

# Usporedbeni prikaz simulacijskih programskih alata

---

Raguž, Julija

Undergraduate thesis / Završni rad

2022

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:119:959720>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-03**



Repository / Repozitorij:

[Faculty of Transport and Traffic Sciences -  
Institutional Repository](#)



Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet prometnih znanosti

## **ZAVRŠNI RAD**

### **USPOREDBENI PRIKAZ SIMULACIJSKIH PROGRAMSKIH ALATA**

Comparative Analysis of the Simulation Software Tools

Mentor: izv. prof. dr. Sc. Ratko Stanković

Student: Julija Raguž

JMBAG: 0135254866

Zagreb, ožujak 2022

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU FAKULTET  
PROMETNIH ZNANOSTI  
ODBOR ZA ZAVRŠNI RAD**

Zagreb, 5. travnja 2022.

Zavod: **Zavod za transportnu logistiku**  
Predmet: **Osnove simulacija u prometu i logistici**

**ZAVRŠNI ZADATAK br. 6816**

Pristupnik: **Julija Raguž (0135254866)**  
Studij: **Inteligentni transportni sustavi i logistika** Smjer:  
**Logistika**

Zadatak: **Usporedbeni prikaz simulacijskih programskih alata**

**Opis zadatka:**

Opisati simulacijskih proces općenito, te objasniti prednosti i nedostatke primjene simulacijskih metoda. Izraditi usporedbeni prikaz simulacijskih programskih alata koji se primjenjuju u logistici, s objašnjenjem usporedbenih kriterija i njihovog vrednovanja.

## **SAŽETAK**

U radu su prikazani simulacijski programski alati, njihove prednosti i nedostaci te mogućnosti primjene. Programski alati čije su značajke uspoređene u ovom radu su: Arena, AnyLogic, Simio, Simul8, Tecnomatix Plant Simulation i FlexSim, koji se primjenjuju za simulacije s diskretnim događajima, te: Vissim i Simcad Pro, za kontinuirane simulacije. Predstavljene su njihove značajke, prednosti te slabosti programa.

**KLJUČNE RIJEČI:** Simulacijski programski alati; Diskretni simulacijski modeli; Kontinuirani simulacijski modeli

## **SUMMARY**

This paper shows simulation software tools, their advantages and disadvantages and possibilities of application. Programs that are compared in this paper are: Arena, AnyLogic, Simio, Simul8, Tecnomatix Plant Simulation and FlexSim which are used in simulation of discrete events, and: Vissim and Simacad Pro, as simulation software tools used for continuous events. They are presented in comparison to other programs along with their advantages and disadvantages, and their application.

**KEYWORDS:** Simulation software programs; Discrete simulation models; Continuous simulation models

## SADRŽAJ

1	UVOD	1
2	Prednosti i nedostaci simulacijskih metoda	2
2.1	Prednosti simulacijskih modela	2
2.1.1	Rješavanje dinamičkih problema	2
2.1.2	Manji Financijski rizik	2
2.1.3	Testiranje	3
2.1.4	Proučavanje dugotrajnih utjecaja	3
2.1.5	Stjecanje uvida u poboljšanje procesa	3
2.1.6	Procjena nasumičnih događaja	3
2.1.7	Testiranje pomoću nestandardnih parametara	3
2.1.8	Predočavanja proces	3
2.2	Nedostaci simulacijskog modeliranja	4
2.2.1	Dugotrajnost	4
2.2.2	Skupocjenost	4
2.2.3	Sveobuhvatno znanje	4
2.2.4	Utjecaj na donošenje važnih odluka	4
3	Primjena simulacijskog modeliranja u logistici	5
3.1	Prema promjeni stanja u vremenu	5
3.1.1	Diskretni simulacijski modeli	5
3.1.2	Kontinuirani simulacijski modeli	6
3.1.3	Mješoviti simulacijski modeli	7
3.2	S obzirom na predvidljivost promjena stanja	7
3.2.1	Deterministički modeli	7
3.2.2	Stohastički modeli	8
3.3	Primjena simulacijskih modela	9
3.3.1	Istraživanje	9
3.3.2	Projektiranje	9
3.3.3	Edukacija	9
4	Simulacijski programski alati	10
4.1	Simulacijski programski alati za izradu diskretnih modela	10
4.1.1	Arena Professional Edition	10
4.1.2	Tecnomatix Plant Simulation	11
4.1.3	FLEXSim	12
4.1.4	Simio	13

4.1.5	Simul8	14
4.1.6	AnyLogic	15
4.2	Simulacijski programski alati za kontinuirane modele	16
4.2.1	Simcad Pro	16
4.2.2	VISSIM Traffic Simulation	17
5	Usporedba značajki simulacijskih alata	19
5.1	Usporedba značajki programskih alata za simulaciju s diskretnim događajima	19
5.2	Usporedba korištenja programskih alata	20
5.3	Usporedbena analiza korištenja programskih alata	21
5.4	Usporedbena analiza simulacijskih programskih alata za kontinuirane simulacije	22
6	ZAKLJUČAK	24
	Popis Literature	25
	Popis slika	27
	Popis tablica	27

# 1 UVOD

Simulacija je proces kojim se modelira realni sustav kako bi se dobili podatci upotrebljivi u različite svrhe, kao što je testiranje, analiziranje, istraživanje, promatranje i evaluirana stvarnih industrija i logističkih sistema. Pomoću toga uspijevaju se otkriti i procijeniti alternativna rješenja kompleksnim stvarnim problemima.

Modeliranje i simuliranje su prepoznati kao jedni od osnovnih tehnologija za rješavanje problema stvarnih sistema kako bi se odabralo točno rješenje, shvatilo način rada, istražile mogućnosti sustava, pronašao problem i mnoge druge prednosti. Ali proces simuliranja može i trajati dugo ili čak povećati trošak provođenja procesa.

U drugom poglavlju prikazujemo podjelu simulacijskih modela u ovisnosti stanja u vremenu na diskretne i kontinuirane, i na predvidljivost s promjene stanja na determinističke i stohastičke simulacijske modele. Ali i u koje svrhe se simulacijski alati primijeniti.

U trećem poglavlju opisujemo diskretne i kontinuirane simulacijske modele koje ćemo u sljedećem poglavlju uspoređivati. Diskretni simulacijski modeli opisani u poglavlju su: Arena, AnyLogic, Simio, Simul8, Tecnomatix Plant Simulation i FlexSim. Za kontinuirane simulacijske modele opisani programski alati su: Vissim i Simcad Pro.

U četvrtom poglavlju uspoređuju se značajke pojedinih sustava koje su bitne u izboru najprikladnijeg simulacijskog programskog alata u određenim područjima i industrijama kako za diskretni, tako i za kontinuirani prikaz.

## 2 Prednosti i nedostaci simulacijskih metoda

Simulacijske metode se u posljednjih 60 godina koristile u raznim sektorima, ali razvojem računala dobile su na pouzdanosti i fleksibilnosti. Iako se simuliranjem, provođenje sustava poboljšalo u raznim aspektima tako simuliranje ima i neke nedostatke, koji su vidljivi u Tablici 1. [1]

Tablica 1. Prikaz prednosti i nedostatka simulacijskih metoda

<b>PREDNOSTI</b>	<b>NEDOSTATCI</b>
Rješavanje dinamičkih problema	Dugotrajnost
Manji Financijski rizik	Skupocjenost
Testiranje	Sveobuhvatno znanje
Proučavanje dugotrajnih utjecaja	Utjecaj na donošenje važnih odluka
Stjecanje uvida u poboljšanje procesa	
Procjena nasumičnih događaja	
Testiranje pomoću nestandardnih parametara	
Predočavanje procesa	

Izvor: [2]

### 2.1 Prednosti simulacijskih modela

Neke od prednosti koje simuliranje pridonosi raznim djelatnostima, a ne samo logistici i prometu su navedene u nastavku.

#### 2.1.1 Rješavanje dinamičkih problema

Prednosti simulacijskih modela mogu opisati i riješiti složene dinamičke probleme sa slučajnim varijablama koje su nedostupne matematičkom modeliranju. Moguće je riješiti raznovrsne probleme (oblikovanje, analiza rada, predviđanja, itd.) pod potpunom kontrolom.

#### 2.1.2 Manji Financijski rizik

Simuliranje je jeftinije nego provođenje pravih eksperimenata. Troškovi za pravo testiranje sistema može uključivati sudionike koje donose odluke za do sada netestirane procese, sudionike koje testiraju taj sistem, ali i možda kupovanje nove opreme i tehnologije. Stavljanjem varijabli u program koji imitira stvarnu situaciju i dobivanjem rezultata, troškovi testiranja sistema se drastično smanjuju. Ustanove koje koriste simulacijske programe su u



mogućnosti simulirati stvarne događaje i uvidjeti gdje može biti potencijalnih rizika i izbjeći skupocjene pogreške.

### 2.1.3 Testiranje

Simulacija omogućava testiranje različitih teorija i inovacija neograničeno puta na istim okolnostima. To omogućava testiranje različitih ideja i uspoređivanje rezultata na istim okolnostima i pronalaženja najboljeg načina rada u njima.

