

# Neizrazito, evolucijsko i neuroračunarstvo: zadatak 2

Tema ovog zadatka su neizrazite relacije i operacije nad njima. U nastavku je kroz programski kod I primjere dana **funkcionalnost** koju treba ostvariti – programski jezik može i ne mora biti prikazani; metode i razredi se mogu a i ne moraju zvati kao u primjeru. Važno je da Vaše rješenje ponudi prikazanu i opisanu funkcionalnost. Primjeri grade nad modelom koji je opisan u zadatku 1.

Kako bi uputa bila što manje ovisna o konkretnom jeziku, uz primjere dani su i dijagrami razreda. Na temelju svih tih informacija ne biste smjeli imati problema s izradom rješenja u bilo kojem od popularnijih jezika (C++, C#, Java, Python).

Cjelokupno programsko rješenje (izvorni kod i te izvršni kod prikazanih demonstracijskih primjera) potrebno je uploadati na Ferka pod 2. domaću zadaću i zaključati do isteka roka. Ako radite nadogradnju rješenja zadatka 1, onda sve skupa uploadajte pod 2. domaću zadaću.

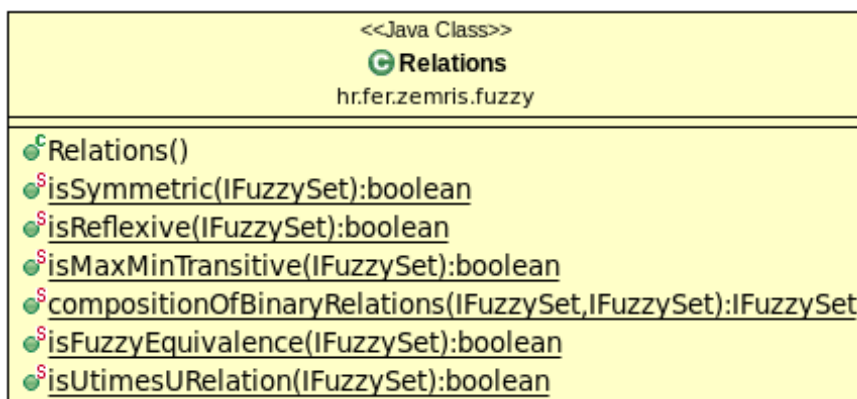
Ovaj zadatak sastoji se od tri cjeline koje se nadograđuju:

1. izrada osnovnih provjera svojstava binarne relacije,
2. provođenje kompozicije dviju binarnih relacija te
3. provjera radi li se o neizrazitoj relaciji ekvivalencije.

## 1. Osnovna svojstva neizrazite relacije

Za potrebe modeliranja neizrazite relacije ne trebamo ništa novoga: neizrazita relacija jest neizraziti skup, a to ste već riješili u prethodnom zadatku. Sada definirajte novi razred **Relations** koji nudi četiri statičke metode opisane u nastavku.

- **public static boolean** `isUtimesURelation(IFuzzySet relation)` provjerava je li domena nad kojom je definiran neizraziti skup kartezijev produkt  $U \times U$  (tj. kartezijev produkt nekog univerzalnog skupa sa samim sobom; elementi takve domene su uređene dvojke).
- **public static boolean** `isSymmetric(IFuzzySet relation)` provjerava radi li se o simetričnoj neizrazitoj relaciji definiranoj nad domenom oblika  $U \times U$ .
- **public static boolean** `isReflexive(IFuzzySet relation)` provjerava radi li se o refleksivnoj neizrazitoj relaciji definiranoj nad domenom oblika  $U \times U$ .
- **public static boolean** `isMaxMinTransitive(IFuzzySet relation)` provjerava radi li se o neizrazitoj relaciji definiranoj nad domenom oblika  $U \times U$  koja je max-min tranzitivna.



Zanemarite ostale metode prikazane na prethodnom UML-dijagramu.

