

LATVIJAS UNIVERSITĀTE

DATORIKAS FAKULTĀTE

UZ BLOKĶĒDES BALSTĪTAS VIDEO SPĒLES AR NFT PIESAISTI

BAKALaura DARBS

Autors: **Kristers Ostrovskis**

Stud. apl. nr.: ko18020

Darba vadītājs: Dr.sc.comp. Ģirts Karnītis

RĪGA 2022

ANOTĀCIJA

Videospēļu industrija nepārtraukti meklē jaunus veidus kā attīstīties un piesaistīt vēl arvien jaunus spēlētājus. Sakarā ar blokķēžu tehnoloģiju augošo popularitāti un attīstību tai ir atrasti pielietojumi arī videospēlēs, un daži no tiem ir ļoti perspektīvi. Jauns veids kā piesaistīt jaunus spēlētājus ir dot spēlētājiem iespēju ne tikai spēlēt sava prieka pēc, bet arī iespēju ar to nopelnīt. Šādam nolūkam blokķēdes un uz tās balstītie NFT ir lieliska iespēja, kā sniegt spēlētājam materiālus labumus, kas eksistē arī ārpus spēles – blokķēdē.

Bakalaura darbā “Uz blokķēdes balstītas videospēles ar NFT piesaisti” tiek apskatīti mūsdienu tendences videospēļu industrijā, ieguvumi no blokķēdes tehnoloģiju pielietošanu videospēlēs, to ietekme, kā arī blokķēdes videospēļu izstrādes īpatnības.

Atslēgvārdi: blokķēde, transakcija, videospēle, viedais līgums, NFT.

ABSTRACT

BLOCKCHAIN BASED VIDEOGAMES WITH INCLUSION OF NFT

Video game industry is constantly looking for new ways to grow and attract more and more players. Due to the growing popularity and development of blockchain technology, it has also found applications in video games, some of which are very promising. A new way to attract new players is to give players the opportunity not only to play for fun, but also to earn money while playing. For this purpose, blockchains and NFTs based on them are a great way to give the player material benefits that also exist outside the game – in the blockchain.

The bachelor's thesis "Blockchain based videogames with inclusion of NFT" examines modern trends in the video game industry, the benefits of the application of blockchain technology in video games, their impact, as well as the peculiarities of the development of blockchain based videogames.

Keywords: blockchain, transaction, videogame, smart contract, NFT.

SATURS

Apzīmējumu saraksts	6
Ievads	8
1. Videospēles un blokķēdes tehnoloģiju ieviešana tajās.....	9
1.1. Videospēļu attīstība	9
1.2. Blokķēdes loma videospēlēs	11
1.3. Blokķēžu spēļu attīstība	13
1.4. P2E biznesa modelis	14
1.5. Populārākās blokķēžu spēles ar NFT piesaisti	16
1.5.1. CryptoKitties	16
1.5.2. Splinterlands.....	17
1.5.3. Axie Infinity	18
1.6. Priekšnoteikumi veiksmīgai un ilgtspējīgai blokķēžu spēlei	18
2. Ievads blokķēdēs	21
2.1. Blokķēdes tehnoloģijas koncepts	21
2.2. Viedie līgumi.....	22
2.2.1. Vispārējs apraksts.....	22
2.2.2. Funkcionalitāte	23
2.2.3. Implementācijas/ izstrādes īpatnības	24
2.2.4. Darbināšanas izmaksu veidošanās	25
2.2.5. Darbināšanas izmaksu optimizēšana.....	26
2.3. Neaizstājamie blokķēžu žetoni (NFT)	28
2.3.1. Vispārējs apraksts.....	28
2.3.2. Žetonu standarti.....	29
2.3.3. NFT izstrāde.....	30
2.4. Decentralizēta lietotne.....	32
3. Videospēļu ar NFT piesaisti izstrāde	34

3.1. Videospēles ar NFT izstrādes posmi.....	34
3.2. Videospēles izstrāde izmantojot Moralis izstrādes platformu	38
4. Viedā līguma ar spēles elementiem izstrāde un optimizācijas nozīme	41
4.1. Eksperimenta apraksts.....	41
4.2. Izstrādes vide.....	41
4.3. Viedā līguma apraksts	42
4.4. Neoptimizēta un optimizēta viedā līguma gāzes novērtējums	43
Rezultāti	46
Secinājumi.....	47
IZMANTOTĀ LITERATŪRA UN AVOTI.....	48
Pielikumi	53
1. Pielikums. Neoptimizēta spēles ar NFT piesaisti viedā līguma Solidity kods.....	53
2. Pielikums. Optimizēta spēles ar NFT piesaisti viedā līguma Soliduty kods.....	55

APZĪMĒJUMU SARAKSTS

Racējs – persona, kas, izmantojot ierīces ar lielu skaitļošanas jaudu, pārbauda un pievieno jaunas transakcijas un blokus blokķēdē, izmantojot ieguldītā darba vienprātības mehānismu.

Bitcoin – decentralizēta digitālā valūta, kas izmanto publisku transakciju žurnālu.

Etherium – decentralizēta, atvērtā koda blokķēde ar viedajiem līgumiem.

Kriptoalūta – digitālā valūta, kas ir balstīta uz blokķēdes tehnoloģiju.

NFT – neaizstājami žetoni. Tie ir žetoni, kas apzīmē īpašumtiesības uz unikāliem aktīviem/ objektiem.

Žetons – kriptoalūta, kas apzīmē aktīvu vai līdzekli ar speciālu pielietojumu izmantošanai blokķēdes tīklā.

ERC20 – standarts Ethereum blokķēdē, kas definē noteikumus un darbības Ethereum blokķēdes žetoniem.

ERC721 - standarts Ethereum blokķēdē, kas definē noteikumus un darbības Ethereum blokķēdes žetoniem. Žetoni, kas implementē šo standartu ir saucami par NFT.

Gāze – maksājums racējiem, lai kompensētu radušos izdevumus, ko sastāda elektrības patēriņš un aparatūras izmaksas.

Gāzes limits – maksimālais maksājums racējiem, ko ir gatavs maksāt lietotājs transakcijas apstrādāšanai.

IPFS – decentralizēts protokols un vienādranga tīkls datu glabāšanai un kopīgošanai sadalītā failu sistēmā.

LAN – datortīkls, kas nosedz lokālu platību, kurā kopējā tīklā ir savienotas ierīces.

API – lietojumprogrammas saskarne, kas ļauj lietotnēm sazināties savā starpā, izpildīt funkcijas, iegūt datus, izmantojot iepriekš definētus tīkla galapunktus.

Javascript – skriptu objektorientēta programmēšanas valoda, ko galvenokārt izmanto veidojot tīmekļa vietnes.

Web3 – interneta serviss, kas ir būvēts izmantojot blokķēdes tehnoloģijas.

HTML5 – hiperteksta iezīmēšanas valodas piektā versija. HTML ir vietņu izstrādes galvenā sastāvdaļa.

Virsrāmata - fiziskā grāmata vai ciparu datne, kurā tiek izsekotas un reģistrētas monetārās un finanšu transakcijas.

Vienādranga tīkls – tīkls, kurā savienoti divi vai vairāki datori, kas koplieto darba slodzi vai resursus, nepaļaujoties uz centralizētu serveri.

P2E (Play to Earn) – videospēļu paradigma, kurā spēlētāji spēj iegūt naudu vai citus digitālus līdzekļus spēlējot spēli.

JSON – standartizēts teksta formāts strukturētu datu attēlošanai.

HTTP - hiperteksta transporta protokols ir lietojumslāņa protokols, kas paredzēts datu apmaiņai starp tīmekļa serveriem un pārlūkprogrammām.

