

# **КОМПЈУТЕРСКА СИМУЛАЦИЈА И ВЕШТАЧКА ИНТЕЛИГЕНЦИЈА**

**Проф. др Бојан Бабић**

**Проф. др Зоран Миљковић**

**Најдан Вуковић**

# Компјутерска симулација и вештачка интелигенција

Фонд: 5 часова недељно (**ЕСПБ 6**)

## Професори:

Др Бојан Бабић, ред. проф.

кабинет 230 (140)

[bbabic@mas.bg.ac.rs](mailto:bbabic@mas.bg.ac.rs)

Др Зоран Миљковић, ванр. проф.

кабинет 531

[zmiljkovic@mas.bg.ac.rs](mailto:zmiljkovic@mas.bg.ac.rs)

## Асистент:

Најдан Вуковић дипл. инг. маш.

[nvukovic@mas.bg.ac.rs](mailto:nvukovic@mas.bg.ac.rs)

<http://www.mas.bg.ac.rs/> линк електронска учионица

# Компјутерска симулација и вештачка интелигенција

1. Увод у симулацију.
2. Примери симулације.
3. Општи принципи и примери.
4. Софтвер за симулацију.
5. Симулациони језик GPSS.
6. Примена симулације.
7. Симулација технолошких система.
8. Вештачка интелигенција - дефиниције, основни појмови и парадигме.
9. Интелигентни агенти као основа развоја интелигентних система.
10. Вештачке неуронске мреже у интелигентним системима - I део.
11. Вештачке неуронске мреже у интелигентним системима - II део.
12. Примена вештачких неуронских мрежа.
13. Софтвери за симулацију вештачких неуронских мрежа.
14. Вештачка интелигенција у роботици и напредним технологијама 21. века.

# Модел оцењивања

Предиспитне активности									
	[	Р	КТ	Лаб	РЗ	С	П	]	ПИО
	[	0,15	0,20	0,00	0,00	0,35	0,00	]	0,7
Завршни испит									0,3

# Литература

- J. Banks, J. S. Carson, B. L. Nelson and D. M. Nicol (2005), DISCRETE EVENT SYSTEM SIMULATION, 4th Ed., Pearson Education International Series.
- Б. Бабић, (1994) FLEXY – ИНТЕЛИГЕНТНИ ЕКСПЕРТ СИСТЕМ ЗА ПРОЈЕКТОВАЊЕ ФТС, Серија Интелигентни технолошки системи, Књига 5, Универзитет у Београду, Машински факултет.
- З. Миљковић, (2003) СИСТЕМИ ВЕШТАЧКИХ НЕУРОНСКИХ МРЕЖА У ПРОИЗВОДНИМ ТЕХНОЛОГИЈАМА, Серија Интелигентни технолошки системи, Књига 8, Универзитет у Београду, Машински факултет.
- З. Миљковић, Д. Александрић (2010) ВЕШТАЧКЕ НЕУРОНСЕ МРЕЖЕ, збирка решених задатака са изводима из теорије, Универзитет у Београду, Машински факултет.
- E. Alpaydin, (2004) INTRODUCTION TO MACHINE LEARNING, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts London, England.
- R. R. Murphy, (2000) INTRODUCTION TO AI ROBOTICS, A Bradford Book, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts London, England.

**Напомена:** из предмета се може радити дипломски (завршни) рад



# УВОД У СИМУЛАЦИЈУ

# Преглед



- Шта је симулација
- Када је симулација погодан алат
- Када симулација није погодан алат
- Области примене
- Систем и окружење система
- Компоненте система
- Дискретни и континуални системи
- Модел система
- Типови модела
- Дискретна симулација
- Кораци у симулационој студији

# Дефиниција

- **Симулација** је имитација рада реалног процеса или система током времена
  - Генерисање вештачке историје и посматрање те вештачке историје у циљу извођења закључака о радним карактеристикама система
- **Модел** представља концептуални оквир који описује систем
- Понашање система које се мења током времена проучава се развијањем **симулационог модела**
- Модел је најчешће у облику скупа претпоставки изражених:
  - математички, логички
  - кроз скуп симболичких релација између **ентитета**



