

Chương 2 TÌM KIẾM TRÊN KHÔNG GIAN TRẠNG THÁI

Chương này giới thiệu cách biểu diễn bài toán trong không gian trạng thái, từ không gian này chuyển sang biểu diễn bằng đồ thị. Tiếp đến là các chiến lược tìm kiếm mù và sau cùng là các kỹ thuật tìm kiếm theo kinh nghiệm được áp dụng cho bài toán có độ phức tạp tính toán cao.

2.1. Đặt vấn đề

Trong các lĩnh vực nghiên cứu của TTNT, ta thường xuyên phải đối đầu với vấn đề (bài toán) tìm kiếm, vì thế ta phải có những kỹ thuật tìm kiếm áp dụng để giải quyết các vấn đề đó.

Khi giải quyết bài toán bằng phương pháp tìm kiếm, trước hết ta phải xác định *không gian tìm kiếm* bao gồm tất cả các đối tượng trên đó thực hiện việc tìm kiếm. Nó có thể là không gian liên tục, chẳng hạn không gian các vectơ thực n chiều, nó cũng có thể là không gian các đối tượng rời rạc.

Như vậy, ta sẽ xét việc biểu diễn một vấn đề trong không gian trạng thái sao cho việc giải quyết vấn đề được quy về việc tìm kiếm trong không gian trạng thái.

Một phương pháp biểu diễn vấn đề phù hợp là sử dụng các khái niệm *trạng thái* (state) và *toán tử* (operator).

Phương pháp giải quyết vấn đề dựa trên khái niệm trạng thái và toán tử được gọi là cách tiếp cận giải quyết vấn đề nhờ không gian trạng thái.

2.2. Một số khái niệm

2.2.1. Mô tả trạng thái

Giải bài toán trong không gian trạng thái, trước hết phải xác định dạng mô tả trạng thái bài toán sao cho bài toán trở nên đơn giản hơn, phù hợp bản chất vật lý của bài toán (Có thể sử dụng các dấu ký hiệu, vectơ, mảng hai chiều, cây, danh sách,...).

Mỗi *trạng thái* chính là mỗi *hình trạng* của bài toán, các tình trạng ban đầu và tình trạng cuối của bài toán gọi là trạng thái đầu và trạng thái cuối.

Ví dụ 2.1: Bài toán trò chơi 8 số

Trong bảng ô vuông 3 hàng, 3 cột, mỗi ô chứa một số nằm trong phạm vi từ 1 đến 8 sao cho không có 2 ô có cùng giá trị, có một ô trong bảng bị trống (không chứa giá trị nào cả). Xuất phát từ một sắp xếp nào đó các số trong bảng, hãy dịch chuyển ô trống sang

phải, sang trái, lên trên hoặc xuống dưới (nếu có thể được) để đưa bảng ban đầu về bảng qui ước trước.

2	8	3
1	6	4
7	■	5

Trạng thái đầu

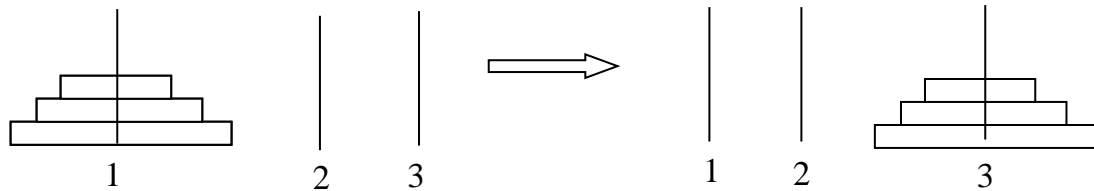
1	2	3
8	■	4
7	6	5

Trạng thái đích

Hình 2.1. Bài toán 8 số

Mỗi hình trạng trong bài toán này là một cách sắp xếp các con số. Ta có thể dùng mảng hai chiều kích thước 3×3 hoặc mảng một chiều kích thước 9 để biểu diễn cho mỗi trạng thái trong máy tính.

Ví dụ 2.2: Bài toán tháp Hà nội



Hình 2.2. Bài toán tháp Hà Nội với $n = 3$

Cho 3 cọc 1, 2, 3. Ở cọc 1 ban đầu có n đĩa sắp xếp theo thứ tự từ nhỏ đến lớn. Hãy dịch chuyển n đĩa đó sang cọc 3 sao cho:

- Mỗi lần chuyển một đĩa.
- Trong mỗi cọc không được đặt đĩa to ở trên đĩa nhỏ hơn trong bất cứ tình huống nào.

