2
LAB 2.3	ประตูตรรกะหลายเงื่อนไข Smart Farm	2D/3D AR	ระบบควบคุมโรงเรือนเกษตรอัจฉริยะ	เข้าสู่ห้องทดลอง 2.3
LAB 2.4	ตารางไล่ค่าตัวแปรอนิเมชัน	2D/3D AR	ตรวจสอบลูปและหาผลรวมอนุกรม	เข้าสู่ห้องทดลอง 2.4

วิทยาการคำนวณ 4 สื่อการเรียนรู้ดิจิทัลและคู่มือปฏิบัติการเสมือนจริงบนระบบ MOOC

หมวดหมู่ที่ 3 พื้นฐานการเขียนโปรแกรมและการจัดการข้อมูล

ผู้พัฒนาหลักสูตร ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชีวะ ทัศนา • สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

🎯 ผลลัพธ์การเรียนรู้ประจำหมวดที่ 3

1. เข้าใจสถาปัตยกรรมตัวแปรในหน่วยความจำ RAM และกฎการตั้งชื่อมาตรฐานสากล
2. แปลงชนิดข้อมูล `int`, `float`, `str`, `bool` และจัดการนิพจน์คณิตศาสตร์ตามลำดับ PEMDAS
3. พัฒนาโปรแกรมรับข้อมูลและแสดงผลลัพธ์ผ่านเว็บเบราว์เซอร์ด้วย Pyodide WebAssembly Sandbox

---

📚 รายละเอียด 5 โมดูลบทเรียนดิจิทัล

🔷 โมดูล 3.0 เรื่องเล่าเปิดบทเรียนและก้าวแรกสู่โลกแห่งภาษา Python

- **เนื้อหาสื่อการสอน** วิวัฒนาการของภาษา Python ในงานฟิสิกส์ วิทยาศาสตร์ข้อมูล และ AI
- **ชุดจำลองเสมือนจริงในระบบ**
  - Embedded Pyodide Python 3.11 In-Browser Terminal

🔷 โมดูล 3.1 ตัวแปร กฎการตั้งชื่อ และตัวระบุสากล

- **เนื้อหาสื่อการสอน** กลไก Dynamic Typing, Memory Allocation, PEP 8 Naming Guidelines
- **ชุดจำลองเสมือนจริงในระบบ**
  - Interactive RAM Memory Address Inspector

🔷 โมดูล 3.2 ชนิดข้อมูลพื้นฐานและการแปลงชนิด

- **เนื้อหาสื่อการสอน** `int`, `float`, `str`, `bool` และฟังก์ชัน `type()`, `int()`, `float()`, `str()`
- **ชุดจำลองเสมือนจริงในระบบ**
  - Live Type Casting & Overflow Boundary Sandbox

🔷 โมดูล 3.3 ตัวดำเนินการทางคณิตศาสตร์ ลำดับ PEMDAS และนิพจน์สัมพันธ์

- **เนื้อหาสื่อการสอน** `+`, `-`, `*`, `/`, `//`, `%`, `**` และลำดับความสำคัญของวงเล็บ
- **ชุดจำลองเสมือนจริงในระบบ**
  - PEMDAS Expression Evaluator with Step-by-Step Tree Reduction

---

🔷 โมดูล 3.4 การรับข้อมูลเข้าและการจัดรูปแบบการแสดงผล

- **เนื้อหาสื่อการสอน** ฟังก์ชัน `input()`, `print()`, และ f-strings formatting (`{val:,.2f}`)
- **โจทย์ปฏิบัติการ** โปรแกรมคำนวณพลังงานจลน์ $E_k = \frac{1}{2}mv^2$
- **ชุดจำลองเสมือนจริงในระบบ**
  - Kinetic Energy EV Vehicle Interactive Calculator
- **แบบทดสอบท้ายหมวดที่ 3 (Formative Quiz 5 ข้อ):** ประเมินผลการคำนวณนิพจน์และการแปลงชนิดข้อมูล

วิทยาการคำนวณ 4 สื่อการเรียนรู้ดิจิทัลและคู่มือปฏิบัติการเสมือนจริงบนระบบ MOOC

หมวดหมู่ที่ 4 โครงสร้างควบคุม เงื่อนไข และการทำซ้ำ

ผู้พัฒนาหลักสูตร ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชีวะ ทัศนา • สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

