



VILNIAUS UNIVERSITETAS
ŠIAULIŲ AKADEMIJA

INFORMACINIŲ TECHNOLOGIJŲ VALDYMO MAGISTRO STUDIJŲ PROGRAMA

TOMAS BAGDONAS

Magistro studijų baigiamasis darbas

BLOKŲ GRANDINĖS PANAUDOJIMAS ŽMOGIŠKŲJŲ IŠTEKLIŲ VALDYME

Darbo vadovas: dr. Mindaugas Stoncelis

Šiauliai, 2025

**Studijuojančiojo, teikiančio baigiamąjį darbą,
GARANTIJA**

WARRANTY of Final Thesis

Vardas, pavardė <i>Name, Surname</i>	Tomas Bagdonas
Padalinys <i>Faculty</i>	Šiaulių akademija <i>Šiauliai Academy</i>
Studijų programa <i>Study Programme</i>	Informacinių technologijų valdymas <i>Information Technology Management</i>
Darbo pavadinimas <i>Thesis topic</i>	Blokų grandinės panaudojimas žmoniškųjų išteklių valdyme <i>The Use of Blockchain in Human Resource Management</i>
Darbo tipas <i>Thesis type</i>	Baigiamasis darbas <i>Final Thesis</i>

Garantuoju, kad mano baigiamasis darbas yra parengtas sąžiningai ir savarankiškai, kitų asmenų indėlio į parengtą darbą nėra. Jokių neteisėtų mokėjimų už šį darbą niekam nesu mokėjęs. Šiame darbe tiesiogiai ar netiesiogiai panaudotos kitų šaltinių citatos yra pažymėtos literatūros nuorodose.

I guarantee that my thesis is prepared in good faith and independently, there is no contribution to this work from other individuals. I have not made any illegal payments related to this work. Quotes from other sources directly or indirectly used in this thesis, are indicated in literature references.

Aš, Tomas Bagdonas, pateikdamas (-a) šį darbą, patvirtinu (pažymėti)



**Embargo laikotarpis
*Embargo Period***

Prašau nustatyti šiam baigiamajam darbui toliau nurodytos trukmės embargo laikotarpį:

I am requesting an embargo of this thesis for the period indicated below:

☐ _____ mėnesių / *months*
(embargo laikotarpis negali viršyti 60 mėn. / *an embargo period shall not exceed 60 months*).

☒ Embargo laikotarpis nereikalingas / *no embargo requested*.

Embargo laikotarpio nustatymo priežastis / *Reason for embargo period:*

TURINYS

SANTRAUKA	5
SUMMARY	6
PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS.....	7
LENTELIŲ SĄRAŠAS.....	8
TERMINŲ IR SANTRUMPŲ ŽODYNAS	9
ĮVADAS.....	10
1. BLOKŲ GRANDINĖS TAIKYMO ŽMOGIŠKŲJŲ IŠTEKLIŲ VALDYME ANALIZĖ	11
1.1. Blokų grandinės privalumai žmogiškųjų išteklių valdyje.....	11
1.1.1. Decentralizacija ir duomenų kontrolė.....	11
1.1.2. Skaidrumas ir patikrinamumas	12
1.1.3. Duomenų saugumas ir privatumas	13
1.1.4. Automatizavimas naudojant išmaniuosius kontraktus	14
1.1.5. Mokėjimai.....	16
1.1.6. Tapatybės ir kompetencijų patikrinimas.....	16
1.2. Blokų grandinės projektų įgyvendinimo iššūkiai	18
1.2.1. Technologinis sudėtingumas.....	18
1.2.2. Kaina ir ištekliai	20
1.2.3. Teisiniai ir reguliaciniai aspektai	23
1.2.4. Praktinio pritaikymo apribojimai	24
1.2.5. Sprendimai ir strategijos.....	25
1.2.6. Energijos sąnaudos	25
2. PROJEKTŲ APSKAITOS SISTEMOS PROJEKTAS.....	27
2.1. Reikalavimų specifikacija.....	27
2.1.1. Funkciniai reikalavimai	27
2.1.2. Nefunkciniai reikalavimai	28
2.1.3. Naudotojų grupės.....	29

2.1.4. Techniniai reikalavimai	29
3. PROJEKTO REALIZACIJA	31
3.1. Prototipo architektūra	31
3.2. Realizacijos priemonės	33
3.3. Realizuotos prototipo operacijos	34
3.4. Prototipo išmanusis kontraktas	35
3.5. Metamask panaudojimas autentifikacijai ir autorizacijai	36
3.6. Prototipo vartotojų tipai ir jų teisės.....	36
3.7. Darbuotojo duomenų saugojimo specifi­ka	38
3.8. Projekto užduočių skaidrumas	40
3.9. Duomenų apdorojimas blokų grandinėje	40
4. REALIZUOTOS SISTEMOS TYRIMAS	42
4.1. Realizuoto projektų apskaitos sistemos prototipo vertinimas.....	42
IŠVADOS	45
LITERATŪRA	47
PRIEDAI	50
Priedas Nr. 1. Išmanaus kontrakto programinis kodas.....	50
Priedas Nr. 2. Vartotojo sąsajos Front-end programinis kodas	50

Bagdonas, Tomas. Blokų grandinės panaudojimas žmogiškųjų išteklių valdyme.

Magistro studijų baigiamasis darbas / vadovas dr. Mindaugas Stoncelis; Vilniaus universitetas, Šiaulių akademija.

Studijų kryptis ir sritis (studijų krypčių grupė): Informacinių technologijų valdymas (6211BX001), Informatika.

Reikšminiai žodžiai: blokų grandinė, išmanusis kontraktas, žmogiškųjų išteklių valdymas.

Šiauliai, 2025. 50 p.

SANTRAUKA

Blokų grandinė yra pakankamai nauja ir plačiai tyrinėjama technologija, turinti didelį taikymo potencialą, tačiau pasigendama detalesnių šios technologijos mokslinių tyrimų ir taikymo atvejų analizės žmogiškųjų išteklių valdymo srityje.

Darbe tiriamos blokų grandinės technologijos panaudojimo žmogiškųjų išteklių valdyme galimybės.

Literatūros analize nustatyta, kad blokų grandinės technologija gali būti sėkmingai taikoma tokiose srityse kaip įdarbinimo ir atrankos, darbo sutarčių ir atlyginimų valdyme, darbo veiklos ir rezultatų stebėjime, audito ir atitikties užtikrinime, mokymų ir kvalifikacijos įrašų valdyme, mokėjimų darbuotojams, tapatybės ir kompetencijų patikrinime ir kt.

Literatūros analizė taip pat leido identifikuoti esminius iššūkius, su kuriais susiduriama įgyvendinant projektus, kuriuose panaudojama blokų grandinės technologija.

Darbo metu sukurtų projektų apskaitos sistemos prototipo tikslas – praktiškai pademonstruoti blokų grandinės pritaikymą žmogiškųjų išteklių valdymo procese.

Vertinant blokų grandinės panaudojimą prototipe išskirti šie blokų technologijos privalumai: decentralizacija, skaidrumas, nekintamumas bei procesų automatizavimo galimybės.

Prototipo vertinimo metu identifikuoti blokų grandinės trūkumai, įtakojantys prototipo panaudojimo efektyvumą. Pagrindiniai jų – didelės transakcijų sąnaudos, ribotos mastelio galimybės bei lėtas transakcijų patvirtinimo laikas.

Bagdonas, Tomas. The Use of Blockchain in Human Resource Management.

Master's Final Degree Project / supervisor Dr. Mindaugas Stoncelis; Vilnius University, Šiauliai Academy.

Study field of area (study field group): Information Technology Management (6211BX001), Informatics.

Keywords: blockchain, smart contract, human resource management.

Šiauliai, 2025. 50 p.

SUMMARY

Blockchain is a relatively new and extensively studied technology with significant potential for application.

However, there is a lack of detailed scientific research and case studies on its use in human resource management. This paper explores the possibilities of using blockchain technology in human resource management.

A review of the literature has identified that blockchain technology can be successfully applied in areas such as recruitment and selection, management of employment contracts and payroll, monitoring of work performance and results, ensuring audit and compliance, management of training and qualification records, employee payments, verification of identity and competencies, and more. The literature review highlighted key challenges encountered in projects utilizing blockchain technology.

The purpose of the developed prototype for a project accounting system is to practically demonstrate the application of blockchain in the human resource management process. While evaluating blockchain usage in the prototype, the following advantages of blockchain technology were identified: decentralization, transparency, immutability, and process automation capabilities.

Certain disadvantages of blockchain were identified that affect the efficiency of its application. The main drawbacks include high transaction costs, limited scalability, and slow transaction confirmation times.

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

1 pav. Sistemos išdėstymo diagrama	31
2 pav. Prisijungimas prie Metamask piniginės	36
3 pav. Administratoriaus aplinka prototipe.....	37
4 pav. Darbuotojų sąrašas	37
5 pav. Patvirtinimas apie atliktas projekto užduotis	38
6 pav. Naujo darbuotojo registracija.....	39
7 pav. Projekto užduotis darbuotojui	40
8 pav. Darbuotojų surinktų taškų statistinė informacija panaudojant mišrią duomenų apdorojimo techniką.....	41

LENTELIŲ SĄRAŠAS

1 lentelė. Prototipo funkciniai reikalavimai	27
2 lentelė. Prototipo saugumo reikalavimai	28
3 lentelė. Prototipo patikimumo reikalavimai	28
4 lentelė. Prototipo naudojamumo reikalavimai.....	28
5 lentelė. Prototipo naudotojų grupės	29
6 lentelė. Programavimo kalbos ir įrankiai.....	29
7 lentelė. Duomenų saugojimas.....	30
8 lentelė. Autentifikacija ir autorizacija.....	30
9 lentelė. API ir sąveika su blokų grandine	30
10 lentelė. Sistemos komponentai	32
11 lentelė. Prototipui kūrimui naudota programinė įranga.....	33
12 lentelė. Realizuotos prototipo operacijos.....	34

TERMINŲ IR SANTRUMPŲ ŽODYNAS

Blokų grandinė – tai decentralizuota, paskirstyta duomenų bazė arba skaitmeninis registras, kuriame įrašai yra sujungti į chronologiškai susijusius blokus. Kiekvienas blokas saugo tam tikrą kiekį duomenų, kurie kriptografiškai užšifruoti ir saugomi tinkle. Blokų grandinė suteikia galimybę naudoti išmaniuosius kontraktus ir kitus pažangius funkcionalumus, užtikrinančius automatizuotas ir patikimas operacijas.

Išmanusis kontraktas – tai programinis kodas, veikiantis blokų grandinėje, kuris automatiškai vykdo, valdo susitarimus tarp šalių pagal iš anksto nustatytas taisykles. Šie kontraktai pašalina tarpininkų poreikį, nes jų vykdymas ir patikrinimas vyksta decentralizuotame tinkle.

Decentralizuota aplikacija (angl. Decentralized Application/DApp) – tai vartotojo sąsają turinti programa, kuri veikia blokų grandinėje ir dažnai naudoja išmaniuosius kontraktus kaip pagrindinius veikimo mechanizmus. Decentralizuota aplikacija pateikia vartotojui sąveiką su blokų grandine per draugišką ir patogią vartotojo sąsają. Ji yra sudaryta iš dviejų pagrindinių dalių: *front-end* (vartotojo sąsajos (pavyzdžiui, sukurtos naudojant React, Angular, Vue ar kt.) ir *back-end* (naudoja išmaniuosius kontraktus, veikiančius blokų grandinėje, kaip aplikacijos logiką). DApp leidžia vartotojams atlikti įvairias užduotis: pasirašyti sandorius, valdyti skaitmeninius turtus ar sąveikauti su decentralizuotais protokolais. DApp reikalauja žmogaus įsitraukimo arba sąveikos su vartotojo sąsaja.

Žmogiškųjų išteklių valdymas – tai organizacijos strateginis ir operatyvinis procesas, kurio tikslas yra pritraukti, ugdyti, motyvuoti ir išlaikyti darbuotojus, siekiant maksimaliai panaudoti jų kompetencijas ir prisidėti prie organizacijos tikslų įgyvendinimo. Šis procesas apima darbuotojų atranką, mokymą, darbo rezultatų vertinimą, atlygio sistemų kūrimą, karjeros planavimą, darbo santykių valdymą bei darbo aplinkos gerinimą.

IVADAS

Blokų grandinės technologija – tai pakankamai nauja, plačiai tyrinėjama, didelį taikymo potencialą turinti decentralizuota duomenų valdymo sistema.

Pradžioje ši technologija daugiausiai buvo siejama su kriptovaliutomis, tačiau pastaraisiais metais jos taikymo erdvė ženkliai išsiplėtė. Dabar blokų grandinės technologiniai sprendimai aktyviai naudojami finansų, sveikatos apsaugos, logistikos, viešojo administravimo ir kituose sektoriuose.

Blokų grandinės technologijos taikymas žmogiškųjų išteklių valdymo srityje suteikia naujų galimybių optimizuoti šios srities procesus ir užtikrinti šioje srityje naudojamų duomenų tikslumą bei saugumą. Ši technologija leidžia automatizuoti tokias funkcijas, kaip darbuotojų įdarbinimas, atlyginimų apskaita, automatiniai mokėjimai, tapatybės ir kompetencijų patikrinimas, motyvacijos sistemos valdymas ir kt. Blokų grandinių technologijos dėka procesai tampa patikimesni ir skaidresni, o administraciniai ir operatyviniai uždaviniai valdomi efektyviau, taip padidinamas bendrasis valdymo efektyvumas ir kokybė.

Darbo problema: Kaip galima pritaikyti blokų grandinės technologiją žmogiškųjų išteklių valdyme, siekiant spręsti šiuolaikinius žmogiškųjų išteklių valdymo iššūkius, tokius kaip procesų automatizavimas, operatyvus ir patikimas kandidatų ir darbuotojų darbo patirties ir kvalifikacijos saugojimas bei tikrinimas, administracinių kaštų mažinimas, darbuotojų duomenų apsauga.

Darbo objektas: Blokų grandinės technologijos sprendimai, naudojami žmogiškųjų išteklių valdymo procesuose.

Magistrinio **darbo tikslas** yra ištirti blokų grandinės technologijos panaudojimo galimybes žmogiškųjų išteklių valdyme, nustatant technologijos naudos potencialą šioje srityje.

