

## การจัดตารางสอนในมหาวิทยาลัย

โดยใช้อัลกอริทึมการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยการเคลื่อนที่ของกลุ่มอนุภาคอย่างมีวิวัฒนาการและการโปรแกรมแบบมีข้อจำกัด

### University Course Timetable Planning using Hybrid Evolutionary Particle Swarm Optimization and Constraints-Based Reasoning

อิทธิกร ธรรมจันทิก<sup>1</sup> และ รัชฎา คงจันทร์<sup>2</sup>

ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

99 หมู่ 18 ถ. พหลโยธิน ต.คลองหนึ่ง อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12120 โทรศัพท์ 02-564-4440 ต่อ 1150

E-Mail: nui\_it\_3@hotmail.com<sup>1</sup>, rdk@cs.tu.ac.th<sup>2</sup>

#### บทคัดย่อ

บทความฉบับนี้เสนออัลกอริทึมการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยการเคลื่อนที่ของกลุ่มอนุภาคอย่างมีวิวัฒนาการ(EPHO) ซึ่งมีการปรับปรุงอัลกอริทึม PSO ในส่วนของการเวียนเกิดของอนุภาค โดยจะทำการคัดเลือกอนุภาคที่แข็งแกร่งให้เป็นผู้กำเนิดอนุภาคใหม่ในรอบถัดไป ร่วมกับการโปรแกรมแบบมีข้อจำกัด (CBR) เรียกว่า Hybrid EPHO มาทำการแก้ไขปัญหการจัดตารางสอน ซึ่งการทดลองเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพกับ Hybrid-PSO โดยใช้ข้อมูลรายวิชาทั้งหมดในระดับปริญญาตรีของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ซึ่งผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ประสิทธิภาพในการจัดตารางเรียนด้วยอัลกอริทึมดังกล่าวเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ

**คำสำคัญ:** การจัดตารางสอน, อัลกอริทึมการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยการเคลื่อนที่ของกลุ่มอนุภาคอย่างมีวิวัฒนาการ, การโปรแกรมแบบมีข้อจำกัด

#### Abstract

This paper presents an Evolutionary Particle Swarm Optimization (EPHO) which each iteration particles are improved by Evolutionary Algorithms. A new optimization model is combined with Constraints-Based Reasoning (CBR) called Hybrid EPHO-CBR. To solves University course Timetable Planning the proposed algorithm has been compared with other hybrid algorithm (Hybrid Particle Swarm Optimization : Hybrid PSO-CBR) using a real world data from Faculty of Engineering at Thammasat University Thailand results show that the proposed algorithm can provide more efficient solution.

**Keywords:** timetable planning, Evolutionary Particle Swarm Optimization, Hybrid EPHO-CBR

#### 1. บทนำ

การจัดทำตารางสอนในมหาวิทยาลัยเป็นกิจกรรมที่มีความซับซ้อนเป็นอย่างมาก แต่ละมหาวิทยาลัยประกอบด้วยหลายคณะแต่ละคณะจะมีภาควิชาแยกออกไป ซึ่งแต่ละคณะหรือภาควิชามีการจัดการเรียนการสอนเป็นของตนเอง และการจัดตารางสอนจำเป็นต้องใช้ผู้ที่มีความรู้และความละเอียดรอบคอบเพื่อให้ได้ตารางสอนที่มีความถูกต้องและเหมาะสม นอกจากนี้จำนวนผู้เรียนและห้องเรียนที่เพิ่มขึ้น รวมถึงรายวิชาที่เพิ่มขึ้นตามความต้องการที่หลากหลายของผู้เรียนต่างก็มีผลทำให้การจัดตารางสอนยิ่งมีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้น ปัจจุบันนี้เทคโนโลยีสารสนเทศมีความก้าวหน้ามากขึ้น และเข้ามามีบทบาทสำคัญในการอำนวยความสะดวกสำหรับการใช้ชีวิตประจำวันอีกทั้งยังช่วยลดความซับซ้อนของปัญหาที่ยากจะแก้ไขให้มีความซับซ้อนน้อยลงจนนำไปสู่หนทางการแก้ไขปัญหานั้นได้มากที่สุด บทความนี้ได้นำหลักการเขาวนปัญญาเชิงเคลื่อนที่เป็นกลุ่ม (Swarm Intelligence) มาประยุกต์ใช้ในการช่วยจัดตารางสอนในมหาวิทยาลัยโดยใช้อัลกอริทึมการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยการเคลื่อนที่ของกลุ่มอนุภาคอย่างมีวิวัฒนาการ (Evolutionary Particle Swarm Optimization : EPHO) ร่วมกับการโปรแกรมแบบมีข้อจำกัด (Constraints Based Reasoning) เพื่อให้ได้ตารางสอนที่มีความถูกต้องและเหมาะสม ในช่วงหลายปีที่ผ่านมาได้มีการนำเอาอัลกอริทึมทางด้านนี้มาประยุกต์ใช้ในการจัดตารางสอนอัตโนมัติอย่างหลากหลายแต่ก็ยังไม่มีความมีประสิทธิภาพเท่าที่ควร [1] อัลกอริทึมที่นำเสนอในบทความนี้เป็นการทำงานระหว่างอัลกอริทึมการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยการเคลื่อนที่ของกลุ่มอนุภาคอย่างมีวิวัฒนาการ (EPHO) ซึ่งใช้ในการหาตำแหน่งของห้องเรียนและ

