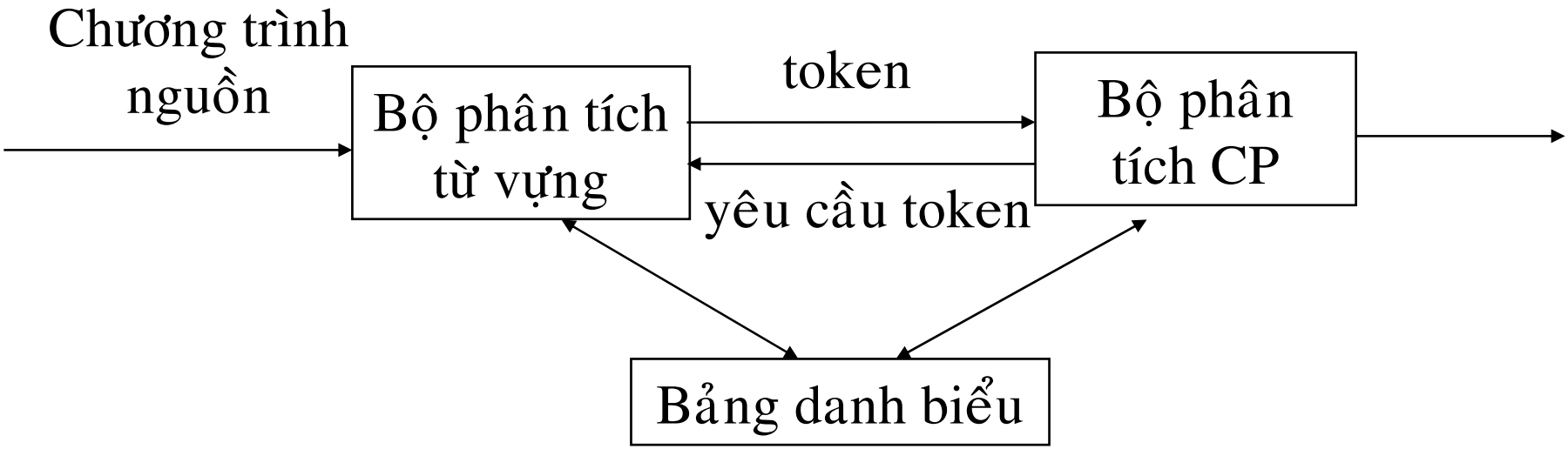
CHƯƠNG 3
PHÂN TÍCH TỪ VỰNG

3.1. Vai trò cuả bộ phân tích từ vựng

1. Token, mẫu, trị từ vựng

Bảng 3.1 *Bảng danh biểu của token*

Token	Trị từ vựng	Ý nghĩa của mẫu
const	const	const
if	if	if
then	then	then
ralation	< , < =, < >, = , > =	các toán tử quan hệ
num	3.14, 2.5, 7.6	hằng số bất kỳ
id	abc, ou, bc1...	chuỗi gồm ký tự chữ và số, bắt đầu là ký tự chữ
literal	‘abcef’	là chuỗi ký tự bất kỳ nằm giữa 2 dấu ‘



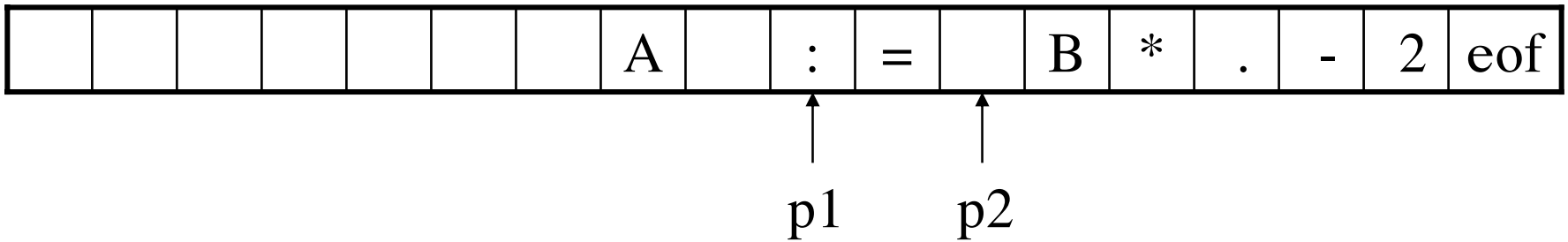
Hình 3.1. Sự giao tiếp giữa bộ phân tích từ vựng và bộ phân tích cú pháp

3.2. CÁC TÍNH CHẤT CỦA TOKEN

3.3. CHỨA TẠM CHƯƠNG TRÌNH NGUỒN

1. Cặp bộ đệm

Cấu tạo



Hình 3.2. Cặp bộ đệm

Quy trình hoạt động

Giải thuật:

if p2 ở ranh giới một nửa bộ đệm **then**

begin lấp đầy N ký hiệu nhập mới vào nửa bên phải

p2 := p2 + 1;

end

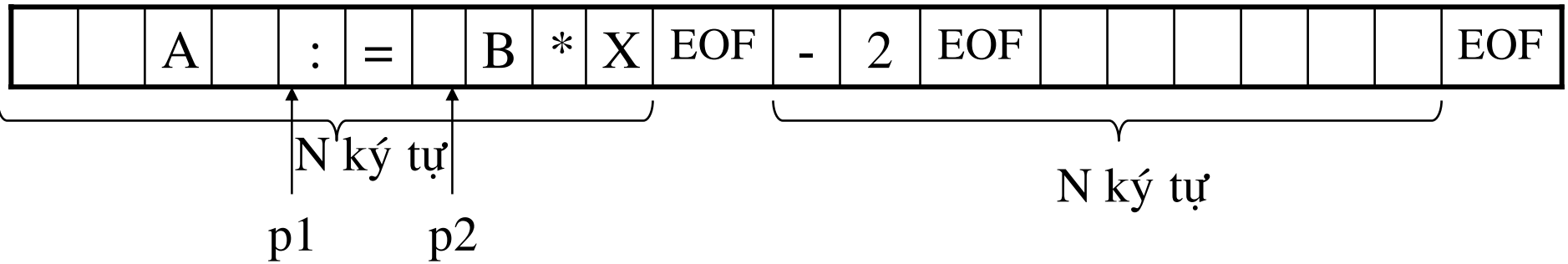
else if p2 ở tận cùng bên phải bộ đệm **then**

begin lấp đầy N kỳ hiệu nhập vào nửa bên trái bộ đệm chuyển

p2 về ký tự tận cùng bên trái của bộ đệm **end**

else p2 := p2 + 1;

2. Phương pháp cầm canh



Hình 3.3. Cặp bộ đệm theo phương pháp cầm canh

Giải thuật:

```
p2 := p2 + 1;
if p2 ^  eof then
        if  p2 ở ranh giới một nửa bộ đệm then
                begin
        chất đầy N kỳ hiệu nhập vào nửa bên phải bộ đệm;
                p2 := p2 + 1
end
```

else if p2 ở tận cùng bên phải bộ đệm **then**

begin

lấp đầy N ký hiệu vào nử bên trái bộ đệm; chuyển p2 về đầu bộ đệm

end

else /* dừng sự phân tích từ vựng */

3.4. Đặc tả token

Các quy tắc định nghiã biểu thức chính quy

1. $\in$ là biểu thức chính quy, biểu thị cho tập $\{\in\}$
2. a là ký hiệu thuộc Σ, biểu thị cho tập {a}
3. r và s là hai biểu thức chính quy, biểu thị cho L (r) và L (s) thì:
   a) (r) | (s) là biểu thức chính quy, biểu thị cho $L(r) \cup L(s)$.
   b) (r) (s) là biểu thức chính quy, biểu thị cho L(r) L(s).
   c) (r)* là biểu thức chính quy, biểu thị cho (L(r))*.
   d) r là biểu thức chính quy, biểu thị cho L(r).

