

Лабораторна робота №2 - Функції

Мета роботи: отримання практичних навичок з підготовки, налагодження та виконання програм з використанням функцій.

Функцією в програмуванні називається закінчена ділянка програми, що вирішує певне завдання - зазвичай це частина великого завдання, яке вирішує програма в цілому.



В простих випадках написання програми зводиться до написання однієї функції.

Як і у функції в математичному сенсі, у функції в програмуванні є входи (параметри), вихід (результат) і визначення, яке вказує, як розраховується значення виходу за заданим значенням входів.

Визначення простих функцій на Котліні мало відрізняється від визначення математичних функцій. Розглянемо для прикладу математичну функцію $\text{sqr}(x) = x^2$. На Котліні вона буде записана так:

```
fun sqr(x: Int) = x * x
// або
fun sqr(x: Double) = x * x
```

В цьому визначенні **fun** - це *ключове слово*, з якого починається визначення будь-якої функції в Котліні; **fun** є скороченням від *function* — функція. **sqr** — це *ім'я* функції, **x** — *параметр* функції, **= x * x** — *тіло* функції, яке визначає, як треба обчислити її *результат*. Ім'я функції разом з її параметрами та ключовим словом **fun** називається її *заголовком*.

Оскільки *операція* обчислення квадрату числа в Котліні відсутня, результат обчислюється як добуток $x * x$.

Математичні функції

У бібліотеці Котліна визначена велика кількість математичних *функцій*, які призначені для виконання більш складних операцій. Для прикладу їхнього

використання розглянемо задачу розв'язання квадратного рівняння $ax^2 + bx + c = 0$.

Нагадаємо, що корені квадратного рівняння шукаються за формулою

$$x_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{d}}{2a},$$

де d — дискримінант квадратного рівняння — обчислюється як

$$d = b^2 - 4ac$$

Ми розв'яжемо цю задачу в спрощеному вигляді — знайти будь-який з двох можливих коренів, скажімо, той, в якому в чисельнику використовується знак плюс.

Для початку напишемо функцію для розрахунку дискримінанту (вона ще знадобиться нам у майбутньому). Для розрахунку b^2 використаємо **вже написану** вище функцію `sqr(x: Double)`.

```
fun discriminant(a: Double, b: Double, c: Double) = sqr(b) - 4 * a * c
```

В цьому фрагменті b є *аргументом* функції `sqr`. Запис виду `sqr(b)` називається *викликом* функції `sqr`. Підкреслимо відмінність *параметру* та *аргументу* — параметр визначається **всередині** функції та має визначене ім'я, в даному випадку x , а аргумент передається в функцію **зовні** та може бути як іменем змінної, так і більш складним *виразом*.

Тепер напишемо функцію для пошуку кореня квадратного рівняння. Для обчислення квадратного кореня застосуємо існуючу математичну функцію `sqrt(x: Double)` з математичної бібліотеки Котліна.

```
fun quadraticEquationRoot(a: Double, b: Double, c: Double) =  
    (-b + sqrt(discriminant(a, b, c))) / (2 * a)
```

Тут ми, в свою чергу, використовуємо **вже написану** функцію `discriminant` для пошуку дискримінанту, і вираз `discriminant(a, b, c)`, тобто дискримінант рівняння, є *аргументом* функції `sqrt`. Це саме той випадок, коли аргумент є складним *виразом*.

Змінні в функціях

Вище ми розглянули приклади з функціями `sqr` та `discriminant` обчислення результату в яких займало один рядок коду. Проте, в програмуванні це - скоріш рідкий випадок; частіше розрахунок результату функції передбачає реалізацію деякої послдовності обчислень — алгоритму. Для збереження результатів **проміжних** обчислень програмісти вигадали *змінні*.