คาบเรียนให้กับรายวิชาโดยประเมินจากค่าความเหมาะสมที่ดีที่สุดที่คำนวณได้จากฟังก์ชันความเหมาะสมและใช้การโปรแกรมแบบมีข้อจำกัด (CBR) ในการตรวจสอบความถูกต้องของห้องเรียนและคาบเรียนที่ได้จาก EPSSO

## 2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 2.1 ปัญหาในการจัดตาราง

การจัดตารางเป็นกิจกรรมในการจับคู่กันระหว่างทรัพยากร เช่น คน, ห้อง และอุปกรณ์ที่มีใช้งานภายในห้อง [2] โดยการจัดตารางมีหลายประเภทขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ในการใช้งาน แต่ละประเภทจะมีข้อกำหนดที่แตกต่างกันออกไป การจัดตารางสอนนับเป็นปัญหาการจัดตารางประเภทหนึ่ง ทั้งนี้ตารางสอนที่ได้ต้องเป็นไปตามข้อจำกัดหลัก (Hard constraints) เช่น ผู้เรียนไม่สามารถเรียนพร้อมกันหลายวิชาในเวลาเดียวกันได้, ห้องเรียนหนึ่งห้องถูกจัดให้สอนได้เพียงหนึ่งวิชาเท่านั้นในคาบเรียนใดๆ และความจุของห้องเรียนต้องมากกว่าหรือเท่ากับจำนวนผู้เรียนในรายวิชานั้น เป็นต้น ข้อจำกัดอีกประเภทหนึ่งที่ต้องพิจารณาถึงคือ ข้อจำกัดรอง (Soft constraints) เช่น ควรมีการเรียนการสอนที่กระจายไปอย่างเท่าๆ กันในแต่ละวัน, ไม่ควรมีการเรียนเพียงวิชาเดียวในหนึ่งวัน เป็นต้น ข้อจำกัดรองนี้เป็นข้อจำกัดที่สามารถละเว้นได้เป็นเพียงส่วนเสริมที่ทำให้การจัดตารางสอนมีความเหมาะสมมากยิ่งขึ้น