### 2.1.4 Proučavanje dugotrajnih utjecaja

Ustanove mogu izvesti simulacije koje bi modeliranjem utjecaja prolaska vremena predvidjela buduće učinke. Takva simulacija omogućava donošenje informiranih kratkotrajnih i dugotrajnih odluka koje pomažu u predviđanju potreba te smanjenju vremena potrebno da stvore proizvod i ponude ga na tržištu. Pomoći ovoga, organizacije mogu osigurati da su proizvodi uvijek na tržištu i u pravo vrijeme. Uvođenje operiranja koje se temelji na sistemu simuliranja je povećalo učinak i profitabilnost ustanova koje su ga uvele.

### 2.1.5 Stjecanje uvida u poboljšanje procesa

Simuliranje procesa lanca opskrbe omogućava uočavanje problema prije nego što je proces napravljen ili promijenjen, ali i stvara mogućnost za proučavanje i studiranje procesa. Simuliranjem razni djelatnici uključeni u upravljanje lanca opskrbe imaju bolje razumijevanje procesa rada što povećava učinak i efikasnost rada. Bolje razumijevanje i komunikacija među raznim sudionicima lanca opskrbe omogućava uočavanje i rješavanje problema brže što na koncu povećava učinak i efikasnost provedbe procesa lanca opskrbe.

### 2.1.6 Procjena nasumičnih događaja

Simulacija se također može koristiti za procjenjivanje nasumičnih događaja u procesu kao što su neočekivani izostanak sudionika ili problema lanca opskrbe

### 2.1.7 Testiranje pomoću nestandardnih parametara

Parametri koji se mogu uključiti u simulaciju ne moraju biti isti, simulacija može imati parametre koji su promjenjivi ili nestandardni, ali pridonose boljoj imitaciji stvarnih događaja.

### 2.1.8 Predočavanja proces

Za bolje razumijevanje i predočavanje prikazivanje načina rada opskrbnog lanca, može se omogućiti bolje razumijevanje različitih sudionika u tom proces, a ne samo logističara koji

imaju potpuno razumijevanje postupka rada opskrbnog lanca. Što ne pomaže u provođenju za sudionike nego i za vanjske suradnike i ulagače.

## 2.2 Nedostaci simulacijskog modeliranja

Dok simulacija lanca opskrbe ima mnogo prednosti, ima i nedostataka. I iako mane simuliranja neće značiti prestanak korištenja modeliranja i simuliranja, važno ih je spomenuti.

### 2.2.1 Dugotrajnost

Zbog statističkog karaktera simulacije potrebno je izvođenje većeg broja simulacijskih eksperimenata kako bi se dobio odgovarajući uzorak rezultata simulacije. Vrijeme potrebno da se stvore prikladni sistemi za određene lance opskrbe oduzima od vremena koje organizacija ima za taj proces lanca opskrbe i može se koristiti u drugim aktivnostima koje je potrebno odraditi kako bi se taj lanac opskrbe proveo, a već i pojedinačno izvođenje eksperimenata može zahtijevati dosta vremena i memorije i računala.

### 2.2.2 Skupocjenost

Kako bi se stvorio program koji imitira lanac opskrbe u realnoj situaciji, podatci koji su moraju biti detaljni. Takvi podatci su prikupljeni istraživanjem i analiziranjem koje nekad i nije moguće za ustanovu zbog nedostatka informacija, ali vremena, memorije i računala potrebno kako bi izveli eksperimenti na koncu povećava i trošak provođenja procesa lanca opskrbe.

### 2.2.3 Sveobuhvatno znanje

Ispravno korištenje simulacijskog modeliranja još nije omogućeno jednim cjelokupnim metodom ili alatom, nego je potrebno znanje korištenja više alata i primjene više metoda da bi se simulacija pravilno izvela.

### 2.2.4 Utjecaj na donošenje važnih odluka

Za efektivno donošenje odluka potrebno je uložiti vrijeme koje ponekad nedostaje. Kako je potrebno uložiti vrijeme u istraživanje i analiziranje podatka stvaranja programa koje je prikladno za taj specifični proces, ostane nedostatno vremena za donošenje odluka u procesu lanca opskrbe.

### 3 Primjena simulacijskog modeliranja u logistici

Simulacija je proces koji je određen varijablama kojima se želi modelirati pravi sustav lanca opskrbe da bi se dobiju podaci upotrebljivi u različite svrhe. Simulacija nije ograničena složenošću, brojem podsustava ili čak nepoznatom varijablom. [3]

Simulacijski modeli omogućuju: [3]

- Izvođenje i prikaz vremenskih pomaka
- Istodobno odvijanje aktivnosti/procesa
- Alociranje resursa.

Simulacijski modeli su modeli dinamičnih sustava koji prikazuju predmet modeliranja u obliku konceptualnog modela koji je objašnjenje realnog sustava i računalnog modela koji je simulacijski eksperiment.

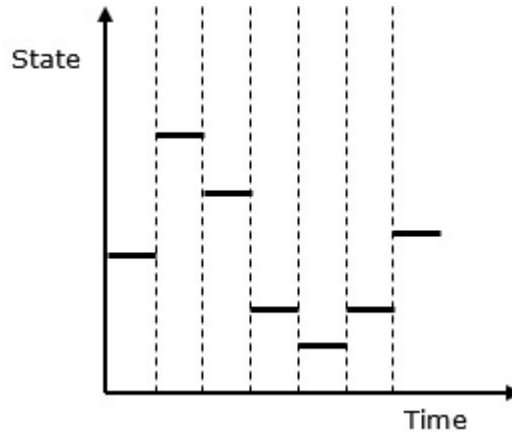
Simulacije u prometu i logistici se koriste kada je potrebna nadogradnja i usavršavanje realnog sustava, a da se ne koristi realni sustav kao takav za eksperiment. Simulacije daju uvid u stanje realnog sustava te moguća poboljšanja tog sustava.

#### 3.1 Prema promjeni stanja u vremenu

Simulacijski modeli su razvijeni kako bi omogućili prikaz i proračun vremenskog razvoja odgovarajućih tipova sistema pa je i njihova podjela slična podjeli simulacijskih sistema. Osnovne podjele simulacijskih modela prema promjeni stanja u vremenu su: diskretne, kontinuirane i mješovite sisteme.

##### 3.1.1 Diskretni simulacijski modeli

Vremenski diskretni modeli stanja sustava mijenjaju se samo u nekim vremenskim (diskretnim) točkama. Koristimo ih u primjerima dolazaka klijenata u red čekanja pa se broj sudionika u repu mijenja samo kada klijenti uđu rep ili završe. Diskretni modeli se koriste i slučajevima prispjeće pošiljke ili prijevoznog sredstva.



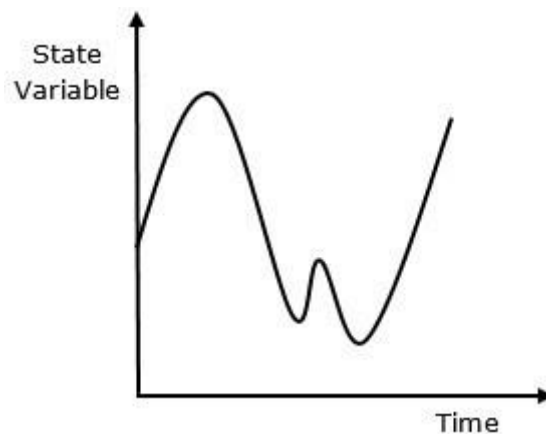
Slika 1. Prikaz diskretnog modela u omjeru stanja i vremena

Izvor: [https://www.tutorialspoint.com/modelling\\_and\\_simulation/modelling\\_and\\_simulation\\_discrete\\_system\\_simulation.htm](https://www.tutorialspoint.com/modelling_and_simulation/modelling_and_simulation_discrete_system_simulation.htm) [Pristupljeno: 17. srpnja 2022.]

### 3.1.2 Kontinuirani simulacijski modeli

Kontinuirani vremenski sustavi modeliranja stanja sustava mijenjaju se kontinuirano u vremenu, kada imamo niz detaljnih složenih sistema i povežemo ih u kontinuirani tok, kao što su u sustavima s brzinom i lokacijom prijevoznog sredstva. Tako primjerice imamo metro koji kontinuirano mijenja položaj i brzinu između dviju stanica metroa.

Kontinuirani simulacijski modeli se koriste za dizajniranje putarina na autocestama, analiziranja toka putnika na zračnim terminalima i evaluaciju planova leta.

