

群體智慧

Collective Intelligence

產業研發碩士專班課程

陳慶瀚

機器智慧與自動化技術(MIAT)實驗室

義守大學電機系

pierre@isu.edu.tw

2005年10月25日



本週主題

1. 從知識到智慧
2. 螞蟻的群體群體行為
3. 仿螞蟻群體智慧



從知識到智慧



智慧的流程

資料 → 資訊 → 知識 → 智慧



智慧的定義

Faculty	一種認識和理解的能力。
Function	一組心靈的功能，得以對客體產生概念式的、理性的知識。
Aptitude	生物得以適應新環境的本能。
Behavior	自主式的解決問題的行為



知識 V.S. 智慧

智慧(Intelligence)	知識(Knowledge)
行為(Behavior)	結構(Structure)
動態系統(Dynamic System)	型態(Pattern)
實境(Real World)	模型(Model)
複雜(Complex)	化約(Reductionist)
存有(Existent)	表現(Representative)



智慧型態

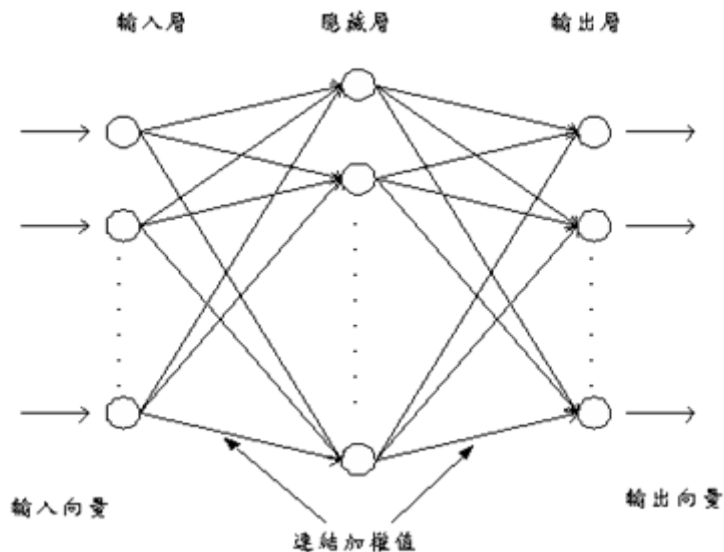
1. 解析式
(Analytical)

$$E = \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} |S(e^{j\omega})|^2 |A(e^{j\omega})|^2 d\omega$$

2. 符號式
(Symbolic)

IF A THEN B ELSE C...

3. 鏈結式
(Connectionist)





知識模型的範例

知識形成	分類	預測	形態識別	應用層
記憶		回想		機能層
學習(自組織)				動態層
形式化神經網路模型				結構層



知識的發生

1. 演繹式(Deductive)	邏輯、解析方法 (例如：公式、定理、法則等)
2. 歸納式(Inductive)	類比學習、自我組織 (類神經網路、歸納式推理等)
3. 突現式(Emergent)	複雜動態系統 (演化、社會性生物群體行為)

