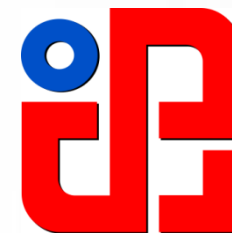




**FAKULTET TEHNIČKIH NAUKA**  
**Department za proizvodno mašinstvo**  
**Projektovanje i optimizacija tehnoloških**  
**procesa proizvodnje**



---

*Predavanje 10:*

# **OSNOVE TEHNOEKONOMSKE OPTIMIZACIJE**

---

Dr Dejan Lukić

# Pojam tehnoekonomske optimizacije

U osnovi pojma i opšteg značenja **optimizacije** sadržana je **metodologija** pomoću koje se određuje neki **najpovoljniji rezultat ili rešenje** za određene **uslove**. Posebni deo teorije optimizacije, primenjene u proizvodnom mašinstvu i tehnici uopšte, čini **tehnoekonomska optimizacija**.

Pojam tehnoekonomska optimizacija baziran je na činjenici da je iznalaženje **najpovoljnijih rešenja** zasnovano na **grupi tehnoloških i ekonomskih kriterijuma**.

Među osnovne pojmove tehnoekonomske optimizacije spadaju:

- ciljevi,
- objekti,
- metode i
- uslovi

pri kojima se optimizira dati objekat



**Cilj optimizacije** se iskazuje preko **kriterijuma optimizacije**, odnosno **funkcije optimizacije** ili **funkcije cilja**, a **metodom optimizacije** se ostvaruje postavljeni cilj optimizacije na posmatranom objektu.

**Objekata optimizacije** ima mnogo, i po broju i po raznovrsnosti. Tako u mašinskoj tehnici kao objekat optimizacije može biti: neki od **procesa** kao što su *obradni, tehnološki, proizvodni, termodinamički, strujni* i sl., neki **tehnički sistem** kao što je *mašina, uređaj, saobraćajno sredstvo, instalacija, postrojenje*, neki **proizvod, inženjerska i uopšte ljudska delatnost** u nekom vremenskom domenu kao na primer *projektovanje, konstruisanje, istraživanje, upravljanje, organizovanje* itd.

# Pojam tehnoekonomske optimizacije

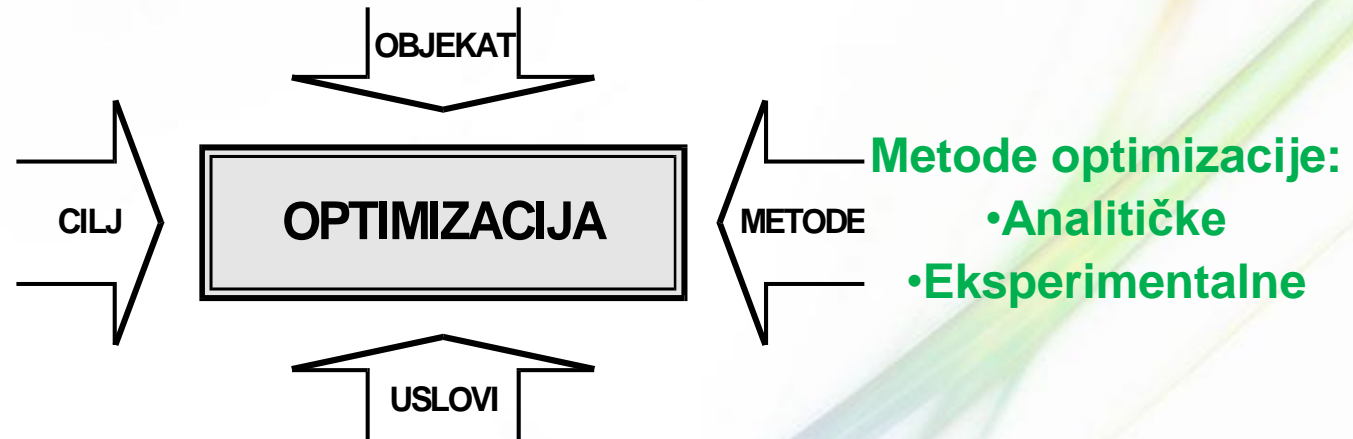
## Objekti optimizacije:

- Procesi (obradni, tehnološki, termodinamički, .... )
- Tehnički sistem (mašina, proizvod, uređaj, postrojenje, ....)
- Delatnost (projektovanje, konstruisanje, upravljanje, organizovanje,..)

