

► Poslovanje pod drobnogledom - primerjalna analiza sodobnih orodij za rudarjenje procesov

Tilen Tratnjek, Gregor Polančič

Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko, Koroška cesta 46, 2000 Maribor

tilen.tratnjek@um.si, gregor.polancic@um.si

Izvleček

Dostopne primerjave med orodji za rudarjenje procesov so pogosto zastarele ali ne vključujejo ocene iz uporabniške perspektive, kar otežuje izbiro primernega orodja. Namen prispevka je bil ponuditi primerjalno analizo štirih sodobnih orodij in tako omogočiti vpogled v njihove prednosti in slabosti. Cilj je bil ugotoviti, katera orodja so najbolj primerna za poslovne uporabnike iz vidikov razpoložljivosti, naprednosti funkcionalnosti in enostavnosti uporabe.

Analiza se je izvedla z enotnim metodološkim pristopom, ki je vključeval pregled dokumentacije, praktično testiranje z dvema javno dostopnima podatkovnima nizoma ter ocenjevanjem po vnaprej določenih kriterijih.

Ugotovljeno je bilo, da orodji Celonis in Apromore ponujata najbolj celovito podporo poslovnim uporabnikom. Obe orodji dosegata najvišjo oceno naprednosti v skoraj vseh sklopih funkcionalnosti, sta enostavni za uporabo in vključujeta umetno inteligenco. Na drugi strani ProM in PM4Py omogočata večjo prilagodljivost in preglednost analitičnih postopkov, vendar zahtevata tehnično znanje in zato nista primerna za široko uporabo brez ustreznega usposabljanja. S poudarkom na praktični uporabniški izkušnji in enostavnosti uporabe prispevek dopolnjuje obstoječe analize, ki se osredotočajo predvsem na seznam funkcionalnosti.

Ključne besede: primerjalna analiza, rudarjenje procesov, enostavnost uporabe, naprednost funkcionalnosti, Apromore, Celonis, PM4Py, ProM

Business Under the Microscope – Comparative Analysis of Modern Process Mining Tools

Abstract

Available comparisons between process mining tools are often outdated or lack evaluation from a user perspective, which makes it difficult to choose a suitable tool. The purpose of this study was to provide a comparative analysis of four modern tools and offer insight into their strengths and weaknesses. The goal was to determine which tools are most suitable for business users in terms of availability, functional sophistication and ease of use.

The analysis was conducted using a consistent methodological approach, which included a review of documentation, hands-on testing with two publicly available datasets, and evaluation based on predefined criteria.

The findings show that Celonis and Apromore offer the most comprehensive support for business users. Both tools received the highest scores for functionality in nearly all categories, are easy to use, and include artificial intelligence features. On the other hand, ProM and PM4Py provide greater flexibility and transparency in analytical procedures but require technical knowledge and are therefore not suitable for widespread use without proper training.

By emphasizing practical user experience and ease of use, this study complements existing analyses that focus mainly on lists of features.

Keywords: Comparative analysis, process mining, ease of use, functional sophistication, Apromore, Celonis, PM4Py, ProM

1 UVOD

V sodobnem digitalnem okolju delujejo organizacije v kompleksnih in hitro spreminjajočih se pogojih, kjer je razumevanje in optimizacija poslovnih procesov ključnega pomena za konkurenčnost, skladnost in odzivnost. Tradicionalni pristopi k upravljanju procesov, ki temeljijo na modeliranju in subjektivnih ocenah, pogosto ne zadostujejo za celovito in objektivno analizo dejanskega poteka dela. V zadnjem desetletju se je zato uveljavilo rudarjenje procesov (angl. process mining) podatkovno podprt pristop, ki omogoča odkrivanje, preverjanje in izboljševanje procesov na podlagi dejanskih sledi dogodkov, zajetih v informacijskih sistemih.

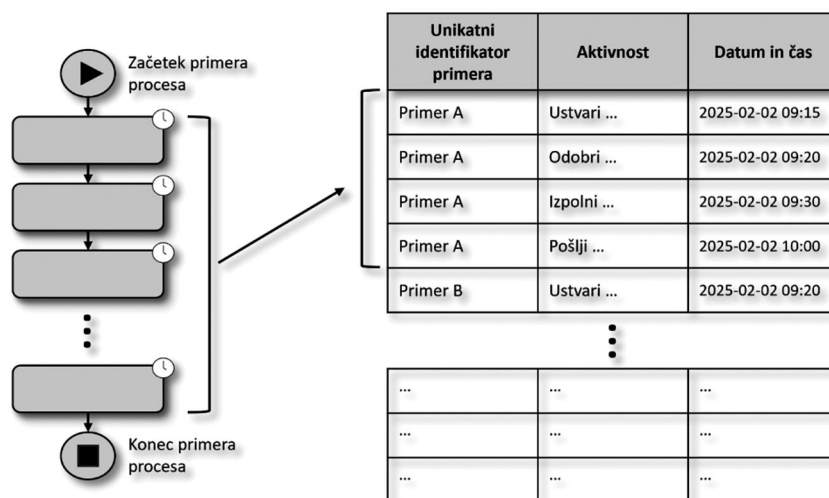
Rudarjenje procesov predstavlja enega najhitreje rastočih segmentov poslovne programske opreme, kar potrjujejo tudi podatki raziskovalne hiše Gartner. V svojem zadnjem poročilu opisuje rudarjenje procesov kot »digitalni rentgen« celotne organizacije, ki omogoča celovit pregled poslovanja in razkriva tako odstopanja kot optimalne poteke procesov. Trg, ki je v letu 2023 že dosegel vrednost 871,6 milijona dolarjev, naj bi po napovedih do leta 2028 presegel 2 milijardi dolarjev. Poleg tega Gartner poudarja, da so ključni dejavniki tudi vse večje zahteve po operativni odpornosti (angl. operational resilience) in doseganju trajnostnih ciljev, saj optimizacija procesov neposredno zmanjšuje porabo virov in stroške [1].

S hitro rastjo področja pa se je na trgu pojavila množica specializiranih orodij, kar postavlja odločevalce pred kompleksen izziv. Izbira pravega orodja je postala ključna, a hkrati težavna. Na eni strani so

odprtokodna orodja, ki tradicionalno ponujajo prilagodljivost in dostop do najnovejših akademskih algoritmov, na drugi pa komercialne platforme, ki običajno nudijo intuitivne vmesnike, celovito podporo in napredne integracije [2].

Namen tega članka je odgovoriti na naslednja raziskovalna vprašanja, ki si jih pri delu postavljajo procesni inženirji in analitiki: (1) Katere in kako napredne funkcionalnosti ponujajo izbrana orodja rudarjenja procesov? (2) Kako enostavna za uporabo so ta orodja z vidika poslovnega uporabnika? (3) Ali orodja vključujejo funkcionalnosti umetne inteligence, ki pomagajo pri interpretaciji in vrednotenju rezultatov? Na podlagi izsledkov sistematično izvedene primerjalne analize predstavljamo primerjavo štirih orodij, ki predstavljajo tako odprtokodna kot tudi komercialne rešitve. Analizo smo zasnovali z vidika povprečnega poslovnega uporabnika, ki nima programerskega znanja, a želi iz podatkov pridobiti konkretno poslovno vrednost.

Članek je v nadaljevanju strukturiran naslednje. V naslednjem poglavju so predstavljene teoretične osnove rudarjenja procesov in ključni koncepti, potrebni za razumevanje te discipline. Sledi predstavitev uporabljene metodologije ter ocenjevalnega okvira, ki omogočata sistematično primerjavo orodij. Osrednji del sestavlja analiza štirih izbranih orodij, pri čemer rezultate predstavljamo skozi dve ključni dimenziji: naprednost funkcionalnosti in enostavnost uporabe. V razpravi umestimo ugotovitve v širši kontekst, oblikujemo praktične smernice za izbiro najprimernejšega orodja ter v zaključku povzamemo ključna spoznanja raziskave.



Slika 2.1: Ključni podatki za dnevnik dogodkov [3].