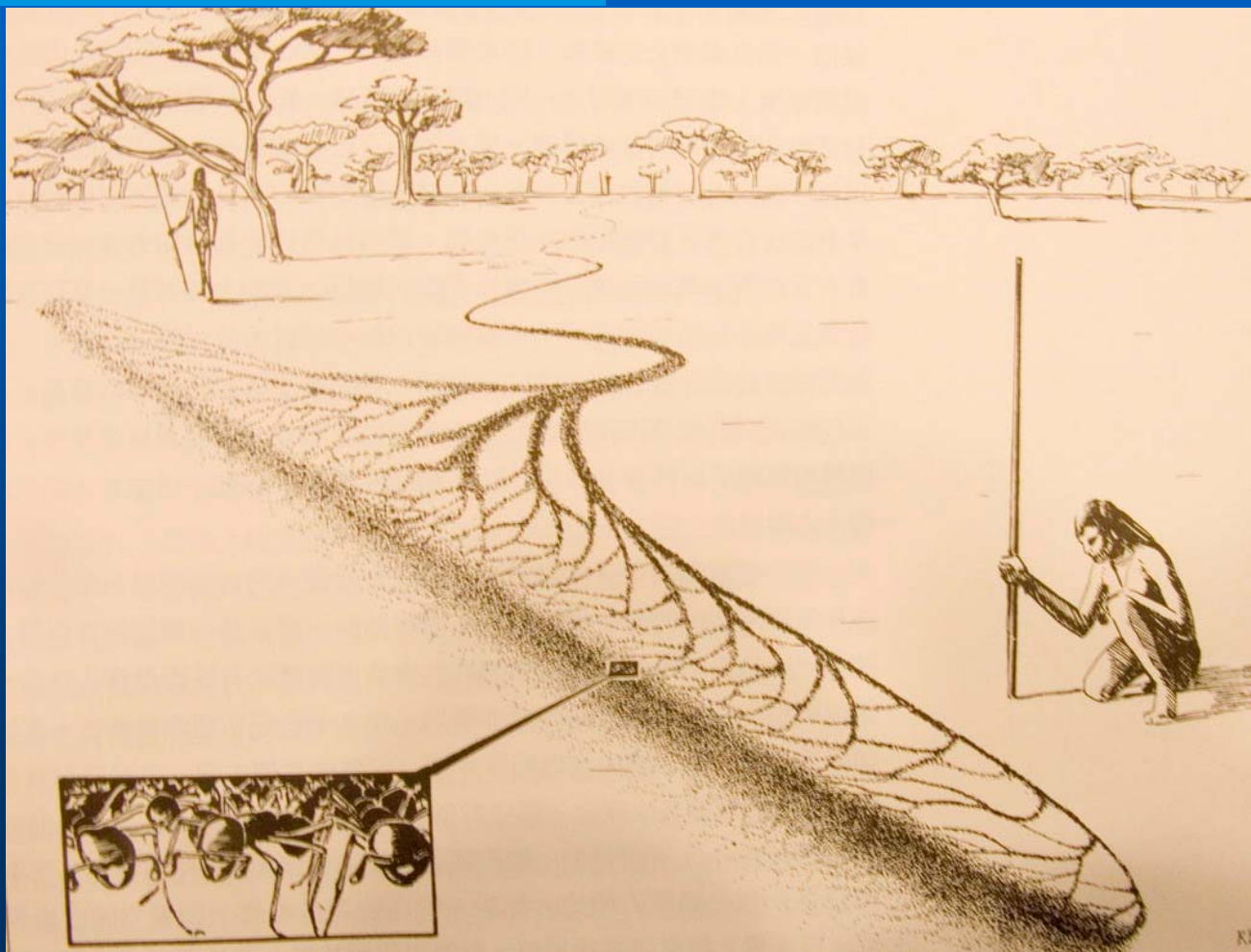


螞蟻的群體行為

Collective Behavior in Ant Colony



螞蟻的超組織模型



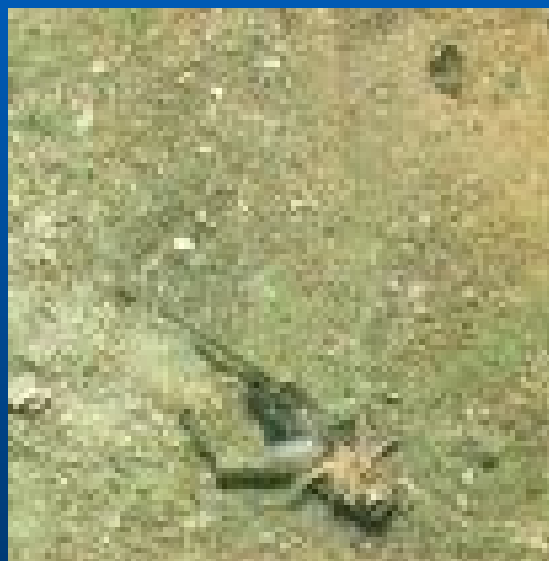


螞蟻搬運食物



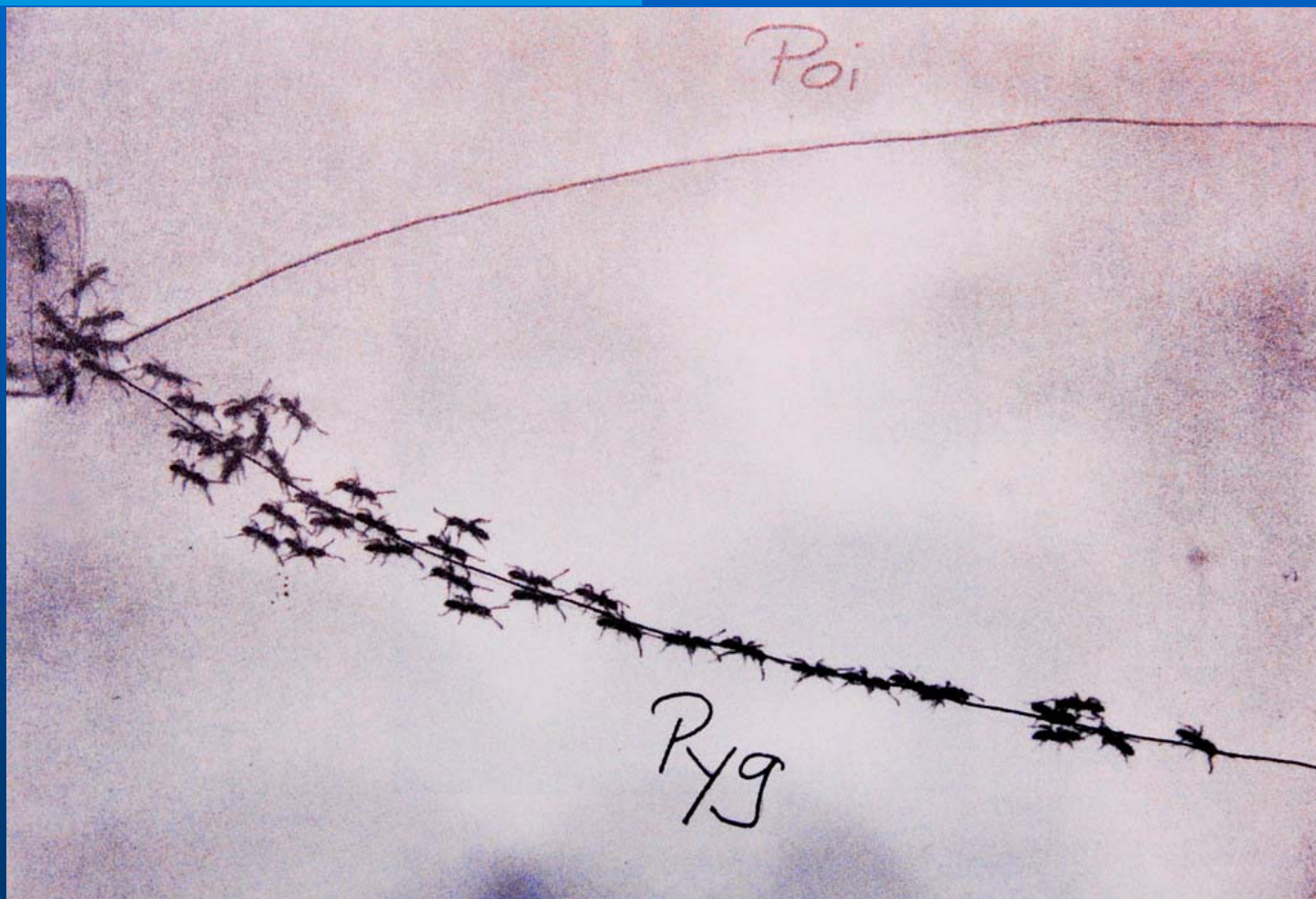


螞蟻群體解題





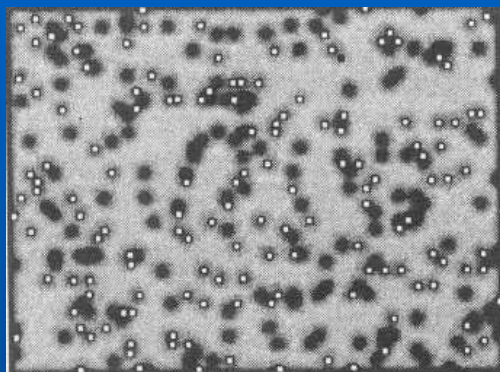
蟻群的溝通和決策



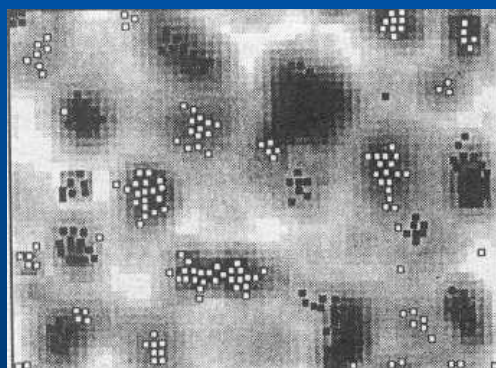


蟻群的分檢行為

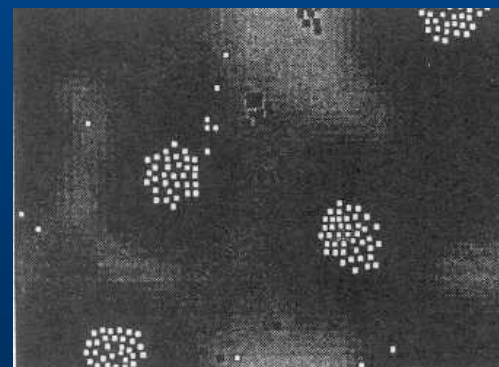
T₁



T₂

