Funkcionalno programiranje

Liste

Motivacija

- Liste su fundamentalna struktura podataka u jeziku Scala (generalno – u FP)
- Jednostavna rekurzivna definicija
- Homogena struktura podataka
- Za razliku od nizova (Array)
  - Liste su nepromenljive

Stvaranje liste

```
List('a', 'b', 'c')
res0: List[Char] = List(a, b, c)

val fruit = List("apples", "oranges", "pears")
val nums = List(1, 2, 3, 4)
val diag3 = List(
                    List(1, 0, 0),
                    List(0, 1, 0),
                    List(0, 0, 1)
                )
```

```
val empty = List()
empty: List[Nothing] = List()

val empty2[String] = List()
empty2: List[String] = List()
```

Nothing je na dnu hijerarhije klasa

Odnosno – izvodi se iz svih klasa

Ovo je moguće zato što je tip liste u jeziku Scala **kovarijantan**.

Tip liste je kovarijantan

- Kovarijantnost kolekcije:
  - kolekcija elemenata izvedenog tipa je jedna vrsta kolekcije nadređenog tipa

  - kada se očekuje kolekcija nadređenog tipa, može se iskoristiti kolekcija izvedenog tipa
- Kontravarijantnost kolekcije:
  - kolekcija elemenata nadređenog tipa je jedna vrsta kolekcije izvedenog tipa

- Podrazumevano, kolekcije su nevarijantne

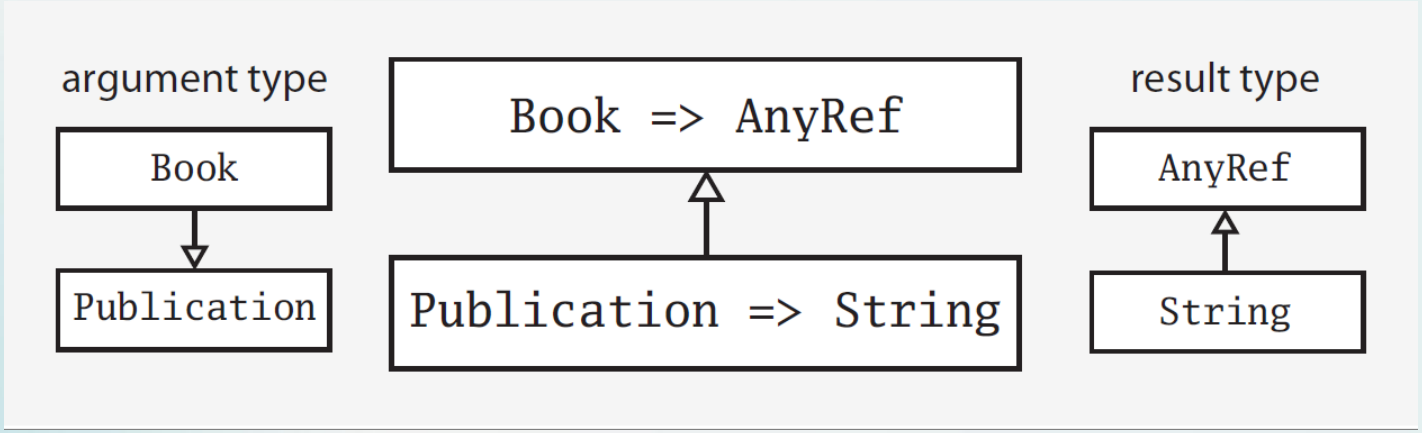
Kontravarijantnost

```
class Publication(val title: String)
class Book(title: String) extends Publication(title)
object Library {
  val books: Set[Book] =
             Set( new Book("Programming in Scala"),
                  new Book("Walden")
                )
  def printBookList(info: Book => AnyRef) = {
    for (book <- books)     println(info(book))
  }
}

object Customer extends App {
  def getTitle(p: Publication): String = p.title
  Library.printBookList(getTitle)
}
```