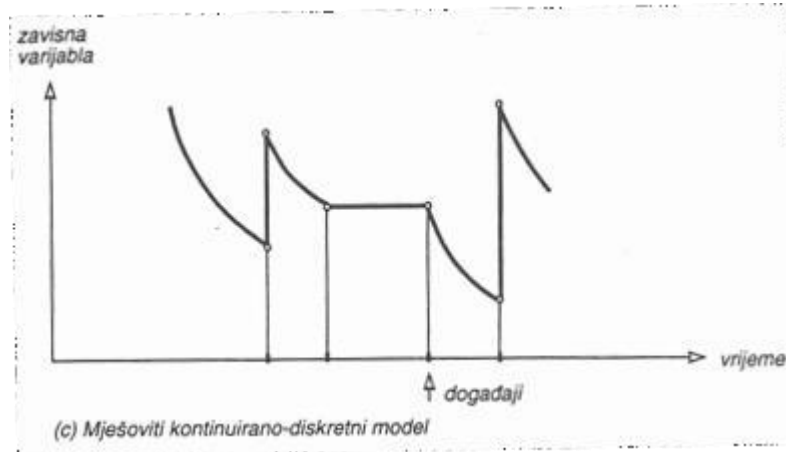


Slika 2. Prikaz kontinuiranog modela u ovisnosti stanja i vremena

Izvor: [https://www.tutorialspoint.com/modelling\\_and\\_simulation/modelling\\_and\\_simulation\\_continuous\\_simulation.htm](https://www.tutorialspoint.com/modelling_and_simulation/modelling_and_simulation_continuous_simulation.htm) [Pristupljeno: 17. srpnja 2022.]

### 3.1.3 Mješoviti simulacijski modeli

Mješoviti simulacijski modeli sadrže diskretne i kontinuirane varijable. Primjer mješovitog simulacijskog modela je dinamička promjena razina goriva u spremniku benzinske postaje. [3]



Slika 3. Prikaz mješovitog simulacijskog modela

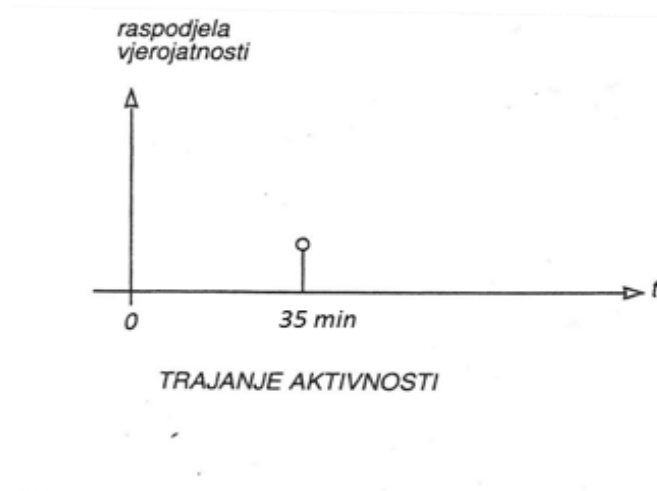
Izvor: [3]

## 3.2 S obzirom na predvidljivost promjena stanja

Podjela simulacijskih modela na vrstu varijabli u simulacijskom modelu, razlikuju se na determinističke i stohastičke modele.

### 3.2.1 Deterministički modeli

Deterministički modeli su simulacijski modeli koji imaju potpuno predvidljivo ponašanje varijabli te su stanja modeliranog sustava uvjetovana prethodnim stanjem, kao što je vidljivo na Slici 4. Korišteno je simuliranje automatiziranih strojeva i pogona, radnja prihvata i otpreme pošiljaka i drugih sustava gdje vrijeme obrade ima minimalne fluktuacije i obuhvaća detaljnije analize procesa.

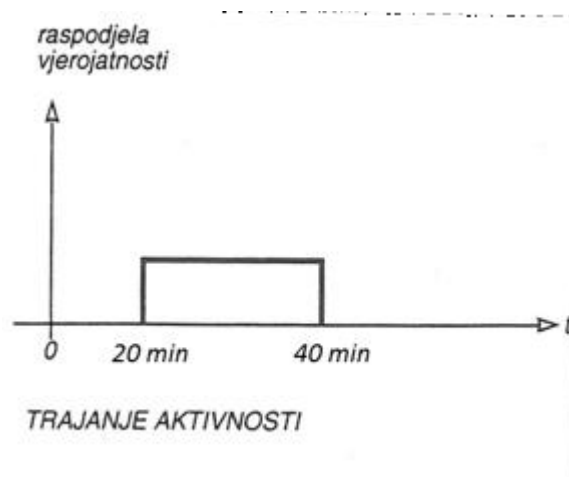


Slika 4. Prikaz determinističkog simulacijskog modela

Izvor: [3]

### 3.2.2 Stohastički modeli

Stohastički modeli sadrže barem jednu slučajnu varijablu zbog koje ponašanje modela za simuliranje nije potpuno predvidljivo te buduća stanja nisu uvjetovana prethodnim nego imaju određenu vjerovatnost, prikaz stohastičkog modela je vidljiv na Slici 5. Tako stohastički modeli su: dolazak klijenata za posluživanje, potražnja, raspoloživost kapaciteta i drugi u kojim analiziramo njihova ponašanje obuhvaćajući i nevidljive faktore utjecaja.



Slika 5. Prikaz stohastičkog modela

Izvor: [3]

### 3.3 Primjena simulacijskih modela

Simulacijske modele dijelimo na vrste varijabli ili o ovisnosti toka vremena. Dijelimo ih i prema ciljevima koje želimo ostvariti koristeći te simulacijske modele. Tako imamo tri cilja primjene: istraživanje, projektiranje i educiranje. [4]

#### 3.3.1 Istraživanje

Kao svrha simulacijskih modela s aspekta provjere teorija o strukturi i ponašanju sustava. Realni sustav koji je predmet istraživanja, često nema poznate sve informacije. Na temelju informacija koje su na raspolaganju stvaramo pretpostavke te pravimo model čija će svrha biti proučavanje sustava i provođenje eksperimenata. Takav simulacijski model će imati zadaću reproduciranja ponašanja sustava čime će se, na temelju analize rezultata simulacije potvrditi ili negirati postavljene hipoteze o načinu rada ili utvrditi pojedine kvantitativne parametre.

#### 3.3.2 Projektiranje

Svrha primjenjivanje simulacijskog modela želimo stvoriti projekcije ponašanja u situacijama s kojima nemamo iskustva.

Simuliranje modela se primjenjuje i u situacijama kada postupamo s realnim sustavima s kojim nismo imali prijašnjeg iskustva, i tada trebamo predvidjeti ponašanja za budućnost za koju se pripremamo. Ponašanje simuliranog sustava temeljno analiziramo ispitivanjem raznih uvjeta koji se mogu naći u sustavu te se odabire optimalno rješenje za tu situaciju. Projekcija simuliranog modela je najčešće korištena za promjenu, reorganizaciju realnog sustava.

#### 3.3.3 Edukacija

Svrha upoznavanje ponašanja sustava stjecanjem posrednog iskustva (engl. vicarious experience).

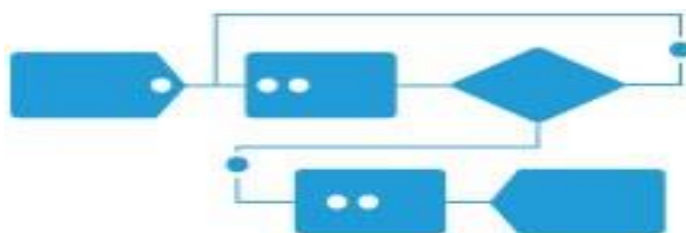
Primjena modela čija je svrha edukacija o principu rada simulacijskih modela. U interakciji s računalom oni su u mogućnosti postaviti vlastitu strategiju rješavanja problema i ispita. Istraživanjem rada modela stječu posredno iskustvo o ponašanju promatranog sustava i mogućnostima mijenjanja. Edukacijski modeli su prvobitno bili modeli za istraživanje i projektiranje koji su učenjem rada sustava dobili i svrhu educiranja.

## 4 Simulacijski programski alati

Simulacijski modeli imitiraju realni sustav kako bi proces rada ispitao, analizirao i time poboljšao. Kako bi simulacijski model što stvarnije prikazao potrebno je koristiti primjerene simulacijske alate. Tako imamo programe za izradu diskretnih i kontinuiranih modela.

### 4.1 Simulacijski programski alati za izradu diskretnih modela

U simulaciji diskretnih događaja svako događanje je određeno u trenutku vremena, označava promjenu u sustavu i preskače se s jednog događaja na drugi. Diskretne simulacije ne moraju simulirati svaki trenutak vremena, pa je simuliranje takvih događaja kraće. Kada se proces koji se analizira može opisati kao slijed ne povezanih događaja koristimo diskretne alate za simulaciju. Kao na primjer dolazak kamiona u skladište, odlazak na iskrcaj, iskrcaj i odlazak kamiona. Tako za simuliranje kretanje vlaka od točke A do točke B modeliramo kao prolazak vremena između dva procesa: odlazak vlaka s polazišta i dolazak vlaka na odredište. U simulaciji diskretnog događaja, ulazni elementi su pasivni, ali mogu biti elementi tijekom provedbe koji utječu na tok simulacije kao što se vidi na Slici 6.



Slika 6. Prikaz determinističkog simulacijskog modela

Izvor: <https://www.anylogic.com/use-of-simulation/discrete-event-simulation/>

[Pristupljeno: 17. srpnja 2022.]