# Реални систем и модел посматрани као "црна кутија"



# Предмет моделирања и симулације 1/2

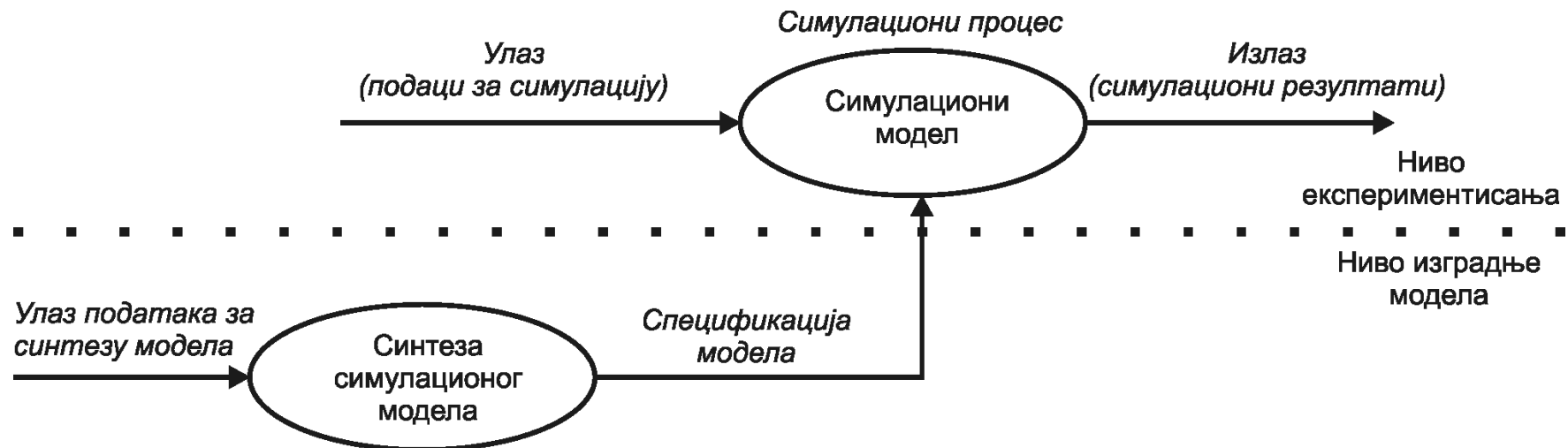
- Производни погон са машинама, људима, транспортним уређајима, покретним тракама и складишним простором.
- Банка, пошта или нека слична услужна организација са различитим категоријама клијената, службеника и уређајима као што су шалтери, аутомати за новац, клупе за чекање, сигурносни сефови.
- Дистрибуциона мрежа која се састоји од фабрика (произвођача), складишта и транспортних средстава.
- Служба за хитне интервенције у болници са особљем, собама, инструментима, помоћним прибором и помагалима за транспорт болесника.
- Сервисна служба са потенцијалним клијентима који су географски дислоцирани, техничарима различитих квалификација, камионима са опремом и резервним деловима и централним магацином са одговарајућом службом.

# Предмет моделирања и симулације 2/2

- Рачунарска мрежа са серверима, клијентима, дисковима, принтерима, мрежним карактеристикама и операторима.
- Саобраћајни систем са сегментима саобраћајница, раскрсницама, сигнализацијом, возилима и пешацима.
- Предузеће за осигурање где стиже обимна документација која се сортира, прегледа, допуњава, копира и шаље.
- Систем правосуђа са судовима и судницама, судијама, помоћним особљем, референтима, адвокатима исл.
- Фабрика хемијске индустрије са танкерима за складиштење, цевоводима, реакторима, возилима за превоз.
- Ресторан “брзе хране” са радницима различитих задужења, гостима, опремом и снабдевањем.
- Самопослуга са производима, продавцима, купцима, магацином, поруџбинама, допремом робе.

# Концепт симулације – активности

- Моделирање
- Експериментисање над моделом
- Анализа симулационих резултата



# Циљ моделирања и симулације

- На моделу се може испитати широк спектар “шта – ако” питања о реалном систему
  - Могу се симулирати потенцијалне измене система и предвидети њихов утицај на систем
  - Могу се пронаћи адекватни параметри система пре имплементације
  - Проучавање модела уместо реалног система је најчешће много лакше, брже, јефтиније, сигурније
- Симулација се може користити као
  - Аналитички алат за предвиђање ефеката промена
  - Пројектантски алат за предвиђање перформанси новог система
- **Боље је урадити симулацију пре имплементације**

