ЗАСТОСУВАННЯ КОНТЕКСТНИХ УМОВ ДЛЯ ПОБУДОВИ ОПЕРАЦІЙНОЇ СЕМАНТИКИ В РЕАЛІЗАЦІЇ МОВИ ПРОГРАМУВАННЯ

Виконав: студент КН-4
Білогрудов Данїїл Вячеславович

Науковий керівник: к. фіз.-мат. наук, доцент
Бублик Володимир Васильович

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

1. Дослідити теоретичні основи формалізації мов програмування, а також різні підходи до визначення операційної семантики.

2. Розглянути основні складові компоненти інтерпретатора та їхню роль у трансляції вихідного коду та роль контекстних умов на етапі інтерпретації програми.

3. Розробити і протестувати інтерпретатор згідно з попередньо визначеною граматикою та застосуванням правил структурної операційної семантики.

СТАН ПРОБЛЕМИ

- Контекстно-вільні граматики не здатні покрити усі аспекти специфікації мови програмування.
- Потреба у додатковій перевірці на контекстні умови програми (типізація, області видимості змінних).
- Фокусування не на **формі** програми (синтаксис), а **значенні** (семантика).

«Безбарвні зелені ідеї сплять несамовито»

ЗМІСТ РОБОТИ

- Розгляд нотації та принципів застосування структурної операційної семантики за Ґордоном Плоткіном у порівнянні з іншими підходами до формальної семантики мов програмування.

- Опис фаз інтерпретації (лексичний, синтаксичний, семантичний аналізи, виконавець), підходи до реалізації абстрактного синтаксичного дерева (взірець Компонувальник) і семантичної перевірки (взірець Відвідувач + символьна таблиця).

- Визначення контекстно-вільної граматики у нотації Бекуса-Науера і правил структурної операційної семантики для розробленої мови програмування.

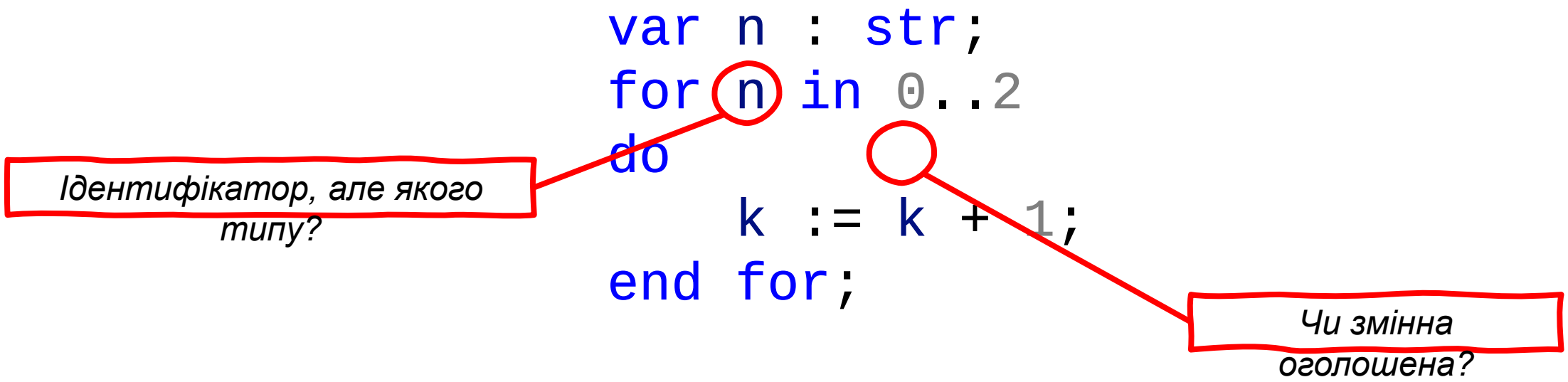
ГРАМАТИКА

```
<prog>  ::= <stmts>
<stmts> ::= <stmt> ";" ( <stmt> “;" )*

<stmt>  ::= "var" <var_ident> ":" <type> [ ":=" <expr> ]
          | <var_ident> ":=" <expr>
          | "for" <var_ident> "in" <expr> ".." <expr> "do" <stmts> "end" "for"
          | "read" <var_ident> | "print" <expr>
          | "if" <expr> "do" <stmts> [ "else" <stmts> ]"end" "if"

<expr>      ::= <opnd> <op> <opnd> | [ <unary_opnd> ] <opnd>
<opnd>      ::= <int> | <string> | <var_ident> | "(" <expr> ")"
<type>      ::= "int" | "string" | "bool"
<var_ident> ::= <ident>

<reserved_keyword> ::= "var" | "for" | "end" | "in" | "do" | "read" | "print"
                     | "int" | "string" | "bool" | "assert" | "if" | "else"
```