### 2.2 PSO

การหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยการเคลื่อนที่ของกลุ่มอนุภาค (Particle Swarm Optimization) อัลกอริทึมนี้ออกแบบและนำเสนอโดย Kennedy และ Eberhart [1] ซึ่งเป็นการจำลองพฤติกรรมทางสังคมของฝูงนก ฝูงผึ้งหรือฝูงปลาในการช่วยกันออกไปหาอาหาร โดยที่แต่ละตัวจะไม่มีรู้ล่วงหน้าว่าที่ที่มีอาหารอยู่ที่ใด แต่ละครั้งของการออกไปหาอาหารมันจะเรียนรู้ด้วยการติดต่อกันภายในฝูงถึงระยะทางในการออกไปหาอาหาร ดังนั้นเมื่อตัวใดตัวหนึ่งพบอาหารจะเกิดการเปรียบเทียบเพื่อไปยังแหล่งอาหารที่อยู่ใกล้ที่สุดที่ค้นพบ จากพฤติกรรมดังกล่าว PSO ได้นำมาใช้ในการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดในการแก้ปัญหา ใน PSO แต่ละตัวถูกเรียกใหม่ด้วยคำว่า อนุภาค (particle) ทุกๆอนุภาคจะมี fitness values ที่ถูกประเมินผลด้วย fitness function และมี velocities คือ เส้นทางเคลื่อนที่ของแต่ละอนุภาคซึ่งจะเคลื่อนที่ตามตัวที่ได้ค่าที่เหมาะสมที่สุดในขณะนั้น ในการเริ่มต้นกระบวนการ PSO จะสุ่มสร้างกลุ่มของอนุภาค ระหว่างการเวียนเกิด (iteration) ในทุกๆ รอบอนุภาคแต่ละตัวจะทำการปรับค่าที่ดีที่สุดสองค่า คือ ตำแหน่งที่ดีที่สุดบนเส้นทางของตัวมันเองที่เรียกว่า pbest และค่าที่เหมาะสมที่สุดที่ได้จากการเคลื่อนที่ของกลุ่มอนุภาคเรียกว่า gbest

### 2.3 Constraint Satisfaction Problem

เป็นการเขียนโปรแกรมแก้ไขปัญหาคตามเงื่อนไขที่กำหนดเอาไว้เพื่อให้ได้คำตอบที่ถูกต้อง [1] ซึ่งจะใช้ Constraint Based Reasoning (CBR) ซึ่งเป็นวิธีการหนึ่งในการเขียนโปรแกรมประเภทดังกล่าวมาเป็นส่วนหนึ่งของอัลกอริทึมที่นำเสนอ โดย CBR จะทำการตรวจสอบคำตอบที่เป็นไปได้(ห้องเรียนและคาบเรียนที่ได้มาจาก EPSSO) ว่ามีความถูกต้องตามเงื่อนไขหรือไม่

### 2.4 Hybrid PSO

ในปี ค.ศ. 2009 Ho Sheau Fen และคณะได้นำเสนออัลกอริทึมในการจัดตารางสอนโดยนำ PSO มาทำงานร่วมกันกับ CBR เปรียบเทียบผลการทดลองกับ PSO ทำงานร่วมกับ Local search และ Genetic Algorithm ทำงานร่วมกับ CBR ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า การใช้ PSO ทำงานร่วมกับ CBR มีประสิทธิภาพที่ดีกว่าอย่างไรก็ตาม PSO ก็ยังมีปัญหาของการลู่เข้าสู่ local optimal และสมการในการคำนวณเพื่อปรับปรุงค่าของทิศทางเคลื่อนที่และตำแหน่งของอนุภาคมีข้อมูลบางตัวที่ถูกกำหนดให้เป็นค่าคงที่ ซึ่งไม่อาจจะรับประกันได้ว่าค่าดังกล่าวเหมาะสมกับปัญหาที่กำลังแก้ไขอยู่ [3-4]

### 2.5 EPSSO

จากปัญหาของ PSO ที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อที่ผ่านมาถึงวิจัยต่างๆ จึงมีความคิดที่จะนำหลักการทางวิวัฒนาการเข้ามาช่วยแก้ไขปัญหาดังกล่าวจนเกิดเป็นอัลกอริทึมใหม่เรียกว่า Evolutionary Particle Swarm Optimization (EPSSO) ซึ่งมีขั้นตอนการทำงานคือ

