

KAJ ZMORE RUDARJENJE PROCESOV?

Gregor Polančič in Mateja Kocbek Bule

Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko

gregor.polancic@um.si, mateja.kocbek@um.si

Povzetek

Upravljanje poslovnih procesov je uveljavljena metodologija, katere poglavitni namen je učinkovito izboljšanje organizacijskih procesov z uporabo različnih tehnik in tehnologij, ki v veliki meri temeljijo na modelih procesov. Predpogoj za uspešno upravljanje poslovnih procesov so veljavni modeli procesov, kar pa je v praksi pogosto težko doseči, saj so le ti, pogosto zaradi človeških dejavnikov, nepopolni, nepravilni oziroma zastareli.

Alternativni oziroma komplementarni pristop, ki se v zadnjih letih uveljavlja na področju upravljanja poslovnih procesov, je zato na realnih podatkih temelječe upravljanje procesov, ki jih, predvsem v obliki dnevnikov dogodkov, generirajo poslovne informacijske rešitve. Rudarjenje procesov je sinonim za množico tehnik in tehnologij, ki omogočajo avtomatsko generiranje in vizualizacijo modelov procesov na osnovi dnevnikov dogodkov, z njihovo pomočjo pa je možno procese odkrivati, analizirati, preverjati skladnost izvajanih procesov in odkrivati morebitna odstopanja.

V prispevku bomo predstavili in umestili rudarjenje procesov v življenjski cikel upravljanja poslovnih procesov, na osnovi korakov algoritma Alfa pa bo pojasnjen postopek avtomatskega oblikovanja modela procesa iz podatkov systemskega dnevnika. Osrednji del prispevka je namenjen predstavitvi zmožnosti sodobnih rešitev za rudarjenje procesov, ki postajajo v sodobnih poslovnih okoljih nepogrešljiv člen poslovne analitike, z njihovo pomočjo pa je možno sprejemati natančne procesne oziroma poslovne odločitve, ki temeljijo na realnih operativnih podatkih.

UVOD

Upravljanje poslovnih procesov (*angl. business process management, BPM*) je uveljavljena metodologija, katere poglavitni namen je povečanje uspešnosti, učinkovitosti in prilagodljivosti organizacijskih procesov in posledično poslovanja podjetja. Predstavlja skupek praks, tehnik in tehnologij, ki so običajno predstavljene v obliki (teoretičnega) življenjskega cikla, sestavljenega iz naslednjih, medsebojno odvisnih, faz [1]: identificiranje procesa (*angl. process identification*), odkrivanje procesa (*angl. process discovery*), analiza procesa (*angl. process analysis*), prenova procesa (*angl. process redesign*), implementacija procesa (*angl. process implementation*) in spremljanje oz. nadzorovanje procesa (*angl. process monitoring and control*).

Ker so (poslovni) procesi neotipljiva sredstva (*angl. intangible assets*), jih običajno upravljamo preko modelov procesov (*angl. process model*), le ti pa so običajno predstavljeni v grafični obliki oziroma v obliki diagrama (*angl. process diagram*) [2]. Jedro tradicionalnega upravljanja poslovnih procesov tako predstavljajo modeli procesov, ki služijo različnim namenom kot so:

analiziranje procesov, komuniciranje o procesih, implementacija procesov in spremembe oz. izboljšave procesov. Ker odločitve upravljanja poslovnih procesov v veliki meri temeljijo na modelih procesov, je poglobitni izziv zagotavljanje veljavnih modelov procesov (*angl. validity*), kar pomeni, da modeli predstavljajo dejanske procese oziroma operativno izvajanje in da le te opisujejo v celoti (*angl. completeness*) [1].

V praksi se je izkazalo, da je ravno zagotavljanje veljavnih in pravilnih modelov procesov šibek člen njihovega upravljanja. Zaradi nenehnih sprememb v poslovnem okolju se poslovni procesi kontinuirano spreminjajo in prilagajajo. Modeli poslovnih procesov tako hitro postanejo neskladni z dejansko izvajanimi procesi kakor tudi s tehničnim okoljem v katerem se izvajajo. Modeliranje poslovnih procesov je prav tako podvrženo človeškim dejavnikom, saj je pretežno odvisno od spretnosti, znanj in razpoložljivosti analitika, kar vpliva na izdelane modele procesov. Tradicionalno odkrivanje in modeliranje procesov je drago in časovno potratno tudi zaradi vrzeli v poslovnem znanju deležnikov in pomanjkanja objektivnih validacij modelov [3]. Modeli so zato pogosto nepopolni (ne opisujejo celotnega procesa), neskladni (ne predstavljajo dejanskega procesa) ali nepravilni (ne upoštevajo pravil diagramskega jezika, na primer BPMN, in so zato nerazumljivi). Poslovne odločitve, ki se sprejemajo na neustreznih modelih procesov, so tako lahko napačne.