Thí dụ 3.1. Cho $\Sigma = \{a, b\}$

1. a|b
2. (a| b) | (b| a)
3. a*

Hai biểu thức chính quy tương đương r và s, ký hiệu r = s.

2. Định nghĩa chính quy

Nếu Σ là tập ký hiệu căn bản, thì định nghiã chính quy là chuỗi định nghiã có dạng:

$d_1 \rightarrow r_1$

.....

$d_n \rightarrow r_n$

Thí dụ 3.2. **letter** $\rightarrow$ A | B | ...|Z | a| b |...| z

digit $\rightarrow$ 0 |1| ...| 9

id $\rightarrow$ letter (letter | digit)*

Thí dụ 3.3. **digit** $\rightarrow$ 0 | 1 |... | 9

digits $\rightarrow$ **digit digit***

optional_fraction $\rightarrow$ **.digits** | $\in$

optional_exponent $\rightarrow$ (E (+| - |$\in$) digits) | $\in$

3.5. Nhận dạng token

Thí dụ 3.4. Cho văn phạm G:

stmt → **if** exp **then** stmt
| **if** exp **then** stm**t else** stmt
| ∈

exp → term **relop** term | term

term → **id** | **num**

Định nghĩa chính quy

if → if **then** → then **else** → else

relop → < | <= | > | >= | <> | =

id → letter (letter | digit)*

num → digit+ (.digit+ | ∈) (E (+ | - | ∈) digit+ | ∈)

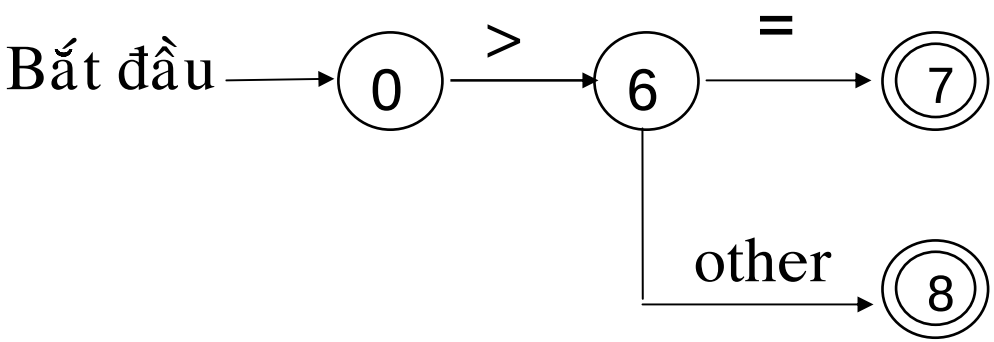
delim → blank | tab | newline

ws → $delim^+$

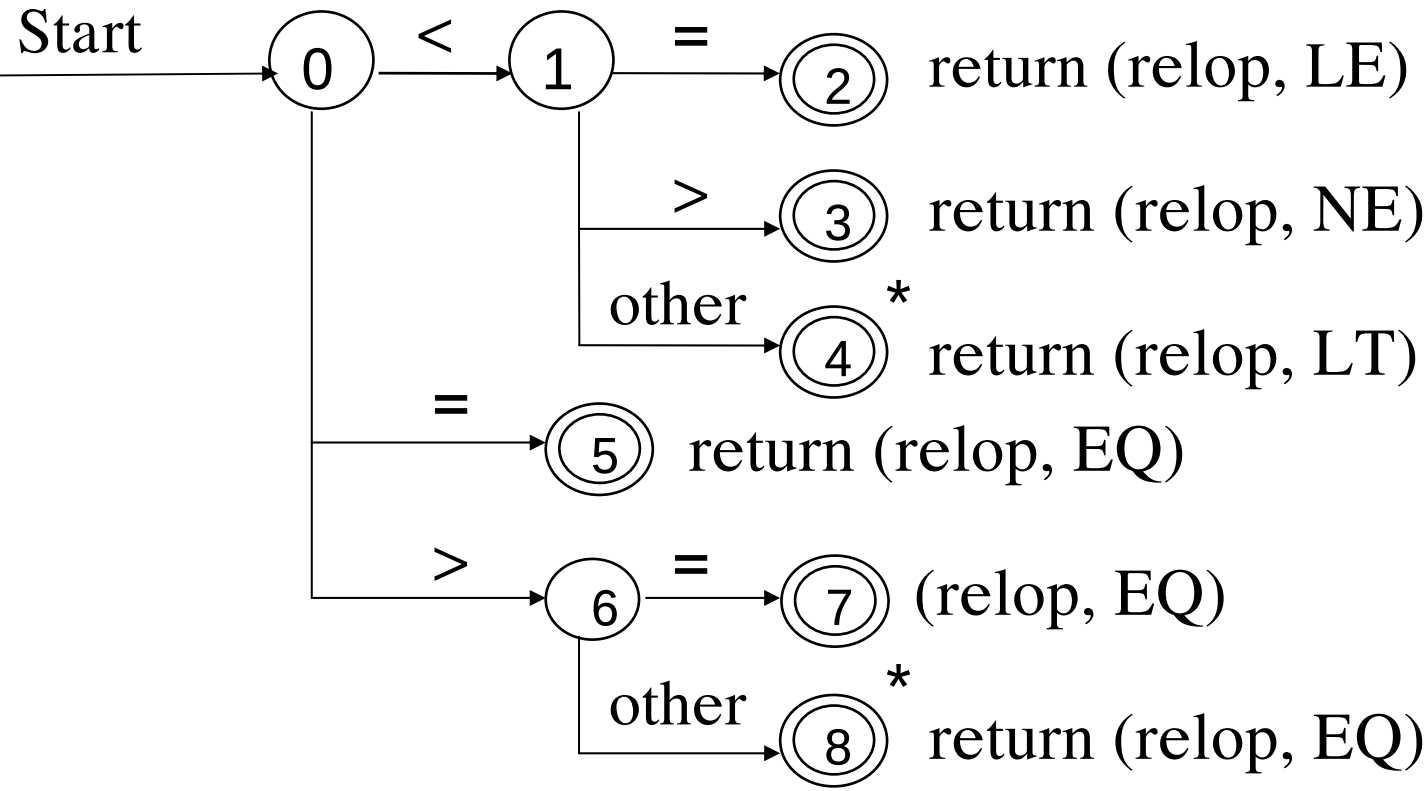
Từ định nghĩa chính quy ta xây dựng bảng mẫu cho token như ở bảng 3.3 trang 74.

3.6. Sơ đồ dịch

1. Miêu tả



Hình 3.4. Sơ đồ dịch cho >= và =



Hình 3.5. Sơ đồ dịch nhận dạng token relop

Lưu ý:
- Phần khai báo bao gồm khai báo hằng, biến biểu thị và các định nghĩa chính quy.
- Phần quy tắc biên dịch là các phát biểu có dạng:

$p_1 \rightarrow$ {hành vi ngữ nghĩa 1}
$p_2 \rightarrow$ {hành vi ngữ nghĩa 2}
.....
$p_n \rightarrow$ {hành vi ngữ nghĩa n}

3.8. Automat hữu hạn

1. Automat hữu hạn không tất định (NFA)

Thí dụ: Cho NFA:
Tập trạng thái S = {0, 1,2, 3}; Σ = {a, b}; Trạng thái bắt đầu so = 0;
Tập trạng thái kết thúc F = {3}.

