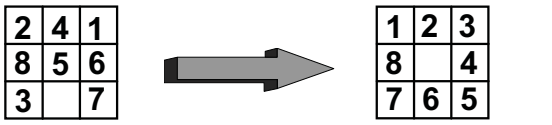
2. Problems, Problem Spaces and Search

สิ่งที่ต้องทำในการแก้ปัญหาหนึ่งๆ คือ

1. นิยามปัญหาอย่างชัดเจน แสดงสถานการณ์ปัจจุบัน (initial situation), สถานการณ์สุดท้าย (final situation) หรือคำตอบของปัญหา
2. วิเคราะห์ปัญหา
3. หาความรู้ที่ใช้ในการแก้ปัญหาว่ามีอะไรบ้าง
4. เลือกเทคนิคแก้ปัญหาที่เหมาะสม

2.1 นิยามปัญหาในรูปของ State Space Search

- ปัญหา 8-Puzzle: 8-Puzzle ประกอบด้วยถาดขนาด 3x3 ซึ่งภายในบรรจุแผ่นป้ายขนาด 1x1 จำนวน 8 แผ่นในแต่ละแผ่นจะมีหมายเลขแสดง และมีช่องว่างอยู่ 1 ช่อง แผ่นป้ายสามารถเลื่อนเข้ามาแทนที่ได้
- ปัญหาคือให้เลื่อนแผ่นป้ายเหล่านี้จากตำแหน่งเริ่มต้นให้เป็นตำแหน่งสุดท้ายซึ่งเป็นคำตอบ



ตำแหน่งเริ่มต้น ตำแหน่งสุดท้าย

State Space Search

ในการนิยามปัญหาในรูปของ state space search นั้น

- นิยาม state ให้แสดง objects ทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา
- เราให้ initial state แทนตำแหน่งเริ่มต้นและ final state (goal state) แทนตำแหน่งสุดท้าย
- หากฎที่ใช้เปลี่ยน state จาก state หนึ่งไปอีก state หนึ่ง เราเรียกกฎเหล่านี้ว่า operators
- ใช้เทคนิคของ search ในการเปลี่ยนจาก initial state ไปยัง goal state

State Space Search (cont.)

<u>Operators ของ 8-Puzzle</u>

- แผ่นป้ายหนึ่งๆ จะเลื่อนมาที่ช่องว่างได้ถ้าอยู่ติดกับช่องว่าง และ state จะเปลี่ยนจาก state เดิมไปยัง state ใหม่ซึ่งตำแหน่งของแผ่นป้ายสลับที่กับตำแหน่งของช่องว่าง

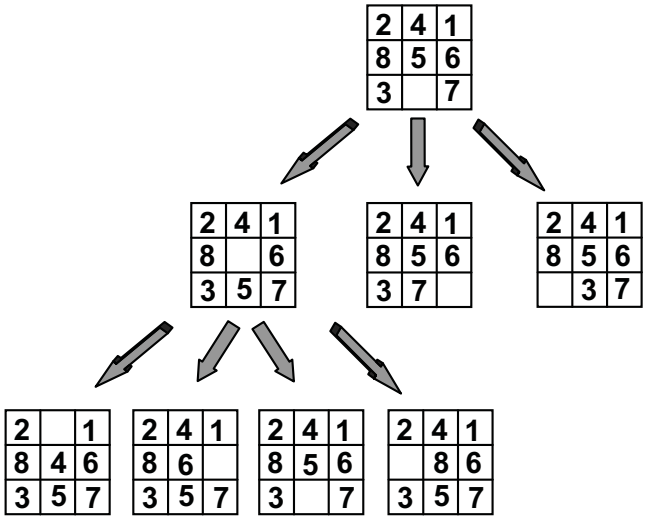
1 ด้านบนของช่องว่างมีแผ่นป้าย → สลับตำแหน่งของช่องว่างกับแผ่นป้าย