Kontravarijantnost

```
class Publication(val title: String)
class Book(title: String) extends Publication(title)
object Library {
  val books: Set[Book] =
             Set( new Book("Programming in Scala"),
                  new Book("Walden")
                )
  def printBookList(info: Book => AnyRef) = {
    for (book <- books)     println(info(book))
  }
}

object Customer extends App {
  def getTitle(p: Publication): String = p.title
  Library.printBookList(getTitle)
}
```

```
trait Function1[-S,+T] {
def apply(x: S): T
}
```



Stvaranje liste (nastavak)

- Sve liste se formiraju na osnovu 2 elementa
  - prazna lista: Nil
  - operacija konstrukcije :: (čita se – "kons" (*cons*))
- Primer:
  - `x :: xs` pravi novu listu sa prvim elementom x i ostatkom xs
  - `val fruit = "apples"::("oranges"::("pears"::Nil))`
  - `val nums = 1 :: (2 :: (3 :: (4 :: Nil)))`
  - `val empty = Nil`
- Obratiti pažnju
  - zbog smera grupisanja s desna ulevo, `A :: B :: C` interpretira se kao `A :: (B :: C)`
  - dakle, zagrade u prethodnim primerima su bile suvišne
  - `::` je operator desnog operanda: `A :: B` je zapravo `B.::(A)`

Hijerarhija klase `List[T]`

- Lista nije primitivan tip u jeziku Scala
  - bazna apstraktna klasa

```
sealed abstract class List[+T] extends ... {
 def head : T
 def tail : List[T]
 def isEmpty : Boolean
}
```

  - klasa Nil

```
case object Nil extends List[Nothing]
```

  - klasa ::

```
final case class ::[B](override val head: B,
  private[scala] var tl: List[B]) extends List[B]
```

Operacije nad listama

- Sve liste se mogu izraziti u funkciji sledećih operacija
  - `head` vraća prvi element liste
  - `tail` vraća listu koja sadrži sve elemente liste sem prvog
  - `isEmpty` vraća `true` ako je lista prazna
- U klasi List, ove operacije su realizovane kao metode
- Primer:

```
scala> val fruit = "apples"::("oranges"::("pears"::Nil))
fruit: List[String] = List(apples, oranges, pears)

scala> fruit
res1: List[String] = List(apples, oranges, pears)

scala> fruit.head
res3: String = apples

scala> fruit.tail
res2: List[String] = List(oranges, pears)
```

Primer: insertion sort

```
object isort {
  def insert(i : Int, l : List[Int]) : List[Int] =
  {
       if( l.isEmpty ) List(i)
       else if( i < l.head ) i :: l
       else l.head :: insert(i, l.tail)
  }

  def isort(l : List[Int]) : List[Int] =
  {
       if( l.isEmpty ) Nil
       else insert(l.head, isort(l.tail))
  }

  isort( 3 :: 2 :: 1 :: 5 :: Nil )
  //> res0: List[Int] = List(1, 2, 3, 5)

}
```

Primer: insertion sort uz upotrebu uparivanja obrazaca

- Pošto su i `Nil` i `::` klase slučaja, liste se mogu razložiti primenom uparivanja obrazaca
- Takođe, konstruktor List se može koristiti kao obrazac, tako što `List(p1, ... , pn)` postaje `p1 :: ... :: pn :: Nil`

```
def insert_pm(e: Int, l: List[Int]): List[Int] = l match {
  case List() => List(e)
  case h :: t => if (e <= h) e :: l else h :: insert_pm(e, t)
}

def isort_pm(l: List[Int]): List[Int] = l match {
  case List() => List()
  case h :: t => insert_pm(h, isort_pm(t))
}

isort_pm( 3 :: 2 :: 1 :: 5 :: Nil )
//> res1: List[Int] = List(1, 2, 3, 5)
```