ПОТРЕБА У КОНТЕКСТІ

```
var n : str;
for n in 0..2
do
    k := k + 1;
end for;
```

ПОТРЕБА У КОНТЕКСТІ



ОПЕРАЦІЙНА СЕМАНТИКА

$$\frac{\Gamma(x) = (\tau, \_) \quad \Gamma \vdash e : \tau}{\Gamma, \sigma \to \Gamma[x \mapsto (\tau, \mathrm{val}(e, \sigma))], \sigma}$$

Присвоєння значення до змінної тільки, якщо вона оголошена

$$\frac{\Gamma \vdash e_1 : \tau \quad \Gamma \vdash e_2 : \tau}{\Gamma \vdash e_1 \ \mathrm{op} \ e_2 : \tau}$$

Операнди мають бути одного і того самого типу

$$\frac{\Gamma \vdash e : \mathrm{bool}}{\Gamma, \sigma \vdash \mathrm{if}\ e\ \mathrm{do}\ s_1\ [\mathrm{else}\ s_2]\ \mathrm{end\ if}}$$

Умовою розгалуження має бути тільки булевий вираз

$$\frac{\Gamma, \sigma \vdash \mathrm{var}\ x : \tau \quad x \notin \mathrm{dom}(\Gamma)}{\Gamma[x \mapsto (\tau, \mathrm{undefined})], \sigma}$$