IEVADS

Mūsdienās gandrīz katrs cilvēks ir spēlējis videospēles un simtiem miljonu cilvēku tās spēlē katru dienu. Videospēļu industrija ir pati ienesīgākā industrija pasaulē, un nepārtraukti tiek meklēti veidi, kā attīstīt to. Pirmās videospēles parādījās jau 1950. gados un līdz mūsdienām tās ir piedzīvojušas milzīgu attīstību [2]. Videospēles no vienkāršas izklaides ir kļuvušas par platformu, kur videospēles spēlē ne tikai izklaides dēļ, bet arī izmanto kā naudas pelnīšanas avotu, piemēram, videospēļu straumēšana, profesionālie turnīri un spēļu iekšējo atribūtu tirgi.

Līdz ar aizvien jaunu tehnoloģiju atklāšanu un attīstīšanu parādās jaunas iespējas, kā varētu uzlabot spēlēšanas pieredzi implementējot tās videospēlēs. Kā jauns posms videospēļu attīstībā varētu būt blokķēžu tehnoloģijas izmantošanu tajās. Blokķēdes pastāv kopš 2009. gada, kad pirmo uz blokķēdes balstītu kriptovalūtu publiskoja izstrādātājs ar pseidonīmu Satoši Nakamoto [1]. Blokķēdes un ar to saistītās tehnoloģijas kā viedie līgumi, kriptovalūtas, decentralizētās lietotnes, NFT un citas, būtiski atšķiras no ierastajām tehnoloģijām, kas varētu attīstīt videospēles veidos, kas nebija iespējami līdz šim. Blokķēdes jau tiek izmantotas daudzās nozarēs kā apdrošināšanā, finanšu tirgos, loģistikā, lietu internetā un daudz kur citur, un nesen blokķēdes tehnoloģijas tika sākti pielietot arī videospēļu industrijā. Potenciāls blokķēdēm ir ļoti liels, un to var pielietot videospēlēs dažādos veidos.

Šī bakalaura darba mērķis ir izpētīt blokķēžu pielietošanas iespējas videospēlēs un it īpaši NFT piesaisti tajās, analizēt, kāds ir ieguvums NFT piesaistei videospēlēs, būtiskākās problēmas un izaicinājumi šādu spēļu izstrādē.

Darba uzdevumi:

- izpētīt uz blokķēdēm balstītu spēļu ar NFT piesaisti attīstību,
- aplūkot viedo līgumu izstrādes īpatnības un to funkcionalitāti,
- izpētīt NFT radīšanas procesu,
- izpētīt Moralis spēļu izstrādes platformu blokķēžu spēļu veidošanai,
- izstrādāt viedo līgumu ar NFT piesaisti kā spēles sastāvdaļu,
- izdarīt secinājumus.

1. VIDEOSPĒLES UN BLOKĶĒDES TEHNOLOĢIJU IEVIEŠANA TAJĀS

1.1. Videospēļu attīstība

Videospēles mūsdienu izpratnē būtiski atšķiras no pirmajās uz digitālā datora veidotajām videospēlēm. Ideja par to, ka digitālās mašīnas – datori – varētu ne tikai tikt izmantoti priekš skaitļošanas, bet arī priekš izklaides jeb spēlēm, parādījās 1940. gados. Pirmās spēles tika izveidotas 1958. gadā, kas bija spēlē “tic-tac-toe” jeb latviešiem vairāk pazīstamas kā “desas” un tenisa spēle, kur 2 spēlētāji sit bumbu pāri tīklam [20]. Abas šīs spēles ir 2 spēlētāju spēles, kas spēlējamās uz viena datora spēlētājiem esot blakus viens otram. Jau pašos datoru pirmsākumos programmētāji ļoti lielu uzmanību veltīja datorspēļu rakstīšanai, jo tieši spēles ir tas, kas piesaista cilvēku uzmanību tādējādi piesaistot investīcijas un sabiedrības atbalstu.

Pasauli pārsteidza videospēle “Spacewar!”, ko 1962. gadā izgudroja MIT studenta Stīvs Rasels [21]. Šīs spēles darbināšanai un datora tika izmantoti pilnīgi visi skaitļošanas resursi, kas tolaik bija pieejami jaunajam PDP-1 datoram, balansējot uz limita [20]. Katrs līmenis bija atšķirīgs viens no otra, kas to padarīja interaktīvāku un interesantāku. Bet tikai retajam bija iespēja izmēģināt šo videospēli, jo PDP-1 dators pēc mūsdienu standartiem bija milzīgs un personīgai lietošanai mājas apstākļos tas nebija piemērots.

Daudz pieejamāku piekļuvi videospēlēm nodrošināja “Brown Box” jeb brūnā kaste, ko Ralfs Bērs un viņa komanda 1967. gadā izlaida pirmo prototipu. To varētu saukt par pirmo spēļu konsoli, jo tā saturēja no galvenās daļas un 2 vienkāršiem kontrolieriem, un to varēja pievienot televizoram. Uz šīs spēļu konsoles bija iespējams spēlēt galda tenisu, dambreti un 4 citas sporta spēles. Laika posmā no 1972. līdz 1975. gadam, kad šī konsole nonāca uz veikalu plauktiem, tika pārdotas aptuveni 300 000 konsoles [23].

Pirmā daudzspēlētāju videospēle, kur spēlētāji varēja spēlēt to kopā uz dažādiem ekrāniem bija 1973. gadā izlaistā spēlē ar nosaukumu “Empire”. Tajā varēja piedalīties līdz 8 spēlētājiem un tā strādāja uz PLATO tīkla sistēmas [23]. PLATO termināļiem bija jābūt savienotiem vienā tīklā, lai spēlētāji varētu spēlēt viens ar otru. Šī sistēma bija viens no pirmajiem soļiem ceļā uz tiešsaistes spēlēm.

Strauja videospēļu industrijas attīstība norisinājās 1980. gados, kad sāka parādīties tādas spēļu konsoles kā “Nintendo NES/Famicom” (1983. gads) un “Game Boy” (1989. gads) [22], kurās varēja ievietot atsevišķi nopērkamus kārtidžus, kas saturēja spēles kodu. Spēles kļuva

daudz sarežģītākas, bija komplicētas 2D vai 3D grafikas, neskaitāmi līmeņi, ko spēlēt varēja mēnešiem ilgi.