2 VPOGLED V DELOVANJE RUDARJENJA PROCESOV

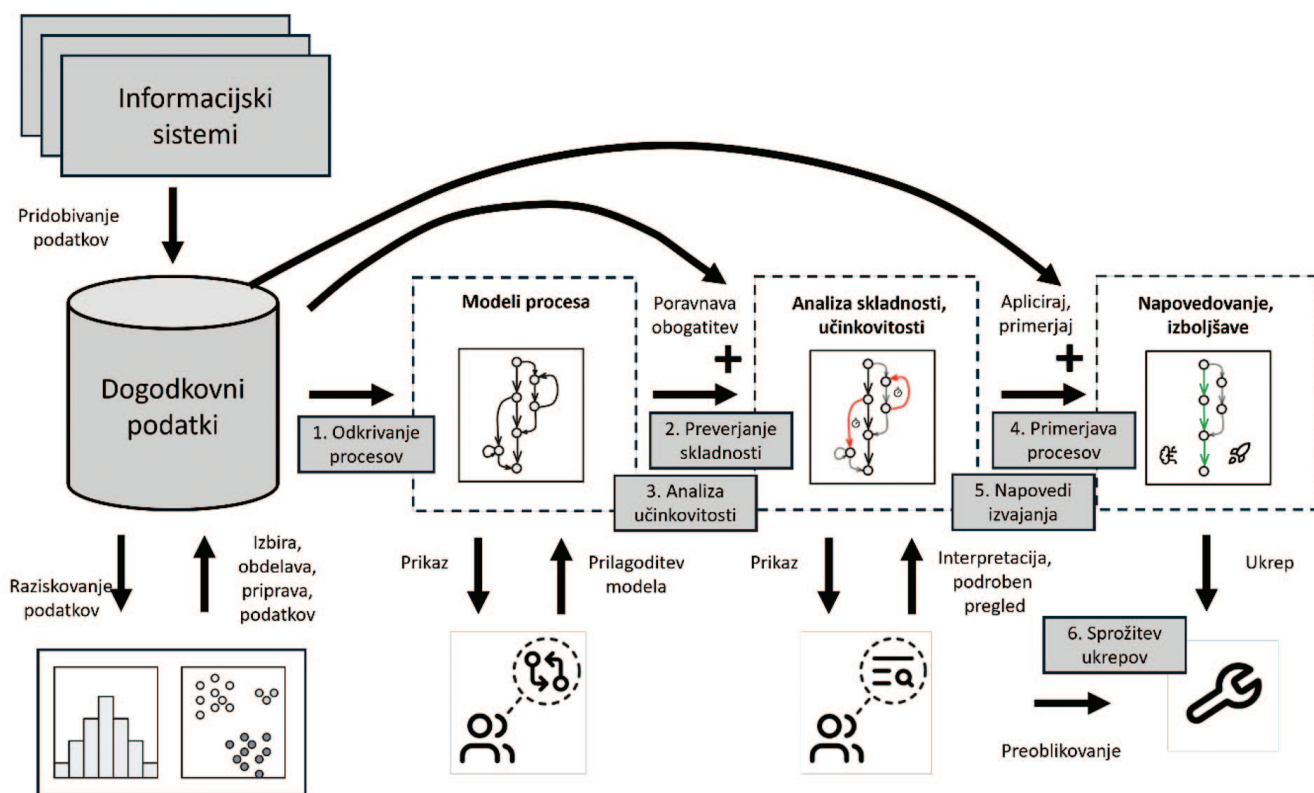
Rudarjenje procesov temelji na podatkih, analitičnih tehnikah in vizualnih rezultatih, ki skupaj omogočajo objektivni vpogled v delovanje organizacije. Temelj vsake analize predstavlja dnevnik dogodkov – strukturiran zapis vseh aktivnosti v procesu. Sodobni informacijski sistemi (ERP, CRM, bolnišnični sistemi) avtomatsko beležijo vsak korak v poslovnih procesih in ustvarjajo te dnevnike dogodkov (angl. event log). Kot ponazarja Slika 2.1, mora vsak tak zapis za osnovno analizo vsebovati tri ključne informacije [2].

1. Unikatni identifikator primera - določa, na kateri specifičen primer se dogodek nanaša (npr. številka naročila, identifikator pacienta, številka zahtevka). Ta identifikator omogoča sledenje celotni poti posameznega primera od začetka do konca.

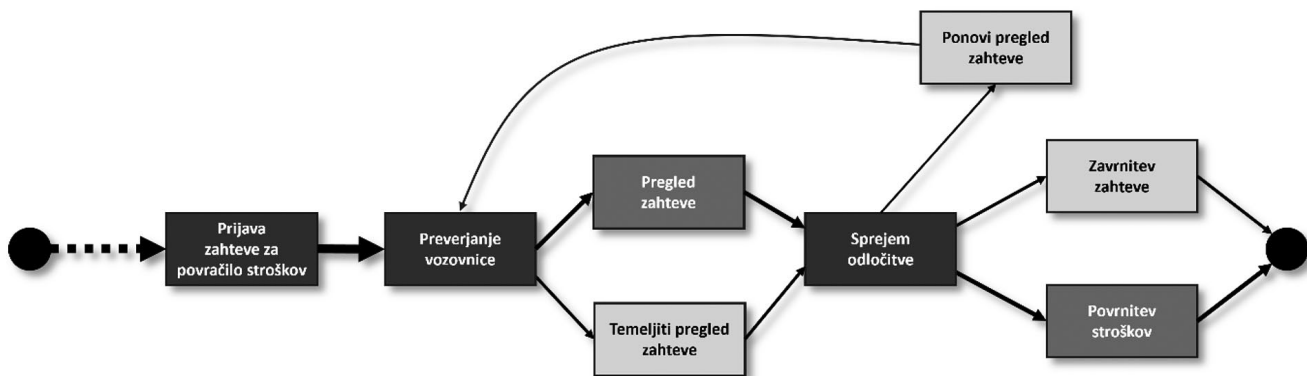
2. Aktivnost - opisuje konkretni korak v procesu, ki je bil izveden (npr. »prejem naročila«, »sprejem pacienta«, »pošiljanje računa«).
3. Časovni žig - beleži natančen datum in čas izvedbe aktivnosti.

Ta strukturirana zbirka podatkov predstavlja objektivno resnico o tem, kaj se v procesu dogaja, kdaj se dogaja in v kakšnem zaporedju. Dnevnik dogodkov je digitalna sled, ki omogoča znanstveno preučevanje procesov na podlagi konkretnih dejstev namesto predpostavk [3].

Ko imamo zbrane podatke, se začne jedro rudarjenja procesov, ki ga najbolje ponazarja cikel na Sliki 2.2. Ta cikel poteka v treh glavnih fazah, od katerih je prva odkrivanje procesov (angl. Process Discovery). V tej fazi algoritmi samodejno analizirajo dnevnik



Slika 2.2: Splošni pregled rudarjenja procesov [4].



Slika 2.3: Notacija procesnega zemljevida na primeru procesa postopka obravnave zahtevka za povračilo stroškov v letalski družbi [2].

dogodkov in iz njega ustvarijo vizualni model procesa. Namesto ročnega risanja procesov nam orodje na podlagi realnih podatkov samodejno ustvari vizualizacijo dejanskega poteka. S tem odgovorimo na ključno vprašanje: »Kako naši procesi dejansko potekajo?« [2].

Druga faza, preverjanje skladnosti in analiza (angl. Conformance Checking), omogoča sistematično primerjavo odkritega modela dejanskega stanja z idealnim ali predpisanim referenčnim modelom. Ta pristop razkrije ključne problematične točke: odstopanja od standardnih postopkov, preskakovanje obveznih korakov, nepotrebne ponovitve aktivnosti ter kršitve veljavnih poslovnih pravil. Vzporedno z analizo skladnosti lahko izvajamo tudi analizo učinkovitosti, s katero identificiramo ozka grla v procesu, najdemo najdaljše kritične poti ter določimo aktivnosti z največjim vplivom na celotno trajanje procesa [2].

Tretja faza predstavlja izboljšanje in napovedovanje (angl. Enhancement), kjer se spoznanja iz prejšnjih dveh faz pretvorijo v konkretne izboljšave procesov. Ker sedaj razumemo temeljne vzroke težav, lahko implementiramo ciljno usmerjene in učinkovitejšje ukrepe. Ta faza omogoča tudi prehod od reaktivnega k proaktivnemu pristopu. Napredna analitična orodja namreč omogočajo napovedovanje prihodnjih dogodkov in s tem preventivno reševanje težav, še preden te sploh nastanejo [2].

Končni rezultat odkrivanja procesov je pogosto procesni zemljevid (angl. process map), kot ga vidimo na Sliki 2.3. Ta vizualizacija na preprost in intuitiven način združi posamezne dogodke v celovito predstavo procesa, ki razkriva glavne poti izvajanja zahtevkov, alternativne tokove ter nepričakovane zanke, kot je »Ponovi pregled zahteve«. Procesni ze-

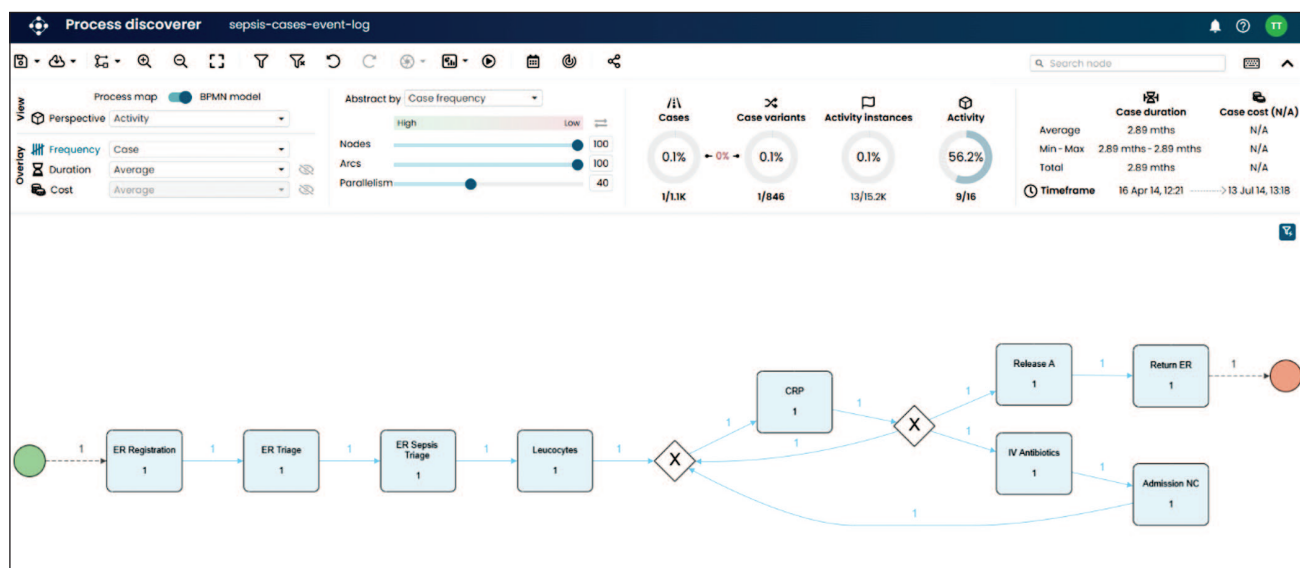
mljevid predstavlja ključno orodje za razumevanje, saj zapleteno poslovno logiko preoblikuje v jasno vizualno predstavo, dostopno tako analitikom kot vodstvu. Kot temelj za nadaljnje analize in strateške odločitve omogoča prepoznavanje ozkih grl, neučinkovitosti in priložnosti za optimizacijo [3].

