

# METODE OPTIMALIZACIJE U GRAĐEVINARSTVU

Računalna simulacija i modeli

# Model

---

- Model je matematički, grafički, fizički, verbalni (tekstualni) ili računalni prikaz ili pojednostavljena verzija stvarnog objekta, strukture, odnosa, sustava, koncepta, teorije ili pojave skupa sa znanim ili pretpostavljenim svojstvima svog originala.
- Koriste se kao pomoć pri razumijevanju i/ili vizualizaciji toga što predstavljaju, temeljni su preduvjet za provođenje postupka simulacije i optimalizacije, koriste se i za donošenje odluka, komunikaciju ideja, za dokazivanje svojstava...
- Modeliranje je osnovni način prikazivanja i tumačenja složenih sustava i pojava.

# Podjele modela

---

- Prema tipu: fizički, matematički, grafički, računalni, ...
- Prema namjeni: za simulaciju, vizualnu reprezentaciju, provjeru karakteristika stvarnog sustava, ...
- Prema karakteristikama: deterministički/stohastički, zavisin/nezavisin
- Prema stupnju: model se može sastojati od više podmodela

# Primjeri modela u građevinarstvu

---

- TMK
- Konstrukcije
- Hidrotehnika
- Geotehnika
- Materijali
- Prometnice
- Organizacija građenja

# Simulacija

---

- Simulacija je imitacija stvarnog predmeta, pojave ili procesa kroz vrijeme. Ona mora sadržavati sve ključne značajke ponašanja simuliranog fizičkog ili apstraktnog sustava.
- U simulaciji model predstavlja sustav, a sama simulacija ponašanje sustava u okruženju i kroz vrijeme.
- Ključan preduvjet je postojanje modela koji sadržava sve ključne karakteristike i svojstva promatranog sustava.
- Simulacija se koristi kada imamo složene sustave za koje ne možemo napraviti matematički model, kada su eksperimenti s realnim sustavom skupi, opasni ili nemogući.

# Što sve možemo simulirati

---

- Proces građenja
- Poslovne procese
- Djelovanje opterećenja
- Ponašanje modela u različitim uvjetima
- ...

# Prednosti simulacije

---

- Rješavanje problema koji se pojavljuju kod odlučivanja (izbor alternativa, predviđanje)
- Mogućnost analize širokog spektra praktičnih problema
- Uvjeti eksperimentiranja su pod potpunom kontrolom
- Jednostavna ponovljivost eksperimenta
- Mogućnost iteriranja i optimalizacije sustava

# Prednosti simulacije

---

- Provjera ponašanja modela u različitim slučajevima (what-if analize). Dobivamo odgovore na pitanja: “što-ako?”. Što ako poraste potražnja za nekim proizvodom? Što ako se stroj u proizvodnom pogonu pokvari? Što ako dođe do smanjenja prometa? ...
- Animacija rada modela olakšava vrednovanje logike i dinamike rada
- ...



# Nedostaci simulacije

---

- Razvoj modela i provođenje eksperimenata može biti dug i skup postupak
- Ne dobivaju se funkcijske ovisnosti ulaz - izlaz niti optimalna rješenja
- Potrebno je poznavanje većeg broja metoda i alata
- Vrednovanje modela je složeno i zahtijeva dodatne simulacijske eksperimente

# Simulacija u proizvodnoj industriji

---

- Simulacijom možemo odrediti:
  - Prosječno i vršno opterećenje
  - Vrijeme trajanja jednog ciklusa
  - Iskorištenost resursa, ljudi i strojeva
  - Uska grla proizvodnje
  - Redove čekanja
  - Potrebe skladištenja
  - Učinkovitost cijelog sustava i svakog pojedinog njegovog dijela

# Računalna simulacija

---

- Važan alat za proučavanje radnih procesa.
- Omogućuje se pronalaženje ključnih čimbenika koji diktiraju ponašanje sustava, a izradom različitih scenarija moguće je istražiti razna rješenja te naposljetku odabrati optimalno.
- Analitičke metode optimizacije nisu se pokazale praktičnima u optimiziranju takvih pojedinih slučajeva pa se stoga preporučuju, a i koriste, optimizacije planova pomoću računalnih simulacija.

# Alati za računalnu simulaciju

---

- Mnogobrojni
- Specifični i opći
  - Za proizvodnu (manufacturing) industriju
  - Za građevinske procese
  - Za poslovne procese
- ...