Darbo uždaviniai:

1. Atlikti blokų grandinės technologijos panaudojimo žmogiškųjų išteklių valdyme literatūros analizę, nustatant sritis, kur ir kaip ši technologija gali būti panaudota.
2. Nustatyti iššūkius, su kuriais susiduriama įgyvendinant blokų grandinės technologijos projektus.
3. Parengti decentralizuotos aplikacijos prototipą, kuris, pasitelkiant blokų grandinės technologiją, spręstų konkretų žmogiškųjų išteklių valdymo uždavinį.
4. Atlikti blokų grandinės panaudojimo prototipe privalumų ir trūkumų kokybinį vertinimą.

Tyrimo metodai. Darbo tikslui pasiekti taikomi literatūros analizės, eksperimento, lyginamosios analizės bei indukcijos metodai.

1. BLOKŲ GRANDINĖS TAIKymo ŽMOGIŠKŲJŲ IŠTEKLIŲ VALDYME ANALIZĖ

1.1. Blokų grandinės privalumai žmogiškųjų išteklių valdyje

1.1.1. Decentralizacija ir duomenų kontrolė

Decentralizacija yra vienas iš reikšmingiausių blokų grandinės technologijos privalumų. Decentralizacija reiškia, kad duomenys saugomi ir valdomi ne viename centralizuotame serveryje, o yra paskirstyti tarp tinklo mazgų. Blokų grandinėje kiekvienas tinklo dalyvis (mazgas) turi duomenų kopiją ir gali prisidėti prie duomenų patvirtinimo bei saugojimo procesų. Tokia technologija turi nepriklausomumą nuo centralizuotų valdžios institucijų ar IT infrastruktūros teikėjų [34].

Tradiciniuose žmogiškųjų išteklių valdymo procesuose darbuotojų duomenys dažniausiai saugomi centralizuotose duomenų bazėse, kurios priklauso įmonei arba išoriniam paslaugų teikėjui. Blokų grandinė suteikia galimybę paskirstyti duomenis tarp tinklo dalyvių, užtikrinant didesnę duomenų valdymo skaidrumą ir galimybę valdyti savo asmeninę informaciją, kontroliuojant, kas ir kaip gali prie jos prieiti.

Darbuotojų duomenų suverenitetas. Panaudojant blokų grandinės technologijos sprendimus darbuotojams gali būti suteikiama daugiau kontrolės savo duomenų atžvilgiu. Pavyzdžiui, jie gali nuspręsti, kurie darbdaviai ar paslaugų teikėjai turi prieigą prie jų darbo istorijos ar sertifikatų. Ši praktika vadinama savivaldžios tapatybės (self-sovereign identity) valdymu [4]. Darbuotojas, naudodamas decentralizuotą platformą, gali dalytis savo išsilavinimo ir darbo patirties duomenimis su potencialiais darbdaviais tik tuomet, kai to nori, o ne kai įmonė nusprendžia.

Atsparumas duomenų praradimui ir cenzūrai. Blokų grandinės technologijos decentralizacijos savybė užtikrina, jog blokų grandinės duomenys yra atsparūs techniniams gedimams ir kibernetinėms atakoms. Kadangi duomenys yra saugomi paskirstytame tinkle, nėra vieno gedimo taško. Tai reiškia, kad net jei vienas ar keli mazgai neveiktų, duomenys vis tiek būtų pasiekiami. Be to, duomenų valdymas nėra priklausomas nuo vienos organizacijos politikos, todėl sumažėja cenzūros rizika [5].

Decentralizuotas tų pačių duomenų saugojimas skirtinguose blokų grandinės mazguose suteikia galimybę užtikrinti aukštą prieinamumo prie duomenų lygį. Tai ypač svarbu tikrinant darbuotojų informaciją, kai tikrinimas nėra priklausomas nuo vieno duomenų šaltinio, kuris gali būti modifikuotas, sunaikintas ar kai prieigai prie jo taikomi apribojimai. Pavyzdžiui, tarptautinė

organizacija gali naudoti blokų grandinę, kad užtikrintų prieigą prie darbuotojų dokumentų net ir tuo atveju, jei vienos šalies duomenų centras patiria techninius sutrikimus ar politinius apribojimus.

Privatumo užtikrinimas ir prieigos valdymas. Decentralizuotose sistemose prieiga prie duomenų gali būti suteikiama naudojant kriptografinius raktus. Tai reiškia, kad tik autorizuoti asmenys gali pasiekti tam tikrą informaciją [23]. Be to, blokų grandinė leidžia tiksliai kontroliuoti, kokiais duomenimis ir kokių mastu yra dalijamasi su trečiosiomis šalimis. Darbdaviai gali prašyti tik tų darbuotojų dokumentų, kurie yra būtini konkrečiai pozicijai, pavyzdžiui, tam tikro sertifikato ar kvalifikacijos, negaudami perteklinės informacijos (asmens kodų, adresų ar kitų reikšmingų asmens duomenų).

1.1.2. Skaidrumas ir patikrinamumas

Blokų grandinė iš esmės keičia būdą kaip organizacijos ir darbuotojai gali tvarkyti duomenis bei užtikrinti sąžiningumą. Tai pasiekama per nekintamą ir viešai patikrinamą duomenų registrą, kuris užtikrina skaidrumą ir palengvina ginčų sprendimą.

Skaidrumas darbo sutarčių ir atlyginimų valdyme. Blokų grandinė leidžia fiksuoti darbo sutartis, atlyginimų pokyčius ir kitus svarbius dokumentus taip, kad bet kuris duomenų pakeitimas būtų atsekamas. Visi suinteresuoti subjektai (darbuotojai, darbdaviai ir auditoriai) gali peržiūrėti įrašus ir įsitikinti jų autentiškumu [9]. Įmonei sudarius darbo sutartį su nauju darbuotoju, ji įkeliama į blokų grandinę. Kiekvieną kartą, kai sutartis keičiama (pavyzdžiui, keičiant atlyginimą ar darbo sąlygas), šie pakeitimai automatiškai įrašomi ir tampa viešai patikrinami (naudojant blokų grandinių analizės platformas ar kt. priemones).

Jei kyla nesutarimų dėl darbo sąlygų, visos šalys gali peržiūrėti originalius įrašus ir pakeitimus. Tai sumažina teismo proceso poreikį, nes įrodymai yra aiškūs ir nekintami.

Darbuotojai gali tiksliai matyti, kada ir kokie atlyginimų pokyčiai įvyko, o darbdaviai išvengia klaidų.

Įdarbinimo proceso skaidrumas. Blokų grandinė gali padėti sukurti skaidrius įdarbinimo procesus, užtikrinant, kad visi kandidatai būtų vertinami sąžiningai ir pagal iš anksto nustatytus kriterijus. Įdarbinimo proceso metu kiekvieno kandidato pateikti dokumentai (diplomai, sertifikatai) patvirtinami blokų grandinėje. Blokų grandinės technologijos blokų turinio ir jų sekos nekintamumo savybė užtikrina, kad dokumentai yra tikri ir nebuvo pakeisti [9].

Diskriminacijos prevencija. Tradicinėse žmoniškųjų išteklių valdymui skirtose duomenų bazėse yra galimybė koreguoti jose saugomą informaciją ir pašalinti tokių korekcijų pėdsakus. Tinkamai techniškai parengtame blokų grandinės sprendime tokios korekcijos galimybės gali būti panaikintos, taip užtikrinant, kad blokų grandinėje saugomi darbuotojų duomenys nebus pakeisti. Blokų grandinėje, kai registruojamos visos kandidatų atrankos proceso detalės, galima nesunkiai

įrodyti, kad įdarbinimo sprendimai buvo priimti objektyviai. Kandidatai gali tikrinti įdarbinimo proceso sąžiningumą ir įsitikinti, kad jų dokumentai buvo vertinami tinkamai [2]. Blokų grandinės sprendimuose, kur panaikinama žmogaus įsikišimo į vykdomus procesus būtinybė, išties gali būti užtikrintas aukštas diskriminacijos prevencijos lygis.

Darbo veiklos ir rezultatų patikrinamumas. Darbuotojų veiklos rezultatai, pasiekimai ir paaukštinimai gali būti registruojami blokų grandinėje, taip kuriant skaidrią darbuotojo karjeros istoriją. Įmonė registruoja kiekvieną darbuotojo paaukštinimą ar pasiekimą blokų grandinėje. Tai leidžia aiškiai matyti darbuotojo augimą ir pagrindinius pasiekimus be galimybės manipuliuoti įrašais. Darbuotojai gali būti tikri, kad paaukštinimai ir kiti paskyrimai yra objektyvūs ir pagrįsti dokumentuotais pasiekimais. Bet koks veiklos vertinimas tampa atsekamas, todėl mažėja subjektyvumo ir nešališkumo rizika [17].

Blokų grandinės skaidrumas ir patikrinamumas žmoniškųjų išteklių valdyme padeda užtikrinti, kad visi duomenys būtų ne tik saugūs, bet ir patikimi bei prieinami visoms suinteresuotoms šalims.

1.1.3. Duomenų saugumas ir privatumas

Blokų grandinės technologija suteikia galimybę užtikrinti aukščiausio lygio duomenų saugumą ir privatumą (kai naudojamosi privačios blokų grandinės modeliu), ypač jautrios informacijos, susijusios su darbuotojais, valdymo srityje. Tai pasiekama taikant kriptografinius metodus ir decentralizuotą struktūrą, kuri apsaugo duomenis nuo neteisėtos prieigos ir manipuliacijos.

Duomenų šifravimas ir prieigos kontrolė. Blokų grandinė leidžia saugoti duomenis užšifruotus taip, kad tik autorizuoti asmenys galėtų juos peržiūrėti ar modifikuoti. Kiekvienas įrašas yra apsaugotas unikaliu šifravimo raktu, kuris leidžia kontroliuoti, kas turi teisę pasiekti informaciją. Darbuotojų atlyginimo duomenys įrašomi blokų grandinėje ir gali būti pasiekiami tik žmoniškųjų išteklių valdymo padalinio darbuotojams bei įgaliotiems vadovams. Tai apsaugo nuo neteisėtos prieigos ir užtikrina, kad informacija būtų naudojama tik pagal nustatytas taisykles [25].

Asmens duomenų valdymas ir privatumo užtikrinimas. Naudojant blokų grandinę, galima suteikti darbuotojams daugiau kontrolės savo duomenims. Darbuotojai gali suteikti arba atšaukti prieigą prie savo duomenų konkrečioms asmenims ar institucijoms. Vienas iš pavyzdžių - blokų grandinėje saugoma sveikatos patikrinimų informacija. Darbuotojas gali suteikti leidimą medicinos įstaigai peržiūrėti tik konkrečius įrašus, o kitą informaciją palikti privačią. Darbuotojai gali patys valdyti savo duomenis, užtikrindami, kad informacija būtų prieinama tik tiems, kam jie suteikė

leidimą. Visi prieigos suteikimai ir duomenų peržiūros užfiksuojamos, todėl galima lengvai nustatyti, kas ir kada peržiūrėjo duomenis [18].

Duomenų vientisumas ir nekintamumas. Blokų grandinė užtikrina, kad įrašai negalėtų būti pakeisti ar ištrinti, o bet kokie bandymai tai padaryti būtų akivaizdūs ir lengvai identifikuojami. Pavyzdžiui, blokų grandinėje saugomos darbo sutartys. Jei sutartis būtų pakeista, visi suinteresuoti asmenys matytų pakeitimų istoriją, o tai padėtų išvengti nesąžiningumo ar klaidų.

Nekintami įrašai leidžia greitai ir objektyviai spręsti bet kokius ginčus dėl sutarties sąlygų ar kitų svarbių dokumentų. Dokumentų saugojimas blokų grandinėje užtikrina, kad dokumentai yra patikimi ir neabejotini dėl jų klastojimo.

Audito ir atitikties užtikrinimas. Blokų grandinės nekintamumo savybė leidžia lengvai atlikti auditus, nes visi duomenys yra tikslūs ir atsekami [3]. Žmogiškųjų išteklių valdymo padalinio darbuotojai ar išoriniai auditoriai gali peržiūrėti atlyginimų apskaitą, įdarbinimo procesus ar darbuotojų vertinimus, žinodami, kad duomenys yra autentiški ir nebuvo pakeisti. Organizacijos gali lengvai parodyti, kad laikosi visų reikalavimų ir normų. Blokų grandinės panaudojimas įgalina nuolatinį auditą, kai operacijos gali būti tikrinamos realiu laiku [10].

Kriptografiniai įrodymų protokolai. Blokų grandinė gali naudoti pažangius kriptografinius metodus, tokius, kaip „Zero-Knowledge Proofs“, leidžiančius įrodyti tam tikrą informaciją neatskleidžiant jos turinio [19]. Darbuotojas gali įrodyti savo kvalifikaciją ar sertifikatą darbdaviui, neatskleisdamas visų detalių apie mokymo įstaigą ar kursų trukmę. Tik būtinausia informacija tampa prieinama, o jautrūs duomenys lieka konfidencialūs. Kriptografiniai įrodymai leidžia užtikrinti, kad informacija yra teisinga, net jei ji nėra visiškai atskleista.

Blokų grandinės leidžia darbuotojams ir darbdaviams pasitikėti duomenimis, užtikrina jų skaidrumą bei padeda išvengti klaidų ar nesusipratimų.

1.1.4. Automatizavimas naudojant išmaniuosius kontraktus

Išmanieji kontraktai – tai savarankiškai vykdomos programos, užfiksuotos blokų grandinėje. Jie automatiškai įvykdo sutartyje numatytas sąlygas be tarpininkų. Žmogiškųjų išteklių valdymo srityje tai ypač naudinga, nes leidžia automatizuoti daug laiko ir resursų reikalaujančius procesus.

Įdarbinimo ir atrankos procesai. Įdarbinimo procesą galima automatizuoti naudojant išmaniuosius kontraktus, kurie palengvina kandidatų patikrą ir sutarčių sudarymą. Kai kandidatas įveikia visus atrankos etapus, išmanusis kontraktas automatiškai sugeneruoja darbo sutartį ir siunčia ją pasirašyti. Kai tik sutartis pasirašoma, ji užfiksuojama blokų grandinėje, o naujas darbuotojas gauna prieigą prie reikalingų sistemų bei informacijos. Sutrumpėja įdarbinimo procesas, nes nereikia

laukti, kol dokumentai bus tvarkomi rankiniu būdu. Visi duomenys automatiškai įrašomi į sutartį, sumažinant klaidų tikimybę [11].