## Cilj optimizacije=

### Funkcija cilja

- vreme (produkcija)
- troškovi (ekonomičnost)
- stepen iskorišćenja
- kvalitet
- dobit
- profit
- .....



## Uslovi optimizacije mogu biti:

- Stohastički (sa uticajem spoljašnje sredine)
- Deterministički (bez uticaja spoljašnje sredine)

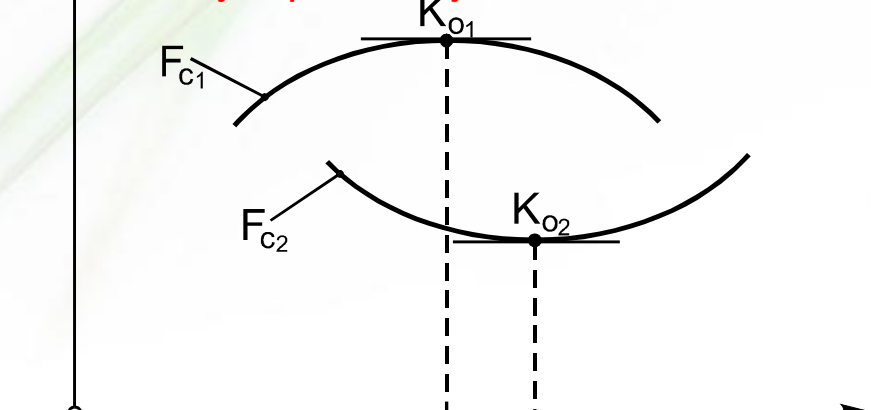
# Neki karakteristični oblici optimizacionih zadataka

**Osnovni cilj** svakog optimizacionog zadatka, kako je već istaknuto, podrazumeva **određivanje uslova** pri kojima funkcija optimizacije  $F_c$  ima **minimalnu** ili **maksimalnu** vrednost, poznatu kao **optimalno rešenje**.

Pri tome se mogu pojaviti dva osnovna oblika optimizacionog zadatka:

**Prvi** se odnosi na slučajeve kada funkcija optimizacije  $F_c$  ima **lokalni ekstrem**

*Oblici optimizacionih zadataka kod kojih funkcija optimizacije ima lokalni ekstrem*