Za modeliranje diskretnih događaja navedeni su: Arena, AnyLogic, Tecnomatix Plant Simulation Foundation, FlexSim, Simio i Simul8.

#### 4.1.1 Arena Professional Edition

Arena Simulation Software je diskretni simulacijski program tvrtke Rockwell Automation. Program omogućava brzo analiziranje procesa i ponašanja postojećeg sustava. Omogućava uvid u trenutne procese unutar tvrtke, simulira buduće karakteristike te pruža usporedbu sadašnjeg stanja i budućih mogućnosti sustava. Ima mogućnost analize sustava i



dijagnosticiranja problema kao što su: usko grlo, smanjenje vremena isporuke i poteškoća sa zalihama te poboljšava poslovanje ali i profitabilnost cjelokupnog sustava. Koristi se za simulaciju proizvodnje, kapaciteta kontejnerskog terminala, opskrbnog lanca i logističkih procesa.

Značajke Arena Simulacijskog programsko alata su:

- Prozor za prikaz dijagrama toka koji već sadrži mnoge definirane elemente koji omogućavaju modeliranje, bez programiranja individualnih elementa potrebnih za simulaciju kao što je vidljivo na Slici 7.
- Potpuni raspon statističkih distribucijskih opcija kako bi točno modelirali procesi
- 2D i 3D animacijske sposobnosti izgradnje simulacije i vizualizacije rezultata. [5]

the working worktop is shown in the following figure:

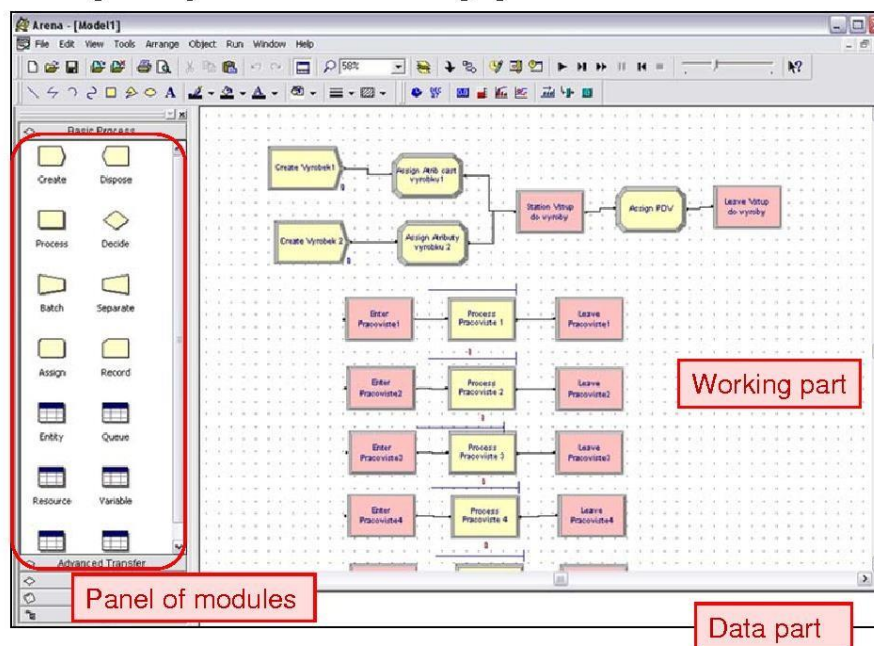


Figure 2: Worktop of ARENA SW tool

Slika 7. Izgled Arena simulacijskog sustava s naglašenim dijelovima sučelja

Izvor: <https://www.semanticscholar.org/paper/SIMULATION-OF-THE-PRODUCTION-LINE-IN-SOFTWARE-TOOL-Candrov%C3%A1/d813a553e89f30c12199ad960a8497b84bf5f722>

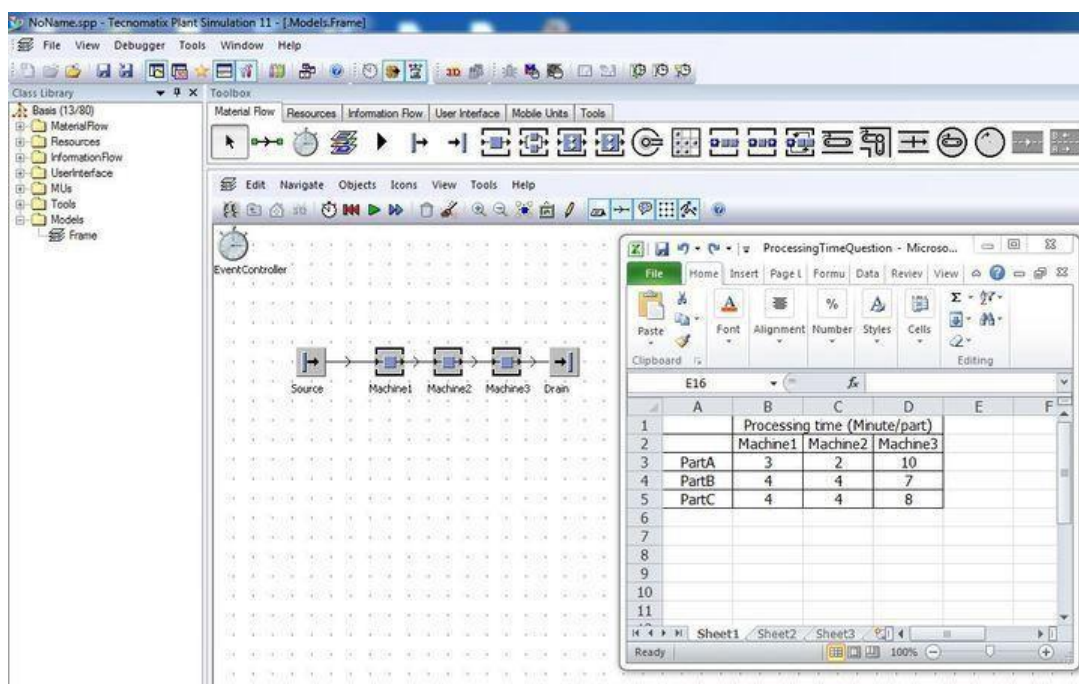
[Pristupljeno: 17. srpnja 2022.]

#### 4.1.2 Tecnomatix Plant Simulation

Tecnomatix Plant Simulation Foundation program omogućava simulaciju i optimizaciju radnji i sustava proizvodnje, optimiziranje tijeka materijala, iskorištavanje resursa i planiranje logistike na svim aspektima. Optimizira se tok materijala, iskorištavanje kapaciteta i logistike

za sve aspekte planiranja od proizvodnih postrojenja, preko lokalnih plantaža do specifičnih linija.

Tecnomatix Plant Simulation pomaže stvoriti digitalni model logističkih sistema kako bi se istražile značajke sistema i optimizirala njihova performansa. Digitalni model omogućava korisnicima da eksperimentiraju sa raznim slučajevima bez ugrožavanja već postojećeg sustava- ako se koristi u fazi planiranja prije nego što se provede to u stvarni sustav. Detaljna analitička pomagala, statistike i grafikoni pomažu korisnicima u prikazivanju rezultata testiranja raznih scenarija kao što je vidljivo na Slici 8. Dobiveni rezultati pružaju informacije za donošenje boljih odluka u ranoj fazi procesa proizvodnje.[6]



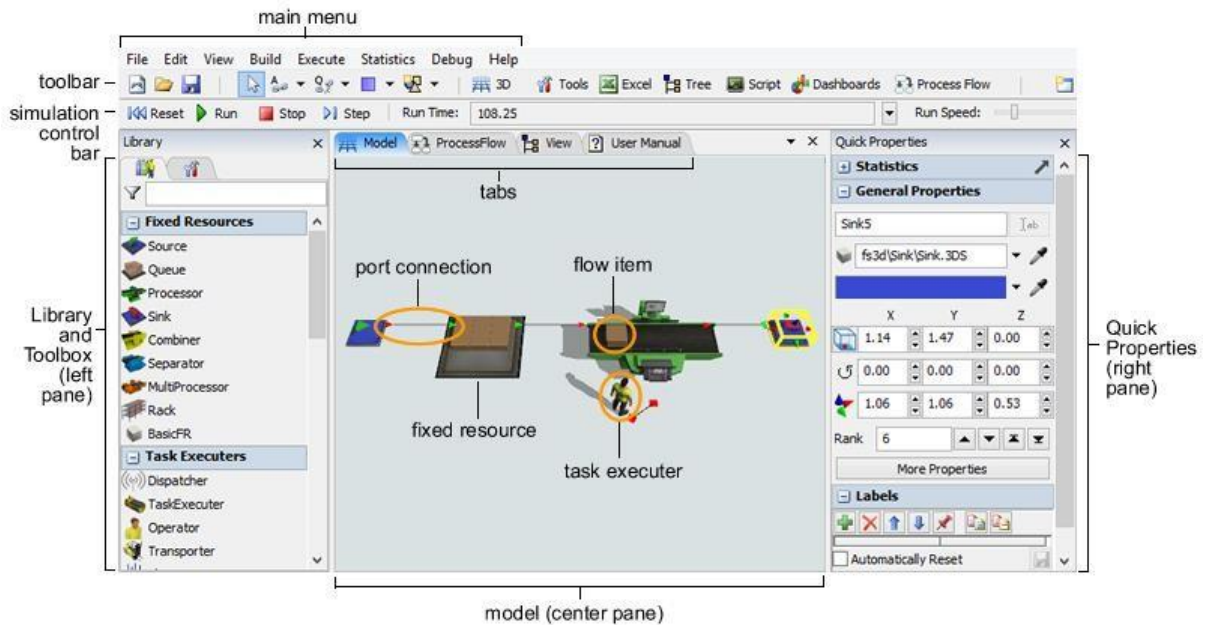
Slika 8. Prikaz procesa provođenja simulacije za rad mašina i dobivanja rezultata u sučelju Tecnomatix Plant Simulation

Izvor: <https://community.sw.siemens.com/s/question/0D54O000061xnpQSAQ/how-to-setup-the-processing-time-for-each-machine-object-according-to-excel-data> [Pristupljeno: 17. srpnja 2022.]