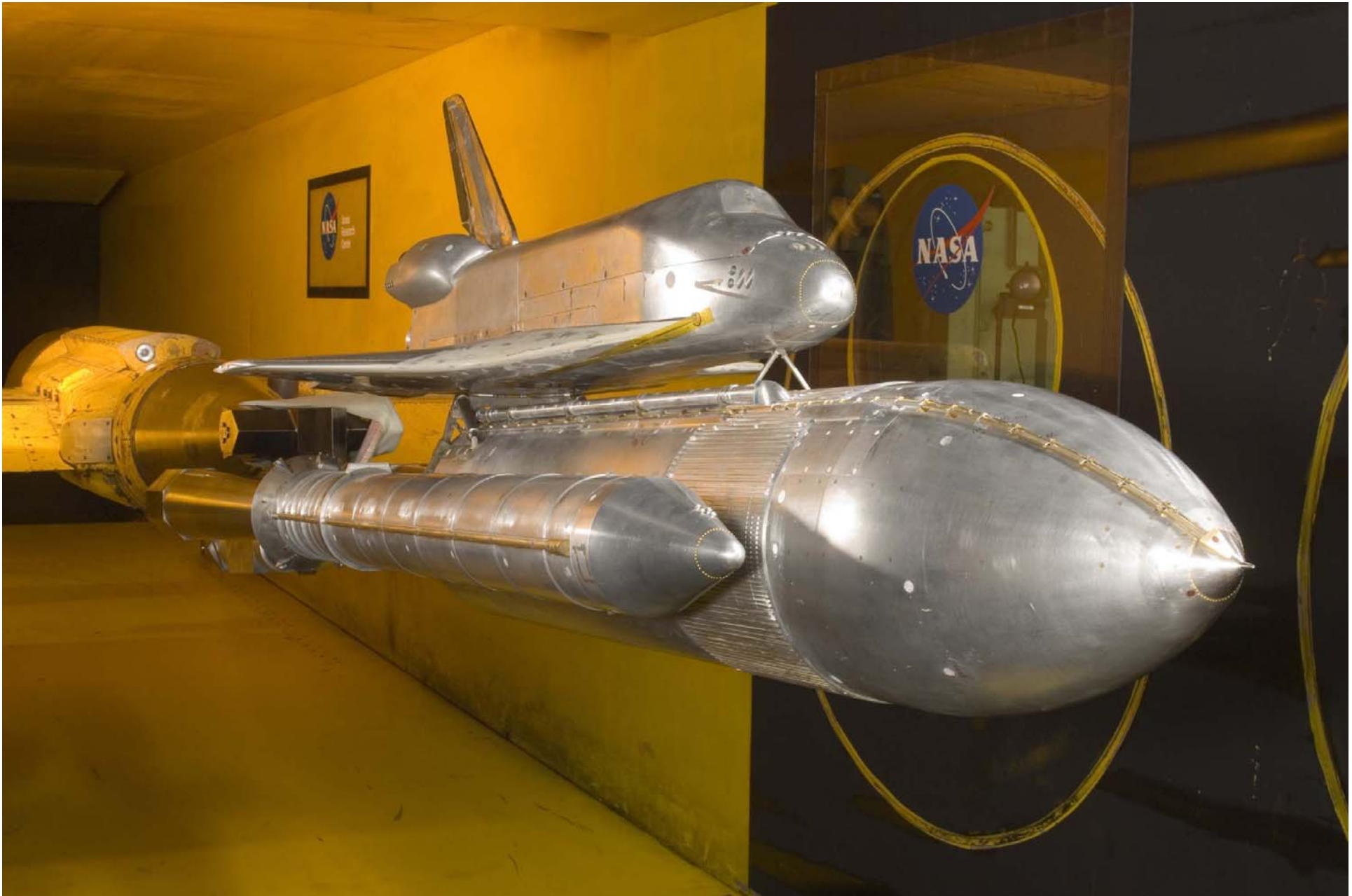
# Врсте модела

## ■ Математички модели

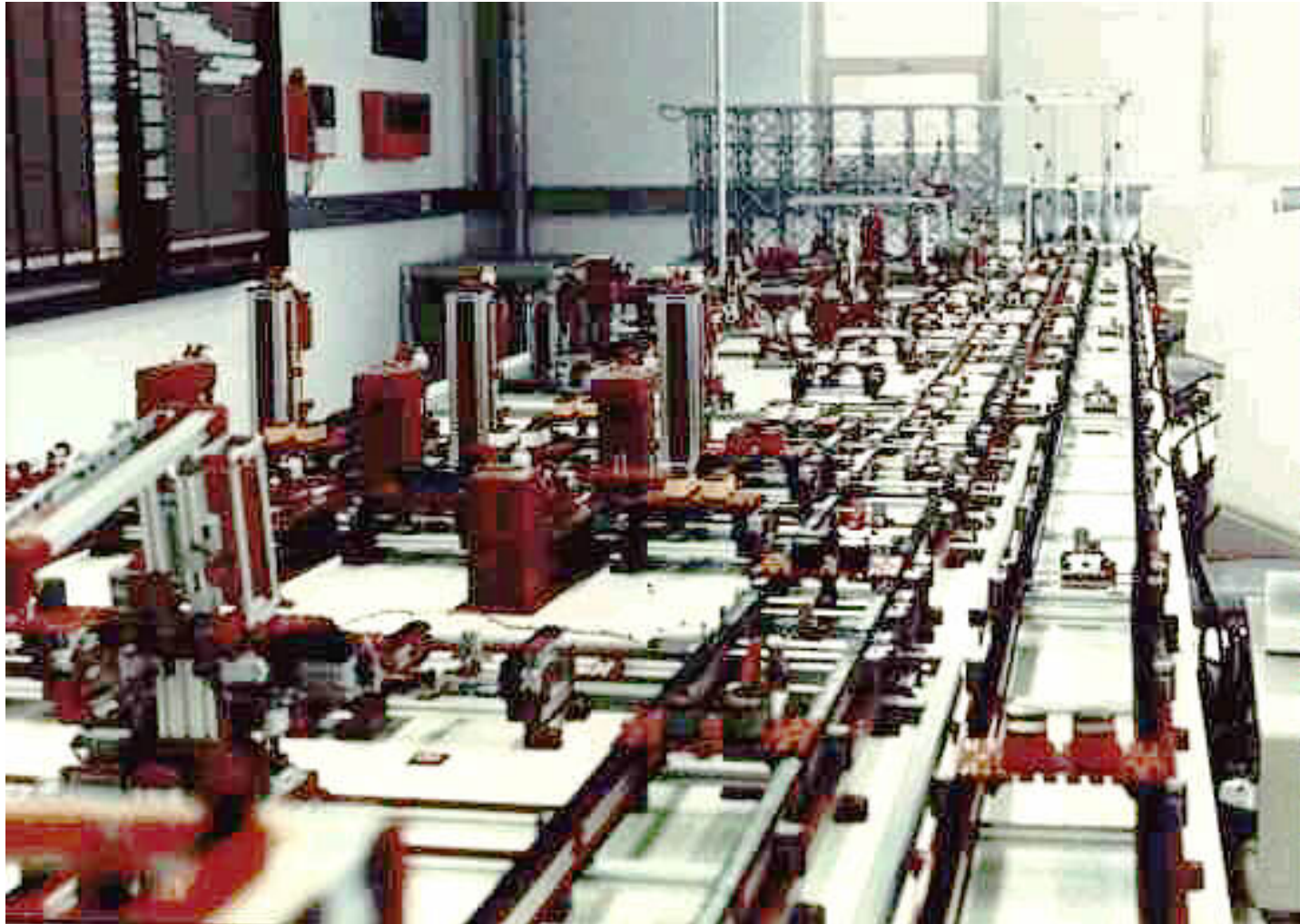
- Диференцијалне једначине, теорија вероватноће, алгебарске методе ...
- Дају прецизне резултате у виду једног или више нумеричких параметара (мера перформанси система)
- Могу имати неколико улазних параметара
- Не могу се примењивати за комплексне системе

