



運算思維簡介

Introduction to Computational Thinking



什麼是運算思維



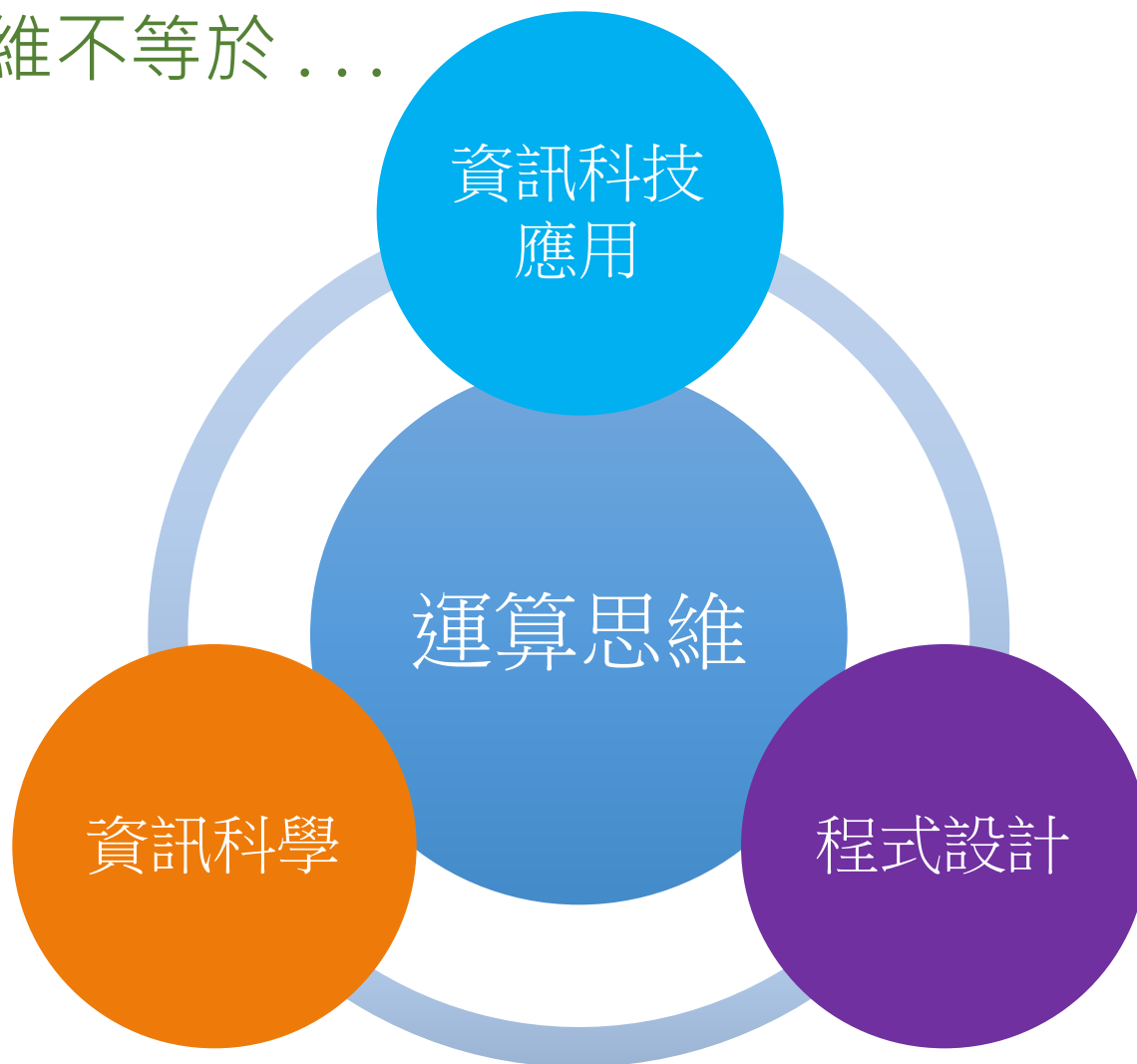
什麼是運算思維

- 運算思維的定義
- 運算思維的內涵



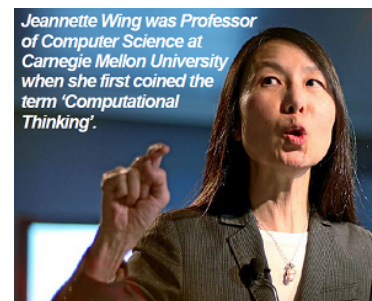
什麼是運算思維-定義

- 運算思維不等於 ...