Bảng 3.4. *Bảng truyền cho NFA ở hình 3.10*

Trạng thái	Ký hiệu nhập	
	a	b
0	{0, 1}	{0}
1	-	{2}
2	-	{3}

NFA chấp nhận một chuỗi nhập x nếu và chỉ nếu tồn tại một đường nào đó trong sơ đồ từ trạng thái bắt đầu đến trạng thái kết thúc sao cho tất cả tên của các cạnh con đường cho chuỗi x. NFA chấp nhận chuỗi aabb.

2. Automat hữu hạn tất định (DFA)

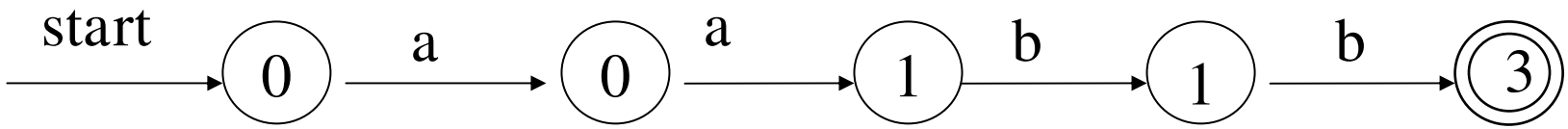
DFA là trường hợp đặc biệt của NFA, nó không có:

i) Sự truyền rỗng.

ii) Với mỗi trạng thái s và ký hiệu nhập a chỉ tồn tại nhiều nhất một cạnh có tên a xuất phát tư s.

Giải thuật 3.1. Mô phỏng hoạt động của DFA trên chuỗi nhập x.

Thí dụ 3.5



*Hình 3.12. DFA nhận dạng ngôn ngữ (a |b)*abb*

3. Chuyển NFA sang DFA

Giải thuật 3.2. Xây dựng tập con (Tạo DFA từ NFA).

Nhập: Cho NFA gọi là N.

Xuất: DFA gọi là D, nhận dạng cùng ngôn ngữ như NFA.

Phương pháp: Xây dựng bảng truyền cho D. Mỗi trạng thái của D là tập trạng thái của N. D mô phỏng đồng thời mọi chuyển động của N trên chuỗi nhập cho trước bằng các tác vụ:

$\in$-closure (s); $\in$-closure (T); move (T, a)

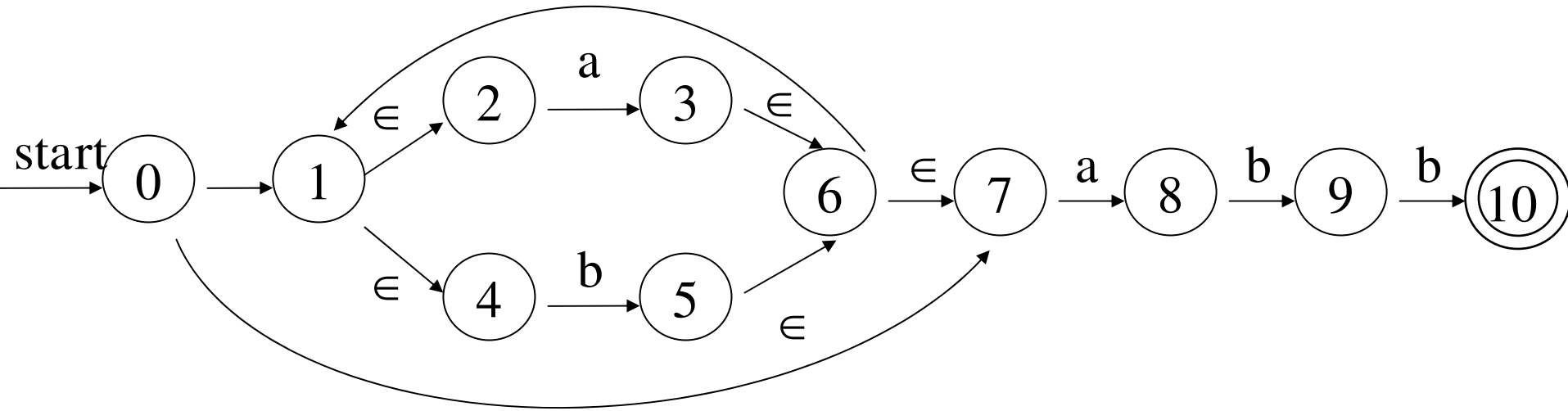
Mô phỏng 3.2. Xây dựng tập con

Giải thuật: Tính ∈-closure

Đẩy tất cả các trạng thái trong T lên stack; Khởi tạo ∈-closure (T) cho T.

Mô phỏng 3.3. Tính ∈-closure

Thí dụ 3.6. (H.3.13) là NFA nhận dạng ngôn ngữ (a | b)* abb. Chúng ta dùng giải thuật 3.2 để xây dựng DFA tương đương.



Hình 3.13. NFA nhận dạng (a |b) abb*

3.9. Từ biểu thức chính quy đến NFA

Xây dựng NFA từ biểu thức chính quy

Giải thuật 3.3. Xây dựng NFA từ biểu thức chính quy (Cấu trúc Thompson')

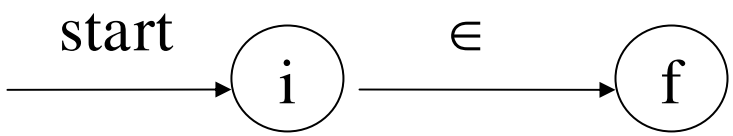
Nhập: Biểu thức chính quy r trên Σ.

Xuất: NFA nhận dạng ngôn ngữ L (r).

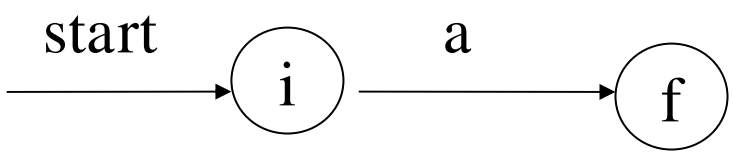
Phương pháp:

Quy tắc:

