

# Kvantitativna analiza poslovnih procesa uporabom metoda strojnog učenja

---

**Botonjić, Ammar**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2018**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Pula / Sveučilište Jurja Dobrile u Puli**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:137:293135>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-12-24**



*Repository / Repozitorij:*

[Digital Repository Juraj Dobrila University of Pula](#)



Sveučilište Jurja Dobrile u Puli  
Odjel za informacijsko-komunikacijske tehnologije

**AMMAR BOTONJIĆ**

**KVANTITATIVNA ANALIZA POSLOVNIH  
PROCESA UPORABOM METODA STROJNOG  
UČENJA**

Diplomski rad

Pula,2018

Sveučilište Jurja Dobrile u Puli  
Odjel za informacijsko-komunikacijske tehnologije

**AMMAR BOTONJIĆ**

**KVANTITATIVNA ANALIZA POSLOVNIH  
PROCESA UPORABOM METODA STROJNOG  
UČENJA**

Diplomski rad

**JMBAG: 0303040753**

**Studijski smjer: Informatika, diplomski studij**

**Predmet: Umjetna inteligencija**

**Znanstveno područje: Društvene znanosti**

**Znanstveno polje: Informacijske i komunikacijske znanosti**

**Znanstvena grana: Informacijski sustavi i informatologija**

**Mentor: doc. dr. sc. Darko Etinger**



## IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Ja, dolje potpisani \_\_\_\_\_, kandidat za magistra \_\_\_\_\_ ovime izjavljujem da je ovaj Diplomski rad rezultat isključivo mogega vlastitog rada, da se temelji na mojim istraživanjima te da se oslanja na objavljenu literaturu kao što to pokazuju korištene bilješke i bibliografija. Izjavljujem da niti jedan dio Diplomskog rada nije napisan na nedozvoljen način, odnosno da je prepisan iz kojega necitiranog rada, te da ikoji dio rada krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem, također, da nijedan dio rada nije iskorišten za koji drugi rad pri bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili radnoj ustanovi.

Student

\_\_\_\_\_

U Puli, \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ godine



**IZJAVA**  
**o korištenju autorskog djela**

Ja, \_\_\_\_\_ dajem odobrenje Sveučilištu Jurja Dobrile  
u Puli, kao nositelju prava iskorištavanja, da moj diplomski rad pod nazivom

\_\_\_\_\_

koristi na način da gore navedeno autorsko djelo, kao cjeloviti tekst trajno objavi u javnoj internetskoj bazi Sveučilišne knjižnice Sveučilišta Jurja Dobrile u Puli te kopira u javnu internetsku bazu završnih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice (stavljanje na raspolaganje javnosti), sve u skladu s Zakonom o autorskom pravu i drugim srodnim pravima i dobrom akademskom praksom, a radi promicanja otvorenoga, slobodnoga pristupa znanstvenim informacijama. Za korištenje autorskog djela na gore navedeni način ne potražujem naknadu.

U Puli, \_\_\_\_\_ (datum)

Potpis

\_\_\_\_\_

# SADRŽAJ

|                                                                                              |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| UVOD .....                                                                                   | 1  |
| 1. POSLOVNI PROCESI - DEFINIRANJE I POJMOVNO ODREĐENJE .....                                 | 2  |
| 1.1. Upravljanje poslovnim procesima .....                                                   | 4  |
| 1.2. Koncept poslovne orijentacije .....                                                     | 5  |
| 1.3.1. <i>Reinženjering poslovnih procesa</i> .....                                          | 7  |
| 1.3.2. <i>Program šest sigma</i> .....                                                       | 8  |
| 2. ANALIZA POSLOVNIH PROCESA .....                                                           | 10 |
| 2.1. Mjerenje uspješnosti (učinkovitosti) i unaprijeđivanje poslovnih procesa .....          | 12 |
| 2.2. Koncept procesne zrelosti .....                                                         | 14 |
| 3. MODELIRANJE POSLOVNIH PROCESA .....                                                       | 17 |
| 3.1. Metode modeliranja poslovnih procesa .....                                              | 25 |
| 3.2. Metoda modeliranja poslovnih procesa uporabom strojnog učenja .....                     | 28 |
| 3.2.1. <i>Simulacijsko modeliranje poslovnih procesa</i> .....                               | 31 |
| 3.2.2. <i>Referentni modeli i metodološki okviri kod modeliranja poslovnih procesa</i><br>36 |    |
| 3.2.3. <i>Neuronska mreža</i> .....                                                          | 40 |
| 4. ANALIZA I SIMULACIJA PROCESA PRODAJE NA PRIMJERU PODUZEĆA .....                           | 42 |
| 4.1. Primjena Queueing analize (analize reda) na proces prodaje .....                        | 42 |
| 4.2. Simulacija procesa prodaje koristeći online web alate .....                             | 50 |
| 5. PRIMJENA PROCESNOG RUDARENJA .....                                                        | 61 |
| 5.2. Nedostaci(ograničenja) analize modeliranja i simulacije .....                           | 65 |
| 5.3. Otkrivanje procesnog modela i a-algoritam .....                                         | 66 |
| 5.4. Primjena procesnog rudarenja uporabom softverskog alata Prom .....                      | 72 |
| ZAKLJUČAK .....                                                                              | 80 |
| POPIS LITERATURE .....                                                                       | 83 |
| POPIS SLIKA .....                                                                            | 85 |
| POPIS TABLICA .....                                                                          | 87 |

## UVOD

Tema ovog diplomskog rada je kvantitativna analiza poslovnih procesa uporabom strojnog učenja. Cilj rada je objasniti kvantitativnu analizu poslovnih procesa uporabom metoda strojnog učenja.

U prvom dijelu rada biti će pojmovno određeni i definirani poslovni procesi, upravljanje poslovnim procesima, koncept poslovne orijentacije, reinženjering poslovnih procesa i program šest sigma.

U drugom dijelu rada pažnja je usmjerena na analizu poslovnih procesa, na mjerenje uspješnosti (učinkovitosti) i unaprijeđivanje poslovnih procesa te na koncept procesne zrelosti.

U trećem dijelu rada biti će riječi o modeliranju poslovnih procesa, metodama modeliranja poslovnih procesa, metoda modeliranja poslovnih procesa uporabom strojnog učenja, također će biti objašnjeno simulacijsko modeliranje poslovnih procesa, referentni modeli i metodološki okviri kod modeliranja poslovnih procesa te neuronska mreža.

U četvrtom dijelu rada prikazana je analiza i simulacija procesa prodaje na primjeru poduzeća, primjenom Queueing analize (analize reda) na proces prodaje te simulacija procesa prodaje koristeći online web alate.

U petom dijelu rada biti će prikazana primjena procesnog rudarenja, pojma koji se poistovjećuje sa pojmom strojnog učenja. U nastavku tog dijela obrađena je primjena iste metode na jednostavnom primjeru.

Prilikom izrade rada korišene su metode analize i sinteze, povijesna metoda, metoda deskripcije, matematička i statistička metoda.

## 1. POSLOVNI PROCESI - DEFINIRANJE I POJMOVNO ODREĐENJE

Zadaci menadžmenta su inovacije, promjene i unapređenje poslovanja što se ostvaruje strategijama poslovanja, modelima poslovanja i poslovnim procesima.

Poslovni procesi predstavljaju nepoznanicu za poslovni svijet koji je prepun neiskorištenih mogućnosti pa poslovne procese treba promatrati u širem kontekstu jer utjecaj okoline, tržišta i konkurencije utječe na poslovnu strategiju organizacije te dovodi do potpune promjene informatizacije poslovanja i promjene poslovnih procesa.

Promjene poslovanja u organizacijama prvenstveno su posljedica brzog napretka tehnologije te se pojavila filozofija potrebe za upravljanjem poduzećem pa tako i njegovim poslovnim procesima.

Proces je riječ latinskog porijekla a u prijevodu znači *ići naprijed*.

Većina definicija poslovnih procesa nastala je 1990-ih godina pojavom reinženjeringa poslovnih procesa a jedna od osnovnih definicija za koju se smatra da sadrži sve potrebne elemente za objašnjenje poslovnog procesa je definicija koja glasi da je:

„poslovni proces strukturiran, analitičan međufunkcijski skup aktivnosti koji zahtijeva neprestano unaprijeđivanje. Riječ je o aktivnostima s jasno utvrđenim početkom i završetkom, tijekom kojih se više ili manje stalnim intervalima stvara vrijednost za potrošače.“<sup>1</sup> Poslovni proces je kontinuiran, što znači da se neprekidno ponavlja ispočetka te proizvodi isti output svaki put kada se pokrene pa na takav način procesni timovi akumuliraju i obogaćuju svoje znanje.

---

<sup>1</sup> Bosilj Vukšić, V., Hernaus, T. i A. Kovačić, *Upravljanje poslovnim procesima – organizacijski i informacijski pristup*, Školska knjiga, Zagreb, 2008., str. 17



Poslovni procesi organizacijskim sustavima daju značenje te oblikuju njihov izgled i operacije, izgled posla, odgovornosti i vještine koje utječu na organizacijsku kulturu i kompetencije zaposlenika jer svaka aktivnost koju obavlja zaposlenik je dio nekog šireg procesa.

Osnovna obilježja poslovnih procesa su<sup>2</sup>:

- svaki proces ima svrhu,
- svaki proces ima vlasnika,
- svaki proces ima završetak i kraj,
- u proces ulaze inputi a izlaze outputi,
- proces je sastavljen od sekvencijski izvedivih aktivnosti,
- na temelju ulaza i izlaza procesa lako se utvrđuje uspješnost procesa,
- kako bi proces opstao, treba imati poznate unutarnje/ili vanjske potrošače i dobavljače,
- unapređenje procesa je neizbježno.

Da bi poslovni procesi bili uspješni svakako moraju biti umjereni na potrošače, moraju pružati dodanu vrijednost, sposobnog vlasnika i sve ostale koji su uključeni u proces da bi proces mogao biti unaprijeđen.

Poslovni proces se također može definirati kao:

„povezani skup aktivnosti i odluka, koji se izvodi na vanjski poticaj radi ostvarenja nekog mjerljivog cilja organizacije, traje određeno vrijeme i troši neke ulazne resurse pretvarajući ih u specifične proizvode ili usluge od značaja za kupca ili korisnika. Smatramo ovu definiciju radnom i napomenimo da se u priručnicima za programske alate, koji podržavaju modeliranje poslovnih procesa, uglavnom koristi slična ali nepotpuna definicija.“<sup>3</sup> Skupovi aktivnosti i odluka povezani su sa zahtjevima i željama kupaca koji se odnose na narudžbe, dok se specifični proizvodi i usluge odnose na specifičnost proizvoda po njegovoj nezamijenjivosti u polju prepoznatljivosti i mjerljivosti, odnosno ne može ga dati nijedan drugi proces.

---

<sup>2</sup> Kovačić, A., Bosilj Vukšić, V., *Management poslovnih procesa*, Ljubljana: GV Založba d.o.o., 2005., str. 30

<sup>3</sup> Brumeca, J., *Modeliranje poslovnih procesa*, KORIS - Konzalting, organizacija, razvoj IS, Varaždin/Zagreb, 2011., str. 3, dostupno na: <http://koris.hr/preuzmi/koris-uvod-u-modeliranje-poslovnih-procesa.pdf> (10.08.2017.)

Organizacije proizvode robe i usluge (proizvode) za kupce bez kojih ne bi bilo potrebe za poslovnim procesima, stoga su poslovni procesi, kako je prethodno navedeno u definiciji od značaja za kupca ili korisnika.

### **1.1. Upravljanje poslovnim procesima**

„Upravljanje poslovnim procesima poduzećima donosi znatne koristi. No, ono je tek vrh ledene sante s koje se ubiru plodovi procesne orijentacije. Kako bi se moli ubrati plodovi, potrebno je sagledati i uskladiti sve elemente koji se nalaze ispod površine.“<sup>4</sup> Dakle, kod upravljanja poslovnim procesima najprije je potrebno sagledati ključni proces poduzeća, zatim analizirati i utvrditi područja mogućih poboljšanja, također je veoma važno pratiti procesnu zrelost poduzeća zbog spoznavanja strateških smjernica koje su važne u pogledu optimizacije poslovanja, kojoj se uvijek teži u poduzeću, što ne znači da je potrebno redizajnirati svaki poslovni proces jer bi tada došlo do suprotnog učinka koji se naziva procesni paradoks.

Izmjenom svih poslovnih procesa mogli bi nastati lošiji rezultati stoga je uvijek potrebno analizirati troškove i razumijeti koristi koje donose promjene usmjerene orijentaciji poslovnih aktivnosti oko ključnih (osnovnih) poslovnih procesa nakon čega se mogu graditi ostali elementi poslovnog unapređivanja.

Ključni poslovni procesi su pokretači organizacijskih promjena iz vertikalnog u horizontalni oblik usmjeravajući svu energiju prema zadovoljavanju potreba potrošača. Ključni poslovni procesi uključuju sve funkcije vezane za razvoj, proizvodnju specifičnih proizvoda ili pružanje usluga određenim potrošačima. Dakle, kod upravljanja poslovnim procesima najprije je potrebno utvrditi ključne potrošače i glavne usluge koje potrošači žele.

---

<sup>4</sup> Bosilj Vukšić, V., Hernaus, T. i A. Kovačić, op.cit., str. 80

## 1.2. Koncept poslovne orijentacije

Globalizacijski uvjeti pojačali su konkurentsko ozračje pa se pojačala i svijest menadžmenta o poslovnim procesima koji se sve više počinju prihvaćati i promatrati kao nužnost u poslovanju. Procesni pristup omogućuje naprednu razinu analize sagledavanja problema poduzeća. Korištenje procesne filozofije je nužno zbog utjecaja na stvaranja dobrog dojma potrošača, jer potrošači su ustvari više razočarani lošim poslovnim procesom nego lošim proizvodom.

Procesni koncept razvili su mnogi teoretičari:

- W. E. Deminga – organizacija gleda na poduzeće kao na skup procesa koji se trebaju unaprijediti,
- M. E. Portera – organizacijska struktura se podudara sa strateškim procesima lanca opskrbe,
- M. Hammera – organizacija se usredotočuje na skup međufunkcijskih procesa koji zahtijevaju jedan ili više inputa i stvaraju output kao vrijednost za potrošača, te drugih autora,

ali se kao prvotni output procesne orijentacije uzima procesna organizacijska struktura koja je izgrađena oko tijeka posla i ključnih poslovnih procesa.

„U modernom svijetu, povećanje konkurencije i povećanje očekivanja kupaca zahtijevaju od organizacija da postignu visoki stupanj efikasnosti i fleksibilnosti kako bi se brzo mogle prilagoditi promjenama u poslovnom okruženju. Zbog toga su organizacije primorane integrirati svoje poslovne procese kroz funkcijske jedinice. Potreba za takvim kros-funkcijskim povezivanjem navodi organizacije na usvajanje procesno orijentiranog pristupa u upravljanju svojim aktivnostima. U literaturi se može pronaći nekoliko definicija procesne orijentacije (eng. Business Process Orientation, BPO), ali je možda najadekvatnija ona koja kaže da je procesna orijentacija organizacije stupanj na kojem organizacija daje pažnju svojim ključnim poslovnim procesima. Procesna orijentacija poslovanja predstavlja organizacijske napore kako bi poslovni procesi postali platforma za organizacijsku strukturu i strategijsko planiranje, naglašava procese kao suprotnost hijerarhiji u organizaciji te poboljšava efikasnost organizacije kroz usklađivanje organizacijskih aktivnosti u sustavu koji je baziran na

cjelokupnim procesima.“<sup>5</sup> Orijentacija na poslovne procese predstavlja pojam koji se odnosi na izgradnju novog modela koji zahtijeva novi način razmišljanja o organizaciji koji će rezultirati povećanjem uspješnosti.

Procesni pristup uključuje usredotočenost na radne tokove i procese unutar organizacije.

Mjerenje poslovnih procesa se svodi na utvrđivanje učinkovitosti zaposlenika čime se utječe na utvrđivanje mogućih problema te spriječavanja njihova širenja.

Nakon mjerenja poslovnih procesa potrebno je naglasiti i postupak modeliranja poslovnih procesa koji označava dosljednu uporabu grafičkih metoda i odgovarajućih programskih alata za vjerodostojno prikazivanje poslovnih procesa ali za konkretan način obavljanja posla. O modeliranju će biti više u trećem dijelu rada.

Procesni pristup posebno je koristan ako su poslovni procesi utvrđeni na strateškoj razini i iz perspektive potrošača.<sup>6</sup> Ako su poslovni procesi utvrđeni na operativnoj razini tada započinju i završavaju unutar organizacijskih funkcijskih jedinica, pa neovisno o odabranoj perspektivi, zbog koncepta poslovnih procesa, većina se kompanija naziva procesno orijentiranima jer poduzeća danas u sve većem broju shvaćaju važnost procesne orijentacije koja se temelji na nekoliko načela:

- usmjerenost na potrošače,
- međufunkcijski pristup,
- timski rad,
- kontinuirano unaprijeđivanje,
- jasne kompetencije i odgovornosti,
- operacionalizirani ciljevi,
- upravljanje pomoću ciljeva,
- sustav nagrađivanja te
- poduzetništvo koje podrazumijeva organizaciju zaposlenika u skladu s ciljevima.

---

<sup>5</sup> Milanović Glavan, L.J., *Procesna informacijska tehnologija u poduzećima Republike Hrvatske*, Ekonomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2014., str. 36, dostupno na: [www.hrcak.srce.hr](http://www.hrcak.srce.hr) (18.06.2017.)

<sup>6</sup> Bosilj Vukšić, V., Hernaus, T. i A. Kovačić, op.cit., str. 26

Koncepcija poslovnih procesa korisna je za sagledavanje perspektive kontigencije što znači da se organizacijska struktura smatra osnovnim čimbenikom za razumijevanje promjena organizacijskih poslovnih procesa na koje utječu mnogi elementi organizacije.

### **1.3. Sustavan pristup organizaciji**

Sustavan pristup uključuje mišljenje da je sve povezano sa svime te da je korisno poduzeća i poslovne procese oblikovati na temelju odvijanja posla i pružanja povratnih informacija, pa je procesno razmišljanje podskup sustavnog razmišljanja koji stavlja naglasak na razumijevanje organizacije kao cjeline, dok se procesno razmišljanje koncentrira na dio sustava koji stvara posebne rezultate.

Sustavan pristup omogućava stvaranje novog stava prema analizi i redizajnu poslovnih procesa, odnosno najvažnije je da se specifičan proces uklapa u veći proces kojim se stvara lanac vrijednosti.

Zbog napredovanja razvoja tehnologije poslovni svijet postaje sve kompleksniji pa se težište uvijek stavlja na cjelinu a ne dijelove kompleksnog sustava. Sustavan pristup stvara osnovu za razumijevanje okoline koja se proučava uporabom simulacije te omogućuje postizanje stvaranja koristi uporabom pojedinih modela.

#### **1.3.1. Reinženjering poslovnih procesa**

„Reinženjering poslovnih procesa cvjetao je tijekom osamdesetih i devedesetih godina. Pristup je bio jako kritiziran zbog preporučivanja reorganizacije kao brze popravke za složene probleme u procesu i za zagovaranje smanjenja troškova.“<sup>7</sup> Reinženjering poslovnih procesa organiziran je samo na projektnoj osnovi, nije koncept pa nije cjelokupan i jedinstven način upravljanja organizacijom.

---

<sup>7</sup> Andersen, B., *Business Process Improvement Toolbox*, ASQ Quality Press, Milwaukee, Wisconsin, 2007., str. 207

„Reinženjering poslovnih procesa (engl. Business Process Reengineering – BPR) temeljito je promišljanje i radikalno redizajniranje poslovnih procesa radi postizanja osjetnih poboljšanja troškova, kvalitete, usluga i brzine, kritičnih suvremenih mjerila uspjeha.“<sup>8</sup> Reinženjering se koristi brojnim alatima i tehnikama unutar jasne strukture te je međufunkcijske prirode što znači da se reinženjering ne može primjeniti na potprocese unutar poslovnih funkcija ili odjela.

Reinženjering zahtijeva kreativnost koju čini povezivanje objekata i ideja koje prije nisu bile povezane, također ga čini korištenje informacijske tehnologije, zamjena postojećih novim djelotvornijim procesima. Najvažniji element reinženjeringa je poslovna orijentacija.

Danas se za reinženjering koriste novi nazivi poput unaprijeđenje poslovnih procesa, inovacija poslovnih procesa, redizajniranje i umrežavanje poslovnih procesa. S obzirom na to da većina potrošača ne voli nagle promjene, umjesto na reinženjering poslovnih procesa potrebno je biti usredotočen na poslovne procese jer oni predstavljaju prirodan način obavljanja poslova u organizacijama, kako za interne tako i za eksterne potrošače.

### **1.3.2. Program šest sigma**

„Šest sigma (engl. Six Sigma) može se definirati kao program unapređivanja kojemu je svrha smanjenje varijabilnosti i isključenje gotovo svih nedostataka proizvoda, procesa ili transakcije. U širem smislu, program šest sigma može se opisati kao strateška inicijativa kompanije za unapređivanje procesa s ciljem smanjivanja troškova i povećanja prihoda, tj. procesna učinkovitost.“<sup>9</sup> Šest sigma podrazumijeva statističku mjeru koja označava 3,4 pogriješaka na milijun prilika pa je cilj svih organizacija, koje koriste ovu filozofiju, da svoje poslovne procese dovedu na tu razinu. Šest sigma ima korijene u upravljanju kvalitetom, odnosno važna je zbog nedostatka koji se odnose na isključenost menadžmenta u sam proces.

---

<sup>8</sup> Bosilj Vukšić, V., Hernaus, T. i A. Kovačić, op.cit., str. 33

<sup>9</sup> Ibidem, str. 35

Srž filozofije šest sigma polazi od toga da se svaka aktivnost treba shvatiti kao proces ili dio procesa koji se može procijeniti prema prosječnoj uspješnosti i varijaciji te da su procesi optimalni onda kada su rezultati procesa na očekivanoj razini što znači da trebaju imati minimalnu varijaciju. Dakle srž šest sigma filozofije je provođenje poslovnih procesa na razini potprocesa i aktivnosti.

Inicijativa šest sigma temelji se na nekoliko različitih pristupa, tj. promatra se kao:

- mjerni pokazatelj (mjeri stupanj kontrole nad poslovnim procesima radi postizanja željene uspješnosti),
- kao metodologija (uporabom DMAIC metodologije za analizu poslovnih procesa radi okrivanja glavnih izvora neprihvatljive varijacije pa na takav način šest sigma postaje snažan model rješavanja problema i provođenja kontinuiranog unaprijeđenja) te
- kao sustav menadžmenta (na višoj razini razvila se u praktičan sustav menadžmenta za unaprijeđenje poslovanja u području razumijevanja potreba potrošača, u području usklađivanja ključnih poslovnih procesa, provođenja kompleksnih analiza te u području poticanja brzog i održivog unapređenja poslovnih procesa).

Šest sigma kao sustav menadžmenta sadržava i model upravljanja poslovnim procesima koji se smatraju gradivnim blokovima, odnosno operativnim jedinicama koje se mjere i kontinuirano unaprijeđuju.

Šest sigma se razlikuje od drugih inicijativa za upravljanje kvalitetom po tome što je orijentirana isključivo na operativne rezultate, dakle ne služi za upravljanje poslovanjem već ukazuje na potrebe za promjenama i poboljšanjem učinkovitosti poslovnih procesa koje će prvenstveno primjetiti zaposlenici i poslovni partneri.

## 2. ANALIZA POSLOVNIH PROCESA

Poslovni procesi su dio svakog poduzeća ali se rijetko analiziraju i opisuju, što je pogrešno jer evidentiranje željenog sa stvarnim načinom poslovanja može biti vrijedan podatak o potrebi za novom organizacijskom strukturom.

Za analizu poslovnih procesa postoje mnoge metode i alati koji se koriste zbog osiguranja potpore ključnim poslovnim ciljevima koji su vezani za potrošače, učinkovitost i profitabilnost.

Analiza poslovnih procesa provodi se radi utvrđivanja aktivnosti kojima se ne dodaje vrijednost, zbog redundantnih i sekvencijskih aktivnosti koje se ne mogu provoditi paralelno, zbog aktivnosti koje se provode samo na temelju iskustva, zbog neuravnoteženosti procesa, neprimjerene uporabe tehnologije, nedovoljnog obrazovanja i znanja zaposlenika, neadekvatnih pravila i procedura te dr.

Analiza poslovnih procesa se provodi zbog opisa poslovnih procesa pa je potrebno znati tko je odgovoran za pojedine aktivnosti u promatranom poslovnom procesu.

Neovisno o načinu provedbe, analiza poslovnog procesa započinje analizom trenutnih aktivnosti proučavanjem dijagrama procesa, poput AS – IS dijagrama (kada se utvrde trenutne aktivnosti pa se pronalaze druge mogućnosti poslovnog procesa nakon čega se međusobno uspoređuju), zatim se izrađuju COULD procesni dijagrami koji omogućavaju odabiranje najbolje mogućnosti kod odabira novog procesa, pri čemu nastaje nastaje TO – BE procesni dijagram koji predstavlja logičan odabir poslovnog procesa.

„Analiza kvantitativnih aspekata usredotočuje se na utvrđivanje pokazatelja uspješnosti, kao što su prosječno vrijeme završetka, razina usluge i iskorištavanje kapaciteta.“<sup>10</sup> Kvalitetna analiza uključuje sagledavanje svih aktivnosti i načine mjerenja jednog procesa.

---

<sup>10</sup> Van der Aalst, W., Van Hee, K., *Workflow Management: Models, methods and systems*, Eindhoven University of Technology, Faculty of Mathematics and Computing Science, Eindhoven, 2000., str. 103



Poslovni procesi se mogu analizirati i do najsitnijih pojedinosti, odnosno do najmanjih gradivnih blokova.