什麼是運算思維-定義

- “運算思維是利用電腦科學的基本概念進行問題解決、系統設計與人類行為理解的思維模式”
(Wing, 2006)



- “運算思維讓我們能擁有電腦科學家面對問題時所持有一種的思維模式” (Grover & Pea, 2013)



資料來源：

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

Grover, S., & Pea, R. (2013). Computational Thinking in K-12: A Review of the State of the Field. Educational Researcher, 42(1), 38-43.



什麼是運算思維-定義

- 各國課綱所提及的運算思維定義
 - 美國CSTA¹「電腦科學」課程
 - 一種能利用電腦解決問題的思維，包含使用如抽象化、遞迴、迭代等概念來處理與分析資料，並產出實體與虛擬作品的能力(CSTA, 2011)
 - 澳洲「數位科技」課程
 - 利用數位科技設計與實作演算法解決問題的思維(ACARA, 2013)
 - 英格蘭「運算」課程
 - 一種凌駕於電腦軟硬體之上，能針對系統與問題提出思考架構的思維模式(DOEE, 2013)
 - 我國「資訊科技」課程
 - 具備運用運算工具之思維能力，藉以分析問題、發展解題方法，並進行有效的決策(國教院，2015)

註1：美國資訊科學教師組織 (Computer Science Teachers Association, CSTA)



什麼是運算思維-定義

- 根據Google的定義，運算思維包含
 - 抽象化: 為定義主要概念去識別並萃取相關資訊
 - 演算法設計: 產出有序指令以解決問題或完成任務
 - 自動化: 利用電腦或機器重覆任務
 - 資料分析: 透過歸納模式或發展深入分析方法以理解資料
 - 資料蒐集: 蒐集與問題解決相關的資料
 - 資料表示: 用適合的圖表、文字或圖片等表達與組織資料
 - 解析: 將資料、程序、問題拆解成較小、較容易處理的部分
 - 平行化: 同時處理大任務中的小任務以有效達到解題目的
 - 樣式一般化: 產生所觀察樣式的模型、規則、原則或理論以測試預測的結果
 - 樣式辨識: 在資料中觀察樣式、趨勢或規則
 - 模擬: 發展模型以模仿真實世界的程序

資料來源：Google (2015). Exploring Computational Thinking. Retrieved from <https://www.google.com/edu/resources/programs/exploring-computational-thinking/>

教育部運算思維推動計畫



什麼是運算思維-定義

- Grover & Pea認為運算思維應包含

- 抽象化與樣式一般化
 - 模型化
 - 模擬
- 系統化資訊處理
- 符號系統與表示
- 演算法與流程控制
 - 迭代、遞迴與平行思考
 - 條件式邏輯
- 結構化問題解析
- 效能分析
- 除錯與系統化偵錯



什麼是運算思維-定義

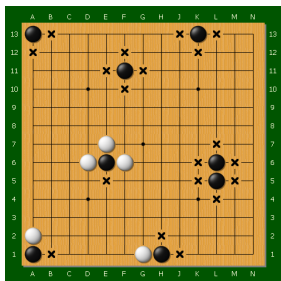
- 各文獻所提出的運算思維內涵

	Wing (2006)	Google (2010)	Barr & Stephenson (2011)	CSTA (2011a)	CSTA (2011b)	ISTE & CSTA (2011)	Lee et al. (2011)	Grover & Pea (2013)
Abstraction	V	V	V	V	V	V	V	V
Simulation	V		V	V	V	V		V
Algorithm design & procedure		V	V	V	V			V
Data analysis		V	V		V	V	V	
Data representation			V	V	V	V		V
Problem decomposition	V	V	V		V			V
Automation			V		V	V	V	
Modelling		V		V		V		V
Problem solving				V		V	V	
Parallelization			V		V			V
Data collection			V		V			
Pattern generalization		V				V		V
Transformation	V					V		
Conditional logic								V
Connection to other fields				V				
Debug & error detection								V
Efficiency & performance constraint								V
Pattern recognition		V						
Reduction	V							
Systematic processing								V
Visualization		V						

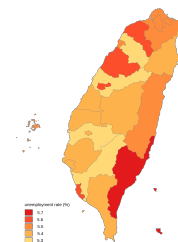
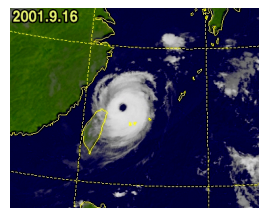
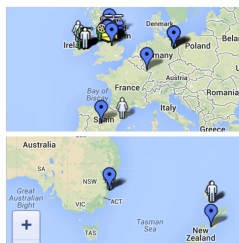
什麼是運算思維-定義