2 ด้านขวาของช่องว่างมีแผ่นป้าย → สลับตำแหน่งของช่องว่างกับแผ่นป้าย

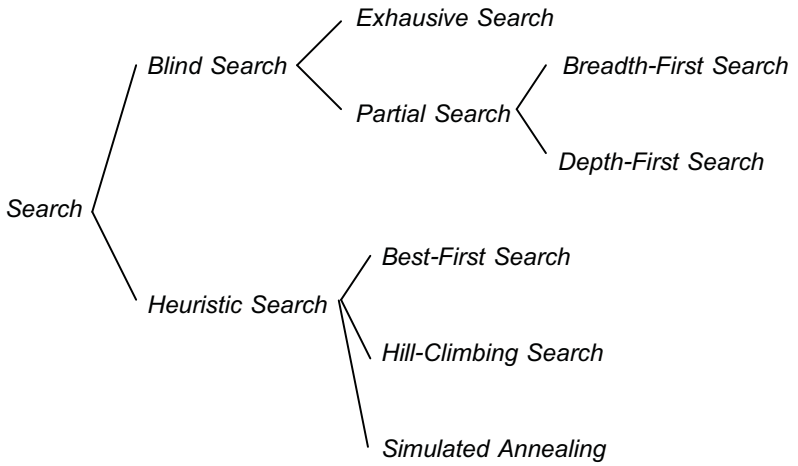
3 ด้านล่างของช่องว่างมีแผ่นป้าย → สลับตำแหน่งของช่องว่างกับแผ่นป้าย

4 ด้านซ้ายของช่องว่างมีแผ่นป้าย → สลับตำแหน่งของช่องว่างกับแผ่นป้าย

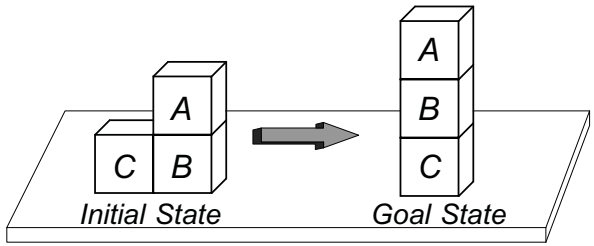
State Space Search (cont.)



2.2 Search Techniques in AI



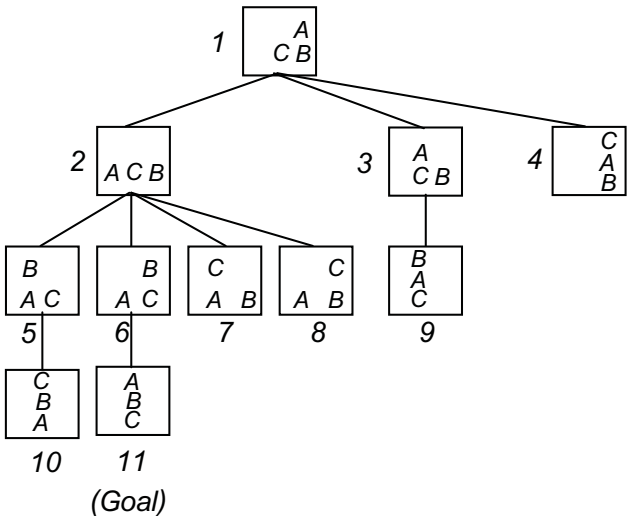
Block World Problem



Operators

1. block X ไม่มี block อื่นทับ → วาง X บนโต๊ะ
2. block X และ Y ไม่มี block อื่นทับ → วาง X บน Y

BFS of Block World Problem

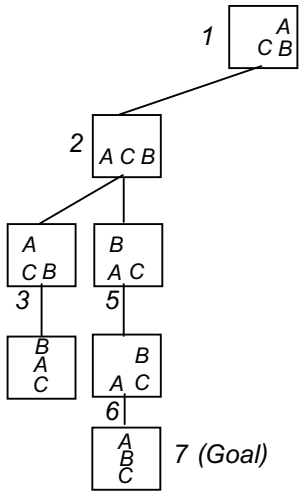


Breadth-First Search

Algorithm Breath-First Search

1. NODE-LIST := {initial state}
2. UNTIL ค้นพบ goal state หรือ NODE-LIST ว่าง DO
   2.1 ดึงสมาชิกตัวแรก (ให้ชื่อว่า E) ออกจาก NODE-LIST
   2.2 FOR EACH operator ที่ match กับ E DO
      2.2.1 ใช้ operator นั้นสร้าง state ใหม่
      2.2.2 IF state ใหม่เป็น goal state THEN quit และคืนค่า state นี้
         ELSE เพิ่ม state ใหม่นี้เข้าที่ท้ายของ NODE-LIST