Trong bài toán này mỗi trạng thái là một bộ (ijk) với ý nghĩa: Đĩa C (đĩa lớn nhất) ở cọc i , đĩa B ở cọc j , đĩa A (đĩa bé nhất) ở cọc k . Trạng thái đầu là (111) còn trạng thái đích là (333) .

Với bài toán này ta cũng có thể dùng mảng hai chiều để biểu diễn: mảng này gồm 3 cột tương ứng với 3 cọc, số dòng tương ứng với số đĩa. Cụ thể trong trường hợp này ta dùng mảng 3×3 .

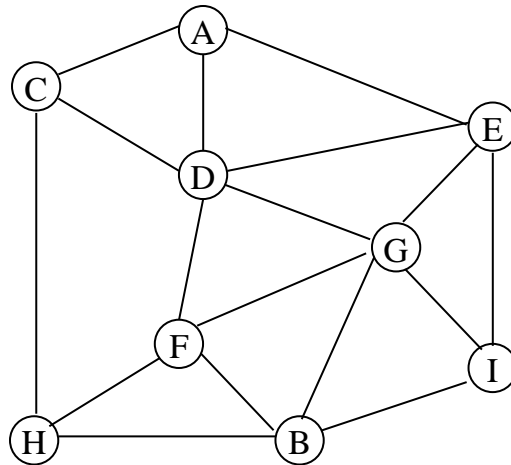
A		
B		
C		

		A
		B
		C

Trạng thái đầu Trạng thái đích
Hình 2.3. Trạng thái trong bài toán tháp Hà nội

Ví dụ 2.3: Bài toán khách du lịch

Một khách du lịch có trong tay bản đồ mạng lưới giao thông nối các thành phố trong một vùng lãnh thổ (hình 2.4) . Du khách đang ở thành phố A và anh ta muốn tìm đường đi tới thành phố B.



Hình 2.4. Tìm đường đi từ A đến B

Trong bài toán này, các thành phố có trong bản đồ là các trạng thái. Thành phố A là trạng thái đầu còn B là trạng thái kết thúc. Với bài toán này ta có thể sử dụng cách biểu diễn của đồ thị (ma trận kề, ma trận trọng số, danh sách cạnh, danh sách kề).

2.1.2.Toán tử

Toán tử là các phép biến đổi từ trạng thái này sang trạng thái khác.

Có hai cách dùng để biểu diễn các toán tử:

- Biểu diễn như một hàm xác định trên tập các trạng thái và nhận giá trị cũng trong tập này.
- Biểu diễn dưới dạng các quy tắc sản xuất $S \rightarrow A$ có nghĩa là nếu có trạng thái S thì có thể đưa đến trạng thái A.

Trong ví dụ 2.1, mỗi toán tử là cách chuyển ô trống, có 4 kiểu toán tử : chuyển ô trống lên trên, xuống dưới, sang trái, sang phải. Tuy nhiên đối với một số trạng thái nào đó, một toán tử nào đó có thể không áp dụng được, chẳng hạn nếu ô trống nằm ở cột đầu tiên thì ô trống không thể sang trái được.

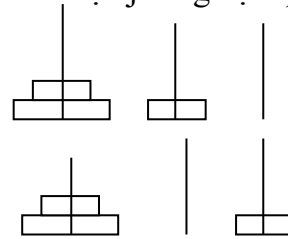
Trong ví dụ 2.2, toán tử là cách chuyển đĩa từ cọc này sang cọc khác mỗi lần chuyển một đĩa và không được đặt đĩa to ở trên đĩa nhỏ.

Chẳng hạn như: $(ijk) \rightarrow (ijj)$ (Chuyển đĩa A từ cọc k sang cọc j)

$(ijk) \rightarrow (iik)$ (Chuyển đĩa B từ cọc j sang cọc i)

$(1\ 1\ 1) \rightarrow (1\ 1\ 2)$

$(1\ 1\ 1) \rightarrow (1\ 1\ 3)$



Trong ví dụ 2.3, mỗi toán tử là hành động đi từ thành phố này tới các thành phố khác.

2.3. Cấu trúc chung của bài toán tìm kiếm

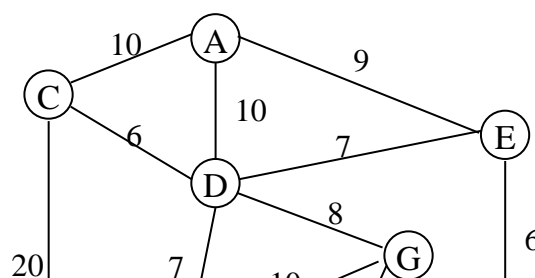
Từ các ví dụ 2.1, 2.2, 2.3 ta có thể thấy nhiều bài toán đều có dạng "tìm đường đi trong đồ thị" hay nói một cách hình thức hơn là "xuất phát từ một đỉnh của một đồ thị, tìm đường đi hiệu quả nhất đến một đỉnh nào đó". Từ đây ta có bài toán phát biểu trong không gian trạng thái.