Liste i uparivanje obrazaca

- U izrazu, infiksni operator se ponaša kao poziv metode:
  - `h :: t` → `t.::(h)`
- U obrascu se ponaša obrazac konstruktora
  - `h :: t` → `::(t, h)`
- Klasa :: je pomenuta ranije
  - u paketu scala (`scala.::`)
  - pravi neprazne liste

- Dakle ime :: postoji na dva mesta u jeziku Scala
  - kao klasa (`scala.collection.immutable.::`)
  - kao metoda klase `List`, koja pravi instancu klase `scala...::`

Primer: funkcija za određivanje dužine liste

```
def length[A](l: List[A]): Int = l match
{
  case List() => 0
  case h :: t => 1 + length(t)
}

length( 3 :: 2 :: 1 :: 5 :: Nil)
//> res2: Int = 4
```

Druge operacije nad listama

Poglavlje 16.6

- Operator :: je asimetričan
  - primenjuje se nad podatkom i listom
- Postoji poseban operator konkatenacije ::: (concat)
  - spaja dve liste i formira novu
- `last`
  - dohvata poslednji element liste (suprotno od head)
- `init`
  - dohvata sve elemente liste sem poslednjeg (suprotno od tail)
- `reverse`
  - vraća listu u obrnutom poretku elemenata

Druge operacije nad listama

```
def concat[A](l1 : List[A], l2 : List[A]) : List[A] = l1 match {
  case List() => l2
  case h :: t => h :: concat(t, l2)
}

val a = 1 :: 2 :: 3 :: Nil
//> a  : List[Int] = List(1, 2, 3)

concat(a, 5 :: 1 :: 0 :: Nil)
//> res3: List[Int] = List(1, 2, 3, 5, 1, 0)


def last[A](l : List[A]) : A = l match {
  case List() => error("Empty list")
  case h :: Nil => h  // ili List(x) => x
  case h :: t => last(t)
}

last(a)                  //> res4: Int = 3
```

```
def error(msg: String): Nothing = throw new
RuntimeException(msg)
```

Druge operacije nad listama

```
def init[A](l : List[A]) : List[A] = l match {
  case List() => List()      // ili error("Empty list")
  case List(x) => List()
  case h :: t => h :: init(t)
}
init(a)                    //> res5: List[Int] = List(1, 2)


def reverse[A](l : List[A]) : List[A] = l match {
  case List() => List()
  case List(x) => List(x)
  case h :: t => concat(reverse(t), List(h))
}

reverse(a)                  //> res6: List[Int] = List(3, 2, 1)
```

Metode višeg reda klase List

Poglavlje 16.7

- `map` – formira novu listu pretvarajući sve elemente date liste na osnovu funkcije T => U

  primeri:

```
List(1,2,3) map (_ + 1)  // map (x=>x+1)

val words = List("the","quick","brown","fox")

words map (_.toList.reverse.mkString)
// List[String] = List(eht, kciuq, nworb, xof)
```

Metode višeg reda klase List

- `flatMap` – formira listu spajanjem sadržaja podlista
  primer:

```
words map (_.toList)
// List[List[Char]] = List(List(t, h, e),
List(q, u, i, c, k), List(b, r, o, w, n),
List(f, o, x))

words flatMap (_.toList)
// List[Char] = List(t, h, e, q, u, i, c, k, b,
r, o, w, n, f, o, x)
```

Metode višeg reda klase List

- `filter` – formira listu izostavljanjem elemenata koji ne zadovoljavaju dati uslov

```
List(1, 2, 3, 4, 5) filter (_ % 2 == 0)
// List[Int] = List(2, 4)

words filter (_.length == 3)
// List[java.lang.String] = List(the, fox)
```

- `partition` – formira dve liste na osnovu datog uslova

```
List(1, 2, 3, 4, 5) partition (_ % 2 == 0)
// res42: (List[Int], List[Int]) =
                  (List(2, 4),List(1, 3, 5))
```

