

Modeliranje – proces blisko vezan za način ljudskog razmišljanja i rješavanja problema

- Formuliranje novih ideja
- Veliko značenje imaju sposobnost apstrakcije, sistematičnost i iskustvo

Modeli trebaju omogućiti razumijevanje strukture i funkcioniranja prirode te oblikovanje i ispitivanje obilježja novih rješenja

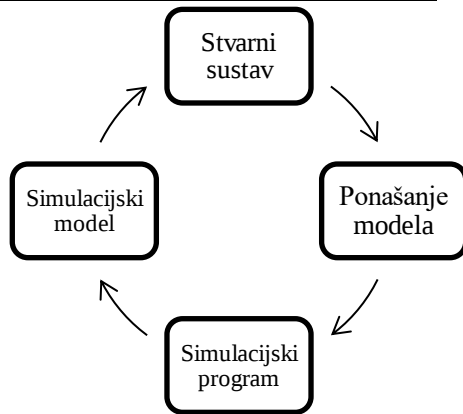
Vrste modela:

- **Materijalni** (npr. kemijska struktura molekule)
- **Simbolički**
 - Matematički (npr. jednažba gravitacijskog privlačenja)
 - Konceptualni (npr. dijagram aktivnosti u projektu)
 - Računalni (npr. program za simulaciju posluživanja na blagajni)

Simulacijsko modeliranje

- Modeli dinamičkih sustava (mijenjaju se u vremenu)
- Modeli redova čekanja, proizvodnih procesa, skladištenja, prometa
- Pomak vremena
- Istovremeno odvijanje aktivnosti
- Korištenje istih resursa
- Uloga računala – razvoj modela i izvođenje proračuna

Komponente simulacijskog modeliranja



Podjela simulacijskih modela:

- Prema vrsti varijable: deterministički i stohastički
- Prema načinu promjene stanja modela u vremenu: diskretni i kontinuirani

Deterministički model

- Ponašanje im je predvidivo
- Novo stanje je u potpunosti određeno prethodnim

Stohastički model

- Ponašanje se ne može predvidjeti
- Može se odrediti vjerojatnost promjene stanja
- Slučajno ponašanje – slučajne varijable

Diskretni model

- Ponašanje se mijenja samo u nekim vremenskim točkama (događaji)

Kontinuirani model

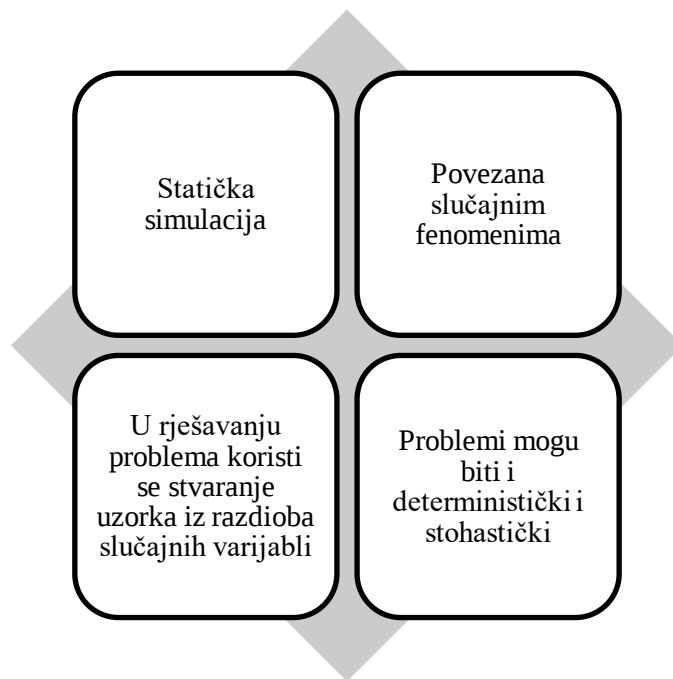
- Stanje se mijenja kontinuirano

Miješani kontinuirano – diskretni model

- Sadrže i kontinuirane i diskretne varijable

Navedeni modeli doveli su do formuliranje 4 osnovna tipa simulacijskih modela koji se razlikuju pristupom modeliranju, tipu problema koji se rješava i tehnikama modeliranja i simulacije: Monte Carlo simulacija, kontinuirana simulacija, simulacija diskretnih događaja i miješana kontinuirano – diskretna simulacija

Monte Carlo je statička tehnika, a ostale su dinamičke



Tipovi Monte Carlo simulacije:

- Deterministički problemi koje je teško i skupo rješavati
- Složeni fenomeni koji nisu dovoljno poznati
- Statistički problemi koji nemaju analitičkog rješenja

Kontinuirana simulacija se koristi za dinamičke probleme kod kojih se varijable stanja mijenjaju kontinuirano u vremenu. Model se najčešće opisuje matematički (npr. običnim diferencijalnim jednačinama)

Simulacija diskretnih događaja

- Omogućuje kombinaciju opisa detalja sustava i složenih međudjelovanja u njemu
- Uključuje modele koji su strukturirane kolekcije objekata
 - Međudjelovanje objekata u aktivnostima sustava uzrokuje promjene stanja sustava
- Promjene stanja (događaji) u diskontinuiranim (diskretnim) vremenskim trenucima
- Za rješavanje redova čekanja

Kombinirana diskretno – kontinuirana simulacija

- Kada niti kontinuirana niti simulacija diskretnih događaja ne mogu u potpunosti opisati način rada sustava
- Integriranje kontinuiranih i diskretnih elemenata sustava
- Veza se postiže vremenskim događajima i događajima stanja

Model je apstraktni prikaz sustava koji opisuje objekte i njihovo međudjelovanje

Entiteti (objekti) su komponente sustava, mogu biti stalni i privremeni

Atributi entiteta označavaju svojstva entiteta, svaki entitet može imati veći broj atributa

Klase entiteta su grupe entiteta istog tipa

- **Skupovi entiteta** – grupe entiteta pojedine klase koji imaju neka zajednička svojstva

Stanje sustava je skup svih informacija nužnih za opis sustava. Stanje sustava ovisi o prisutnim entitetima i vrijednostima atributa

Događaj je promjena stanja sustava u jednom trenutku vremena (ulazak/izlazak privremenih entiteta, promjena atributa)

- Uvjetni događaji se događaju nakon što je ispunjen neki uvjet
- Bezuvjetni događaji su planirani za određeni trenutak

Aktivnost je međudjelovanje entiteta koje dovodi do promjene stanja entiteta

Proces je niz logički povezanih uzastopnih događaja kroz koje prolazi privremeni entitet

Karakterizacija simulacije diskretnih događaja: **ENTITETI** koji imaju **ATRIBUTE** međudjeluju u **AKTIVNOSTIMA** uz izvjesne **UVJETE** stvarajući **DOGAĐAJE** koji mijenjaju **STANJE** sustava

Struktura alata za simulaciju diskretnih događaja:

- Izgradnja modela
 - Omogućuje prikaz strukture i načina rada modela
 - Uključuje entitete modela, njihove attribute, veze među entitetima i opis akcija
- Sat modela
 - Pokazuje trenutni trenutak modela, na sljedeći prelazi kad se završi prethodni događaj
- Opis slučajnih varijabli u sustavu i generiranje slučajnih brojeva i varijabli
- Skupljanje statističkih podataka za potrebe detaljne analize modela
- Upravljanje izvođenjem simulacije (pravilan izvor slijeda događaja)

Problemi koji se mogu rješavati simulacijom diskretnih događaja:

- Zahtjevi za posluživanjem dolaze od resursa ograničenog kapaciteta
- Ako su vrijeme dolazaka, veličine zahtjeva i brzine predvidivi:
 - Ili nema čekanja – potražnja manja od kapaciteta resursa
 - Ili repovi čekanja neprekidno rastu – potražnja veća od kapaciteta
- Ako su vrijeme dolazaka, veličine zahtjeva ili vrijeme posluživanja nepredvidivi:
 - Slučajne veličine, nastaju konflikti pri korištenju resursa – stvaraju se repovi čak i kad je potražnja manja od kapaciteta resursa

Izgradnja konceptualnih simulacijskih modela (KSM) – prvi korak simulacijskog modeliranja

Konceptualni simulacijski modeli trebaju:

- Izdvojiti najvažnije karakteristike sustava
- Opisati elemente sustava i njihovo međudjelovanje
- Pomoći u komunikaciji onih koji razvijaju model i koji se njime koriste
- Pomoći u razvijanju računalnog modela

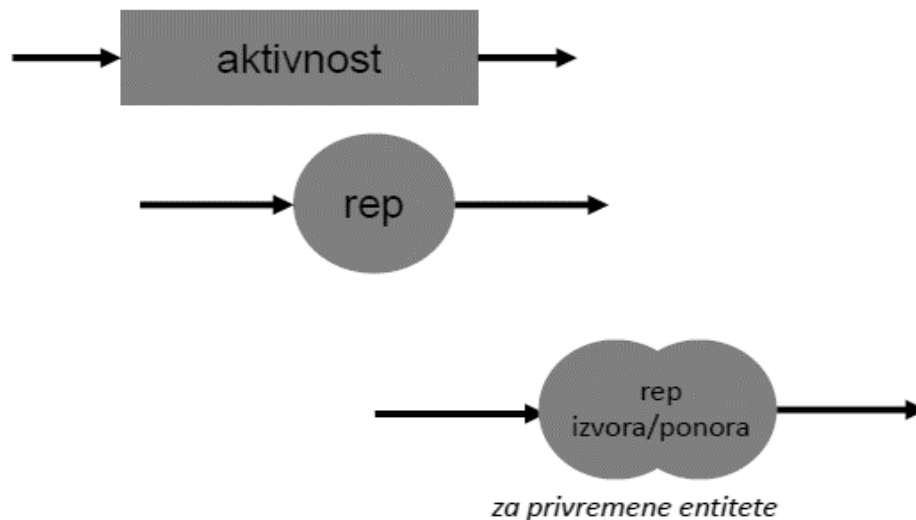
Metode za konceptualno simulacijsko modeliranje:

- **Grafičke metode** – prikaz sistema simbola povezanih u dijagrame
- **Proceduralne metode** – vrste pseudo koda koji služi za sekvencijalni opis procedura što opisuju rad sustava
- **Kombinirane grafičke i proceduralne metode** – kombiniraju preglednost grafičkih i preciznost opisa proceduralnih metoda
- **Metode interaktivnih upitnika** – softverski sustavi za intervju korisnika

Dijagram ciklusa aktivnosti (DCA):

- Grafička metoda
- Sastoji se od malog broja jednostavnih simbola za opis modela
- Prikladan za modele koji se mogu prikazati kao strukture repova čekanja tj. sistemi masovnog posluživanja

Osnovni koncepti



Ciklus života entiteta – za svaku klasu entiteta izgrađuje se poseban ciklus života (aktivnosti)

- Kroz ciklus prolaze pojedinačni entiteti te klase
- U istom trenutku u ciklusu se može nalaziti proizvoljan broj entiteta u bilo kojoj fazi života
- Ciklus života se crta kao zatvoreni kružni ciklus
- U ciklusu života privremenih entiteta obavezan je rep dolaska i odlaska dok je ciklus trajnih entiteta stalno nazočan u sustavu

Način izgradnje dijagrama ciklusa aktivnosti:

- DCA cijelog modela – potpuna kombinacija svih individualnih ciklusa klasa entiteta
- Pojedini se ciklusi crtaju drugačijom linijom ili drugom bojom
- Ulazne i izlazne strelice aktivnosti se uvijek crtaju s iste strane pravokutnika
- Međudjelovanje entiteta u aktivnostima – aktivnosti se događaju u točkama međudjelovanja različitih klasa entiteta odnosno u njihovim dodirnim točkama
- Aktivnost može početi samo ako svaki rep čekanja na početku te aktivnosti ima dovoljno entiteta koliko je za aktivnost potrebno. Ako je u svakom repu barem jedan entitet, aktivnost može početi
- Kad aktivnosti završi, svi entiteti se oslobađaju i šalju u odgovarajuće repove koji slijede
- Moguće je i odvijanje paralelnih aktivnosti istog ili različitog tipa

Strategija izvođenja simulacije

Mehanizmi pomaka vremena:

- **Pomak vremena za konstantni prirast** – uvijek se dodaje isti prirast vremena i ispituje da li se u prethodnom vremenskom intervalu trebao dogoditi neki događaj
- **Pomak vremena na sljedeći događaj** – simulacijski sat se pomiče na vrijeme u kojem će se dogoditi sljedeći događaj

Simulacijske strategije su različiti pristupi prikazivanju dinamike simulacije i načina upravljanja izvođenjem simulacije. Temelje se na događajima, aktivnostima i procesima.

4 osnovne strategije simulacije:

- Planiranje događaja
- Prelaženje aktivnosti
- Međudjelovanje procesa
- Trofazni pristup

Simulacijski sat:

- Pokazuje vrijeme odvijanja simulacijskog eksperimenta
- Vremenske jedinice odabire modelar
- Vremenske jedinice odabiru se prema dinamici odvijanja akcija u simulaciji i željenoj točnosti opisa vremenskog razvoja simulacije
- Omogućuje da se nekoliko godina ili nekoliko milisekundi dogodi u istom vremenskom periodu (npr. 10min)

Promjene stanja sustava:

- **Bezuvjetni (planirani) događaj**
 - Jedini uvjet događaja može se izraziti samo kao funkcija vremena
 - Najčešće planirano vrijeme završetka neke aktivnosti – oslobađanje resursa koji su bili aktivirani u trajanju aktivnosti
- **Uvjetni događaji**
 - Događaju se samo ako je zadovoljen neki uvjet
 - Obično su povezani za zauzimanje resursa (početak aktivnosti)

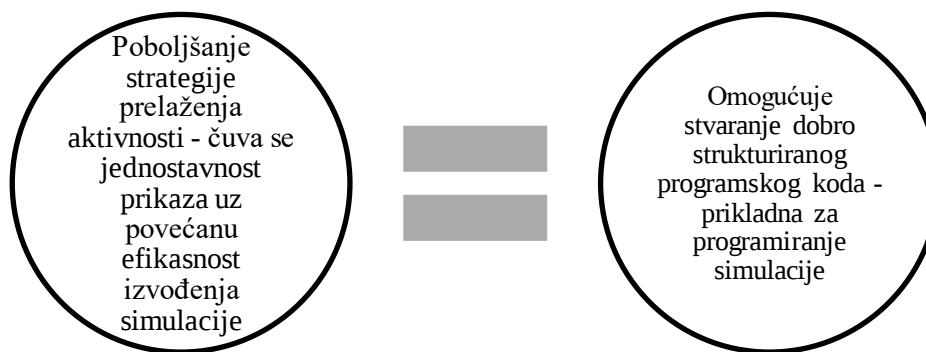
Strategija planiranja događaja

- Dinamika sustava prikazana je pomoću odvijanja niza bezuvjetnih događaja
- Svaki događaj opisan je rutinom događaja (uvjetni događaji su dio rutine)
- Za upravljanje tijekom simulacije koristi se lista događaja

