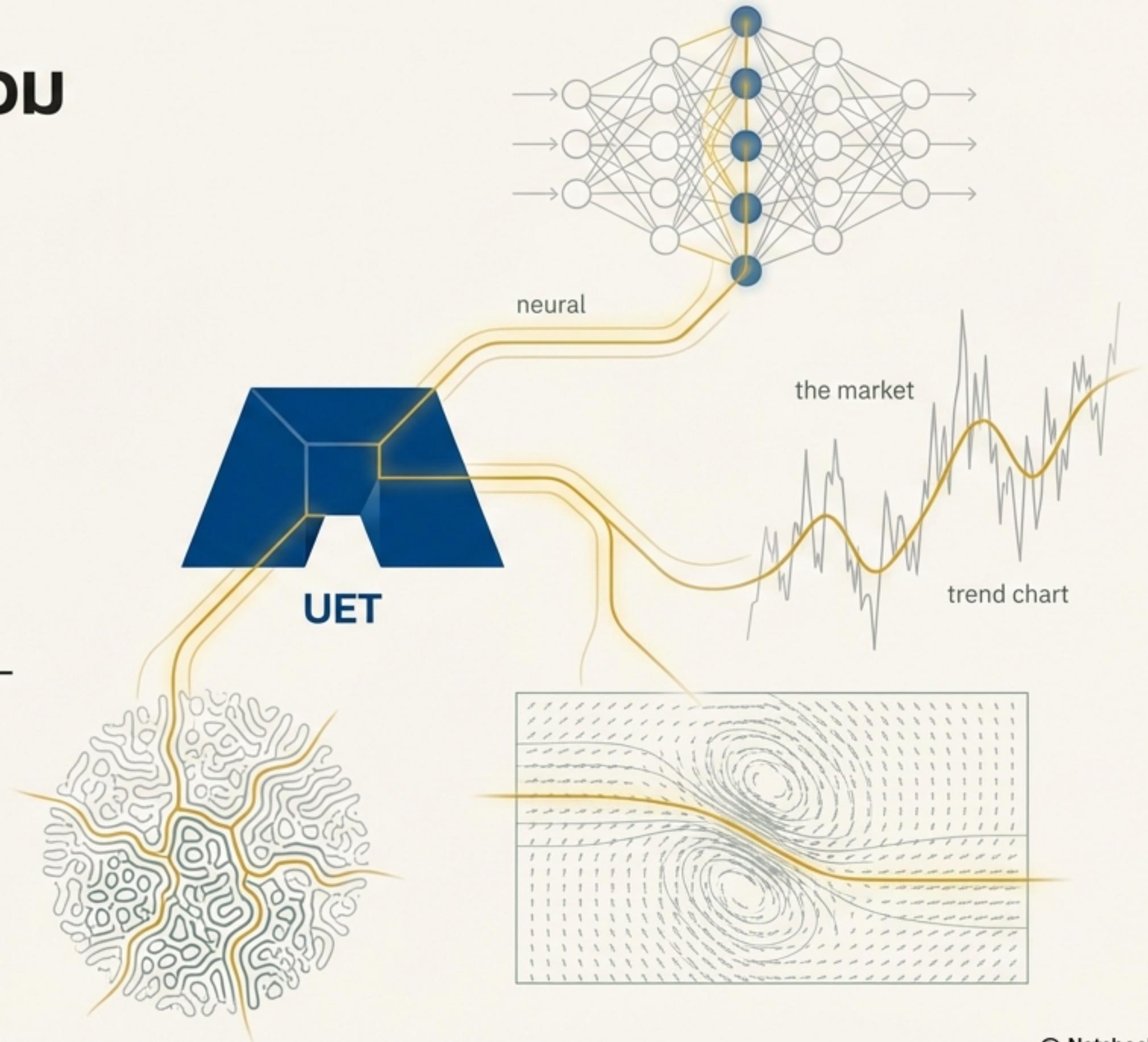


UET: ภาษาคอมพิวเตอร์ร่วม สำหรับระบบที่ซับซ้อน

จากองค์ความรู้ที่กระจัดกระจายสู่
กรอบการทำงานที่เป็นหนึ่งเดียว

UET (Unified Excitable Theory) คือเฟรมเวิร์ก
เชิงอภิมาน (meta-framework) สำหรับการสร้าง
แบบจำลองพลวัตของระบบคุ่คວบข้ามศาสตร์สาขา
ต่างๆ เป้าหมายของเราก็คือการทำให้ UET เป็น
'Python แห่งการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์' –
เรียบง่าย ยืดหยุ่น และทรงพลัง



ปัญหา: องค์ความรู้ที่กระฉัดกระจาย (Fragmented Knowledge)

ศาสตร์แต่ละแขนงต่างก็ใช้สมการที่แตกต่างกันเพื่อ môเดล化ปรากฏการณ์ที่มีโครงสร้างคล้ายคลึงกัน ทำให้การสื่อสารและการประยุกต์ใช้ความรู้ข้ามสาขาเป็นไปได้ยาก

ฟิสิกส์

การเปลี่ยนแปลง
สถานะของสาร

$$\partial_\mu F^{\mu\nu} = J^\nu$$

ชีววิทยา

การเกิดลวดลาย
(Pattern formation)

$$\frac{\partial u}{\partial t} = D_u \nabla^2 u + f(u, v)$$

เศรษฐศาสตร์

ความผันผวนของตลาด

$$\frac{\partial V}{\partial t} + \frac{1}{2} \sigma^2 S^2 \frac{\partial^2 V}{\partial S^2} + rS \frac{\partial V}{\partial S} = rV$$

ประสาทวิทยา

พลวัตของสมอง

$$\tau \frac{\partial A(x, t)}{\partial t} = -A(x, t) + S \left(\int w(x-x') A(x', t) dx' + I(x, t) \right)$$

จะเกิดอะไรขึ้นถ้าเรามี ‘ภาษา’ เดียวที่สามารถอธิบายโครงสร้างพื้นฐานเหล่านี้ได้ทั้งหมด?