Statičko crtanje poslovnih procesa može uključivati više metoda, od najjednostavnijeg crtanja dijagrama do kompleksnih procesnih mapa s različitim organizacijskim objektima koji su vezani uz sustave, informacije i mreže, a to bi značilo da procesni analitičari sagledavaju tok resursa, međuzavisnosti, načine upravljanja njima i troškovnu dimenziju obavljanja procesnih aktivnosti.

Mjerenje uspješnosti poslovanja poduzeća vezano je za analizu poslovnih procesa, pa tako postoje kvalitativna i kvantitativna analiza.

Kvalitativna analiza je vrijedan alat za dobivanje sustavnih uvida u proces, međutim u ovom radu pažnja je usmjerena na kvantitativnu analizu poslovnih procesa.

Rezultati koji nastaju kvantitativnom analizom ponekad nisu detaljni već su dovoljni za pružanje čvrste osnove za donošenje odluke. Riječ kvantitativno se odnosi na količinu nečega, u ovom slučaju na mjere izvedbe što uključuje vrijeme procesnog ciklusa, ukupno čekanje i trošak.

Kvantitativna analiza podrazumijeva tri osnovne tehnike a to su:

- analiza protoka,
- analiza čekanja i
- simulacija čekanja.

Zajedničko navedenim tehnikama je to da izračunavaju mjerenje učinka procesa, s obzirom na dostupnost podataka o izvedbi pojedinih aktivnosti i resursa u određenom poslovnom procesu.

Svaka tvrtka želi svoje procese učiniti bržim, jeftinijim i boljim, pa se kod kvantitativne analize promatraju tri dimenzije procesa:

- *vrijeme,*
- *trošak i*
- *kvaliteta,*
- te se kao četvrtu dimenziju izvedbe procesa može se definirati *fleksibilnost* koja podrazumijeva prilagodljivost kupaca promjenama.

Navedene dimenzije kvantitativne analize mogu se preraditi u brojne mjere učinkovitosti procesa koje se nazivaju ključnim pokazateljima uspješnosti.

## **2.1. Mjerenje uspješnosti (učinkovitosti) i unaprijeđivanje poslovnih procesa**

Mjera učinkovitosti procesa predstavlja kvantitativnu mjeru, odnosno količinu koja se može odrediti za određeni poslovni proces uz pretpostavku da su podaci za izračunavanje dostupni, npr.:

- troškovi proizvodnje,
- isporuke,
- trošak ljudskih resursa – svaka od ovih mjera se može analizirati kao mjera učinkovitosti pa je potrebno odabrati funkcijske grupe poput brojanja,
- prosjek,
- varijance,
- percentili,
- minimum,
- maksimum ili
- omjeri tih agregatnih funkcija.

Prethodno navedene dimenzije kvantitativne analize kojima se mjeri učinkovitost su dakle vrijeme, trošak, kvaliteta i fleksibilnost kupaca, pa će u daljnjem tekstu svaka stvaka biti zasebno objašnjena.

**Vrijeme** – predstavlja prvu stavku prilikom analize poslovnog procesa. Vrlo uobičajena mjera izvedbe procesa je vrijeme ciklusa poslovnog procesa koje se još naziva vremenom propusnosti, koje je potrebno za obradu jednog poslovnog slučaja od početka do kraja.

Cilj poslovnih procesa je redizajniranje pa da bi se smanjilo vrijeme ciklusa koriste se različiti načini za postizanje tog cilja (npr. može se koristiti smanjenje prosječnog vremena trajanja ciklusa ili maksimum vremena trajanja ciklusa, također je bitno usredotočiti se na vremensku varijaciju posebno kod korištenja modela Šest sigma).

Vremenski ciklus se sastoji od vremena obrade – vrijeme kada se procesni sudionici ili sotverske aplikacije pozivaju na proces, odnosno na rukovođenje slučajem, te se još sastoji od vremena čekanja koje podrazumjeva nedostupnost resursa zbog potrošnje kupaca.

**Trošak** – dimenzija kvantitativne analize i redizajniranja poslovnog procesa koja ima financijsku prirodu jer utječe na stanje ukupno ostvarene dobiti poduzeća. Redizajn poslovnog procesa povezuje se sa smanjenjem troškova. Potrebno je razlikovati fiksne i varijabilne troškove.

Fiksni troškovi proizlaze iz korištenja infrastrukture i održavanja informacijskih sustava, dok su varijabilni troškovi povezani s nekom promjenjivom količinom poput razine prodaje, broja kupljene robe, broja novih zakupljenih proizvoda te dr. Kada je riječ o produktivnosti potrebno je spomenuti i operativni trošak koji je povezan s krajnjim poslovnim procesom u koji ulazi trošak rada koji se povezuje s ljudskim resursima u proizvodnji dobara ili isporuke usluga.<sup>11</sup> Ako je poslovni proces stabilan prednosti se daju unaprijeđenju procesa redizajniranjem na razumljiv način pa se upotrebljava naziv reinženjering poslovnog procesa kojim se smanjuju troškovi rada, npr. uz pomoć automatizacije zadataka, ali nije isključivo da navedeni primjer može i uzrokovati troškove koji su potrebni za razvoj odgovarajućeg programa te održavanja ciklusa trajanja aplikacije.

Kao treća dimenzija kvantitativne analize koja se smatra mjerom učinkovitosti je **kvaliteta** koja se promatra iz kuta klijenata te iz kuta sudionika poslovnog procesa, stoga kvaliteta može biti interna (unutarnja) i eksterna (vanjska).

Vanjska kvaliteta podrazumijeva mjerenje zadovoljstva klijenata, odnosno kupaca, isporučenim proizvodima ili uslugama na način mjerenja njihovog ispunjenog očekivanja, dok se interna kvaliteta odnosi na izvršavanje procesa od strane osoba koje su bile uključene u proces, te se vodi briga o razini kontrole sudionika nad obavljenim radnim procesom, i o razini očekivanja koje se doživjelo.

Vanjska se kvaliteta često mjeri vremenom (prosječno vrijeme ciklusa) pa je vrijeme u ovom slučaju povezano s kvalitetom.

---

<sup>11</sup> Dumas, M., La Rosa, M., Mendling, J. i A. H. Reijers, *Fundamentals of Business Process Management*, Springer Heidelberg, New York, Dordrecht, London, 1998., str. 215

**Fleksibilnost** predstavlja posljednju dimenziju kvantitativne analize poslovnog procesa. Fleksibilnost općenito znači sposobnost prilagodljivosti reagiranja na promjene koje se mogu odnositi na različite dijelove poslovnog procesa kao na primjer na sposobnost resursa za izvršavanje različitih zadataka unutar jednog poslovnog procesa ili sposobnost organizacije da promijeni strukturu poslovanja na željeno tržište i poslovne partnere.

Postoji više vrsta kvantitativne analize a jedna od njih je analiza protoka (Flow Analysis).

Analiza protoka je tehnika koja omogućuje procjenu ukupne uspješnosti poslovnog procesa s obzirom na znanje o obavljanju aktivnosti. Pomoću nje se može izračunati prosječno vrijeme ciklusa poslovnog procesa ukoliko se zna prosječno vrijeme ciklusa svake aktivnosti.

Analiza protoka također služi za izračunavanje prosječnog troška procesne instancije ili za izračunavanje stope pogrešaka procesa s obzirom na stopu pogrešaka svake aktivnosti.

## **2.2. Koncept procesne zrelosti**

Menadžment poslovnih procesa prvenstveno svaku aktivnost započinje pitanjem koje poslovne procese treba poboljšati pa svako poduzeće nastoji u što većoj mjeri prihvatiti procesni pristup poslovanju operacionalizacijom modela procjene procesne orijentacije.

Sukladno procesnom sazrijevanju pojavio se koncept procesne zrelosti koji je važan jer određuje da li je organizacija prihvatila procesni pristup.

„Koncept se temelji na pretpostavci da svaki poslovni proces ima životni ciklus, koji se procjenjuje s obzirom na stupanj na kojemu je eksplicitno definiran, mjeran i kontroliran te na stupanj upravljanja njime. Koncept procesne zrelosti analogan je životnom ciklusu i pojavljuje se u razvojnim fazama kao i životni ciklus.“<sup>12</sup> Koncept procesne zrelosti je važan zbog usmjeravanja aktivnosti unapređivanja poslovnih

---

<sup>12</sup> Bosilj Vukšić, V., Hernaus, T. i A. Kovačić, op.cit., str. 103-104

procesa jer pruža osnovu za uspoređivanje poslovnih procesa te omogućuje prepoznavanje napredovanja karakteristika koje su potrebne za izgradnju dobrih poslovnih procesa i omogućuje prepoznavanje potrebe za primjenom različitih strategija koje se koriste u različitim fazama sazrijevanja poslovnog procesa.

Životni ciklus poslovnog procesa sastoji se od faza koje su organizirane u cikličku strukturu te pokazuje njihove logičke zavisnosti.

Životni ciklus poslovnog procesa ima faze dizajna i analize koji analiziraju poslovne procese i njihovu tehničku i organizacijsku strukturu.<sup>13</sup> Stručnjaci koji su zainteresirani za procjenjivanje procesne usmjerenosti na kompetentnost, prisutnost i konzistentnost odvijanja poslovnih aktivnosti širom organizacije trebaju primjenjivati koncept procesne zrelosti i učiti na temelju iskustva.

Postoji više vrsta modela zrelosti a svi se odnose na upravljanje kvalitetom, pa jedan od najpoznatijih modela *Crosbyjev model zrelosti* upravljanja kvalitetom koji je važan jer pruža potporu menadžmentu te omogućava kvantificiranje uspješnosti na temelju troškova kvalitete mjerenih postotkom prodaje.

Model zrelosti koji je razvijen od strane Instituta softverskog inženjeringa (SEI – Software Engineering Institute) je *model CMM* (Capability Maturity Model) koji je specifičan po tome što predstavlja instrument za usporedbu procesne zrelosti softverskih organizacija, odnosno služi za procjenu kvalitete procesa izgradnje softvera u IT organizacijama i za prikaz standarda procesne uspješnosti.

Koncept procesne zrelosti ima pet faza a to su:

- inicijacija ili uvođenje - u fazi inicijacije definiraju se neki procesi koji ovise o uspješnosti pojedinaca,
- ponavljanje - u fazi ponavljanja procesi projektnog menadžmenta uspostavljaju se za praćenje troškova i funkcionalnosti da bi se ponovili uspješni projekti sa sličnim aplikacijama,
- definiranje - u fazi definiranja standardiziraju se softverski postupci i uključuju u softverski proces s ciljem razvoja i održavanja softvera,

---

<sup>13</sup> Weske, M., *Business Process Management: Concepts, Languages, Architectures*, Springer, Berlin, Heidelberg New York, 2007., str. 11

- upravljanje – faza u kojoj se mjere softverski procesi, kvaliteta proizvoda, te su proizvodi shvaćeni kvantitativno i
- optimizacija – faza u kojoj je omogućeno pružanje kvantitativne povratne informacije o procesu te o inovativnim idejama i tehnologijama.

Model procesne zrelosti koji se primjenjuje u Hrvatskoj je BPO model zrelosti koji je razvijen na temelju koncepta procesne zrelosti, procesne orijentacije i CMM modela.

BPO model zrelosti pomaže pri ocjenjivanju trenutne pozicije organizacije na putu prema procesnoj zrelosti i u razvoju strategije za izgradnju procesno integriranog poduzeća u kojem surađuju svi dionici.

### 3. MODELIRANJE POSLOVNIH PROCESA

„Opće pravilo za poboljšanje nečega je da je neophodno poznavati stanje stvari. To vrijedi i za poslovne procese. Modeliranje donosi slijedeće prednosti: modeliranje zahtijeva razjašnjenje nastalih problema te dovodi do općeg povećanja razine specifikacije; pretpostavke i ciljevi moraju biti jasno izraženi. Modeliranje također omogućuje naprednije izvođenje simulacije ili testiranje scenarija i može biti korišteno kao alat u što - ako procjeni. Modeliranje poslovnog procesa predstavlja namjerno dokumentiranje dizajniranih procesa. Može se koristiti za pokazivanje kupcima, regulatornim tijelima ili drugim akterima koje organizacija koristi u sustavnom pristupu za obradu dizajna i ispunjavanje postavljenih zahtjeva. Za korisnike, sadašnje ili potencijalne, model se može koristiti kao marketinški alat uvjeravanja na kupnju.“<sup>14</sup>

Da bi modeliranje poslovnih procesa bilo uspješno potrebno je zadovoljiti elemente definicije poslovnih procesa: skupovi aktivnosti i odluka povezani su sa zahtjevima i željama kupaca koji se odnose na narudžbe te razvoj specifičnih proizvoda i usluga koji se odnose na specifičnost proizvoda.

„Prikladan način opisivanja poslovnog procesa je njegov grafički prikaz, osobito ako je dopunjen formalnim opisom pojedinih značajki. Poslovni ljudi, rukovoditelji, analitičari i projektanti informacijskih sustava već su odavno primjenjivali različite sustave grafičkog prikazivanja poslovnih procesa. Da bi se definitivno izbjegla mogućnost različite interpretacije i omogućilo računalno (strojno) upravljanje izvođenjem poslovnih procesa, utvrđene su norme kojima se propisuje način prikazivanja i opisivanja procesa i njihovih odnosa. Najnovija i danas gotovo općenito korištena norma naziva se BPMN (Business Process Modeling and Notation), a za postupak njezine primjene u poslovnoj i informatičkoj domeni usvojen je naziv modeliranje poslovnih procesa.“<sup>15</sup> Ta metoda je važna za modeliranje poslovnih procesa koja predstavlja grafičku notaciju koja ima jedan dijagram putem kojeg se prikazuje poslovni proces (BPD – Business Process Diagram).

---

<sup>14</sup> Andersen, B., op.cit., str. 38

<sup>15</sup> Brumeca, J., op.cit., str. 3-4

BPMN uključuje elemente dinamičkih metoda u koje spadaju:

- aktivnosti,
- procesi koji se prikazuju kao slijed aktivnosti te
- simboli (za početak i kraj procesa, simboli događaja u toku procesa, simboli poruka, pravokutnika, logički operatori i uvjeti za pokretanje događaja).

Da bi se razumjelo modeliranje poslovnih procesa potrebno je razumjeti poslovne procese u svakodnevnom poslovanju, pa se kao primjer može izdvojiti poslovni proces prodaje robe pri kojem je potrebno obraditi narudžbu kupca u kojoj se nalazi naručena roba.

Naručivanje robe može biti proces koji se razlikuje od organizacije do organizacije, ali ono što je zajedničko procesima naručivanja robe, npr. velikih prodajnih centara koji naručuju robu od poduzeća za proizvodnju npr. prehrambenih artikala kojima opskrbljuju svoje velike kupce poput trgovina, hotela ili restorana.

„Poslovnim politikom prodajnog centra je propisano da se roba izdaje kupcima ako je prethodno plaćena po predračunu. U tom se slučaju poslovni proces PRODATI ROBU odvija tako da prodajni centar zaprimi narudžbu od kupca, provjeri da li je naručena roba plaćena po predračunu te otpremi robu kupcu i pripremi konačni račun. Ovakav slijed poslova ili radnih koraka (pri kojem se koriste i podaci o stanju zaliha, kupcima, narudžbama itd.), nazivamo poslovnim procesom. Uočavamo da taj poslovni proces ima svoj početak i kraj, da se ponavlja svaki puta kada neki kupac želi naručiti i preuzeti bilo koju robu te da se sastoji od više povezanih poslova ili radnih koraka koje ćemo općenito nazvati aktivnostima (aktivnost je zajednički naziv za proces, potproces, posao ili radni korak, a egzaktna definicija ovih pojmova se nalazi u kasnijim poglavljima). Aktivnosti se ne odvijaju na proizvoljan način, već uvijek u određenom slijedu.“<sup>16</sup> Navedeno je prikazano na slici 1.

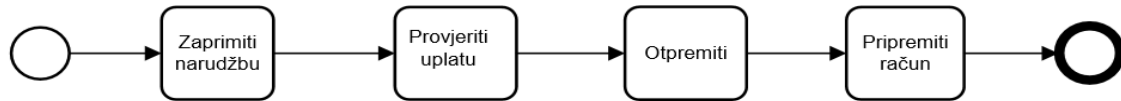
Vidljivo je da su na slici 1. aktivnosti procesa prodaje robe zaprimanje narudžbe, provjera uplate, otpremanje robe i pripremanje računa te su međusobno povezane. Grafički se aktivnosti prikazuju pravokutnicima koji su povezani strelicama, koje se odnose na slijed aktivnosti. Prva kružnica prikazuje početak aktivnosti, dok zadnja,

---

<sup>16</sup> Ibidem, str. 4



zadebljana kružnica prikazuje kraj aktivnosti poslovnog procesa prodaje robe. Svaka aktivnost ima svojstvo trajanja procesa i resursa potrebnih za izvođenje procesa.



Slika 1: Poslovni proces PRODATI ROBU i njegove aktivnosti

Izvor: Brumeca, J., *Modeliranje poslovnih procesa*, KORIS - Konzalting, organizacija, razvoj IS, Varaždin/Zagreb, 2011., str. 4, dostupno na: <http://koris.hr/preuzmi/koris-uvod-u-modeliranje-poslovnih-procesa.pdf> (10.08.2017.)

Prikazani proces se odnosi na prodaju robe u savršenim uvjetima koji podrazumijevaju raspoloživost robe u skladištu i kada je kupac uplatio narudžbu, međutim, ako narudžba nije uplaćena i trenutno nema raspoložive robe u skladištu, proces modeliranja poslovnog procesa prodaje robe izgledao bi kako je prikazano na slici 2.

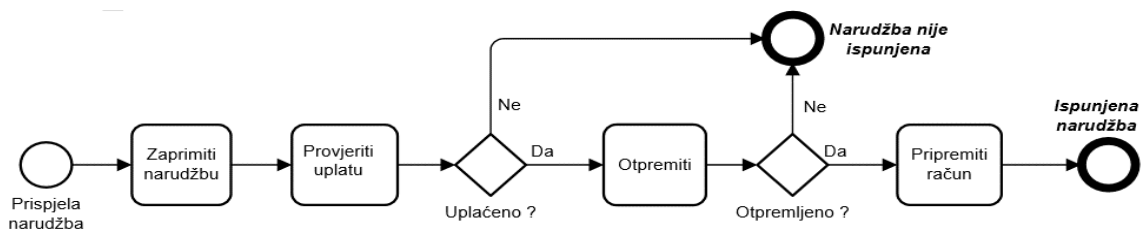
Na slici 2. je vidljivo da se izvedba procesa prikazuje simbolima romba te se takvi putevi nazivaju skretnicama (gateway) koje omogućavaju stvaranje složenog grafičkog prikaza odvijanja nekog poslovnog slučaja koji pripada istom, generičkom modelu poslovnog procesa ali s mogućim različitim ishodima, ppa se ti ishodi mogu odvititi na tri načina koji uključuju ovakav redoslijed poslovnih procesa:

- „Prispjela narudžba → **Zaprimiti narudžbu** → **Provjeriti uplatu** → Narudžba nije ispunjena,
- Prispjela narudžba → **Zaprimiti narudžbu** → **Provjeriti uplatu** → **Otpremiti** → Narudžba nije ispunjena,
- Prispjela narudžba → **Zaprimiti narudžbu** → **Provjeriti uplatu** → **Otpremiti** → **Pripremiti račun** → Ispunjena narudžba.“<sup>17</sup>

Vidljivo je da proces započinje kružnicama koje se odnose na prispjelu i na ispunjenu narudžbu, što predstavlja moguće ishode promatranog poslovnog procesa. Kakvi će ishodi biti ovisi o skretnicama.

---

<sup>17</sup> Ibidem, str. 5



Slika 2: Proces PRODATI ROBU sa više različitih ishoda

Izvor: Brumeca, J., Modeliranje poslovnih procesa, KORIS - Konzalting, organizacija, razvoj IS, Varaždin/Zagreb, 2011., str. 5, dostupno na: <http://koris.hr/preuzmi/koris-uvod-u-modeliranje-poslovnih-procesa.pdf> (10.08.2017.)

Suvremene organizacije svoje poslovne procese prikazuju poboljšanim modelima koji sadrže četiri skupine informacija u koje spadaju:

➤ radno mjesto izvođenja aktivnosti:

- podrazumijeva izvođenje svih aktivnosti na jednom radnom mjestu u organizaciji a te aktivnosti podrazumijevaju narudžbe kupaca koje zaprimaju referenti prodaje, skladištari otpremaju robu dok se knjigovođe bave provjerom uplata te pripremanjem računa za kupce.
- Radna mjesta se u modelu grafički prikazuju izduženim pravokutnicima uz bilježenje naziva radnog mjesta a stručni naziv za takve pravokutnike je staza (swimlane).

Ucrtavanje simbola prema konvenciji BPMN-a znači da se aktivnost izvodi točno na onom mjestu na kojem je simbol nacrtan;

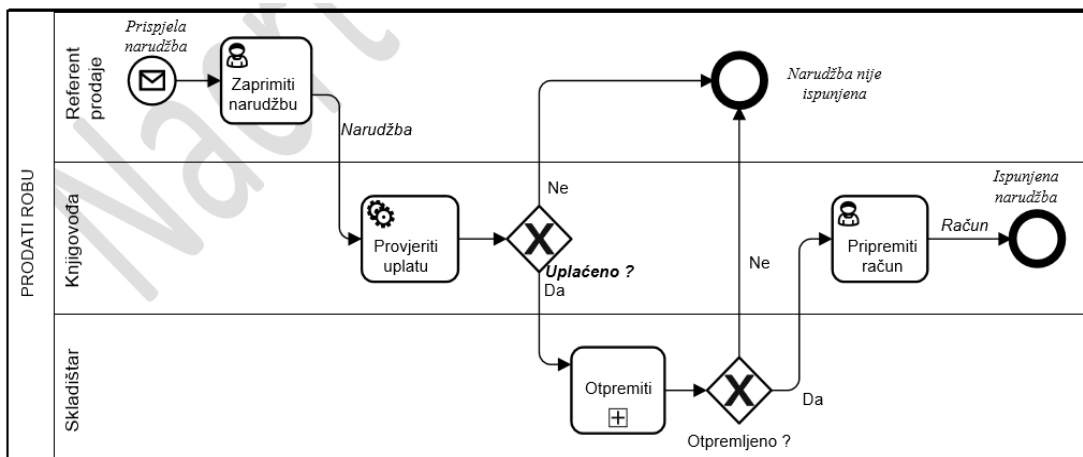
➤ organizacijska jedinica:

- predstavlja područje u kojem se izvode aktivnosti procesa na kojem su okupljena radna mjesta.
- Staze predstavljaju radna mjesta unutar pravokutnika koji se naziva polje (pool). U slučaju da se u organizacijskoj jedinici istovremeno ne izvode svi procesi tada ostatak procesa izvodi u drugim organizacijskim jedinicama pa se takav način modelira kao suradnja (collaboration) organizacijskih jedinica;

➤ vrsta aktivnosti:

- kada je riječ o vrsti aktivnosti potrebno je naglasiti da sve aktivnosti ne moraju biti istog tipa te da neke izvodi čovjek (user) pa se takve u modelu označavaju simbolom čovjeka kao što je prikazano na slici 3., a ostale aktivnosti obavlja servis (service) što se označava simbolom zupčanika;
- hijerarhija procesa:
  - podrazumijeva radne korake u modelu podprocesa pa svaki podproces znači neku vrstu aktivnosti koja se označava pravokutnikom, aktivnosti označene sa znakom plus (+) označavaju procese više razine pa prema normi BPMN – a nema nikakvih ograničenja što bi značilo da se podproces mogu sastojati od drugih procesa još niže razine koji uključuju aktivnosti *dogovaranja prijevoza* ili *pakiranja robe*,

što je prikazano na slici 3. te čini model poslovnog procesa s potprocesom u sažetom obliku.



Slika 3: Model poslovnog procesa s potprocesom u sažetom obliku

Izvor: Brumeca, J., Modeliranje poslovnih procesa, KORIS - Konzalting, organizacija, razvoj IS, Varaždin/Zagreb, 2011., str. 7, dostupno na: <http://koris.hr/preuzmi/koris-uvod-u-modeliranje-poslovnih-procesa.pdf> (10.08.2017.)

