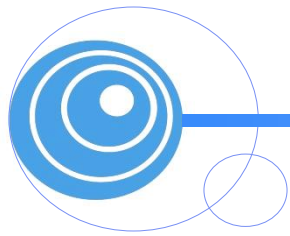


# PROJEKTOVANJE OPTIMIZACIONIH APLIKACIJA

- **Šifra:** POA
- **Semestar:** prvi
- **Status:** izborni
- **Fond:** 3+2
- **ESPBodovi:** 6

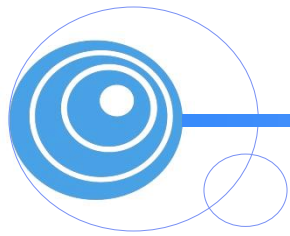
Nastavnik: dr Snežana Mladenović, red. profesor, [snezanam@sf.bg.ac.rs](mailto:snezanam@sf.bg.ac.rs)

Saradnik: Stefan Zdravković, asistent, [s.zdravkovic@sf.bg.ac.rs](mailto:s.zdravkovic@sf.bg.ac.rs)



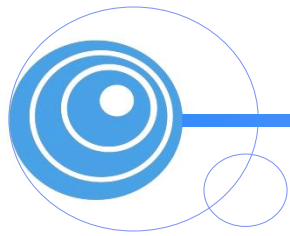
## **CILJ PREDMETA**

Upoznavanje sa procesom projektovanja optimizacionih aplikacija. Ovladavanje veštinom deklarativnog programiranja.



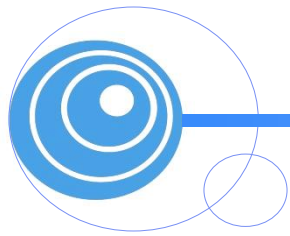
## **SADRŽAJ PREDMETA**

Optimizacioni problemi i problemi odlučivanja. Jezici modeliranja kao programski jezici. Optimizacioni jezik OPL. Sintaksne konvencije. Terminalni simboli. Optimizacioni modeli. Tipovi podataka. Strukture podataka. Promenljive odlučivanja. Ograničenja. Relacije. Pretraživanje. Kvantifikatori. Primena optimizacionih jezika. Linerano i celobrojno programiranje. Constraint Programming. Raspoređivanje. Veza OPL-a sa Excel radnim sveskama i Access bazama podataka.



## ZAŠTO IZUČAVATI OPL?

- Teorija optimizacije se bavi razvojem modela i metoda kojima se nalaze optimalna (najbolja, ekstremna, min-max, ona koja donose najveću korisnost) rešenja matematički formulisanih problema.
- Zadaci optimizacije, sreću se i rešavaju u svakodnevno: u tehničkim i ekonomskim sistemima, u državi, porodici, preduzeću, sportskom klubu itd. Po prirodi su veoma raznovrsni: plan proizvodnje, raspored porodičnog budžeta, planiranje transporta, izbor računarske opreme za firmu, raspored časova, red vožnje, raspored rada posada u turnusu, nalaženje puteva u telekomunikacionoj mreži, itd.



## ZAŠTO IZUČAVATI OPL?

- OPL (*Optimization Programming Language*) specijalizovani programski jezik za optimizacione probleme.
- Deklarativni jezik (opisujemo kako izgleda rešenje a ne kako do njega dolazimo), baziran na logičkoj paradimi programiranja.
- Pojavio se krajem XX veka.
- "Bilo mi je potrebno samo pet dana da ... izgradim model za koji sam ranije trošio tri meseca", M. Šućur, Sabre Research Group



# Visual Basic vs. OPL

**Zadatak 1:** Odrediti najmanji prirodan broj  $x$  i prirodne brojeve  $a, b, c, d$  za koje važi:  $x = a^3 + b^3 = c^3 + d^3$  и  $\{a,b\} \neq \{c,d\}$ . ( $x = 1729, \{a,b\} = \{9, 10\}, \{c,d\} = \{12, 1\}$ )

```
x = 1
Do
  For a = 1 To Int(x ^ (1 / 3)) + 1
    For b = 1 To Int(x ^ (1 / 3)) + 1
      If x = a ^ 3 + b ^ 3 Then
        For c = 1 To Int(x ^ (1 / 3)) + 1
          For d = 1 To Int(x ^ (1 / 3)) + 1
            If x = c ^ 3 + d ^ 3 And a <> c
              And a <> d Then GoTo 10
          Next d
        Next c
      End If
    Next b
  Next a
  x = x + 1
Loop While True
```

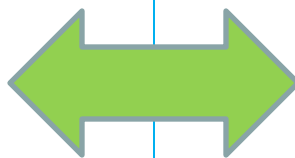
**minimize**

$x$ ;

**subject to {**

$x == a^3 + b^3; x == c^3 + d^3; a != c \ \&\& \ a != d;$   
**};**

$x = 1729, \{a,b\} = \{9, 10\}, \{c,d\} = \{12, 1\}$





# OPL i matematički problemi

**Zadatak 2:** Rešiti jednačinu  $XA=B$ , ako je:

$$A = \begin{bmatrix} -1 & 2 & -1 \\ 1 & -1 & 0 \\ -1 & 2 & 1 \end{bmatrix} \quad B = \begin{bmatrix} 0 & 7 & -7 \\ 0 & 9 & 9 \end{bmatrix}$$