🎯 ผลลัพธ์การเรียนรู้ประจำหมวดที่ 4

1. พัฒนาโค้ดโครงสร้างทางเลือก `if`, `if-else`, `if-elif-else` และเงื่อนไขซ้อนหลายชั้น
2. ประยุกต์ใช้ `for loop`, `while loop`, `range()`, `break`, `continue` ในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์
3. ทดลองสร้างระบบจำลองสภาพแวดล้อมโรงเรือนเกษตรอัจฉริยะแบบโต้ตอบบนหน้าเว็บ

📚 รายละเอียด 5 โมดูลบทเรียนดิจิทัล

🔹 โมดูล 4.0 เรื่องเล่าเปิดบทเรียนและการจำลองระบบตัดสินใจอัตโนมัติ

- **เนื้อหาสื่อการสอน** เบื้องหลังสมองกลยานยนต์ไร้คนขับและการประเมินความปลอดภัยฉุกเฉิน
- **ชุดจำลองเสมือนจริงในระบบ**
  - Autonomous Vehicle Emergency Braking Simulator

🔹 โมดูล 4.1 โครงสร้างทางเลือก if, if-else และการประเมินตรรกะ

- **เนื้อหาสื่อการสอน** ตัวดำเนินการเปรียบเทียบ `==`, `≠`, `>`, `<`, `≥`, `≤` และตัวดำเนินการตรรกะ `and`, `or`, `not`
- **ชุดจำลองเสมือนจริงในระบบ**
  - Interactive Logic Condition Gate Visualizer

🔹 โมดูล 4.2 โครงสร้างเงื่อนไขหลายชั้น if-elif-else และ Nested Conditions

- **เนื้อหาสื่อการสอน** การจัดลำดับเงื่อนไขที่มีประสิทธิภาพและการตัดเส้นทางด่วน (Guard Clauses)
- **กรณีศึกษา** ระบบประเมินและสั่งการโรงเรือนเกษตรอัจฉริยะ (Smart Greenhouse)
- **ชุดจำลองเสมือนจริงในระบบ**
  - Smart Greenhouse Climate Controller Dashboard (ปรับ Slider อุณหภูมิและความชื้นแบบ Real-time)

🔹 โมดูล 4.3 การวนซ้ำด้วย for loop และฟังก์ชัน range()

- **เนื้อหาสื่อการสอน** Definite Loops, `range(start, stop, step)`, การคำนวณผลรวมอนุกรมคณิตศาสตร์ $\sum_{i=1}^{n} i$
- **ชุดจำลองเสมือนจริงในระบบ**
  - Mathematical Series Accumulator & Visual Step Counter

🔹 โมดูล 4.4 การวนซ้ำด้วย while loop และคำสั่งควบคุม break / continue

- **เนื้อหาสื่อการสอน** Indefinite Loops, การป้องกัน Infinite Loop, กลไกของ `break` และ `continue`
- **ชุดจำลองเสมือนจริงในระบบ**
  - Interactive Number Guessing Game & Prime Number Scanner
- **แบบทดสอบท้ายหมวดที่ 4 (Formative Quiz 5 ข้อ):** ประเมินทักษะการวิเคราะห์ลูปและเงื่อนไข

วิทยาการคำนวณ 4 สื่อการเรียนรู้ดิจิทัลและคู่มือปฏิบัติการเสมือนจริงบนระบบ MOOC

หมวดหมู่ที่ 5 โครงสร้างข้อมูลและอัลกอริทึมการค้นหา

ผู้พัฒนาหลักสูตร ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชีวะ ทัศนา • สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

🎯 ผลลัพธ์การเรียนรู้ประจำหมวดที่ 5

1. ใช้งานโครงสร้างข้อมูล List, Tuple, Set, Dictionary ได้อย่างถูกต้องตรงตามลักษณะงาน
2. สร้างและประมวลผลแมทริกซ์ 2 มิติด้วย List Comprehension
3. เปรียบเทียบประสิทธิภาพ Linear Search $O(n)$ กับ Binary Search $O(\log n)$ ผ่านชุดทดลองเสมือนจริง 10,000,000 ข้อมูล