Metode višeg reda klase List

- `find` – pronalazi i vraća **prvi** element koji zadovoljava uslov
- Vraća `None` ako nijedan element ne zadovoljava uslov

```
List(1, 2, 3, 4, 5) find (_ % 2 == 0)
// res43: Option[Int] = Some(2)

List(1, 2, 3, 4, 5) find (_ <= 0)
// res44: Option[Int] = None
```

Metode višeg reda klase List

- `takeWhile` – formira novu listu koja sadrži najduži prefiks date liste kod kojeg svi elementi zadovoljavaju uslov

```
List(1, 2, 3, -4, 5) takeWhile (_ > 0)
// res45: List[Int] = List(1, 2, 3)
```

- `dropWhile` – formira novu listu koja ne sadrži najduži prefiks date liste kod kojeg svi elementi zadovoljavaju uslov

```
words dropWhile (_ startsWith "t")
// res46: List[java.lang.String] =
                List(quick, brown, fox)
```

Metode višeg reda klase List

- `span` – formira nov par lista, kod kojih prvu čini najduži prefiks date liste definisan predikatom p, a drugu ostatak

```
xs span p  ⇔  (xs takeWhile p, xs dropWhile p)
```

- Izbegava dvostruki prolaz kroz listu

Metode višeg reda klase List

- `forall` – vraća true ako svi elementi liste zadovoljavaju zadati uslov
- `exists` – vraća true ako najmanje jedan element liste zadovoljava zadati uslov

```
val diag3: List[List[Int]] =
    List( List(1, 0, 0), List(0, 1, 0),
          List(0, 0, 1) )

def hasZeroRow(m: List[List[Int]]) =
    m exists (row => row forall (_ == 0))

scala> hasZeroRow(diag3)
res48: Boolean = false
```

Metode višeg reda klase List

- `sortWith` – sortira listu prema zadatom kriterijumu

```
scala> List(1, -3, 4, 2, 6) sortWith (_ < _)
res51: List[Int] = List(-3, 1, 2, 4, 6)

scala> words sortWith (_.length > _.length)
res52: List[String] =
       List(quick, brown, the, fox)
```

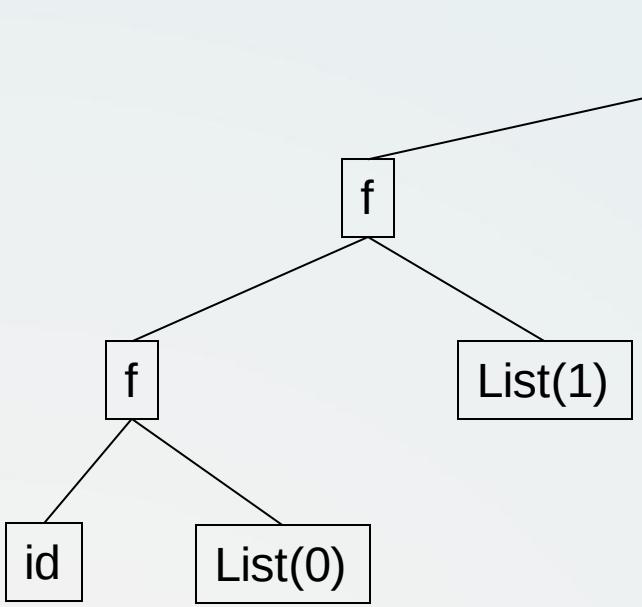
Metode višeg reda klase List

- Odmotavanje (eng. folding) liste: operatori `/:` i `:\`
- Ovi operatori:
  - primaju početnu vrednost `id` (tipa B) i listu (element tipa A)
  - vraćaju funkciju : `((B,A) => B) => B`