- 運算思維與問題解決

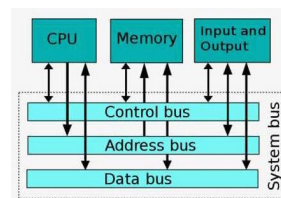
實體世界問題



$$\frac{\partial}{\partial a} \ln f_{a, \sigma^2}(\xi_i) = \frac{(\xi_i - a)}{\sigma^2} f_{a, \sigma^2}(\xi_i) - \frac{1}{2\sigma^2}$$
$$\int \tau(x) \cdot \frac{\partial}{\partial \theta} f(x, \theta) dx = M \left(\tau(\xi) \cdot \frac{\partial}{\partial \theta} f_{\theta}(\xi) \right)$$
$$\int \tau(x) \left(\frac{\partial}{\partial \theta} \ln f(x, \theta) \right) f(x, \theta) dx = \int \tau(x) \left(\frac{\partial}{\partial \theta} \ln f_{\theta}(x) \right) f_{\theta}(x) dx = \int \tau(x) f_{\theta}(x) dx = \int \tau(x) f_{\theta}(x) dx$$

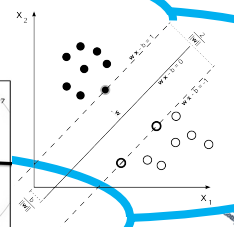
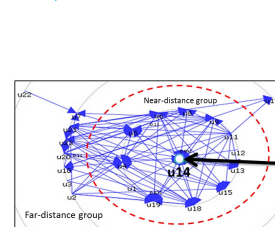
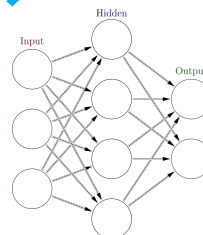
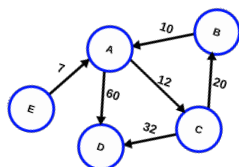
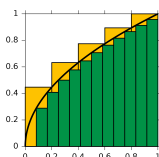
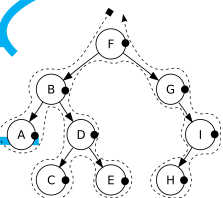


```
public VocabularyAdapter(Context context, Vocabulary vocabulary, ArrayList<Vocabulary> examples) {  
    this.mContext = context;  
    this.layoutInflater = LayoutInflater.from(mContext);  
    this.vocabulary = vocabulary;  
    this.examples = examples;  
}  
  
@Override  
public int getCount() {  
    return examples.size()+1;  
}
```



運算工具

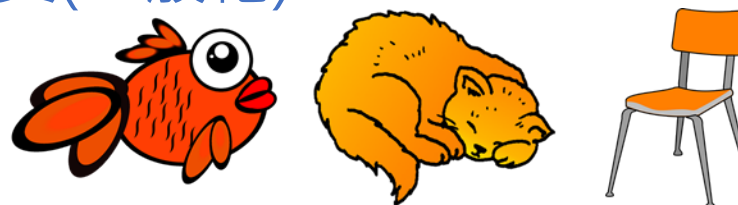
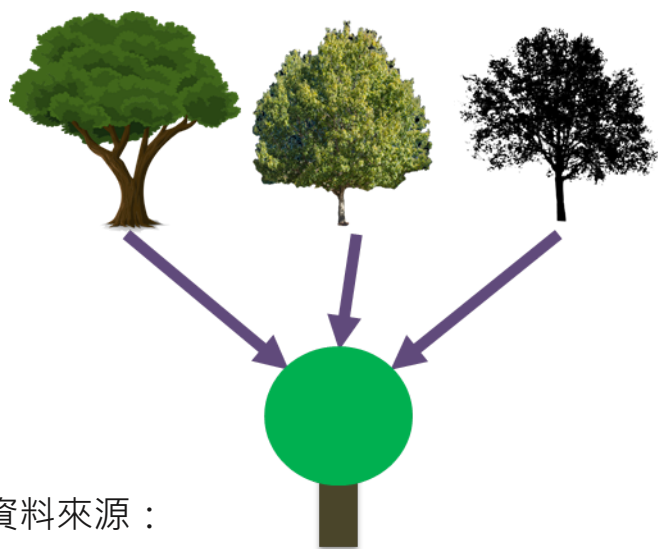
運算思維



教育部運算思維推動計畫

什麼是運算思維-內涵

- 抽象化(Abstraction)
 - 除去細節以簡化並聚焦於重點
 - 辨識與描述普遍化的性質(一般化)



I have two orange fish.

I have three orange cats.

I have two orange chairs.

I have ____ orange ____.

資料來源：

Kramer, J. (2007). Is abstraction the key to computing?. Communications of the ACM, 50(4), 36-42.



