

# Системне Програмування

З використанням мови програмування **Rust.**  
**Fundamentals. Iterators**

# Ітератори

Ітератори в Rust відіграють ключову роль у багатьох програмних конструкціях, надаючи потужний і зручний інтерфейс для роботи з колекціями даних. Вони дозволяють обробляти елементи послідовно без необхідності явно вказувати індекси або управляти лічильниками циклів. Нижче розглянемо основні особливості ітераторів у Rust, їх реалізацію та використання на практиці.



# Визначення

Ітератори в Rust мають змогу оперувати елементами послідовностей, таких як `array`, `vector`, `option`, `set`, `map`, ... та ін. без використання індексів та перевірки розміру структури. Тобто унеможлиблює клас помилок так чи інакше пов'язаний з неправильним (не існуючим індексом).

# Ми вже використовували ітератори, але не знали що це ітератори

```
let xs : [i32; 3] = [1, 2, 3];  
  
for x : i32 in xs {  
    println!("{}", x);  
}
```

насправді це ітератор

```
let xs : [i32; 3] = [1, 2, 3];  
let it: Iter<i32> = xs.iter();  
  
for x : &i32 in it {  
    println!("{}", x);  
}
```



# Як це працює

Iterator це трейт, який має всього один метод

```
trait Iterator {  
    type Item;  
    fn next(&mut self) -> Option<Self::Item>;  
}
```

# Що таке Option?

Option - це **enum** якій має два можливих значення

```
enum Option<A> {  
    Some(A),  
    None,  
}
```

Або є значення, або нема значення.  
так, в Rust нема null, undefined, etc.

```
let x = null;
```



# Що таке Option?

Тобто

```
Option<Self::Item>
```

Дає можливість повертати

**Some(x)** - коли є елементи

**None** - коли більше нема елементів,  
Оскільки нам треба якимось чином  
завершувати ітерацію

# Як Option використовується в ітераторі?

Немає ніякої магії,

- iterator в середині себе тримає індекс
- iterator його модифікує
- iterator перевіряє на наявність наступного елементу.

За все це відповідає реалізація ітератора



# Приклад

```
struct Months {  
    months: Vec<String>,  
}
```

```
impl Months {  
    pub fn winter() -> Months {  
        Months {  
            months: vec![  
                "December".to_string(),  
                "January".to_string(),  
                "February".to_string(),  
            ],  
        }  
    }  
}
```

# Реалізація ітератора

```
impl Iterator for Months {  
    type Item = String;  
  
    fn next(&mut self) -> Option<Self::Item> {  
        if self < self.months.len() {  
            let x = Some(self.months[self.current].clone());  
            self;  
            x  
        } else {  
            None  
        }  
    }  
}
```

Але магії нема - нам потрібно зберігати поточний елемент



# Реалізація ітератора

```
impl Iterator for Months {  
    type Item = String;  
  
    fn next(&mut self) -> Option<Self::Item> {  
        if self.current < self.months.len() {  
            let x = Some(self.months[self.current].clone());  
            self.current += 1;  
            x  
        } else {  
            None  
        }  
    }  
}
```

```
struct Months {  
    months: Vec<String>,  
    current: usize,  
}
```

Але магії нема -  
нам потрібно зберігати **індекс** поточного елемента

# Створення і використання ітератора

```
let mm: Months = Months::winter();  
  
for m: String in mm {  
    println!("{}", m);  
}
```

December  
January  
February



# Ітератор “одноразовий”

```
let mm : Months = Months::winter();  
  
for m : String in mm {  
    println!("{}", m);  
}  
  
for m : String in mm {  
    println!("{}", m);  
}
```

Цей код не скомпілюється

# Але це можна виправити

Зберігаємо індекс в іншій структурі

```
struct Months {  
    months: Vec<String>,  
}  
  
struct MonthsIterator<'a> {  
    months: &'a Vec<String>,  
    current: usize,  
}
```

```
impl Months {  
    fn iter(&self) -> MonthsIterator {  
        MonthsIterator {  
            months: self.months.clone(),  
            current: 0,  
        }  
    }  
}
```



# Реалізація ітератора

```
impl Iterator for MonthsIterator<'_> {  
    type Item = String;  
  
    fn next(&mut self) -> Option<Self::Item> {  
        if self.current < self.months.len() {  
            let x = Some(self.months[self.current].clone());  
            self.current += 1;  
            x  
        } else {  
            None  
        }  
    }  
}
```

# І тепер

```
let mm: Months = Months::winter();

for m: String in mm.iter() {
    println!("{}", m);
}

for m: String in mm.iter() {
    println!("{}", m);
}
```

Але магії не існує,  
фактично ми створили і використали два різних ітератора



**І це все?**

# Звісно ні.

Маючи абстракцію яка “вміє” доставати “наступний” елемент, ми можемо реалізувати велику купу методів:

- `for_each`
- `map`
- `flat_map`
- `filter`
- `zip`
- `collect`
- `count,`
- `max,`
- `all,`
- `any`
- ...