# Simul8

---

- Simul8 je software za simulaciju sustava koji uključuju procesiranje diskretnih događaja. Alat je za planiranje, dizajn, optimalizaciju i reinženjering sustava za proizvodnju, logistiku ili pružanje usluga.
- Omogućava korisniku da kreira računalni model koji uzima u obzir stvarna ograničenja, kapacitete, otkazivanja i ostale faktore koji utječu na rezultate i učinkovitost proizvodnje.
- Može se koristiti za modeliranje bilo kojeg radnog procesa u kojem postoji radni tok (workflow), ali najviše se koristi u proizvodnoj industriji, zdravstvu i logistici.

# Simul8

---

- Problemi koji se žele riješiti vezani su uz troškove, vrijeme i stanje zaliha.
- Rezultati simulacije daju informacije o:
  - Stupnju iskorištenja kapaciteta
  - Identifikaciji uskih grla proizvodnje
  - Stanju zaliha
  - Ukupnoj produktivnosti sustava i njegovih elemenata

# Elementi sustava

---

- Work entry point
- Storage bin
- Work center
- Work exit point
- Work item
- Resource

# Primjer 1

---

Računalnom simulacijom riješite primjer manualne simulacije s prethodnog predavanja.

Ulazni podaci:

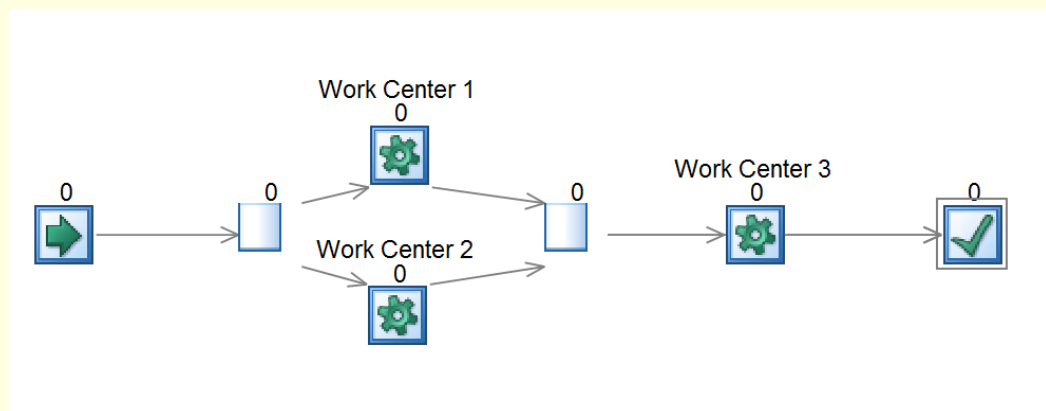
- Vrijeme međudolazaka: eksponencijalna distribucija s prosjekom od 15 minuta.
- Vrijeme posluživanja: uniformna distribucija s rasponom od 10 do 15 minuta.
- Simulacija je ograničena na prvih 5 dolazaka
- Pretpostavka da 1. klijent dolazi u trenutku  $T=0$  i da je mjesto za posluživanje prazno.



# Primjer 2

Modelirajte sustav prikazan na slici prema zadanim parametrima, simulirajte sustav i diskutirajte rezultate svih elemenata sustava.

- Ulaz: dolazak po 3 jedinice u pošiljci, normalna distribucija, prosjek 7,5 min, st dev 2,5
- WC1 normalna distribucija, prosjek 5 min, st dev 1
- WC2 normalna distribucija, prosjek 10 min, st dev 2
- WC3 fixed, 6 min



# Zadatak

Poduzeće za proizvodnju keramičkih pločica želi optimalizirati posljednju fazu svog proizvodnog procesa. Taj proces sastoji se od sljedećih elemenata: ulaz u proces, 1. privremeno skladište, radna operacija A (pakiranje u kutije), 2. privremeno skladište, radna operacija B (paletiranje), 3. privremeno skladište, radna operacija C (utovar u kamione) i izlaz iz procesa.

Potrebno je odrediti uska grla proizvodnje i broj potrebnih strojeva po radnoj operaciji koji omogućuje što manje redove čekanja, ali uz uvjet da je iskoristivost svakog stroja minimalno 70%.

Sirovine za proizvodnju ulaze u sustav po Poissonovoj distribuciji svakih 10 min u paketima od po 10 komada. Stroju koji obavlja radnu operaciju A potrebno je 2 min po normalnoj distribuciji uz standardnu devijaciju od 2,5. Stroju koji obavlja radnu operaciju B potrebno je 1,1 min po normalnoj distribuciji uz standardnu devijaciju od 2,5. Stroju koji obavlja radnu operaciju C potrebno je 0,5 min po normalnoj distribuciji uz standardnu devijaciju od 2,5.

Vrijeme simulacije je 5 radnih dana.