Darbo sutarčių automatizavimas. Išmanieji kontraktai gali užtikrinti, kad darbo sutarties sąlygos bus įvykdytos automatiškai, jei įvykdytos tam tikros iš anksto apibrėžtos sąlygos. Darbo sutartis gali apibrėžti premijų sistemą, pagal kurią premija bus išmokėta automatiškai, jei darbuotojas per nustatytą laikotarpį įvykdys tikslus, pavyzdžiui, pasieks tam tikrą pardavimų skaičių. Kai tik duomenys apie pasiektus rezultatus užfiksuoja sistemose, išmanusis kontraktas automatiškai inicijuoja premijos išmokėjimą [29]. Taip sumažinamas rankinio darbo poreikis bei užtikrinamas sutarties sąlygų vykdymas be klaidų ir vėlavimų.

Atlyginimų ir premijų mokėjimai. Išmanieji kontraktai gali būti naudojami reguliariems mokėjimams, tokiems kaip atlyginimai ir premijos, vykdyti pagal nustatytą tvarką ir grafiką. Pavyzdžiui, darbuotojo atlyginimas yra susietas su blokų grandinėje užregistruotu išmaniuoju kontraktu, kuris automatiškai atlieka mokėjimą kiekvieno mėnesio pabaigoje, remdamasis dirbtų valandų ar pasiektų tikslų duomenimis. Atlyginimai ir premijos išmokami laiku, nes išmanieji kontraktai veikia pagal griežtai nustatytus laikotarpius. Darbuotojai gali matyti tikslią mokėjimų informaciją ir jų skaičiavimo logiką [15].

Darbo valandų apskaita ir atostogų valdymas. Darbo laiko apskaita ir atostogų prašymų tvarkymas gali būti automatizuoti išmaniaisiais kontraktais. Kai darbuotojas pateikia prašymą dėl atostogų, išmanusis kontraktas patikrina, ar yra pakankamai sukauptų atostogų dienų, ir automatiškai tvirtina arba atmeta prašymą. Patvirtintos atostogos įrašomos į kalendorių ir apskaitos sistemą. Automatiniai patikrinimai ir sprendimai sumažina administracinį darbą. Užtikrinamas skaidrus ir tikslus atostogų valdymas [16].

Mokymų ir kvalifikacijos įrašų valdymas. Darbuotojų mokymų sertifikatai ir kvalifikacijos gali būti valdomi per išmaniuosius kontraktus. Po sėkmingo mokymo kurso pabaigos, sertifikatas automatiškai įrašomas į darbuotojo profilį blokų grandinėje. Ši informacija gali būti naudojama tikrinant darbuotojo kvalifikaciją be papildomų dokumentų pateikimo. Sertifikatai yra saugomi nekontingentiškai ir gali būti lengvai tikrinami [22].

Išmanieji kontraktai žmogiškųjų išteklių valdymo srityje padeda automatizuoti ir optimizuoti daugelį procesų – nuo darbo sutarčių vykdymo iki mokymų ir kvalifikacijos įrašų valdymo. Tai ne tik taupo laiką ir resursus, bet ir sumažina klaidų riziką, užtikrina skaidrumą bei darbuotojų pasitikėjimą organizacija.

1.1.5. Mokėjimai

Blokų grandinė leidžia atlikti tiesioginius ir saugius mokėjimus, apeinant tradicinius bankinius tarpininkus ir jų mokesčius. Ši technologija suteikia galimybę įmonėms atlikti mokėjimus darbuotojams bet kurioje pasaulio vietoje, naudojant kriptovaliutas arba išmaniuosius kontraktus, taip užtikrinant greitį, mažesnius mokesčius ir didesnę saugumą [32].

Įmonės gali naudoti blokų grandinę, kad darbuotojams ar laisvai samdomiems specialistams dirbantiems skirtingose pasaulio vietose galėtų išmokėti atlyginimus tiesiogiai kriptovaliutomis, tokiomis kaip Bitcoin, Ethereum ar kitomis. Ši sistema leidžia atlikti mokėjimus be tradicinių bankų, valiutų keitimo paslaugų ir jų susijusių mokesčių, kurie dažnai siekia kelis procentus nuo sumos. Įmonės ir darbuotojai gali sutaupyti ženklias sumas, nes nereikia mokėti bankų mokesčių ir valiutos konvertavimo mokesčių. Mokėjimai atliekami akimirksniu arba per kelias minutes, o ne per kelias dienas kaip tradiciniuose bankuose ar tarptautiniuose bankiniuose pervedimuose, kurie gali užtrukti nuo kelių dienų iki savaitės ir apimti didelius mokesčius už valiutų konvertavimą bei tarpininkų paslaugas.

Blokų grandinė suteikia greitesnį, pigesnį ir patikimesnį būdą atlikti pervedimus, ypač tarp skirtingų šalių. Naudodamos šią technologiją, įmonės gali sumažinti administracines išlaidas ir pagerinti darbuotojų pasitenkinimą, suteikdamos jiems greitą prieigą prie jų atlyginimų, be papildomų bankų ar kitų tarpininkų mokesčių ir ilgų pervedimo laikotarpių.

1.1.6. Tapatybės ir kompetencijų patikrinimas

Blokų grandinės sprendimai gana plačiai taikomi tapatybės ir kompetencijų patikrinimo procesuose. Naudodama kriptografiją ir decentralizuotas saugojimo struktūras, ši technologija užtikrina, kad darbuotojų diplomai, sertifikatai ir kvalifikacijos būtų saugomi saugiai ir nekeičiami, taip leidžiant greitai ir lengvai patikrinti jų autentiškumą.

Darbuotojų sertifikatų ir diplomų saugojimas ir tikrinimas blokų grandinėje. Darbdaviai dažnai susiduria su problema, kai kandidatų pateikiami diplomai ar sertifikatai yra suklaidojami arba klaidingai interpretuojami. Blokų grandinės technologija gali pašalinti šią problemą, saugojant tokius dokumentus decentralizuotai, kad jie būtų nekeičiami ir lengvai patikrinami. Pavyzdžiui, universiteto diplomas arba profesinės kvalifikacijos sertifikatas gali būti užfiksuoti blokų grandinėje su laikymo ir autentiškumo įrodymu, kurį galima greitai patikrinti naudojant atitinkamą identifikatorių. Dokumentai, kurie yra įrašyti blokų grandinėje, tampa nekintami ir negali būti suklaidoti ar pakeisti be atitinkamų įrašų pakeitimų, kuriuos būtų galima lengvai identifikuoti [28].

Darbdaviai gali greitai patikrinti kandidatų dokumentų autentiškumą, nes blokų grandinė leidžia tai padaryti per kelias sekundes. Lyginant su tradiciniais patikrinimo metodais, tai sutaupo laiko ir sumažina klaidų tikimybę.

Blokų grandinėje užfiksuoti sertifikatai ir diplomai gali būti patikrinti tiesiogiai be papildomų trečiųjų šalių įsikišimo bei ilgo patikrinimo proceso.

Tapatybės autentifikavimas ir profesinės patirties patikrinimas. Blokų grandinė taip pat gali būti naudojama ne tik sertifikatams, bet ir tapatybės autentifikavimui. Darbdaviai gali patikrinti darbuotojo identitetą, naudodami decentralizuotą identifikavimo sistemą, kuri leidžia tiksliai nustatyti darbuotojo asmens duomenis, nes jie yra užfiksuoti ir autentifikuoti blokų grandinėje. Be to, darbuotojo darbo patirtis ir įvykdyti projektai gali būti dokumentuojami ir saugomi blokų grandinėje, suteikiant lengvą prieigą darbdaviams. Blokų grandinė užtikrina, kad darbuotojo tapatybės duomenys ir darbo istorija yra teisingi ir nebuvo pakeisti [7].

Tapatybės duomenys ir profesinė patirtis gali būti patikrinti greitai, neprašant dokumentų kopijų ar laukiant patikrinimo agentūrų. Jei kandidatas teigia, kad dirbo kaip vadovas tam tikroje įmonėje, įmonė gali greitai patikrinti šią informaciją, naudodama blokų grandinėje saugomus įrašus apie darbuotojo karjeros kelią, darbo laiką ir atliktas užduotis.

Automatizuotas darbo patirties tikrinimas per išmaniuosius kontraktus. Naudojantis blokų grandinės išmaniaisiais kontraktais gali būti realizuotas ir naudojamas automatizuotas darbuotojo darbo patirties patikrinimas. Pavyzdžiui, kai darbuotojas baigia tam tikrą projektą arba pasiekia svarbų tikslą, tai gali būti užfiksuota blokų grandinėje ir susieta su jo profesiniais sertifikatais arba darbo patirtimi. Tai leidžia darbdaviams lengvai patikrinti, ar kandidatas turi reikiamą patirtį, kad atliktų specifines darbo užduotis. Darbo patirties tikrinimas tampa automatiškai įvykdomu procesu, sumažinant žmogiškųjų klaidų tikimybę. Darbuotojai gali aiškiai matyti savo karjeros pasiekimus ir progresą, o darbdaviai gali greitai patikrinti, ar jie atitinka reikalavimus. Išmanusis kontraktas gali automatiškai įrašyti, kad darbuotojas baigė svarbų mokymų kursą ir įgijo reikalingą kompetenciją, kuri yra susieta su jų darbo įrašais. Kai darbuotojas pereina į kitą poziciją arba reikalauja paaukštinimo, šie įrašai gali būti greitai patikrinti.

Blokų grandinė suteikia žmogiškųjų išteklių valdytojams galimybę patikrinti darbuotojų tapatybę ir kvalifikacijas greitai ir saugiai, mažinant klaidų ir suklastotų dokumentų tikimybę. Naudojant šią technologiją, tiek darbuotojai, tiek darbdaviai gali pasikliauti dokumentų tikrumu.

1.2. Blokų grandinės projektų įgyvendinimo iššūkiai

1.2.1. Technologinis sudėtingumas

Blokų grandinės technologija, nors ir įgijusi didelį populiarumą dėl savo saugumo, skaidrumo ir decentralizavimo savybių, yra sudėtinga ir reikalauja pažangių techninių žinių tiek kuriant, tiek diegiant sprendimus, kuriuose numatytas jos panaudojimas.

Blokų grandinės architektūra ir infrastruktūra. Blokų grandinės architektūra apima tiek viešąsias, tiek privačias grandines, kurios reikalauja skirtingų technologinių sprendimų. Viešosios blokų grandinės, tokios kaip Ethereum, suteikia galimybę įvairiems dalyviams prisijungti ir dalyvauti tinkle, tačiau jos taip pat susiduria su dideliais mastelio pritaikymo ir efektyvumo iššūkiais. Privačios grandinės, kurios dažnai naudojamos verslo sprendimuose, suteikia daugiau kontrolės, tačiau kelia klausimų dėl decentralizacijos ir pasitikėjimo [27].

Konsensuso algoritmai. Konsensuso algoritmai yra esminiai norint užtikrinti, kad visi tinklo dalyviai sutiktų su tinklo būseną ir užrašytomis transakcijomis. Populiariausi algoritmai, tokie kaip Proof of Work (PoW) ir Proof of Stake (PoS), turi savo privalumų ir trūkumų. PoW, nors ir labai saugus, reikalauja didelių skaičiavimo pajėgumų ir energijos sąnaudų. PoS naudoja mažiau energijos, tačiau kelia klausimų dėl saugumo ir centralizacijos, nes valdomos stambesnės grandinės dalys gali turėti didelį poveikį tinklo konsensusui [26].

Išmanieji kontraktai ir jų kūrimas. Išmanieji kontraktai – tai programinės logikos blokai, kurie veikia blokų grandinėje ir automatiškai vykdo sutartinius įsipareigojimus. Išmaniojo kontrakto kūrimas apima programavimo kalbų, tokių kaip Solidity, naudojimą. Nors ši kalba yra populiari Ethereum tinkle, jos sudėtingumas gali kelti sunkumų pradedantiems kūrėjams, ypač dėl saugumo problemų, pavyzdžiui, išnaudojamų pažeidžiamumų arba klaidų kodo logikoje.

Duomenų saugumas ir privatumas. Duomenų apsauga blokų grandinėje yra esminė, ypač kai kalbama apie jautrius duomenis, tokius kaip asmens tapatybė ar finansinė informacija. Privatumo užtikrinimas yra sudėtingas dėl blokų grandinės atvirumo ir skaidrumo principo. Norint pasiekti privatumą, naudojami sudėtingi šifravimo metodai ir technikos, pavyzdžiui, „Zero-Knowledge Proofs“, kad užtikrintų, jog tam tikri duomenys gali būti patvirtinti be atskleidimo, tačiau jų implementacija reikalauja didelės techninės kompetencijos.

Mastelio pritaikymas ir tinklo valdymas. Blokų grandinės technologija susiduria su mastelio problemomis, ypač kai kalbama apie tinklų našumą ir transakcijų greitį. Kiekviena transakcija reikalauja patikrinimo ir įrašymo į bloką, kas, priklausomai nuo tinklo dydžio ir užimtumo, gali užtrukti gana ilgai. Tai ypač pasakytina apie viešas blokų grandines, tokias kaip Bitcoin ar Ethereum, kur aukštas tinklo užimtumas ir transakcijų skaičius gali gerokai sulėtinti jų

apdorojimą. Sprendimai, kaip Layer 2 protokolai (pavyzdžiui, Lightning Network Bitcoin arba Optimistic Rollups Ethereum tinkle), leidžia išspręsti šias problemas, tačiau jų įgyvendinimas reikalauja papildomų technologinių sprendimų ir sudėtingumo, kad būtų pasiektas norimas našumo lygis [1; 20].

Didelės duomenų apimties apdorojimas ir užklausų srautai gali smarkiai sulėtinti blokų grandinės tinklo našumą. Žmogiškųjų išteklių valdyme, kur reikalingas greitas darbuotojų duomenų pasiekiamumas ir apdorojimas realiuoju laiku, tai tampa rimtu iššūkiu.