Strategija međudjelovanja procesa

- Proces je gibanje entiteta kroz sustav, od događaja njegovog dolaska do događaja odlaska
- U procesu može prolaziti vrijeme i uključiti se veći broj događaja i aktivnosti
- Bezuvjetno i uvjetno zadržavanje
- Točke reaktivacije --> točke gdje je moguće zadržavanje
- Simulacije se provodi kroz faze --> prelaženje budućih događaja, pomicanje slogova sadašnjih događaja, prelaženje liste sadašnjih događaja

Trofazna strategija simulacije

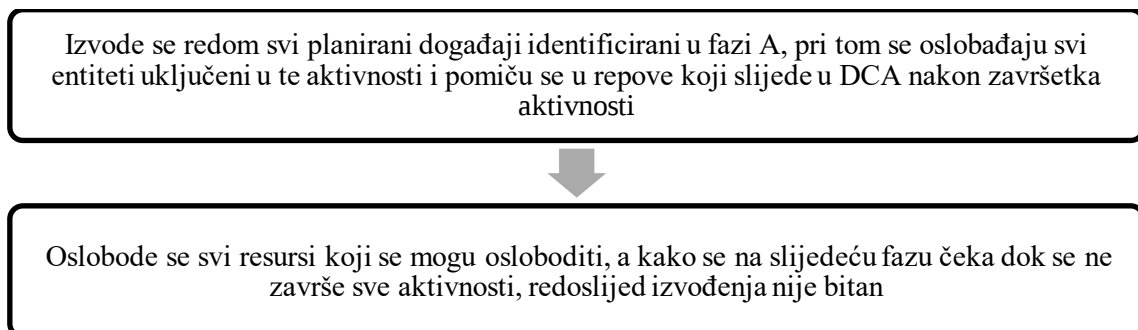


Faze trofazne metode:

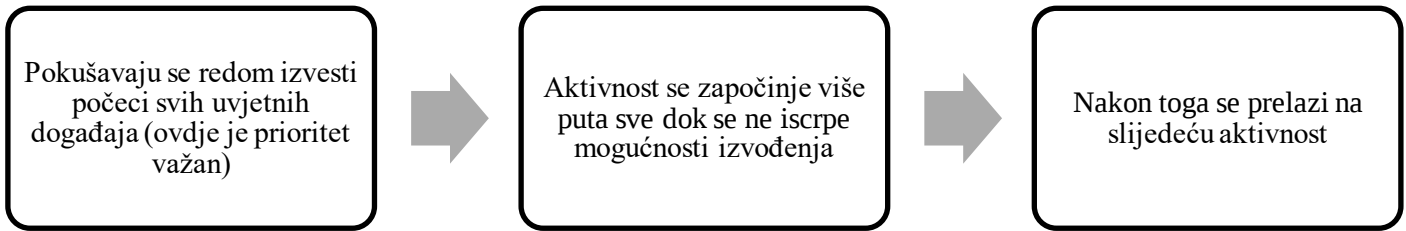
- **Faza A:** pomak na sljedeći događaj
 - A – advance



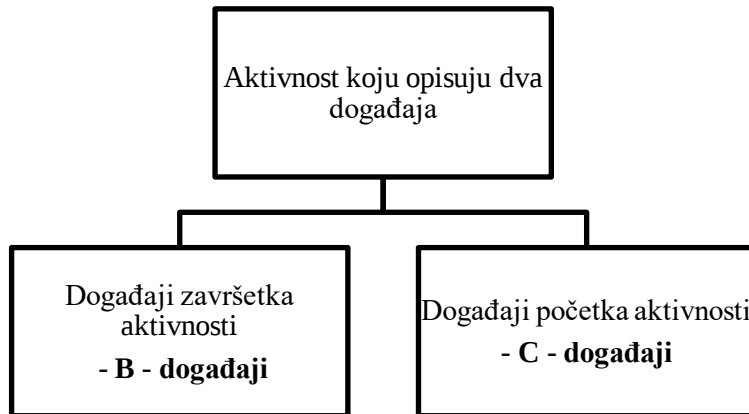
- **Faza B:** izvođenje planiranih događaja
 - B – bound events



- **Faza C:** izvođenje uvjetnih događaja
 - C – conditional events



Osnovni elementi trofazne metode



MODELI I NJIHOVA KLASIFIKACIJA

VRSTE MODELA

materijalni

- npr. kemijska struktura molekule

simbolički:

- matematički (npr. jednačina gravitacijskog privlačenja)
- konceptualni (npr. dijagram aktivnosti u projektu)
- računalni (npr. program za simulaciju posluživanja na blagajni)

PODJELA SIMULACIJSKIH MODELA

prema vrsti
varijable:

- deterministički
- stohastički

način promjene
stanja modela u
vremenu

- diskretni
- kontinurani

deterministički

ponašanje im je predvidivo
novo stanje je u potpunosti određeno
prethodnim

stohastički

ponašanje se ne može predvidjeti
može se odrediti vjerojatnost promjene
stanja
slučajno ponašanje – slučajne varijable

