PRISTOPI K TRANSFORMACIJI MODELA POSLOVNEGA PROCESA V PAMETNE POGODBE

ALENKA BAGGIA, JANKO HRIBERŠEK IN ROBERT LESKOVAR
Univerza v Mariboru, Fakulteta za organizacijske vede, Kranj, Slovenija
E-pošta: alenka.baggia@um.si, janko.hribersek@student.um.si, robert.leskovar@um.si

Povzetek Tehnologija veriženja blokov v zadnjih letih postaja vedno bolj razširjenja in široko sprejeta med uporabniki. Trend se v obdobju digitalne preobrazbe seli tudi v poslovni svet. Procesi se preoblikujejo in pojavljajo se prve ideje, kako obstoječe notranje in medorganizacijske procese podpreti s tehnologijo veriženja blokov in v čim večji meri izkoristiti njene prednosti. V prispevku kratko opišemo pristope k modeliranju poslovnih procesov in podamo širši vpogled v tehnologijo veriženja blokov. Analizirano je pet področij in nekaj primerov priložnosti ali dejanske uporabe tehnologije veriženja blokov v poslovnem procesu. Da bi organizacijam olajšali proces digitalne preobrazbe in jim omogočili lažji prehod v okolje tehnologije veriženja blokov, je potrebno razviti orodje, ki bo avtomatiziralo transformacijo. Nekaj tovrstnih rešitev predstavljamo v prispevku. V zaključku so identificirane priložnosti, ki jih ponujajo prenovljeni poslovni procesi v kombinaciji s tehnologijo veriženja blokov.

Ključne besede:
model poslovnega procesa,
digitalna preobrazba,
veriženje blokov,
pametna pogodba,
informacijska tehnologija

Univerzitetna založba Univerze v Mariboru

DOI https://doi.org/10.18690/978-961-286-509-2.5
ISBN 978-961-286-509-2

Approaches to the Tranformation of Business Process Model into the Blockchain Technology

Alenka Baggia, Janko Hriberšek in Robert Leskovar

University of Maribor, Faculty of Organizational Sciences, Kranj, Slovenia
E-mail: alenka.baggia@um.si, janko.hribersek@student.um.si, robert.leskovar@um.si

Abstract In recent years, blockchain technology has become increasingly widespread and accepted by users. In the era of digital transformation, the trend is also making its way into the business world. Processes are being transformed and initial ideas are emerging on how existing internal and inter-organizational processes can be supported with blockchain technology and how its benefits can be exploited. In this paper, we briefly describe approaches to business process modeling and provide a broader look at blockchain technology. Five areas and some examples of the possibilities or actual use of blockchain technology in the business process are analysed. In order to facilitate the process of digital transformation for companies and enable them to transition to the blockchain environment, it is necessary to develop a tool that automates the transformation. We present some such solutions in this paper. The opportunities offered by digitalized business processes in conjunction with Blockchain technology are highlighted.

Keywords: business process model, digital transformation, blockchain, smart contract, information technology

https://doi.org/10.18690/978-961-286-509-2.5 DOI
978-961-286-509-2 ISBN

University of Maribor Press

1 Uvod

Eden od ključnih igralcev v procesu digitalne preobrazbe organizacij je vsekakor tehnologija veriženja blokov, ki prinaša mnoge priložnosti za optimizacijo procesov znotraj organizacij in med organizacijami. Raziskava, ki jo opravlja Deloitte, je pokazala, da zavedanje organizacij, kako pomembna je tehnologija veriženja blokov za poslovanje, narašča. Že več kot polovica organizacij meni, da je uvedba tehnologije veriženja blokov kritičnega pomena in med prioritetami v strategiji organizacije. Prav tako se spreminja mnenje o možnosti uporabe tehnologije veriženja blokov, tako znotraj organizacije kot med deležniki v poslovnem procesu (Pawczuk et al., 2020). Kot navajajo Pan et al. (2020), implementacija tehnologije veriženja blokov pozitivno vpliva na prodajo in na znižanje stroškov v podjetju. Tehnologija veriženja blokov vpliva na poslovni model organizacije in ga spreminja, zato je smiselno, da vodstvo organizacije pred uvedbo dobro razume, kako se tehnologija vključuje v njihovo poslovno okolje (Morkunas et al., 2019).

Kot ugotavljajo Mendling et al. (2017), so sistemi za podporo in avtomatsko izvajanje poslovnih procesov pogosto implementirani znotraj organizacij, medtem ko pomanjkanje zaupanja in težave pri združevanju moči za razvoj še vedno ovirajo tovrstne aplikacije med organizacijami. Tehnologija veriženja blokov lahko prinese učinkovito rešitev tega problema, saj omogoča izvajanje zaupanja vrednih procesov brez dejanskega zaupanja med udeleženci. Prelomni dogodek v razvoju tehnologije veriženja blokov predstavljajo pametne pogodbe, ki omogočajo implementacijo poslovnih pravil. Posebno priložnost za varno in učinkovito implementacijo tehnologije veriženja blokov v medorganizacijske procese predstavlja okolje Hyperledger Fabric, ki je bilo že v osnovi razvito za uporabo v poslovnem svetu.

V svetu najdemo že več primerov uspešne uporabe tehnologije veriženja blokov s pametnimi pogodbami za podporo poslovnega procesa (npr. Khatoon, 2020; Kshetri, 2017; Mohanta et al., 2018). Implementacija poslovne logike v pametne pogodbe pa predstavlja za organizacije poseben izziv (Beck et al., 2017). Dejansko bi avtomatizacija transformacije modela poslovnega procesa v pametno pogodbo v okolju verige blokov organizacijam bistveno olajšala proces digitalne preobrazbe in hkrati omogočila standardiziran prehod v novo okolje (Khatoon, 2020). V prispevku prikazujemo nekaj konceptov in primerov vmesnikov, ki omogočajo transformacijo modela poslovnega procesa v pametne pogodbe. Izhajamo iz predpostavke, da je za

zapis poslovnega modela najbolj aktualna metodologija BPMN. Rešitve, ki obstajajo, implementirajo pametne pogodbe v okolju Etherum. Druga platforma, ki se pojavlja v raziskavah, je Hyperledger Fabric, ki je bila razvita z namenom uporabe v poslovnem svetu, in je kot taka z vidika učinkovitosti in varnosti bolj primerna za uporabo v organizaciji ali v konzorciju organizacij. Vsekakor je potrebno organizacijam zagotoviti neko rešitev, tj. orodje za transformacijo, ki bo temeljilo na dinamičnih podatkovnih strukturah, in se bo vsaka sprememba lahko implementirala v poslovni proces med izvajanjem.

2 Koncepti modeliranja procesov in veriženja blokov

V tem poglavju predstavljamo teoretična izhodišča, ki so za razumevanje predstavljene problematike ključnega pomena, torej koncept modeliranja poslovnih procesov in tehnologijo veriženja blokov.

2.1 Modeliranje poslovnih procesov

Potrebe sodobnih podjetij v obdobju digitalne preobrazbe so osredotočene na optimalno izvajanje poslovnih procesov, pri čemer si v večji meri pomagajo z grafičnimi orodji za modeliranje poslovnih procesov, tehnikami in standardi. Med novejšimi pristopi se najpogosteje uporabljajo UML diagramske tehnike (angl. Unified Modeling Language) (Object Management Group, 2017) in BPMN (angl. Business Process Modeling Notation) (Object Management Group, 2014), še vedno pa so v uporabi tudi dlje uveljavljeni pristopi, kot so IDEF0 (angl. Integrated computer aided manufacturing DEFinition Language) (ISO/IEC/IEEE, 2012), diagrami toka podatkov (angl. Data Flow Diagram) (Yourdon & Constantine, 1979), diagrami poteka (angl. Flow Chart) in ostali. Na izbor pristopa k modeliranju poslovnih procesov poleg politike podjetja vplivajo različni faktorji, predvsem intuitivnost pristopa in enostavno razumljiva notacija (Gabryelczyk & Jurczuk, 2017). Ker v prispevku izhajamo iz predpostavke, da je BPMN orodje za modeliranje poslovnih procesov, ki ga organizacije uporabljajo, najpogosteje, ga kratko predstavljamo v nadaljevanju.

2.1.1 BPMN

BPMN je postal de-facto standard grafičnega prikazovanja poslovnih procesov (Recker, 2010). Kot navaja Object Management Group (2014) je bil prvi cilj razvoja BPMN zagotoviti zapis, ki ga bodo razumeli tako poslovni uporabniki, ki pripravljajo prve osnutke procesov, tehnični razvijalci, ki razvijajo tehnologijo za podporo procesov, in tudi vodstveni kader, ki vodi in spremlja procese v organizaciji. V drugi vrsti pa je bil cilj zagotoviti poslovno orientirano vizualizacijo na XML temelječih jezikih za izvajanje poslovnih procesov (npr. WSBPEL, angl. Web Services Business Process Execution Language). BPMN vključuje dobre prakse predhodnih tehnik s področja modeliranja procesov z namenom standardizirati zapis in omogočiti enostavno sredstvo za komuniciranje informacij o poslovnih procesih. Prav zato se je v sodobnem poslovnem okolju uspešno uveljavil in velja za najpogosteje uporabljeno orodje za opis poslovnih modelov. Težava pri realizaciji modela poslovnega procesa je izvedba. BPMN in izvršilni jeziki sta ločeni področji tako z vidika kompetenc vpletenih deležnikov kot tudi informacijsko-komunikacijske tehnologije (IKT). Pri modelih BPMN si še lahko privoščimo »pesniško svobodo«, pri izvajalni kodi pa nedoslednosti lahko povzročijo veliko finančno škodo. Analogija temu sta npr. diagramski tehniki v UML – diagram primera uporabe in diagram razredov.