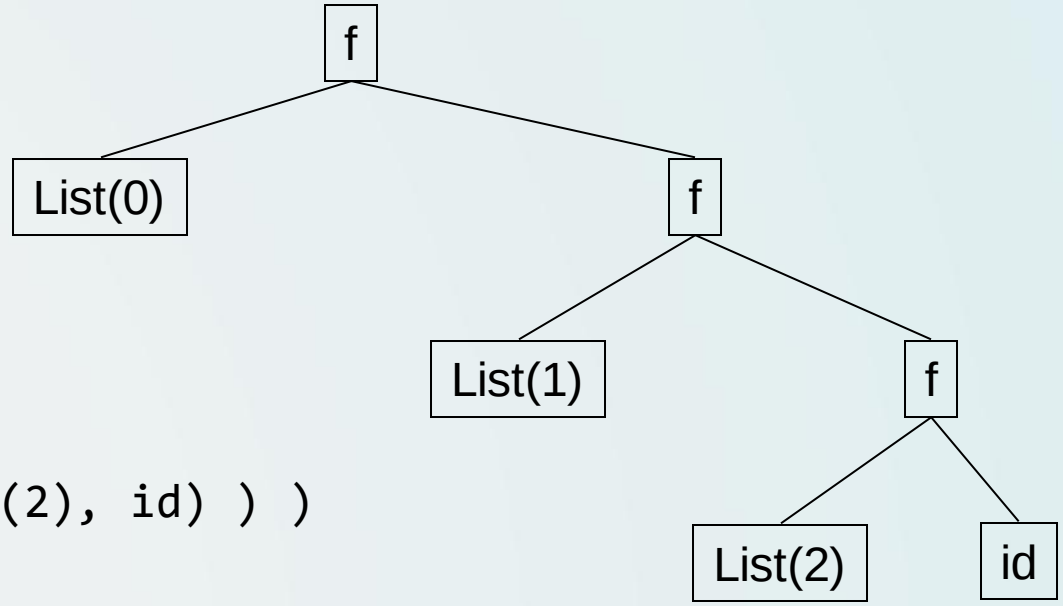
Ovo je funkcija `f`.

- Suštinski: `(id /: list)(f)`,
  odnosno `(list :\ id)(f)`
- Funkcija `f` se primenjuje na sve elemente liste
- Operator levog odmotavanja `/:`
  - Prvo se primenjuje `f(id, list(0))` `/* = tmp */`
  - Zatim `f(tmp, list(1))`, itd
  - `f(f(f(id, list(0)), list(1)), list(2))`
- Operator desnog odmotavanja `:\`
  - `f(list(0), ... f(list(1), f(list(2), id)) ... )`

Metode višeg reda klase List




```
f(f(f(id, list(0)), list(1)), list(2))
```




```
f(list(0), f(list(1), f(list(2), id) ) )
```

Metode višeg reda klase List

- Primeri *levog* odmotavanja:

- `def sum(l: List[Int]): Int = (0 /: l) (_ + _)`
  Podsetnik: `(_ + _)` je skraćeno `( (x,y)=>x+y )`
- `scala> sum( List(1,2,3) )`
  `Res8: Int = 6`

- `def prod(l: List[Int]): Int = (1 /: l) (_ * _)`
- `scala> prod( List(1,2,3,4) )`
  `Res9: Int = 24`

Metode višeg reda klase List

- Da li je uvek svejedno da li se koristi `/:` ili `:\` ?

```
def flattenLeft[T](xss: List[List[T]]) =
    (List[T]() /: xss) (_ ::: _)


def flattenRight[T](xss: List[List[T]]) =
    (xss :\ List[T]()) (_ ::: _)
```

- flattenRight je generalno prirodniji, jer levi operand operatora ::: je uvek pojedinačan element (kog god tipa bio), a ne lista svih elemenata koji su prethodno obrađeni.
- U konkretnom slučaju, flattenRight je efikasniji

Metode unikatnog objekta List

- List.apply

```
scala> List.apply(1, 2, 3)
res53: List[Int] = List(1, 2, 3)
```

- List.range

```
scala> List.range(1, 5)
res54: List[Int] = List(1, 2, 3, 4)
scala> List.range(1, 9, 2)
res55: List[Int] = List(1, 3, 5, 7)
```

- List.fill

```
scala> List.fill(5)('a')
res57: List[Char] = List(a, a, a, a, a)
```