什麼是運算思維-內涵

- 藝術的抽象化



國王的哀愁



Icarus的墜落



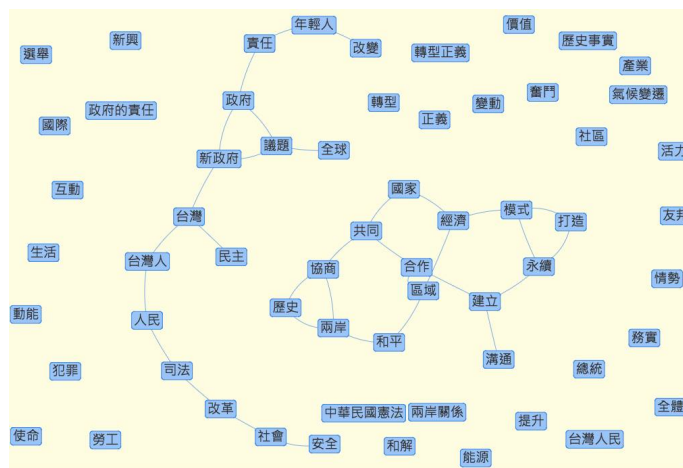
什麼是運算思維-內涵

- 語文的抽象化

Fault: Clara not only wants money but also fame.

Correct: Clara wants not only money but also fame.

Correct: Clara not only wants money but also wants fame.



什麼是運算思維-內涵

- 日常生活中的抽象化

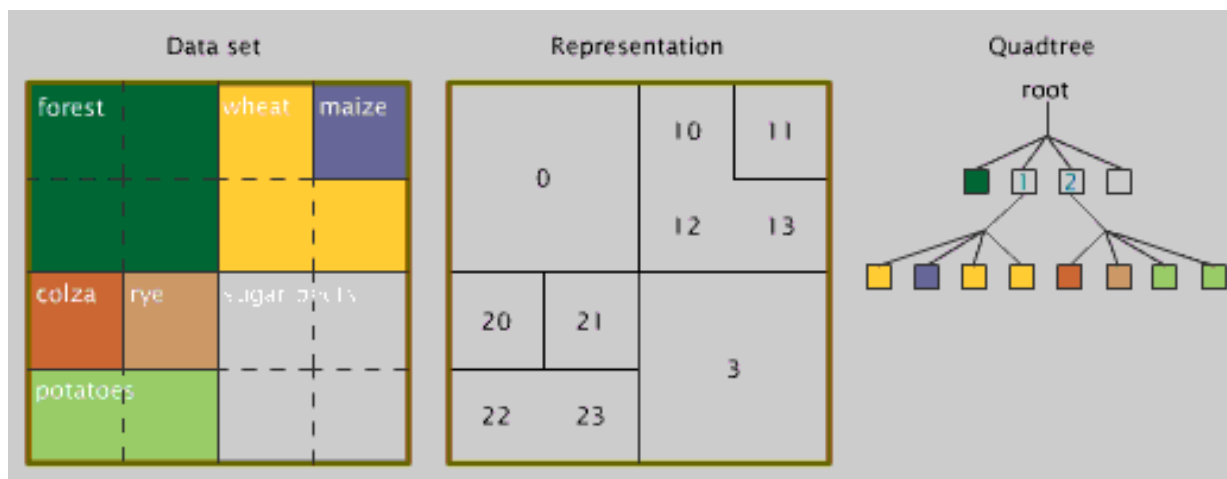


臺北大眾捷運股份有限公司 版權所有
Copyright © Taipei Rapid Transit Corporation



什麼是運算思維-內涵

- 運算的抽象化



圖片來源：

http://www.gitta.info/SpatPartitio/en/html/RegDecomp_learningObject3.html

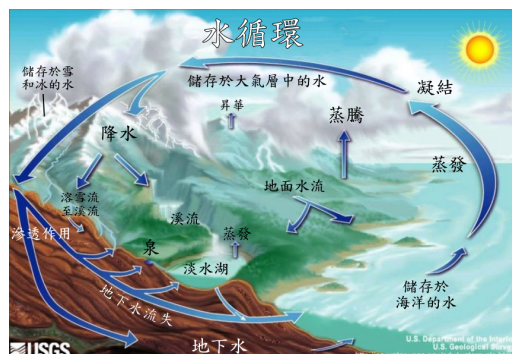
什麼是運算思維-內涵

- 抽象化包含哪些歷程？
 - 辨識並擷取與解題相關的關鍵部分，抽取基本的解題單元，以重複利用此一解題單元，並擴展解題領域
→ 樣式辨識/一般化
 - 從複雜的現實世界映射到簡化的抽象模型
→ 模型化、模擬