2.1 Orodja za rudarjenje procesov

Za izvedbo vseh omenjenih faz rudarjenja procesov je nujna uporaba specializiranih programskih orodij, ki obdelujejo dnevnik dogodkov, uporabljajo algoritme za odkrivanje procesov, preverjajo skladnost s predpisanimi modeli in omogočajo analizo ter izboljšave procesov. Poleg osnovnih funkcionalnosti lahko ponujajo tudi možnosti za napredno vizualizacijo, filtriranje podatkov, povezovanje z zunanjimi sistemi in uporabo metod umetne inteligence. Na trgu je na voljo širok nabor orodij [5] z različnimi pristopi in zmogljivostmi. V nadaljevanju so predstavljena štiri orodja, ki omogočajo primerjavo različnih pristopov v rudarjenju procesov, tako s tehničnega kot uporabniškega vidika. Izbor orodij na katerih je bila v nadaljevanju izvedena primerjalna analiza je temeljila na kombinaciji pregleda literature in tržnih poročil. Med komercialnimi orodji smo izbrali Celonis in Apromore, ki sodita med vodilne platforme v Gartnerjevem tržnem poročilu Magic Quadrant for Process Mining [1]. Za odprtokodni orodji smo vključili ProM in PM4Py, saj sta bile najbolj pogosto omenjeni odprtokodni orodji v pregledani literaturi.

2.1.1 Apromore Portal

Apromore Portal 10.2 (v nadaljevanju Apromore) je komercialno licencirano orodje za rudarjenje procesov, razvito s strani podjetja Apromore Pty Ltd, ki

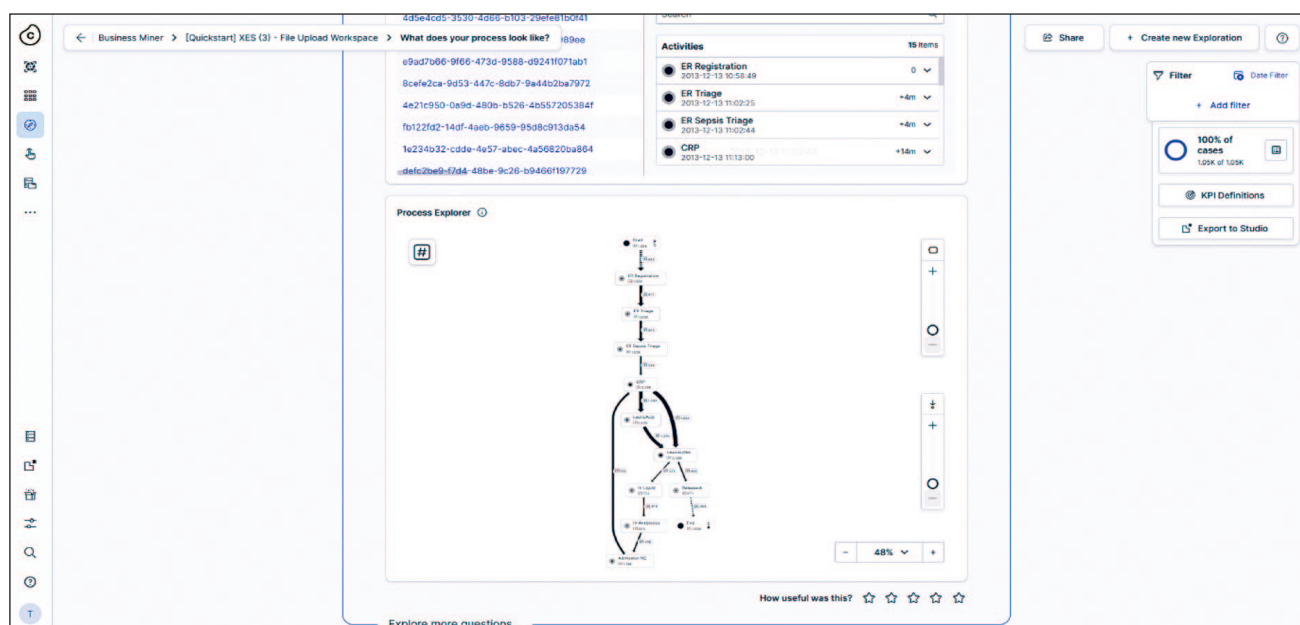


Slika 2.4: Del uporabniškega vmesnika v orodju Apromore, ki prikazuje odkriti proces.

izvira iz raziskovalnega sodelovanja med Univerzo v Melbourne in Univerzo v Tartuju. Od prve izdaje leta 2009 se je orodje neprestano razvijalo, z zadnjo posodobitvijo v marcu 2025. Uporabniki lahko dostopajo do storitve preko spletnih brskalnikov kot programsko opremo v oblaku ali z namestitvijo na lastni infrastrukturi [6].

Orodje je zasnovano za analizo in optimizacijo poslovnih procesov ter omogoča odkrivanje procesov, preverjanje skladnosti, simulacijo in napovedno

analitiko. Del uporabniškega vmesnika orodja, ki prikazuje zemljevid odkritega procesa, je prikazan na Sliki 2.4. Apromore temelji na več kot desetletju inovacij in akademskih raziskav, vključno z rezultati več doktoratov in več kot 200 znanstvenih publikacij. Čeprav je bilo orodje sprva odprtokodno, zdaj deluje kot komercialno orodje s fleksibilnimi cenovnimi modeli, prilagojenimi obsegu uporabe, ter nudi tehnično podporo in redne posodobitve [4].



Slika 2.5: Del uporabniškega vmesnika v orodju Celonis, ki prikazuje odkriti proces.

2.1.2 Celonis Platform

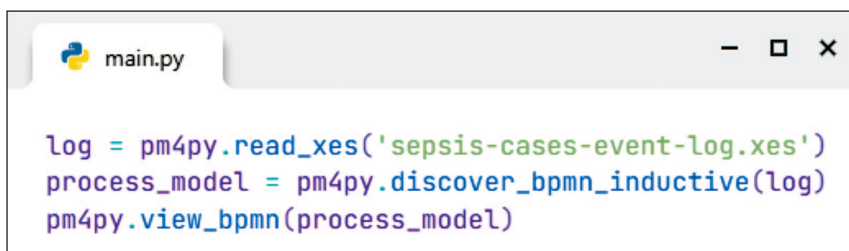
Celonis Platform (v nadaljevanju Celonis) je komercialno licencirano orodje za rudarjenje procesov, ki ga razvija podjetje Celonis SE. Od prve izdaje leta 2011 se je orodje nenehno razvijalo, z zadnjo posodobitvijo v juniju 2025. Uporabniki lahko dostopajo do platforme preko spletnih brskalnikov kot programsko opremo v oblaku ali z namestitvijo na lastni infrastrukturi [7].

Celonis je namenjen analizi in optimizaciji poslovnih procesov ter omogoča izboljšanje poslovne učinkovitosti z uporabo procesne inteligence. Platforma povezuje podatke iz različnih sistemov in omogoča celosten vpogled v delovanje organizacije. Del uporabniškega vmesnika orodja, ki prikazuje zemljevid odkritega procesa, je prikazan na Sliki 2.5. Ključne zmožnosti orodja vključujejo rudarjenje procesov osredotočeno na objekte za natančen vpogled, rudarjenje nalog (angl. task mining) za razumevanje kako se opravljajo naloge, vmesnik za izgradnjo aplikacij in nadzornih plošč ter avtomatizacijo delovnih tokov za odpravljanje neučinkovitosti. Platforma omogoča tudi deljenje ustvarjenih vpogledov [7].

