Analiza primjene simulacijskih alata u prometu i logistici

Rudež, Andro

Undergraduate thesis / Završni rad

2017

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://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:470041

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**



Repository / Repozitorij:

Faculty of Transport and Traffic Sciences - Institutional Repository







SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Andro Rudež

ZAVRŠNI RAD

Analiza primjene simulacijskih alata u prometu i logistici

Zagreb, 2017.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI
ODBOR ZA ZAVRŠNI RAD

Zagreb, 25. travnja 2017.

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

ZAVRŠNI ZADATAK br. 4269

Pristupnik: **Andro Rudež (0068215393)**
Studij: Inteligentni transportni sustavi i logistika
Smjer: Logistika

Zadatak: **Analiza primjene simulacijskih alata u prometu i logistici**

Opis zadatka:

U radu je potrebno navesti teorijske osnove simulacija u prometu i logistici te posebno prikazati vrste simulacijskih alata i metoda. Potrebno je napraviti analitički prikaz simulacijskih alata koji se koriste u prometu i logistici.

Zadatak uručen pristupniku: 28. travnja 2017.

Mentor:

doc. dr. sc. Diana Božić

Predsjednik povjerenstva za završni ispit:

Sveučilište u Zagrebu

Fakultet prometnih znanosti

ZAVRŠNI RAD

ANALIZA PRIMJENE SIMULACIJSKIH ALATA U PROMETU I LOGISTICI

ANALYSIS OF SIMULATION TOOLS USE IN TRANSPORT AND LOGISTICS

Mentor: doc.dr. sc. Diana Božić

Student: Andro Rudež
JMBAG: 0068215393

Zagreb, rujan 2017.

Sadržaj

1. UVOD 1
2. TEORIJSKE OSNOVE SIMULACIJA U PROMETU I LOGISTICI 2
2.1. Transport, promet i logistika 2
2.2. Simulacije i modeliranje 4
3. VRSTE SIMULACIJSKIH ALATA 8
3.1. Vrste modela 8
3.2. Simulacijski alati 11
3.2.1. Alati za izradu diskretnih modela 11
3.2.2. Alati za izradu kontinuiranih modela 12
4. ANALITIČKI PRIKAZ SIMULACIJSKIH ALATA U PROMETU I LOGISTICI 13
4.1. Arena Professional Edition 13
4.2. Plant Simulation 14
4.3. FLEX Sim 15
4.4. Simio 16
4.5. SIMUL8 17
4.6. AnyLogic 18
4.7. Komparacija simulacijskih alata prema njihovim karakteristikama 20
5. ZAKLJUČAK 21

SAŽETAK

Logistika i logistički procesi predstavljaju složen sustav koji zahtjeva razne analize radi efikasnog djelovanja istog. S ciljem poboljšanja tog sustava koriste se simulacijski alati. Simulacija omogućuje eksperimentiranje na realnom sustavu kako bi se zaključilo koje elemente realnog sustava je potrebno izmjeniti kako bi se postiglo njegovo optimalno djelovanje.

U ovom radu teorijski se objašnjavaju osnove simulacija i simulacijskih modela koji se koriste u prometu i logistici. Također, prikazane su podjele modela obzirom na razne kriterije. Isto tako, objašnjeni su simulacijski alati za izradu pojedinih modela. Na kraju rada napravljena je analiza simulacijskih alata s primjenom u prometu i logistici.

Ključne riječi

Promet; logistika; simulacije; vrste simulacijskih alata

SUMMARY

Logistics and logistic processes represent a complex system that require different analyzes for the efficient operation of the same. Simulation tools are used to improve this system. The simulation allows real-time experimentation to determine which elements of the real system need to be modified to achieve its optimum effect.

This paper explains the basics of simulation and simulation models used in traffic and logistics. Also, model divisions are presented with respect to various criteria. Similarly, simulation tools for the production of particular models have been explained. At the end of the work, the analysis of simulation tools with application in traffic and logistics was made.

Key words

Traffic; Logistics; Simulation; Types of Simulation Tools

1. UVOD

Veliki napredak u području prometa i logistike iziskuje donešenje brzih i efikasnih odluka. Slijedom toga današnje vodeće svjetske tvrtke na području prometa i logistike koriste razne simulacijske alate kako bi optimizirali svoje poslovanje.

Simulacijski alati uvelike pridonose u razvoju logistike i prometnih sutava. Zbog visine troškova eksperimentiranja u realnom sustavu izrađuju se simulacijski modeli preko kojih se optimiziraju procesi u prometu i logistici.

Naslov rada je **Analiza primjene simulacijskih alata u prometu i logistici**.

Rad podijeljen je u pet poglavlja:

1. Uvod
2. Teorijske osnove simulacija u prometu i logistici
3. Vrste simulacijskih alata
4. Analitički prikaz simulacijskih alata u prometu i logistici
5. Zaključak

U drugom poglavlju se opisuje povezanost transporta, prometa i logistike, te su pojmovno objašnjeni isti. Nadalje, objašnjeni su pojmovi simulacija i kako dolazi do izrade modela u simulaciji.

Treće poglavlje odnosi se na vrste modela, odnosno vrste simulacijskih alata koji se koriste u za izradu modela.

Četvrto poglavlje analitički prikazuje simulacijske alate, gdje se koriste, koja im je primjena te njihove mogućnosti. Izrađena je usporedba tih alata te su navedene njihove glavne karakteristike.

U petom poglavlju su prikazana zaključna razmatranja.

2. TEORIJSKE OSNOVE SIMULACIJA U PROMETU I LOGISTICI

U ovom poglavlju će se pojmovno odrediti promet i logistika kao i povezanost istih. Također, teorijski će se obraditi simulacije, biti će objašnjeni razlozi zbog kojih koristimo simulacije kao i načini korištenja simulacija pomoću kojih se može učinkovitije i lakše savladati bilo koji problem s područja prometa i logistike.

2.1. Transport, promet i logistika

Pojmovi transport, promet i logistika su usko povezani pojomovi i često dolazi do njihova miješanja. Upravo zbog te činjenice, u ovom poglavlju će se definirati svaki od pojmova i detaljno će se objasniti područje njihovih aktivnosti i djelovanja.

Transport i transportnu djelatnost se definira kao djelatnost koja osim prijevoza uključuje i sve druge aktivnosti vezane uz proces premještanja ljudi i dobara s jednog na drugo mjesto.Ove aktivnosti obuhvaćaju sve radnje i procese vezane uz pripremu i odabir vozila, prijevoznu dokumentaciju, pripremu putnika i robe za proces prijevoza i premještanja kao i druge djelatnosti vezane uz realizaciju transportnog procesa.[1]

Promet se može definirati kao gospodarska djelatnost čija je zadaća zadovoljenje potreba za premještanjem ljudi i dobara u prostoru, uzimajući pritom u obzir i vrijeme potrebno za realizaciju tog procesa, a u tom procesu su sadržani prijevoz, transport, dodatne usluge kao što su agencijski poslovi, burze prijevoznih kapaciteta, skladištenje i druge aktivnosti.[2]

Iz navedenog proizlazi da se prometna usluga razlikuje od transportne po tome što ona osim same promjene mjesta robe obhvaća i neke daljnje uslužne komponente.[3]

Također, pojam logistike je potrebno detaljno objasniti. Povezanost logistike s prometom i transportom nalazi se u činjenici da logistika podrazumijeva pravi proizvod u pravo vrijeme. Bez funkcioniranja sva tri sustava kao cijeline, to ne bi bilo moguće. Primjerice, ako maloprodajno poduzeće želi točno određenu količinu proizvoda da bi zadovoljili krajnje kupce na vrijeme, potrebno je pravovremeno odabrati prometno poduzeće koje bi tu uslugu i obavilo. Ukoliko, prometna usluga nije pravovremeno zahtjevana, krajnji proizvodi neće biti dostavljeni na vrijeme. Stoga, jako je bitno uskladiti sva tri navedena sustava kako bi se pružila kompletna logistička usluga. U nastavku rada pojmovno će biti objašnjen pojam logistike.