Modeli prema vrsti varijable

diskretni

- stanje se mijenja samo u nekim vremenskim točkama – događaji

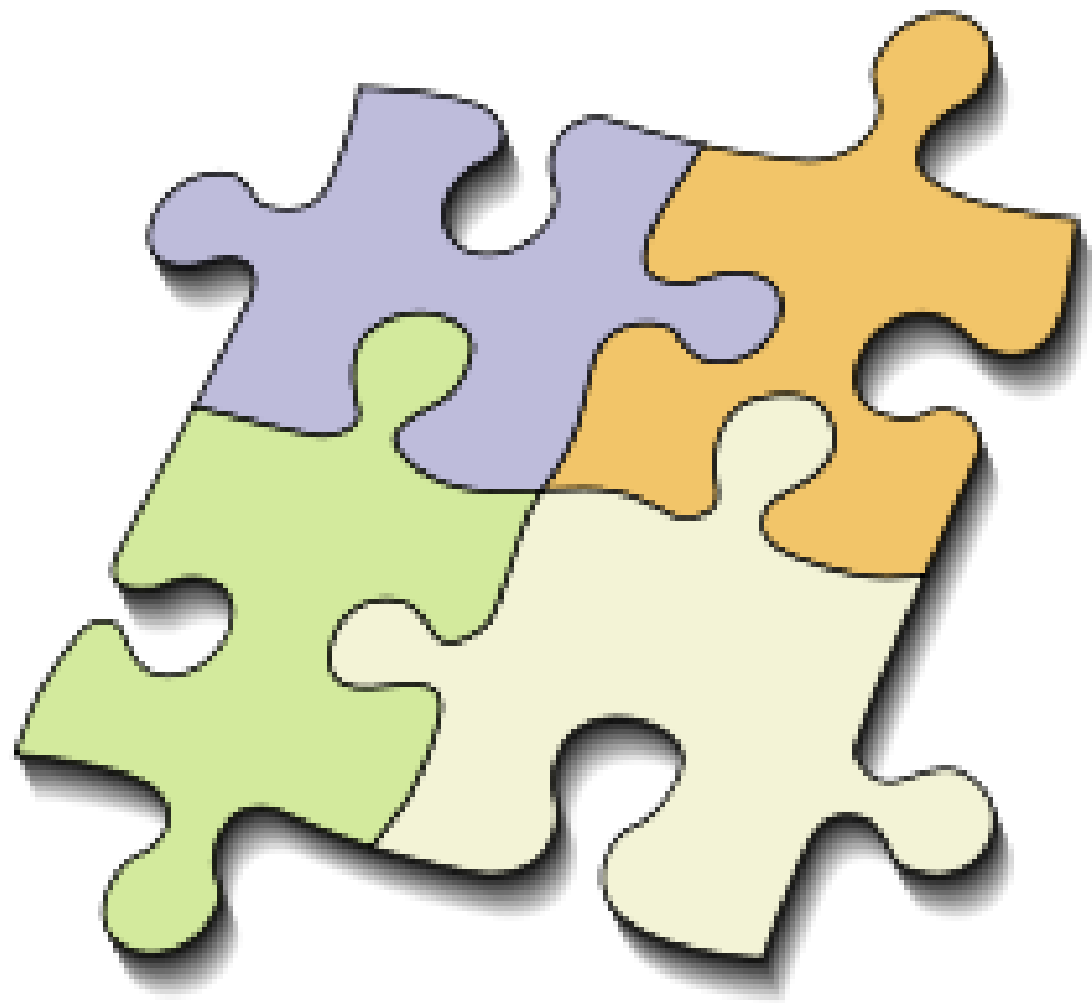
kontinuirani

- stanje se mijenja kontinuirano

miješani kontinuirano – diskretni modeli

- sadrže i kontinuirane i diskretne varijable

Modeli prema načinu promjene u vremenu



Zadatak

Pronađite primjer diskretnog, kontinuiranog ili mješovitog modela i nabrojite varijable koje to potvrđuju. Svoje odgovore pošaljite na forum.

PITANJA



SIMULACIJSKO MODELIRANJE

MARINA RAUKER KOCH, V. PRED.

SIMULACIJSKO MODELIRANJE

modeli dinamičkih sustava - mijenjaju se u vremenu

modeli redova čekanja, proizvodnih procesa, skladištenja, prometa

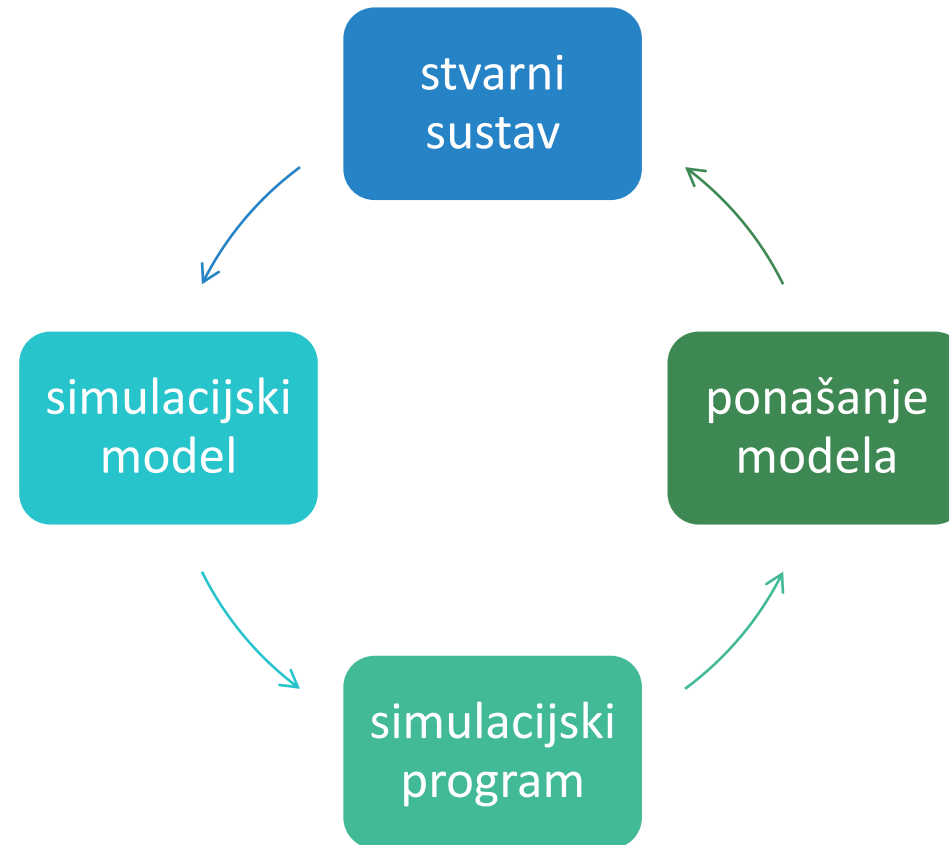
pomak vremena

istovremeno odvijanje aktivnosti

korištenje istih resursa

uloga računala – razvoj modela i izvođenje proračuna

KOMPONENTE SIMULACIJSKOG MODELIRANJA



prethodni modeli doveli su formuliranja 4 osnovnih tipova simulacijskih modela koji se razlikuju pristupom modeliranju, tipu problema koji se rješava i tehnikama modeliranja i simulacije:

Monte Carlo
simulacija

kontinuirana
simulacija

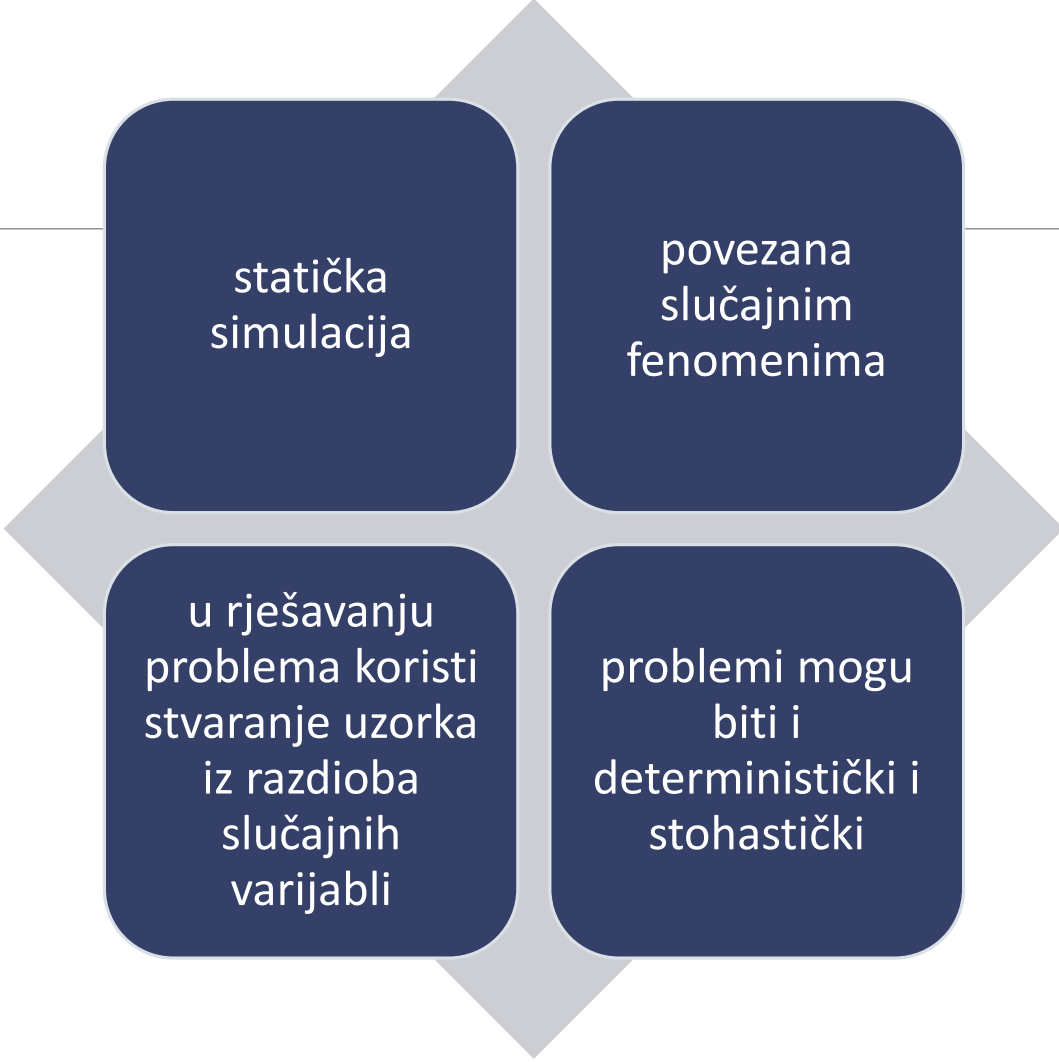
simulacija
diskretnih
događaja

miješana
kontinuirano-
diskretna
simulacija



Monte Carlo je statička tehnika, a ostale su dinamičke

Tipovi simulacijskih modela



statička
simulacija

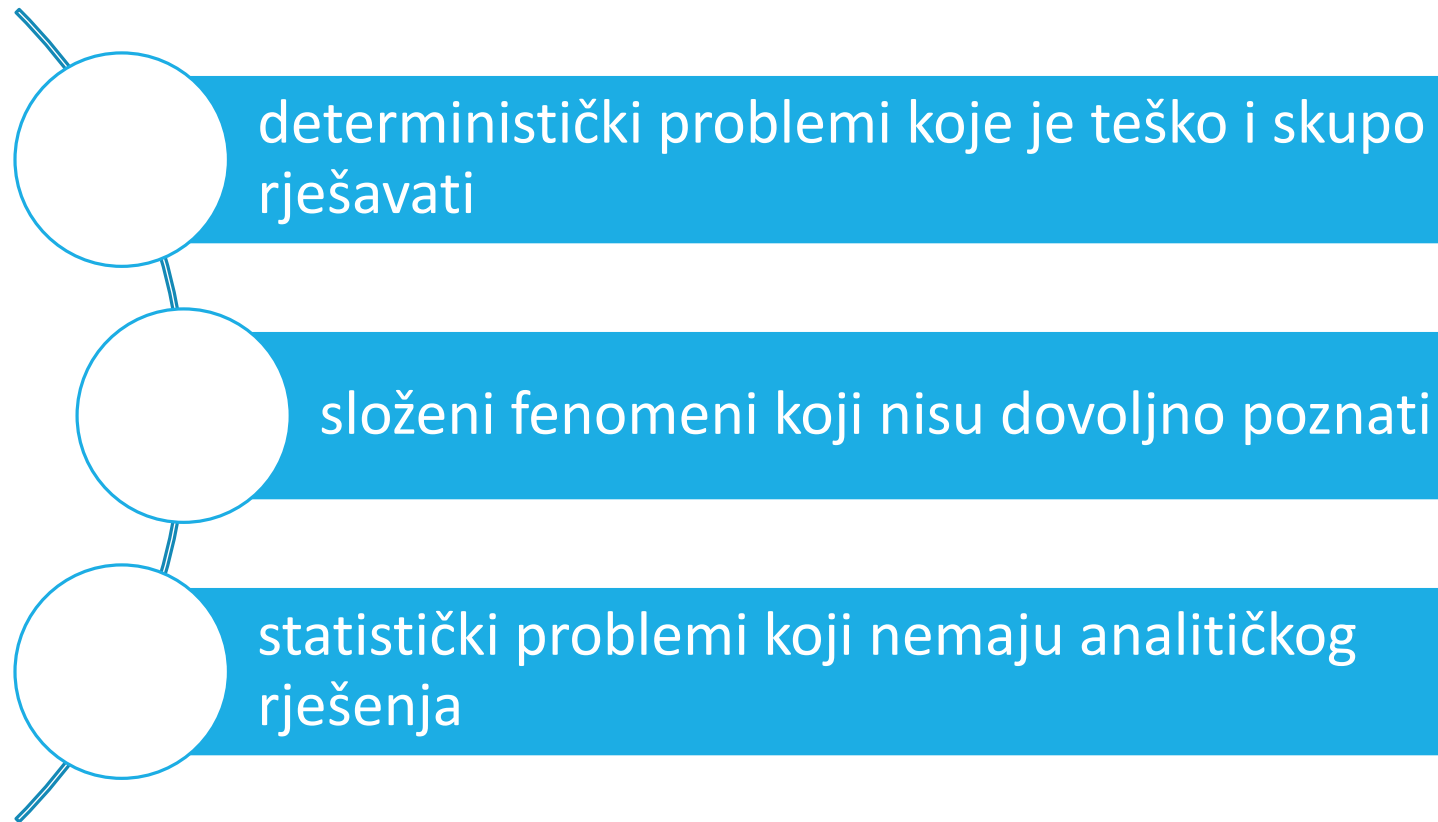
povezana
slučajnim
fenomenima

u rješavanju
problema koristi
stvaranje uzorka
iz razdioba
slučajnih
varijabli

problemi mogu
biti i
deterministički i
stohastički

Monte Carlo simulacija

Tipovi Monte Carlo simulacije



Kontinuirana simulacija

koristi se za dinamičke probleme
kod kojih se varijable stanja
mijenjaju kontinuirano u vremenu



najčešće se model opisuje
matematički (npr. običnim
diferencijalnim jednažbama)

Simulacija diskretnih događaja

omogućuje kombinaciju opisa detalja sustava i složenih međudjelovanja u njemu

uključuje modele koji su strukturirane kolekcije objekata – međudjelovanje objekata u aktivnostima sustava uzrokuje promjene stanja sustava

promjene stanja (događaji) – u diskontinuiranim (diskretnim) vremenskim trenucima

za rješavanje redova čekanja

Kombinirana diskretno-kontinuirana simulacija

kada niti kontinuirana niti simulacija diskretnih događaja ne mogu u potpunosti opisati način rada sustava



integriranje kontinuiranih i diskretnih elemenata sustava



veza se postiže vremenskim događajima i događajima stanja



Veleučilište u Rijeci

SIMULACIJA DISKRETNIH DOGAĐAJA

MARINA RAUKER KOCH, V. PRED.