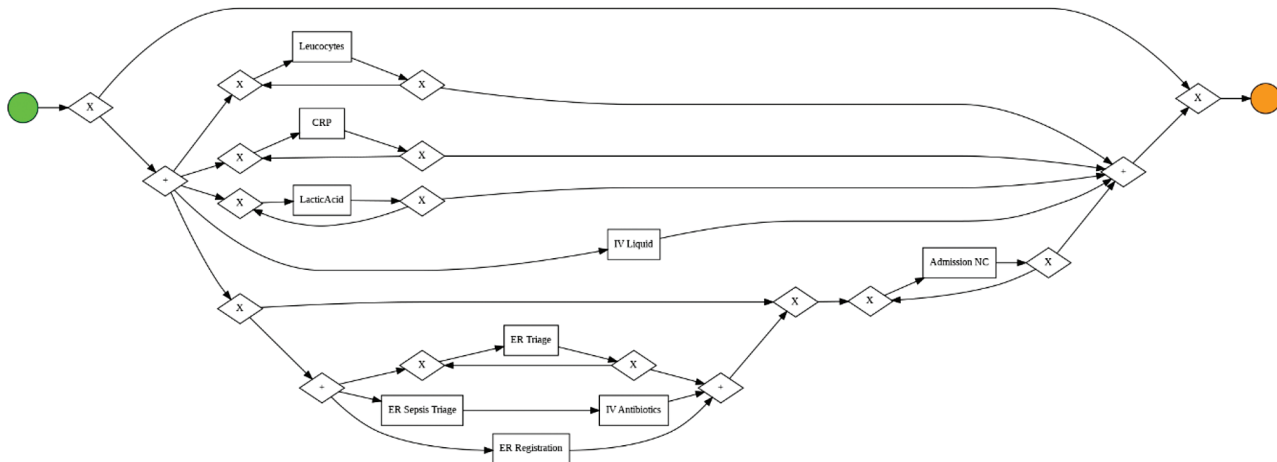
2.1.3 PM4Py

PM4Py 2. 7. 13 je odprtokodna knjižnica za rudarjenje procesov v Pythonu, ki jo razvija podjetje Process Intelligence Solutions (PIS), prvotno pa je bila razvita v okviru Fraunhofer FIT. Od prve izdaje leta 2018 se knjižnica aktivno razvija, z zadnjo posodobitvijo v juniju 2025. Kot Python knjižnica je PM4Py na voljo na vseh platformah, ki podpirajo Python programski jezik [8].

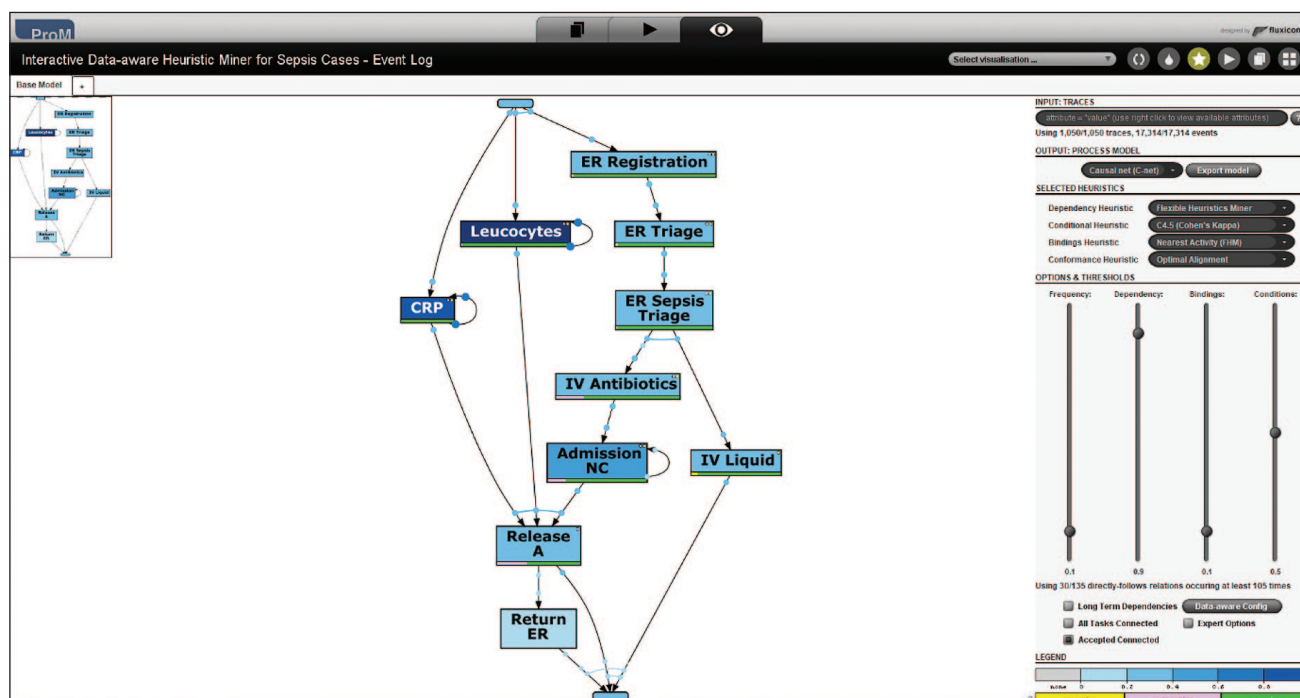
Knjižnica je namenjena tako akademskim raziskavam kot industrijski uporabi ter omogoča analizo procesnih podatkov s pomočjo različnih algoritmov rudarjenja procesov. Vključuje funkcionalnosti za odkrivanje procesov, preverjanje skladnosti in izboljševanje procesov. PM4Py podpira širok nabor algoritmov rudarjenja procesov, kot so Alpha Miner, Inductive Miner, Heuristics Miner in ILP Miner, ter omogoča generiranje različnih vrst procesnih modelov, vključno s Petrijevimi mrežami, procesnimi drevesi, procesnimi zemljevidi in BPMN diagrami. Najnovejša velika različica 2.7.0 uvaja tudi integracijo z OpenAI, kar omogoča uporabo velikih jezikovnih modelov za razlago in analizo procesnih podatkov [8]. Sli-



Slika 2.6: Prikaz odseka kode, potrebnega za odkrivanje procesa in ustvarjanje diagrama BPMN.



Slika 2.7: Ustvarjen diagram BPMN, ki je rezultat predstavljene kode na Sliki 2.6.



Slika 2.8: Del uporabniškega vmesnika v orodju ProM, ki prikazuje odkriti proces.

ka 2.6 prikazuje odsek kode, za ustvarjanje diagrama BPMN, ki je predstavljen na Sliki 2.7.

2.1.4 ProM

ProM 6.14 je odprtokodno orodje za rudarjenje procesov, ki ga razvija Tehniška univerza v Eindhoven (TU/e). Prvič je bilo izdano leta 2004 kot ProM 1.1, z zadnjo posodobitvijo v septembru 2023. Gre za programsko opremo, ki deluje na operacijskih sistemih Windows, Linux in macOS [2].

Orodje je namenjeno akademskemu raziskovanju in analizi procesov ter se osredotoča na odkrivanje procesov, preverjanje skladnosti in izboljševanje procesov na podlagi dnevnikov dogodkov. ProM odlikuje modularna zasnova, ki omogoča prilagajanje analitičnih metod in dodajanje novih algoritmov. Podpira različne tehnike rudarjenja procesov, med katerimi so Alpha Miner, Heuristic Miner, Fuzzy Miner in Genetic Miner. Orodje temelji na programskem jeziku Java in deluje kot lokalna aplikacija [9]. Del uporabniškega vmesnika orodja, ki prikazuje zemljevid odkritega procesa, prikazuje Slika 2.7.

3 METODOLOGIJA PRIMERJALNE ANALIZE

To poglavje predstavlja razviti okvir za ocenjevanje, ki omogoča zanesljive in ponovljive rezultate, ter podrobno opisuje uporabljeno metodologijo raziskave.

Pred izvedbo primerjalne analize smo želeli najprej razumeti, kako so primerjave orodij za rudarjenje procesov zasnovali drugi avtorji. S tem smo pridobili vpogled v uporabljene metodološke pristope, kriterije primerjave in način vrednotenja funkcionalnosti posameznih orodij. Poleg tega nam je pregled sorodne literature omogočil prepoznavanje pogosto primerjanih orodij in morebitnih vrzeli v obstoječih raziskavah. To je bilo ključno za utemeljitev izbire orodij in oblikovanje primerjalnega okvira. Iskanje literature je bilo tako pomemben korak za zagotovitev metodološke utemeljenosti in relevantnosti izvedene analize.

Sorodno literaturo smo iskali sistematično z uporabo baze Google Scholar, pri čemer smo uporabili iskalni niz »intitle:(»process mining«) AND intitle:(comparison OR »comparative analysis«)« in omejitev na obdobje 2019–2025. V prvi fazi smo rezultate filtrirali glede na časovno ustreznost, vrsto raziskave ter vsebinsko ustreznost, kjer smo upoštevali le prispevke, ki obravnavajo primerjavo funkcionalnosti orodij za rudarjenje procesov. Izločili smo prispevke, ki se ukvarjajo zgolj s teoretičnimi vidiki brez obravnave konkretnih orodij.

Na tej osnovi smo izločili večino zadetkov in identificirali 18 raziskav, ki so bile potencialno relevantne. V drugi fazi smo te podrobneje pregledali in dodatno ovrednotili glede na neposredno obravnavo

primerjave orodij, aktualnost ter dostopnost celotnega besedila prek Univerze v Mariboru. Pregled literature je razkril pomembne vrzeli, kot so neaktualnost raziskav zaradi nenehnega razvoja orodij, slabše upoštevanje sodobnih trendov, kot je uporaba ume-
tne inteligence in slaba presoja uporabniške izkušnje ob upoštevanju potreb različnih tipov uporabnikov.