Potreba uvođenja logistike došla je u uvjetima kada ponuda dobara nije mogla podmiriti postojeću potražnju te je zadaća poduzeća bila iznaći način povećanja obujma

[1] Ivaković Č., Stanković., Stanković R., Šafran M.:Špedicija i logistički procesi, Fakultet prometnih znanosti,Zagreb,2010.
[2] Ibidem
[3] Ibidem

proizvodnje i unapređenje proizvodnosti rada. To se postizalo tehničko-tehnološkim razvojem, automatizacijom i racionalizacijom, no kasnije se javlja problem zasićenosti tržišta. Time se problem iz proizvodnje prebacuje na prodaju čime raste i značaj prodaje i marketinga. [4]

Logistika podrazumijeva sustavni pristup upravljanja i kontrole fizičkog tijeka materijalnih dobara i potrebnih informacija koje poduzeće šalje na tržište i prima s tržišta, a sadrži: naručivanje, upravljanje skladištem, upravljanje zalihama, manipulaciju s robom, vanjski i unutrašnji transport, informacijski logistički sustav.[5]

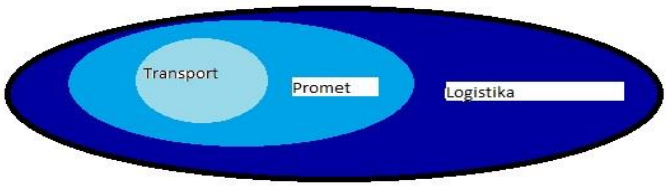
Logistika i logističke aktivnosti temelje se na osnovnim načelima kao što su:[6]

- kvalitetan proizvod,
- u pravo vrijeme,
- na pravom mjestu,
- uz najniže troškove.

U okvire logistike ulaze izvršni poslovi u području nabave, skladištenja, unutarnjeg transporta, rukovanja sirovinama, robom, poluproizvodima te primjena modela odlučivanja o obavljanju tih aktivnosti. Zadaće logistik protežu se na cijelo poduzeće, a ne samo kroz jednu poslovnu funkciju.[7].Prilikom planiranja tih poslova poželjno je predvidjeti ishode izvršenih poslova te se zbog toga koriste razne simulacije za što bolju uspješnost.

Slika 1. prikazuje povezanost svih sustava. Kao što se može uočiti logistika predstavlja najšire područje. Transport podrazumijeva premještanje ljudi i tereta s jednog mjesta na drugo. Zadaća prometa je zadovoljenje potreba za premještanjem ljudi i tereta, uzmajući u obzir vijeme , prijevoz, transport te druge dodatne usluge. Osnovni zadatak logistike je krajnjem korisniku omogućiti JIT (*eng. Just in time)* sustav pravi proizvod na pravom mjestu u pravo vrijeme. Važni elementi logistike za ispunjavanje toga zadatka su transport, nabava, skladištenje, distibucija.

[4] http://www.logistika.bloger.index.hr/
[5] Šamanović, J.: Logistički i distribucijski sustavi
[6] Ibidem
[7] http://www.logistika.bloger.index.hr/



Slika 1. Prikaz povezanosti transporta, prometa i logistike

Izvor: Izradio autor prema Ivaković Č., Stanković., Stanković R., Šafran M.:Špedicija i logistički procesi, Fakultet prometnih znanosti,Zagreb,2010.

2.2. Simulacije i modeliranje

Mnoga poduzeća za poboljšanje svog poslovanja koriste simulacije. Simulacija predstavlja model realnog sustava i omogućuje eskperimentiranje na realnim sustavima. Primjenom simulacija se omogućuje mjenjanje ulaznih podatka, te simulacije daju odgovor na pitanje „što će se dogoditi ako...“. Stoga, poboljšanje poslovanja bilo kojeg sustava je nezamislivo bez simulacija i u ovom poglavlju će se detaljno objasniti teorijske osnove simulacija kao i njihovo korištenje.

Simulacija je proces rješavanja realnih problema izvođenjem eksperimenata na simulacijskom modelu. Realni sustavi ili pojave oponašaju se simulacijskim modelom u svrhu ispitivanja, odnosno izvođenja zaključaka o njihovom funkcioniranju.[8] Osnovni koncept simulacijskog modeliiranja je sljedeći: stvarni sustav (postojeći ili još nepostojeći) opisuje se modelom. Stanje sustava predstavljeno je stanjem modela koje je određeno varijablama stanja. Model reprezentira sustav sa željenom razinom aproksimacije. Izrada modela naziva se modeliranje, a model se zadaje simulacijskim jezikom. Nakon što je izrađen model, pristupa se samom simuliranju koje se odvija izvođenjem posebnog programa simulatora na računalu. Rad simulatora je upravljan modelom. Izvođenjem simulacije dobivaju se različiti podatci koji se mogu upotrijebiti u razne svrhe.[9]

Za simulaciju je dakle karakterističan široko primjenjiv pristup u kojem se neka pojavnost promatra kao sustav, koji se dalje može proučavati uz pomoć računala. Iz ovoga slijedi da je simulacija naročito korisna kada je promatrani sustav vrlo složen, tj. kada se

[8] Stanković R.: Nastavni materijali iz kolegija Osnove simulacija u prometu i logistici, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2017.
[9] http://docbook.rasip.fer.hr/ddb/public/index.php/publication/html/rasipbook/id/3?chapter=1.1.1

sastoji od velikog broja podsustava i veza gdje neke veličine imaju vjerojatnosni karakter ili čak nisu ni poznat.[10]

Simulacije se upotrebljavaju za različite procese kao što su: [11]

- sustavi proizvodnje
- sustavi uslužnih djelatnosti
- prognoziranje prodaje na tržištu uz promjene cijena ili dr. uvjeta
- planiranje zaliha (npr. Monte-Carlo simulacija)
- alokacija resursa (investicijsko odlučivanje)

Simulacijski proces odvija se u više koraka: [12]

1. Definicija cilja simulacijske studije

2. Identifikacija sustava

3. Prikupljanje i analiza podataka o sustavu

4. Izgradnja simulacijskog modela i simulacijskog programa

5. Vrednovanje simulacijskog modela

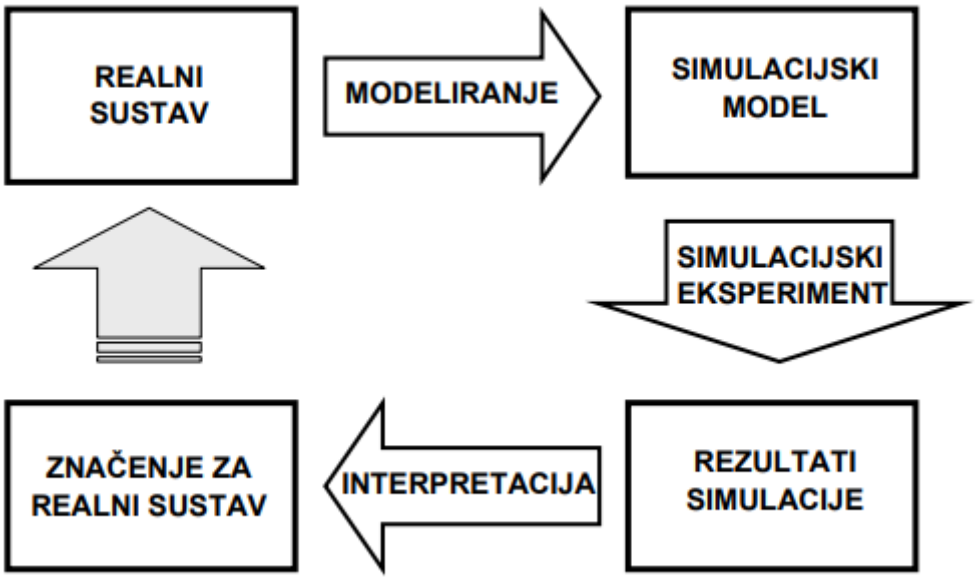
6. Planiranje i izvođenje simulacijskih eksperimenata

7. Analiza rezultata eksperimenata

8. Zaključci i preporuke

Slika 2. prikazuje postupak simulacijskog procesa. Kao što se može zaključiti, prvi korak u tom procesu je eksperimentiranje s realnim sustavom. Nakon izrade simulacijskog modela potrebno je mijenjati ulazne podatke i uočiti promjene koje se dogode na modelu. Dobivene promjene je potrebno interpretirati na realnom sustavu, s ciljem njegovog poboljšanja.

