Zadanie 4 13, 15 listopada 2023 r.

kurs języka Java

wyrażenia arytmetyczne

Instytut Informatyki
Uniwersytetu Wrocławskiego Paweł Rzechonek

Zaprogramuj i przetestuj hierarchię klas, dzięki której będzie można zbudować drzewo wyrażenia arytmetycznego (liście to operandy a węzły wewnętrzne to operatory lub funkcje matematyczne). Drzewo wyrażenia można do używać obliczania wartości tego wyrażenia dla przygotowanych wcześniej zmiennych występujących w tym wyrażeniu.

Część 1.

W pakiecie `struktury` definiuj klasę `Para`, która będzie przechowywać pary klucz–wartość, gdzie klucz jest identyfikatorem typu `String` a skojarzona z nim wartość to liczba rzeczywista typu `double`. Klucz ma być publicznym polem niemodyfikowalnym; klucz to niepusty napis, który powinien składać się tylko z małych liter alfabetu angielskiego (nie może też przyjmować wartości `null`). Wartość ma być polem prywatnym, które można odczytać za pomocą gettera i zmodyfikować za pomocą settera.

```
public class Para implements Cloneable {
    public final String klucz;
    private double wartość;
    // ...
}
```

W klasie tej nadpisz metody `toString()` oraz `equals(Object)` – dwie pary są równe, gdy mają takie same klucze. Klasa `Para` ma także implementować interfejs `Cloneable` (zdefiniuj publiczną metodę `clone()`) oraz `Comparable<Para>` (zdefiniuj metodę porównującą `compareTo(Para p)`).

Część 2.

Dalej w pakiecie `struktury` zdefiniuj interfejs `Zbior`, który będzie zawierać niezbędne narzędzia do pracy na zbiorze obiektów typu `Para` (w zbiorze nie mogą wystąpić dwie pary o takim samym kluczu).

```
public interface Zbior {
    // ...
}
```

W interfejsie tym powinny się znaleźć przynajmniej następujące metody:

- `Para szukaj (String k)` – metoda ma wyszukać parę z zadanym kluczem; metoda zwraca `null`, gdy nie znajdzie pary o podanym kluczu;
- `void wstaw (Para p)` – metoda ma wstawić do zbioru nową parę; gdy para o podanym kluczu już jest w zbiorze, metoda dokonuje aktualizacji wartości w znalezionej parze;
- `void usuń(String k)` – metoda ma usunąć ze zbioru parę o zadanym kluczu; gdy pary o podanym kluczu nie ma w zbiorze metoda nic nie robi;
- `void czysc()` – metoda ma usunąć wszystkie pary ze zbioru; po tej operacji zbiór staje się pusty;
- `int ile()` – metoda ma podać ile jest wszystkich par w zbiorze.

Część 3.

Na koniec w pakiecie `struktury` zdefiniuj klasę `ZbiorTablicowy` implementującą interfejs `Zbior`. Zbiór w tej klasie ma być zaimplementowany na zwykłej tablicy. Rozmiar tej tablicy powinien być określony w konstruktorze. Tablica ma się zapełniać elementami od początku, końcowe puste komórki będą do wykorzystania na nowo wstawiane elementy; próba wstawienia elementu do całkowicie zapełnionej tablicy ma skutkować zgłoszeniem wyjątku `IllegalStateException`.

```
public class ZbiorTablicowy implements Zbior, Cloneable {
    private Para[] zbiór;
    private int zapełnienie;
    // ...
}
```

Zaimplementowany zbiór ma być klonowalny, a więc powinien implementować interfejs `Cloneable` (zdefiniuj publiczną metodę `clone()`).

Część 4.

W pakiecie `obliczenia` zdefiniuj interfejs `Obliczalny`, reprezentujący obiekty, na których można coś policzyć metodą `oblicz()`. Zadaniem tej metody w klasach implementujących ten interfejs ma być wykonanie obliczeń na liczbach rzeczywistych i zwrócenie wyniku jako wartości typu `double`.

Część 5.