2.2 Tehnologija veriženja blokov

Revolucionarno spremembo na področju informacijskih sistemov je z vključevanjem umetne inteligence, računalništva v oblaku in velikih podatkovnih zbirk prinesla tehnologija veriženja blokov (Lu, 2019). Po več letih, tj. od prvih idej in razvoja protokolov, je bil leta 1998 predstavljen prispevek, ki opisuje model konsenza za doseganje dogovora v mreži računalnikov, pri čemer so lahko tako računalniki ali celo omrežje nezanesljivi (Lamport, 1998). Ta prispevek je postal iztočnica za razvoj tehnologije veriženja blokov. Predstavljeni koncepti so bili kasneje nadgrajeni v tako imenovani elektronski denar, kar je vodilo do vzpostavitve omrežja kriptovalute tehnologije veriženja blokov Bitcoin (pod psevdonimom Nakamoto, 2009). Omrežja tehnologije veriženja blokov glede na model dostopnih pravic delimo na omrežja, ki dovoljujejo dodajanje novih blokov vsem udeležencem brez omejitev (angl. permissionless) ali samo določenim udeležencem (angl. permissioned). Kot navajajo Yaga et al. (2019), lahko omrežje z dovoljenji

primerjamo z intranetom nekega podjetja, ki je nadzorovano, omrežje brez dovoljenj pa z javnim internetom, kjer lahko vsako prispeva svoj del. Omrežja tehnologije veriženja blokov z dovoljenji so pogosto namenjena neki skupini organizacij ali posameznikov, ki jih imenujemo konzorcij. V tabeli 1 prikazujemo razlike med osnovnimi tremi tipi verig v tehnologiji veriženja blokov. Zasebno verigo blokov lahko definiramo kot neke vrste centralizirano omrežje, saj jo v celoti nadzira ena organizacija. V njej lahko samo vozlišča, ki prihajajo iz te organizacije, sodelujejo pri doseganju konsenza. Konzorcijsko verigo blokov sestavi več organizacij in je delno centralizirana, saj je le del vozlišč v omrežju namenjen določanju konsenza. V javni verigi blokov so vsi zapisi dostopni vsem udeležencem in kdorkoli v omrežju lahko sodeluje pri doseganju konsenza.

Tabela 1: Pregled tipov tehnologij veriženja blokov

Tip verige blokov	Model dostopnih pravic	Avtoriteta	Primeri uporabe
Javna	Brez dovoljenj	Decentralizirano	Kriptovalute
Konzorcijska	Z dovoljenji	Delno centralizirano	Poslovno okolje
Zasebna	Z dovoljenji	Centralizirano	Zdravstvo, javna uprava

Kljub začetnemu skepticizmu se je tehnologija veriženja blokov razširila na različna področja, zato lahko pričakujemo, da se bo širila še naprej, predvsem na področje industrije. Kot navaja Lu (2018, 2019), je razvoj tehnologije veriženja blokov potekal v 3 stopnjah:

1. Fazo oziroma Blockchain 1.0 predstavljajo kriptovalute, z valuto Bitcoin kot najpomembnejšim predstavnikom. Osnovna tehnologija veriženja blokov je rešila problem integritete, varnosti in verodostojnosti ter s tem pridobila pozornost javnosti (Tschorsch & Scheuermann, 2016). Veriženje blokov je posebno pozornost pritegnilo zaradi pomembnih lastnosti tehnologije: decentralizacije, dostopnosti, neodvisnosti, varnosti ter anonimnosti.
2. Fazo pametnih pogodb predstavlja Blockchain 2.0. V tej fazi se tehnologija veriženja blokov začne širiti na različna področja. Pametne pogodbe zagotavljajo zaupanje in omogočajo identifikacijo deležnikov v procesu. V tehnologijo veriženja blokov s pametnimi pogodbami prihaja logika, ki jo poznamo v realnem svetu, zato je mogoče večino kompleksnih realnih

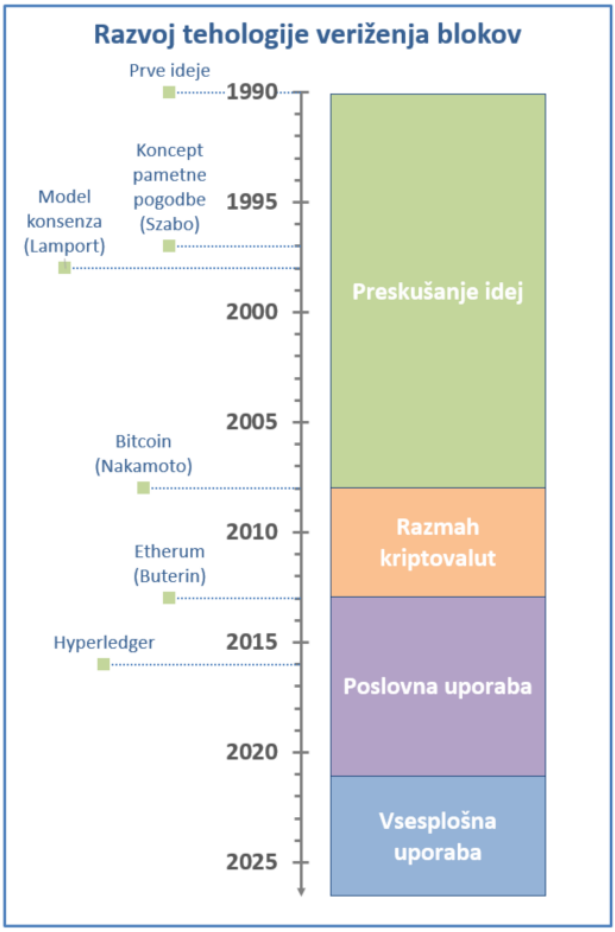
sistemov podpreti ravno s pametnimi pogodbami. Pametne pogodbe se implementirajo v naprednih okoljih, kot sta Ethereum in Hyperledger.

3. Faza veriženja blokov stvari Blockchain 3.0 se dogaja v tem trenutku, vendar je zaradi hitrega napredka težko postaviti ločnice. V tej fazi tehnologija veriženja blokov še naprej spreminja ideologijo in socialne oblike ter postaja ključno orodje za podporo industrije 4.0, saj povezuje arhitekture, tehnologije in naprave, in sicer z namenom zagotoviti visokokakovostne izdelke in storitve za družbo.

Podobno delitev, kot jo navaja Lu (2019), prikaže tudi Gartnerjevo poročilo (Furlonger & Kandaswamy, 2018), ki prvo fazo označi kot fazo razvoja tehnologij, drugo fazo pa kot navdihujoče rešitve, ki jim kasneje sledijo še popolne rešitve in po letu 2025 tudi izpopolnjene rešitve. Na sliki 1 prikazujemo časovni trak razvoja tehnologije veriženja blokov s ključnimi prelomnicami in fazami, ki jih poimenujemo:

- preskušanje idej,
- razmah kriptovalut,
- poslovna uporaba in
- vsesplošna uporaba.

V fazi preskušanja idej, ki se je začela v devetdesetih letih prejšnjega stoletja, tehnologija veriženja blokov še ni bila zrela za uporabo. Mejnik predstavlja prihod kriptovalute Bitcoin, ki tehnologiji veriženja blokov najprej odpre pot v finančni svet. Naslednji mejnik v razvoju predstavlja Etherum, ki s svojimi pametnimi pogodbami tehnologiji veriženja blokov odpre pot v poslovni svet. S strmo rastjo vrednosti kriptovalute Bitcoin, potem ko jo je v letu 2020 za uporabo podprlo podjetje PayPal in ko je v Bitcoin investiralo podjetje Tesla (Kovach, 2021), tehnologija veriženja blokov pridobiva na ugledu širše javnosti. Z novimi priložnostmi uporabe lahko tehnologija veriženja blokov zaživi v poslovnem svetu kot tudi pri poslovanju s končnimi uporabniki ter s svojimi lastnostmi prispeva k optimizaciji poslovnih procesov.



Slika 1: Razvoj tehnologije veriženja blokov
Vir: lasten

Ne glede na to, da je tehnologija veriženja blokov dokaj mlada tehnologija in pravno v večji meri še neurejena (Rennock et al., 2018), pa lahko izpostavimo nekaj njenih prednosti (Lu, 2018; Yaga et al., 2019; Z Zheng et al., 2017):

- ***Decentralizacija:*** Ena od najpomembnejših prednosti tehnologije veriženja blokov je vsekakor decentralizacija. Konfiguracija omrežja, kjer več avtoritet služi kot centralizirano vozlišče za skupino udeležencev, omogoča delovanje brez centralnega nadzora. Pri tem entiteta posrednika nima več svoje osnovne vloge in se proces lahko izvede brez njega.

- ***Dostopnost***: Tehnologija veriženja blokov je odprtokodna, zato so izvorna koda in podatki dostopni vsakomur. Razvijalci tako lahko v dobro skupnosti razvijajo svojo programsko kodo, začnejo z novo verigo blokov ali pa samo posodobijo programsko opremo za verigo blokov. O tem, ali bodo nove verige ali posodobljene različice programske opreme uporabljali, pa se na koncu, na primer v omrežju brez dovoljenj, odločijo uporabniki.
- ***Neodvisnost***: Na osnovi dogovorov in protokolov vsa vozlišča v omrežju lahko avtomatsko in varno preverjajo in izmenjujejo podatke znotraj sistema. Vsako vozlišče v omrežju lahko sodeluje pri branju, pisanju, validaciji podatkov ali pri doseganju konsenza o verigi. Za doseganje konsenza uporabljajo različne mehanizme soglasja, na osnovi katerih se odločijo, katera od obstoječih verig je trenutno aktualna (Bamakan et al., 2020).
- ***Varnost***: Čeprav na prvi pogled koncept tehnologije veriženja blokov ni videti najbolj varen, pa je teoretična verjetnost, da bo nekdo nadzoroval več kot 50 % vseh vozlišč v omrežju ter spremenil podatke v verigi blokov, minimalna. V tovrstne varnostne vdore bi bilo namreč potrebno vložiti veliko sredstev ter hkrati imeti veliko srečo. Varnostni vidik dodatno obogati dejstvo, da ima vsako vozlišče v omrežju celoten zapis transakcij, torej ob izgubi enega ali tudi več vozlišč sistem ne utrpi večje izgube. Vsekakor pa tudi tehnologija veriženja blokov ni popolnoma odporna na varnostne grožnje kibernetskega kriminala in na zlorabe.
- ***Anonimnost***: V verigi blokov lahko ostanemo popolnoma anonimni, če ni zakonsko predpisano, da moramo svojo identiteto tudi potrditi. Če svojo identiteto potrdimo, imamo še vedno zagotovljen določen del zasebnosti z uporabo javnih in zasebnih ključev. Vendar pa so za vsak javni ključ vrednosti vseh transakcij v verigi blokov vidne. Zato se uporabljajo različne metode, ki bi povečale anonimnost v omrežju, med njimi na primer s skupinskimi prenosi sredstev (za oziroma na več naslovov naenkrat) ali z zakrivanjem vrednosti transakcije pri potrjevanju.