Z višanjem stopnje avtomatizacije (procesov) so se pojavile priložnosti za omenjene izzive, ki omogočajo bolj neposredno povezovanje aktivnosti upravljanja procesov z dejansko izvajanimi procesi in sicer preko podatkov, ki jih poslovne informacijske rešitve generirajo v fazi operativne izvedbe procesov, predvsem v obliki dnevnikov dogodkov (*angl. event log*). Te podatke je možno z usmerjenimi tehnikami rudarjenja podatkov (*angl. data mining*) pretvoriti v obliko, ki je uporabna za sprejemanje odločitev upravljanja procesov in se imenuje rudarjenje procesov (*angl. process mining*). Rudarjenje procesov predstavlja uspešen primer prehoda akademskih zamisli in rešitev v poslovna okolja [3].

V prispevku bomo predstavili in umestili rudarjenje procesov v življenjski cikel upravljanja poslovnih procesov, na osnovi korakov algoritma Alfa pa bo pojasnjen postopek avtomatskega oblikovanja modela procesa iz podatkov systemskega dnevnika. Osrednji del prispevka je namenjen predstavitvi zmožnosti sodobnih rešitev za rudarjenje procesov, ki v postajajo v razvitih državah nepogrešljiv člen poslovne analitike, z njihovo pomočjo pa je možno sprejemati natančnejše procesne odločitve, ki temeljijo na operativnih podatkih.

OSNOVE RUDARJENJA PROCESOV

Kot že besedna zveza pove, je osnovni namen rudarjenja procesov »pridobivanje« procesov oziroma njihovih modelov iz osnovnih sestavin, to je (empiričnih) podatkov o procesih. Pri tem je pomembno izpostaviti, da lahko rudarjenje poteka popolnoma samodejno, s pomočjo algoritmov, ki na osnovi podatkov operativnega izvajanja procesov, generirajo modele procesov. Značilnost tako nastalih modelov procesov je, visoka stopnja veljavnosti (a ne nujno popolnosti) oziroma dobro prileganje dejanski izvedbi tehničnega okolja in (skoraj) realnočasovna ažurnost modelov. Formalno je rudarjenje procesov definirano kot: »*tehnike, orodja in metode odkrivanja, spremljanja in izboljševanja realnih procesov, ki temeljijo na pridobivanju znanja iz dnevnikov dogodkov informacijskih sistemov*« [4].

1 Dnevnik dogodkov

Empirične podatke oziroma vhodno točko rudarjenja procesov najpogosteje predstavlja (transakcijski) dnevnik dogodkov, ki ga je možno s pomočjo algoritmov preoblikovati v model procesa, če so upoštevane naslednje predpostavke: (1) dnevnik dogodkov beleži dogajanje enega procesa; (2) posamezne dogodke (vrstice) je možno povezati z instanco procesa oz. primerkom (*angl. case*); (3) zapisani dogodki so rezultat izvedene aktivnosti procesa in (4) dnevnik dogodkov je popoln. Primer poenostavljenega dnevnika dogodkov, ki izpolnjuje omenjene predpostavke je v tabelarični obliki ponazorjen v naslednji tabeli (Tabela 1).

Tabela 1: Tabelarični prikaz (poenostavljenega) medicinskega dnevnika dogodkov

Case ID	Activity	time:timestamp	lifecycle:transition	CRP	Diagnostic Urinary Sediment
XJ	ER Registration	7.11.2019 08:18	complete		TRUE
XJ	ER Triage	7.11.2019 08:29	complete		
XJ	ER Sepsis Triage	7.11.2019 08:37	complete		
XJ	CRP	7.11.2019 08:51	complete	16.0	
XJ	IV Liquid	7.11.2019 09:05	complete		
XJ	IV Antibiotics	7.11.2019 10:05	complete		
XJ	Admission NC	7.11.2019 11:11	complete		
XJ	Leucocytes	8.11.2019 08:00	complete		
I	ER Registration	9.11.2019 09:21	complete		TRUE
I	ER Triage	9.11.2019 09:34	complete		
I	Leucocytes	9.11.2019 09:42	complete		
I	CRP	9.11.2019 09:42	complete	9.0	

V praksi se izkaže, da vhodni podatki v rudarjenje podatkov niso tako dobro strukturirani kot prikazuje Tabela 1, (po kakovosti jih je možno umestiti v pet razredov [4]), zato je potrebno pred samo izvedbo rudarjenja podatkov le te ustrezno pripraviti za obdelavo, kar je poznano pod okrajšavo ETL (*angl. Extract, Transform, Load*) oziroma: (1) pridobivanje podatkov iz informacijskih rešitev; (2) sintaktična in semantična pretvorba podatkov v obliko, ki je primerna za rudarjenje procesov; (3) nalaganje podatkov v ciljni sistem, na primer podatkovno skladišče ali relacijsko podatkovno zbirko. Omenjeni postopek bistveno olajša zapisovanje dnevnikov dogodkov v standardnih formatih, kot sta XES (eXtensible Event Stream) in MXML (Mining eXtensible Markup Language).