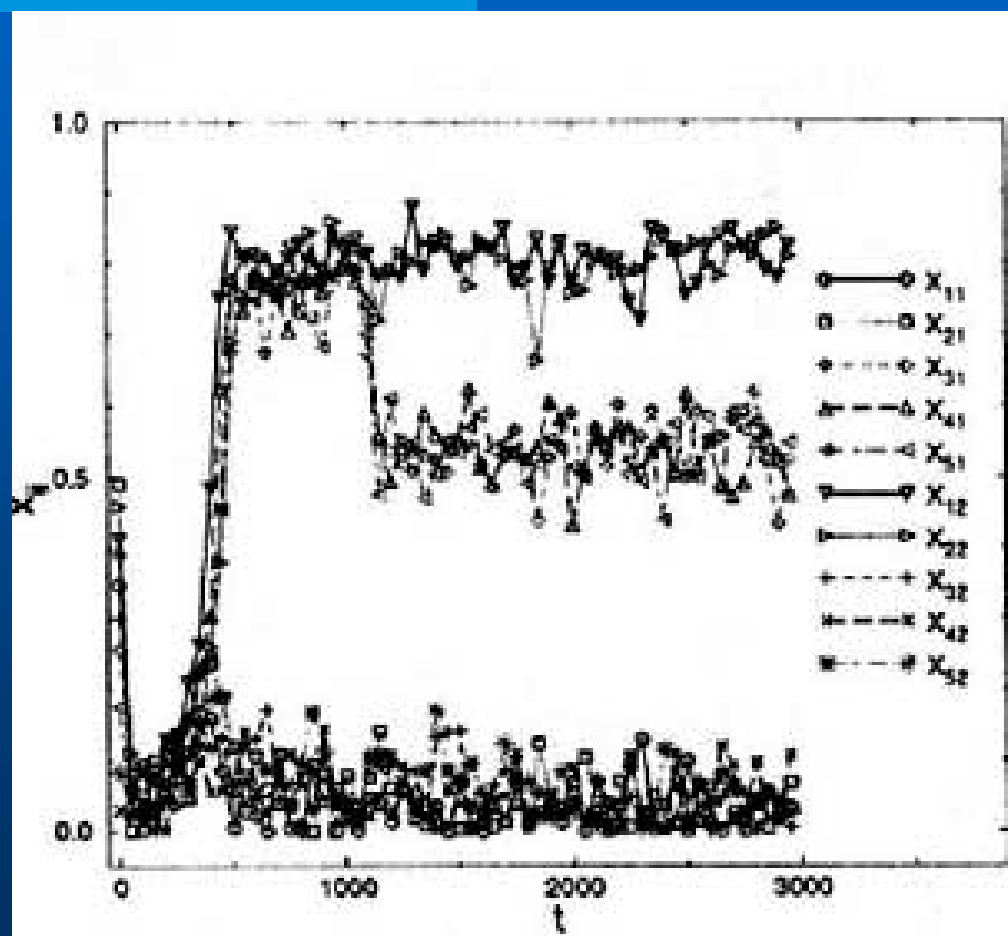


T₃





蟻群的工作派遣行為





蟻群的築巢行為





蟻群的搭橋行為





Bridge Building in Ant Colony





仿螞蟻群體智慧

Ant-inspired Collective Intelligence



螞蟻群體解題

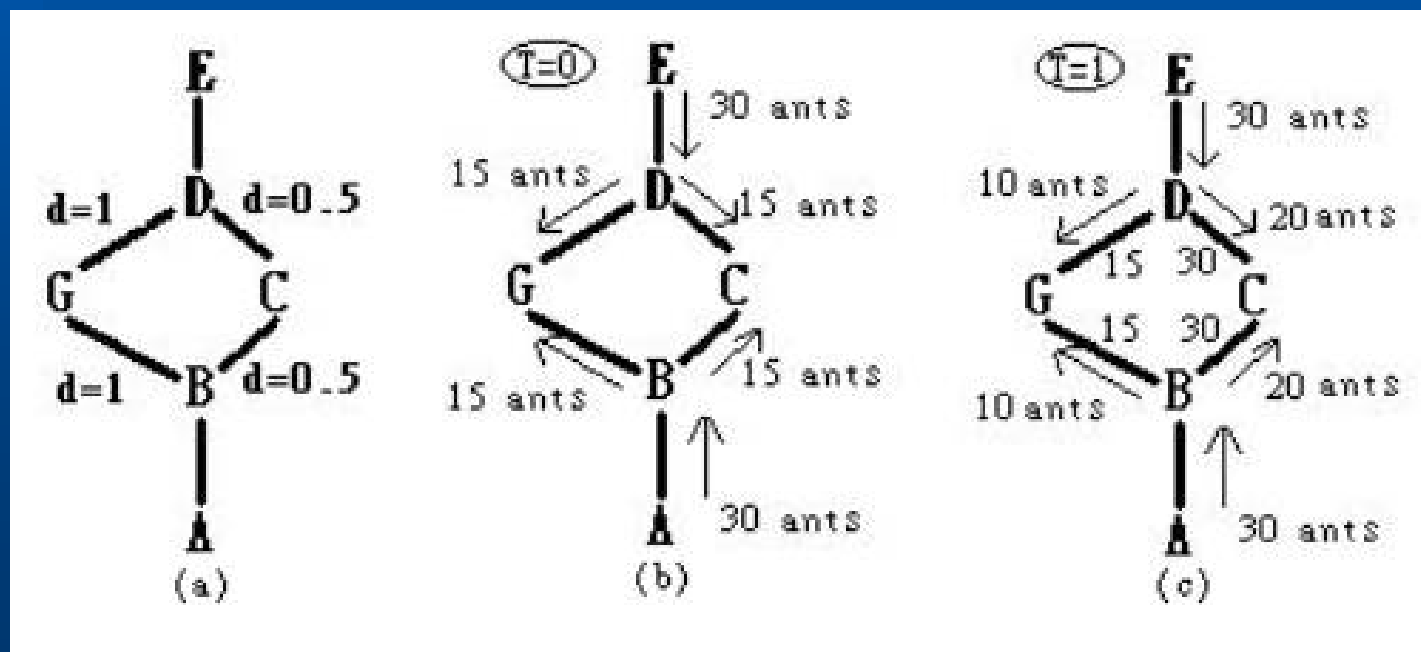
Collective Problem Solving :

由一群簡單功能的個體(ant)所形成的群體(ant colony)，能夠展現出高可靠度、高適應性的自主化的解決問題的能力。



蟻群覓食

當螞蟻在食物和巢物之間來回行走時，會分泌一種化學物質：費洛蒙(pheromone)。當巢穴到食物之間有許多路徑可以選擇時，個別螞蟻將傾向於選擇費洛蒙較強的路徑。