Duomenų saugojimo apribojimai. Blokų grandinė nėra efektyvi platforma dideliems duomenų kiekiams saugoti. Nors ji yra puiki priemonė saugiams ir nekintamiems įrašams fiksuoti, informacijos, pavyzdžiui, darbuotojų asmeninių duomenų ir dokumentų, talpinimas blokų grandinėje būtų brangus ir techniškai sudėtingas. Dažniausiai tokie duomenys turėtų būti saugomi už blokų grandinės ribų, tačiau tada kyla klausimų dėl duomenų saugumo ir patikimumo [6].

Decentralizacijos užtikrinimas. Decentralizacija yra vienas iš pagrindinių blokų grandinės pranašumų, tačiau šis principas taip pat kelia valdymo iššūkių. Tinklo dalyviai turi pasitikėti algoritmais, o ne centralizuotais administratorių sprendimais, tačiau kai kurios sistemos vis dar susiduria su sunkumais užtikrinant tikrą decentralizaciją. Pavyzdžiui, kai kurie blokų grandinių tinklai yra valdomi tik nedidelio skaičiaus dalyvių, o tai kelia klausimų dėl tinklo saugumo ir pasitikėjimo [31].

Integracijos problemos. Integracija su esamomis informacinėmis sistemomis ir infrastruktūra yra vienas pagrindinių iššūkių diegiant blokų grandinės technologijas. Daugelis organizacijų naudoja senas sistemas, kurios buvo sukurtos naudojant tradicinius centralizuotus duomenų bazių sprendimus ar kitą įprastą IT infrastruktūrą. Šios sistemos dažnai yra nesuderinamos su blokų grandinės technologijos decentralizuotu pobūdžiu, o jų suderinimas reikalauja reikšmingų techninių sprendimų ir finansinių išteklių. Pritaikymo procesas apima suderinamumo užtikrinimą tarp skirtingų technologijų ir duomenų srautų, kas gali būti sudėtinga dėl skirtingų duomenų formatų, struktūrų ir standartų. Organizacijos turi išspręsti tokius klausimus kaip duomenų migracija, sinchronizavimas ir realaus laiko operacijų palaikymas, kurie yra būtini norint išlaikyti sistemų veikimo nuoseklumą. Be to, ne visos blokų grandinės platformos lengvai prisitaiko prie tradicinių sistemų, todėl reikia naudoti tarpinius sprendimus arba kurti pritaikytas programavimo sąsajas, kurios leistų integruoti blokų grandinę į esamus procesus. Šie sprendimai dažnai reikalauja papildomo testavimo ir pritaikymo, kad būtų užtikrintas sistemos stabilumas ir duomenų tikslumas. Šių problemų sprendimas reikalauja investicijų į specializuotą personalą ir technologinę infrastruktūrą, todėl integracija tampa sudėtinga, ypač organizacijoms, neturinčioms pakankamai vidinių resursų. Nepaisant šių iššūkių, sėkminga integracija gali padidinti procesų efektyvumą ir užtikrinti didesnę duomenų saugumą bei skaidrumą, kas ilgainiui gali atsverti pradines investicijas.

1.2.2. Kaina ir ištekliai

1.2.2.1. Pradžios investicijos

Diegiant blokų grandinės technologijas, dažnai susiduriama su viena iš pagrindinių kliūčių – reikalingos didelės pradinės investicijos technologinės infrastruktūros kūrimui, programinės įrangos įsigijimui ir kvalifikuoto personalo samdymui. Tai gali tapti našta smulkesnėms organizacijoms, kurios neturi reikiamų finansinių išteklių, kad galėtų įgyvendinti tokius sudėtingus sprendimus.

Technologinė infrastruktūra. Blokų grandinės sistemoms reikia tinkamos techninės įrangos, pavyzdžiui, serverių arba prieigos prie debesų kompiuterijos paslaugų, kurios gali būti brangios. Specialiai pritaikyta infrastruktūra, tokia kaip privatus blokų grandinės tinklas, kainuoja daugiau nei viešųjų platformų naudojimas, tačiau dažnai reikalinga dėl duomenų saugumo ar privatumo poreikių.

Programinė įranga. Išmaniaisiais kontraktais grindžiamų sistemų projektavimas ir kūrimas reikalauja specializuotos programinės įrangos ir kūrimo įrankių. Populiarios blokų grandinės platformos, tokios kaip Ethereum, taip pat reikalauja lėšų už transakcijų apdorojimą (dujų mokesčiai, angl. *gas*), kas gali tapti papildoma finansine našta.

Specializuotas personalas. Blokų grandinės specialistai, įskaitant kūrėjus, konsultantus ir inžinierius, yra labai paklausūs, o jų atlyginimai dažnai yra dideli. Dėl trūkstamų vidinių kompetencijų, įmonės dažnai turi investuoti į mokymus arba išorines paslaugas, kas taip pat didina išlaidas.

Taigi, nors blokų grandinės technologija gali pasiūlyti reikšmingų privalumų, ypač kalbant apie duomenų saugumą ir skaidrumą, didelės pradžios investicijos gali tapti rimta kliūtimi smulkesnėms įmonėms, siekiančioms ją įdiegti.

1.2.2.2. Transakcijų išlaidos

Viešosiose blokų grandinėse, tokiose kaip „Ethereum“, transakcijų mokesčiai (dar vadinami dujų mokesčiais) gali tapti reikšminga kliūtimi verslui, ypač kai tinklas yra labai apkrautas. Ethereum tinklo atveju, kai didėja paklausa dėl transakcijų apdorojimo (pavyzdžiui, dėl populiarių decentralizuotų programų ar DeFi platformų), mokesčiai už transakcijas gali padidėti, nes vartotojai turi pasiūlyti didesnę atlygį „kasėjams“, kad jų transakcija būtų apdorota greičiau. Tai gali sukelti didelę naštą, ypač jei įmonė kasdien atlieka daugybę operacijų, kaip pavyzdžiui, darbuotojų įdarbinimo patvirtinimus ar atlyginimų pervedimus. Pavyzdžiui, 2021 metais, kai Ethereum tinklas patyrė didelę apkrovą dėl augančių DeFi ir NFT sektorių, mokesčiai už transakcijas siekė iki 100 JAV dolerių už operaciją [14], kas gali tapti didelėmis išlaidomis, ypač įmonėms, kurios atlieka daugybę mažų transakcijų kasdien. Tai gali tapti problema, jei žmoniškųjų išteklių valdymo procesams reikia atlikti operacijas už mažas sumas, nes išlaidos už transakcijas lengvai gali viršyti užduoties vertę, todėl trukdo efektyviai naudoti blokų grandinę kasdieniauose procesuose. Norėdamos sumažinti šias išlaidas, įmonės gali svarstyti apie alternatyvas, tokias kaip:

Layer 2 sprendimai – šios technologijos (pavyzdžiui, Optimism, Arbitrum) leidžia sumažinti tinklo apkrovą ir sumažinti transakcijų mokesčius, perkeliančias didžiąją dalį operacijų už pagrindinės blokų grandinės ribų [24].

Privatūs blokų grandinės sprendimai – kai kurios organizacijos pasirenka naudoti privačią blokų grandinę, kad galėtų sumažinti transakcijų išlaidas ir pasiekti geresnę našumą.

1.2.2.3. Investicijų grąža

Investicijos į blokų grandinės technologiją gali būti neaiškios, nes jų nauda ne visada yra lengvai matoma arba apibrėžiama. Tai ypač aktualu žmoniškųjų išteklių valdymo srityje, kur procesų optimizavimas naudojant blokų grandinę gali būti brangus, o aiškūs ir greitai grąžos rodikliai nebūtinai pasiekiami. Pavyzdžiui, sunku įvertinti, kiek tiksliai gali sumažėti administracinės išlaidos, kiek bus sutaupyta dėl didesnio darbo sutarčių valdymo skaidrumo, arba kaip išmanieji kontraktai gali paveikti darbuotojų darbo užmokesčio apskaičiavimą.

Siūlytini sprendimai šioms problemoms galėtų būti šie:

- **Mažesni pilotiniai projektai** – įmonės gali pradėti nuo mažų, kontroliuojamų pilotinių projektų, kad įvertintų blokų grandinės pritaikymo naudą.
- **Partnerystės su paslaugų teikėjais** – naudojant išorinius paslaugų teikėjus, kurie siūlo „Blockchain-as-a-Service“ sprendimus, įmonės gali sumažinti riziką ir

neaiškumus dėl investicijų gražos, nes šie paslaugų teikėjai dažnai jau turi patirties ir paruoštų sprendimų, kurie gali padėti greičiau pasiekti naudos.

1.2.2.4. Ekspertų trūkumas

Blokų grandinės technologija yra sudėtingas ir specializuotas laukas, reikalaujantis išsamių žinių tiek apie technologinius aspektus, tiek apie konkrečias pramonės sritis, tokias kaip žmogiškųjų išteklių valdymas. Specialistų, turinčių tinkamų žinių abiejose srityse, yra labai mažai. Tai tampa viena iš pagrindinių kliūčių, trukdančių blokų grandinės inovacijų diegimui šioje srityje.

Pirmiausia, blokų grandinės technologija reikalauja gilių žinių apie šifravimą, decentralizuotas sistemas, išmaniuosius kontraktus ir kitus techninius komponentus. Nors daug įmonių susiduria su poreikiu integruoti blokų grandinę į savo verslo procesus, dažnai trūksta kvalifikuotų specialistų, kurie sugebėtų šiuos procesus pritaikyti praktikoje. Šie specialistai turi turėti ne tik gilių technologinių žinių, bet ir supratimą apie žmogiškųjų išteklių valdymą, kad galėtų tinkamai integruoti blokų grandinės sprendimus į darbuotojų valdymo sistemas, pavyzdžiui, automatizuojant sutartis, sekant darbo valandas ar darbo užmokesčio procesus.

Antra, ne visos organizacijos turi išteklių, kad galėtų pasamdyti arba mokyti specialistus, kurie sugebėtų diegti ir prižiūrėti šiuos sprendimus. Tai dažnai lemia inovacijų trūkumą arba nepilną projekto įgyvendinimą, nes net ir pažangūs blokų grandinės sprendimai gali nepasiekti savo potencialo be tinkamos pagalbos ir žinių.

Galiausiai, dėl ekspertų trūkumo organizacijoms tenka remtis išoriniais paslaugų teikėjais, kurie gali pasiūlyti ekspertines konsultacijas arba paslaugas pagal poreikį. Tai gali būti naudinga, tačiau tuo pačiu kelia papildomas išlaidas ir iššūkius, susijusius su projektų valdymu, kadangi įmonės turi pasikliauti išoriniais šaltiniais, o ne kurti vidinius gebėjimus. Be to, paslaugų teikėjų pasirinkimas ir valdymas taip pat gali sukelti papildomų sunkumų.

Norint įveikti ekspertų trūkumą galimi tokie sprendimai:

Investicijos į specialistų rengimą. Kad būtų galima įgyvendinti blokų grandinės technologijas žmogiškųjų išteklių valdyme, svarbu investuoti į specialistų rengimą, kad būtų užpildytos žinių spragos tarp technologinių blokų grandinės aspektų ir žmogiškųjų išteklių valdymo procesų. Specializuoti mokymai ir kursai, apimantys tiek blokų grandinės pagrindus, tiek konkrečias pramonės šakas, yra esminiai, kad šios technologijos būtų sėkmingai integruojamos į žmogiškųjų išteklių valdymo sritį.

Bendradarbiavimas su išoriniais paslaugų teikėjais – naudojimasis "Blockchain-as-a-Service" (BaaS) platformomis gali padėti sumažinti poreikį turėti nuolatinius specialistus ir

pasinaudoti jau paruoštais sprendimais [12]. Tai taip pat gali padėti sumažinti projekto pradines išlaidas ir leisti įmonėms orientuotis į savo pagrindinę veiklą, o ne į technologinį diegimą.

1.2.3. Teisiniai ir reguliaciniai aspektai

Blokų grandinės technologijų taikymas žmogiškųjų išteklių valdyme susiduria su reikšmingais teisiniais ir reguliaciniais iššūkiais. Pagrindinės problemos kyla dėl duomenų privatumo, jurisdikcijų skirtumų ir atsakomybės paskirstymo decentralizuotuose tinkluose.

Duomenų privatumo iššūkiai. Blokų grandinės nekintamumas kelia sudėtingų problemų laikantis duomenų apsaugos teisės aktų, tokių kaip ES Bendrasis duomenų apsaugos reglamentas (BDAR). Teisė būti pamirštam BDAR reikalauja, kad asmens duomenys galėtų būti ištrinti, tačiau blokų grandinės architektūra to techniškai neleidžia [33]. Duomenys, kartą įrašyti į grandinę, lieka joje visam laikui. Siekiant spręsti šią problemą galima naudoti mišrią architektūrą, kai jautrūs duomenys laikomi už blokų grandinės ribų, arba viešojo ir privataus rakto šifravimo technologijas, kurios užtikrina prieigą tik įgaliotiems naudotojams.

Jurisdikcijos skirtumai. Blokų grandinės globalus veikimas dažnai neatitinka skirtingų šalių teisinio reguliavimo. Jurisdikcijos gali turėti skirtingas taisykles dėl asmens duomenų saugojimo ir apdorojimo. Pavyzdžiui, kai kuriose šalyse draudžiama saugoti asmens duomenis viešose blokų grandinėse [8]. Decentralizuotas saugojimas su vietine kontrole arba specifinių jurisdikcijų reikalavimų integracija į blokų grandinės infrastruktūrą gali sumažinti reguliacines problemas.

Atsakomybės paskirstymas. Decentralizuotų tinklų prigimtis apsunkina atsakomybės klausimus, ypač jei kyla techninių klaidų ar duomenų saugumo pažeidimų. Susiduriama su teisine neapibrėžtimi: kas atsakingas už klaidas, jei nėra centrinio duomenų valdytojo [13]? Aiškių protokolų kūrimas ir teisinės konsultacijos padeda nustatyti atsakomybės paskirstymo principus.

Norint išspręsti šiuos iššūkius, reikia tinkamų technologinių ir teisinių sprendimų. Privatūs tinklai, mišrios architektūros, šifravimo metodai ir teisinės konsultacijos gali padėti užtikrinti, kad blokų grandinės sprendimai atitiktų vietos ir tarptautinius teisės aktus. Taip organizacijos gali pasinaudoti technologijos pranašumais ir išvengti teisinių kliūčių.