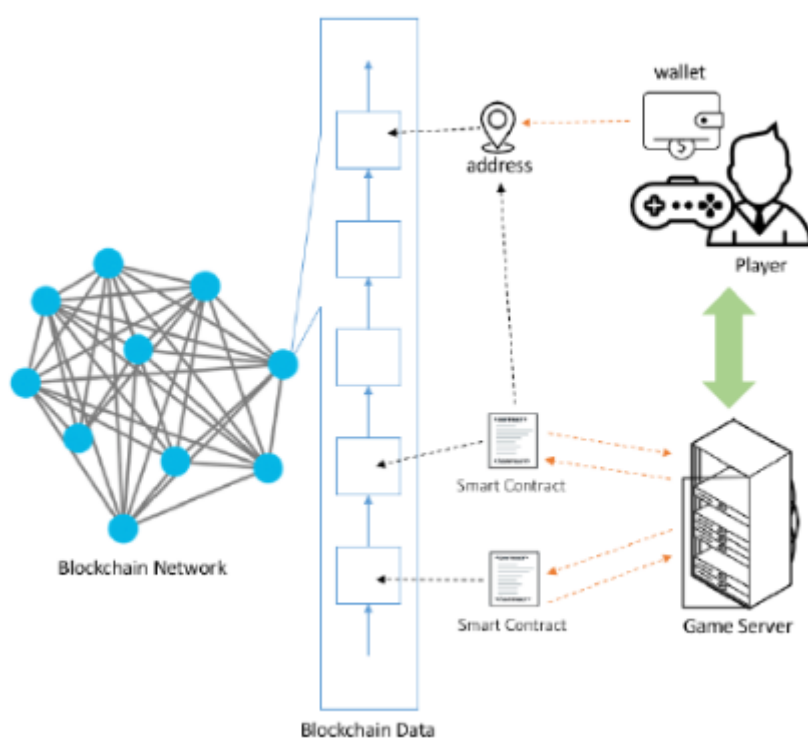
Jauna videospēļu ēra sākās 1990. gados, kad populārākas kļuva tiešsaistes videospēles. 1993. gadā līdz ar spēli “Pathway to Darkness”, kad tā lika pirmos stūrakmeņus mūsdienu LAN ballīšu tipa spēlēšanai, kur spēlētāji ar sederīgām konsolēm vai datoriem pievienojās kopējam LAN tīklam un varēja spēlēt kopā. Neilgi pēc tam 1996. gadā parādījās pirmais pirmās personas šāvēja tipa spēle “Quake”, kas bija milzīgs veiksmes stāsts, jo līdz 1999. gada decembrim tika pārdotas 550 000 spēles kopijas [24]. Līdz ar to sākās straujš videospēļu industrijas uzplaukums. Tā piesaistīja ļoti plašu sabiedrības daļu dažādos vecumos, un parādīja, ka datorspēles varbūt vairāk kā vienkārši izklaide. Tieši ar spēli “Quake” aizsākās pirmie videospēļu turnīri jeb e-sports [25]. Cilvēkiem bija ne tikai interesanti spēlēt to, bet arī skatītājiem vērot, kā to spēlē citi, profesionāli videospēļu spēlētāji, kas attiecīgās videospēles apgūšanai ir veltījuši īpaši daudz laika. E-sporta turnīru uzvarētājiem tika piedāvātas vērtīgas balvas, kas sniedza iespēju ar videospēļu spēlēšanu nopelnīt naudu vai citas balvas.

Videospēļu industriju mainīja viedtālrunu parādīšanās 2007. gadā, jo videospēļu spēlēšanai vairs nebija nepieciešams personālais dators vai spēļu konsole, kas ne visiem un ne vienmēr ir pieejami, bet tās varēja spēlēt telefonā, kas gandrīz ikvienam ir vienmēr līdzī un visur pieejams. To radīja iespējamu straujā mikroprocesoru un mobilo tehnoloģiju attīstība, kas ļāva tik mazā ierīcē ielikt tik daudz skaitļošanas jaudas. Jau 2015. gadā ienākumi no mobilajām spēlēm pārsniedza ienākumus no konsoļu pārdotajām spēlēm [23].

Jaunu posmu videospēļu attīstībā steidz ieviest blokķēžu tehnoloģija un NFT, kas jau ir sākušas savu gājieni videospēļu nozarē. Pirmā ievērojamā uz blokķēdes balstīta videospēle ir “CryptoKitties”, kas tika izlaista 2017. gadā. Spēle ir unikāla ar to, ka galvenie spēles elementi – virtuāli kaķi – katrs ir NFT, kas paver plašas iespējas to izmantošanai un realizēšanai ārpus spēles. Viens virtuālais kaķis 2018. gadā tika pārdots par 140 000 ASV dolāriem [26], kas rada vēl vienu naudas pelnīšanas veidu no videospēlēm – spēles atribūtu pārdošana ārējos tirgos, kas piesaista spēlētājus vēl iepriekš nepieredzētā veidā. Videospēles var spēlēt ne tikai lai izklaidētos, bet arī ar mērķi lai iegūtu spēles atribūtus, ko pēc tam var pārdot un gūt peļņu. Turklāt atšķirībā no e-sporta, kur konkurence ir milzīga un iespēja nopelnīt ir tikai pašiem labākajiem spēlētājiem pasaulē, videospēles ar NFT ļauj nopelnīt katram, arī iesācējiem.

1.2. Blokkēdes loma videospēlēs

Blokkēžu tehnoloģiju ieviešana videospēlēs nav revolucionārs solis, kas maina videospēļu galvenos principus vai spēlēšanas veidu. Blokkēdes tehnoloģijas var tikt pielietotas praktiski jebkurā līdz šim eksistējošā spēlē, kas kaut kādā veidā uzlabotu tās eksistējošu aspektu vai elementu, kas to dara tādā veidā, ka videospēle izmanto viedo līgumu, nosūtot API izsaukumus uz to, un tālāk viedais viedais līgums ieraksta datus blokkēdē, kas blokkēdē tiek dēvēta par transakciju (skat. 1.1. att).



1.1. att. Blokkēžu spēļu arhitektūra [27]

Pastāv dažādi veidi kā videospēlē integrēt blokkēdi, gūstot kādu labumu no tā. Izdalīsim 4 dažādas kategorijas, kā blokkēdes tehnoloģijas var tikt pielietotas videospēlēs [27]:

1. Noteikumu caurskatāmība.

Visas videospēles balstās uz iepriekš definētiem noteikumiem, kas spēlētājam ir jāizpilda, lai gūtu progresu vai uzvarētu spēlē. Šie noteikumi tradicionālās spēlēs ir ierakstīti spēles kodā un to izpildi garantē centralizēts spēles serveris. Lielākajai daļai spēļu tas ir pieņemami un nerada nekādas problēmas, bet vislielākās šaubas, par noteikumu korektu izpildi spēlētājiem var rasties spēlēs, kur spēles atribūtu vai pat īstas naudas laimēšana tiešsaistes azartspēlēs ir balstīta uz varbūtību. Spēles izstrādātāji var reklamēt lielāku

varbūtību laimēt, lai piesaistītu spēlētājus, un nav veida, kā spēlētāji par to varētu pārliecināties, ka spēles algoritms ir taisnīgs.

Ja videospēles galvenie noteikumi tiktu ierakstīti un realizēti izmantojot viedo līgumu, spēlētāji varētu pārliecināties par noteikumu korektumu, un būt droši par to, ka tie netiks mainīti un viedais līgums tos izpildīs atbilstoši tajā ierakstītajiem noteikumiem. Šāda noteikumu caurskatāmība uzlabotu spēļu uzticamību un pārliecinātu spēlētājus, ka, vai tā būtu virtuālas kastes atvēršana ar iespēju laimēt spēles atribūtu vai tiešsaistes kazino, šajās spēles notiek nekāda veida krāpšanās.

2. Atribūtu īpašumtiesības.

Mūsdienās ļoti daudzām spēlēm pastāv unikāli spēles atribūti, ko spēlētājs var iegūt savā īpašumā nopērkot tos pa īstu naudu vai nopērkot tos pa spēles virtuālo naudu, vai iegūstot to spēlējot attiecīgo spēli. Problēma ir tajā, ka visi spēles atribūti joprojām faktiski pieder spēlei, bet spēlētājs tos var lietot un redzēt spēles atribūtu glabātuvē. Spēlētājs legāli nevar pārdot spēles atribūtus citiem spēlētājiem par naudu, jo tas ir pret spēles noteikumiem. Kaut gan pastāv daudzas tīmekļa vietnes, kur spēlētāji pārdod spēles atribūtus vai spēļu kontus par īstu naudu, šādas darbības parasti ir aizliegtas un tas bieži rezultējas ar spēles konta bloķēšanu.