2.2.1 Okolja veriženja blokov

Osnovna tehnologija veriženja blokov se je razvila v tri najpomembnejše smeri: javne verige blokov, konzorcijske ter zasebne verige blokov (Lu, 2018). Za razliko od javnih verig blokov, ki so popolnoma decentralizirane, konzorcijske verige blokov vključujejo več centrov, ki združujejo posamezne entitete. Torej v primeru konzorcija določena vozlišča nadzorujejo doseganje konsenza. Tretja skupina, torej zasebne verige blokov, pa je popolnoma centralizirana in ima centralno avtoriteto, ki ima pravico pisanja, medtem ko imajo ostale entitete selektiven dostop vpogleda. Glede na svoje značilnosti so posamezne oblike primerne za določeno področje uporabe. Javne verige blokov uporablja kriptovaluta Bitcoin. Finančni trgi in določeni zdravstveni projekti lahko uporabljajo konzorcijske verige blokov, za bolj specifična področja, kot sta zdravstvo in javna uprava, pa so primerne zasebne verige blokov.

Za implementacijo v poslovni proces zaradi zahtev po strojni opremi, potrebnem času, anonimnosti v verigi in varnostnih groženj niso primerne vse verige blokov. Dva projekta, ki sta bila razvita prav z namenom uporabe v poslovnem svetu, pa večine teh omejitev nimata. To sta Etherum in Hyperledger (Lu, 2019).

Etherum

Po veličastnem prihodu kriptovalute Bitcoin je bil Etherum prvi odmevnejši projekt na področju tehnologije veriženja blokov. V letu 2014 ga je predstavil Buterin (2013) in je še danes ena od najbolj aktivnih odprtokodnih verig blokov, saj jo lahko uporabljamo na veliko različnih področjih. Njegovi glavni prednosti sta odprtost za uporabo ter delovanje na mehanizmu soglasja dokazov dela. Etherum je javna veriga blokov, ki deluje brez dovoljenj (Saraf & Sabadra, 2018), je odprtokodna platforma, ki podpira pametne pogodbe in se uporablja na različnih področjih. Razvojno okolje podpira EVM programski jezik (angl. Etherum Virtual Machine code), za implementacijo različnih oblik pametnih pogodb pa uporablja programski jezik Solidity.

Hyperledger

Projekt Hyperledger je fundacija Linux predstavila leta 2016. Glavni namen projekta je bil spodbuditi uporabo tehnologije veriženja blokov na različnih področjih industrije. V okviru projekta je tako nastala platforma Hyperledger Fabric, pri razvoju katere sodeluje preko 180 organizacij (The Linux Foundation, 2020). Platforma je pripravljena za uporabo v organizacijah, saj podpira vse pomembne funkcionalnosti za implementacijo v poslovnem svetu: upravljanje identitet, zasebnost in zaupnost, učinkovito procesiranje, funkcionalnost verižne kode (drugo ime za pametne pogodbe v okolju Hyperledger Fabric), modularen design in bazo stanj (Saraf & Sabadra, 2018). Distribuirani protokol evidence v Hyperledger Fabric vodijo vozlišča dveh vrst. Prva vrsta vozlišč validira, upravlja postopek doseganja konsenza, potrjuje transakcije in vzdržuje evidenco, ostala vozlišča pa delujejo kot posredniki, ki povezujejo odjemalce in vozlišča za validacijo (Cachin, 2016).

Kot navaja Hyperledger Project (2020), je ena najboljših lastnosti Hyperledger Fabric to, da omogoča omrežja omrežij, s čimer je mogoče zagotoviti, da del podatkov ostane zaseben v posebnem kanalu, del podatkov pa je viden vsem članom omrežja. Kot omrežje z dovoljenji, ki je bilo v prvi vrsti razvito za uporabo v poslovnem svetu, ima Hyperledger Fabric določene prednosti z vidika zaupanja, transparentnosti in primernosti za uporabo v poslovnem svetu. Poleg zasebnih transakcij v omrežju znotraj omrežja omogoča Hyperledger Fabric tudi implementacijo pametnih pogodb z več programskimi jeziki (Go, Java, Javascript). To predstavlja določeno prednost pred ostalimi predhodno razvitimi platformami, v katerih so pametne pogodbe napisane v specifičnih programskih jezikih. Za bolj učinkovit postopek doseganja konsenza omogoča Hyperledger Fabric tako imenovane vtične protokole konsenza (angl. pluggable consensus protocols), kar še povečuje uporabnost platforme, saj se lahko postopek prilagodi posameznemu primeru. V primeru, da gre za implementacijo znotraj ene organizacije, tako niso potrebni zamudni protokoli, medtem ko v primeru več sodelujočih organizacij uporabimo enega od uveljavljenih protokolov konsenza (Bamakan et al., 2020).

2.2.2 Pametne pogodbe

Z razvojem tehnologije veriženja blokov so se poleg osnovnega namena, tj. vzpostavitve plačilnega sredstva, začele razvijati ideje o možnostih uporabe na področju poslovanja. V decentraliziranem sistemu brez dovoljenj, kot je na primer daleč najbolj razširjeni Bitcoin, lahko pripravljamo enostavne sporazume, v katerih so zapisana pravila, kaj se zgodi, če so izpolnjeni določeni pogoji. Ti na nek način enostavni deli programske kode pa običajno zahtevajo precej truda ter veliko dodatnih stroškov. Obstaja sicer nekaj razširitev, ki omogočajo tudi implementacijo kompleksnih pametnih pogodb, vendar pa ti zahtevajo še dodatne varnostne pogoje (Das et al., 2019).

Koncept pametne pogodbe kot osnove za poslovanje na digitalnem trgu je prvi predstavil Szabo (1997), ki je v svoj predlog vključil tako pravne in gospodarske vidike kot tudi šifrirne algoritme in ostale varnostne mehanizme. Pametna pogodba je del programske kode, ki se izvede v primeru, da so izpolnjeni določeni pogoji, vključuje pa aktivno ali pasivno obdelavo podatkov, sprejem, hrambo in dostavo sredstva ter nadzor in upravljanje pametnih sredstev v verigi bokov. Tako pametna pogodba predstavlja sklop programov, ki preverjajo sami sebe, se sami izvajajo in so odporni na napade (Mohanta et al., 2018). Pravi pomen pa so pametne pogodbe dobile šele z razvojem tehnologije veriženja blokov. Z integracijo tehnologije veriženja blokov lahko s pomočjo pametne pogodbe aktivnost opravimo v realnem času, z nizkimi stroški pri visoki stopnji varnosti. V okviru pametne pogodbe so zajete vse aktivnosti nekega procesa. V pametni pogodbi med prodajalcem in kupcem tako obstajajo pravila, ki pokrivajo vse aktivnosti: od pošiljanja ponudbe prodajalca do izvršitve plačila kupca, ne da bi pri tem sodeloval posrednik, kot je na primer banka (Zibin Zheng et al., 2020). Na ta način lahko izmenjave potekajo tudi med udeleženci, ki se ne poznajo.

Kot navajajo Zibin Zheng et al. (2020), imajo pametne pogodbe pred konvencionalnimi pogodbami kar nekaj prednosti, saj poleg zmanjševanja tveganja za poneverbe prinašajo tudi nižje stroške administracije in storitev ter pozitivno vplivajo na učinkovitost procesa. Ker ima pametna pogodba enake karakteristike kot ostali elementi verige blokov, torej porazdeljeno vodenje, shranjevanje in preverjanje, jih ni mogoče izpodbijati ali pozabiti (Lu, 2018). Pametne pogodbe morajo biti deterministične, kar pomeni, da za določene vhodne podatke vedno

vrnejo enak izhod. Poleg tega se morajo vsa vozlišča, ki izvajajo pametno pogodbo, strinjati glede novega stanja, ki nastane po izvedbi. Da bi dosegli determinističnost in soglasje, moramo zagotoviti, da pametna pogodba uporablja parametre, ki so vidni v specifičnem delu verige blokov in ne nekih zunanjih podatkov (Yaga et al., 2019).

Pametne pogodbe so se pojavile v obdobju Blockchain 2.0 (Lu, 2019). Prvi projekt, ki je pametne pogodbe implementiral, pa je Etherum. Ta je svetu ponudil alternativni protokol za izdelavo decentraliziranih aplikacij (Buterin, 2013). Turing popoln programski jezik, ki ga uporablja, omogoča sodelujočim v procesu sestavljanje pametnih pogodb in decentraliziranih aplikacij, kjer lahko določajo svoja pravila lastništva, oblike transakcij in funkcije prehoda stanj. Kadar pametne pogodbe uporabljamo v decentraliziranem okolju brez dovoljenj, mora uporabnik, ki je sprožil transakcijo, kriti stroške izvajanja kode. Prav tako obstajajo omejitve, koliko izvajalnega časa se lahko porabi za en klic pametne pogodbe (Yaga et al., 2019). Ker pametne pogodbe lahko zapišemo na različne načine, pri čemer je tehnološko nepodkovanemu uporabniku težko razumeti vsebino, obstajajo določeni zadržki pri uporabi. Zato je Etherum razvil ERC-20 tehnični standard (Abou Jaoude & George Saade, 2019), ki vsebuje niz pravil za pametne pogodbe.

Med popularnimi tehnologijami veriženja blokov je tudi Hyperledger projekt, ki za razliko od Etherum-a uporablja decentraliziran pristop z dovoljenji in s tem še poveča priložnosti uporabe pametnih pogodb v poslovnem svetu. Ker Hyperledger ni kriptovaluta in torej ne potrebuje rudarjenja, je celoten sistem veliko hitrejši in ne zahteva posebne strojne opreme za delovanje (Lu, 2019). Pametne pogodbe v okolju Hyperledger Fabric imenujejo tudi verižna koda (angl. chaincode). V tem okolju z dovoljenji uporabnikom za izvajanje kode pametne pogodbe ni potrebno plačati, saj gre za okolje z znanimi udeleženci, kjer lahko neprimerne načine obnašanja lahko sankcioniramo tudi drugače (Yaga et al., 2019).

Za razliko od Etheruma, kjer se pametne pogodbe izvajajo na navideznih strojih (EVM), pa Hyperledger za to lahko uporablja Docker (Zibin Zheng et al., 2020), pri čemer se porabi manj dodatnih virov. Za implementacijo pametnih pogodb v platforme s tehnologijo veriženja blokov se pri Etherumu uporablja programski jezik Solidity (Mohanta et al., 2018), Hyperledger Fabric pa lahko uporablja konvencionalne programske jezike, kot so Java, JavaScript in Go(lang). Za dostop do omrežja verige blokov v Hyperledger Fabric mora uporabnik pridobiti dovoljenje

od avtoritete za certificiranje. Teh avtoritet je lahko več, glede na vloge v omrežju, tako mora uporabnik za vsako stopnjo dostopa za dovoljenje zaprositi drugo avtoriteto (npr. za vključitev, za izvajanje transakcij).