- Replication : ในแต่ละรอบแต่ละอนุภาคจะถูกสุ่มค่าต่างๆเก็บเอาไว้
- Mutation : ตัวแปรค่าน้ำหนักที่มีผลต่อการลู่เข้าสู่ local optimal ของ PSO จะถูกเปลี่ยนแปลงค่าตามสมการ

$$*w_{ij}^k = w_{ij}^k + \eta N(0, \sigma^2) \quad (1)$$

โดยที่  $\eta$  คือ ค่าการเรียนรู้การกระจาย และ  $N(0, \sigma^2)$  คือค่าที่ได้จากการสุ่มของ Gaussian distribution ที่ mean มีค่าเป็น 0 และ variance มีค่าเป็น  $\sigma^2$  ในตอนเริ่มต้นของอัลกอริทึมค่าของ  $w$  จะถูกสุ่มให้มีค่าอยู่ระหว่าง 0 และ 1

- Reproduction (movement) : แต่ละอนุภาคจะทำการคำนวณทิศทางเคลื่อนที่และปรับตำแหน่งของตนตามสมการ(2) และ(3) ตามลำดับ

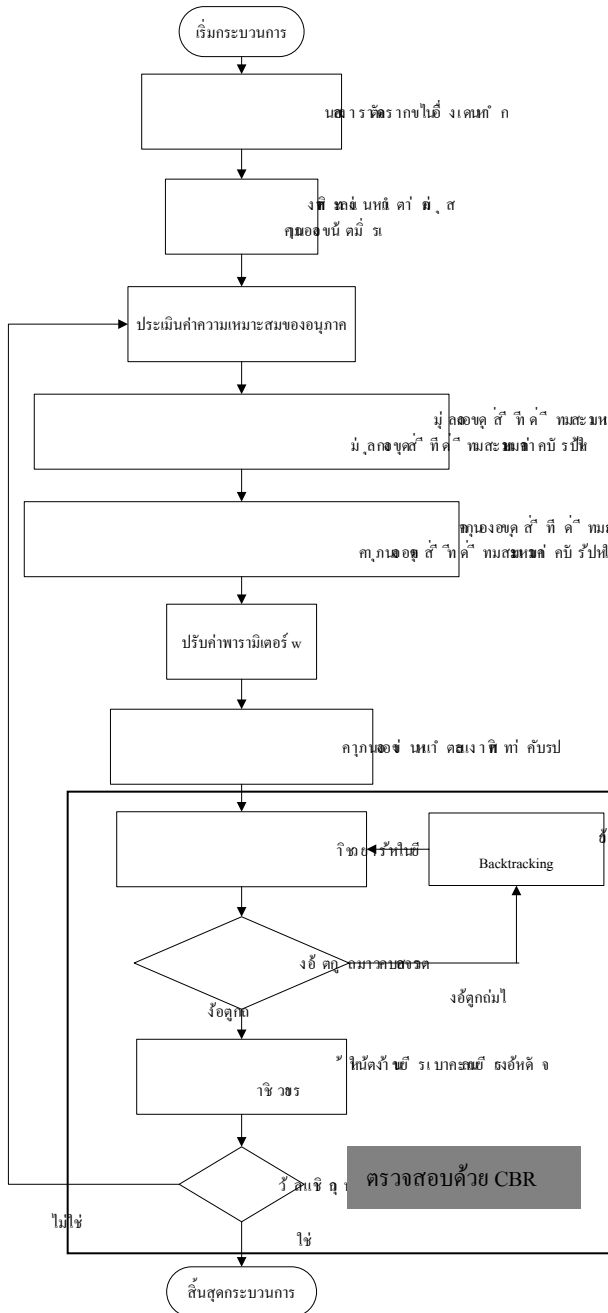
$$*v_i^k = w_{i, inertia}^k v_i^k + w_{i, mem}^k (x_i^{k, mem} - x_i^k) + w_{i, coop}^k (x_{best}^k - x_i^k) \quad (2)$$

$$*x_i^k = x_i^k + *v_i^k \quad (3)$$

- Evaluation : ทำการคำนวณค่า fitness value ของอนุภาคใหม่แต่ละตัว
- Selection : ทำการสุ่มเลือกอนุภาคที่มีค่า fitness value ที่ดีไปเป็นตัวให้กำเนิดอนุภาคในรอบถัดไป