Model sa slike 3. ima četiri aktivnosti:

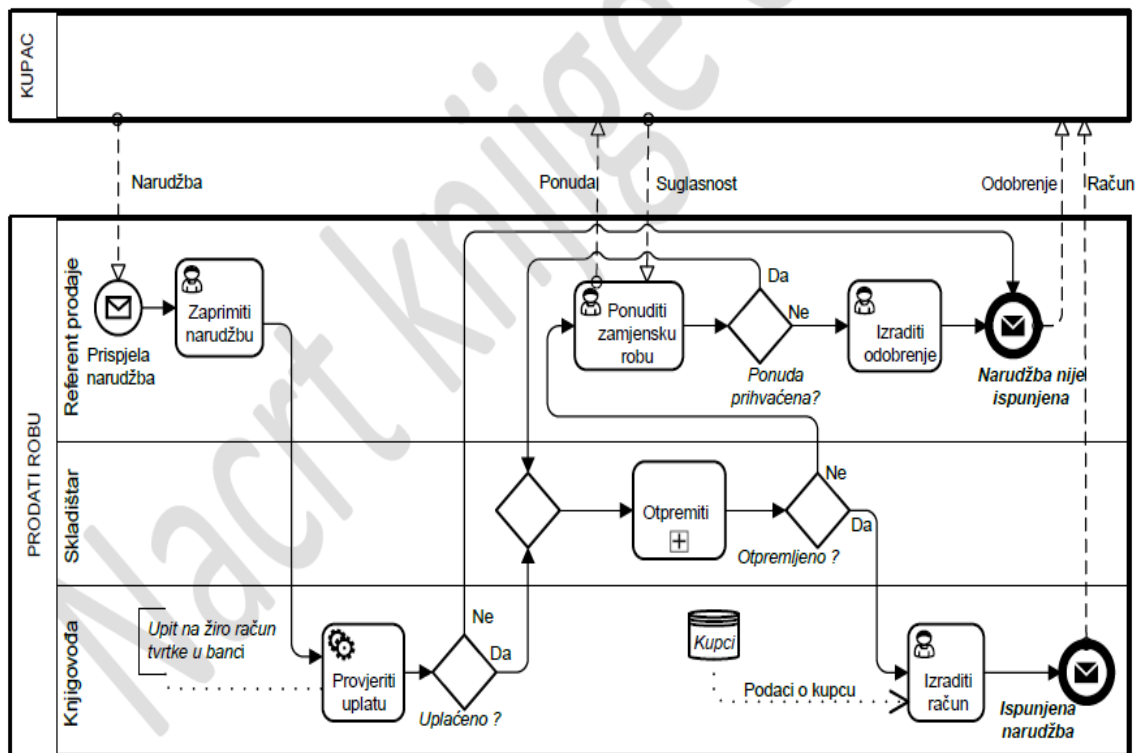
- aktivnosti *zaprimiti narudžbu* i *pripremiti narudžbu*, podrazumijevaju aktivnosti kojima se bave ljudski resursi dok se aktivnost *provjeriti uplatu*

odnosi na aktivnosti kojima se bavi servis. Ako uplata nije izvršena, roba neće biti otpremljena, odnosno narudžba neće biti ispunjena, i obrnuto;

- otpremanje robe uključuje i provjeru zaliha u skladištu čime se bavi skladištar koji otprema robu kupcu, u slučaju postojanosti naručene količine robe proces će završavati u točki *Otpremljeno sa skladišta*, ukoliko količina robe u skladištu nije dovoljna, tada roba neće biti otpremljena pa će proces završavati u točki *Nije otpremljeno*;
- nakon otpremanje robe slijedi priprema računa pa takav proces završava aktivnošću *Ispunjena narudžba* a ako robe nije bilo u skladištu tad će se proces završiti događajem *Narudžba nije ispunjena*;
- četvrta aktivnost podrazumijeva *Dogovaranje prijevoza ili otpremanje robe*, na način kako je sa kupcima dogovoreno, pa navedene aktivnosti podrazumijevaju AND skretnice kojima se završava proces prodaje robe.

U prethodnim dijagramima se kupac ne prikazuje jer predstavlja fizičku ili pravnu osobu koja djeluje izvan organizacije, odnosno izvan prodajnog centra, ali kupac u prodaji ima iznimno važno mjesto jer bez njega bi poslovni proces bio nezamisliv i neizvediv.

Stoga je kupca potrebno uključiti u model kako je to prikazano na slici 4.



Slika 4: Kolaboracijski dijagram pokazuje razmjenu poruka između procesa i okoline

Izvor: Brumeca, J., Modeliranje poslovnih procesa, KORIS - Konzalting, organizacija, razvoj IS, Varaždin/Zagreb, 2011., str. 14, dostupno na: <http://koris.hr/preuzmi/koris-uvod-u-modeliranje-poslovnih-procesa.pdf> (10.08.2017.)

Na slici 4. se prikazuje kolaboracijski dijagram razmjene poruka između procesa i okoline.

Vidljivo je da se uz prikaz vanjske okoline modelira i zasebno polje koje se naziva Kupac.

Vidljivo je da polje kupac nije podijeljeno na staze koje bi se odnosile na radna mjesta kupca, također u njemu nije vidljiv niti jedan proces iz razloga jer nije poznato kakvom ustroju pripada organizacija kupca pa nam iz istog razloga nisu poznati niti poslovni procesi kupca.

Ono što je bitno kod procesa prodaje robe je to da kupac vrši suradnju tokom izvođenja procesa prodaje, koji šalje narudžbe i za istu prima račun za naručenu ili za zamjensku robu ukoliko u skladištu nije bilo robe koju je naručio, pa je za slanje zamjenske robe potrebna kupčeva suglasnost.

„Kupac ne može biti povezan slijednim vezama s aktivnostima procesa *Prodati robu*, jer slijedne veze ukazuju na redoslijed izvođenja aktivnosti unutar procesa. Stoga se pretpostavlja da kupac s našim procesom (koji je modeliran u polju *Prodati robu*) surađuje razmjenom poruka (messages). Poruke se prikazuju kao crtkane strelice sa zatvorenim praznim vrhom. One na svom ishodištu imaju kružić, koji je vezan za rub onog simbola iz kojeg poruka dolazi.“<sup>18</sup> Na slici 4. su također vidljiva četiri simbola.








Simboli uključuju:

- *tekstualna objašnjenja* zbog pružanja dodatnih informacija poslovnog procesa te se upisuju u uglate zagrade,
- zatim *pohranjeni podaci* koji se crtaju kao diskovna memorija s nazivom kupci a koriste se za izvršenje aktivnosti,
- osim tekstualnih objašnjenja i pohranjenih podataka, postoje i simboli *spojnica*: simboli spojnice se koriste za spajanje tekstualnih objašnjenja objekata koji se označavaju točkastom crtom,
- te od simbola *podatkovnog toka* koji je važan zbog povezivanja podataka s objektima a označava se isprekidanom crtom s otvorenom strelicom koja se odnosi na kupca i njegove aktivnosti vezane za izradu računa.

Ukupnost simbola o kojima je do sada bilo riječi, koji se koriste kod BPMN dijagrama, prikazani su na slici 5.

---

<sup>18</sup> Ibidem, str. 15

| Element              | Simbol                                                                                                       |
|----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Događaj              | na početku                |
|                      | u toku odvijanja procesa  |
|                      | na kraju                  |
| Zadatak              |                            |
| Potproces, aktivnost |                            |
| Odluka               |                            |
| Slijed, tok          |                            |

Slika 5: Osnovni simboli BPMN dijagrama

Izvor: Bosilj Vukšić, V., Hernaus, T. i A. Kovačić, Upravljanje poslovnim procesima – organizacijski i informacijski pristup, Školska knjiga, Zagreb, 2008., str. 164

U nastavku teksta biti će riječi o modeliranju poslovnih procesa, a jedna od metoda je prethodno spomenuta BPMN metoda.

### 3.1. Metode modeliranja poslovnih procesa

Pri modeliranju poslovnih procesa potrebno je sagledati cjelokupnu sliku poduzeća i konceptualno je prikazati modelom poduzeća, stoga metode modeliranja mogu biti različite sukladno fokusu organizacije, koji može biti podatkovni, funkcijski, organizacijski i procesni.

Prethodno je navedeno da je jedna od metoda modeliranja poslovnih procesa grafička metoda kod koje postoje brojni načini modeliranja pomoću odgovarajućih programskih alata.

Međutim, osim grafičkih metoda postoje i druge metode od kojih su one koje se najviše koriste u praksi prikazane na slici 6.

| Pristup                      | Težište                                                                                                                                                                                                                                                                            | Metoda                                                                         |
|------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| podatkovni                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ entiteti (dokumenti, podatci), njihova struktura i povezanost</li> </ul>                                                                                                                                                                  | dijagram toka podataka (DFD)<br>dijagram entiteta-veza (ER)                    |
| funkcijski (što, koji)       | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ ono što treba napraviti (koje aktivnosti)</li> <li>■ aktivnosti (poslovi) koji se izvode</li> <li>■ podatci koji ulaze u aktivnosti i koji izlaze iz njih</li> </ul>                                                                      | SADT dijagram<br>IDEF <sub>0</sub> dijagram                                    |
| organizacijski (gdje, tko)   | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ mjesto izvođenja aktivnosti</li> <li>■ tko izvodi aktivnosti</li> <li>■ komunikacijski mehanizmi</li> </ul>                                                                                                                               | IDEF <sub>1</sub> dijagram<br>UML dijagram korištenja<br>UML dijagram suradnje |
| procesni (zašto, kako, kada) | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ ono što pokreće aktivnosti i zašto se aktivnosti izvode na odgovarajući način</li> <li>■ slijed izvođenja aktivnosti: niz, ponavljanje, odluka, uvjeti</li> <li>■ kada se izvode aktivnosti</li> <li>■ koliko traju aktivnosti</li> </ul> | eEPC dijagram<br>UML dijagram aktivnosti<br>Petrijeve mreže<br>BPMN dijagram   |

Slika 6: Pristupi i metode modeliranja poslovnih procesa

Izvor: Bosilj Vukšić, V., Hernaus, T. i A. Kovačić, *Upravljanje poslovnim procesima – organizacijski i informacijski pristup*, Školska knjiga, Zagreb, 2008., str. 152

Na slici 6. vidljivo je da su u praksi, uz grafičke metode, najčešće korištene metode modeliranja:

- metoda dijagrama podataka (DFD),
- dijagram entiteta veza (ER) kod kojih se koristi podatkovni pristup (koriste se za razvoj informacijskih sustava, usmjereni na tok poslovnih procesa, odnosno na podatke),
- zatim metoda SADT dijagram i IDEF dijagram koji imaju funkcijski pristup,
- metoda IDEF dijagram i UML dijagrami korištenja i suradnje koji imaju organizacijski pristup,
- metoda eEPC dijagrama,
- metoda UML dijagrama aktivnosti,
- metoda Petrijeve mreže te
- metoda BPMN dijagrama koji imaju procesni pristup.



UML dijagrami se integriraju u alat za modeliranje i razvoj aplikacija Rational, dok se BPMN dijagram koristi za prikazivanje modela poslovnih procesa koju koriste programski alati za razvoj sustava za upravljanje poslovnim procesima.

Ono što je specifično za BPMN dijagrame je to da se prevode u naredbe BPML – a koji je osnova standardnog programskog jezika BPEL (Business Process Execution Language) koji se koristi za izvođenje poslovnih procesa.

*Metoda Petrijeve mreže* je drugačija od ostalih metoda jer omogućuje dinamički prikaz poslovnih procesa. Petrijeve mreže se primjenjuju kod rudarenja procesima ali i kod simulacijskog modeliranja koje je jedna od najčešće korištenih metoda strojnog modeliranja poslovnih procesa. O Petrijevim mrežama biti će riječi u potpoglavlju simulacijskog modeliranja ali više kod rudarenja procesima.

### 3.2. Metoda modeliranja poslovnih procesa uporabom strojnog učenja

Poslovni procesi se modeliraju pomoću računala pri čemu je bitno pitanje odabira softvera.

„U načelu, za svako računalom podržano grafičko modeliranje stoje na raspolaganju barem dvije kategorije softvera s različitim razinama specijalizacije za namjeravani posao:

- softver za crtanje, koji sadrži skup grafičkih simbola predviđenih za modeliranje stanja i pojava u izabranoj domeni, osnovna pravila za povezivanje tih simbola te mogućnost elementarnog opisivanja njihovog značenja i
- softver za projektiranje, koji sadrži sve što i softver za crtanje ali i dodatna (često vrlo složena) pravila koja vrijede u području, mogućnost definiranja atributa povezanih s grafičkim simbolima koji predstavljaju objekte iz realnog svijeta te sposobnost daljnje računalne obrade grafičkog modela za različite proračune i stvaranje novih softverskih proizvoda više razine.“<sup>19</sup>

Za softversko crtanje uglavnom se koristi model BPMN 2.0 Modeler for Visio koji je specifičan po tome što u paketu sadrži upute za uporabu, bespalatan je, rad s tim alatom je vrlo jednostavan jer podržava potpuni skup grafičkih simbola za modeliranje poslovnih procesa koji se temelji na predlošcima koji se s trake za alate prenose na radnu površinu.

Skup grafičkih simbola kod modela BPMN 2.0 Visio čine:

- objekti toka u koje spadaju skretnice, događaji i aktivnosti,
- vezani objekti koji čine podatkovne i slijedne tokove i poveznice,
- čine ga polja i staze te dopunski objekti poput grupa objašnjenja i podatkovni objekti.

Navedeni model se koristi za izradu procesnih, kolaboracijskih, koreografskih i konverzijskih dijagrama, na način da se svakom simbolu daju određene grafičke oznake kojima se opisuju njegova svojstva.

---

<sup>19</sup> Brumeca, J., op.cit., str. 16

„BPMN dijagrami mogu se ubrojiti u procesne dijagrame te su po obilježjima vrlo slični EPC dijagramima koji se koriste za jasan i detaljan prikaz poslovnog procesa kao niza aktivnosti i događaja koji se međusobno izmjenjuju. BPMN dijagrami su hijerarhijski, a dinamika izvođenja procesa prikazuje se slijedom aktivnosti kojima se pridružuju simboli događaja.“<sup>20</sup> BPMN dijagrame podržavaju uglavnom svi alati za modeliranje i upravljanje poslovnim procesima.

Za softversko projektiranje koje je alat za modeliranje poslovnih procesa je karakteristično da ga čine proizvodi koji mnogim tvrtkama pružaju odlične mogućnosti rješavanja poslovnih problema, a neki od tih proizvoda za projektiranje su:

- IBM WebSphere Business Modeler,
- TibCo Business Studio™,
- Progress® Savvion Process Modeler,
- SAP BPM,
- Intalio,
- Oracle BPM Suite te drugi alati koji koriste normu BPMN 2.0.

Probne verzije navedenih alata su besplatne te se jednostavno mogu preuzeti sa određenih internetskih adresa.

Ono što se očekuje od uporabe alata za softversko projektiranje je spoznavanje podataka o:

- trajanju aktivnosti poslovnih procesa,
- mjestu odvijanja aktivnosti unutar organizacija,
- resursima koji su potrebni za izvođenje aktivnosti te
- podatke o tome da li se aktivnosti i podatkovni sadržaji izmjenjuju ili pak predstavljaju slijedne tokove njihove povezanosti.

Dakle, da bi se istražio ili unaprijedio poslovni proces, potrebno je nacrtati model poslovnog procesa koji na adekvatan način predstavlja poslovni proces u realnom svijetu, na temelju čega je moguće istražiti bitna svojstva poslovnog procesa tijekom simulacije i računanjem vrijednosti parametara koji određuju proces.

Parametri koji se najčešće koriste kod poslovnih procesa su:

---

<sup>20</sup> Bosilj Vukšić, V., Hernaus, T. i A. Kovačić, op.cit., str. 176

- trajanje procesa (T),
- prihodi (P),
- količina potrebnih resursa (Ri) i
- troškovi (C).

„Pod modelom u najširem smislu riječi podrazumijeva se skup fizičkih ili apstraktnih elemenata, pravila, odnosa i informacija, pomoću kojih je prikazan složeni realni sustav s ciljem njegovog istraživanja. Model može biti fizički (npr. model broda radi ispitivanja propulzije) ili matematički. Matematički model može biti analitički (npr. Maxwell-ove jednačbe za prikaz veze električnog i magnetskog polja s nabojima i strujama), grafički (npr. ERA model) ili numerički (npr. račun vremenske promjene neke složene pojave u Excelu). Primijenjeni modeli se temelje na više matematičkih disciplina (npr. mrežni plan projekta se temelji na teoriji grafova i jednačbama za izračun termina). Da bi se neki prikaz mogao smatrati modelom on mora imati barem tri bitne komponente:

- skup simbola s definiranim značenjima,
- pravila za preslikavanje elemenata realnog sustava u simbole modela i
- pravila za prikaz odnosa između elemenata modela, koja odgovaraju odnosima između elemenata realnog sustava.“<sup>21</sup>

Kao što je već prethodno rečeno, svaki model predstavlja poslovni proces realnog svijeta, pa je najbolji onaj model koji nam nudi veći broj značajki koje su potrebne za analizu i istraživanje na temelju kojeg će se unaprijediti poslovni procesi dobivanjem traženih rezultata u najkraćem mogućem vremenu.

Najčešća metoda modeliranja poslovnih procesa uporabom strojnog učenja je simulacijsko modeliranje, pa je kod računalne simulacije najznačajniji fenomen *vremenske kompresije*.

Vremenska kompresija je pojam koji se odnosi na izbor odgovarajućih vremenskih jedinica koje se koriste u realnom svijetu, pa se pomoću vremenske kompresije mogu oponašati neke pojave koje u stvarnosti traju dugo (nekoliko godina) dok na računalnom modelu traju svega nekoliko minuta ili sekundi.

---

<sup>21</sup> Ibidem, str. 23-24

### **3.2.1. Simulacijsko modeliranje poslovnih procesa**

„Procesna simulacija nedvojbeno je najpopularnija i najšire podržana tehnika za kvantitativnu analizu procesnih modela. Osnovna ideja koja podupire procesna simulacija je vrlo jednostavna. U biti, procesni simulator generira velik broj hipotetskih instanci procesa, izvršava slučajeve korak po korak i bilježi svaki korak u ovom izvršenju. Uobičajeno je da izlaz simulatora uključuje zapise simulacije, kao i neke statistike vezane uz ciklus puta, prosječnim vremenom čekanja i prosječnom korištenju resursa.“<sup>22</sup> Proces simulacije odvija se na način da simulator najprije pokušava naći izvor resursa koji može izvesti radnu stavku pa kada se resurs dodjeljuje radnoj jedinici tada simulator određuje trajanje radne stavke crtajući slučajni broj prema vjerojatnosti raspodjele vremena za obradu zadatka. Prema navedenom je primjetno da u simulacijskom modelu trebaju biti definirani odgovarajući parametri distribucije vjerojatnosti.

„Simulacijski modeli su posebna vrsta kombiniranih matematičkih modela koji omogućavaju izučavanje realnih dinamičkih sustava, čije se djelovanje mijenja u vremenu. Simulacijski se modeli izvršavaju uglavnom na računalu te omogućavaju izvođenje „što - ako“ scenarija, odnosno ispitivanje utjecaja nezavisnih varijabli na djelovanje realnog sustava, opisanog s jednom ili više zavisnih varijabli.“<sup>23</sup> Napredak razvoja simulacijskog softvera utjecao je na to da simulacija postane pogodna za primjenu i u projektima promjene poslovnih procesa.

Simulacija se primjenjuje kod promjene poslovnih procesa iz ovih razloga:

- simulira dinamiku procesa (trajanje aktivnosti),
- uključuje se utjecaj slučajnih varijabli na provođenje procesa,
- simulacija omogućuje predviđanje učinka promjena,
- eksperimentiranje s modelom omogućuje analizu i usporedbu različitih scenarija pa se rezultati predviđanja iskazuju kvantitativnim parametrima te

---

<sup>22</sup> Dumas, M., La Rosa, M., Mendling, J. i A. H. Reijers, op.cit., str. 235

<sup>23</sup> Brumeca, J., op.cit., str. 24

- zbog toga jer moderan simulacijski softvrer omogućuje vizualizaciju i animaciju procesa čime je omogućeno razumijevanje postojećih ali inovativnih procesa u organizaciji.

Uloga simulacije leži u modeliranju i analizi poslovnih procesa jer pruža kvantitativne procjene utjecaja promjene procesa na uspješnost sustava, a polazište simulacije je u rezultatima simulacije koji imaju naziv mjere uspješnosti sustava koje se mogu iskazati kvantitativno (npr. broj strojeva, radnika, vrijeme koje je potrebno za obavljanje aktivnosti te dr.).

Prednost simulacije je ponavljanje njenog izvođenja koje uključuje promjene parametara koji daju nove rezultate.

Simulacija ima i svojih nedostataka:

- složen je postupak vrednovanja modela i izvođenja eksperimenta,
- ima dug i skup razvoj modela,
- ne daje optimalne rezultate,
- potrebno je poznavati veliki broj metoda i alata

pa se u praksi simulacija ne primjenjuje kod projekata promjene poslovnih procesa.

„Za izgradnju računalnih simulacijskih modela danas se koristi više vrlo različitih postupaka (konceptata, programskih jezika, radnih okolina). Za simulaciju na modelu procesa koristi se činjenica da je proces definiran pomoću računala i prema čvrstim pravilima (naravno, ako je izrađen po nekoj općeprihvaćenoj normi kao što je BPMN), a model već zapisan u memoriji računala. Dakle, ako računalni model procesa već postoji, onda procedurama za modeliranje treba dodati procedure za računalnu simulaciju na modelu. Upravo to je učinjeno kod većine suvremenih alata za modeliranje poslovnih procesa. Takav simulacijski model postoji i u alatu WS BPMA7.“<sup>24</sup> Simulacijski proces prikazuje se u obliku koraka koji opisuju faze rješavanja poslovnog problema.

Koraci za izvođenje analize simulacije su prikazani na slici 7.

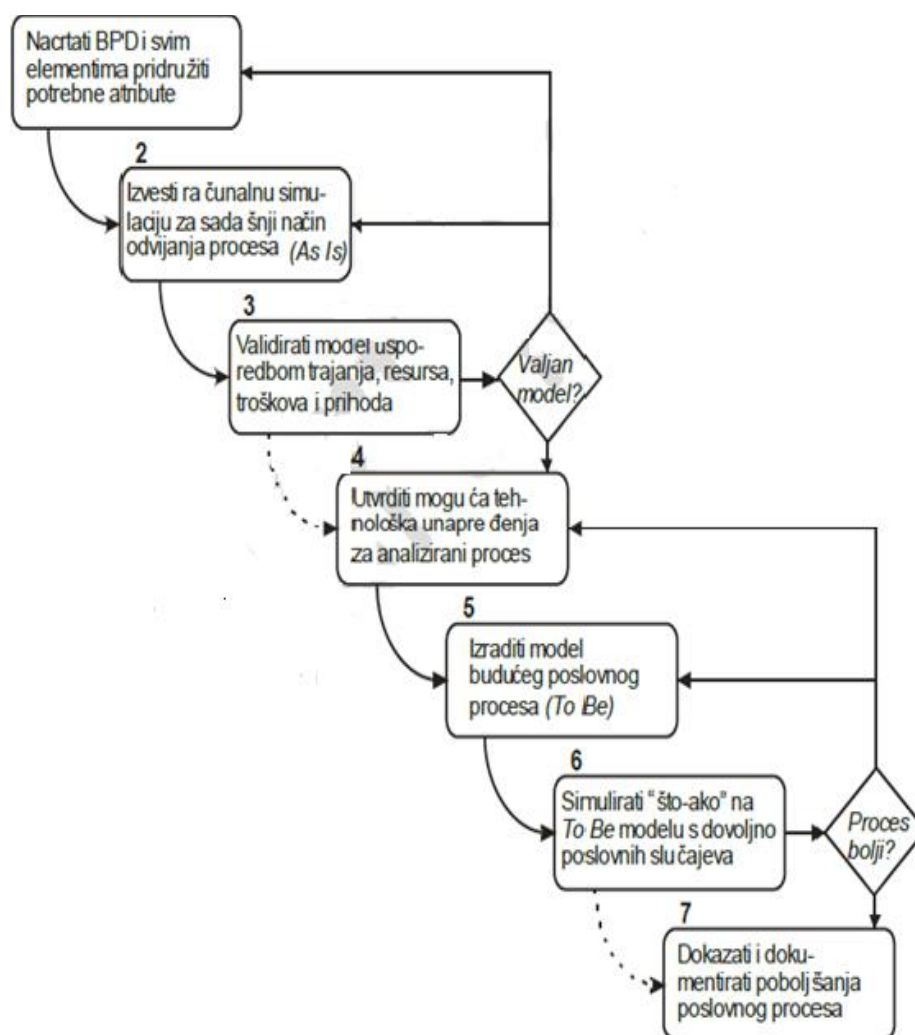
---

<sup>24</sup> Ibidem, str. 25

Kod koraka simulacijskog procesa koristi se teorija vjerojatnosti i statistika, posebno kod analize slučajnih varijabli, ulaznih i izlaznih podataka te kod planiranja simulacijskih eksperimenata.

Kod simulacijskog modeliranja osnovno načelo je načelo podudarnosti što bi se odnosilo na valjanost modela, pa model je valjan ukoliko se uz promjene nezavisnih varijabli dobiju takve vrijednosti zavisnih varijabli koje se statistički signifikantno podudaraju s registriranim promjenama istraživanih pojava u stvarnom sustavu.

Za nastanak takvog modela potrebno je znati stvarne vrijednosti prethodno spomenutih parametara.



Slika 7: Scenarij za simulacijsko istraživanje poslovnih procesa na modelu

Izvor: Brumeca, J., Modeliranje poslovnih procesa, KORIS - Konzalting, organizacija, razvoj IS, Varaždin/Zagreb, 2011., str. 26, dostupno na: <http://koris.hr/preuzmi/koris-uvod-u-modeliranje-poslovnih-procesa.pdf> (10.08.2017.)

Kod simulacijskog modeliranja važne su Petrijeve mreže koje predstavljaju grafički i matematički alat modeliranja koji je primjenjiv kod različitih vrsta sustava a razvijene su 1962. godine od strane C. A. Petria kao nova metoda grafičkog modeliranja.

„Petrijeve mreže su važne zato što omogućavaju grafički prikaz ponašanja sustava, uz mogućnost istodobnog uvođenja matematičkih pravila za utvrđivanje ponašanja sustava.“<sup>25</sup> Do danas je razvijeno nekoliko vrsta Petrijevih mreža od kojih svaka ima svoje značajnosti kojima se pridonjelo unaprijeđenju njihove kvalitete.

Iako postoji više vrsta Petrijevih mreža, sve vrste imaju zajedničke osnovne simbole, eventualno se kod nekih uvode nova proširenja radi boljeg prikaza realnog sustava.

Kod simulacijske metode Petrijeve mreže modeliraju:

- događaje i aktivnosti koji se nazivaju prijelazi a prikazuju se simbolom crte,
- modeliraju uvjete poput mjesta koje se prikazuje kružnicom,
- događaje koji se povezuju s uvjetima prikazuje se lukovima koji se prikazuju ispunjenima ukoliko je nastupio događaj, odnosno kada se upalio događaj,
- dinamiku sustava koja se prikazuje značkama koje se kreću po sustavu pa ako neko mjesto ima značku to znači da je uvjet ispunjen,
- prijelaz koji se pali samo ako su ispunjeni svi uvjeti na ulaznim mjestima nakon čega se značka s ulaznog mjesta postavlja na izlazno mjesto, pa se tada značke interpretiraju kao entiteti koji se kreću mrežom.

Najpoznatija metoda Petrijevih mreža je DES mreže (Discrete Event Simulation Nets) koje predstavljaju proširene Petrijeve mreže za simulaciju diskretnih događaja.

Proširenje DES mreže čine dodatni elementi poput:

- lukova s težinom (povezuju mjesta i prijelaze u istom prijelazu),

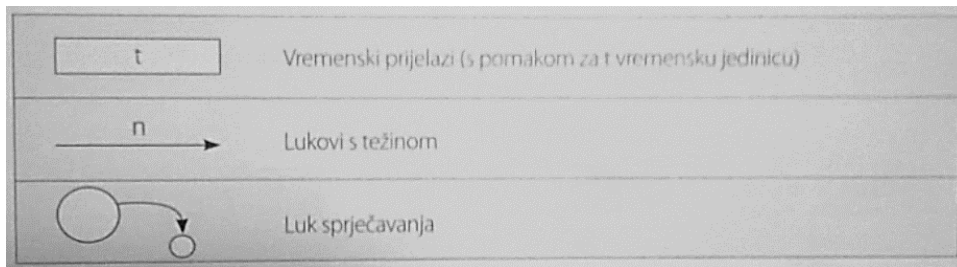
---

<sup>25</sup> Bosilj Vukšić, V., Hernaus, T. i A. Kovačić, op.cit., str. 170



- lukova sprječavanja (usmjereni su od mjesta prema prijelazu koji je zabranjen sve dok mjesto, koje je s prijelazom povezano lukom zabrane, sadržava značke pa je ispaljivanje moguće samo ako je to mjesto prazno) te
- vremenskih prijelaza (pokreću se tek kada su ostvareni uvjeti za njihovo ispaljivanje).

Elementi DES mreže prikazani su na slici 8.



Slika 8: Elementi DES mreže

Izvor: Bosilj Vukšić, V., Hernaus, T. i A. Kovačić, Upravljanje p osnovnim procesima – organizacijski i informacijski pristup, Školska knjiga, Zagreb, 2008., str. 171

Od dodatnih elemenata također se mogu koristiti:

- lukovi s napomenama,
- pravila odlučivanja – uklanjaju konflikte pa postoje tri pravila odlučivanja:
  - pravilo prioriteta (niža vrijednost prijelaza označava viši prioritet),
  - pravilo vjerojatnosti (zbroj vjerojatnosti uvijek mora biti jednak 1),
  - uvjetno pravilo (ispituje se nakon što je odluka uspostavljena, pa se u ovisnosti od rezultata ispitivanja odabire odgovarajući prijelaz),
- niz značaka,
- boje značaka – određuju tip značke, npr. klasu stavka narudžbe,
- varijable i
- uvjeti prijelaza – predstavljaju način izvođenja prijelaza (ako je artikl težak tada će u izmuzimanju sudjelovati viličar pri čemu je potreban i radnik).

Za Petrijeve mreže je potrebno, nakon svega navedenog, naglasiti da samo one obuhvaćaju sve elemente dinamičkih metoda modeliranja, pa kroz korištenje BPMN dijagrama i dijagrama toka podataka prikazuju simbol vanjskog izvorišta ili odredišta podataka koji označavaju mjesto početka i završetka procesa.

Uključivanjem dinamičkih metoda u programske alate koji su potrebni za odvijanje poslovnog procesa omogućeno je pridruživanje vremenskih i troškovnih obilježja objektima modela te izvođenje simulacijskog eksperimenta.

### ***3.2.2. Referentni modeli i metodološki okviri kod modeliranja poslovnih procesa***

Da bi se modeliranjem poslovnih procesa izbjegli problemi koji mogu utjecati na neuspjeh promjena potrebno je poznavati metode modeliranja i primjeniti u praksi provjerene modele, iskustvo i znanje iz sličnih projekata koje je ugrađeno u metodološke okvire i referentne modele koji su usmjereni na specifičnosti nekih područja poslovanja ili djelatnosti.

„Referentni modeli sadržavaju opise standardiziranih poslovnih procesa za određenu vrstu poslovanja, metrike procesa, procedure i norme. Rezultat su iskustva, znanja, dugogodišnje poslovne prakse i istraživanja o načelu najbolje poslovne prakse iz nekog područja poslovanja.“<sup>26</sup> Korištenjem referentnih modela osigurava se konkurentnost i vodeća pozicija poduzeća na tržištu.

Referentni modeli se razvijaju za određene djelatnosti, poput telekomunikacijske industrije, za koju je specifičan model eTOM kojeg je razvio TeleManagement Forum koji je za potrebe komunikacijskih korisnika i njihovih dobavljača razvio taj model za unaprijeđenje poslovnih procesa u području ispunjavanja korisničkih zahtjeva, provjere i naplate istih.

---

<sup>26</sup> Ibidem, str. 180

eTOM obuhvaća perspektive poslovanja koje su usmjerene na korisnike i proizvode, poslovna rješenja i sustave te na njihovu primjenu. Kod referentnih modela poslovni procesi se promatraju okomito i vodoravno.

Okomiti poslovni procesi određeni su načinom na koji ih vide kupci pa se nazivaju procesima end – to – end (s kraja na kraj), dok se vodoravni poslovni procesi određuju iz funkcijske perspektive.

Okomite i vodoravne procesne strukture tvore matričnu strukturu eTom koja pruža pristup poslovnim procesima i menadžerima koji su odgovorni za izvođenje procesa i za osiguravanje resursa potrebnih za njihovo izvođenje.

Da bi se dobio detaljan uvid u strukturu poslovnih procesa i da bi se razumjelo njihovo ponašanje, referentni modeli se prikazuju dijagramima uz primjenu programskih alata poput alata Corporate Modeler (Casewise) koji podržava eTom referentni model te na takav način osigurava modeliranje poslovnih procesa poštujući načelo najbolje prakse.

Za provedbu projekata po svim fazama, osim referentnih modela, koriste se i metodološki okviri koji nisu vezani za programske alate već osiguravaju sustavan i cjelovit pristup provedbi projekata pa ih proizvođači alata sve više uključuju u svoje proizvode.

Neki od najpoznatijih metodoloških okvira su:

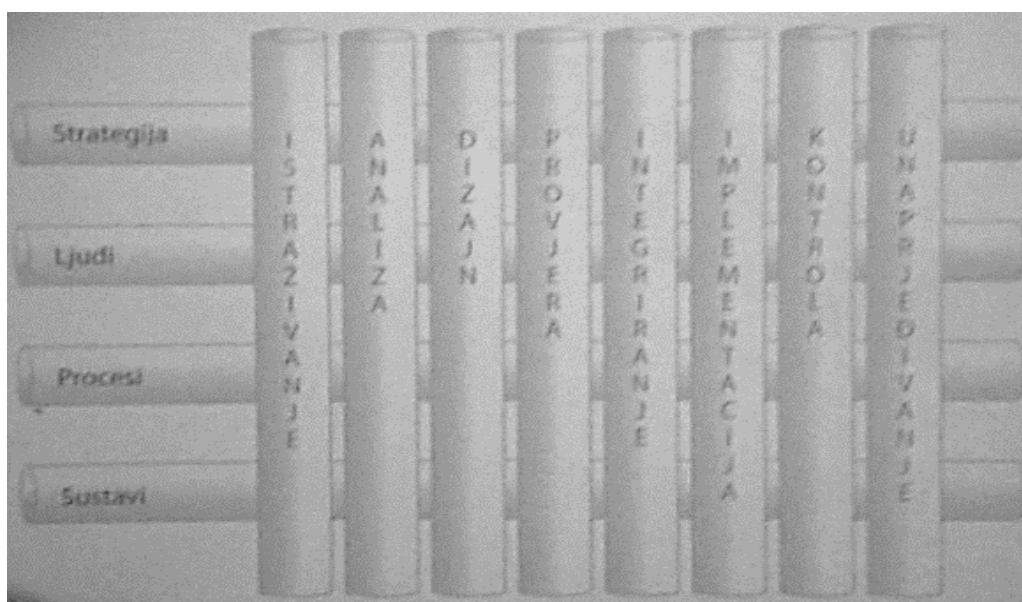
- 8 Omega okvir,
- BPM metodološki okvir i
- Zachmanov okvir.

8 Omega okvir razvila je Business Process Management Group (BPMG) a čine ga organizacijski elementi:

- strategija,
- ljudi,
- procesi i sustavi te
- elementi provedbe projekta promjene poslovnih procesa:
  - istraživanje,
  - analiza,

- dizajn,
- provjera,
- integriranje,
- implementacija,
- kontrola i
- unaprijeđivanje.

Navedeno je prikazano na slici 9.



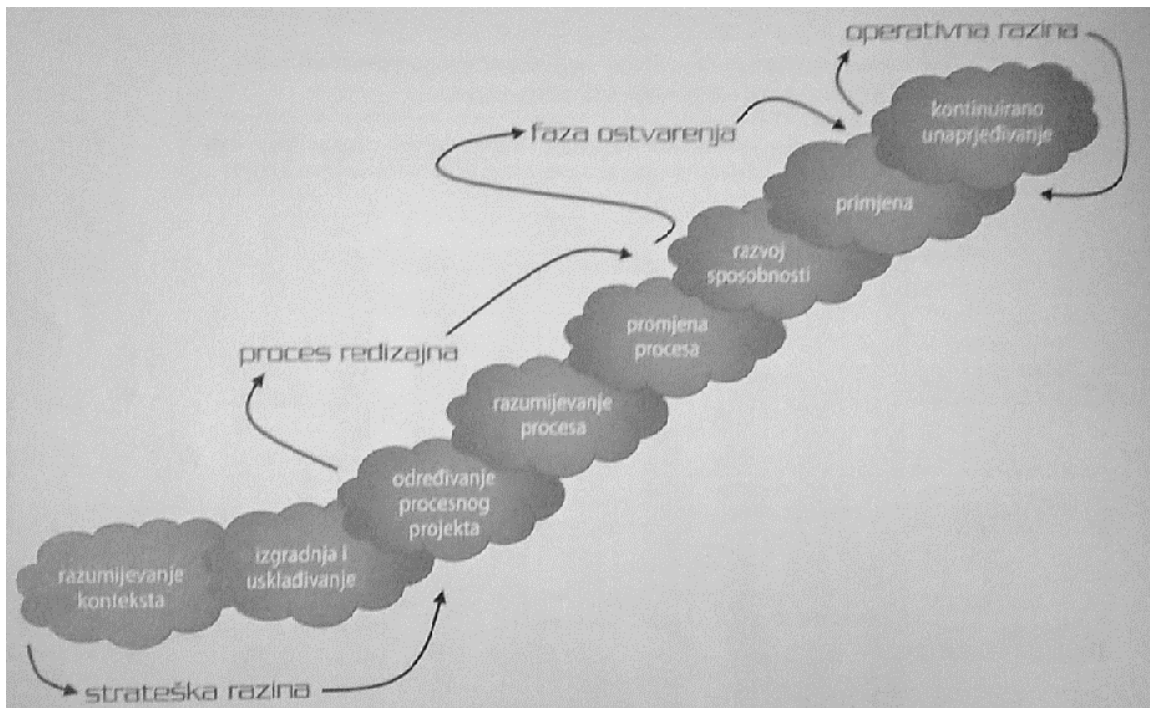
Slika 9: 8 Omega okvir

Izvor: Bosilj Vukšić, V., Hernaus, T. i A. Kovačić, *Upravljanje poslovnim procesima – organizacijski i informacijski pristup*, Školska knjiga, Zagreb, 2008., str. 183

Osim 8 Omega okvira, metodološki okvir koji je usmjeren na unaprijeđivanje poslovnih procesa je BPM okvir koji se sastoji od osam koraka koji su prikazani na slici 10. te su podijeljeni u kategorije:

- strateške razine:
  - razumijevanje konteksta, izgradnja i usklađivanje, određivanje procesnog projekta,

- razina redizajna:  
određivanje procesnog projekta, razumijevanje procesa, promjena procesa,
- razina ostvarenja:  
razvoj sposobnosti, primjena i
- operativna razina:  
obuhvaća kontinuirano unaprijeđivanje.



Slika 10: BPM metodološki okvir (Process Renewal Group)

Izvor: Bosilj Vukšić, V., Hernaus, T. i A. Kovačić, *Upravljanje poslovnim procesima – organizacijski i informacijski pristup*, Školska knjiga, Zagreb, 2008., str. 184

Zachmanov okvir je razvio IBM-ov istraživač J. Zachman 1987. godine. Njegov metodološki okvir je značajan jer predstavlja putokaz za provedbu projekata upotrebom arhitekture poduzeća a ta provedba se odvija kroz faze (određivanje strateških ciljeva, razvoj modela poduzeća, razvoj modela informacijskog sustava, razvoj tehnološkog modela, detaljan opis modela, rad sustava i vrijednovanje postignutih rezultata) koje su značajne po tome što se u svakoj fazi treba odrediti i

opisati niz elemenata u koje spadaju podaci, funkcije, ljudi, mrežna struktura, vrijeme i motivacija.

Koncept se prikazuje tablično pa se u redovima nalaze faze, dok se u stupcima predaju perspektive. Osnovna svrha koncepta je razvoj informacijskog sustava poduzeća, međutim, praksa je pokazala da navedeno nije moguće ostvariti bez razvoja cjelovite arhitekture poduzeća koja uključuje komunikaciju, suradnju i koordinaciju između članova poslovnih procesa i stručnjaka za informacijske sustave.

Zachmanov okvir je uključen u programske alate (npr. u Corporate Modelara) te je kao takav potreban za detaljan opis poduzeća što je polazna točka za modeliranje poslovnih procesa.

### **3.2.3. Neuronska mreža**

„Umjetna neuronska mreža (eng. Artificial Neural Network - ANN) je skup međusobno povezanih jednostavnih procesnih elemenata (jedinica, čvorova) čija se funkcionalnost temelji na biološkom neuronu i koji služe distribuiranoj paralelnoj obradi podataka. U širem smislu umjetnu neuronsku mrežu moguće je opisati kao sustav koji se temelji na oponašanju rada ljudskog mozga, ponajviše u nastojanju simuliranja postupka učenja i obrade podataka. Neuronske mreže prikladne su za rješavanje problema kod kojih postoji složena veza ulaza i izlaza kao što su klasifikacija i predviđanja. Sposobnost mreže za rješavanje takvih problema posljedica je stvaranja veze među procesnim elementima, tzv. neuronima, koja se postiže kroz proces adaptacije ili učenjem iz skupa primjera.“<sup>27</sup> Model neuronske mreže, kao računalni model, oponaša strukturu bioloških neuronskih mreža koje mogu uključivati i oponašanje ljudskog mozga.

Oponašanje rada ljudskog mozga vrši se na način da se stvori neuron koji je zamišljen kao matematička funkcija koja je ujedno i osnovni procesni element neuronske mreže.

---

<sup>27</sup> Cetinić, E., *Primjena različitih metoda strojnog učenja u problemu klasifikacije slikarskih djela prema autoru*, Sveučilište u Zagrebu – fakultet elektrotehnike i računarstva, Zagreb, 2013., str. 10., dostupno na: <http://www.zemris.fer.hr/predmeti/kdisc/Sem2.pdf> (20.08.2017.)

Model neurona je model umreženog društva preko računala za koje je karakteristično simuliranje ponašanja sustava preko programske podrške. Navedeni model se zbog navedenog povezuje s umjetnom inteligencijom koju je razvilo čovječanstvo konstruiranjem inteligentnih strojeva za obavljanje određenih poslova umjesto ljudi.

„Umjetna inteligencija je pojam kojim se podrazumijeva svaki neživi sustav koji pokazuje sposobnost snalaženja u novim situacijama. S obzirom da takav pristup zahtijeva visok stupanj računalne obrade, njegova realizacija bila je neuspješna do početka 1980.-ih godina.“<sup>28</sup> Danas je umjetna inteligencija jako razvijena te je od velike koristi u brojnim područjima ljudskog života, u društvenim i tehničkim znanostima (vojska, zrakoplovstvo, zdravstvo, marketing – segmentiranje kupaca, financije – procjena rizika, krediti, burze te dr., obrazovanje, kontrola kvalitete i sigurnosti poslovanja te dr.).

Razvijeni su računalni modeli koji svojim funkcijama oponašaju ljudski mozak simuliranjem paralelne obrade informacija, odnosno zbog simuliranja postupka učenja. Umjetne neuronske mreže građene su od međusobno povezanih umjetnih neurona kojima je svrha razumijevanje bioloških neuronskih mreža i rješavanje problema vezanih za područje umjetne inteligencije.

Udruživanjem znanosti iz područja psihologije, matematike, neurobiologije i informatike nastale su umjetne neuronske mreže s ciljem razumijevanja neuralne aktivnosti i kognitivnog funkcioniranja na bazi korištenja matematičkih koncepata a neki od njih su dinamički sustavi, diferencijalne jednadžbe i linearne algebre.

---

<sup>28</sup> Dumančić, S., *Neuronske mreže*, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za fiziku, 2014., str. 10, dostupno na: [www.mathos.unios.hr/~mdjumic/uploads/diplomski/DUM05.pdf](http://www.mathos.unios.hr/~mdjumic/uploads/diplomski/DUM05.pdf) (18.09.2017.)

## 4. ANALIZA I SIMULACIJA PROCESA PRODAJE NA PRIMJERU PODUZEĆA

Proces prodaje vrlo je složena stavka u poslovanju poduzeća i ujedno najvažnija. O njoj ovise rezultati poslovanja.

U poduzeću su najvažniji kupci jer radi njih ono i postoji, a odmah potom i prodavači. Samo pravi odnos kojega kupac i prodavač stvore dovodi do prodaje, a zatim i zadovoljstva kupnjom. Da bi se to ostvarilo potreban je profesionalan i obrazovan prodavač, jer kupci postaju sve zahtjevniji.

### 4.1. Primjena Queueing analize (analize reda) na proces prodaje

U daljnjem tekstu biti će prikazana obrada analize i simulacija procesa prodaje u poduzeću Obuća d.o.o. (poduzeće ne postoji u stvarnosti već je izmišljeno kao primjer za potrebe rada). Poduzeće Obuća d.o.o ima 20 zaposlenika i bavi se distribucijom obuće.

Cijeli proces prodaje obuće odvija se u nekoliko aktivnosti:

- zaprimanje narudžbe,
- priprema narudžbe,
- izrada proizvoda,
- isporuka sirovina,
- naplata potraživanja i
- isporuka narudžbe.

Ako želimo govoriti o brojkama u poslovnim procesima, onda prvo moramo definirati mjerne jedinice (sati, minute, sekunde) s kojima ćemo mjeriti te procese.

U ovom radu bavit ćemo se vremenom, odnosno prikazati ćemo koliko se cjelokupni proces vremenski izvodi a sa simulacijom ćemo analizirati rezultate koji će nam prikazati koliko resursi troše vremena i koje segmente procesa treba eliminirati ili

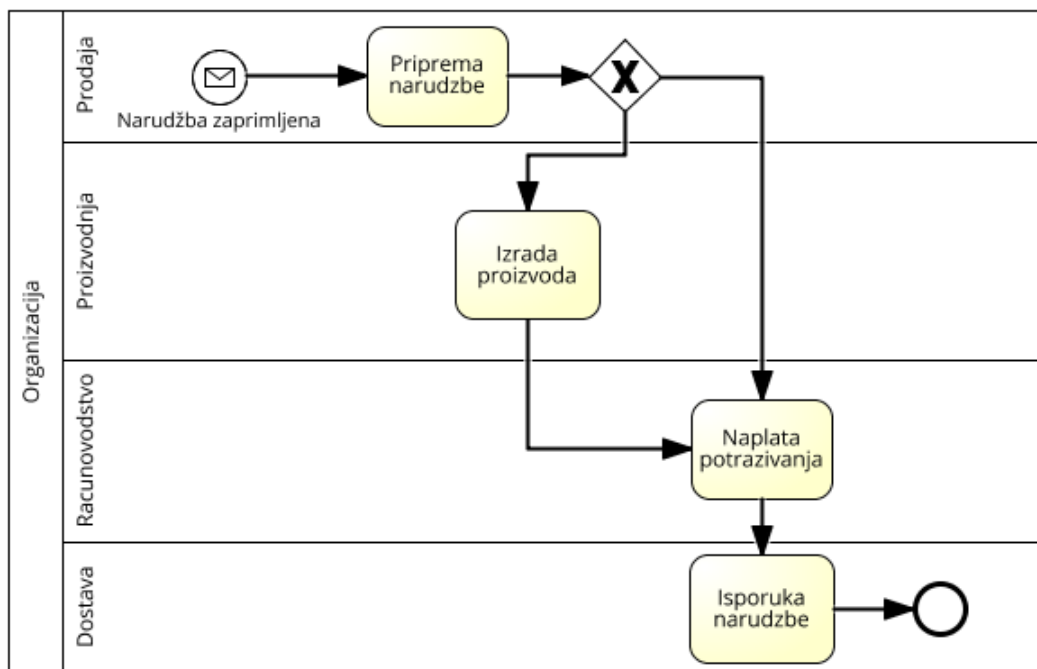


mogućnost dodatnog resursa kako bi se ubrzao proces prodaje. Takvim ubrzanjem i efikasnom uporabom resursa postiže se zadovoljstvo kupca kao i profit.

Kod procesa prodaje mjerenje vremena procesa se objašnjava kao u primjeru farmaceutike u kojoj se mjerenje prikazuje kao količina vremena između koje kupac u određenom trenutku uđe u lijekarnu i u kojoj kupac izađe iz lijekarne računajući preuzimanje proizvoda.

Kod procesa prodaje je slična situacija, tako što se mjerenje vremena računa od trenutka zaprimanja narudžbe od strane kupca do trenutka isporuke narudžbe.

Prikaz BPMN diagram procesa prodaje izgleda ovako:



Slika 11: Dijagram procesa prodaje

Izvor: <http://academic.signavio.com/p/explorer>

Proces započinje ovako:

- kupac naručuje proizvod,
- odjel prodaje zaprima narudžbu,
- odjel prodaje priprema narudžbu,

- ukoliko se u skladištu već nalazi određeni proizvod, proces se nastavlja na naplatu potraživanja i isporuku narudžbe, inače proizvod se izrađuje,
- nakon što je proizvod napravljen računovodstvo vrši naplatu potraživanja a zatim dostava vrši isporuku narudžbe s kojom završava proces.

Cjelokupni proces s vremenom izvođenja prikazan je u tablici 1.

Tablica 1.: Proces s vremenom izvođenja

| Aktivnost            | Vrijeme izvođenja |
|----------------------|-------------------|
| Priprema narudžbe    | 5 min             |
| Izrada proizvoda     | 45 min            |
| Naplata potraživanja | 2 min             |
| Isporuka narudžbe    | 25 min            |

Izvor: Izrada autora

U prikazanoj tablici vrijeme aktivnosti se izražava kao *processing time* odnosno prikazuje samo vrijeme koje dodaje vrijednost tj. vrijeme koje je provedeno radeći određenu aktivnost. To se još naziva kao *Theoretical Cycle Time*. Sve ostalo prije stvarnog izvođenja određene aktivnosti se naziva *Waiting Time* odnosno vrijeme čekanja.

Vjerojatnosti distribucije su zadane kao 0.8 (80%) za slučaj da proizvod već postoji u skladištu a 0.2 (20%) da se odgovorajući proizvod ne nalazi u skladištu te da ga treba izraditi.

Stvarno vrijeme izvođenja procesa prodaje se izračunava kao:

$$TCT = 1 + 5 + 0.8 \cdot 2 + 0.2 \cdot 45 + 25 = 41.6 \text{ min}$$

Nekad ova formulacija nije dovoljna, odnosno ima nedostatke koji nam ne mogu pomoći u analizi procesa.

Flow time analiza, odnosno analiza protoka, ne računa vrijeme čekanja zbog povećanja/smanjenja resursa. Pa tako npr. ako u nekoj firmi fali određeni broj ljudi, to će znatno utjecati na vrijeme izvođenja procesa i vrijeme čekanja, ako dodamo te ljude onda ponovno utječemo na vrijeme. To znači da bi sa flow analizom ponovno trebali iznova računati vrijeme izvođenja.

Taj problem rješavamo **Queuing analizom (analiza reda)** i **simulacijom** u kojoj nas zanima koliki je red čekanja (poslova za obaviti ili kupaca koji čekaju) i kako se može smanjiti vrijeme čekanja a da se uskladi trošak povećanja kapaciteta resursa sa povećanjem dobiti na produktivnosti .

Da bi lakše shvatili Queueing analizu prvo moramo objasniti osnove vremena čekanja. Uobičajeno, čekanje se ne dešava zato što nema dovoljno kapaciteta u teoriji.

Npr. ako doktor u bolnici može pregledati petero pacijenata u 60 minuta, onda u smjeni od 4 sata može pregledati (u prosjeku) 20 pacijenata. Doktor može pregledati 20 pacijenata bez da ima čekanje ali samo u slučaju da pacijent dođe i bude pregledan u roku od 12 minuta i da nakon njega dođe drugi pacijent koji odmah bude pregledan isto u roku od 12 minuta itd.

Međutim, to su vrlo rijetke situacije, jer se poslovi kao i *inter-arrivals* (dolasci) miješaju, što ujedno može biti i zbog vremena trajanja posla kao što je slučaj kod doktora i pacijenta gdje neki pregledi traju duže zbog stanja pacijenta. Dakle, možemo reći da je vrijeme obavljanja posla varijabilno.

Ono što moramo napomenuti jest korištenje resursa (*resource utilization*) odnosno, što je veći *resource utilization* to će biti veće vrijeme čekanja (*waiting time*).

Ako se osvrnemo na slučaj doktora i pacijenta, gdje smo rekli da ukoliko doktor u smjeni od 4 sata može pregledati 20 pacijenata (pritom da pregled jednog pacijenta traje u prosjeku 12 minuta) to znači da je iskorištenost 100%.

Što je veće vrijeme čekanja to je veća iskorištenost resursa, odnosno veći *workload*, što znači da se posao neće uspjeti završiti ranije nego će trajati duže, a ujedno će i pacijenti (u ovom slučaju) čekati duže. Zato je potrebno smanjiti iskorištenost resursa da bi se smanjilo vrijeme čekanja.

Ujedno ćemo analizirati te tipove sustava, gdje imamo servere (resurse) i instance procesa (cases).

Nemožemo reći da instance procesa (*mean-arrival rate*) dolaze svakih npr. 12 minuta, nego je to varijabilno, odnosno nekad instance procesa znaju dolaziti kraće nekad duže, međutim, prosjek između dvije instance može biti kraće minutaže a nekad zna biti i veće.

Vrijeme koje prođe između instanci procesa je nezavisno i **eksponencijalno**.

Srednju vrijednost instance (*mean-arrival rate*) procesa ćemo označavati kao  $\Lambda$  (lambda) i nju ćemo koristiti i u simulaciji. Ona se izražava kao prosječan broj instanci po jedinici vremena.

Drugi parametar je  $\mu$  (*mean-service rate*), odnosno prosječan broj poslova (instanci) koje mogu biti izvršene od strane jednog servera (resursa) po jedinici vremena.

Npr. ako doktor može pregledati jednog pacijenta u 12 minuta, a jedinica vremena je sat onda je prosječan broj poslova jednak broju 5 (60min/12min), odnosno, doktor pregleda petero pacijenata unutar jednog sata.

Treći parametar su serveri, odnosno resursi. To je broj npr. doktora, dobavljača itd. koji obavljaju neki proces ili su uključeni u obavljanje nekog posla.

Ako imamo zadana ta tri parametra onda možemo detaljnije odrediti slijedeće nabrojane koncepte teorije reda:

- stopa zauzetosti ( $p$ ),
- prosječno vrijeme čekanja u redu ( $Wq$ ),
- prosječno vrijeme čekanja u sustavu ( $W$  - Cycle time),
- prosječan broj u redu ( $Lq$  - duljina reda),
- prosječan broj u sustavu ( $L$ ).

Nije nam bitno kako teorija reda (*Queueing theory*) funkcionira, bitno nam je samo koji su nam parametri.

Ako imamo jedan server (resurs), onda ćemo koristiti M/M/1 model, inače ako se tu nalazi više resursa onda ćemo koristiti M/M/c model.

Proces prodaje (u ovom slučaju) ima jedan server u odjelu prodaje pa će tako koristiti M/M/1 model.

Ujedno ćemo ispitati da li će nam biti potreba za dodavanjem još jednog servera. Za izračun svih parametara korištena je online web stranica <http://www.supositorio.com/rcalc/rcalclite.htm>.

Odjel prodaje dakle ima jednog djelatnika pa je on server u ovom slučaju. Srednja vrijednost instanci (*mean-arrival rate*) je 15 narudžbi/h.

Prosječan broj instanci koje mogu biti izvršene (*mean-service rate*) je 16 narudžbi/h. Rezultati su prikazani u tablici 2.

Tablica 2.: Rezultati izračuna parametara procesa prodaje

| Karakteristike | Jedan resurs |
|----------------|--------------|
| P              | 0.9375       |
| L              | 15           |
| W              | 1h           |
| Lq             | 14           |
| Wq             | 0.9375h      |

Izvor: Izrada autora

$$P \text{ (iskorištenost servera)} = \lambda/\mu = 15/16 = 0.9375 = 93.75\%$$

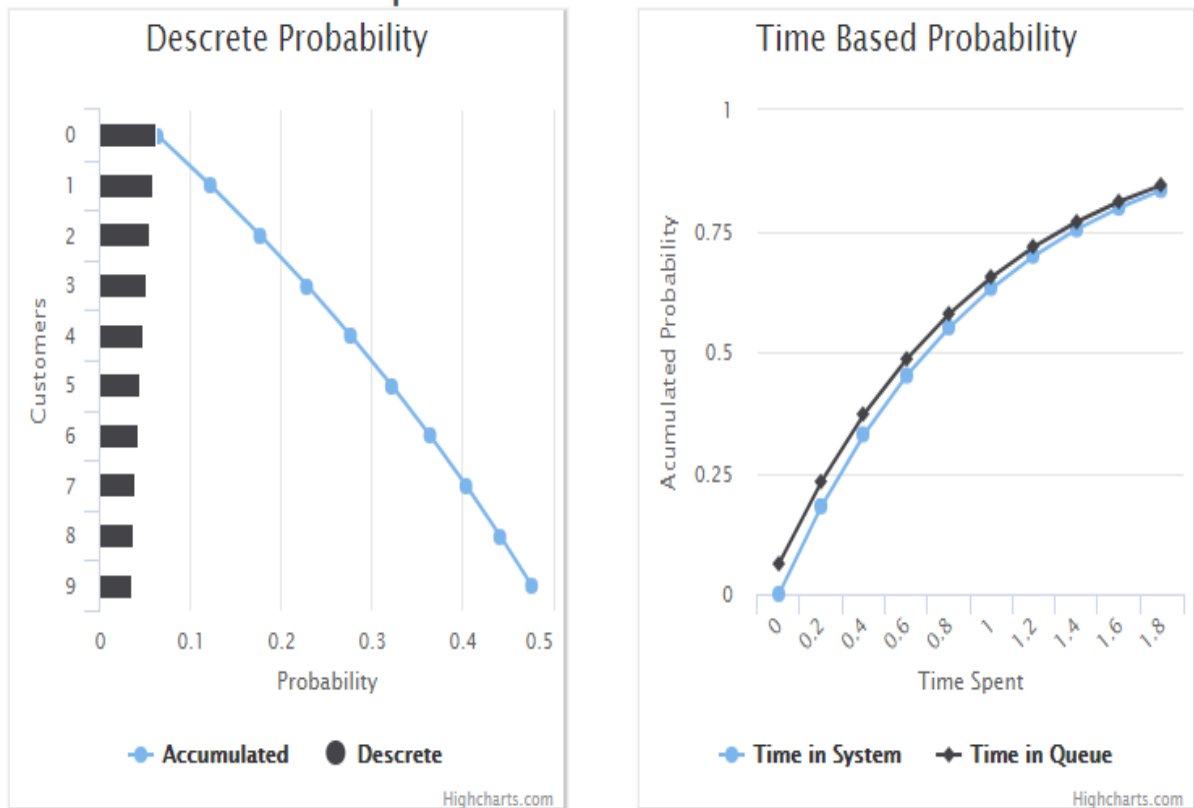
$$L \text{ (prosječan broj kupaca u sustavu)} = p/(1-p) = 0.9375/(1-0.9375) = 15$$

$$W \text{ (prosječno vrijeme provedeno u sustavu)} = L/\lambda = 15/15 = 1h$$

$$Lq \text{ (prosječan broj kupaca u redu)} = \rho^2/(1-\rho) = 14$$

$$Wq \text{ (prosječno vrijeme čekanja u redu, odnosno čekanje da kupac bude uslužen)} \\ = Lq/\lambda = 14.0625/15 = 0.9375h = 56.25 \text{ min.}$$

Na slici 12. je vidljivo da je prosječno vrijeme provedeno u sustavu predugo (1h), zato ćemo pokušati dodati još jedan resurs i sa M/M/c metodom prikazati rezultate.



Slika 12.: Vjerojatnost vremena provedeno u redu i u sustavu

Izvor: Preuzeto sa <http://www.supositorio.com/rcalc/rcalclite.htm>

Dodavanjem još jednog djelatnika na odjel prodaje dobijamo sljedeće rezultate koji su prikazani u tablici 3.

Tablica 3.: Rezultati dodavanja još jednog radnika u proces prodaje

| Karakteristike | Jedan resurs |
|----------------|--------------|
| p              | 0.4688       |
| L              | 1.2015       |
| W              | 0.0842h      |
| Lq             | 0.264        |
| Wq             | 0.0176h      |

Izvor: Izradio autor

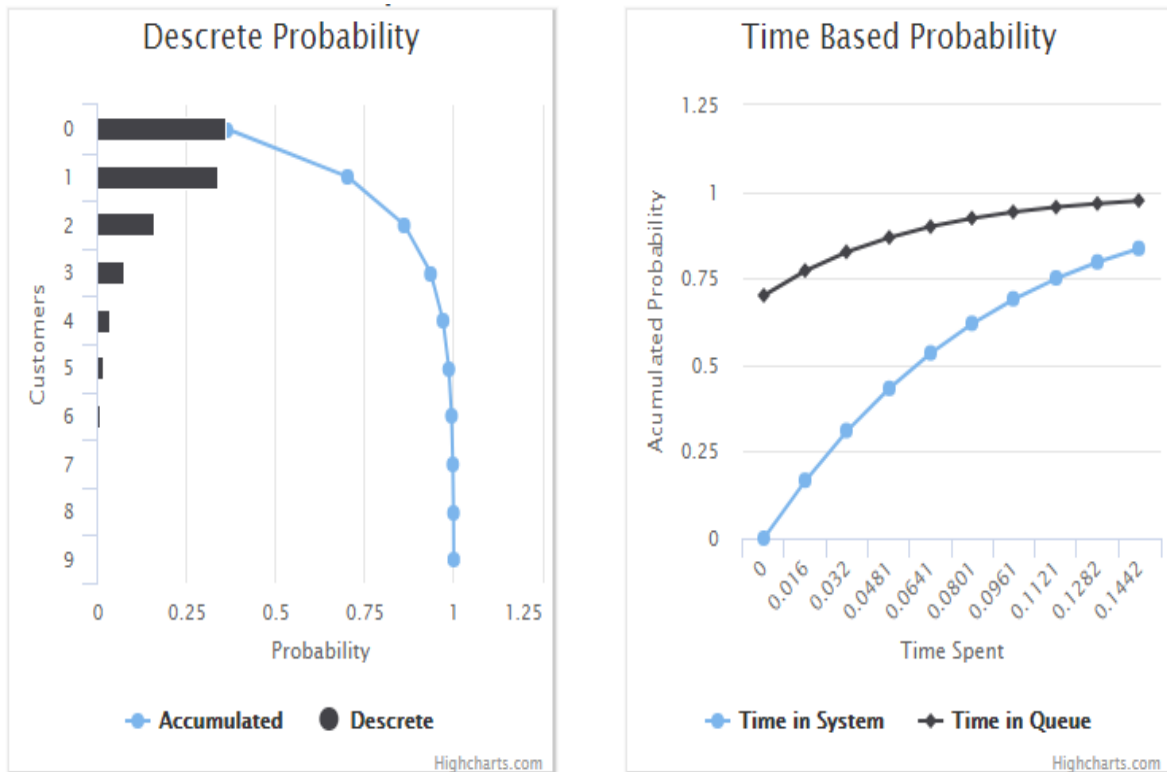
$P$  (iskorištenost servera) =  $\Lambda/\mu \cdot c = 15/16 \cdot 2 = 0.4688 = 46.88 \%$

$L$  (prosječan broj kupaca u sustavu) =  $\Lambda \cdot W = 15 \cdot 0.0801 = 1.2015$

$W$  (prosječno vrijeme provedeno u sustavu) =  $W_q + (1/\Lambda) = 0.0176 + (1/15) = 0.0842 \text{ h} = 5.05 \text{ min.}$

$L_q$  (prosječan broj kupaca u redu) =  $L_q = \sum_{n=c}^{\infty} (n-c)P_n = \dots = \frac{(\lambda/\mu)^c \rho}{c!(1-\rho)^2} P = 0.264$

$W_q$  (prosječno vrijeme čekanja u redu, odnosno čekanje da kupac bude uslužen) =  $L_q/\Lambda = 0.264/15 = 0.0176 \text{ h} = 1.056 \text{ min.}$



Slika 13.: Vjerojatnost vremena provedeno u redu i u sustavu nakon dodavanja resursa

Izvor: <http://www.supositorio.com/rcalc/rcalclite.htm>

Prikaz sa slike 13. nam daje ideju da redovi nisu linearni, odnosno da dodavanjem jednog dodatnog resursa moze znatno promjeniti vrijeme čekanja i ostale parametre.

Prednost teorije reda jest da je dobra u slučaju kada se analizira jedan proces odnosno jedna aktivnost. No, ukoliko se analizira cijeli proces koji ima različite aktivnosti i koji sadrži različito vrijeme izvođenja i broj resursa za te aktivnosti, onda teorija reda (Queueing theory) više ne vrijedi. Zato koristimo **simulaciju** ukoliko želimo analizirati kompletan proces.

## 4.2. Simulacija procesa prodaje koristeći online web alate

Procesna simulacija je vrlo jednostavna za upotrebu. Uzimanjem modela simulira se proces određeni broj puta.

Takvim simuliranjem prikupljaju se podaci o prosječnom vremenu čekanja, dužini reda, iskorištenosti resursa itd. Zato ćemo u ovom poglavlju simulirati proces prodaje.

Prije nego što krenemo na samu simulaciju, nabrojati ćemo osnovne stvari koje su potrebne za simuliranje procesa:

- model procesa (BPMN),
- podaci o procesu (prosječno vrijeme izvršavanja aktivnosti, broj resursa, vjerojatnosti grananja),
- pokretanje simulacije,
- analiza rezultata simulacije,
- ponavljanje simulacije za alternativne slučajeve.

Simulaciju ćemo izvesti pomoću dva online alata:

- Signavio i
- Bimp simulator.

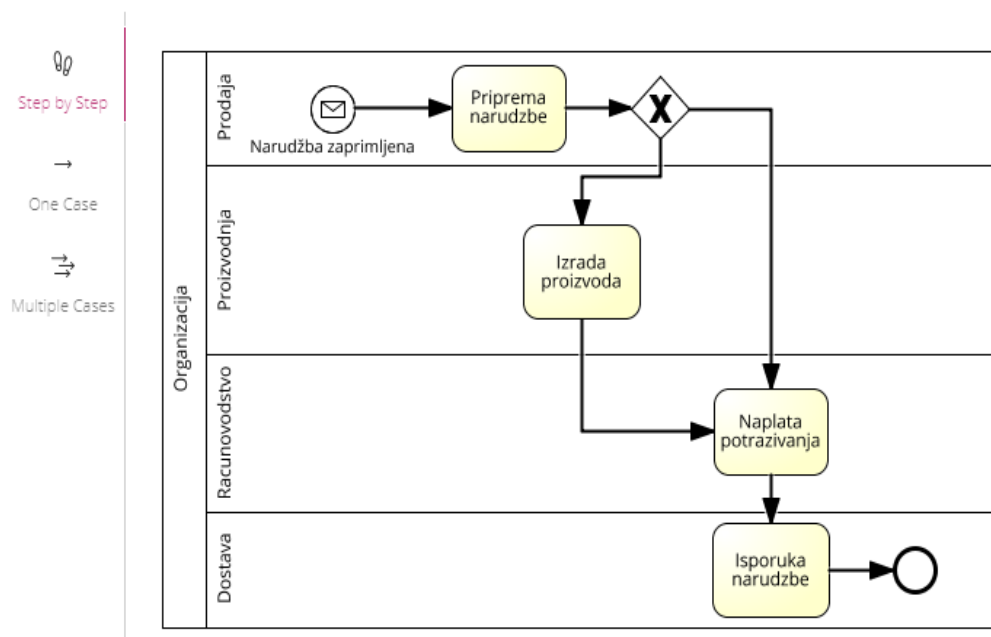
Signavio je osnovan 2009. godine kao prvi web-baziran kolaborativni BPM alat. U njemu je izrađen BPMN diagram procesa prodaje.



Nakon ulaska u simulator Signavia, dobijamo prikaz diagrama procesa prodaje i alatnu traku koja sadrži običnu simulaciju i usporednu simulaciju.

Prema navedenom pojavljuju se dva scenarija:

## Proces Prodaje



Slika 14: Prikaz BPMN diagrama procesa prodaje u Signavio simulatoru

Izvor: Izrada autora preko [academic.signavio.com](http://academic.signavio.com)

U donjem dijelu stranice simulacije, prikazuje se scenarij koji sadrži resurse (koliko resursa radi određenu aktivnost), srednju vrijednost instance (frekvenciju, s obzirom na radno vrijeme), vrijeme izvođenja aktivnosti i troškove aktivnosti:

|    | Task                 | Execution time              |
|----|----------------------|-----------------------------|
| 1. | Priprema narudžba    | Average 00:10h, deviat..... |
| 2. | Izrada proizvoda     | 00:40h - 00:45h ...         |
| 3. | Naplata potraživanja | Average 00:05h, deviat..... |
| 4. | Isporuca narudžbe    | 00:15h - 00:20h ...         |

Slika 15: Prikaz parametra vremena izvođenja određenih aktivnosti

Izvor: Izrada autora sa [academic.signavio.com](http://academic.signavio.com)

Resursi i vrijeme izvođenja aktivnosti su zadane u tablici 4.

Tablica 4: Resursi i vrijeme izvođenja aktivnosti

| Aktivnost                   | Uloga                         | Vrijeme izvođenja |
|-----------------------------|-------------------------------|-------------------|
| <b>Priprema narudžbe</b>    | Odjel prodaje(1 resurs)       | 10min             |
| <b>Izrada proizvoda</b>     | Odjel proizvodnje(1 resurs)   | 40-45min          |
| <b>Naplata potraživanja</b> | Odjel računovodstva(1 resurs) | 5min              |
| <b>Isporuca narudžbe</b>    | Odjel dostave(1 resurs)       | 15-20min          |

Izvor: Izrada autora

Pokretanjem simulacije prvog scenarija, uspoređujući kolika bi razlika bila ako bismo nakon pripreme narudžbe išli smjerom izrade proizvodnje ili naplatom potraživanja što smo zadali kao vjerojatnost 40 % (izrada proiz.) i 60 % (Naplata potraživanja) dobijamo sljedeći prikaz na slici 16.

| Current run<br>(New) | Last run<br>(New)    |
|----------------------|----------------------|
| Costs                | Costs                |
| €9.68                | €17.46               |
| <i>more...</i>       |                      |
| Total cycle time     | Total cycle time     |
| 00:31h               | 01:12h               |
| <i>more...</i>       |                      |
| Resource consumption | Resource consumption |
| 00:31h               | 01:12h               |
| <i>more...</i>       |                      |
| Bottlenecks          | Bottlenecks          |
| ---                  | ---                  |
| <i>more...</i>       |                      |

Slika 16.: Usporedba prolaza kroz izradu proiz. ili naplatu potraživanja

Izvor: Prikaz rezultata simulacije sa [academic.signavio.com](http://academic.signavio.com)

Kao što vidimo, ukupno vrijeme procesa je puno veće ukoliko se izrađuje novi proizvod.

Kreiranjem novog scenarija možemo promjeniti određene parametre kako bi poboljšali efikasnost. Pokretanjem simulacije prvog scenarija kroz 5 dana dolazimo do sljedećih rezultata koji su prikazani na slici 17:



Slika 17: Rezultati simulacije prvog scenarija

Izvor: Izrada autora sa [academic.signavio.com](http://academic.signavio.com)

Kroz 5 dana, simulacija prikazuje ukupne rezultate troškova, vremena, resursa i na kraju *bottleneck*.

*Bottleneck* nam predstavlja određeni zaostatak odnosno zagušenje u procesu, pa onda takvim zagušenjem raste vrijeme čekanja posla. U ovom scenariju ukupno vrijeme cjelokupnog procesa je 35 dana, što je previše za ovaj proces.

Pojavljaju se dva *bottleneck*-a, a nalaze se u dostavi i u odjelu proizvodnje, što nam govori da nam nedostaju dodatni resursi.

Međutim, kreiranjem novog scenarija u kojem mjenjamo broj resursa (u ovom slučaju dostavi i proizvodnji dodajemo jedan resurs) smanjujemo ukupno vrijeme izvođenja procesa, a ujedno smo i riješili problem *bottlenecka* kao što je prikazano na slici 18.

| Current run<br>(New 2)                              | Last run<br>(New)                 |
|-----------------------------------------------------|-----------------------------------|
| Costs<br>€1,764.32<br><i>more...</i>                | Costs<br>€1,724.32                |
| Total cycle time<br>9d 19:01h<br><i>more...</i>     | Total cycle time<br>35d 00:12h    |
| Resource consumption<br>4d 11:11h<br><i>more...</i> | Resource consumption<br>4d 09:19h |
| Bottlenecks<br>---                                  | Bottlenecks (2)<br>Dostava        |

Slika 18: Usporedba simulacije prvog i drugog scenarija

Izvor: Izrada autora sa [academic.signavio.com](http://academic.signavio.com)

Signavio ima i opciju da se simulacija prikaže pomoću BIMP simulatora.

BIMP simulator je online-web alat za simuliranje procesa. BIMP simulator zahtjeva BPMN diagram koji ima specificirane resurse jer početni prozor nakon učitavanja diagrama raspoređuje uloge određenim aktivnostima. BIMP simulator ima u sebi opciju spremanja rezultata kao .bpmn ekstenzija.

Primjer BIMP simulatora nakon učitavanja diagrama prikazuje se kao na slici 19.

| Resources     |                |               |           |                          |
|---------------|----------------|---------------|-----------|--------------------------|
| Add           |                |               |           |                          |
| Name          | # of Resources | Cost per Hour | Timetable | Remove                   |
| Prodaja       | required       |               | Default   | <input type="checkbox"/> |
| Proizvodnja   | required       |               | Default   | <input type="checkbox"/> |
| Racunovodstvo | required       |               | Default   | <input type="checkbox"/> |
| Dostava       | required       |               | Default   | <input type="checkbox"/> |

Slika 19: Primjer BIMP simulatora

Izvor: Modifikacija na [bimp.cs.ut.ee/simulator](http://bimp.cs.ut.ee/simulator)

Za početak ćemo specificirati svakom odjelu po jedan resurs, a onda ćemo rezultate usporediti sa više resursa.

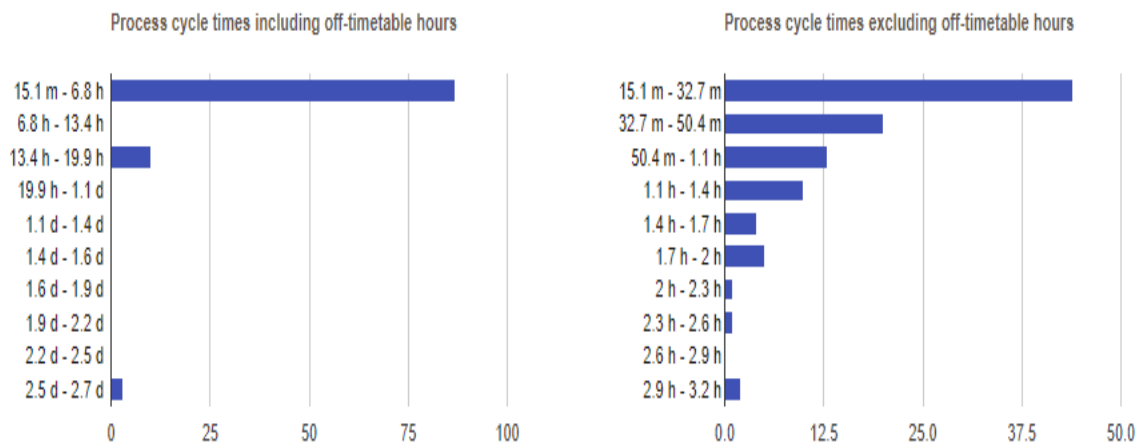
Srednja vrijednost intervala između dvije instance je 25 instanci po satu, a ukupan broj instanci je 100.

Vrijeme izvođenja za pripremu narudžbe, i naplatu potraživanja uključuje normalnu distribuciju a izrada proizvoda i isporuka narudžbe uključuje eksponencionalnu distribuciju.

Pokretanjem simulacije generiramo sljedeće rezultate na slici 20.

Na prvoj slici vidimo vrijeme izvođenja cjelokupnog procesa(u ovom slučaju najviše instanci traje od 15min do 6.8h) sa izborom uključivanja vremena dolaska procesa i sa izborom isključivanja vremena čekanja tako da se dobije vrijeme u kojem se radi određeni posao(processing time).

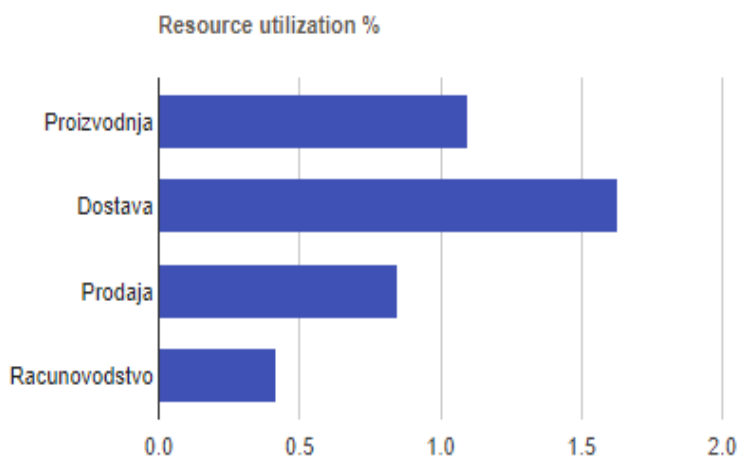
## Charts



Slika 20: Prosječna vremena izvođenja procesa

Izvor: Izrada autora sa [bimp.cs.ut.ee/simulator](http://bimp.cs.ut.ee/simulator)

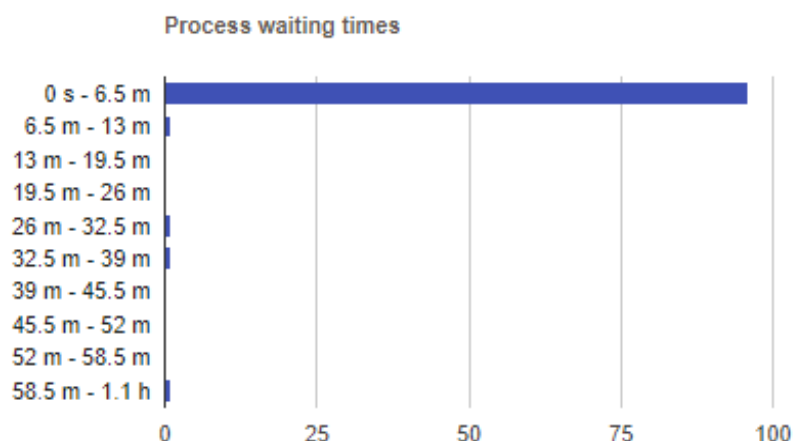
Nastavak simulacije prikazuje iskorištenost resursa(resource utilization). Najviši postotak iskorištenosti ima dostava:



Slika 21: Iskorištenost resursa

Izvor: izrada autora sa [bimp.cs.ut.ee/simulator](http://bimp.cs.ut.ee/simulator)

Sljedeće prikazujemo prosječno vrijeme čekanja, gdje vidimo da najviše instanci ima vrijeme čekanja u intervalu od 0 sekundi do 6.5 minuta:



Slika 22: Prosječno vrijeme čekanja

Izvor: Izradio autor sa [bimp.cs.ut.ee/simulator](http://bimp.cs.ut.ee/simulator)

Dodatno, Bimp simulator omogućava dodatni prikaz koji opisuje trajanja aktivnosti, vrijeme čekanja i trošak, što je prikazano na slici 23.

#### Activity durations, costs, waiting times, deviations from thresholds

| Name                 | Count | Waiting time |       |       | Duration |        |        | Duration over threshold |     |     | Cost |     | Cost over threshold |     |     |     |
|----------------------|-------|--------------|-------|-------|----------|--------|--------|-------------------------|-----|-----|------|-----|---------------------|-----|-----|-----|
|                      |       | Min          | Avg   | Max   | Min      | Avg    | Max    | Min                     | Avg | Max | Min  | Avg | Max                 | Min | Avg | Max |
| Isporuka narudzbe    | 100   | 0 s          | 1.3 m | 1.1 h | 3.8 s    | 20.5 m | 1.7 h  | 0 s                     | 0 s | 0 s | 0    | 1.6 | 7.6                 | 0   | 0   | 0   |
| Izrada proizvoda     | 38    | 0 s          | 0 s   | 0 s   | 27.9 s   | 36.1 m | 2.7 h  | 0 s                     | 0 s | 0 s | 0    | 3   | 13.4                | 0   | 0   | 0   |
| Naplata potrazivanja | 100   | 0 s          | 0 s   | 0 s   | 5 m      | 5 m    | 5 m    | 0 s                     | 0 s | 0 s | 0.4  | 0.4 | 0.4                 | 0   | 0   | 0   |
| Priprema narudzbe    | 100   | 0 s          | 4.5 s | 7.4 m | 10 m     | 10.1 m | 17.4 m | 0 s                     | 0 s | 0 s | 0.8  | 0.8 | 0.8                 | 0   | 0   | 0   |

Slika 23: Detaljni prikaz rezultata svih parametara u BIMP simulatoru

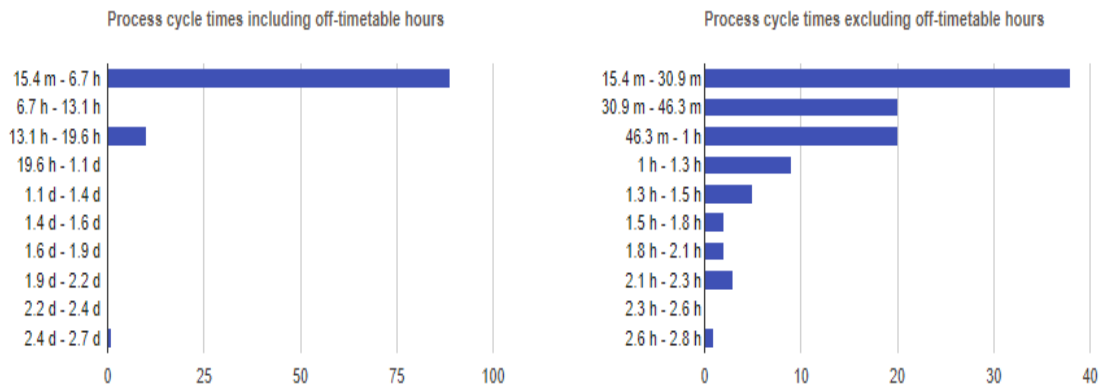
Izvor: Izrada autora sa [bimp.cs.ut.ee/simulator](http://bimp.cs.ut.ee/simulator)

Ove rezultate ćemo usporediti sa novom simulacijom, u kojoj ćemo povećati broj resursa određenim odjelima (odjelu proizvodnje i dostavi), s obzirom na to da vidimo da kod isporuke narudžbe dolazi do zagušenja (*bottleneck*) zbog velike iskorištenosti resursa.



Novo izvođenje simulacije prikazuje poboljšane rezultate vremena izvođenja procesa, što je prikazano na slici 24.

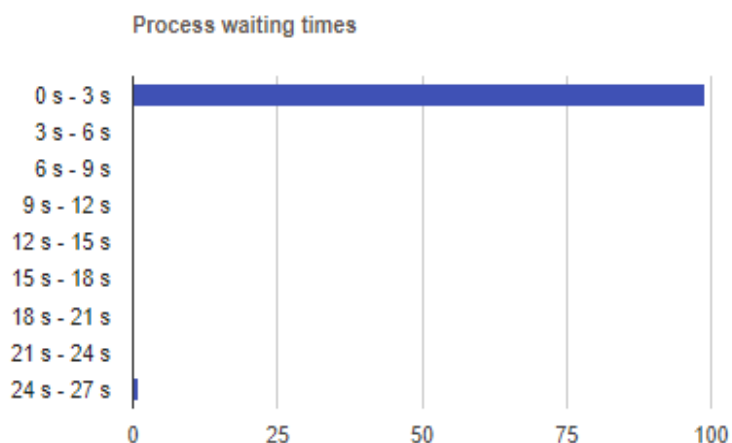
## Charts



Slika 24: Prosječno vrijeme izvođenja procesa novog scenarija

Izvor: Izrada autora sa [bimp.cs.ut.ee/simulator](http://bimp.cs.ut.ee/simulator)

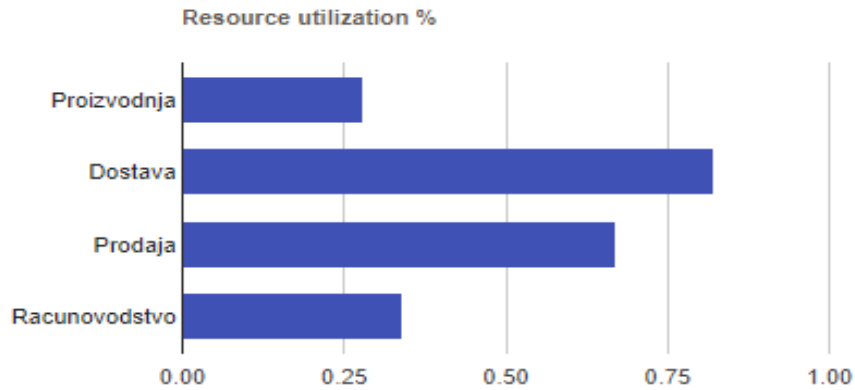
Vrijeme čekanja je znatno manje nego u prvoj simulaciji, što je vidljivo na slici 25.



Slika 25: Prikaz smanjenog vremena čekanja

Izvor: Izrada autora sa [bimp.cs.ut.ee/simulator](http://bimp.cs.ut.ee/simulator)

Iskorištenost resursa je smanjena u odjelu proizvodnje i dostave, što je vidljivo na slici 26.



Slika 26: Smanjenje iskorištenosti resursa u odjelu proizvodnje i dostave

Izvor: Izrada autora sa [bimp.cs.ut.ee/simulator](http://bimp.cs.ut.ee/simulator)

Na slici 27. prikazani su detaljni poboljšani rezultati svih parametara.

#### Activity durations, costs, waiting times, deviations from thresholds

| Name                 | Count | Waiting time |       |        | Duration |        |        | Duration over threshold |     |     | Cost |     |      | Cost over threshold |     |     |
|----------------------|-------|--------------|-------|--------|----------|--------|--------|-------------------------|-----|-----|------|-----|------|---------------------|-----|-----|
|                      |       | Min          | Avg   | Max    | Min      | Avg    | Max    | Min                     | Avg | Max | Min  | Avg | Max  | Min                 | Avg | Max |
| Isporka narudzbe     | 100   | 0 s          | 0 s   | 0 s    | 2.5 s    | 24.3 m | 1.9 h  | 0 s                     | 0 s | 0 s | 0    | 2   | 9.4  | 0                   | 0   | 0   |
| Izrada proizvoda     | 24    | 0 s          | 0 s   | 0 s    | 16.6 s   | 34.2 m | 2.2 h  | 0 s                     | 0 s | 0 s | 0    | 2.9 | 11.2 | 0                   | 0   | 0   |
| Naplata potrazivanja | 100   | 0 s          | 0 s   | 0 s    | 5 m      | 5 m    | 5 m    | 0 s                     | 0 s | 0 s | 0.4  | 0.4 | 0.4  | 0                   | 0   | 0   |
| Priprema narudzbe    | 100   | 0 s          | 0.2 s | 24.1 s | 10 m     | 10 m   | 10.4 m | 0 s                     | 0 s | 0 s | 0.8  | 0.8 | 0.8  | 0                   | 0   | 0   |

Slika 27: Detaljni rezultati svih parametara novog scenarija

Izvor: Izrada autora sa [bimp.cs.ut.ee/simulator](http://bimp.cs.ut.ee/simulator)

Kao što vidimo na slici 27., povećanjem resursa smanjuje se vrijeme čekanja i prosječno vrijeme izvođenja procesa.

## 5. PRIMJENA PROCESNOG RUDARENJA

„Strojno učenje se bavi pitanjem kako kreirati računalne programe koji se s vremenom i iskustvom poboljšavaju.“<sup>29</sup> Velika je razlika između podatkovnog rudarenja i rudarenja procesima, zavisi što se želi postići odnosno da li se baziramo striktno na proces ili želimo analizu podataka. Područje strojnog učenja nastalo je u sklopu umjetne inteligencije s tehnikama kao što su neuronske mreže. Koristimo termin strojnog učenja koje se odnosi na algoritme koji daju računalima mogućnost konstantnog učenja. Model je izgrađen od ulaznih podataka. Razvijeni model se koristi za izradu predviđanja ili odluka temeljen na podacima.

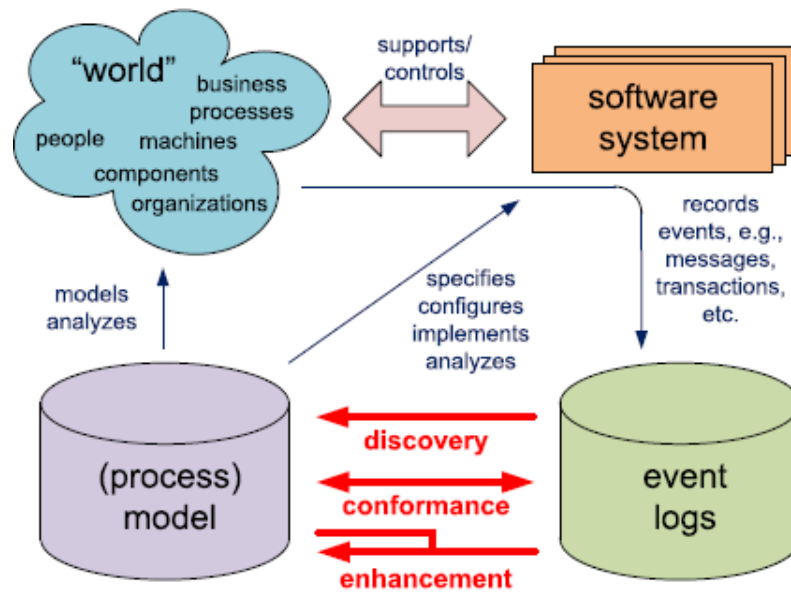
Informacijski sustavi se sve više susreću sa operativnim procesima koje podržavaju. Mnoštvo događanja i aktivnosti se spremaju od strane informacijskih sustava. Ipak, organizacije imaju problema sa vađenjem vrijednosti iz tih podataka. Cilj procesnog rudarenja jest korištenje zapisanih podataka za izvlačenje procesnih informacija, npr., automatsko otkrivanje nekog procesnog modela sakupljajući događaje i aktivnosti koji su spremljeni od strane nekog sustava.

Procesno rudarenje je relativno nova znanstvena disciplina koja se nalazi između strojnog učenja i rudarenja podataka s jedne strane i procesnog modeliranja i analize s druge strane. Ideja procesnog rudarenja jest otkriti ili eventualno poboljšati procese izdvajajući informacije iz zapisnika događaja koja su lako dostupna u današnjim sustavima.

Procesno rudarenje radimo kako bi odgovorili na pitanja vezana uz izvođenje odnosno performanse. Zašto se dešavaju određeni zastoji i kako mogu biti uklonjeni? Zato su podaci o događajima odnosno zapisi, polazna točka za procesno rudarenje.

---

<sup>29</sup> Van der Aalst, Wil M.P., *Process Mining – Data Science in Action - Second Edition*, Springer, Eindhoven University of Technology, Department of Mathematics and Computing Science, Eindhoven, The Netherlands 2016, str. 13



Slika 28: Prikaz strukture procesnog rudarenja i tri tipa: discovery (otkrivanje modela), conformance checking (usporedba modela i podataka) i enhancement (poboljšanja).

Izvor: Van der Aalst, Wil M.P., *Process Mining – Data Science in Action - Second Edition*, Springer, Eindhoven University of Technology, Department of Mathematics and Computing Science, Eindhoven, The Netherlands 2016., str. 32

Zapisi događaja mogu poslužiti da se provedu tri vrste procesnog rudarenja kao što je prikazano na sl. 28. Procesno rudarenje je nemoguće izvesti bez odgovarajućeg zapisnika događaja. Potrebno je izdvojiti te podatke iz različitih izvora, npr., baze podataka, erp sustava itd. Svaki se događaj u zapisniku treba odnositi na jednu instancu procesa, čestog naziva slučaj.

Također pretpostavljamo da su događaji povezani s nekim aktivnostima. U većini slučajeva događaji imaju vremenske oznake koje određuju vrijeme i poziciju u procesu. Većina algoritama kontrole protoka koristi poredak događaja kao ulaz. Ova informacija je korisna kada se vrši analiziranje performansi, npr., vrijeme čekanja između dvije aktivnosti. U većini slučajeva, podaci o događajima služe kao tablica odnosno CSV datoteka ili Excel datoteka gdje svaki redak odgovara na događaj odnosno neku aktivnost.

| case id | activity id | originator | timestamp       |
|---------|-------------|------------|-----------------|
| case 1  | activity A  | John       | 9-3-2004:15.01  |
| case 2  | activity A  | John       | 9-3-2004:15.12  |
| case 3  | activity A  | Sue        | 9-3-2004:16.03  |
| case 3  | activity B  | Carol      | 9-3-2004:16.07  |
| case 1  | activity B  | Mike       | 9-3-2004:18.25  |
| case 1  | activity C  | John       | 10-3-2004:9.23  |
| case 2  | activity C  | Mike       | 10-3-2004:10.34 |
| case 4  | activity A  | Sue        | 10-3-2004:10.35 |
| case 2  | activity B  | John       | 10-3-2004:12.34 |
| case 2  | activity D  | Pete       | 10-3-2004:12.50 |
| case 5  | activity A  | Sue        | 10-3-2004:13.05 |
| case 4  | activity C  | Carol      | 11-3-2004:10.12 |
| case 1  | activity D  | Pete       | 11-3-2004:10.14 |
| case 3  | activity C  | Sue        | 11-3-2004:10.44 |
| case 3  | activity D  | Pete       | 11-3-2004:11.03 |
| case 4  | activity B  | Sue        | 11-3-2004:11.18 |
| case 5  | activity E  | Clare      | 11-3-2004:12.22 |
| case 5  | activity D  | Clare      | 11-3-2004:14.34 |
| case 4  | activity D  | Pete       | 11-3-2004:15.56 |

Slika 29: Primjer zapisa o događajima u kojem se nalaze aktivnosti.

Izvor: Gunther, Christian W., *Process Mining in Flexible Environments*, Eindhoven University of Technology, The Netherlands 2009., str. 85

Prvi tip procesnog rudarenja jest otkrivanje procesnog modela. Tehnika otkrića uzima zapisnik događaja kao ulaz i kreira model bez korištenja bilo koje informacije. Primjer je  $\alpha$ -algoritam. Ovaj algoritam uzima zapisnik o događajima i konstruira Petrijevu mrežu koja objašnjava ponašanje zabilježeno u zapisniku.

Drugi tip procesnog rudarenja je usklađenost. U ovom slučaju, postojeći model se uspoređuje s zapisnikom istog procesa. Provjera usklađenosti može biti korištena za provjeru, ako u stvarnosti, kako je zabilježeno u zapisniku, odgovara modelu i obrnuto.

Treći tip procesnog rudarenja je poboljšanje. Glavna ideja jest proširiti ili poboljšati postojeći model procesa koristeći informacije o stvarnom procesu spremljene u nekom zapisniku događaja.

Dakle, nakon što smo definirali tri vrste procesnog rudarenja, različite perspektive možemo identificirati:

Kontrola protoka je perspektiva koja se fokusira na kontrolu-toka, odnosno, redoslijed aktivnosti. Cilj rudarenja ove perspektive je pronaći sve moguće puteve i izraziti je preko npr., Petrijeve mreže ili neki druge notacije.

Organizacijska perspektiva fokusira se na informacije o resursima skrivene u zapisniku, odnosno koji akteri (npr., ljudi, sustavi, i odjeli) sudjeluju i kako se oni odnose. Perspektiva slučaja fokusira se na svojstva predmeta.

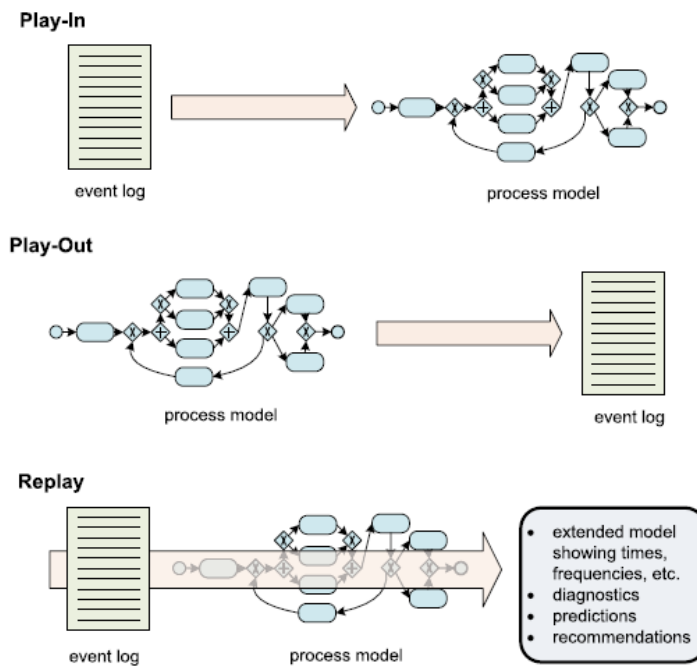
Vremenska perspektiva bavi se vremenom i učestalosti događaja. Kada događaji nose vremenske oznake, moguće je otkriti zagušenja, mjerenje razine usluga, praćenje korištenja resursa.

Jedan od ključnih elemenata procesnog rudarenja jest naglasak na uspostavljanje snažne veze između procesnog modela i stvarnosti oblikovana u formu zapisnika događaja. Koristit ćemo nazive *Play-out*, *Play-in*, *Replay* kao što se navodi u knjizi Van der Aalst, Wil M.P., *Process Mining – Data Science in Action*.

*Play-Out* se odnosi na klasičnu upotrebu procesnih modela. Imajući petrijevu mrežu ili neku drugu notaciju, moguće je generirati ponašanje. *Play-out* se može upotrijebiti za analizu i donošenje poslovnih procesa, a kao primjer se može navesti simulacija. Glavna ideja simulacije je više puta proći kroz model odnosno simulirati proces i tako prikupiti statistiku.

*Play-in* je suprotno od *Play-Out*-a, tj., zapisnik događaja se uzima kao ulaz i konstruira se model. A-algoritam i drugi pristupi procesa otkrivanja primjeri su *Play-in* tehnike.

*Replay* koristi zapisnik događaja i procesni model kao ulaz. Zapisnik događaja se vrši konstanto na modelu procesa kako bi se prikazala vizualizacija.



Slika 30.: Prikaz korištenja procesnog modela – Play-in, Play-out i Replay.

Izvor: Van der Aalst, Wil M.P., *Process Mining – Data Science in Action - Second Edition*, Springer, Eindhoven University of Technology, Department of Mathematics and Computing Science, Eindhoven, The Netherlands 2016., str. 42

Kao što imamo procesno rudarenje, imamo i rudarenje podacima koje je nastrojeno podacima. Međutim, za razliku od procesnog rudarenja, tehnike rudarenja podacima obično nisu procesno orijentirane. Procesni modeli tipa Petrijeve mreže ili BPMN dijagrami, ne mogu se analizirati korištenjem podatkovnog rudarenja i njegovih alata. Možemo spomenuti da se procesno rudarenje oslanja na dvije skupine, modeliranje i analizu i podatkovno rudarenje.

## 5.2. Nedostaci(ograničenja) analize modeliranja i simulacije

„Verifikacija i analiza performansi se oslanjaju na dostupnosti visoko kvalitetnih modela. Verifikacija se bavi sa ispravnošću sustava ili procesa. Analiza performansi fokusira se na protok vremena, vrijeme čekanja i razine usluga. Kada model i stvarnost

imaju sličnost, onda analiza na temelju modela nema smisla.“<sup>30</sup>Slično možemo reći i za simulaciju modela. Možda je to model koji značajno predviđa, a u stvarnosti to nije slučaj, nije sigurno da će omogućiti kvalitetno predviđanje. Svi ovi problemi proizlaze iz nedostatka ručno izrađenih modela i stvarnosti, jer postoji mogućnost da model nije u potpunosti točan pa tako onda niti analiza ne bi bila točna. Procesno rudarenje ima za cilj rješavanje tih problema tehnikom otkrivanja odnosno uspostavljanjem veze između modela i zapisa o procesu.

### 5.3. Otkrivanje procesnog modela i a-algoritam

„Procesno otkrivanje je jedan od najzahtjevnijih zadataka procesnog rudarenja.“<sup>31</sup>. Baziran na zapisniku događaja kao ulaz, konstruira se model prikazujući ponašanje procesa prikazano u zapisniku. Algoritam koji ćemo objasniti jest a-algorithm.

A-algoritam prikazuje neke od ideja korištene od strane ostalih algoritama(Fuzzy, Heuristic) procesnog rudarenja i pomaže u shvaćanju procesnog otkrivanja. A-algoritam služi kao pomoć pri objašnjavanju zahtjeva vezanih za procesno otkriće.

U nastavku, fokusirat ćemo se na zadatak otkrivanja i na perspektivu kontrole toka a kao tip modela, prikazati ćemo Petrijevu mrežu. Jednostavan zapisnik događaja L je multi-skup instanci preko skupa nekih aktivnosti A. Kao primjer, zapisnik događaja odnosno aktivnosti izgleda ovako:

$$L1 = [<a, b, c, d>^3, <a, c, b, d>^2, <a, e, d>]$$

L1 je običan zapisnik koji prikazuje povijest i redoslijed aktivnosti a eksponenti označavaju koliko se puta instance ponavljaju. Međutim, u ovom radu neće nam biti

---

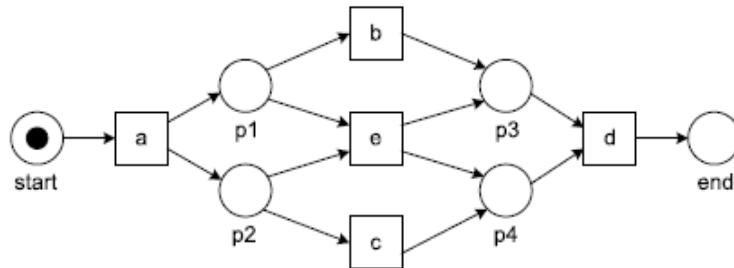
<sup>30</sup> Van der Aalst, Wil M.P., *Process Mining – Data Science in Action - Second Edition*, Springer, Eindhoven University of Technology, Department of Mathematics and Computing Science, Eindhoven, The Netherlands 2016, str. 88

<sup>31</sup> Van der Aalst, Wil M.P., *Process Mining – Data Science in Action - Second Edition*, Springer, Eindhoven University of Technology, Department of Mathematics and Computing Science, Eindhoven, The Netherlands 2016, str. 163



bitni ti eksponenti pa ih u buduće nećemo niti navoditi. Cilj je otkriti Petrijevu mrežu dobivenu iz zapisnika L1 koja se može ponoviti prateći taj zapisnik.

Prikaz Petrijeve mreže na osnovu zapisa L1 :



Slika 31.: Primjer modela u obliku Petrijeve mreže otkriven iz zapisa događaja.

Izvor: Van der Aalst, Wil M.P., *Process Mining – Data Science in Action - Second Edition*, Springer, Eindhoven University of Technology, Department of Mathematics and Computing Science, Eindhoven, The Netherlands 2016., str. 164

Petrijeve mreže su najpodobnije za objašnjenje algoritama procesnog rudarenja. Dobar model bi trebao biti reprezentativan, odnosno trebao bi imati mogućnost prikaza svih aktivnosti.

Zato možemo definirati četiri karakteristike kvalitete modela:<sup>32</sup>

1. Pogodnost – mogućnost objašnjenja modela na zapisniku događaja.
2. Preciznost – odstupanje modela i zapisa
3. Generalizacija – model ne smije biti preopćenit
4. Jednostavnost – model mora biti jednostavan

Međutim, a-algoritam ne bi trebao biti viđen kao snažna tehnika procesnog rudarenja zato što ima problema sa nedovršenosti i kompleksnim uvjetima. Dobar je što pruža uvid u temu. Ulaz za a-algoritam jest zapis događaja L(skraćenica kao oznaka zapisa).

A-algoritam skenira cijeli zapisnik događaja poštujući pravilo redoslijeda aktivnosti.

---

<sup>32</sup> Van der Aalst, Wil M.P., *Process Mining – Data Science in Action - Second Edition*, Springer, Eindhoven University of Technology, Department of Mathematics and Computing Science, Eindhoven, The Netherlands 2016, str. 166

Npr. ukoliko nakon aktivnosti A slijedi aktivnost B a da nakon B nikad ne može biti A, onda možemo pretpostaviti da postoji ovisnost odnosno veza između navedenih aktivnosti. Da bi se prikazala ta veza, moramo razdvojiti četiri vrste veza po poretku:

1.  $A > B$  (direktna veza) – ako nakon A direktno slijedi B.
2.  $A \rightarrow B$  – ako je  $A > B$  ali ne i  $B > A$ .
3.  $A \parallel B$  – ako je  $A > B$  i  $B > A$ .
4.  $A \# B$  – ako nije  $A > B$  niti  $B > A$ .

Uzeti ćemo ponovno gornji primjer,  $L1 = [<a, b, c, d>, <a, c, b, d>, <a, e, d>]$ . Za taj zapis, prikazati ćemo kako izgledaju te veze na primjeru:

$> = \{(a, b), (a, c), (a, e), (b, c), (c, b), (b, d), (c, d), (e, d)\}$

$\rightarrow = \{(a, b), (a, c), (a, e), (b, d), (c, d), (e, d)\}$

$\parallel = \{(b, c), (c, b)\}$

$\# = \{(a, a), (a, d), (b, b), (b, e), (c, c), (c, e), (d, a), (d, d), (e, b), (e, c), (e, e)\}$

Relacija  $>$ (direktna) sadrži sve parove aktivnosti koji direktno prate i poštuju pravile te relacije.  $\rightarrow$ (jedan smjer) relacija sadrži parove koji direktno slijede jedna drugu ali nikad obrnuto. Npr. D direktno prati C ali nikad obrnuto.  $\parallel$ (paralelna) relacija nastaje kada aktivnosti prate jedna drugu obrnuto, npr. C prati B i B prati C.

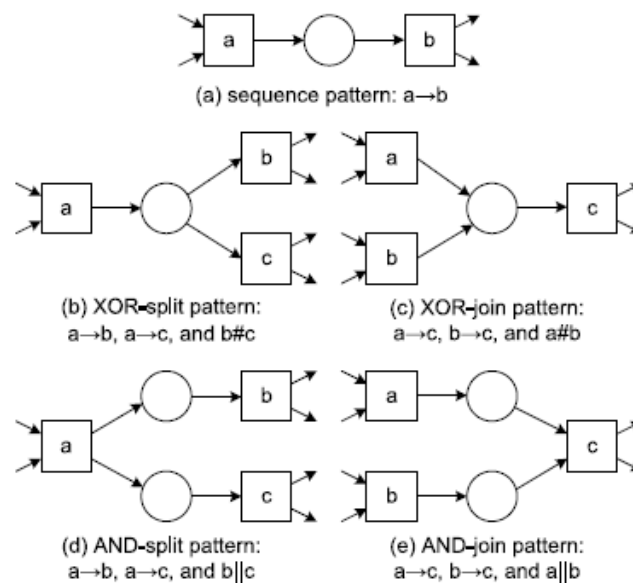
$\#$ (ne vezujuća) relacija postoji u slučajevima kada ustvari nema veze odnosno nema relacije među aktivnostima. U ovom slučaju to su parovi koji su većinom izraženi sami sa sobom i ostali. Ova relacija bi se trebala raditi zadnja s obzirom da se onda najlakše vide te relacije.

Još jedna svrha zapisa jest lakše konstruiranje procesnog modela, pogotovo u slučaju kada zapis sadrži odluke. Onda je potrebno daljnje znanje i korištenje algoritma kroz njegova pravila i korake koje ćemo u osnovi objasniti.

Ukoliko nakon A slijedi B, zapis će rezultirati sa  $A \rightarrow B$ . Ako nakon A slijedi odluka između B i C, zapis će onda pokazati  $A \rightarrow B, A \rightarrow C, i B \# C$  zato što nakon A može slijediti B i C, međutim nakon B ne može slijediti C niti obrnuto a to znači da B i

C nisu u relaciji. Ova logička odluka gdje nakon A slijedi ili B ili C se zove XOR-odluka. Isto vrijedi za spajanje, ukoliko imamo zapis  $A \rightarrow C$ ,  $B \rightarrow C$  a da pritom imamo  $A \# B$  onda znamo da nakon A ili B će uslijediti C aktivnost. Ako imamo relaciju  $A \rightarrow B$ ,  $A \rightarrow C$  a pritom imamo  $B \parallel C$  onda je moguće da se aktivnosti A,B i C izvrše paralelno a takva vrsta odluke se naziva AND-odluka. Isti slučaj je i kod spajanja za AND-odluku, s tim da su A i B u paraleli.

Jednostavan prikaz pravila kod odluka:



Slika 32.: Pravila kada se modeliraju uvjeti.

Izvor: Van der Aalst, Wil M.P., *Process Mining – Data Science in Action - Second Edition*, Springer, Eindhoven University of Technology, Department of Mathematics and Computing Science, Eindhoven, The Netherlands 2016., str. 169

Budući da imamo ova pravila, lako je konstruirati Petrijevu mrežu. Prije definiranja parova u relacijskim vezama potrebno je napraviti matricu koja objedinjuje te četiri vrste veza. Svaka ćelija u matrici ima jednu od četiri moguće veze. Ili imamo vezu u jednom smjeru ili imamo obrnutom smjeru, dvije aktivnosti koje nisu u vezi ili dvije aktivnosti koje slijede jedna drugu.

Primjer matrice zapisa L1 u kojoj se određuju veze izgleda ovako:

|          | <i>a</i>                   | <i>b</i>                   | <i>c</i>                   | <i>d</i>                   | <i>e</i>                   |
|----------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <i>a</i> | # <sub>L<sub>1</sub></sub> | → <sub>L<sub>1</sub></sub> | → <sub>L<sub>1</sub></sub> | # <sub>L<sub>1</sub></sub> | → <sub>L<sub>1</sub></sub> |
| <i>b</i> | ← <sub>L<sub>1</sub></sub> | # <sub>L<sub>1</sub></sub> | <sub>L<sub>1</sub></sub>   | → <sub>L<sub>1</sub></sub> | # <sub>L<sub>1</sub></sub> |
| <i>c</i> | ← <sub>L<sub>1</sub></sub> | <sub>L<sub>1</sub></sub>   | # <sub>L<sub>1</sub></sub> | → <sub>L<sub>1</sub></sub> | # <sub>L<sub>1</sub></sub> |
| <i>d</i> | # <sub>L<sub>1</sub></sub> | ← <sub>L<sub>1</sub></sub> | ← <sub>L<sub>1</sub></sub> | # <sub>L<sub>1</sub></sub> | ← <sub>L<sub>1</sub></sub> |
| <i>e</i> | ← <sub>L<sub>1</sub></sub> | # <sub>L<sub>1</sub></sub> | # <sub>L<sub>1</sub></sub> | → <sub>L<sub>1</sub></sub> | # <sub>L<sub>1</sub></sub> |

Slika 33.: Matrica zapisa L1.

Izvor: Van der Aalst, Wil M.P., *Process Mining – Data Science in Action - Second Edition*, Springer, Eindhoven University of Technology, Department of Mathematics and Computing Science, Eindhoven, The Netherlands 2016., str. 168

Možemo kreirati drugu matricu koristeći drugi zapisnik događaja, kao npr:

L2 = [<a, b, c, d, e, f, b, d, c, e, g>, <a, b, d, c, e, g>, <a, b, c>, <d, e, f, b, c, d, e, f, b, d, c, e, g>].

> = {(a,b),(b,c),(b,d),(c,e),(c,d),(d,c),(d,e),(e,f),(e,g),(f,b)}

→ = {(a,b),(b,c),(b,d),(c,e),(d,e),(e,f),(e,g),(f,b)}

|| = {(c,d),(d,c)}

# = {svi oni koji nisu u paru}

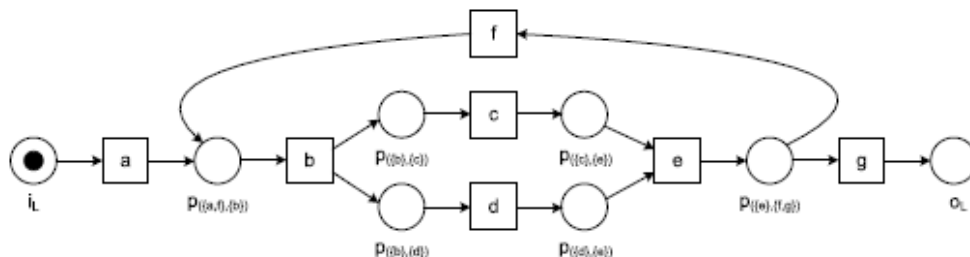
Prikaz za matricu zapisa L2:

|          | <i>a</i> | <i>b</i> | <i>c</i> | <i>d</i> | <i>e</i> | <i>f</i> | <i>g</i> |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| <i>a</i> | #        | →        | #        | #        | #        | #        | #        |
| <i>b</i> | ←        | #        | →        | →        | #        | ←        | #        |
| <i>c</i> | #        | ←        | #        |          | →        | #        | #        |
| <i>d</i> | #        | ←        |          | #        | →        | #        | #        |
| <i>e</i> | #        | #        | ←        | ←        | #        | →        | →        |
| <i>f</i> | #        | →        | #        | #        | ←        | #        | #        |
| <i>g</i> | #        | #        | #        | #        | ←        | #        | #        |

Slika 34.: Matrica zapisa L2.

Izvor: Van der Aalst, Wil M.P., *Process Mining – Data Science in Action - Second Edition*, Springer, Eindhoven University of Technology, Department of Mathematics and Computing Science, Eindhoven, The Netherlands 2016., str. 170

Nakon matrice, moguće je konstruirati petrijevu mrežu, prateći rezultate iz matrice (posebice na  $\rightarrow$  slijedbenike) i pazeći na pravila odluka:



Slika 35.: Procesni model zapisa L3.

Izvor: Van der Aalst, Wil M.P., *Process Mining – Data Science in Action - Second Edition*, Springer, Eindhoven University of Technology, Department of Mathematics and Computing Science, Eindhoven, The Netherlands 2016., str. 170

Proces započinje sa aktivnošću A koja slijedi aktivnost B. Iz aktivnosti B slijedi i aktivnost C i D. Pošto su aktivnosti C i D paralelne relacije odnosno imamo parove (c,d),(d,c) onda primjenjujemo pravilo  $B \rightarrow C, B \rightarrow D$  ( $C||D$ ) tj. AND-podjela. U nastavku procesa, C i D se spajaju zajedno u aktivnost E iz kojeg proizlaze dvije aktivnosti F i G. Pravilo je XOR-podjela s obzirom da F i G nemaju vezu tj. njihova relacija je #. F aktivnost se vraća u B a nakon G proces završava.

Uzmimo još jedan primjer. Recimo da imamo log L4 = [ $\langle a, c, d \rangle$ ,  $\langle b, c, d \rangle$ ,  $\langle a, c, e \rangle$ ,  $\langle b, c, e \rangle$ ]. Prvi korak prije definiranja modela je sastavljanje relacija koje smo definirali:

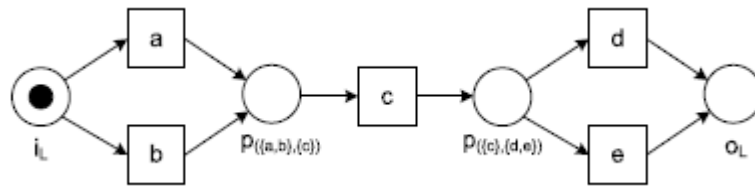
$> = \{(a,c),(b,c),(c,d),(c,e)\}$

$\rightarrow = \{(a,c),(b,c),(c,d),(c,e)\}$

$|| = \{\}$

$\# = \{\text{svi oni koji nisu u paru}\}$

U ovom slučaju nije potrebno raditi matricu, već odmah možemo prikazati model procesa:



Slika 36.: Procesni model zapisa L4.

Izvor: Van der Aalst, Wil M.P., *Process Mining – Data Science in Action - Second Edition*, Springer, Eindhoven University of Technology, Department of Mathematics and Computing Science, Eindhoven, The Netherlands 2016., str. 170

S obzirom da su prva dva para (a,c) i (b,c) a veza (a,b) ne postoji, proces se odmah na početku dijeli u XOR-split jer tako pravilo nalaže. Iz aktivnosti A i B proizlazi aktivnost C. Nakon aktivnosti C, proces se dijeli u XOR-split zato jer imamo parove (c,d) i (c,e) a par (d,e) ne postoji.

Ukratko, alfa algoritam omogućuje jednostavan pristup otkrivanju procesa. Iako ima dosta nedostataka, i dalje je koristan jer prikazuje ključne korake za otkrivanje procesnog modela. Otkrivanje petlji, mogućnost izbora itd.

#### 5.4. Primjena procesnog rudarenja uporabom softverskog alata Prom

U radu ćemo koristiti alat Prom 6. Prom 6 je open-source alat i može biti preuzet sa web stranice <http://www.promtools.org/doku.php>. Osnovna pitanja koja menadžeri u organizaciji sebi postavljaju u vezi procesa a na koje alat Prom odgovara su:<sup>33</sup>

1. Koja je prosječna/minimalna/maksimalna propusnost instanci kroz određeno vrijeme?
2. Koji procesi troše najviše vremena?
3. Koliko je prosječno vrijeme usluga za svaku aktivnost?
4. Koliko vremena je utrošeno između dvije aktivnosti u procesnom modelu?
5. Na koji način se aktivnosti izvode?
6. Koliko ljudi je uključeno u određeni proces?

<sup>33</sup> H.M.W. Eric Verbeek, Prom 6 Tutorial, 2010, str. 2, dostupno na: <http://www.promtools.org/prom6/downloads/prom-6.0-tutorial.pdf>(02.01.2018).

Prom 6 je open-source alat koji podržava plug-in (dodatke) za rudarenje procesima. Alat Prom 6 sadrži različite dodatke. Neki od njih daju više od samog procesnog rudarenja (procesna verifikacija, konvertiranje različitih modeliranih notacija itd.).

Cilj u ovom radu je prikaz korištenja Prom 6 alata i njegove dodatke kako bi došli do odgovora o procesima u organizaciji.

Primjer koji će biti obrađen je proces popravka telefonskih aparata u organizaciji. Organizacija može popraviti tri različita tipa telefona („T1“, „T2“, „T3“).

Proces započinje registracijom telefonskog uređaja poslanog od strane kupca. Nakon registracije, telefonski uređaj se šalje u odjel za otkrivanje problema.

Problem se, u tom odjelu, analizira i sprema u kategoriju. Sveukupno, postoji 10 različitih kategorija problema koje telefonski uređaji mogu imati.

Nakon što je problem identificiran, uređaj se šalje u odjel za popravke a korisnik se obavještava o problemu.

Odjel za popravke se dijeli u dvije skupine. Jedna skupina može popraviti jednostavne probleme, dok druga skupina može popraviti kompleksne probleme. Neki problemi mogu biti riješeni od strane obje skupine.

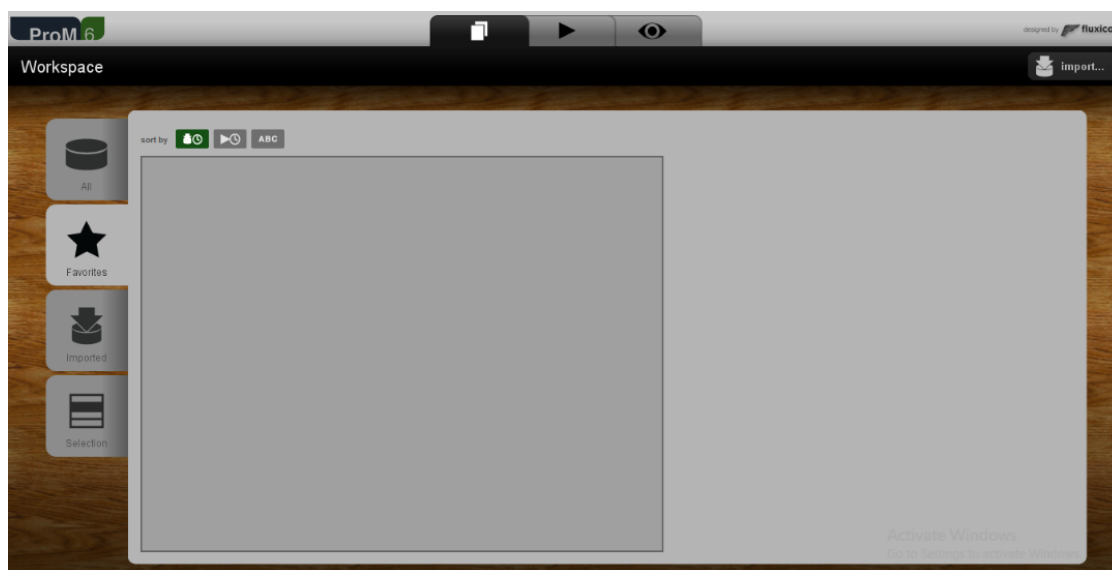
Nakon što zaposlenik iz odjela za popravke završi posao popravka, uređaj se šalje u odjel osiguranja kvalitete (Quality Assurance). U tom odjelu, uređaj se analizira od strane zaposlenika, gdje se provjerava da li je problem riješen ili nije.

Ukoliko problem nije riješen, telefonski uređaj se vraća u odjel za popravke. Ako je uređaj popravljen, slučaj se sprema u arhivu a uređaj se šalje korisniku. Pokušava se uštediti na vremenu, tako što organizacija pokušava otkloniti problem određeni broj puta. Ako se nakon nekoliko pokušaja popravka ne uspije riješiti problem na uređaju, slučaj će svejedno biti zabilježen a korisnik će dobiti novi uređaj.

Prije primjene procesnog rudarenja, potrebno je prvo pregledati podatke u tablici. Razlog tome je što neka glavna pitanja mogu biti odgovorena samo iz podataka koji se nalaze u tablici.

Postoji mogućnost da želimo izbrisati neke nepotrebne podatke iz tablice prije nego počnemo sa rudarenjem. Korak u kojem brišemo informacije iz tablice je projekcija za podacima za koje smo zainteresirani.

Nakon otvaranja Prom 6 programa, prikazuje se zaslon koji izgleda ovako:



Slika 37.: Početni zaslon programa Prom 6.

Izvor: Izrada autora uporabom softverskog alata Prom 6.

U gornjem desnom kutu nalazi se naredba za importiranje tablice sa XES ekstenzijom. Pomoću te naredbe ćemo importirati *repairExample.xes* koji sadrži procesne instance primjera objašnjenog prije. Nakon što smo uspješno importirali tablicu, možemo započeti sa analiziranjem podataka.

Da bi pogledali detalje, odabrat ćemo *view-resource* prozor u kojem pod *summary* možemo vidjeti osnovne informacije o procesu.

Detaljni prikaz nam kazuje da se u importiranom zapisu nalazi 1104 procesnih instanci u izvođenju i 1000 završenih instanci za proces arhiviranja popravljenih uređaja. Slika 38. prikazuje detaljne informacije.



| All events                  |                        |                        |
|-----------------------------|------------------------|------------------------|
| Total number of classes: 12 |                        |                        |
| Class                       | Occurrences (absolute) | Occurrences (relative) |
| Test Repair+complete        | 1508                   | 12,72%                 |
| Test Repair+start           | 1508                   | 12,72%                 |
| Register+complete           | 1104                   | 9,313%                 |
| Analyze Defect+complete     | 1104                   | 9,313%                 |
| Analyze Defect+start        | 1104                   | 9,313%                 |
| Inform User+complete        | 1102                   | 9,296%                 |
| Archive Repair+complete     | 1000                   | 8,435%                 |
| Repair (Simple)+complete    | 785                    | 6,622%                 |
| Repair (Simple)+start       | 785                    | 6,622%                 |
| Repair (Complex)+start      | 725                    | 6,116%                 |
| Repair (Complex)+complete   | 724                    | 6,107%                 |
| Restart Repair+complete     | 406                    | 3,425%                 |

Slika 38.: Detaljne informacije procesa importiranog u obliku zapisa odnosno XES datoteke.

Izvor: Izrada autora koristeći softverski alat Prom.

U sekciji Procesi i resursi(Event AND Resources) možemo vidjeti koji resursi izvode određene aktivnosti. Vidimo da u odjelu za popravke postoje 3 tipa resursa.

Zaposlenici sa nazivom SolverC rješavaju kompleksne probleme uređaja dok SolverS zaposlenici rješavaju jednostavne probleme.

Za filtriranje podataka potrebno je prvo odabrati naredbu *Use resource*, s tim da je repairExample.xes već odabran kao input prije same primjene filtriranja.

Cilj ove analize je baziranje na izvršenim procesnim instancama.

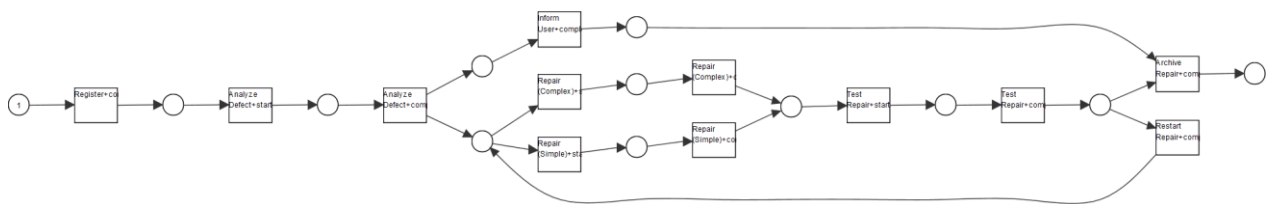
Nakon pripreme, u tražilicu upisujemo *Filter Log on Simple Heuristic* gdje odabiremo taj filter. Konfiguraciju filtera ćemo ostaviti kako je zadano. Nakon što smo filtrirali podatke, nove podatke možemo spremiti na računalo odabirući naredbu *Export to Disk*.

| All events                  |                        |                        |
|-----------------------------|------------------------|------------------------|
| Total number of classes: 12 |                        |                        |
| Class                       | Occurrences (absolute) | Occurrences (relative) |
| Test Repair+complete        | 1369                   | 12,623%                |
| Test Repair+start           | 1369                   | 12,623%                |
| Inform User+complete        | 1000                   | 9,221%                 |
| Archive Repair+complete     | 1000                   | 9,221%                 |
| Register+complete           | 1000                   | 9,221%                 |
| Analyze Defect+complete     | 1000                   | 9,221%                 |
| Analyze Defect+start        | 1000                   | 9,221%                 |
| Repair (Simple)+complete    | 697                    | 6,427%                 |
| Repair (Simple)+start       | 697                    | 6,427%                 |
| Repair (Complex)+start      | 672                    | 6,196%                 |
| Repair (Complex)+complete   | 672                    | 6,196%                 |
| Restart Repair+complete     | 369                    | 3,402%                 |

Slika 39.: Detaljni prikaz klasa nakon filtriranja

U ovom primjeru koristit ćemo *a*-algoritam koji je najosnovniji algoritam a ujedno i najjednostavniji, međutim ne baš dobar za naprednu analizu iz razloga što *a*-algoritam nije pogodan za stvarne podatke pa tako prikazuje krive rezultate. Prije pokretanja *a*-algoritma u Prom-u, potrebno je prvo verificirati informacije nakon filtriranja podataka. U detaljnom prikazu možemo vidjeti da kompletni proces sadrži 1000 procesnih instanci, 12 klasa, 1 početna aktivnost i 1 završna aktivnost.

Nakon izvršavanja algoritma dobijamo rezultat u obliku Petrijevih mreža:



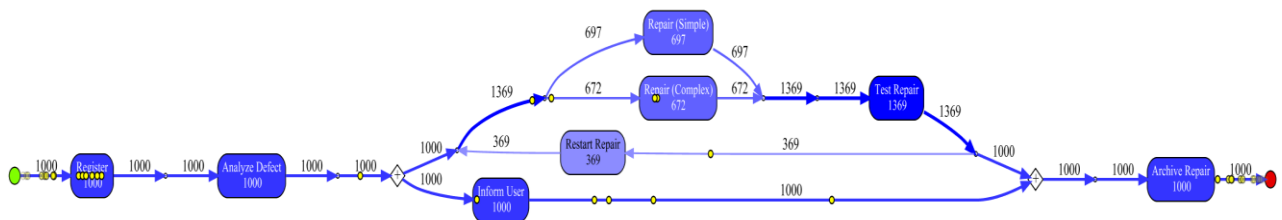
Slika 40.: Prikaz modela nakon izvršavanja *a*-algoritma u Prom-u

Izvor: Izrada autora koristeći softverski alat Prom.

Model započinje sa Registracijom a završava sa Arhiviranjem popravka što smo postigli filtriranjem podataka. Nakon što se izvrši analiziranje problema, neke aktivnosti mogu uslijediti paralelno kao npr. obavještanje korisnika o problemu ili popravak

problema (Repair Complex ili Repair Simple). Ukoliko želimo napraviti vizualizaciju procesa, možemo iz učitanoj filtriranog podatka repairExample.xmlml napraviti procesno stablo ili petrijevu mrežu koristeći plug-in *Mine with Inductive visual Miner*.

Nakon što odaberemo navedeni plug-in, prikazuje se vizualizacija procesa kao animacija:



Slika 41.: Vizualizacija procesa koristeći induktivno rudarenje u Prom-u.

Izvor: Izrada autora koristeći softverski alat Prom.

Animacija vizualizira proces tako što prikazuje instance koje prolaze kroz aktivnosti. Kroz svaku aktivnost u procesu, možemo saznati koliko instanci prolazi kroz nju, prosječno vrijeme čekanja itd. Pa tako vidimo da se u aktivnostima Repair(Simple) i Repair(Complex) pojavljuje prosječno vrijeme čekanja.

U nastavku ćemo odgovoriti na ostala moguća pitanja s aspekta organizacije:<sup>34</sup>

1. Koliko ljudi je sudjelovalo u određenom slučaju?
2. Kakva je komunikacijska struktura i veza između zaposlenika?
3. Koliko se promjena dogodi s jednog zaposlenika na drugog?
4. Koji su najbitniji ljudi u komunikacijskoj strukturi?
5. Tko obavlja iste zadatke odnosno aktivnosti?

Da bi odgovorili na ta pitanja, koristit ćemo *Social Network Miner* plug-in. Odgovor na prvo pitanje, može dati *Log Summary* u Prom-u (npr. koliko ljudi u određenoj instanci sudjeluje i u kojoj aktivnosti te instance). Otvaranje *Log Summary* sekcije se vrši kroz par koraka: Otvori se detaljni prikaz filtriranog log-a i Odabere se *Inspector* prozor.

<sup>34</sup> H.M.W. Eric Verbeek, Prom 6 Tutorial, 2010, str. 19, dostupno na: <http://www.promtools.org/prom6/downloads/prom-6.0-tutorial.pdf>

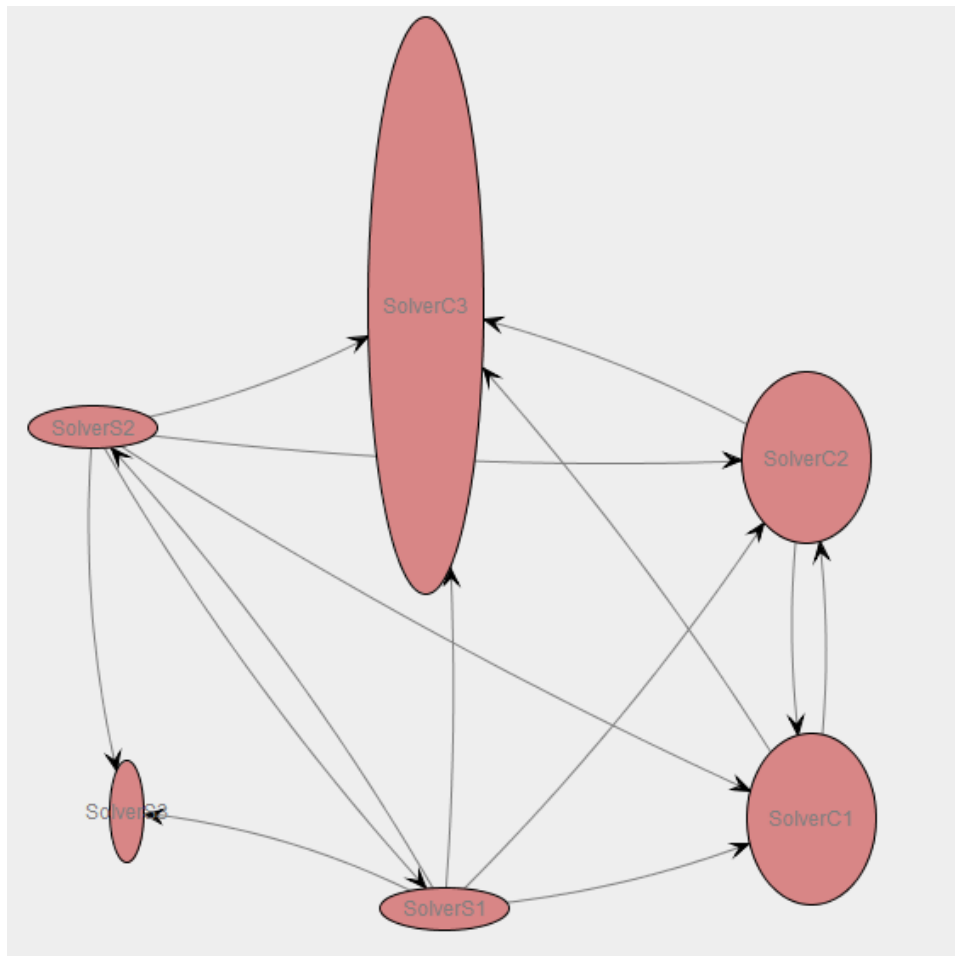
S lijeve strane se mogu uočiti instance, gdje se može odabrati određena instanca pa se može dobiti uvid u aktivnosti i resurse. Ostala pitanja su odgovorena koristeći *Social Network* dodatak. Nadalje, u primjeru, možemo provjeriti da li postoje zaposlenici koji rade bolje neku aktivnost od drugih.

U kontekstu ovog primjera, možemo saznati koji zaposlenici su bolji u popravku problema telefonskih uređaja. Unaprijed znamo da se telefonski uređaji koji nisu popravljeni ponovno šalju u odjel za popravke. Pa tako možemo analizirati aktivnosti *Repair(Simple)* i *Repair(Complex)*.

To ćemo učiniti na sljedeći način:

- Otvorit ćemo početni log podatak.
- Ponovno ćemo iskoristiti *Simple Log Filter using Heuristic* dodatak za filtriranje ali ovoga puta ćemo u konfiguraciji ostaviti samo aktivnosti *Repair(Simple)+start*, *Repair(Simple)+complete*.
- Pokrenut ćemo *Social Network miner* na filtrirani log.
- Postavke ćemo ostaviti kako su zadane.
- Nakon što dobijemo prikaz, odabrat ćemo opcije *size by ranking(po poretku)*, *stretch by degree ratio*, i postaviti *mouse mode* na *picking*.

Finalni prikaz modela:



Slika 42.: Prikaz predaje poslova

Izvor: Izrada autora koristeći softverski alat Prom

Slika 42. prikazuje zaposlenike koji predaju posao drugim zaposlenicima odnosno one koji pridonose više nego ostali. Može se vidjeti da zaposlenici Solver S3 i Solver C3 bolje rade posao nego ostali zaposlenici zato jer telefonski uređaji koji oni popravljaju uvijek prolaze testove provjere i ne vraćaju se ponovno u odjel za popravke.

Slika ujedno prikazuje različite oblike čvorova. Što je veća proporcija ulaznih strelica to je čvor više vertikaln, dok u suprotnom, čvor je horizontalan.

## ZAKLJUČAK

Većina definicija poslovnih procesa nastala je 1990-ih godina pojavom reinženjeringa poslovnih procesa a jedna od osnovnih definicija je: poslovni proces strukturiran, analitičan međufunkcijski skup aktivnosti koji zahtijeva neprestano unaprijeđivanje. Riječ je o aktivnostima s jasno utvrđenim početkom i završetkom, tijekom kojih se više ili manje stalnim intervalima stvara vrijednost za potrošače. Organizacije proizvode robe i usluge za kupce bez kojih ne bi bilo potrebe za poslovnim procesima. Sustavan pristup omogućava stvaranje novog stava prema analizi i redizajnu poslovnih procesa. Sustavan pristup stvara osnovu za razumijevanje okoline koja se proučava uporabom simulacije te omogućuje postizanje stvaranja koristi uporabom pojedinih modela. Izmjenom svih poslovnih procesa mogli bi nastati lošiji rezultati stoga je uvijek potrebno analizirati troškove i razumijeti koristi koje donose promjene usmjerene orijentaciji poslovnih aktivnosti oko ključnih poslovnih procesa nakon čega se mogu graditi ostali elementi poslovnog unapređivanja. Najvažniji element reinženjeringa je poslovna orijentacija. Danas se za reinženjering koriste novi nazivi poput inovacija poslovnih procesa, redizajniranje i umrežavanje poslovnih procesa. S obzirom na to da većina potrošača ne voli nagle promjene, umjesto na reinženjering poslovnih procesa potrebno je biti usredotočen na poslovne procese jer oni predstavljaju prirodan način obavljanja poslova u organizacijama. Srž šest sigma filozofije je provođenje poslovnih procesa na razini potprocesa i aktivnosti. Inicijativa šest sigma promatra se kao mjerni pokazatelj, kao metodologija te kao sustav menadžmenta. Šest sigma kao sustav menadžmenta sadržava i model upravljanja poslovnim procesima koji se smatraju gradivnim blokovima, odnosno operativnim jedinicama koje se mjere i kontinuirano unaprjeđuju. Za analizu poslovnih procesa postoje mnoge metode i alati koji se koriste zbog osiguranja potpore ključnim poslovnim ciljevima koji su vezane za potrošače, učinkovitost i profitabilnost. Analiza poslovnih procesa provodi se radi utvrđivanja aktivnosti kojima se ne dodaje vrijednost, redundantnih i sekvencijskih aktivnosti, zbog aktivnosti koje se provode samo na temelju iskustva, neuravnoteženosti procesa, neprimjerene uporabe tehnologije, nedovoljnog obrazovanja i znanja zaposlenika, neadekvatnih pravila i procedura te dr. Mjerenje uspješnosti poslovanja poduzeća vezano je za analizu poslovnih procesa,

pa tako postoje kvalitativna i kvantitativna analiza. Kvalitativna analiza je vrijedan alat za dobivanje sustavnih uvida u proces, međutim u ovom radu pažnja je usmjerena na kvantitativnu analizu poslovnih procesa. Rezultati koji nastaju kvantitativnom analizom ponekad nisu detaljni već su dovoljni za pružanje čvrste osnove za donošenje odluke. Kvantitativna analiza podrazumijeva tri osnovne tehnike a to su: analiza protoka, analiza čekanja i simulacija čekanja. Kod kvantitativne analize promatraju se četiri dimenzije procesa: vrijeme, trošak, kvaliteta i fleksibilnost. Navedene dimenzije kvantitativne analize mogu se preraditi u brojne mjere učinkovitosti procesa koje se nazivaju ključnim pokazateljima uspješnosti. Koncept procesne zrelosti važan je jer određuje da li je organizacija prihvatila procesni pristup. Modeliranje poslovnog procesa predstavlja namjerno dokumentiranje dizajniranih procesa. Da bi se razumjelo modeliranje poslovnih procesa potrebno je razmjeti poslovne procese u svakodnevnom poslovanju, pa se kao primjer može izvojiti poslovni proces prodaje robe pri kojem je potrebno obraditi narudžbu kupca u kojoj se nalazi naručena roba. Aktivnosti procesa prodaje robe su zaprimanje narudžbe, provjera uplate, otpremanje robe i pripremanje računa te su međusobno povezane. Suvremene organizacije svoje poslovne procese prikazuju poboljšanim modelima koji sadrže četiri skupine informacija u koje spadaju: radno mjesto izvođenja aktivnosti (u modelu grafički prikazuju izduženim pravokutnicima a stručni naziv za takve pravokutnike je staza - swimlane), organizacijska jedinica (staze predstavljaju radna mjesta unutar pravokutnika koji se naziva polje – pool), vrsta aktivnosti (u modelu označavaju simbolom čovjeka), hijerarhija procesa: radni koraci u modelu podprocesa a označava se pravokutnikom, aktivnosti označene sa znakom plus (+) označavaju procese više razine pa prema normi BPMN – a nema nikakvih ograničenja što bi značilo da se podprocesu mogu sastojati od drugih procesa još niže razine koji uključuju aktivnosti dogovaranja prijevoza ili pakiranja robe. BPMN dijagrame podržavaju uglavnom svi alati za modeliranje i upravljanje poslovnim procesima. Za softversko projektiranje, koje je alat za modeliranje poslovnih procesa je karakteristično da ga čine proizvodi koji mnogim tvrtkama pružaju odlične mogućnosti rješavanja poslovnih problema. Probne verzije alata su besplatne te se jednostavno mogu preuzeti sa određenih internetskih adresa. U simulacijskom modelu trebaju biti definirani odgovarajući parametri distribucije vjerojatnosti. Simulacijski modeli su posebna vrsta kombiniranih matematičkih modela koji omogućavaju izučavanje realnih dinamičkih sustava, čije se djelovanje mijenja u vremenu. Simulacijski se modeli izvršavaju uglavnom na računalu te omogućavaju

izvođenje „što - ako“ scenarija, odnosno ispitivanje utjecaja nezavisnih varijabli na djelovanje realnog sustava, opisanog s jednom ili više zavisnih varijabli. Napredak razvoja simulacijskog softvera utjecao je na to da simulacija postane pogodna za primjenu i u projektima promjene poslovnih procesa. Najčešća metoda modeliranja poslovnih procesa uporabom strojnog učenja je simulacijsko modeliranje, pa je kod računalne simulacije najznačajniji fenomen vremenske kompresije. Kod simulacijskog modeliranja važne su Petrijeve mreže koje predstavljaju grafički i matematički alat modeliranja koji je primjenjiv kod različitih vrsta sustava, kao nova metoda grafičkog modeliranja. Da bi se modeliranjem poslovnih procesa izbjegli problemi koji mogu utjecati na neuspjeh promjena potrebno je poznavati metode modeliranja i primjeniti u praksi provjerene modele, iskustvo i znanje iz sličnih projekata koje je ugrađeno u metodološke okvire i referentne modele koji su usmjereni na specifičnosti nekih područja poslovanja ili djelatnosti. Korištenjem referentnih modela osigurava se konkurentnost i vodeća pozicija poduzeća na tržištu. Model neuronske mreže, kao računalni model, oponaša strukture bioloških neuronskih mreža koje mogu uključivati i oponašanje ljudskog mozga. Model neurona je model umreženog društva preko računala za koje je karakteristično simuliranje ponašanja sustava preko programske podrške. Navedeni model se zbog navedenog povezuje s umjetnom inteligencijom koju je razvilo čovječanstvo konstruiranjem inteligentnih strojeva (računala) za obavljanje određenih poslova umjesto ljudi. Procesna simulacija je vrlo jednostavna za upotrebu. Uzimanjem modela simulira se proces određeni broj puta. Cijeli proces prodaje nekog poduzeća odvija se u nekoliko aktivnosti: zaprimanje narudžbe, priprema narudžbe, izrada proizvoda, isporuka sirovina, naplata potraživanja i isporuka narudžbe. Takvim simuliranjem prikupljaju se podaci o prosječnom vremenu čekanja, dužini reda, iskorištenosti resursa te dr. Osnovni pojmovi potrebni za simuliranje procesa su model procesa (BPMN), podaci o procesu (prosječno vrijeme izvršavanja aktivnosti, broj resursa, vjerojatnosti grananja), pokretanje simulacije, analiza rezultata simulacije, ponavljanje simulacije za alternativne slučajeve. Simulacija se može izvesti pomoću nekih online alata, npr. Signavio i Bimp simulator. Korištenjem procesnog rudarenja, moguće je brže i bolje poboljšati proces analiziranjem podataka. Procesno rudarenje je prednost nasprem simulacije koja može prikazati krive rezultate ukoliko model nije validan.



## POPIS LITERATURE

### Knjige:

1. Andersen, B., *Business Process Improvement Toolbox*, ASQ Quality Press, Milwaukee, Wisconsin, 2007.
2. Bosilj Vukšić, V., Hernaus, T. i A. Kovačić, *Upravljanje poslovnim procesima – organizacijski i informacijski pristup*, Školska knjiga, Zagreb, 2008.
3. Dumas, M., La Rosa, M., Mendling, J. i A. H. Reijers, *Fundamentals of Business Process Management*, Springer Heidelberg, New York, Dordrecht, London, 1998.
4. Kovačić, A., Bosilj Vukšić, V., *Management poslovnih procesa*, Ljubljana: GV Založba d.o.o., 2005.
5. Van der Aalst, W., Van Hee, K., *Workflow Management: Models, methods and systems*, Eindhoven University of Technology, Faculty of Mathematics and Computing Science, Eindhoven, 2000.
6. Weske, M., *Business Process Management: Concepts, Languages, Architectures*, Springer, Berlin, Heidelberg New York, 2007.
7. Van der Aalst, Wil M.P., *Process Mining – Data Science in Action - Second Edition*, Springer, Eindhoven University of Technology, Department of Mathematics and Computing Science, Eindhoven, The Netherlands 2016.

### Članci:

1. Brumeca, J., *Modeliranje poslovnih procesa*, KORIS - Konzalting, organizacija, razvoj IS, Varaždin/Zagreb, 2011., dostupno na: <http://koris.hr/preuzmi/koris-uvod-u-modeliranje-poslovnih-procesa.pdf> (10.08.2017.)
2. Milanović Glavan, L.J., *Procesna informacijska tehnologija u poduzećima Republike Hrvatske*, Ekonomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2014., dostupno na: [www.hrcak.srce.hr](http://www.hrcak.srce.hr) (18.06.2017.)
3. Gunther Christian W., *Process Mining in Flexible Environments*, Technische Universiteit Eindhoven, The Netherlands, 2009., dostupno na: <http://alexandria.tue.nl/extra2/200911996.pdf>

#### Internetski izvori:

1. Cetinić, E., Primjena različitih metoda strojnog učenja u problemu klasifikacije slikarskih djela prema autoru, Sveučilište u Zagrebu – fakultet elektrotehnike i računarstva, Zagreb, 2013., dostupno na:  
<http://www.zemris.fer.hr/predmeti/kdisc/Sem2.pdf> (20.08.2017.)
2. Dumančić, S., Neuronske mreže, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za fiziku, 2014., dostupno na:  
[www.mathos.unios.hr/~mdjumic/uploads/diplomski/DUM05.pdf](http://www.mathos.unios.hr/~mdjumic/uploads/diplomski/DUM05.pdf) (18.09.2017.)
3. Signavio simulator i editor, 2009., Signavio, dostupno na:  
[academic.signavio.com](http://academic.signavio.com)
4. BIMP simulator, 2017., dostupno na: [bimp.cs.ut.ee/simulator](http://bimp.cs.ut.ee/simulator)
5. Alat Prom, preuzeto sa <http://www.promtools.org/doku.php>
6. Primjer korišten u alatu Prom, preuzeto sa <http://www.promtools.org/doku.php>
7. H.M.W. Eric Verbeek, Prom 6 Tutorial, 2010, dostupno na:  
<http://www.promtools.org/prom6/downloads/prom-6.0-tutorial.pdf>

## POPIS SLIKA

|                                                                                           |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Slika 1: Poslovni proces PRODATI ROBU i njegove aktivnosti.....                           | 19 |
| Slika 2: Proces PRODATI ROBU sa više različitih ishoda.....                               | 20 |
| Slika 3: Model poslovnog procesa s potprocesom u sažetom obliku.....                      | 21 |
| Slika 4: Kolaboracijski dijagram pokazuje razmjenu poruka između procesa i okoline.....   | 23 |
| Slika 5: Osnovni simboli BPMN dijagrama.....                                              | 25 |
| Slika 6: Pristupi i metode modeliranja poslovnih procesa.....                             | 26 |
| Slika 7: Scenarij za simulacijsko istraživanje poslovnih procesa na modelu.....           | 33 |
| Slika 8: Elementi DES mreže.....                                                          | 35 |
| Slika 9: 8 Omega okvir.....                                                               | 38 |
| Slika 10: BPM metodološki okvir (Process Renewal Group).....                              | 39 |
| Slika 11: Dijagram procesa prodaje.....                                                   | 43 |
| Slika 12.: Vjerojatnost vremena provedeno u redu i u sustavu.....                         | 48 |
| Slika 13.: Vjerojatnost vremena provedeno u redu i u sustavu nakon dodavanja resursa..... | 49 |
| Slika 14.: Prikaz BPMN dijagrama procesa prodaje u Signavio simulatoru.....               | 51 |
| Slika 15.: Prikaz parametra vremena izvođenja određenih aktivnosti.....                   | 52 |
| Slika 16: Usporedba prolaza kroz izradu proiz. ili naplatu potraživanja.....              | 53 |
| Slika 17.: Rezultati simulacije prvog scenarija.....                                      | 54 |
| Slika 18.: Usporedba simulacije prvog i drugog scenarija.....                             | 55 |

|                                                                                                |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Slika 19: Primjer BIMP simulatora.....                                                         | 56 |
| Slika 20.: Prosječna vremena izvođenja procesa.....                                            | 57 |
| Slika 21.: Iskorištenost resursa.....                                                          | 57 |
| Slika 22.: Prosječno vrijeme čekanja.....                                                      | 58 |
| Slika 23.: Detaljni prikaz rezultata svih parametara u BIMP simulatoru.....                    | 58 |
| Slika 24.: : Prosječno vrijeme izvođenja procesa novog scenarija.....                          | 59 |
| Slika 25.: Prikaz smanjenog vremena čekanja.....                                               | 59 |
| Slika 26: Smanjenje iskorištenosti resursa u odjelu proizvodnje i dostave.....                 | 60 |
| Slika 27:Rezultatati smanjenja iskorištenosti resursa u odjelu proizvodnje i dostave..         | 60 |
| Slika 28.: Prikaz strukture procesnog rudarenja i tri tipa.....                                | 62 |
| Slika 29.: Primjer zapisa o događajima u kojem se nalaze aktivnosti.....                       | 63 |
| Slika 30.: Prikaz korištenja procesnog modela – Play-in, Play-out i Replay.....                | 65 |
| Slika 31.: Primjer modela u obliku Petrijeve mreže otkriven iz zapisa događaja.....            | 67 |
| Slika 32.: Pravila kada se modeliraju uvjeti.....                                              | 69 |
| Slika 33.: Matrica zapisa L1.....                                                              | 70 |
| Slika 34.: Matrica zapisa L3.....                                                              | 70 |
| Slika 35.: Procesni model zapisa L3.....                                                       | 71 |
| Slika 36.: Procesni model zapisa L4.....                                                       | 72 |
| Slika 37.: Početni zaslon programa Prom 6.....                                                 | 74 |
| Slika 38.: Detaljne informacije procesa importiranog u obliku zapisa odnosno XES datoteke..... | 75 |
| Slika 39.: Detaljni prikaz klasa nakon filtriranja.....                                        | 76 |
| Slika 40.: Prikaz modela nakon izvršavanja a-algoritma u Prom-u.....                           | 76 |
| Slika 41.: Vizualizacija procesa koristeći induktivno rudarenje u Prom-u.....                  | 77 |
| Slika 42.: Prikaz predaje poslova.....                                                         | 79 |

## **POPIS TABLICA**

|                                                                          |    |
|--------------------------------------------------------------------------|----|
| Tablica 1.: Proces s vremenom izvođenja.....                             | 44 |
| Tablica 2.: Rezultati izračuna parametara procesa prodaje.....           | 47 |
| Tablica 3.: Rezultati dodavanja još jednog radnika u proces prodaje..... | 48 |
| Tablica 4: Resursi i vrijeme izvođenja aktivnosti.....                   | 52 |

## **SAŽETAK**

U ovom radu, u osnovnim crtama objašnjeni su i definirani poslovni procesi, njihovo upravljanje i ostale teorijske karakteristike procesa. U radu je naglasak na kvantitativnu analizu poslovnih procesa gdje se žele prikazati brojčana odstupanja i zastoji u određenim procesima i kojim to strojnim metodama, uporabom današnje računalne tehnologije, možemo efikasnije riješiti te probleme i kako ih na vrijeme spriječiti razvijanjem taktike modeliranja točnog procesa ili ostvarivanje procesnog modela uporabom algoritama. Objasnjena je metoda simulacije, gdje se prikazuje jedna tehnika u kojoj se pomoću modeliranog procesa vrši kontantno repriziranje procesa prolazeći kroz model i tako sakupljajući određenu statistiku. Na kraju, obrađeno je procesno rudarenje kao glavna stavka strojnog učenja i značajna točka ovoga rada. Pojašnjeni su nedostaci simulacije, objašnjen je alfa algoritam i njegovi koraci dobijanju modela a ujedno je prikazan primjer koji korištenjem softverskog alata Prom i upotrebom alfa algoritma kreira model i vizualizacijom ostvaruje realan prikaz procesa.

## **ABSTRACT**

This paper contains generally outlined and defined business processes, their management and other theoretical characteristics of the mentioned processes. Emphasis of the paper is on the quantitative analysis of business processes in which there are numerical deviations, process stagnation and machine methods that allow this to happen - using contemporary computer technologies, we're able to resolve mentioned problems more efficiently and possibly prevent them by developing process modelling tactics of a particular process or forming a processing model using an algorithm. An example of a simulation method is explained, a technique based on constant repetition of a process within a model, thus gathering statistical information. Lastly, process mining is explained as a key component of machine learning and a

pivotal component of my research. I've explained simulation shortcomings, gradual steps of using the alfa algorithm in creating a model, an example of using "Prom"- a software tool, along side the alfa algorithm in creating a model and a realistic visual representation of a process.