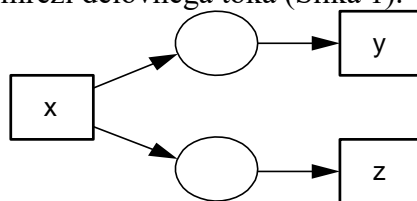
2 Algoritmi rudarjenja procesov

Avtomatizirano odkrivanje procesov predstavlja tehniko pridobivanja modela procesa na osnovi dnevnika dogodkov z uporabo ustreznega algoritma. Algoritem, ki se najpogosteje uporablja za ponazoritev delovanja avtomatiziranega odkrivanja procesov je algoritem α (alfa) (*angl. alpha algorithm*) in njegove izpeljanke ($\alpha+$, $\alpha++$, $\alpha\#$ in $\alpha\$$) [5].

Algoritem α ima osnove v akademskem okolju, natančneje v teoriji zaporedij (multimnožice, kjer je pomembna urejenost oziroma vrstni red) in analizira relacije urejenosti med pari opravil v sledih (*angl. traces*) (zaporedje dogodkov, urejenih po časovnih značkah, ki pripadajo istemu primerku) dnevnika dogodkov kot so: neposredni naslednik (*angl. direct successor*), vzročnost (*angl. causality*), sočasnost (*angl. concurrency*) in ekskluzivnost (*angl. exclusiveness*), kar zapišemo kot:

$$\alpha(L) = W,$$

kjer α predstavlja algoritem (funkcijo), L je vhodni dnevnik dogodkov in W je mreža delovnega toka (WF-net), ki predstavlja rezultat algoritma. Kot primer vzemimo vzporedni razcep oziroma razcep 'in' (*angl. AND split*) v mreži delovnega toka (Slika 1).



Slika 1: Vzporedni razcep predstavljen v Petrijevi mreži

Kot je razvidno iz Slika 1, je vzporedni razcep (*angl. AND split*) sestavljen iz treh medsebojno povezanih opravil $\{x, y, z\}$ v naslednjih zgoraj predstavljenih relacijah: vzročnost med opraviloma $\langle x, y \rangle$ in $\langle x, z \rangle$ ter relacijo sočasnosti med opraviloma $\langle y, z \rangle$, kar zapišemo kot:

$$x \rightarrow y, x \rightarrow z \wedge y \parallel z$$

Podobno kot za vzporedni razcep, algoritem α definira preslikave še za druge osnovne vzorce kontrolnega toka (*angl. workflow patterns*), kot so: zaporedje (*angl. sequence*), vzporedno združevanje (*angl. AND join*), ekskluzivni razcep (*angl. XOR split*) in ekskluzivno združevanje (*angl. XOR join*).

Na osnovi odtisa dnevnika dogodkov (*angl. footprint*), ki predstavlja vse pare dogodkov vseh sledi v dnevniku dogodkov, nato algoritem α (v osmih korakih) izdelava celovito mrežo delovnega toka.

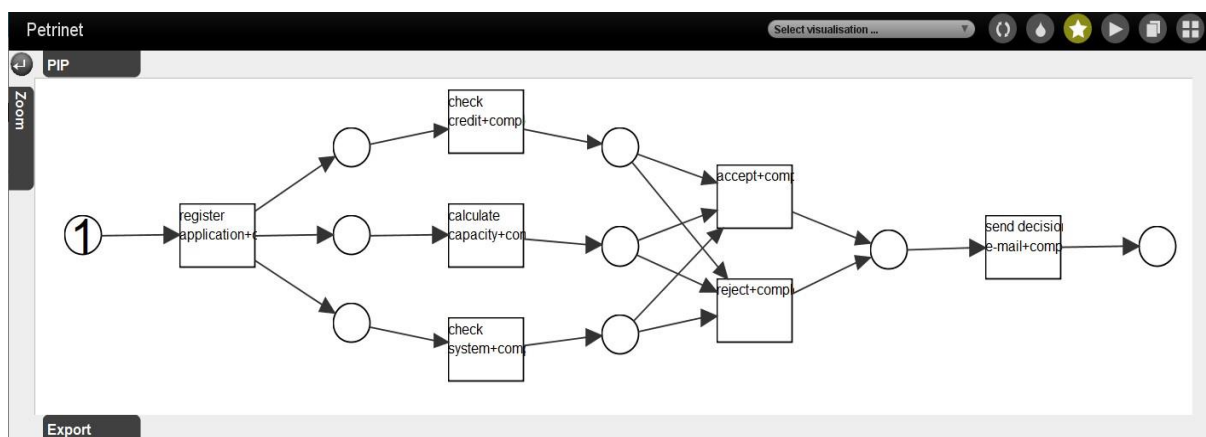
Poleg algoritma α obstaja še množica algoritmov za odkrivanje procesov, kot so na primer [5]: heuristično rudarjenje (*angl. heuristic mining*), genetsko rudarjenje procesov (*angl. genetic process mining*), področno rudarjenje (*angl. region-based mining*), induktivno rudarjenje (*angl. inductive mining*) in njihove številne variacije, vključno z lastniškimi algoritmi, ki so vključeni v komercialne rešitve (na primer, Celonis). Orodje Apromore uporablja algoritem razcepljenega rudarjenja (*angl. split miner*)[6].