Розглянемо, наприклад, задачу обчислення **добутку** двох коренів квадратного рівняння. Нагадаємо, що корені квадратного рівняння обчислюються як

$$\frac{-b + \sqrt{d}}{2a} \text{ та } \frac{-b - \sqrt{d}}{2a}$$

відповідно, де d — дискримінант квадратного рівняння. При обчисленні добутку, зручно спочатку зберегти обчислений корінь з дискримінанту у змінній `sd`, через те, що він використовується при обчисленні обох коренів. Після того треба обчислити обидва кореня `x1` та `x2` і вже потім розрахувати їхній добуток. На Котліні це записується таким чином:

```
fun quadraticRootProduct(a: Double, b: Double, c: Double): Double /* тип обов'язковий
*/ {
    // Тіло функції у вигляді блока
    val sd = sqrt(discriminant(a, b, c))
    val x1 = (-b + sd) / (2 * a)
    val x2 = (-b - sd) / (2 * a)
    return x1 * x2 // Результат
}
```

В цьому прикладі тіло функції записано у вигляді *блоку* в фігурних дужках, в протилежність тілу в вигляді *виразу* — як в функціях `sqr` и `discriminant` вище. Знак рівності при цьому прибирається та обов'язково вказується тип результату функції. В прикладі присутні три проміжні *змінні* — `d`, `x1`, `x2`. Визначення проміжної *змінної* в Котліні починається з *ключового слова* **val** (скорочення від `value` — значення), за яким іде ім'я змінної та, після знака рівності — її значення. За бажанням можна також вказати тип змінної, наприклад:

```
// ...
val sd: Double = sqrt(discriminant(a, b, c))
```



Якщо тип змінної не вказаний, він визначається автоматично,

наприклад, в даному випадку він співпадає з типом результату функції `sqrt`.

Блок складається з так званих *операторів* (в прикладі їх чотири), що виконуються по порядку згори донизу. **Перед** використанням будь-якої змінної, її слід визначити. Наприклад, такий запис призвів би до помилки:

```
fun quadraticRootProduct(a: Double, b: Double, c: Double): Double {
    val x1 = (-b + sd) / (2 * a) // Unresolved reference: sd
    val x2 = (-b - sd) / (2 * a) // Unresolved reference: sd
    val sd = sqrt(discriminant(a, b, c))
    return x1 * x2 // Результат
}
```

Останній оператор функції, що починається з *ключового слова* **return**, визначає значення її результату; **return** перекладається з англійської як **повернути** (результат). Функція `quadraticRootProduct` в першу чергу обчислить значення змінної `sd`, використовуючи **інші функції** `discriminant` та `sqrt`. Потім відбудеться обчислення змінних `x1` та `x2` і лише в кінці — обчислення результату в операторі **return**.

Для порівняння, наведемо запис тієї ж функції, що не використовує змінні:

```
fun quadraticRootProduct(a: Double, b: Double, c: Double) =
    ((-b + sqrt(discriminant(a, b, c))) / (2 * a)) * ((-b - sqrt(discriminant(a, b, c))) / (2 * a))
```

Хоча і записана в один рядок, така функція є набагато менш зрозумілою, при її написанні легко заплутатись при розстановці дужок. Крім того, в ній відбувається двократне обчислення кореня з дискримінанту, чого слід уникати.

Функція `println` та рядкові шаблони

Розглянемо приклад — функцію, що розв'язує квадратне рівняння та демонструє розв'язки користувачеві.

```
fun solveQuadraticEquation(a: Double, b: Double, c: Double) /* no result */ {
    val sd = sqrt(discriminant(a, b, c))
    val x1 = (-b + sd) / (2 * a)
    val x2 = (-b - sd) / (2 * a)
```

```
// Виведення на екран значень x1 та x2
println(x1)
println(x2)
// Виведення на екран рядку вигляду x1 = 3.0 x2 = 2.0
println("x1 = $x1 x2 = $x2")
// Виведення на екран добутку коренів
println("x1 * x2 = ${x1 * x2}")
}
```

Ми підійшли до такої важливої частини програмування, як взаємодія з користувачем та взагалі з зовнішнім для програми світом. Зверніть увагу — тепер функції, які ми використовуємо, починають відрізнятися від чисто математичних, оскільки у них з'являються *побічні ефекти* (side effects). Функція в програмуванні в загальному випадку не зводиться *лише* до залежності між параметрами та результатом.

Функція `println(p)` визначена в стандартній бібліотеці мови Котлін, тому її застосування не потребує підключення будь-яких додаткових пакетів. Її параметр `p` може мати будь-який тип — так, виклик `println(x1)` виведе на окремий рядок *консоли* значення змінної `x1`.