Osnovni pojmovi I

model

- apstraktni prikaz sustava
- opisuje objekte i njihovo međudjelovanje

entiteti (objekti)

- komponente sustava
- stalni i privremeni

atributi entiteta

- svojstva
- svaki entitet može imati veći broj atributa

klase entiteta

- grupe entiteta istog tipa
- skupovi entiteta – grupe entiteta pojedine klase koji imaju neka zajednička svojstva

Osnovni pojmovi II

stanje sustava

- skup svih informacija nužnih za opis sustava
- ovisi o prisutnim entitetima i vrijednostima atributa

događaj

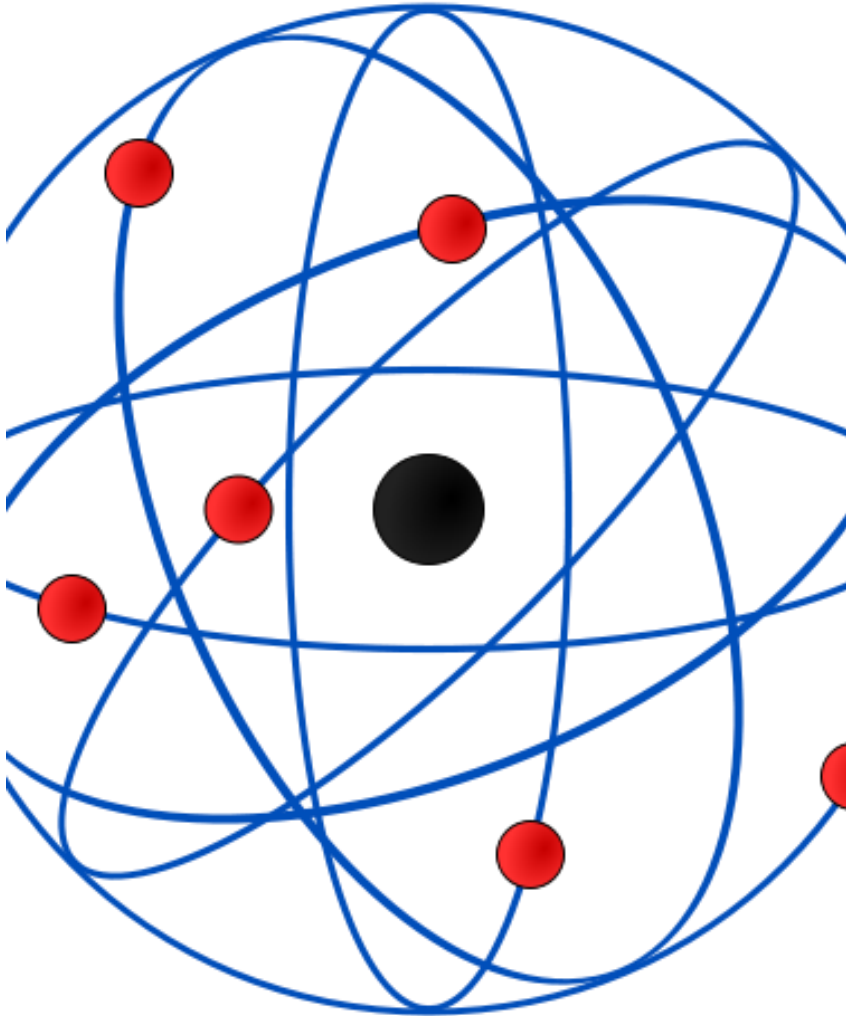
- promjena stanja sustava u jednom trenutku vremena (ulazak/izlazak privremenih entiteta, promjena atributa)
- uvjetni događaji –događaju se nakon što je ispunjen neki uvjet
- bezuvjetni događaji (planirani za određeni trenutak)

aktivnost

- međudjelovanje entiteta koje dovodi do promjene stanja entiteta

proces

- niz logički povezanih uzastopnih događaja kroz koje prolazi privremeni entitet



Ta fotografija korisnika Nepoznat autor: licenca CC BY-SA

Karakterizacija simulacije diskretnih događaja (Shanon, 1975.)

Entiteti

koji imaju **atribute**
međudjeluju u **aktivnostima**
uz izvjesne **uvjete**
stvarajući **događaje**
koji mijenjaju **stanje** sustava.



Zadatak

Identificirajte osnovne pojmove simulacije diskretnih događaja na modelu studentske referade.

Pomoćni dokument na Moodle-u

ALATI ZA SIMULACIJU DISKRETNIH DOGAĐAJA

MARINA RAUKER KOCH, PREDAVAČ

Problemi koji se mogu rješavati simulacijom diskretnih događaja

sustavi masovnog posluživanja

- zahtjevi za posluživanjem dolaze od resursa ograničenog kapaciteta
- ako su vrijeme dolazaka, veličine zahtjeva i brzine predvidivi:
 - ili nema čekanja – potražnja manja od kapaciteta resursa
 - ili repovi čekanja neprekidno rastu – potražnja veća od kapaciteta
- ako su vrijeme dolazaka, veličine zahtjeva ili vrijeme posluživanje nepredvidivi:
 - slučajne veličine
 - nastaju konflikti pri korištenju resursa – stvaraju se repovi čak i kad je potražnja manja od kapaciteta resursa

Struktura alata za simulaciju diskretnih događaja (Kreutzer, 1986.)

izgradnja modela

- omogućuje prikaz strukture i načina rada modela; uključuje entitete modela, njihove attribute, veze među entitetima i opis akcija

sat modela

- pokazuje trenutni trenutak modela; na sljedeći prelazi kad se završi prethodni događaj

opis slučajnih varijabli u sustavu

- i generiranje slučajnih brojeva i varijabli

skupljanje statističkih podataka

- za potrebe detaljne analize modela

upravljanje izvođenjem simulacije

- pravilan izbor slijeda događaja

Izgradnja konceptualnih simulacijskih modela (KSM)

prvi korak simulacijskog modeliranja

Konceptualni simulacijski modeli trebaju:

- izdvojiti najvažnije karakteristike sustava
- opisati elemente sustava i njihovo međudjelovanje
- pomoći u komunikaciji onih koji razvijaju model i koji se njime koriste
- pomoći u razvijanju računalnog modela

Metode za konceptualno simulacijsko modeliranje

grafičke metode

- prikaz sistema simbola povezanih u dijagrame

proceduralne metode

- vrsta pseudo-koda koji služi za sekvencijalni opis procedura što opisuju rad sustava

kombinirane grafičke i proceduralne metode

- kombiniraju preglednost grafičkih i preciznost opisa proceduralnih metoda

metode interaktivnih upitnika

- softverski sustavi za intervju korisnika

Dijagram ciklusa aktivnosti (DCA)

- grafička metoda
- sastoji se od malog broja jednostavnih simbola za opis modela
- prikladan za modele koji se mogu prikazati kao strukture repova čekanja, tj. sistemi masovnog posluživanja

