CHƯƠNG TRÌNH DỊCH

Bài 10: Phân tích cú pháp bằng thuật toán bottom-up

Nội dung

1. Ý tưởng & thuật toán
2. Ví dụ minh họa
3. Cài đặt bottom-up đơn giản
   - Cấu trúc một luật văn phạm
   - Cấu trúc một suy diễn trực tiếp
   - Máy phân tích: các hàm hỗ trợ
   - Máy phân tích: các hàm chính
4. Đánh giá về bottom-up
5. Bài tập

Phần 1

Ý tưởng & thuật toán

Bottom-up: ý tưởng

- Cho văn phạm G với các luật sinh:

  $S \rightarrow E + S \mid E$ $\qquad\qquad$ $E \rightarrow 1 \mid 2 \mid 3 \mid 4 \mid 5 \mid (S)$

- Xâu vào: W = (1 + 2 + (3 + 4)) + 5
- Thu gọn W thành S:

$$(1 + 2 + (3 + 4)) + 5 \Leftarrow (E + 2 + (3 + 4)) + 5 \Leftarrow$$
$$(E + E + (3 + 4)) + 5 \Leftarrow (E + E + (E + 4)) + 5 \Leftarrow$$
$$(E + E + (E + E)) + 5 \Leftarrow (E + E + (E + S)) + 5 \Leftarrow$$
$$(E + E + (S)) + 5 \Leftarrow (E + E + E) + 5 \Leftarrow$$
$$(E + E + S) + 5 \Leftarrow (E + S) + 5 \Leftarrow$$
$$(S) + 5 \Leftarrow E + 5 \Leftarrow E + E \Leftarrow E + S \Leftarrow S$$

Bottom-up: mục tiêu & ý tưởng

- **Mục tiêu**: trong số nhiều suy dẫn dạng $S \Rightarrow^* w$, thuật toán sẽ tìm suy dẫn phải
- **Ý tưởng chính**:
  - Thử sai và quay lui bằng năng lực tính toán của máy tính
  - Dò ngược quá trình suy dẫn $w \Leftarrow w_{n-1} \Leftarrow \ldots \Leftarrow w_1 \Leftarrow S$ bằng kĩ thuật thu-gọn: tìm xem w_i có chứa vế phải của luật hay không, nếu có thì thay thế phần vế phải đó bằng vế trái tương ứng
  - Nếu một $w_i \neq S$ thì chắc chắn nó cần phải được thu-gọn, nếu w_i không chứa vế phải của luật nào đó thì nhánh thử sai này cần quay lui, ngược lại thì thu-gọn và thử tiếp

Bottom-up: thuật toán

1. A = w
2. Với chuỗi A đạt được trong quá trình lần ngược:
   - Nếu A = "S":
     - Kết luận: quá trình tìm kiếm thành công
     - Lưu lại kết quả (chuỗi biến đổi từ đầu để được A)
     - Kết thúc ngay lập tức quá trình tìm kiếm
   - * Duyệt tất cả các luật sinh dạng x → α, nếu α là một chuỗi con trong A thì:
     - Áp dụng thu-gọn: thế α trong A bằng x, ta được A'
     - Thử bước 2 với chuỗi A = A'
   - Nếu không có phương án thu gọn nào thì quay lui