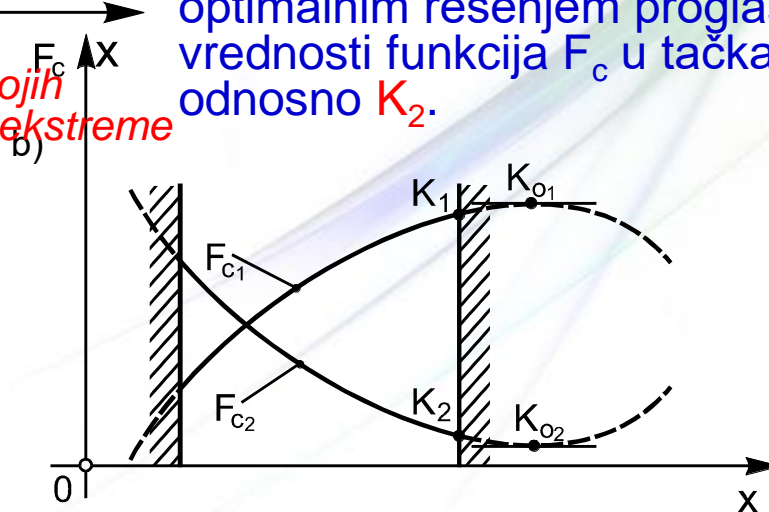
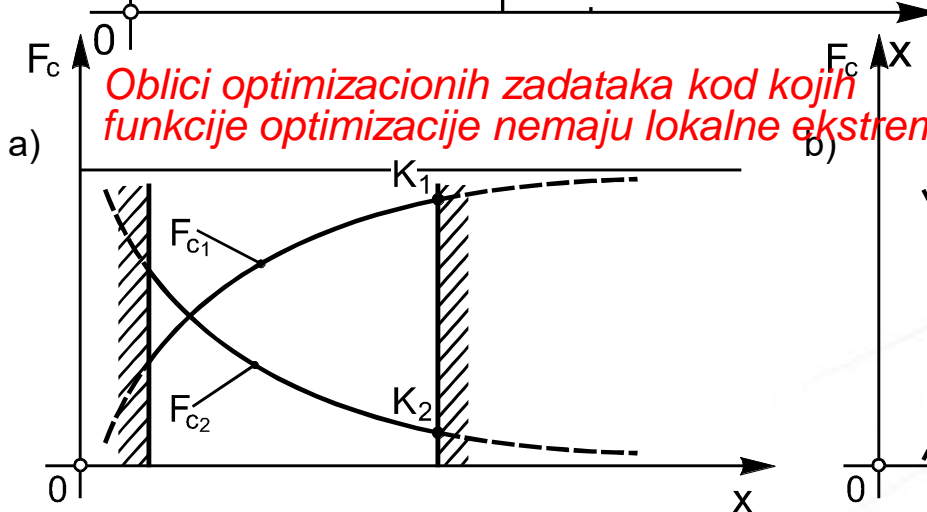


**Drugi** kada je optimalno rešenje **izvan oblasti dopuštenih rešenja**

Određivanje optimalnog rešenja u prvom slučaju vrši se poznatim metodama matematičke analize.

U drugom slučaju, bez obzira da li se ekstremna vrednost funkcije optimizacije nalazi u beskonačnosti, ili u realnoj blizini izvan oblasti dopuštenih rešenja, optimalnim rešenjem proglašavaju se vrednosti funkcija  $F_c$  u tačkama  $K_1$  odnosno  $K_2$ .

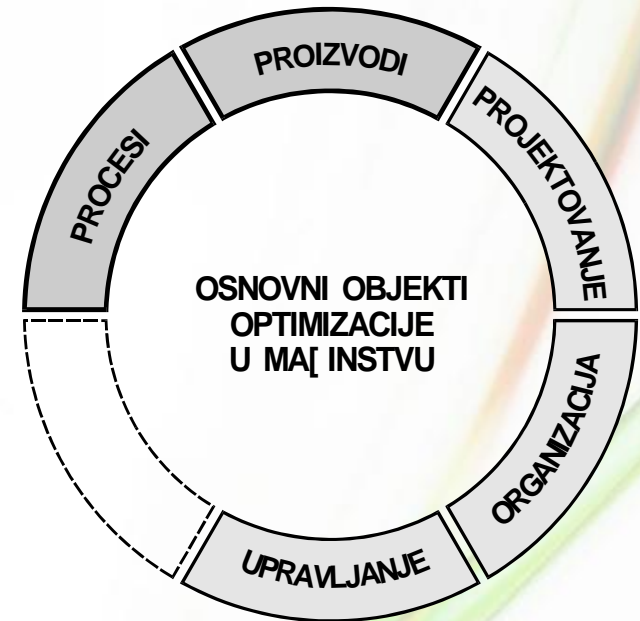
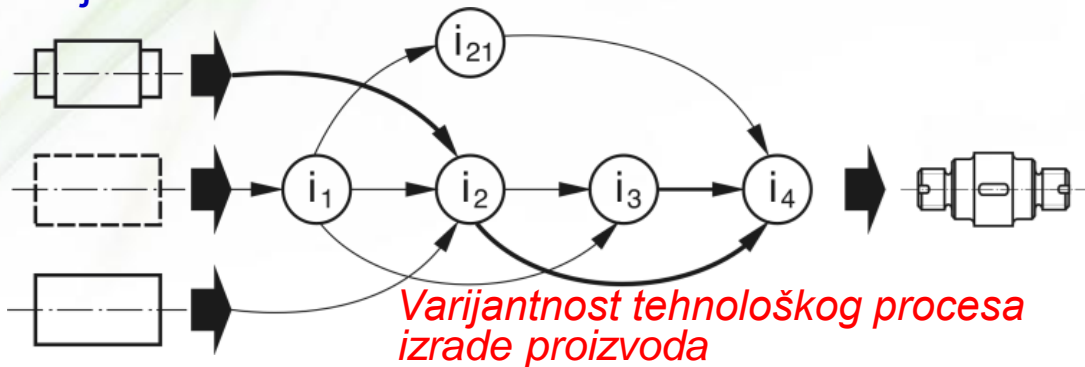
*Oblici optimizacionih zadataka kod kojih funkcije optimizacije nemaju lokalne ekstreme*