ทางออก: UET คือภาษากลาง ไม่ใช่ทฤษฎีใหม่

UET ไม่ได้สร้างองค์ความรู้ทางพิสิกส์ใหม่ แต่คือการจัดระเบียบองค์ความรู้ที่มีอยู่ให้อยู่ในรูปแบบของภาษาคณิตศาสตร์ร่วมกันที่เข้าใจง่ายและนำไปใช้ได้กว้างขวาง

✗ UET ไม่ใช่...

- ทฤษฎีสรรพสิ่ง (Theory of Everything)
- ทฤษฎีพิสิกส์พื้นฐานใหม่
- สิ่งที่จะมาแทนที่ทฤษฎีสัมพัทธภาพ/ควบคุมตัว
- ทฤษฎีที่ได้รับการพิสูจน์ทางวิทยาศาสตร์

✓ UET คือ...

- เฟรมเวิร์กสำหรับการสร้างแบบจำลอง
- การจัดระเบียบคณิตศาสตร์ที่มีอยู่แล้ว
- เครื่องมือเชิงประยุกต์การณวิทยา
- ครอบคลุมการทำงานเพื่อการสำรวจและเรียนรู้

UET คือ方言 เชื่อมระหว่างทฤษฎีที่ยอมรับกันอยู่แล้วกับแอปพลิเคชันเชิงปฏิบัติ

องค์ประกอบหลัก 4 ประการของภาษา UET

1. สิ่งหนึ่ง (Entity)

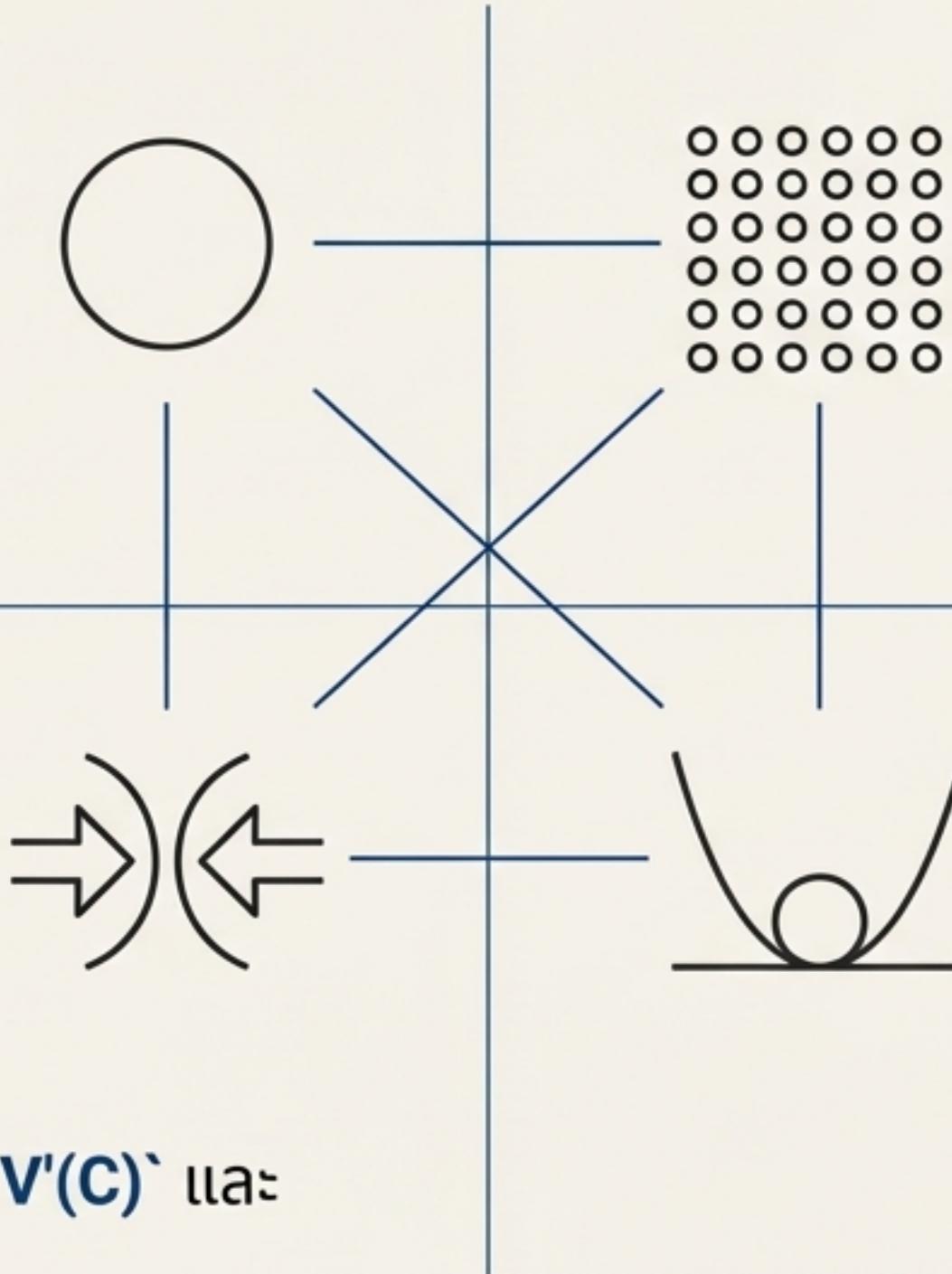
สถานะ ณ จุดใดจุดหนึ่งในระบบ
(เช่น อุณหภูมิ ณ จุดหนึ่ง,
ความคิดเห็นของคนหนึ่งคน)