## ■ Нумеричка компјутерска симулација

- Имитација понашања система током времена
- Подаци се прикупљају као да се посматра реални систем











**Flutter control:**  
Rotating mass damper with  
real-time feedback control

© Prof. U. Starossek  
Hamburg, Germany



The following variables are used in the mathematical model presented below:

$y$ [m]	Position
$v$ [m/s]	Velocity
$p$ [Pa]	Pressure
$w$ [kg/s]	Mass flow through valve
$u$ [kg/s]	Demanded mass flow
$f_s$ [N]	Spring force

The clutch actuator is a mass-spring-damper system. A simplified model of the clutch actuator is as follows:

$$\dot{y} = v \quad (1)$$

$$M\dot{v} = -f_s - Dv + A(p - P_0) \quad (2)$$

$$\dot{p} = -\frac{Avp}{V_0 + Ay} + \frac{RT_0w}{V_0 + Ay} \quad (3)$$

$$w(s) = \underbrace{\frac{1}{\tau_w s + 1}}_{H(s)} u(s) \quad (4)$$

# Разлози за примену симулације

- Симулација омогућује проучавање интеракција унутар комплексног система
- Могу се симулирати и изучавати промене информационе структуре, организационе промене и промене окружења
- Симулациони модел подстиче унапређење знања о систему
- Проналажење важних улазних параметара кроз промену симулационих улаза
- Експериментисање са новим пројектима и стратегијама пре имплементације
- Симулирање различитих могућности машина ради одређивање потреба
- Симулациони модели за обуку омогућавају учење без већих трошкова
- План се може визуелизовати кроз анимирани приказ
- Савремени системи (фабрике, постројења, сервиси, итд.) су толико комплексни да се интеракције унутар система могу обрађивати само кроз симулацију

# Када не треба примењивати симулацију

- Проблем се може решити једноставним расуђивањем
- Проблем се може решити аналитички
- Лакше је директно експериментисати
- Трошкови су већи од уштеде
- Нема одговарајућих ресурса
- Понашање система је сувише комплексно
  - понашање човека је исувише комплексно за моделирање

# Предности симулације

- Нове процедуре управљања се могу проверавати без ремећења рада реалног система
- Нова пројектна решења, размештај опреме, транспортни системи ... се могу тестирати пре набавке опреме
- Може се варирати брзина рада сата при истраживању одређеног феномена
- Стиче се увид о нивоу утицаја појединих варијабли на рад система
- Анализа “уских грла” показује где постоји значајан застој у протоку материјала и информација
- Симулација студија доприноси разумевању рада система
- Добијају се одговори на “шта ако” питања, што је посебно корисно при пројектовању новог система

# Недостатци симулације

- Прављење модела захтева посебну обуку
  - Развијају се симулациони пакети који садрже моделе којима је потребан само улаз
- Интерпретирање резултата симулације може бити компликовано
  - Пакети са уграђеним могућностима за анализу резултата
- Моделирање и анализа могу да захтевају пуно времена и новца.
  - Примена адекватне опреме и симулационих пакета решавају овај проблем

# Области примене симулације

- Производња
- Управљање пројектима
- Војна примена
- Логистика, ланци снабдевања, дистрибуција
- Транспортни модели и саобраћај
- Симулација пословних процеса
- Здравство
- Симулација рада компјутера
- Симулација компјутерских мрежа
- Симулација аутоматизованих система за руковање материјалом
- .....

# Историјски преглед развоја симулације

1600.	Физичко моделирање
1940.	Појава електронских рачунара
1955.	Симулација у авио – индустрији
1960.	Симулација производних процеса
1970.	Симулација великих система укључујући економске, друштвене и еколошке
1975.	Системски приступ у симулацији
1980.	Симулација дискретних стохастичких система и виши ниво учешћа у системима за подршку одлучивању
1990.	Интеграција рачунарске симулације, вештачке интелигенције, рачунарских мрежа и мултимедијалних технологија