Змінна має бути унікальна в межах області видимості

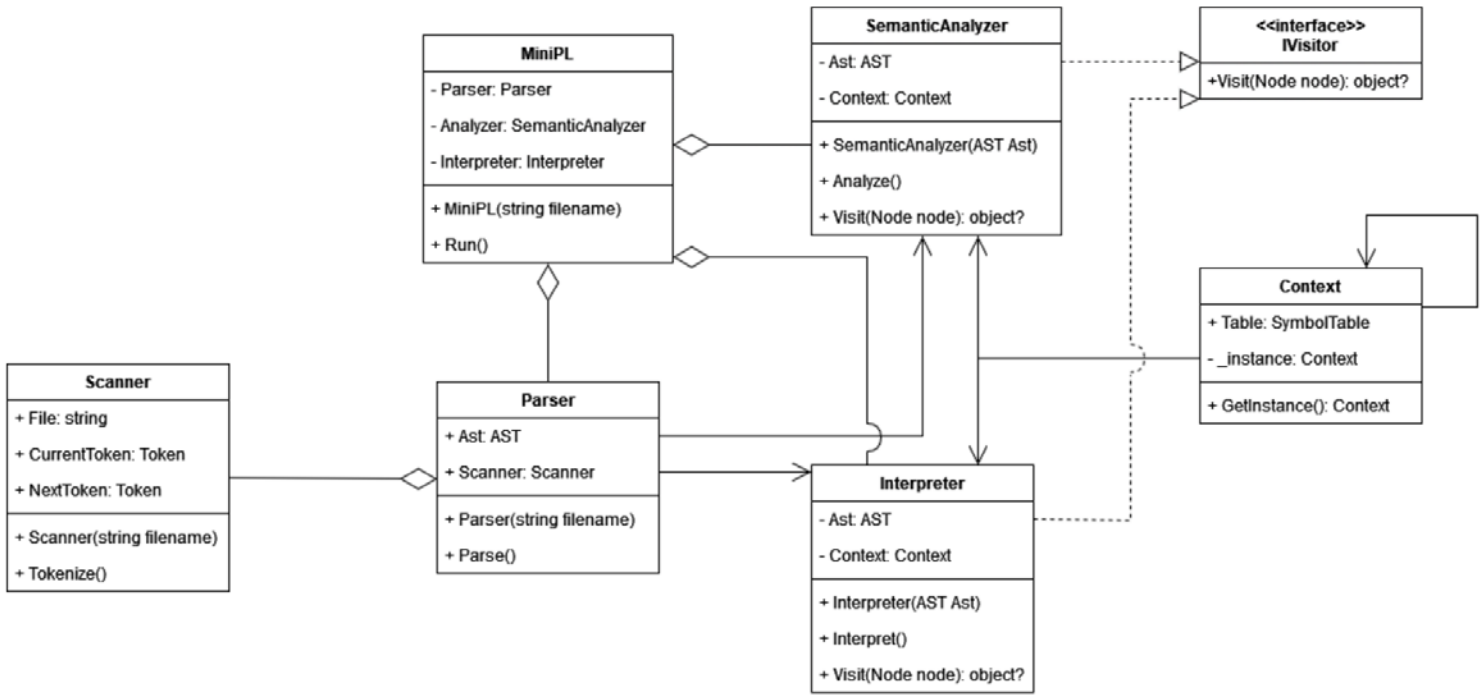
ВИКОРИСТАНІ ТЕХНОЛОГІЇ

Мова, якою написаний інтерпретатор: C#.

Фреймворк для автоматичного тестування: MSTest.

```
namespace MiniPL
{
    /* Semantic Analyzer is the part of the MiniPL interpreter which uses the Visitor
pattern
     * to check the semantic correctness of the program, in particular variables
declaration
     * and usage, and type matching.
     */
    public class SemanticAnalyzer : IVisitor
    {
        private readonly AST Ast;
        private readonly Context Context;

        private readonly List<string> boolOperators = new() {
             TFS(TokenType.EQ), TFS(TokenType.LT), TFS(TokenType.GT)
        };

        // list of exceptions for the statement mode recovery
        private readonly List<MiniPLException> exceptions = new();

        public SemanticAnalyzer(AST ast)
        {
            Ast = ast;
            Context = Context.GetInstance();
        }

        ...
```

РЕЗУЛЬТАТИ



UML-діаграма інтерпретатора мови програмування MPL

РЕЗУЛЬТАТИ

```
print "Fibonacci series\n";
print "Enter num: ";
var n : int;
read n;
var i : int;
var prev : int := 0;
var curr : int := 1;
print prev;
print "\n";
print curr;
print "\n";
for i in 2..n do
    var next : int := prev + curr;
    print next;
    print "\n";
    prev := curr;
    curr := next;
end for;
```

Приклад програми мовою програмування MPL

РЕЗУЛЬТАТИ

```
VAR             var                     Ln: 1    Cl: 1
IDENTIFIER      X                       Ln: 1    Cl: 5
COLON           :                       Ln: 1    Cl: 7
INT             int                     Ln: 1    Cl: 9
ASSIGN          :=                      Ln: 1    Cl: 13
INT_LITERAL     4                       Ln: 1    Cl: 16
PLUS            +                       Ln: 1    Cl: 18
LPAREN          (                       Ln: 1    Cl: 20
INT_LITERAL     6                       Ln: 1    Cl: 21
MUL             *                       Ln: 1    Cl: 23
INT_LITERAL     2                       Ln: 1    Cl: 25
RPAREN          )                       Ln: 1    Cl: 26
SEMICOLON       ;                       Ln: 1    Cl: 27
PRINT           print                   Ln: 2    Cl: 1
IDENTIFIER      X                       Ln: 2    Cl: 7
SEMICOLON       ;                       Ln: 2    Cl: 8
EOF                                     Ln: 2    Cl: 9
ProgNode
  StmtsNode
    DeclNode
      IdentNode [X]
      TypeNode [int]
      LRExprNode
        OpndNode
          IntNode [4]
        OpNode [+]
        OpndNode
          LRExprNode
            OpndNode
              IntNode [6]
            OpNode [*]
            OpndNode
              IntNode [2]
    PrintNode
      LExprNode
        OpndNode
          IdentNode [X]
16
```