蟻群覓食的模型化

費洛蒙更新

$$\tau_{ij}(t+n) = \rho * \tau_{ij}(t) + \Delta \tau_{ij}$$

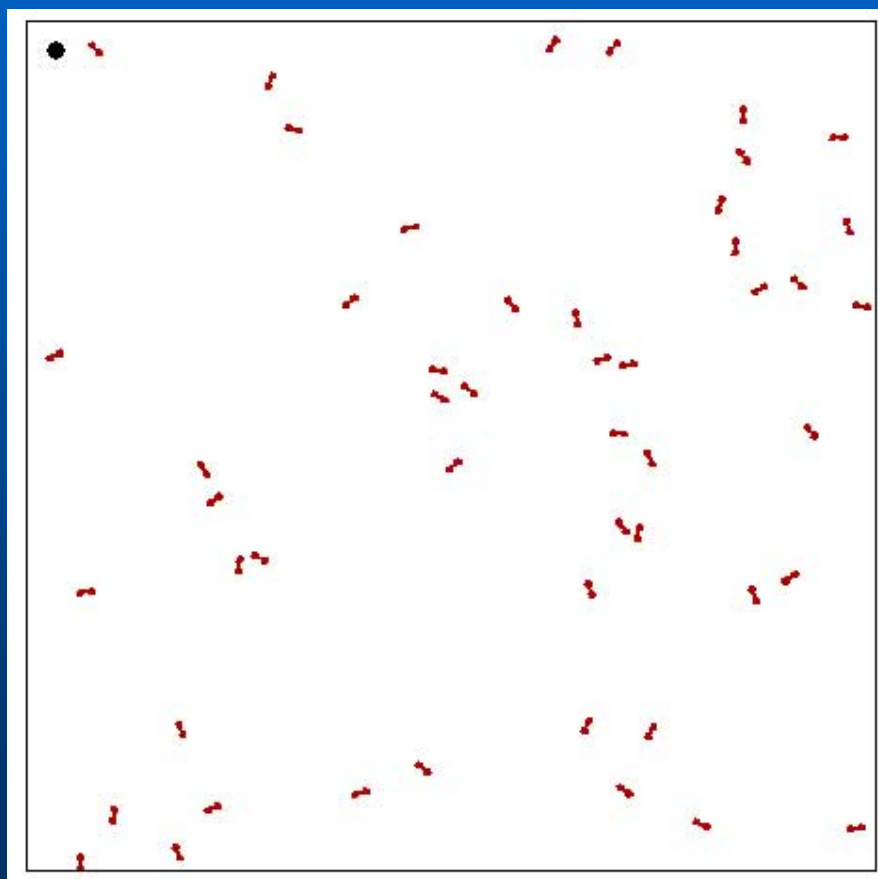
$$\Delta \tau_{ij} = \sum_{k=1}^m \Delta \tau_{ij}^k$$

決策機率

$$p_{ij}^k(t) = \frac{[\tau_{ij}(t)]^\alpha \cdot [\eta_{ij}]^\beta}{\sum_{l \in \mathcal{N}_i^k} [\tau_{il}(t)]^\alpha \cdot [\eta_{il}]^\beta} \quad \text{if } j \in \mathcal{N}_i^k$$