#### 4.1.3 FLEXSim

FlexSim je simulacijski program diskretnih događaja koji se koristi za simulaciju skladišnih procesa, radnji kontejnerskih terminala, u proizvodnim pogonima i u zračnim lukama. To je program koji ima mogućnosti simuliranja, modeliranja, predviđanja i vizualiziranja sustava u procesima proizvodnje, rukovanja materijalima, skladištenju,

rudarstvu i logistici. FlexSim je alat koji omogućuje presliku realnih sustava u simulacijskom modelu visoke razine sa sučeljem koji se sastoji od 3D modela i alata za procesiranje toka (Process Flow tool) kao što je vidljivo na Slici 9. [7]



Slika 9. Prikaz izgleda sučelja FlexSim s označenim elementima sučelja

Izvor:

<https://tmnsimulation.com.au/flexsimhelp/FlexSimUI/OverviewUserInterface/OverviewUserInterface.html> [Pristupljeno: 17. srpnja 2022.]

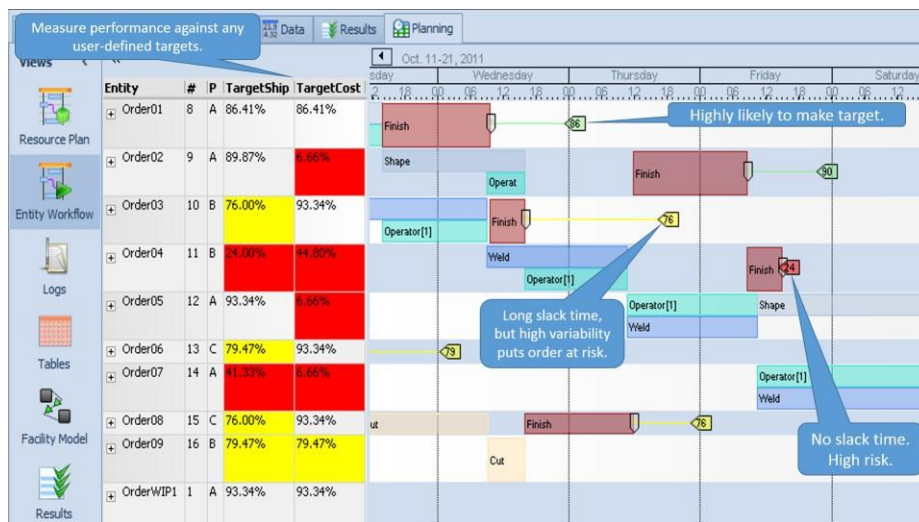
#### 4.1.4 Simio

Simio je program koji omogućava modeliranje bez potrebe za programiranjem predviđanja i poboljšanja procesa dinamičkih sustava. Pruža simuliranje konstrukcijskih modela u 2D prikazu i prikazu rezultata sistema u 3D-u. Postojećim 3D objektima u Knjižnici Objekata stvaraju se simulacijski modeli.

Svi projektni modeli su integrirani sa Google Skladište kako bi se dopustio pristup velikoj knjižnici svima dostupnim 3D simbolima koji pomažu pridonosenju realističnosti sustava.

Simio se koristi u mnogim područjima kao što u zdravstvu, zrakoplovstvu, obrani, rudarstvu, industrijskom inženjerstvu i lancu opskrbe.

Simio simulira sustave i procese koristeći “Pametne Objekte”. Ti objekti mogu biti iz već prije napravljenih objekata ili specifično napravljenih kojim bi se predstavljaju posebni objekti u procesu, kao što su: mašine, robota, aviona, kupaca, brodova, itd. [8]

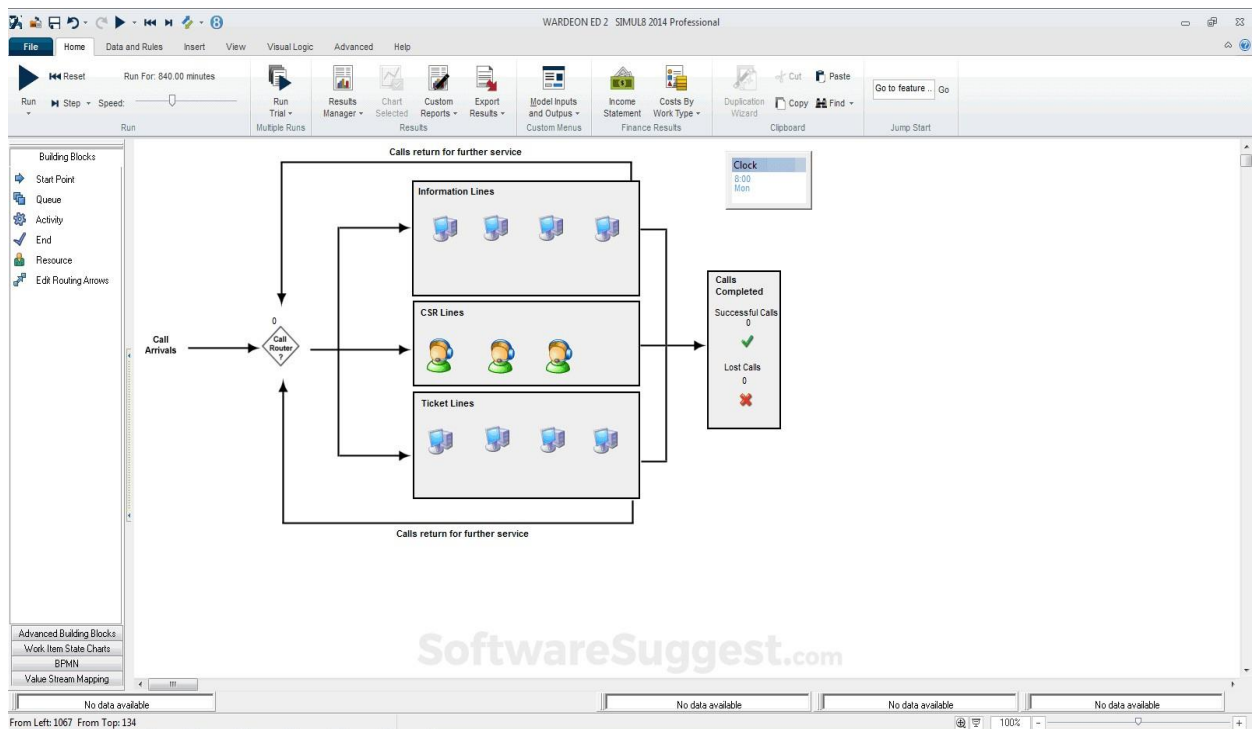


Slika 10. Prikaz rada Simio sučelja u simulaciji planiranja rasporeda brodova.

Izvor: <https://www.capterra.ie/software/110473/simio> [Pristupljeno: 17. srpnja 2022.]

#### 4.1.5 Simul8

Simul8 je simulacijski model koji modelira bilo koji postojeći ili projektirani poslovni proces kao niz koraka i ponašanje individualnih ljudi ili strojeva kako bi se prikazao njihov utjecaj na proces. Simul8 je Ima povuci-i-ispusti (drag-and-drop) sučelje koje se fokusiran na brzinu izrade i simulacije. Korištenjem blokova simulira eksperimente za bilo koji aspekt posla, bez potrebe za programiranjem i sučelje jednostavo za koristiti korisnicima kao što je vidljivo na Slici 11.. Simio8 ima i mogućnost sigurnog dijeljenja simulacija. [9]



Slika 11. Sučelje Simio8 koje prikazuje simulaciju pozivnog centra

Izvor: <https://www.softwaresuggest.com/simul8> [Pristupljeno: 17. srpnja 2022.]