[10] Ibidem
[11] http://www.logistika.bloger.index.hr/
[12] http://e-student.fpz.hr/Predmeti/O/Osnove_simulacija_u_prometu_i_logistici/Materijali/Predavanje2.pdf



Slika 2. Simulacijski proces

Izvor: https://bib.irb.hr/datoteka/347082.modeliranje_i_simulacija_-_v2a2.pdf

Simulacija daje podatke o mogućem ponašanju stvarnog sustava u ovisnosti od nekih početnih uvjeta. S dobro planiranom i izvedenom simulacijom može se postići vrlo visoka točnost opisivanja procesa u realnom sustavu .U praksi se simulacije koriste za verifikaciju analitičkih modela, odnosno za ispitivanje ponašanja nekog sustava, tj. njegove reakcije na različite parametre. Sama simulacija ne vrši optimizaciju, ali se može koristiti za izbor najpogodnije varijante.[13]

Simulacije se također primjenjuju u gotovo svim granama znanosti, medicine, te u politici i ekonomiji. Ciljevi simulaciju su: strateško mišljenje, financijske analize , marketinške analize , operacije , timski rad , vođenje i sl.[14]

Model je pojednostavljena reprezentacija realnog svijeta (sustava koji predstavlja područje našeg interesa) i fokusiran je na elemente koji su bitni modelaru za izradu analize od njegovog interesa.[15] Model je zapravo apstraktna prezentacija realnog sustava, a vrši se radi boljeg razumijevanja njegovog funkcioniranja, te dobivanja određenih podataka o njemu. Modelom će se , naime, nazivati kopija, prikaz, slika ili prezentaciju nekog realnog sustava, koja je napravljena da bi se prikazao taj sustav i omogućilo njegovo daljnje proučavanje i upoznavanje.[16] Model se temelji na teoretskoj osnovi a ta teorija povezuje realni sustav i njegov model. Za razliku od teorije model je konkretniji i lakše se kontrolira, jer je nastao uz

[13] http://e-student.fpz.hr/Predmeti/O/Osnove_simulacija_u_prometu_i_logistici/Materijali/Predavanje2.pdf
[14] http://www.efos.unios.hr/poslovne-simulacije/wp-content/uploads/sites/180/2013/04/P1_Pojam-simulacija1.pdf
[15] http://e-student.fpz.hr/Predmeti/S/Simulacije_u_prometu/Materijali/Nastava_14_03_2012.pdf
[16] https://bib.irb.hr/datoteka/347082.modeliranje_i_simulacija_-_v2a2.pdf

određenu simplifikaciju nekih ključnih elemenata teorije. Sposobnost izbora odgovarajućeg modela i njegova prilagodba promatranom problemu su ključni element postupka planiranja.[17]

Iako za proces izradbe modela nema striktnih pravila, dugo iskustvo velikoga broja ljudi koji su se time bavili dovelo je do nekih općih preporuka za izradu simulacijskih modela koje je formulirao G. Gordon:[18]

1. Granica sustava s okolinom mora biti odabrana tako da sustav, odnosno njegov model, obuhvaća samo fenomene od interesa. Okolina sustava modelira se tako da se ne uključuju detalji i uzročne veze među njima, nego se daje samo njihov sažeti prikaz (npr. slučajna razdioba dolazaka u sustav).
2. Modeli ne smiju biti odveć složeni ni detaljni, nego treba modelirati samo relevantne elemente sustava. Odviše složene i detaljne modele teško je ili čak nemoguće razumjeti i vrjednovati, što znači da su i njihov razvoj i uporaba teški i neizvjesne kvalitete.
3. Model ne smije niti odveć pojednostavniti problem npr. izbacivanjem varijabli nužnih za adekvatni opis sustava ili odveć velikim stupnjem agregiranja komponenti sustava.
4. Model je razumno rastaviti na više dobro definiranih i jednostavnih modula s točno određenom funkcijom koju je lakše izgraditi i provjeriti.
5. U razvoju modela preporučuje se primjena neke od provjerenih metoda za razvoj algoritma i programa koje trebaju omogućiti bolje razumijevanje modela i pojedinih njegovih modula u svim fazama razvoja modela.
6. Potrebna je provjera logičke i kvantitativne ispravnosti modela, i to kako pojedinačnih modula, tako i cijelog modela. Kod modela koji uključuju slučajne varijable to znači i primjenu odgovarajućih statističkih tehnika.

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. Primjena simulacija u prometu je jedna od najbitnih stvari za njegovo unaprijeđenje a može se koristiti u raznim situacijama kao što su: simuliranje automobilske nesreće, planiranje cestovnih raskrižja, dizajniranje prometnih sustava u gradovima, autocestama, željeznicama i sl.

U logistici je također simulacija bitna za dizajniranje i analizu proizvodnog procesa, dizajniranje opskrbnog lanca, dizajniranje uslužnih sustava poput trgovačkih centara, banaka, bolnica, dizajniranje transportnih sustava poput brodskih i zračnih luka, autobusnih i željezničkih terminala.

[17] http://e-student.fpz.hr/Predmeti/S/Simulacije_u_prometu/Materijali/Nastava_14_03_2012.pdf
[18] https://bib.irb.hr/datoteka/347082.modeliranje_i_simulacija_-_v2a2.pdf

3. VRSTE SIMULACIJSKIH ALATA

U ovom poglavlju će se pojasniti vrste modela, te će se objasniti simulacijski alati koji služe za izradu pojedinih modela.

3.1. Vrste modela

Dvije su glavne metode simulacijskog modeliranja: simulacija diskretnih događaja i kontinuirana simulacija čija je posebna podvrsta sistemna dinamika . Svrha je simulacije diskretnih događaja detaljan prikaz ponašanja realnoga sustava uz uporabu stohastičkih varijabli. U modelima sistemne dinamike agregiraju se entiteti i događaji u odjeljke i tokove kako bi se simuliralo ponašanje sustava sa povratnom vezom (engl. feedback loop) za koje se pretpostavlja da su deterministički po svojoj naravi iako uključuju varijable probabilističkih karaktera (brzine ili vjerojatnosti prelaska iz jednog u drugi odjeljak).[19]

Podjela modela: [20]

- prema strukturi na fizičke i apstraktne
- prema ponašanju u vremenu na statičke i dinamičke
- prema načinu rješavanja na konceptualne,matematičke i simulacijske.

Fizički model je manja ili veća fizička kopija nekog objekta. Objekt koji se modelira može biti mali (na primjer, atom) ili velik (na primjer, Sunčev sustav).[21]

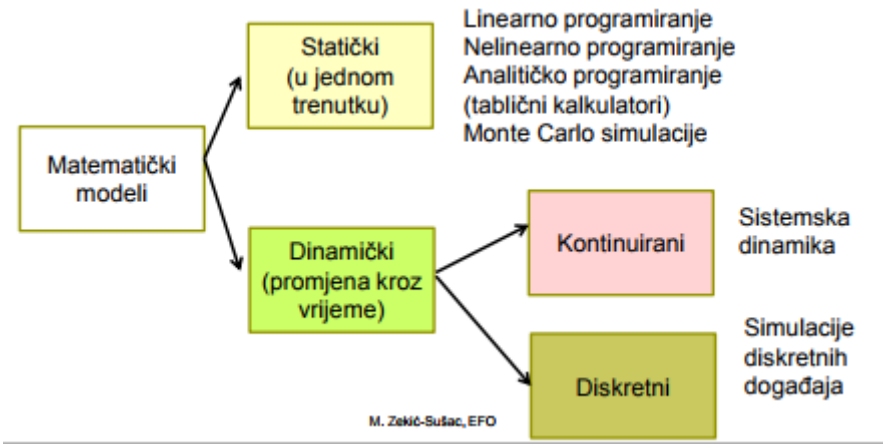
Apstraktni modeli zovu se tako jer su pojedini elementi (ili varijable) tih modela prikazane simbolima ili brojčanim vrijednostima, dakle apstraktnim pojmovima.[22]

Statički modeli ne ovise o vremenu, zapravo su prikaz sustava u jednom trenutku. Statički modeli se upotrebljavaju za opisivanje sustava u stacionarnom stanju.[23]

Dinamčki modeli uključuje vrijeme u modelu, te predstavljaju sustave koji se razvijaju vremenski.[24]

Navedeni modeli su prikazani Slikom 3.