Ta pristop je zagotovil, da smo obravnavali široko uporabljana in v praksi preverjena orodja, katerih pogosta omemba v literaturi potrjuje tako njihov akademski vpliv kot operativno zanesljivost v različnih organizacijskih kontekstih.

3.1 Pristop ocenjevanja

Razvili smo večstopenjski metodološki pristop, ki temelji na kombinaciji teoretičnega pregleda, praktičnega testiranja in sistematičnega ocenjevanja. Celoten proces je zasnovan kot cikel, ki omogoča iterativno poglobljanje razumevanja in utemeljevanje končnih ocen.

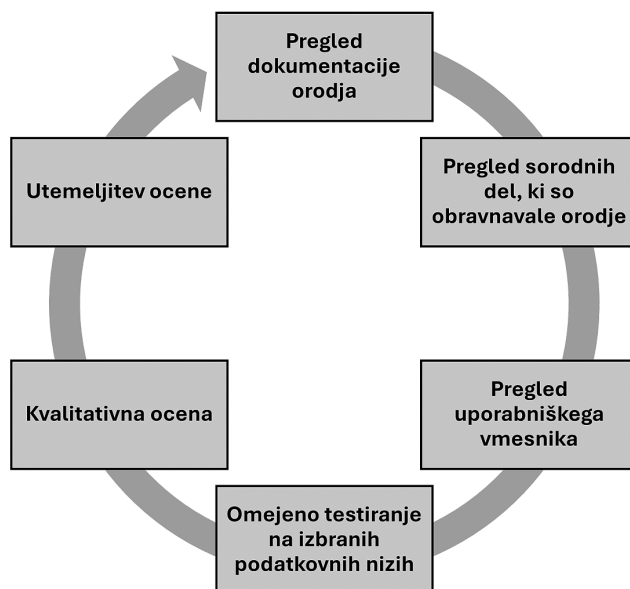
Vrednotenje vsakega orodja je potekalo skozi več medsebojno povezanih faz, kot je ponazorjeno na Sliki 3.1. Ta pristop zagotavlja, da končna ocena ni posledica zgolj ene aktivnosti, ampak sinteza spoznanj, pridobljenih iz različnih perspektiv.

Prvi korak je bil temeljit pregled uradne dokumentacije, uporabniških priročnikov ter obstoječih znanstvenih in strokovnih člankov, ki so obravnavali izbrana orodja. S tem smo zgradili teoretično osnovo in razumeli zmožnosti vsakega orodja. V fazi pregleda uporabniškega vmesnika smo se osredotočili na

praktično izkušnjo. Analizirali smo logiko navigacije, jasnost postopkov, vizualno privlačnost in splošno intuitivnost vmesnika. Cilj je bil oceniti, kako hitro se lahko nov uporabnik znajde v orodju.

Teoretična spoznanja smo preverili v praksi z uporabo dveh, javno dostopnih podatkovnih nizov (»Primeri sepse« in »Upravljanje kazni za prometne prekrške«) [10], [11]. Izbrana sta bila, ker predstavljata procesa z različno stopnjo kompleksnosti in variabilnosti. Zdravstveni proces z visoko nepredvidljivostjo in administrativni proces z bolj strukturiranim tokom. To nam je omogočilo neposredno primerjavo, kako se orodja obnesejo pri reševanju konkretnih analitičnih nalog. V zadnji fazi smo združili vse pridobljene informacije. Na podlagi opazovanj iz pregleda dokumentacije, uporabniške izkušnje in praktičnega testiranja smo izvedli končno kvalitativno oceno po vnaprej določenih merilih. Vsaka ocena je bila argumentirano utemeljena, s čimer smo zagotovili transparentnost celotnega procesa.

Ključni del metodologije je bil enoten ocenjevalni okvir, ki je bil uporabljen za vsa štiri orodja. Vrednotenje je bilo zavestno izvedeno z vidika splošnega poslovnega uporabnika. To je posameznik z osnovnimi digitalnimi kompetencami in razumevanjem poslovnih procesov, vendar brez programerskega znanja ali ekspertnega poznavanja teorije rudarjenja procesov. V raziskavi smo sistematično preverili šest ključnih sklopov zmogljivosti bolj natančno opisanih v spodnji tabeli (Tabela 1).



Slika 3.1: Cikel faz vrednotenja posameznega orodja.

Tabela 1: Sklopi funkcionalnosti in njihove ključne zmožnosti za rudarjenje procesov.

Sklop funkcionalnosti	Ključne zmožnosti za rudarjenje procesov
Upravljanje podatkov	Omogoča celovito obdelavo izvornih podatkov, vključno s pretvorbo različnih formatov v analitično primerno obliko, čiščenje podatkov ter pripravo za nadaljnjo analizo.
Odkrivanje procesov	Sistematizira surove podatke o dogodkih v vizualne modele procesov, kar omogoča razumevanje dejanskih delovnih tokov in njihovih različic.
Preverjanje skladnosti	Zagotavlja mehanizme za primerjavo dejanskega poteka procesov z načrtovanimi ali optimalnimi scenariji, kar omogoča ugotavljanje odstopanj.
Analiza procesov	Ponuja zmožnosti za preučevanje procesov, vključno z identifikacijo neučinkovitosti, časovnih zamud in potencialov za izboljšave.
Nadzorovanje in poročanje	Omogoča kontinuirano spremljanje ključnih metrik procesov ter generiranje prilagodljivih poročil za podporo odločanju.
Podpora	Vključuje vidike uporabniške podpore, od tehnične dokumentacije do izobraževalnih programov, ki olajšajo uporabo orodja.

3.2 Ocenjevalna merila

V nadaljevanju so predstavljene tabele s podrobnimi opisi posameznih kriterijev, ki so služili kot osnova za ocenjevanje. Vsak kriterij vključuje jasno opredeljene ravni presoje, kar zmanjšuje vpliv subjektivnih ocen in zagotavlja bolj dosledno primerjavo med orodji. Tak pristop izboljša preglednost, omogoča ponovljivost vrednotenja.

3.2.1 Razpoložljivost funkcionalnosti

Prvi kriterij meri, ali je določena funkcionalnost v orodju dejansko na voljo brez dodatnih prilagoditev ali omejitev. Tabela 2 prikazuje, kako smo razdelili stopnje razpoložljivosti.

Tabela 2: Kriterij razpoložljivost funkcionalnosti opisuje, kako dostopne in dosegljive so posamezne funkcionalnosti orodja.

Razpoložljivost funkcionalnosti	
Ne	Funkcija ni na voljo in je ni mogoče izvesti niti s standardnimi funkcijami niti z dodatki ali obvodi.
Delno	Funkcija obstaja, vendar ima omejitve. Lahko je na voljo le v določenih različicah, zahteva dodatno plačilo, ima zmanjšane zmogljivosti, deluje prek obvodov (angl. workaround) ali zahteva programiranje po meri.
Da	Funkcija je v celoti na voljo kot del orodja. Za dostop do te funkcije niso potrebni dodatni moduli, vtičniki ali razvoj po meri.

3.2.2 Naprednost funkcionalnosti

Drugi kriterij ocenjuje, kako obsežna in prilagodljiva je posamezna funkcionalnost ter ali podpira tudi zahtevnejše primere uporabe. Stopnje naprednosti so opisane v Tabeli 3.

Tabela 3: Kriterij naprednosti funkcionalnosti se osredotoča na kompleksnost, prilagodljivost in obseg funkcij, ki jih orodje ponuja.

Naprednost funkcionalnosti	
Osnovno	Funkcionalnost pokriva le temeljne potrebe in minimalne zahteve. Ponuja omejeno število funkcij brez dodatnih možnosti ali prilagoditev. Zadostuje za enostavne primere uporabe, a ne ponuja prilagodljivosti za zahtevnejše scenarije.
Dobro	Funkcionalnost vključuje vse osnovne in nekaj naprednih funkcij. Ponuja zmerno raven prilagodljivosti, kar omogoča uporabo v širšem naboru scenarijev. Vključuje uporabne dodatne možnosti, ki presegajo minimalne zahteve.
Odlično	Funkcionalnost ponuja obsežen nabor naprednih funkcij in visoko stopnjo prilagodljivosti. Vključuje inovativne možnosti. Omogoča prilagajanje po meri za specifične potrebe in podpira kompleksne delovne tokove.

3.2.3 Enostavnost uporabe funkcionalnosti

Tretji kriterij se nanaša na to, kako enostavno je uporabljati funkcionalnost za uporabnika brez tehničnega znanja. Tabela 4 opredeljuje stopnje glede na zahtevnost uporabe.

Tabela 4: Pojasnjuje, kako intuitivno je orodje za uporabnike z različnim tehničnim znanjem.