### 3. Hybrid EPSSO-CBR สำหรับการจัดตารางสอน

บทความนี้เสนอการจัดการตารางสอนด้วยอัลกอริธึมการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยการเคลื่อนที่ของกลุ่มอนุภาคอย่างมีวิวัฒนาการและการโปรแกรมแบบมีข้อจำกัด ซึ่งมีการทำงานสองขั้นตอนด้วยกัน ขั้นตอนแรก EPSO จะทำการสร้างอนุภาค(แต่ละตัวจะประกอบด้วยข้อมูลห้องเรียนและคาบเรียนที่เหมาะสมที่สุด)ให้แต่ละรายวิชา ซึ่งเป็นชุดข้อมูลที่เป็นไปได้ทั้งหมดจากนั้นจะเป็นการตรวจสอบความถูกต้องของชุดข้อมูลด้วย CBR ซึ่งมีขั้นตอนการทำงาน ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ขั้นตอนการทำงานของ Hybrid EPSSO-CBR โดยในบทความนี้กำหนดให้ฟังก์ชันความเหมาะสมเป็นไปตามสมการนี้

$$\sum_{i=1}^n (P(T(S_i)) + P(R(S_i))) \quad (4)$$

โดยที่ P(T(S<sub>i</sub>)) คือ ค่าคะแนนของคาบเรียน และ P(R(S<sub>i</sub>)) คือ ค่าคะแนนของห้องเรียน

#### 4.การทดลองและผลการทดลอง

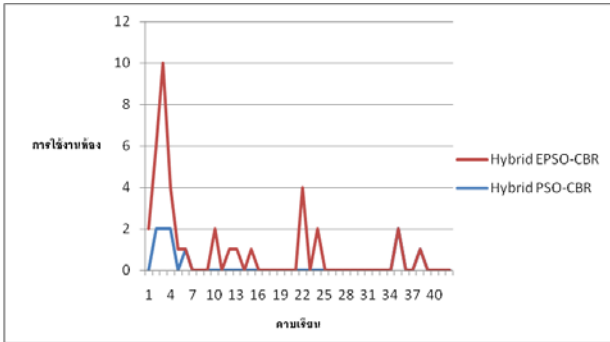
งานวิจัยนี้นำข้อมูลข้อมูลรายวิชาทั้งหมดในระดับปริญญาตรีของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ซึ่งมีวิชาเรียนทั้งหมด 400 วิชา มีคาบเรียนทั้งหมด 42 คาบเรียนในหนึ่งสัปดาห์และมี 31 ห้องเรียน จำนวนอนุภาคเริ่มต้นมีค่าเป็น 10 สำหรับข้อมูลคาบเรียนและห้องเรียนถูกสุ่มไว้ในตารางที่ 1 และ 2 ตามลำดับ พัฒนาอัลกอริธึมด้วยภาษา C ในส่วนของ EPSSO และใช้ Python 2.5 พัฒนาในส่วนของ CBR ด้วยคอมพิวเตอร์ notebook Intel Core 2 Duo 2.26 GHZ 2.00 GB RAM

ตารางที่ 1 ข้อมูลคาบเรียน

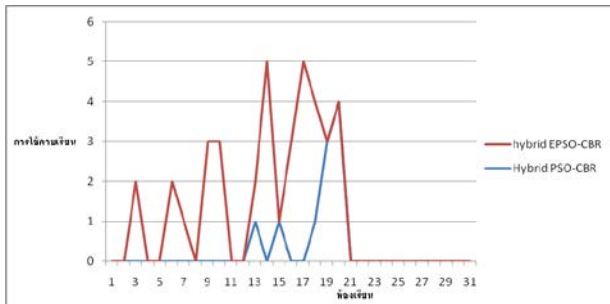
ลำดับที่	คะแนน	ลำดับที่	คะแนน	ลำดับที่	คะแนน	ลำดับที่	คะแนน	ลำดับที่	คะแนน
1	2	11	2	21	1	31	1	41	1
2	2	12	2	22	2	32	1	42	1
3	2	13	1	23	2	33	1		
4	1	14	1	24	2	34	2		
5	1	15	1	25	1	35	2		
6	1	16	2	26	1	36	2		
7	2	17	2	27	1	37	1		
8	1	18	2	28	2	38	1		
9	1	19	1	29	2	39	1		
10	2	20	1	30	2	40	2		