ในโค้ด: `C[i,j]` หรือ `I[i,j]`
ณ แต่ละจุดของ grid

3. แรง (Force)

สิ่งที่ 'ผลัก' ให้ระบบเปลี่ยนสถานะ
(เช่น แรงผลักดันภายนอก, แรงดึง^{ดูด}ระหว่างกัน, ต้นทุนของการ
เปลี่ยนแปลง)

ในโค้ด: มาจากอนุพันธ์ของ Potential `V(C)` และ
Coupling term `β`



2. สนาม (Field)

กลุ่มของ 'สิ่งหนึ่ง'
กลุ่มของ 'สิ่งหนึ่ง' กึ่งหมดที่กระจายอยู่
ในพื้นที่ (เช่น แผนที่อุณหภูมิกึ่งห้อง,
ความคิดเห็นของคนทั้งเมือง)

ในโค้ด: Array 2 มิติ `C[N,N]`

4. สมดุล (Equilibrium)

สถานะที่ระบบ 'หยุด' เปลี่ยนแปลง
(เช่น ลูกบุลที่ก้นหลุม,
พลังงานที่ซัดเจน)

ในโค้ด: เกิดเมื่อ `dΩ/dt ≈ 0`

แกนกลางทางคณิตศาสตร์: พลังงานและการไหล

พลังงานฟังก์ชันนัล (Energy Functional)

$$\Omega[C, I] = \int \left[\underbrace{V_C(C) + V_I(I)}_{\text{พลังงานศักย์}} - \underbrace{\beta C I}_{\text{พลังงานคู่คบ}} + \underbrace{\frac{\kappa_C}{2} |\nabla C|^2 + \frac{\kappa_I}{2} |\nabla I|^2}_{\text{พลังงานความชัน}} \right] dx$$

ระบบจะพยายามจัดเรียงตัวเองเพื่อลดพลังงานรวม (Ω) ซึ่งประกอบด้วยพลังงานศักย์ภายใน (V), พลังงานคู่คบ (β), และพลังงานความชัน (κ)

พลวัตแบบการไหลตามความชัน (Gradient Flow Dynamics)

$$\frac{\partial C}{\partial t} = -M_C \frac{\delta \Omega}{\delta C}, \quad \frac{\partial I}{\partial t} = -M_I \frac{\delta \Omega}{\delta I}$$

การเปลี่ยนแปลงของระบบเมื่อเวลาผ่านไป จะเคลื่อนที่ในทิศทางที่ลดพลังงานรวม (Ω) ได้เร็วที่สุดเสมอ

ทฤษฎีบทสำคัญ (Lyapunov Property)

$$\frac{d\Omega}{dt} \leq 0$$

พลังงานรวมของระบบจะมีค่าลดลงหรือคงที่เสมอ ซึ่งรับประกันว่าระบบบุ่งเข้าสู่ภาวะสมดุล