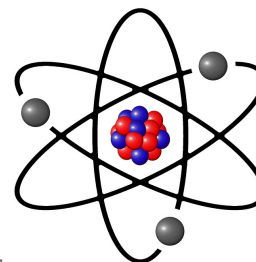
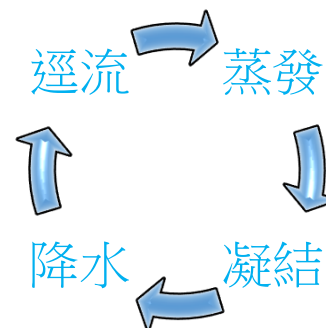
什麼是運算思維-內涵

- 樣式一般化(Pattern generalization)
 - 產出共通的模式、規則、原則或理論



圖片來源：

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%B0%B4%E5%BE%AA%E7%8E%AF>



圖片來源：

<http://www.businessinsider.com/scientists-can-now-see-individual-atoms-2012-9>

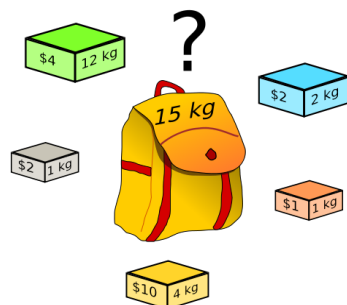
教育部運算思維推動計畫



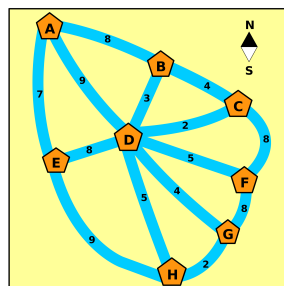
什麼是運算思維-內涵

• 樣式辨識(Pattern recognition)

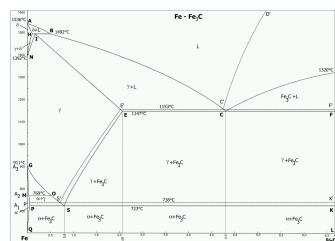
問題



辨識資料表示樣式



$$V_n(j) = \text{Min}\{d_{ij} + V_{n-1}(i)\}, 1 \leq j \leq N$$



$$\begin{aligned} &\text{maximize} && \sum_{i \in 1..j} v_i x_i \\ &\text{subject to} && \sum_{i \in 1..j} w_i x_i \leq k \\ &&& x_i \in \{0, 1\} \quad (i \in 1..j) \end{aligned}$$

辨識演算法樣式

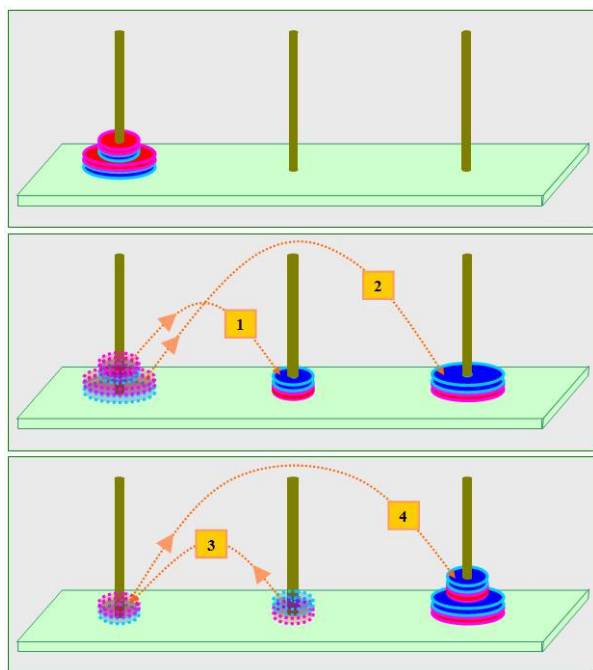
	A	B	C	D	E	F	G	H
第一步	0	0	0	0	0	0	0	0
第二步	0	8	0	9	7	0	0	0
第三步	0	8	12	11	17	14	13	14
第四步	0	8	12	14	19	20	15	16
第五步	0	8	12	14	22	20	28	19
第六步	0	8	12	14	22	20	18	31

Capacity	0	1	2	3
0	0	0	0	0
1	0	0	0	0
2	0	0	0	3
3	0	0	0	3
4	0	5	5	5
5	0	5	6	6
6	0	5	6	8
7	0	5	6	9
8	0	5	6	9
9	0	5	11	11