ตารางที่ 2 ข้อมูลห้องเรียน

ลำดับที่	ความจุ	คะแนน	ลำดับที่	ความจุ	คะแนน	ลำดับที่	ความจุ	คะแนน	ลำดับที่	ความจุ	คะแนน
1	100	1	11	50	2	21	80	1	31	100	1
2	100	1	12	50	2	22	80	1			
3	100	1	13	50	2	23	60	2			
4	100	1	14	50	2	24	80	1			
5	100	1	15	50	2	25	80	1			
6	100	1	16	50	2	26	80	1			
7	50	2	17	50	2	27	80	1			
8	50	2	18	50	2	28	100	1			
9	50	2	19	30	3	29	60	2			
10	50	2	20	30	3	30	30	3			



รูปที่ 2 การใช้งานห้องเรียนในแต่ละคาบเรียน



รูปที่ 3 จำนวนคาบเรียนในแต่ละห้องที่ได้รับ

จากรูปที่ 2 จะเห็นได้ว่า ทั้งสองอัลกอริทึมมีทิศทางการใช้ห้องเรียนในแต่ละคาบไปในทางเดียวกันคือ จะจัดให้คาบเรียนอันดับแรกๆ มีการเรียนมากซึ่งเป็นช่วงต้นของสัปดาห์และเป็นการเรียนในภาคเช้าที่มีระดับคะแนนสูงกว่าคาบเรียนในช่วงอื่น ส่วนคาบเรียนช่วงหลังถูกจัดให้มีการเรียนการสอนน้อยลงไปเรื่อยๆ เนื่องจากว่า เป็นคาบเรียนในช่วงท้ายของสัปดาห์และเป็นการเรียนในภาคบ่าย แต่อย่างไรก็ตามจะเห็นว่า กราฟของ Hybrid EPSO-CBR ยังคงมีความเคลื่อนไหวในช่วงคาบเรียนอันดับกลางและอันดับท้าย ต่างจากกราฟของ Hybrid PSO-CBR ที่นิ่งไปในช่วงคาบเรียนอันดับกลางและท้าย นั่นเป็นปัญหาอันเกิดจากการลู่เข้าสู่ local optimal ของ PSO นั่นเอง ในทำนองเดียวกันนี้เอง รูปที่ 3 ก็แสดงให้เห็น

ถึงประสิทธิภาพในการจัดห้องเรียนของ Hybrid EPSO-CBR ที่ดีกว่า Hybrid PSO-CBR ทั้งนี้ยังมีห้องเรียนเหลือไว้สำหรับใช้งานในอนาคตอีกด้วย

### เอกสารอ้างอิง

[1] Ho Sheau Fen @ Irene, Deris Safaai, Mohd Hashim and Siti Zaiton. "University Course Timetable Planning using Hybrid Particle Swarm Optimization". Faculty of Comp. Sc. & Info. Sys. Universiti Teknologi Malaysia, 2009

[2] Edmund Burke, Kirk Jackson, Jeff Kingston and Rupert Wear. "Automated University Timetabling: The State of the Art". University of Nottingham.

[3] Vladimiro Miranda and Nuno Fonseca. "EPSO-Evolutionary Particle Swarm Optimization, a New Algorithm with Applications in Power Systems".

[4] Vladimiro Miranda and Nuno Fonseca. "NEW EVOLUTIONARY PARTICLE SWARM ALGORITHM (EPSO) APPLIED TO VOLTAGE/VAR CONTROL". Instituto de Sistemas e Computadores do Porto

### ประวัติผู้เขียนบทความ



นายอิทธิกร ธรรมจันทิก  
 สถานที่ทำงาน ศูนย์คอมพิวเตอร์และสารสนเทศ คณะ  
 วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์  
 งานวิจัยที่สนใจ Adaptive E-learning



ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. รัชฎา คงจันทน์  
 สถานที่ทำงาน ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะ  
 วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์  
 งานวิจัยที่สนใจ ปัญญาประดิษฐ์, การเข้าใจ  
 ภาษาธรรมชาติ, การเรียนรู้ของเครื่อง, การแทนความรู้  
 และหาเหตุผล, การรู้จำรูปแบบ