

Obrazloženje prijedloga teme doktorske disertacije

Kandidat:

Almir Djedović

**Magistar elektrotehnike - diplomirani inženjer elektrotehnike, odsjek
telekomunikacije**

Prijedlog teme doktorske disertacije (projekta):

Modeliranje poslovnih procesa sa fokusom na poboljšanje alokacije resursa

**Modeling of business processes with a focus on improving the allocation of human
resources**

1	Opis problema	2
2	Stanje u oblasti istraživanja i pregled literature	3
3	Motivacija za istraživanje.....	10
4	Cilj istraživanja.....	12
5	Metodološki okvir i podaci	14
5.1	Plan istraživanja.....	17
6	Očekivani izvorni naučni doprinos.....	17
7	Korištena literatura	18

Sarajevo, oktobar 2017.

1 Opis problema

Brze promjene u organizacijama i razvoj tržišne konkurencije uzrokuje da mnoge organizacije uključe ljudske resurse u svoju centralnu strategiju. Svjesni da ljudski resursi mogu imati presudnu ulogu u uspjehu organizacije, menadžeri traže efikasne metode i alate za optimizaciju alokacije ljudskih resursa i njihove dostupnosti u različitim procesima u organizaciji. Poslovni procesi predstavljaju niz povezanih logički aktivnosti koje koriste resurse organizacije, a čiji je glavni cilj zadovoljiti potrebe kupca za proizvodima ili uslugama odgovarajuće kvalitete u adekvatnom vremenskom roku, uz istovremeno ostvarivanje dobiti. Problem se javlja u različitim životnim oblastima, a naučnici koji se bave istraživanjem stanja u oblasti bilježe kontinuiran interes za rješavanje ovog problema. Oblasti u kojima se javlja ovaj problem su: procesi u zdravstvu, proizvodnji, upravljanju projektima, procesi u održavanju itd. Alokacija resursa predstavlja centralnu upravljačku aktivnost u organizacijama i pravilnim rasporedom resursa u poslovnim procesima moguće je poboljšati efektivnost izvršavanja procesa, smanjiti administrativne troškove i poboljšati zadovoljstvo korisnika uslugom.

Problem alokacije resursa je optimizacijski problem u kojem je potrebno pronaći takav raspored resursa u poslovnom procesu da se minimiziraju ili maksimiziraju prethodno definisani kriteriji. Prilikom rješavanja ovog problema potrebno je uzeti u obzir i ograničenja optimizacije koja se ogledaju u vidu broja resursa, njihovog kvaliteta, njihove dostupnosti itd. Ovaj problem je poznat u literaturi pod nazivom problem alokacije resursa (engl. *Resource Allocation Problem, RAP*). Specijalno, ukoliko se posmatra samo alokacija ljudskih resursa, kao što je u ovoj tezi, onda se radi o problemu alokacije ljudskih resursa (engl. *Human Resource Allocation Problem, HRAP*).

Prethodno navedeni značaj pravilnog rasporeda resursa u organizacijama i kontinuiran interes naučne zajednice za rješavanje ovog problema, ukazuje na njegov značaj i razlog zbog čega će se isti rješavati u ovom radu.

Prilikom rješavanja HRAP problema jedan od ulaznih parametara u optimizaciji je model procesa. Tačnost modela procesa ukazuje na vjerodostojnost dobivenog rješenja. U literaturi se uglavnom posvećuje pažnja algoritmima i metodama za alokaciju resursa, dok se veoma malo pažnje tačnosti modela procesa. Navedeno otvara prostor za dodatno istraživanja i doprinos u predmetnoj oblasti istraživanja.

Većina današnjih informacijskih sistema pohranjuje relevantne podatke o izvršavanju procesa u nekom strukturiranom obliku. Naprimjer, sistemi upravljanja tokom poslovnih procesa (engl. *Workflow systems*) najčešće bilježe vrijeme početka i završetka aktivnosti. Sistemi za planiranje poslovnih resursa (engl. *Enterprise Resource Planning, ERP*) poput SAP-a (engl. *Systems, Applications and Products*) pohranjuju sve transakcije, kao npr. popunjavanje forme, mijenjanje dokumenata. B2B (engl. *Business to Business*) sistemi pohranjuju razmjenjivanje poruka sa ostalim učesnicima. CRM (engl. *Customer relationship management*) sistemi pohranjuju interakciju sa korisnicima. Ovi primjeri pokazuju da većina sistema ima logove za pohranu događaja, koji služe kao historija, revizija ili evidencija transakcija. Logovi sadrže najčešće informacije o događajima koji se odnose na aktivnosti ili na slučajeve. Slučajevi predstavljaju instance procesa, kao npr. korisnička narudžba, aplikacija za posao itd. Aktivnosti su dijelovi procesa i nazivaju se još zadacima, operacijama ili akcijama. Najčešće događaji imaju informaciju o vremenu njihovog izvršetka. Ako su u izvršavanje uključeni krajnji korisnici, onda logovi sadrže informacije i o učesnicima koji izvršavaju aktivnosti ili pokreću proces. Poslovni process mining ili skraćeno samo process mining ima cilj da automatski dobije model

izvršavanja procesa iz log fajlova događaja. Na primjer, iz log fajlova događaja koji sadrže informacije o izvršavanju nekog procesa, može se dobiti model procesa predstavljen preko Petrijevih mreža. Pored navedenog analiziranja procesa iz perspektive toka, moguće je analizirati proces i iz drugih perspektiva kao što su: organizacijska, informacijska, aplikacijska itd. Navedena analiza je posebno bitna za sisteme koji nemaju eksplicitni model procesa i nisu aplikativno podržani od aplikacija koje su zasnovane na radnom toku (workflow applications), nego se izgled procesa nalazi u glavama pojedinaca ili na “papiru”, a u realnosti proces se odvija na potpuno drugi način. Posljednjih godina razvijeni su brojni alati i tehnike za process mining. Korištenjem historijskih činjenica, pohranjenih u log fajlove događaja, process mining pruža detaljan uvid kako se izvršavao proces. S druge strane postoje i sistemi koji ne pohranjuju događaje u log fajlove tj. u strukturiranom obliku, te ovi sistemi zahtijevaju posebno predprocesiranje podataka prije analize.

Ovaj skup informacija spremljeni u log fajlove događaja je veoma koristan i može se iskoristiti za izgradnju modela procesa prilikom rješavanja HRAP problema. Pod pojmom model procesa podrazumijeva se tok procesa i ostale informacije vezane za trajanje aktivnosti u procesu, vremena međugenerisanja instanci procesa itd.

2 Stanje u oblasti istraživanja i pregled literature

Koristeći se dostupnom literaturom autor prijedloga teme doktorske disertacije (projekta) na doktorskom studiju na Elektrotehničkom fakultetu u Sarajevu, Univerzitet u Sarajevu, dao je pregled stanja u oblasti istraživanja u kojoj je situirana doktorska disertacija. Pregled literature u oblasti istraživanja u okviru prijedloga teme doktorske disertacije (projekta) grupisan je kao pregled referentnih radova (časopisa, konferencija, knjiga, doktorskih teza, radionica i tehničkih izvještaja) u oblasti istraživanja sa prikazom izvora reference i faktora uticaja (engl. *Impact Factor*) za 2016. godinu.

U Tabeli I je dat pregled referentnih radova u oblasti istraživanja sa prikazom faktora uticaja samo za naučne (SCI) časopise.

Tabela I: Pregled postojeće literature u oblasti istraživanja

Izvor reference		Referenca	Faktor uticaja (IF 2016)
Časopisi	International Journal of Intelligent Systems and Applications	[2]	0.743
	Journal Studia Informatica	[3]	1.39
	Information Journal	[5]	-
	International Journal of Innovative Computing, Information and Control	[9], [78]	1.23

	Research Journal of Recent Sciences	[11]	0.675
	Journal of Simulation: Transactions of the Society for Modeling and Simulation International	[13]	0.772
	Chemical Engineering Transactions Journal	[14]	0.82
	International Journal of Computer Applications Special Issue on Artificial Intelligence Techniques – Novel Approaches & Practical Applications	[15]	3.12
	International Journal of Advanced Computer Science and Applications (IJACSA)	[16]	1.324
	Computer Engineering and Intelligent Systems	[20]	0.654
	Review of Business Information Systems	[21]	-
	Informatica Economica	[22]	1.39
	International Journal of Software Engineering & Applications (IJSEA)	[23]	0.97
	Applied Mathematics	[26]	0.61
	Computer Science and Information Systems	[27]	1.24
	International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)	[28]	2.85
	Lecture Notes in Computer Science	[29], [39], [54], [69], [70], [72], [77], [86], [88], [89], [90], [96], [113], [114], [117], [118]	0.8
	Mathematical Theory and Modeling	[32]	5.53
	International Journal of Hybrid Information Technology	[34]	1.03
	Journal of Information and Organizational Sciences	[38]	0.63
	Journal of Information Technology and Engineering	[40]	0.41
	Lecture Notes in Business Information Processing	[41], [49], [62], [63], [73], [74], [76], [80], [84], [92], [98], [99], [101], [105]	0.73
	International Journal of Emerging Trends & Technology in Computer Science (IJETTCS)	[42]	0.55
	Business Process Management Journal	[47]	2.39

	Middle-East Journal of Scientific Research	[51]	0.36
	International Journal of Software Engineering and Knowledge Engineering	[53]	0.43
	The Journal of Systems and Software	[55], [59]	2.44
	International Journal of Application or Innovation in Engineering & Management (IJAIEEM)	[56]	4.015
	ARNP Journal of Engineering and Applied Sciences	[57]	0.7
	Data Mining and Knowledge Discovery Journal	[61]	3.16
	Irish Journal of Management	[64]	-
	Journal of Applied Finance & Banking	[65]	2.042
	International Journal of Research in Computer and Communication Technology	[67]	-
	Information Sciences	[75]	4.832
	Decision Support Systems	[82], [95]	3.22
	Software and Systems Modeling	[85]	1.654
	Distributed and Parallel Databases	[87]	1.179
	Information Security Technical Report	[91]	1.71
	Business & Information System Engineering	[93]	3.392
	International Journal on Advances in Software	[94]	0.564
	Information Systems	[97], [111], [112], [115]	2.77
	Journal of Statistical Software	[103]	3.801
	IEEE Transactions on Cybernetics	[106]	4.943
	Enterprise Information Systems	[110]	2.269
	Computer Journal	[116]	0.96
	IEEE Transactions on Services Computing	[120]	2.365
	Procedia Technology	[122]	0.73

	International Journal of Advanced Research in Computer Science and Applications	[123]	0.63
	European Journal of Operational Research	[124], [143]	2.679
	Computer and Operations Research	[125], [134], [142], [149]	1.988
	International Journal of Economic Practices and Theories	[126]	0.41
	Journal of Heuristics	[127]	1.344
	Journal of Industrial Engineering	[128]	-
	Journal of Applied Sciences	[130]	0.48
	Real-World Applications of Genetic Algorithms	[131]	-
	International Journal of Computer Science and Network Security	[132]	0.675
	Industrial engineering management system	[133]	0.74
	International Journal of Production Economics	[135], [141]	2.782
	Energy Procedia	[136]	1.07
	Algorithmica	[137]	0.795
	European Journal of Industrial Engineering	[138]	0.7
	Scientia Iranica	[139]	1.025
	Engineering Journal	[140]	-
	Algorithms	[144]	1.44
	International Journal of Applied Information Systems	[145]	-
	International Journal of Computer Science and Information Technologies	[146]	-
	International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial, Mechatronic and Manufacturing Engineering	[147]	-
	Operations Research for Health Care	[148]	2.79
	Journal of Information and Management Sciences	[150]	0.09
	Computers & Industrial Engineering	[151]	2.086

	Ukupno	109	
Konferencije	International MultiConference of Engineers and Computer Scientist	[1]	-
	International Conference on Computer Engineering and Technology (ICCET)	[4]	-
	International Conference on Software Engineering & Knowledge Engineering	[6]	-
	International Conference on Computer Science and Information Technology	[7]	-
	MKWI – Multikonferenz Wirtschaftsinformatik	[8]	-
	European Conference on Modeling and Simulation	[10]	-
	IEEE Congress on Evolutionary Computation	[12], [109]	-
	Communications in Computer and Information Science	[17]	-
	IEEE Winter Simulation Conference	[19], [33], [52]	-
	IEEE International Conference on Fuzzy Systems	[24]	-
	IEEE International Conference on Services Computing (SCC)	[25]	-
	Lecture Notes in Software Engineering	[30]	-
	Annual conference on Genetic and evolutionary computation	[35]	-
	Biuletyn Instytutu Systemów Informatycznych	[36]	-
	IEEE 2nd International Congress on Big Data	[37]	-
	ACM SIGKDD international conference on Knowledge discovery and data mining	[43]	-
	International Conference on Data Mining	[44]	-
	Slovenian KDD conference	[45]	-
	World Congress on Engineering	[50]	-
	Multi-objective Evolutionary Optimisation for Product Design and Manufacturing	[66]	-
	International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design	[68]	-
	CIDM IEEE	[71]	-

	ASE Conference	[79]	-
	European Conference on Information System	[81]	-
	IEEE symposium on computational intelligence and data mining	[83], [119]	-
	IEEE International Enterprise Computing Conference	[100]	-
	International Conference on Future Software Engineering and Multimedia Engineering	[102]	-
	IEEE International Enterprise Distributed Object Computing Conference	[107]	-
	IEEE International Conference on Advanced Information Networking and Applications	[121]	-
	Ukupno	33	
Doktorske teze		6	-
Knjige		1	
Radionice		1	-
Tehnički izvještaji		1	
Ukupno		151	

Analiziranjem stanja u oblasti istraživanja identifikovana su četiri modela koja se najčešće koriste za unapređenje poslovnih procesa. Modeli su odabrani uzimajući u obzir relevantnost radova izraženih impact factor-om i brojem radova. Analiziranjem su uočene prednosti i nedostaci svakog od modela, a zatim je predložen novi model koji će riješiti neke od nedostataka postojećih modela. Novi model će sadržavati originalne elemente, koji predstavljaju doprinos ovog rada i nisu viđeni u postojećim modelima iz literature, a neophodni su za povezivanje više modela. U nastavku slijedi kratak opis postojećih modela.

Prva dva modela su bazirana na primjeni process mining tehnika. Oba modela polaze od pretpostavke da postoji zabilježena historija izvršavanje poslovnih procesa. Prvo je potrebno podatke filtrirati i ukloniti eventualno greške ukoliko postoje u fajlovima. Nakon toga potrebno je formatirati podatke da budu u MXML (engl. *Mining Extensible Markup Language*) ili XES (engl. *Extensible Event Stream*) formatu koji predstavljaju standardne formate za process mining analizu.

Prvi model se koristi za identifikovanje procesa analizom log fajlova sa historijom događaja (Process Discovery) i analiza istih. Kao process discovery algoritmi koriste se: alpha algoritam, heuristički miner, genetički miner itd., svaki od algoritama ima svoje prednosti i nedostatke.

Alpha algoritam pretpostavlja da su log fajlovi kompletni i ne sadrže šum. Zbog toga, algoritam je osjetljiv na šum i na nekompletnost log fajlova. Heuristički miner predstavlja nadogradnju alpha algoritma uzimajući u obzir i frekvenciju sekvenci aktivnosti. Heuristički miner se može boriti s problemom šuma. Pomoću heurističkog minera može se dobiti glavni tok procesa, a

izuzeci se ne uzimaju u obzir i rješavaju se specificiranjem određenih parametara u algoritmu. Genetički process mining je fleksibilan i robustan. Poput heurističkog pristupa može se boriti sa problemima šuma i nekompletnosti. Ovaj pristup se može jednostavno prilagođavati i proširivati. Prilagođavanje konkretnom problemu se može raditi podešavanjem funkcije cilja. Glavni problem genetičkog pristupa, kao i svih evolucijski pristupa je da nisu efikasni za velike modele procesa i velike log fajlove.

Nakon identifikacije modela procesa mogu se provoditi različite analize. Ovaj model se koristi najčešće za identifikaciju odstupanja izvršavanja stvarnog modela procesa u odnosu na modelirani poslovni proces i/ili za identifikaciju mjesta za poboljšanje u procesu. Pored navedenog, ovaj model se može iskoristiti za identifikaciju što tačniji modela procesa realnih sistema, za analizu performansi sistema i za analizu kompleksnih ("špagete") procesa. Prednosti ovog modela su što omogućava identifikaciju AS-IS stvarnog modela procesa, rješava probleme tradicionalnih metoda za identifikaciju modela procesa kroz intervju i/ili ankete, a ova metoda je vremenski zahtjevnija, subjektivna i često nekompletna, omogućava identifikovanje nedostataka u procesu, koja se mogu riješavati izmjenom procesa ili dodavanjem resursa, unapređenje procesa kroz identifikovanje aktivnosti koje se izvršavaju, a nisu dio procesa ili se ne trebaju toliko često izvršavati. Takođe, omogućava dobivanje informacija za simulacijski model, za provjeru da li se zakoni i procedure rada u kompanijama poštuju, smanjuje cijenu održavanja, može se koristiti za preporuku najboljih praksi, služi za reviziju, za bolje razumijevanje i zamjenu starih sistema. Nedostaci ovog modela su što je neophodno posjedovati log fajlove događaja da bi se mogla primijeniti process mining analiza, ova metoda ne predlaže unapređenje procesa, te se jedino može koristiti ako je cijeli poslovni proces prekriven IT (engl. *Information technology*) aplikacijama.

Drugi model se koristi za identifikaciju organizacijske strukture analizom log fajlova sa historijom događaja i analiza istih. Za ovu analizu se koriste organizational mining algoritmi. Ovaj model se koristi za identifikovanje uloga u procesu, za identifikovanje pravila bazirani na ulogama u procesu, za identifikovanje da li korisnici obavljaju uloge u realnom procesu kako je predviđenom modelom organizacijske strukture i za analizu komunikacijske strukture iz velike količine stvarnih podataka. Prednosti ovog modela su identifikacija AS-IS organizacijske strukture uključene u proces, analizom je moguće doći do informacija: koliko učesnika u procesu je uključeno u specifične slučajeve, koja je komunikacijska struktura u procesu i koje su zavisnosti između učesnika u procesu, koliko se prenosa zadataka dešava između uloga u procesu, koji učesnici u procesu su najvažniji, koji učesnici rade na istom zadatku. Ostale prednosti su da ovaj model omogućava identifikovanje nedostataka u procesu, koja se mogu riješavati izmjenom procesa ili dodavanjem resursa, dobivanje informacija za simulacijski model, kao informacija za upravljanje resursima. Nedostaci ovog modela su isti kao i od prvog modela.

Treći model kombinuje tehnike process mining-a i simulacije. Osnovna ideja unapređenja modela poslovnog procesa kod ovog pristupa je u različitim „what-if“ analizama. Postoji više načina na koji se mogu kombinovati ove dvije tehnike: simulacijom se može uraditi redizajn procesa s ciljem poboljšavanja performansi, ispitati raspored učesnika u procesu tako da kompatibilnost između njih bude najveća, ispitati kako različiti nivoi opterećenja na korisnicima utiču na performanse procesa, takođe se može vršiti predviđanje izvršenja poslovnih procesa. Prednosti ovog modela su jednostavnost „what-if“ analize, omogućava analizu bez potrebe za izgradnjom realnog sistema, pomaže pri identifikaciji nepreviđenih pojava u procesu, omogućava identifikacija nedostataka u procesu, rješavanje kompleksnih problema i brže donošenje odluka i izmjena u sistemu. Nedostaci ovog modela se ogledaju u tome da je ponekad

teško interpretirati rezultate simulacije. Pouzdanost rezultata zavisi od tačnosti modela. Modeliranje bazirano na simulaciji može da bude vremenski i finansijski zahtjevno, neophodno posjedovanje log fajlova događaja, te je u nekim slučajevima “what-if” analiza je vremenski zahtjevna.

Četvrti model se najviše razlikuje od ostalih modela. Kod ovog pristupa cilj je da se alokacijom resursa dobije najbolji modela poslovnog procesa sa aspekta definisanih kriterija npr: ključnih indikatora performansi KPI (engl. *Key performance indicators*). Početni korak kod ovog modela je prikupljanje informacija o procesu koje se obavlja kroz intervju sa vlasnicima procesa ili učesnicima u procesu ili kroz ankete. Dobivene informacije se koriste za modeliranje poslovnih procesa. Nakon što je dobiven model procesa, potrebno je definisati kriterije (KPI pokazatelje, koji su kvalitativna mjera performansi procesa). Definisanje kriterija zavisi od problema koji se rješava. Tako da je u nekim slučajevima potrebno minimizirati kašnjenje korisnika u procesu, minimizirati cijenu resursa uključeni u proces, maksimizirati kvalitet usluge itd. Najčešće se više kriterija uzima u obzir i problem se svodi na problem višekriterijalne optimizacije. Prilikom rješavanja problema potrebno je uzeti u obzir i ograničenja koja se javljaju. Ovaj model se može koristiti kod raspodjele ljudskih resursa u procesu razvoja projekata sa i bez ograničenja, raspoređivanje pacijenata (zadataka) u procesu liječenja, raspoređivanje opterećenja u distribuiranim mrežama, raspoređivanje resursa u procesima u proizvodnji, selekcija web servisa za realizaciju date usluge u cloud okruženjima. Prednosti ovog modela su što je efikasniji i brži u odnosu na “ručnu” what-if analizu, može se koristiti za kompleksne procese i za razliku od process mining tehnika ova metoda daje poboljšanu verziju procesa. S druge strane, nedostaci ovog modela su što nema garancije da je dobiveno rješenje optimalno, potrebno je poznavati model procesa, te postoji opasnost da se gore dobiveni model procesa razlikuje od stvarnog modela procesa i korištenje determinističkog modela procesa. U opštem slučaju, problem alokacije resursa se može posmatrati kao proces alokacije resursa između različitih projekata ili poslovnih jedinica. Resursi mogu da budu ljudi, imovina, materijali ili kapital koji se koristi za ostvarivanje cilja. Najbolje ili optimalno rješenje podrazumijeva maksimiziranje profita, minimiziranje cijene u vidu novca ili vremena ili dobivanje najboljeg mogućeg kvaliteta. U procesu rješavanja RAP problema nastoji se odrediti optimalan broj ograničenih resursa na zadacima u procesu, kako bi se optimizirala zadata funkcija cilja ili više njih uvažavajući ograničenja. U ovoj tezi fokus će biti samo na ljudskim resursima (HRAP problem). Za rješavanje HRAP problema u literaturi se koriste različite metode operacionih istraživanja i kompjuterskih nauka. Za pronalaženje optimalnog rješenja koriste se egzaktne metode uključujući metode grananja i ograničenja, dimaničkog programiranja, linearnog programiranja i Mađarska metoda. Performanse ovih metoda rastu eksponencijalno sa porastom veličine problema koji se rješava. Međutim, pošto je poznato da HRAP spada u kategoriju NP-teški kombinatorijski optimizacijski problema, postojeće metode bazirane na tehnikama matematičkog programiranja nisu u stanju da pronađu rješenje u prihvatljivom vremenu za složenije probleme. Zbog toga, heurističke i metaheurističke metode se koriste za rješavanje realnih i kompleksnih problema i dobivanje dobrih, ali ne i obavezno optimalnih rješenja.

3 Motivacija za istraživanje

Analizom stanja u oblasti istraživanja identifikovano je da postojeći modeli za unapređenje poslovnih procesa imaju problem sa alokacijom resursa na što ukazuje i aktuelnost ovog

problema. Takođe, problemi postoje i u korištenju modela procesa, jer se njegovoj izgradnji posvjećuje veoma malo pažnje. Glavna motivacija za ovo istraživanje su identifikovani nedostaci postojećih modela iz literature. Identifikacija modela za alokaciju resursa procesa na bazi stvarnih zabilješki događaja u log fajlovima kakvi se odvijaju u stvarnosti, a ne kakvi su predstavljeni na “papiru”, a da su pri tome uvažena praktična ograničenja, je još jedna motivacija istraživanja.

Postoje radovi koji za unapređenje poslovnih procesa koriste tehnike process mining-a. Prednost process mining-a što omogućava uvid u stvarno stanje u procesu: koji je tok procesa, koji učesnici su uključeni, koliko učesnicima treba vremena da obrade zadatke i sl. Osnovni nedostatak ove tehnike je što za unapređenje poslovnih procesa nije sama dovoljna, jer ne daje poboljšani model, nego samo mjesta u procesu na kojima se može ostvariti poboljšanje procesa. Zbog toga se process mining kombinuje sa simulacijskim tehnikama. Simulacija omogućava izvođenje procesa prije nego li je implementiran. Time se dobiva mogućnost provjere da li je proces pravilno koncipiran, odnosno da li će se proces zaista odvijati kako je zamišljeno i da li će biti postignuti željeni rezultati. Također, na ovaj se način omogućava statističko vrednovanje performansi procesa u raznim scenarijima i promjena dizajna kako bi se optimizirali procesi u njihovom specifičnom dizajnu. Ide se i korak dalje, pa je tako moguće i modeliranje resursa u organizaciji. Na taj način se mogu identifikovati nedostaci u procesima ili resursima u organizaciji. Prednost simulacije leži u njenoj jednostavnoj what-if analizi u poslovnim procesima. Glavni nedostaci simulacije su: tačnost rezultata zavisi od postavke modela simulacije, određivanje parametara simulacije je složen i mukotrpan posao, what-if analize su vremenski zahtjevne, nema garancije da je dobiveno rješenje optimalno. Kombinovanjem tehnika process mining-a i simulacije može se riješiti problem određivanja parametara simulacije. Pomoću process mining-a se može dobiti model procesa koji će predstavljati ujedno i simulacijski model. Ostali parametri simulacije kao što je vrijeme obavljanja zadataka u procesu se računa tako što se izračuna srednje vrijeme zadataka uzimajući u obzir sve instance procesa. Na isti način se računa i međuvrijeme generisanja instanci procesa. Pojedini autori pretpostavljaju da se da se radi o Poissonovom procesu pa međuvremena generisanja instanci opisuju eksponencijalnom raspodjelom. Ovaj pristup se koristi jer je jednostavan i brz, međutim upitno je koliko na taj način dobijeni parametri opisuju realan proces. To je posebno problem kod procesa koji su promjenjivi kao npr. proces rezervacije putovanja kod kojeg je generisanje instanci mnogo veće tokom sezonskih mjeseci nego inače. Samim time je i opterećenje učesnika u procesu različito. Problem naročito dolazi do izražaja ako se radi o procesima kod kojih se intenzitet instanci mijenja na dnevnoj bazi kao npr. administrativni procesi u općini. Zbog značaja ovog problema u radu će biti predstavljena i metodologija za rješavanje istog, čime će se dobiti tačniji i pouzdaniji parametri simulacije što za posljedicu ima i vjerodostojnije rezultate simulacije. Međutim, još uvijek ostaje problem spore what-if analize, gdje vlasnici procesa ili proces analitičari pokrenu simulaciju AS-IS procesa, analiziraju rezultate, generišu predloženi TO-BE model procesa, a zatim ponovo pokrenu simulaciju, analiziraju i porede rezultate itd.

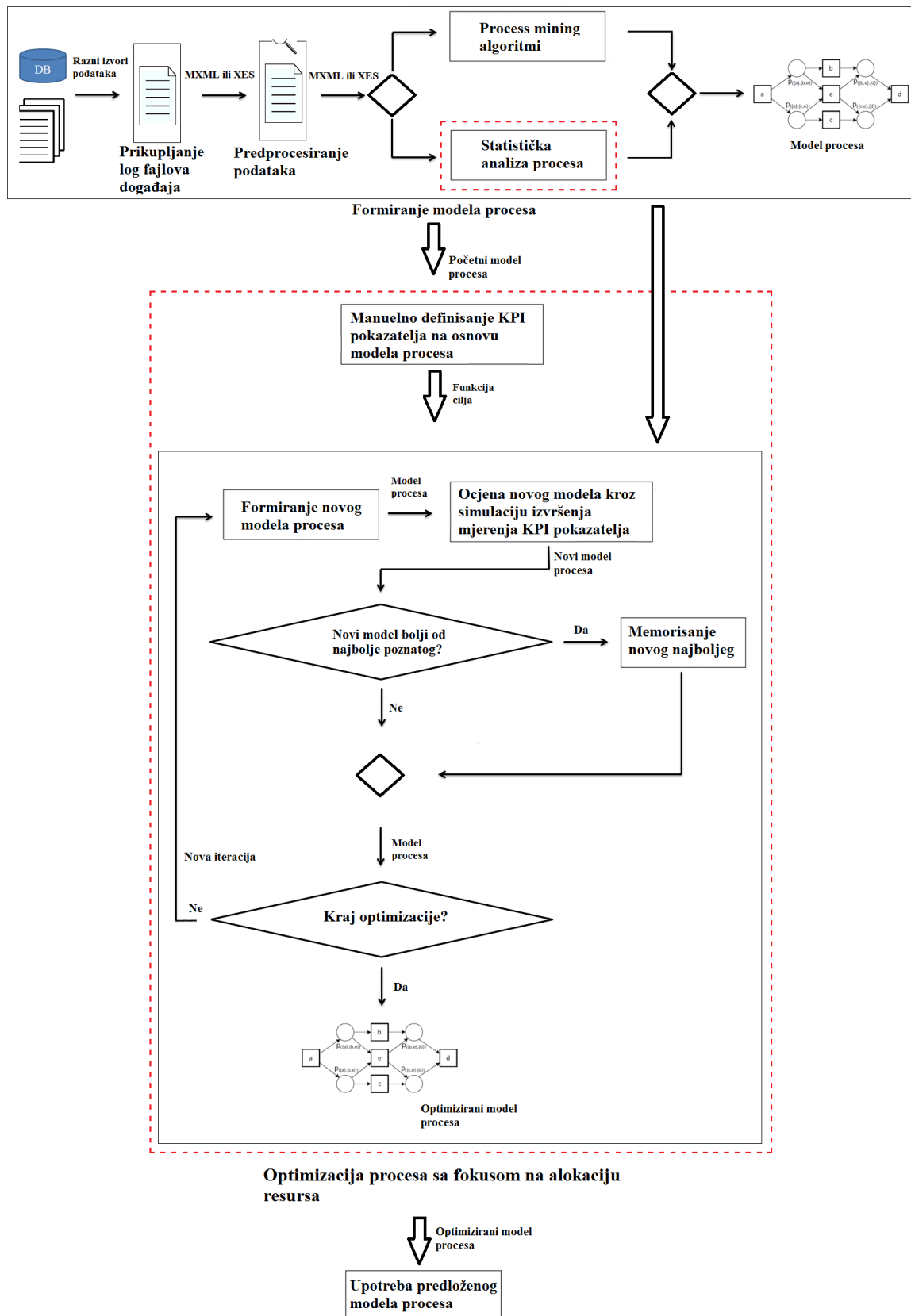
Pojedini autori koriste algoritme za optimizaciju za određivanje optimalne raspodjele resursa u razvoju projekta, raspodjele opterećenja u procesima, selekciju web servisa za realizaciju date usluge i sl. Korištenjem algoritama za optimizaciju riješen je problem spore what-if analize, jer sistem automatski pronalazi optimalan ili dovoljno dobar raspored resursa u prihvatljivom vremenu. Do modela procesa i ostalih potrebnih informacija dolazi se kroz intervju sa vlasnicima i/ili učesnicima u procesu ili koristeći dokumentovane procedure rada, što dovodi u pitanje tačnost podataka. Takođe, u literaturi se koristi deterministički simulacijski model, koji je jednostavniji za primjenu, a samim time i manje tačan.

Ono što je novo je da će se u ovom radu predstaviti modeliranje poslovnih procesa u kojem će se koristiti i objediniti dobre osobine process mining i simulacijskih tehnika za evaluaciju modela čime će se osigurati veća tačnost i pouzdanost modela. Takođe, će se koristiti stohastički simulacijski model koji može potpunije i preciznije opisati realni proces za razliku od determinističkog modela. S druge strane koristit će se algoritmi za automatsku alokaciju resursa sa fokusom na ljudske resurse u procesima. Algoritmi će se modifikovati tako da mogu uzeti u obzir neizvjesnost u funkciji cilja koja se javlja zbog korištenja stohastičkog simulacijskog modela. U obzir će se uzeti i praktična ograničenja sa resursima koja se mogu javiti u realnim procesima.

4 Cilj istraživanja

Glavni cilj istraživanja da se razvije algoritam za modeliranje poslovnih procesa sa poboljšanjem alokacije resursa sa aspekta definisanih kriterija, pri tome uzimajući u obzir ograničenja koja se javljaju u procesima. Ograničenja se ogledaju u obliku broja kvalifikovanih korisnika koji mogu obavljati aktivnosti u procesu, najvećeg i najmanjeg broj korisnika po pojedinačnim aktivnostima, kao i ukupnog najmanjeg i najvećeg broja korisnika u procesu. Cilj istraživanja je da se riješe i pojedini nedostaci postojećih modela za unapređenje poslovnih procesa. Optimizirati će se poslovni procesi čije ponašanje je zabilježeno u log fajlovima događaja. Neophodno je da log fajlovi sadrže informacije o događajima (aktivnostima) i vremenu početka i kraja aktivnosti. Na osnovu početnog i krajnjeg vremena može se izračunati trajanje aktivnosti. Dati skup informacije je dovoljan za dobivanje modela procesa i statističkih distribucija koje opisuju ponašanje aktivnosti u procesima. Navedeno predstavlja ulaz za optimizaciju procesa alokacijom resursa zajedno sa definisanim kriterijima. Za optimizaciju će se koristiti različiti algoritmi. U radu će se pokazati da se pomenuti glavni cilj može ostvariti kroz uspješno izvršenje niza vezanih koraka koji će postepeno voditi do realizacije krajnjeg cilja istraživanja. Veoma je važno osigurati da se do rješenja dolazi u prihvatljivom vremenu, jer se na ovaj način ogleda praktična upotrebljivost ovog pristupa za unapređenje poslovnih procesa. Neprihvatljivo je da predloženi pristup daje rješenje za koja treba puno vremena, jer je često potreba da se usvoje proceduralne izmjene u procesu u kratkom vremenu.

Nedostatak prvog modela: ne predlaže unapređenje poslovnih procesa, kao i nedostaci trećeg modela: vremenski zahtjevna "what-if" analiza i pouzdanost rezultata zavisi od tačnosti modela i nedostaci četvrtog modela: potrebno je poznavati model procesa, postoji opasnost da prethodno dobiveni model procesa se razlikuje od stvarnog modela procesa i korištenje determinističkog modela procesa se mogu riješiti korištenjem predloženog modela za unapređenje poslovnih procesa alokacijom ljudskih resursa predstavljenog na slici 1. Za identifikaciju trenutnog modela procesa kakav se odvija u stvarnosti, koristit će se tehnike process mining-a i statističke analize. Pomoću process mining-a dobit će se model procesa iz podataka, a informacije za izgradnju stohastičkog modela procesa će se dobiti korištenjem statističke analize. Primjenom navedenih tehnika riješit će se nedostaci četvrtog modela. Preduslov je da postoje podaci o izvršavanju procesa već spremljeni u log fajlove ili bazu podataka. Podatke je prvo potrebno obraditi što uključuje grupisanje događaja, uklanjanje grešaka i formatiranje podataka. Nakon identifikacije trenutnog modela procesa, manuelno će se definisati kriteriji optimizacije (KPI pokazatelji), koji će koristiti za formiranje funkcije cilja. U ovom koraku će se ujedno definisati i ograničenja vezana za optimizaciju poslovnog procesa. Ranije dobiveni model procesa zajedno sa definisanom funkcijom cilja i ograničenjima



Slika 1. Predloženi hibridni model

predstavljaju ulaz za optimizaciju poslovnog procesa alokacijom resursa. U svakom novom koraku u procesu optimizacije formira se novi model procesa sa drugačijim rasporedom resursa. Provjerava se da li model procesa zadovoljava ograničenja i vrši se njegova ocjena u koraku ocjena novog modela kroz simulaciju izvršenja mjerenja KPI pokazatelja. Ukoliko je novi model procesa bolji od trenutno najbolje poznatog onda se on memoriše i postaje najbolji poznat model. Ovaj proces se nastavlja sve dok se nezadovolji uslov za kraj optimizacije. Uslovi za kraj optimizacije mogu da budu razni: broj iteracija, vrijeme rada algoritma, nezadovoljavajuće poboljšanje najboljeg rješenja zadnji određen broj iteracija itd. Nakon završetka optimizacije, najbolje rješenje se odabire i isto je spremno za upotrebu. Dobiveno rješenje će biti dovoljno dobro, ali ne mora nužno biti i optimalno rješenje problema. Za optimizaciju se mogu koristiti razni algoritmi. Primjenom algoritama za optimizaciju riješit će se neki o nedostataka modela iz literature. Bitno je naglasiti da za rješavanje ovog problema neće moći koristiti standardni optimizacijski algoritmi. Naime, korištenje stohastičkog simulacijskog modela uzrokuje pojavu šuma u funkciji cilja. Šum se javlja zbog toga što je model procesa opisan sa funkcijama distribucije vjerovatnoće pa izlaz iz modela procesa se može da razlikuje za iste ulazne parametre modela. Ovo može uzrokovati da se u procesu selekcije rješenja bolja rješenja odbace, a da se lošija rješenja prihvate kao bolja. Zbog toga će se algoritmi za optimizaciju prilagoditi tako da mogu uzeti u obzir neizvjesnosti koje se javljaju u funkciji cilja. Više algoritama za optimizaciju će se koristiti i između algoritama će se napraviti komparacija rezultata. Algoritmi će se porediti sa aspekta više kriterija. Za provjeru valjanosti modela unapređenja poslovnih procesa alokacijom resursa dobiveni model procesa će se validirati za svaki od korištenih algoritama. Validacija će pokazati uspješnost predstavljenog pristupa u unapređenju poslovnih procesa. Optimizirani model procesa uporedit će se sa početnim modelom procesa sa aspekta definisanih kriterija.

5 Metodološki okvir i podaci

Kako bi se realizovao postavljeni cilj, koristit će se znanja, metode i podaci predstavljeni na slici 2. Metode istraživanja će se zasnivati na teoretskim razmatranjima, različitim analizama, induktivno-deduktivnim metodama, te empirijskim i eksperimentalnim potvrđama dobijenih rezultata poboljšanja. Na slici 2. dat je metodološki okvir istraživanja sa aspekta ciljanih aktivnosti i njima pripadajućih koraka istraživanja, metoda i korištenih znanja.

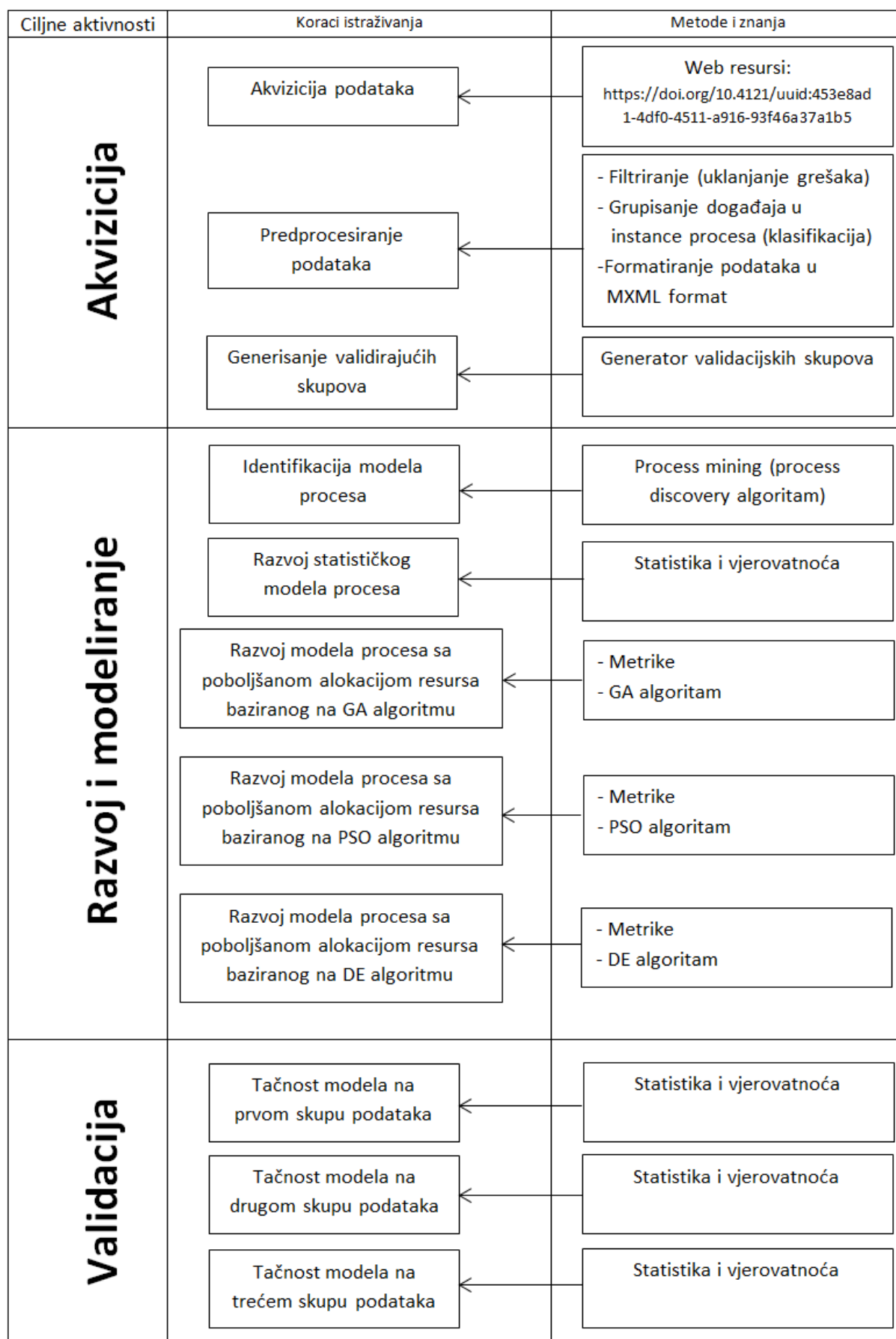
Korišteni podaci će biti dostupni javno kako bi bilo omogućeno da ih i drugi istraživači mogu koristiti u svojim radovima. U radu će se prvo izvršiti analiza postojećih modela i pristupa koji koriste tehnike process mining-a za unapređenje poslovnih procesa, kao i modela i pristupa koji koriste tehnike za alokaciju resursa u procesima. Potom će se izvršiti generalizacija postojećih modela i predložiti unapređenje poslovnih procesa koje koristi oba pristupa zajedno sa korištenjem stohastičkog simulacijskog modela. Potrebno je i definisati na koji način se ova dva pristupa mogu kombinovati tako da se iskoriste prednosti oba modela.

Preduslov za provođenje process mining analize je da postoje log fajlovi događaja sa vremenskim informacijama o svakom događaju. Log fajlovi događaja trebaju da budu u standardiziranom MXML ili XES formatu. U realnim sistemima događaji su najčešće pohranjeni u različitim tabelama u bazi podataka ili u različitim log fajlovima. Prvi korak je da se iz ovih informacija dobiju log fajlovi u standardiziranom formatu. Sistemi koji generišu informacije o događajima mogu da budu procesno i neprocesno orijentisani. Za procesno orijentisane sisteme

karakteristično je da svaki događaj ima jedinstvenu oznaku događaja i instance procesa za koji je vezan taj događaj. Kod neprocesno orijentisanih sistema karakteristično je da događaji nisu grupisani u instance procesa i nemaju svoju jedinstvenu oznaku, te je ove sisteme mnogo teže analizirati. U predprocesiranju podataka formirati će se log fajlovi događaja u standardiziranom obliku za navedene sisteme. Od process mining tehnika koristit će se process discovery algoritmi koji omogućavaju generisanje toka procesa iz log fajlova događaja. Potrebno je izvršiti analizu postojećih algoritama te ustanoviti koji se može koristiti za realne log fajlove. Pod pojmom realni log fajlovi se misli da količina podataka može da bude velika tako da algoritam bude u stanju da radi sa tim podacima, kao i da bude otporan na probleme šuma i nekompletnosti. Šum podrazumijeva da su neki podaci u log fajlu događaja netačni. Problem nekompletnosti podrazumijeva da sva ponašanja u modelu procesa nisu uzeta u obzir u log fajlu događaja, pa postoji problem da algoritam neće moći generisati pravi model procesa. Budući da će se raditi sa realnim procesima ovi problemi mogu da bude naročito izražajni, te algoritam treba da bude otporan na iste. Korištenjem vremenskih informacija definisat će se pravila na osnovu koji se može izračunati trajanje aktivnosti u procesu i međuvrijeme generisanja instanci procesa. Ova vremena će se dalje iskoristiti za estimiranje statističkih raspodjela kojima se najbolje mogu opisati ponašanja u procesu. Estimiranje statističkih raspodjela se sastoji iz nekoliko koraka. Prvi korak je da se na osnovu određenih kriterija pretpostavi koje bi raspodjele mogle da opišu dobivene podatke. Nakon toga slijedi estimiranje parametara za odabrane raspodjele. I u posljednjem koraku se koriste testovi dobrote na osnovu kojih se zaključuje koja raspodjela najbolje opisuje analizirane podatke. Dobivene informacije zajedno sa tokom procesa su dovoljne za uspostavu modela procesa.

Za mjerenje performansi procesa potrebno je definisati kriteriji od interesa. Oni se mogu mijenjati sa razvojem organizacije i sa njenim ciljevima. Također, između njih mogu da postoje prioriteti npr. vrijeme čekanja korisnika u procesu treba da bude važnije od cijene procesa i sl. U ovom istraživanju će se uzeti u obzir i ograničenja u funkciji cilja.

Nakon uspostave modela procesa i određivanja kriterija od interesa i definisanja njihovih ograničenja, potrebno je definisati i ograničenja za ljudske resurse u procesu. Navedena ograničenja se ogledaju o obliku najvećeg broja ljudskih resursa koji su dostupni za proces, najvećeg broja kvalifikovanih resursa za svaku aktivnost u procesu, kao i najvećeg i najmanjeg broja ljudskih resursa koji mogu obavljati aktivnosti u procesu. Posljednje ograničenje proizilazi iz toga što može biti npr. pet dostupnih resursa, ali je takvo radno mjesto da mogu samo dva od njih raditi. Do ovih ograničenja će se doći kroz radionice sa vlasnicima i/ili učesnicima u procesu koje će biti organizovane u organizaciji čiji proces bude analiziran. Poslije toga potrebno je odabrati algoritam pomoću kojeg je moguće naći optimalan raspored korisnika u procesu sa aspekta definisanih kriterija. Biće odabrano više algoritama između kojih će se uraditi interno poređenje u radu. Algoritmi će se odabrati analizom stanja u oblasti i shodno problemu koji se rješava. Veoma važno je napomenuti da će se algoritmi modifikovati tako da mogu da rade sa stohastičkim simulacijskim modelom, budući da je korištenje stohastičkog modela novi pristup za rješavanje problema alokacije ljudskih resursa u odnosu na stanje u pomenutoj oblasti istraživanja. Algoritmi će se modifikovati tako da mogu uzeti u obzir navedena ograničenja u procesu kao i da pronađu rješenja u prihvatljivom vremenu. Na samom kraju slijedi analiza i eksperimentalno potvrđivanje efikasnosti predložene metodologije za modeliranje poslovnih procesa sa alokacijom resursa. Rezultati bi trebali pokazati da predloženo modeliranje poslovnih procesa sa ograničenjima može ostvariti poboljšanje procesa sa aspekta korištenih kriterija u odnosu na trenutno stanje u organizacijama u prihvatljivom vremenu. Također, daće se i projekcije za budući istraživački rad u predmetnoj oblasti doktorske disertacije.



Slika 2. Dijagram metodološkog okvira

5.1 Plan istraživanja

Razrađeni plan istraživanja sadrži sljedeće aktivnosti i korake:

- a) Proučavanja i klasifikacija objavljenih naučnih i stručnih radova iz oblasti unapređenja poslovnih procesa korištenjem process mining tehnika, simulacijskih tehnika, te alokacije resursa u procesima,
- b) Teorijska razmatranja i istraživanje postojećih modela i pristupa za unapređenje poslovnih procesa iz pomenutih oblasti,
- c) Predprocesiranje podataka i njihova priprema u odgovarajućem formatu za process mining analizu,
- d) Istraživanje algoritama za dobivanje toka procesa (process discovery) iz realnih log fajlova događaja,
- e) Definisanje pravila na osnovu koji će se doći do vremena izvršavanja aktivnosti u procesu i vremena međugenerisanja instanci procesa iz log fajlova događaja,
- f) Analiza i razmatranje statističkih metoda za estimiranje funkcija distribucije vjerovatnoće kao i njenih parametara iz uzoraka podataka,
- g) Identifikacija kriterija (ključnih indikatora performansi) u poslovnim procesima i analiza njihove zavisnosti i međusobnih prioriteta,
- h) Definisanje ograničenja u poslovnim procesima zajedno sa vlasnicima i/ili učesnicima u procesu koja su vezana za alokaciju ljudskih resursa,
- i) Teoretska razmatranja i principi alokacije resursa u poslovnim procesima iz naučnih i stručnih radova analizirane literature,
- j) Definisanje, implementacija modifikovanih algoritama za alokaciju resursa u domenskom problemu,
- k) Interno i eksterno poređenje predloženih algoritama za alokaciju resursa sa odgovarajućim metodama iz stanju u oblasti,
- l) Analiza i eksperimentalna potvrđivanja efikasnosti predložene metode za unapređenje poslovnih procesa sa fokusom na alokaciju ljudskih resursa.

6 Očekivani izvorni naučni doprinos

Očekivani doprinos istraživanja je poboljšani pristup u modeliranju poslovnih procesa s fokusom na poboljšanje alokacije resursa. Istraživanje će pružiti naučni i stručni doprinos. Naučni doprinos je algoritam za poboljšani pristup u modeliranju poslovnih procesa s fokusom na poboljšanje alokacije resursa. Modela za unapređenje poslovnih procesa će kombinovati tehnike za predprocesiranje podataka, tehnike process mining-a, simulacije i algoritama za optimizaciju, kako bi se riješili neki od nedostataka postojećih modela. Predloženi model će moći da radi sa ograničenjima u poslovnim procesima vezanih za ljudske resurse.

Stručni doprinos je implementacija algoritma za poboljšani pristupa u modeliranju poslovnih procesa s fokusom na poboljšanje alokacije resursa i primjena na konkretnim slučajevima i generalizacija na klasi skupova u oblasti istraživanja. Prednost ovog modela je što je zasnovan na stvarnim dešavanjima u poslovnim procesima, tj. kako se stvarno izvršavaju poslovni procesi, a ne na pretpostavkama kako bi se trebali izvršavati poslovni procesi.

Rezime očekivanih rezultata i elemenata doprinosa disertacije uključuje sljedeće:

- Prijedlog algoritma za poboljšani pristup u modeliranju poslovnih procesa sa fokusom

na poboljšanje alokacije ljudskih resursa,

- Implementacija predloženog algoritma i njegova primjena na konkretnim slučajevima i generalizacija na klasi skupova u oblasti istraživanja.

7 Korištena literatura

- [1] Ahmadikatouli, M. Aboutalebi, "New Evolutionary Approach to Business Process Model Optimisation", in *Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientist*, Hong Kong, China, vol. 2, March 2011, pp. 1119-1122.
- [2] M. Wibig, "Dynamic Programming and Genetic Algorithm for Business Process Optimization", in *International Journal of Intelligent Systems and Applications*, vol. 5(1), December 2012, pp. 44-51.
- [3] M. Wibig, "Optimization of Business Processes using Petri Nets and Dynamic Programming", in *Journal Studia Informatica*, vol. 31(90), 2010, pp. 173-180.
- [4] I. Ognjanović, R. Šendelj, "A Genetic Algorithm for Configuration of the Business Process Families", in *4th International Conference on Computer Engineering and Technology (ICCET)*, Singapore, vol. 40, 2012, pp. 6-11.
- [5] M. G. C. A. Cimino, G. Vaglini, "An Interval-Valued Approach to Business Process Simulation Based on Genetic Algorithms and the BPMN", in *Information Journal*, Switzerland, vol. 5(2), 2014, pp. 319-356.
- [6] J. Park, D. Seo, G. Hong, D. Shin, J. Hwa, D. H. Bae, "Practical Human Resource Allocation in Software Projects Using Genetic Algorithm", in *Proceedings of the Twenty-Sixth International Conference on Software Engineering & Knowledge Engineering*, 2014, pp. 688-694.
- [7] A. M. Connor, A. Shah, "Resource Allocation Using Metaheuristic Search", in *Proceedings of the 4th International Conference on Computer Science and Information Technology*, 2014, pp. 353-364.
- [8] A. Martens, P. Fettke, P. Loos, "A Genetic Algorithm for the Inductive Derivation of Reference Models Using Minimal Graph-Edit Distance Applied to Real-World Business Process Data", in *MKWI – Multikonferenz Wirtschaftsinformatik*, Germany, 2014, pp. 1613-1626.
- [9] B. N. Yahya, H. Bae, J. Bae, D. Kim, "Generating Valid Reference Business Process Model using Genetic Algorithm", in *International Journal of Innovative Computing, Information and Control*, vol. 8(2), 2012, pp. 1463-1477.
- [10] M. Kühn, T. Baumann, H. Slazwedel, "Genetic algorithm for process optimization in hospitals", in *Proceedings 26th European Conference on Modeling and Simulation*, Germany, 2012, pp. 103-107.
- [11] S. T. Farsani, M. Aboutalebi, H. Motameni, "Customizing NSGAI to Optimize Business Processes Designs", in *Research Journal of Recent Sciences*, vol. 2(12), 2013, pp. 74-79.
- [12] W. Z. Low, D. Weerdt, M. T. Wynn, A. H. M. ter Hofstede, W. M. P. van der Aalst, S. van den Broucke, "Perturbing Event Logs to Identify Cost Reduction Opportunities: A Genetic Algorithm-based Approach", in *IEEE Congress on Evolutionary Computation Proceedings*, China, 2014, pp. 2428-2435.

- [13] F. Kamrani, R. Ayani, F. Moradi, "A framework for simulation-based optimization of business process models" in *Journal of Simulation: Transactions of the Society for Modeling and Simulation International*, vol. 88(7), 2011, pp. 852-869.
- [14] S. Nestic, A. Djordjevic, A. Aleksic, I. Macuzic, M. Stefanovic, "Optimization of the Maintenance Process Using Genetic Algorithms", in *Chemical Engineering Transactions Journal*, vol. 33, 2013, pp. 319-324.
- [15] V. Harsora, A. Shah, "A Modified Genetic Algorithm for Process Scheduling in Distributed System", in *International Journal of Computer Applications Special Issue on Artificial Intelligence Techniques – Novel Approaches & Practical Applications*, vol. 1, 2011, pp. 36-40.
- [16] A. Ahmadikatoouli i H. Motameni, "Enrichment of Object Oriented Petri Net and Object Z Aiming at Business Process Optimization", in *International Journal of Advanced Computer Science and Applications (IJACSA)*, vol. 6(7), 2015, pp. 13-19.
- [17] V. Jančauskas, G. Kaukas, A. Žilinskas, J. Žilinskas, "On Multi-Objective Optimization Aided Visualization of Graphs Related to Business Process Diagrams", in *Communications in Computer and Information Science*, vol. 319, 2012, pp. 87-100.
- [18] W. Abo-Hamad. An Optimisation-Based Framework for Complex Business Process: Healthcare Application. Ph.D. dissertation. School of Management, College of Business, Dublin Institute of Technology, Dublin, Republic of Ireland, 2011.
- [19] K. Kulkarni, J. Venkateswaran, "Iterative Simulation and Optimization approach for job shop scheduling", in *Proceedings of the 2014 Winter Simulation Conference*, Savannah, GA, 7-10. Dec. 2014, pp. 1620-1631.
- [20] D. Agrawal, H. L. Jaiswal, I. Singh, K. Chandrasekaran, "An Evolutionary Approach to Optimizing Cloud Services", in *Computer Engineering and Intelligent Systems*, vol. 3(4), 2012, pp. 47-54.
- [21] J. Zurada, "Optimization Problems And Genetic Algorithms", in *Review of Business Information Systems – Third Quarter 2010*, vol. 14(3), 2010, pp. 5-10.
- [22] S.Trif, "Using Genetic Algorithms in Secured Business Intelligence Mobile Applications" in *Informatica Economica*, vol. 15(1), 2011, pp. 69-79.
- [23] D. Sundar, K. Alagarsamy, "Effective Concurrent with the Usage of Genetic Algorithms for Software Development", in *International Journal of Software Engineering & Applications (IJSEA)*, vol. 3(5), 2012, pp. 81-89.
- [24] M. Chen i S. A. Ludwig, "Fuzzy-guided Genetic Algorithm applied to the Web Service Selection Problem", in *Proceedings of the 2012 IEEE International Conference on Fuzzy Systems*, June 2012, pp. 1-8.
- [25] I. Ognjanović, B. Mohabbati, D. Gašević, E. Bagheri, M. Bošković, "A Metaheuristic Approach for the Configuration of Business Process Families", in *Proceedings IEEE International Conference on Services Computing (SCC)*, Hawaii, USA, June 2012, pp. 25-32.
- [26] F. C. Yuan, "Parameters Optimization Using Genetic Algorithms in Support Vector Regression for Sales Volume Forecasting", in *Applied Mathematics*, vol. 3, 2012, pp. 1480-1486.
- [27] V. Ranković, M. Drenovak, B. Stojanović, Z. Kalinić, Z. Arsovski, "The mean-Value at Risk static portfolio optimization using genetic algorithm", in *Computer Science and Information Systems*, vol. 11(1), 2014, pp. 89-109.
- [28] M. J. Prem, M. Karnan, "Business Intelligence: Optimization techniques for Decision Making", in *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, vol. 2(8), August 2013, pp. 1081-1092.

- [29] B. Tan, H. Ma, M. Zhang, "Optimization of Location Allocation of Web Services Using A Modified Non-dominated Sorting Genetic Algorithm", in *Lecture Notes in Computer Science*, vol. 9592, 2016, pp. 246-257.
- [30] H. C. W. Lau, "Computational Intelligence Approach for Process Parameter Settings Using Knowledge Representation", in *Lecture Notes in Software Engineering*, vol. 3(1), February 2015, pp. 49-52.
- [31] X. Wang, P. Wang, L. Chen, P. Zou, J. He, "A QoS-based service composition optimization method", in *International Workshop on Cloud Computing and Information Security (CCIS)*, October 2013, pp. 1-4.
- [32] N. C. Dzupire, Y. Nkansah-Gyekye, "A Multi-Stage Supply Chain Network Optimization Using Genetic Algorithms", in *Mathematical Theory and Modeling*, vol. 4(8), 2014, pp. 18-28.
- [33] C. S. Danalakshmi, G. M. Kumar, "Optimization of Supply Chain Network Using Genetic Algorithm", in *IEEE Winter Simulation Conference*, 2010, pp. 1268-1275.
- [34] Y. Xiaozhong, L. Jian, Y. Yong, "Study on the IT Service Evaluation System in ITIL-based Small and Medium-sized Commercial Banks", in *International Journal of Hybrid Information Technology*, vol. 8(4), 2015, pp. 233-242.
- [35] F. C. Pop, D. Pallez, M. Cremene, A. G. B. Tettamanzi, M. Suci, M. Vaida, "QoS-Based Service Optimization using Differential Evolution", in *Proceedings of the 13th annual conference on Genetic and evolutionary computation*, Ireland, July 12-16, 2011, pp. 1891-1898.
- [36] A. Woźniak, "The concept of server allocation to components in SOA architecture", in *Biuletyn Instytutu Systemw Informatycznych*, vol. 14, 2014, pp. 35-42.
- [37] L. Wang, "Economical data-intensive service provision supported with a modified genetic algorithm", in *IEEE 2nd International Congress on Big Data*, 2013, pp. 358-365.
- [38] A. Gudelj, D. Kezić, S. Vidačić, "Planning and Optimization of AGV Jobs by Petri Net and Genetic Algorithm", in *Journal of Information and Organizational Sciences*, vol. 36(2), 2012, pp. 99-122.
- [39] K. Böhmer, S. Rinderle-Ma, "A Genetic Algorithm for Automatic Business Process Test Case Selection", in *Lecture Notes in Computer Science*, vol. 9415, October 2015, pp. 166-184.
- [40] P. K. Butey, S. Meshram, R. L. Sonolikar, "Query Optimization by Genetic Algorithm", in *Journal of Information Technology and Engineering*, vol. 3(1), 2012, pp. 44-51.
- [41] S. Aguirre, C. Parra, J. Alvarado, "Combination of Process Mining and Simulation Techniques for Business Process Redesign: A Methodological Approach", in *Lecture Notes in Business Information Processing*, vol. 162, 2013, pp. 24-43.
- [42] Parul, T. Ahuja, "Airline Management Optimization using Genetic Algorithm", in *International Journal of Emerging Trends & Technology in Computer Science (IJETTCS)*, vol. 3(3), May-June 2014, pp. 173-176.
- [43] L. Zheng, C. Zeng, L. Li, Y. Jiang, W. Xue, J. Li, C. Shen, W. Zhou, H. Li, L. Tang, T. Li, B. Duan, M. Lei, P. Wang, "Applying Data Mining Techniques to Address Critical Process Optimization Needs in Advanced Manufacturing", in *Proceedings of the 20th ACM SIGKDD international conference on Knowledge discovery and data mining*, 2014, pp. 1739-1748.
- [44] A. Weijters, "An Optimization Framework for Process Discovery Algorithms", in *Proceedings of the International Conference on Data Mining*, Las Vegas Nevada, USA, 2011.
- [45] T. Štajner, C. Fortuna, D. Mladenić, M. Grobelnik, "Knowledge process mining and optimization", in *Slovenian KDD conference*, Slovenia, 2011.

- [46] K. Gerke. Continual Process Improvement based on Reference Models and Process Mining. Ph. D. dissertation. Wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät, Humboldt-Universität zu Berlin, Germany, 2011.
- [47] C. J. Turner, A. Tiwari, R. Olaiya, Y. Xu, “Business Process Mining: From Theory to Practice”, in *Business Process Management Journal*, vol. 18(3), 2012, pp. 493-512.
- [48] J. C. A. M. Buijs. Flexible Evolutionary Algorithms for Mining Structured Process Models. Ph. D. dissertation. Technische Universiteit Eindhoven, Eindhoven, 2014.
- [49] F. Niedermann, H. Schwarz, “Deep Business Optimization: Making Business Process Optimization Theory Work in Practice”, in *Lecture Notes in Business Information Processing*, vol. 81, 2011. pp. 88-102.
- [50] C. Gröger, F. Niedermann, B. Mitschang, “Data Mining-driven Manufacturing Process Optimization”, in *Proceedings of the World Congress on Engineering*, vol. 3, London, U.K, July 4-6, 2012, pp. 1475-1481.
- [51] M. B. Sampedro, V. M. Dubovoy, “Efficient Resources Allocation in Technological Processes Using Genetic Algorithm”, in *Middle-East Journal of Scientific Research*, vol. 14(1), 2013, pp. 01-04.
- [52] J. L. Kim, “Integrated Genetic Algorithm and its Applications for Construction Resource Optimization”, in *Proceedings of the 2010 Winter Simulation Conference*, 2010, pp. 3212-3219.
- [53] J. Park, D. Seo, G. Hong, D. Shin, J. Hwa, D. H. Bae, “Human Resource Allocation in Software Project with Practical Considerations”, in *International Journal of Software Engineering and Knowledge Engineering*, vol. 25(1), 2015, pp. 5-26.
- [54] H. Huang, H. Ma, M. Zhang, “An Enhanced Genetic Algorithm for Web Service Location-Allocation”, in *Lecture Notes in Computer Science*, vol. 8645, 2014, pp. 223-230.
- [55] B. Li, D. Qiu, H. Leung, D. Wang, “Automatic test case selection for regression testing of composite service based on extensible BPEL flow graph”, in *The Journal of Systems and Software*, vol. 85, 2012, pp. 1300-1324.
- [56] M. C. Toley, V. B. Bhagat, “An Application of Ant Colony Optimization for Software Project Scheduling with Algorithm In Artificial Intelligence”, in *International Journal of Application or Innovation in Engineering & Management (IJAIEEM)*, vol. 3(2), February 2014, pp. 149-153.
- [57] S. Yarramsetti, G. Kousalya, “An optimized event based software project scheduling with uncertainty treatment”, in *ARPJN Journal of Engineering and Applied Sciences*, April 2015. vol. 10(6), pp. 2613-2620.
- [58] M. Kress. Intelligent Business Process Optimization for the Service Industry. Ph. D. dissertation. Karlsruher Institut für Technologie (KIT). Karlsruhe, KIT Scientific Publishing 2010, 2010.
- [59] J. Guo, J. White, G. Wang, J. Li, Y. Wang, “A Genetic Algorithm for Optimized Feature Selection with Resource Constraints in Software Product Lines”, in *Journal of Systems and Software*, vol. 84, 2011, pp. 2208-2221.
- [60] W. M. P. van der Aalst. *Process Mining: Discovery, Conformance and Enhancement of the Business Processes*. Springer-Verlag, Berlin, 2010.
- [61] W. M. P. van der Aalst, A. Adriansyah, B. van Dongen, “Replaying History on Process Models for Conformance Checking and Performance Analysis”, in *Data Mining and Knowledge Discovery Journal*, vol. 2(2), March 2012, pp. 182-192.
- [62] A. Adriansyah, J. C. A. M. Buijs, “Mining Process Performance from Event Logs”, in *Lecture Notes in Business Information Processing*, vol. 132, 2013, pp. 217-218.

- [63] J. C. A. M. Buijs, M. L. Rosa, H. A. Reijers, B. F. van Dongen, W. M. P. van der Aalst, "Improving Business Process Models using Observed Behavior", in *Lecture notes in Business Information Processing*, vol. 162, 2013, pp. 44-59.
- [64] A. Arisha, W. Abo-Hamad, "Simulation Optimisation Methods in Supply Chain Applications: a Review", in *Irish Journal of Management*, 2010, pp. 95-124.
- [65] S. Sefiane, M. Benbouziane, "Portfolio Selection Using Genetic Algorithm", in *Journal of Applied Finance & Banking*, 2012, vol. 2(4), pp. 143-154.
- [66] K. Deb, "Multi-Objective Optimization Using Evolutionary Algorithms: An Introduction", in *Multi-objective Evolutionary Optimisation for Product Design and Manufacturing*, 2011, pp. 3-34.
- [67] B. H. Bhavani, H. S. Guruprasad, "Resource Provisioning Techniques in Cloud Computing Environment: A Survey", in *International Journal of Research in Computer and Communication Technology*, vol. 3(3), March 2014, pp. 395-401.
- [68] L. Wang, J. Shen, J. Jong, "A survey on bio-inspired algorithms for web service composition", in *Proceedings of the 2012 IEEE 16th International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design*, 2012, pp. 569-574.
- [69] F. Niedermann, H. Schwarz, "Deep Business Optimization: Making Business Process Optimization Theory Work in Practice", in *Lecture Notes in Computer Science*, vol. 81, 2011, pp. 88-102.
- [70] J. Ren, M. Harman, M. D. Penta, "Cooperative Co-evolutionary Optimization of Software Project Staff Assignments and Job Scheduling", in *Lecture Notes in Computer Science*, vol. 6956, 2011, pp. 127-141.
- [71] A. J. M. M. Weijters, J. T. S. Ribeiro, "Flexible Heuristic Miner (FHM)", in *CIDM IEEE*, 2011, pp. 310-317.
- [72] A. Kumar, R. M. Dijkman, M. Song, "Optimal resource in workflows for maximizing cooperation", in *Lecture Notes in Computer Science*, vol. 8094, 2013, pp. 235-250.
- [73] D. R. Ferreira, C. Alves, "Discovering User Communities in Large Event Logs", in *Lecture Notes in Business Information Processing*, vol. 99, 2012, pp. 123-134.
- [74] J. Nakatumba, W. M. P. van der Aalst, "Analyzing Resource Behavior Using Process Mining", in *Lecture Notes in Business Information Processing*, vol. 43, 2010, pp. 69-80.
- [75] Y. M. Li, H. W. Hsiao, Y. L. Lee, "Recommending social network applications via social filtering mechanisms", in *Information Sciences*, vol. 239, 2013, pp. 18-30.
- [76] S. Schöning, C. Cabanillas, S. Jablonski, J. Mendling, "Mining the Organisational Perspective in Agile Business Processes", in *Lecture Notes in Business Information Processing*, vol. 214, 2015, pp. 37-52.
- [77] A. Pika, M. T. Wynn, C. J. Fidge, A. H. M. ter Hofstede, M. Leyer, W. M. P. van der Aalst, "An Extensible Framework for Analysing Resource Behaviour Using Event Logs", in *Lecture Notes in Computer Science*, vol. 8484, 2014, pp. 564-579.
- [78] S. Hong, Y. Lee, J. Kim, I. Choi, "A Methodology for Redesigning an Organizational Structure based on Business Process Models using SNA Techniques", in *International Journal of Innovative Computing, Information and Control*, vol. 8(7), July 2012, pp. 5411-5424.
- [79] Z. B. Bidoni, R. George, "Discovering Community Structure in Dynamic Social Networks using the Correlation Density Rank", in *ASE Conference*, May 2014

- [80] R. Michalski, S. Palus, P. Kazienko, "Matching Organizational Structure and Social Network Extracted from Email Communication", in *Lecture Notes in Business Information Processing*, vol. 87, 2011, pp. 197-206.
- [81] M. Martin, S. Hendrik, "Process Mining Approaches to Detect Organizational Properties in Cyber-Physical Systems", in *Twenty Second European Conference on Information System*, 2014
- [82] P. Trkman, K. McCormack, M. P. V. d. Oliveira, M. B. Ladeira, "The impact of business analytics on supply chain performance", in *Decision Support Systems*, vol. 49(3), 2010, pp. 318-327.
- [83] A. Burattin, A. Sperduti, M. Veluscek, "Business Model Enhancement through Discovery of Roles", in *IEEE symposium on computational intelligence and data mining*, 2013, pp. 103-110.
- [84] G. M. Veiga, D. R. Ferreira, "Understanding Spaghetti Models with Sequence Clustering for ProM", in *Lecture Notes in Business Information Processing*, vol. 43, 2010, pp. 92-103.
- [85] A. A. Kalenkova, W. M. P. van der Aalst, I. A. Lomazova, "Process Mining Using BPMN: Relating Event Logs and Process Models", in *Software and Systems Modeling*, 2015, pp. 1-25.
- [86] A. A. Kalenkova, I. A. Lomazova, W. M. P. van der Aalst, "Process Mining Discovery: A Method Based on Transition System Decomposition", in *Lecture Notes in Computer Science*, vol. 8489, 2014, pp. 71-90.
- [87] W. M. P. van der Aalst, "Decomposing Petri Nets for Process Mining: A Generic Approach", in *Distributed and Parallel Databases*, vol. 31(4), 2013, pp. 471-507.
- [88] S. J. J. Leemans, D. Fahland, W. M. P. van der Aalst, "Discovering Block-Structured Process Models From Event Logs: A Constructive Approach", in *Lecture Notes in Computer Science*, vol. 7927, 2013, pp. 311-329.
- [89] L. Sánchez-González, F. Gracia, J. Mendling, F. Ruiz, M. Piattini, "Prediction of Business Process Model Quality based on Structural Metrics", in *Lecture Notes in Computer Science*, vol. 6412, 2010, pp. 458-463.
- [90] W. M. P. van der Aalst, A. Adriansyah, B. F. van Dongen, "Causal Nets: A Modeling Language Tailored Towards Process Discovery", in *Lecture Notes in Computer Science*, vol. 6901, 2011, pp. 28-42.
- [91] A. Baumgrass, M. Strembeck, "Bridging the gap between role mining and role engineering via migration guides", in *Information Security Technical Report*, 2013, pp. 1-25.
- [92] F. Szimanski, C. G. Ralha, G. Wagner, D. R. Ferreira, "Improving Business Process Models with Agent-based Simulation and Process Mining", in *Lecture Notes in Business Information Processing*, vol. 147, 2013, pp. 124-138.
- [93] N. Martin, B. Depaire, A. Caris, "The Use of Process Mining in Business Process Simulation Model Construction", in *Business & Information System Engineering*, 2016, vol. 58(1), pp. 73-87.
- [94] M. Pospíšil, V. Mates, "Process Mining in a Manufacturing Company for Predictions and Planning", in *International Journal on Advances in Software*, vol. 6(3&4), 2013, pp. 283-297.
- [95] Y. Liu, H. Zhang, C. Li, R. J. Jiao, "Workflow simulation for operational decision support using event graph through process mining", in *Decision Support Systems*, vol. 52, 2012, pp. 685-697.
- [96] A. Senderovich, M. Weidlich, A. Gal, A. Mandelbaum, "Queue Mining – Predicting Delays in Service Processes", in *Lecture Notes in Computer Science*, vol. 8484, 2014, pp. 42-57.

- [97] W. M. P. van der Aalst, M. H. Schonenberg, M. Song, "Time Prediction Based on Process Mining", in *Information Systems*, vol. 36(2), 2011, pp. 450-475.
- [98] A. Rogge-Solti, W. M. P. van der Aalst, M. Weske, "Discovering Stochastic Petri Nets with Arbitrary Delay Distributions from Event Logs", in *Lecture Notes in Business Information Processing*, vol. 171, 2014, pp. 15-27.
- [99] A. Adriansyah, B. F. van Dongen, W. M. P. van der Aalst, "Towards Robust Conformance Checking", in *Lecture Notes in Business Information Processing*, vol. 66, 2011, pp. 122-133.
- [100] A. Adriansyah, B. F. van Dongen, W. M. P. van der Aalst, "Conformance Checking using Cost-Based Fitness Analysis", in *IEEE International Enterprise Computing Conference*, 2011, pp. 55-64.
- [101] W. M. P. van der Aalst, "Business Process Simulation Revisited", in *Lecture Notes in Business Information Processing*, vol. 63, 2010, pp. 1-14.
- [102] C. Giuseppe, M. Valerio, M. Teresa, S. L. Carmela, "A Simulation Approach in Process Mining Conformance Analysis. The Introduction of a Brand New BPMN Element", in *International Conference on Future Software Engineering and Multimedia Engineering*, 2014, vol. 6, pp. 45-51.
- [103] M. L. Delignette-Muller, C. Dutang, "fitdistrplus: An R Package for Fitting Distributions", in *Journal of Statistical Software*, 2015, vol. 64(4), pp. 1-34.
- [104] J. de Weerd. Business Process Discovery: New Techniques and Applications. Ph. D. dissertation. Faculteit Economie en Bedrijfswetenschappen, KU Leuven. Leuven, Belgium. 2012.
- [105] R. P. J. C. Bose, H. M. W. Verbeek, W. M. P. van der Aalst. "Discovering Hierarchical Process Models Using ProM", in *Lecture Notes in Business Information Processing*, vol. 107, 2011, pp. 33-48.
- [106] D. Cook, N. C. Krishnan, P. Rashidi. "Activity Discovery and Activity Recognition: A New Partnership", in *IEEE Transactions on Cybernetics*, vol. 43(3), 2013, pp. 820-828.
- [107] N. Herzberg, A. Meyer, M. Weske. "An Event Processing Platform for Business Process Management", in *17th IEEE International Enterprise Distributed Object Computing Conference (EDOC 2013)*, 2013, pp. 107-116.
- [108] J. S. Ingvaldsen. Semantic Process Mining of Enterprise Transaction Data. Ph. D. dissertation. Department of Mathematics and Electrical Engineering, Faculty of Information Technology, Norwegian University of Science and Technology, Norway, 2011.
- [109] M. Walicki, D. R. Ferreira. "Mining Sequences for Patterns with Non-Repeating Symbols", in *IEEE Congress on Evolutionary Computation 2010*, pp. 3269-3276, 2010.
- [110] R. Pérez-Castillo, B. Weber, J. Pinggera, S. Zugal, I. G. R. de Guzmán, M. Piattini. "Generating event logs from non-process-aware systems enabling business process mining", in *Enterprise Information Systems*, vol. 5(3), 2011, pp. 301-335.
- [111] R. P. J. C. Bose, W. M. P. van der Aalst. "Process Diagnostics Using Trace Alignment: Opportunities, Issues, and Challenges", in *Information Systems*, vol. 37(2), 2012, pp. 117-141.
- [112] D. Fahland, W. M. P. van der Aalst. "Simplifying Discovered Process Models in a Controlled Manner", in *Information Systems*, vol. 38(4), 2013, pp. 585-605.
- [113] H. Leopold, M. Niepert, M. Weidlich, J. Mendling, R. Dijkman, H. Stuckenschmidt. "Probabilistic Optimization of Semantic Process Model Matching", in *Lecture Notes in Computer Science*, vol. 7481, 2012, pp. 319-334.

- [114] C. Klinkmüller, I. Weber, J. Mendling, H. Leopold, A. Ludwig. “Increasing Recall of Process Model Matching by Improved Activity Label Matching”, in *Lecture Notes in Computer Science*, vol. 8094, 2013, pp. 211-218.
- [115] S. Smirnov, H. A. Reijers, M. Weske. “From Fine-Grained to Abstract Process Models: A Semantic Approach”, in *Information Systems*, vol. 37(8), 2012, pp. 784-797.
- [116] M. Weidlich, R. Dijkman, M. Weske. “Behaviour Equivalence and Compatibility of Business Process Models with Complex Correspondences”, in *Computer Journal*, vol. 55(11), 2012, pp. 1398-1418.
- [117] M. Weidlich, E. Sheetrit, M. C. Branco, A. Gal. “Matching Business Process Models Using Positional Passage-based Language Models”, in *Lecture Notes in Computer Science*, vol. 8217, 2013, pp. 130-137.
- [118] M. Weidlich, R. Dijkman, J. Mendling. “The ICoP Framework: Identification of Correspondences between Process Models”, in *Lecture Notes in Computer Science*, vol. 6051, 2010, pp. 438-498.
- [119] A. Burattin, R. Vigo. “A framework for semi-automated process instance discovery from decorative attributes”, in *IEEE Symposium on Computational Intelligence and Data Mining*, 2011, pp. 176-183.
- [120] A. Appice, D. Malerba. “A Co-Training Strategy for Multiple View Clustering in Process Mining”, in *IEEE Transactions on Services Computing*, vol. 9(6), 2016, pp. 832-845.
- [121] S. Pandey, L. Wu, S. M. Guru, R. Buyya, “A Particle Swarm Optimization-based Heuristic for Scheduling Workflow Applications in Cloud Computing Environments”, in *Proceedings of the 2010 24th IEEE International Conference on Advanced Information Networking and Applications*, April 20-23, 2010, pp. 400-407.
- [122] J. Joy, S. Rayeev, V. Narayanan, “Particle swarm optimization for resource Constrained-project scheduling problem with varying resource levels”, in *Procedia Technology*, vol. 25, 2016, pp. 948-954.
- [123] B. Booba, T. V. Gopal, “Comparison of ant colony optimization & particle swarm optimization in grid environment”, in *International Journal of Advanced Research in Computer Science and Applications*, vol. 1(5), November 2013, pp. 27-33.
- [124] D. Zhang, Y. Liu, R. M’Hallah, and S. C. H. Leung, “A simulated annealing with a new neighborhood structure based algorithm for high school timetabling problems”, in *European Journal of Operational Research*, vol. 203(3), 2010, pp. 550–558.
- [125] L. Borba, M. Ritt, “A heuristic and a branch-and-bound algorithm for the Assembly Line Worker Assignment and Balancing Problem”, in *Computer and Operations Research*, vol. 45, 2014, pp. 87-96.
- [126] C. Selaru, “Resource allocation in project management”, in *International Journal of Economic Practices and Theories*, vol. 2(4), 2012, pp. 274–282.
- [127] M. C. O. Moreira, M. Ritt, A. M. Costa, and A. A. Chaves, “Simple heuristics for the assembly line worker assignment and balancing problem”, in *Journal of Heuristics*, vol. 18(3), 2012, pp. 505–524.
- [128] K. Nakade, A. Ito, S. M. Ali, “U-shaped assembly line balancing with temporary workers”, in *Journal of Industrial Engineering*, vol. 21(6), 2015, pp. 134-146.
- [129] L. Borba, M. Ritt, “Exact and Heuristic Methods for the Assembly Line Worker Assignment and Balancing Problem”, in *Technical Report Number: 368 2013 Universidade Federal do Rio Grande do Sul*, 2013.

- [130] H. Zhu, J. Tang, J. Gong, “Nurses Staffing and Allocation in Multi-stage Queueing Network with I2 Patients’ Routing for Outpatient Department”, in *Journal of Applied Sciences*, vol. 13(15), 2013, pp. 2884-2890.
- [131] S. Lukas, A. Aribowo, M. Muchri, “Solving Timetable Problem by Genetic Algorithm and Heuristic Search Case Study: Universitas Pelita Harapan Timetable”, in *Real-World Applications of Genetic Algorithms*, vol. 378, 2013, pp. 303-317.
- [132] M. Fikri, A. El, H. Alaoui, and M. El Khomssi, “Assignment Staff with Dynamic Competencies in Multi-Projects & Multi-Periods : Modelling and Solving by a Hybridization of Ant Colony Algorithm”, in *International Journal of Computer Science and Network Security*, vol. 11(3), 2011, pp. 227-240.
- [133] K. Murakami, S. O. Tasan, M. Gen, T. Oyabu, “A Case Study of Human Resource Allocation for Effective Hotel Management”, in *Industrial engineering management system*, vol. 10(1), 2011, pp. 54-64.
- [134] O. Mutlu, O. Polat, and A. A. Supciller, “An iterative genetic algorithm for the assembly line worker assignment and balancing problem of type-II”, in *Computer and Operations Research*, vol. 40(1), 2013, pp. 418–426.
- [135] T. Thepphakorn, P. Pongcharoen, and C. Hicks, “An ant colony based timetabling tool”, in *International Journal of Production Economics*, vol. 149, 2014, pp. 131–144.
- [136] X. Y. Ma, “Application of assignment model in PE human resources allocation”, in *Energy Procedia*, vol. 16(PART C), 2011, pp. 1720–1723.
- [137] N. Garg, T. Kavitha, A. Kumar, K. Mehlhorn, and J. Mestre, “Assigning papers to referees”, in *Algorithmica (New York)*, vol. 58(1), 2010, pp. 119–136.
- [138] F. F. B. Araújo, A. M. Costa, and C. Miralles, “Balancing parallel assembly lines with disabled workers”, in *European Journal of Industrial Engineering*, vol. 9(3), 2015, pp. 344-366.
- [139] V. Shahhosseini and M. H. Sebt, “Competency-based selection and assignment of human resources to construction projects”, in *Scientia Iranica*, vol. 18(2), 2011, pp. 163–180.
- [140] S. Swangnop and P. Chaovalitwongse, “A two-step Tabu search heuristic for multi-period multi-site assignment problem with joint requirement of multiple resource types”, in *Engineering Journal*, vol. 18(3), 2014, pp. 83–97.
- [141] Araújo, Felipe F B, A. M. Costa, C. Miralles, and F. F. B. Araújo, “Two extensions for the assembly line worker assignment and balancing problem : parallel stations and collaborative approach”, in *International Journal of Production Economics*, vol. 140(1), 2012, pp. 483–495.
- [142] M. Vilà, J. Pereira, “A branch-and-bound algorithm for assembly line worker assignment and balancing problems”, in *Computer and Operations Research*, vol. 44, 2014, pp. 105-114.
- [143] G. Carello and E. Lanzarone, “A cardinality-constrained robust model for the assignment problem in Home Care services”, in *European Journal of Operational Research*, vol. 236(2), 2014, pp. 748–762, 2014.
- [144] A. Costa, F. A. Cappadonna, and S. Fichera, “A hybrid metaheuristic approach for minimizing the total flow time in a flow shop sequence dependent group scheduling problem”, in *Algorithms*, vol. 7(3), 2014, pp. 376–396.
- [145] O. A. Odeniyi, E. O. Omidiora, S. O. Olabiyisi, and J. O. Aluko, “Development of a Modified Simulated Annealing to School Timetabling Problem”, in *International Journal of Applied Information Systems*, vol. 8(2), 2015, pp. 16–24.

- [146] J. G. Kotwal, T. S. Dhope, “Solving Task Allocation to the Worker Using Genetic Algorithm”, in *International Journal of Computer Science and Information Technologies*, vol. 6(4), 2015, pp. 3736-3741.
- [147] M. T. Aftab, M. Umer, R. Ahmad, “Jobs Scheduling and Worker Assignment Problem to Minimize Makespan using Ant Colony Optimization Metaheuristic”, in *International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial, Mechatronic and Manufacturing Engineering*, vol. 6(12), 2012, pp. 2823-2826.
- [148] E. Lanzarone and A. Matta, “Robust nurse-to-patient assignment in home care services to minimize overtime under continuity of care”, in *Operations Research for Health Care*, vol. 3(2), 2014, pp. 48–58.
- [149] C. Blum and C. Miralles, “On solving the assembly line worker assignment and balancing problem via beam search”, in *Computer and Operations Research*, vol. 38(1), 2011, pp. 328–339.
- [150] A. Gunawan and K. M. Ng, “Solving the teacher assignment problem by two metaheuristics”, in *International Journal of Information and Management Sciences*, vol. 22(1), 2011, pp. 73–86.
- [151] M. G. Güler, M. E. Keskin, A. Döyen, and H. Akyer, “On teaching assistant-task assignment problem: A case study”, in *Computers & Industrial Engineering*, vol. 79, 2015, pp. 18–26.