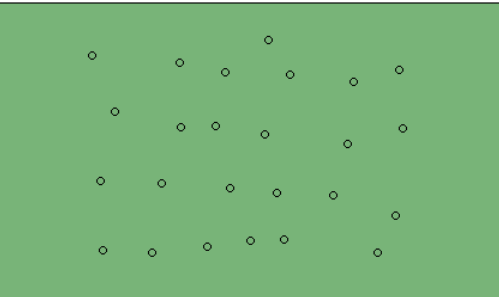


蟻群覓食模擬





蟻群覓食與TSP最佳化



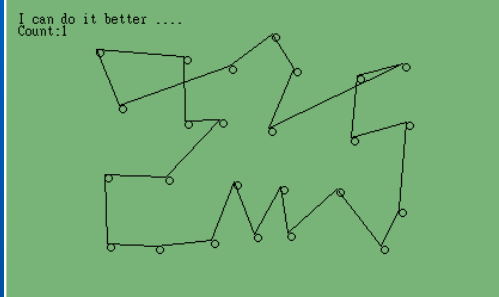
Ant Cycle Algorithm Applies on TSP
Status : (398, 247)

How To Use

Ant Number	10
Town Number	25
Afa	1
Beta	5
Lo	0.9
Iteration times	100
Pheromone Quality	10

Clear Run
Stop Resume

I can do it better
Count:1



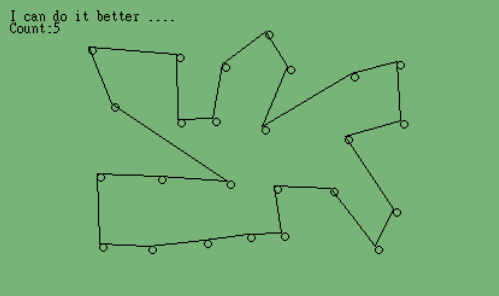
Ant Cycle Algorithm Applies on TSP
Status : (341, 246)

How To Use

Ant Number	10
Town Number	25
Afa	1
Beta	5
Lo	0.9
Iteration times	100
Pheromone Quality	10

Clear Run
Stop Resume

I can do it better
Count:5



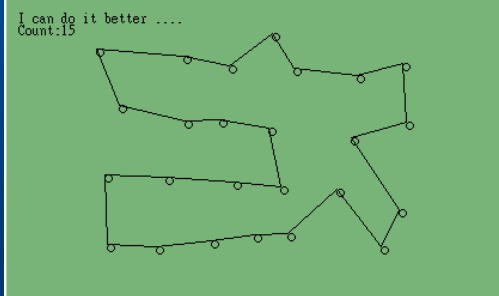
Ant Cycle Algorithm Applies on TSP
Status : (415, 170)

How To Use

Ant Number	10
Town Number	25
Afa	1
Beta	5
Lo	0.9
Iteration times	100
Pheromone Quality	10

Clear Run
Stop Resume

I can do it better
Count:15



Ant Cycle Algorithm Applies on TSP
Status : (411, 185)

How To Use

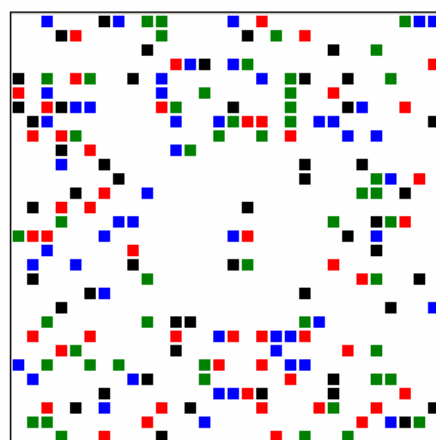
Ant Number	10
Town Number	25
Afa	1
Beta	5
Lo	0.9
Iteration times	100
Pheromone Quality	10

Clear Run
Stop Resume

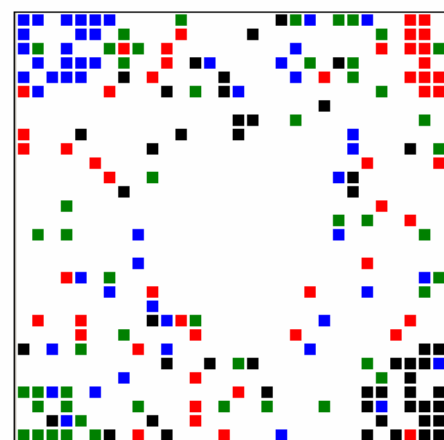
Ant-TSP DEMO



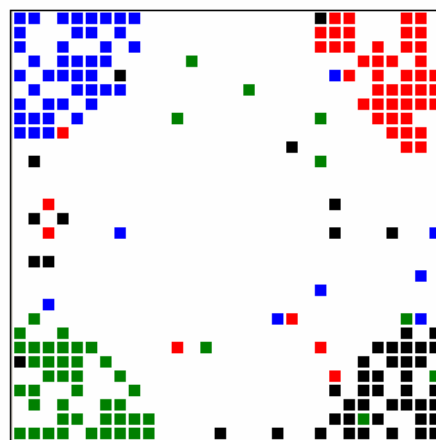
蟻群自組織分揀(Gathering)



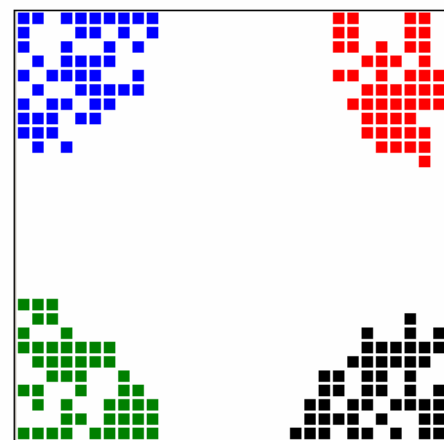
(a) t=0 分鐘



(b) t=10 分鐘



(e) t=20 分鐘



(f) t=40 分鐘



螞蟻自組織分揀規則

- 如果螞蟻正搬運一個物資，則牠在某位置 x 放下的機率與該物資與 x 周圍物資的同質性成正比。
- 如果螞蟻沒有搬運物資，則牠在某位置 x 把一個物資搬起的機率與該物資與 x 周圍物資的異質性成正比。