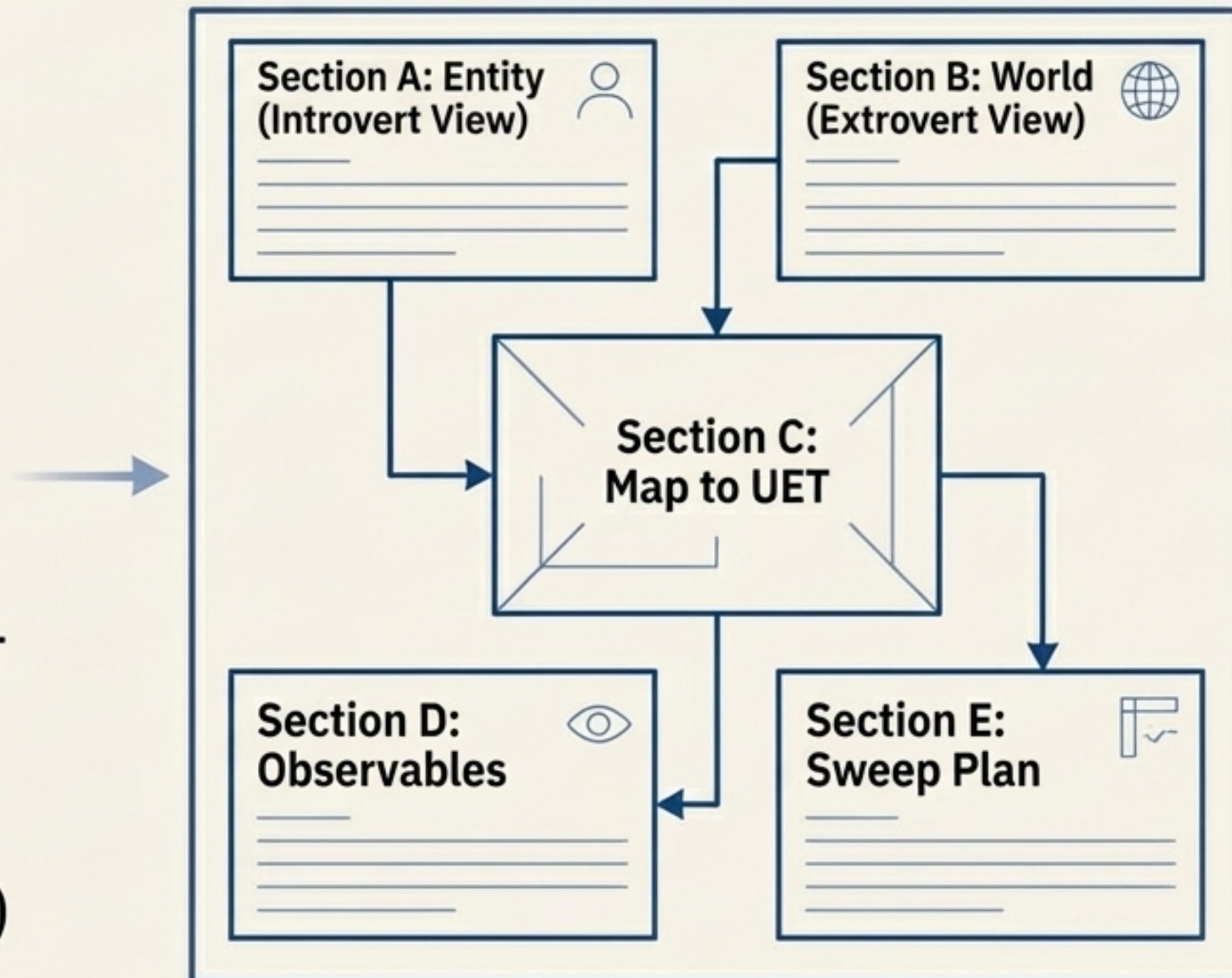
ผลตรัสรสสมการ: จากสัญลักษณ์สู่ความหมาย

สัญลักษณ์	ชื่อ	ความหมายในเชิงแนวคิด	ตัวอย่างการประยุกต์
C	Conscious Field	สถานะที่สังเกตได้/มองเห็น	ราคตลาด, กิจกรรมประจำ, ความคิดเห็นสาธารณะ
I	Instinctive Field	สถานะแฝง/ซ่อนเร้น	มูลค่าที่แท้จริง, สุภาวะยับยั้ง, ความเชื่อพื้นฐาน
K	Diffusion	อัตราการแพร่กระจาย/ตื้นทุนของ การเปลี่ยนแปลง	การแพร่กระจายของข้อมูล, ความตึงผิว, การเชื่อมต่อ
β	Coupling	ความแรงของปฏิสัมพันธ์ระหว่าง C และ I	ประสิทธิภาพตลาด, สมดุล E-I, อิทธิพลทางสังคม
S	External Drive	แรงขับ/อคติจากภายนอก	ข่าวสาร, สิ่งกระตุ้น, นโยบาย
V(φ)	Potential	ภูมิทัศน์พลังงานที่กำหนด สถานะที่เสถียร	ภาวะสองขั้ว (เลือก/ไม่เลือก), จุดเดิมดูด
Ω	Total Energy	พลังงานรวมของทั้งระบบ	ความไม่สมดุล, ความขัดแย้ง, ต้นทุนรวม

จากทฤษฎีสู่การปฏิบัติ: MI Card (Modeling Interface Card)

MI Card คือ 'แบบฟอร์ม' ที่บังคับให้เราคิดอย่างเป็นระบบ เพื่อแปลงโจทย์ปัญหาในโลกจริงให้กลายเป็นแบบจำลอง UET ที่พร้อมสำหรับการจำลอง

- 1. ถามให้ครบ:** ตอบคำถามทุกข้อเพื่อกำหนดขอบเขตของปัญหา
- 2. แปลงเป็นพารามิเตอร์:** คำตอบแต่ละข้อจะถูกแปลงเป็นพารามิเตอร์ของ UET (C, I, β, κ, s)
- 3. สร้างแผนการทดลอง:** กำหนดแกนตัวแปรที่จะทำการสำรวจ (Sweep Plan)



กรณีศึกษา: การใช้ MI Card กับโจทย์ "จิตสำนึก vs สัญชาตญาณ"

ตัวอย่างการกรอก MI Card (สรุป):

A1. สิ่งหนึ่งคืออะไร?: การตัดสินใจของมนุษย์

C6. C และ I แปลว่าอะไร?:

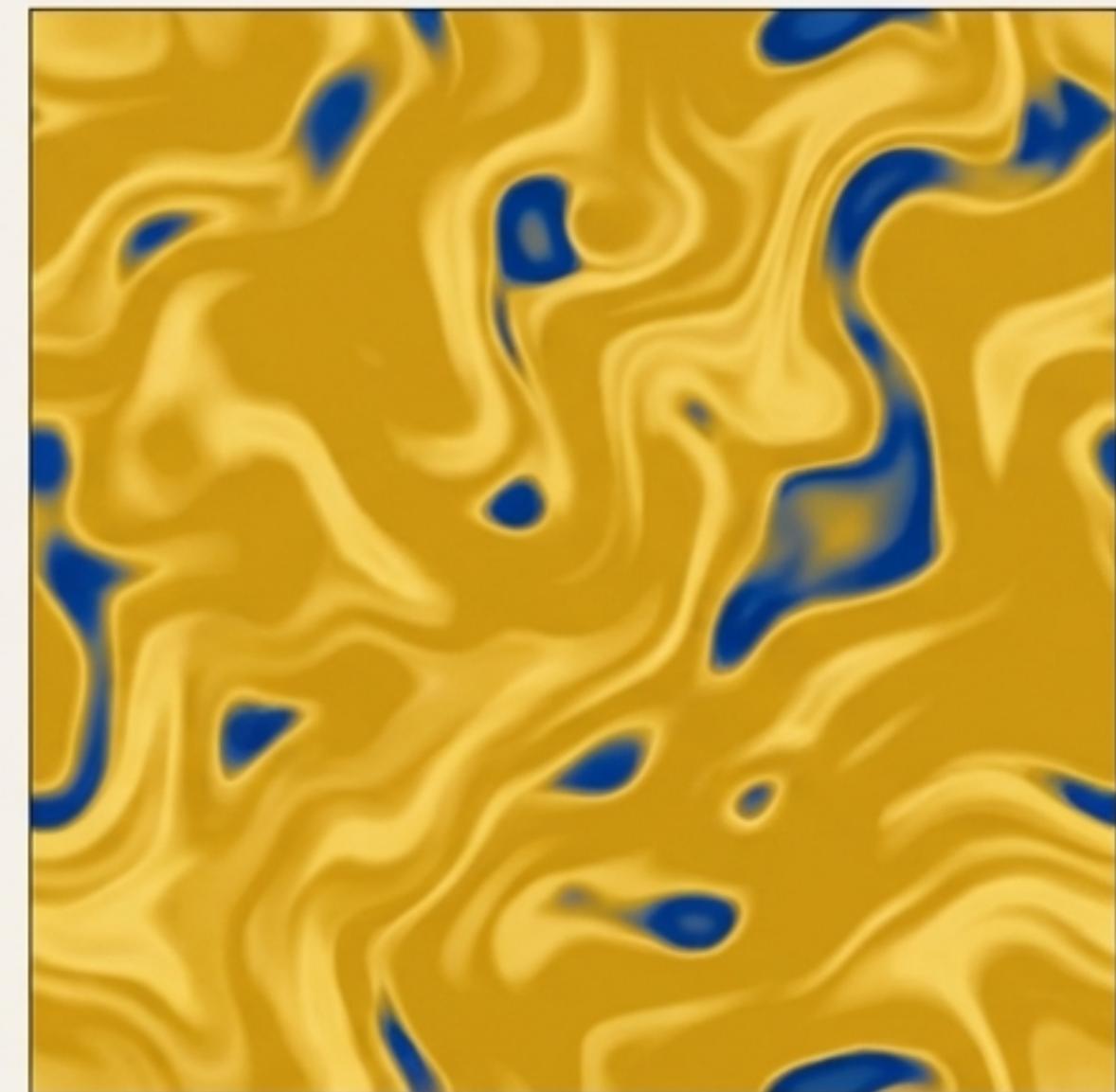
- 'C' = ความแข็งแกร่งของจิตสำนึก (Conscience)
- 'I' = ความแข็งแกร่งของสัญชาตญาณ (Instinct)

B5. มี 'แรง' อะไรบ้าง?:

- 's' (แรงผลัก) = แรงจูงใจภายนอก
- 'β' (แรงดึง) = การเขี่ยมโยงระหว่าง C และ I
- 'κ' (แรงต้าน) = ต้านทานของการเปลี่ยนใจ

E12. Sweep Plan:

- แกน 1: 's' (External Tilt) - เพื่อถูผลของแรงจูงใจ
- แกน 2: 'β' (Coupling) - เพื่อถูผลของความขัดแย้งภายใน