Osnovni koncepti



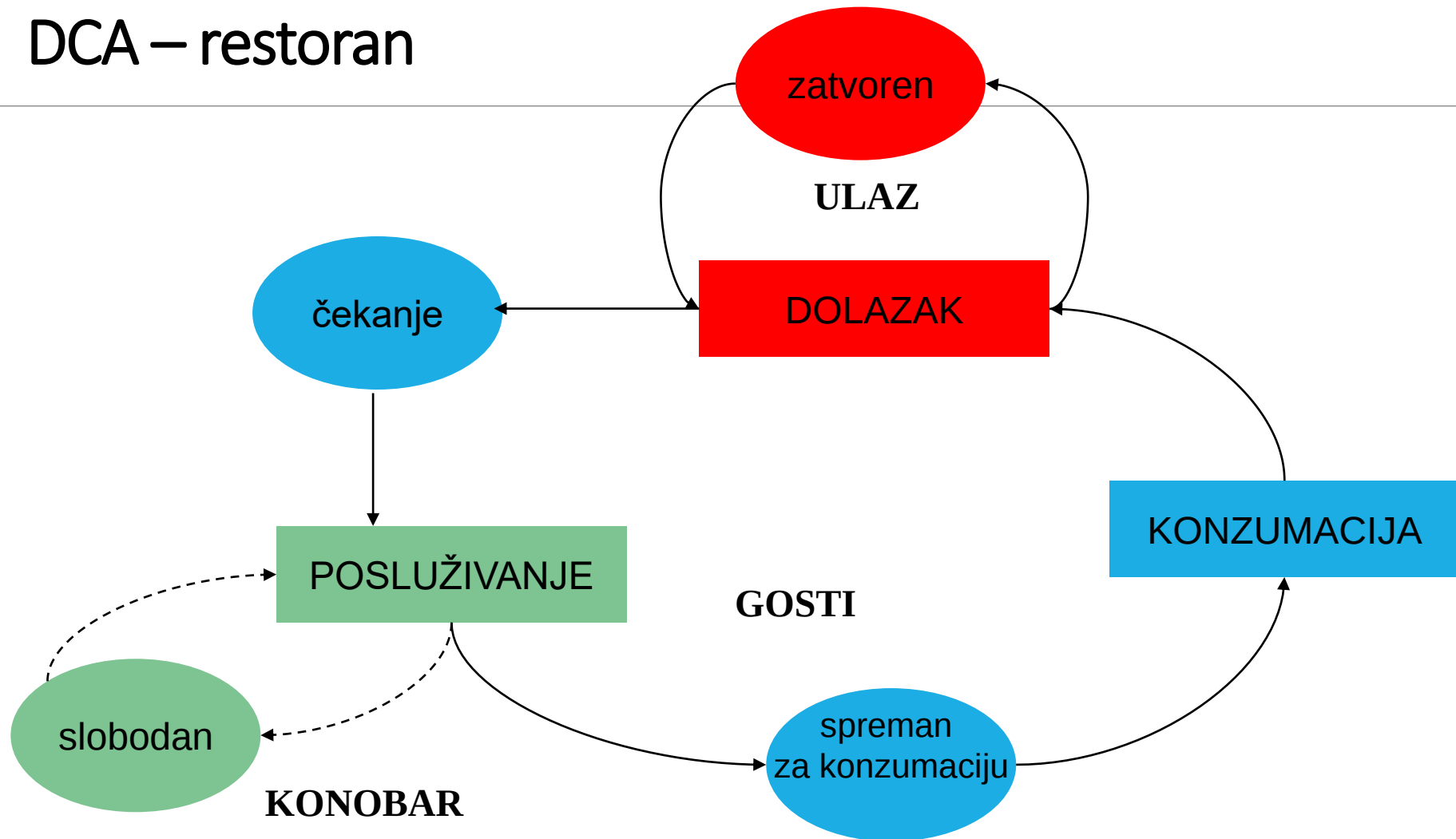
- Ciklus života entiteta – za svaku klasu entiteta izgrađuje se poseban ciklus života (ciklus aktivnosti)
- Kroz ciklus prolaze pojedinačni entiteti te klase
- U istom trenutku se u ciklusu može nalaziti proizvoljan broj entiteta u bilo kojoj fazi života.
- Ciklus života se crta kao zatvoreni kružni ciklus
- U ciklusu života privremenih entiteta obavezan je rep dolaska i odlaska dok je ciklus trajnih entiteta stalno nazočan u sustavu.

Način izgradnje DCA

Način izgradnje DCA

- Međudjelovanje entiteta u aktivnostima – aktivnosti se događaju u točkama međudjelovanja različitih klasa entiteta odnosno u njihovim dodirnim točkama
- Aktivnost može početi samo ako svaki red čekanja na početku te aktivnosti ima dovoljno entiteta koliko je za aktivnost potrebno. Također, ako je u svakom redu barem jedan entitet aktivnost može početi.
- Kad aktivnost završi svi entiteti se oslobađaju i šalju u odgovarajuće redove koji slijede
- moguće i odvijanje paralelnih aktivnosti istog ili različitog tipa

DCA – restoran



PITANJA

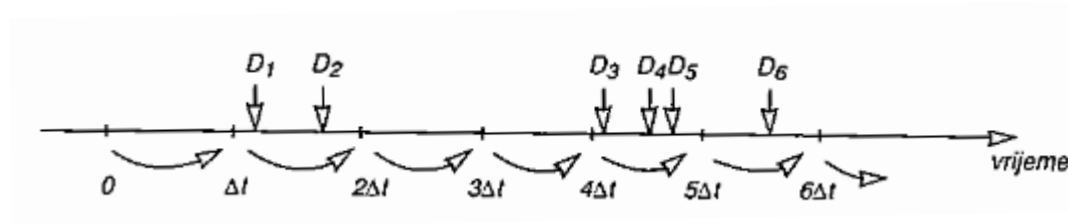


STRATEGIJE IZVOĐENJA SIMULACIJE

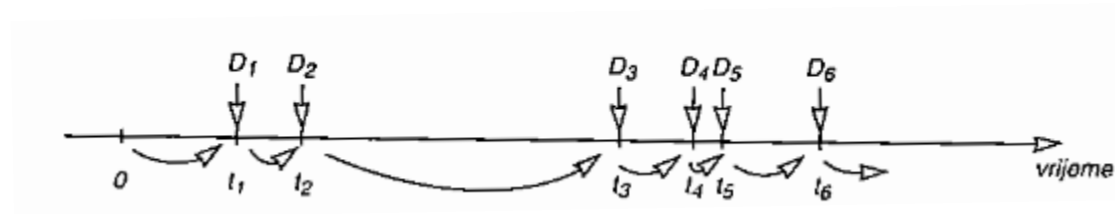
MARINA RAUKER KOCH, PREDAVAČ

Mehanizmi pomaka vremena

- pomak vremena za konstantni prirast
 - uvijek se dodaje isti prirast vremena i ispituje da li se u prethodno vremenskom intervalu trebao dogoditi neki događaj



- pomak vremena na sljedeći događaj
 - simulacijski sat se pomiče na vrijeme u kojem će se dogoditi sljedeći događaj



Simulacijske strategije

različiti pristupi prikazivanju dinamike simulacije i načina upravljanja izvođenjem simulacije

temelje se na događajima, aktivnostima i procesima

4 osnovne strategije simulacije:

- planiranje događaja
- prelaženje aktivnosti
- međudjelovanje procesa
- trofazni pristup



Simulacijski sat

- pokazuje vrijeme odvijanja simulacijskog eksperimenta
- vremenske jedinice odabire modelar
- vremenske jedinici odabiru se prema dinamici odvijanja akcija u simulaciji i željenoj točnosti opisa vremenskog razvoja simulacije
- omogućuje da se nekoliko godina dogodi ili nekoliko milisekundi dogodi u istom vremenskom periodu (npr. 10 min)

promjene stanja sustava

bezuvjetni (planirani) događaji

- jedini uvjet događaja može se izraziti samo kao funkcija vremena
- najčešće planirano vrijeme završetka neke aktivnosti – oslobađanje resursa koji su bili aktivirani u trajanju aktivnosti

uvjetni događaji

- događaju se samo ako je zadovoljen neki uvjet
- obično s povezani za zauzimanje resursa, odnosno početak aktivnosti

Događaji

Strategija planiranja događaja

dinamika sustava
prikazana je pomoću
odvijanja niza
bezuvjetnih događaja

svaki događaj opisan
je rutinom događaja
– uvjetni događaji su
dio rutine

za upravljanje
tijekom simulacije
koristi se lista
događaja

Strategija međudjelovanja procesa

proces je gibanje entiteta kroz sustav, od događaja njegovog dolaska do događaja odlaska

u procesu može prolaziti vrijeme i uključiti se veći broj događaja i aktivnosti

bezuvjetno i uvjetno zadržavanje

točke reaktivacije - točke gdje je moguće zadržavanje

simulacija se provodi kroz faze: prelaženje budućih događaja, pomicanje slogova sadašnjih događaja, prelaženje liste sadašnjih događaja

Trofazna strategija simulacije

poboljšanje
strategije prelaženja
aktivnosti – čuva se
jednostavnost
prikaza uz povećanu
efikasnost izvođenja
simulacije



omogućuje
stvaranje dobro
strukturiranog
programskog koda –
prikladna za
programiranje
simulacije

Faza A: Pomak
na sljedeći
događaj

- A – advance

Faza B: izvođenje
planiranih
događaja

- B – bound events

Faza C: izvođenje
uvjetnih
događaja

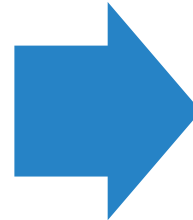
- C – conditional events

Faze trofazne
metode

FAZA A:

Pomak na slijedeći događaj (Advance)

ispituju se vremena
završetka svih
aktivnosti koje su u
tijeku



nakon pronalaska
završetka najranije
aktivnosti sat se
pomiče na to vrijeme.