Razlog za poplavo algoritmov je v pomanjkljivostih posameznih algoritmov, kot so: (1) stopnja prilaganja (*angl. fitness*) ki opredeljuje kako dobro se izdelan model procesa prilagaja podatkom v dnevniku oziroma kako dobro je možno le tega replicirati iz izdelanega modela procesa; (2) enostavnost (*angl. simplicity*), ki opredeljuje preprostost izdelanega modela procesa; (3) generalizacija (*angl. generalization*), ki opredeljuje kako dobro algoritem predvideva dejanski model, ki morda presega zapise v dnevniku dogodkov (le ti najverjetneje niso popolni) in (4) natančnost (*angl. precision*), ki je nasprotna lastnost generalizacije in določa, v kolikšni meri model opisuje natančno to kar je opredeljeno v sledih dnevnika dogodkov.

3 Vizualizacija procesov

Modeli procesov, ki jih generirajo algoritmi za rudarjenje procesov so najpogostejše vizualizirani v eni izmed naslednjih notacij: mreže delovnih tokov (*angl. workflow maps*), procesne mape (*angl. process maps*) in BPMN diagrami (*Business Process Model and Notation*) diagrami.

Mreže delovnih tokov so podzvrst Petrijevih mrež (natančneje, imajo natanko en začetek in konec ter bi v primeru vpeljave prehoda med začetkom in koncem izkazovale lastnost »močne povezanosti«). Zaradi močnega teoretičnega ozadja in možnosti tako formalnega, kot vizualnega prikaza, so zelo primerne za algoritmično obdelavo, prikazujejo pa lahko tako statično kakor tudi dinamično sliko procesa. Slika 2: Mreža delovnega toka v okolju ProM Slika 2 prikazuje mrežo delovnega toka procesa pridobivanja kredita, ki je bila pridobljena iz testnega dnevnika dogodkov v formatu XES¹ s pomočjo algoritma Alfa v orodju ProM².



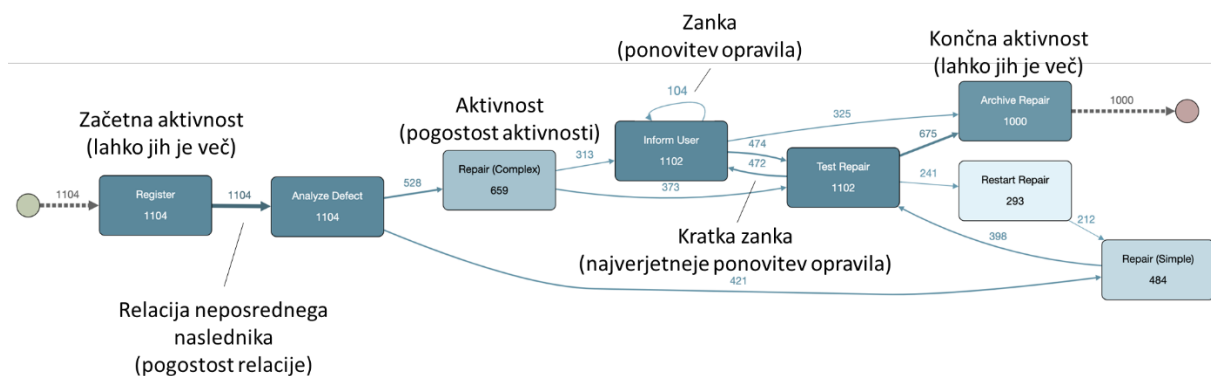
Slika 2: Mreža delovnega toka v okolju ProM

Slabost mrež delovnih tokov se kaže predvsem v njihovi praktični uporabnosti, saj zaradi konceptualne preprostosti (vsebujejo le tri teoretične koncepte: prehod, stanje in povezavo) ne nudijo neposredne podpore za višje-nivojske koncepte poslovnih procesov in so tako slabše razumljive za poslovne uporabnike.

Procesne mape (*angl. process map, directly follows graph*) so neformalna in preprosta notacija za prikaz poslovnih procesov, ki najpogostejše vključujejo le dva gradnika: (1) aktivnost, ki je predstavljena z vozliščem (najpogostejše pravokotnik) in (2) povezavo med vozlišči, ki predstavlja zaporedje izvedbe aktivnosti oz. pripadajočih dogodkov. V primeru rudarjenja procesov so procesne mape priljubljene zaradi preprostosti in dejstva, da rudarjenje procesov najpogostejše rezultira prav v modelih, ki predstavljajo množice aktivnosti in relacij med njimi.

¹ <http://www.promtools.org/prom6/downloads/FutureLearn%20-%20Process%20mining%20with%20ProM%20%20Event%20logs.zip>.