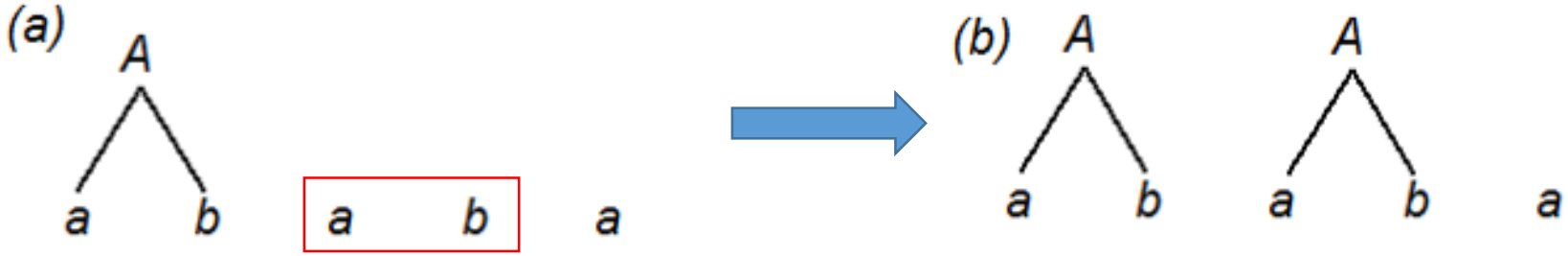
Phần 2

Ví dụ minh họa

Bottom-up: ví dụ

Cho tập luật S → AB, A → ab, B → aba

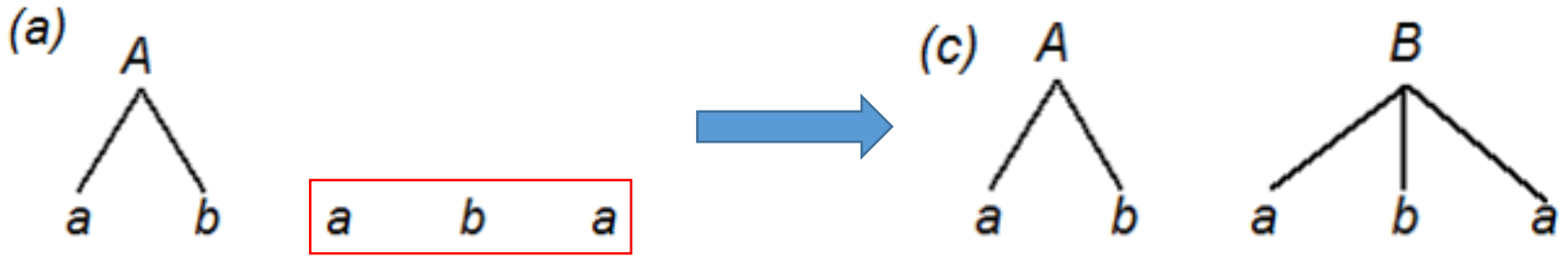
Chỉ ra quá trình thu gọn chuỗi w = ababa



- …
- Áp dụng luật A → ab, thu gọn ababa ⇐ Aaba
- Chuỗi Aaba có 2 phương án thu gọn: Aaba ⇐ AAa và Aaba ⇐ AB

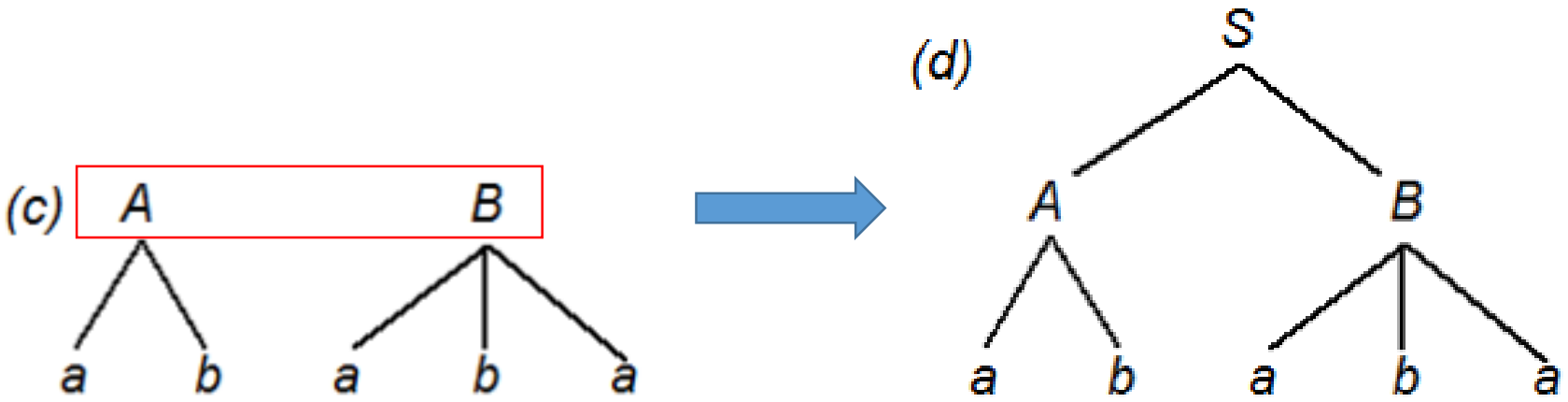
Bottom-up: ví dụ

- Áp dụng luật A → ab, thu gọn Aaba ⇐ AAa
- Đến đây nhánh này ngưng vì không thu gọn tiếp được nữa
- Áp dụng luật B → aba, thu gọn Aaba ⇐ AB