# Osnovni objekti optimizacije u mašinstvu

U osnovne objekte optimizacije u mašinstvu spadaju **tehnološki procesi** izrade proizvoda, **proizvodi**, odnosno konstrukcije proizvoda i njihovih elementa, **sistemi** projektovanja proizvoda i tehnoloških procesa njihove izrade i montaže i **organizacija**, odnosno **upravljanje** proizvodnjom.

**Tehnološki procesi izrade proizvoda**, kao objekti optimizacije, karakterišu se varijantnošću rešenja najčešće u svim fazama.



*Osnovni objekti optimizacije u mašinstvu*

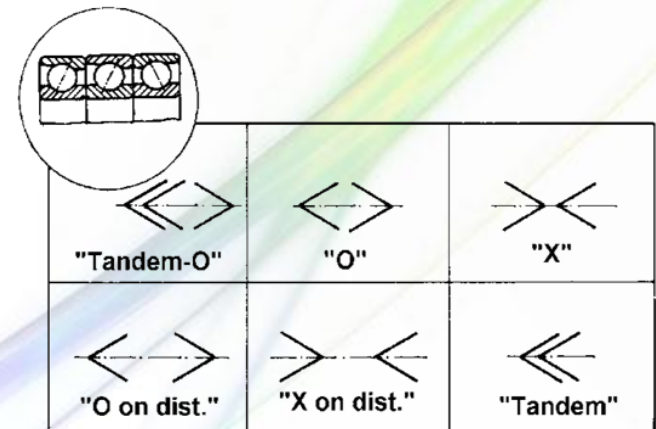
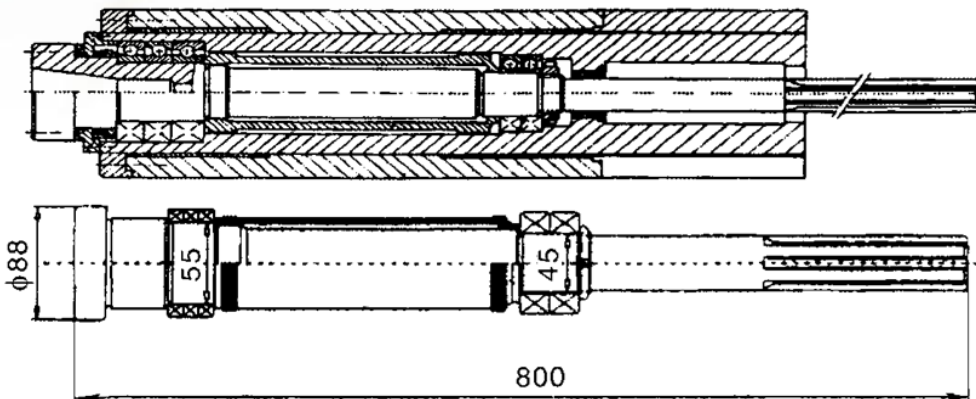
Za izradu određenog proizvoda moguće je, u opštem slučaju, izabrati različite vrste priprema, kao i različita rešenja redosleda, vrsta i sadržaja operacija, koje predstavljaju **čvorove tehnološkog grafa**.