1.2.4. Praktinio pritaikymo apribojimai

Nors blokų grandinė turi didelį potencialą, siekiant optimizuoti ir modernizuoti įvairius žmogiškųjų išteklių valdymo procesus, jos pritaikymas susiduria su keliais praktiniais apribojimais. Kai kurie procesai, kurie reikalauja didelio lankstumo, gali būti sunkiai pritaikomi prie šios technologijos, o kai kurios funkcijos, kaip atlyginimų apskaičiavimas, gali būti efektyviau atliekamos naudojant centralizuotus sprendimus.

1.2.4.1. Duomenų bazės ir procesų apribojimai

Blokų grandinė, kaip decentralizuota ir nekintama duomenų saugojimo sistema, yra puikiai pritaikyta tam tikrų duomenų tipų, tokių kaip darbo sutarčių ar pažymėjimų valdymas, saugojimui. Tačiau kai kalbama apie sudėtingesnes ir dinamiškesnes duomenų bazes, tokias kaip darbuotojų įrašų, istorinių duomenų ir analitinių sistemų valdymas, šios technologijos struktūra gali pasirodyti per paprasta.

Lankstumo trūkumas. Žmogiškųjų išteklių valdymo procesams, ypač personalo valdymo, poreikiai dažnai keičiasi priklausomai nuo organizacijos dydžio, sektoriaus ir specifinių reikalavimų. Blokų grandinė, nors ir patikima dėl savo skaidrumo ir saugumo, nesuteikia pakankamo lankstumo sprendžiant šiuos pokyčius. Tai gali riboti jos taikymą duomenų valdyme, kur reikia greitai prisitaikyti prie naujų reikalavimų ir įgyvendinti sudėtingas taisykles ar procesus.

Sudėtingų užklausų ribojimai. Blokų grandinės tinklas nėra skirtas apdoroti sudėtingas užklausas ar dinamiškai keisti duomenis, kaip tradicinės duomenų bazės. Tai reiškia, kad kai kurie procesai, pavyzdžiui, sudėtinga darbuotojų istorinių duomenų analizė gali būti neefektyvi, sudėtinga, ar komplikauta naudojant blokų grandinę.

1.2.4.2. Centralizuoto sprendimo privalumai

Tam tikri žmogiškųjų išteklių valdymo procesai, kaip atlyginimų apskaičiavimas, yra geriau pritaikomi naudojant centralizuotas sistemas nei decentralizuotas blokų grandinės technologijas. Centralizuotos sistemos gali apdoroti didelius duomenų kiekius greičiau ir pigiau, nes jos remiasi centralizuotais serveriais, kurie gali greitai apdoroti užklausas ir atlikti sudėtingus duomenų apdorojimo veiksmus.

Greitis ir efektyvumas. Centralizuoti sprendimai, ypač kai kalbama apie skaičiavimus, kaip atlyginimų apskaičiavimas, gali būti greitesni ir pigesni nei decentralizuota blokų grandinė, kuri

reikalauja didesnių išteklių ir laiko, kad būtų užtikrintas kiekvieno duomenų įrašo patikimumas ir saugumas.

Mažesni kaštai. Centralizuotos sistemos paprastai turi mažesnes naudojimo ir palaikymo sąnaudas, ypač kai jos naudoja įprastas duomenų bazes ir serverius, kurie yra pigesni nei blokų grandinės platformos.

1.2.5. Sprendimai ir strategijos

Nors blokų grandinės pritaikymas žmogiškųjų išteklių valdyme turi savo ribotumus, yra sprendimų, kurie gali padėti pasiekti optimalių rezultatų ir išnaudoti šios technologijos privalumus.

Blokų grandinės taikymas tik tam tikrose srityse. Blokų grandinę reikėtų naudoti tik ten, kur jos privalumai yra akivaizdūs, pavyzdžiui, darbo sutarčių, pažymėjimų ar kitų dokumentų valdyme, kurie reikalauja nekintamumo ir skaidrumo. Tokiu būdu galima išvengti blokų grandinės taikymo sričių, kur jos struktūra ir procesų apribojimai yra per dideli.

Hibridiniai sprendimai. Tam, kad būtų išspręsti lankstumo ir duomenų apdorojimo greičio klausimai, galima naudoti hibridinius sprendimus, kurie sujungia blokų grandinės technologiją su tradicinėmis duomenų bazėmis. Toks požiūris leistų pasinaudoti blokų grandinės privalumais, kai būtina, tačiau taip pat išlaikyti tradicinį duomenų valdymą, kai reikalingas didesnis lankstumas ir greitis.

Blokų grandinė turi didelį potencialą žmogiškųjų išteklių valdyme, tačiau jos praktinis pritaikymas susiduria su tam tikrais apribojimais, ypač kai kalbama apie sudėtingas duomenų bazes ir procesus, kurie reikalauja didesnio lankstumo, todėl svarbu pritaikyti tinkamus sprendimus ir pasitelkti hibridinius metodus, kad būtų išnaudoti blokų grandinės privalumai ir kartu išvengta jos taikymo ribotumų.

1.2.6. Energijos sąnaudos

Blokų grandinės technologija susiduria su reikšmingu iššūkiu – energijos sąnaudų problema. Blokų grandinės tinklai, naudojantys tokius konsensuso algoritmus kaip "Proof-of-Work" (PoW), kurie atlieka intensyviuos skaičiavimus, kad būtų patvirtintos transakcijos ir užtikrintas tinklo saugumas, susiduria su didelėmis energijos sąnaudomis.

Ethereum 2022 metais atliko svarbų atnaujinimą, žinomą kaip "The Merge", ir perėjo į "Proof-of-Stake" (PoS) algoritmą, kuris žymiai sumažino energijos sąnaudas [30]. Nepaisant to, PoW naudojančios sistemos vis dar kelia iššūkius organizacijoms, siekiančioms laikytis tvarumo tikslų,

nes didelis energijos suvartojimas gali būti prieštaringas ekologinės atsakomybės ir tvarumo reikalavimams.

"Proof-of-Work" (PoW) yra algoritmas, kuriame kasybos procesas apima sudėtingų skaičiavimų atlikimą, kad būtų patvirtintos transakcijos ir užtikrintas tinklo saugumas. Šis procesas reikalauja didelių skaičiavimo išteklių, o tai savo ruožtu veda prie didelių energijos sąnaudų. Pavyzdžiui, Bitcoin kasyba, naudojant PoW, yra viena iš labiausiai energiją vartojančių veiklų pasaulyje, kuriai reikia daugiau energijos nei kai kurių šalių vartojimas per metus [21]. Taigi, organizacijoms, siekiančioms sumažinti savo anglies pėdsaką arba prisidėti prie ekologinių iniciatyvų, šios sąnaudos tampa svarbiu klausimu.

Norint sumažinti blokų grandinių energijos sąnaudas, yra keletas alternatyvų, kurios gali padėti pereiti prie mažesnio energijos vartojimo reikalaujančių algoritmų ir technologijų.

Pereiti prie „Proof-of-Stake“ (PoS). Vienas iš pagrindinių sprendimų, kuris dabar sparčiai populiarėja, yra PoS konsensuso algoritmas. Skirtingai nei PoW, PoS nereikalauja intensyvaus kompiuterio procesoriaus darbo. Šis algoritmas reikalauja daug mažiau energijos. Turėtų būti siekiama, kad kuo daugiau blokų grandinės platformų ir sprendimų naudotų energetiškai efektyvesnius konsensuso algoritmus.

Privatūs blokų grandinės tinklai. Kitas sprendimas yra pereiti prie privačių blokų grandinių arba hibridinių architektūrų, kurios dažnai reikalauja mažiau energijos nei viešosios blokų grandinės. Šie tinklai paprastai yra mažiau išsklaidyti ir turi mažesnę tinklo aktyvumą, todėl energijos sąnaudos būna mažesnės. Be to, privačios blokų grandinės gali būti optimizuotos tam tikriems procesams, taip pasiekiant didesnę efektyvumą.

Energijos sąnaudos ir ekologinės problemos yra svarbios kliūtys, su kuriomis susiduria blokų grandinės technologija. Pereinant prie mažiau energiją vartojančių konsensuso algoritmų, tokių kaip „Proof-of-Stake“, ir pasitelkiant privačius blokų grandinės tinklus, galima žymiai sumažinti energijos suvartojimą.

Realizuojant blokų grandinės technologijos sprendimus žmogiškųjų išteklių valdymo uždaviniams spręsti susiduriama su reikšmingomis kliūtimis, kurias galima įveikti pasirenkant tinkamus technologinius ir organizacinius sprendimus.

2. PROJEKTŲ APSKAITOS SISTEMOS PROJEKTAS

Projekto tikslas – sukurti blokų grandinės pagrindu veikiančią decentralizuotos projektų apskaitos sistemos prototipą (decentralizuotą aplikaciją). Prototipas turi suteikti galimybę organizacijai saugiai ir skaidriai valdyti informaciją apie darbuotojų įdarbinimą, projektinių užduočių darbuotojams priskyrimą bei leisti vykdyti projekto užduočių atlikimo kontrolę. Darbuotojai naudodamiesi prototipu turi turėti galimybę iš bet kurios pasaulio vietos patvirtinti, jog atliko paskirtas užduotis bei matyti sukaupus taškus už atliktas užduotis.

Prototipas turi užtikrinti, kad blokų grandinėje saugomi duomenys būtų tikslūs, saugūs, nekeičiami ir pasiekiami tik numatytiems vartotojams.

Prototipu siekiama parodyti kaip blokų grandinės technologija gali būti pritaikoma konkrečiam žmogiškųjų išteklių valdymo uždavinio sprendimui.

Realizuotas prototipas suteikia galimybę stebėti, kurie literatūros analizėje apibrėžti blokų grandinės panaudojimo žmogiškųjų išteklių valdyme privalumai ir blokų grandinės projektų įgyvendinimo iššūkiai pasireiškia prototipe (plačiau apie tai – prototipo kokybiniame vertinime).

2.1. Reikalavimų specifikacija

Siekiant realizuoti decentralizuotos projektų apskaitos sistemos prototipą, paruošti projekto funkciniai, nefunkciniai, naudotojų grupių apibrėžimo bei techniniai reikalavimai.

2.1.1. Funkciniai reikalavimai

1 lentelė. Prototipo funkciniai reikalavimai

ID	Reikalavimas	Aprašymas
FR-01	Darbuotojų valdymas	Sistema turi leisti pridėti, atnaujinti ir pašalinti darbuotojų įrašus.
FR-02	Padalinių valdymas	Sistema turi leisti pridėti, atnaujinti ir pašalinti padalinius.
FR-03	Projektų valdymas	Sistema turi leisti pridėti, atnaujinti ir pašalinti projektus.
FR-04	Projektų užduočių priskyrimas	Sistema turi leisti pridėti, atnaujinti ir pašalinti projekto užduotis darbuotojams.
FR-05	Užduočių administravimas	Sistema turi leisti stebėti užduotis bei pažymėti jas kaip užbaigtas.

FR-06	Metinių ataskaitų generavimas	Sistema turi generuoti metines užduočių ir projektų ataskaitas pagal darbuotojus.
FR-07	MetaMask integracija	Vartotojai turi autentifikuotis ir pasirašyti veiksmus naudodami MetaMask piniginę.

2.1.2. Nefunkciniai reikalavimai

2 lentelė. Prototipo saugumo reikalavimai

ID	Reikalavimas	Prioritetas	Aprašymas
NFR-01	Duomenų vientisumas	Aukštas	Visi duomenys turi būti nekeičiami po įrašymo į blokų grandinę.
NFR-02	Prieigos kontrolė	Aukštas	Tik autentifikuoti vartotojai gali pasiekti sistemą ir matyti jų leidimus atitinkančius duomenis.

3 lentelė. Prototipo patikimumo reikalavimai

ID	Reikalavimas	Prioritetas	Aprašymas
NFR-03	Nepertraukiamumas	Aukštas	Sistema turi būti pasiekiamą 99,9 laiko per mėnesį.
NFR-04	Atsparumas klaidoms	Aukštas	Sistema turi būti atspari tinklo nutrūkimams.

4 lentelė. Prototipo naudojamumo reikalavimai

ID	Reikalavimas	Prioritetas	Aprašymas
NFR-05	Vartotojo sąsajos aiškumas	Aukštas	Sistema turi veikti pagrindinėse naršyklėse (Chrome, Firefox, Edge, Safari).
NFR-06	Lokalizacija	Aukštas	Sistema turi palaikyti anglų kalbą.

2.1.3. Naudotojų grupės

Naudotojų grupės apibrėžia, kaip skirtingos naudotojų kategorijos sąveikauja su sistema, kokias teises ir atsakomybę jos turi bei kokį funkcionalumą gali pasiekti. Toks skirstymas padeda užtikrinti sistemos saugumą, efektyvumą ir tinkamą resursų paskirstymą.

5 lentelė. Prototipo naudotojų grupės

Vartotojų grupė	Priskirtos funkcijos
Administratorius	Tvarkyti darbuotojų, departamentų, projektų, projektų užduočių įrašus bei generuoti ataskaitas.
Darbuotojas	Peržiūrėti priskirtas projektų užduotis, patvirtinti projektų užduočių įvykdymą bei peržiūrėti statistinę informaciją apie surinktus taškus, gautus už užduočių įvykdymą.

2.1.4. Techniniai reikalavimai

6 lentelė. Programavimo kalbos ir įrankiai

ID	Reikalavimas	Aprašymas
TR-01	Kliento sąsajos programavimas	Kliento sąsaja kuriama naudojant React.js su TypeScript palaikymu.
TR-02	Sąsajos dizainas	Naudojamas Bootstrap komponentų rinkinys užtikrinant patogią ir estetišką vartotojo sąsają.
TR-03	Serverio pusės kodas	Naudojamas Node.js.

7 lentelė. Duomenų saugojimas

ID	Reikalavimas	Aprašymas
TR-04	Decentralizuoti duomenys	Pagrindiniai duomenys (darbuotojai, departamentai, projektai ir projektų užduotys) saugomi blokų grandinėje naudojant išmaniuosius kontraktus.
TR-05	Duomenų prieinamumas	Užtikrinamas greitas ir patikimas duomenų skaitymas iš blokų grandinės.