2.2.3 Mehanizmi soglasja

Eden ključnih elementov v tehnologiji veriženja blokov so pri uporabi pametnih pogodb tudi mehanizmi soglasja. Mehanizmi soglasja so tisti, ki določajo, na kakšen način bodo vozlišča v verigi blokov dosegala konsenz o tem, katera transakcija bo potrjena. Izbira pravega mehanizma soglasja je v poslovnem svetu še posebej pomembna, saj le-ti določajo, koliko bo pametna pogodba fleksibilna in v kakšni meri bo podpirala zahteve uporabnika (Viriyasitavat & Hoonsopon, 2019). V splošnem lahko rečemo, da vsi mehanizmi soglasja težijo k temu, da bi dosegli čim višjo stopnjo varnosti, torej, da se vse transakcije potrjujejo v skladu z vnaprej dogovorjenimi pravili. Hkrati zagotavljajo, da se bo potrditev transakcije zgodila (pri čemer pa ni znano kdaj). Mehanizem soglasja mora zagotavljati tudi to, da se potrditev zgodi, tudi če so v tistem trenutku nekatera od vozlišč, ki so zadolžena za potrjevanje, nedostopna. Kot navajata Viriyasitavat in Hoonsopon (2019), pa praktično ni mogoče, da bi bile vse omenjene lastnosti mehanizma soglasja na voljo istočasno. V primeru uporabe tehnologije veriženja blokov v poslovnem procesu je ključni kriterij za izbiro mehanizma soglasja čas do potrditve transakcije.

Število mehanizmov soglasja, ki so na voljo, še vedno narašča. Med njimi lahko naštejemo nekaj najpogosteje uporabljenih (Bamakan et al., 2020): dokaz dela (angl. proof of work), dokaz deleža (angl. proof of stake), delegiran dokaz deleža (angl. delegated proof of stake), dokaz pretečenega časa (angl. proof of elapsed time), praktična bizantinska toleranca napak (angl. practical byzantine fault tolerance), delegirana bizantinska toleranca napak (angl. delegated byzantine fault tolerance), dokaz teže (angl. proof of weight), dokaz požiga (angl. proof of burn), dokaz kapacitet (angl. proof of capacity), dokaz pomembnosti (angl. proof of importance), dokaz aktivnosti (angl. proof of activity), usmerjeni aciklični grafi (angl. directed acyclic graphs).

Ker torej v okolju tehnologije veriženja blokov, kot je na primer Etherum, transakcije prihajajo na različna vozlišča v različnem vrstnem redu, je potrebno uporabiti enega od mehanizmov soglasja, ki določa, katera transakcija (in kdaj) bo potrjena. Za razliko od tega pa Hyperledger Fabric dosega konsenz na drugačen način. Hyperledger Fabric uporablja zaledno storitev, ki prestreže transakcijo med pošiljateljem in prejemnikom in na ta način zagotovi, da prejemniki vidijo transakcije v enakem vrstnem redu. Torej, če je vrstni red transakcij pri vseh prejemnikih enak, je konsenz dosežen (Jain, 2020). Tovrsten način doseganja konsenza je v primeru uporabe v poslovnem svetu bistveno bolj zanesljiv, saj pri tem ne prihaja do začasnih verig (angl. temporary fork), ki na koncu niso potrjene, poleg tega pa je na primer v okolju Bitcoin na odločitev, ali bo začasna veriga potrjena ali ne, potrebno počakati 6 blokov, torej nekaj minut. Primerjava mehanizmov soglasja (Hao et al., 2018) v zasebni verigi blokov je pokazala krajši čas zakasnitve in hitrejšo prepustnost mehanizma soglasja, ki ga uporablja Hyperledger Fabric, v primerjavi z mehanizmom soglasja v Etherum-u (dokaz dela).

3 Uporaba tehnologije veriženja blokov v poslovnem procesu

Tehnologija veriženja blokov se je s področja kriptovalut dokaj hitro preselila tudi v druga okolja, saj so vse transakcije, ki se zgodijo v verigi blokov, sledljive in preverljive. Kljub visokim vložkom, ki so v zadnjem času povezani s tehnologijo veriženja blokov, pa kot ugotavljajo Toufaily et al. (2021), ni veliko primerov, v katerih so podjetja izrazila željo, da bi uporabljala tehnologijo veriženja blokov. Ne glede na to, pa Deloitte prikazuje, da je delež organizacij, ki so v svoj proces že vpeljale tehnologijo veriženja blokov, od 23 % v letu 2019 poskočil na 39 % v letu 2020 (Pawczuk et al., 2020).

Ker tehnologija veriženja blokov Bitcoin kot taka ni omogočala enostavne implementacije pametnih pogodb, se je na tem področju bolj uveljavil Etherum (Buterin, 2013), kasneje pa Hyperledger Fabric (Hyperledger Project, 2020), ki zaradi svojih lastnosti uporabo še dodatno poenostavi, omogoča hitrejše izvajanje in zagotovi višjo stopnjo varnosti.

Za učinkovito uporabo verig blokov v poslovnem procesu je potrebno oceniti procese in ugotoviti, ali so zreli za digitalno preobrazbo. Šele ko so dovolj zreli in pripravljeni na podporo tehnologije, se lahko začne preobrazba iz klasičnega poslovanja v poslovanje na osnovi veriženja blokov. V nasprotnem primeru implementacija tehnologije veriženja blokov v poslovni proces nima realnih možnosti za uspeh.

Čeprav uvedba tehnologije veriženja blokov spreminja način poslovanja, pa je za uporabo v poslovnem okolju potrebno prilagoditi in izpopolniti logiko, ki jo implementirajo pametne pogodbe. Ne glede na zahtevnost postopka uvedbe tehnologije veriženja blokov v poslovni proces, na različnih področjih najdemo kar nekaj zapisov o uspešni uporabi, še več pa razprav o možnostih uporabe. Različni avtorji (Abou Jaoude & George Saade, 2019; Krizmanič & Groznik, 2020; Lu, 2018, 2019) delijo področja uporabe na različne načine. Glede na pregled publikacij o aplikacijah tehnologije veriženja blokov na posamezna področja, med pet najpogosteje obravnavnih področij uvrščamo internet stvari, energijo, zdravstvo, finance in upravljanje virov. Med desetimi najpogosteje obravnavanimi aplikacijami pa tudi upravljanje poslovnih procesov (Abou Jaoude & George Saade, 2019).

3.1 Internet stvari

Dokaj nova ideja interneta stvari (IoT, angl. Internet of Things) je dejansko kot celota že zrela za digitalno preobrazbo in pravzaprav implementacija tehnologije veriženja blokov v tem primeru zahteva samo minimalne posege v obstoječ način delovanja. Dva od ključnih problemov interneta stvari sta zasebnost in zaščita podatkov, ki ju tehnologija veriženja blokov, še posebej z uporabo pametnih pogodb, zelo dobro rešuje (Kshetri, 2017). Tehnologija veriženja blokov na področju interneta stvari je med raziskavami najpogosteje obravnavana (Abou Jaoude & George Saade, 2019), pri čemer so izpostavljene teme, kot je izboljšana varnost povezanih naprav, vzdrževanje anonimnosti, pravila pametnih pogodb, mehanizmi in protokoli upravljanja z napravami ter varnost omrežja.

Dai et al. (2019) v svojem predlogu koncepta »BlockChain of Things« (BCoT) navajajo mnoge prednosti, ki bi jih uporaba tehnologije veriženja blokov prinesla na različna področja, kjer se uporablja internet stvari: pametna proizvodnja, upravljanje oskrbovalne verige, prehrambna industrija, pametna omrežja, zdravstvo in internet

vozil. Poleg raziskav o možnostih uporabe tehnologije veriženja blokov v internetu stvari najdemo tudi predloge konkretnih implementacij za brezžični sistem interneta stvari s tehnologijo veriženja blokov (Sun et al., 2019), varno trgovanje z energijo v industrijskem internetu stvari (Li et al., 2018) ali celo uporabo tehnologije veriženja blokov za izgradnjo sistema interneta stvari (Huh et al., 2017).

3.2 Energetski sektor

V energetskem sektorju je bilo za razliko od nekaterih področij, kjer gre zgolj za modele in teoretične predloge, izvedenih že nekaj aplikacij tehnologije veriženja blokov. Andoni et al. (2019) tako izpostavijo 8 različnih načinov aplikacij na področju energetskega sektorja, v našem prispevku pa bi izpostavili predvsem električna omrežja in distribucijo električne energije ter transport:

- ***Električna omrežja in distribucija električne energije:*** S transformacijo električnega omrežja in z vključevanjem lokalnih obnovljivih virov energije v električno omrežje je energetski sektor postavljen pred izziv, kako upravljati ta decentralizirani sistem. Zaradi specifične narave je prav tehnologija veriženja blokov tista, ki lahko zagotovi učinkovite rešitve teh problemov ter uredi nadzor, vodenje, beleženje ali razporejanje energije v decentraliziranem skupnem omrežju. Tovrstne rešitve bi lahko implementirali tudi v mikro omrežjih in tako omogočili učinkovit in varen način identifikacije lastništva ali vira porabljene oziroma dobavljene energije. Tak sistem lahko deluje brez posrednika in tako zmanjša stroške ter pospeši procese v električnem omrežju ter hkrati zagotovi transparentno poslovanje.
- ***Električni transport:*** Decentralizirani sistem uporabe električnih vozil, ki poleg vozil vključuje tudi polnilnice in voznike, lahko v veliki meri izkoristi prednosti tehnologije veriženja blokov. Glavni problem, ki ga uporabniki električnih vozil zaznavajo v tem trenutku, je poleg dosega tudi omrežje polnilnih postaj. Z uporabo tehnologije veriženja blokov lahko dodatno pospešimo postopek polnjenja vozil ter vključimo v omrežje zasebne ponudnike. Andoni et al. (2019) navajajo primere platform, osnovanih na tehnologiji veriženja blokov, ki omogočajo transakcije med vozniki električnih vozil in zasebnimi ponudniki polnilnih postaj.