Optimizacioni zadatak za ovakve objekte optimizacije svodi se na određivanje one varijante tehnološkog procesa izrade koja obezbeđuje zahtevani **tehnički kvalitet** prema dokumentaciji i optimalne vrednosti i drugih funkcija optimizacije kao što su **produktivnost, ekonomičnost, profit i dobit**.

# Osnovni objekti optimizacije u mašinstvu

**Optimizacija konstrukcionih rešenja proizvoda**, kao objekata optimizacije podrazumeva rešavanje kompleksnog zadatka sadržanog u kvantitativnoj i kvalitativnoj tehnologičnosti.

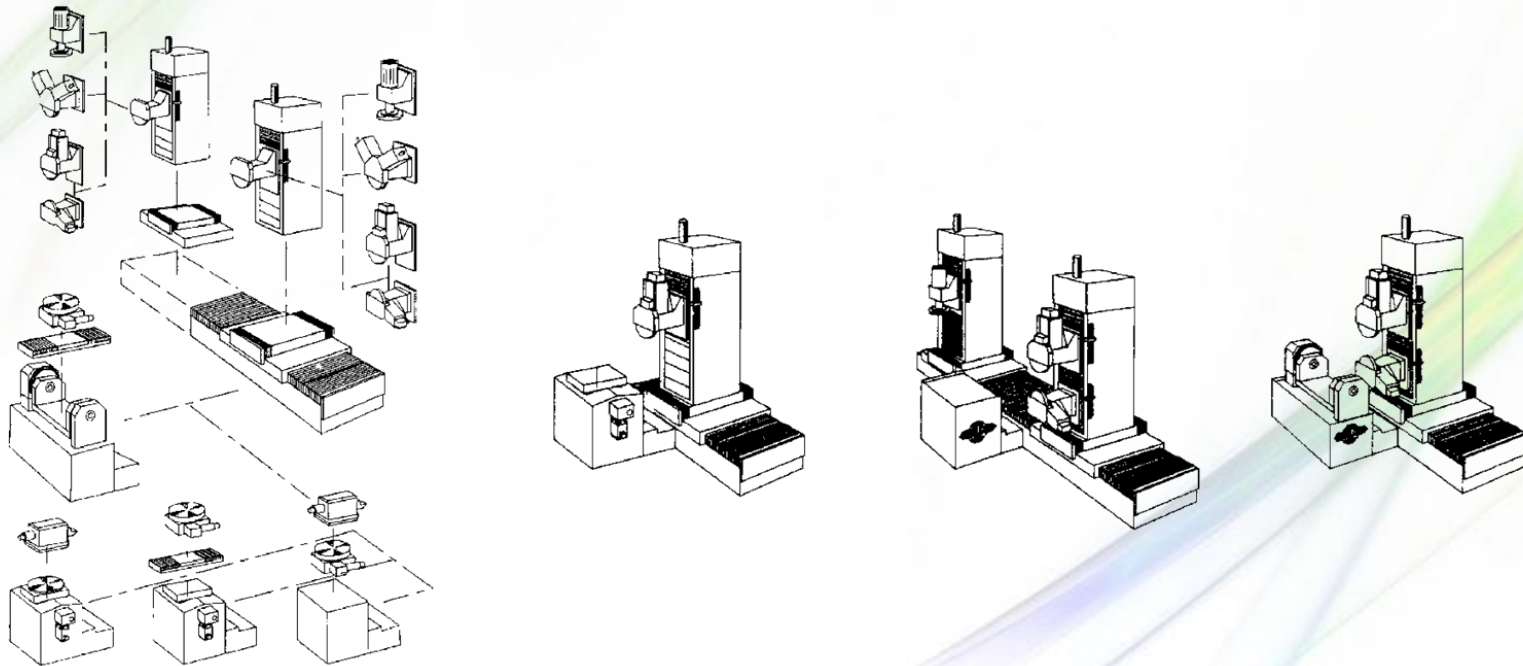
Ako se, na primer, kod sklopa glavnog vretena postavi kao glavni eksploatacijski zahtev najpovoljnija slika dinamičkog ponašanja, onda se to postiže odgovarajućim **konstrukcionim oblicima vretena**, odnosno **rasporedom masa** i izborom **najpovoljnijeg načina uležištenja**. Pri postizanju ovako postavljenog cilja može se pojaviti neophodnost određenih kompromisa u pogledu drugih zahteva konstrukcionih rešenja koja su sadržana u kvantitativnoj i kvalitativnoj tehnologičnosti.