8 lentelė. Autentifikacija ir autorizacija

ID	Reikalavimas	Aprašymas
TR-06	Piniginės autentifikacija	Autentifikacijai naudojamas MetaMask piniginės įrankis.
TR-07	Vartotojo teisių valdymas	Vartotojų teisių valdymas įgyvendinamas per išmaniuosius kontraktus (naudojant <code>onlyAdmin</code> , <code>onlyEmployees</code> modifikatorius).

9 lentelė. API ir sąveika su blokų grandine

ID	Reikalavimas	Aprašymas
TR-08	Sąveika su tinklu	Naudojamas JSON-RPC protokolas ir Viem biblioteka efektyviai sąveikai su Ethereum tinklu.
TR-09	Duomenų užklausos	API turi palaikyti asinchroninius užklausų mechanizmus duomenų nuskaitymui ir rašymui blokų grandinėje.
TR-10	Sandorių pasirašymas	Visos rašymo operacijos blokų grandinėje turi būti pasirašomos naudotojo privačiu raktu per MetaMask.

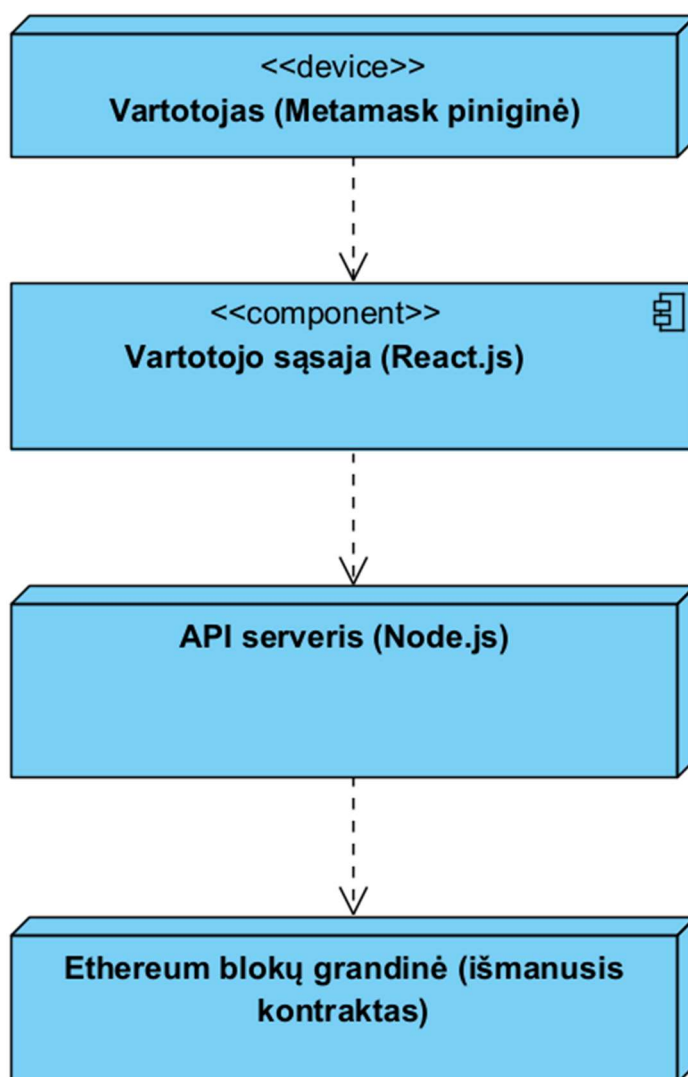
Ši reikalavimų specifikacija užtikrina projekto techninių aspektų apibrėžimą, padedantį aiškiai suprasti projekto poreikius ir priimti tinkamus sprendimus įgyvendinant sistemą.

3. PROJEKTO REALIZACIJA

3.1. Prototipo architektūra

Projektų apskaitos sistemos prototipo architektūra pristatoma sistemos išdėstymo diagrama (1 pav.).

1 pav. Sistemos išdėstymo diagrama



Sistemos komponentų detalesnis pristatymas pateikiamas 1 lentelėje:

10 lentelė. Sistemos komponentai

Komponentas	Panaudojimo tikslas	Vaidmuo	Technologijos
Vartotojas (MetaMask piniginė)	Vartotojas prisijungia prie sistemos naudodamas MetaMask piniginę, kuri yra įdiegta kaip naršyklės plėtinys arba mobili aplikacija. MetaMask veikia kaip vartotojo autentifikavimo priemonė, leidžianti saugiai jungtis prie Ethereum blokų grandinės ir sąveikauti su išmaniaisiais kontraktais.	Autentifikacija ir sąveika su blokų grandine	MetaMask piniginė
Vartotojo sąsaja (React.js)	React.js komponentas naudojamas vartotojo sąsajai kurti. Ši sąsaja leidžia vartotojui sąveikauti su sistema: peržiūrėti darbuotojų sąrašus, valdyti užduotis ir projektus, peržiūrėti ataskaitas ir atlikti kitus veiksmus.	Interaktyvios vartotojo sąsajos kūrimas	React.js
API serveris (Node.js)	Node.js naudojamas API serveriui sukurti, kuris apdoroja vartotojo sąsajos užklausas ir perduoda jas į Ethereum blokų grandinę.	API serveris, kuris tvarko užklausas ir sąveikauja su kitais komponentais.	Node.js

Ethereum blokų grandinė (išmanusis kontraktas)	Ethereum blokų grandinė veikia kaip decentralizuota duomenų saugykla, kurioje vykdomi išmanieji kontraktai. Šiame tinkle saugomi visi svarbūs projekto duomenys ir transakcijos, užtikrinantys skaidrumą ir saugumą.	Išmaniųjų kontraktų vykdymas ir duomenų saugojimas	Ethereum blokų grandinė, Sepolia TestNet.
--	--	--	---

3.2. Realizacijos priemonės

Prototipas realizuotas panaudojant 2 lentelėje pateiktą programinę įrangą.

11 lentelė. Prototipui kūrimui naudota programinė įranga

Programinė įranga	Tipas	Paskirtis
Remix IDE	Internetinė integruota vystymo aplinka (angl. IDE – Integrated Development Environment)	Solidity kontraktų rašymas, kompiliavimas, testavimas ir diegimas į Ethereum tinklą.
Solidity	Programavimo kalba	Ethereum išmaniųjų kontraktų kūrimui.
Visual Studio Code	Teksto redaktorius	Programavimo kodų rašymas ir redagavimas įvairiomis kalbomis, įskaitant JavaScript, Solidity ir kt.
Node.js	JavaScript aplinka	Serverio pusės JavaScript vykdymas, naudojamas API kūrimui ir back-end logikai.
React	JavaScript biblioteka	Naudojama vartotojo sąsajų (UI) kūrimui ir valdymui vieno puslapio aplikacijose (SPA).

Viem	Ethereum biblioteka	Naudojama Ethereum blokų grandinės sąveikai JavaScript/TypeScript aplinkoje.
Metamask	Kripto valiutų piniginė	Kripto valiutų valdymas ir sąveika su Ethereum decentralizuotomis programomis.
Google Chrome	Internet naršyklė	Su įdiegtu Metamask plėtiniu naudota prototipo rankiniam testavimui.
Windows 11	Operacinė sistema	Operacinė sistema, programinei įrangai vykdyti ir testavimui.

3.3. Realizuotos prototipo operacijos

12 lentelė. Realizuotos prototipo operacijos

Eil. Nr.	Operacija	Prieigos teisės
1	Naujo darbuotojo išsaugojimas	Administratorius
2	Darbuotojo informacijos atnaujinimas	Administratorius
3	Darbuotojo pašalinimas	Administratorius
4	Darbuotojų sąrašo gavimas	Administratorius
5	Naujo departamento registravimas blokų grandinėje	Administratorius
6	Departamento informacijos atnaujinimas	Administratorius
7	Departamento pašalinimas	Administratorius
8	Departamentų sąrašo gavimas	Administratorius
9	Naujo projekto registravimas blokų grandinėje	Administratorius
10	Projekto informacijos atnaujinimas	Administratorius
11	Projekto panaikinimas	Administratorius
12	Visų projektų sąrašo gavimas	Administratorius
13	Projekto užduoties priskyrimas darbuotojui	Administratorius
14	Projekto užduoties darbuotojui atnaujinimas	Administratorius
15	Projekto užduoties darbuotojui pašalinimas	Administratorius
16	Darbuotojui priskirtų projektų užduočių sąrašas	Administratorius, vartotojas

17	Darbuotojo patvirtinimas apie atliktą projekto užduotį	Administratorius, vartotojas
18	Visų projektų užduočių sąrašo gavimas	Administratorius
19	Darbuotojo surinktų taškų skaičiavimas pagal darbuotojo Ethereum adresą	Administratorius, vartotojas
20	Visų darbuotojų surinktų taškų skaičiavimas.	Administratorius, vartotojas
21	Visų darbuotojų surinktų taškų statistinės informacijos eksportas į .xlsx formatą.	Administratorius

3.4. Prototipo išmanusis kontraktas

Vienas iš prototipo komponentų yra Ethereum blokų grandinėje įdiegtas išmanusis kontraktas. Diegimui panaudotas viešas, testinis Ethereum blokų grandinės tinklas Sepolia TestNet. Prototipo duomenys saugomi ir kaupiami šio tinklo blokų grandinėje. Papildomos išorinės duomenų bazės nėra naudojamos. Toks sprendimas užtikrina saugomų duomenų saugumą, skaidrumą ir nekintamumą.

Išmanusis kontraktas „HRMS“ sukompiliuotas iš 6 Solidity kontraktų (kitose programavimo kalbose tai atitiktų klasių aprašus):

1. „Employee“ (darbuotojų valdymo funkcijos);
2. „Department“ (departamentų valdymo funkcijos);
3. „Project“ (projektų valdymo funkcijos);
4. „Assignment“ (projektų užduočių valdymo funkcijos);
5. „DateValidator“ (pagalbinis išmanusis kontraktas datų validacijai);
6. „HRMS“ (pagrindinis išmanusis kontraktas, kuris naudojami paveldėtomis funkcijomis iš kitų išmaniųjų kontraktų).

Prieigos kontrolė vykdoma taikant modifikatorius (`onlyAdmin` ir `onlyEmployees`), kurie apibrėžti išmaniajame kontrakte „HRMS“ (byla `HRMS.sol`).

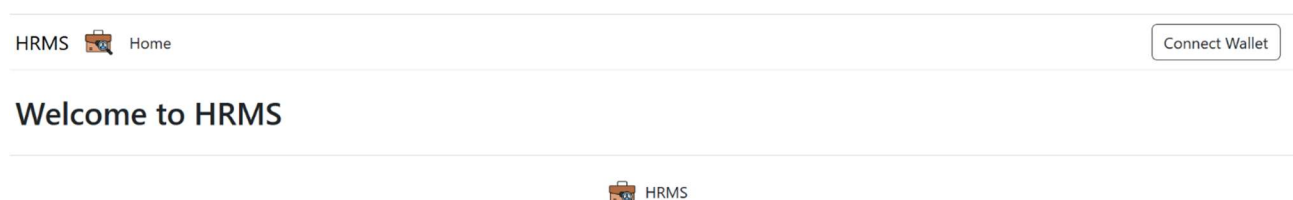
Išmanaus kontrakto metoduose (funkcijose) vykdoma gaunamų duomenų validacija. Validacija užtikrina, kad blokų grandinėje būtų saugomi korektiški duomenys, atitinkantys nustatytas išankstines sąlygas.

3.2 poskyryje apibrėžtos prototipo operacijos yra vykdomos iš `HRMS.sol` kontrakto.

3.5. Metamask panaudojimas autentifikacijai ir autorizacijai

Prisijungimas prie projektų valdymo ir apskaitos išmaniosios sutarties realizuotas pasitelkiant naršyklės įskiepi Metamask. Metamask – tai populiarus kriptovaliutų piniginės sprendimas, leidžiantis naudotojams siųsti ir gauti įvairias kriptovaliutas bei sąveikauti su decentralizuotomis programomis (angl. dApps). Jis yra prieinamas kaip naršyklės plėtinys (pavyzdžiui, „Chrome“, „Firefox“, „Edge“) ir kaip mobiliųjų įrenginių programa. Paspaudus prototipo vartotojo sąsajoje mygtuką „Connect Wallet“, vykdomas kriptografiškai saugus vartotojo autentifikavimas ir autorizavimas pagal aktyvios Metamask paskyros adresą (tiksliau – Ethereum tinklo dalyvio adresą).

2 pav. Prisijungimas prie Metamask piniginės



Atlikus prototipe organizacijos darbuotojui prisijungimą prie savo elektroninės piniginės paskyros, kuri kartu yra vartotojo Ethereum tinklo unikalūs adresai, prototipas, naudodamasis Metamask elektronine pinigine, siunčia išmaniajam kontraktui užklausą (kreipiasi į atitinkamą išmaniosios sutarties funkciją) dėl vartotojo tipo nustatymo.

3.6. Prototipo vartotojų tipai ir jų teisės

Prototipe realizuoti du vartotojų tipai: administratorius (angl. administrator) ir vartotojas (angl. user). Tokios sistemos administratoriais galėtų būti žmoniškųjų išteklių ar projektų valdymo padalinio darbuotojai ar vadybininkai.

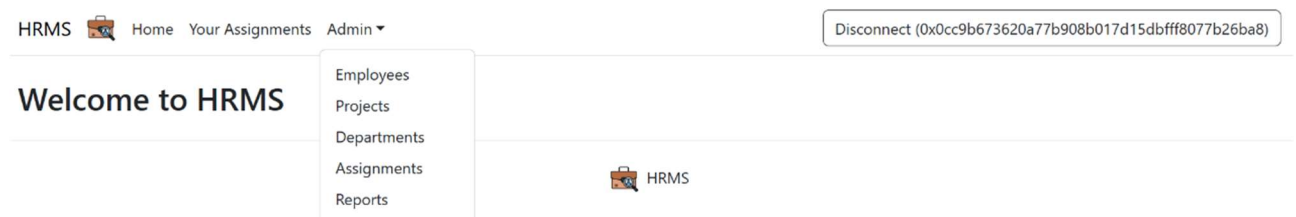
Prototipas iš išmaniosios sutarties gali gauti vieną iš 3 atsakymų:

1. Darbuotojas su tokiu Ethereum tinklo adresu neregistruotas kontrakte;
2. Darbuotojui priskirtos administratoriaus teisės;
3. Darbuotojui priskirtos vartotojo teisės.