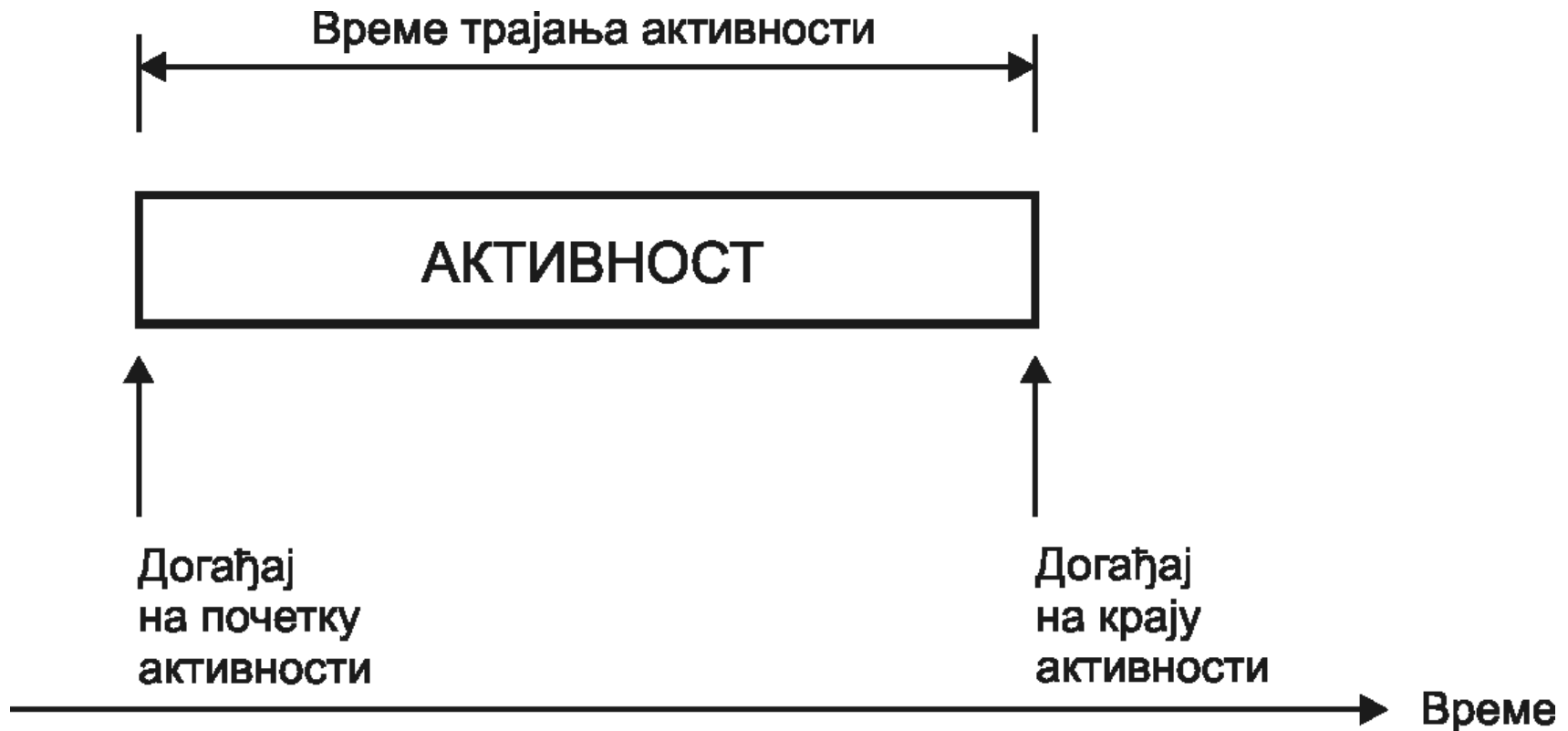
# Систем и окружење система

- **Систем** се дефинише као група објеката која је уједињена како би кроз одређену интеракцију испунила одређени задатак
  - Фабрика аутомобила: машине, радници, компоненте чине систем – линију за производњу возила
- На систем делују промене које настају ван самог система: **окружење система**
  - Фабрика: пристиће поруџбина
  - Банка: наилазак клијената

# Компоненте система

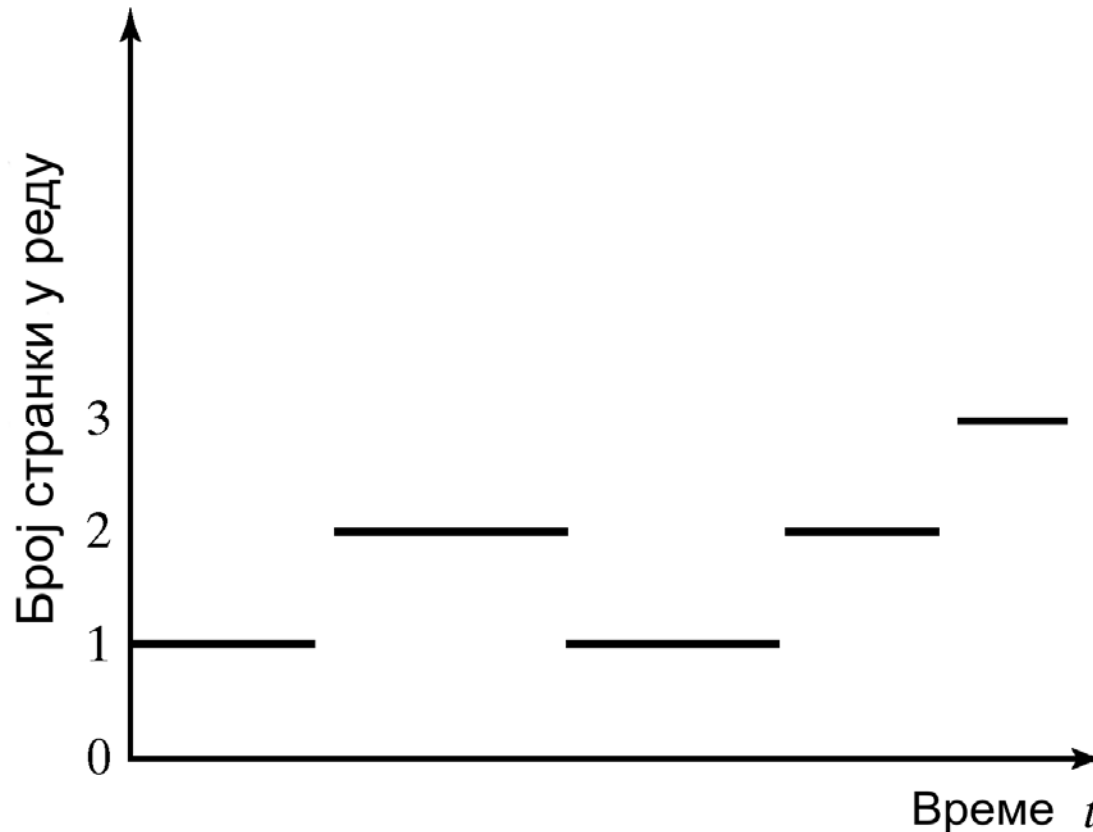
- Ентитет
  - Објекат од значаја за систем:
    - Привремени (трансакције): *делови*
    - Стални (средства – *facilities*): *машине у фабрици*
- Атрибут
  - Својство ентитета: *брзина, капацитет*
- Активност
  - Временски период одговарајуће дужине: *заваривање, просецање*
- Стање
  - Скуп променљивих које описују систем у било ком тренутку: *стање машине (заузета, слободна, у отказу...)*
- Догађај
  - Тренутна појава која може да промени стање система: *отказ машине*
  - *Спољашњи и унутрашњи*: пример банке – долазак клијената је спољашњи догађај, завршетак услуживања клијента је унутрашњи догађај
- Редови
  - Пасивна стања ентитета – чекање на стицање услова за започињање активности

