

Simulacijski model upisa na prijediplomski i diplomski studij

Štimac, Franko

Master's thesis / Diplomski rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Economics and Business in Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Ekonomski fakultet u Osijeku**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:145:677846>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-15**



Repository / Repozitorij:

[EFOS REPOSITORY - Repository of the Faculty of Economics in Osijek](#)



Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Ekonomski fakultet u Osijeku
Sveučilišni diplomski studij (*Poslovna Informatika*)

Franko Štimac

**SIMULACIJSKI MODEL UPISA NA PRIJEDIPLOMSKI I
DIPLOMSKI STUDIJ**

Diplomski rad

Osijek, 2024.

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Ekonomski fakultet u Osijeku
Sveučilišni diplomski studij (*Poslovna Informatika*)

Franko Štimac

**SIMULACIJSKI MODEL UPISA NA PRIJEDIPLOMSKI I
DIPLOMSKI STUDIJ**

Diplomski rad

Kolegij: Poslovne simulacije

JMBAG: 0010229327

e-mail: fstimac1@efos.hr

Mentor: doc. dr. sc. Domagoj Ševerdija

Komentor: dr. sc. Adela Has

Osijek, 2024.

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek
Faculty of Economics and Business in Osijek
University Graduate Study (*Business Informatics*)

Franko Štimac


**SIMULATION MODEL OF ENROLLMENT IN
UNDERGRADUATE AND GRADUATE STUDIES**

Graduate paper

Osijek, 2024.

IZJAVA

O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI, PRAVU PRIJENOSA INTELKTUALNOG VLASNIŠTVA, SUGLASNOSTI ZA OBJAVU U INSTITUCIJSKIM REPOZITORIJIMA I ISTOVJETNOSTI DIGITALNE I TISKANE VERZIJE RADA

1. Kojom izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je diplomski
(navesti vrstu rada: završni / diplomski / specijalistički / doktorski) rad isključivo rezultat osobnoga rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu. Potvrđujem poštivanje nepovredivosti autorstva te točno citiranje radova drugih autora i referiranje na njih.
2. Kojom izjavljujem da je Ekonomski fakultet u Osijeku, bez naknade u vremenski i teritorijalno neograničenom opsegu, nositelj svih prava intelektualnoga vlasništva u odnosu na navedeni rad pod licencom *Creative Commons Imenovanje – Nekomercijalno – Dijeli pod istim uvjetima 3.0 Hrvatska*. 
3. Kojom izjavljujem da sam suglasan/suglasna da se trajno pohrani i objavi moj rad u institucijskom digitalnom repozitoriju Ekonomskoga fakulteta u Osijeku, repozitoriju Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku te javno dostupnom repozitoriju Nacionalne i sveučilišne knjižnice u Zagrebu (u skladu s odredbama Zakona o visokom obrazovanju i znanstvenoj djelatnosti, NN 119/2022).
4. izjavljujem da sam autor/autorica predanog rada i da je sadržaj predane elektroničke datoteke u potpunosti istovjetan sa dovršenom tiskanom verzijom rada predanom u svrhu obrane istog.

Ime i prezime studenta/studentice: Franko Štimac

JMBAG: 0010229327

OIB: 81064656711

e-mail za kontakt: franko31000@gmail.com

Naziv studija: Sveučilišni diplomski studij

Naslov rada: Simulacijski model upisa na prijediplomski i diplomski studij

Mentor/mentorica rada: doc. dr. sc. Domagoj Ševerdija

U Osijeku, _____ 11. rujan 2024. _____ godine

Potpis _____

Franko Štimac

SAŽETAK

Tema rada je izrada simulacijskog modela upisa studenata na prijediplomski i diplomski studij, temeljen na diskretnim simulacijama. Diskretne simulacije su prikladne za ovaj tip procesa jer oni omogućuju detaljno modeliranje i analizu složenih sustava s diskretnim događajima, poput prijave, obrade i upisa studenata. Za modeliranje diskretnih simulacija postoje brojni programi kao što su GPSS, SIMSCRIPT, SIMULA i Simul8, a u ovom radu koristiti će se program ARENA Simulation. Program ARENA je simulacijski softver koji se koristi za modeliranje i analizu različitih vrsta poslovnih i operativnih sustava odnosno dijagnosticiranja i rješavanja problema u poslovanju, smanjenja operativnih troškova te poboljšanja financijskih predviđanja. Ovaj model pomaže u pronalazi nju inovativnih rješenja i osmišljavanju različitih scenarija koji mogu smanjiti opterećenje administrativnog osoblja i povećati zadovoljstvo studenata. Iako se simulacijski model upisa studenata izrađuje za Ekonomski fakultet u Osijeku, njegova primjena može biti korisna i za druge fakultete u Republici Hrvatskoj. Kroz rad, obraditi će se osnovni pojmovi koji su ključni za razumijevanje simulacija diskretnih događaja su entiteti, događaji, aktivnosti i procesi. Za izradu simulacijskog modela prikupili su se i analizirali podatci s web stranice Postani student za upise na prijediplomski studij te diplomskistudij.hr za upise na diplomski studij, dok su za procese prikupljeni podaci od studentske referade. Ovi podaci uključuju upisne kvote koje označavaju maksimalan broj studenata koji mogu biti primljeni na željeni studij. U radu su analizirani rezultati dobiveni na temelju izvještaja dobivenih u programu Arena, te na temelju toga dane su preporuke za poboljšanje postojećeg procesa. Simulacijski model upisa studenata može biti koristan alat za poslovanje, omogućujući regulaciju operativnih troškova i poboljšanje ukupnog procesa upisa.

Ključne riječi: Poslovne simulacije, ARENA, diskretne simulacije, simulacijski model

ABSTRACT

The theme of the work is the development of a simulation model of student enrollment in undergraduate and graduate studies, based on discrete simulations. Discrete simulations are appropriate for this type of process because they allow detailed modelling and analysis of complex systems with discrete events, such as the registration, processing and enrollment of students. There are a number of programs for modelling discrete simulations such as GPSS, SIMSCRIPT, SIMULA and Simul8, and ARENA Simulation will be used in this work. The program ARENA is a simulation software used to model and analyse different types of business and operational systems, i.e. to diagnose and solve business problems, reduce operational costs and improve financial forecasts. This model helps to find innovative solutions and design different scenarios that can reduce the burden on administrative staff and increase student satisfaction. Although the simulation model of student enrollment is being developed for the Faculty of Economics in Osijek, this application can be useful for other faculties in the Republic of Croatia. This paper will address the basic concepts that are key to understanding discrete event simulations such as entities, events, activities and processes. For the simulation model, data were collected and analysed from the website Postani student for undergraduate enrollment and diplomskistudij.hr for graduate enrollment, while for the processes, data were collected from student reports. These data include enrollment quotas which indicate the maximum number of students that can be admitted to the desired study. The work analyses the results obtained from the reports received in the program ARENA and, on this basis, makes recommendations for improving the existing process. The simulation model of student enrollment can be a useful business tool, allowing the regulation of operational costs and the improvement of the overall enrolment process.

Keywords: Business simulation, ARENA, discrete simulation, simulation modeling

SADRŽAJ

| | |
|---|-----------|
| 1. Uvod | 1 |
| 2. Teorijsko istraživanje o poslovnoj simulaciji..... | 3 |
| 2.1. Uvod u poslovne simulacije..... | 3 |
| 2.2. Simulacija diskretnih događaja | 5 |
| 2.3. Simulacijsko modeliranje..... | 9 |
| 2.4. Prethodna istraživanja u teoriji simulacije | 12 |
| 3. Metodologija rada | 16 |
| 4. Rezultati istraživanja - simulacija za upis studenata na prijediplomski i diplomski studij Ekonomskog fakulteta u Osijeku | 21 |
| 4.1. Pregled modela simulacije | 21 |
| 4.2. Rezultati izvještaja | 27 |
| 5. Rasprava | 43 |
| 6. Zaključak..... | 44 |
| Literatura | 45 |
| Popis slika | 47 |
| Popis tablica..... | 47 |

1. Uvod

Simulacije mogu prikazati određene događaje ili vremenske intervale unutar projekta ili poslovnog okruženja. U kontekstu projekata, to može uključivati izradu aplikacija ili igara koje prikazuju realizaciju projektne ideje i omogućuju provjeru grešaka prije javne objave. U poslovnom smislu, simulacije se mogu odnositi na različite poslovne procese, poput zrakoplovstva, upravljanja opskrbnim lancima, ugostiteljstva, medicine i dr.

Tema ovog rada je simulacijski model upisa studenata na prijediplomski i diplomski studij na Ekonomski fakultet u Osijeku. Ovaj proces predstavlja prvi korak u akademskom putu svakog studenta. Kriteriji za upis na studije mogu varirati među fakultetima. Na pojedinim fakultetima, upis na prijediplomski studij uključuje prijemne ispite kao ključni element. Ako studenti ne uspiju položiti prijemni ispit, podaci za upis se mijenjaju, što utječe na broj upisanih studenata. Upisna kvota određuje maksimalan broj studenata koji mogu biti upisani, bez obzira na njihove ocjene na maturi. Ako neki studenti ne polože prijemni ispit, broj upisanih studenata može biti manji od kvote.

Ovaj model se radi kao pomoć pri osmišljavanju rješenja za poboljšanje usluge upisa na fakultet koje će zadovoljiti potrebe studenata, te smanjenje opterećenja i pritiska na administrativno osoblje. Diskretne simulacije su prikladne za ovaj tip procesa jer oni omogućuju detaljno modeliranje i analizu složenih sustava s diskretnim događajima, poput prijave, obrade i upisa studenata.

Svrha ovog rada je izraditi model simulacije upisa na prijediplomski i diplomski studij Ekonomskog fakulteta u Osijeku temeljen na diskretnim simulacijama. Ovaj model spada pod diskretnu simulaciju i omogućava dinamično praćenje procesa upisa, što može biti primjenjivo na svim fakultetima u Hrvatskoj. Cilj je pregledati prednosti i nedostatke procesa upisa te ponuditi rješenja za poboljšanje usluge kroz različite scenarije i predviđanje ishoda.

Teorijski dio rada će se fokusirati na teorijska istraživanja poslovnih simulacija, što je ključno za svakoga tko se želi baviti simulacijama u poslovnom okruženju. Također, razmotriti će se simulacijsko modeliranje koje pomaže razumjeti kako se modeli kreiraju u različitim poslovnim procesima. Kako se rad temelji na dinamičnom okruženju, razmatrat će se teorijski aspekti diskretnih simulacija, te će se analizirati prethodna istraživanja drugih autora na slične teme koristeći znanstvenu literaturu i članke.

Metodologija će obuhvatiti metode koje će se koristiti u radu i objasniti program ARENA, njegove funkcije i svrhu.

U praktičnom dijelu rada, detaljno će se opisati model simulacije proveden u programu ARENA, uključujući korake i metode korištene tijekom simulacije. Nakon procesa simulacije, analizirat će se rezultati izvještaja, uključujući troškove obrade, troškove čekanja resursa, prosječno vrijeme provedeno u procesu, maksimalno vrijeme provedeno u procesu, prosječni trošak obrade entiteta te iskorištenost djelatnika.

Rasprava će se fokusirati na analizu dobivenih rezultata iz izvještaja simulacije, dok će se u zaključku iznijeti mišljenje o simuliranju modela upisa studenata na fakultet kao potencijalnog područja za buduća istraživanja.

2. Teorijsko istraživanje o poslovnoj simulaciji

U ovom dijelu diplomskog rada razmatrat će se teorijski aspekti simulacija te primjena u kontekstu poslovanja. Bit će definirane poslovne simulacije, opisivanje njihove različite vrste, te detaljno objašnjenje diskretne simulacije. Nakon toga slijedi teorijska analiza softverskog alata Arena uključujući njegove značajke, prednosti i nedostatke.

2.1. Uvod u poslovne simulacije

Prema Vagner (2007), simulacija je „imitacija neke stvarne pojave, stanja ili procesa. Budući da se svaki sustav, bio on fizički, matematički, ekonomski ili neki drugi, može pojednostavljeno prikazati pomoću nekog modela, na simulaciju možemo gledati i kao na provedbu danog modela u vremenu.“ (Vagner, 2007:14).

Emshoff i Sisson (1970) definiraju da su simulacije modeli neke situacije u kojem su elementi situacije predstavljeni aritmetičkim i logičkim procesima koji se mogu izvršiti na računalu kako bi se predvidjela dinamička svojstva situacije (Emshoff i Sisson, 1970:8).

Sa druge strane, Božikov (1996) definira da su simulacije, u informatičkom smislu, prikazivanje nekih svojstava ili vladanja fizičkog ili apstraktnog sustava s pomoću vladanja nekog drugog sustava.

Prema Ćerić i Varga (2004), simulacije su „kompleksni sustavi s velikim brojem međusobno povezanih elemenata, nepravilnom dinamikom ponašanja i slučajnim varijablama. Simulacija se koristi za analizu različitih poslovnih, logističkih, proizvodnih, transportnih i drugih procesa“ (Ćerić i Varga, 2004:119).

Celemi (n.d.) definira da su poslovne simulacije dinamična, iskustvena metoda učenja koja replicira poslovne scenarije iz stvarnog svijeta u okruženju bez rizika. Sudionici se uključuju u procese donošenja odluka, strateško planiranje i rješavanje problema unutar simuliranih tržišnih uvjeta.

U drugom kontekstu, Schröder i Ciucan-Rusu (2012) definiraju da su poslovne simulacije metode učenja poslovnih igara za pojednostavljeno predstavljanje poduzeća u makro i mikroekonomskim okruženjima na konkurentskom tržištu. Realistična simulacija poslovnih

procesa, poslovne simulacije posebno su pogodne za obuku menadžerskih i liderskih vještina (Schröder i Ciucan-Rusu, 2012:2).

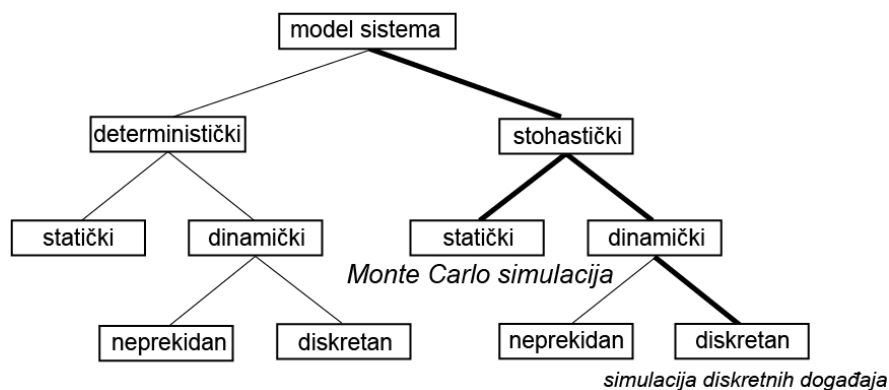
Vagner (2007) navodi da poslovne simulacije opisuju različite ekonomske sustave te se koriste za prognoziranje ponašanja tih sustava (Vagner, 2007:15).

Božikov (1996) govori da je model pojednostavljeni prikaz realnoga sustava napravljen zato da bi poslužio boljem razumijevanju i/ili daljnjem proučavanju tog sustava i eksperimentiranju s njim (Božikov, 1996:2).

Također, Božikov (1996) nabraja modele koje se mogu podijeliti prema više različitih stajališta. Prema građi (strukтури) modeli su fizički i simbolički. Prema ponašanju u vremenu oni su statički i dinamički. Prema načinu su rješavanja: konceptualni, matematički i simulacijski.

Ćerić i Varga (2004) nabrajaju od simulacijskih metoda koje se najviše koriste u modeliranju i analizi poslovnih sustava, a to su diskretna simulacija i sistemska dinamika. Modeli diskretne simulacije detaljno opisuju elemente sustava, njihovu interakciju i događaje promjene stanja sustava u vremenu (Ćerić i Varga, 2004:119).

Na slici 1 predstavlja taksonomiju modela koje se koriste u procesu simulacije korištenjem determinističkih ili stohastičkih modela.



Slika 1. Taksonomija modela u procesu simulacije (Goti, 2010:2)

Od sistema modela ona se sastoje od determinističkih i stohastičkih modela. U determinističkim i stohastičkim modelima sastoje se od statičke i dinamičke simulacije. Kod dinamičkih simulacija, ona se sastoje od kontinuirane i diskretne simulacije. Kod stohastičkih modela, izdvajaju se Monte-Carlo simulacija za primjenu statičke simulacije, dok se za primjenu dinamičke simulacije koristi simulacija diskretnih događaja.

2.2. Simulacija diskretnih događaja

Diskretne simulacije su vrsta simulacije koja se upotrebljava na dinamički način. Samim time, ona je jednostavnija za upotrijebiti i lakše je za razumjeti.

Prema Ćeriću (1993), simulacija diskretnih događaja je „metoda za simulacijsko modeliranje koja opisuje promjene stanja što se događaju diskontinuirano u vremenu tj. samo u nekim vremenskim trenucima“ (Ćerić, 1993:51).

Sa druge strane, Fishman (1973) govori da je digitalna simulacija diskretnih događaja modeliranje na digitalnom računalu sustava u kojem se promjene stanja mogu prikazati skupom diskretnih događaja (Fishman, 1973:23).

Fishman (1973) također tvrdi da se u diskretnom događaju promjena sustava događa kada se dogodi događaj. Budući da stanja entiteta ostaju konstantna između događaja, nema potrebe uzimati u obzir ovo vrijeme neaktivnosti u našem modeliranju (Fishman, 1973:23).

Prema Goti (2010), simulacija diskretnog događaja kvantitativno predstavlja stvarni svijet, simulira njegovu dinamiku od događaja do događaja i generira detaljno izvješće o izvedbi. Time su postale jedne od glavnih računalno potpomognutih alata za donošenje odluka (Goti, 2010:1).

Kao što se u ranijem poglavlju govorilo o osnovnim komponentama simulacijskog modeliranja, tako je potrebno u istraživanju znati i osnovne komponente za simulaciju diskretnih događaja.

Stoga, prema Ćerić (1993), osnovne komponente diskretnih događaja su (Ćerić, 1993:42):

- 1) Izgradnja modela,
- 2) Rukovođenje vremenom,
- 3) Baratanje slučajnim procesima,
- 4) Statistička analiza podataka,
- 5) Mehanizam izvođenja pomaka vremena u slučajnim eksperimentima.

Za nadodati, postoje i više pristupa simulaciji diskretnih događaja kao što su to, prema Ćerić (1993): „planiranje događaja, prelaženje aktivnosti, međudjelovanje procesa i trofazna simulacija“ (Ćerić, 1993:42).

No, postoje osnovne pojmove koje se koriste u simulaciji diskretnih događaja.

Od osnovnih pojmova u simulaciji diskretnih događaja to su (Ćerić i Varga, 2004:120-121):

- 1) Entiteti koji predstavljaju komponente sustava koje modeliramo. Stalni entiteti ostaju u modelu tijekom trajanja simulacije, dok privremeni entiteti prolaze kroz sustav.
- 2) Događaj označava promjenu stanja sustava koja se dešava u jednom trenutku. Uvjetni događaji su oni koji se mogu dogoditi tek nakon što je ispunjen neki uvjet, dok kod bezuvjetnog događaja su oni koji se odvijaju nakon protoka određenog vremena.
- 3) Aktivnost predstavlja međudjelovanje entiteta koje traje neko vrijeme i tijekom kojeg se stanje entiteta ne mijenja
- 4) Proces je niz logički povezanih uzastopnih događaja kroz koje prolaze privremeni entiteti.

Prema Goti (2010), simulacija diskretnih događaja se „tradicionalno koristi za industrijske primjene. U 1980-te i 1990-im godinama došlo je do brzog razvoja napredne proizvodnje tehnologije u industrijalizirane zemlje: CAD (eng. *Computer-aided Design*), CAM (eng. *Computer-aided Manufacture*), AGV (eng. *Automatic Guided Vehicle*), Robotika, FMS (eng. *Flexible Manufacturing System*) i CIM (eng. *Computer Integrated Manufacturing*) u industrijaliziranim zemljama. Isto se može reći i za tehnologije simulacije diskretnih događaja“ (Goti, 2010:3-4).

Wee Chuan Lim (2012) nadodaje da je simulacija diskretnih događaja naširoko prihvaćena za podršku analizi sustava, obrazovanju i obuci, organizacijskim promjenama u nizu različitih područja kao što su trgovina, proizvodni lanci opskrbe, zdravstvene usluge i biomedicina, simulacije u okolišu i ekološkim sustavima, gradsko planiranje i inženjerstvo, simulacija zrakoplovnih vozila i zračnog prometa, poslovna administracija i upravljanje, vojne primjene (Wee Chuan Lim, 2012:4).

Općenito, softver za simulaciju diskretnih događaja korišten je u sljedećim područjima (Goti, 2010:4):

- 1) Dizajn i procjena novih proizvodnih procesa,
- 2) Poboljšanje performansi postojećih proizvodnih procesa, na primjer, studija izvedivosti automatiziranog sustava za rukovanje materijalima,
- 3) Uspostava optimalne operativne politike, na primjer, proučavanje koliko Kanban kartica treba uvesti u proizvodne pogone kako bi se smanjio rad u tijeku,
- 4) Algoritam (ili motor) za podršku planiranju i rasporedu proizvodnje.

Osim što se koriste osnovne tehnike za izradu simulacija diskretnih događaja, postoje i alternativne tehnike za izradu modela simulacije diskretnih događaja.

Fishman (1973) kaže da koncepti događaja, procesa i aktivnosti su posebno važni pri izgradnji modela sustava. Kao što je već definirano, događaj označava promjenu stanja entiteta. Proces je slijed događaja poredan u vremenu. Aktivnost je skup operacija koje mijenjaju stanje entiteta (Fishman, 1973:24).

Kao što je ranije navedeno, za izradu simulacijskog modela koristi se simulacijski softveri kao što su GPSS, SIMSCRIPT, SIMULA, Arena ili Simul8. Nadalje, od sljedećih pojmova simulacije diskretnih događaja govoriti će se i o repovima čekanja.

Fishman (1973) govori kako se u ranim danima digitalne simulacije diskretnih događaja, modelari brzo shvatili da mnogi sustavi s kojima su se susreli u praksi nalikuju problemima čekanja u redu. U problemu čekanja dolazi do dolaska i zahtjeva da se usluga izvrši. Sustav odgovara obavljanjem usluge ako može ili zadržavanjem zahtjeva na čekanju dok ga ne može izvršiti (Fishman, 1973:25).

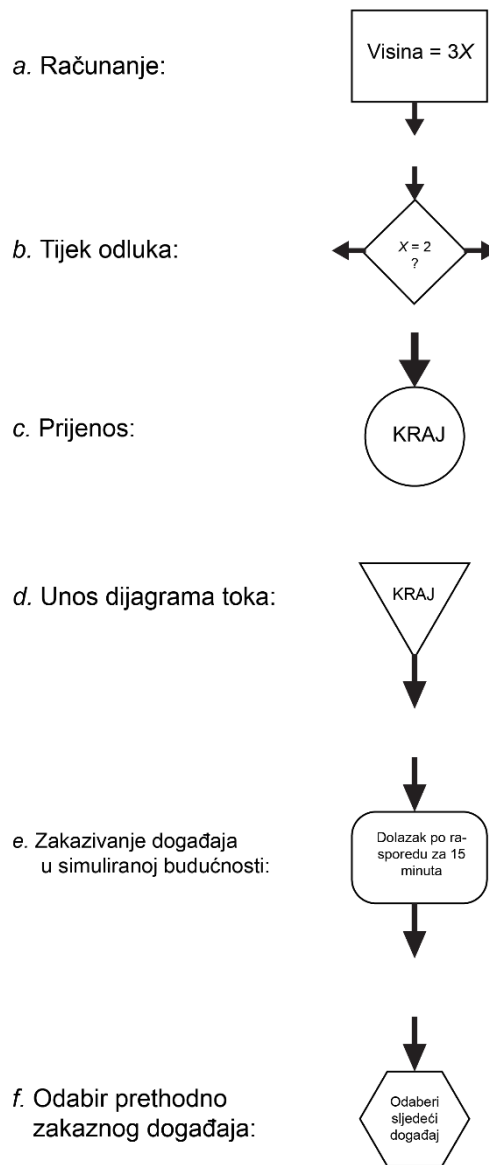
Naime, s obzirom da se u simulaciji uvijek koristi redove čekanja, potrebno je u istraživanju razumjeti što to uzrokuje.

Briš Alić i dr. (2022) tvrde da je prvi razlog stvaranja repova jest neredovito postizanje subjekata čekanja (kupaca, pacijenata, kao i materijala koji mogu kasniti, ali i opreme koja je već angažirana) na mjestu izvršenja usluga. Drugi je u tome da se nikako ne može sa sigurnošću znati koliko će izvršenje pojedine usluge trajati. Treći razlog je u tome što se usluge ne mogu unaprijed proizvesti niti uskladištiti za buduće potrebe pa se događa čekanje korisnika onda i kada kapacitet nekog poslovnog sustava nije potpuno iskorišten (Briš Alić i dr., 2022:628).

Također, Briš Alić i dr. (2022) navode da je cilj upravljanja repovima čekanja uravnotežiti troškove pružanja dobre usluge, odnosno troškove kapaciteta i troškove čekanja (Briš Alić i dr., 2022:630).

Fishman (1973) argumentira kako se promjena stanja događa svaki put kada posao stigne i svaki put kada posao ode. Njihovi dolasci i odlasci su događaji. U terminima modeliranja posao je objekt ili entitet. Poslužitelj je također entitet. Red čekanja je skup kojem poslovi mogu pripadati (Fishman, 1973:26).

Na slici 2 se može prikazati simbolički dijagram toka koja pruža prikladan način za opisivanje problema u simulacijskom modeliranju.



Slika 2. Simboli dijagrama toka koji se koriste u simulacijskom modeliranju (Fishman, 1973:27).

Princip dijagrama toka koji je objasnio Fishman (1973) koristi se na sličan način u programu Arena, što će biti detaljnije objašnjeno u kasnijim poglavljima. Dijagram toka može zvučati kao algoritam u programiranju, ali to je jedini način za izradu modela simulacije za bilo koju uslugu. Prednost ovog pristupa je što nije potrebno znati programirati u programskom jeziku, već se koriste samo alati.

Ćerić (1993) navodi da se vrijednosti atributa pojedinačnih entiteta u klasi mogu postavljati odmah pri pojavi entiteta u simulaciji, a mogu se i mijenjati u toku odvijanja simulacije. Isto tako, one mogu upravljati daljnjim tokom pojedinačnih entiteta (Ćerić, 1993:73).

Zaključno za ovo poglavlje, simulacije diskretnih događaja su metode koje opisuju promjenu stanja u vremenskim trenucima i koriste pojmove entiteta, aktivnosti, događaja i procesa. Svaka simulacija sastoji se od dijagrama toka koji objašnjava korake potrebne za definiranje modela simulacije za neku uslugu.

2.3. Simulacijsko modeliranje

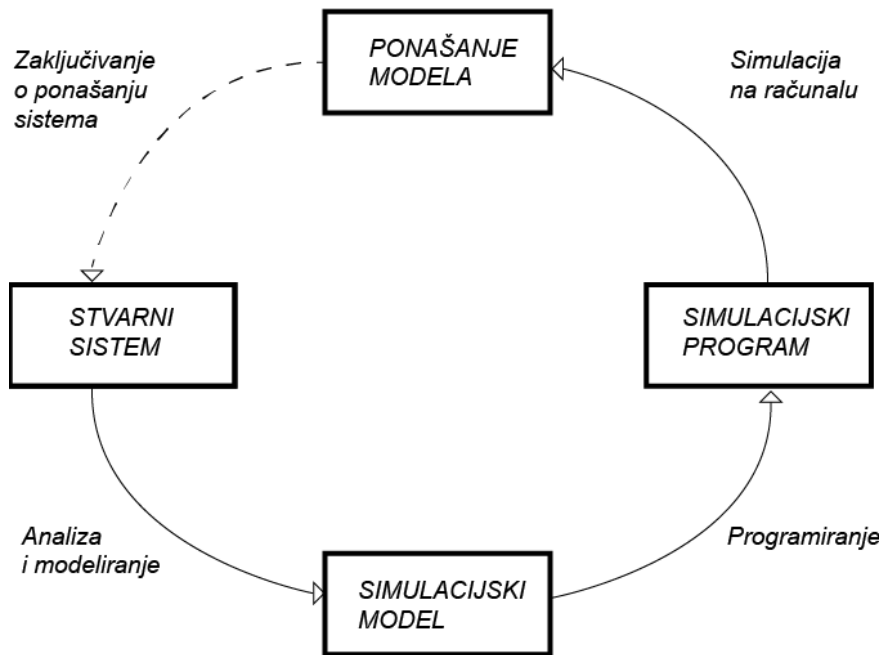
Za razumijevanje poslovne simulacije, potrebno je poznavati modeliranje u simulaciji, budući da je modeliranje ključ za izradu simulacijskog projekta i koncepta koji korisnik kreira kako bi uspješno izvršio zadatke koje traže klijenti.

Naime, za uspješno obavljanje simulacijskog modeliranja, potrebno je znati neke osnovne komponente.

Osnovne komponente simulacijskog modeliranja su sistem, model, program i računalo (Ćerić, 1993:25):

Sistem je skup komponenata koje djeluju zajednički kako bi ostvarile zadani cilj ili funkciju. Model predstavlja formalni apstraktni prikaz sistema i ona prikazuje strukturu sistema, komponente sistema i njihovo međudjelovanje. Program jest detaljan opis strukture i načina rada modela. Računalo predstavlja računski proces (čovjek ili stroj) koji na temelju instrukcija programa i ulaznih podataka generira razvoj modela u vremenu.

Na slici 3 je objašnjeno kako se kreću osnovne komponente simulacijskog modeliranja



Slika 3. Komponenti simulacijskog modeliranja (Ćerić, 1993:25)

Naime, što se tiče pojma model u osnovnoj komponenti simulacijskog modeliranja, postoji i drugo značenje za taj pojam.

Varga (1988) definira da je model najčešće pojednostavljeni prikaz strukture i/ili procesa realnog sistema u matematičkom ili nekom drugom obliku, s namjerom da se istraživanje provede, ne na samom realnom sistemu koji je predmet istraživanja već na njegovom modelu. Eksperiment s realnim sistemom nije uvijek moguć zbog neopravdanih razloga kao što su npr: nepostojanje, neraspoloživost, opasnost (rizik) i prevelika cijena (Varga, 1988:234).

Ćerić i Varga (2004) navode da na temelju konceptualnog simulacijskog modela radi se računalni model korištenjem nekog od simulacijskih softvera kao što su GPSS, SIMSCRIPT, SIMULA, Arena ili Simul8. Razlog za ovu potrebu znanja o simulacijskom softveru je tome što će se u provedenom istraživanju koristiti program Arena za izradu simulacije kao primjena u praktičnom djelu istraživanja.

Prema Božikov (1996), jednostavniji i suvremeni softver za diskretnu simulaciju jest Arena (Božikov, 1996:16).

Simulacijski model se, prema Božikov (1996), realizira u obliku „kompjutorskoga programa koji oponaša ponašanje realnog sustava. Taj je program obično napravljen dovoljno općenitim

da bi se s pomoću njega mogle simulirati različite situacije koje jesu ili bi mogle nastupiti u stvarnosti“ (Božikov, 1996:3).

Za primjenu simulacijskog modeliranja, važno je razumjeti proces rada u simulaciji. Proces mora biti korektan kako bi se postigli željeni ciljevi. Ako rezultat tog procesa ne ispuni očekivanja klijenata, simulacija projekta će biti neuspješna.

Ćerić (1993) definira da je simulacijski proces struktura rješavanja stvarnih problema pomoću simulacijskog modeliranja. On se može prikazati u obliku niza koraka koji opisuju pojedine faze rješavanja problema ovom metodom (Ćerić, 1993:27).

Osnovni koraci simulacijskog procesa su definicija cilja simulacijske studije, identifikacija sustava, sakupljanje i analiza podataka o sustavu, izgradnja simulacijskog modela i simulacijskog programa, vrednovanje simulacijskog modela, planiranje i izvođenje simulacijskih eksperimenata, analiza rezultata eksperimenata te donošenje zaključka i preporuka (Ćerić i Varga, 2004:121):

Naime, postoje prednosti i nedostaci u simulacijskom modeliranju (Ćerić, 1993:30-31):

Prednosti simulacijskog modeliranja: moguće je opisati i rješavati složene dinamičke probleme sa slučajnim varijablama koji su nedostupni matematičkom modeliranju, moguće je riješiti raznovrsne probleme, uvjeti eksperimentiranja su pod potpunom kontrolom, za razliku od eksperimenata sa stvarnim sistemom gdje nije moguće utjecati, vrednovanje i analiza logike i dinamike rada sistema veoma su olakšani animacijom rada modela.

Nedostaci simulacijskog modeliranja: razvoj modela je dug i skup, zbog statističkog karaktera simulacije potrebno je izvođenje većeg broja simulacijskih eksperimenata kako bi se dobio odgovarajući uzorak rezultata simulacije, ne dobivaju se zavisnosti izlaznih varijabli o ulaznim varijablama modela ni optimalna rješenja, za ispravno korištenje simulacijskog modeliranja, potrebno je poznavanje više različitih metoda i alata, vrednovanje modela je dosta složeno i zahtjeva dodatne eksperimente.

Nakon upoznavanja sa simulacijskim modeliranjem, sljedeće poglavlje će se govoriti o diskretnim simulacijama čije je to ključ ove teme o simulacijskom modelu, pošto program Arena spada pod diskretnom simulacijom jer ona opisuje događaj i proces tijekom događaja u simulaciji. Iako postoji i Monte-Carlo simulacija, ona nije tolika bitna u priči jer je to statički proces i ona se koristi u druge svrhe.

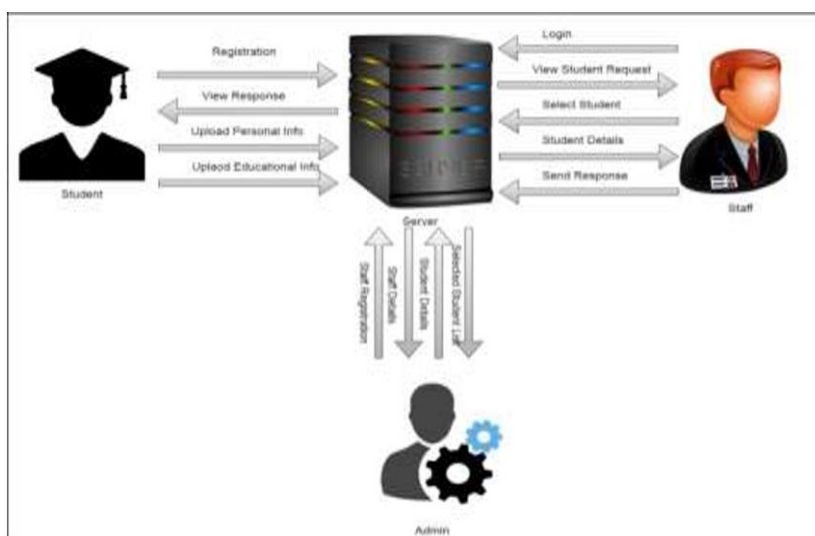
2.4. Prethodna istraživanja u teoriji simulacije

U ovom poglavlju će se govoriti o proučavanju prethodnih istraživanja koje su istražili drugi autori o simulaciji za upise studenata na fakultet na bazi teorije o simulaciji.

Shital i dr. (2018) objašnjavaju kako se sustav za upis na fakultet upravlja svim vrstama pojedinosti o studentima, akademskim izvješćima, pojedinostima o fakultetu, pojedinostima o tečaju, nastavnom planu i programu, pojedinostima o seriji i drugim pojedinostima koje se odnose na resurse. Prati sve pojedinosti o studentu od prvog dana do kraja njegovog kolegija koji se mogu koristiti za sve svrhe izvješćivanja, praćenje pohađanja, napretka u kolegiju, završenih godina semestra, pojedinosti o nastavnom planu i programu naredne godine, pojedinosti o ispitu, projektu ili bilo koje druge pojedinosti o zadatku, rezultat završnog ispita itd. (Shital, A. P. i dr, 2018:785).

Nadalje, Shital i dr. (2018) tvrde da je školi ili fakultetu potrebno kompjutorizirano ili napredno okruženje u kojem je jednostavno pohraniti podatke koji se tiču informacija o studentima, njihovom pohađanju nastave, pojedinostima fakulteta, pojedinostima o tečaju, izvješćima o ocjenama i rasporedima i tako dalje. Korištenjem trenutnog ručnog protoka to je grozničav posao u održavanju podataka, štoviše, oduzima puno vremena. (Shital, A. P. i dr., 2018:786).

Slika 4 pokazuje kako izgleda arhitektura sustava za prikupljanje podataka o studentu i njegovom postignuću.



Slika 4. Arhitektura sustava (Shital, A.P. i dr., 2018:786)

Slično prethodno istraživanje proveo je Marsudi kojemu je bio cilj provesti modeliranje i simuliranje procesa registracije studenata u programu Arena.

Marsudi (2020) objašnjava da jedan od uslužnih sustava jest obrazovni sektor, a primjer za to je proces upisa novih studenata na sveučilište.

Također, isti autor govori da se provjerom procjenjuje ispravnost formalnog prikaza planiranog modela pregledom računalnog koda i testnog izvođenja te izvođenjem provjere dosljednosti njihove statistike. Svrha verifikacije modela je osigurati da je model ispravno konstruiran. Drugim riječima, verifikacija osigurava da je model u skladu sa svojim specifikacijama i radi ono što bi trebao raditi (Marsudi, 2020:1353).

Villarreal, Parra, López, Flores, Monfil i Calixto (2019) objašnjavaju da kod procesa ponovnih upisa, posebno od prvog do drugog roka su bili problem za većinu studenata novih upisa, zbog čega je potreban nekakav sustav u kojem bi se mogla napraviti simulacija prije stvarnog procesa ponovnog upisa kako bi studenti unaprijed znali kako to treba činiti i moguće pogreške u koje može upasti zbog nedostatka predznanja, a sve s ciljem smanjenja stope pogrešaka prilikom ponovnog upisa

Nadalje, kako bi se riješio problem, predlaže se sustav za pohranjivanje i obradu znanstvene simulacije koji može brzo reagirati upućivanjem na postojeće rezultate. Ovaj sustav se zove SUPERMAN, koji značajno poboljšava učinkovitost simulacija računalnog vremena i ograničenih resursa za pohranu, te dodaje interoperabilnost za buduće procese (Villarreal, Parra, López, Flores, Monfil i Calixto, 2019:178).

Robledo (2013) govori da za korištenje simulacijskih metoda za predviđanje upisa, raspodjelu resursa ili bilo koje teme visokog obrazovanja omogućuje uvođenje scenarija „što ako“ (eng. *what if*)

Za nadodati, Robledo (2013) tvrdi da državno financiranje, financijska potpora, broj maturanata, povećanje školarine itd. su neki do parametara koji utječu na model i koji se kasnije mogu modificirati kako bi se dobili budući ili neplanirani scenariji. Korištenje simulacije za ovu vrstu planiranja manje je popularno nego što mislimo. Većina obavljenog posla odnosi se na tradicionalne pristupe poput matematičkih ili statističkih tehnika (regresijska analiza, Markovljevi prijelazni modeli, neuronske mreže, neizrazite vremenske serije, itd.)

Postoje tradicionalne simulacijske modele koje su se upotrijebile u davna vremena kao što su to (Robledo, 2013:44-46):

HELP/PLANTRAN predstavlja jako stari sustav koji se izvorno bavi proračunom i dopušta pitanja „što ako“,

RRPM označava model koji ide od projekcija upisa do zahtjeva za predmetima i zahtjeva i troškova fakulteta,

SEARCH predstavlja visoko agregiran sustav, a njegova svrha je bila omogućiti upravljanje malim fakultetima i način za ispitivanje implikacija alternativa. Ovaj sustav ne dopušta dobivanje puno informacija kako bi se učinkovito rasporedili dodijeljeni resursi, budući da nema raščlambu troškova po odjelima ili smjerovima,

CAMPUS jest prvi veliki simulacijski sustav koji može analizirati na svim razinama unutar obrazovne strukture. Fleksibilniji je i robusniji od SEARCH-a i RRPM-a. Ovaj model simulira resurse potrebne tijekom petogodišnjeg razdoblja za specifične svrhe kao što su predviđanje upisa, potražnja studenata za kolegijima itd.

TRADES radi iz perspektive simulacije na razini makro sveučilišta, a zatim se rastavlja u nekoliko podmodela predviđanja omogućujući donositeljima odluku da mijenjaju početne varijable i stvaraju nove prognoze na temelju ograničenja izvedivosti kako bi ispitali rezultirajuće kompromise,

EFPM označava pojednostavljeni komercijalni simulacijski model koji omogućuje interaktivno proračunsko i financijsko planiranje temeljeno na TRADES modelu. Ova verzija dopušta upotrebu u ustanovama bilo koje veličine pružajući dovoljno fleksibilnosti da se kategorizira kao matematički prikaz specifičan za ustanovu. Pojednostavljuje predviđanje i omogućuje smanjenje troškova, a i puno je jeftiniji.

No, Robledo (2013) još nadodaje da ono što još nije razmotreno jest kako ovi modeli mogu poboljšati izvedbu, pomoći u planiranju i smanjiti troškove na razini fakulteta kada je unos dinamičan, kada studenti odustaju, mijenjaju smjerove ili druge čimbenike jer uvjetovane preferencije utječu na odluke studenata pri odabiru smjerova.

Nakon teorijskog dijela o poslovnoj simulaciji i upoznavanja s diskretnim simulacijama te prethodnim istraživanjima koja su drugi autori proveli o sličnim simulacijama upisa studenata

na fakultet, sada slijedi metodologija rada u kojoj će biti objašnjeno koje je alate potrebno koristiti za izradu simulacijskog modela kako bi se postigli rezultati u praktičnom dijelu rada.

3. Metodologija rada

U ovom poglavlju, govoriti će se o tome koje će se metode koristiti za pisanje ovog rada kada se govori o praktičnom djelu istraživanja. Uz taj dio, važno je opisati te metode te prepričati o odvijanju procesa simulacije koristeći se znanstvenim literaturama, a nakon toga objasniti u kojem programu će se raditi proces simulacije za ovu temu te opisati o funkciji tog programa i navesti prednosti i nedostatke te na kojim mjestima se koristi taj program na računalu, odnosno s kojim svrhom i ciljem u korištenju tog programa.

Naime, prema Zelenici (2000:310), metodologija je znanost o cjelokupnosti svih oblika i postupaka istraživanja pomoću kojih se dolazi do sustavnog i objektivnog znanstvenog znanja, ili znanstvena disciplina u kojoj se kritički ispituju i eksplicitno izlažu različite opće i posebne znanstvene metode

Od metoda koje će se koristiti u ovom radu to su: metoda analize, metoda deskripcije i metoda modeliranja

Zelenika (2000:327) navodi da je metoda analize postupak znanstvenog istraživanja i objašnjenja stvarnosti putem raščlanjivanja složenih misaonih tvorevina (pojmova, sudova i zaključaka) na njihove jednostavnije sastavne dijelove i elemente i izučavanje svakog dijela (i elementa) za sebe i u odnosu na druge dijelove, odnosno cjeline. Upotrebom metode analize, koristi se za objašnjavanje problema koje se dobilo u rezultatu istraživanja, tj. izvještaje u programu ARENA nakon odrađenog procesa simulacije u kojem će se govoriti u raspravi.

Metoda deskripcije (Zelenika, 2000:338) jest postupak jednostavnog opisivanja ili ocrtavanja činjenica, procesa i predmeta u prirodi i društvu te njihovih empirijskih potvrđivanja odnosa i veza, ali bez znanstvenog tumačenja i objašnjavanja. U metodi deskripcije, ona je korisna za opisivanje postupaka svakog koraka koje se događa tijekom modeliranja simulacije te za opisivanje funkcija koje se koriste u programu ARENA.

Metoda modeliranja (Zelenika, 2000:347) je sistematski istraživački postupak pomoću kojega se izgrađuje neki stvarni ili idealni znakovni sustav (model) sposoban da zamijeni predmet koji se istražuje, da zamijeni predmet koji daje određenu informaciju o njemu (modelu).

Također, postoje sistematizacije osnovnih vrsta modela kao što su (Zelenika, 2000:349):

- 1) Teorijski ili apstraktni modeli

- 2) Praktični ili konkretni modeli
- 3) Realni modeli
- 4) Idealni modeli
- 5) Jednostavni modeli
- 6) Složeni modeli
- 7) Modeli strukture
- 8) Funkcionalni modeli
- 9) Djelomični modeli
- 10) Globalni modeli
- 11) Analitički modeli
- 12) Topološki i mrežni modeli
- 13) Deterministički modeli
- 14) Stohastički i statistički modeli

U smislu te metode modeliranja koju je naveo Zelenika, metoda modeliranja se koristi za izradu sheme modela simulacije za upis studenata na fakultet u kojem je potrebno znati funkcije svakog modela osnovnog procesa kako bi mogao model simulacije raditi na pravi i funkcionalan način. Bilo koja greška u simulaciji procesa može dati različite rezultate u izvještajima koju je kreirao program Arena, stoga je potrebno pripaziti na parametre svakog modela.

Od sistematizacije navedenih osnovnih vrsta modela, koriste se stohastičke modele pošto takva vrsta modela spadaju u simulacije diskretnih događaja jer su oni „modeli slučajnih i vjerojatnih događaja koje su određeni relacijama vjerojatnosti“ (Zelenika, 2000:349).

Za izradu simulacijskog modela upisa studenata na fakultet, potrebno je koristiti program Arena software. Ona služi za izradu modela koju se može primijeniti za različite usluge.

Rosetti (2021) definira Arenu da je to komercijalni softverski program koji olakšava razvoj i izvođenje računalnih simulacijskih modela. Omogućuje pristup osnovnom simulacijskom jeziku pod nazivom SIMAN kroz okruženje koje dopušta izgradnju modela pomoću metodologije dijagrama toka povuci i ispusti (eng. *drag and drop*).

Futurelearn (n.d.) nadodaje kako Arena program se može koristiti za modeliranje bilo kojeg sustava unutar proizvodnih ili uslužnih djelatnosti. Primjeri uključuju logističke operacije, kao

što su skladištenje i transport, banke i bankomati, planiranje i raspored vozila, lanac opskrbe i poslovni proces.

Dodatno, Rockwell Automation (n.d.) navodi da postoje industrije koje koriste softver za simulaciju diskretnih događaja za poboljšanje poslovnih procesa npr. u pozivnom centru, u hrani i piću, u vladi i vojsci, u zdravstvu, u logistici, u proizvodnji, u rudarstvu, u nafti i plinu, u pakiranju, u luci i terminalu, u maloprodaji i u lancu opskrbe.

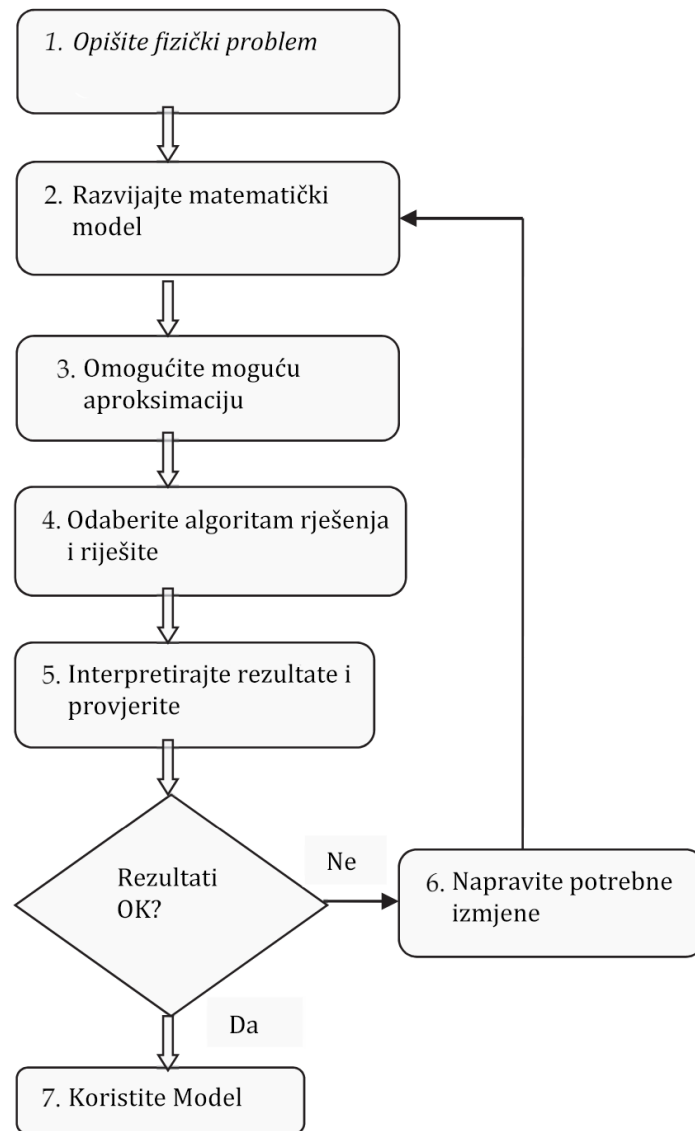
Prema proizvođaču softvera Arena brojne su prednosti u korištenju programa kao što je vidljivost učinka promjene sustava ili procesa, istražuje mogućnosti za nove postupke ili metode bez ometanja postojećeg sustava, dijagnosticira i rješava probleme, smanjuje ili uklanja uska grla, smanjuje operativne troškove, poboljšava financijsko predviđanje, bolje procjenjuje hardverske i softverske zahtjeve, skraćuje vrijeme isporuke, bolje upravljaju razinama zaliha, osobljem, komunikacijskim sustavima i opremom te povećavaju profitabilnost kroz ukupno poboljšano poslovanje (Rockwell Automation, n.d.).

Arena Simulation program omogućava modeliranje procesa za definiranje, dokumentiranje i komunikaciju, simulira buduće performanse sustava kako bi se razumjelo složene odnose i identificiralo prilike za poboljšanje, vizualizira operacije pomoću dinamične animacije, analizira kako će sustav raditi u konfiguraciji „kakav jest“ i pod mnoštvom mogućih „budućih“ alternativa tako da se može pouzdano odabrati najbolji način za vođenje svog poslovanja (Rockwell Automation, 2010:5).

Za odvijanje procesa simulacije, potrebno je prvo objasniti teorijski kako se odvijaju procesi simulacije, a nakon toga objasniti na kojim načinom će se odvijati proces te s kojim svrhom i ciljem će se koristiti program Arena.

Postoje osnovni koraci koji se odvijaju za proces simulacije, a to su (Ali, 2012:282-283):

- 1) Opis fizičkog problema
- 2) Formulacija vladajućih jednažbi
- 3) Aproksimacija vladajućih jednažbi
- 4) Metode rješenja
- 5) Rješenje vladajućih jednažbi
- 6) Provjera rezultata
- 7) Korištenje modela za istraživanje i optimizaciju dizajna



Slika 5. Koraci za simulacijski proces (Ali, 2012:283)

Detaljno, prema Rosetti (2012) postoje metodologije za rješavanje problema u simulaciji, a to su:

- 1) **Definiranje problema** predstavlja početni korak u procesu modeliranja i izrađivanja simulacije. Služi i za identificiranje problema koji se javlja u simulaciji diskretnih događaja te izradu rješenja za određeni problem. Simulacija će postati nejasna u slučaju ako problem nije precizno definiran.
- 2) **Uspostavljanje mjere izvedbe za evaluaciju** označava da je potrebno slijediti određene kriterije i metrike koji će se koristiti za ocjenjivanje rješenja problema u simulaciji, kao što su vrijeme čekanja, iskorištenost resursa i trošak. Ciljevi učinkovitog

rješavanja problema uključuju minimiziranje vremena čekanja, optimizaciju iskorisćenosti resursa i regulaciju troškova usluga.

- 3) **Generiranje alternativnih rješenja** podrazumijeva osmišljavanje i izradu alternativnog pristupa za uspješno rješavanje problema. To znači da nije potrebno fokusirati se na samo jedno rješenje, nego istraživati različite scenarije koje bi mogli donijeti optimalno rješenje.
- 4) **Rangiranje alternativnih rješenja** označava ocjenjivanje učinkovitosti u smislu donošenja odluka i određivanja optimalnog rješenja u simulaciji. Ono pomaže uspoređivati alternativna rješenja problema kroz prednosti i nedostatke od svakog ponuđenog rješenja te je potrebno zaključiti koje je najbolje optimalno rješenje, a da zadovoljava postavljanje ciljeva.
- 5) **Ocjenjivanje i ponavljanje tijekom procesa** predstavlja korake koja označavaju da li postavljeno rješenje odgovara na postavljanje ciljeva te poboljšanja u izradi modela simulacije ukoliko je potrebno ispraviti da bi rješenje problema ispalo smisleno i ispravno. Također označava potrebu da provjeri jesu li parametri u simulaciji dobro uneseni, smisleno izrađeni prema slijedu tijeka događaja te provjeriti da li će izbaciti grešku koja će zaustaviti simulaciju.
- 6) **Izvršavanje i evaluiranje rješenja** su zadnji koraci koji služe da se provodi simulacija sa odabranim rezultatima i parametrima te analiziraju rezultati koji su dobiveni u izvješću. Rezultati dobiveni u izvješću pomažu u donošenju i osmišljavanju preporuka za poboljšanje usluga u nekom zanimanju te kojim načinom će se to ostvariti.

Nakon objašnjenja o metodologiji rada i alata koji će se koristiti za izradu modela simulacije, govoriti će se o praktičnom djelu istraživanja.

4. Rezultati istraživanja - simulacija za upis studenata na prijediplomski i diplomski studij Ekonomskog fakulteta u Osijeku

U praktičnom dijelu rada provest će se istraživanje koristeći program Arena software i izraditi model simulacije upisa studenata na prijediplomski i diplomski studij. Za odvijanje procesa simulacije koristit će se podaci potrebni za upis studenata na Ekonomski fakultet u Osijeku.

Te informacije mogu se prikupiti s web stranica Postani student i diplomski.studij.hr, koje pružaju podatke o kvotama za upis na prijediplomski i diplomski studij. Postani student je web stranica namijenjena učenicima koji planiraju upisati prijediplomski studij sa informacijama gdje mogu provjeriti rezultate mature i vidjeti jesu li upisali željeni fakultet. Diplomski.studij.hr je stranica namijenjena studentima koji planiraju upisati diplomski studij, te služi za provjeru jesu li ispunili potrebne uvjete i kvalificirali za upis na željeni smjer.

Za odvijanje procesa simulacije za upis studenata na fakultet također će se upotrijebiti i prikupiti informacije od studentske referade koji će se koristiti za primjenu praktičnoga djela istraživanja u programu Arene.

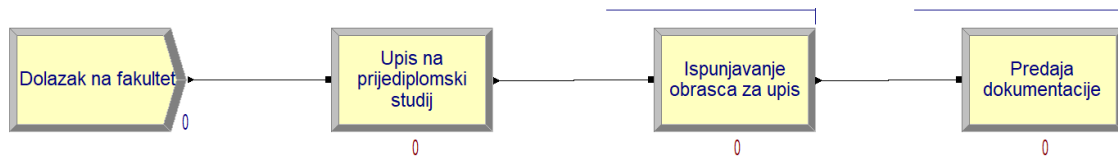
Svrha korištenja programa Arene jest modeliranje procesa simulacije za upis studenata na fakultet, dok je cilj korištenja istog izrađivanje procesa simulacije i interpretiranje rezultata.

Od osnovnih komponenata, istraživanje će se bazirati na procese Create, Dispose, Process i Decide koji predstavljaju module dijagrama toka, dok će se od modula podataka koristiti Entity, Queue, Resource i Variable.

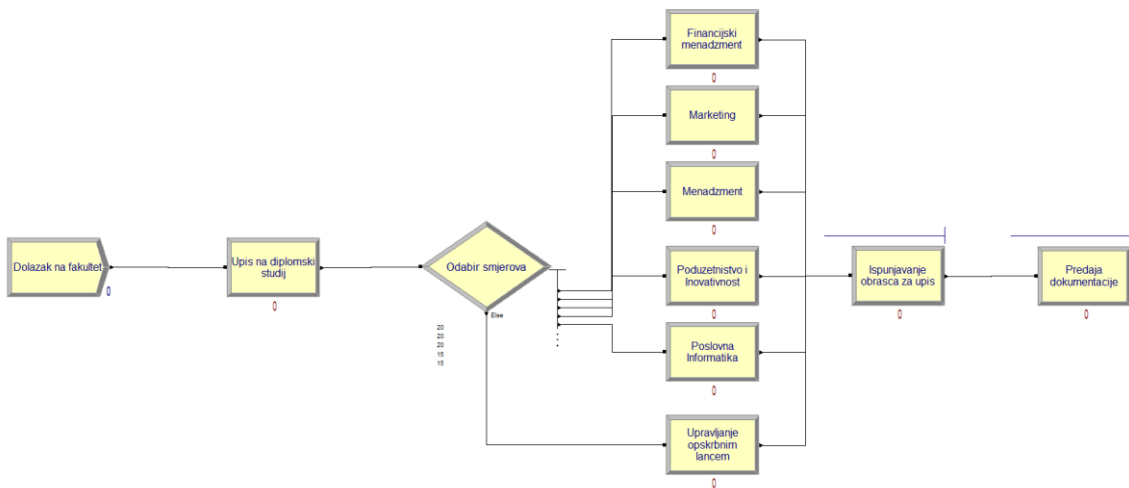
4.1. Pregled modela simulacije

Za izradu koncepta simulacije potrebno je prikupiti podatke o slijedu događaja tijekom upisa tj. koji su procesi potrebni da bi se izvršila simulacija, broj dolazaka studenata u dvoranu, resursi kao što su djelatnici studentske referade, te vremenski tijek procesa za obavljanje usluga.

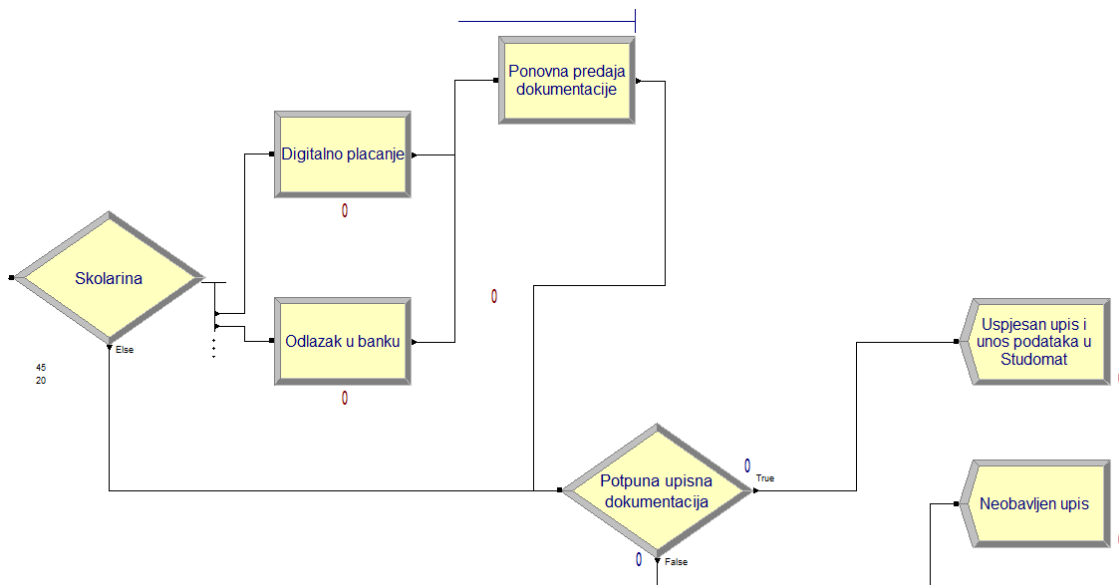
U ovom poglavlju započinje se s pregledom koncepta simulacije i objašnjenjem postupaka izrade simulacijskog modela. Na slici 6 je prikazan koncept modela simulacije za prijediplomski, dok je na slici 7 prikazan koncept modela simulacije za diplomski studij u programu Arena, te ostale procese na slici 8.



Slika 6. Početak i tijek procesa upisa na fakultet za prijediplomski studij (izrada autora)



Slika 7. Početak i tijek procesa upisa na fakultet za diplomski studij (izrada autora)



Slika 8. Procesi plaćanja školarine i završetak procesa (izrada autora)

Proces upisa na prijediplomski i diplomski studij je isti, osim što kod upisa na diplomski studij studenti biraju smjerove na stranici diplomski.studij.hr.

Modul „Create“ označava dolazak na fakultet, što je početak događaja kada studenti dolaze na upis određene vrste studija. Ovaj dolazak je određen prema rasporedu objavljenom na web stranici fakulteta, zajedno s uputama o potrebnoj dokumentaciji za uspješan upis.

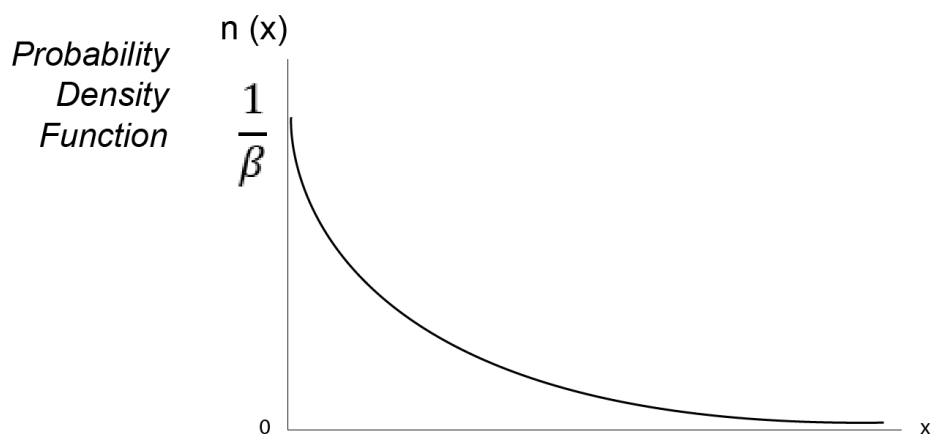
Tip entiteta su studenti jer oni predstavljaju osobe koje dolaze upisati fakultet, počevši od prijediplomskog studija, te osobe koje upisuju diplomski studij nakon završetka prve tri godine prijediplomskog studija.

Od parametra u modulu „Create“, vrijeme između dolazaka definirano je nasumično eksponencijalnom distribucijom (eng. Random (Expo)) u razmaku od 60 minuta, što označava kada sljedeći studenti dolaze na fakultet. U simulacijskom modelu predviđen je dolazak po 15 studenata istovremeno dok je maksimalan broj studenata ograničen na 120, s obzirom da taj broj označava upisnu kvotu za diplomski studij.

Kod simulacije za prijediplomski studij, predviđen je dolazak po 15 studenata istovremeno, također sa razmakom dolaska od 60 minuta i maksimalnim dolaskom 149, dok je kvota za upis na prijediplomski studij 260.

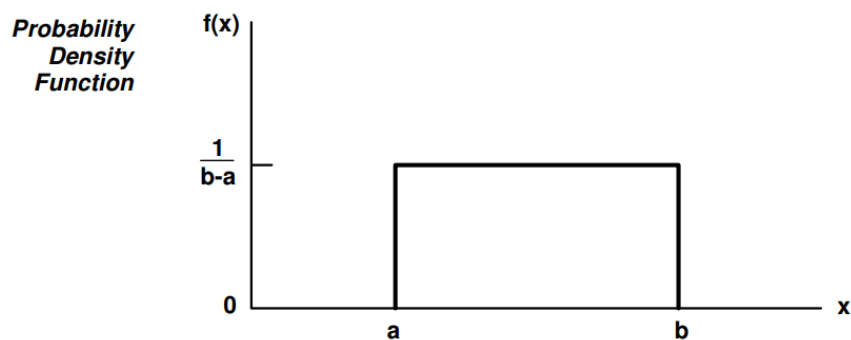
Od modula „Process“ koji označava radnju tog događaja, uključeni su: upis na prijediplomski/diplomski studij, ispunjavanje obrasca za upis, predaja dokumentacije, plaćanje školarine digitalnim putem ili odlaskom u banku prije plaćanja školarine te ponovna predaja dokumentacije. Postoje i podproces koji se nadovezuju sa glavnim procesima kao što su to: nazivi smjerova koji povezuju sa odlukom za odabir smjerova, te način plaćanja školarine sa odlukom da li je potrebno platiti školarinu.

Od distribucija u procesu, u radu će se koristiti eksponencijalna, uniformna, trokutasta i konstantna distribucija.



Slika 9. Eksponecijalna distribucija (Rockwell Automation, 2010:64)

U smislu ekspancijalne distribucije, često se koristi za modeliranje vremena među događajima u procesima nasumičnog dolaska i kvara, ali općenito je neprikladna za modeliranje vremena kašnjenja procesa (Rockwell Automation, 2010:64). Primjenjiva je u početnom procesu za dolazak na fakultet iz razloga što označava trenutak kada članovi referade pripremaju obrasce za upise i mjesto dvorane na kojem se studenti trebaju sastati.



Slika 10. Uniformna distribucija (Rockwell Automation, 2010:72)

Uniformna distribucija koristi se kada se sve vrijednosti u konačnom rasponu smatraju jednako vjerojatnim. Ponekad se koristi kada nema dostupnih podataka osim raspona. Uniformna distribucija ima veću varijancu od ostalih distribucija koje se koriste kada nedostaju informacije (npr. trokutasta distribucija) (Rockwell Automation, 2010:72). U uniformnoj distribuciji ona označava samo minimalnu i maksimalnu vrijednost trajanja usluge. Primjenjiva je u procesu odabira smjerova, digitalnog plaćanja školarine i ponovne predaje dokumentacije jer ona omogućava lakše praćenje vremena te smanjenje opterećenja i gužve u redu.

Modul procesa „Upis na prijediplomski/diplomski studij“ označava da studenti dolaze na upis za prijediplomski ili diplomski studij u određenu dvoranu prema rasporedu. Parametri za ovu radnju uključuju Delay sa konstantom distribucije od 5 sekundi, budući da taj proces označava ulazak u dvoranu.

Iz perspektive simulacije za diplomski studij, za proces „Odabir smjerova“ koristiti će se „Decide“ koja služi da bi studenti mogli birati smjerove. S obzirom da na diplomskom studiju

ima 6 smjerova na fakultetu, u postavkama za modul „Decide“ će se koristiti funkcija „N-way by Chance“. N-way by chance označava vjerojatnost koliko će biti vjerojatnost da će studenti odabrati jedan od ponuđenih 6 smjerova. Vjerojatnost da će studenti upisati smjer Financijski menadžment, Marketing, Menadžment jest 20%, s obzirom da su to najčešći smjerovi koji studenti upisuju u smislu interesa, dok vjerojatnost za 15% uključuju smjerovi Poduzetništvo i Inovativnost te Poslovna Informatika. Ukoliko od tih 5 smjerova ne namjeravaju studenti upisati, pod „Else“ u „Decide“ označuje da će studenti upisati smjer Upravljanje opskrbnim lancem. Nakon odabira smjerova, studenti kreću sa daljnjim koracima u procesu.

U procesu s nazivima smjerova, od parametara će se koristiti radnja „Delay“ sa uniformnom distribucijom u rasponu od 0.5 do 1 minute.

Modul procesa „Ispunjavanje obrasca za upis“ označava trenutak kada studenti ispunjavaju obrazac za upis na prijediplomski ili diplomski studij, unoseći potrebne osobne podatke i odabirući kolegije, uključujući izborne kolegije. Parametri za ovaj modul, u smislu ispunjavanja obrasca za upis na diplomski studij, koriste se radnja „Seize Delay Release“ s trokutastom distribucijom u trajanju od minimalno 5 minuta do maksimalno 10 minuta sa srednjom vrijednošću od 7 minuta, što označava prosječno vrijeme potrebno za ispunjavanje obrasca. Za one studente koji upisuju prijediplomski studij, njima treba vremena za ispuniti obrazac u rasponu od 10 do 15 minuta sa srednjom vrijednošću na 12 minuta pošto su oni brucoši i znaju nekada doći do zabune pri ispunjavanju obrasca. Član referade je resurs jer oni vode upise na studije i dijele obrasce studentima.

Modul procesa „Predaja dokumentacije“ označava trenutak kada su studenti završili s ispunjavanjem obrasca za upis i predaju potrebnu dokumentaciju zajedno s obrascem. Parametar tog modula je Seize Delay Release, budući da je to radnja koju studenti predaju dokumentacije članovima referade. Proces je određen konstantom distribucije od jedne minute.

Nakon obavljanja ključnih procesa potrebnih za upis, slijede dodatni procesi poput plaćanja školarine za izvanredne studente ili one koji ponavljaju godinu. Za te module koriste se „Decide“ i „Process“.

Parametar za modul „Decide“ predstavlja ulogu da se otkrije kolika je vjerojatnost da će studenti platiti školarinu. U ovom slučaju koristi se tip „N-way by Chance“, pošto na fakultetu postoje načini kako platiti školarinu.

Budući da postoje studenti koji plate školarinu digitalnim putem, koristiti će se proces „Digitalno plaćanje“ sa 45% vjerojatnosti te u postavkama procesa koristiti radnju „Delay“ sa uniformnom distribucijom u rasponu od 2 do 5 minute. Digitalno plaćanje školarine se vrši u studentskoj referadi putem POS uređaja. Ukoliko studenti nemaju dovoljno novaca da plate školarinu u referadu, koristiti će se proces „Odlazak u banku“ i ona je određena 20% vjerojatnosti te radnjom „Delay“ sa trokutastom distribucijom u rasponu od 10 do 20 minuta sa srednjom vrijednošću na 15 minuta. U slučaju da su studenti izvršili plaćanje školarine bilo digitalnim plaćanjem ili gotovinom, oni slijede na sljedeći proces „Ponovna predaja dokumentacije“ jer oni koji su platili školarinu digitalnim bankarstvom, trebaju predati potvrdu o plaćanju u referadu. Studenti koji ne moraju platiti školarinu, završili su s upisom i slijede odmah direktno na kraj procesa „Uspješan upis i unos podataka u Studomat“.

U procesu „Ponovna predaja dokumentacije“, parametri za ovaj proces uključuju radnju „Seize Delay Release“ s resursom „član referade“ te uniformnom distribucijom u rasponu od 0.5 do 2 minute, što je prosječno vrijeme potrebno da student plati školarinu u referadi. Nakon plaćanja školarine, uspješno su ispunili naknadne dokumentacije za upis.

Modul „Decide“ predstavlja jesu li studenti obavili sve što im je potrebno za upis (naziv: „Potpuna upisna dokumentacija“). Parametri uključuju tip odluke „2-way by chance“ s 100% vjerojatnosti, jer su svi studenti tada uspješno obavili upis.

Na kraju procesa, modul „Dispose“ označava izlazak studenata s fakulteta, nakon čega čekaju početak nastave. Članovi referade evidentiraju studente i unose podatke u Studomat, verificirajući da su studenti obavili upis u cijelosti. Ukoliko studenti nisu izvršili sve što im treba od dokumentacija za upis, proces završava sa neobavljenim upisom tj. nije ispunjen upis u cijelosti i nije moguće pohađati studij.

Članovi referade predstavljaju resurse kod upisa na prijediplomski i diplomski studij, a njihova je uloga pružiti smjernice studentima prilikom ispunjavanja obrasca za upis u svakoj akademskoj godini te kasnije evidentirati te podatke u Studomatu. Prema podacima resursa u programu Arena, koristiti će se kapacitet od 4 djelatnika za prijediplomski i diplomski studij jer oni predstavljaju broj članova koje rade u toj dvorani. Sljedeće, satnica za obavljanje usluga jest 8 eura, kako za vrijeme kada su zauzeti (eng. *Busy*) tako i za vrijeme kada su resursi u čekanju (eng. *Idle*).

Prije pokretanja rada, u postavku na Run -> Setup će se postaviti koliko će vremenski trajati model simulacije. Trajanje simulacije (eng. *Replication Length*) će biti 2 dana sa radnim vremenom 8 sati na dan (eng. *Hours per day*), te napraviti 5 ponavljanja u simulaciji (eng. *Number of Replications*) kako bi se rezultati simulacije procijenili s višestrukim iteracijama, što poboljšava točnost i pouzdanost rezultata.

U sljedećem poglavlju analizirati će se rezultati izvještaja dobivenih tijekom projektnog rada.

4.2. Rezultati izvještaja

Nakon izvršavanja simulacije, analizirat će se rezultati izvještaja kako bi se saznali sljedeći podaci:

- 1) Ukupni troškovi obrade u procesu
- 2) Ukupni troškovi čekanja resursa
- 3) Prosječno vrijeme koje je entitet proveo u procesu
- 4) Prosječni trošak obrade jednog entiteta
- 5) Prosječno vrijeme čekanja entiteta
- 6) Iskorištenost djelatnika

| Ključni pokazatelji uspješnosti | |
|---------------------------------|----------------|
| Svi entiteti | Prosjek |
| Trošak bez dodane vrijednosti | 0 |
| Ostali troškovi | 0 |
| Trošak prijenosa | 0 |
| Troškovi dodane vrijednosti | 413 |
| Trošak čekanja | 0 |
| Ukupni troškovi | 413 |
| Svi resursi | Prosjek |
| Trošak posla | 413 |
| Trošak odmora | 97 |
| Trošak korištenja | 0 |

| | |
|-----------------|-----|
| Ukupni troškovi | 510 |
|-----------------|-----|

Tablica 1. Ključni pokazatelji uspješnosti za prijediplomski studij

| Ključni pokazatelji uspješnosti | |
|---------------------------------|---------|
| Svi entiteti | Prosjek |
| Trošak bez dodane vrijednosti | 0 |
| Ostali trošak | 0 |
| Trošak prijenosa | 0 |
| Trošak dodane vrijednosti | 308 |
| Trošak čekanja | 0 |
| Ukupni troškovi | 308 |
| Svi resursi | Prosjek |
| Trošak posla | 308 |
| Trošak odmora | 203 |
| Trošak korištenja | 0 |
| Ukupni troškovi | 511 |

Tablica 2. Ključni pokazatelji uspješnosti za diplomski studij

Na tablici 1 i 2 su prikazana izvješća za ključne pokazatelje uspješnosti za prijediplomski i diplomski studij (eng. *Key Performance Indicators*). Prema rezultatima za ključne pokazatelje uspješnosti, kod prijediplomskog i diplomskog studija, ukupni troškovi obrade u procesu je iznosilo 510 NJ, dok ukupni troškovi odmora su iznosili 97 NJ za prijediplomski studij, a za diplomski studij 203 NJ.

| |
|----------------|
| Entitet |
| Vrijeme |

| | | | | | | |
|--|----------------|--------------------------------|--------------------------|---------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| Vrijeme dodane vrijednosti | Prosjek | Vrijeme polovine širine | Minimalni prosjek | Maksimalni prosjek | Minimalna vrijednost | Maksimalna vrijednost |
| Student | 18.6877 | 0,25 | 18.4651 | 19.0003 | 11.1400 | 34.9296 |
| Vrijeme bez dodanih vrijednosti | Prosjek | Vrijeme polovine širine | Minimalni prosjek | Maksimalni prosjek | Minimalna vrijednost | Maksimalna vrijednost |
| Student | 0.00 | 0,00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Vrijeme čekanja | Prosjek | Vrijeme polovine širine | Minimalni prosjek | Maksimalni prosjek | Minimalna vrijednost | Maksimalna vrijednost |
| Student | 113.94 | 41,37 | 80.3279 | 161.28 | 25.6367 | 324.31 |
| Vrijeme prijenosa | Prosjek | Vrijeme polovine širine | Minimalni prosjek | Maksimalni prosjek | Minimalna vrijednost | Maksimalna vrijednost |
| Student | 0.00 | 0,00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Ostalo vrijeme | Prosjek | Vrijeme polovine širine | Minimalni prosjek | Maksimalni prosjek | Minimalna vrijednost | Maksimalna vrijednost |
| Student | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Ukupno vrijeme | Prosjek | Vrijeme polovine širine | Minimalni prosjek | Maksimalni prosjek | Minimalna vrijednost | Maksimalna vrijednost |
| Student | 132.63 | 41,55 | 98.7929 | 180.28 | 38.3128 | 344.52 |

Tablica 3. Vrijeme provođenih entiteta (Prije diplomski studij)

| Entitet | | | | | | |
|-----------------------------------|----------------|--------------------------------|--------------------------|---------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| Vrijeme | | | | | | |
| Vrijeme dodane vrijednosti | Prosjek | Vrijeme polovine širine | Minimalni prosjek | Maksimalni prosjek | Minimalna vrijednost | Maksimalna vrijednost |
| | | | | | | |

| | | | | | | |
|--|----------------|--------------------------------|--------------------------|---------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| Student | 14.5515 | 0,34 | 14.2769 | 15.0163 | 6.9222 | 31.9726 |
| Vrijeme bez dodanih vrijednosti | Prosjek | Vrijeme polovine širine | Minimalni prosjek | Maksimalni prosjek | Minimalna vrijednost | Maksimalna vrijednost |
| Student | 0.00 | 0,00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Vrijeme čekanja | Prosjek | Vrijeme polovine širine | Minimalni prosjek | Maksimalni prosjek | Minimalna vrijednost | Maksimalna vrijednost |
| Student | 50.4362 | 9,58 | 39.4428 | 58.4205 | 15.4501 | 146.65 |
| Vrijeme prijenosa | Prosjek | Vrijeme polovine širine | Minimalni prosjek | Maksimalni prosjek | Minimalna vrijednost | Maksimalna vrijednost |
| Student | 0.00 | 0,00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Ostalo vrijeme | Prosjek | Vrijeme polovine širine | Minimalni prosjek | Maksimalni prosjek | Minimalna vrijednost | Maksimalna vrijednost |
| Student | 0.00 | 0,00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Ukupno vrijeme | Prosjek | Vrijeme polovine širine | Minimalni prosjek | Maksimalni prosjek | Minimalna vrijednost | Maksimalna vrijednost |
| Student | 64.9876 | 9,40 | 54.4590 | 72.9634 | 23.6245 | 161.67 |

Tablica 4. Vrijeme provedenih entiteta (Diplomski studij)

Sljedeće tablice 3 i 4 prikazuju koliko su u prosječnom vremenu proveli studenti koji su proveli u procesu za prijediplomski i diplomski studij. Ukupno vrijeme provedenih u procesu na prijediplomskom studiju iznosi 132,63 minute, dok je na diplomskom 64,99 minuta.

| |
|---------------|
| Trošak |
|---------------|

| | | | | | | |
|---------------------------------------|----------------|--------------------------------|--------------------------|---------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| Trošak dodane vrijednosti | Prosjek | Vrijeme polovine širine | Minimalni prosjek | Maksimalni prosjek | Minimalna vrijednost | Maksimalna vrijednost |
| Student | 1.8845 | 0,02 | 1.8655 | 1.9015 | 1.4742 | 2.3620 |
| Trošak bez dodanih vrijednosti | Prosjek | Vrijeme polovine širine | Minimalni prosjek | Maksimalni prosjek | Minimalna vrijednost | Maksimalna vrijednost |
| Student | 0.00 | 0,00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Trošak čekanja | Prosjek | Vrijeme polovine širine | Minimalni prosjek | Maksimalni prosjek | Minimalna vrijednost | Maksimalna vrijednost |
| Student | 0.00 | 0,00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Ostali trošak | Prosjek | Vrijeme polovine širine | Minimalni prosjek | Maksimalni prosjek | Minimalna vrijednost | Maksimalna vrijednost |
| Student | 0.00 | 0,00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Trošak prijenosa | Prosjek | Vrijeme polovine širine | Minimalni prosjek | Maksimalni prosjek | Minimalna vrijednost | Maksimalna vrijednost |
| Student | 0.00 | 0,00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Ukupni trošak | Prosjek | Vrijeme polovine širine | Minimalni prosjek | Maksimalni prosjek | Minimalna vrijednost | Maksimalna vrijednost |
| Student | 1.8845 | 0,02 | 1.8655 | 1.9015 | 1.4742 | 2.3620 |

Tablica 5. Trošak provedenih entiteta (Prijediplomski studij)

| Trošak | | | | | | |
|----------------------------------|----------------|--------------------------------|--------------------------|---------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| Trošak dodane vrijednosti | Prosjek | Vrijeme polovine širine | Minimalni prosjek | Maksimalni prosjek | Minimalna vrijednost | Maksimalna vrijednost |
| Student | 1.2138 | 0,01 | 1.2010 | 1.2238 | 0.8090 | 1.6852 |

| Trošak bez dodanih vrijednosti | Prosjek | Vrijeme polovine širine | Minimalni prosjek | Maksimalni prosjek | Minimalna vrijednost | Maksimalna vrijednost |
|---------------------------------------|----------------|--------------------------------|--------------------------|---------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| Student | 0.00 | 0,00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Trošak čekanja | Prosjek | Vrijeme polovine širine | Minimalni prosjek | Maksimalni prosjek | Minimalna vrijednost | Maksimalna vrijednost |
| Student | 0.00 | 0,00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Ostali trošak | Prosjek | Vrijeme polovine širine | Minimalni prosjek | Maksimalni prosjek | Minimalna vrijednost | Maksimalna vrijednost |
| Student | 0.00 | 0,00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Trošak prijenosa | Prosjek | Vrijeme polovine širine | Minimalni prosjek | Maksimalni prosjek | Minimalna vrijednost | Maksimalna vrijednost |
| Student | 0.00 | 0,00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Ukupni trošak | Prosjek | Vrijeme polovine širine | Minimalni prosjek | Maksimalni prosjek | Minimalna vrijednost | Maksimalna vrijednost |
| Student | 1.2138 | 0,01 | 1.2010 | 1.2238 | 0.8090 | 1.6852 |

Tablica 6. Trošak provedenih entiteta (Diplomski studij)

Tablice 5 i 6 prikazuju koliki je prosječni trošak obrade jednog studenta. Iznos prosječnih troškova obrade jednog studenata na prijediplomskom studiju iznosi 1,89 minuta, dok je na diplomskom studiju 1,21 minuta.

| |
|----------------------------|
| Proces |
| Vrijeme po entitetu |

| Vrijeme dodane vrijednosti po entitetu | Prosjek | Vrijeme polovine širine | Minimalni prosjek | Maksimalni prosjek | Minimalna vrijednost | Maksimalna vrijednost |
|---|----------------|--------------------------------|--------------------------|---------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| Digitalno plaćanje | 3.4652 | 0,09 | 3.3751 | 3.5449 | 2.0075 | 4.9991 |
| Ispunjavanje obrasca za upis | 12.3053 | 0,07 | 12.2413 | 12.3579 | 10.0566 | 14.8243 |
| Odlazak u banku | 14.9945 | 0,35 | 14.5617 | 15.3259 | 10.5703 | 19.4014 |
| Ponovna predaja dokumentacije | 1.2583 | 0,05 | 1.2161 | 1.3172 | 0.5030 | 1.9971 |
| Predaja dokumentacije | 1.0000 | 0,00 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| Upis na prijediplomski studij | 0.08333333 | 0,00 | 0.08333333 | 0.08333333 | 0.08333333 | 0.08333333 |
| Vrijeme čekanja po entitetu | Prosjek | Vrijeme polovine širine | Minimalni prosjek | Maksimalni prosjek | Minimalna vrijednost | Maksimalna vrijednost |
| Ispunjavanje obrasca za upis | 47.9322 | 16,34 | 32.6497 | 67.3026 | 0.00 | 174.75 |
| Ponovna predaja dokumentacije | 40.2831 | 19,32 | 27.2252 | 64.8119 | 0.00 | 149.09 |

| | | | | | | |
|-----------------------------------|----------------|--------------------------------|--------------------------|---------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| Predaja dokumentacije | 52.5181 | 18,54 | 34.0504 | 73.7510 | 0.00 | 173.79 |
| Ukupno vrijeme po entitetu | Prosjek | Vrijeme polovine širine | Minimalni prosjek | Maksimalni prosjek | Minimalna vrijednost | Maksimalna vrijednost |
| Digitalno plaćanje | 3.4652 | 0,09 | 3.3751 | 3.5449 | 2.0075 | 4.9991 |
| Ispunjavanje obrasca za upis | 60.2374 | 16,29 | 45.0014 | 79.5439 | 10.2022 | 187.36 |
| Odlazak u banku | 14.9945 | 0,35 | 14.5617 | 15.3259 | 10.5703 | 19.4014 |
| Ponovna predaja dokumentacije | 41.5414 | 19,36 | 28.4519 | 66.1291 | 0.5345 | 149.77 |
| Predaja dokumentacije | 53.5181 | 18,54 | 35.0504 | 74.7510 | 1.0000 | 174.79 |
| Upis na prijediplomski studij | 0.08333333 | 0,00 | 0.08333333 | 0.08333333 | 0.08333333 | 0.08333333 |

Tablica 7. Proces studenata (Prijediplomski studij)

| Proces | | | | | | |
|---|----------------|--------------------------------|--------------------------|---------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| Vrijeme po entitetu | | | | | | |
| Vrijeme dodane vrijednosti po entitetu | Prosjek | Vrijeme polovine širine | Minimalni prosjek | Maksimalni prosjek | Minimalna vrijednost | Maksimalna vrijednost |

| | | | | | | |
|------------------------------------|-----------------|--------------------------------|--------------------------|---------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| Digitalno plaćanje | 3.4523 | 0,05 | 3.4140 | 3.5063 | 2.0101 | 4.9934 |
| Financijski menadžment | 0.7476 | 0,02 | 0.7277 | 0.7692 | 0.5013 | 0.9994 |
| Ispunjavanje obrasca za upis | 7.2997 | 0,08 | 7.2217 | 7.3779 | 5.0648 | 9.9434 |
| Marketing | 0.7548 | 0,02 | 0.7328 | 0.7755 | 0.5003 | 0.9996 |
| Menadžment | 0.7442 | 0,01 | 0.7340 | 0.7554 | 0.5019 | 0.9946 |
| Odlazak u banku | 15.0382 | 0,27 | 14.8263 | 15.3590 | 10.2851 | 19.8190 |
| Poduzetništvo i Inovativnost | 0.7387 | 0,02 | 0.7240 | 0.7539 | 0.5002 | 0.9989 |
| Ponovna predaja dokumentacije | 1.2221 | 0,04 | 1.1757 | 1.2645 | 0.5005 | 1.9983 |
| Poslovna Informatika | 0.7385 | 0,03 | 0.7167 | 0.7748 | 0.5001 | 0.9987 |
| Predaja dokumentacije | 1.0000 | 0,00 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| Upis na diplomski studij | 0.08333333 3 | 0,00 | 0.08333333 3 | 0.08333333 3 | 0.08333333 3 | 0.08333333 |
| Upravljanje opskrbnim lancem | 0.7442 | 0,07 | 0.6698 | 0.8103 | 0.5012 | 0.9998 |
| Vrijeme čekanja po entitetu | Prosjek | Vrijeme polovine širine | Minimalni prosjek | Maksimalni prosjek | Minimalna vrijednost | Maksimalna vrijednost |

| | | | | | | |
|-----------------------------------|----------------|--------------------------------|--------------------------|---------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| Ispunjavanje obrasca za upis | 18.7445 | 3,32 | 15.1722 | 21.8695 | 0.00 | 66.5601 |
| Ponovna predaja dokumentacije | 14.3544 | 3,88 | 9.4865 | 17.3570 | 0.00 | 59.5471 |
| Predaja dokumentacije | 21.9681 | 3,83 | 17.6301 | 25.5502 | 0.00 | 66.6765 |
| Ukupno vrijeme po entitetu | Prosjek | Vrijeme polovine širine | Minimalni prosjek | Maksimalni prosjek | Minimalna vrijednost | Maksimalna vrijednost |
| Digitalno plaćanje | 3.4523 | 0,05 | 3.4140 | 3.5063 | 2.0101 | 4.9934 |
| Financijski menadžment | 0.7476 | 0,02 | 0.7277 | 0.7692 | 0.5013 | 0.9994 |
| Ispunjavanje obrasca za upis | 26.0442 | 3,30 | 22.4812 | 29.2095 | 5.2197 | 75.3715 |
| Marketing | 0.7548 | 0,02 | 0.7328 | 0.7755 | 0.5003 | 0.9996 |
| Menadžment | 0.7442 | 0,01 | 0.7340 | 0.7554 | 0.5019 | 0.9946 |
| Odlazak u banku | 15.0382 | 0,27 | 14.8263 | 15.3590 | 10.2851 | 19.8190 |
| Poduzetništvo i Inovativnost | 0.7387 | 0,02 | 0.7240 | 0.7539 | 0.5002 | 0.9989 |
| Ponovna predaja dokumentacije | 15.5765 | 3,86 | 10.7281 | 18.5327 | 0.5048 | 60.4023 |

| | | | | | | |
|------------------------------|----------------|------|----------------|----------------|----------------|------------|
| Poslovna Informatika | 0.7385 | 0,03 | 0.7167 | 0.7748 | 0.5001 | 0.9987 |
| Predaja dokumentacije | 22.9681 | 3,83 | 18.6301 | 26.5502 | 1.0000 | 67.6765 |
| Upis na diplomski studij | 0.0833333 3 | 0,00 | 0.0833333 3 | 0.0833333 3 | 0.0833333 3 | 0.08333333 |
| Upravljanje opskrbnim lancem | 0.7442 | 0,07 | 0.6698 | 0.8103 | 0.5012 | 0.9998 |

Tablica 8. Proces studenata (Diplomski studij)

Sljedeća izvješća prikazana na tablicama 7 i 8 predstavljaju koliko je najduže vremena bilo potrebno studentima da izvrše sve potrebne procese na prijediplomskom i diplomskom studiju.

Prema rezultatu izvješća za prijediplomski studij, može se utvrditi da je najduže vremena student proveo u ispunjavanju obrasca za upis (60 minuta), dok je najkraće proveo u upis na prijediplomski studij (0,083 minuta)

Prema rezultatu izvješća za diplomski studij, najduže vremena je student proveo u ispunjavanju obrasca za upis (26 minuta), dok je najkraće proveo u odabiru smjera.

| | | | | | | |
|------------------------|---------------------|--|--|--------------------------------|---|---------------------------------------|
| Red čekanja | | | | | | |
| Vrijeme | | | | | | |
| Vrijeme čekanja | Prosje k | Vrijem e polovin e širine | Minimal ni prosje k | Maksimal ni prosjek | Minimal na vrijednos t | Maksimal na vrijednost |

| | | | | | | |
|-------------------------------------|---------------------|--|--|-------------------------------------|---|---------------------------------------|
| Ispunjavanje obrasca za upis.Queue | 48.604 3 | 16,53 | 33.3247 | 68.1754 | 0.00 | 174.75 |
| Ponovna predaja dokumentacije.Queue | 40.283 1 | 19,32 | 27.2252 | 64.8119 | 0.00 | 149.09 |
| Predaja dokumentacije.Queue | 52.602 2 | 18,31 | 34.6969 | 73.7510 | 0.00 | 173.79 |
| Trošak | | | | | | |
| Trošak čekanja | Prosje k | Vrijem e polovin e širine | Minimal ni prosje k | Maksimal ni prosje k | Minimal na vrijednos t | Maksimal na vrijednost |
| Ispunjavanje obrasca za upis.Queue | 0.00 | 0,00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Ponovna predaja dokumentacije.Queue | 0.00 | 0,00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Predaja dokumentacije.Queue | 0.00 | 0,00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Ostalo | | | | | | |
| Broj čekanja | Prosje k | Vrijem e polovin e širine | Minimal ni prosje k | Maksimal ni prosje k | Minimal na vrijednos t | Maksimal na vrijednost |
| Ispunjavanje obrasca za upis.Queue | 13.593 6 | 6,86 | 7.8887 | 20.7985 | 0.00 | 60.0000 |

| | | | | | | |
|-------------------------------------|---------|------|--------|---------|------|---------|
| Ponovna predaja dokumentacije.Queue | 5.6205 | 2,58 | 3.3707 | 8.6966 | 0.00 | 26.0000 |
| Predaja dokumentacije.Queue | 12.4663 | 5,59 | 7.2693 | 18.3322 | 0.00 | 55.0000 |

Tablica 9. Prosječno vrijeme čekanja entiteta (Prijediplomski studij)

| Red čekanja | | | | | | |
|-------------------------------------|---------------------|--|--|-------------------------------------|---|---------------------------------------|
| Vrijeme | | | | | | |
| Vrijeme čekanja | Prosje k | Vrijem e polovin e širine | Minimal ni prosje k | Maksimal ni prosje k | Minimal na vrijednos t | Maksimal na vrijednost |
| Ispunjavanje obrasca za upis.Queue | 18.7848 | 3,35 | 15.1722 | 21.8695 | 0.00 | 66.5601 |
| Ponovna predaja dokumentacije.Queue | 14.3544 | 3,88 | 9.4865 | 17.3570 | 0.00 | 59.5471 |
| Predaja dokumentacije.Queue | 21.9681 | 3,83 | 17.6301 | 25.5502 | 0.00 | 66.6765 |
| Trošak | | | | | | |
| Trošak čekanja | Prosje k | Vrijem e polovin e širine | Minimal ni prosje k | Maksimal ni prosje k | Minimal na vrijednos t | Maksimal na vrijednost |
| Ispunjavanje obrasca za upis.Queue | 0.00 | 0,00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

| | | | | | | |
|-------------------------------------|-----------------|----------------------------------|---------------------------|----------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Ponovna predaja dokumentacije.Queue | 0.00 | 0,00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Predaja dokumentacije.Queue | 0.00 | 0,00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Ostalo | | | | | | |
| Broj čekanja | Prosje k | Vrijem e polovin e širine | Minimal ni prosjek | Maksimal ni prosjek | Minimal na vrijednos t | Maksimal na vrijednost |
| Ispunjavanje obrasca za upis.Queue | 5.2801 | 1,79 | 2.8448 | 6.4925 | 0.00 | 37.0000 |
| Ponovna predaja dokumentacije.Queue | 2.4595 | 0,94 | 1.2451 | 3.2273 | 0.00 | 21.0000 |
| Predaja dokumentacije.Queue | 5.8688 | 1,96 | 3.3056 | 7.5852 | 0.00 | 37.0000 |

Tablica 10. Prosječno vrijeme čekanja entiteta (Diplomski studij)

U tablicama 9 i 10 su prikazana izvješća za prosječno vrijeme čekanja entiteta u pojedinom procesu.

U izvješćima za prijediplomski i diplomski studij, vrijeme čekanja u ispunjavanju obrasca za upis traje 49 minuta (prijediplomski studij) i 19 minuta (diplomski studij), ponovna predaja dokumentacije traje 40 minuta (prijediplomski studij) i 14 minuta (diplomski studij) i predaja dokumentacije traje 52 minute (prijediplomski studij) i 22 minute (diplomski studij).

| |
|---------------|
| Resurs |
|---------------|

| Korist | | | | | | |
|------------------------------|-----------------|--------------------------------|--------------------------|---------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| Trenutno iskorištenje | Prosje k | Vrijeme polovine širine | Minimalni prosjek | Maksimalni prosjek | Minimalna vrijednost | Maksimalna vrijednost |
| Član referade | 0.8109 | 0,11 | 0.7048 | 0.9209 | 0.00 | 1.0000 |
| Broj zauzetih | Prosje k | Vrijeme polovine širine | Minimalni prosjek | Maksimalni prosjek | Minimalna vrijednost | Maksimalna vrijednost |
| Član referade | 3.2435 | 0,43 | 2.8193 | 3.6836 | 0.00 | 4.0000 |

Tablica 11. Prikaz iskorištenosti člana referade (Prije diplomski studij)

| Resurs | | | | | | |
|------------------------------|-----------------|--------------------------------|--------------------------|---------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| Korist | | | | | | |
| Trenutno iskorištenje | Prosje k | Vrijeme polovine širine | Minimalni prosjek | Maksimalni prosjek | Minimalna vrijednost | Maksimalna vrijednost |
| Član referade | 0.6042 | 0,13 | 0.4302 | 0.6984 | 0.00 | 1.0000 |
| Broj zauzetih | Prosje k | Vrijeme polovine širine | Minimalni prosjek | Maksimalni prosjek | Minimalna vrijednost | Maksimalna vrijednost |
| Član referade | 2.4168 | 0,53 | 1.7209 | 2.7938 | 0.00 | 4.0000 |

Tablica 12. Prikaz iskorištenosti člana referade (Diplomski studij)

Zadnja izvješća koja su potrebna za odgovoriti jest izvješće o prikazu iskorištenosti djelatnika (člana referade) na prijediplomskom i diplomskom studiju (Tablice 11 i 12). Prema tim rezultatima, iskorištenost člana referade za upis na prijediplomski studij je iznosila 0,81%, dok za upis na diplomski studij je iznosilo 0,60%.

Nakon provedenih rezultata istraživanja i analiziranja rezultata prema izvješćima, u raspravi će se komentirati o dobivenim rezultatima te donijeti preporuke za poboljšanje usluge na fakultetu.

5. Rasprava

Od svih rezultata dobivenih u izvještajima, procesi upisa studenata na fakultet za prijediplomski i diplomski studij su vremenski ograničeni, osim dijela za ispunjavanje obrasca za upis i predaja dokumentacije, koji je najdugotrajniji. To je zato što studenti pažljivo čitaju upute koje im daju članovi referade pri ispunjavanju obrasca te pažljivo upisuju osobne podatke koje članovi referade evidentiraju i pohranjuju u Studomatu. Isto tako, u procesu predaje dokumentacije se stvaraju gužve stoga se zato događaju redovi čekanja.

Budući da upisi traju svakih 60 minuta jer su podijeljeni u grupe, poslovanje je dovoljno učinkovito, posebno kod pokazatelja za vrijeme i proces entiteta. Oni pomažu u procjenjivanju opterećenosti studenata, u smislu postavljanja pitanja koje se traže na odabiru kolegija. Na svim godinama studija postoje izborni kolegiji, što studentima daje više vremena za odluku jer nisu uvijek sigurni koji bi im kolegij bio najzanimljiviji ili korisniji za budućnost. Neki studenti znaju što žele, dok drugi nisu sigurni.

Kao preporuka, da bi fakultet imao učinkovitije poslovanje, budući da se u današnjem svijetu razvijaju nove tehnologije i alate koje se potrebne zadatke i obveze mogu riješiti online, najbolje je rješenje da se za upise na fakultet rješava putem online obrasca na kojem studenti mogu ispunjavati te platiti školarinu putem digitalnog bankarstva bez potrebe fizičkog dolaska na fakultet i poslati potvrde o plaćanju školarina i troškove upisa referadi na mail, što ujedno pomaže u smanjenju troškova usluga za članove referade i smanjenju opterećenja studentima. Drugi način može biti smanjenje broja potrebnih djelatnika koja također može pomoći u smanjenju troškova usluga te smanjenju administrativnih opterećenja.

6. Zaključak

U ovom radu govori se o modeliranju simulacije upisa studenata na fakultet za prijediplomski i diplomski studij. Kako je ranije navedeno, budući da je simulacijski model upisa studenata na fakultet dinamičan proces, on spada pod simulacije diskretnih događaja. Izrada simulacijskog modela provodi se pomoću programa Arena. Za izradu simulacijskog modela potrebni su podaci kao što su broj studenata koji upisuju prijediplomski i diplomski studij te trajanje postupka upisa na fakultet. Kako bi se proces modelirao, bilo je potrebno definirati entitete i resurse na kojima će se izvršavati procesi i donositi odluke u dijagramu toka kako bi se uspješno obavila procedura upisa. Također, pri osmišljavanju simulacije za fakultet, važno je razmisliti i o alternativnim rješenjima kroz prednosti i nedostatke koje će im pomoći u lakšem osmišljavanju ideja za poboljšanje usluga kao npr. digitalizacija upisa, skraćivanje vremena upisa, pojednostavljivanje načina plaćanja upisa te samim time optimiziranje broja djelatnika. Program Arena koristi se u modeliranju brojnih procesa kao što je primjena u modeliranju opskrbnih lanaca, medicini i zdravstvu. Ovaj pristup može pomoći u donošenju inovativnih rješenja, osmišljavanju različitih scenarija za poboljšanje usluge, smanjenju opterećenja administrativnog osoblja te povećanju zadovoljstva studenata.

Literatura

1. Ali, I.A. (2012). Modeling and simulation of MEMS components: Challenges and possible solutions. *Micromachining Techniques for Fabrication of Micro and Nano Structures*, DOI:10.5772/32122, str.277-300. Dostupno na: https://www.researchgate.net/publication/221923673_Modeling_and_Simulation_of_MEMS_Components_Challenges_and_Possible_Solutions [pristupljeno: 26.06.2024.]
2. Božikov, J. (1996). *Modeliranje i simulacija*. Dostupno na: https://bib.irb.hr/datoteka/347082.modeliranje_i_simulacija_-_v2a2.pdf [pristupljeno: 05.06.2024.]
3. Briš Alić, M. i dr. (2022). *Operacijski menadžment* [online]. Osijek, Rijeka, Split, Zagreb. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Ekonomski fakultet u Osijeku, Sveučilište u Rijeci, Ekonomski fakultet, Sveučilište u Splitu, Ekonomski fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Ekonomski fakultet. Dostupno na: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:192:764199> [pristupljeno: 08.06.2024.]
4. Celemi (n.d.). What is a business simulation?. Dostupno na: <https://celemi.com/areas-of-expertise/business-simulations/what-is-a-business-simulation> [pristupljeno: 05.06.2024.]
5. Ćerić, V. (1993). *Simulacijsko modeliranje*. Zagreb. Školska knjiga.
6. Ćerić, V. i Varga, M. (2004). *Informacijska tehnologija u poslovanju*. Zagreb. ELEMENT.
7. Emshoff, J. R. i Sisson, R. L. (1970). *Design and use of computer simulation models*. Collier-Macmillan Limited. New York; London.
8. Fishman, G. S. (1973). *Concepts and methods in discrete event simulation*. New York, London, Sydney, Toronto. JOHN WILEY & SONS.
9. Futurelearn (n.d.). What is Arena?. Dostupno na: <https://www.futurelearn.com/info/courses/simulation-for-logistics-an-introduction/0/steps/66025> [pristupljeno: 26.06.2024.]
10. Goti, A. (2010). *Discrete Event Simulations* [online]. United Kingdom. IntechOpen. Dostupno na: <https://directory.doabooks.org/handle/20.500.12854/64856> [pristupljeno: 16.06.2024.]
11. Marsudi, M. (2020). Modeling and Simulation of Student Registration Process by Using ARENA. *Proceedings of the 5th NA International Conference on Industrial*

- Engineering and Operations Management Detroit, Michigan, USA, str. 1349-1357.
Dostupno na: <http://www.ieomsociety.org/detroit2020/papers/309.pdf> [pristupljeno: 09.06.2024.]
12. Robledo, L. (2013). A Dynamic Enrollment Simulation Model For Planning And Decision-making In A University. Dostupno na: <https://stars.library.ucf.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=3945&context=etd> [pristupljeno: 10.06.2024.]
13. Rockwell Automation (2010). Arena Basic. User's guide. Dostupno na: https://staff.emu.edu.tr/adhammackieh/Documents/courses/ieng461-mane461/lab-and-tutorials/Arena_Basic_Edition_User_s_Guide.pdf [pristupljeno: 26.06.2024.]
14. Rockwell Automation (n.d.). Discrete event modeling. Dostupno na: <https://www.rockwellautomation.com/en-us/products/software/arena-simulation/discrete-event-modeling.html> [pristupljeno: 26.06.2024.]
15. Rosetti, M. D. (2021). Simulation modeling and Arena [online]. Dostupno na: <https://rossetti.github.io/RossettiArenaBook/> [pristupljeno: 26.06.2024.]
16. Schröder, H. P. i Ciucan-Rusu, L. (2012). Business simulation. Dostupno na: https://www.researchgate.net/publication/280387309_Business_Simulation [pristupljeno: 05.06.2024.]
17. Shital, A. P. i dr. (2018). College admission process. International Journal of Advance Research, Ideas and Innovations in Technology, 4(3), str. 785-790. Dostupno na: <https://www.ijariit.com/manuscript/college-admission-process/> [pristupljeno: 09.06.2024.]
18. Wee Chuan Lim, E. (2012). Discrete event simulations. Development and Applications. [online]. United Kingdom. IntechOpen. Dostupno na: <https://directory.doabooks.org/handle/20.500.12854/66196> [pristupljeno: 16.06.2024.]
19. Vagner, V. (2006). 'Poslovne simulacije', Playmath, IV(12), str. 14-17. Dostupno na: <https://hrcak.srce.hr/clanak/16113> [pristupljeno: 05.06.2024.]
20. Varga, M. (1988). 'SIMULACIJSKI MODELI U PROCESIMA POSLOVNOG ODLUČIVANJA'. Journal of Information and Organizational Sciences, (12), str. 231-244. Dostupno na: <https://hrcak.srce.hr/80320> [Pristupljeno: 08.06.2024.]
21. Villarreal, R. L., Parra B., López, J. A., Flores, J. P., Monfil, J., Calixto, E. (2019). Implementation of IT in Systems Simulation for the Registration Process. Journal of education and human development, 8(4). str. 177-183. Dostupno na:

<https://jehd.thebrpi.org/vol-8-no-4-december-2019-abstract-19-jehd> [pristupljeno:
09.06.2024.]

22. Zelenika, R. (2000). Metodologija i tehnologija izrade znanstvenog i stručnog djela.
Rijeka. Ekonomski fakultet u Rijeci.

Popis slika

| | |
|---|----|
| Slika 1. Taksonomija modela u procesu simulacije | 4 |
| Slika 2. Simboli dijagrama toka koji se koriste u simulacijskom modeliranju | 8 |
| Slika 3. Komponenti simulacijskog modeliranja | 10 |
| Slika 4. Arhitektura sustava | 12 |
| Slika 5. Koraci za simulacijski proces | 19 |
| Slika 6. Početak i tijek procesa upisa na fakultet za prijediplomski studij | 22 |
| Slika 7. Početak i tijek procesa upisa na fakultet za diplomski studij | 22 |
| Slika 8. Procesi plaćanja školarine i završetak procesa | 22 |
| Slika 9. Eksponecijalna distribucija | 24 |
| Slika 10. Uniformna distribucija | 24 |

Popis tablica

| | |
|---|----|
| Tablica 1. Ključni pokazatelji uspješnosti za prijediplomski studij | 28 |
| Tablica 2. Ključni pokazatelji uspješnosti za diplomski studij | 28 |
| Tablica 3. Vrijeme provedenih entiteta (Prijediplomski studij) | 29 |
| Tablica 4. Vrijeme provedenih entiteta (Diplomski studij) | 30 |
| Tablica 5. Trošak provedenih entiteta (Prijediplomski studij) | 31 |
| Tablica 6. Trošak provedenih entiteta (Diplomski studij) | 32 |
| Tablica 7. Proces studenata (Prijediplomski studij) | 34 |
| Tablica 8. Proces studenata (Diplomski studij) | 37 |
| Tablica 9. Prosječno vrijeme čekanja entiteta (Prijediplomski studij) | 39 |

| | |
|---|----|
| Tablica 10. Prosječno vrijeme čekanja entiteta (Diplomski studij) | 40 |
| Tablica 11. Prikaz iskorištenosti člana referade (Prije-diplomski studij) | 41 |
| Tablica 12. Prikaz iskorištenosti člana referade (Diplomski studij) | 41 |