

Proiectarea Semanticii Limbajului JavaScript-PLP

Documentatie Tehnica

January 11, 2026

Contents

1 Introducere

Acest document descrie semantica operationala a unui interpretor pentru un subset al limbajului JavaScript. Interpretorul este implementat in OCaml si suporta:

- Tipuri de date: Int, Float, Bool, Char, String, Undefined
- Expresii aritmetice, logice si de comparatie
- Instructiuni: declaratii, atribuirii, if-else, while, return
- Functii cu suport pentru recursivitate
- Domenii de vizibilitate (block scoping) cu shadowing

2 Modelul Semanticii Operationale

Semantica limbajului este definita utilizand **Semantica Operationala Big-Step**. Deoarece in acest limbaj atribuirea este o expresie, evaluarea oricarei expresii poate modifica starea programului.

2.1 Starea Programului (Environment)

Starea programului, notata cu σ , este o functie care mapeaza identificatorii la valorile lor:

$$\sigma \in \text{Env} = \text{Var} \rightarrow \text{Value} \cup \{\perp\}$$

unde $\text{Value} = \{\text{VInt}, \text{VFloat}, \text{VBool}, \text{VChar}, \text{VString}, \text{VUndefined}, \text{VFunc}\}$.

2.2 Valorile Functiilor

O valoare de tip functie contine:

$$\text{VFunc}(\text{params}, \text{body}, \sigma_{\text{closure}})$$

unde:

- **params** - lista parametrilor formali
- **body** - corpul functiei (instructiune)
- σ_{closure} - environment-ul capturat la momentul definirii (closure)

3 Semantica Expresiilor

Evaluarea unei expresii e in starea σ produce o valoare v si o stare noua σ' (datorita posibilelor atribuirii):

$$\langle e, \sigma \rangle \Downarrow \langle v, \sigma' \rangle$$

3.1 Reguli pentru Expresii

3.1.1 Constante si Variabile

- **Constante:** $\langle c, \sigma \rangle \Downarrow \langle c, \sigma \rangle$
- **Variabile:** $\frac{\sigma(x) = v}{\langle x, \sigma \rangle \Downarrow \langle v, \sigma \rangle}$

3.1.2 Atribuire

Atribuirea este o expresie care returneaza valoarea atribuita:

$$\frac{\langle e, \sigma \rangle \Downarrow \langle v, \sigma' \rangle \quad x \in \text{dom}(\sigma')}{\langle x = e, \sigma \rangle \Downarrow \langle v, \sigma'[x \leftarrow v] \rangle}$$

3.1.3 Operatii Binare

$$\frac{\langle e_1, \sigma \rangle \Downarrow \langle v_1, \sigma'' \rangle \quad \langle e_2, \sigma'' \rangle \Downarrow \langle v_2, \sigma' \rangle \quad v = v_1 \oplus v_2}{\langle e_1 \oplus e_2, \sigma \rangle \Downarrow \langle v, \sigma' \rangle}$$

Nota: e_2 se evalueaza in starea σ'' produsa de e_1 (evaluare de la stanga la dreapta).

3.1.4 Operatii Unare

$$\frac{\langle e, \sigma \rangle \Downarrow \langle v_1, \sigma' \rangle \quad v = \ominus v_1}{\langle \ominus e, \sigma \rangle \Downarrow \langle v, \sigma' \rangle}$$

4 Semantica Functiilor

4.1 Declaratia Functiilor

Declaratia unei functii adauga o valoare de tip **VFunc** in environment:

$$\frac{f_{val} = \text{VFunc}(\text{params}, \text{body}, \sigma)}{\langle \text{function } f(\text{params})\{\text{body}\}, \sigma \rangle \rightarrow \sigma[f \leftarrow f_{val}]}$$

4.2 Apelul Functiilor

Apelul unei functii implica:

1. Evaluarea argumentelor (de la stanga la dreapta)
2. Crearea unui environment local cu parametrii legati la argumente
3. Executia corpului functiei in environment-ul local
4. Returnarea valorii (sau **undefined** daca nu exista **return**)

$$\frac{\begin{array}{l} \sigma(f) = \text{VFunc}(\text{params}, \text{body}, \sigma_c) \\ \langle \text{args}, \sigma \rangle \Downarrow \langle \text{vals}, \sigma' \rangle \\ \sigma_{call} = \sigma_c[f \leftarrow \sigma(f)][\text{params} \leftarrow \text{vals}] \\ \langle \text{body}, \sigma_{call} \rangle \rightarrow \text{Exit}(v) \end{array}}{\langle f(\text{args}), \sigma \rangle \Downarrow \langle v, \sigma' \rangle}$$

4.3 Recursivitate

Pentru a suporta recursivitatea, functia este adaugata in propriul environment de apel:

$$\sigma_{call} = \sigma_{closure}[f \leftarrow \text{VFunc}(\text{params}, \text{body}, \sigma_{closure})]$$

Astfel, in corpul functiei, apelurile recursive gasesc functia in environment.

4.4 Exemplu: Factorial Recursiv

```
function factorial(n) {  
  if (n <= 1) {  
    return 1;  
  } else {  
    return n * factorial(n - 1);  
  }  
}  
let result = factorial(5); // result = 120
```

5 Semantica Instructiunilor

Instructiunile transforma starea σ . Introducem o stare speciala $Exit(v)$ pentru a gestiona instructiunea `return`.