# Концепція

- Роботу з ітератором можна розглядати як роботу з “контейнером” в якому щось лежить, і ми можемо маніпулювати з цим.
- Всі ці методи в якості параметра приймають функцію, яка “маніпулює” з поточним елементом

# Концепція

Робота з ітератором складається з трьох стадій:

1. ініціація (створення) ітератора

```
let mm : Months = Months::new();  
let it : MonthsIterator = mm.iter();
```

2. робота з ітератором (необов'язкова)

```
let it : Filter<MonthsIterator, fn(...) → ...> =  
    it.filter(|x : &String |  
        x.starts_with(pat: "J")  
    );
```

3. термінація (завершення)

```
it.for_each(|x : String | println!("{}", x));
```



# Приклади. filter

```
let xs : Vec<i32> = [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10]
    .iter() : impl Iterator<Item=i32>
    .filter(|&x : i32| x % 3 == 0) : impl Iterator<Item=i32>
    .collect::<Vec<_>>();

println!("{:?}", xs);
// [3, 6, 9]
```

# Приклади. filter

```
let xs : Vec<i32> = [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10]
    .iter() : impl Iterator<Item=i32>
    .filter(|&x : i32| *x < 5) : impl Iterator<Item=i32>
    .collect::<Vec<_>>();

println!("{:?}", xs);
// [1, 2, 3, 4]
```



# Приклади. map

```
let xs : Vec<i32> = [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10]
  .iter() : impl Iterator<Item=&i32>
  .map(|&x : i32 | x * 10) : impl Iterator<Item=i32>
  .collect::<Vec<_>>();

println!("{:?}", xs);
// [10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100]
```

# Приклади. collect vs for\_each

```
let xs : Vec<i32> = [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10]
    .iter() : impl Iterator<Item=&i32>
    .map(|&x : i32 | x * 10) : impl Iterator<Item=i32>
    .collect::<Vec<_>>();

println!("{:?}", xs);
```

```
let xs : () = [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10]
    .iter() : impl Iterator<Item=&i32>
    .map(|&x : i32 | x * 10) : impl Iterator<Item=i32>
    .for_each(|x : i32 | println!("{}", x));
```



# Приклади. take, skip

```
[1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10]  
  .iter() : impl Iterator<Item=&i32>  
  .skip(n: 3) : impl Iterator<Item=&i32>  
  .take(n: 2) : impl Iterator<Item=&i32>  
  .for_each(|x: &i32| print!("{}", x));  
// 4 5
```

# Приклади. skip\_while

```
[1, 1, 2, 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10]  
  .iter() : impl Iterator<Item=&i32>  
  .skip_while(|&x : &i32 | *x < 5) : impl Iterator<Item=&i32>  
  .for_each(|x : &i32 | print!("{}", x));  
// 5 6 7 8 9 10
```



# Приклади. `skip_while`, `take_while`

```
[1, 1, 2, 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10]  
.iter() : impl Iterator<Item=&i32>  
.skip_while(|&x : &i32 | *x < 5) : impl Iterator<Item=&i32>  
.take_while(|&x : &i32 | *x < 10) : impl Iterator<Item=&i32>  
.for_each(|x : &i32 | print!("{}", x));  
// 5 6 7 8 9
```

# Приклади. Комбінація ітераторів. Zip

```
let xs : RangeFrom<char> = 'a'..;  
let ys : Range<i32> = 1..<10;  
  
let zs : Zip<RangeFrom<char>, Range<i32>> =  
    xs.zip(ys);  
  
zs.for_each(|t : (char, i32)|  
    println!("t:{:?}", t)  
);
```

Zip автоматично "закінчується"  
Коли закінчується один з  
ітераторів

```
t:('a', 1)  
t:('b', 2)  
t:('c', 3)  
t:('d', 4)  
t:('e', 5)  
t:('f', 6)  
t:('g', 7)  
t:('h', 8)  
t:('i', 9)
```



# Приклади. Видалення дублікатів за допомогою Set.

```
let xs : [i32; 6] = [1, 2, 3, 3, 2, 1];  
let ys : HashSet<i32> = xs  
    .iter() : impl Iterator<Item=i32>  
    .collect::<HashSet<_>>();  
  
println!("{:?}", ys);  
// {1, 2, 3}
```