Bottom-up: ví dụ

- Áp dụng luật S → AB, thu gọn AB ⇐ S
- Đến đây điều kiện A = "S" xảy ra:
  - Thuật toán dừng, kết luận thu gọn thành công
  - Lưu lại quá trình suy dẫn ngược

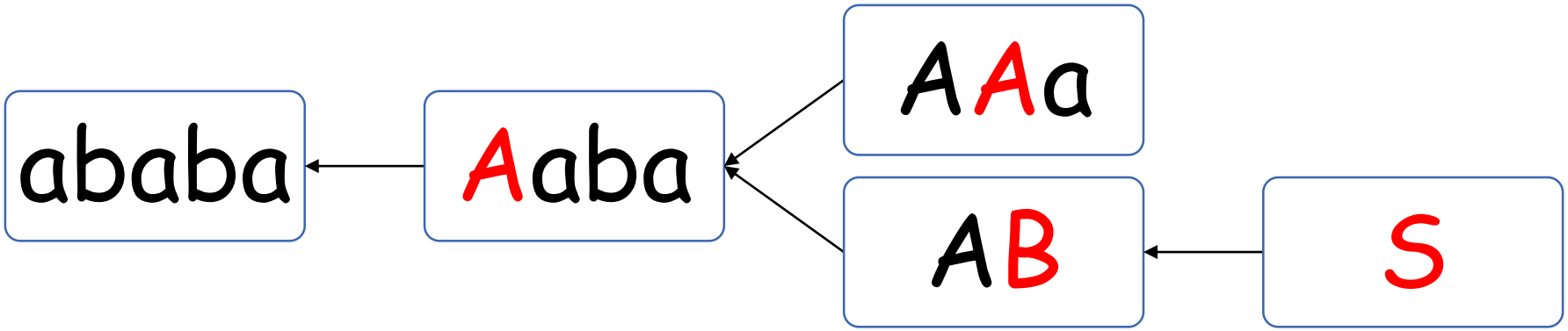


Bottom-up: ví dụ

Với tập luật S → AB, A → ab, B → aba

Phân tích W = ababa

Cây rút gọn minh họa hoạt động của bottom-up:



Phần 3

Cài đặt bottom-up đơn giản

Cấu trúc một luật văn phạm

```
// Lớp chứa luật văn phạm, dạng left->right
class Rule {
    public string left, right;
    public Rule(string l, string r) {
        left = l; right = r;
    }
    // chuyển đổi luật về dạng string (để in cho dễ nhìn)
    public string ToFineString() {
        string s = left + " -->";
        for (int i = 0; i < right.Length; i++) s += " " + right[i];
        return s;
    }
}
```

Cấu trúc một suy diễn trực tiếp

```
// Lớp chứa một bước áp dụng luật suy diễn
// + ruleNumber: số thứ tự của luật sẽ được dùng
// + position: vị trí sẽ áp dụng luật đó
class Step {
    public int ruleNumber, position;
    public Step(int r, int p) {
        ruleNumber = r;
        position = p;
    }
}
```

Máy phân tích: các hàm hỗ trợ

```
class PTBU {
    public List<Rule> rules = new List<Rule>();
    public List<Step> steps;
    string word = null;
    public void AddRule(string left, string right) {
        rules.Add(new Rule(left, right));
    }
    public void PrintAllRules() {
        Console.WriteLine("<bo luat van pham>");
        foreach (Rule r in rules)
            Console.WriteLine("  " + r.ToFineString());
    }
```

Máy phân tích: các hàm hỗ trợ

```
public void PrintSteps() {
    Console.WriteLine("Doan nhan thanh cong sau...
    string w = word;
    foreach (Step s in steps) {
        string x = DoBackStep(w, s);
        ...
    }
}
string DoBackStep(string w, Step s) {
    string w1 = w.Substring(0, s.position);
    string w2 = w.Substring(s.position +
                rules[s.ruleNumber].right.Length);
    return w1 + rules[s.ruleNumber].left + w2;
}
```

Máy phân tích: các hàm chính

```
public bool Process(string x) {
    steps = new List<Step>();
    word = x;
    return BottomUp(x);
}
// áp dụng được luật k ở vị trí i của chuỗi w?
bool CanApplyHere(string w, int i, int k) {
    string s = w.Substring(i);
    if (s.Length > rules[k].right.Length)
        s = s.Substring(0, rules[k].right.Length);
    return (s == rules[k].right);
}
```