Kot navajajo Andoni et al. (2019), 60 % aplikacij tehnologije veriženja blokov v energetskem sektorju temelji na platformi Etherum (oziroma t. i. Energy Web), 11 % pa na platformi Hyperledger. Čeprav je tehnologija veriženja blokov zelo uporabna za decentralizirane sisteme znotraj energetskega sektorja, pa so nekateri pravni okvirji še vedno ovira pri implementaciji. Da bi omogočili širšo uporabo tehnologije veriženja blokov v energetskem sektorju, bo potrebno pristopiti k prenovi poslovnih modelov (Brilliantova & Thurner, 2019).

3.3 Zdravstvo

Nove tehnologije imajo veliko aplikacij predvsem na področju zdravstva, kjer je njihove prednosti mogoče najbolje izkoristiti. Tako je zdravstvo odličen poligon tudi za uporabo tehnologije veriženja blokov, ki se je izkazala kot varna, zanesljiva, učinkovita in fleksibilna. V tem primeru govorimo predvsem o zasebnih omrežjih. Kot navaja Lu (2018), tehnologija veriženja blokov v zdravstvu obeta veliko, saj lahko združi podatke, ki so distribuirani v različnih sistemih, ki podpirajo delovanje zdravstva.

Podobno kot v energetskem sektorju tudi na področju zdravstva že obstaja nekaj dejanskih aplikacij. Kot navajajo Agbo et al. (2019), približno 15 % znanstvenih objav, vključenih v njihovo raziskavo, vsebuje predstavitev dejanske aplikacije oziroma tehnične rešitve. Največ idej o uporabi tehnologije veriženja blokov v zdravstvu se nanaša na primere elektronskih zdravstvenih kartotek, nekaj primerov pa je tudi s področja oddaljenega nadzora nad pacienti, biomedicinskih raziskav in izobraževanja (Agbo et al., 2019). Glede na raziskavo (Kuo et al., 2019), večina predlaganih oziroma implementiranih primerov uporabe tehnologije veriženja blokov v zdravstvu uporablja Etherum in Hyperledger platformi, pojavlja se tudi MultiChain. Kot lahko vidimo na dejanskem primeru preslikave delovnega toka v koncept pametne pogodbe na Etherum platformi (Khatoon, 2020), velik del prehoda na tehnologijo veriženja blokov predstavljajo popis, preslikava in validacija dejanskega procesnega toka. Ker pričakujemo, da se bo uporaba tehnologije veriženja blokov na področju zdravstva razširila, bi bilo potrebno pripraviti smernice in vzpostaviti standarde, ki bodo podpirali prehod v tehnologijo veriženja blokov ter omogočali povezljivost in povečali kakovost sistema.

3.4 Finančno poslovanje

Glede na raziskavo Deloitte (Pawczuk et al., 2020), so finančne transakcije na prvem mestu med področji, pri katerih bodo organizacije največ pridobile z uporabo globalne digitalne identitete, hkrati pa se bodo na področju finančnega poročanja organizacije najlažje prilagodile zahtevam tehnologije veriženja blokov. Za razliko od tega Krizmanič in Groznik (2020) menita, da predpisi na področju finančnega poslovanja predstavljajo kar nekaj ovir. Ne glede na to, pa lahko z gotovostjo trdimo, da na področju finančnega poslovanja obstaja veliko izzivov, ki jih lahko pomaga rešiti ravno tehnologija veriženja blokov. Tako na primer lahko zniža stroške in kompleksnost procesov pri poslovanju finančnih institucij, skrajša čas izvajanja transakcij in zagotovi višjo stopnjo varnosti, zmanjša stroške posrednikov in omogoča identifikacijo uporabnikov (Lu, 2019). Področje finančnega poslovanja je torej odlična priložnost za uporabo tehnologije veriženja blokov, ki omogoča visoko stopnjo zaupanja udeležencem v sistemu. Chang et al. (2020) menijo, da določene ovire glede uvedbe s strani finančnih institucij izhajajo predvsem iz nerazumevanja tehnologije.

Pri finančnem poslovanju je najpogosteje uporabljena tehnologija veriženja blokov kar kriptovaluta, s poudarkom na kriptovaluti Bitcoin, ki je v letu 2020 dosegala kar 66-% tržni delež (Statista, 2021), v letu 2021 pa ga še povečuje. Med ostalimi kriptovalutami velja izpostaviti Ether, kriptovaluto, ki deluje na platformi Etherum. Etherum poleg osnovnega finančnega poslovanja omogoča tudi enostavnejšo implementacijo pametnih pogodb, ki zagotavljajo višjo stopnjo varnosti (Mohanta et al., 2018). Vsekakor bo uporaba tehnologije veriženja blokov temeljito preoblikovala tradicionalne načine poslovanja na finančnih trgih, predvsem z vidika zmanjševanja vloge posrednikov (Morkunas et al., 2019).

3.5 Javne storitve in e-vlada

Čeprav bo na področju storitev javne uprave prav gotovo pri prehodu na aplikacije, osnovane na tehnologiji veriženja blokov, prišlo do velikih izzivov glede zakonodaje in varstva osebnih podatkov, pa trend raziskav o tehnologiji veriženja blokov kaže, da so na tem področju mnoge priložnosti uporabe. Kot navaja Lu (2018), so nekatere vlade že uspele uspešno uporabiti tehnologijo veriženja blokov v pilotnih projektih za beleženje in ugotavljanje lastništva posesti in nepremičnin. Potencialna uporaba

tehnologije veriženja blokov pa se kaže še na področju e-vlade, e-glasovanja in ostalih javnih služb.

Podobno kot pri finančnem poslovanju bi tudi na področju javnih storitev uporaba tehnologije veriženja blokov privedla do preoblikovanja organizacijskih struktur, vlog in funkcij ter prispevala k transparentnosti in varnosti podatkov (Lu, 2019). Posebno vlogo pri transformaciji birokratskih procesov bodo imele tudi pametne pogodbe, ki lahko večino postopkov, ki izhajajo iz zakonodaje, poenostavijo ter izboljšajo učinkovitost in kakovost storitev javne uprave (Abou Jaoude & George Saade, 2019).

Poleg področij, na katerih se tehnologija veriženja blokov kaže kot najbolj perspektivna, pa tudi na nekaterih drugih področjih možnosti uporabe niso zanemarljive. Tako lahko na primer na področju računalništva v oblaku pričakujemo vedno bolj široko uporabo tehnologije veriženja blokov, in sicer za podporo infrastrukturi in tudi pri razvoju aplikacij. Kot eno od razširitev interneta stvari lahko pričakujemo spremembe tudi v sistemu pametnega mesta, kjer bo v prihodnosti tehnologija veriženja blokov v uporabi pri vzpostavitvi omrežja in nadgradnji aplikacij. Specifičen primer je tudi področje zavarovalništva, kjer obstoječ sistem zaradi vseh udeleženih posrednikov ni transparenten, še manj pa hitro odziven. Sistem na osnovi tehnologije veriženja blokov, ki bi deloval po principih pametnih pogodb, bi na področju zavarovalništva veliko doprinesel pri optimizaciji procesov. Pilotne projekte vodenja evidence nepremičnin, ki ga trenutno postavljajo nekatere vlade, bi lahko nadgradili in podprli proces prodaje in nakupa nepremičnin.

Na področju proizvodnih dejavnosti in trgovine bi lahko s pomočjo tehnologije veriženja blokov podprli celotno oskrbovalno verigo ter tako omogočili sledljivost porekla in uporabe izdelka, hkrati pa optimizirali nekatere od procesov. Seveda lahko tehnologijo veriženja blokov vključimo v izobraževalni proces, na primer kot sistem nagrajevanja, ali na akademsko področje raziskav, pri katerih bi lahko zagotovili preverjaje podatkov, postopkov in avtorstva. Možnosti uporabe tehnologije veriženja blokov v poslovnem svetu so torej velike. Vse aplikacije pa bodo morale slediti standardom, ki veljajo za posamezno področje, ter hkrati zagotoviti visoko stopnjo varnosti. Ustrezno pripravljene pametne pogodbe bodo zagotovile, da bo tehnologija veriženja blokov v poslovnem procesu uporabljena kvalitetno in učinkovito.

4 Transformacija modela poslovnega procesa v tehnologijo veriženja blokov

Tehnologija veriženja blokov je prisotna že več kot desetletje, a kljub temu lahko najdemo le malo primerov uporabe v organizacijah, ki niso le študije o priložnostih uporabe ali pilotni projekti. Kot navajajo Lauster et al. (2020), so se raziskave, ki obravnavajo izvajanje poslovnih procesov z uporabo tehnologije veriženja blokov, začele pojavljati šele v letu 2016. Organizacije se spogledujejo s tehnologijo veriženja blokov, združujejo se v konzorcije, spremljajo napredek pri razvoju tehnologije, preverjajo in ocenjujejo, kako bo mogoče tehnologijo veriženja blokov učinkovito implementirati v poslovni proces. Kot navajajo Toufaily et al. (2021), odločitev o uvedbi tehnologije veriženja blokov nima samo tehnološkega vidika. To je tudi poslovna odločitev, ki zahteva vodenje na vseh nivojih in inovativno organizacijsko miselnost. Vzorec dejanskih primerov uporabe tehnologije veriženja blokov v poslovnem procesu je torej zaenkrat še dokaj majhen, zato je težko oceniti, kako uspešni so ti primeri uporabe.

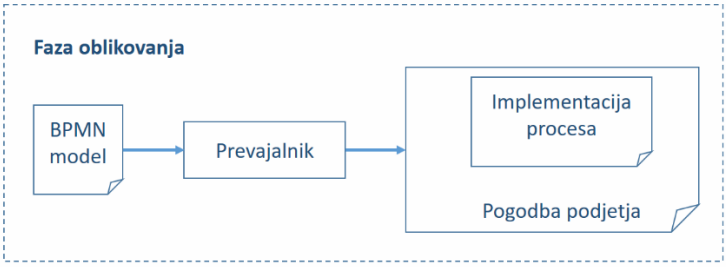
V prvem koraku se morajo organizacije odločiti, v kateri del procesa (če ne v celotni proces) bo najbolj smiselno vključiti tehnologijo veriženja blokov. V drugem koraku je potrebno izbrati, kateri model tehnologije veriženja blokov je smiselno uporabiti v njihovem primeru. To pa je šele začetek. Kot ugotavljajo Morkunas et al. (2019), bo imela uporaba tehnologije veriženja blokov vpliv na poslovni model podjetja. Torej se mora organizacija odločiti, ali bo za aplikacijo tehnologije veriženja blokov uporabila obstoječ model poslovnega procesa ali pa bo v skladu s spremembami in priložnostmi, ki jih prinaša tehnologija veriženja blokov, preoblikovala svoj poslovi proces. V obeh primerih je smiselno, da je poslovni proces, ki ga želimo s tehnologijo veriženja blokov podpreti, temeljito analiziran in zapisan v obliki, ki je za opis poslovnega procesa najbolj primerna. Kot standardizirana metodologija je BPMN najprimernejša za pripravo modela poslovnega procesa. Hkrati vključuje tudi vse pomembne elemente, s po močjo katerih je mogoče celovito zajeti logiko poslovnega procesa na način, ki bo primeren za preslikavo v logiko pametne pogodbe.