1. Với ∈ , xây dựng NFA

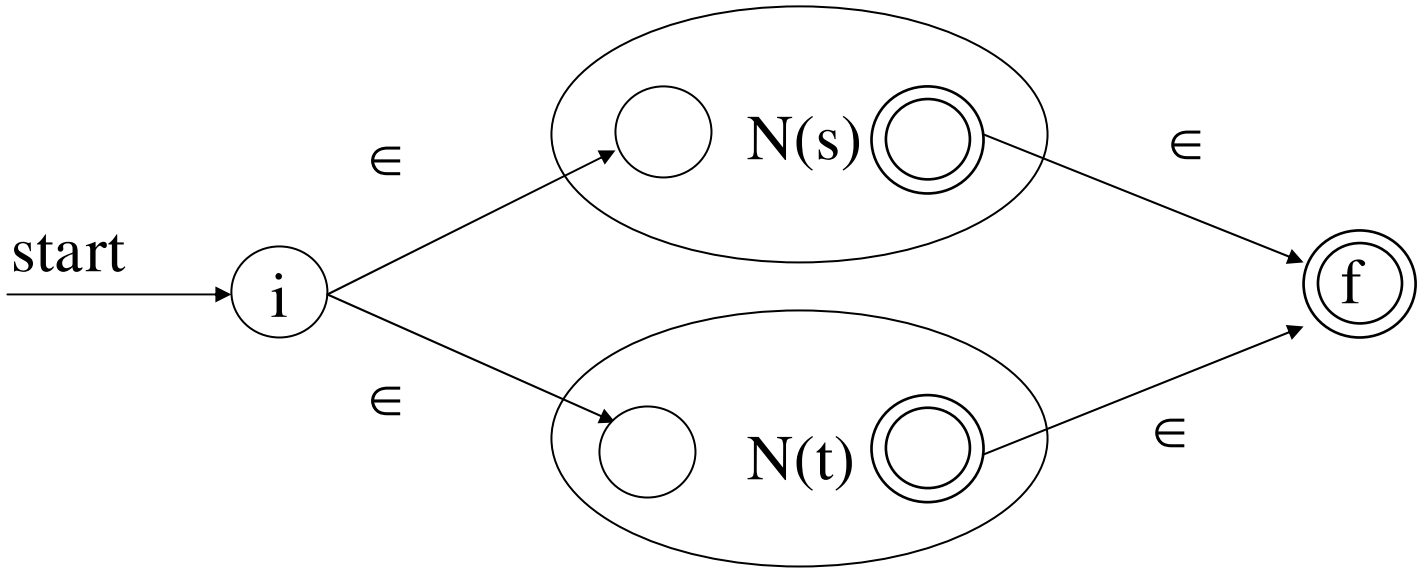


2. Với a thuộc Σ, xây dựng NFA

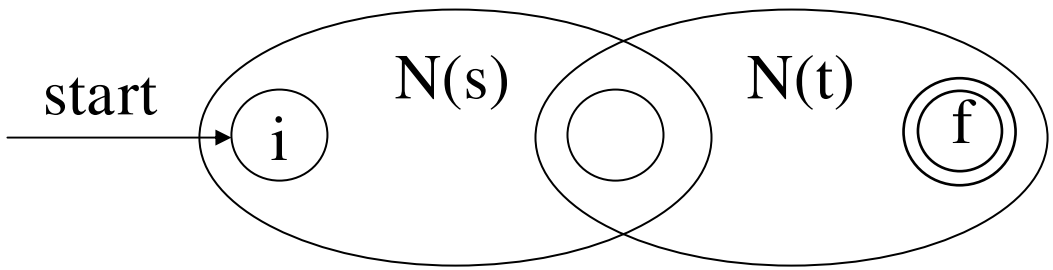


3. Giả sử N(s) vàN(t) là NFA cho biểu thức chính quy s và t

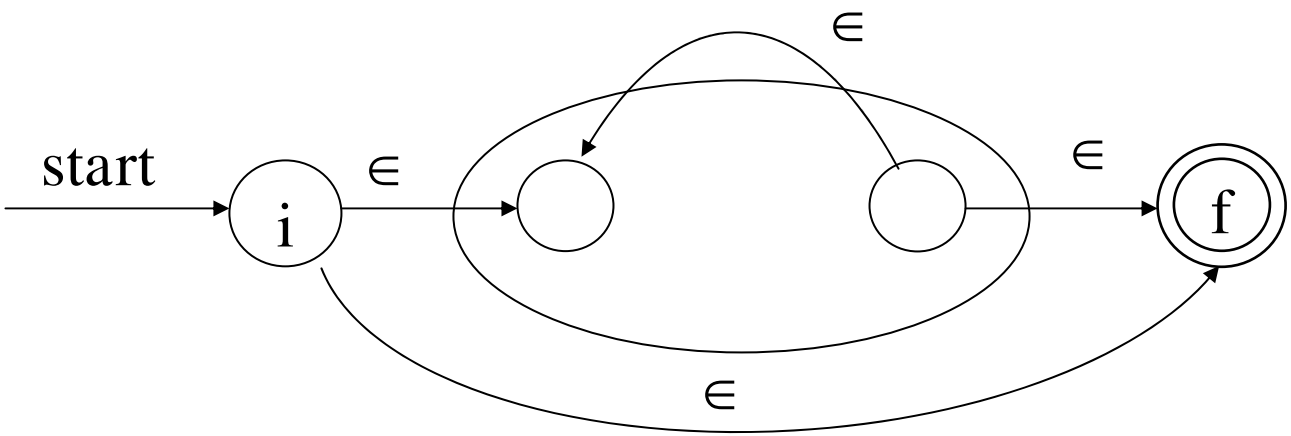
- Với s | t xây dựng NFA hỗn hợp N (s| t)



- Với biểu thức st, xây dựng NFA hỗn hợp N (st)



- Với biểu thức s* , xây dựng NFA N (s*)



- Biểu thức s thì N (s) là NFA nhận dạng L (s)

Các tính chất cuả NFA xây dựng theo cấu trúc Thompson'

Thí dụ 3.7.

Giải thuật 3.4. Mô phỏng NFA

Nhập: NFA gọi là N được xây dựng theo giải thuật 3.3, chuỗi nhập x. X được kết thúc bằng eof, N có trạng thai bắt đầu s0 và tập trạng thái kết thúc F.

Xuất: Giải thuật trả lời đúng nếu N chấp nhận x, ngược lại trả lời sai

Phương pháp:

Giải thuật: Mô phỏng 3.4.

Thí dụ 3.8. Giả sử ta có NFA ở (H.3.13), x là chuỗi nhập chứa a. Dùng giải thuật 3.4 xét xem NFA có chấp nhận x ?. Kết qủa giải thuật trả lời sai (nghiã là a không thuộc ngôn ngữ do NFA nhận dạng

Thời gian và không gian cần thiết cho việc nhận dạng một chuỗi nhập:

- Đối với DFA: không gian O (2 ( )) và thời gian O (|x |).
- Đối với NFA: không gian O (|r |) và thời gian O (| r | * | x |).

3.10. Xây dựng DFA trực tiếp từ biểu thức chính quy và vấn đề tối ưu hóa việc so trùng mẫu

1. Trạng thái quan trọng của NFA

Trạng thái quan trọng là từ nó có sự truyền khác rỗng. Như vậy nếu hai tập trạng thái có cùng số trạng thái quan trọng thì chúng được đồng nhất. NFA được xây dựng theo cấu trúc Thompson' có trạng thái kết thúc không có sự truyền ra, như vậy nó không phải là trạng thái quan trọng (nhưng thực sự nó lại rất quan trọng). Để tránh tình trạng này người ta thêm ký hiệu # vào sau biểu thức chính quy, và trạng thái kết thúc có sự truyền trên ký hiệu #. Khi xây dựng tập con hoàn tất thì trạng thái nào có sự truyền trên # là trạng thái chấp nhận.