DFS of Block World Problem



Depth-First Search

Algorithm Depth-First Search

1. IF initial state=goal state THEN quit และคืนค่า success
   ELSE UNTIL success หรือ failure DO
      1.1 สร้าง successor (ให้ชื่อว่า E) ของ initial state
         โดยoperator
         IF ไม่มี successor THEN คืนค่า failure
      1.2 เรียก Depth-First Search โดยให้ E เป็น initial state
      1.3 IF มีการคืนค่าของ success THEN คืนค่า success
         ELSE ทำซ้ำลูปนี้

Comparison Between BFS and DFS

ข้อดีของDepth-First Search

- ใช้ memory น้อยกว่า Breadth-First Search เพราะว่า states ใน current path เท่านั้นที่ถูกเก็บ
- ถ้าโชคดี Depth-First Search จะพบคำตอบโดยไม่ต้องค้นหา space มากเกินความจำเป็น แต่ถ้าเป็น Breadth-First Search states ที่ระดับ n+1 จะถูกกระจายออกมาก็ต่อเมื่อstatesที่ระดับ n ทุกตัวถูกกระจายหมดแล้วเท่านั้น

Comparison Between BFS and DFS (Cont.)

ข้อดีของBreadth-First Search

- จะไม่ติด path ที่ลึกมากๆโดยไม่พบคำตอบ
- ถ้ามีคำตอบ Breadth-First Search ประกันได้ว่าจะพบคำตอบแน่ๆ และจะได้ path ที่สั้นที่สุดด้วย (สมมุติว่าระยะห่างหรือ cost ระหว่าง 2 states ใดๆมีค่าเท่ากันหมด)
- สาเหตุที่สามารถรับประกันอย่างนี้ได้เพราะ paths ที่ยาวกว่าจะไม่ถูกกระจายออกมา ถ้า paths ที่สั้นกว่ายังกระจายไม่หมดทุก paths

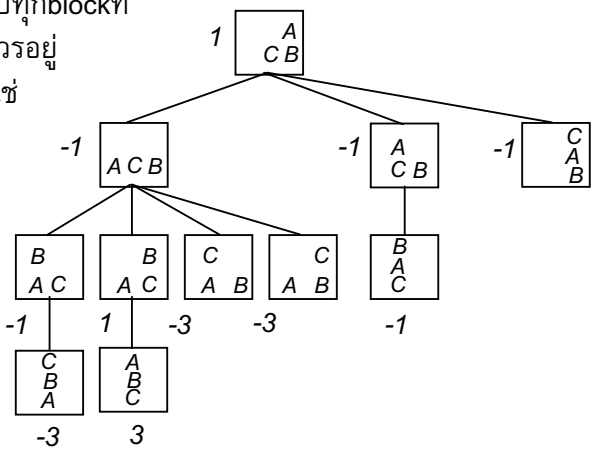
Heuristic Search

- Heuristic เป็นเทคนิคที่ใช้เพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการ search โดยยอมให้ขาดความสมบูรณ์ (completeness)คืออาจไม่พบคำตอบ
- Heuristic function เป็นฟังก์ชั่นที่ map จาก state ไปยังตัวเลขที่ชี้ว่า state นี้เข้าใกล้ goal state มากเท่าไร (ยิ่งมากเท่าไรยิ่งมีโอกาสที่จะเปลี่ยนเป็น goal state มากเท่านั้น)
- Heuristic เป็นสิ่งที่ใช้ไกด์ search ว่าควรจะค้นหาไปในทิศทางใด
- ถ้า heuristic function ดี เราจะไม่ต้องกระจายstateที่ไม่จำเป็นในการนำไปสู่ goal state เลย
- แต่ถ้าไม่ดีอาจทำให้กระบวนการ search หลงไปในทิศทางที่ผิดได้

Traveling Salesman Problem

Examples of Heuristic Functions

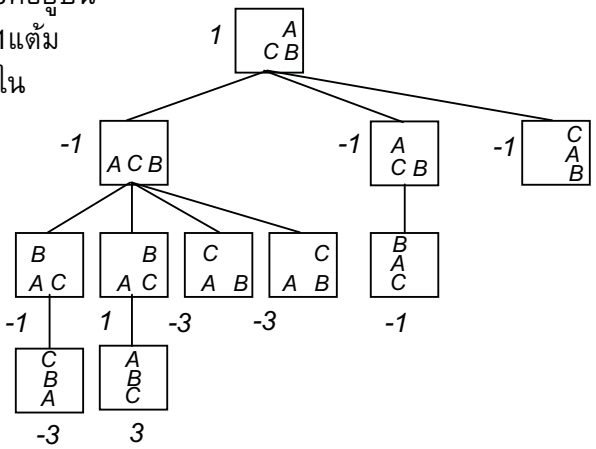
- h1: บวก1แต้มให้กับทุกblockที่วางอยู่บนสิ่งที่มันควรอยู่ และลบ1แต้มถ้าไม่ใช่