[19] https://bib.irb.hr/datoteka/347082.modeliranje_i_simulacija_-_v2a2.pdf
[20] Ibidem
[21] https://www.slideshare.net/dipongkersen81/all-types-of-modelsimulation-modelling
[22] https://bib.irb.hr/datoteka/347082.modeliranje_i_simulacija_-_v2a2.pdf
[23] Ibidem
[24] Ibidem



Slika 3. Vrste modela

Izvor:http://www.efos.unios.hr/poslovne-simulacije/wp-content/uploads/sites/180/2013/04/P1_Pojam-simulacija1.pdf

Može se također reći da su tri vrste modela prema ovoj, posljednjoj podjeli zapravo tri stupnja razvoja. Simulacijski se modeli dalje dijele prema dvama kriterijima, prema vrsti varijabli u modelu i prema načinu na koji se mijenja stanje modela u vremenu.[25]

Prema izvjesnosti/neizvjesnosti rezultata modeli se mogu podijeliti na determinističke i stohastičke a prema načinu na koji se mijenja stanje modela razlikuju se modeli diskretnih događaja i modeli kontinuiranog stanja te miješani kontinuirano-diskretni modeli.[26]

Deterministički model je model u kojem su ishodi poznati, oni koji se mogu predvidjeti, određeni ulazni podaci daju uvijek iste izlazne podatke.

Stohastički model s druge strane predstavlja situaciju u kojoj postoji neizvjesnost, drugim riječima stohastički model karakterizira slučajno ponašanje.

Simulacija može biti vremenski kontinuirana (slika 5) ili vremenski diskretna (slika 4).

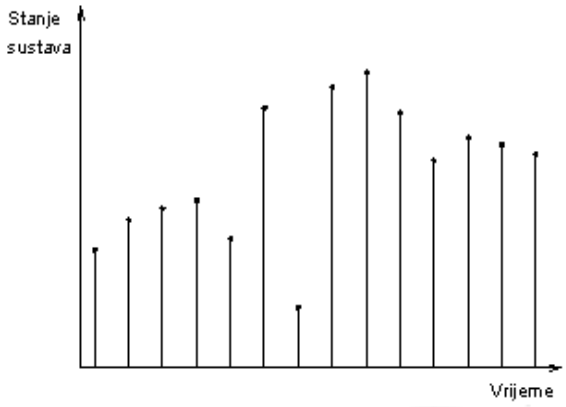
Vremenski diskretnom simulacijom se opisuju promjene stanja sustava koje se događaju samo u nekim vremenskim trenutcima. Modeli sadrže objekte određenih svojstava koji svojim međudjelovanjem u aktivnostima uzrokuju promjene stanja sustava u vremenu. Entiteti (objekti) ovih modela mogu biti stalni ili privremeni i imaju atribute. Stalni entiteti (ili resursi) ostaju u modelu tijekom čitavog vremena trajanja simulacije dok su privremeni entiteti oni koji prolaze kroz sustav. Atributima entiteta opisuju se njihova svojstva (svaki entitet može imati više atributa). Definiraju se klase entiteta i skupovi entiteta (grupe entiteta pojedine klase koji imaju neka zajednička svojstva). S obzirom na mogućnosti dinamičke promjene svojstava, entiteti se mogu tijekom simulacije premještati iz skupa u skup, ali i mijenjati vrijednosti atributa. Repovi čekanja čine grupu privremenih entiteta koji čekaju da se oslobodi neki resurs. Koristeći se ovim pojmovima, može se diskretna simulacija ukratko

[25] https://bib.irb.hr/datoteka/347082.modeliranje_i_simulacija_-_v2a2.pdf
[26] Ibidem

opisati ovako: entiteti koji imaju atribute međudjeluju u aktivnostima uz određene uvjete stvarajući događaje koji mijenjaju stanje sustava.[27]

Simulacija diskretnih događaja modelira rad sustava kao diskretni niz događaja u vremenu. Svaki se događaj pojavljuje u određenom trenutku u vremenu i označava promjenu stanja u sustavu.Između uzastopnih događaja u sustavu nema pretpostavke da su se dogodile promjene u sustavu.Takva simulacija može izravno preskakati sa jednog događaja na drugi.[28] Kod diskretnog vremena stanje sustava određeno je samo u nekim trenucima i oni mogu biti međusobno jednoliko ili različito udaljeni. Promjena iz stanja u stanje odvija se skokovito. To je u kontrastu s kontinuiranom simulacijom u kojoj simulacija vremenom prati dinamiku sustava. Kod kontinuiranog vremena stanje sustava je određeno u svim trenucima Za razliku od diskretne, potonja 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] Budući da simulacije diskretnih događaja ne moraju simulirati svaki dio vremena, obično se kreću mnogo brže od odgovarajuće kontinuirane simulacije. Ovdje treba naglasiti da se češće govori općenito o kontinuiranoj i diskretnoj simulaciji. Tada se pod kontinuiranom simulacijom misli na vremenski kontinuiranu simulaciju s kontinuiranim varijablama stanja. Pod diskretnom simulacijom se misli na vremenski diskretnu simulaciju s diskretnim varijablama stanja.[30]

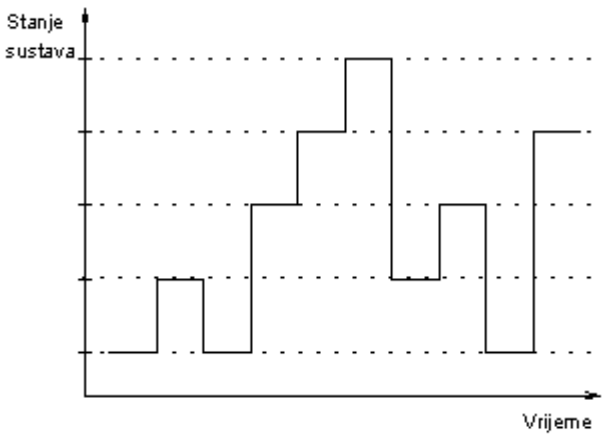
Miješani simulacijski modeli sadrže i kontinuirane i diskretne varijable.



Slika 4. Prikaz diskretnog stanja sustava

Izvor: http://docbook.rasip.fer.hr/ddb/public/index.php/publication/html/rasipbook/id/3?chapter=1.1.3

[27] https://bib.irb.hr/datoteka/347082.modeliranje_i_simulacija_-_v2a2.pdf
[28] Robinson S.,Simulation – The practice of model development and use, 2004.
[29] http://heather.cs.ucdavis.edu/~matloff/156/PLN/DESimIntro.pdf
[30] http://docbook.rasip.fer.hr/ddb/public/index.php/publication/html/rasipbook/id/3?chapter=1.1.3



Slika 5. Prikaz kontinuiranog stanja sustava

Izvor: http://docbook.rasip.fer.hr/ddb/public/index.php/publication/html/rasipbook/id/3?chapter=1.1.3

Neki od alata za simuliranje diskretnih slučajeva su: Arena Professional Edition, FlexSim, SIMUL8, Plant simulation, Simio. Simulacijski alat za simuliranje kontinuiranih i kombiniranih diskretno-kontinuiranih slučajeva je AnyLogic.

Svi navedeni alati će biti detaljnije pojašnjeni u nastavku rada. Pritom će se analizirati njihova primjena u prometu i logistici.

3.2. Simulacijski alati

Kao što je ranije navedeno, realni sustavi ili pojave oponašaju se simulacijskim modelom u svrhu isptivanja, odnosno o poboljšanju njhova rada. Prema prikazanim podjelama modela postoje adekvatni simulacijski alati za izradu istih. U nastavku rada će biti objašnjene vrste simulacijskih alata za izradu diskretnih i kontinuiranih modela.