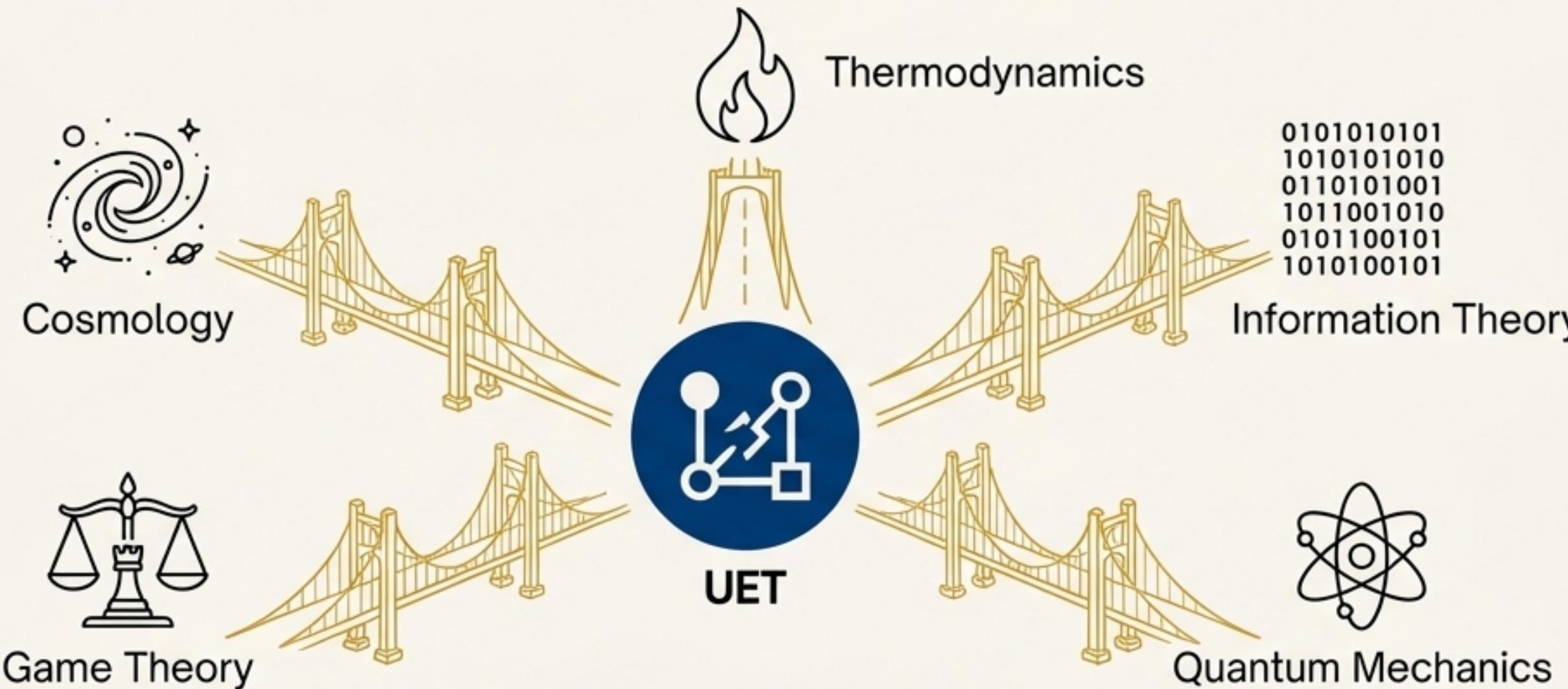


ผลลัพธ์: BIAS_C Phase

เมื่อกรอก MI Card ครบ เราสามารถสร้าง config และ matrix สำหรับการทดลองได้กันทีโดยไม่ต้องคาดเดา

พลังของภาษาถ้าทาง: The Bridge Program

Bridge Program คือการพิสูจน์ว่า UET สามารถ "พูดภาษาเดียวกัน" กับทฤษฎีหลักในสาขาอื่นๆ ได้ สิ่งนี้ทำให้ UET เป็นสะพานเชื่อมองค์ความรู้ และช่วยให้นักวิทยาศาสตร์จากต่างสาขาสามารถทำความเข้าใจและนำ UET ไปใช้ได้ง่ายขึ้น



