

## Test č. 1, úloha č. 3

Kvadratická forma s celočíselnými koeficientmi je polynóm

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{i,j} x_i x_j$$

o  $n$  premenných  $x_1, \dots, x_n$ , kde  $n \in \mathbb{N}$  a pre  $i, j = 1, \dots, n$  je  $a_{i,j} \in \mathbb{Z}$ ; ide pritom o špeciálny polynóm, kde každý člen je stupňa práve 2.

Pre účely tejto úlohy budeme premenné indexovať od nuly a aby sme nemuseli explicitne uvádzať počet premenných  $n$ , budeme kvadratickú formu ekvivalentne chápať ako výraz

$$\sum_{i=0}^{\infty} \sum_{j=0}^{\infty} a_{i,j} x_i x_j,$$

kde  $x_0, x_1, x_2, \dots$  sú premenné, pre všetky  $i, j \in \mathbb{N}$  je  $a_{i,j} \in \mathbb{Z}$  a iba konečne veľa koeficientov  $a_{i,j}$  je nenulových.

Naprogramujte triedu `QuadraticForm` v nepomenovanom balíku, ktorá bude reprezentovať *nemodifikovateľné* kvadratické formy. Táto trieda by mala poskytovať:

- Konštruktor `public QuadraticForm()`, ktorý vytvorí kvadratickú formu so všetkými koeficientmi  $a_{i,j}$  nulovými.
- Konštruktor `public QuadraticForm(int coefficient, int i, int j)`, ktorý vytvorí kvadratickú formu  $a_{i,j} x_i x_j$ , kde  $a_{i,j}$  je dané argumentom `coefficient` a indexy  $i, j$  sú dané argumentmi `i` resp. `j`. Všetky koeficienty okrem  $a_{i,j}$  sú teda nulové; koeficient  $a_{i,j}$ , ktorý konštruktor dostane ako argument, môže byť nulový aj nenulový. Môžete predpokladať, že `i` aj `j` sú nezáporné.
- Konštruktor `public QuadraticForm(int[][] coefficients)`, ktorý vytvorí kvadratickú formu podľa dvojrozmerného poľa koeficientov `coefficients`. Pre všetky  $i, j$  v rozsahu poľa `coefficients` bude teda koeficient  $a_{i,j}$  daný hodnotou `coefficients[i][j]`; táto môže byť nulová aj nenulová. Pre všetky  $i, j$  mimo rozsahu tohto poľa bude koeficient  $a_{i,j}$  nulový.

Pole `coefficients` *nemusi byť obdĺžnikového tvaru*. Neskoršia zmena poľa použitého ako argument tohto konštruktoru by nijako nemala ovplyvniť vnútorný stav vytvorenej inštancie triedy `QuadraticForm`.

- Metódu `public int getCoefficient(int i, int j)`, ktorá vráti koeficient  $a_{i,j}$  reprezentovanej kvadratickej formy. Argumenty `i` a `j` môžu byť *ľubovoľné* nezáporné celé čísla.
- Metódu `public int maximumVariableIndex()`, ktorá vráti najväčšie číslo  $n \in \mathbb{N}$  také, že pre nejaké  $k \in \mathbb{N}$  je  $a_{n,k} \neq 0$  alebo  $a_{k,n} \neq 0$ ; ide teda o najväčšie  $n$  také, že pri vyhodnocovaní kvadratickej formy sa netriviálnym spôsobom využije hodnota premennej  $x_n$ .

V prípade, že neexistuje žiadne  $n$  s uvedenou vlastnosťou, bude výstupom `Integer.MIN_VALUE`.

- Metódu `public int evaluate(int[] values)`, ktorá vyhodnotí reprezentovanú kvadratickú formu pre hodnoty premenných dané poľom `values`. Pre všetky  $i$  z rozsahu poľa `values` sa teda `values[i]` interpretuje ako hodnota premennej  $x_i$ ; pre všetky  $i$  mimo rozsahu poľa bude  $x_i = 0$ .
- Metódu `public QuadraticForm add(QuadraticForm other)`, ktorá vezme ako vstup ďalšiu kvadratickú formu `other` a na výstupe vráti novú inštanciu triedy `QuadraticForm` reprezentujúcu súčet danej kvadratickej formy s kvadratickou formou `other`. Súčet kvadratických foriem pritom definujeme bežným spôsobom:

$$\left( \sum_{i=0}^{\infty} \sum_{j=0}^{\infty} a_{i,j} x_i x_j \right) + \left( \sum_{i=0}^{\infty} \sum_{j=0}^{\infty} b_{i,j} x_i x_j \right) = \sum_{i=0}^{\infty} \sum_{j=0}^{\infty} (a_{i,j} + b_{i,j}) x_i x_j.$$

Metóda `add` by nemala pozmeniť vnútorný stav už existujúcich inštancií triedy `QuadraticForm`.

Testovač najprv vytvorí niekoľko inštancií vašej triedy `QuadraticForm` s použitím jej konštruktorov a metódy `add`. Následne bude pre tieto inštancie volať metódy `getCoefficient`, `maximumVariableIndex` a `evaluate`. Chybný výstup niektorej z týchto troch metód tak môže poukazovať aj na chybu v niektorom z konštruktorov, prípadne v metóde `add`.

Okrem správnosti sa budú hodnotiť aj niektoré ďalšie aspekty odovzdaného riešenia – predovšetkým dodržiavanie elementárnych zásad objektovo orientovaného programovania (hlavne princípu zapuzdrenia) a rešpektovanie konvencií jazyka Java.

Na testovač odovzdávajte súbor `QuadraticForm.java` obsahujúci zdrojový kód vašej triedy.