自組織分揀模型化

感知

$$f(o_j) = \begin{cases} \frac{1}{s^2} \sum_{o_k \in \text{Neigh}(r)} \left[1 - \frac{d(o_j, o_k)}{\alpha} \right], & \text{if } > 0 \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

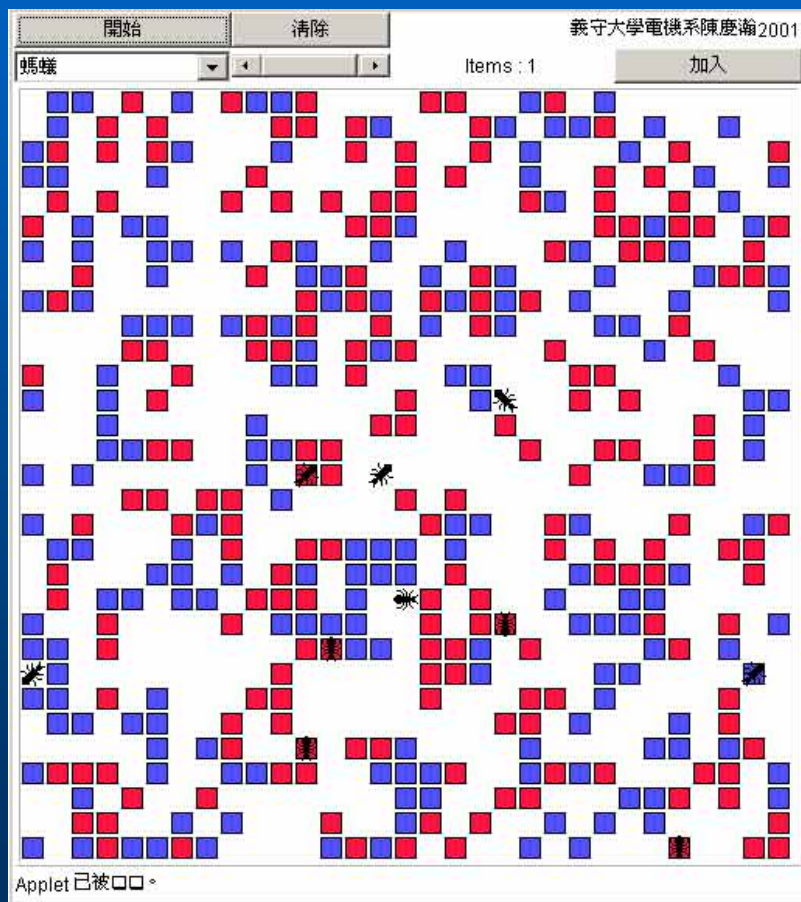
決策

$$\text{proba}(\text{pick up}) = \left(\frac{k_1}{k_1 + f(o_j)} \right)^2$$