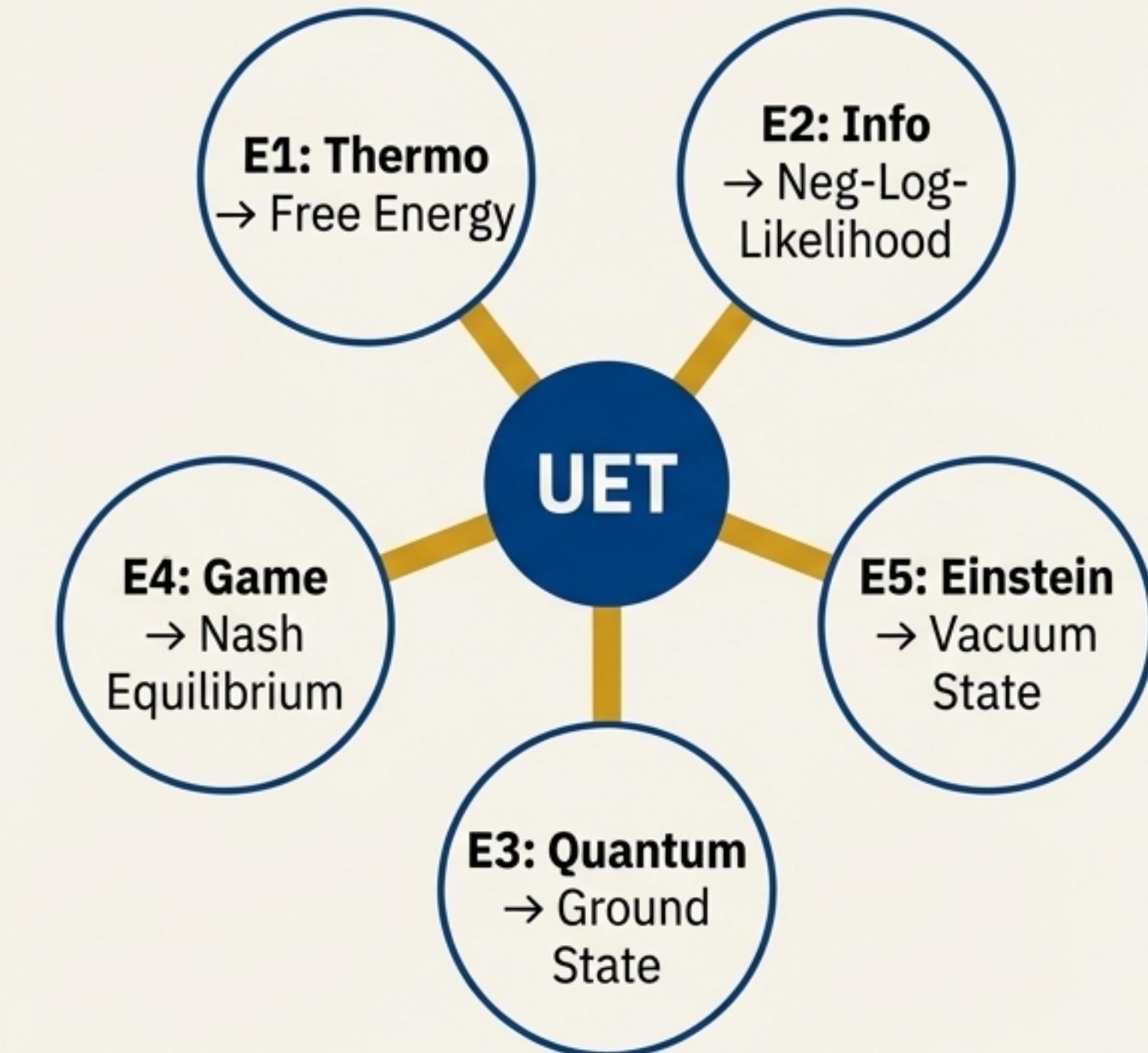
วัตถุประสงค์ของ Bridge Program:

- **Validate****: ยืนยันว่า UET สอดคล้องกับหลักการพื้นฐานที่ยอมรับกัน
- **Translate****: แปลผลลัพธ์จาก UET กลับไปในบริบทของศาสตร์อื่น
- **Empower****: นำเทคโนโลยีและแนวคิดจากศาสตร์อื่นมาประยุกต์ใช้กับ UET

ส่วน 5 สาย: โครงสร้างร่วมในศาสตร์ที่แตกต่าง

ทุก Bridge มีโครงสร้างทางคณิตศาสตร์และแนวคิดที่เหมือนกันอย่างน่าทึ่ง

โครงสร้างใน UET	➔	ความหมายในศาสตร์อื่น
Energy Functional (Ω)	➔	ฟังก์ชันเป้าหมาย (Objective Function) (Free Energy, Neg-Log-Likelihood, Potential Function)
Gradient Flow	➔	กระบวนการปรับให้เหมาะสมที่สุด (Optimization) (Relaxation, ML Training, Best-Response)
Equilibrium	➔	ผลลัพธ์/คำตอบ (Solution) (Thermal Equilibrium, MLE, Nash Equilibrium, Ground State)



เจาะลึกส่วน E1: UET และอุณหพลศาสตร์ (Thermodynamics)

ผลวัตของ UET คือการที่ระบบพยายามลดพลังงานรวม (Ω) ซึ่งเกียบเท่ากับการที่ระบบอุณหพลศาสตร์พยายามไปสู่สถานะพลังงานอิสระ (Free Energy) ที่ต่ำที่สุด

	UET	Thermodynamics
1	Ω (Energy Functional)	Free Energy (F)
2	$\frac{d\Omega}{dt} \leq 0$	กฎข้อที่สอง: $dS \geq 0$
3	Equilibrium Phase	Thermodynamic Equilibrium

สมการผลวัตที่เหมือนกัน:

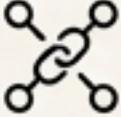
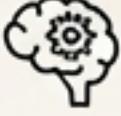
$$\text{UET} \quad \frac{\partial C}{\partial t} = -M \frac{\delta \Omega}{\delta C}$$

$$\text{Thermo (Relaxation)} \quad \frac{\partial \phi}{\partial t} = -\Gamma \frac{\delta F}{\delta \phi}$$

ข้อสรุป: สมการเหมือนกันทุกประการ! (Allen-Cahn / Model A dynamics)

มากกว่าแค่แกนหลัก: ส่วนขยาย (Extensions) ของ UET

UET ถูกออกแบบมาให้สามารถขยายขีดความสามารถเพื่อจำลองพลวัตที่ซับซ้อนยิ่งขึ้นได้ โดยไม่กระทบกับแกนหลักที่เรียบง่าย

ส่วนขยาย (Extension)	สถานะ	ลิ่งที่จำลอง	ผลกระทบต่อ Ω
 Stochastic Dynamics	 PASS	ความผันผวนแบบสุ่ม (Noise)	**คงที่ (+1.5%)**
 Time Delays	 PASS	การตอบสนองที่ล่าช้า (Oscillations)	ลดลง (-74.9%)
 Multi-field Networks	 PASS	ระบบที่มีหลายองค์ประกอบ a	ลดลง (-72.8%)
 Memory/History	 PASS	พฤติกรรมขึ้นกับอดีต (Hysteresis)	เพิ่มขึ้น (+421.8%)
 Nonlocal Coupling	 PASS	ปฏิสัมพันธ์ระยะไกล	เพิ่มขึ้น (+80.5%)
 Custom Potentials	 PASS	กฎมิถุน์พลังงานที่ต่างกัน	เพิ่มขึ้น (+115.0%)