Evo primjera.

```
package hr.fer.zemris.fuzzy.demo;

import hr.fer.zemris.fuzzy.Domain;
import hr.fer.zemris.fuzzy.DomainElement;
import hr.fer.zemris.fuzzy.IDomain;
import hr.fer.zemris.fuzzy.IFuzzySet;
import hr.fer.zemris.fuzzy.MutableFuzzySet;
import hr.fer.zemris.fuzzy.Relations;

public class Primjer1 {

    public static void main(String[] args) {
        IDomain u = Domain.intRange(1, 6); // {1,2,3,4,5}

        IDomain u2 = Domain.combine(u, u);

        IFuzzySet r1 = new MutableFuzzySet(u2)
            .set(DomainElement.of(1,1), 1)
            .set(DomainElement.of(2,2), 1)
            .set(DomainElement.of(3,3), 1)
            .set(DomainElement.of(4,4), 1)
            .set(DomainElement.of(5,5), 1)
            .set(DomainElement.of(3,1), 0.5)
            .set(DomainElement.of(1,3), 0.5);

        IFuzzySet r2 = new MutableFuzzySet(u2)
            .set(DomainElement.of(1,1), 1)
            .set(DomainElement.of(2,2), 1)
            .set(DomainElement.of(3,3), 1)
            .set(DomainElement.of(4,4), 1)
            .set(DomainElement.of(5,5), 1)
            .set(DomainElement.of(3,1), 0.5)
            .set(DomainElement.of(1,3), 0.1);

        IFuzzySet r3 = new MutableFuzzySet(u2)
            .set(DomainElement.of(1,1), 1)
            .set(DomainElement.of(2,2), 1)
            .set(DomainElement.of(3,3), 0.3)
            .set(DomainElement.of(4,4), 1)
            .set(DomainElement.of(5,5), 1)
            .set(DomainElement.of(1,2), 0.6)
            .set(DomainElement.of(2,1), 0.6)
            .set(DomainElement.of(2,3), 0.7)
            .set(DomainElement.of(3,2), 0.7)
            .set(DomainElement.of(3,1), 0.5)
            .set(DomainElement.of(1,3), 0.5);

        IFuzzySet r4 = new MutableFuzzySet(u2)
            .set(DomainElement.of(1,1), 1)
            .set(DomainElement.of(2,2), 1)
            .set(DomainElement.of(3,3), 1)
            .set(DomainElement.of(4,4), 1)
            .set(DomainElement.of(5,5), 1)
            .set(DomainElement.of(1,2), 0.4)
            .set(DomainElement.of(2,1), 0.4)
            .set(DomainElement.of(2,3), 0.5)
            .set(DomainElement.of(3,2), 0.5)
            .set(DomainElement.of(1,3), 0.4)
            .set(DomainElement.of(3,1), 0.4);

        boolean test1 = Relations.isUtimesURelation(r1);
        System.out.println("r1 je definiran nad UxU? "+test1);

        boolean test2 = Relations.isSymmetric(r1);
```

```

        System.out.println("r1 je simetrična? "+test2);

        boolean test3 = Relations.isSymmetric(r2);
        System.out.println("r2 je simetrična? "+test3);

        boolean test4 = Relations.isReflexive(r1);
        System.out.println("r1 je refleksivna? "+test4);

        boolean test5 = Relations.isReflexive(r3);
        System.out.println("r3 je refleksivna? "+test5);

        boolean test6 = Relations.isMaxMinTransitive(r3);
        System.out.println("r3 je max-min tranzitivna? "+test6);

        boolean test7 = Relations.isMaxMinTransitive(r4);
        System.out.println("r4 je max-min tranzitivna? "+test7);
    }
}

```

Očekivani ispis programa je:

```

r1 je definiran nad UxU? true
r1 je simetrična? true
r2 je simetrična? false
r1 je refleksivna? true
r3 je refleksivna? false
r3 je max-min tranzitivna? false
r4 je max-min tranzitivna? true

```

## 2. Kompozicija neizrazite relacije

U razred Relations dodajte još i metodu `compositionOfBinaryRelations(r1, r2)`. Metoda očekuje kao argumente dvije neizrazite relacije; prvu definiranu nad domenom oblika  $U \times V$  te drugu nad domenom oblika  $V \times W$ . Metoda vraća novu neizrazitu relaciju definiranu nad domenom  $U \times W$  koja je definirana kao kompozicija predanih relacija. Evo primjer uporabe.

```

package hr.fer.zemris.fuzzy.demo;

import hr.fer.zemris.fuzzy.Domain;
import hr.fer.zemris.fuzzy.DomainElement;
import hr.fer.zemris.fuzzy.IDomain;
import hr.fer.zemris.fuzzy.IFuzzySet;
import hr.fer.zemris.fuzzy.MutableFuzzySet;
import hr.fer.zemris.fuzzy.Relations;

public class Primjer2 {

    public static void main(String[] args) {
        IDomain u1 = Domain.intRange(1, 5); // {1,2,3,4}
        IDomain u2 = Domain.intRange(1, 4); // {1,2,3}
        IDomain u3 = Domain.intRange(1, 5); // {1,2,3,4}

        IFuzzySet r1 = new MutableFuzzySet(Domain.combine(u1, u2))
            .set(DomainElement.of(1,1), 0.3)
            .set(DomainElement.of(1,2), 1)
            .set(DomainElement.of(3,3), 0.5)
            .set(DomainElement.of(4,3), 0.5);

        IFuzzySet r2 = new MutableFuzzySet(Domain.combine(u2, u3))
            .set(DomainElement.of(1,1), 1)
            .set(DomainElement.of(2,1), 0.5)
            .set(DomainElement.of(2,2), 0.7)
            .set(DomainElement.of(3,3), 1)
            .set(DomainElement.of(3,4), 0.4);
    }
}

```

```

IFuzzySet r1r2 = Relations.compositionOfBinaryRelations(r1, r2);

for (DomainElement e : r1r2.getDomain()) {
    System.out.println("mu("+e+")="+r1r2.getValueAt(e));
}
}
}

```

Očekivani ispis programa je:

```

mu((1,1))=0.5
mu((1,2))=0.7
mu((1,3))=0.0
mu((1,4))=0.0
mu((2,1))=0.0
mu((2,2))=0.0
mu((2,3))=0.0
mu((2,4))=0.0
mu((3,1))=0.0
mu((3,2))=0.0
mu((3,3))=0.5
mu((3,4))=0.4
mu((4,1))=0.0
mu((4,2))=0.0
mu((4,3))=0.5
mu((4,4))=0.4

```

### 3. Neizrazita relacija ekvivalencije

Neizrazitu relaciju ekvivalencije definirali smo kao neizrazitu relaciju koja je refleksivna, simetrična i max-min tranzitivna. Dodajte u razred Relations metodu **isFuzzyEquivalence(r)** koja je provjeriti je li predana relacija neizrazita relacija ekvivalencije.