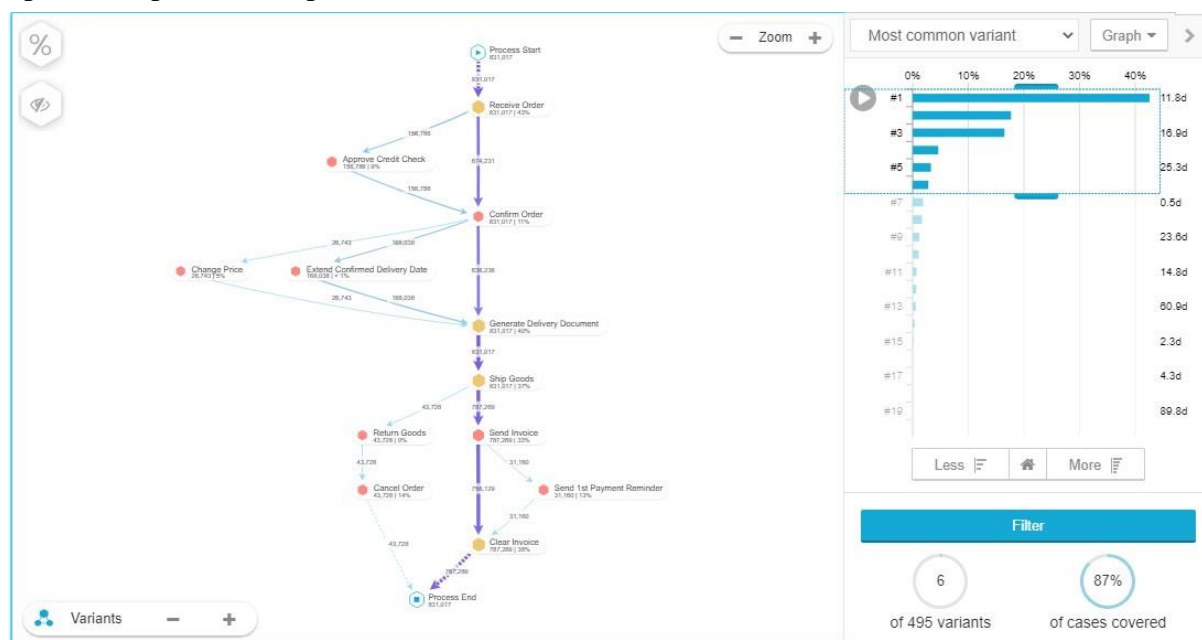
² <https://www.promtools.org/>.



Slika 3: Primer procesne mape, ki jo je generiralo okolje Apromore³

Kot je razvidno iz Slika 3, so elementi procesnih map pogosto dopolnjeni še s »statističnim slojem«, na primer: trajanje ali pojavnost elementa. Le te je moč pridobiti s tehnikami rudarjenja procesov, predstavljajo pa pomembne informacije za procesne odločitve.

Zaradi kompleksnosti realnih procesov, predvsem iz vidika števila variacij izvedb enega procesa (varianta predstavlja vse sledi procesa z istim zaporedjem aktivnosti), so običajno tudi procesne mape kompleksne, zato orodja običajno nudijo možnosti abstrakcije pridobljenih modelov in sicer se najpogosteje omejuje prikaz glede na pogostost izvedbe aktivnosti ali povezav (na primer prikaz najpogostejše ali najredkeje izvedenih variant procesa). Na Slika 4 je prikazana procesna mapa, ki jo generira okolje Celonis. Na desni strani so v grafični obliki ponazorjene frekvence variant izvedbe procesa in območje ter delež variant, ki so ponazorjene v prikazani procesni mapi.

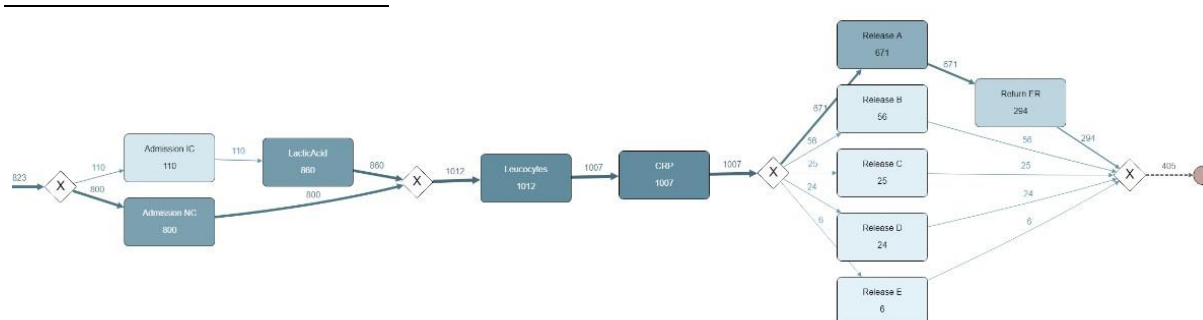


Slika 4: Abstrakcije modelov procesov v okolju Celonis⁴

³ <https://apromore.org/>.

⁴ <https://www.celonis.com/>.

Med slabosti procesnih map spada pomanjkanje procesnih konceptov, na primer težje je prepoznati pogojne in vzporedne tokove. Alternativa, ki odpravlja omenjeno slabost je uporaba BPMN 2.0, ki je de-facto in ISO standard za modele procesov. Zaradi standardiziranosti tako notacije, kot tudi meta-modela, nudi le ta številne prednosti, kot so: bogat nabor konceptov poslovnih procesov, ki jih notacija podpira, prenosljivost modelov med orodji, možnosti simulacije in avtomatizacije procesov. Slika 5 prikazuje segment BPMN modela, ki ga je generiralo okolje Apromore na dnevniku iz Tabela 1 z uporabo »split miner« algoritma, ki je sposoben zaznati koncepte BPMN neposredno [3].

