



# CHƯƠNG TRÌNH DỊCH

---

## Bài 11: Phân tích cú pháp bằng thuật toán **CYK**



# Nội dung

---

1. Khắc phục hạn chế của các phương pháp thử-sai
2. Các phương pháp phân tích cú pháp vận năng
3. Áp dụng quy hoạch động vào phân tích cú pháp
4. Thuật toán Cocke – Younger – Kasami (CYK)
  - Dạng chuẩn Chomsky (CNF)
  - Ý tưởng
  - Mã minh họa
  - Đánh giá thuật toán
5. Bài tập



Phần 1

# Khắc phục hạn chế của các phương pháp thử-sai



# Các hạn chế của thử-sai

---

- Hai thuật toán thử-sai cơ bản top-down và bottom-up đều có những hạn chế về văn phạm đầu vào
  - Top-down: văn phạm không có đệ quy trái
  - Bottom-up: văn phạm không có suy dẫn rỗng và không có kí hiệu đệ quy ( $A \Rightarrow + A$ )
- Các thuật toán thử-sai có hạn chế về mặt tốc độ
  - Tốc độ chấp nhận được với một số văn phạm đơn giản và đơn nghĩa, đầu vào ngắn
  - Trường hợp xấu có độ phức tạp tính toán hàm mũ
- Không có cơ chế hiệu quả loại bỏ sự trùng lặp về kết quả (chẳng hạn như nhiều suy dẫn tương đương)



# Các hạn chế của thử-sai

---

- Nguyên nhân của những hạn chế này
  - Hạn chế do bản thân cơ chế hoạt động của thử-sai
  - Không có cơ chế loại bỏ các phương án chắc-chắn-sai
- Ví dụ: quá trình suy dẫn  $S$  thành  $w = abcdefg$   
 $S \Rightarrow \dots \Rightarrow abcAx \Rightarrow \dots \Rightarrow abcdefg$
- Ta nhận thấy phương án có chuỗi trung gian  $abcAx$  hoàn toàn không thể đạt được chuỗi  $w$  mong muốn
  - Vì  $x$  là kí hiệu không kết thúc, nó luôn luôn tồn tại trong các suy dẫn tiếp theo, trong khi chuỗi  $w$  không chứa  $x$

Câu hỏi: thuật toán thử sai tốt ~ cắt nhánh sớm?



Phần 2

# Các phương pháp phân tích cú pháp vận năng



# Phương pháp phân tích vận năng

---

- Như vậy các thuật toán thử-sai có 2 điểm yếu
  1. Hệ luật văn phạm bị hạn chế
  2. Yêu cầu nhiều thời gian tính toán
- Vì vậy chúng ta cũng có 2 mục tiêu
  1. Tạo ra thuật toán phân tích vận năng (không bị hạn chế bởi luật văn phạm)
  2. Tạo ra thuật toán phân tích tốc độ cao
- Tất nhiên nếu có thuật toán đạt được cả 2 mục tiêu trên thì quá tốt
- Trong phần này ta nhắm tới mục tiêu thứ nhất



# Phương pháp phân tích vụn năng

---

- Có 2 chiến lược:
  1. Biến đổi văn phạm  $G$  thành văn phạm  $G'$  tương đương nhưng không có những hạn chế của thuật toán
  2. Thay đổi cơ chế của thuật toán, nói cách khác là không sử dụng cơ chế thử-sai hiện có
- Chiến lược thứ nhất không có lời giải trọn vẹn
  - Thuật toán khử đệ quy trái có thể thay đổi ý nghĩa của văn phạm, kết quả là văn phạm  $G'$  thực chất không hoàn toàn tương đương  $G$
  - Khử suy dẫn rộng hoặc kí hiệu đệ quy làm cho văn phạm khó hiểu, các kí hiệu trung gian mất ý nghĩa ban đầu của nó