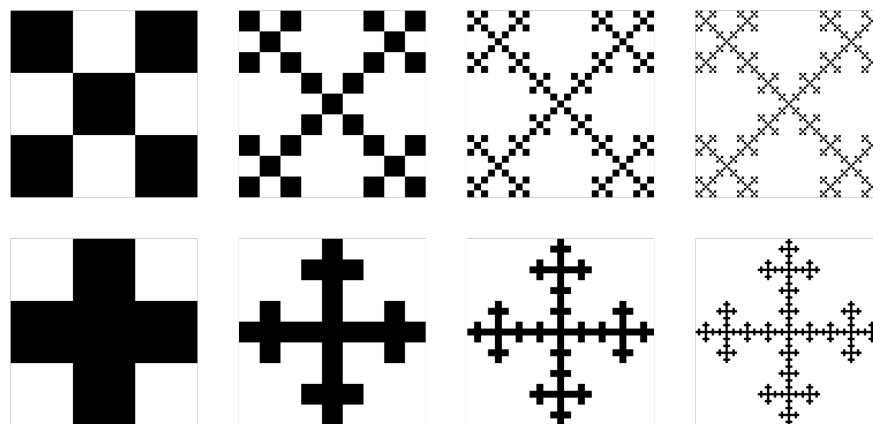


什麼是運算思維-內涵

- 樣式辨識與一般化讓運算發揮其能力



河內之塔：透過解題規則的找尋，讓運算幫我們處理人腦難以運作的盤子數量。

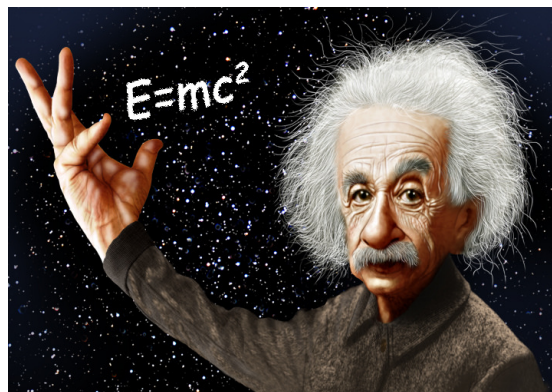


碎形：透過繪製規則的找尋，讓運算幫我們繪製人類難以處理的複雜圖形。



什麼是運算思維-內涵

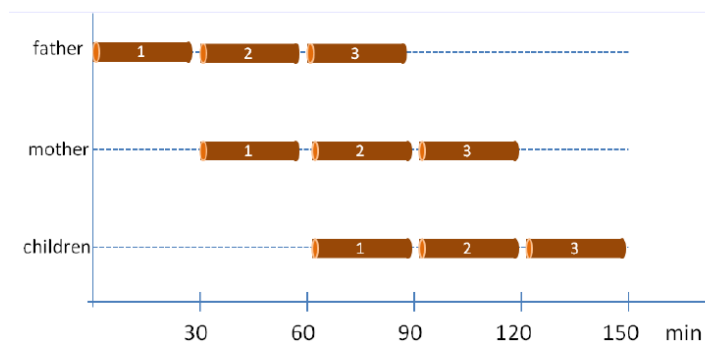
- 模型化(Modelling)
 - 根據不同需求(為了容易瞭解、定義、量化、視覺化或模擬等)，將複雜的現象以簡化的方式表達
 - 可用以將抽象的概念視覺化
 - 可作為實驗結果闡釋的依據
 - 可作為預測的基礎



什麼是運算思維-內涵

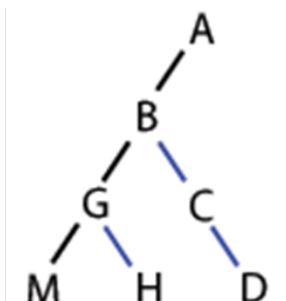
- 演算法思維(Algorithmic thinking)
 - 產出有序指令以解決問題或完成任務

		
Father gnaws the tree	Mother hauls the tree	Little beavers gnaw all branches

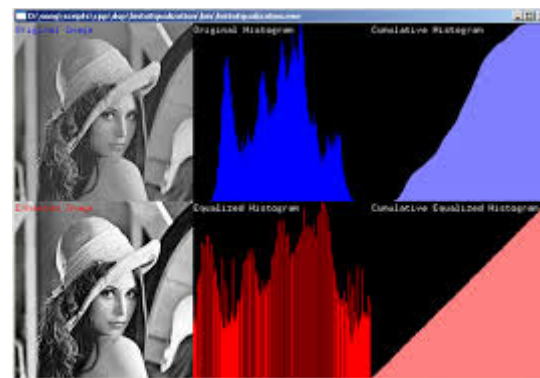
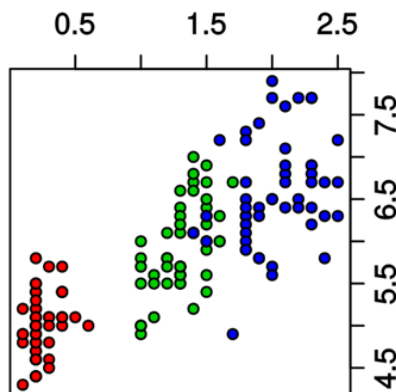