Darba autors pats ir sastapies ar šo problēmu ar videospēles "Rocket League" atribūtiem. Tur spēles atribūti ir mašīnas un to vizuāli uzlabojumi. Retākās riepas trešās pārdošanas puses tīmekļa vietnēs var sasniegt vairākus tūkstošus eiro, un spēlētāji tiešām ir gatavi tērēt tādu daudzumu naudas videospēlē, lai izceltos no citiem spēlētājiem vai palielinātu savas iespējas uzvarēt. Pastāv ļoti daudz spekulantu, kas gūst peļņu no cenu svārstībām vai apkrāpjot citus spēlētājus. Katrai spēlei, kura nodrošina spēles atribūtu apmaiņu starp spēlētājiem, pastāv savi ārējie trešās puses tirgi un cilvēki, kas uz to pelna, bet tas viss notiek nelegāli un ir risks visu zaudēt, ja spēles izstrādātāji uzzin par šīm nelikumīgajām darbībām. Spēles izstrādātāju interesēs ir kontrolēt spēles atribūtu tirgu un lai spēlētāji to iegūšanai veic naudas maksājumus spēles izstrādātājiem nevis citiem spēlētājiem.

Spēles atribūtu pārvēršana par NFT nodrošinātu legālu to tirdzniecību gan pašā spēlē, gan ārpus tās. Spēles izstrādātāji var piemērot komisijas maksu par spēles atribūtu darījumiem, tāpēc arī viņi gūtu labumu no tā. Turklāt spēlētājam piederētu pilnas īpašumtiesības pār spēles atribūtu, kas var tikt pārbaudīts blokkēdē, kas nodrošina, ka tas nevar pazust un spēlētājs ar to var brīvi rīkoties.

3. Atribūtu atkalizmantojamība

Tradicionālajās spēlēs atribūti, kas tiek iegūti spēlē, nevar tikt izmantoti ārpus spēles. Respektīvi tie ir paredzēti tikai spēlei, kurai tie ir sākotnēji paredzēti.

Blokķēdes padara iespējamu spēles atribūtiem, kuri tiek iegūti vienā spēlē, tikt atkal izmantotiem kādā citā spēlē vai lietojumprogrammā. Tā ir atvērta platforma, kur uz blokķēdes esošie atribūti, izmantojot viedos līgumos, var tikt iegūti, lai tos varētu izmantot citur. Piemēram, spēles avatārs, kas tika iegūts spēlē A, var tikt pārņemts un atkal izmantots spēlē B, izmantojot priekšrocības, ko sniedz blokķēdes, viedie līgumi un NFT.

4. Lietotāja veidots saturs

Daudzās videospēlēs spēlētāji var veidot savu saturu, līmeņus, avatārus, ko vēlāk publiski publicē spēles platformā, un to var izmantot vai lietot citi spēlētāji. Populārākais lietotāja veidotu saturu platforma ir "Steam Workshop", kur ir atrodams tūkstošiem spēlētāju veidots saturs simtiem dažādu videospēļu, kas ir pieejamas spēļu platformā "Steam". Šis lietotāja veidots saturs var būt gan bezmaksas, gan maksas, bet jebkurā gadījumā, satura veidotājam nav nostiprinātas īpašumtiesības pār viņa izveidoto saturu.

Blokķēdes ir piemērotas šīs problēmas atrisināšanai. Ja lietotāja veidotajam saturam tiktu izveidots, piemēram, NFT, kas apliecinātu šī satura unikalitāti un īpašumtiesības tās veidotājam, tas būtu liels solis ceļā uz šīs problēmas atrisināšanu.

1.3. Blokķēžu spēļu attīstība

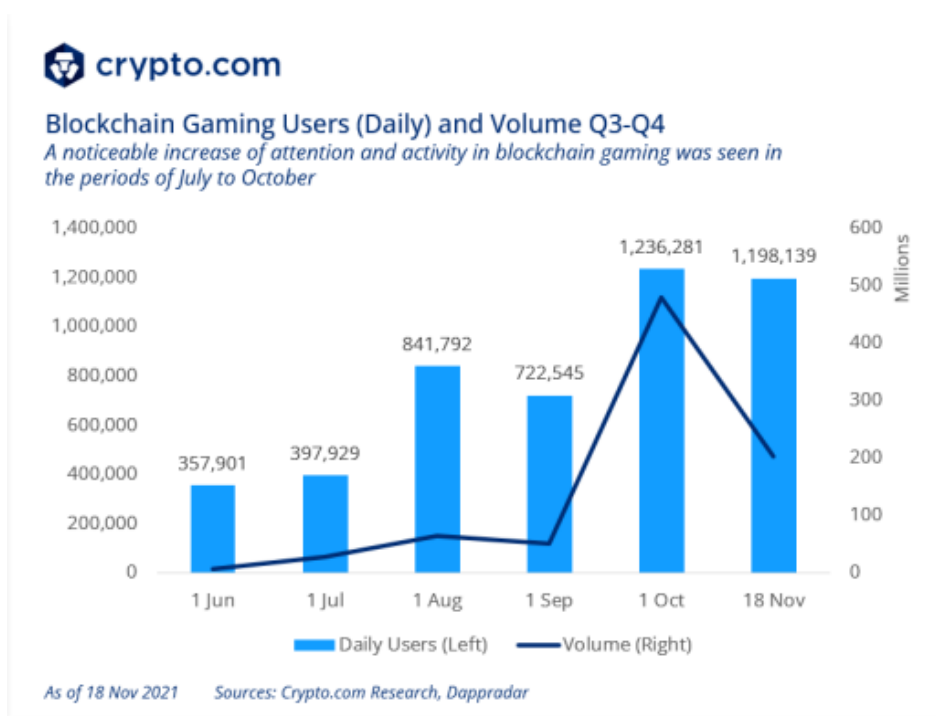
Pirmā ievērojamā spēle, kas tika izveidota balstoties uz blokķēdi bija spēle "Huntercoin". "Huntercoin" tika izlaista 2014. gadā un sākotnēji tika plānots kā 1 gada eksperiments, lai testētu blokķēdes tīkla spēju apstrādāt tūkstošiem transakciju reālā laikā. Šī spēle guva ievērojamus panākumus un vēl joprojām eksistē [44].

Galvenie šo spēļu spēlētāji ir kripto un blokķēžu entūziasti vai personas, kuras vēlas nopelnīt iegūstot un pārdodot NFT, tādējādi piekļūstot P2E (*Play to Earn*) jeb "spēlēt lai nopelnītu" biznesa modeli.

Blokķēžu spēles šobrīd lielākoties izstrādā mazbudžeta projektos, kur videospēles ir spēlējamās caur interneta pārluku, bet arī lielās videospēļu kompānijās kā "Ubisoft" un "EA Originals" sper savus pirmos soļus blokķēžu videospēļu adaptēšanā [35]. 2022. gada sākumā eksistē gandrīz 400 aktīvas blokķēžu spēles. Ar aktīvu spēli tiek saprasts tas, ka pēdējo 24

stundu laikā spēli ir spēlējis vismaz viens lietotājs. Salīdzinot ar datiem pirms gada, tas ir pieaugums par 92% [35].

Neskatoties uz to, pēc 2021. gada oktobra datiem, aktīvo virtuālo maciņu skaits blokķēžu spēlēs pārsniedza 1 miljonu, kas ir 121% pieaugums salīdzinot ar šī paša gada jūniju (skat. 1.2. att.). Vislielākā spēlētāju aktivitāte ir vērojama spēlē “Splinterlands”, kas pārsniedz 300 000 aktīvos spēlētājus.