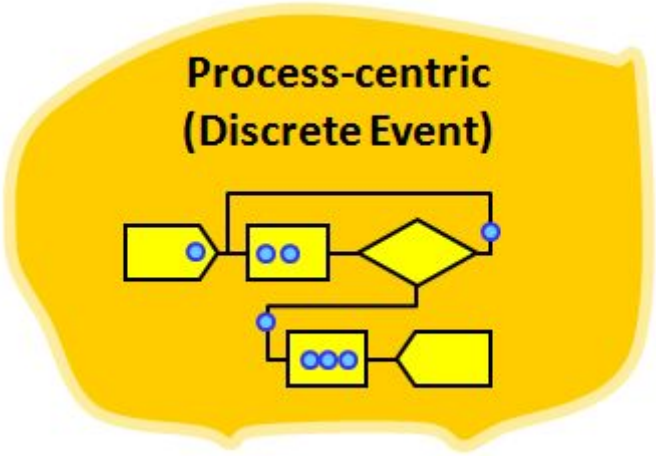
3.2.1. Alati za izradu diskretnih modela

Prilikom analize raznih procesa, često se radi podjela procesa na dijelove s ciljem pojednostavljenja analize. Primjer takvog događaja mogu biti: dolazak potrošača u trgovinu, utovar robe u prijevozno sredstvo, plasiranje novog proizvoda na tržište ili procesi skladištenja robe. [31]

Pri korištenju alata za izradu diskretnih modela proces se prikazuje kao slijed događaja. Primjerice, putanja teretnog vlaka od točke A do točke B modelira se kao dva diskretna događaja,odlazak i dolazak vlaka. [32]

Slika 6. prikazuje izradu diskretnog događaja. Kao što se može uočiti ulazni entiteti su pasivni, ali mogu imati razne atribute koji mogu utjecati na sam „put“ entiteta kroz proces.

[31] https://www.anylogic.com/use-of-simulation/discrete-event-simulation/
[32] Ibidem



Slika 6. Prikaz modela diskretnog događaja

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

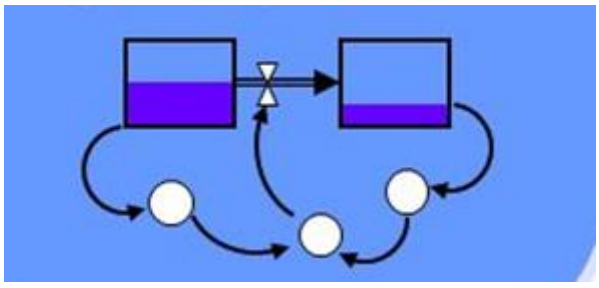
3.2.2. Alati za izradu kontinuiranih modela

Alati za izradu kontinuiranih modela koriste se za simulaciju dugoročnih strateških procesa i pretpostavljaju visoko razinu agregacije objekata koji se modeliraju.[33]

Ljudi, proizvodi, događaji i ostali diskretni predmeti zastupljeni su u modelu po svojim količinama tako da gube pojedinačna svojstva.[34]

Ukoliko su pojedinačni podaci važni prelazi se na diskretne modele.

Slika 7. se može objasniti na primjeru proizvodnog procesa unutar kompanije. Individualne razlike radnika ne igraju ulogu, koliko njihov broj (količina).



Slika 7. Prikaz kontinuiranog sustava

Izvor: https://www.anylogic.com/use-of-simulation/system-dynamics/

[33] https://www.anylogic.com/use-of-simulation/system-dynamics/
[34] Ibidem

4. ANALITIČKI PRIKAZ SIMULACIJSKIH ALATA U PROMETU I LOGISTICI

Simulacija diskretnih događaja i kontinuiranih sustava su dva pristupa modeliranju koja se široko koriste kao alati za podršku u logistici, upravljanju opskrbnim lancem i prometnim sustavom.

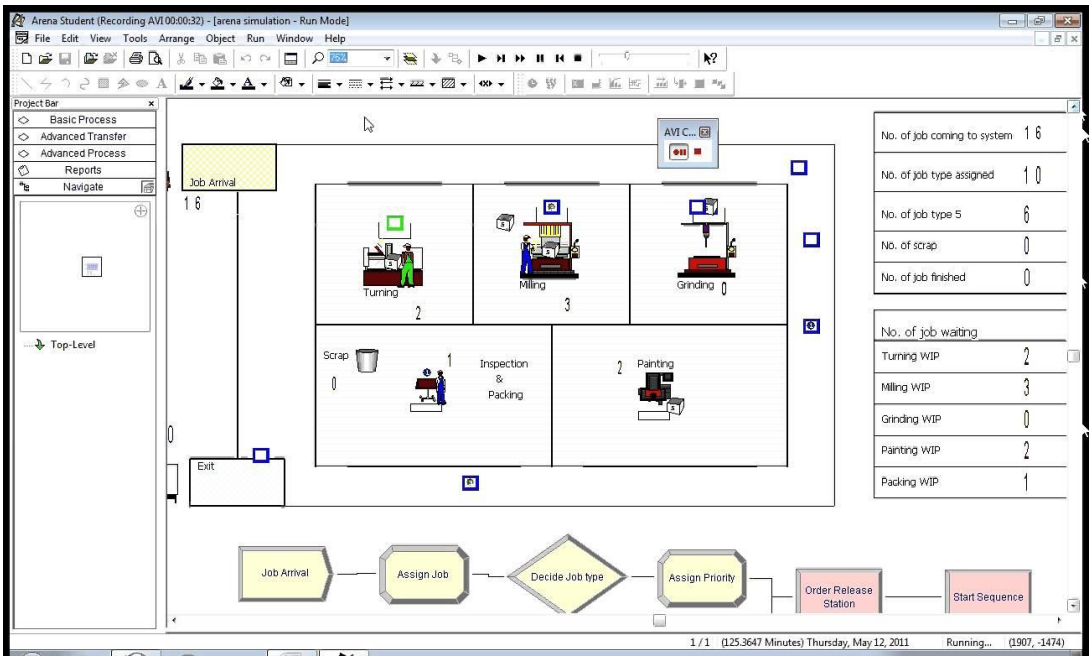
4.1. Arena Professional Edition

Arena Professional Edition[35] je simulacijski program tvrtke Rockwel Automation za diskretne događaje. Arena se koristi za simulaciju i analizu postojećih i predloženih sustava kao i analizu poslovanja.Primjenjuje se za simulaciju proizvodnje, kapacitet kontejnerskih terminala, opskrbnog lanca i logistike. Jednostavan je alat pri izradi simulacije logističkog procesa. Koristi metodologiju modeliranja koja omogućuje izgradnju logističkog procesnog toka u brzom i intuitivnom sučelju. Zahvaljujući 2D i 3D animacijskim mogućnostima omogućuje izgradnju simulacija i vizualizaciju rezultata. Ima mogućnost izrade prilagođenih prikaza podataka o modelu kako bi se jednostavnije razumjelo što se događa u procesu.

Kompatibilna je sa većinom operacijskih sustava Windows (Windows xp i noviji), ali ne i sa operacijskim sustavom Linux. Može koristiti drugi softver za obavljanje specijaliziranih funkcija kao što je OptQuest. Ima mogućnost pokretanja vanjskim programom te je omogućena kontrola vanjskim programom.Posjeduje korisničku podršku, tečajeve obuke i internet podršku. Komercijalni je alat ali postoje i studentske verzije. Valja naglasiti da se studentska verzija može dobiti besplatno[36]. Jedan od mnogobrojnih razloga zašto je simulacijski softver Arena odabir toliko svjetskih sveučilišta i fakulteta jest da nudi izbor za potrebe svih akademija. Arena Student verzija pruža funkcionalnost Arena Professional Edition, sa nekim ograničenjima. Za profesore čiji nastavni materijali i primjeri zahtijevaju više od inačice Arena Student, sveučilišta i akademske institucije mogu licencirati Arena Academic Laboratory paket temeljen na Arena Professional Editionu, uz dodatak OptQuest za optimizaciju. Arena paket istraživanja namijenjen je profesorima i studentima koji izvode akademske istraživačke studije na razini sveučilišta.[37]

Na slici 8. prikazana simulacije skladišta u Arena simulacijskom softveru.

[35] https://www.arenasimulation.com/
[36] http://www.orms-today.org/surveys/Simulation/
[37]https://www.arenasimulation.com/



Slika 8. Primjena Arene u simulaciji skladišta

Izvor: https://i.ytimg.com/vi/6Ele1bhcBSY/maxresdefault.jpg

Jedan od glavnih nedostataka Arena simulacijskog alata je činjenica da simulira samo jedan dio logističkih procesa. Iako bez sumnje pomaže u organizaciji nekih dijelova logističkih procesa, poput skladištenja.Nema mogućnosti simulacije cijelog opskrbnog lanca. Gledano sa tehničke strane ima lošije grafičko sučelje od ostalih alata, zahtjeva poznavanje programiranja u slučaju grešaka i jedan je od najskupljih simulacijskih alata na tržištu.

4.2. Plant Simulation

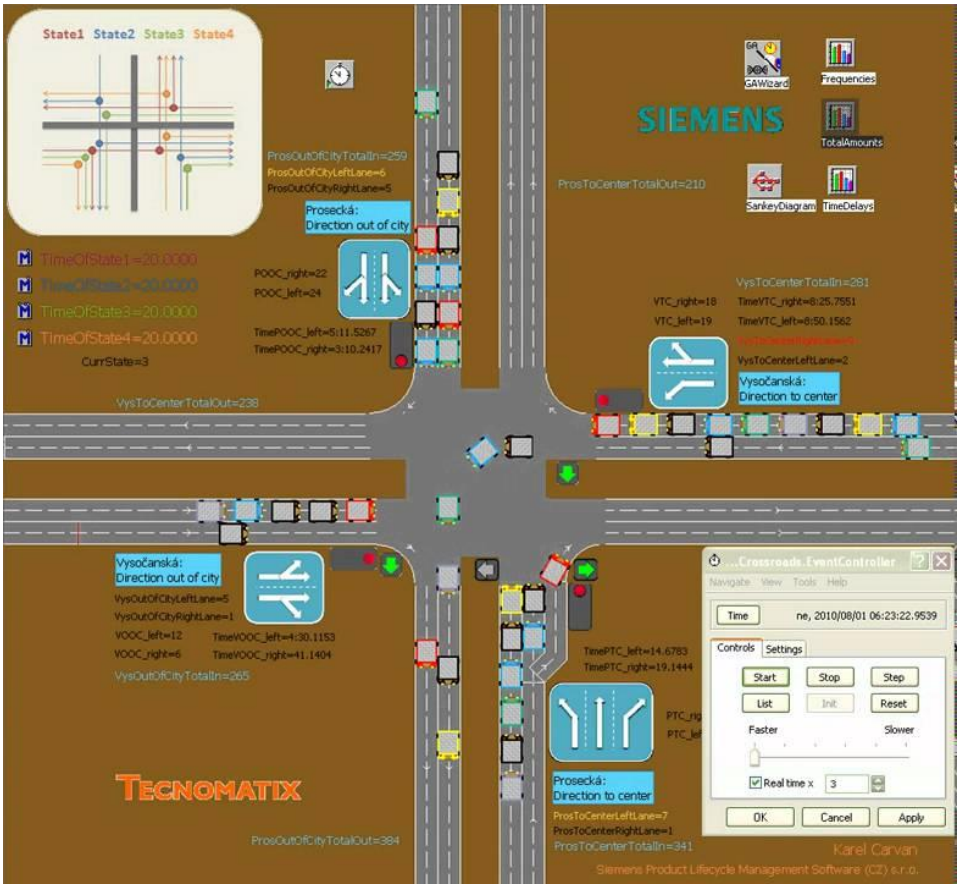
Plant Simulation[38] je alat za simulaciju diskretnih događaja koji pomaže u izradi digitalnih modela logističkih sustava (kao što je proizvodnja), tako da može istražiti karakteristike sustava i optimizirati njegovu učinkovitost.Ima mogućnost vizualizacije, analize i optimizacije protoka materijala, i logistike. Ti digitalni modeli omogućuju pokretanje eksperimenata i scenarija bez narušavanja postojećih proizvodnih sustava ili kada se koristi u procesu planiranja, mnogo prije nego što su ugrađeni pravi proizvodni sustavi. Opsežni alati za analizu, poput analize uskog grla, statistike i grafikona, omogućuju procjenu različitih scenarija proizvodnje. Rezultati pružaju informacije potrebne za brzu, pouzdanu i pametniju odluku u ranoj fazi planiranja proizvodnje.

Pomoću Plant simulationa može se modelirati i simulirati proizvodne sustave i njihove procese. Osim toga, može se optimizirati tijek materijala, iskoristivost resursa i logistiku za sve razine planiranja, od globalnih proizvodnih postrojenja, preko lokalnih postrojenja, do određenih linija. Svjetski je lider u 3D logističkom modeliranju. Koristi se sa Windows

[38] https://www.plm.automation.siemens.com/en/products/tecnomatix/manufacturing-simulation/material-flow/plant-simulation.shtml

operacijskim sustavima i može koristi drugi softver za obavljanje speciliziranih funkcija kao što su Matlab, C dlls, MS-Excel, SAP, Simatic IT, Teamcenter, Autocad, Microstation. Studentska verzija je besplatna, dok cijena standardne verzije ovisi o paketima koji se kupuju.

Slika 9. prikazuje korištenje Plant Simulation simulacijskog softvera prilikom izrade simulacije prometnog raskrižja.



Slika 9. Primjena Plant simulationa u prometu

Izvor: https://i.ytimg.com/vi/ma0PGET3yNQ/maxresdefault.jpg

4.3. FLEX Sim

FlexSim[39] je 3D simulacijski softver koji modelira, simulira, predviđa i vizualizira sustave u proizvodnji, rukovanja materijalima, skladištenju, rudarstvu, logistici.

Kao tvrtka s visokom tehnologijom, postigli su napredovanje u simulacijskoj tehnologiji u smislu fleksibilnosti, jednostavnosti korištenja, prilagodbe, 3D grafike. Simulacijski programski alat Flexsim koristi se za simuliranje diskretnih događaja, odnosno za simulaciju skladišnih procesa, procesa na kontejnerskim terminalima, u zračnim lukama i proizvodnim pogonima. Simulacijski programski alat omogućuje razvoj trodimenzionalnih

[39] https://www.flexsim.com/

modela te omogućava visoku razinu preslika stvarnih sustava u simulacijski model. Značajke simulacijskog programskog alata:[40]

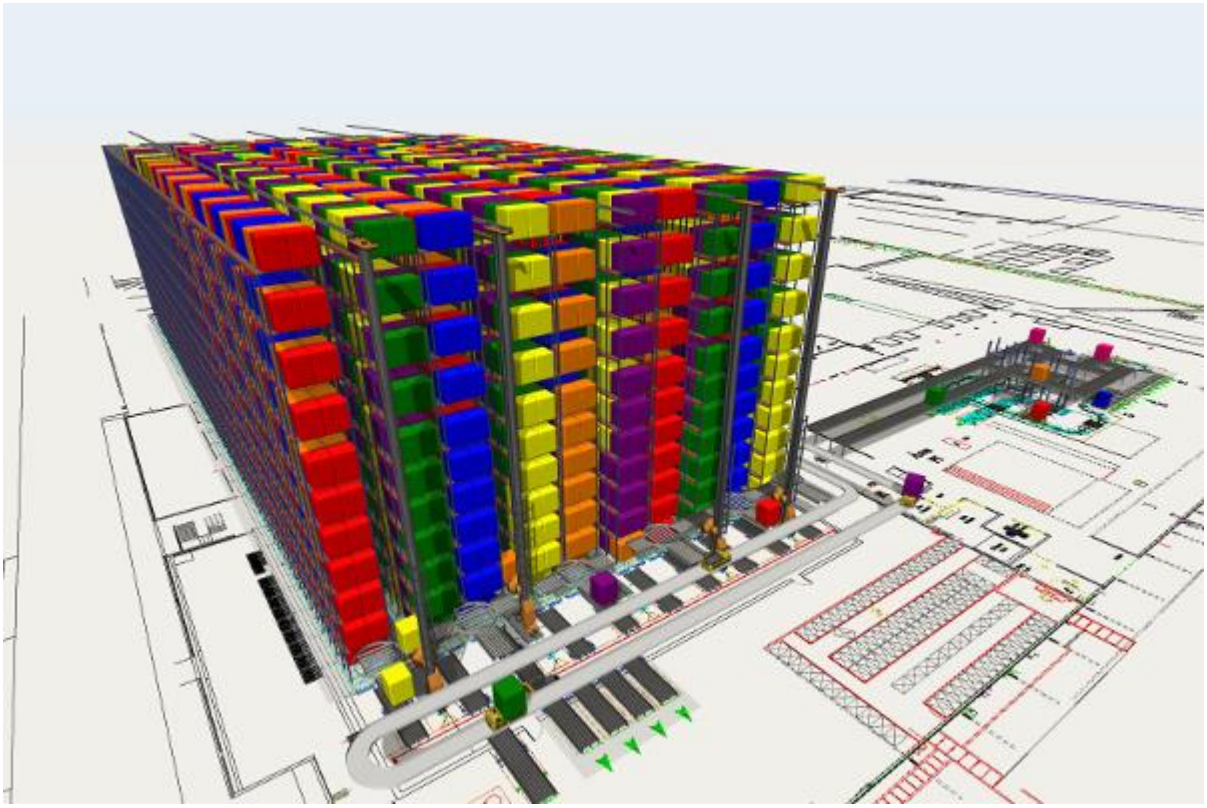
• definiranje međuodnosa objekata

• izvođenje simulacijskih eksperimenata

• pregled statističkih podataka

Mana ovog simulacijskog alata je nedostatak gotovih objekata za upotrebu pri simuliranju logističkih procesa. Time se mora dodatno ulagati u obuku radnika čime se gubi na vremenu i novcu.

Slika 10. prikazuje uporabu FlexSima kod simulacije skladišta.



Slika 10. Prikaz 3D simulacije skladišnog prostora u FlexSimu

Izvor: http://www.flexcon.it/wp-content/uploads/2015/03/16-02-2015-15-25-43-web.png

4.4. Simio

Simio[41] je alat za modeliranje koji kombinira jednostavnost objekata s fleksibilnošću procesa kako bi osigurao brzu sposobnost modeliranja bez potrebe za programiranjem. Simio se može koristiti za predviđanje i poboljšanje performansi dinamičkih i složenih sustava u

[40] http://static.fpz.hr/FPZWeb/files/katalog-laboratorijske-opreme/Laboratorij-za-simulacije-u-logistici.pdf

[41] https://www.simio.com/

vojsci, zračnim lukama, proizvodnji, lancu opskrbe, lukama(kao što je prikazano Slikom 11.) i drugim disciplinama. Simio jednostavno sučelje „povlačenjem i ispuštanjem“ omogućuje korisnicima stvaranje modela brzo i jednostavno. Omogućuje korisniku da brzo izgradi točne 3D modele i objektivno analizira alternative za smanjenje rizika i poboljšanje performansi. Ukratko, Simio je simulacijski softver s vrhunskom fleksibilnošću i sposobnošću brzog modeliranja.



Slika 11. Prikaz simulacije brodske luke koristeći Simio softver

Izvor: https://i.ytimg.com/vi/IgphidSlJSE/maxresdefault.jpg

4.5. SIMUL8

SIMUL8[42] simulacijski softver je proizvod SIMUL8 korporacije koji se koristi za simulaciju sustava koji uključuju obradu diskretnih entiteta u diskretnim vremenima. Ovaj je program alat za planiranje, dizajn, optimizaciju i reinženjering stvarnih sustava proizvodnje, proizvodnje, logistike ili pružanja usluga. SIMUL8 omogućuje korisniku stvaranje računalnog modela koji uzima u obzir stvarna ograničenja života, kapacitete, stope neuspjeha, obrasce pomaka i druge čimbenike koji utječu na ukupnu učinkovitost i učinkovitost proizvodnje. Pomoću ovog modela moguće je testirati realne scenarije u virtualnom okruženju, primjerice simulirati planiranu funkciju i opterećenje sustava, mijenjati parametre koji utječu na performanse sustava, provoditi testove ekstremnih opterećenja, provjeriti pomoću eksperimenata predložena rješenja i odabrati optimalno. SIMUL8 koristi dinamičnu diskretnu simulaciju koja omogućuje jednoznačne i konkretne rezultate i dokaze, informacije o tome kako će dizajnirani ili optimizirani proizvodni sustav zapravo funkcionirati. SIMUL8 Professional uključuje, online obuku i godišnje održavanje za prvu godinu kao standard.Širok

[42] https://en.wikipedia.org/wiki/Simul8

je raspon korisnika ovog simulacijjskog alata od poslovnih, vladinih i obrazovnih tijela. U stvari, svaka organizacija koja obrađuje tokove narudžbi, ljudi, transakcija ili proizvoda može imati koristi od korištenja simulacijskog softvera. Koriste ga svjetski poznate tvrtke:American Airlanes, GM ,NASA,CHRYSLER. Komercijalni je alat koji ima standardnu i studentsku verziju.Obje se naplaćuju i to po cijenama za standardnu verziju $7,495 i studentsku $1,995.

Iako ima jednu od najboljih podrška za korištenje, kritičari SIMUL8 simulacijskog alata se nerijetko žale na nedostatak dokumentiranih uputa za korištenje i web izvora.Također s pristupačnom tržišnom cijenom dolazi nedostatak ponuđenih modularnih komponenti.

Slika 12. prikazuje korištenje SIMUL8 simulacijskog alata prilikom izrade simulacije za skladište.



Slika 12. Prikaz simulacije skladišta u Simul8

Izvor: http://slideplayer.com/slide/1964501/7/images/12/A+generic+warehouse+simulation+model.jpg

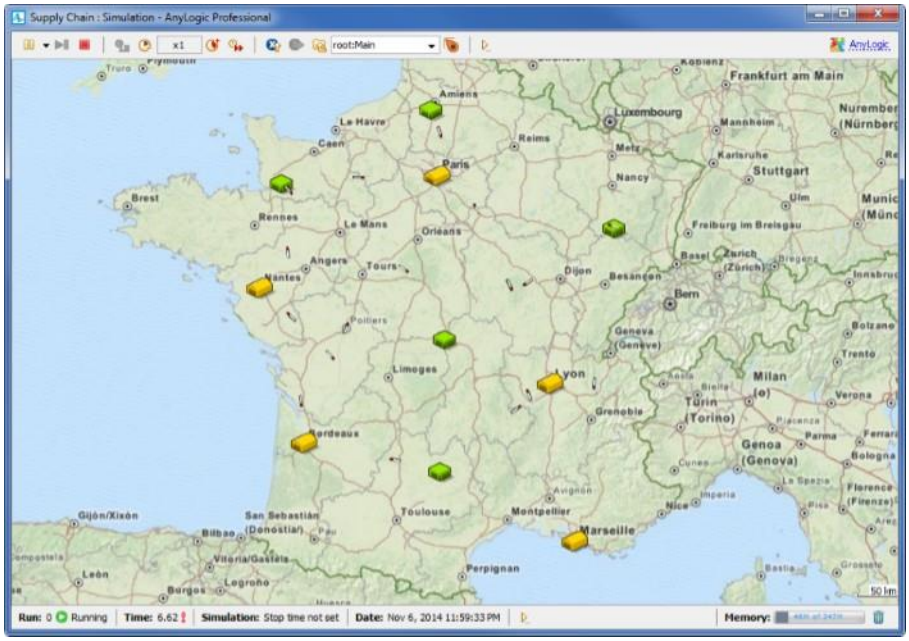
4.6. AnyLogic

AnyLogic[43] je simulacijski softver tvrtke AnyLogic North America. Simulacijski je alat koji podržava kombiniranje simulacija diskretnih događaja i dinamčkih sustava u jednom modelu. Podržava rad na svim operacijskim sustavima. Ima mogćnost implementiranja drugog softvera za obavljanje specijalnih funkcija(Excel, Access). Izvješća,grafikoni i rezultati mogu se primjeniti u Excelu ili bilo kojoj bazi podataka. Sofver može biti prilagođen korištenjem jednostavnih modela i programskih jezika. Korisnici imaju jednostavnu mogućnost izrade grafičkih modela pomoću funkcije „povuci i ispusti“. AnyLogistix poseban

[43] https://www.anylogic.com

je sofver za primjenu u logistici i opskrbnim lancima. Njegova najvažnija je odlika što se ne mora odlučivati između metoda koje će se koristiti jer taj alat podržava obje. U prometu i logistici koristi se za planiranje i optimizaciju prijevoza,optimizaciju logističke mreže,dizajn opskrbnog lanca(kao što je prikazano Slikom 13.), postavljanje i optimizacija rada skladišta. Komercijalni je alat a studenti imaju mogućnost besplatne verzije.

Glavni nedostatak ovog simulacijskog alata je što je težak za korištenje jer je potrebno jako puno učiti iz razne literature i web izvora. Još jedan nedostatak je taj što koristi JAVA programski jezik za prikazivanje animacija, a taj jezik nije stabilan za svakodnevni rad.



Slika 13. Prikaz simulacije opskrbnog lanca u Anylogicu

Izvor: http://www.anylogic.de/upload/medialibrary/09b/09bb7a4b671bb145384d0c6f374a7674.jpg

4.7. Komparacija simulacijskih alata prema njihovim karakteristikama

Simulacijski alati koji su opisani u prethodnim poglavljima su prikazani u Tablici 1. zbog lakše predodžbe i usporedbe prema njihovim glavnim karakteristikama.

Tablica 1. Komparacija simulacijskih alata

Karakteristike	Arena	Plant simulation	Simul8	FlexSim	Simio	Anylogic
Podrška analize rezultata	da	da	ne	da	da	da
3D animacija	da	da	da	da	da	da
Umetanje računalnih crteža	da	da	da	da	da	da
Standardna primjena softvera	Simulacija i analiza postojećih sustava i analiza poslovanja.	Simulacija diskretnih događaja, vizualizacija, analiza i optimizacija protoka materijala, korištenja resursa i logistike	zdravstveni sustavi, zajedničke usluge, planiranje kapaciteta,strateško planiranje	Simulacija bilo kojeg procesa, s ciljem analize i optimizacije tog procesa	objektno-modeliranje s integriranom 3D animacijom koja omogućuje brzi početak i brzo modeliranje	Diskretni događaj, dinamički sustavi.
Primarno tržište gdje se alat upotrebljava	Proizvodnja, opskrbni lanac, vlada, zdravstvo, logistika, hrana i piće, pakiranje,	Automotive OEM, Savjetovanje, logistika, high-tech i elektronika, strojevi, zdravstvo	Proizvodnja, zdravstvo, obrazovanje, inženjering, opskrbni lanac, logistika,	Proizvodnja, pakiranje, skladištenje, rukovanje materijalom, opskrbni lanac, logistika, zdravstvo, tvornica, zrakoplovstvo, rudarstvo.	Akademske, zrakoplovne i obrambene, zračne luke, zdravstvo, proizvodnja, rudarstvo, vojna, nafte i plin, opskrbni lanac, transport	Opskrbni lanac, logistika, zdravstvo, proizvodnja, dinamikom pješaštva, marketing, društven procesi

Izvor: izradio autor prema http://www.orms-today.org/

5. ZAKLJUČAK

Simulacija je proces koji omogućuje eksperimentiranje s realnim sustavima.Izrada modela se vrši primjenom raznih simulacijskih alata. Stoga se zaključuje da logistička i prometna poduzeća trebaju koristiti te simulacijske alate kako bi pobojšali svoje poslovanje. Istraživanjem se spoznalo da su najčešće korišteni alati: Arena Professional Edition, FlexSim, SIMUL8, Plant simulation,Simio i AnyLogic.

Arena Professional Edition se primjenjuje za simulaciju proizvodnje, kapaciteta kontejnerskih terminala, opskrbnog lanca i logistike. Glavna prednost ovog alata je jednostavnost korištenja pri izradi modela. Budući da je to simulacijki alat za diksretne događaje koristi se samo u određenim dijelovima logistike a ne za izradu simulacije cjelokupnog opskrbnog lanca i logistike.

Pomoću Plant simulationa može se modelirati i simulirati proizvodne sustave i njihove procese. Osim toga, može se optimizirati tijek materijala, iskoristivost resursa i logistiku za sve razine planiranja, od globalnih proizvodnih postrojenja, preko lokalnih postrojenja, do određenih linija.

FlexSim je simulacijski softver koji modelira, simulira, predviđa i vizualizira sustave u proizvodnji, rukovanja materijalima, skladištenju, rudarstvu, logistici. Glavni nedostatak ovog alata je manjak izbora pri ubacivanju gotovih objekata u postojeću simulaciju i time se otežava rad pri izradi simulacije logističkog procesa.

Simio se može koristiti za predviđanje i poboljšanje performansi dinamičkih i složenih sustava u vojsci, zračnim lukama, proizvodnji, lancu opskrbe, lukama. Zbog navedenog najviše se koristi pri organizaciji transporta i cijelog opskrbnog lanca.

SIMUL8 simulacijski softver se koristi za simulaciju sustava koji uključuju obradu diskretnih entiteta u diskretnim vremenima. Ovaj je program alat za planiranje, dizajn, optimizaciju i reinženjering stvarnih sustava proizvodnje, proizvodnje, logistike ili pružanja usluga.

AnyLogic je simulacijski je alat koji podržava kombiniranje simulacija diskretnih događaja i dinamčkih sustava u jednom modelu. Time omogućuje uporabu za bilo koju logističku i prometnu aktivnost.

Nakon analiziranih simulacijskih alata se zaključuje da iste treba koristiti u svim logističkim procesima. Primjenom ovih alata se mogu poboljšati logističke djelatnosti poput skladištenja, proizvodnje, distribucije. Stoga, izrada modela i primjena simulacijskih alata je neizbježan korak pri savladavanju problema s kojim se susreću promet i logistika.

POPIS LITERATURE

Knjige i članci

1. Ivaković Č., Stanković., Stanković R., Šafran M.:Špedicija i logistički procesi, Fakultet prometnih znanosti,Zagreb,2010.
2. Robinson S.,Simulation – The practice of model development and use, 2004.
3. Šamanović, J., Logistički i distribucijski sustavi, Split, 1999.

Internet stranice

1. http://www.logistika.bloger.index.hr/
2. http://www.efos.unios.hr/poslovnesimulacije/wpcontent/uploads/sites/180/2013/04/P1_Pojam-simulacija1.pdf
3. https://bib.irb.hr/datoteka/347082.modeliranje_i_simulacija_-_v2a2.pdf
4. http://sebokwiki.org/wiki/Types_of_Models
5. https://www.slideshare.net/dipongkersen81/all-types-of-modelsimulation-modelling
6. http://heather.cs.ucdavis.edu/~matloff/156/PLN/DESimIntro.pdf
7. http://docbook.rasip.fer.hr/ddb/public/index.php/publication/html/rasipbook/id/3?chapter=1.1.3
8. https://www.arenasimulation.com/
9. http://www.orms-today.org/surveys/Simulation/
10. https://www.plm.automation.siemens.com/en/products/tecnomatix/manufacturing-simulation/material-flow/plant-simulation.shtml
11. https://www.flexsim.com/
12. https://www.simio.com/
13. https://www.anylogic.com
14. http://static.fpz.hr/FPZWeb/files/katalog-laboratorijske-opreme/Laboratorij-za-simulacije-u-logistici.pdf
15. http://e-student.fpz.hr/Predmeti/S/Simulacije_u_prometu/Materijali/Nastava_14_03_2012.pdf
16. http://e-student.fpz.hr/Predmeti/O/Osnove_simulacija_u_prometu_i_logistici/Materijali/Predavanje2.pdf

POPIS SLIKA

Slika 1. Prikaz povezanosti transporta, prometa i logistike 4
Slika 2. Simulacijski proces 6
Slika 3. Vrste modela 9
Slika 4. Prikaz diskretnog stanja sustava 10
Slika 5. Prikaz kontinuiranog stanja sustava 11
Slika 6. Prikaz modela diskretnog događaja 12
Slika 7. Prikaz kontinuiranog sustava 12
Slika 8. Primjena Arene u simulaciji skladišta 14
Slika 9. Primjena Plant simulationa u prometu 15
Slika 10. Prikaz 3D simulacije skladišnog prostora u FlexSimu 16
Slika 11. Prikaz simulacije brodske luke koristeći Simio softver 17
Slika 12. Prikaz simulacije skladišta u Simul8 18
Slika 13. Prikaz simulacije opskrbnog lanca u Anylogicu 19

POPIS TABLICA

Tablica 1. Komparacija simulacijskih alata 20

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
10000 Zagreb
Vukelićeva 4

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem kako je ovaj završni rad isključivo rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu što pokazuju korištene bilješke i bibliografija.

Izjavljujem kako nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, niti je prepisan iz necitiranog rada, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava.

Izjavljujem također, kako 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 rada pod naslovom **Analiza primjene simulacijskih alata u prometu i logistici** na internetskim stranicama i repozitoriju Fakulteta prometnih znanosti, Digitalnom akademskom repozitoriju (DAR) pri Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu.

U Zagrebu, 05.09.2017

Student/ica:

(potpis)