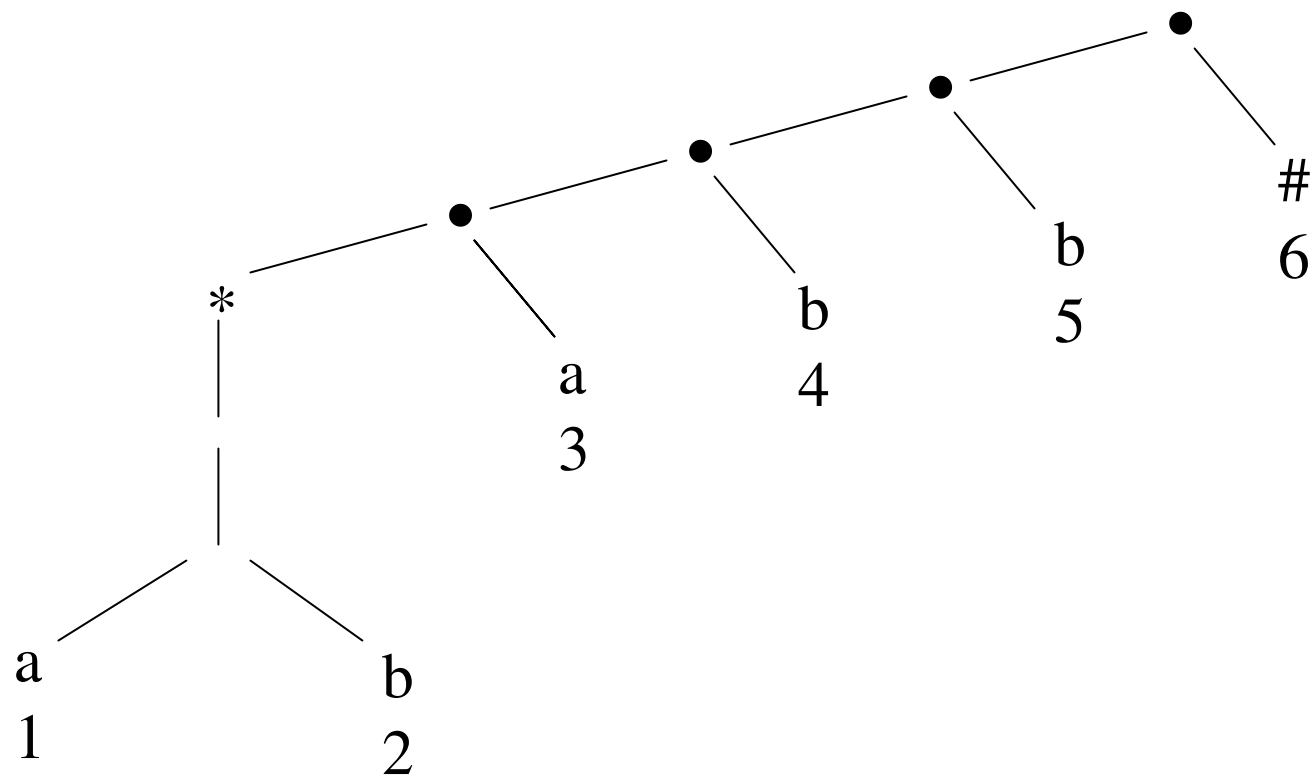
- Biểu thức r# được gọi là biểu thức chính quy gia tố.

Văn phạm của biểu thức chính quy:

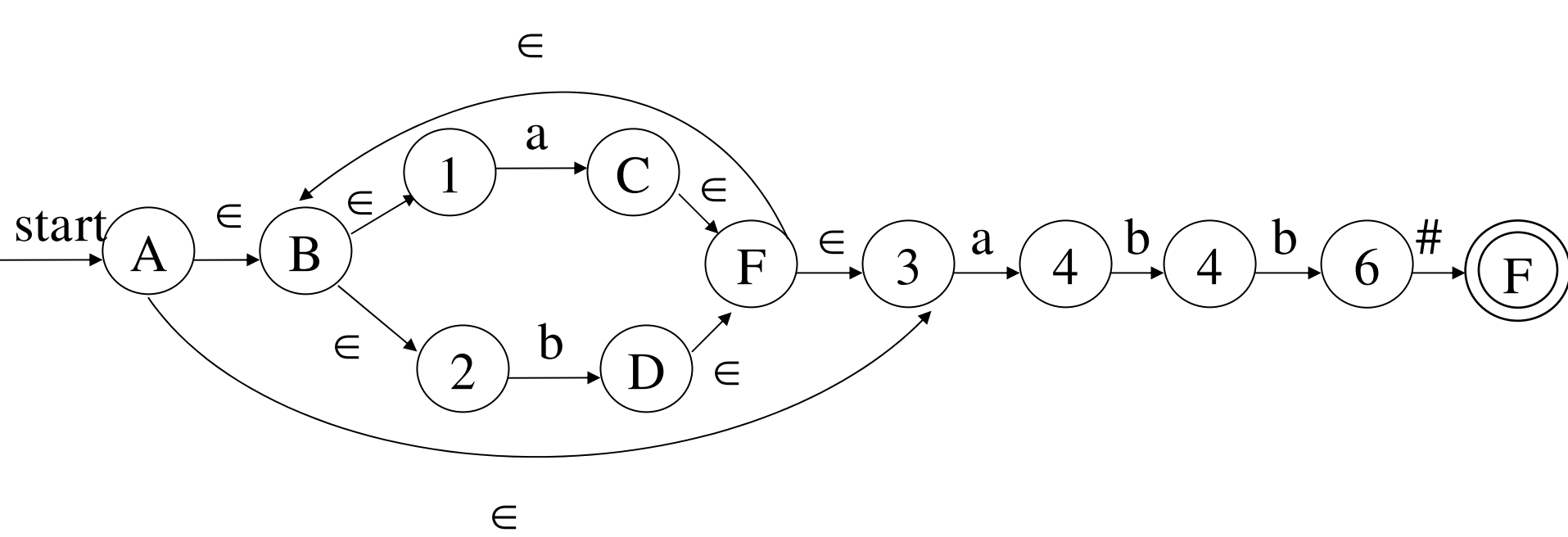
exp → exp | term exp → term term → term • factor

term → factor factor → factor* factor → (exp)

factor → a factor → b



Hình 3.16. Cây phân rã của biểu thức gia tố (a/b) abb#*



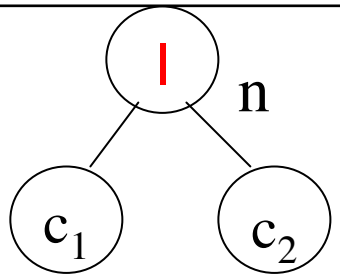
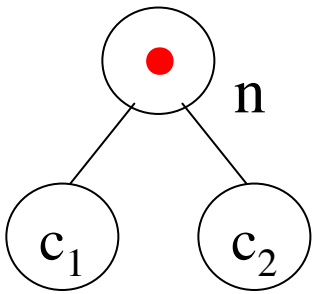
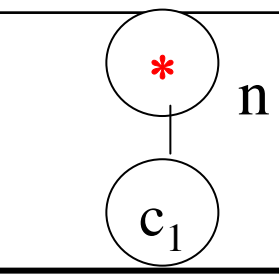
Hình 3.17. NFA được xây dựng từ (a|b) abb#*

Lưu ý:

- Các trạng thái được ký hiệu bằng số là trạng thái quan trọng; Các trạng thái được ký hiệu bằng chữ là trạng thái không quan trọng.
- Ở thí dụ 3.6 trạng thái A và C có cùng số trạng thái quan trọng là 2,4,7 , trong (H 3.17) là 1,2,3:

A = {0,1,2,4,7} C = {1,2,4,5,7}

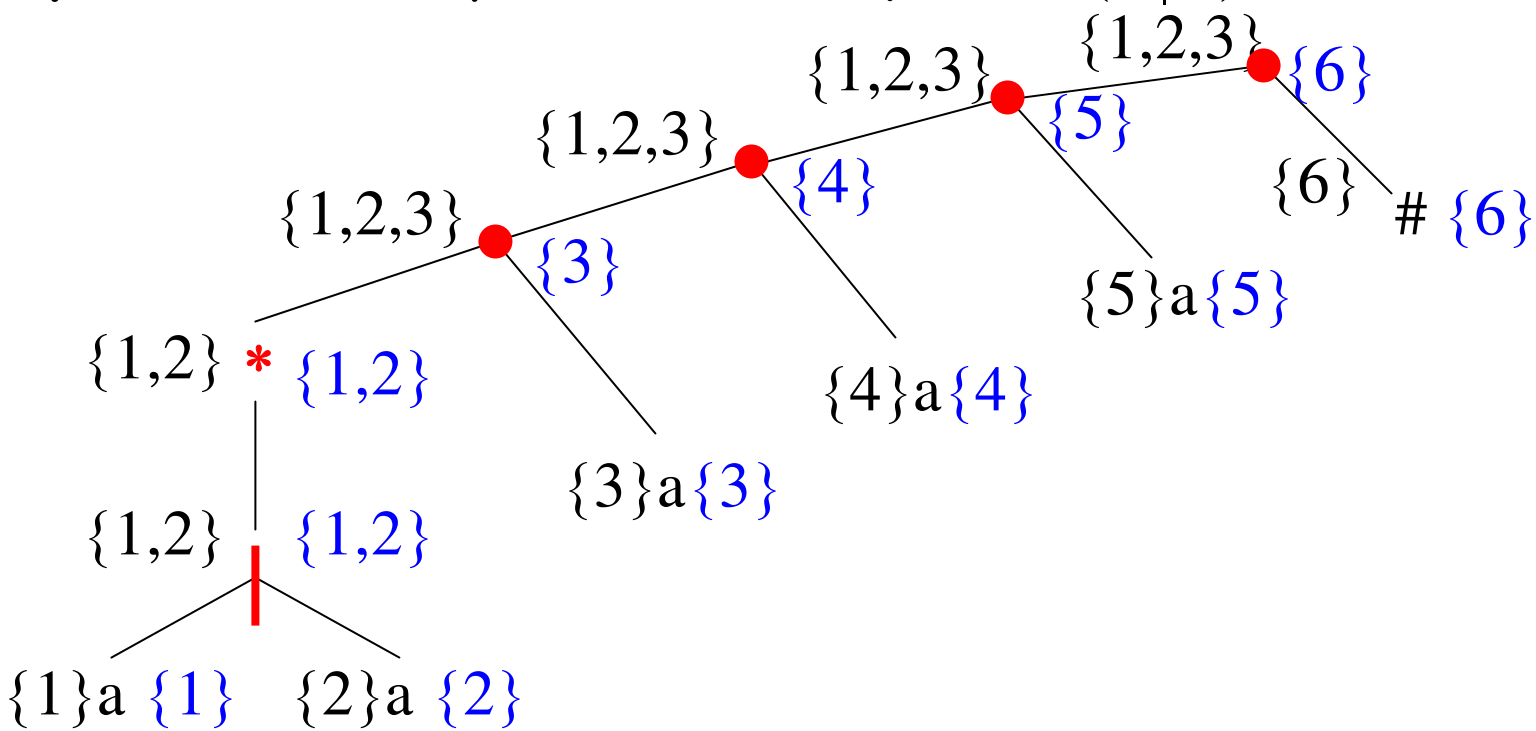
Bảng 3.6. *Các quy tắc để tính ba hàm nullable, firstpos, lastpos*

***Nút* n**	***nullable* (n)**	***firstpos* (n)**	***lastpos* (n)**
n là nút có tên là $\in$	true		
n là nút có tên là vị trí i	false	{i}	{i}
	***nullable***(c_1) **or** ***nullable***(c_2)	***firstpos***(c_1) $\cup$ ***firstpos***(c_2)	***lastpos***(c_1) $\cup$ *lastpos*(c_2)
	***nullable***(c_1) **and** ***nullable***(c_2)	**if** ***nullable***(c_1) **then** ***firstpos***(c_1) $\cup$ ***firstpos***(c_2) **else** ***firstpos***(c_1)	**if** ***nullable***(c_2) **then** ***lastpos***(c_1) $\cup$ ***lastpos***(c_2) **else** ***lastpos***(c_2)
	true	***firstpos***(c_1)	***lastpos***(c_1)

Các quy tắc tính hàm followpos (n):

1. Nếu nút n là nút *cat* với con bên trái là c_1, con bên phải là c_2 và i là vị trí trong *lastpos*(c_1), thì tất cả vị trí trong *first*(c_2) sẽ cho vào *followpos*(i).
2. Nếu n là nút *star* và i là vị trí trong *lastpos*(n) thì tất cả các vị trí trong *firstpos*(n) sẽ cho vào *followpos*(i).

Thí dụ 3.10. Ta xác định DFA cho biểu thức (a | b)* abb



Hình 3.19. Tính các hàm nullable, firstpos, lastpos cho các nút trên cây phân tích của biểu thức (a/b) abb*

Sau đó ta tính hàm followpos.

Bảng 3.7. *các trị followpos của các nút trên cây ở (H.3.19)*

Nút	*followpos*
1	{1,2,3}
2	{1,2,3}
3	{4}
4	{5}
5	{6}
6	_

Giải thuật 3.5. Xây dựng DFA từ biểu thức chính quy

Nhập: Biểu thức chính quy r.

Xuất: DFA gọi là D, nhận dạng ngôn ngữ L(r)

*Phương pháp :*1. Xây dựng cây phân tích cho BTCQ gia tố r#.

2. Tính các hàm *nullable*, *firstpos*, *lastpos* và *followpos* cho các nút trên cây phân tích

3. Xây dựng các trạng thái, hàm truyền và bảng truyền cho D bằng thủ tục ở (mô phỏng 3.5).

Thủ tục tạo tập con là các trạng thái của DFA:

Lúc đầu D chỉ có một trạng thái bắt đầu là *firstpos*(root) , chưa được đánh dấu.

Mô phỏng 3.5. *Thủ tục tạo tập con*

while có trạng thái T chưa được đánh dấu, trong tập trạng thái của D **do begin** đánh dấu T;

for với mỗi ký hiệu nhập a do;

begin với U là tập các vị trí trong followpos (p), p là vị trí trong T, sao cho ký hiệu tại vị trí p là a;

if U không rỗng và chưa có trong tập trạng thái của D

then begin thêm U vào tập trạng thái của D và là trạng thái chưa được đánh dấu;

D[T, a] := **U**;

end;

end;

end;

Lưu ý: trạng thái kết thúc của D có chứa vị trí của y.

Thí dụ 3.10. Xây dựng DFA từ btcq (a| b)* abb. *(trang 103 -104)*

3. Tối thiểu số trạng thái của DFA

- Khái niệm DFA đầy đủ, trạng tái chết d.
- Chuỗi w phân biệt trạng thái s với trạng thái t.

Thí dụ: DFA ở (H.3.14, tr. 90), nếu xuất phát từ C để nhận dạng w=bb thì không đi được đến trạng thái chấp nhận, ngược lại từ B thì đi đến E là trạng thái chấp nhận.

Giải thuật 3.6. Tối thiểu số trạng thái của DFA.

Nhập: DFA, gọi là M có S, Σ, s_0, F. M là DFA đầy đủ.

Xuất: DFA, gọi là M' chấp nhận ngôn ngữ như M, với số trạng thái nhỏ nhất.

Phương pháp:

1.Tạo Π khởi đầu có 2 nhóm: các trạng thái kết thúc F, và các trạng thái không kết thúc S – F.

2. Áp dụng thủ tục (mô phỏng 3.6) để tạo Π_{new} .

3. Nếu $\Pi_{new} = \Pi$ thì $\Pi_{final} = \Pi$, tiếp tục bước 4, ngược lại lặp lại bước 2, với $\Pi = \Pi_{new}$

4. Chúng ta chọn mỗi nhóm 1 trạng thái đại diện và đó là trạng thái của M' .
5. Nếu M' có trạng thái chết d thì loại nó ra khỏi M'. Tất cả các sự truyền đến trạng thái d đều không xác định.