1.2. att. Blokķēžu spēļu aktīvie lietotāji 2021. gada 3. un 4. ceturkšņos [34]

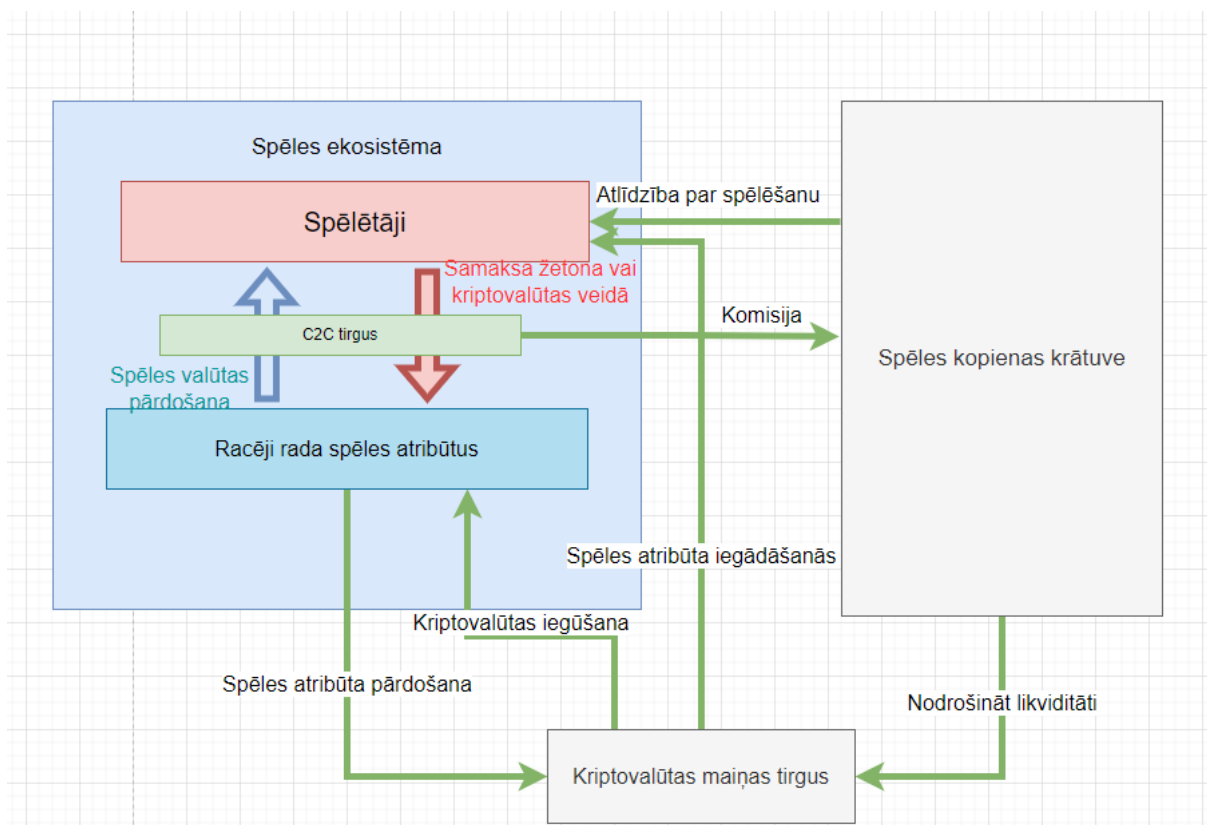
Runājot par naudas apgrozījumu no blokķēžu spēlēm, lai gan tas vēl ir zems salīdzinājumā ar tradicionālajām spēlēm, tas ir ievērojams un strauji turpina augt. 2021. gada 3. ceturksnī šīs spēles sasniedza ieņēmumus 2.32 miljardu ASV dolāru apmērā [36]. Vislielāko apgrozījumu NFT tirgošanā ir radījusi spēle “Axie Infinity”, kas 2021. gada pirmajā pusgadā sasniedza 2.5 miljardus ASV dolāru.

1.4. P2E biznesa modelis

Videospēļu pastāvēšanas laikā ir nomainījušies vairāki videospēļu biznesa modeļi – sākotnēji visas spēles maksāja naudu un tās bija no sākuma jānopērk, lai iegūtu spēles kopiju savā īpašumā. Ta bija vienreizēja samaksa, pēc kuras veikšanas, viss saturs spēlē tika atbloķēts.

Šo modeli 2010. gadu sākumā sāka pārņemt bezmaksas spēles, par kurām nebija jāmaksā, lai iegūtu savu spēles kopiju, bet tajās parādījās mikrotransakcijas. Spēlētājiem bija nepieciešams maksāt naudu, lai atbloķētu jaunus līmeņus, iegūtu papildu bonusus spēlē vai citus labumus. Parasti šīs spēles var spēlēt arī nemaksājot nekādu naudu, bet spēlētāji, kuri iegulda savus līdzekļus spēlē, gūst priekšrocības pār spēlētājiem, kuri to nedara.

2020. gadu sākumā strauju popularitāti guva “spēlēt lai nopelnītu” jeb P2E (*Play to Earn*) videospēļu biznesa modelis. Šī modeļa galvenās iezīmes ir, ka spēlētāji gūst materiālus ienākumus spēlējot spēli un spēles atribūti tiek turēti spēlētāja krypto maciņā un var tikt pārdoti citiem spēlētājiem. P2E modeļa pamatā ir spēles investīciju atgriešana atpakaļ spēlētājiem parasti ar NFT starpniecību, bet spēles izstrādātāji par spēlētāju darījumiem ar NFT saņem komisijas maksu.



1.3. att. P2E modeļa shēma [38]

Spēlētāji par spēlēšanu no spēles kopienas krātuves iegūst spēles valūtu vai žetonus, kas tiek saukta par atlīdzību par spēles spēlēšanu. Šo atlīdzību spēlētājs var izmantot, lai iegūtu jaunus spēles atribūtus savā īpašumā NFT veidā. NFT rada blokķēdes raķeji, un, tā kā NFT radīšana patērē resursus, spēlētājs netieši samaksā raķejiem par NFT izkalšanu ar iegūto atlīdzību no spēles spēlēšanas. Šī spēlētāju un raķeju apmaiņa savā starpā parasti notiek ar vienādranga C2C (*Consumer to consumer*) tirgus starpniecību. Katram darījumam tiek

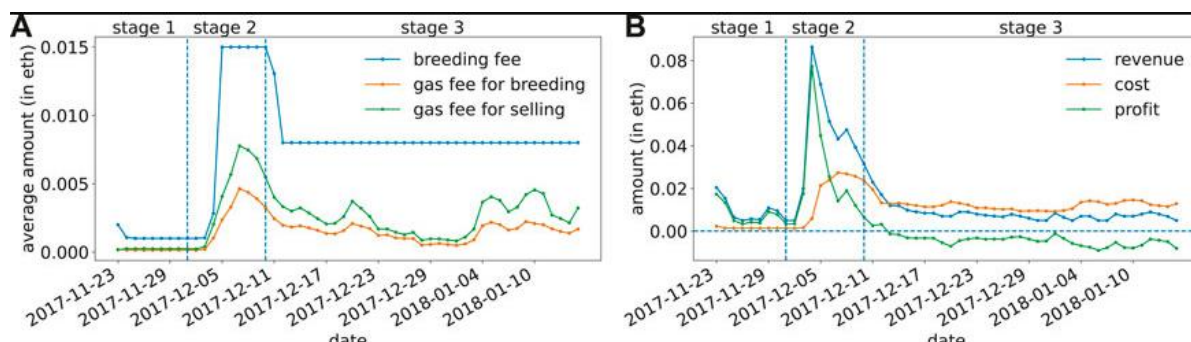
piemērota komisijas maksa, kas nonāk kopējā spēles kopienas krātuvē. Piemēram blokķēdes spēlē “Axie Infinity” tas tiek implementēts tā, ka, lai iegūtu galveno spēles atribūtu – Axie, kas ir NFT, spēlētājam ir jāsamaksā noteikts skaits spēles valūtas - SLP un žetonus – AXS [38].