📚 รายละเอียด 5 โมดูลบทเรียนดิจิทัล

🔹 โมดูล 5.0 เรื่องเล่าเปิดบทเรียนและศิลปะการจัดเก็บข้อมูลให้ค้นหาง่าย

- **เนื้อหาสื่อการสอน** เบื้องหลังระบบค้นหาของเสิร์ชเอนจิน และการค้นหาอนุภาคฮิกส์โบซอนในข้อมูลเพตะไบต์ที่ CERN
- **ชุดจำลองเสมือนจริงในระบบ**
  - High-Energy Physics Data Query Simulator

🔹 โมดูล 5.1 รายการแบบไดนามิก List และ List Comprehension

- **เนื้อหาสื่อการสอน** กลไก Dynamic Array ใน RAM, Slicing `[::-1]`, 2D Matrices, List Comprehension
- **ชุดจำลองเสมือนจริงในระบบ**
  - 2D Matrix Visualizer & Interactive Transpose Tool

🔹 โมดูล 5.2 โครงสร้าง Tuple, Set และ Dictionary

- **เนื้อหาสื่อการสอน** Immutable Tuples, ทฤษฎีเซต ($\cup, \cap, -$), กลไก Hash Table $O(1)$
- **ชุดจำลองเสมือนจริงในระบบ**
  - Interactive Periodic Table Hash Lookup Database

🔹 โมดูล 5.3 อัลกอริทึมการค้นหาแบบเชิงเส้น

- **เนื้อหาสื่อการสอน** การสแกนข้อมูลทีละสมาชิก $O(n)$, กรณีดีที่สุด vs กรณีแย่ที่สุด
- **ชุดจำลองเสมือนจริงในระบบ**
  - Linear Search Animation & Step-by-Step Pointer Tracker

🔹 โมดูล 5.4 อัลกอริทึมการค้นหาแบบทวิภาค

- **เนื้อหาสื่อการสอน** เงื่อนไขการเรียงลำดับ, การแบ่งครึ่งช่วงทีละ 2 ($O(\log n)$), การคำนวณ `mid`
- **ชุดจำลองเสมือนจริงในระบบ**
  - Live Search Race: Linear vs Binary Search on 10M Items
- **แบบทดสอบท้ายหมวดที่ 5 (Formative Quiz 5 ข้อ):** ประเมินผลความเข้าใจโครงสร้างข้อมูลและการค้นหา

วิทยาการคำนวณ 4 สื่อการเรียนรู้ดิจิทัลและคู่มือปฏิบัติการเสมือนจริงบนระบบ MOOC

หมวดหมู่ที่ 6 อัลกอริทึมการจัดเรียงและการวิเคราะห์ Big-O

ผู้พัฒนาหลักสูตร ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชีวะ ทัศนา • สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

🎯 ผลลัพธ์การเรียนรู้ประจำหมวดที่ 6

1. วิเคราะห์ความซับซ้อนเชิงเวลา และเชิงพื้นที่ (Space Complexity) ด้วยสัญกรณ์ Big-O
2. เข้าใจและจำแนกความแตกต่างระหว่าง Bubble, Selection, Insertion Sort ($O(n^2)$) กับ Merge Sort ($O(n \log n)$)
3. สังเกตการทำงานของขั้นตอนวิธีจัดเรียงข้อมูลผ่านแอนิเมชันกราฟิกแบบเรียลไทม์

📚 รายละเอียด 5 โมดูลบทเรียนดิจิทัล

🔹 โมดูล 6.0 เรื่องเล่าเปิดบทเรียนและการประลองความเร็วของอัลกอริทึม

- **เนื้อหาสื่อการสอน** ศูนย์ข้อมูล Data Centers ทั่วโลกกับการใช้พลังงาน 25% ในการจัดเรียงข้อมูล
- **ชุดจำลองเสมือนจริงในระบบ**
  - Global Data Center Sorting Energy Impact Simulator