#### 4.1.6 AnyLogic

AnyLogic je simulacijski program koji podržava kombiniranje diskretnih simulacija i dinamičkih sustava u jednom modelu. Dopušta eksperimentiranje sa drugim proizvodnim procesima bez prekidanja procesa u tijeku i jednostavan za korištenje što stvara okolinu za proizvodne simulacije. Ima mogućnost korištenja drugog programa za obavljanje specijalnih funkcija kao što su izvješća, grafikoni i dobivanje rezultat u Excelu, Accessu, itd. Simulacijski modeli mogu bi animirani u 2D/3D, čime se omogućava verificiranje, komuniciranje i razumijevanje koncepta i ideja. Dopušta i promatranje ponašanja sistema tijekom vremena, kao na primjer, korištenja skladišnog prostora, što je i prikazano na Slici 12. [10]





Slika 12. Prikaz toka robe u skladištu pomoću AnyLogic

Izvor: <https://cloud.anylogic.com/model/1f1a33eb-60d9-41f2-a2a7-075a22571d9e?mode=SETTINGS> [Pristupljeno: 17. srpnja 2022.]

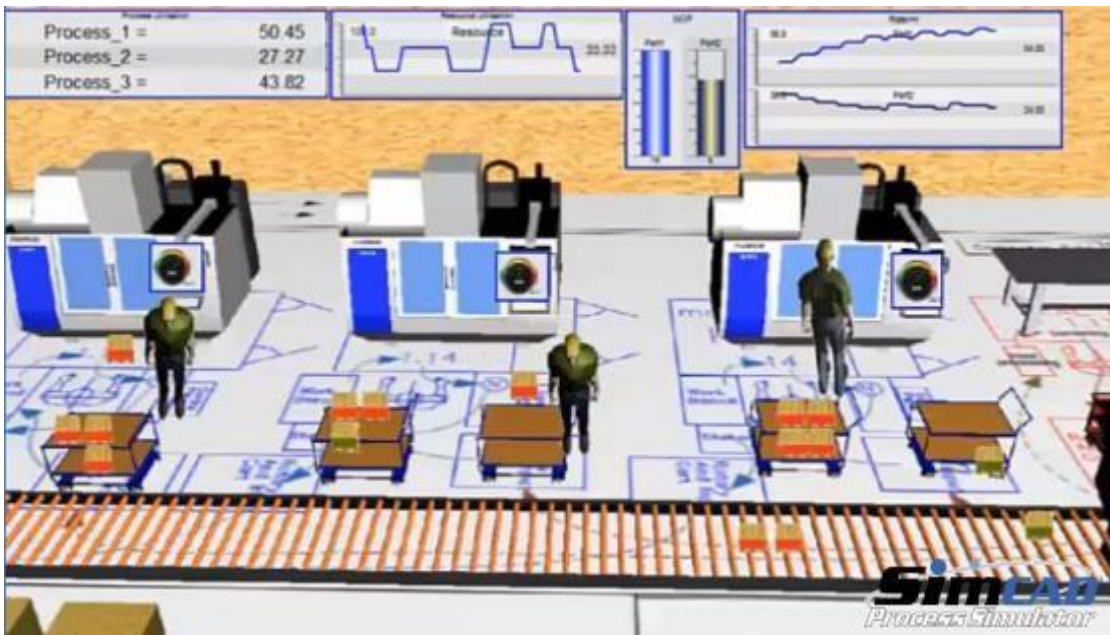
## 4.2 Simulacijski programski alati za kontinuirane modele

U kontrastu s dinamičnom simulacijom u kojoj simulacija vremenom prati dinamiku sustava. Kod kontinuiranog vremena stanje sustava je određeno u svim trenucima. Za razliku od diskretne, kontinuirana se ne temelji na događajima, već je temeljena na aktivnostima. Vrijeme je podijeljeno u male vremenske dijelove i stanje sustava se ažurira prema skupu aktivnosti koje se događaju u malim vremenskim razmacima. 29

### 4.2.1 Simcad Pro

Simcad Pro je program koji omogućava vizualiziranje, analiziranje i optimizaciju toka procesa u interaktivnom 2D/3D simulacijskom modeliranom području. Planiranje, optimiziranje i poboljšanje procesa su procedure koje Simcad Pro provodi dok optimizira izgled i rad ustanove, automatiziranje i raspoređivanje. Program je korišten u mnogim industrijama kao što su: proizvodnja, automatizacija, logistika, distribucija, skladištenje i mnoge još. Simcad Pro vizualizira, analizira i optimizira proces toka sistema u interaktivnoj 2D/3D simulacijskoj okolini, što se vidi na Slici 13. Prikazuje detaljne animacije provođenja

simulacije te animira modele u 2D, 3D i virtualnoj stvarnosti. Koristeći virtualnu realnost, moguće je proći kroz model dok simulacija provodi. [11]

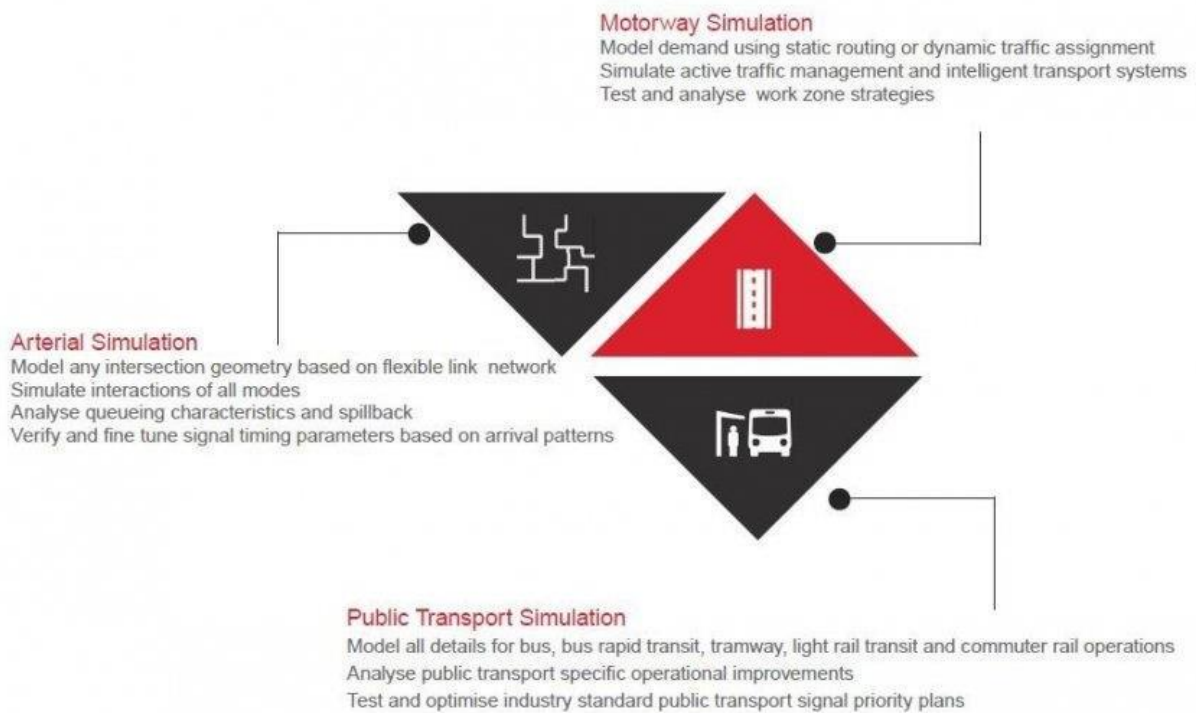


Slika 13. Provođenje simulacije proizvodnje u Simcad Pro s analizom podataka

Izvor: <https://www.createasoft.com/simcad-pro-simulation-software/simulation-modeling-video-list-for-manufacturing> [Pristupljeno: 17. srpnja 2022.]

#### 4.2.2 VISSIM Traffic Simulation

PTV Vissim je simulacijski programski alat za planiranje plana prijevoza i operacijskih analiza. Program je dizajniran kako bi pomogao u realističnoj simulaciji balansiranja kapaciteta cestovnog prijevoza i potražnje prijevoza i prometa. Sastoji se tri simulacije, kao što se vidi na Slici 14, simulacije autoceste, arzezijska simulacija i simulacija javnog transporta. [12]



Slika 14. Vrste simulacija od kojih se PTV Vissim sastoji

Izvor: <https://www.issd.com.tr/en/22992/PTV-VISSIM-Traffic-Simulation-Software> [Pristupljeno:

17. srpnja 2022.]



## 5 Usporedba značajki simulacijskih alata

Simulacijski modeli se mogu usporediti ne samo po značajkama sustava, nego i prema raznim drugim elementima kao što je područje korištenja, vrstama modularnog programiranja te koje tvrtke koriste te simulacijske program

### 5.1 Usporedba značajki programskih alata za simulaciju s diskretnim događajima

Uspoređeni su programski alati: Arena, AnyLogic, Simio, Tecnomatix Plant Simulation po karakteristikama kao što su: 3D Modeliranje, 3D simuliranje, modeliranje zasnovano na modelima, kontinuirano dizajniranje, direktna manipulacija, modeliranje diskretnih događaja, grafičko modeliranje, postojanje baze podataka specifične industrije, modeliranje kretanja, korištenje alata za prezentiranje i imanje stohastičkih alata. Rezultati usporedbe su prikazani Tablicom 2.