5.1 Reguli de Baza

- Skip: $\langle ;, \sigma \rangle \rightarrow \sigma$
- Declaratie cu initializare:

$$\frac{\langle e, \sigma \rangle \Downarrow \langle v, \sigma' \rangle}{\langle \text{let } x = e, \sigma \rangle \rightarrow \sigma'[x \leftarrow v]}$$

- Declaratie fara initializare:

$$\langle \text{let } x, \sigma \rangle \rightarrow \sigma[x \leftarrow \text{undefined}]$$

- Expresie ca instructiune:

$$\frac{\langle e, \sigma \rangle \Downarrow \langle v, \sigma' \rangle}{\langle e; , \sigma \rangle \rightarrow \sigma'}$$

5.2 Structuri de Control

5.2.1 Conditionala (If-Else)

$$\frac{\langle e, \sigma \rangle \Downarrow \langle \text{true}, \sigma'' \rangle \quad \langle s_1, \sigma'' \rangle \rightarrow \sigma'}{\langle \text{if } (e) \ s_1 \text{ else } s_2, \sigma \rangle \rightarrow \sigma'}$$

$$\frac{\langle e, \sigma \rangle \Downarrow \langle \text{false}, \sigma'' \rangle \quad \langle s_2, \sigma'' \rangle \rightarrow \sigma'}{\langle \text{if } (e) \ s_1 \text{ else } s_2, \sigma \rangle \rightarrow \sigma'}$$

5.2.2 Bucla While

$$\frac{\langle e, \sigma \rangle \Downarrow \langle \text{false}, \sigma' \rangle}{\langle \text{while } (e) \ s, \sigma \rangle \rightarrow \sigma'}$$
$$\frac{\langle e, \sigma \rangle \Downarrow \langle \text{true}, \sigma'' \rangle \quad \langle s, \sigma'' \rangle \rightarrow \sigma''' \quad \langle \text{while } (e) \ s, \sigma''' \rangle \rightarrow \sigma'}{\langle \text{while } (e) \ s, \sigma \rangle \rightarrow \sigma'}$$

5.2.3 Return

Instructiunea **return** opreste executia si propaga valoarea:

$$\frac{\langle e, \sigma \rangle \Downarrow \langle v, \sigma' \rangle}{\langle \text{return } e, \sigma \rangle \rightarrow \text{Exit}(v)}$$

6 Domenii de Vizibilitate (Scoping)

6.1 Block Scoping

Variabilele declarate intr-un bloc `{ }` sunt vizibile doar in acel bloc. La iesirea din bloc, variabilele locale sunt eliminate:

$$\frac{\langle \text{stmts}, \sigma \rangle \rightarrow \sigma_{final}}{\langle \{\text{stmts}\}, \sigma \rangle \rightarrow \sigma'}$$

unde starea rezultata σ' pastreaza doar variabilele pre-existente:

$$\sigma'(x) = \begin{cases} \sigma_{final}(x) & \text{daca } x \in \text{dom}(\sigma) \\ \perp & \text{daca } x \notin \text{dom}(\sigma) \end{cases}$$

6.2 Shadowing

O variabila declarata intr-un bloc poate "umbri" o variabila cu acelasi nume din scope-ul exterior. La iesirea din bloc, valoarea originala este restaurata.

```
let x = 100;           // x global
{
  let x = 999;         // x local (shadowing)
  // aici x = 999
}
// aici x = 100 (restaurat)
```

6.3 Modificari vs Redecarari

- **Atribuire** ($x = v$): Modifica valoarea variabilei existente. Modificarea persista dupa iesirea din bloc.
- **Declaratie** ($\text{let } x = v$): Creaza o variabila noua locala. Variabila este eliminata la iesirea din bloc.

6.4 Exemplu Complet

```
let global = 100;
let modificata = 10;
let shadowed = "original";

{
    let local = 50;
    modificata = modificata + local;    // Modificare
    let shadowed = "in bloc";          // Shadowing
}

// Rezultat:
// global = 100
// modificata = 60 (modificarea persista)
// shadowed = "original" (valoarea restaurata)
// local nu exista (eliminata)
```

7 Sistemul de Tipuri

Limbajul utilizeaza **tipizare dinamica puternica** (strong dynamic typing). Operatiile intre tipuri incompatibile genereaza erori la runtime.

7.1 Tipuri Suportate

- VInt - numere intregi
- VFloat - numere reale
- VBool - valori booleene
- VChar - caractere
- VString - siruri de caractere
- VUndefined - valoare nedefinita
- VFunc - functii (first-class values)

7.2 Coercitie Limitata

Limbajul permite cateva conversii implicite:

- $\text{Int} + \text{Float} \rightarrow \text{Float}$
- $\text{String} + \text{Int} \rightarrow \text{String}$ (concatenare)

8 Tratarea Erorilor

Interpretorul genereaza urmatoarele tipuri de erori:

- `RuntimeError` - erori generale (impartire la zero, etc.)
- `UndefinedVariable` - variabila nedeclarata
- `TypeError` - operatie pe tipuri incompatibile