Enostavnost uporabe funkcionalnosti	
Zahtevno	Funkcionalnost v orodju zahteva tehnično znanje ali programerske spretnosti. Vmesnik ni intuitiven, zahteva ročno konfiguracijo in obsežno usposabljanje. Dokumentacija je osnovna ali pomanjkljiva, vodeni delovni tokovi so minimalni, osnovne operacije pa zahtevajo več klikov. Kognitivna obremenitev je visoka.
Zmerno	Funkcionalnost v orodju je dostopna tudi poslovnim uporabnikom, čeprav nekaj tehničnega znanja pomaga. Vmesnik združuje intuitivne in tehnične elemente ter vključuje delno vodene delovne tokove. Dokumentacija je uporabna, osnovne operacije pa so razmeroma enostavne, a ne povsem brez trenja hitro dostopne, zahteve po učenju pa minimalne. Kognitivna obremenitev je nizka. Kognitivna obremenitev je obvladljiva.
Enostavno	Funkcionalnost v orodju je intuitivna in uporabniku prijazna. Ne zahteva tehničnega znanja, ima dobro zasnovan vmesnik, celovite vodene delovne tokove in kontekstno pomoč. Osnovne operacije so

4 UGOTOVITVE PRIMERJAVE ORODIJ

V tem poglavju predstavljamo ključne ugotovitve primerjalne analize štirih orodij za rudarjenje procesov: Apromore, Celonis, PM4Py in ProM. Rezultati so pridobljeni na podlagi sistematičnega ocenjevanja po določenih metodoloških merilih, opisanih v prejšnjem poglavju. Ugotovitve so predstavljene v dveh ključnih dimenzijah: naprednost funkcionalnosti, in enostavnosti uporabe. Za lažjo vizualno primerjavo so rezultati prikazani na radarskih diagramih.

4.1 Naprednost funkcionalnosti orodij

Naprednost funkcionalnosti je bila ocenjena na lestvici od 1-osnovno do 3-odlično za vsak sklop funkcionalnosti. Kriterij za ocenjevanje je opisan v poglavju metodologij v Tabeli 1. Skupni rezultati, prikazani na Sliki 4.1, razkrivajo bistvene razlike med komercialnimi in odprtokodnimi orodji.

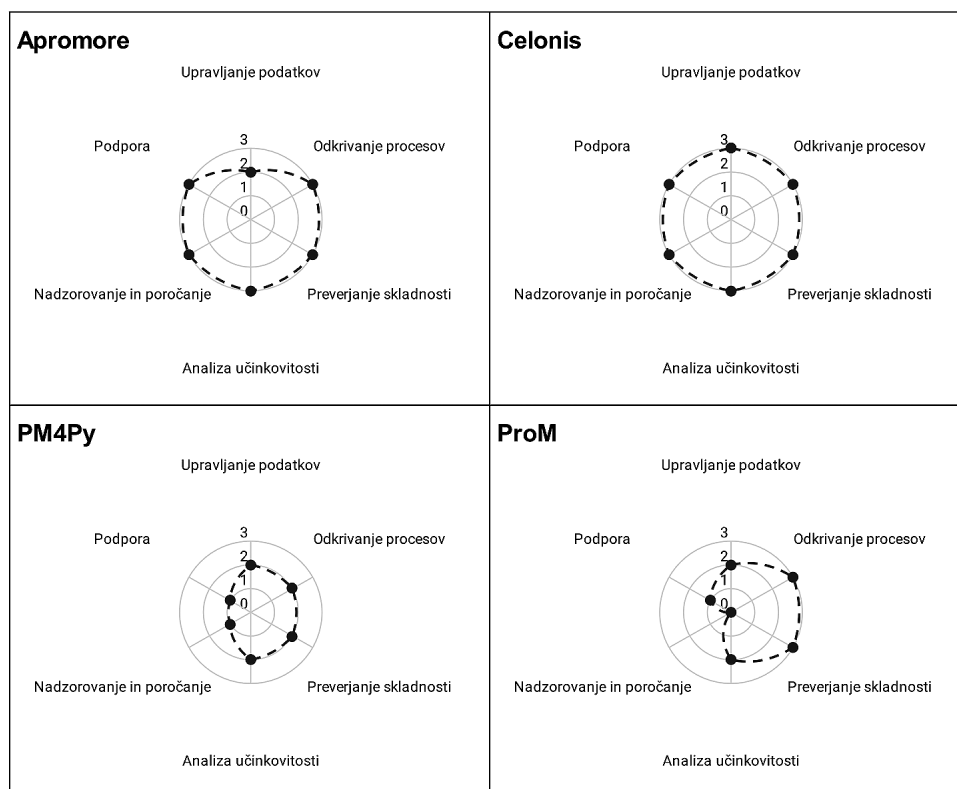
Obe komercialni platformi kažeta visoko stopnjo naprednosti v vseh ocenjevanih sklopih. Dosegata oceno odlično na področjih, kot so odkrivanje procesov, preverjanje skladnosti in nadzorovanje in poročanje. To kaže na celovito pokritost celotnega cikla rudarjenja procesov znotraj ene platforme.

Odprtokodni orodji izkazujejo bolj raznolik profil. Njihove močne točke so predvsem na področju osnovnih analitičnih zmožnosti. ProM dosega odlično oceno pri odkrivanju procesov in preverjanju skladnosti, medtem ko PM4Py dosega dobro oceno v večini analitičnih sklopov. Pri obeh odprtokodnih orodjih je opazna nižja ocena v sklopu nadzorovanje in poročanje, kjer PM4Py dosega le osnovno raven, ProM pa te funkcionalnosti v testiranem obsegu ne ponuja. Podobno nižje so ocenjene njune zmožnosti podpore.

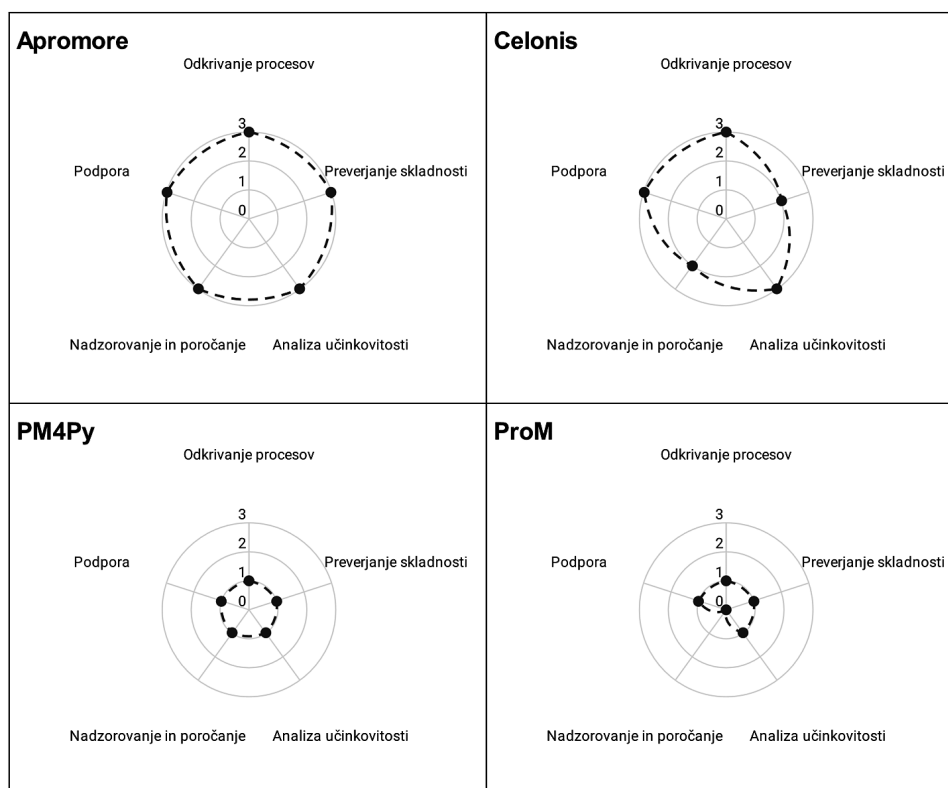
4.2 Enostavnost uporabe orodij

Enostavnost uporabe, ocenjena z vidika splošnega poslovnega uporabnika na lestvici od 1-zahtevno do 3-enostavno, razkriva še večje razlike med analiziranimi orodji. Rezultati so povzeti na Sliki 4.2.

Komercialni orodji na tem področju izrazito izstopata. Apromore dosega oceno »enostavno« v vseh kategorijah, kar kaže na visoko stopnjo intuitivnosti in nizko učno krivuljo. Celonis je prav tako ocenjen kot zelo enostaven za uporabo, vendar z nekoliko nižjo, zmerno oceno v sklopih preverjanja skladnosti ter nadzorovanja in poročanja. To je posledica



Slika 4.1 Primerjalni diagram naprednosti funkcionalnosti izbranih orodij (1-osnovno, 2-dobro, 3-odlično).



Slika 4.2 Primerjalni diagram enostavnosti uporabe izbranih orodij (1-zahtevno, 2-zmerno, 3-enostavno).

dejstva, da izgradnja naprednejših, po meri narejenih analitičnih vpogledov in nadzornih plošč poteka znotraj specifičnega okolja Celonis Studio. Gre za nizkokodno (angl. low-code) razvojno okolje, ki uporabnikom sicer omogoča izjemno prilagodljivost pri ustvarjanju lastnih vpogledov, a hkrati zahteva več tehničnega predznanja v primerjavi z osnovnimi, vnaprej pripravljenimi funkcijami platforme.

Odpri tokodni orodja sta v skoraj vseh sklopih ocenjeni kot zahtevni za uporabo. ProM, z vmesnikom, ki temelji na vtičnikih, in PM4Py, ki deluje kot programska knjižnica brez grafičnega vmesnika, od uporabnika zahtevata znatno več tehničnega predznanja in samostojnega učenja za doseganje želenih rezultatov.