什麼是運算思維-內涵

- 資料表示(Data representation)
 - 用適合的圖表、文字或圖片等表達與組織資料



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	B	null	G	C	null	null	M	H	D



圖片來源：

https://www.opengl.org/discussion_boards/showthread.php/124961-Increasing-Brightness-Contrast-of-an-Image





運算思維的重要性



運算思維的重要性-日常生活

- 美國卡內基梅隆大學教授 Jeannette M. Wing 認為在基礎語言能力中應該加入電腦運算的因素，在讀、寫和算數之外，還需要該加上電腦運算的概念：「電腦運算思考的技巧，並不是只有電腦科學家的專利，而是每個人都應該具備的能力及素養。」
- 日常生活與運算的關係愈來愈密切
 - 社交網路
 - 智慧型居家
 - 醫療
 - 交通
 - 購物
 - ...
- 具備運算思維能更善用運算解決日常生活問題



運算思維的重要性-職涯發展

- 科學與工程領域

- 利用運算模擬建築結構，以確認安全性
- 利用運算預測氣象，以增加準確性

- 人文與社會領域

- 利用運算分析並優化廣告投放策略
- 利用運算分析人口老化趨勢與醫療資源分布

- 藝術領域

- 利用運算建構三維動畫
- 利用運算創作數位音樂





如何培養運算思維



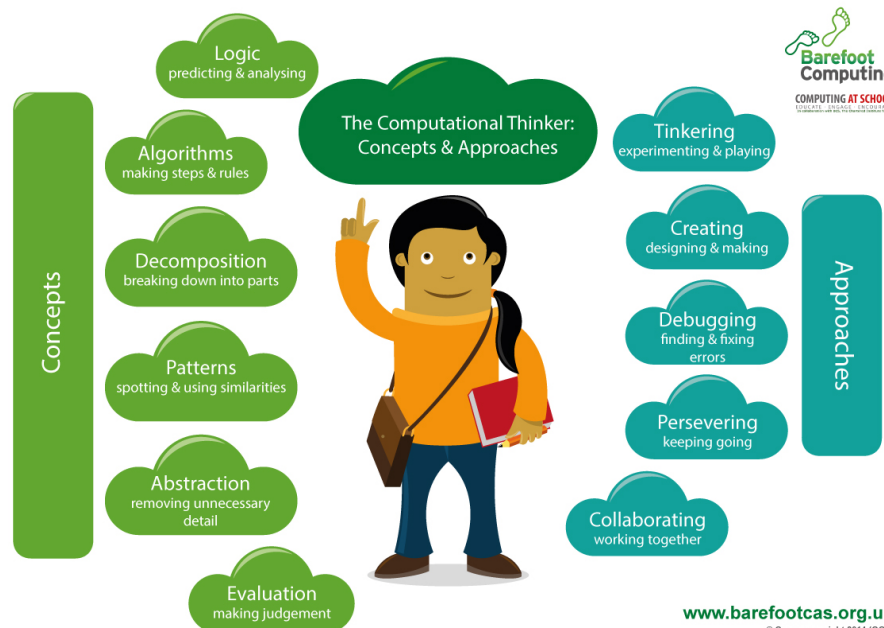
如何培養-運算思維與資訊科技課綱

• 各國課綱與運算思維

美國CSTA電腦科學課程



英格蘭運算課程



CSTA (2011). CSTA K-12 computer science standards. The ACM K-12 Education Task Force. Retrieved from