# Однос између активности и догађаја



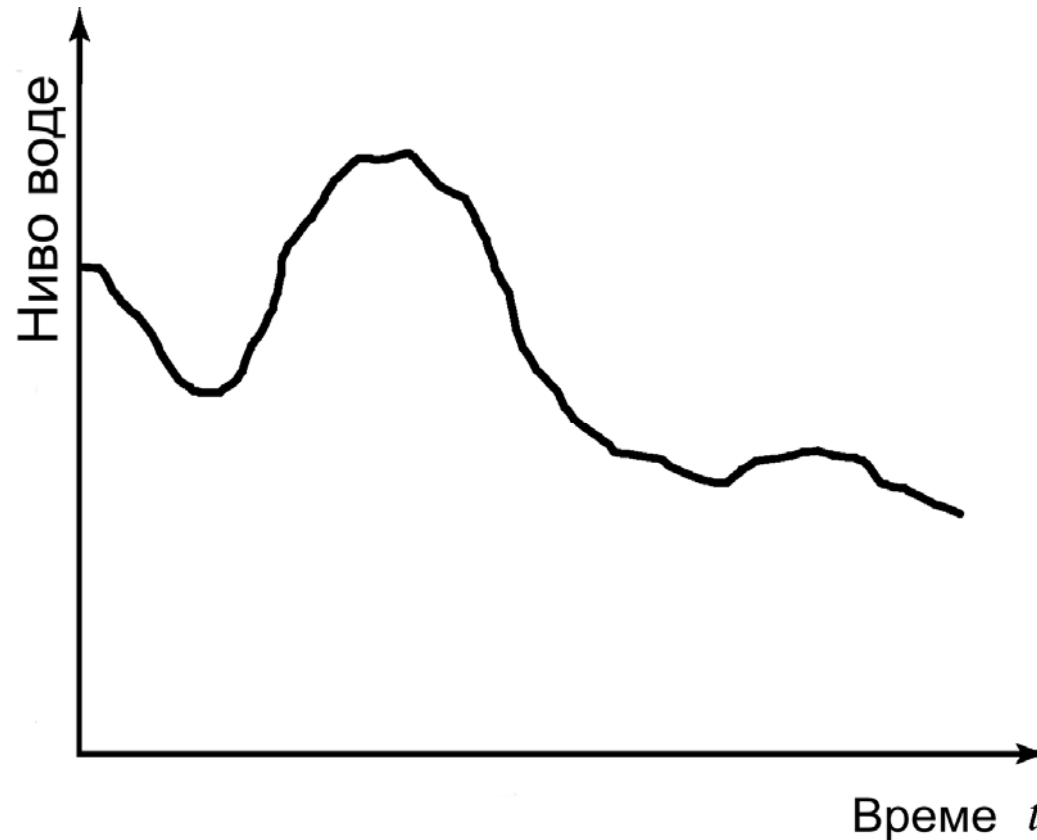
# Дискретни и континуални системи

- **Дискретни систем** је онај чије се стање мења у дискретном скупу тачака у времену: пример система за опслуживање



## Дискретни и континуални системи (наст.)

- **Континуални системи** су они код којих се стање мења континуално током времена: ниво воде испред бране (уставе)