Vartotojui, neregistruotam išmaniajame kontrakte, nesuteikiamos jokios teisės ir jis sistema naudotis negali.

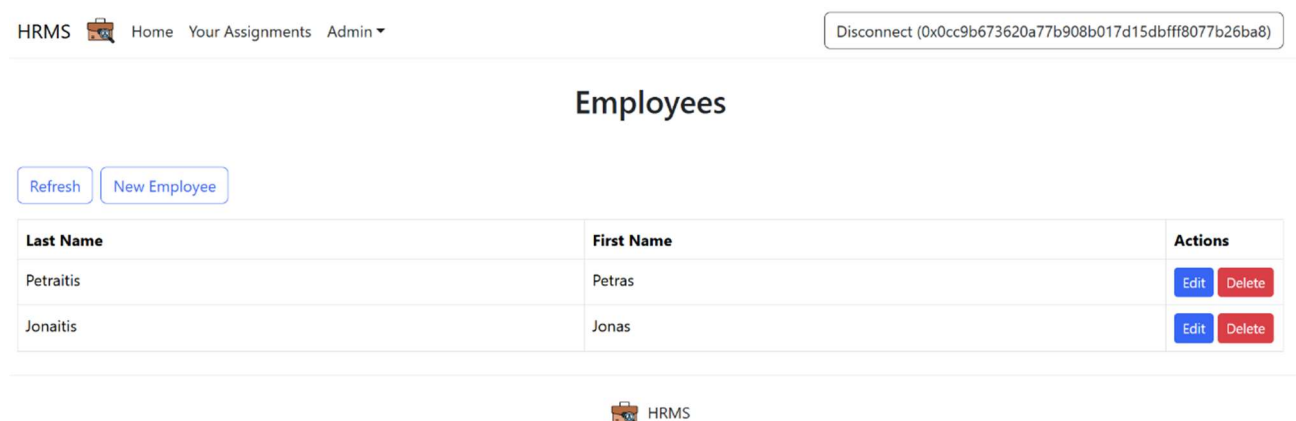
Darbuotojai, kurie prototipo blokų grandinėje yra registruoti kaip administratoriai, prisijungus rodomas papildomas meniu blokas „Admin“. Šiame bloke realizuoti visi administratoriaus rolei priskirti funkcionalumai.

3 pav. Administratoriaus aplinka prototipe



Prisijungus administratoriaus teisėmis, darbuotojui leidžiama peržiūrėti visus organizacijos darbuotojus, o taip pat registruoti, koreguoti ir šalinti (jei darbuotojui nėra priskirta projektų užduočių) darbuotojus. Administratoriui taip pat suteikiama galimybė registruoti naujus departamentus, juos koreguoti ar šalinti (jei nėra priskirti darbuotojams). Administratoriaus teises turintys darbuotojai taip pat vykdo naujų projektų registravimo procesą, kuria projektų užduočių priskyrimus darbuotojams ir patvirtina šių užduočių įvykdymą.

4 pav. Darbuotojų sąrašas



Darbuotojams, kurie dalyvauja tik užduočių realizavimo procese priskiriamos labai ribotos vartotojo teisės. Tokiam darbuotojui leidžiama peržiūrėti jam priskirtas užduotis ir patvirtinti jų įvykdymą (darbuotojas įveda užduočių užbaigimo datą ir uždeda patvirtinimą, kad užduotį įvykdė). Taip pat darbuotojas gali matyti metinę savo sukauptų taškų už projekto užduočių įvykdymą statistinę informaciją. Visa informacija saugoma blokų grandinėje. Po sistemos administratoriaus patvirtinimo, kad užduotis tikrai įvykdyta, nei sistemos administratorius, nei darbuotojas nebeturi teisės pakeisti įrašo informacijos.

5 pav. Patvirtinimas apie atliktas projekto užduotis

The screenshot shows a web interface for 'HRMS' with a navigation bar containing 'Home' and 'Your Assignments'. A 'Disconnect' button with a long alphanumeric string is on the right. The main content area is titled 'Edit Your Assignment' and contains a form with the following fields: 'Project' (Projektas-5), 'Task Description' (Parengti specifikaciją), 'Value' (7), 'Finished' (checkbox), and 'Finish Date' (calendar icon). At the bottom of the form are 'Submit' and 'Cancel' buttons. The HRMS logo is visible at the bottom center of the page.

3.7. Darbuotojo duomenų saugojimo specifika

Prototipo blokų grandinėje kaupiama ši informacija apie darbuotoją: vardas, pavardė, gimimo data, telefono numeris, el. paštas, įdarbinimo data, departamentas, pareigybė, darbuotojo rolė prototipe (administratorius ar vartotojas), darbuotojo adresas Ethereum tinkle (prototipe vadinamas piniginės adresu) ir statusas (šiuo metu dirbantis ar ne. Gali būti atveju, kad darbuotojas registruojamas į sistemą, bet dar nepradedą dirbti organizacijoje). Prototipo blokų grandinėje darbuotojų duomenys „rišami“ ne prie darbuotojo Ethereum adreso, bet prie pačios sistemos kuriamo naujo unikalaus inkreamentinio darbuotojo identifikacinio numerio. Tai padaryta dėl to, jog esant situacijai, kai darbuotojas praranda prieigą prie savo elektroninės piniginės, būtų galimybė išmaniajame kontrakte susieti darbuotoją su nauju Ethereum tinklo adresu (nauju piniginės adresu).

6 pav. Naujo darbuotojo registracija

HRMS  Home Your Assignments Admin ▾

Disconnect (0x0cc9b673620a77b908b017d15dbfff8077b26ba8)

Create Employee

First Name	Antanas
Last Name	Antanaitis
Birth Date	1970-02-20 
Phone	+370 673 17748
Email	antanas.antanaitis@email.com
Employment Date	2024-08-09 
Department	Finance ▾
Position	Analyst
Role	User ▾
Wallet Address	0xa10EBd5950073837f3e78ED02F86AC3D4A87290B
Status	☒ Active
Submit Cancel	

 HRMS

3.8. Projekto užduočių skaidrumas

Prototipo administratorius kuria projekto užduotis darbuotojams. Iš sąrašų pasirenkamas darbuotojas ir projektas, už kurio užduočių įvykdymą darbuotojui numatytas taškų kiekis (laukas „Value“). Administratoriui sukūrus naują užduotį, nei administratorius, nei vartotojas nebegali pakoreguoti šio lauko reikšmės. Taip užtikrinamas duomenų nekintamumas ir skaidrumas.

7 pav. Projekto užduotis darbuotojui

The screenshot shows the 'Create Project Assignment' form within the HRMS interface. The form is titled 'Create Project Assignment' and contains the following fields:

- Employee:** A dropdown menu with the placeholder text 'Select Employee'.
- Project:** A dropdown menu with the placeholder text 'Select Project'.
- Task Description:** A large text area for entering the task details.
- Value:** A small input field for specifying the number of points.

At the bottom of the form are two buttons: 'Submit' (in blue) and 'Cancel' (in grey). The HRMS header is visible at the top, and the HRMS logo is at the bottom center.

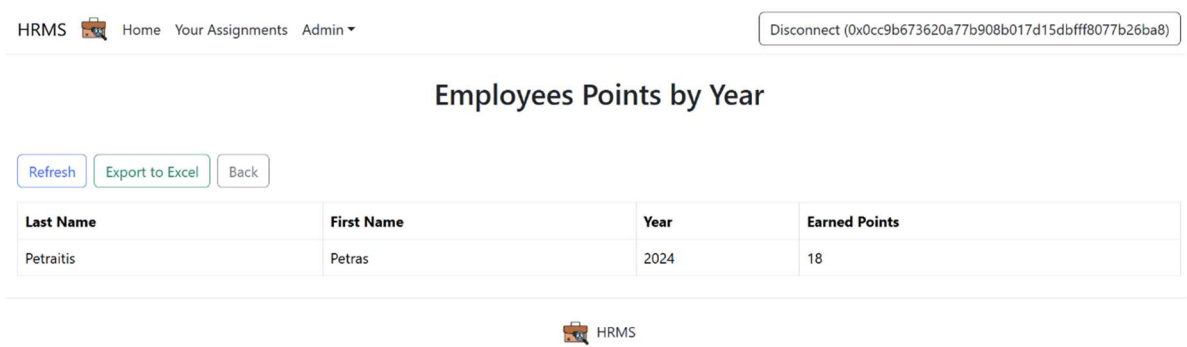
3.9. Duomenų apdorojimas blokų grandinėje

Duomenų apdorojimo procesas blokų grandinėje yra sudėtingesnis lyginant su tais pačiais veiksmiais tradicinėje duomenų bazėje. Ethereum blokų grandinėje duomenys kaupiami duomenų struktūrose, kuriose nėra galimybės pasinaudoti pažangiais duomenų atrankos mechanizmais kaip, pavyzdžiui, reliacinėse duomenų bazėse naudojamomis SQL užklausomis, kurios leidžia lanksčiai ir sparčiai realizuoti sudėtingas duomenų apdorojimo užduotis. Prototipe statistinės informacijos duomenų apdorojimas atliktas naudojant literatūroje rekomenduojamą mišrios duomenų apdorojimo technikos taikymą (apjungiant išmanaus kontrakto (back-end) ir front-end technines duomenų apdorojimo galimybes) – iš blokų grandinės išmanaus kontrakto gauti duomenys (kontrakte atliktas pirminis duomenų apdorojimas), kurie vėliau papildomai apdoroti lankstesnėmis duomenų

apdorojimo priemonėmis (JavaScript duomenų struktūrų pagalba atliktas gautų duomenų apjungimas bei jų rūšiavimas).

Realijų skaičių aibės nebuvimas Ethereum blokų grandinės technologijoje taip pat sudaro nemažai papildomų iššūkių, kai reikalinga išmaniajame kontrakte apdoroti tokios aibės duomenis.

8 pav. Darbuotojų surinktų taškų statistinė informacija panaudojant mišrią duomenų apdorojimo techniką



4. REALIZUOTOS SISTEMOS TYRIMAS

4.1. Realizuoto projektų apskaitos sistemos prototipo vertinimas

Realizuoto projektų apskaitos sistemos prototipo kokybinis vertinimas yra svarbus žingsnis, siekiant išsiaiškinti, kokią naudą teikia blokų grandinės technologijos panaudojimas tokio tipo programiniuose sprendimuose. Toks vertinimas leidžia ne tik nustatyti, kaip ši technologija prisideda prie sistemos keliamų tikslų įgyvendinimo, bet ir pastebėti iššūkius, su kuriais susiduriama tokius projektus įgyvendinant ar eksploatuojant.

4.1.1. Blokų grandinės technologijos privalumai prototipe

Tiriant prototipo veikimą, nustatyti šie blokų grandinės technologijos panaudojimo prototipe privalumai:

Decentralizacija. Ethereum blokų grandinė veikia decentralizuotai, o tai reiškia, kad duomenys nėra laikomi viename serveryje ar pas vieną valdytoją. Žmogiškųjų išteklių valdymo prototipe informacija apie projektus ir užduotis yra saugoma saugiai, be vieno pažeidžiamo taško. Užtikrinamas sistemos veikimas net atsijungus daliai mazgų. Sistema yra atspari kibernetinėms atakoms.

Skaidrumas. Prototipo vartotojai gali pasiekti duomenis be tarpininkų. Informacija yra prieinama 24/7, nepriklausomai nuo vietos. Decentralizuota struktūra pašalina subjektyvų duomenų valdymą ar manipuliaciją, todėl naudotojai gali pasitikėti sistema kaip objektyvia ir nešališka. Administratorių ir darbuotojų atlikti veiksmai yra įrašomi į blokų grandinę, todėl visi duomenys yra vieši ir negali būti pakeisti ar suklastoti.

Nekintamumas. Ethereum suteikia galimybę duomenims likti nekintamiems, t. y., atlikus pakeitimus, jie įrašomi visam laikui. Prototipe tai reiškia, kad, pavyzdžiui, užduočių atlikimo statusas ir taškai negali būti pakeisti ar ištrinti (po sistemos administratoriaus patvirtinimo apie darbuotojo atliktą projekto užduotį).

Automatizavimas. Blokų grandinė leidžia automatizuoti žmogiškųjų išteklių valdymo procesus, įskaitant užduočių sekimą, taskų skaičiavimą ar atlygio skyrimą. Vystant prototipą išmanųjį kontraktą galima susieti su kitais duomenų šaltiniais ar išmaniaisiais kontraktais, kad gauti papildomų naudų iš platesnio automatizacijos taikymo. Pavyzdžiui, surinkus tam tikrą taskų skaičių ar pasibaigus finansiniams metams, darbuotojams išmanusis kontraktas gali automatiškai pervesti į jų elektroninę piniginę nustatytą kriptovaliutos kiekį. Blokų grandinės atveju galioja ta pati taisyklė kaip ir visų kibernetinių sistemų atžvilgiu, kad automatizavimas didžiausią efektą duoda tada, kai yra

panaikinamas ar maksimaliai minimizuojamas žmogaus įsikišimo į technologinius procesus poreikis. Prototipo atveju, jei nebūtų reikalingas galutinis administratoriaus patvirtinimas, kad projekto užduotis atlikta, o būtų naudojamas automatizuotu informacijos gavimu apie užduoties atlikimą iš kito patikimo duomenų šaltinio, užduoties užbaigimas galėtų būti patvirtintas iš karto, nereikalaujant administratoriaus rolę turinčiojo įsikišimo į procesą.

Našumo didinimas. Automatizuoti procesai padeda sumažinti administracinę naštą ir leidžia greitai bei tiksliai apskaičiuoti darbuotojo pasiekimus. Prototipe tai realizuota per statistinės informacijos pateikimą administratoriams ir darbuotojams, pasinaudojant išmanaus kontrakto funkcijomis, skirtomis statistinės informacijos surinkimui iš blokų grandinės.