5 RAZPRAVA IN IMPLIKACIJE

Namen tega poglavja je razložiti ključne ugotovitve primerjalne analize, odgovoriti na raziskovalna vprašanja, opozoriti na omejitve raziskave in predlagati smeri za nadaljnje raziskovanje.

Ugotovili smo, da komercialne platforme, kot sta Apromore in Celonis, ponujajo integrirane rešitve od uvoza podatkov do vizualizacije in nadzora. Name-

njene so poslovnim uporabnikom in dosegajo visoke ocene pri enostavnosti uporabe, saj se osredotočajo na intuitiven vmesnik, avtomatizacijo nalog ter dostopno predstavitev podatkov. Njihov primarni cilj je poenostavitev rudarjenja procesov in s tem večja dostopnost teh orodij tudi za netehnične uporabnike. Na drugi strani sta ProM in PM4Py, odpri tokodni orodji. Njuna moč je v naprednih analitičnih zmogljivostih, visoki prilagodljivosti in možnosti razširitev. Omogočata popolni nadzor nad metodami in transparentnost postopkov, kar ju naredi primerna za akademske uporabnike, razvijalce in podatkovne znanstvenike. Vendar zahtevata več tehničnega znanja in ne dosegata enake uporabniške prijaznosti kot komercialna orodja. Te ugotovitve so skladne z obstoječim sistematičnim pregledom literature, ki prav tako poudarja razkorak med akademsko usmerjenimi in komercialnimi rešitvami. Naša analiza to potrjuje na praktičnih primerih in kvantificira razlike skozi dimenziji naprednosti in enostavnosti uporabe [12].

Rezultati so primerljivi tudi z izsledki sorodne raziskave [13], kjer so avtorji izvedli obsežno primerjalno analizo več orodij za rudarjenje procesov. Obe raziskavi izpostavljata, da ni enoznačno najboljšega

orodja, torej izbira je odvisna od konkretnega namena uporabe, tehničnega znanja uporabnikov in želenih funkcionalnosti. Ključna razlika med raziskavama je v pristopu ocenjevanja. V naši analizi je enostavnost uporabe ocenjena s praktičnim preizkusom orodij na referenčnih podatkovnih nizih in s pomočjo vnaprej določenih kriterijev. Nasprotno pa se članek [13] osredotoča samo na prisotnost funkcionalnosti, ki jih predstavlja v strukturirani tabelarni obliki, brez neposredne ocene enostavnosti uporabe.

Podobno velja za pregledan članek [14], ki analizira 16 orodij in ugotavlja, da Celonis dosega najvišjo skupno oceno glede na število podprtih funkcionalnosti. Vendar tudi ta članek ne razlikuje med pomembnostjo posameznih funkcij in vse funkcionalnosti obravnava enakovredno, ne glede na njihovo relevantnost za določene skupine uporabnikov. Poleg tega vidik uporabniške izkušnje ni vključen.

Kljub temu pa naš prispevek dopolnjuje vrzel v obstoječi literaturi, saj vključuje oceno enostavnosti uporabe na osnovi praktične interakcije z orodji, kar omogoča bolj konkreten vpogled v dejansko uporabniško izkušnjo in je še posebej pomembno za poslovne uporabnike brez tehničnega znanja.

5.1 Odgovori na raziskovalna vprašanja

1. Katere in kako napredne funkcionalnosti ponujajo izbrana orodja rudarjenje procesov?

Primerjava izbranih orodij pokaže, da komercialni orodja ponujata celovito podporo v vseh izbranih funkcionalnih sklopih rudarjenja procesov. Obe platformi dosežeta najvišjo oceno naprednosti pri odkrivanju procesov, preverjanju skladnosti, analizi, nadzoru in poročanju. Razlika se pojavi pri upravljanju podatkov, kjer Celonis doseže oceno odlično, medtem ko Apromore doseže oceno dobro. Čeprav Apromore ponuja večino osnovnih in nekaj naprednih zmožnosti, integracija zunanjih podatkovnih virov ni tako razvita kot pri Celonisu. Obe orodji imata odlično urejen sistem podpore, vključno z dokumentacijo, izobraževanji in pomočjo uporabnikom. Orodji PM4Py in ProM, ki sta odprtokodna, sta močna predvsem pri analitičnih nalogah. ProM ponuja zelo napredne funkcionalnosti za odkrivanje procesov in preverjanje skladnosti, PM4Py pa dobro pokriva večino osnovnih potreb. Slabost obeh je omejena podpora za poročanje, manjša integracija podatkovnih virov in slabša uporabniška podpora. V splošnem torej komercialna orodja ponujajo bolj uravnoteženo

in napredno funkcionalnost za vsakdanjo poslovno uporabo, medtem ko odprtokodna orodja omogočajo večjo prilagodljivost in raziskovalno globino, a na račun dostopnosti.

2. Kako enostavna za uporabo so ta orodja z vidika poslovnega uporabnika?

Med analiziranimi orodji izstopa Apromore, ki je bil ocenjen kot najbolj enostaven za uporabo. Njegov uporabniški vmesnik je zelo intuitiven, postopki so jasno vodeni, osnovne funkcionalnosti pa ne zahtevajo tehničnega znanja. Prav tako omogoča hitro učenje in samostojno delo brez podpore. Celonis prav tako nudi zelo visoko raven uporabnosti, vendar je za uporabo naprednejših funkcij, kot so prilagojene nadzorne plošče, potrebno osnovno razumevanje njihovega nizko kodnega (angl. low-code) razvojnega okolja Celonis Studio. Vseeno pa platforma poslovnim uporabnikom omogoča izvedbo večine analiz brez programiranja. Nasprotno pa odprtokodna orodja, kot sta ProM in PM4Py, zahtevata znatno več tehničnega znanja. ProM ima sicer grafični vmesnik, vendar je njegovo delovanje zasnovano na sistemu vtičnikov, ki pogosto ni intuitiven. PM4Py pa deluje kot Python knjižnica brez uporabniškega vmesnika, kar pomeni, da je dostopen le uporabnikom z znanjem programiranja. Za poslovne uporabnike brez tehnične podlage sta torej ta dva orodja manj primerna.

3. Ali vključujejo funkcionalnosti umetne inteligence, ki pomagajo pri interpretaciji in vrednotenju rezultatov?

Uporaba umetne inteligence v obravnavanih orodjih je še vedno različno razvita. Celonis trenutno ponuja najnaprednejšo integracijo AI funkcij. Vključuje mehanizme strojnega učenja za napovedovanje in priporočila, avtomatsko odkrivanje anomalij ter generativno AI za pomoč pri interpretaciji rezultatov. Te funkcionalnosti so dostopne tudi poslovnim uporabnikom in delujejo kot orodje za podporo odločanju. Apromore vključuje funkcije umetne inteligence vendar obseg uporabe umetne inteligence ni tako širok kot pri Celonisu. Orodji PM4Py in ProM vključujeta algoritme, ki temeljijo na konceptih strojnega učenja, vendar so ti praviloma dostopni le preko programskih vmesnikov ali vtičnikov. Nimata integriranih AI-funkcionalnosti, ki bi bile dostopne netehničnim uporabnikom. Uporaba umetne inteligence v odprtokodnih orodjih je torej mogoča, vendar le za uporabnike z znanjem programiranja.

5.2 Katero orodje izbrati?

Na podlagi rezultatov analize lahko organizacijam ponudimo naslednje smernice. Komerzialna orodja (Celonis, Apromore) so primerna za organizacije, ki želijo hitro implementacijo, enostavno uporabo in široko vključevanje poslovnih uporabnikov. Uporabniški vmesnik je intuitiven, postopki so vodeni, vizualizacije dostopne tudi brez tehničnega znanja. Tovrstna orodja so posebej učinkovita v okoljih z omejenimi tehničnimi viri ali tam, kjer analitiko izvajajo predvsem poslovni uporabniki. Celonis izstopa tudi po naprednih AI-funkcionalnostih in omogoča stalno sinhronizacijo s podatkovnimi viri, kar je ključno za redno spremljanje procesov.

Odprtokodna orodja (ProM, PM4Py) omogočajo večjo prilagodljivost in metodološko globino. Primerna so za okolja z višjo stopnjo tehnične usposobljenosti, kot so raziskovalni oddelki, akademske ustanove ali podatkovne ekipe. Uporabnikom omogočajo natančen nadzor nad postopki, razvoj novih algoritmov ter integracijo analitike v lastne rešitve. Vendar pa zahtevajo več priprav, konfiguracije in programiranja, zato so bolj primerna za občasne, projektno usmerjene analize.

Hibridni pristop se kaže kot najbolj učinkovit. Organizacija lahko uporabi PM4Py za napredno pripravo in čiščenje podatkov, nato pa dnevnik naloži v Apromore za dostopno vizualizacijo in vsakodnevno spremljanje s strani poslovnih uporabnikov. Tak pristop združuje prednosti obeh svetov: tehnično globino in širšo uporabnost.

Frekvenca uporabe je še en pomemben kriterij. Komerzialna orodja so zasnovana za redno, tudi vsakodnevno uporabo. Podpirajo sprotno osveževanje podatkov, nadzorne plošče v realnem času in vnaprej pripravljene metrike. Nasprotno pa odprtokodna orodja zahtevajo več priprav in so zato bolj primerna za periodične analize z jasnimi cilji, kot je iskanje ozkih grl ali testiranje hipotez.