Tablica 2. Prikaz usporedbenih značajki simulacijskih programa

ZNAČAJKE	Arena	AnyLogic	Simio	Simul8	Tecnomatix Plant Simulation	FlexSim
3D Modeliranje	+	+	+	+	+	+
3D Simuliranje	+	+	+		+	+
Modeliranje zasnovano na modelima	+	+	+	+	+	+
Kontinuirano modeliranje	+	+	+	+	+	+
Analiza dizajna	+	+	+		+	+
Direktna manipulacija	+	+	+		+	+
Modeliranje diskretnih događaja	+	+	+	+	+	+
Grafičko modeliranje	+	+	+	+	+	+

Baza podataka industrije	+	+	+	+	+	+
Modeliranje kretanja					+	+
Alati za prezentiranje	+	+	+	+	+	+
Stohastički alati		+			+	+

Izvor: [13]

## 5.2 Usporedba korištenja programskih alata

Pri usporedbi alata za simulaciju usporedit će se i područja korištenja alata kao što su: Arena, AnyLogic, Simio, Simul8 i Tecnomatix Plant Simulation. Usporedba područja korištenja je vidljiva u Tablici 3.

Tablica 3. Prikaz usporedbe korištenja simulacijskih programa

PROGRAMI	PODRUČJE KORIŠTENJA	MODULARNO PROGRAMIRANJE	KOMPANIJE
Arena	Proizvodnja, logističke operacije, poslovni procesi, lanac nabave, planiranje i raspoređivanje vozila	Model provjeravanja, analize ulaznih i izlaznih podataka i modeliranje	Novartis, Bazer, Pfizer, FHB, CIB Bank, GE Money
AnyLogic	Lanac nabave, proizvodnja, prijevoz, skladišne operacije, željeznička logistika, rudarstvo, luke i terminali, cestovni promet, putnički terminali	Sistem dinamičnih analiza, analize rizika, optimizacije, planiranja i podrška donošenja odluka	Toyota, panasonic, Rolls-Royce, IBM, Louvre, Intel, Deloitte, UEFA, General Motors, Johnson & Johnson, US Navy, Volvom, NASA
Simio	Proizvodnja, lanac opskrbe, luke,	Gradnja hijerarhijskih modela, modeliranje	Boeing, Johnson & Johnson, Lockheed Martin, Amtrak

		koje se bazira na objektima	
Simul8	Proizvodnja, automobilske industriji, pozivni centri, logistika	2D proces vizualizacije, animacije toka posla, modeliranje poslovnog procesa, mogućnost dijeljenja simulacija i povezivanje u izvore podataka, uživo	Ford, Fidelity, Gatwick Airport, American Red Cross, Chrysler
Tecnomatix Plant Simulation	Diskretna proizvodnja(automobilska, elektronička, proizvodnja brodova, strojevi, alati, proizvodne linije), logistika	Proizvodnja, prijevoz, ukrcajne i iskrcajne operacije, simulacije poslovnog procesa, logistika, prodaja, raspoređivanje, verifikacijski proces i lanac opskrbe	Production Modeling Corporation, Maruti Suzuki India Ltd, Enterprise Solutions, Inc.
FlexSim	Pravljenje modela, 3D simuliranje, analiziranje modela i optimizacija	Proizvodnja, rukovanje materijalima i skladištenje	TRW, Bechtel, General Mills, Swisslog, DHL, Johnson control

Izvor: [14]

### 5.3 Usporedbena analiza korištenja programskih alata

Korištenjem FlexSim simulacijskog program moguće je odrediti troškovno najučinkovitiji način reorganizacije procesa proizvodne te analize pojedinačnih rezultata što posljedično dovodi do optimizacije. Štoviše, računalno edukacijska tvornice za edukaciju i treniranje upravljanja pametnih tvornica je stvoreno u FlexSim i može biti korišteno kako bi se istrenirali arhitekti informacijski sistema IT kompanija i operativnih menadžera proizvodnih tvrtki.

Modeli razvijeni u AnyLogic simulacijskoj okolini koriste analitičari za donošenje odluka i omogućava procjenu efikasnosti rasporeda vozila, AnyLogic simulacija program je također korištena za simulaciju toka pješaka u prometnijim dijelovima, za analizu i provođenje sigurnosnih sistema, uključujući informacijsku sigurnost, za usporedbu različitih pristupa

menadžmentu autoceste i za integraciju zaliha poduzeća. Sistem također dopušta da se koriste ugrađeni algoritmi koji optimiziraju proizvodne industrije.

Arena se koristi za diskretne događaje modeliranja, ali sadrži i alate koji mogu područja modelirano i protočno modeliranje. Arena je iskorištena kao model za sistem provjeravanja prtljage u Kuvajtu Međunarodnom Aerodromu, za procjenu performansi reda čekanja, provjeru razloga stvaranja redova čekanja i za dizajniranje sigurnosnih provjera za provjeru putnika zrakoplovom. Arena je često korištena za provođenje eksperimenata koji se baziraju na apstraktnim modelima kako bi se provjerile šanse uvođenja i aplikacije na predstavljenim sustavima i za poboljšanje levela usluge istraživanjem rada zaposlenika.

SIMUL8 je programski paket korišten za simulaciju diskretnih događaja, ali se često koristi za simuliranje procesa, a ne proizvodnje. Iako nije najprikladniji program za analizu proizvodnje, program se može lako koristiti i rezultati dobiveni u SIMUL8 se mogu lako interpretirati. Ovo je alat kojim se mogu lako istražiti moguća scenarija, stvoriti vizualni model distribucije i svrha proizvodnje. On se koristi za dizajniranje željezničkog sistema, operativnih procesa formacije vlakova, evaluacije metro rasporeda i analize iskorištenja željeznice pružanjem fleksibilnost da bi se izvele simulacije različitih scenarija. Kao rezultat SIMUL8 je predložen kao najbolji kompjuterski simulacijski program zbog lakoće korištenja programa i grafičkog sučelja. [13]

#### 5.4 Usporedbena analiza simulacijskih programskih alata za kontinuirane simulacije

PTV Vissim [15] pruža uslugu simuliranja koja se bazira na kriteriju ponašanja koje može biti prilagođeno od korisnika. Ponašanje tokom vožnje može biti modelirano za svaku poveznicu zasebno. To omogućuje modeliranje agresivnijeg ponašanja u vožnju kada su mogući dugi redovi čekanja. Vozači koji iskuse zakrčene uvjete u vožnji su skloniji agresivnom mijenjanju traka. Simulacija ne može replicirati takav način ponašanja u prvotnim parametrima. Vissim može dopustiti mijenjanje vozačkih ponašanja za svaku poveznicu, kako su agresivnija ponašanja povezana s mjestima česte gužve.

Vissim-ov model donošenja odluka za rutine vozila, dopušta lakši unos velike količine podataka. Ako korisnik ima podatke spremne u Excelu, podaci se mogu lako kopirati i unijeti u Vissim. Dopušta komponiranje što stvarniji scenarija u program čime se rezultati čine vjerodostojnijim.

Ako nema redoslijeda ili nema dostatno znanje o programiranju, potrebno je puno vremena kako bi pravilno provjerili model u smislu vremena čekanja. Nema mogućnost modeliranja u vremenski specifičnim periodima. Zaustaviti se može samo cijela simulacija, a nema mogućnosti pauziranja određenih odijeljaka simulacije. Ako su parametri pri provođenju simulacije u programu ostavljeni na tvorničkim tj. izvorim, neće svi elementi biti isto simulirani. Također, Vissim nema puno već određenih radnji, nego ako se neke specifične radnje žele provesti, moraju se zasebno provesti sa zasebno upisanim kodom u drugim programskim alatima kao na primjer: C++, Python, i povezati sa Vissim.

Simcad Pro [16] pruža intuitivnu i interaktivnu 2D/ 3D simulaciju i dinamično stvara druge poglede u pozadini. Atributi ili specifični parametri mogu biti dodijeljeni bilo koje objektu u modelu. Definirani parametri mogu se zatim koristiti kako bi kontrolirali sve aspekte simulacije kroz grafičko sučelje ili određeni kodirani dodatak. Ubacivanjem datoteka u obliku računalnog dizajna pruža djelomičnu prostornu konfiguraciju modela i koristi se da bi se udaljnosti između elemenata nadišle, i time se analiza zagušenja i prometnih ograničenja ukomponiraju u analizu modela. Analize modela je moguće vidjeti tijekom i na kraju simulacije, ali i neko vrijeme nakon završetka simulacije. Simcad Pro automatski pruža analize iskorištenja i kategorizacije resursa, proteklog vremena, ali i mogućnost analiziranja specifičnih performansi. U ovom programskom alatu može se modificirati i razviti simulacije dok se simulacija provodi čime se ciklus pravljenja modela smanji za 50%. Podaci dobiveni mogu se izvesti u druge programe čak dok simulacija ide, a podaci ubačeni u Simcad Pro će biti analizirani i prezentiranje kroz grafove i izvješća kako i se podatci mogli provesti direktno u model.