# Модел система

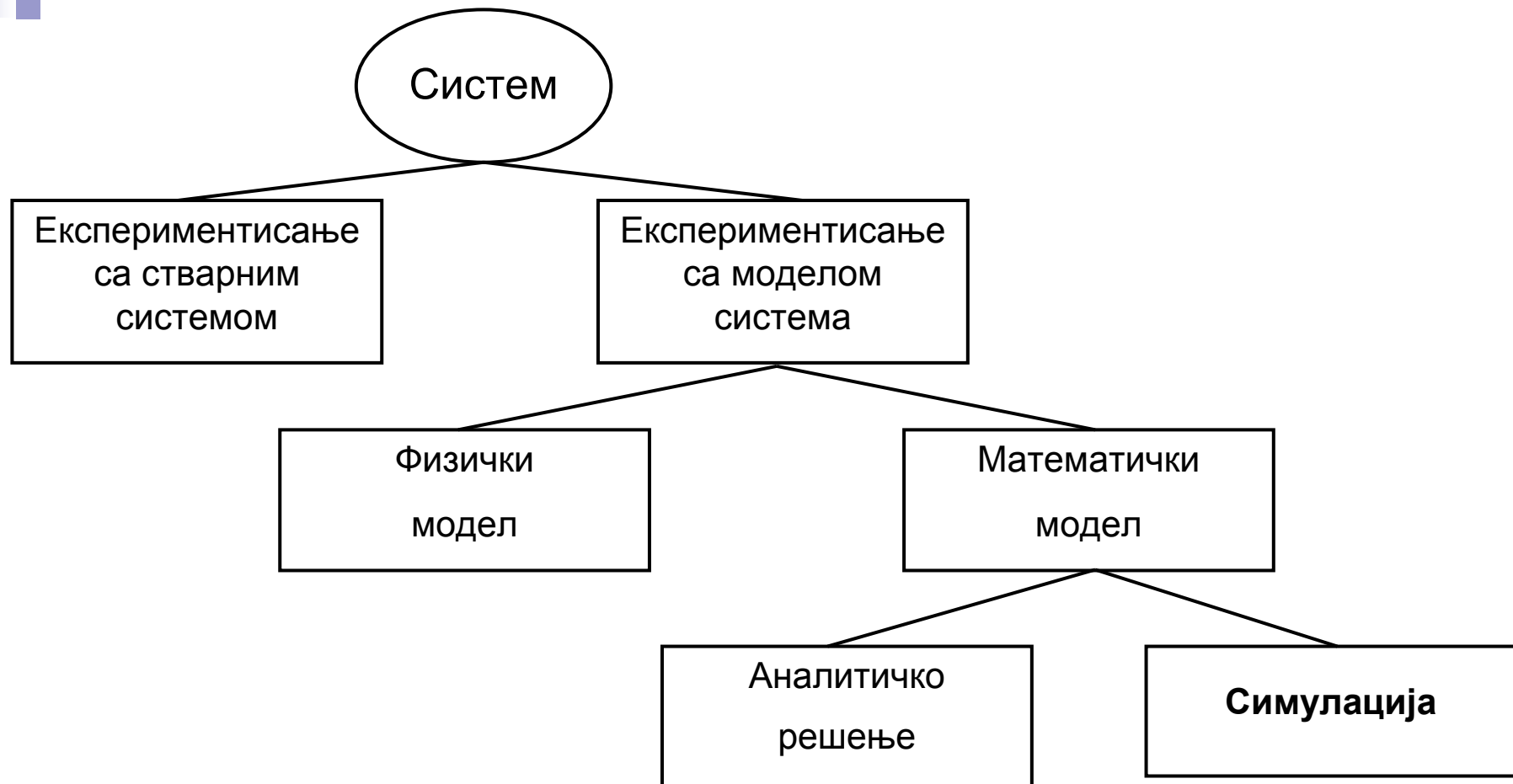
## ■ Проучавање система

- Није могуће да се експериментише са системом
  - Нарушава се нормалан рад система
  - Систем не постоји

## ■ **Модел:** концептуални оквир који описује систем

- Неопходно је разматрати аспекте система који утичу на проблем који се изучава. (безначајне детаље треба уклонити)

# Врста модела



# Карактеристике симулационог модела

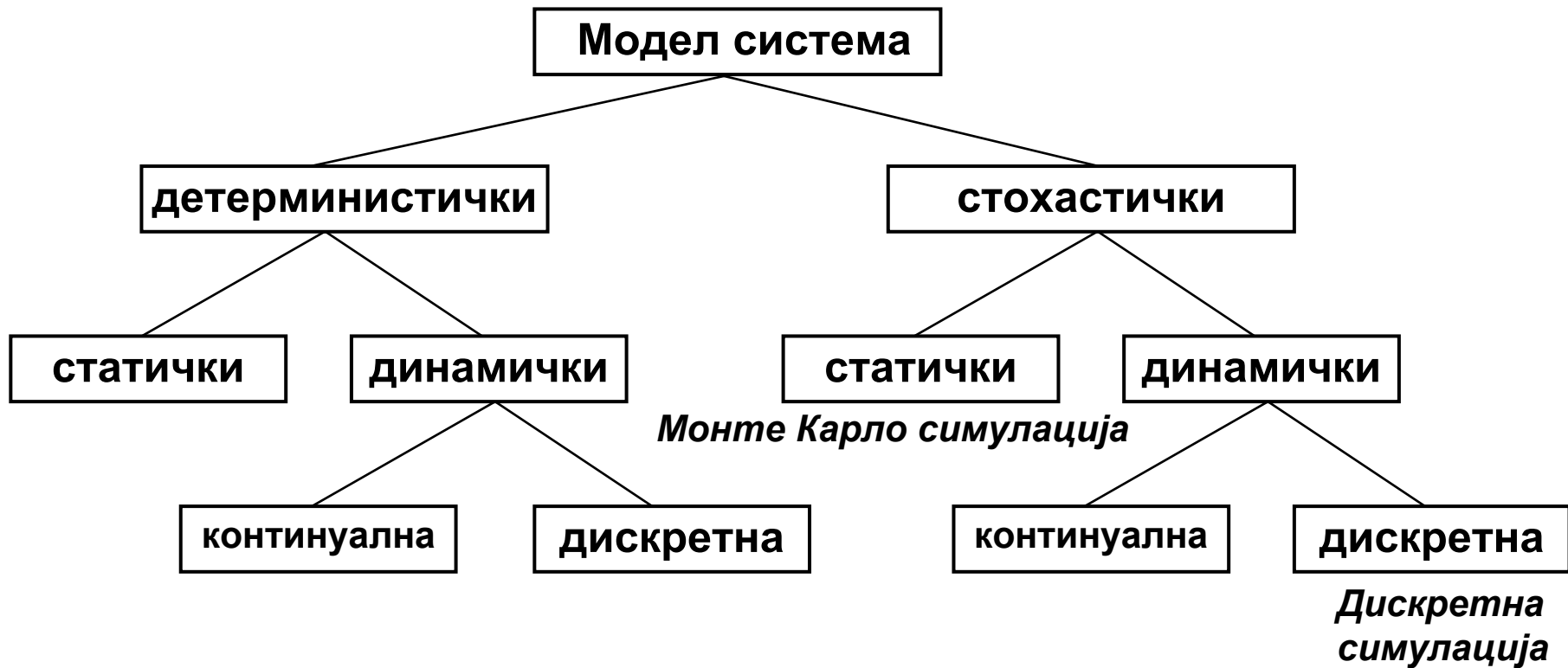
- Детерминистичка или стохастичка
  - Модел садржи стохастичке елементе?
  - Случајност се лако укључује код дискретне симулације
- Статичка или динамичка
  - Време представља значајну променљиви?
- Континуална или дискретна
  - Да ли се систем мења континуално или само у одређеним временским тачкама?
  - Континуална: класична механика
  - Дискретна: технолошки системи, складишта, редови...