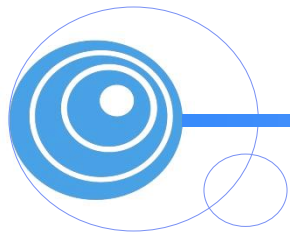
```

range index1 = 1..2;
range index2 = 1..3;
int A[index2][index2] = [[-1,2,-1], [1,-1,0], [-1,2,1]];
int B[index1][index2] = [[0,7,-7], [0,9,9]];
dvar float X[index1][index2];
subject to {
  forall (i in index1, j in index2)
    (sum(k in index2) X[i,k]*A[k,j]) == B[i,j];
};

```

$$X = \begin{bmatrix} 7 & 7 & 0 \\ 0 & 9 & 9 \end{bmatrix}$$

\*Zadatak 1, str. 22, Miloradović, S., N. Ćirić, Z. Šami, M. Borisavljević, S. Mladenović, V. Stojanović, A. Jelović i T. Levajkvić, *Zbirka rešenih ispitnih zadataka iz matematike I*, pomoćni udžbenik, Saobraćajni fakultet Univerziteta u Beogradu, 2004.

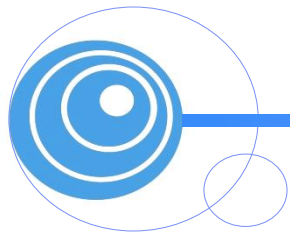


# Provera znanja

- Aktivnost u toku nastave: 10 bodova.
- Seminarski rad (izabran podesan realni saobraćajni problem u dogovoru sa nastavnikom; opis problema, model i rešenje u OPL-u): 60 bodova.
- Usmeni ispit: 30 bodova.

Dokumenti Provera znanja POA 2020-21 i Knjiga predmeta dostupni na e-learning servisu!

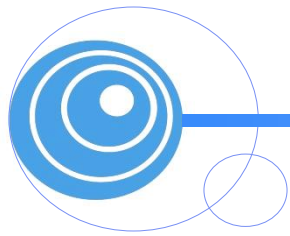




# Provera znanja

Studenti master studija su u dosadašnjim **seminarskim radovima** iz predmeta PROJEKTOVANJE OPTIMIZACIONIH APLIKACIJA projektovali OPL modele za probleme:

- lociranja piezoelektričnih senzora na transportnim mrežama,
- rotacije posada u vazdušnom saobraćaju,
- pakovanja tereta različitih težina i zapremina u tovarne prostore,
- transportni problem linearnog programiranja.



# Provera znanja

**Usmeni ispit:** Test ima 15 pitanja. Vreme za rad je 35 minuta. Zaokruživanje slova ispred tačnog odgovora (od a)-e)) donosi 2 poena. Pogrešan odgovor donosi - 0,5 poena. Zaokruživanje više od jednog, nezaokruživanje ni jednog ili prectavanje prethodno zaokruženog odgovora donosi -1 poen. Zaokruživanje slova ispred odgovora "Ne znam" ne donosi ni pozitivne ni negativne poene.

## Primer pitanja sa testa:

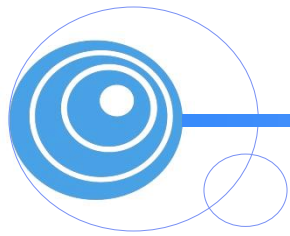
Neka su  $x$ ,  $y$  i  $z$  upravljačke promenljive. Uslovno ograničenje:

```
if (x==1) y<=5;  
else z>=5;
```

- a) znači da ako je  $x$  jednako 1 aktivno je ograničenje  $y \leq 5$ , a u suprotnom ograničenje  $z \geq 5$
- b) je sintaksno neispravno jer je uslov  $x == 1$  izražen preko upravljačke promenljive
- c) je sintaksno neispravno jer je ograničenje u „da“ grani:  $y \leq 5$  izraženo preko upravljačke promenljive
- d) je sintaksno neispravno jer je ograničenje u „ne“ grani:  $z \geq 5$  izraženo preko upravljačke promenljive
- e) Ni jedan od prethodno ponuđenih odgovora
- f) Ne znam

**SVA pitanja pokrivena prvom stavkom literature!**

**Srednja ocena predmeta: 9.12!**



# Literatura

- Mladenović, S. I S. Zdravković, Projektovanje optimizacionih aplikacija sa rešenim primerima u OPL-u, radni materijal u elektronskoj formi, 2015.
- Hentenryck, P. V., *The OPL - Optimization Programming Language*, MIT Press, 1999.
- Cvetković, D., M. Čangalović, Đ. Dugošija, V. Kovačević-Vujčić, S. Simić i J. Vuleta, *Kombinatorna optimizacija - matematička teorija i algoritmi*, Društvo operacionih istraživača Jugoslavije, Beograd, Jugoslavija, 1996.
- Literatura za predmet Operaciona istraživanja osnovnih akademskih studija Saobraćajnog fakulteta
- *OPL Workbook, OPL Tutorial, OPL User Manual, Scheduling OPL*, sve dostupno u elektronskoj formi.
- Teodorović, D., *Transportne mreže*, Saobraćajni fakultet, Beograd, 2009.
- Marriott, K. and P. J. Stuckey, *Programming With Constraints: An Introduction*, MIT Press, 1998.