Kao demonstraciju ispravnosti prepisite sljedeći program. Program definira neizrazitu relaciju kompatibilnosti i potom opetovano računa kompoziciju sa samom sobom. U jednom trenutku, rezultat se prestaje mijenjati a relacija koju dobivamo jest neizrazita relacija ekvivalencije. Kada se to događa i zašto?

Primjer uporabe:

```

package hr.fer.zemris.fuzzy.demo;

import hr.fer.zemris.fuzzy.Domain;
import hr.fer.zemris.fuzzy.DomainElement;
import hr.fer.zemris.fuzzy.IDomain;
import hr.fer.zemris.fuzzy.IFuzzySet;
import hr.fer.zemris.fuzzy.MutableFuzzySet;
import hr.fer.zemris.fuzzy.Relations;

public class Primjer3 {

    public static void main(String[] args) {
        IDomain u = Domain.intRange(1, 5); // {1,2,3,4}

        IFuzzySet r = new MutableFuzzySet(Domain.combine(u, u))
            .set(DomainElement.of(1,1), 1)
            .set(DomainElement.of(2,2), 1)
            .set(DomainElement.of(3,3), 1)
            .set(DomainElement.of(4,4), 1)
            .set(DomainElement.of(1,2), 0.3)
            .set(DomainElement.of(2,1), 0.3)
    }
}

```

```

        .set(DomainElement.of(2,3), 0.5)
        .set(DomainElement.of(3,2), 0.5)
        .set(DomainElement.of(3,4), 0.2)
        .set(DomainElement.of(4,3), 0.2);

IFuzzySet r2 = r;

System.out.println(
    "Početna relacija je neizrazita relacija ekvivalencije? " +
    Relations.isFuzzyEquivalence(r2));
System.out.println();

for(int i = 1; i <= 3; i++) {
    r2 = Relations.compositionOfBinaryRelations(r2, r);

    System.out.println(
        "Broj odrađenih kompozicija: " + i + ". Relacija je:");

    for(DomainElement e : r2.getDomain()) {
        System.out.println("mu("+e+")="+r2.getValueAt(e));
    }

    System.out.println(
        "Ova relacija je neizrazita relacija ekvivalencije? " +
        Relations.isFuzzyEquivalence(r2));
    System.out.println();
}
}
}

```

bi morao rezultirati sljedećim ispisom:

Početna relacija je neizrazita relacija ekvivalencije? false

Broj odrađenih kompozicija: 1. Relacija je:

```

mu((1,1))=1.0
mu((1,2))=0.3
mu((1,3))=0.3
mu((1,4))=0.0
mu((2,1))=0.3
mu((2,2))=1.0
mu((2,3))=0.5
mu((2,4))=0.2
mu((3,1))=0.3
mu((3,2))=0.5
mu((3,3))=1.0
mu((3,4))=0.2
mu((4,1))=0.0
mu((4,2))=0.2
mu((4,3))=0.2
mu((4,4))=1.0

```

Ova relacija je neizrazita relacija ekvivalencije? false

Broj odrađenih kompozicija: 2. Relacija je:

```

mu((1,1))=1.0
mu((1,2))=0.3
mu((1,3))=0.3
mu((1,4))=0.2
mu((2,1))=0.3
mu((2,2))=1.0
mu((2,3))=0.5
mu((2,4))=0.2
mu((3,1))=0.3
mu((3,2))=0.5
mu((3,3))=1.0
mu((3,4))=0.2
mu((4,1))=0.2
mu((4,2))=0.2
mu((4,3))=0.2
mu((4,4))=1.0

```

Ova relacija je neizrazita relacija ekvivalencije? true

Broj odrađenih kompozicija: 3. Relacija je:

$\mu((1,1))=1.0$

$\mu((1,2))=0.3$

$\mu((1,3))=0.3$

$\mu((1,4))=0.2$

$\mu((2,1))=0.3$

$\mu((2,2))=1.0$

$\mu((2,3))=0.5$

$\mu((2,4))=0.2$

$\mu((3,1))=0.3$

$\mu((3,2))=0.5$

$\mu((3,3))=1.0$

$\mu((3,4))=0.2$

$\mu((4,1))=0.2$

$\mu((4,2))=0.2$

$\mu((4,3))=0.2$

$\mu((4,4))=1.0$

Ova relacija je neizrazita relacija ekvivalencije? true