Mô phỏng 3.6. *Giải thuật tạo* Π_{new}

for với mỗi nhóm G của Π **do begin**

- chia G thành các nhóm nhỏ hơn sao cho hai trạng thái s và t của G sẽ ở cùng một nhóm nhỏ hơn nếu và chỉ nếu các sự truyền trên tất cả các ký hiệu nhập a từ s và t đều đi đến các trạng thái kế tiếp ở trong cùng một nhóm của Π;

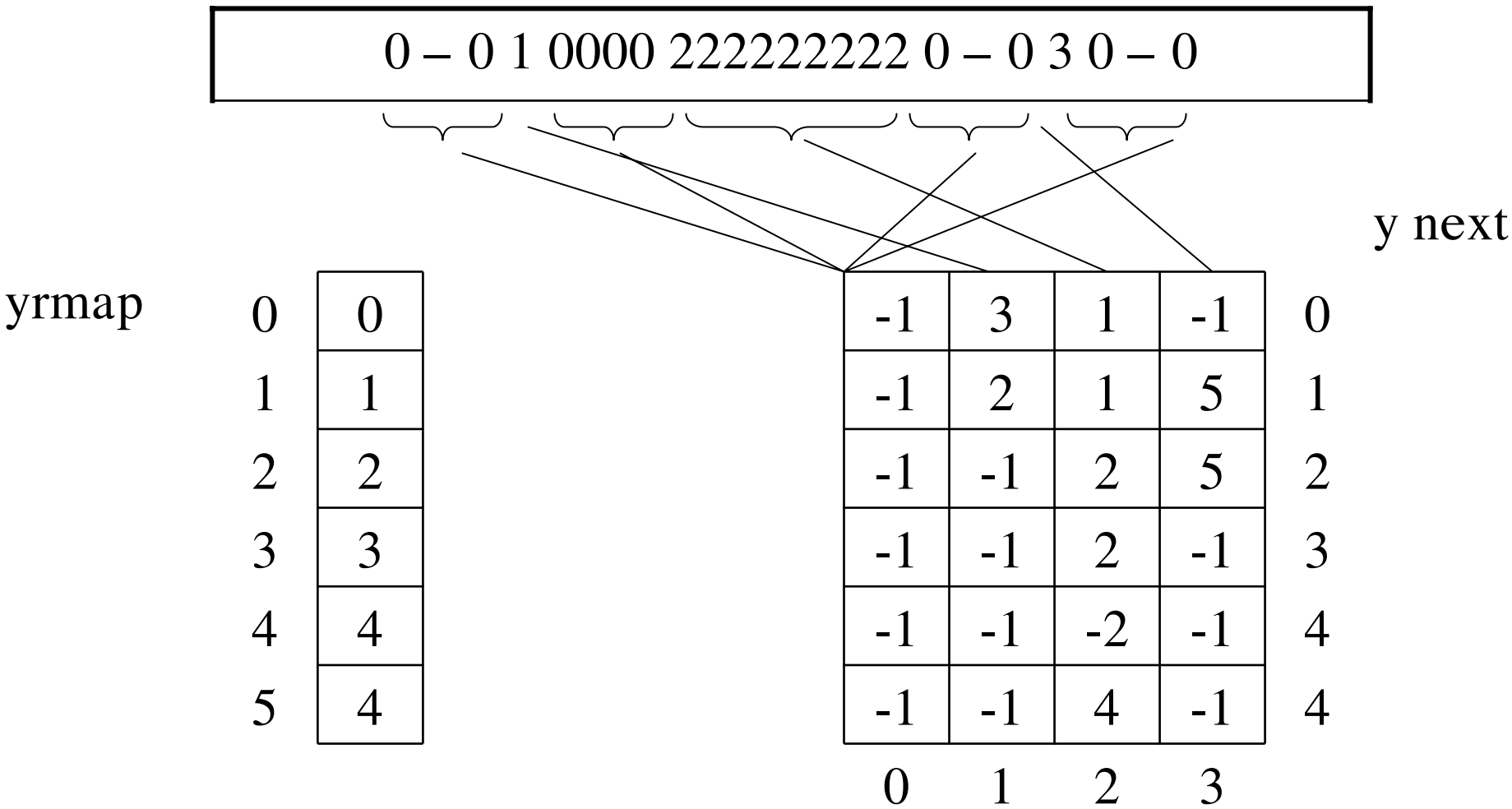
- ta thay G bằng các nhóm nhỏ hơn vừa được tạo nên, cho chúng vào Π_{new} ;

end;

Thí dụ 3.11. Cho DFA như ở (H. 3.14, tr. 90).
Cách giải ở tr. 106 – 107.