Spēles atribūti – NFT – var tikt mainīti, pārdoti vai nopirkti ārējos kriptovalūtas maiņas tirgos jeb DEX (*Decentralized Exchanges*). Viens no šādiem tirgiem ir “Uniswap”. Tur ir iespējams samainīt Ether vai citu kriptovalūtu pret spēles žetoniem vai spēles atribūtiem – NFT.

1.5. Populārākās blokķēžu spēles ar NFT piesaisti

1.5.1. CryptoKitties

CryptoKitties bija pirmā uz blokķēdes balstīta videospēle, kas ieguva lielu popularitāti pasaulē. Šajā spēlē spēlētāji var barot, tirgoties ar virtuālajiem kaķiem, vairot tos, kas ir vienīgais spēles atribūts. Šī spēle piedzīvoja milzīgu uzplaukumu tās atklāšanas laikā, bet piedzīvoja arī ātru aktivitātes lejupslīdi. Kā galvenais iemesls straujajai lejupslīdei bija tas, ka bija pārāk liels virtuālo kaķu pieplūdums, kas samazināja to vērtību un kaķu pārdošana vairs nebija ienesīga (skat. 1.4. att.). Ikviens darbība ar virtuālo kaķi blokķēdē patērē gāzi, kas jāmaksā spēlētājam no saviem līdzekļiem. Ja gāze ir lielāka nekā virtuālo kaķu pārdošanas vērtība, spēlētājam tas kļūst neizdevīgi, un galvenā spēlētāju motivācija – iegūt peļņu no spēlēšanas – vairs nestrādā.



1.4. att. Virtuālo kaķu audzēšanas/ pārdošanas izmaksas (A) un ieņēmumi no virtuālo kaķu pārdošanas (B) [28]

Spēle balstījās uz Ethereum blokķēdes un izmantoja ERC-721 standartu NFT radīšanai. Tai tika radīti 5 viedie līgumi [28]:

1. Core – reģistrēt visus virtuālos kaķus un īpašnieku informāciju.

Spēlētājs var izsaukt “transfer” jeb maiņas funkciju, lai nodotu savu kaķi citam spēlētājam vai izsaukt “approve” jeb apstiprināšanas funkciju, lai atļautu citiem spēlētājiem iegūt viņa virtuālo kaķi. “Breed” jeb barošanas funkcija ieejā saņem 2 virtuālo kaķu adreses un jaunu virtuālo kaķi.

2. SalesAuction – virtuālo kaķu pārdošana ar mainīgu cenu.

Pārdevējs ievieto savu virtuālo kaķi pārdošanai ar sākuma cenu, gala cenu un cenas maiņas periodu. Ja kāds cits spēlētājs nopērk virtuālo kaķi, viedais līgums nodos kaķi pricēja īpašumā un līdzekļus ieskaitīs pārdevēja adresē. Spēles izstrādātājs iekasē komisijas likmi 3.75% apmērā no darījuma summas.

3. Offers – virtuālo kaķu pārdošana.

Pircējs sāk virtuālā kaķa pirkšanas procesu, nosūtot samaksu uz veido līgumu. Ja pārdevējs apstiprina piedāvājumu, kaķis tiek nodots pircējam un pārdevējs saņem samaksu. Spēles izstrādātājs iekasē komisijas likmi 3.75% apmērā no darījuma summas.

4. SiringAuction – virtuālo kaķu iznomāšana citiem spēlētājiem.

5. GeneScience – aprēķina gēnus jaunizveidotajiem virtuālajiem kaķiem.

1.5.2. Splinterlands

“Splinterlands” šobrīd, 2021. gada otrajā ceturksnī, ir vispopulārākā blokķēdes videospēle ar NFT piesaisti. Šo spēli izlaida 2019. gadā un šobrīd to spēlē 318 000 aktīvi spēlētāji [29]. Šī ir kāršu spēle, kur spēlētāji kolekcionē kārtis, kurām ir atšķirīgas īpašības – ātrums, uzbrukums, dzīvība - un īpašās spējas, un cīnās ar šīm kārtīm pret citiem spēlētājiem. Katra kārts ir NFT, kuras tiek pārdotas iekšējā spēles tirgū kā arī trešās puses tirgos – jo retāka, spēcīgāka kārts, jo vairāk šī kārts maksā. Kāršu cīņā svarīga ir arī kāršu kārtība un izvietojums, tāpēc ne vienmēr uzvar spēcīgākās kārtis. Spēli iesākt var bezmaksas, taču, lai pilnvērtīgi varētu spēlēt un pirkt kārtis, ir jāiemaksā 10 ASV dolārus [30]. Pati dārgākā kārts spēlē šobrīd sasniedz 85 069 ASV dolārus [31].

Spēle darbojas uz Hive blokķēdes, un tā kā tā ir decentralizēta platforma, spēli var spēlēt no jebkādas lietotnes vai tīmekļa vietnes, kam ir piekļuve Hive blokķēdei [30]. Parasti spēlētāji izmanto “Splinterlands” tīmekļa vietni ar ērti izveidotu tīmekļa saskarni. Hive ir blokķēde, kas izveidojusies no cietās dakšas (angļu val. hardfork) rezultātā no Steem blokķēdes. Hive izmanto deleģēto ieguldītās likmes daļas vienprātības mehānismu un sola 3 sekunžu bloka izveides

ātrumu, bezmaksas transakcijas, mērogojamību, personalizētus kontu nosaukumus un citus bonusus [32]. Hive blokķēde īsteno bezmaksas transakcijas tādā veidā, ka lietotājam ir jāiegulda blokķēdē tik daudz HIVE kriptovalūtas, cik pašam ir nepieciešams. Vidējam spēlētājam visticamāk nav jāiegulda HIVE kriptovalūtā, jo viņam ir ļoti zems transakciju skaits. Tas ļoti piesaista jaunus spēlētājus, jo to var sākt spēlēt bezmaksas, un tikai pēc tam, kad transakciju skaits pieaug, spēlētājam var nākties ieguldīt savus līdzekļus Hive blokķēdē [33].

1.5.3. Axie Infinity

“Axie Infinity” ir uz Ethereum blokķēdes balstīta videospēle, ko 2018. gadā izlaida kompānija “Sky Mavis”, bet īpašu popularitāti ieguva 2021. gada jūlijā [34]. Tā ir pokemonu stila cīnīšanās spēle, kur galvenais spēles elements ir multfilmu radības, kur katrs ir attēlots ar NFT, kurus spēlē sauc par “Axies” un kas ir ERC-721 tipa žetons. Katram “Axie” ir unikālas spējas, savas stiprās puses un vājības.

“Axie Infinity” ir balstīta uz Ronin blokķēdes, kas ir blakusķēde jeb paralēlā ķēde Ethereum blokķēdei. Ronin tika speciāli izveidota šai spēlei 2020. gadā, tāpēc ka spēles izstrādātāji saprata, ka Ethereum blokķēde ir pārāk lēna un dārga, lai apstrādātu visas transakcijas šāda mēroga videospēlei [39].