Examples of Heuristic Functions

- h2: สำหรับทุกblocksที่อยู่บนโครงสร้างที่ถูก บวก1แต้ม ให้กับทุกblocksที่อยู่ในโครงสร้างนั้น

  และลบ1แต้มสำหรับทุกblocksที่อยู่ในโครงสร้างที่ผิด



โครงสร้าง คือ blockที่เรียงตัวกันในแนวดิ่ง ไม่รวมโต๊ะ

Examples of Heuristic Functions

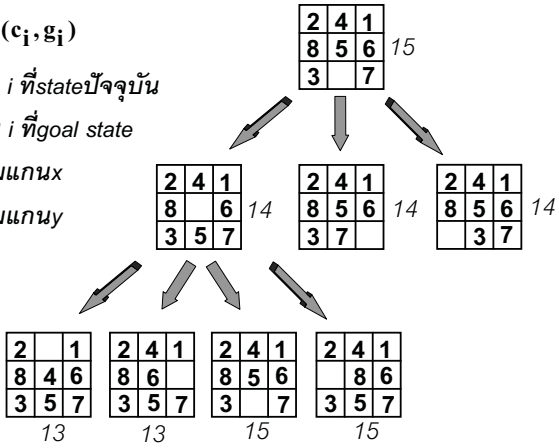
$$h = \sum_{i=1}^{8} d_x(c_i, g_i) + \sum_{i=1}^{8} d_y(c_i, g_i)$$

c_i - co-ordinateของแผ่นป้าย i ที่stateปัจจุบัน

g_i - co-ordinateของแผ่นป้าย i ที่goal state

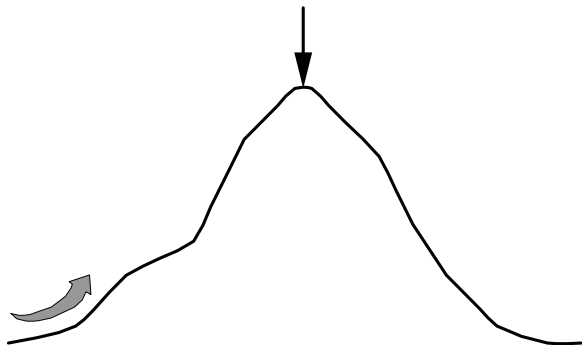
d_x - ระยะห่างของc_iกับg_iตามแกนx

d_y - ระยะห่างของc_iกับg_iตามแกนy

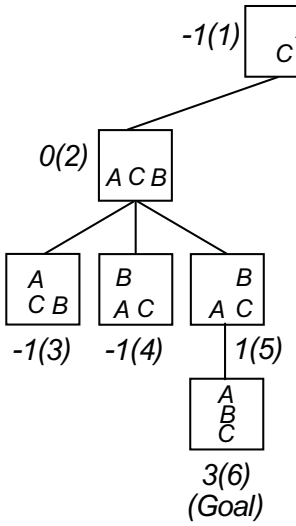


* กรณีนี้ค่าhยิ่งน้อยยิ่งดี (ต้องการminimize)

Hill Climbing



An Example of Hill Climbing



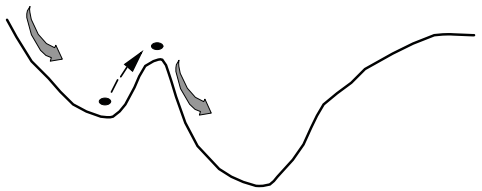
h(i) : stateที่iซึ่งมีค่าheuristicเท่ากับh

Hill Climbing

Algorithm Simple Hill Climbing

1. Evaluate initial state
   IF initial state=goal state THEN คืนค่า initial state และ quit
   ELSE current state := initial state
2. UNTIL พบgoal state หรือ ไม่มี operator ที่ใช้เปลี่ยน current state ได้ DO
   2.1 เลือก operator ที่ยังไม่ได้ใช้กับ current state เพื่อผลิต new state
   2.2 Evaluate new state
      IF new state=goal state THEN คืนค่า new state และ quit
      ELSE IF ค่า heuristic ของ new state ดีกว่า
         THEN current state := new state
         ELSE IF ค่า heuristic ของ new state ไม่ดีกว่า THEN ทำต่อ