Visuotinė prieiga ir interoperabilumas. Ethereum yra pasaulinė platforma, kurioje duomenis ir funkcijas galima integruoti su kitomis blokų grandine pagrįstomis sistemomis. Tai leidžia plėsti sistemą ir derinti ją su kitomis organizacijų valdymo platformomis. Toliau vystant prototipą, būtų galima sėkmingai išnaudoti šias Ethereum teikiamas galimybes, tačiau lėta Ethereum transakcijų apdorojimo sparta verčia pagalvoti apie alternatyvius technologinius sprendimus, kurie galėtų užtikrinti gerokai spartesnę ir realiam laikui artimesnę prototipo duomenų išsaugojimą blokų grandinėje.

Saugumas. Prototipe naudojami Solidity modifikatoriai užtikrina, kad išmanaus kontrakto funkcijos yra prieinamos tik blokų grandinėje registruotiems administratoriams ir vartotojams. Siekiant dar labiau sustiprinti prototipo duomenų apsaugą, reikėtų naudoti papildomas duomenų apsaugos priemones (rinkoje egzistuoja nemaža kriptografinių sprendimų šiai problemai spręsti pasiūla) arba rinktis privačią blokų grandinę.

4.1.2. Trūkumai

Didelės transakcijų sąnaudos. Stebint prototipe vykdomų operacijų saugojimą Ethereum blokų grandinėje, pastebėta, jog Ethereum transakcijų vykdymui mokami „gas“ mokesčiai neretai būna pakankami dideli, ypač didesnio aktyvumo metu. Prototipe kiekviena operacija, pavyzdžiui, naujų darbuotojų registravimas, projektų kūrimas ar užduočių darbuotojams priskyrimas ar patvirtinimas kainuoja ir tai gali tapti didelių išlaidų šaltiniu. Tokių sistemų vartotojai turi turėti savo elektroninėse piniginėse kriptovaliutos, kad galėtų vykdyti jiems priskirtas operacijas. Realizuojant tokius projektus reikėtų ieškoti kitų blokų grandinių technologijų alternatyvų. Viena iš pagrindinių alternatyvų yra privačios blokų grandinės. Tokiose grandinėse nėra operacijų mokesčių, bet pasiekama ribota decentralizacija. Atsirandančios naujos viešosios blokų grandinių platformos yra orientuojamos į tai, kad sumažinti operacijų kainą iki minimalios arba padaryti blokų grandinę be operacijų mokesčių (pavyzdžiui, IOTA, kur operacijų patvirtinimai atliekami pačių tinklo naudotojų

be mokesčių). Kai kurios blokų grandinės platformos leidžia kūrėjams arba organizacijoms sumokėti transakcijų mokesčius už naudotojus (EOS, TRON, Polygon ir kt.).

Mastelio trūkumas. Tyrinėjat prototipo veikimą pastebėta, jog Ethereum tinklas turi ribotas mastelio galimybes (kas jau buvo įvardinta literatūros analizėje), ypač kai daug operacijų vykdoma vienu metu. Esanti didelė tinklo apkrova gali apsunkinti prototipo panaudojimo efektyvumą.

Lėtas transakcijų patvirtinimo laikas. Ethereum blokų grandinėje patvirtinimo laikas yra ilgesnis lyginant su centralizuotomis sistemomis, ypač jei yra tinklo perkrova. Tai gali sulėtinti prototipą, ypač kai reikia greitų rezultatų, pavyzdžiui, užduočių patvirtinimo realiuoju laiku. Lėtas transakcijų laikas yra esminė priežastis, kodėl tokioms sistemoms realizuoti turėtų būti pasirenkamas alternatyvus blokų grandinės sprendimas.

Privatumo ir duomenų prieinamumo iššūkiai. Prototipo duomenys saugomi viešajame Ethereum tinkle. Ethereum blokų grandinė užtikrina viešą prieigą prie duomenų, ir nors saugumas yra stiprus, organizacijos turi užtikrinti, kad konfidenciali darbuotojų informacija būtų tinkamai apsaugota. Tai gali būti iššūkis, ypač jei reikia viešai saugoti ar tvarkyti jautrią informaciją apie darbuotojus.

IŠVADOS

1. Atlikus blokų grandinės technologijos panaudojimo galimybių žmogiškųjų išteklių valdyme literatūros analizę, nustatyta, kad blokų grandinės technologija turi itin platų panaudojimo potencialą šioje srityje. Blokų grandinės panaudojimas šioje srityje padeda užtikrinti darbuotojų duomenų suverenitetą, duomenų nekintamumą ir atsparumą praradimui, skaidrius įdarbinimo, darbo sutarčių sudarymo ir atlyginimų valdymo procesus. Matomos didelės šios technologijos panaudojimo galimybės darbuotojų tapatybės, darbo veiklos ir rezultatų, darbuotojų sertifikatų ir diplomų tikrinime – blokų grandinės panaudojimas leidžia užkirsti kelią šių duomenų klastojimui, suteikia galimybę tikrinimo operacijas atlikti sparčiai, be trečiųjų šalių įsikišimo į šiuos procesus bei leidžia darbdaviams pasikliauti blokų grandinėje saugomų dokumentų tikrumu. Panaudojant blokų grandinės išmaniuosius kontraktus, sudaromos galimybės automatizuoti įdarbinimo ir atrankos procesus, darbo sutarčių sudarymą, darbo valandų apskaitą, atostogų, mokymų ir kvalifikacijos valdymą, mokėjimus bei kitus žmogiškųjų išteklių valdymo procesus. Tai leidžia sumažinti administravimo našta, spartinti procesus, vykdyti juos be tarpininkų ir papildomų mokesčių, taip pat mažinti klaidų riziką.

2. Blokų grandinės projektų įgyvendinimo iššūkių analizė atskleidė, kad šie projektai susiduria su įvairiomis problemomis: technologiniais, ekonominiais, ekspertizės trūkumo, teisiniais bei energetinio efektyvumo iššūkiais. Tyrimo metu identifikuotos esminės šių projektų įgyvendinimo problemos: nemažų pradinių investicijų poreikis, neaiški ekonominė grąža, galimos didelės transakcijų sąnaudos, ribotos mastelio plėtimo galimybės, lėti transakcijų patvirtinimo laikai, duomenų apdorojimo lankstumo trūkumas, sudėtingų užklausų ribojimai bei sudėtingumas integruojant su organizacijų naudojamomis tradicinėmis sistemomis. Sėkmingai blokų grandinės projektų realizacijai būtinas ne tik tinkamų technologinių sprendimų pasirinkimas, bet ir aukštos kompetencijos specialistai, išmanantys tiek blokų grandinės technologiją, tiek žmogiškųjų išteklių valdymo specifiką.

3. Sukurtas decentralizuotos aplikacijos, veikiančios blokų grandinės pagrindu, prototipas, skirtas konkrečiam žmogiškųjų išteklių valdymo uždaviniui spręsti. Prototipe realizuotas projektų valdymo ir apskaitos sprendimas, kuris užtikrina, kad prototipo blokų grandinėje saugomi duomenys yra skaidrūs, nekintami ir pasiekiami tik įgaliotiems vartotojams. Parengtas sprendimas parodė, kad blokų grandinės technologija yra tinkama žmogiškųjų išteklių valdymo projektų įgyvendinimui, tik būtina tinkamai pasirinkti technologinius sprendimus, įvertinant galimybę panaudoti ir hibridinius sprendimus (ieškant tinkamo blokų grandinės ir tradicinių technologijų panaudojimo derinio).

4. Prototipo privalumų ir trūkumų kokybinis vertinimas parodė, kad pagrindiniai blokų grandinės privalumai yra decentralizacija, skaidrumas, nekintamumas ir išmaniaisiais kontraktais realizuojamas procesų automatizavimas. Atliekant šį vertinimą nustatyti ir blokų grandinės technologijos trūkumai, tokie kaip didelės transakcijų sąnaudos, ribotos mastelio galimybės, privatumo ir prieigos prie jautrių asmens duomenų rizikos, kuriuos reikia pašalinti ar minimizuoti, norint užtikrinti efektyvesnę, saugesnę ir platesnę blokų grandinės technologijos panaudojimą žmogiškųjų išteklių valdyme.

LITERATŪRA

1. A Deep Dive Into Blockchain Scalability. 2020. Prieiga internete: <https://crypto.com/en/university/blockchain-scalability>
2. Aarvik P. Blockchain as an anticorruption tool. 2020. Prieiga internete: <https://www.u4.no/publications/are-blockchain-technologies-efficient-in-combatting-corruption.pdf>
3. Ayobami A. How Blockchain Technology is Revolutionizing Audit and Control in Information Systems. 2024. Prieiga internete: <https://www.isaca.org/resources/news-and-trends/industry-news/2024/how-blockchain-technology-is-revolutionizing-audit-and-control-in-information-systems>
4. Baars, D.S. (2016) Towards self-sovereign identity using blockchain technology. Prieiga internete: <https://essay.utwente.nl/71274>
5. Beyond Crypto-Currency: What Business Problems Do Blockchains Solve? Prieiga internete: <https://formaspace.com/articles/it-computers/what-problems-does-blockchain-solves>
6. Blockchain Data Storage Dilemma: On-chain vs Off-chain. 2023. Prieiga internete: <https://medium.com/@cedalio/blockchain-data-storage-dilemma-on-chain-vs-off-chain-b1d56e3881c2>
7. Blockchain Identity Management: Complete Guide 2024. Prieiga internete: <https://www.dock.io/post/blockchain-identity-management>
8. Blockchain and GDPR: Between a Block and a Hard Place. 2018. Prieiga internete: <https://www.tripwire.com/state-of-security/blockchain-gdpr>
9. Blockchain in HR: Enhancing Transparency and Security. Prieiga internete: <https://esoftskills.ie/blockchain-in-hr-enhancing-transparency-and-security>
10. Blockchain technologija ir jos įtaka apskaitai. Prieiga internete: <https://finsauga.lt/blockchain-technologija-ir-jos-itaka-apskaitai>
11. Blockchain-Powered Smart Contracts in Recruitment. <https://techrseries.com/featured/blockchain-powered-smart-contracts-in-recruitment>
12. Blockchain-as-a-service (BaaS): An overview. 2024. Prieiga internete: <https://cointelegraph.com/learn/articles/blockchain-as-a-service-baas>
13. De Filippi P., Mannan M., Reijers W. Blockchain as a confidence machine: The problem of trust & challenges of governance. 2020. Prieiga internete: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160791X20303067>

14. Ethereum Transactions and their Cost. 2022. Prieiga internete:
<https://cryptoresearch.report/crypto-research/ethereum-transactions-and-their-cost>
15. Exploring Cryptocurrency as a Form of Employee Compensation. Prieiga internete:
<https://psico-smart.com/en/blogs/blog-exploring-cryptocurrency-as-a-form-of-employee-compensation-162062>
16. Giang N. P., Tam H. T. Impacts of Blockchain on Accounting in the Business. 2023. Prieiga internete: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/21582440231222419?icid=int.sj-abstract.similar-articles.9>
17. How Blockchain Works for Employee Verification. Prieiga internete:
<https://www.spiceworks.com/hr/recruitment-onboarding/articles/how-blockchain-works-for-employee-verification>
18. J. Kiarash Sadeghi R. Theoretical and practical applications of blockchain in healthcare information management. Prieiga internete:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378720622000611>
19. Kumara G., Sahaa R., Guptab M., Kimc T. H. BRON: A blockchained framework for privacy information retrieval in human resource management. Prieiga internete:
<https://www.cell.com/action/showPdf?pii=S2405-8440%2824%2909424-6>
20. Layer 2 scaling solutions: Enhancing blockchain scalability and efficiency. 2024. Prieiga internete: <https://www.starknet.io/blog/layer-2-scaling-solutions>
21. Lu M. Visualizing the Power Consumption of Bitcoin Mining. 2021. Prieiga internete:
<https://www.visualcapitalist.com/visualizing-the-power-consumption-of-bitcoin-mining/>
22. Maestre R. J., Higuera J. B., Gómez N. G., Bermejo Higuera J. R., Juan A., Montalvo S., Palma L. O. The application of blockchain algorithms to the management of education certificates. 2022. Prieiga internete: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12065-022-00812-0>
23. Michailidis M. Blockchain Technology: The Emerging Human Resources Challenge.
24. Optimism vs. Arbitrum: Ethereum Layer-2 Rollups Compared. 2023. Prieiga internete:
<https://beincrypto.com/learn/optimism-vs-arbitrum>
25. Packson-Enajerho R. U. Blockchain for HR Data Security. Prieiga internete:
<https://ejournals.org/gjhrm/wp-content/uploads/sites/34/2024/07/Blockchain-for-HR-Data-Security.pdf>
26. Proof of Stake (PoS) vs. Proof of Work (PoW). Prieiga internete:
<https://hedera.com/learning/consensus-algorithms/proof-of-stake-vs-proof-of-work>
27. Public vs. Private Blockchains: Which Is Better? 2024. Prieiga internete:
<https://www.dock.io/post/public-vs-private-blockchains>

28. Shuyi Pu, Jasmine Siu Lee Lam. The benefits of blockchain for digital certificates: A multiple case study analysis. Prieiga internete:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160791X22003177>
29. Smart Contract-Based Hiring and Employment Agreements. Prieiga internete:
<https://www.linkedin.com/pulse/smart-contract-based-hiring-employment-agreements-dmx2f>
30. The Ethereum Merge: A Smoother On-Ramp for Institutional Finance? 2022. Prieiga internete: <https://www.garp.org/risk-intelligence/technology/ethereum-merge-finance-220923>
31. The Importance of Blockchain Security. 2023. Prieiga internete:
<https://www.chainalysis.com/blog/blockchain-security>
32. The Use of Smart Contracts in Payroll & HR. Prieiga internete:
<https://www.cloudpay.com/blog/the-use-of-smart-contracts-in-payroll-and-hr>
33. Van de Giessen D. Blockchain and the GDPR's right to erasure. Prieiga internete:
https://essay.utwente.nl/78738/1/vandegiessen_BA_EEMCS.pdf
34. What is Decentralization in Blockchain. Prieiga internete: <https://www.lcx.com/what-is-decentralization-in-blockchain>

PRIEDAI

Priedas Nr. 1. Išmanaus kontrakto programinis kodas

Išmanaus kontrakto programinis kodas pateikiamas prie magistro darbo archyvo byloje „Solidity.7z”

Priedas Nr. 2. Vartotojo sąsajos Front-end programinis kodas

Vartotojo sąsajos front-end (Node.js, React.js) programinis kodas pateikiamas prie magistro darbo archyvo byloje “HRMS.7z”.