Bài toán S: Cho trước hai trạng thái T_0 và T_G hãy xây dựng chuỗi trạng thái $T_0, T_1, T_2, \dots, T_{n-1}, T_n = T_G$ sao cho:

$$\sum_{i=1}^n \text{cost}(T_{i-1}, T_i) \text{ thỏa mãn một điều kiện cho trước (thường là nhỏ nhất).}$$

Trong đó, T_i thuộc tập hợp S (gọi là không gian trạng thái – state space) bao gồm tất cả các trạng thái có thể có của bài toán và $\text{cost}(T_{i-1}, T_i)$ là *chi phí để biến đổi* từ trạng thái T_{i-1} sang trạng thái T_i . Dĩ nhiên, từ một trạng thái T_{i-1} ta có nhiều cách để biến đổi sang trạng thái T_i . Khi nói đến một biến đổi cụ thể từ T_{i-1} sang T_i ta sẽ dùng thuật ngữ *hướng đi* (với ngụ ý nói về sự lựa chọn).

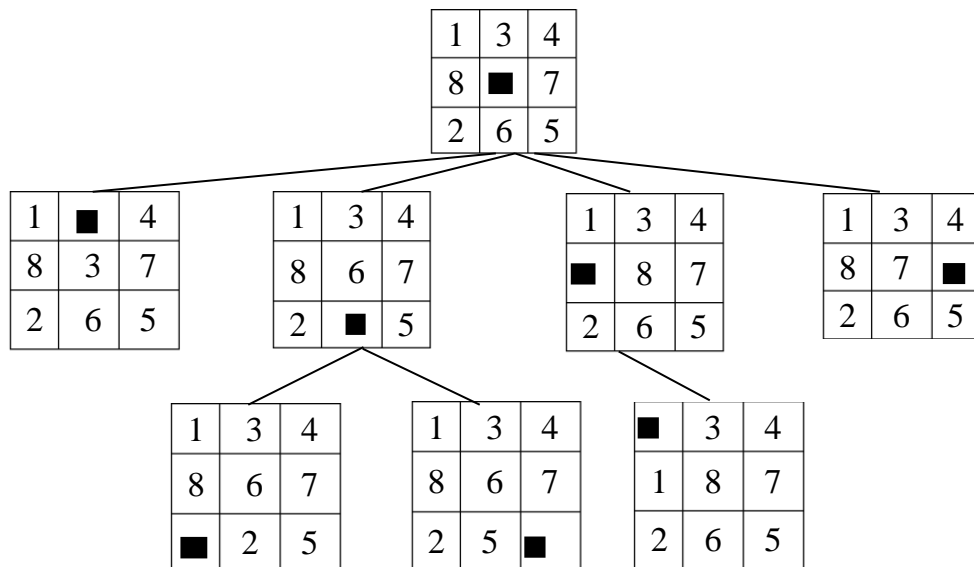
Mô hình chung của các bài toán phải giải quyết bằng phương pháp tìm kiếm lời giải. Không gian tìm kiếm là một tập hợp trạng thái - tập các nút của đồ thị. Chi phí cần thiết để chuyển từ trạng thái T_{i-1} này sang trạng thái T_i được biểu diễn dưới dạng các con số nằm trên cung nối giữa hai nút.



Hình 2.5. Đồ thị có trọng số

Chẳng hạn với đồ thị trong hình 2.5 ta có thể phát biểu bài toán: Hãy tìm đường đi ngắn nhất từ đỉnh A đến đỉnh B.

Đa số các bài toán thuộc dạng mà chúng ta đang mô tả đều có thể được biểu diễn dưới dạng đồ thị. Trong đó, một trạng thái là một đỉnh của đồ thị. Tập hợp S bao gồm tất cả các trạng thái chính là tập hợp bao gồm tất cả đỉnh của đồ thị. Việc biến đổi từ trạng thái T_{i-1} sang trạng thái T_i là việc đi từ đỉnh đại diện cho T_{i-1} sang đỉnh đại diện cho T_i theo cung nối giữa hai đỉnh này.