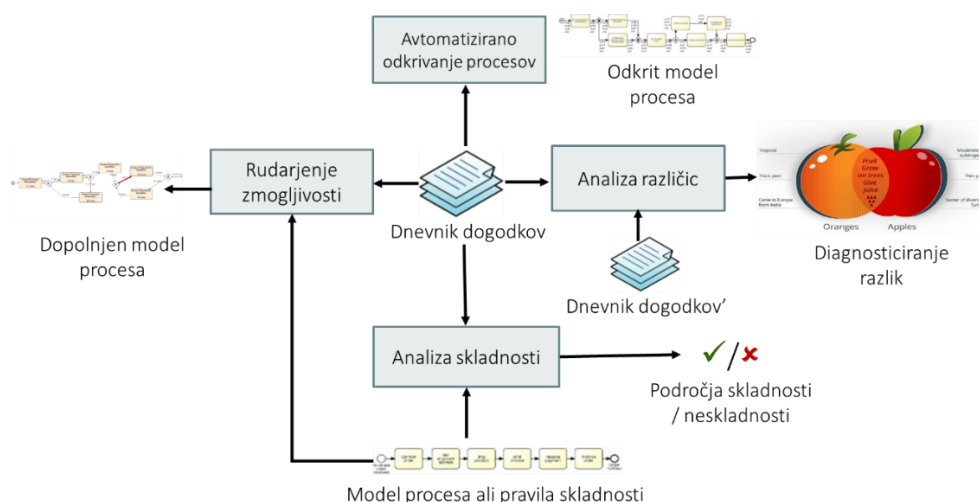


Slika 5: Segment modela BPMN, z eksplicitnimi elementi kontrolnega toka (BPMN), ki ga je generiralo okolje Apromore

Slabost uporabe notacije izhaja predvsem iz omejitev orodij za rudarjenje procesov, ki generirajo že na videz drugačne modele, kot jih izdelajo analitiki in tudi v »omejenosti« algoritmov, ki so zmožni prepoznati le osnovne koncepte in vzorce kontrolnega toka. Zato je običajno izkoriščen le majhen del notacije BPMN 2.0.

ZMOŽNOSTI RUDARJENJA PROCESOV

S tehnikami in orodji za rudarjenje procesov lahko poleg avtomatiziranega odkrivanja procesov, ki je bilo podrobneje predstavljeno v predhodnem poglavju, izvajamo še druge procesne aktivnosti (Slika 6), ki so predstavljene v nadaljevanju.

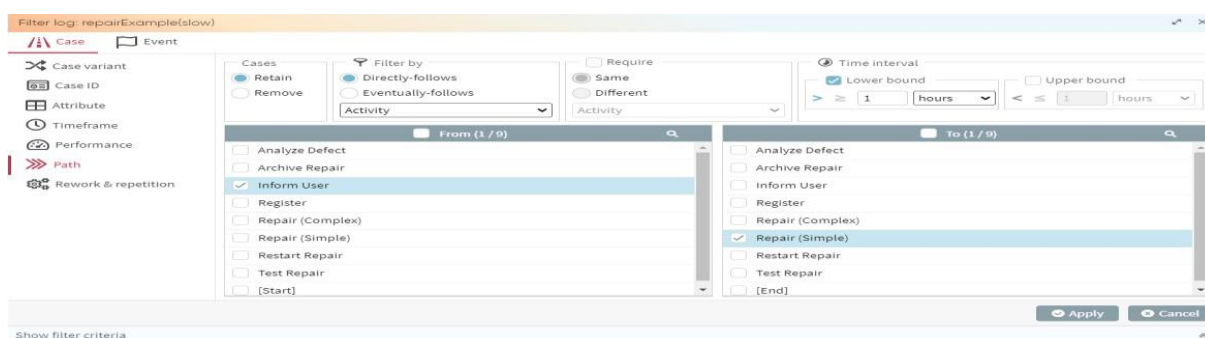


Slika

6: Zmožnosti rudarjenja procesov [7]

1 Preverjanje skladnosti

Preverjanje skladnosti (*angl. conformance checking*) omogoča primerjavo izvajanega modela (oziroma dnevnika dogodkov) z definiranimi poslovnimi pravili ali definiranim modelom procesa (*angl. prescribed process model*). Primeri poslovnih pravil, ki jih lahko preverjamo so: (1) omejitve kontrolnega toka, kot je analiza izvajanja obveznih aktivnosti (na primer: odobritve zahtevkov ali obvezna kontrola kakovosti); (2) omejitve nivoja storitev oziroma SLA (*angl. service level agreement*), kot je najdaljši dovoljen čas izvajanja aktivnosti, regije ali procesa; (3) omejitve virov kot je »ločevanje dolžnosti« (na primer: ista oseba ne sme izvesti dveh zaporednih aktivnosti) in (4) identifikacija redkih primerkov izvedbe, ki so potencialno neskladni s poslovnimi pravili. Rezultat analize preverjanja skladnosti je seznam odstopanj od pravil ali definirane modela procesa. Slika 7 prikazuje analizo časovne skladnosti izvedbe storitve popravila, kjer imamo na primer opredeljeno časovno pravilo »čakanje med informiranjem uporabnika in izvedbo preprostega opravlja ne sme trajati več kot eno uro«. Orodje Apromore lahko odkrije vse primerke procesa, ki trajajo dlje od navedenega.