Найчастіше, проте, `p` є рядком, наприклад, `"x1 = $x1 x2 = $x2"`. В цьому рядку присутні рядкові шаблони `$x1` та `$x2`, що складаються з символу `$` та імені змінної (параметра). Замість них програма автоматично підставить значення відповідних змінних.

Рядковий шаблон дозволяє також підставити значення складного виразу, як, наприклад, тут: `"x1 * x2 = ${x1 * x2}"`. В цьому випадку вираз записується в фігурних дужках, щоб програма мала можливість відслідкувати його початок та кінець.

Зверніть увагу, що тип результату функції `solveQuadraticEquation` не вказаний. Це означає, що функція **не має** результату (в математичному сенсі). Такі функції зустрічаються доволі часто, один з прикладів — сама функція `println`, та їхній реальний результат зводиться до їхніх побічних ефектів — наприклад, виведення на консоль.

Залишилось визначити — що саме є *консоль*? У звичній нам операційній системі Windows *консоль* — це вікно або його частина, яку програма використовує для виведення текстової інформації. В IntelliJ IDEA це вікно можна відкрити послідовністю команд `View → Tool windows → Run`. При запуску програми з

операційної системи, вона сама відкриє так зване "вікно терміналу", яке буде використовуватися програмою для виведення текстової інформації.

Тестові функції

Тестові функції — особливий вид функцій, які призначені для перевірки правильності роботи інших функцій. Оскільки людині властиво помилятися, програмісти винайшли чимало способів, як можна проконтролювати правильність програми, як своєї власної, так і написаної іншими людьми. Тестові функції є одним з таких способів. Розглянемо приклад:

```
// Дозвіл на використання короткого імені анотації org.junit.jupiter.api.Test
import org.junit.jupiter.api.Test
// Дозвіл на використання короткого імені для функції
org.junit.jupiter.api.Assertions.assertEquals
import org.junit.jupiter.api.Assertions.assertEquals

// Клас Tests, наявність класу обов'язкова для бібліотеки JUnit
class Tests {

    // ...

    // Тестова функція
    @Test
    fun testSqr() {
        assertEquals(0, sqr(0)) // Перевірити, що квадрат нуля це 0
        assertEquals(4, sqr(2)) // Перевірити, що квадрат двох це 4
        assertEquals(9, sqr(-3)) // Перевірити, що квадрат -3 це 9
    }
}
```

Написання тестових функцій вимагає підключення до програми однієї з бібліотек автоматичного тестування, наприклад, бібліотеки **JUnit**

Більшість класів цієї бібліотеки знаходяться в пакеті `org.junit` для версії JUnit 4.x або в пакеті `org.junit.jupiter.api` для версії JUnit 5.x.

`@Test` - це так звана *анотація*, тобто, позначка, яка використовується для надання функції `testSqr` додаткового сенсу. В даному випадку, анотація робить функцію `testSqr` тестовою. Функція `assertEquals` призначена для порівняння результату виклику деякої іншої функції, наприклад, `sqr`, з тим, що очікується. У наведеному прикладі вона викликається тричі.

Тестових функцій в проєкті може бути багато, будь-яка з них запускається так само, як і головна функція - натисканням зеленого трикутника зліва від заголовка функції. Тестові функції виконуються за тими ж принципами, що і будь-які інші, але виклики `assertEquals` відбуваються особливим чином:

- Якщо перевірка показала збіг результату з очікуваним, функція не робить нічого;
- В іншому випадку виконання тестової функції завершується і в IDEA з'явиться повідомлення, видлене червоним кольором, про невдале завершення тестової функції.

Якщо тестова функція завершила роботу і результати всіх перевірок співпали з очікуваними, тестова функція вважається завершеною успішно.

Нарешті, що ж таке `class Tests`? За правилами бібліотеки JUnit, всі тестові функції повинні бути присутніми всередині деякого класу. Для чого взагалі потрібні класи, розглядатиметься у наступних роботах.

В даному прикладі для цієї мети був створений клас з ім'ям `Tests` (ім'я може бути довільним), тестова функція була записана в ньому. Зелений трикутник навпроти імені класу дозволяє одночасно запустити всі тестові функції в даному класі.

Будь-яка написана програма або функція **завжди** вимагає перевірки. Ця вимога тим важливіше, чим складніше програма або функція. Тестові функції дозволяють довести правильність роботи функції, яка перевіряється, щонайменше, для деяких значень її аргументів.