Simulated Annealing



- เป็น variation หนึ่งของ hill climbing ซึ่งยอมให้ search ไปในทางที่ไม่ดีในช่วงเริ่มต้นของกระบวนการ search
- เป็น simulation ของ annealing ใน physics ซึ่งเป็นกระบวนการหลอมละลายของของแข็งจากจุดที่อุณหภูมิสูงและค่อยๆเย็นลง แล้วจึงเข้าสู่สภาวะสุดท้ายซึ่งเป็นสภาวะที่มีพลังงานต่ำสุด

Simulated Annealing

- โดยทั่วไปสสารจะเปลี่ยนจาก higher energy state ไป lower energy state แต่ก็มีความน่าจะเป็น(**p**)ที่จะเป็นจาก lower energy state ไป higher energy state ตาม

$$P = e^{-\Delta E/kT}$$

โดยที่ ΔE คือ ระดับพลังงานที่เปลี่ยน(มีค่าเป็นตัวเลขบวก)

T คือ อุณหภูมิ

k คือ ค่าคงที่

- ให้ความน่าจะเป็นที่ search จะไปในทิศทางที่ไม่ดีด้วยความน่าจะเป็น

$$P = e^{-\Delta E/T}$$

โดยที่ ΔE คือ ค่าของheuristicที่เปลี่ยนไป,

T คือ อุณหภูมิ(annealing schedule)

Simulated Annealing

Algorithm Simulated Annealing

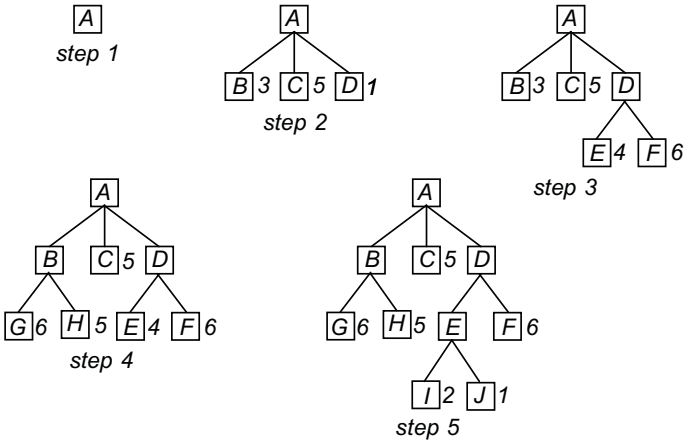
1. Evaluate initial state
   IF initial state=goal state THEN คืนค่า initial state และ quit
   ELSE current state := initial state
2. BEST-SO-FAR := current state
3. T := constant
4. UNTIL พบคำตอบ หรือ ไม่มี operator ที่ใช้เปลี่ยน current state ได้ DO
   4.1 เลือก operator ที่ยังไม่ได้ใช้กับ current state เพื่อผลิต new state
   4.2 Evaluate new state

Simulated Annealing

dE := |(ค่าheuristicของcurrent state) – (ค่าheuristicของnew state)|
IF new state=goal state THEN คืนค่า new state และ quit
ELSE IF ค่า heuristic ของ new state ดีกว่าของ current state
THEN current state := new state;
IF ค่า heuristic ของ new stateดีกว่าของ BEST-SO-FAR
THEN BEST-SO-FAR := new state
ELSE ให้ current state มีค่าเป็น new state ด้วยความน่าจะเป็นเท่ากับ p
IF p มีค่ามากกว่าค่า random(0ถึง1)
THEN current state := new state

4.3 เปลี่ยนค่า T ตามความจำเป็น
5. คืนค่า BEST-SO-FAR เป็นคำตอบ

Best-First Search



* ต้องการminimize

Best-First Search

Algorithm Best-First Search
1. OPEN := {initial state}
2. UNTIL พบ goal state หรือ ไม่มี state เหลืออยู่ใน OPEN DO
2.1 ดึง state ที่มีค่า heuristic ดีที่สุดออกจากOPEN
2.2 IF (X=goal state) THEN คืนค่า X เป็นคำตอบ
2.3 สร้าง successors ของ state นั้น
2.4 FOR EACH successor DO
2.4.1 IF successor ยังไม่เคยถูกสร้างขึ้นมาเลย THEN
เติม successor ใส่ใน OPEN และจำ parent state ไว้
2.4.2 IF successor เคยถูกสร้างขึ้นมาแล้วและpathใหม่นี้ดีกว่าเดิม
THEN เปลี่ยน parent state และ update cost ใหม่