Phần 3

# Áp dụng quy hoạch động vào phân tích cú pháp



# Ý tưởng quy hoạch động

---

- Quy hoạch động gồm hai ý tưởng cơ bản
  - Chia bài toán lớn thành các bài toán con độc lập
  - Sử dụng bộ nhớ để lưu trữ lại các lời giải của các bài toán con (để tránh việc phải giải nhiều lần một bài toán)
- Áp dụng vào bài toán phân tích văn phạm
  - Cây phân tích  $S \Rightarrow^* w$  thực chất gồm các cây con, mỗi cây con phân tích một chuỗi con liên tiếp trong  $w$
  - Sử dụng bộ nhớ để lưu trữ lại các kết quả suy dẫn ra các chuỗi con của  $w$  (có nhiều chiến lược, chẳng hạn như lưu trữ các chuỗi từ  $w_i w_{i+1} \dots w_j$  hoặc chuỗi  $w_0 w_1 \dots w_k$ , tùy vào mục tiêu cần lưu trữ)



Phần 4

# Thuật toán Cocke – Younger – Kasami (CYK)



# Dạng chuẩn Chomsky (CNF)

---

- Văn phạm phi ngữ cảnh ở dạng chuẩn Chomsky nếu mọi luật sinh đều có dạng  $A \rightarrow BC$  hoặc  $A \rightarrow a$
- Dễ thấy mọi văn phạm phi ngữ cảnh không chứa suy dẫn rỗng ( $A \rightarrow \varepsilon$ ) đều có thể chuyển về dạng chuẩn Chomsky bằng thuật toán đơn giản sau
  - Nếu luật sinh sẵn ở dạng chuẩn Chomsky thì giữ nguyên
  - Nếu luật sinh không ở dạng chuẩn Chomsky thì sẽ có dạng  $A \rightarrow B_1B_2\dots B_n$ , với  $n > 2$ 
    - Ta bổ sung các kí hiệu trung gian mới  $C_1, C_2, \dots, C_{n-2}$
    - Thay thế luật trên bằng các luật mới  $A \rightarrow C_1B_n, C_1 \rightarrow C_2B_{n-1}, \dots, C_{n-2} \rightarrow B_1B_2$ , các luật mới này thỏa mãn chuẩn Chomsky



# Thuật toán CYK: ý tưởng

---

- CYK không phải là thuật toán vạn năng vì không chấp nhận văn phạm có suy dẫn rộng
- CYK minh họa một cách đơn giản ý tưởng quy hoạch động:
  - Giả thiết chuỗi  $w = w_1 w_2 \dots w_n$
  - Ta định nghĩa tập  $X_{ij}$  là tập tất cả các kí hiệu có thể suy dẫn ra chuỗi con  $w_i w_{i+1} \dots w_{i+j-1}$  (chuỗi con bắt đầu từ  $w_i$  và có độ dài  $j$ )
  - Bài toán đoán nhận  $S \Rightarrow^* w$  tương đương với việc trả lời  $S$  có thuộc tập  $X_{1n}$  hay không?
  - Vấn đề bây giờ là tính  $X_{ij}$  như thế nào?



# Thuật toán CYK: mã minh họa

---

```
// tính X của các chuỗi độ dài 1
```

```
for (int i = 1; i <= n; i++)  
    X[i,1] = { A | A → wi }
```

```
// tính X của các chuỗi độ dài 2,3,...,n
```

```
for (int j = 2; j <= n; j++)  
    for (int i = 1; i <= n-j+1; i++) {  
        X[i,j] = {}  
        for (int k = 1; k <= j-1; k++)  
            X[i,j] += { A | nếu A → BC  
                        | và B thuộc X[i,k]  
                        | và C thuộc X[i+k,j-k] }  
    }
```



# Thuật toán CYK: ví dụ

Văn phạm:

$S \rightarrow AB \mid BC$

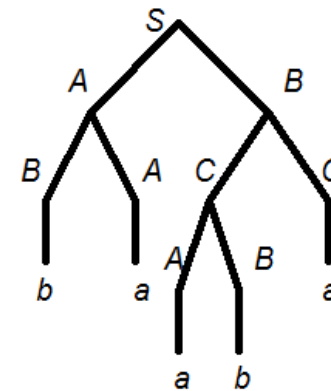
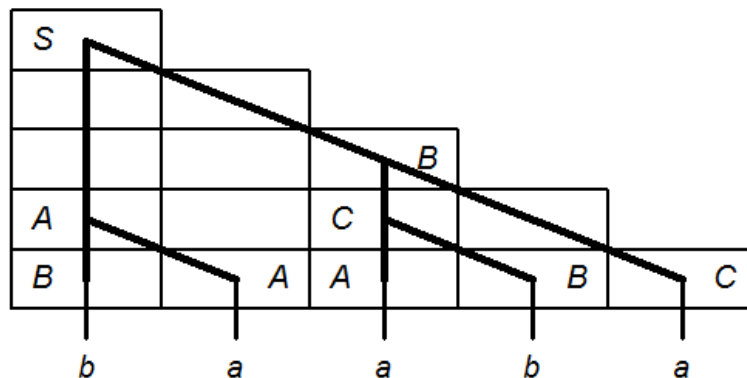
$A \rightarrow BA \mid a$

$B \rightarrow CC \mid b$

$C \rightarrow AB \mid a$

Chuỗi  $w = baaba$

		1	2	3	4	5
5		S, A, C				
4		$\emptyset$	S, A, C			
3		$\emptyset$	B	B		
2		S, A	B	S, C	S, A	
1	$j$	B	A, C	A, C	B	A, C
		$b$	$a$	$a$	$b$	$a$
		$i \rightarrow$				





# Thuật toán CYK: đánh giá

---

- Hạn chế:
  - Thuật toán không làm việc với suy dẫn rỗng
  - Số lượng kí hiệu trung gian (non-terminal) nhiều, do việc chuyển đổi từ CFG sang chuẩn Chomsky
- Độ phức tạp tính toán (xấu nhất) là  $O(n^3 \times |G|)$ 
  - Số **n** là độ dài của chuỗi w
  - **|G|** là kích thước của văn phạm dạng CNF
- Bản chất là ý tưởng bottom-up nhưng áp dụng các kĩ thuật quy hoạch động
- Dễ dàng liệt kê mọi cây phân tích khác nhau và loại bỏ các suy dẫn trùng lặp





Phần 5

# Bài tập



# Bài tập

---

1. Cho văn phạm G:

$$S \rightarrow AB \mid XB$$

$$T \rightarrow AB \mid XB$$

$$X \rightarrow AT$$

$$A \rightarrow a$$

$$B \rightarrow b$$

Chỉ ra quá trình thực hiện thuật toán CYK với  $w = \mathbf{aaabbb}$

2. Cho văn phạm G:

$$S \rightarrow AA \mid AS \mid b$$

$$A \rightarrow SA \mid AS \mid a$$

Chỉ ra quá trình thực hiện thuật toán CYK với  $w = \mathbf{abaab}$



# Bài tập

---

3. Sử dụng thuật toán CYK để chỉ ra cây phân tích cho chuỗi  $(5+7)^*3$  thuộc văn phạm G

$$E \rightarrow E + T \mid T$$

$$T \rightarrow T * F \mid F$$

$$F \rightarrow ( E ) \mid \text{số}$$

4. Chỉ ra cây phân tích của chuỗi **true and not false** sinh bởi thuật toán CYK với tập luật văn phạm G

$$E \rightarrow E \text{ and } T \mid T$$

$$T \rightarrow T \text{ or } F \mid F$$

$$F \rightarrow \text{not } F \mid ( E ) \mid \text{true} \mid \text{false}$$