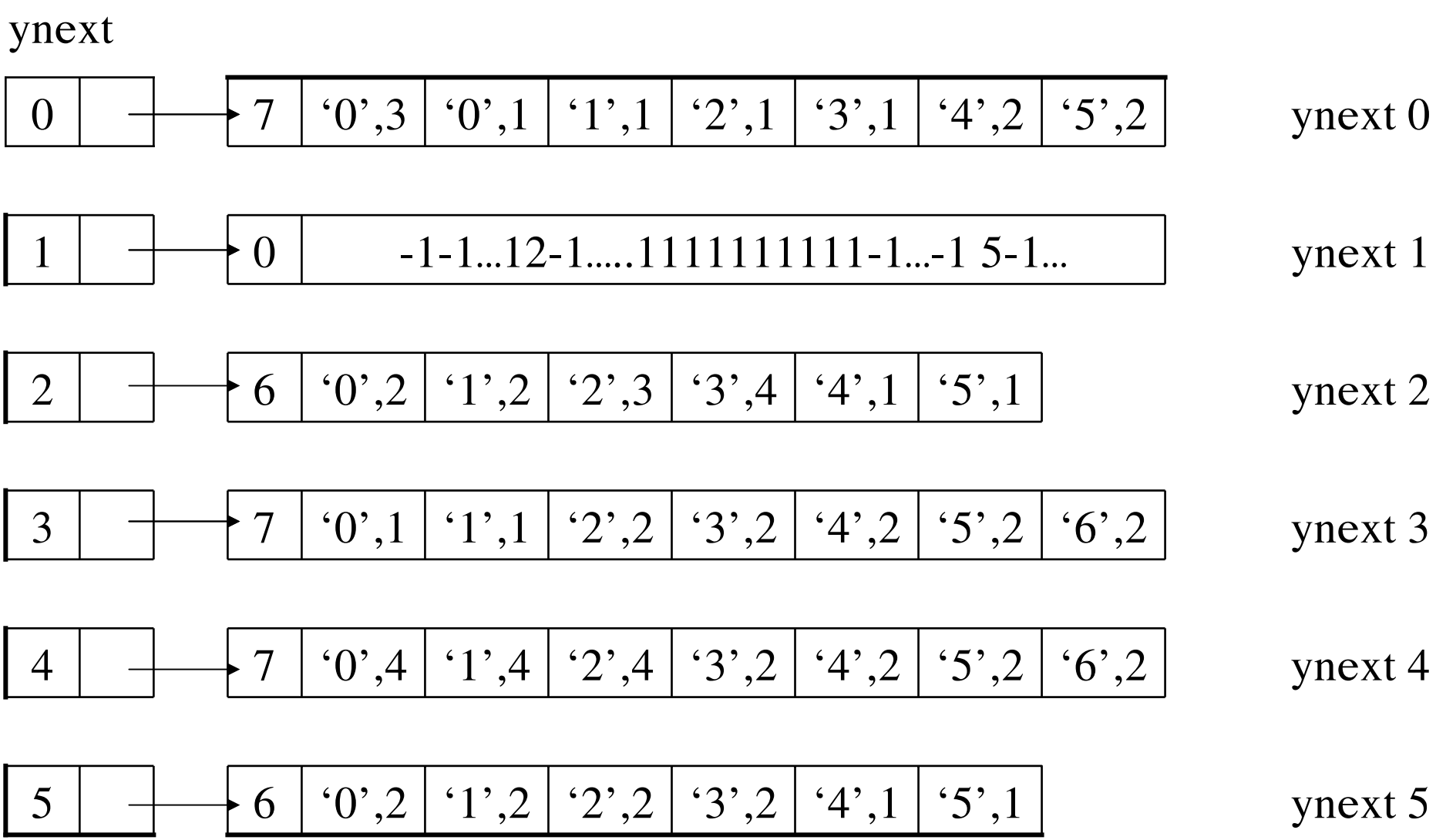
4. Các phương pháp nén bảng truyền FA

1. Thu giảm hàng và cột dư thừa



Hình 3.21. Bảng truyền được nén bằng phương pháp thu giảm hàng và cột dư thừa

2. Nén cặp

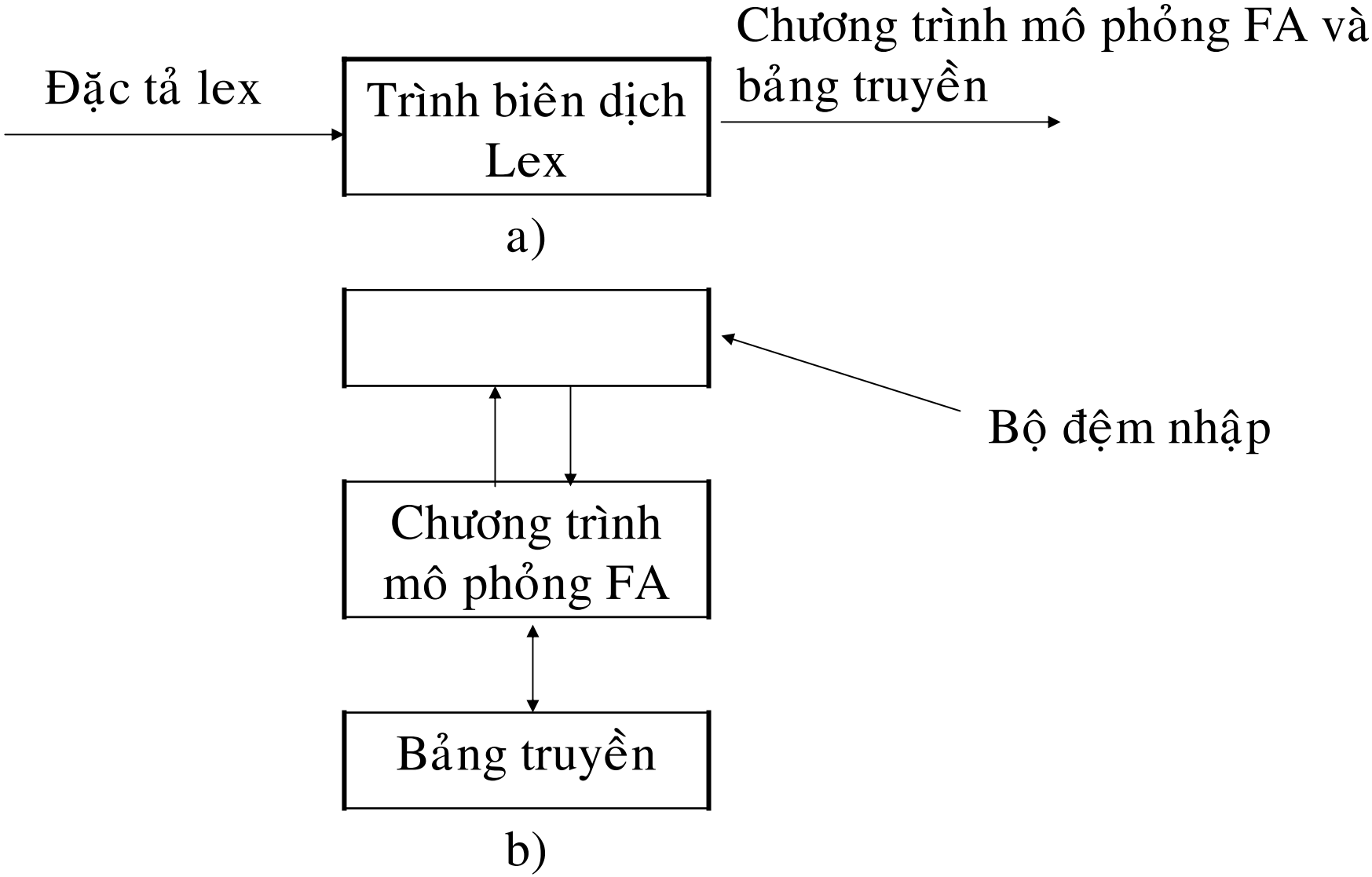


Hình 3.22. Bảng truyền nén theo phương pháp nén cặp

Mô phỏng 3.7. *Giải thuật tìm trạng thái kế tiếp trên bảng truyền đã được nén*

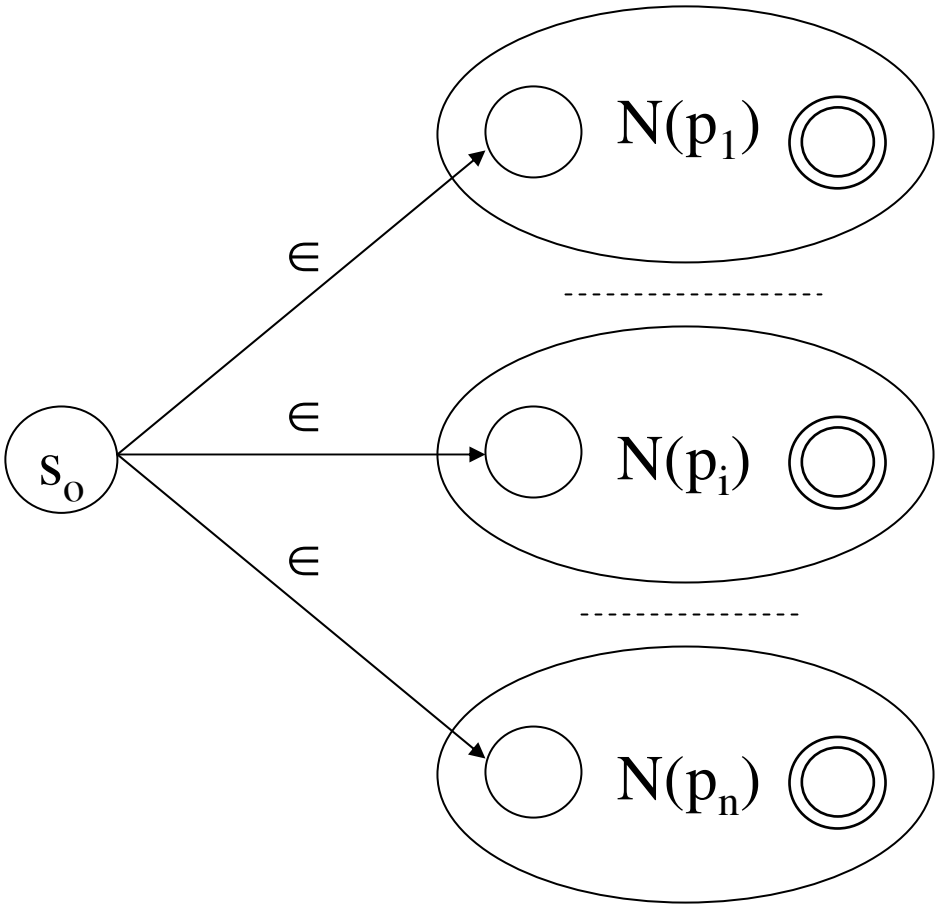
```
row := ynext [t];
I := row^[0], /* row^ là ma trận 1 chiều ynext t */
if I = 0 then
        begin  c := ord (a)
                s := row^[c]; /* s là trạng thái kế tiếp */
        end
else begin
while (a < > row^ [i]. chart) and (i < I) do

    i := i + 1;

if a = row^[i]. chart then s := row^[i]. State

else writen ('sai – lỗi từ vựng');

end;
```

3.11. Thiết kế bộ sinh bộ phân tích từ vựng



Hình 3.23. Trình biên dịch Lex và Bộ phân tích từ vựng

1. Mẫu so trùng trên cơ sở NFA



Hình 3.24. NFA được tao ra từ sự đặc tả LEX