4.1 Primeri uspešne transformacije modelov poslovnega procesa v okolje tehnologije veriženja blokov

Tehnologija veriženja blokov s pametnimi pogodbami odpira pot uporabi v različnih poslovnih procesih (Mohanta et al., 2018). Posamezni primeri na različnih področjih, ki smo jih predstavili v predhodnem poglavju, kažejo na to, da bo za celovito digitalno preobrazbo poslovanja potrebna ne samo prilagoditev poslovanja, pač pa tudi podpora transformacije poslovne logike in celotnega poslovnega procesa v okolje tehnologije veriženja blokov. Že samo na področju zdravstva je veliko procesov, ki jih lahko implementiramo s sistemom pametnih pogodb (Khatoon, 2020). Bolj kot nova implementacija pa nas zanima, ali je mogoče obstoječo logiko poslovnega procesa transformirati v logiko pametne pogodbe. V literaturi zasledimo različne primere konceptualnih idej pretvarjanja logike poslovnih procesov v pametne pogodbe oziroma tehnologijo veriženja blokov. Viriyasitavat in Hoonsopon (2019) tako predstavljata koncept arhitekture v dveh nivojih, pri čemer v drugem nivoju logiko poslovnih procesov zapišemo kot pametne pogodbe. Pri tem je še posebej pomembno, na kakšen način – torej s katerim algoritmom uveljavljamo konsenz, saj so nekateri mehanizmi doseganja konsenza za poslovno okolje neprimerni, in sicer predvsem zaradi trajanja izvedbe. V množici idejnih zasnov pa najdemo tudi nekaj raziskovalcev, ki jim je uspelo logiko poslovnega procesa transformirati v pametne pogodbe.

Weber et al. (2016) predstavljajo preslikavo scenarija oskrbovalne verige v okolje tehnologije veriženja blokov Etherum. Tehnologija veriženja blokov v procesu nastopi kot aktivni mediator, pri čemer ne gre samo za shranjevanje množice podatkov, ampak za uporabo pametnih pogodb, ki usmerjajo proces ter izvajajo operacije nad podatki. Pri tem igra eno od ključnih vlog tako imenovani prevajalec, ki iz specifikacije procesa, ki je opisana z metodologijo BPMN, sestavi pametno pogodbo v skriptnem jeziku, kot je na primer Solidity. Weber sicer v celoten pristop vključi tudi izvajanje procesov, vendar se v našem primeru osredotočamo na transformacijo modela poslovnega procesa v tehnologijo veriženja blokov, kot prikazuje slika 2.

Prevajalnik kot vhodni podatek vzame obstoječo specifikacijo poslovnega procesa in generira pametne pogodbe. Te pogodbe se kasneje aktivirajo med izvajanjem procesa. V procesu, kjer sodeluje več udeležencev, se funkcionalnost razdeli med pametne pogodbe in sprožilce. Ker v fazi oblikovanja še ni jasno, kateri od udeležencev bo igral katero od vlog, prevajalnik pripravi tako imenovano pogodbo podjetja, ki vključuje vse metode in specifikacijo vmesnika glede na vlogo, ki bo posredovana sprožilcem, in začetno pogodbo procesa, ki vsebuje poslovno logiko. Prevajalni algoritem deluje v dveh fazah. Najprej se prevajalnik sprehodi skozi model procesa in za vsak element v procesu pripravi opis predhodnega in naslednjega elementa. Nato glede na povezave prevede vsak opis elementa v Solidity kodo glede na pravila prevajanja, ki so podana za različne tipe elementov (Weber, 2016). Pri generiranju kode so se osredotočili na 5 osnovnih vzorcev kontrolnega toka, tako prevajalnik ne podpira vseh elementov BPMN. Ko generator sestavi pametno pogodbo, določi tudi stroške izvajanja procesa, opisanega s pametno pogodbo v verigi blokov.



Slika 2: Princip delovanja prevajalnika
Vir: Weber, 2016.

Princip delovanja oblikovanja in izvajanja s tehnologijo podprtega poslovnega procesa so Weber et al. (2016) preskusili na 3 različnih realnih primerih, ki so vsebovali do 13 aktivnosti ter do 8 prehodov. Predlagani koncept so testirali na javnih in zasebnih verigah blokov in ugotovili, da v primeru javnih verig blokov prihaja do večjih zakasnitev v izvedbi.

Na osnovi opisanega primera Hull et al. (2016) predstavljajo koncept tako imenovanega »Business Collaboration Language« (BCL), domensko specifičnega jezika, ki bi omogočal razvoj in vzdrževanje pametnih pogodb na bolj učinkovit način kot jeziki za implementacijo pametnih pogodb, ki jih uporabljajo verige

blokov. V predlogu se osredotočajo na koncepte poslovnih artefaktov oziroma entitet, ključnih elementov poslovnega procesa, ki preko posameznih faz procesa zbirajo podatke na podoben način kot bloki v verigi. Glede na lastnosti in uporabo pametnih podob v verigi blokov ugotavljajo, da je pristop poslovnih artefaktov bolj primeren za preslikavo logike poslovnega procesa kot BPMN. Predlagani jezik v prispevku ni predstavljen, zato primernosti ni mogoče oceniti.

Decentralizirano upravljanje aktivnosti v procesu, tako imenovana koreografija, kjer se nadzor nad procesom deli med udeleženci, je še posebej pomembno pri procesih, v katere je vključenih več organizacij. Prybila et al. (2020) tako ugotavljajo, ali lahko za tovrsten nadzor uporabljamo tehnologijo veriženja blokov. Pripravijo tudi delujoč prototip, ki deluje na verigi blokov Bitcoin s specializiranimi žetoni. Vendar je v tem primeru mehanizem tehnologije veriženja blokov uporabljen samo za zapisovanje in ne za izvajanje aktivnosti.

Kot navajajo García-Bañuelos et al. (2017), je podobnih predlogov brez dejanske implementacije še več. Zato García-Bañuelos et al. (2017) predlagajo nadgradnjo koncepta, ki ga predstavljajo Weber et al. (2016) tako, da proces transformacije optimizira z vključevanjem Petrijevih mrež. Na sliki 3 je predstavljena osnovna ideja procesa transformacije BPMN modela v pametno pogodbo, zapisano v jeziku Solidity. BPMN model, ki vključuje aktivnosti, dogodke in nekatere od odločitvenih elementov, se najprej pripravi tako, da se vsakemu praznemu toku doda naloge ter združi začetne in končne dogodke. Tako obdelan model se prevede v Petrijevo mrežo glede na pravila. Prehodi v Petrijevi mreži se nato reducirajo in generirajo enostavnejše Petrijeve mreže, v skladu s katerimi se potem spremeni tudi BPMN model, ki vključuje dodatne pogoje na mestih, kjer je bil model poenostavljen. Na osnovi reducirane Petrijeve mreže generira vmesnik pametno pogodbo v Solidity, ki je sestavljena iz dveh spremenljivk in funkcije za vsak prehod v mreži. Tako generirana pametna pogodba predstavlja nižji strošek kot pametna pogodba, ki je preslikana neposredno iz BPMN modela, vendar ima določene omejitve glede elementov iz BPMN, ki jih lahko preslika.

Slika 3: Transformacijska veriga z uporabo Petrijeve mreže
Vir: (García-Bañuelos et al., 2017)

Podobno kot García-Bañuelos et al. (2017) tudi Zupan et al. (2020) za vizualizacijo modela procesa uporabijo Petrijeve mreže. V prispevku Zupan et al. (2020) predstavljajo metodo priprave pametne pogodbe za sisteme veriženja blokov, ki niso pogojeni z uporabo določene platforme. Na osnovi preverjenega modela Petrijeve mreže njihovo orodje generira predlogo pametne pogodbe. Predlogo pametne pogodbe lahko tako razvijalci razširijo z dodatnimi funkcionalnostmi, preden jo dejansko uporabijo v verigi blokov. V predstavljeni verziji uporabljajo jezik Solidity, ki ga uporablja Etherum veriga blokov, kot navajajo, pa je mogoča razširitev tudi v druge vrste pametnih pogodb, kot je na primer verižna koda v Hyperledger Fabric. Kot glavno prednost svojega modularnega pristopa h generiranju pametnih pogodb na osnovi Petrijevih mrež izpostavijo Zupan et al. (2020) varnostni vidik generirane pametne pogodbe, ki preprečuje morebitne napade na poslovni sistem.

Vmesno fazo pri pretvorbi modela medorganizacijskega poslovnega procesa v pametno pogodbo predlagajo tudi Nakamura et al. (2018). Njihov predlog vključuje pretvarjanje modela poslovnega procesa v modele prehajanja stanj (angl. statechart), ki jih nato optimizirajo ter generirajo pametne pogodbe. Za definicijo modela

procesa uporabijo manjši nabor elementov BPMN. V drugem koraku procese, ki so skupni več organizacijam, predstavijo s pomočjo modelov prehajanja stanj, nato pa tudi modele procesa pretvorijo v modele prehajanja stanj. Ker generirani rezultat vključuje nekaj nepotrebnih elementov, se predlagani modeli prehajanja stanj optimizirajo. Za implementacijo pametne pogodbe uporabijo Hyperledger Fabric. Verižna koda oziroma pametna pogodba je pripravljena v jeziku Go.

Avtomatsko generiranje pametnih pogodb omogoča tudi pristop, ki ga predstavljajo Tateishi et al. (2019). Predstavljen pristop na osnovi predloge dokumenta in nadzorovanega naravnega jezika (angl. controlled natural language) iz posameznega človeku razumljivega dokumenta generira pametno pogodbo. V vmesni fazi pristop uporablja formalni model, ki definira pogoje pogodbe z omejitvami in postopki. Model se potem prevede v kodo pametne pogodbe v okolju Hyperledger Fabric.