Поряд з тестовими функціями, може бути використано і *ручне* тестування. Ручне тестування передбачає виведення результатів функції на консоль і ручну перевірку їх з очікуваними. Для ручного тестування може бути використана головна функція, наприклад:

```
fun main() {  
    println("sqr(0) = ${sqr(0)}")  
    println("sqr(4) = ${sqr(4)}")  
}
```

В нормальному випадку ми повинні побачити на консолі рядки

```
sqr(0) = 0
sqr(4) = 16
```

Ручне тестування є набагато більш трудомістким і вимагає від програміста або тестувальника набагато більшої уваги. Тому, в сучасному програмуванні, рекомендується починати перевірку функцій зі створення тестових функцій, які запускаються кожен раз при зміні програми і дозволяють помітити чи з'явилися помилки. Ручне тестування виконується значно рідше, зазвичай перед випуском нової версії програми. Але це зовсім інша історія...

Завдання

Завдання 2.1

Відкрийте файл Main.kt Знайдіть у ньому описи заголовків функцій для свого варіанту.

Наприклад, для 1 варіанту - це будуть функції

```
fun var1calcR(a: Double, b: Double, x: Double) : Double = TODO()
fun var1calcS(a: Double, b: Double, x: Double) : Double = TODO()
```

Замість TODO() опишіть реалізацію цих функцій. Перейдіть до класу тестових функцій MainKtTest та виконайте тестування ваших функцій за допомогою відповідних функцій цього класу.

Якщо функції тестування показали, що у Вас є помилки - виправте їх (свої помилки, не функції!) та повторіть тестування

Варіант	Розрахункові формули	Значення вхідних даних
1	$R = x^2(x + 1)/b - \sin^2(x + a); s = \sqrt{\frac{xb}{a}} + \cos^2(x + b)^3$	a=0.7 b=0.05 x=0.5
2		m=2; c=-1 t=1.2

	$f = \sqrt[3]{m \cdot \operatorname{tg}t + c \sin t }; z = m \cos(bt \sin t) + c$	b=0.7
3	$y = btg^2x - \frac{a}{\sin^2(x/a)}; d = ae^{-\sqrt{a}} \cos(bx/a)$	a=3.2 b=17.5 x=-4.8
4	$s = 1 + x + \frac{x^2}{2} + \frac{x^3}{6} + \frac{x^4}{24}; f = x(\sin x^3 + \cos^2 y)$	x=0.335 y=0.025
5	$s = x^3 \operatorname{tg}^2(x+b)^2 + \frac{a}{\sqrt{x+b}}; Q = \frac{bx^2 - a}{e^{ax} - 1}$	a=16.5 b=3.4 x=0.61
6	$y = e^{-bt} \sin(at+b) - \sqrt{ bt+a }; s = b \sin(at^2 \cos 2t) - 1$	a=-0.5 b=1.7 t=0.44
7	$y = \sin^3(x^2+a)^2 - \sqrt{\frac{x}{b}}; z = \frac{x^2}{a} + \cos(x+b)^3$	a=1.1 b=0.004 x=0.2
8	$a = \frac{2 \cos(x - \pi/6)}{1/2 + \sin^2 y}; b = 1 + \frac{z^2}{3 + z^2/5}$	x=1.426 y=-1.220 z=3.5
9	$w = \sqrt{x^2+b} - b^2 \sin^3(x+a)/x; y = \cos^2 x^3 - \frac{x}{\sqrt{a^2+b^2}}$	a=1.5 b=15.5 x=-2.8
10	$c = x^{y/x} - \sqrt[3]{y/x} ; f = (y-x) \frac{y-z/(y-x)}{1+(y-x)^2}$	x=1.825 y=18.225 z=-3.298

Завдання 2.2

Для функцій, що були розроблені при виконанні завдання 2.1, створіть додаткові тести, виконайте тестування та впевніться у тому, що ці функції написані правильно.

Завдання 2.3

У головній функції програми реалізуйте введення початкових даних, виклик створених функцій, та виведення результатів.

Відобразіть цей процес на блок-схемах. У роботі повинно бути три блок-схеми:

- Для основної функції
- Для двох допоміжних