🔹 โมดูล 6.1 การวิเคราะห์สัญกรณ์โอใหญ่

- **เนื้อหาสื่อการสอน** $O(1), O(\log n), O(n), O(n \log n), O(n^2), O(2^n)$ และ 3 กฎการตัดพจน์
- **ชุดจำลองเสมือนจริงในระบบ**
  - Interactive Big-O Growth Curve Comparator ($N = 1$ ถึง $N = 1,000,000$)

🔹 โมดูล 6.2 บับเบิลซอร์ต และซีเลกชันซอร์ต

- **เนื้อหาสื่อการสอน** การเปรียบเทียบทีละคู่ (Adjacent Swapping) และการค้นหาค่าต่ำสุด (Find Minimum)
- **ชุดจำลองเสมือนจริงในระบบ**
  - 2D Bar Chart Sorting Visualizer (Bubble vs Selection Animation)

🔹 โมดูล 6.3 อินเซอร์ชันซอร์ต

- **เนื้อหาสื่อการสอน** การจัดเรียงแบบแทรกข้อมูลในส่วนหน้าที่เรียงแล้ว และความเสถียร (Stability)
- **ชุดจำลองเสมือนจริงในระบบ**
  - Card Hand Sorting Interactive Playground

🔹 โมดูล 6.4 เมิร์จซอร์ต และการแบ่งแยกเพื่อพิชิต

- **เนื้อหาสื่อการสอน** กลไก Divide & Conquer, การแบ่งครึ่งย่อย, และการ Merge ลิสต์ย่อยในเวลา $O(n \log n)$
- **ชุดจำลองเสมือนจริงในระบบ**
  - Interactive Divide & Conquer Tree Visualizer
- **แบบทดสอบท้ายหมวดที่ 6 (Formative Quiz 5 ข้อ):** ประเมินทักษะการคำนวณ Big-O และลำดับการสลับค่า

วิทยาการคำนวณ 4 สื่อการเรียนรู้ดิจิทัลและคู่มือปฏิบัติการเสมือนจริงบนระบบ MOOC

หมวดหมู่ที่ 7 การเขียนโปรแกรมเชิงโมดูลและฟังก์ชันเรียกซ้ำ

ผู้พัฒนาหลักสูตร ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชีวะ ทัศนา • สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

🎯 ผลลัพธ์การเรียนรู้ประจำหมวดที่ 7

1. ออกแบบฟังก์ชันตามหลักการ Pure Functions, กฎขอบเขตตัวแปร LEGB, และ `*args`, `**kwargs`
2. จัดการไฟล์ข้อมูล CSV / JSON ด้วย Context Manager ปลอดภัย 100%
3. ทำความเข้าใจฟังก์ชันเรียกซ้ำ และแก้ปัญหาหอคอยฮานอยผ่านแอนิเมชัน 3 มิติ

📚 รายละเอียด 5 โมดูลบทเรียนดิจิทัล

🔷 โมดูล 7.0 เรื่องเล่าเปิดบทเรียนและสถาปัตยกรรมโค้ดที่สะอาดและยั่งยืน

- **เนื้อหาสื่อการสอน** ปรัชญา UNIX "Do One Thing and Do It Well" และการป้องกัน Monolithic Spaghetti Code
- **ชุดจำลองเสมือนจริงในระบบ**
  - Interactive Code Refactoring & Complexity Visualizer

🔷 โมดูล 7.1 การออกแบบฟังก์ชัน พารามิเตอร์ และค่าคืนกลับ

- **เนื้อหาสื่อการสอน** Positional vs Keyword Args, Default Parameters, `*args`, `**kwargs`, Lambda Expressions
- **ชุดจำลองเสมือนจริงในระบบ**
  - Function Parameter Scope & LEGB Stack Frame Simulator

🔷 โมดูล 7.2 การสร้างโมดูลและการใช้งานไลบรารีมาตรฐาน

- **เนื้อหาสื่อการสอน** การสร้างโมดูล `.py` นำกลับมาใช้ซ้ำ, โมดูลมาตรฐาน `math`, `random`, `time`
- **ชุดจำลองเสมือนจริงในระบบ**
  - Physics Vector Math Module Test Runner