Za razliko od predhodnih raziskav, ki ne podpirajo hierarhičnih modelov procesa, López-Pintado, García-Bañuelos, et al. (2019) predlagajo sistem »Caterpillar«, ki podpira širok nabor BPMN elementov in prav tako omogoča zapis poslovnega modela kot pametne pogodbe v okolju Etherum. Arhitektura je razdeljena na tri nivoje, pri čemer prvi nivo služi za izvedbo in shranjevanje v verigi blokov, drugi za izvedbo izven verige blokov, medtem ko tretji, tj. najvišji nivo, omogoča upravljanje procesov. V sistemu »Caterpillar« je celoten proces izveden na verigi blokov, ki je hkrati tudi koordinacijski mehanizem. Čeprav sistem lahko transformira realne modele procesov, pa avtorji za večje modele procesov predlagajo uporabo konzorcijske tehnologije veriženja blokov, kot je na primer Hyperledger.

Enkratna transformacija modela poslovnega procesa v pametno pogodbo ne zagotavlja fleksibilnosti, saj se model poslovnega procesa lahko med izvajanjem spremeni, sprememba pa se ne odraža v pametni pogodbi. López-Pintado, Dumas, et al. (2019) tako predlagajo dopolnitev sistemu »Caterpillar«, ki je vgrajena v sistem izvajanja poslovnega procesa ter omogoča ažuriranje instanc. Pristop podobno kot v sistemu »Caterpillar« vključuje 3 arhitekturne nivoje, ker pa sistem podpira tudi hierarhične strukture s podrejenimi procesi, so podatkovne strukture razdeljene na »IFlow« za prikaz podrejenih procesov in »IData« prikaz stanja. Največja prednost predstavljenega sistema poleg prihranka stroškov je možnost sprememb modela procesa, ki se lahko aplicirajo na nove instance procesa ali pa na že obstoječe

instance. Sistem v tej obliki še ne omogoča nadzora nad tem, kaj se zgodi z obstoječimi instancami procesa, ki že tečejo, ko se implementira sprememba.

Hyperledger sta za podporo izvajanja procesov na IBM Business Process Manager (BPM) uporabila Auberger in Kloppmann (2017). Predlagani koncept v procesu, ki se izvaja izven verige blokov, uporablja podatke iz transakcij, ki se izvajajo v verigi blokov, in tako ne omogoča implementacije celotnega poslovnega procesa v verigi blokov. Med orodji, ki jih je v obdobju razvoja na trg ponudil Hyperledger project, je bil tudi Hyperledger Composer, orodje, ki je omogočalo definicijo poslovnega omrežja. Panduwinata in Yugopuspito (2019) sta elemente BPMN poskušala preslikati v tri koncepte, ki jih je uporabljal Hyperledger Composer: orodja, udeleženci in transakcije. Zaradi različnih razlogov je bil razvoj Hyperledger Composer opuščen.

V drugo smer pa tečejo raziskave, ki bi omogočile procesom, ki so definirani znotraj pametnih pogodb (konkretno verižne kode v Hyperledger Fabric okolju), neposredno transformacijo v BPMN model. Na ta način bi uporabniki novih digitalnih pristopov brez posebnega poznavanja samega procesa generiranja pametne pogodbe vključili pametne pogodbe v svoje procese in jih dodatno optimizirali (Schinle et al., 2020). Avtorji Schinle et al. (2020) menijo, da bi na ta način različni deležniki v poslovnem omrežju dobili priložnost vpogleda v način vodenja poslovanja na osnovi predlaganih pametnih pogodb oziroma verižne kode. V tej fazi razvoja so v raziskavi testirali osnovne elemente BPMN, ki pa jih nameravajo v nadaljevanju raziskav še razširiti.

5 Zaključek

Ne samo v internem okolju organizacije, tehnologija veriženja blokov lahko s pametnimi pogodbami podpre tudi procese, ki se izvajajo v medorganizacijskem okolju in tako omogoči digitalno preobrazbo celotnega poslovnega procesa ali oskrbovalne verige. Prednosti uporabe tehnologije veriženja blokov se kažejo predvsem v javni evidenci vseh aktivnosti, ki so bile izvedene v procesu. Le-ta lahko v primeru trenutnih ali kasneje ugotovljenih napak zagotovi sledljivost celotnega procesa. Pametne pogodbe dodatno zagotovijo nadzor procesa, saj delujejo le po vnaprej določeni logiki. V primeru uporabe tehnologije blokov tretje generacije pa

je mogoče v zasebnem omrežju ali omrežju konzorcija zagotoviti tudi višjo stopnjo varnosti.

Kot kažejo navedeni primeri, obstaja veliko raziskav, ki predstavljajo uporabo tehnologije veriženja blokov v poslovnem procesu. Smo torej na prehodu, ko bodo organizacije v vedno večji meri težile k temu, da svoje procese podprejo s tehnologijo veriženja blokov. V sodobnih organizacijah pa se večina procesov izvaja med organizacijami, zato bodo k tovrstni uporabi sčasoma prešli tudi celotni konzorciji. Kot navajajo Toufaily et al. (2021), bi morala podjetja bolje razumeti konfiguracijo in način oblikovanja rešitev na osnovi tehnologije veriženja blokov. Da bi podjetjem omogočili lažji prehod na novo tehnologijo, ki bo prinesla tudi spremenjen poslovni proces, so nekateri raziskovalci že predlagali orodja za transformacijo logike poslovnega procesa v okolje tehnologije veriženja blokov. Kot danes najbolj pogosto uporabljen način prikazovanja poslovnih procesov, se zdi BPMN notacija primerno izhodišče za opis modela poslovnega procesa. V prispevku smo kratko opisali nekaj primerov transformacije BPMN modela poslovnega procesa v Etherum okolje tehnologije veriženja blokov (García-Bañuelos et al., 2017; López-Pintado, Dumas, et al., 2019; López-Pintado, García-Bañuelos, et al., 2019; Weber et al., 2016). Za razliko od navedenih avtorjev pa Hull et al. (2016) predstavijo teoretična izhodišča za transformacijo poslovnega procesa, ki so osnovana na tako imenovanih poslovnih artefaktih in ne na BPMN, za katerega menijo, da je manj primeren način prikaza poslovnega procesa. Nekateri avtorji (Tateishi et al., 2019; Zupan et al., 2020) predstavljajo tudi različne pristope k avtomatskemu generiranju pametne pogodbe za okolje Hyperledger Fabric, vendar pa v prikazanih primerih ne uporabljajo zapisa BPMN za prikaz poslovnega procesa. Nakamura et al. (2018) pri procesu transformacije sicer uporabijo nekaj osnovnih elementov BPMN, vendar pa medorganizacijski del procesov predstavijo z diagrami prehajanja stanj. Primera, ki bi omogočal transformacijo zapisa modela poslovnega procesa z BPMN v okolje tehnologije veriženja blokov Hyperledger Fabric, tako v literaturi nismo zasledili. Hyperleger Fabric v tem trenutku predstavlja najboljšo možno rešitev za uporabo v poslovnem svetu s pomočjo tako imenovanih verižnih kod omogoča implementacijo pametnih pogodb in uporablja časovno najbolj učinkovit mehanizem soglasja. Za svoje delovanje ne uporablja kriptovalut, zato je pretok informacij hitrejši, prav tako pa ne zahteva posebne strojne opreme, dodatne programske opreme, omrežne infrastrukture ali varnostnih modulov (Lu, 2019).

V nadaljnjih raziskavah je torej potrebno poiskati rešitev, ki bo podjetjem v fazi digitalne preobrazbe olajšala prehod na procese, ki so podprti s tehnologijo veriženja blokov, konkretno v okolju Hyperledger Fabric.

Literatura

Abou Jaoude, J., & George Saade, R. (2019). Blockchain Applications – Usage in Different Domains. *IEEE Access*, *7*, 45360–45381. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2902501

Agbo, C., Mahmoud, Q., & Eklund, J. (2019). Blockchain Technology in Healthcare: A Systematic Review. *Healthcare*, *7*(2), 56. https://doi.org/10.3390/healthcare7020056

Andoni, M., Robu, V., Flynn, D., Abram, S., Geach, D., Jenkins, D., McCallum, P., & Peacock, A. (2019). Blockchain technology in the energy sector: A systematic review of challenges and opportunities. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *100*, 143–174. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.10.014

Auberger, L., & Kloppmann, M. (2017). *Combine business process management and blockchain*. https://developer.ibm.com/technologies/blockchain/tutorials/mw-1705-auberger-bluemix/

Bamakan, S. M. H., Motavali, A., & Babaei Bondarti, A. (2020). A survey of blockchain consensus algorithms performance evaluation criteria. *Expert Systems with Applications*, *154*, 113385. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.eswa.2020.113385

Beck, R., Avital, M., Rossi, M., & Thatcher, J. B. (2017). Blockchain Technology in Business and Information Systems Research. *Business and Information Systems Engineering*, *59*(6), 381–384. https://doi.org/10.1007/s12599-017-0505-1

Brilliantova, V., & Thurner, T. W. (2019). Blockchain and the future of energy. *Technology in Society*, *57*, 38–45. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2018.11.001

Buterin, V. (2013). *A next-generation smart contract and decentralized application platform. Ethereum white paper*. https://github.com/ethereum/wiki/wiki/White-Paper

Cachin, C. (2016). *Architecture of the Hyperledger Blockchain Fabric*. https://www.zurich.ibm.com/dccl/papers/cachin_dccl.pdf

Chang, V., Baudier, P., Zhang, H., Xu, Q., Zhang, J., & Arami, M. (2020). How Blockchain can impact financial services – The overview, challenges and recommendations from expert interviewees. *Technological Forecasting and Social Change*, *158*, 120166. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120166

Dai, H., Zheng, Z., & Zhang, Y. (2019). Blockchain for Internet of Things: A Survey. *IEEE Internet of Things Journal*, *6*(5), 8076–8094. https://doi.org/10.1109/JIOT.2019.2920987

Das, P., Eckey, L., Frassetto, T., Gens, D., Hostáková, K., Jauernig, P., Faust, S., & Sadeghi, A.-R. (2019). FASTKITTEN: Practical Smart Contracts on Bitcoin. *Proceedings of the 28th USENIX Conference on Security Symposium*, 801–818.

Furlonger, D., & Kandaswamy, R. (2018). Blockchain Technology Spectrum: A Gartner Theme Insight Report. In *Gartner Research Report* (Issue October).

García-Bañuelos, L., Ponomarev, A., Dumas, M., & Weber, I. (2017). Optimized Execution of Business Processes on Blockchain. In J. Carmona, G. Engels, & A. Kumar (Eds.), *Business Process Management* (pp. 130–146). Springer International Publishing.