*Sklop glavnog vretena kao objekat optimizacije*

# Osnovni objekti optimizacije u mašinstvu

***U sistemima projektovanja proizvoda*** danas su u primeni savremeni prilazi zasnovani na korišćenju računara, koji obezbeđuju najveće efekte procesa projektovanja. Tako, na primer, sistem projektovanja proizvoda koji je zasnovan na **modularnom konceptu**, osim visokih efekata u procesu proizvodnje, **fleksibilnosti** prema zahtevima tržišta i drugih efekata obezbeđuje najveći doprinos ukupnom optimalnom sistemu projektovanja proizvoda, posebno uz primenu računara.

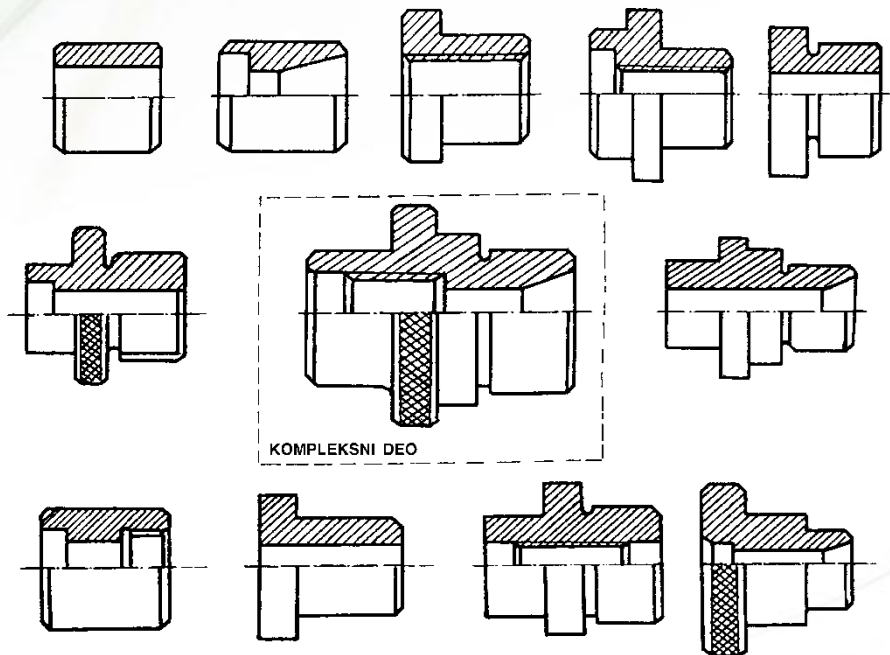


*Primer ELB koncepta modularnog projektovanja brusilica*

# Osnovni objekti optimizacije u mašinstvu

**U sistemima projektovanja tehnoloških procesa izrade proizvoda** danas su takođe, prisutni savremeni načini projektovanja zasnovani na primeni računara i odgovarajućih programskih sistema.

Ako je na primer, sistem projektovanja tehnoloških procesa obrade zasnovan na konceptu **grupne ili tipske tehnologije**, onda se umesto projektovanja tehnoloških procesa izrade za sve delove može projektovati samo jedan standardni tehnološki proces za **kompleksni deo**, čijim se tehnološkim procesom obezbeđuju tehnološki procesi izrade svih delova iz posmatrane grupe. Time se, naravno, proces projektovanja značajno racionalizuje.



Najzad, kod objekata optimizacije pod kojima se podrazumevaju **sistemi organizacije procesa proizvodnje**, neophodno je stalno uvođenje sistema organizacije uz primenu računara, koji obezbeđuju optimalne efekte proizvodnje, uključujući i brze odzive na zahtev tržišta.