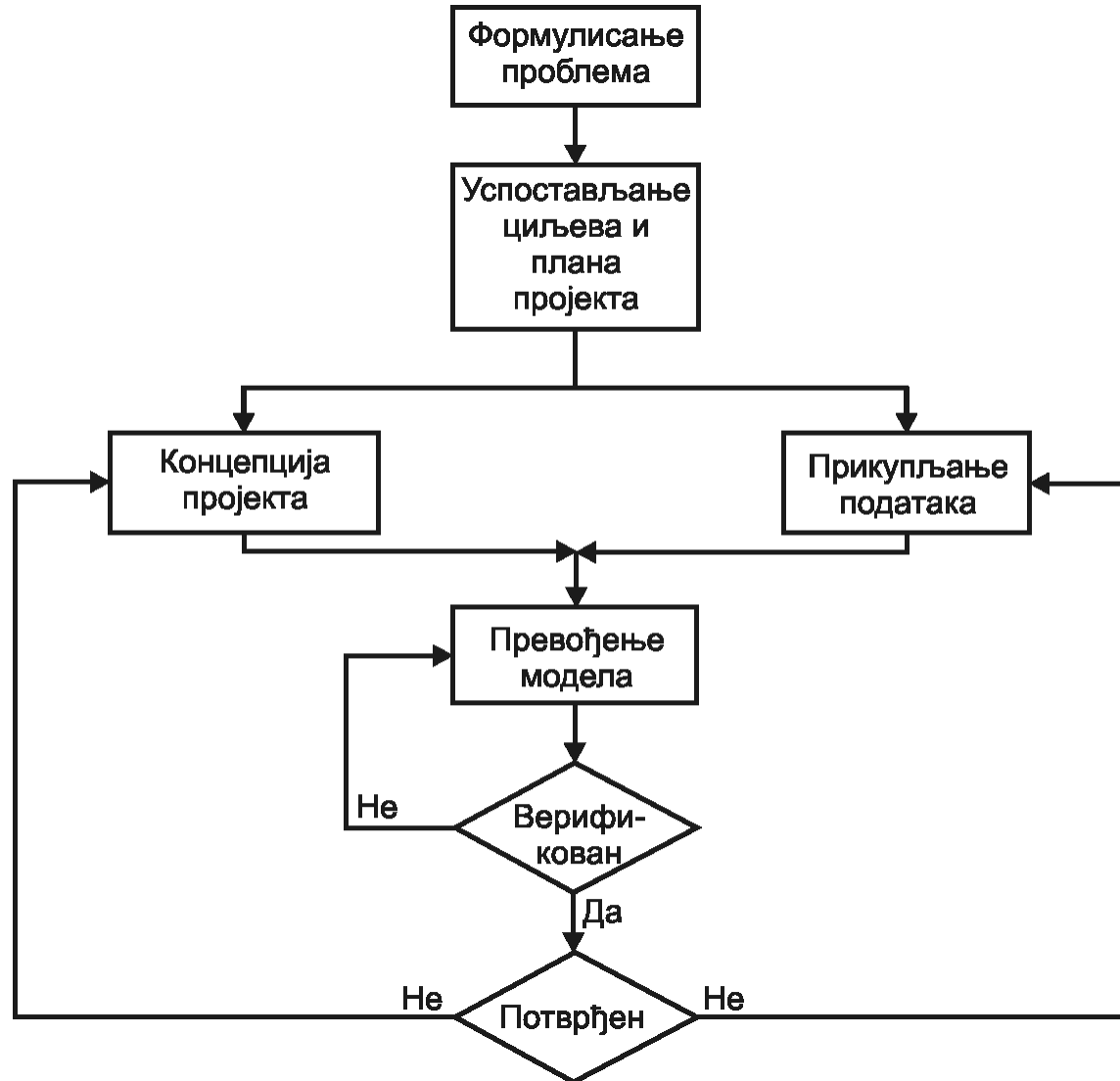
# Дискретна симулација

- Стохастичка: неке променљиве су “случајне”
- Динамичка: промене се дешавају током времена
- Дискретна: значајне промене се јављају у дискретним инстанцама времена

# Таксономија модела



# Кораци у симулационој студији (1/2)



# Кораци у симулационој студији (2/2)