Best-First Search

Best-First Search ทำงานคล้ายกับ hill-climbing โดยมีข้อแตกต่างคือ

- ในกรณีของ hill-climbing จะเลือก state ที่ดีที่สุดและเดินไปทางนั้น โดยที่ states อื่นๆที่ถูกสร้างจาก parent state เดียวกันจะถูกทิ้งไป แต่ในกรณีของ Best-First Search จะเก็บ states เหล่านี้ไว้ เพื่อใช้ในอนาคต เมื่อ path ที่เดินไปไม่ดีเท่า states เหล่านี้
- Hill-climbing จะหยุดเมื่อ successors มีค่าไม่ดีเท่า current state แต่ในกรณีของ Best-First Search state ที่มีค่า heuristic ดีที่สุดในปัจจุบันจะถูกเลือกแม้ว่าจะมีค่าไม่ดีเท่า state ที่เคยเลือกก็ตาม

A* Algorithm

- Best-First Search เป็น algorithm อย่างง่ายของalgorithm A*
- ในบางปัญหาเราแยก heuristic function f‘ (f' -- เป็นฟังก์ชั่น โดยประมาณของ f ซึ่งเป็นฟังก์ชั่นจริงที่ไม่รู้) ของ state s ใดๆ ออกเป็น 2 ส่วนคือ

$$f'(s) = g(s) + h'(s)$$

โดยที่ g คือฟังก์ชั่นที่คำนวณ cost จาก initial state ถึง current state

h' คือฟังก์ชั่นที่ประมาณ (estimate) cost จาก current state ถึง goal state

f' จึงเป็นฟังก์ชั่นที่ประมาณ cost จาก initial state ถึงgoal state (stateที่ดี f'จะมีค่าน้อย)

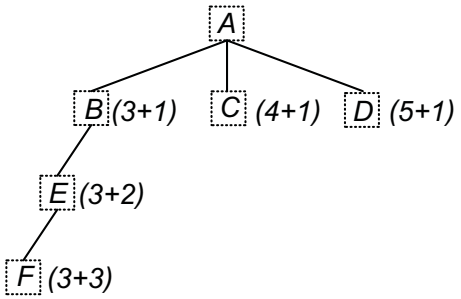
A* Algorithm

<u>จุดเด่นของ A* ที่แตกต่างจาก Best-First Search</u>

- การใช้ g ร่วมในการประมาณค่า f‘ ทำให้การเลือก state ไม่เพียงพิจารณาแค่ว่า state ดีเท่าไร (ซึ่งประมาณจากh') แต่ยังรวมไปถึงว่า path ที่นำไปสู่ state ดีแค่ไหนด้วย
- โดยการใช้ g state ที่ประมาณว่าใกล้ goal stateมากที่สุดอาจจะไม่ถูกกระจายก็ได้
- โดยปกติ A* จะหาคำตอบซึ่งpathที่นำไปสู่คำตอบเสีย cost น้อยที่สุด
- ถ้าให้ g ของทุก state เป็น 0 state ที่ใกล้ goal state จะถูกกระจายก่อน

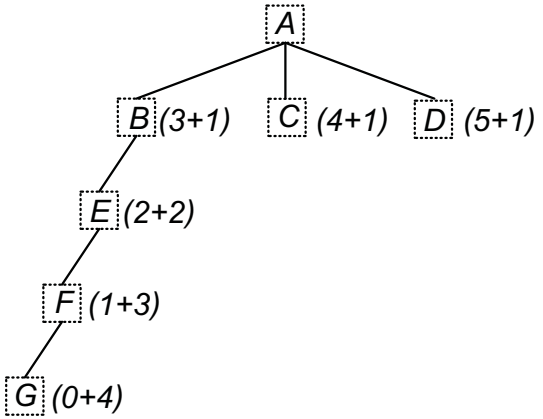
A* Algorithm

- ถ้า h' เป็น under-estimating function ของ h (ฟังก์ชั่นที่คืนค่า cost จาก current state ถึง goal state ซึ่งค่าที่คืนนั้นถูกต้องเสมอ) เราประกันได้ว่า path ที่ได้จาก A*นั้นเป็น optimal path



h' underestimates h

A* Algorithm



h' overestimates h