**Primer racionalizacije projektovanja tehnoloških procesa obrade na principima grupne tehnologije**



# Osnovni modeli objekata optimizacije

**Modeliranje** predstavlja jedan od metoda naučnog istraživanja mnogih objekata u tehnici i nauci. U osnovi modeliranja sadržan je **pojam modela**, pa se stoga **modeliranje** definiše kao **proces formiranja modela datog objekta**. Navode se ovih pet najčešćih **ciljeva modeliranja**:

- *Analiza i potpunije proučavanje objekata kako bi se dobila, pomoću modela, dovoljno pouzdana znanja i nove zakonitosti o proučavanom objektu,*
- *Provera postavljenih hipoteza o zakonitostima i mehanizmima unutrašnjih interdejtava u datom objektu,*
- *Programiranje ili predviđanje stanja i ponašanja objekta,*
- *Optimizacija raznovrsnih objekata u proizvodnom mašinstvu i tehnici uopšte*
- *Upravljanje datim objektom u prostoru i vremenu.*

Model nekog objekta može se definisati, u opštem slučaju, kao izvesni **skup organizovanih informacija** koje daju određenu **predstavu** o tom objektu. Objekat se u ovom slučaju zove **realni objekat** ili **objekat modeliranja**. Modeli se najčešće dele na **misaone**, **fizičke** i **matematičke**.

Pod **misaonim modelom** podrazumeva se određena predstava o realnom objektu u **čovekovoju svesti**, nastala u gnoseološkom, odnosno spoznajnom procesu. Ova spoznaja treba da sadrži suštinske informacije o realnom objektu.

# Osnovni modeli objekata optimizacije

**Fizičkim ili materijalnim modelom** zove se onaj specijalno izrađeni objekat, sličan ili srazmeran realnom objektu, ali obično manjih dimenzija, radi proučavanja i upravljanja realnim objektom. Na ovom modelu se relativno lako i sa znatno manjim troškovima organizuju i izvode eksperimentalna istraživanja i merenja u odnosu na realni objekat. Pri tome su **proces u fizičkom modelu identični po svojoj fizičkoj prirodi onim u realnom objektu.**

Pored značajnih osobina i prednosti fizičkog modela u spoznaji nekog realnog objekta, ne smeju se izgubiti iz vida i određene **njegove mane**. Najznačajnija je ona koja se odnosi i na mogućnost pojave takvih osobina u fizičkom modelu kojih nema u realnom objektu. Ova pojava je posledica, pored ostalog, razlike u geometrijskim merama između fizičkog modela i realnog objekta.

**Matematički model**, za razliku od fizičkog koji zadržava fizičku prirodu realnog objekta, prikazuje se **matematičkom apstrakcijom**. Pa ipak, ovaj apstraktni oblik iskazuje suštinske **fizičke, geometrijske, tehnološke, ekonomske** ili bilo koje druge karakteristike realnog objekta.

Iz grupe metoda matematičkog modeliranja redovno se sreću i koriste ove tri metode:

- *Analitička metoda,*
- *Eksperimentalna metoda i*
- *Kombinovana metoda.*

# Metode tehnoeekonomske optimizacije

**Analitičke metode - postoji matematički model optimizacije, poznati su mehanizmi i zakonitosti unutar objekta optimizacije.**

**Eksperimentalne metode – nije poznat matematički model, optimum se određuje direktnim eksperimentalnim istraživanjem.**

**Analitičke metode:**

- Metod klasične matematičke analize
- Metod Lagranžovih multiplikatora
- Metode pretraživanja optimuma (**metod skeniranja**, metod relaksacije, slučajni EVOP metod, Gaus-Zajdelov metod, itd.)
- Gradijentni metod**
- Simpleksni metod**
- Varijacione metode
- Metode linearnog programiranja (simpleksni metod, transportni metod, **metod raspoređivanja**)
- Metode geometrijskog programiranja
- Metode dinamičkog programiranja**

**Eksperimentalne metode:**

- Boks-Vilsonov gradijentni metod**
- Usmereni evolucionni metod
- Metode slučajnog pretraživanja (metod slepog pretraživanja, metode slučajnih pravaca, slučajni EVOP metod, **simpleksni metod**, itd.)