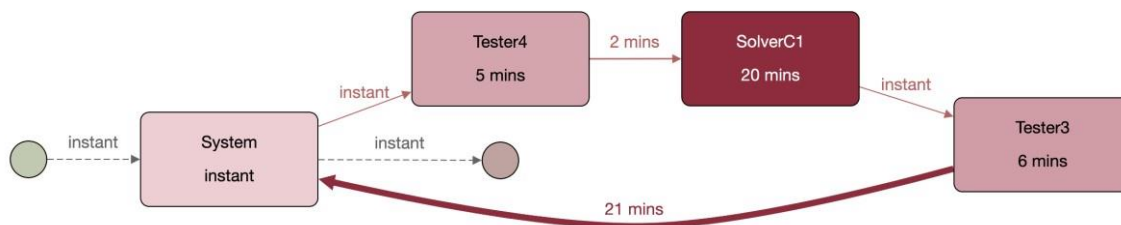


Slika 7: Časovna analiza skladnosti v okolju Apromore

2 Rudarjenje zmogljivosti

Z rudarjenjem zmogljivosti pridobimo dodatne informacije o modelih procesov, ki lahko vodijo v njihove izboljšave. Rezultat rudarjenja zmogljivosti so grafi zmogljivosti in modeli procesov, ki so dopolnjeni z informacijami kot so trajanja aktivnosti ali pogledi na procese iz vidika določenega vira. Na tak način lahko odkrivamo ozka grla (*angl. bottleneck analysis*) v izvajanju kot so: (1) aktivnost je počasna zato predstavlja ozko grlo; (2) vse vhodne povezave v aktivnost

so počasne, zato je najverjetneje ozko grlo vir, ki mu je dodeljena izvedba aktivnosti; in (3) počasna je predaja dela (*angl. handoff*) med dvema viroma (odebeljena povezava »21 mins« na Slika 8).



Slika 8: Analiza ozkih grl iz pogleda virov v okolju Apromore

Pogled virov lahko prav tako omogoči identifikacijo potencialno preobremenjenih udeležence procesa (velika frekvenca ali visoko trajanje izvedbe) ali premalo obremenjenih udeležencev procesa (nizka frekvenca ali kratko trajanje izvedbe).

Na zmogljivost delovanja lahko prav tako bistveno vplivajo ponovitve opravil, ki so lahko posledica slabo ali nepopolno opravljenega dela, ki se kaže kot: (1) zankanje ene aktivnosti (*angl. selfloop*); (2) kratke zanke, kjer se izmenično večkrat izvedeta dve aktivnosti (*angl. short loop, ping-pong behavior*); ali (3) posredne ponovitve, kjer se po istem vzorcu ponavlja ista skupina aktivnosti (*angl. indirect repetition*).

3 Analiza različic

Analiza različic (*angl. variant analysis*) temelji na primerjavi dveh ali več različic dnevnikov dogodkov istega procesa, ki tako predstavljajo različne variante procesa (na primer, primerjava vseh primerkov procesa, ki so se uspešno zaključili glede na neuspešne). Primerjava variant procesov poda vpogled na vprašanja tipa »zakaj?«, na primer: (1) zakaj se določeni primerki procesa (ki smo jih združili v eno izmed variant procesa) izvajajo hitreje kot drugi? (2) Zakaj se določeni primerki procesa uspešno zaključijo, medtem ko se drugi neuspešno? (3) Zakaj je vir, ki je vključen v izbrano varianto procesa manj učinkovit kot drugi?

Odgovore na zgornja vprašanja lahko pridobimo z enim izmed naslednji pristopov analize različic procesov: (1) analizo metrik uspešnosti (*angl. performance measures*) različic procesov; (2) analizo različic procesov glede na čas izvedbe (na primer: analiza in primerjava različic procesov, ki so se izvajali pred in med pandemijo); (3) analiza različic procesov glede na lastnosti primerkov (na primer: vrsta izdelka, segment kupcev, geografsko področje, ipd.)



Slika 9: Primerjava modelov primerkov istega procesa, ki trajajo manj kot 45 minut (levo) s primerki ki trajajo več kot 90 minut (desno) in statistična primerjava v nadzorni plošči (spodaj)

ZAKLJUČEK

Digitalna transformacija in optimizacija poslovanja je prepletena s tehnološkimi inovacijami, ki morajo zagotavljati veljaven vpogled v delovanje organizacij, temelječ na realnih podatkih, ki je razumljiv vsem vpletenim. Med ključne tehnike za doseganje navedenega spada rudarjenje procesov, ki postaja del rutine večjih podjetjih v razvitih državah [3]. Preko trideset proizvajalcev ponuja orodja za rudarjenje procesov, ki so dostopna različnim organizacijam, slabost vpeljave orodij pa je pogosto to, da se le ta implementirajo v omejenem obsegu in ne pokrivajo celotnega poslovanja.