Spēlējot spēli var iegūt SLP (*Smooth love Potion*) ERC-20 žetonus, kuri tiek izsniegti par iesaistīšanos spēles cīņās un tos nevar nopirkt. Šie žetoni ir nepieciešami lai izveidotu “Axies”. Spēlē vēl pastāv AXS (*Axie Infinity Shard*) ERC-20 žetoni, kas dod tiesības spēlētājiem balsot par lēmumiem un nākamajiem soļiem spēles izstrādē, un padara spēlētāju par “Axie” ekosistēmas līdzīpašnieku [37]. AXS īpašniekiem ir tiesības saņemt savu daļu ienākumus no transakciju maksām, ko veic citi spēlētāji.

Lai sāktu spēlēt spēli ir nepieciešami vismaz 3 “Axies”, jo vienā cīņā savā starpā cīnās 3 pret 3 “Axies”. Lētākie “Axies” maksā aptuveni 12-15 ASV dolāru. Tātad, lai sāktu spēlēt spēlētājam vispirms ir jāiegulda aptuveni 40 ASV dolāru. Šī maksa ir nepieciešama, lai nepieļautu ļaunprātīgu spēles atlīdzību iegūšanu uz neīstiem spēles kontiem, kuru vienīgais mērķis ir gūt atlīdzību no spēles, neiegūstot savā īpašumā “Axies” [38].

1.6. Priekšnoteikumi veiksmīgai un ilgtspējīgai blokķēžu spēlei

Spēles, kas balstās uz blokķēdes un izmanto NFT, ir atšķirīgi priekšnoteikumi no tradicionālajām spēlēm, jo šajās spēlēs galvenais spēlēšanas motīvs ir gūt peļņu, un tie ir jāņem vērā spēles izstrādes laikā. Tālāk tiks izvirzīti galvenie priekšnoteikumi veiksmīgai un

ilgtspējīgai blokķēžu spēlei, kas galvenokārt gūti no spēles “Cryptokitties” kļūdām, kas noveda pie spēles popularitātes strauja krituma, jo tā spēlētājiem vairs nebija ienesīga [28].

Priekšnoteikumi veiksmīgai un ilgtspējīgai blokķēžu spēlei:

- Pieprasījuma un piedāvājuma līdzsvars.

Kā jebkurā tirgū arī spēles tirgū, kur notiek tirgošanās ar spēles atribūtiem, ir jābūt piedāvājuma un pieprasījuma līdzsvaram, lai tirgus būtu stabils. Ja īsā laikā strauji pieaug spēles atribūtu skaits tirgū, bet pieprasījums pēc tiem nav tik liels, rodas problēmas pārdod šos atribūtus. Ja atribūtu nevar pārdot par esošo cenu, vai nu ir jāsamazina cena, lai tas izceltos to pārējiem piedāvājumiem, bet tas var nozīmēt pārdošanu ar zaudējumiem, vai gaidīt neparedzami ilgu laiku līdz kāds nopirks spēles atribūtu no tirgus. Ja spēles atribūtu nevar pārdod ar peļņu pieņemamā laikā, spēlētājiem zūd interese par spēli, jo nav iespējams gūt peļņu.

- Ienesīgums pārdodot spēles atribūtus.

Tā kā spēlētāji spēlē blokķēdes spēles, lai gūtu peļņu, spēles atribūtu ienesīgums ir kritiski svarīgs. Lai spēlētājs savā īpašumā varētu iegūt spēles atribūtu, tam tas ir jāizkaļ, samaksājot blokķēdes darbināšanas izmaksas vai jānopērk tas no citiem spēlētājiem. Ja atribūta iegūšana vienā vai otrā veidā maksā vairāk nekā tā tirgus cena, spēlētājam ir neiespējami gūt peļņu no pārdošanas, tāpēc zūd jebkāda motivācija turpināt spēlēt attiecīgo spēli. Turklāt daļu no pārdošanas vērtības saņem spēles izstrādātājs kā komisijas maksu, kas vēl jo vairāk samazina spēlētāja gūto peļņu.

- Spēlētāju vienlīdzības uzturēšana.

Spēles ilgtspējīgai attīstībai ir svarīgs iespējami zems Džini koeficients jeb spēlētāju ienākumu no spēlēs vienlīdzīgs sadalījums. Ja spēle nonāk līdz stadijai, kad lielāko spēles bagātību – tās atribūtus – tur neliels skaits spēlētāju un gūst vislielāko peļņu, kamēr lielākā daļa ar grūtībām gūst jebkādu peļņu, tas ir slikts rādītājs spēlei un var novest pie spēlētāju aiziešanas no spēles. Ir jāmeģina nepieļaut šādu situāciju, kad spēlē ir daži lieli spēlētāji, kas kontrolē spēles atribūtu tirgu, kā tas bija spēlē “Cryptokitties” sākot ar 2019. gada nogali [28].

- Iespējami mazākas viedā līguma darbināšanas izmaksas.

Galvenie blokķēdes darbināšanas izmaksu ietekmējošie faktori ir blokķēdes izvēle, tās žetona cena un viedo līgumu optimizācija. Ja blokķēdes žetona, kā piemēram, Ether, cena strauji aug, un spēle izmanto Ethereum blokķēdi, izmaksas, lai veiktu darbības spēlē

proporcionāli augs, tāpēc blokķēdes izvēle ir kritiska. Tikpat kritiska ir arī viedo līgumu optimizācija, jo tas var vairākas reizes samazināt vai palielināt nepieciešamo gāzes apjomu. Jo mazākas būs gāzes apjoms, jo mazāk naudas aizies racējiem operāciju veikšanai un validēšanai, un no tā iegūs gan spēlētāji, gan spēles izstrādātāji.

2. IEVADS BLOKĶĒDĒS

2.1. Blokķēdes tehnoloģijas koncepts

Pirmo reizi par terminu “blokķēde” mūsdienu izpratnē pasaule uzzināja 2009. gadā, kad izstrādātājs ar pseidonīmu Satoši Nakamoto publiskoja Bitcoin, kas ir pirmā publiski pieejamā blokķēde. Blokķēdes tehnoloģija ir unikāla ar to, ka tai ir raksturīga izklidēta datubāze, kurā katrs tās mezgls satur savu datubāzes kopiju padarot to par decentralizētu sistēmu. Tā darbojas vienoti, komunicējot un nepārtraukti sinhronizējot datus jeb transakcijas savā starpā, lai nodrošinātu datu korektumu un integritāti. Mezgls blokķēdes tīklā parasti ir personālais dators, laptops vai jebkas, kas var pildīt servera lomu tīklā.

Blokķēdes pamatā ir vienota virsgrāmata, kas ir saraksts ar visām veiktajām transakcijām blokķēdē. Šis saraksts satur katras transakcijas dalībnieku vārdus pseido-anonīmā formā un viņu kriptovalūtas atlikumu [3]. Katram blokķēdes mezglam ir sava virsgrāmatas kopija, un jaunas transakcijas pievienošanas gadījumā viena mezgla virsgrāmatā, virsgrāmata tiek atjaunota visos tīkla mezglos pie nosacījuma, ja tīkls ir atzinis transakciju kā derīgu.

Blokķēde sastāv no blokiem, kas ir saistīti savā starpā kā saistītais saraksts, kur katrs nākamais bloks satur jaucēj kodu no iepriekšējā bloka satura, kas ir iegūts bloka saturam pielietojot visbiežāk SHA-256 jaucējfunkciju, kas ir kolīziju droša un determinēta jaucējfunkcija, kas nozīmē, ka no iegūtā jaucēj koda nav iespējams atjaunot sākotnējos datus, kam tika pielietota jaucējfunkcija [4].