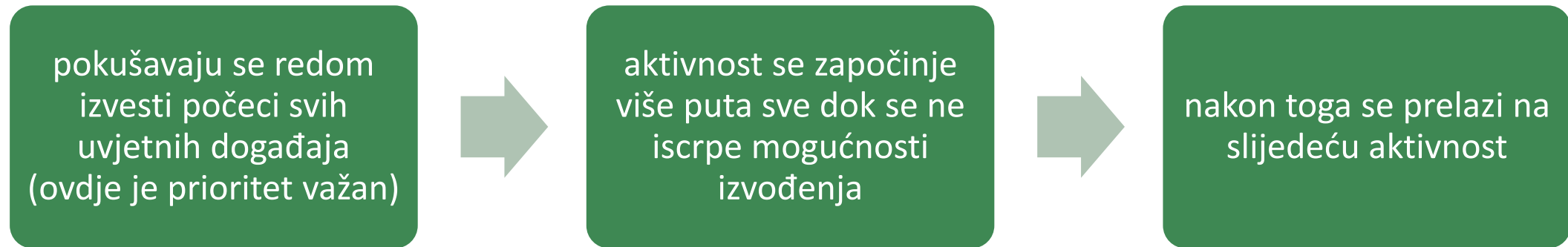
FAZA B: Izvođenje planiranih događaja (bound events)

izvode se redom svi planirani događaji identificirani u fazi A, pri tom se oslobađaju svi entiteti uključeni u te aktivnosti i pomiču se u repove koji slijede u DCA nakon završetka aktivnosti



oslobode se svi resursi koji se mogu osloboditi, a kako se na slijedeću fazu čeka dok se ne završe sve aktivnosti redoslijed izvođenja nije bitan

FAZA III: Izvođenje uvjetnih događaja (conditional events)



Osnovni elementi trofazne metode



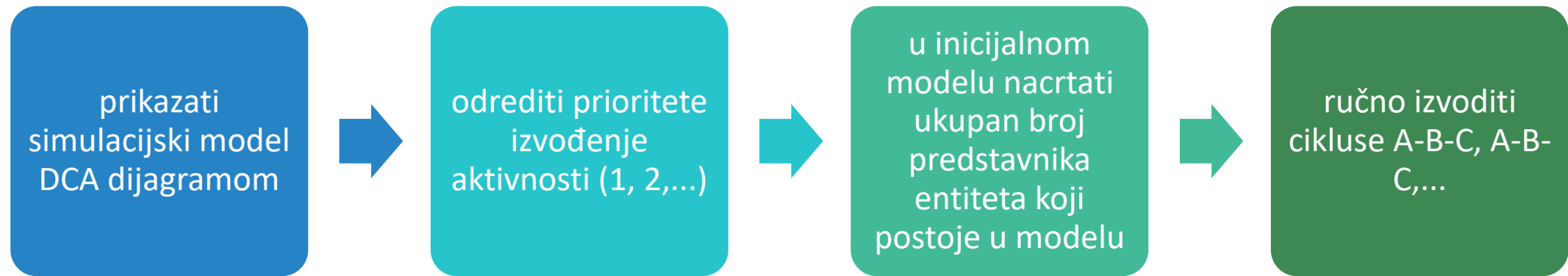
RUČNA SIMULACIJA POMOĆU TROFAZNE METODE

Ručna simulacija

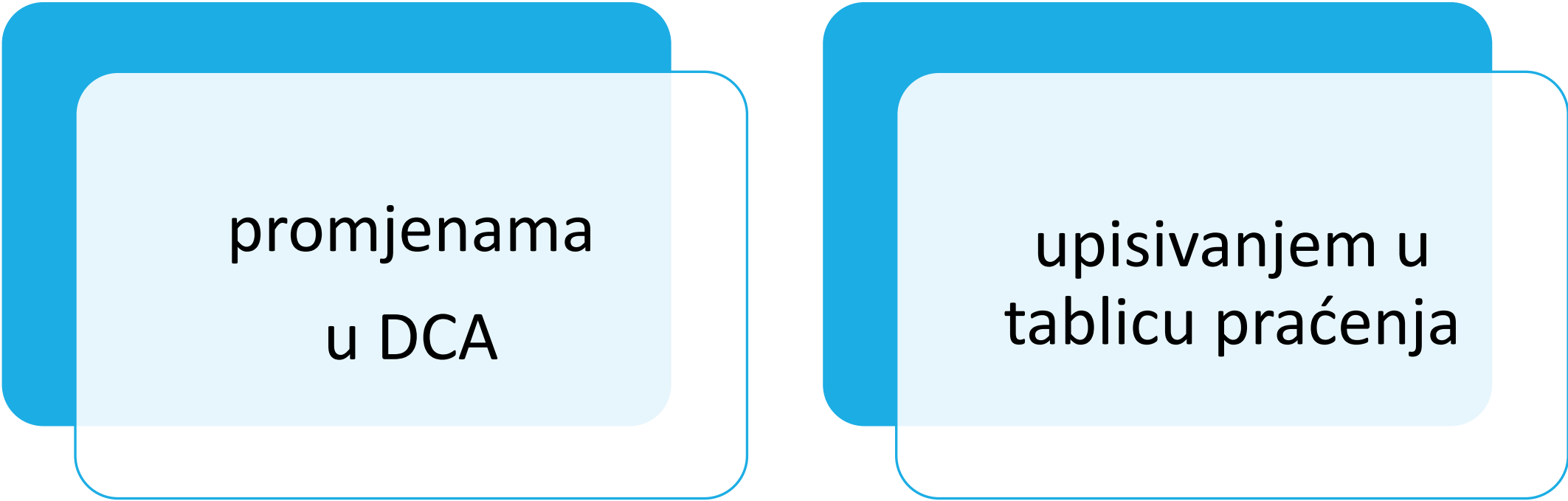
izvodi se kako bi se produbilo i
učvrstilo razumijevanje DCA tehnike
modeliranja

pokazuje sve detalje razvoja modela
u vremenu

pridonosi razumijevanju
funkcioniranja trofazne metode
simulacija



Elementi ručne simulacije



promjenama
u DCA

upisivanjem u
tablicu praćenja

Praćenje koraka simulacije

Skupljanje statističkih podataka o izvođenju simulacije

- potrebno je sakupiti podatke o zavisnim varijablama simulacije koje pokazuju ponašanje modela i omogućuju donošenje odluka u vezi sa sustavom
- podaci od interesa su:
 - brojači entiteta i izvođenja događaja
 - sumarna statistika varijabli – obuhvaća prosjeke, standardne devijacije, ekstremne vrijednosti
 - iskorištenje resursa – vrijeme u kojem je resurs angažiran
 - zauzetost grupe resursa (npr. grupe šaltera)
 - razdioba vjerojatnosti značajnih varijabli
 - prijelazna vremena gibanja entiteta – između dijelova sustava

PITANJA