🔷 โมดูล 7.3 การอ่านเขียนไฟล์และการจัดการข้อมูล CSV / JSON

- **เนื้อหาสื่อการสอน** `with open( ... , encoding='utf-8')`, `csv.DictReader`, `json.dump()`, Data Aggregation
- **ชุดจำลองเสมือนจริงในระบบ**
  - Interactive CSV/JSON File Parser & Live Stats Generator

🔷 โมดูล 7.4 ฟังก์ชันเรียกซ้ำ และปริศนาหอคอยฮานอย

- **เนื้อหาสื่อการสอน** Base Case, Recursive Step, Call Stack Frame, ปริศนาหอคอยฮานอย ($2^n - 1$)
- **ชุดจำลองเสมือนจริงในระบบ**
  - 3D Animated Tower of Hanoi Recursive Solver
- **แบบทดสอบท้ายหมวดที่ 7 (Formative Quiz 5 ข้อ):** ประเมินทักษะการคำนวณ Call Stack และการจัดการไฟล์

วิทยาการคำนวณ 4 สื่อการเรียนรู้ดิจิทัลและคู่มือปฏิบัติการเสมือนจริงบนระบบ MOOC

หมวดหมู่ที่ 8 วิทยาศาสตร์เชิงคำนวณและแบบจำลองฟิสิกส์

ผู้พัฒนาหลักสูตร ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชีวะ ทัศนา • สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

🎯 ผลลัพธ์การเรียนรู้ประจำหมวดที่ 8

1. เข้าใจกระบวนทัศน์ของวิทยาศาสตร์เชิงคำนวณ (Computational Science) และระเบียบวิธีเชิงตัวเลข Δt
2. จำลองวิถีการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์และการสลายตัวของสารกัมมันตรังสีด้วย Python
3. ใช้งานแบบจำลอง 3D Three.js PBR Physical Shaders ในการทดลองฟิสิกส์เสมือนจริง

📚 รายละเอียด 5 โมดูลบทเรียนดิจิทัล

🔹 โมดูล 8.0 เรื่องเล่าเปิดบทเรียนและการค้นพบทางวิทยาศาสตร์ผ่านการจำลอง

- **เนื้อหาสื่อการสอน** 3 เสาหลักของการค้นพบทางวิทยาศาสตร์ (ทฤษฎี, การทดลองจริง, การจำลองเชิงคำนวณ)
- **ชุดจำลองเสมือนจริงในระบบ**
  - Interactive Multi-Scale Physics Universe Simulator

🔹 โมดูล 8.1 การคำนวณเชิงเวกเตอร์และเมทริกซ์ด้วย NumPy

- **เนื้อหาสื่อการสอน** อาเรย์แบบ N มิติ (ndarray), การกระจายการคำนวณ (Vectorized Operations), Dot Product
- **ชุดจำลองเสมือนจริงในระบบ**
  - NumPy Vector & Matrix Acceleration Sandbox

🔹 โมดูล 8.2 การแสดงผลข้อมูลเชิงวิชาการด้วย Matplotlib

- **เนื้อหาสื่อการสอน** การพล็อตเส้นทาง กราฟความสัมพันธ์ $s-t, v-t, a-t,$ การปรับแต่งแกนและคำอธิบายแผนภูมิ
- **ชุดจำลองเสมือนจริงในระบบ**
  - Interactive 2D Scientific Chart Plotter

🔹 โมดูล 8.3 แบบจำลองการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์

- **เนื้อหาสื่อการสอน** สมการการเคลื่อนที่ 2 มิติ, การคำนวณระยะตกไกลสุด (R), ความสูงสูงสุด (H), แรงต้านอากาศ
- **ชุดจำลองเสมือนจริงในระบบ**
  - 3D Physics Projectile Cannon Simulator (ปรับมุมยิงและความเร็วต้นแบบ Interactive)

🔹 โมดูล 8.4 แบบจำลองการสั่นฮาร์มอนิกอย่างง่ายและคลื่น

- **เนื้อหาสื่อการสอน** การสั่นของมวลติดสปริง ($m\ddot{x} + kx = 0$) ด้วยระเบียบวิธี Euler-Cromer (Δt)
- **ชุดจำลองเสมือนจริงในระบบ**
  - Three.js 3D Spring-Mass Harmonic Oscillator & Live Waveform Oscilloscope
- **แบบทดสอบท้ายหมวดที่ 8 (Formative Quiz 5 ข้อ):** ประเมินทักษะการสร้างแบบจำลองและการคำนวณทางฟิสิกส์