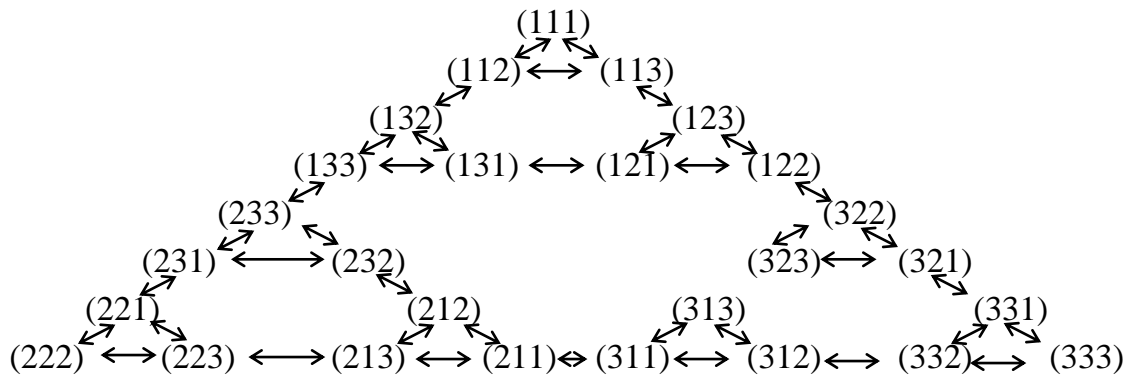


Hình 2.6. Một phần đồ thị biểu diễn trò chơi 8 số

Bài toán G: Cho đỉnh đầu S_0 và tập các đỉnh đích Goal. Hãy tìm đường đi p (tối ưu) nào đó từ đỉnh S_0 đến đỉnh nào đó thuộc tập Goal.

Từ những phân tích ở trên ta có thể thấy được sự tương đương giữa không gian trạng thái và đồ thị được tổng hợp ở bảng sau:

$$\begin{array}{c} (111) \\ (112) \quad (113) \end{array}$$



Hình 2.7. Đồ thị bài toán tháp Hà nội với $n = 3$

2.4. TÌM KIẾM LỜI GIẢI TRONG KHÔNG GIAN TRẠNG THÁI

Quá trình tìm kiếm lời giải của bài toán được biểu diễn trong không gian trạng thái được xem như quá trình dò tìm trên đồ thị, xuất phát từ trạng thái ban đầu, thông qua các toán tử chuyển trạng thái, lần lượt đến các trạng thái tiếp theo cho đến khi gặp được trạng thái đích hoặc không còn trạng thái nào có thể tiếp tục được nữa.

Khi áp dụng các phương pháp tìm kiếm trong không gian trạng thái, người ta thường quan tâm đến các vấn đề sau:

- Kỹ thuật tìm kiếm lời giải
- Phương pháp luận của việc tìm kiếm
- Chiến lược tìm kiếm

Tuy nhiên, không phải các phương pháp này có thể áp dụng để giải quyết cho tất

cả các
toán
tập mà
cho
lớp bài

Không gian trạng thái	Đồ thị
<ul style="list-style-type: none"> - Trạng thái đầu - Trạng thái đích - Toán tử dịch chuyển - Dãy các trạng thái - Bài toán S 	<ul style="list-style-type: none"> - Đỉnh đầu - Đỉnh đích - Cung - Đường đi - Bài toán G

bài
phức
chỉ
từng
toán.

Việc chọn chiến lược tìm kiếm cho bài toán cụ thể phụ thuộc nhiều vào các đặc trưng của bài toán.

Trong phần này chúng ta sẽ nghiên cứu hai chiến lược tìm kiếm:

- Các kỹ thuật tìm kiếm *mù*: Trong các chiến lược tìm kiếm này, không có một sự hướng dẫn nào cho sự tìm kiếm, mà ta chỉ phát triển các trạng thái một cách hệ thống từ trạng thái ban đầu cho tới khi gặp một trạng thái đích nào đó. Có ba kỹ thuật tìm kiếm mù cơ bản, đó là tìm kiếm theo chiều rộng (Breadth First Search), tìm kiếm theo chiều sâu (Depth First Search) và tìm kiếm sâu dần.

- Các kỹ thuật tìm kiếm *kinh nghiệm* (tìm kiếm heuristic): với kỹ thuật tìm kiếm này ta dựa vào kinh nghiệm và sự hiểu biết của chúng ta về vấn đề cần giải quyết để xây dựng nên hàm đánh giá nhằm tìm ra các đỉnh tiềm năng dẫn đến lời giải. Trong số các trạng thái chờ phát triển, ta chọn trạng thái được đánh giá là tốt nhất để phát triển. Do đó tốc độ tìm kiếm sẽ nhanh hơn.