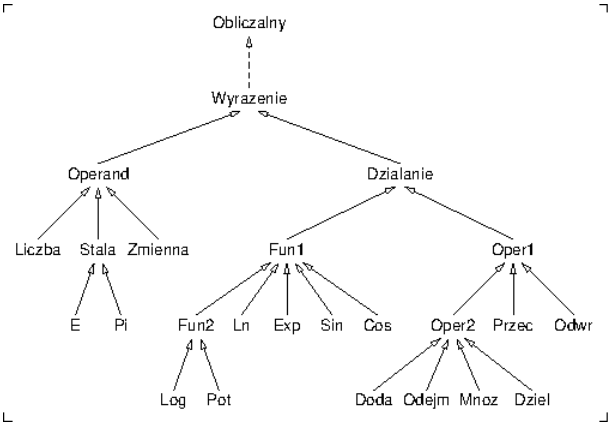
Dalej w pakiecie `obliczenia` zdefiniuj publiczną abstrakcyjną klasę `Wyrazenie`, reprezentującą wyrażenie arytmetyczne pracujące na argumentach, operatorach i funkcjach rzeczywistych. Klasa ta ma implementować interfejs `Obliczalny` (nie definiuj metody `oblicz()` w tej klasie, ponieważ jeszcze nie wiadomo co i jak należy policzyć) – będzie to klasa bazowa dla innych klas realizujących konkretne obliczenia.

```
abstract class Wyrazenie {
    // ...
    /** metoda sumująca wyrażenia */
    public static int suma (Wyrazenie... wyr) { /* ... */ }
    /** metoda mnożąca wyrażenia */
    public static int iloczyn (Wyrazenie... wyr) { /* ... */ }
}
```

W klasie `Wyrazenie` umieść dwie statyczne metody ze zmienną liczbą argumentów, które będą realizowały zadanie sumowania i mnożenia wyrażeń.

Część 6.

Na koniec w pakiecie `obliczenia` zdefiniuj klasy dziedziczące po klasie `Wyrazenie`, które będą reprezentowały operandy i działania arytmetyczne. Operandy to: liczba, stała i zmienna. Operatory arytmetyczne to: dodawanie, odejmowanie, mnożenie, dzielenie oraz jednoargumentowe operatory zmiany znaku na przeciwny ($x \mapsto -x$) oraz odwrotności ($x \mapsto 1/x$); popularne funkcje matematyczne to: sinus, cosinus, potęgowanie, logarytm itp. Klasy operandów i operatorów powinny być tak zaprojektowane, aby można z nich było zbudować drzewo wyrażenia – obiekty klas `Liczba`, `Stała` i `Zmienna` to operandy czyli liście w drzewie wyrażenia, natomiast operatory i funkcje to węzły wewnętrzne w takim drzewie. We wszystkich klasach nadpisz metody `toString()` oraz `equals(Object)`.



W klasie `Zmienna` zdefiniuj statyczne pole finalne do pamiętania zbioru wszystkich zmiennych w programie (pary identyfikator–liczba). Do przechowywania zmiennych powinieneś wykorzystać zmodyfikowany wcześniej `ZbiorTablicowy`. Odczytywanie wartości zmiennej ma polegać na zidentyfikowaniu pary w tym zbiorze i odczytaniu wartości związanej z identyfikatorem.

Klasa `Stala` ma reprezentować popularne stałe wartości takie jak Pi (π≈3.13) czy E (e≈2.72), które są często używane w wyrażeniach arytmetycznych. Klasa `Liczba` ma przechowywać wartość typu `double`.

Operatory jednoargumentowe to operatory prefiksowe. W operatorach dwuargumentowych zaprojektuj system priorytetów, aby zminimalizować liczbę potrzebnych nawiasów przy wypisywaniu wyrażenia.

Część 7.

Uzupełnij swoje zadanie o program testowy. Program ma rzetelnie sprawdzić działanie klonowania zbiorów oraz obiektów reprezentujących wyrażenie arytmetyczne.

W programie testowym skonstruuj drzewa obliczeń, wypisz je metodą `toString()` a potem oblicz i wypisz otrzymane wartości. Przetestuj swój program dla następujących wyrażeń:

```
7 + 5 * 3 - 1
```

```
~ (2 - x) * e
```
uwaga, symbol ~ oznacza negację wyrażenia

```
(3 * π - 1) / (x + 5)
```

```
sin((x + 13) * π / (1 - x))
```

```
exp(5) + x * log(e, x)
```

Na przykład wyrażenie `7 + x * 5` należy zdefiniować następująco:

```
Wyrazenie w = new Dodaj(
    new Liczba(7.2),
    new Mnoz(
        new Zmienna("x"),
        new Liczba(2.4)
    )
);
```

Ustaw na początku programu testowego zmienną x na wartość `1.618`.