$$\text{proba}(\text{deposit}) = \left(\frac{k_2}{k_2 + f(o_j)} \right)^2$$



自組織分揀模擬





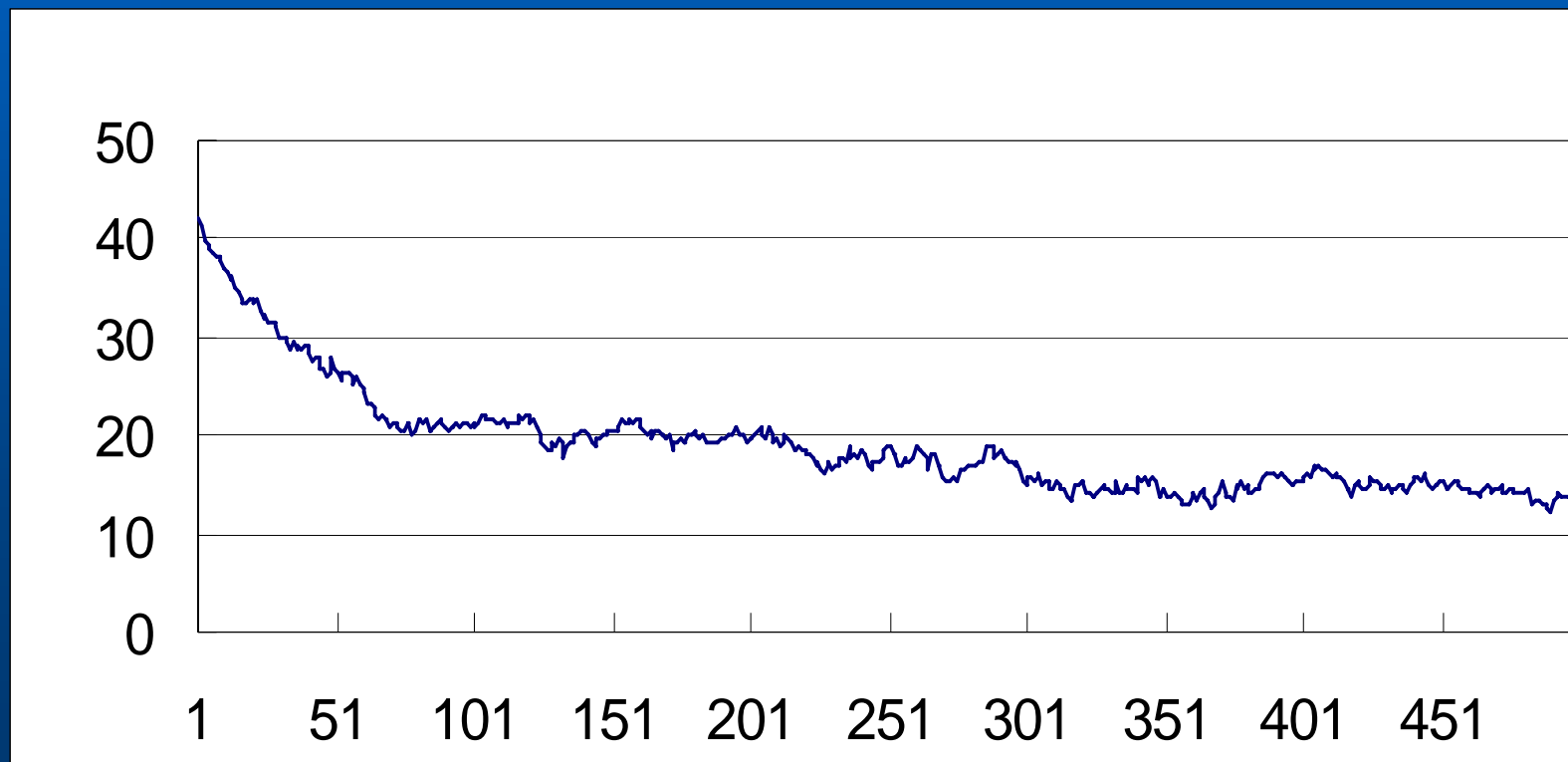
分揀系統的性能測量

以空間熵度量系統的收斂性

$$E_s = \sum_{I \in \{S\}} P_I \log P_I$$

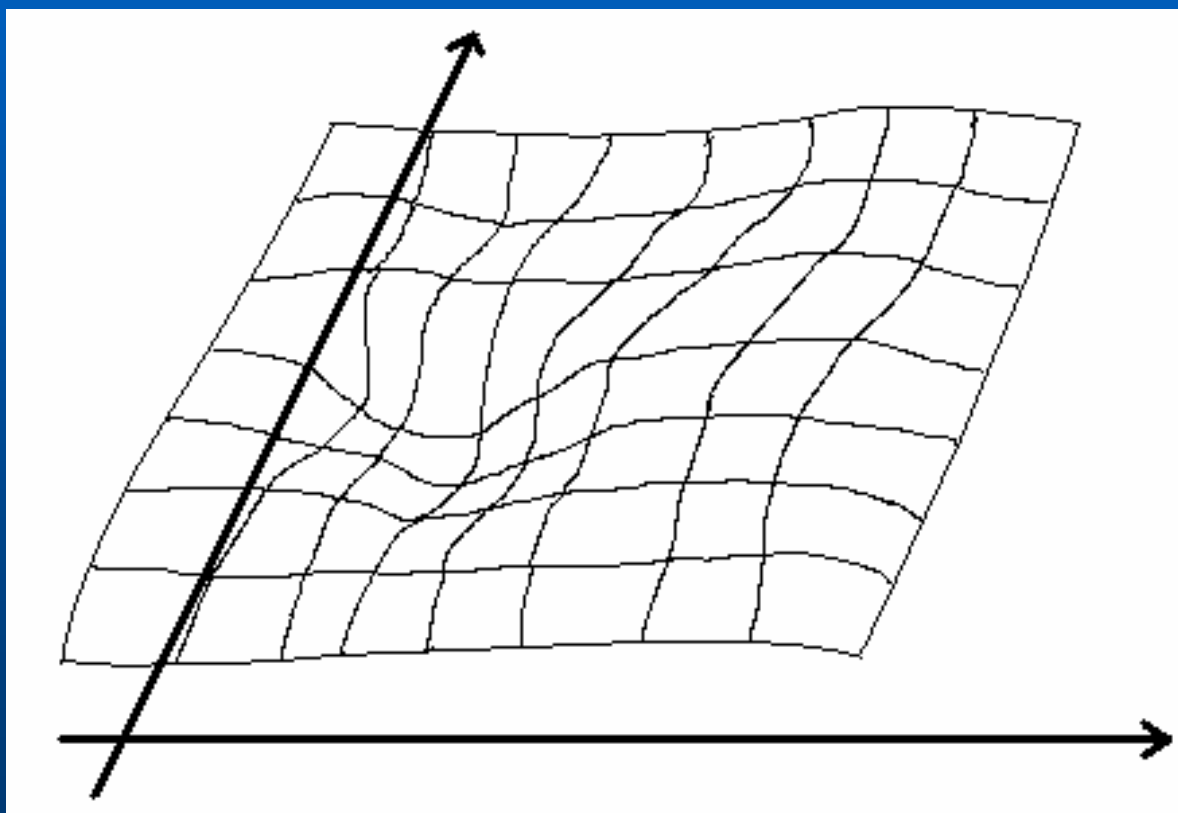


空間熵與分揀收斂





仿社會行為的群體搜尋





個體/社會行為的調節

個體經驗行為：

$$v_{j,d}(t) = v_{j,d}(t-1) + \phi_{j,d}^{(2)}(t)(x_{j,d}(t^{\#}) - x_{j,d}(t-1))$$