Máy phân tích: các hàm chính

```
public bool BottomUp(string w) {
    if ("S" == w) return true;
    for (int i = 0; i < w.Length; i++)
        for (int k = 0; k < rules.Count; k++)
            if (CanApplyHere(w, i, k)) {
                Step st = new Step(k, i);
                steps.Add(st);
                if (BottomUp(DoBackStep(w, st))) return true;
                steps.RemoveAt(steps.Count - 1);
            }
    return false;
}
```

Thử nghiệm

```
class Program {
    public static void Main() {
        PTBU parser = new PTBU();
        parser.AddRule("S", "AB");
        parser.AddRule("A", "ab");
        parser.AddRule("B", "aba");
        parser.PrintAllRules();
        if (parser.Process("ababa"))
            parser.PrintSteps();
    }
}
```

Phần 4

Đánh giá về bottom-up

Đánh giá về bottom-up

- Đặc trưng:
  - Dễ hiểu: cài đặt đơn giản
  - Chậm: duyệt toàn bộ, không có các bước cắt nhánh
  - Không vạn năng: không làm việc với văn phạm có suy dẫn rỗng ($A \rightarrow \varepsilon$) hoặc đệ quy ($A \Rightarrow^{+} A$)
  - Không dễ loại bỏ những kết quả trùng lặp (trường hợp muốn tìm mọi phương án suy dẫn)
- Ý tưởng cải tiến:
  - * Quy hoạch động: sử dụng lại những kết quả duyệt cũ
  - * Cắt nhánh sớm: dựa trên đặc trưng của một số luật để loại bỏ các phương án không có tương lai

Phần 5

Bài tập

Bài tập

1. Chỉ ra quá trình thu gọn theo phân tích bottom-up của chuỗi **raid** thuộc văn phạm G sau:
   - S → r X d | r Z d
   - X → o a | e a
   - Z → a i
2. Chỉ ra quá trình thu gọn theo phân tích bottom-up của chuỗi **(a=(b+a))** thuộc văn phạm G sau:
   - S → B
   - B → R | (B)
   - R → E = E
   - E → a | b | (E + E)

Bài tập

3. Chỉ ra quá trình thu gọn theo phân tích bottom-up cho chuỗi **(5+7)*3** thuộc văn phạm G sau:
   - E → E + T | T
   - T → T * F | F
   - F → (E) | số
4. Chỉ ra quá trình thu gọn theo phân tích bottom-up của chuỗi **true and not false** với tập luật:
   - E → E and T | T
   - T → T or F | F
   - F → not F | (E) | true | false

Bài tập

5. Chỉ ra quá trình thu gọn theo phân tích bottom-up của chuỗi **abbcbd** thuộc văn phạm G có tập luật:
   - S → a A | b A
   - A → c A | b A | d
6. Có thể thực hiện phân tích bottom-up chuỗi **aaab** thuộc văn phạm G dưới đây hay không? Chỉ ra phương án xử lý nếu có.
   - S → A B
   - A → a A | ε
   - B → b | b B

Bài tập (lập trình)

1. Hãy chỉnh sửa thuật toán top-down và bottom-up để chúng có thể chỉ ra mọi phương án suy dẫn từ kí hiệu bắt đầu S thành chuỗi đích w
2. * Mã nguồn minh họa cả hai thuật toán top-down và bottom-up đều dựa trên đệ quy, hãy chuyển đổi chúng thành dạng không đệ quy (gợi ý: sử dụng một stack lưu lại trạng thái của các chuỗi trung gian trong quá trình thử-sai các luật sinh)
3. Hãy xây dựng thuật toán chuyển đổi từ suy dẫn trả về bởi thuật toán top-down (bottom-up) thành cây phân tích cú pháp tương ứng

Bài tập (lập trình)

4. * Hãy điều chỉnh thuật toán top-down (bottom-up) để chúng trả về mọi cây phân tích cú pháp khác nhau (dùng cho văn phạm có nhập nhằng)
5. Nếu văn phạm G đệ quy phải, thì thuật toán top-down hay bottom-up sẽ trả về kết quả nhanh hơn trong các tính huống:
   - Chuỗi w không thuộc văn phạm G
   - Chuỗi w có nhiều cây phân tích cú pháp