http://www.csta.acm.org/Curriculum/sub/CurrFiles/CSTA_K-12_CSS.pdf

教育部運算思維推動計畫

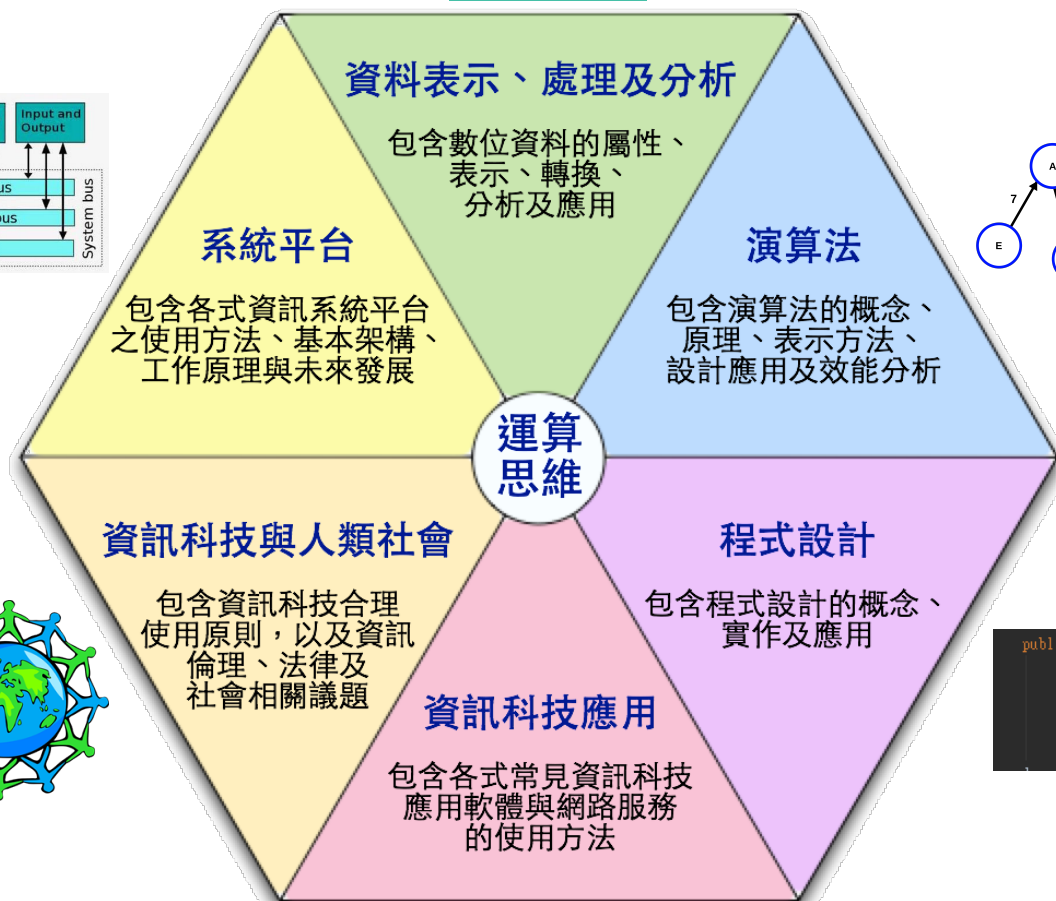
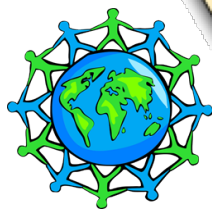
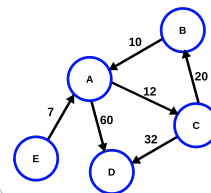
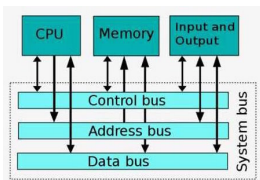
<http://www.barefootcas.org.uk>

www.barefootcas.org.uk
© Crown copyright 2014 (OGL)



如何培養-運算思維與資訊科技課綱

• 我國課綱與運算思維



```
public VocabularyAdapter(Context co  
    this.mContext = context;  
    this.layoutInflater = LayoutInf  
    this.vocabulary = vocabulary;  
    this.examples = examples;
```



如何培養-運算思維與其他學科領域

• 運算思維元素於各領域之應用範例

運算思維元素	各領域應用範例				
	資訊科學	數學	科學	社會研究	語言藝術
抽象化	使用程序來封裝一組經常重複使用的指令；使用函數；使用條件敘述、迴圈、遞迴等	使用代數的變數；辨識應用問題中的基本事實；研究代數函數並與程式函數比較；使用迭代(iteration)來解決應用問題	為一個物理的實體建立模式	總結事實，從事實中演繹結論	使用明喻和隱喻；寫有分支的故事
問題解析	定義物件和方法；定義main和functions	利用表示式表達運算順序	對物種進行分類		撰寫大綱
資料表示	使用資料結構，例如：陣列(array), 鏈結串列(linked list), 堆疊(stack), 佇列(queue), 圖(graph), 雜湊表(hash table)等	用長條圖、圓餅圖表示資料；使用集合、數列、圖等表示資料	從實驗資料做出結論	總結並表達趨勢	為不同句型呈現其樣式
模式化與模擬	利用動畫呈現演算法，參數掃值(parameter sweeping)	繪製笛卡爾平面上的函數並修改變數的值	模擬太陽系運動	玩世紀帝國、Oregon trail	重現一個故事
演算法思維	學習經典演算法；針對某一領域的問題實作演算法	做長除法、因數分解；作加減法的進位	進行實驗程序		撰寫操作說明

各領域培養運算思維

- 程式設計融入教學是各領域培養運算思維的可行方法