Hao, Y., Li, Y., Dong, X., Fang, L., & Chen, P. (2018). Performance Analysis of Consensus Algorithm in Private Blockchain. *2018 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV)*, 280–285. https://doi.org/10.1109/IVS.2018.8500557

Huh, S., Cho, S., & Kim, S. (2017). Managing IoT devices using blockchain platform. *2017 19th International Conference on Advanced Communication Technology (ICACT)*, 464–467. https://doi.org/10.23919/ICACT.2017.7890132

Hull, R., Batra, V. S., Chen, Y. M., Deutsch, A., Heath, F. F. T., & Vianu, V. (2016). Towards a shared

ledger business collaboration language based on data-aware processes. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, *9936 LNCS*(October), 18–36. https://doi.org/10.1007/978-3-319-46295-0_2

Hyperledger Project. (2020). *Fabric whitepaper*. https://www.hyperledger.org/wp-content/uploads/2020/03/hyperledger_fabric_whitepaper.pdf

Jain, S. (2020). *Programming Hyperledger Fabric: Creating Enterprise Blockchain Applications*. Author.

Khatoon, A. (2020). A blockchain-based smart contract system for healthcare management. *Electronics (Switzerland)*, *9*(1). https://doi.org/10.3390/electronics9010094

Kovach, S. (2021). Tesla buys $1.5 billion in bitcoin, plans to accept it as payment. *CNBC*. https://www.cnbc.com/2021/02/08/tesla-buys-1point5-billion-in-bitcoin.html

Krizmanič, B., & Groznik, A. (2020). Aktualne dejavnosti , primerne za uporabo veriženja podatkovnih blokov. *Uporabna Informatika*, *18*(4), 175–185.

Kshetri, N. (2017). Can Blockchain Strengthen the Internet of Things? *IT Professional*, *19*(4), 68–72. https://doi.org/10.1109/MITP.2017.3051335

Kuo, T.-T., Zavaleta Rojas, H., & Ohno-Machado, L. (2019). Comparison of blockchain platforms: a systematic review and healthcare examples. *Journal of the American Medical Informatics Association*, *26*(5), 462–478. https://doi.org/10.1093/jamia/ocy185

Lauster, C., Klinger, P., Schwab, N., & Bodendorf, F. (2020). Literature review linking blockchain and business process management. *Proceedings of the 15th International Conference on Business Information Systems 2020 "Developments, Opportunities and Challenges of Digitization", WIRTSCHAFTSINFORMATIK 2020*. https://doi.org/10.30844/wi_2020_r10

Li, Z., Kang, J., Yu, R., Ye, D., Deng, Q., & Zhang, Y. (2018). Consortium Blockchain for Secure Energy Trading in Industrial Internet of Things. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, *14*(8), 3690–3700. https://doi.org/10.1109/TII.2017.2786307

López-Pintado, O., Dumas, M., García-Bañuelos, L., & Weber, I. (2019). Interpreted Execution of Business Process Models on Blockchain. *2019 IEEE 23rd International Enterprise Distributed Object Computing Conference (EDOC)*, 206–215. https://doi.org/10.1109/EDOC.2019.00033

López-Pintado, O., García-Bañuelos, L., Dumas, M., Weber, I., & Ponomarev, A. (2019). Caterpillar: A business process execution engine on the Ethereum blockchain. *Software - Practice and Experience*, *49*(7), 1162–1193. https://doi.org/10.1002/spe.2702

Lu, Y. (2018). Blockchain and the related issues: a review of current research topics. *Journal of Management Analytics*, *5*(4), 231–255. https://doi.org/10.1080/23270012.2018.1516523

Lu, Y. (2019). The blockchain: State-of-the-art and research challenges. *Journal of Industrial Information Integration*, *15*, 80–90. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jii.2019.04.002

Mendling, J., Weber, I., Van Der Aalst, W., Brocke, J. Vom, Cabanillas, C., Daniel, F., Debois, S., Di Ciccio, C., Dumas, M., Dustdar, S., Gal, A., García-Bañuelos, L., Governatori, G., Hull, R., La Rosa, M., Leopold, H., Leymann, F., Recker, J., Reichert, M., … Zhu, L. (2017). Blockchains for business process management - Challenges and opportunities. *ArXiv*, *9*(0), 1–16.

Mohanta, B. K., Panda, S. S., & Jena, D. (2018). An Overview of Smart Contract and Use Cases in Blockchain Technology. *2018 9th International Conference on Computing, Communication and Networking Technologies (ICCCNT)*, 1–4. https://doi.org/10.1109/ICCCNT.2018.8494045

Morkunas, V. J., Paschen, J., & Boon, E. (2019). How blockchain technologies impact your business model. *Business Horizons*, *62*(3), 295–306. https://doi.org/10.1016/j.bushor.2019.01.009

Nakamoto, S. (2009). Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System. *Cryptography Mailing List at Https://Metzdowd.Com*. https://bitcoin.org/bitcoin.pdf

Nakamura, H., Miyamoto, K., & Kudo, M. (2018). Inter-organizational Business Processes Managed by Blockchain. In H. Hacid, W. Cellary, H. Wang, H.-Y. Paik, & R. Zhou (Eds.), *Web Information Systems Engineering -- WISE 2018* (pp. 3–17). Springer International Publishing.

Pan, X., Pan, X., Song, M., Ai, B., & Ming, Y. (2020). Blockchain technology and enterprise operational capabilities: An empirical test. *International Journal of Information Management*, *52*(May 2019), 101946. https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2019.05.002

Panduwinata, F., & Yugopuspito, P. (2019). BPMN approach in blockchain with hyperledger composer

and smart contract: Reservation-based parking system. *Proceedings of 2019 5th International Conference on New Media Studies, CONMEDIA 2019*, 89–93. https://doi.org/10.1109/CONMEDIA46929.2019.8981845

Pawczuk, L., Holdowsky, J., Massey, R., & Hansen, B. (2020). Deloitte's 2020 Global Blockchain survey. From promise to reality. In *Deloitte Insights*. https://www2.deloitte.com/content/dam/insights/us/articles/6608_2020-global-blockchain-survey/DI_CIR 2020 global blockchain survey.pdf

Prybila, C., Schulte, S., Hochreiner, C., & Weber, I. (2020). Runtime verification for business processes utilizing the Bitcoin blockchain. *Future Generation Computer Systems*, *107*, 816–831. https://doi.org/10.1016/j.future.2017.08.024

Rennock, M. J. W., Cohn, A., & Butcher, J. R. (2018). Blockchain Technology Regulatory and Investigations. *The Journal Litigation*, *March*, 34–44.

Saraf, C., & Sabadra, S. (2018). Blockchain platforms: A compendium. *2018 IEEE International Conference on Innovative Research and Development (ICIRD)*, 1–6. https://doi.org/10.1109/ICIRD.2018.8376323

Schinle, M., Erler, C., Andris, P. N., & Stork, W. (2020). Integration, Execution and Monitoring of Business Processes with Chaincode. *2020 2nd Conference on Blockchain Research and Applications for Innovative Networks and Services, BRAINS 2020*, 63–70. https://doi.org/10.1109/BRAINS49436.2020.9223283

Statista. (2021). *Market cap distribution of the 5 biggest cryptocurrencies 2015-2020 Published by Raynor de Best, Jan 15, 2021 The statistic presents the distribution of leading cryptocurrencies from 2015 to 2020, by market capitalization. The market capitalization of Bit*. https://www.statista.com/statistics/730782/cryptocurrencies-market-capitalization/

Sun, Y., Zhang, L., Feng, G., Yang, B., Cao, B., & Imran, M. A. (2019). Blockchain-Enabled Wireless Internet of Things: Performance Analysis and Optimal Communication Node Deployment. *IEEE Internet of Things Journal*, *6*(3), 5791–5802. https://doi.org/10.1109/JIOT.2019.2905743

Szabo, N. (1997). Formalizing and Securing Relationships on Public Networks. *First Monday*, *2*(9). https://doi.org/10.5210/fm.v2i9.548

Tateishi, T., Yoshihama, S., Sato, N., & Saito, S. (2019). Automatic smart contract generation using controlled natural language and template. *IBM Journal of Research and Development*, *63*(2/3), 6:1-6:12. https://doi.org/10.1147/JRD.2019.2900643

The Linux Foundation. (2020). *Hyperledger Members*. hyperledger.org/about/members

Toufaily, E., Zalan, T., & Dhaou, S. Ben. (2021). A framework of blockchain technology adoption: An investigation of challenges and expected value. *Information & Management*, *58*(3), 103444. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.im.2021.103444

Tschorsch, F., & Scheuermann, B. (2016). Bitcoin and Beyond: A Technical Survey on Decentralized Digital Currencies. *IEEE Communications Surveys Tutorials*, *18*(3), 2084–2123. https://doi.org/10.1109/COMST.2016.2535718

Viriyasitavat, W., & Hoonsopon, D. (2019). Blockchain characteristics and consensus in modern business processes. *Journal of Industrial Information Integration*, *13*, 32–39. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jii.2018.07.004

Weber, I., Xu, X., Riveret, R., Governatori, G., Ponomarev, A., & Mendling, J. (2016). Untrusted business process monitoring and execution using blockchain. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, *9850 LNCS*, 329–347. https://doi.org/10.1007/978-3-319-45348-4_19

Yaga, D., Mell, P., Roby, N., & Scarfone, K. (2019). Blockchain Technology Overview. In *NISTIR 8202*. https://doi.org/10.6028/NIST.IR.8202

Zheng, Z, Xie, S., Dai, H., Chen, X., & Wang, H. (2017). An Overview of Blockchain Technology: Architecture, Consensus, and Future Trends. *2017 IEEE International Congress on Big Data (BigData Congress)*, 557–564. https://doi.org/10.1109/BigDataCongress.2017.85

Zheng, Zibin, Xie, S., Dai, H.-N., Chen, W., Chen, X., Weng, J., & Imran, M. (2020). An overview on smart contracts: Challenges, advances and platforms. *Future Generation Computer Systems*, *105*,

475–491. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.future.2019.12.019

Zupan, N., Kasinathan, P., Cuellar, J., & Sauer, M. (2020). Secure Smart Contract Generation Based on Petri Nets. In R. da Rosa Righi, A. M. Alberti, & M. Singh (Eds.), *Blockchain Technology for Industry 4.0: Secure, Decentralized, Distributed and Trusted Industry Environment* (pp. 73–98). Springer Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-15-1137-0_4