วิทยาการคำนวณ 4 สื่อการเรียนรู้ดิจิทัลและคู่มือปฏิบัติการเสมือนจริงบนระบบ MOOC

หมวดหมู่ที่ 9 ปัญญาประดิษฐ์ คอมพิวเตอร์วิทัศน์ และ IoT

ผู้พัฒนาหลักสูตร ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชีวะ ทัศนา • สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

🎯 ผลลัพธ์การเรียนรู้ประจำหมวดที่ 9

1. สร้างและประเมินประสิทธิภาพโมเดล Machine Learning ด้วย Scikit-learn
2. พัฒนาระบบประมวลผลภาพและตรวจจับสีของวัตถุด้วย OpenCV
3. เชื่อมต่อระบบตรวจจับท่าทางมือ 3 มิติ Google MediaPipe Hands และระบบส่งข้อมูลเซนเซอร์ IoT เข้าสู่คลาวด์

📚 รายละเอียด 5 โมดูลบทเรียนดิจิทัล

🔹 โมดูล 9.0 เรื่องเล่าเปิดบทเรียนและยุคสมัยแห่งปัญญาประดิษฐ์และเซนเซอร์รอบตัว

- **เนื้อหาสื่อการสอน** ปฏิวัติอุตสาหกรรม 4.0, ระบบอัตโนมัติ และการผสาน AI เข้ากับงานวิทยาศาสตร์กายภาพ
- **ชุดจำลองเสมือนจริงในระบบ**
  - Industry 4.0 Smart Factory & Agro-Physics Interactive Map

---

🔹 โมดูล 9.1 แมชชีนเลิร์นนิงเชิงประยุกต์ด้วย Scikit-learn

- **เนื้อหาสื่อการสอน** ML Pipeline, การแบ่ง Train/Test Split, การเทรนโมเดล Random Forest / KNN, Confusion Matrix
- **ชุดจำลองเสมือนจริงในระบบ**
  - In-Browser Machine Learning Classifier Sandbox (Iris & Sensor Data)

🔹 โมดูล 9.2 การประมวลผลภาพดิจิทัลและตรวจจับสีด้วย OpenCV

- **เนื้อหาสื่อการสอน** ปริภูมิสี HSV, Color Segmentation, Image Filtering, Canny Edge Detection
- **ชุดจำลองเสมือนจริงในระบบ**
  - Real-Time WebCam Color Detection & Object Tracker

🔹 โมดูล 9.3 คอมพิวเตอร์วิทัศน์และการตรวจจับท่าทางมือ 3 มิติ MediaPipe

- **เนื้อหาสื่อการสอน** โครงกระดูกมือ 21 จุด 3D, การคำนวณระยะห่างการจีบนิ้ว Pinch Formula, การนับจำนวนนิ้ว
- **ชุดจำลองเสมือนจริงในระบบ**
  - 3D Cyber Skeleton Hand Tracking AR Simulator (MediaPipe WebAssembly)

🔹 โมดูล 9.4 อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง และระบบฟาร์มเกษตรอัจฉริยะ

- **เนื้อหาสื่อการสอน** สถาปัตยกรรม ESP32, ADC 12-bit, MQTT Publish/Subscribe Broker, JSON Telemetry
- **ชุดจำลองเสมือนจริงในระบบ**
  - Cloud IoT Telemetry Dashboard & Smart Sprinkler Actuator
- **แบบทดสอบท้ายหมวดที่ 9 (Formative Quiz 5 ข้อ):** ประเมินผลความเข้าใจด้าน AI, Computer Vision และ IoT

วิทยาการคำนวณ 4 สื่อการเรียนรู้ดิจิทัลและคู่มือปฏิบัติการเสมือนจริงบนระบบ MOOC

หมวดหมู่ที่ 10 การพัฒนาโครงงานบูรณาการและการเผยแพร่

ผู้พัฒนาหลักสูตร ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชีวะ ทัศนา • สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