Poglavitna izziva širše vpeljave rudarjenja procesov ostajata kakovost podatkov in človeški dejavniki. Izkušnje kažejo, da je okoli 80% časa potrebnega za lociranje, izbiranje, pridobivanje in transformacijo podatkov, pogosto pa omenjene aktivnosti odkrijejo tudi težave s kakovostjo podatkov, ki jih je potrebno odpraviti neodvisno od rudarjenja procesov. Človeški dejavniki so pogosto povezani z nepoznavanjem področja rudarjenja procesov in »strahom« pred odkritjem dejanskih procesov, ki bi lahko izpostavili pomanjkljivo vodenje, neučinkovitosti ali neskladnosti med operativnim delovanjem in predpisi.

V preteklem desetletju se je rudarjenje procesov uveljavilo predvsem kot tehnologija za odkrivanje in vizualizacijo realnih procesov, v prihodnosti pa se obeta razvoj področja v smer optimizacije procesov, podprte z umetno inteligenco [8]. Prvi trend je robotsko rudarjenje procesov (*angl. robotic process mining*), ki omogoča odkrivanje rutinskih digitalnih opravil iz dnevnikov uporabniških vmesnikov (*angl. UI log*), s pomočjo katerih se lahko nato generirajo

avtomatske skripte. Drugi trend je vzročno rudarjenje procesov (*angl. causal process mining*), ki omogoča odkrivanje vzročno-posledičnih povezav med specifikami primerkov procesov in njihovimi rezultati (na primer, primerek procesa se izvede drugače v kolikor je stranka iz določene regije). Odkrivanje omenjenih povezav lahko vodi v izboljšave procesov in višje zadovoljstvo strank. Tretji trend je »kaj – če« rudarjenje procesov (*angl. what-if process mining*), ki namesto analize obstoječega stanja omogoča simulacije delovanja procesov v primeru spremembe določenih vhodnih podatkov. Na primer, »kako se bo odzval proces, če se število zahtevkov podvoji?«. Četrty trend je predpisano ali normativno spremljanje procesov (*angl. prescriptive process monitoring*), ki s pomočjo strojnega učenja omogoča predvidevanja (negativnih) rezultatov primerkov (na primer, ali se bo določen primerek zaključil pravočasno). Peti trend rudarjenja procesov v prihodnosti je avtomatizirano izboljševanje procesov (*angl. automated process improvement*), ki za razliko od trenutnih pristopov omogoča avtomatizirano vpeljavo sprememb procesov, ki izboljšujejo izbran indikator (na primer: stroški, čas in stopnja napak).

Izjemne razmere, kot je pandemija COVID, so pokazale kako pomembna je digitalizacija, procesi, zanesljivi podatki in zmožnost hitrih prilagoditev novim razmeram. Nagle spremembe v poslovanju se odražajo v naglih spremembah procesov, kar pa ne vpliva na rudarjenje procesov, ki zagotavlja veljavne procesne informacije in odločitve tudi v takšnih razmerah.

LITERATURA

- [1] M. Dumas, M. L. Rosa, J. Mendling, in H. A. Reijers, *Fundamentals of Business Process Management*. Springer Berlin Heidelberg, 2018. [Na spletu]. Dostopno na: <https://books.google.si/books?id=KgVTDwAAQBAJ>
- [2] G. Jošt, J. Huber, M. Heričko, in G. Polančič, „Improving cognitive effectiveness of business process diagrams with opacity-driven graphical highlights“, *Decision Support Systems*, let. 103, str. 58–69, nov. 2017, doi: 10.1016/j.dss.2017.09.003.
- [3] M. Kerremans, S. Searle, T. Srivastava, in K. Iijima, „Market Guide for Process Mining“, Gartner, sep. 2020. Pridobljeno: sep. 08, 2021. [Na spletu]. Dostopno na: <https://www.gartner.com/doc/reprints?id=1-24ARMY34&ct=201002&st=sb>
- [4] W. van der Aalst *idr.*, „Process Mining Manifesto“, v *Business Process Management Workshops*, let. 99, F. Daniel, K. Barkaoui, in S. Dustdar, Ur. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2012, str. 169–194. doi: 10.1007/978-3-642-28108-2_19.
- [5] W. M. P. van der Aalst, *Process Mining: Data Science in Action*, 2nd ed. 2016 edition. New York, NY: Springer, 2016. [6] A. Augusto, R. Conforti, M. Dumas, M. La Rosa, in A. Polyvyanyy, „Split miner: automated discovery of accurate and simple business process models from event logs“, *Knowl Inf Syst*, let. 59, št. 2, str. 251–284, maj 2019, doi: 10.1007/s10115-018-1214-x.
- [7] „Process Mining 101“. Pridobljeno: sep. 09, 2021. [Na spletu]. Dostopno na: <https://apromore.org/process-mining-101/>
- [8] M. Dumas, „Process Mining in 2021 and Beyond““. mar. 09, 2021. Pridobljeno: sep. 09, 2021. [Na spletu]. Dostopno na: <https://apromore.org/whitepaper-process-mining-in-2021and-beyond/>