ส่วนขยายแต่ละตัวผ่านการทดสอบและให้ผลลัพธ์ทางฟิสิกส์ที่ถูกต้อง แสดงถึงความแข็งแกร่งและความยืดหยุ่นของเฟรมเวิร์ก

วิศวกรรมเพื่อความแข็งแกร่ง (Engineered for Robustness)

เบื้องหลังความเรียบง่ายของ UET
คือไปป้อน **การทดสอบอัตโนมัติที่เข้มงวด**
(R0-E* Series) เพื่อรับประกันความ
เสถียรและความน่าเชื่อถือของผลลัพธ์

กระบวนการนี้ทำให้ UET ไม่ใช่แค่แบบ
จำลองเชิงแนวคิด
แต่เป็นเครื่องมือทางวิศวกรรมที่เชื่อถือได้

Automated Feedback Loop Diagram

1. Preset Stress Test (R0-E13): ทดสอบ 'dt' ที่ตั้งไว้ล่วงหน้าภายใต้สภาวะที่หลากหลายและมีสัญญาณรบกวน (perturbation)
2. Monotonicity Guard (R0-E19): ตรวจสอบว่าผลลัพธ์ไม่แย่ลงเมื่อ 'dt' เล็กลง หากพบความผิดปกติจะทำการ 'BLOCK' การอัปเดตอัตโนมัติ
3. Adaptive dt Search (R0-E17): หากการทดสอบไม่ผ่าน ระบบจะคืนหาค่า 'dt' ที่เหมาะสม โดยอัตโนมัติด้วยวิธี 'Zoom Search' (คล้าย Binary Search)
4. Auto-Resample (R0-E20): หากผลลัพธ์อังไม่นึง ระบบจะเพิ่มจำนวนตัวอย่าง (seeds) ในกลุ่มที่ถูก BLOCK โดยอัตโนมัติเพื่อหาข้อสรุปที่ดีเด่นอีกครั้ง
5. Auto-fix Proposals (R0-E15): ระบบจะสร้างข้อเสนอเพื่อปรับปรุง 'dt presets' โดยอิงจากหลักฐานที่รวบรวมได้ และวนซ้ำกระบวนการจนกว่าจะผ่านเกณฑ์ที่กำหนด

แผนการพัฒนาสู่อนาคต (Roadmap)

Phase 1

ทำให้ใช้งานง่าย
(Ease of Use)



เป้าหมาย:
ลดเวลาในการเริ่มจำลอง
ครั้งแรกจาก 30 นาทีเหลือ 5
นาที

ฟีเจอร์หลัก:

Domain Templates,
Tutorial Notebooks,
Quick Start Guide

Phase 2

เพิ่มความสามารถ
(Features)



เป้าหมาย:
เพิ่มฟีเจอร์ที่จำเป็น
สำหรับการวิจัย

ฟีเจอร์หลัก:

Adaptive Timestep,
Checkpointing,
Multi-field &
Stochastic Extensions

Phase 3

เพิ่มประสิทธิภาพ
(Performance)



เป้าหมาย:
เพิ่มความเร็วในการคำนวณ
อย่างน้อย 10 เท่า

ฟีเจอร์หลัก:

Numba JIT Compilation,
Vectorization, Parallel
Solver

Phase 4

สร้างระบบนิเวศ
(Ecosystem)



เป้าหมาย:
สร้างชุมชนผู้ใช้งานและนัก
พัฒนา

ฟีเจอร์หลัก:

Plugin System, User-
contributed Gallery,
Package on PyPI

วิสัยทัศน์: UET คือเครื่องมือที่ ‘ง่ายที่สุด’ และ ‘ใช้ได้จริง’

“UET ไม่ได้พยายามจะเป็นเครื่องมือที่ดีที่สุด (BEST tool)

****UET พยายามจะเป็นเครื่องมือที่ง่ายที่สุดที่ใช้งานได้จริง (EASIEST tool that WORKS)****

- Python ไม่ใช่ภาษาที่เร็วที่สุด แต่เรียนรู้ง่ายและมีเครื่องมือครบครัน
- UET ไม่ใช่เครื่องมือที่แม่นยำที่สุด แต่เรียนรู้ง่าย ยืดหยุ่น และใช้ได้ข้ามสาขา

คุณค่าสำหรับคุณ:



- **สำหรับนักการศึกษา:** เครื่องมือที่ดีที่สุดในการสอนพลวัตของระบบคู่คุบ
- **สำหรับนักวิจัย:** เครื่องมือที่ดีที่สุดในการสำรวจรูปแบบและสร้างต้นแบบ
- **สำหรับนักศึกษา:** เครื่องมือที่ดีที่สุดในการเรียนรู้การสร้างแบบจำลอง
- **สำหรับทีมข้ามสาขา:** เครื่องมือที่ดีที่สุดในการสื่อสารด้วยภาษากลาง