Simcad Pro je grafičko sučelje koje je jednostavno za koristiti od strane korisnika. Ali kako je program opsežan, ima dosta opcija i mogućnosti koje nije lako shvatiti bez obuke. Pogreške u sustavu se same ne očitavaju nego se mora komunicirati sa korisničkom pomoći tvrtke kako bi se otkrio problem.

## 6 ZAKLJUČAK

Simulacijsko modeliranje pomaže rješavanju problema asociраних s kompleksnošću predviđanja efekta promjena u proizvodnji, visokim troškovima testiranja u stvarnim uvjetima proizvodnje i skupe popravke pronađene nakon izbacivanja novih produkata. Takvo simuliranje pretpostavlja široko korištenje raznih alata za modeliranje kako bi se opisali i dijagnosticirali sistemi, kao i provođenje probnih projekata u eksperimentalnom modeliranju, što je zapravo i cilj. U ovom radu uspoređeni su Arena, AnyLogic, Simio, Simul8, Tecnomatix Plant Simulation i FlexSim te Simcad Pro i Vissim. Svaki od program ima industriju u kojoj se iskazuju te tvrtke te industrije preferiraju korištenje tog specifičnog modela. Tecnomatix Plant Simulation je često korišten u logistici i proizvodnji, FlexSim u proizvodnji i računalnom učenju. Simul8 u distribucijskom sustavu i željezničkim simulacijama te AnyLogic u raspoređivanju vozila, toku pješaka, sigurnosnim sistemima i digitalnim tvornicama i Arena u sigurnosnim sustavima i sustavima s redovima čekanja. PT Vissim je simuliranje zagušenja prometa u vozilom, a Simcad Pro u logistici, skladištenju i proizvodnji.

Svaki simulacijski program ima svoje prednosti i mane, procese koje najrealističnije simulira i procese u kojim provođenje simulacije nije najtočnije zbog već programskih postavki. Zato se simulacijski programi moraju istražiti i testirati kako bi korisnici utvrdili program da li im programski alat odgovara.

## Popis Literature

[1] Longo F. Advances of modeling and simulation in supply chain and industry. *Simulation: Transactions of the Society for Modeling and Simulation International*. 2011. 87(8):651-656.

Preuzeto s: [https://www.researchgate.net/publication/220165191\\_Advances\\_of\\_modeling\\_and\\_simulation\\_in\\_supply\\_chain\\_and\\_industry](https://www.researchgate.net/publication/220165191_Advances_of_modeling_and_simulation_in_supply_chain_and_industry) [Pristupljeno: 15. srpnja 2022.]

[2] TWI Global- What is simulation. Advantages. Preuzeto s: <https://www.twi-global.com/technical-knowledge/faqs/faq-what-is-simulation#Advantages> [Pristupljeno 15. srpnja 2022.]

[3] Stanković R.: Nastavni materijali, *Uvod i osnovni pojmovi*. Kolegij: Osnove simulacija u prometu i logistici, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2021.

[4] Božikov J. *Medicinska informatika, Modeliranje i simulacija*. Zagreb. 2009. pp. 341-350. Preuzeto s: [https://bib.irb.hr/datoteka/347082.modeliranje\\_i\\_simulacija\\_-\\_v2a2.pdf](https://bib.irb.hr/datoteka/347082.modeliranje_i_simulacija_-_v2a2.pdf) [Pristupljeno 15. srpnja 2022.]

[5] Rockwell Automation-Arena, modeliranje diskretnih događaja Preuzeto s: <https://www.rockwellautomation.com/en-us/products/software/arena-simulation/discrete-event-modeling.html> [Pristupljeno 15. srpnja 2022.]

[6] Siemens. Tecnomatix Plant Simulation. Preuzeto s: <https://www.dex.siemens.com/plm/tecnomatix/plant-simulation> [Pristupljeno 15. srpnja 2022.]

[7] FlexSim. FlexSim. Preuzeto s: <https://www.flexsim.com/flexsim/> [Pristupljeno 15. srpnja 2022.]

[8] Simio. Software simulation. Preuzeto s: <https://www.simio.com/software/simulation-software.php> [Pristupljeno 15. srpnja 2022.]

[9] Simul8. Software. Preuzeto s: <https://www.simul8.com/software/> [Pristupljeno 15. srpnja 2022.]

[10] AnyLogic. Simulation Software. Preuzeto s: <https://www.anylogic.com/> [Pristupljeno 15. srpnja 2022.]

[11] Create a Software. Simcad Pro. Preuzeto s:<https://createasoft.com/Simulation-Software>  
[Pristupljeno 15. srpnja 2022.]

[12] ISSD. PTV Vissim . Preuzeto s: <https://www.issd.com.tr/en/22992/PTV-VISSIM-Traffic-Simulation-Software> [Pristupljeno 15. srpnja 2022.]

[13] Kovbasyuk K, Židek K, Balog M, Dobrovolska L. Analysis of the selected simulation software packages: a study. *Acta Technologia -International Scientific Journal about Technologies.* 2021; 7 (4): 111-120. Preuzeto s:  
[https://www.actatecnologia.eu/issues/2021/IV\\_2021\\_02\\_Kovbasiuk\\_Zidek\\_Balog\\_Dobrovolska.pdf](https://www.actatecnologia.eu/issues/2021/IV_2021_02_Kovbasiuk_Zidek_Balog_Dobrovolska.pdf) [Pristupljeno 15. srpnja 2022.]

[14] Critical Manufacturing. *Simulators Comparison (Unleash the power of manufacturing)*. Atlanta 2014. Preuzeto s:  
[https://paginas.fe.up.pt/~ei09035/thesis/SimulatorsComparison\\_V1.pdf](https://paginas.fe.up.pt/~ei09035/thesis/SimulatorsComparison_V1.pdf) [Pristupljeno 15. srpnja 2022.]

[15] Salaga D. Jolović D. Martin P. Aldrete R. Part of special issue:The 7th International Conference on Ambient Systems, Networks and Technologies (ANT 2016) / The 6th International Conference on Sustainable Energy Information Technology (SEIT-2016) / Affiliated Workshops. *Traffic Microsimulation Models Assessment – A Case Study of International Land Port of Entry*. Manchester, Ujedinjeno Kraljevstvo. 2016. 441 – 448. Preuzeto s:  
<https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S187705091630240X?token=61D9DEF56DFEC35DB1DDE5B29E96A08B8171BF79F57C4618C2F5098DCC7EEE1F26AFB44BC4E05052A9C11360EA265779&originRegion=eu-west-1&originCreation=20220717151206> [Pristupljeno 15. srpnja 2022.]

[16] Create a Software. Simcad Pro. Advantages. Preuzeto s  
<https://www.createasoft.com/Simulation-software-comparison-advantages> [Pristupljeno 15. srpnja 2022.]



## Popis slika

Slika 1. Prikaz diskretnog modela u omjeru stanja i vremena	6
Slika 2. Prikaz kontinuiranog modela u ovisnosti stanja i vremena	6
Slika 3. Prikaz mješovitog simulacijskog modela	7
Slika 4. Prikaz determinističkog simulacijskog modela	7
Slika 5. Prikaz stohastičkog modela	8
Slika 6. Prikaz determinističkog simulacijskog modela	10
Slika 7. Izgled Arena simulacijskog sustava s naglašenim dijelovima sučelja	11
Slika 8. Prikaz procesa provođenja simulacije za rad mašina i dobivanja rezultata u sučelju Tecnomatix Plant Simulation	12
Slika 9. Prikaz izgleda sučelja FlexSim s označenim elementima sučelja	13
Slika 10. Prikaz rada Simio sučelja u simulaciji planiranja rasporeda brodova.	14
Slika 11. Sučelje Simio8 koje prikazuje simulaciju pozivnog centra	15
Slika 12. Prikaz toka robe u skladištu pomoću AnyLogic	16
Slika 13. Provođenje simulacije proizvodnje u Simcad Pro s analizom podataka	17
Slika 14. Vrste simulacija od kojih se PTV Vissim sastoji	18

## Popis tablica

Tablica 1. Prikaz prednosti i nedostataka simulacijskih metoda	2
Tablica 2. Prikaz usporednih značajki simulacijskih programa	19
Tablica 3. Prikaz uporedbe korištenja simulacijskih programa	20

Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet prometnih znanosti  
Vukelićeva 4, 10000 Zagreb

## IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOSTI

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je \_\_\_\_\_završni rad\_\_\_\_\_

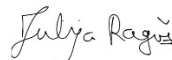
*(vrsta rada)*

isključivo rezultat mogega vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu, a što pokazuju upotrijebljene bilješke i bibliografija. Izjavljujem da nijedan dio rada nije napisan na nedopušten način, odnosno da je prepisan iz necitiranog rada te da nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem, također, da nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu završnog/diplomskog rada pod naslovom \_\_\_\_\_ Usporedbeni prikaz simulacijskih programskih alata \_\_\_\_\_, u Nacionalni repozitorij završnih i diplomskih radova ZIR.

Student/ica:

U Zagrebu, \_\_\_5. ruj. 22.\_\_\_\_\_



\_\_\_\_\_  
(ime i prezime, *potpis*)