# Приклади. flatten

```
let xs : Vec<Vec<i32>> =  
    vec![  
        vec![1, 2, 3],  
        vec![4, 5],  
        vec![7, 8, 9, 10]  
    ];  
let ys : Vec<&i32> = xs  
    .iter() : impl Iterator<Item=&Vec<...>>  
    .flatten() : impl Iterator<Item=&i32>  
    .collect::<Vec<_>>();  
println!("{:?}", ys);  
// [1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10]
```



# Приклади. flat\_map

```
let xs : Vec<i32> = vec![1, 2, 3];  
let ys : Vec<i32> = xs  
    .iter() : impl Iterator<Item=&i32>  
    .flat_map(|&x : i32| vec![-x, x]) : impl Iterator<Item=i32>  
    .collect::<Vec<_>>();  
println!("{:?}", ys);  
// [-1, 1, -2, 2, -3, 3]
```

# Приклади. count

```
let xs : Vec<i32> = vec![1, 2, 3, 3, 7, 3, 6];  
let x : usize = xs.iter().count();  
println!("{:?}", x);  
// 7
```



# Приклади. sum

```
let xs : Vec<i32> = vec![1, 2, 3, 3, 7, 3, 6];  
let x : i32 = xs  
    .iter() : impl Iterator<Item=&i32>  
    .sum::<i32>();  
println!("{:?}", x);
```

# Приклади. all (all match)

```
let xs : Vec<i32> = vec![1, 2, 3, 3, 7, 3, 6];
let x : bool = xs
    .iter() : impl Iterator<Item=&i32>
    .all(|&x : i32| x > 0);
println!("{:?}", x);
// true
let x : bool = xs
    .iter() : impl Iterator<Item=&i32>
    .all(|&x : i32| x < 7);
println!("{:?}", x);
// false
```



# Приклади. any (any match)

```
let xs : Vec<i32> = vec![1, 2, 3, 3, 7, 3, 6];
let x : bool = xs
    .iter() : impl Iterator<Item=&i32>
    .any(|&x : i32| x < 2);
println!("{:?}", x);
// true

let x : bool = xs
    .iter() : impl Iterator<Item=&i32>
    .all(|&x : i32| x < 0);
println!("{:?}", x);
// false
```

# Ітератори ліниві (lazy)

Це означає, що допоки ми не використали одну з функцій

- for\_each
- collect
- count
- sum
- all
- any

...

Ми нічого не робимо,  
ми фактично **описуємо** наші трансформації



# Ітератори економно використовують пам'ять.

Це означає:

- якщо ми маємо масив з 1.000.000 елементів і ланцюжок з 10-20 `map/filter/flat_map/...` то ми не створюємо проміжних результатів, а беремо кожний елемент і "пропускаємо" його через весь ланцюжок трансформацій.

# Ітератори звужують Scope

```
let xs : RangeFrom<i32> = 1..;  
let ys : Vec<i32> = xs  
    .filter(|x : &i32| x % 2 == 0) : impl Iterator<Item=i32>  
    .skip_while(|&x : i32| x < 100) : impl Iterator<Item=i32>  
    .take(n: 10) : impl Iterator<Item=i32>  
    .flat_map(|x : i32| vec![-x, x]) : impl Iterator<Item=i32>  
    .filter(|&x : i32| x % 10 == 0) : impl Iterator<Item=i32>  
    .collect::<Vec<_>>();  
println!("{:?}", ys);  
// [-100, 100, -110, 110]
```

Менше шансів зробити помилку оскільки змінні доступні тільки в специфічних операціях



# Висновки

І це тільки вершина айсбергу.

Ітератори це потужний інструмент для роботи с даними в **декларативному стилі**, що означає:

**Я не знаю як, але я хочу зробити це.**

Всі операції проходять в декларативному стилі,  
Тобто ми **даємо** функцію і використовуємо  
**семантично-відповідну** назву методу.

# Висновки

Ітератори в Rust – це потужний і зручний інструмент для роботи з послідовностями даних. Вони дозволяють спрощувати код, підвищувати його читабельність і одночасно зберігати високу продуктивність. Лінива [lazy] природа ітераторів та їх адаптери відкривають можливості для гнучкої обробки даних, при цьому зберігаючи елегантність та ефективність.



**Код з лекцій,  
презентації Keypnote,  
PDF-файли  
знаходяться на GitHub:**

<https://github.com/djnzx/rust-course>  
<git@github.com:dnzxr/rust-course.git>