🎯 ผลลัพธ์การเรียนรู้ประจำหมวดที่ 10

1. วางแผนและดำเนินงานโครงงานนวัตกรรมคอมพิวเตอร์ตามกระบวนการ SDLC และ Design Thinking
2. ดำเนินการทดสอบระบบ (QA), ประเมินความมั่นคงปลอดภัย, และเขียนรายงาน 5 บทตามมาตรฐาน RBRU
3. ผ่านการประเมินแบบทดสอบประมวลความรู้ปลายภาค (Comprehensive MOOC Post-test) เพื่อขอรับใบประกาศนียบัตรดิจิทัล

📚 รายละเอียด 5 โมดูลบทเรียนดิจิทัล

🔹 โมดูล 10.0 เรื่องเล่าเปิดบทเรียนและจากไอเดียสู่โครงงานนวัตกรรมจริง

- **เนื้อหาสื่อการสอน** ถอดบทเรียนโครงงานวิทยาการคำนวณและ AI ที่ได้รับรางวัลระดับชาติและระดับนานาชาติ
- **ชุดจำลองเสมือนจริงในระบบ**
  - National Capstone Innovation Showcase Gallery

🔹 โมดูล 10.1 วงจรการพัฒนาโครงงาน SDLC และกระบวนการคิดเชิงออกแบบ

- **เนื้อหาสื่อการสอน** 5 ขั้นตอน Design Thinking, การวางแผน WBS, Gantt Chart, การทำงานเป็นทีมด้วย Git & GitHub
- **ชุดจำลองเสมือนจริงในระบบ**
  - Interactive Project Roadmap & WBS Generator

🔹 โมดูล 10.2 การทดสอบระบบ การดีบัก และความปลอดภัยสารสนเทศ

- **เนื้อหาสื่อการสอน** Automated Unit Testing ด้วย `unittest`, การวิเคราะห์ค่าขอบเขต BVA, กฎหมาย PDPA และจริยธรรม AI
- **ชุดจำลองเสมือนจริงในระบบ**
  - Automated Code Quality & Vulnerability Scanner

🔹 โมดูล 10.3 การเขียนรายงานโครงงาน 5 บทตามมาตรฐานวิชาการ

- **เนื้อหาสื่อการสอน** โครงสร้างรายงาน 5 บท (บทนำ, วรรณกรรม, ระเบียบวิธี, ผลและการอภิปราย, สรุปผล), การอ้างอิง APA 7th
- **ชุดจำลองเสมือนจริงในระบบ**
  - Interactive Thesis Template & APA Reference Formatter

🔹 โมดูล 10.4 การจัดทำโปสเตอร์ 16 9 การนำเสนอแบบมืออาชีพ และแบบทดสอบประมวลความรู้ MOOC

- **เนื้อหาสื่อการสอน** ศิลปะการจัดวางโปสเตอร์ 16:9, เทคนิคการ Pitching 3 นาที, และแนวข้อสอบประมวลผลสัมฤทธิ์ปลายภาค
- **ชุดจำลองเสมือนจริงในระบบ**

    - 16:9 High-Contrast Poster Layout Previewer
- **แบบทดสอบประมวลความรู้ปลายภาค (Comprehensive MOOC Post-test 30 ข้อ):**
    - ครอบคลุมเนื้อหาทั้ง 10 หมวดหมู่ เกณฑ์ผ่าน ≥ 70 เพื่อรับใบประกาศนียบัตรดิจิทัล

บรรณานุกรม

Cormen, T. H., Leiserson, C. E., Rivest, R. L., & Stein, C. (2022). *Introduction to Algorithms* (4th ed.). MIT Press.

Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). *Deep Learning*. MIT Press.

Knuth, D. E. (1997). *The Art of Computer Programming, Vol. 1: Fundamental Algorithms* (3rd ed.). Addison-Wesley.

Lugaresi, C., et al. (2019). MediaPipe: A Framework for Building Perception Pipelines. *arXiv preprint arXiv:1906.08172*.

Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33-35.

ชีวะ ทัศนา. (2569). *วิทยาการคำนวณและการแก้ปัญหาเชิงคำนวณด้วยเทคโนโลยีโลกเสมือนจริง*. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี.