

MESTO I ZNAČAJ PROCESNOG RUDARENJA U UPRAVLJANJU POSLOVNIM PROCESIMA – PREGLED LITERATURE

THE PLACE AND SIGNIFICANCE OF PROCESS MINING IN BUSINESS PROCESS MANAGEMENT - LITERATURE REVIEW

Rade Božić

Univerzitet u Istočnom Sarajevu, Fakultet poslovne ekonomije Bijeljina,
Republika Srpska, BiH
rade.bozic@fpe.ues.rs.ba

Apstrakt: *Procesna orijentacija postaje sve zastupljenija u savremenim tržišnim uslovima bez obzira na veličinu poslovnog subjekta. Njena prednost se ogleda kroz direktnu odgovornost i jasno merljive rezultate procesa, što omogućava praćenje i kontrolu poslovanja. Kako bi se osigurala efikasnost navedene orijentacije, dolazi do razvoja upravljanja poslovnim procesima koje podrazumeva njihovo identifikovanje, realizaciju, analizu i konstantno unapređenje. Navedena disciplina, pored menadžmenta, postaje predmet interesovanja i nauke o informacionim tehnologijama. Zahvaljujući njoj, u vidu alata za podršku, razvija se tehnika procesnog rudarenja zasnovana na izdvajanju upotrebljivih informacija iz zapisa događaja. Cilj rada je putem pregleda literature prikazati mesto i značaj procesnog rudarenja u upravljanju poslovnim procesima. Opisani su rezultati dobijeni analizom i sintezom pojedinačnih radova koji ukazuju na mesto procesnog rudarenja u životnom ciklusu upravljanja poslovnim procesima, kao i prednosti koje se stižu njegovom primenom.*

Ključne riječi: *upravljanje poslovnim procesima, procesno rudarenje, životni ciklus*

Abstract: *Process orientation is becoming more and more present in modern market conditions, regardless of the size of the business entity. Its advantage is reflected through direct responsibility and clearly measurable results of the process, which enables monitoring and control of business. In order to ensure the efficiency of this orientation, business process management (BPM) was developed, which involves their identification, implementation, analysis and continuous improvement. This discipline is becoming a subject of interest of information technology science. In the form of support tools, process mining is being developed based on the extraction of usable information from event logs. The contribution of this paper is to review the*

place and significance of process mining in business process management through a review of the literature. The results obtained by the analysis of individual works are described, which indicate the place of process mining in the life cycle of business process management, as well as the advantages gained by its application.

Keywords: *business process management, process mining, life cycle*

1. UVOD

U fazi tržišne privrede dolazi do intenzivne konkurentske borbe koja prevazilazi nacionalne granice. Prateći trendove, preduzeća uvode različite promene u svom poslovanju kako bi ostvarila prednost u odnosu na konkurenciju. Jedna od tih promena se odnosi na stvaranje i primenu procesne orijentacije zasnovane na sistemskom pristupu što podrazumeva identifikovanje, organizovanje, povezivanje, praćenje i kontinuirano unapređenje poslovnih procesa (Radosavljević, 2016). Za razliku od hijerarhijske strukture, fokus je prvenstveno usmeren na ishode (engl. *outcomes*), naročito zadovoljstvo potrošača (McCormack & Johnson, 2001). Poslovni procesi predstavljaju osnovu procesne orijentacije, a u ekonomskoj teoriji prisutni su duži vremenski period. Pronalazeći uporište u okvirima naučnog menadžmenta, postaju aktuelni u poslednjim decenijama prošlog veka (Radosavljević, 2016). Posmatrajući njihovo definisanje od strane velikog broja autora, zaključuje se da poslovni procesi podrazumevaju transformaciju inputa u outpute koji imaju odgovarajući vrednost za korisnika. Podršku u implementaciji procesne orijentacije pružaju savremene tehnologije koje putem svojih alata omogućavaju identifikovanje, praćenje, konstantno unapređivanje i kontrolu poslovnih procesa. U toku poslednje decenije posebno se ističe procesno rudarenje koje prevazilazi jaz između tradicionalnih modela za analizu procesa i tehnika za analizu podataka, kao što su mašinsko učenje i rudarenje podataka (Van der Aalst, 2016). Kroz pregled literature objavljene u protekloj deceniji, prikazaće se mesto procesnog rudarenja i njegov značaj koji ima u upravljanju poslovnim procesima.

2. UPRAVLJANJE POSLOVNIM PROCESIMA I PROCESNO RUDARENJE

Upravljanje poslovnim procesima obuhvata koncepte, metode i tehnike za podršku u dizajniranju, administraciji, konfiguraciji, unapređenju i analizi poslovnih procesa (Weske, 2012). Može se posmatrati kao presek različitih aspekata gledišta, što ga izdvaja kao posebnu oblast. Menadžerima pažnju privlači zbog uticaja na performanse i uslužni kvalitet organizacije, kao i zbog usaglašenosti poslovanja sa propisima. Inženjeri u industriji ga vide kao priliku za primenu optimizovanih tehnika proizvodnje. Stručnjaci na polju informacionih tehnologija smatraju da upravljanje poslovnim procesima predstavlja zajednički jezik putem kojeg se obavlja komunikacija sa poslovnim stakeholderima.

Upravljanje poslovnim procesima uključuje aktivnosti koje se mogu grupisati prema određenim fazama. Postoji mnogo različitih tumačenja njihove podjele. Pojedini autori

smatraju da te faze ujedno predstavljaju i životni ciklus (engl. *life cycle*) samog upravljanja poslovnim procesima. One su: (Dumas et al., 2012):

- identifikacija poslovnih procesa,
- modeliranje poslovnih procesa,
- analiza poslovnih procesa,
- redizajniranje poslovnih procesa,
- implementacija poslovnih procesa,
- monitoring i kontrola poslovnih procesa.

Procesno rudarenje je mlada naučna disciplina koja se pozicionira između mašinskog učenja i rudarenja podataka sa jedne, i procesne analize i modelovanja sa druge strane. Cilj procesnog rudarenja je otkrivanje, monitoring i unapređenje stvarnih procesa putem izdvajanja znanja iz zapisa događaja koji su dostupni u informacionom sistemu. Zapisi događaja se odnose na detaljne informacije o izvršenim aktivnostima. Pojedini logovi se evidentiraju u nestrukturiranoj formi pa je neophodno uložiti određeni napor za njihovo ekstrahovanje. Pored samih podataka koji su vezani za konkretnu aktivnost, beleže se i podaci vezani za vremensku dimenziju i izvor (uređaj ili osoba) obavljanja aktivnosti. Mogu se izdvojiti tri osnovna tipa procesnog rudarenja (Van der Aalst, 2016):

- *Otkrivanje modela procesa* – na osnovu zapisa događaja kreira se model bez upotrebe a priori informacija. Kao primer može da se navede α -algoritam koji konstruiše Petrijevu mrežu (engl. *Petri net*) za tumačenje ponašanja zabilježenog u zapisima, bez ikakvog dodatnog znanja.
- *Usaglašenost modela* - postojeći proces se upoređuje sa njegovim zapisima događaja. Proverava se da li je stvarani tok procesa (kao što je zabeležen u zapisima) usaglašen sa modelom procesa ili ne.
- *Unapređenje modela* – postojeći model se proširuje ili unapređuje na osnovu informacija iz zapisa događaja stvarnog procesa. Na mestima gde se utvrdi neslaganje stvarnog procesa i njegovog modela, dolazi do izmena kako bi se postigla usaglašenost.

Procesno rudarenje ne obuhvata samo otkrivanje procesa i proveru usaglašenosti, već i niz drugih zadataka. Povezuje nauku o podacima sa naukom o procesima, a ciljevi procesnog rudarenja se preklapaju sa drugim pristupima, metodama, alatima i paradigmama. Aktuelna istraživanja u upravljanju poslovnim procesima fokusirana su prema unapređenju, monitoringu, prilagođavanju i dijagnostici. Ovo predstavlja i najčešće primere primene tehnika procesnog rudarenja. Međutim, procesno rudarenje nije ograničeno na upravljanje poslovnim procesima, svaki proces gde se događaji mogu beležiti je kandidat za procesno rudarenje (Van der Aalst, 2016).

3. METODOLOGIJA SPROVOĐENJA SISTEMATSKOG PREGLEDA LITERATURE

Pregled literature je sproveden kroz tri faze na osnovu uputstva Barbare Kitchenham (Kitchenham et al., 2009), prilagođenim za oblast informacionih tehnologija: planiranje pregleda, sprovođenje pregleda i izveštavanje rezultata. *Cilj* sprovođenja

sistematskog pregleda literature je prikaz mesta i značaja procesnog rudarenja u upravljanju poslovnim procesima. Ovo je postignuto kroz odgovor na sljedeća istraživačka pitanja:

Istraživačko pitanje 1.: U kojim fazama životnog ciklusa upravljanja poslovnim procesima mesto pronalazi procesno rudarenje?

Istraživačko pitanje 2.: Na koji način procesno rudarenje može da doprinese upravljanju poslovnim procesima?

Prvo istraživačko pitanje služi za prikaz različitih faza životnog ciklusa upravljanja poslovnim procesima u kojima procesno rudarenje pronalazi primenu. Da li je procesno rudarenje moguće primeniti u svim, ili samo u određenim fazama životnog ciklusa upravljanja poslovnim procesima? Kroz odgovor na drugo istraživačko pitanje uočava se značaj procesnog rudarenja kroz njegov doprinos u upravljanju poslovnim procesima. Kakav uticaj ima procesno rudarenje na upravljanje poslovnim procesima i na koji način može da ga unapredi?

Strategijom istraživanja definisani su *kriterijumi uključivanja* radova koji su se odnosili na tipove dokumenata (članci i izlaganja sa naučnih skupova), vremenski opseg publikacije (10 godina sa početnim datumom 01.01.2011. zaključno sa 31.12.2020. godine) i jezik na kome je napisan rad (engleski). Nakon primene ovih kriterijuma dolazi se do primarne grupe radova nad kojima se primenjuju kriterijumi isključivanja. *Kriterijumi isključivanja* služe za eliminisanje radova koji ne pružaju adekvatan odgovor na postavljena istraživačka pitanja. Primenjuju se prilikom manualnog isčitavanja apstrakata i detaljnog isčitavanja radova. Isključuju dokumente koji:

- ni na jedan način ne prikazuju doprinos ili uticaj procesnog rudarenja na upravljanje poslovnim procesima, kao ni njegovo mesto u životnom ciklusu upravljanja poslovnim procesima,
- su fokusirani isključivo na metode i aktivnosti procesnog rudarenja,
- su fokusirani na funkcionisanje konkretnih softverskih alata za procesno rudarenje,
- obuhvataju samo detaljan prikaz i opis algoritama za procesno rudarenje,
- se odnose samo na beleženje i manipulaciju zapisa događaja,
- u fokusu imaju rudarenje podataka kao disciplinu.

U toku detaljnog isčitavanja radova primenjuju se još i kriterijumi za evaluaciju kvaliteta preuzeti od strane autora Fyba i Dingsoyer (2008). Radovi koji nisu ispunili navedene kriterijume izostavljeni su iz dalje analize. Prema definisanom protokolu pristupljeno je sprovođenju sistematskog pregleda literature. Obavljena je pretraga naučnih radova na Web of Science bazi prema sledećim ključnim rečima: „*process mining*“ and „*business process**“ and „*life-cycle or improve* or impact*“. Cilj je na osnovu datih ključnih reči filtrirati radove vezane za procesno rudarenje i poslovne procese koji istovremeno u sebi sadrže ključne reči kao što su „životni ciklus“,

„uticaј“ ili „unapređenje“. „Upravljanje poslovnim procesima“ kao fraza nije uključena u pretragu. Razlog tome je to što je dio te fraze „poslovni proces“, obuhvaćen u jednini i u množini, rezultovao sa više odabranih dokumenata. Nakon primene ranije navedenih kriterijuma uključivanja, pretraga je rezultovala sa 258 pogodaka.

Pošto se radi o pretrazi koja je sprovedena nad samo jednom naučnom bazom, nije bilo duplikata radova. Nakon ove faze pristupljeno je manuelnom isčitavanju naslova, apstrakata i ključnih reči svakog rada uz primenu kriterijuma isključivanja. Ovaj korak eliminisao je 169 radova (65,5%). Nad preostalih 89 radova izvršeno je detaljno isčitavanje kompletnih radova uz primenu kvalitativnih kriterijuma (eliminirano 6 radova ili 2,33%) i još jednom kriterijuma isključivanja (eliminirano 42 rada ili 16,28%). Ovaj korak je rezultovao eliminisanjem ukupno 48 (18,6%) radova, ostavljajući za konačnu analizu 41 rad (15,89%).

4. IZVEŠTAVANJE O REZULTATIMA ISTRAŽIVANJA

Nakon analize radova izdvojeni su delovi koji pružaju odgovor na postavljena istraživačka pitanja. Izvršena je njihova sinteza, a rezultati do koji se došlo predstavljani su u nastavku poglavlja.

4.1. IPI: U kojim fazama životnog ciklusa upravljanja poslovnim procesima mesto pronalazi procesno rudarenje?

Odgovorom na prvo istraživačko pitanje nastoji se prikazati u kojim fazama životnog ciklusa upravljanja poslovnim procesima primenu može da pronađe procesno rudarenje. Kao što je i ranije objašnjeno, postoje različita shvatanja vezana za faze od kojih se sastoji sami životni ciklus. Međutim, bez obzira na datu činjenicu, postavljaju se pitanje da li je u svim fazama moguće primeniti procesno rudarenje, ili samo u određenim? Na ovo pitanje odgovor je pružilo ukupno 6 radova, kroz čiju analizu su izdvojeni i prikazani delovi koji se odnose na životni ciklus upravljanja poslovnim procesima.

Lamghari i saradnici (Lamghari et al., 2018) predstavljaju svoje gledište životnog ciklusa upravljanja poslovnim procesima koje se sastoji od faze dizajniranja, modelovanja, izvršavanja, monitoringa i optimizacije. Iako autori smatraju da procesno rudarenje cirkuliše kroz sve faze životnog ciklusa upravljanja poslovnim procesima uključujući i redizajniranje, posebno ga pozicioniraju u poslednju fazu, odnosno fazu optimizacije.

Marrella (2019) u svom radu govori o automatizovanom planiranju kao grani veštačke inteligencije koja se odnosi na sintezu autonomnih ponašanja za određene klase matematičkih modela predstavljenih u kompaktnom obliku. Tehnike procesnog rudarenja koje se koriste u ovoj oblasti primenu pronalaze u upravljanju poslovnim procesima kroz njegove faze životnog ciklusa: fazu dizajniranja, implementacije, izvršavanja, dijagnoze i optimizacije. U fazi dijagnoze ističe proveru usaglašenosti

modela kroz procesno rudarenje na osnovu detaljnih podataka o devijacijama koje uzrokuju neslaganja. Na ovaj način autor upućuje na primenu procesnog rudarenja u fazi dijagnoze u upravljanju poslovnim procesima.

Aguirre, Parra i Alvarado (2013) su prikazali doprinos procesnog rudarenja prema odgovarajućim fazama upravljanja poslovnim procesima. U fazi dizajniranja stvarni procesni model otkriven od strane procesnog rudarenja predstavlja važan input za redizajniranje procesa. U fazi implementacije i izvršavanja procesno rudarenje je zaduženo za proveru usklađenosti procesa sa poslovnim pravilima i politikama. U fazi monitoringa i analize procesno rudarenje pomaže u identifikovanju uskih grla, kao i proveru usaglašenosti sa poslovnim pravilima. Iz navedenog se zaključuje da se procesno rudarenje primenjuje u fazama dizajniranja i redizajniranja, implementacije, izvršavanja, monitoringa i analize, odnosno u svim fazama od kojih se, prema autorima, sastoji životni ciklus upravljanja poslovnim procesima.

Li i ostali autori u svom radu govore o tri grupe povratnih informacija koje se generišu tokom izvršavanja životnog ciklusa upravljanja poslovnim procesima, a rezultat su primene procesnog rudarenja. Navodeći da se upravljanje poslovnim procesima sastoji iz faze dizajniranja, implementacije, konfiguracije, izvršavanja i dijagnoze, opisuje povratne informacije koje se konstatno ponavljaju. U fazi dizajniranja, pomoću analize zasnovane na procesnom rudarenju, stvaraju se informacije koje služe za redizajniranje procesa. Sledeća grupa povratnih informacija se generiše u fazi izvršavanja i služe za unapređenje procesa. Na ovaj način se stvaraju efikasnija pravila koja se sprovode tokom ove faze. Treća grupa čini povratne informacije koje se odnose na dijagnostičke aktivnosti, odnosno produkt su konstantnog praćenja i nadgledanja svih faza u upravljanju poslovnim procesima. Na ovaj način se zaključuje da autori smatraju procesno rudarenje pogodno za primenu u svim fazama životnog ciklusa upravljanja poslovnim procesima (Li et al., 2017).

Chernia, Martinhob i Ghannouchi (2019) polaze od pretpostavke da se životni ciklus upravljanja poslovnim procesima sastoji od četiri faze: (re)dizajna, konfiguracije, sprovođenja i evaluacije. Njihov model procesnog rudarenja zasnovan na KPI vrednostima, u svakoj navedenoj fazi obezbeđuje tehnike i aktivnosti za unapređenje poslovnog procesa. U njemu procesno rudarenje obezbeđuje šablone redizajniranja i smernice za unapređenje koji se koriste u fazi (re)dizajniranja. U fazi evaluacije procesno rudarenje se primenjuje kako bi se otkrila odstupanja koje je neophodno ispraviti. Wu (Wu et al., 2019) i ostali autori smatraju da je najvažnija misija upravljanja poslovnim procesima bolje razumevanje rada kompanije i metodologija obuhvaćenih njegovim životnim ciklusom. Takođe navodi da procesno rudarenje može biti jasno pozicionirano u svim fazama životnog ciklusa upravljanja poslovnim procesima, kroz tri svoja tri osnovna tipa: otkrivanje modela, proveru usaglašenosti i unapređenje procesa.

Sumirajući rezultate analize za postavljeno istraživačko pitanje, može se zaključiti da procesno rudarenje pronalazi primenu u svim fazama životnog ciklusa upravljanja poslovnim procesima. Pojedini autori navode tu činjenicu ali se fokusiraju samo na

onu fazu u kojoj primenu pronalazi njihov model, dok drugi opisuju primenu kroz celokupan životni ciklus.

4.2. IP2: Na koji način procesno rudarenje može da doprinese upravljanju poslovnim procesima?

Primena procesnog rudarenja doprinosi upravljanju poslovnim procesima na različite načine. Analizom odabranih radova ekstrahovani su njihovi delovi koji pružaju odgovor na drugo istraživačko pitanje, upravo predstavljajući različite aspekte unapređenja. Van Eck zajedno sa ostalim autorima opisuje PM² metodologiju koja se odnosi na ciklus unapređenja procesa uz upotrebu procesnog rudarenja. Prva faza obuhvata postavljanje pitanja na koje menadžment želi da dobije odgovore. Druga se odnosi na određivanje podataka iz zapisa događaja koje je neophodno ekstrahovati. Treća faza se odnosi na obradu podataka. Zatim sledi faza procesnog rudarenja i analize, a nakon nje faza evaluacije. Šesta i poslednja faza se odnosi na podršku i unapređenje poslovnih procesa na osnovu rezultata dobijenih u prethodnoj fazi, odnosno fazi evaluacije (van Eck et al., 2015). Ekstrahovanjem podataka iz odabranih radova, izdvajaju se sledeće kategorije primene procesnog rudarenja kroz koje ono može da pruži doprinos u upravljanju poslovnim procesima:

- otkrivanje modela procesa,
- detektovanje odstupanja i popravka modela,
- alokacija resursa,
- predviđanje putem procesnog rudarenja,
- simulacija procesnog modela,
- nadogradnja, optimizacija i redizajn modela procesa,
- analiza pokazatelja performansi procesa,
- izveštavanje i monitoring,
- uočavanje uskog grla i prioriteta procesnih aktivnosti.

Kategorije su u velikom broju slučajeva međusobno povezane radi podrške za ostvarivanje zajedničkog cilja koji se odnosi na pružanje doprinosa u upravljanju poslovnim procesima.

Otkrivanje modela: predstavlja jedan od tri osnovna tipa procesnog rudarenja, a svoj doprinos u upravljanju pruža kroz uvid u trenutno stanje procesa. Agostinelli i saradnici su se bavili poređenjem različitih metoda za otkrivanje procesa u kompaniji za razvoj softvera, gde je ustanovio da modeli zasnovani na induktivnom i strukturnom rudarenju pružaju najbolje rezultate (Agostinelli et al., 2019). Na praktičnom primeru telekomunikacione kompanije Mahendrawathi, Astuti i Nastiti (2015) su implementirali procesno rudarenje u svrhu otkrivanja standardnog procesa za rešavanje korisničkih zahteva. Pored otkrivanja procesa, obuhvaćen je i udio rešenih zahteva, standardne komponente neophodne za njegovo obavljanje, kao i potrebno vreme za realizaciju različitih vrsta zahteva. Tax i saradnici predlaže metodu filtriranja u otkrivanju modela koja se odnosi na detekciju specifičnih procesa, za

razliku od metode zasnovane na primeni filtera koja ne daje dobre rezultate kod nepredvidljivih aktivnosti (Tax et al., 2019).

Procesni modeli se tradicionalno modeluju od strane stručnjaka ili se otkrivaju na osnovu odgovarajućih podataka. Kako bi se premostio jaz između ova dva načina modelovanja, dolazi do formiranja pristupa koji dozvoljava korisnicima da upravljaju postupkom otkrivanja procesa. Predloženi model poboljšava rezultate do kojih se dolazi tradicionalnim tehnikama za otkrivanje procesa (Dixit, 2018).

Detektovanje odstupanja i popravka modela: Kroz detektovanje promena i anomalija u procesu, procesno rudarenje može da pruži pravovremene informacije menadžmentu za preduzimanje odgovarajućih akcija. Navodeći da procesno rudarenje podrazumeva statičnost procesa, Hompes sa ostalim autorima ukazuje da postojeće tehnike ne mogu da pruže potpunu podršku kod fleksibilnih procesa. Uzimajući primer medicine, svaki napredak menja načine dijagnoze i tretmana. Iz tog razloga autori su razvili model zasnovan na analizi klastera koji može da uoči promene u procesu, kao i vreme i razloge njihovog pojavljivanja (Hompes et al., 2016). Organizacije često koriste ekspertiska mišljenja prilikom formiranja procesa. Međutim, u toku njegovog izvršavanja dolazi do pojava raznih odstupanja zbog regulacija koje nisu uključene u proces, ili zbog njegove netačnosti. Procesno rudarenje može da uoči te devijacije na osnovu stvarnog procesa, i da proceni koje su promene neophodne za njegovo usaglašavanje (Buijs et al., 2013).

Saraeian i Shirazi (2020) su predstavili dodatak sistemu za upravljanje poslovnim procesima koji obuhvata detekciju anomalija. On kontroliše procesne aktivnosti navodeći ih na očekivan način izvršavanja koji se razlikuje od stvarnog. O istom doprinosu upravljanju poslovnim procesima pišu i Greyling i Jooste (2017) gde se fokusiraju na devijacije procesa i informacije koje mogu da ukažu na razloge njihovog nastajanja. Sebu i Ciocarlie (2015) su predstavili rešenje za detekciju odstupanja na osnovu analize zapisa događaja u toku izvršavanja procesa. Razlozi za stvaranje njihovog rešenja se ogledaju u podršci kroz formiranje instrukcija za obavljanje procesa. Smatrajući da su propuštene ili dodatne aktivnosti procesnog modela devijacija od njegovog standardnog izvršavanja, Adriansyah, van Dongen i van der Aalst (2011) su predložili tehniku koja može da identifikuje ovakvu vrstu aktivnosti na osnovu zapisa događaja. Kako je ova tehnika zasnovana na troškovima propuštenih i dodatnih aktivnosti kroz prikaz u vidu Petri mreže, ona predstavlja pogodnu osnovu za *benchmarking* i dalju analizu performansi i usaglašenosti modela.

Alokacija resursa: Procesno rudarenje doprinosi upravljanju poslovnim procesima i kroz modele za alokaciju resursa. Upravljanje resursima pomoću procesnog rudarenja omogućava dodelu resursa određenim procesnim aktivnostima, formiranje mreže resursa, prikaz međusobnih ograničenja zbog istovremene upotrebe i pružanje preporuke za distribuciju resursa na određene procesne aktivnosti prema utvrđenim preferencijama. Na ovaj način ukazuju na mogućnost primene navedenog modela u upravljanju poslovnim procesima i unapređenje njegovog trenutnog stanja (Huang et al., 2012). Liu, Cheng i Ni (T. Liu et al., 2012) u svom radu predstavljaju pristup

donošenju odluka zasnovan na procesnom rudarenju, a u čijem fokusu se nalazi alokacija resursa, odnosno nosilaca zadataka. Kroz analizu zapisa događaja, sistem primenjuje *association rule* algoritam za rudarenje kako bi ekstrahovao potrebne informacije. Na osnovu njih, sistem preporučuje izvršioca zadatka, kao i druge kandidate prema određenim pravilima. O istim problemu u govori i Djedović (Djedović et al., 2017) zajedno sa saradnicima, kombinujući algoritme za otkrivanje procesa i metode statističke analize za izgradnju procesnog modela identičanom stvarnom procesu.

Predviđanje putem procesnog rudarenja: Pomoću tehnike procesnog rudarenja moguće je predviđanje vremena koje je potrebno za završetak poslovnog procesa. Seara i Carvalho (2019) u radu opisuju upotrebu procesnog rudarenja u svrhu efikasne alokacije resursa, što omogućava bolju raspodelu radnog opterećenja, pritom predviđajući koliko je vremena potrebno da se određeni poslovni proces završi. Firouzian, Zajedi i Hassanpour (2019) govore o dve faze u predviđanju trajanja procesa. Prva faza se odnosi na predviđanje pojedinačnih aktivnosti u procesu pomoću *Fuzzy Support Vector Machine* metode uz pomoć verovatnoće, dok druga faza obuhvata predviđanje neophodnog vremena za završetak procesa. Neophodno vreme se računa kao zbir procenjenog pojedinačnog trajanja svih poslovnih aktivnosti koje je neophodno obaviti kako bi se proces završio.

Posmatrajući poslovne procese kao suštinu svake organizacije, Savickas i Vasilecas (2018) smatraju da je unapređenje njihovog izvršavanja ključno. Oni predlažu model zasnovan na *Bayesovoj mreži* koji omogućava predviđanje sledećih aktivnosti u procesu, što dalje omogućava detekciju odstupanja ili simulaciju procesa. Prema Liu i ostalim autorima (J. Liu et al., 2013), optimizacija procesa putem predviđanja podrazumeva proširivanje samog modela sa informacijama koje omogućavaju predviđanje budućih aktivnosti, način na koji ih je moguće izvršiti, kao i zaposlene zadužene za njihovo obavljanje. Pored toga obuhvata i predviđanje verovatnoće da će nekoliko zaposlenih obavljati istu aktivnost, vremena neophodnog za njeno obavljanje, itd. Park i Song (2020) govore o značaju predviđanja budućih performansi procesa, što dovodi do uočavanja potencijalnih slabosti u njegovom izvršavanju. Na osnovu njih se mogu preduzeti korektivne akcije koje će poboljšati sam proces. Svoj model temelje na neuronskim mrežama obuhvatajući prostorne i vremenske varijable prisutne u procesu. Glavni doprinos prediktivnog monitoringa je obezbeđivanje pravovremenih informacija za preuzimanje proaktivnih i korektivnih akcija kako bi se unapredile performanse procesa i smanjio rizik u određenom periodu. Márquez-Chamorro i saradnici (Márquez-Chamorro et al., 2017), pored sumiranja osnovnih pristupa ovom problemu, predlažu model zasnovan na evolutivnim algoritmima koji analizira zapise događaja, i na osnovu njih predviđa procesne pokazatelje sa visokim stepenim tačnosti.

Simulacija modela: Simulacija poslovnih procesa omogućava procenu procesnih performansi kroz različite uslove izvršavanja. Međutim, obimnost i sklonost greškama su glavne mane ove primene procesnog rudarenja. Rešenje ovog problema je model sa optimizovanim rezultatima tačnosti koji omogućava otkrivanje simuliranih modela

poslovnih procesa. Postupak se sprovodi kroz podelu seriju koraka optimizovanih na osnovu konfiguracionih podataka. Zatim se analizom datih konfiguracija nastoji maksimizirati sličnosti između simuliranog modela i zapisa događaja (Camargo et al., 2020). Ukoliko simulacioni model nije adekvatan, moguće je izvršiti njegove izmene kroz rekonfiguraciju simulacione platforme, uz generisanje novih podataka koji će pružiti bolji model (Ferreira et al., 2014). Y. Liu i saradnici su na praktičnom primeru iz sudske prakse su pomoću simulacionog modela pronašli prihvatljiv način alokacije resursa vezanih za pristigle zahteve stranaka. Upotreba procesnog rudarenja za donošenje operativnih odluka u ovom slučaju, rezultirala je povećanjem performansi zaposlenih (Y. Liu et al., 2012).

Nadogradnja, optimizacija i redizajn procesa: Procesno rudarenje unapređuje upravljanje poslovnim procesima kroz nadogradnju i redizajn samog procesnog modela. Nadogradnja poslovnog modela pomoću procesnog rudarenja moguća je na osnovu informacija vezanih za troškove. Ovakav pristup omogućava menadžmentu kvalitetnije donošenje odluka koje se odnose na smanjenje troškova (Thabet et al., 2015). O unapređenju modela putem proširivanja pišu i Ferreira, Szimanski i Ralha (2014) koji predlažu odgovarajući način na koji bi obuhvatili sve aktivnosti zabeležene u zapisima događaja. Koristeći tehniku mapiranja uz stvarne podatke, prikazano je kako ovaj pristup može postepeno da unapredi model kako bi obuhvatio sve aktivnosti u zapisima. Posebno ističu da ključnu ulogu u ovome imaju informacije koje se prikupljaju i beleže u logove za vreme izvršavanja procesa. Organizacije nastoje unaprediti poslovne procese kako bi povećali efektivnost i konkurentnost, a informacije o troškovima poslovanja igraju važnu ulogu u ovom postupku. Iz tog razloga se razvijaju rešenja za nadogradnju modela koja se zasnivaju na troškovima (Thabet et al., 2016).

Redizajniranje poslovnih procesa je još jedna od aktivnosti kroz koje procesno rudarenje pruža unapređuje upravljanje poslovnim procesima. Rad koji stavlja u fokus redizajniranje napisali su Aguirre, Parra i Alvarado (2013). Oni koriste alate procesnog rudarenja pri analizi zapisa događaja kako bi dobili informacije o problemima koji nastaju u procesu. Ovo predstavlja dio faze koja se odnosi na dijagnozu. Kako bi ocenili pojedine alternative koje se odnose na unapređenje, koristili su simulacione tehnike, tako da se njihov pristup pored nje koristi i tehnikama procesnog rudarenja i rudarenja podataka.

Analiza procesa i njegovih performansi: Određeni broj radova se bavio analizom ključnih pokazatelja performansi (KPI), koji se odnose na merenje vremena, troškova, kvaliteta i fleksibilnosti procesa (Dumas et al., 2012). Smatrajući da se većina tehnika odnosi na otkrivanje procesa i proveru usaglašenosti, Hompes, Bujis i Van der Aalst (2016) predlažu model koji se odnosi na merenje performansi poslovnih procesa na osnovu kontekstnih informacija, odnosno informacijama o procesnom okruženju u kome se on izvršava. Rezultati koje pruža model mogu da se koriste kod optimizacije procesa, predviđanja i monitoringa, otkrivanja uskih grla i odstupanja od predviđenih protokola.

Pokazatelji ključnih performansi se koriste i kada je potrebno ustanoviti da li je došlo do unapređenja poslovnog procesa. U ovom slučaju se prvo definišu pokazatelji, zatim putem tehnika procesnog rudarenja se otkriva i analizira odstupanje u dobijenim vrenodnostima. Nakon toga, za svaku devijaciju se predlažu rešenja namenjena njihovom unapređenju zasnovana na šablonima redizajniranja poslovnih procesa. Sam model predstavlja nadogradnju životnog ciklusa upravljanja poslovnim procesima, a upravljačkom kadru pruža informacije o KPI odstupanjima zanovanim na kvalitetu, troškovima vremenu i fleksibilnosti (Cherni et al., 2019). Analiza putem procesnog rudarenja se koristi u rešavanju različitih problema. R'bigui i Cho (2017) su na primeru proizvodnog preduzeća predstavili problem prolongiranog izvršavanja procesa koji se odnosi na realizaciju zaprimljenih porudžbina. Pomoću tehnika procesnog rudarenja identifikovan je postojeći as-is proces, a zatim su utvrđeni razlozi koji dovode do dužeg vremenskog intervala u njegovoj realizaciji.

Izveštavanje i monitoring: Kako bi prikazali navedenu upotrebu procesnog rudarenja, Bolt zajedno sa ostalim autorima (Bolt et al., 2017) generisao model koji prikazuje preformanse studenata u vidu periodičnih izveštaja. Da bi se izbeglo ručno ponavljanje istog postupka rudarenja za svaki nastavni predmet, autori su dizajnirali poslovni tok koji se oslanja na različite tehnike procesnog rudarenja.

Monitoring (nadgledanje) podrazumeva konstantno beleženje i praćenje procesa u realnom vremenu. Na osnovu ovog postupka može se zaključiti da li se poslovni proces izvršava u skladu sa internom i eksternom regulativom. Becker i Buchkremer (2019) su ustanovili da se procesi mogu lako nadgledati kako bi se utvrdilo da li su u skladu sa opisom radnih aktivnosti i datim instrukcijama. Ukoliko dođe do odstupanja, korisnik može da uoči nestandardne aktivnosti ili osobu koja je zadužena za njihovo izvršavanje.

Uočavanje uskih grla i prioriteta procesnih aktivnosti: Posebna oblast u kojoj procesno rudarenje može da doprinese upravljanju poslovnim procesima je uočavanje uskih grla. Erdogan i Tarhan (2018) na primeru operacionih zahvata u domenu zdravlja, opisuju pojavu uskih grla i ulogu koju imaju u povećavanju efikasnosti. Njihova eliminacija se odnosi na sprečavanje nepotrebnih stanja, ponovnog obavljanja istih aktivnosti i uočavanje onih koji zahtevaju previše vremena za njihovo izvršenje. Suriadi i saradnici (Suriadi et al., 2017) predstavljaju pristup koji određuje prioritet izvršavanja procesnih aktivnosti na onovu transakcionih podataka zabilježenih u vidu zapisa događaja. Evaluacija je sprovedena nad stvarnim skupom podataka jedne australijske osiguravajuće kompanije. Nakon analize pristiglih korisničkih zahteva, model ih je svakom zaposlenom razvrstavao prema prioritetu izvršavanja, a dobri rezultati su ukazali na njegovu moguću primenu u praksi. Procesni model može da opiše karakteristike i valjanost posmatranog procesa uz obezbeđivanje povratnih informacija samim njegovim kreatorima. Međutim, zbog promene sistema ili unapređenja poslovnih procesa može da dođe do određenih odstupanja. U tim slučajevima je neophodno popraviti originalni model ukoliko ne opsiju dobro stvarne procese. O ovakvoj vrsti doprinosa u svojim radovima su pisali Zheng (Zheng et al., 2019) i Vázquez-Barreiros (Vázquez-Barreiros et al., 2016). Predloženi model

Vázquez-Barreiros-a za popravku zasniva se na Petri mreži, dok Zheng koristi mapu poravnanja navedenih aktivnosti.

ZAKLJUČAK

Procesno rudarenje predstavlja aktuelan koncept u razvoju informacionih tehnologija primenjenih u poslovnoj sferi. Procesno orijentisane organizacije implementiraju metode procesnog rudarenja u cilju ostvarenja konkurentske prednosti kroz iskorištavanje svih potencijalnih informacija. Kako bi se utvrdilo mesto i značaj procesnog rudarenja u upravljanju poslovnim procesima, obavljen je pregled literature napisane u poslednjoj deceniji. Odgovorom na postavljena istraživačka pitanja utvrđeno je u kojim fazama životnog ciklusa upravljanja poslovnim procesima primenu pronalazi procesno rudarenje, kao i na koje načine pruža svoj doprinos. Analizom radova utvrđeno je da se procesno rudarenje može primeniti u svim fazama životnog ciklusa upravljanja poslovnim procesima. Njegov doprinos u upravljanju poslovnim procesima se ogleda kroz otkrivanje modela procesa, detektovanje odstupanja i popravku modela, alokaciju resursa, razne vrste predviđanja, simulaciju, nadogradnju, optimizaciju i redizajn procesnog modela, analizu pokazatelja performansi procesa, monitoring i izveštavanje, uočavanje uskih grla i prioriteta procesnih aktivnosti. Zaključuje se da procesno rudarenje ima veliki broj aspekata primene u svim fazama upravljanja poslovnim procesima, te na taj način pruža značajan doprinos.

LITERATURA

- [1] Adriansyah, A., Van Dongen, B. F., & Van Der Aalst, W. M. P. (2011). Conformance checking using cost-based fitness analysis. *Proceedings - IEEE International Enterprise Distributed Object Computing Workshop, EDOC*, 55–64.
- [2] Agostinelli, S., Maggi, F. M., Marrella, A., & Milani, F. (2019). A user evaluation of process discovery algorithms in a software engineering company. *Proceedings - 2019 IEEE 23rd International Enterprise Distributed Object Computing Conference, EDOC 2019*, 142–150.
- [3] Aguirre, S., Parra, C., & Alvarado, J. (2013). *Combination of Process Mining and Simulation Techniques for Business Process Redesign: A Methodological Approach*.
- [4] Becker, M., & Buchkremer, R. (2019). A practical process mining approach for compliance management. *Journal of Financial Regulation and Compliance*,
- [5] Bolt, A., de Leoni, M., van der Aalst, W. M. P., & Gorissen, P. (2017). Business process reporting using process mining, analytic workflows and process cubes: A case study in education. *Lecture Notes in Business Information Processing*, 28–53.
- [6] Buijs, J. C. A. M., Rosa, M. La, Reijers, H. A., Dongen, B. F. Van, & Aalst, W. M. P. Van Der. (2013). *Improving Business Process Models Using Observed Behavior*.
- [7] Camargo, M., Dumas, M., & González-Rojas, O. (2020). Automated discovery

- of business process simulation models from event logs. *Decision Support Systems*
- [8] Chernia, J., Martinho, R., & Ghannouchi, S. A. (2019). Towards Improving Business Processes based on preconfigured KPI target values, Process Mining and Redesign Patterns. *Procedia Computer Science*, 164, 279–284.
- [9] Dixit, P. M. (2018). *ProDiGy: Human-in-the-loop Process Discovery. i.*
- [10] Djedović, A., Žunić, E., & Karabegović, A. (2017). A combined process mining for improving business process. *Proceedings of International Conference on Smart Systems and Technologies 2017, SST 2017, 2017-Decem*(October), 143–148.
- [11] Dumas, M., La Rosa, M., Mendling, J., & Reijers, H. A. (2012). *Fundamentals of Business Process Management*. Springer Science.
- [12] Dybå, T., & Dingsøyr, T. (2008). Empirical studies of agile software development: A systematic review. In *Information and Software Technology* (Vol. 50).
- [13] Erdogan, T. G., & Tarhan, A. (2018). A goal-driven evaluation method based on process mining for healthcare processes. *Applied Sciences (Switzerland)*, 8(6).
- [14] Ferreira, D. R., Szimanski, F., & Ralha, C. G. (2014). Improving process models by mining mappings of low-level events to high-level activities. *Journal of Intelligent Information Systems*, 43(2), 379–407.
- [15] Firouzian, I., Zahedi, M., & Hassanpour, H. (2019). Investigation of the effect of concept drift on data-aware remaining time prediction of business processes. *International Journal of Nonlinear Analysis and Applications*, 10(2), 153–166.
- [16] Galdo Seara, L., & Medeiros de Carvalho, R. (2019). *An Approach for Workflow Improvement based on Outcome and Time Remaining Prediction. Modelsward*,
- [17] Greyling, B. T., & Jooste, W. (2017). The application of business process mining to improving a physical asset management process: A case study. *South African Journal of Industrial Engineering*, 28(2), 120–132.
- [18] Hompes, B. F. A., Buijs, J. C. A. M., & van der Aalst, W. M. P. (2016). A generic framework for context-aware process performance analysis. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 10033 LNCS, 300–317.
- [19] Huang, Z., Lu, X., & Duan, H. (2012). Resource behavior measure and application in business process management. *Expert Systems with Applications*, 6458–6468.
- [20] Kitchenham, B., Pearl Brereton, O., Budgen, D., Turner, M., Bailey, J., & Linkman, S. (2009). Systematic literature reviews in software engineering - A systematic literature review. *Information and Software Technology*, 51(1), 7–15.
- [21] Lamghari, Z., Radgui, M., Saidi, R., & Rahmani, M. D. (2018). A set of indicators for BPM life cycle improvement. *2018 International Conference on Intelligent Systems and Computer Vision, ISCV 2018, 2018-May*(December 2019), 1–8.
- [22] Li, C., Ge, J., Huang, L., Hu, H., Wu, B., Hu, H., & Luo, B. (2017). Software cybernetics in BPM: Modeling software behavior as feedback for evolution by a novel discovery method based on augmented event logs. *Journal of Systems*

- and Software*, 124, 260–273.
- [23] Liu, J., Liu, P., Liu, S., Ma, Y., & Yang, W. (2013). Handover optimization in business processes via prediction. *Kybernetes*, 42(7), 1101–1127.
- [24] Liu, T., Cheng, Y., & Ni, Z. (2012). Mining event logs to support workflow resource allocation. *Knowledge-Based Systems*, 35, 320–331.
- [25] Liu, Y., Zhang, H., Li, C., & Jiao, R. J. (2012). Workflow simulation for operational decision support using event graph through process mining. *Decision Support Systems*, 52(3), 685–697.
- [26] Mahendrawathi, E. R., Astuti, H. M., & Nastiti, A. (2015). Analysis of Customer Fulfilment with Process Mining: A Case Study in a Telecommunication Company. *Procedia Computer Science*, 72, 588–596.
- [27] Márquez-Chamorro, A. E., Resinas, M., Ruiz-Cortés, A., & Toro, M. (2017). Run-time prediction of business process indicators using evolutionary decision rules. *Expert Systems with Applications*, 87, 1–14.
- [28] Marrella, A. (2019). Automated Planning for Business Process Management. *Journal on Data Semantics*, 8(2), 79–98.
- [29] McCormack, K., & Johnson, B. (2001). Business process orientation, supply chain management, and the e-corporation. *IIE Solutions*, 33(10), 33.
- [30] Park, G., & Song, M. (2020). Predicting performances in business processes using deep neural networks. *Decision Support Systems*, 129(November 2019), 113191.
- [31] R'bigui, H., & Cho, C. (2017). Customer Order Fulfillment Process Analysis with Process Mining: An Industrial Application in a Heavy Manufacturing Company. *ACM International Conference Proceeding Series*, 247–252.
- [32] Radosavljević, M. (2016). *Upravljanje poslovnim procesima primenom modela zrelosti*.
- [33] Saraeian, S., & Shirazi, B. (2020). Process mining-based anomaly detection of additive manufacturing process activities using a game theory modeling approach. *Computers and Industrial Engineering*, 146(January), 106584.
- [34] Savickas, T., & Vasilecas, O. (2018). Belief network discovery from event logs for business process analysis. *Computers in Industry*, 100(April), 258–266.
- [35] Sebu, M. L., & Ciocarlie, H. (2015). Business activity monitoring solution to detect deviations in business process execution. *SACI 2015 - 10th Jubilee IEEE International Symposium on Applied Computational Intelligence and Informatics*.
- [36] Suriadi, S., Wynn, M. T., Xu, J., van der Aalst, W. M. P., & ter Hofstede, A. H. M. (2017). Discovering work prioritisation patterns from event logs. *Decision Support Systems*, 100, 77–92.
- [37] Tax, N., Sidorova, N., & van der Aalst, W. M. P. (2019). Discovering more precise process models from event logs by filtering out chaotic activities. *Journal of Intelligent Information Systems*, 52(1), 107–139.
- [38] Thabet, D., Ghannouchi, S. A., & Ben Ghezala, H. H. (2015). Business process model extension with cost perspective based on process mining - Cost data description and analysis. *Proceedings of the 26th International Business Information Management Association Conference - Innovation Management and Sustainable Economic Competitive Advantage: From Regional Development to Global Growth, IBIMA 2015, October 2018*, 44–58.

- [39] Thabet, D., Ghannouchi, S. A., & Ghezala, H. H. Ben. (2016). Towards a general solution for business process model extension with cost perspective based on Process Mining. *Proceedings of the 28th International Business Information Management Association Conference, October 2018*, 208–220.
- [40] Van der Aalst, W. (2016). Process mining: Data science in action. In *Process Mining: Data Science in Action*.
- [41] van Eck, M., Lu, X., Leemans, S., & van der Aalst, W. (2015). PM2: A Process Mining Project Methodology. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 9097, 520–521.
- [42] Vázquez-Barreiros, B., van Zelst, S., Buijs, J. C. A. M., & Lama, M. (2016). Repairing Alignments: Striking the Right Nerve. *Lecture Notes in Business Information Processing*, 248(June), V–VI.
- [43] Weske, M. (2012). *Business Process Management - Concepts, Languages, Architectures*. Springer Science.
- [44] Wu, Q., He, Z., Wang, H., Wen, L., & Yu, T. (2019). A business process analysis methodology based on process mining for complaint handling service processes. *Applied Sciences (Switzerland)*, 9(16).
- [45] Zheng, W., Du, Y., Wang, S., & Qi, L. (2019). Repair Process Models Containing Non-Free-Choice Structures Based on Logic Petri Nets. *IEEE Access*.

SUMMARY

Process mining is a modern concept in the development of information technologies applied in the business. Process-oriented organizations implement process mining methods in order to achieve a competitive advantage through the use of all potential information. In order to determine the place and importance of process mining in BPM, a review of the literature written in the last decade was conducted. By answering the research questions, it was determined in which phases of the life cycle of BPM process mining can be applied, and also the ways it can improve BPM. Through analysis it was established that process mining can be applied in all phases of the BPM life cycle. Process mining contribution to BPM is reflected through process model detection, detection of model deviation and repair, resource allocation, various types of forecasting, simulation, upgrade, optimization and redesign of process model, analysis of process performance indicators, monitoring and reporting, identification of bottlenecks and priorities process activities. Process mining has a different aspects of application in all phases of business process management, and thus provides a significant contribution.