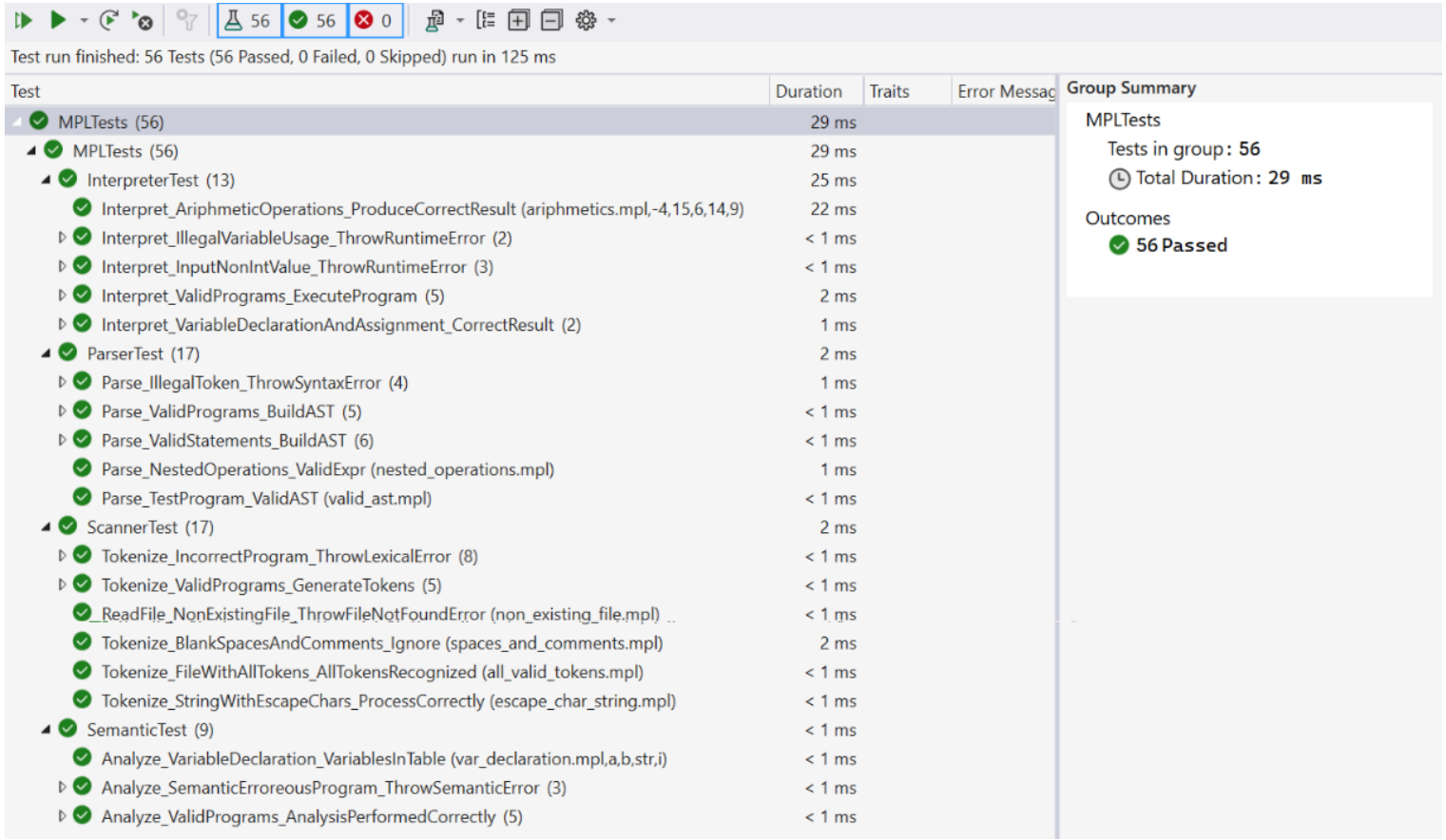
Демонстрація роботи інтерпретатора з додатковою інформацією
про результати лексичного і синтаксичного аналізів

РЕЗУЛЬТАТИ

```
SemanticError: Variable is not declared on line 1 column 5
for str in str..str do end for;
    ^
SemanticError: Variable is not declared on line 1 column 12
for str in str..str do end for;
           ^
SemanticError: Variable is not declared on line 1 column 17
for str in str..str do end for;
                 ^
SemanticError: Variable is not declared on line 2 column 5
for i in (2 = 2)..10 do end for;
    ^
SemanticError: Variable type dismatch (expected int, got bool) on line 2 column 16
for i in (2 = 2)..10 do end for;
                ^
SemanticError: Variable type dismatch (expected int, got string) on line 4 column 6
x := "2";
     ^
```

Коректна обробка аварійних ситуацій
на етапі семантичного аналізу

РЕЗУЛЬТАТИ



Результати автоматичного тестування

ВИСНОВОК

- *Розглянуто* підходи до формальної семантики мов програмування, головним чином **структурної операційної семантики**.

- *Визначено* **контекстні умови** згідно зі специфікацією мови програмування MPL і запропоновано підходи до їх кодової обробки.

- *Розроблено і протестовано* **інтерпретатор** мови програмування MPL.

ДЯКУЮ ЗА УВАГУ!