社會影響行為：

$$v_{j,d}(t) = v_{j,d}(t-1) + \phi_{j,d}^{(1)}(t)(x_{j,d}(t^*) - x_{j,d}(t-1))$$



仿社會行為的群體搜尋

調整搜尋速度：

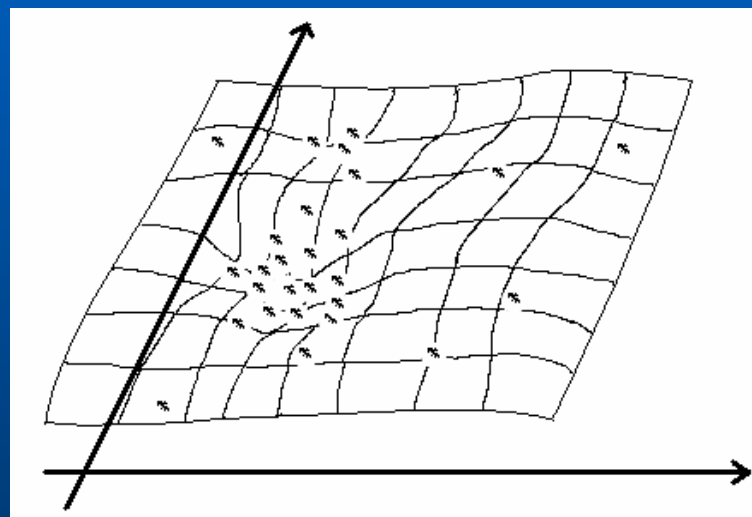
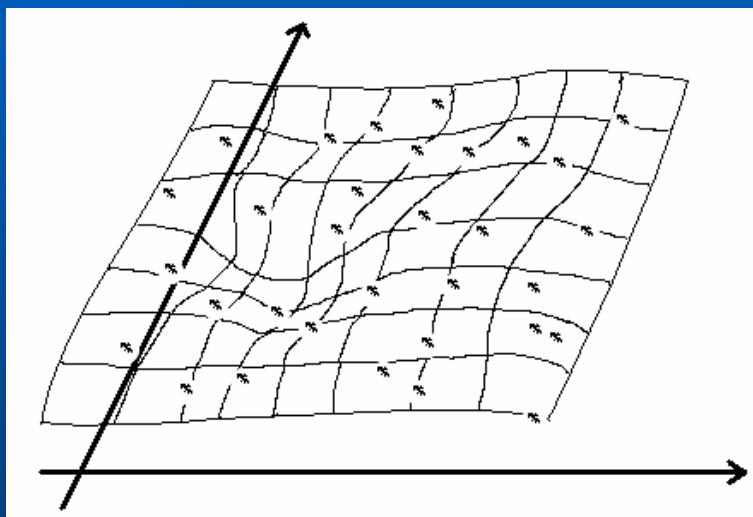
$$v_{j,d}(t) = v_{j,d}(t-1) + \phi_{j,d}^{(1)}(t)(x_{j,d}(t^*) - x_{j,d}(t-1)) \\ + \phi_{j,d}^{(2)}(t)(x_{j,d}(t^\#) - x_{j,d}(t-1))$$

新的搜尋位置：

$$x_{j,d}(t) = x_{j,d}(t-1) + v_{j,d}(t)$$



群體解題與最佳化



展示程式



仿螞蟻群體智慧的解題機制

Positive Feedback :

快速找到最佳解

Probabilistic Decision Making :

跳出區域性最佳解

Distributed Searching :

Anti-control的平行搜尋策略

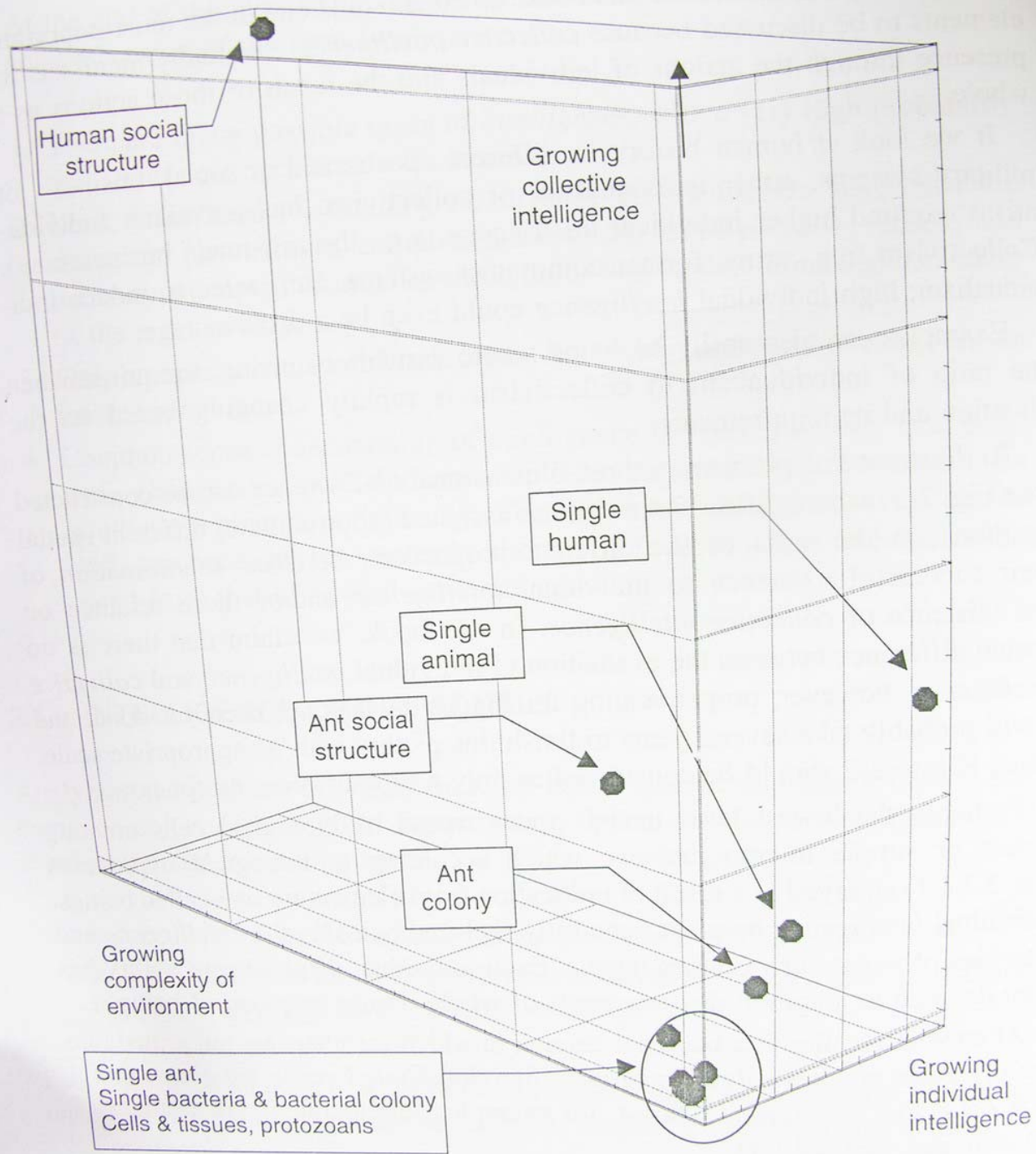


群體智慧的工程應用

- Design Optimization
- Data Mining by Clustering
- Adaptive Task Allocation
- Multi-robots System
- Meta-heuristics for Intelligent System
(Classification, Recognition, Prediction, Diagnosis...)



結語





結語