Dostopnost in širša uvedba sta tesno povezani z uporabniško izkušnjo. Višja ocenjena enostavnost uporabe pri Celonisu in Apromoru pomeni krajši čas uvajanja, manjšo potrebo po IT podpori in večjo samostojnost uporabnikov. Ta lastnost omogoča širšo uporabo v organizaciji. Orodji ProM in PM4Py pa sta zaradi višje zahtevnosti primerna le za bolj tehnično usposobljene skupine, kar lahko upočasni širšo uvedbo.

5.3 Omejitve in prihodnje raziskave

Analiza je bila omejena na štiri izbrana orodja in dva javno dostopna podatkovna niza. Zaradi omejenega nabora scenarijev rezultati niso nujno posplošljivi na vsa orodja ali vse vrste poslovnih procesov. Nekatere funkcionalnosti bi lahko bolje prišle do izraza pri drugih vrstah podatkov ali v specifičnih industrijah.

Ena ključnih metodoloških omejitev raziskave je subjektivnost ocenjevanja. Vrednotenje enostavnosti uporabe in naprednosti funkcionalnosti je izvedel en ekspertni ocenjevalec na podlagi predhodno določenih kriterijev in enotnega metodološkega pristopa. Ta pristop sicer zagotavlja notranjo konsistentnost ocen, saj isti posameznik ohranja enak interpretacijski okvir skozi celoten postopek, a hkrati omejuje prenosljivost rezultatov. Ocenjevanje je temeljilo na osebni presoji, ki jo lahko oblikujejo posameznikove preference, izkušnje in razumevanje posameznih pojmov.

Posebej to velja za kriterij naprednosti funkcionalnosti. Uporabljene so bile tri vnaprej opredeljene ravni (osnovno, dobro, odlično), vendar brez točno določenega seznama pričakovanih funkcij za posamezno stopnjo. Zato je moral ocenjevalec presoditi, ali nabor funkcij zadostuje za zahtevnejše primere uporabe, kar dodatno povečuje tveganje za pristranskost.

Za večjo zanesljivost rezultatov bi bilo v prihodnje smiselno vključiti več ocenjevalcev z različnim tehničnim ozadjem, na primer poslovne uporabnike, analitike in raziskovalce. Poleg tega bi bilo priporočljivo izvesti strukturirano uporabniško testiranje na enotnih nalogah ter uporabiti kvantitativne metrike uporabnosti, kot so čas za izvedbo naloge ali število klikov. K večji objektivnosti bi prispevala tudi priprava natančnejših funkcionalnih kriterijev za vsako ocenjevalno kategorijo ter primerjalna validacija z dokumentacijo orodij ali izkušnjami končnih uporabnikov. Kljub navedenim omejitvam analiza ponuja uporabne smernice, temelji na enotni ocenjevalni shemi in omogoča primerljivost znotraj izbranega nabora orodij.

V prihodnjih raziskavah bi bilo smiselno razširiti nabor primerjanih orodij in vključiti bolj raznolike podatkovne nize iz različnih industrij. Pomembno bi bilo tudi preučiti podporo za napredne pristope, kot je rudarjenje procesov osredotočeno na objekte (angl. Object-Centric Process Mining, OCPM), ter poglobiti analizo vloge umetne inteligence pri interpretaciji, avtomatizaciji in širši dostopnosti procesne analitike.

5.4 Zaključek

Primerjalna analiza štirih orodij za rudarjenje procesov je pokazala, da univerzalno najboljše orodje ne obstaja. Ključni dejavniki pri izbiri so tehnično znanje uporabnikov, namen uporabe in razpoložljivi viri. Rezultati kažejo jasno ločnico med komercialnimi in odprtokodnimi orodji. Celonis in Apromore sta pokazala visoko stopnjo uporabnosti in funkcionalne pokritosti, kar ju naredi primerna za vsakodnevno uporabo v poslovnih okoljih. ProM in PM4Py sta bila ocenjena kot primernejša za raziskovalno rabo in napredne analize, a zahtevata več tehničnega znanja in nista dostopna širšemu krogu uporabnikov.

Odgovori na raziskovalna vprašanja kažejo, da komercialna orodja, kot sta Celonis in Apromore, pokrivajo vse ključne funkcionalne sklope in ponujajo uporabniku prijazne vmesnike, kar omogoča enostavno uporabo tudi brez tehničnega predznanja. Odprtokodna orodja, kot sta ProM in PM4Py, omogočajo večjo raziskovalno globino in prilagodljivost, a so zaradi večje tehnične zahtevnosti manj dostopna širšemu krogu uporabnikov. Obe komercialni orodji vključujeta tudi funkcionalnosti umetne inteligence, pri čemer Celonis trenutno ponuja širši nabor funkcij.

Iz vidika enostavnosti uporabe so komercialna orodja primerna izbira za podjetja, ki želijo hitro uvesti rudarjenje procesov z minimalnim vložkom v usposabljanje. Po drugi strani bodo organizacije z razvitimi podatkovnimi ekipami in specifičnimi raziskovalnimi cilji našle večjo fleksibilnost v odprtokodnih orodjih. Hibridna raba pa je smiselna tam, kjer je potrebno združiti analitično natančnost z dostopno vizualizacijo.

Ta primerjalna analiza ponuja konkreten vpogled v izbiro orodij za rudarjenje procesov glede na potrebe organizacij. Poudarek na uporabniški izkušnji in tehnični zahtevnosti dopolnjuje obstoječe analize, ki se večinoma osredotočajo le na prisotnost funk-

cij. Rezultati lahko služijo kot smernica podjetjem, ki uvajajo rudarjenje procesov ali iščejo primernejše orodje.

LITERATURA

- [1] T. Srivastava, M. Kerremans, in D. Sugden, »Magic Quadrant for Process Mining Platforms«, Gartner, Inc., G00816659, apr. 2025.
- [2] W. Van Der Aalst, *Process Mining*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2016. doi: 10.1007/978-3-662-49851-4.
- [3] S. Kaelble, *Process Mining For Dummies®*, Celonis Special Edition. John Wiley & Sons, Inc., 2022.
- [4] L. Reinkemeyer, »Status and Future of Process Mining: From Process Discovery to Process Execution«, v *Process Mining Handbook*, W. Van Der Aalst in J. Carmona, Ur., Cham: Springer International Publishing, 2022, str. 405–415. doi: 10.1007/978-3-031-08848-3_13.
- [5] Process and Data Science Group - RWTH Aachen University, »Software - Process Mining«, Software. Pridobljeno: 28. julij 2025. [Na spletu]. Dostopno na: <https://www.processmining.org/software.html>
- [6] Apromore, »Business Process Mining Apromore«, Landing page. Pridobljeno: 20. februar 2025. [Na spletu]. Dostopno na: <https://apromore.com/>
- [7] Celonis SE, »Process Intelligence and Process Mining«, Landing page. Pridobljeno: 20. februar 2025. [Na spletu]. Dostopno na: <https://www.celonis.com/>
- [8] Process Intelligence Solutions, »PM4Py's Documentation!«, Documentation. Pridobljeno: 24. januar 2025. [Na spletu]. Dostopno na: <https://processintelligence.solutions/static/api/2.7.11/index.html>
- [9] H. M. W. Verbeek, »ProM 6: The Process Mining Toolkit«.
- [10] M. de Leoni in F. Mannhardt, »Road Traffic Fine Management Process«. Eindhoven University of Technology, 2015. doi: 10.4121/uuid:270fd440-1057-4fb9-89a9-b699b47990f5.
- [11] F. Mannhardt, »Sepsis Cases - Event Log«. Eindhoven University of Technology, 2016. doi: 10.4121/uuid:915d2bfb-7e84-49ad-a286-dc35f063a460.
- [12] C. A. Kesici, N. Ozkan, S. Taşkesenlioglu, in T. G. Erdogan, »A Systematic Literature Review of Studies Comparing Process Mining Tools«, *IJITCS*, let. 14, št. 5, str. 1–14, okt. 2022, doi: 10.5815/ijitcs.2022.05.01.
- [13] T. BABÁLOVÁ, »Process Mining Software Evaluation«, Masaryk University, Faculty of Informatics.
- [14] O. Loyola-González, »Process mining: software comparison, trends, and challenges«, *Int J Data Sci Anal*, let. 15, št. 4, str. 407–420, maj 2023, doi: 10.1007/s41060-022-00379-0.

Tilen Tratnjek je magister informatike in podatkovnih tehnologij. Njegovi raziskovalni interesi so povezani s presekom procesne in podatkovne znanosti ter učinkovite rabe umetne inteligence.

Gregor Polančič znanstveni svetnik in izredni profesor na področju informatike. Spada med vodilne raziskovalce na področjih modeliranja poslovnih procesov in konceptualnega modeliranja v informatiki, tehnik in tehnologij upravljanja poslovnih procesov, tehnologij komuniciranja in sodelovanja. Bil je gostujoči profesor in raziskovalec na številnih tujih akademskih institucijah, recenzent številnih vrhunskih znanstvenih revij in član več odborov znanstvenih srečanj. Njegova bibliografija obsega več kot 300 zapisov, od tega preko 30 izvirnih znanstvenih člankov s faktorjem vpliva.