Katrs bloks sastāv no mainīga skaita transakcijām – Bitcoin bloka vidējais skaits transakciju tajā ir aptuveni 1300 [5]. Lai transakcija tiktu pievienota blokā, tā tiek autentificēta tīklā – tas notiek izmantojot kriptogrāfiskas atslēgas, kas identificē lietotāju un ļauj tam pievienot transakciju blokķēdē no sava konta digitāli parakstot to ar savu atslēgu. Kriptogrāfiskās atslēgas ir lietotāja publiskā un privātā atslēga, kuras katram lietotājam ir unikālas [6].

Lai jaunais bloks ar transakcijām tiktu pievienots blokķēdei, visi tīklā esošie mezgli veic bloka validāciju. Validācijas process blokķēdē notiek izmantojot konsensus jeb vienprātības mehānismu. Visizplatītākie vienprātības mehānismi, kādus izmanto blokķēdēs ir darba pierādījums (angļu val. Proof of Work) un ieguldītās daļas pierādījums (angļu val. Proof of Stake).

Darba pierādījuma vienprātības mehānismu izmanto lielākās kriptovalūtas kā Bitcoin un Ethereum. Šī vienprātības mehānisma galvenā ideja ir tāda, ka tīkla mezgliem – racējiem - ir jāuzmin konkrēts jaučējkods, kas atbilst bloka jaučējkodam, kas iegūts pielietojot jaučējfunkciju bloka saturam [7]. Racēji nepārtraukti sacenšas savā starpā par to, kurš pirmais uzminēs pareizo jaučējkodu, jo par to racējs saņem atlīdzību kriptovalūtā. Atrast derīgu jaučējkodu blokam ir sarežģīts, matemātisks darbs, kas patērē laiku un lielus resursus. Kamēr atrast jaučējkodu ir grūts darbs, pārbaudīt, vai jaučējkods ir atbilstošs var viegli. Tieši to dara pārējie tīkla mezgli kad kāds mezgls ir atradis derīgu jaučējkodu, un, lai jaunais bloks tiktu pievienots blokķēdē, to pārbauda pārējie mezgli un, ja tā pareizumu apstiprina vismaz 51% tīkla mezglu, jaučējkods blokam ir validēts, un tas tiek pievienots blokķēdei.

Ieguldītās daļas pierādījuma vienprātības mehānismā atšķirībā no darba pierādījuma mehānisma tīkla mezgli nevis sacenšas savā starpā par to, kuram ir lielāka skaitļošanas jauda, lai ātrāk atrastu jaučējkodu, bet tīkla mezgls, kuram būs tiesības veidot nākamo bloku tiek izvēlēts balstoties uz kriptovalūtas daļu, ko mezgls ir ieguldījis tīklā [8]. Jo lielāku kriptovalūtas daļu tīkla mezgls ir ieguldījis tīklā, jo lielāka iespēja tam ir tikt izvēlētam kā nākamajam, kas veidos jaunu bloku, un varēs saņemt atlīdzību par to.

2.2. Viedie līgumi

2.2.1. Vispārējs apraksts

Viedie līgumi ir radīti, lai aizvietotu tradicionālos līgumus ar palielinātu drošību un uzticamību. Viedie līgumi nodrošina drošu un uzticamu automātisku līgumu izpildi, ko veic datoru programma. Viedie līgumi tāpat kā tradicionālie līgumi balstās uz noteikumiem un priekšnosacījumiem, kurus jāizpilda abām pusēm, lai līgums stātos spēkā. Viedā līguma gadījumā šie noteikumi ir aprakstīti koda veidā, kas tiek izpildīts un saglabāts blokķēdē [9].

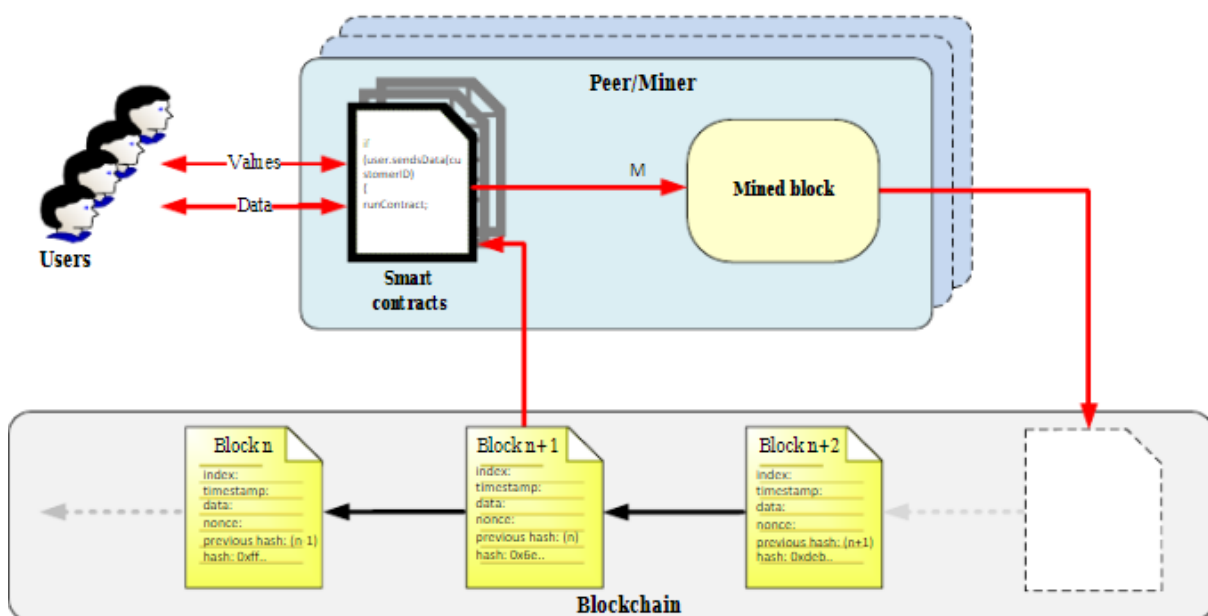
Viedo līgumu priekšrocības ir, ka tas spēj automātiski izpildīties, tas ir semantiski stingrs, drošs un neapturams. Viedajam līgumam nav nepieciešams vidutājs – iesaistītās puses viedajā līgumā uzticas pašam viedajam līgumam, ka tas pēc iepriekš zināmiem priekšnosacījumiem, spēs automātiski izpildīties un ,pateicoties blokķēdei, tas ir droši, uzticami, nemaināmi un neatgriezeniski. Viedais līgums blokķēdē ir caurskatāms – tā kods ir publisks un pārbaudāms, kas nozīmē, ka interesējošās puses var pārbaudīt viedā līguma izpildi un priekšnosacījumus tā izpildei.

Pirmo reizi viedo līgumu šādā izpratnē pielietoja 1990. gados, kad datorzinātnieks Niks Zābo salīdzināja to ar tirdzniecības automātu – ja automātā, kurš pārdod dzērienu pudeles, iemet

vienu dolāru, automātām ir jāizsniedz dzēriens un atlikums, vai gadījumā, ja izvēlētais dzēriens ir izpārdots, tam ir jāpiedāvā alternatīvas iespējas. Šādā veidā mašīna var automatizēt dzērienu pārdošanu bez cilvēka iesaistes kā vidutājam. Tieši šādu pašu ideoloģiju izmanto viedie līgumi, taču tie var automatizēt praktiski jebkādu darījumu [9].

Viedā līguma izpilde (skat. 2.1. att.):

1. Viedā līguma apraksts tiek uzrakstīts kā programmas kods un saglabāts blokķēdē.
2. Viedā līgums tiek izpildīts tad, kad viedā līguma ieinteresētās puses izpilda priekšnosacījumus, kas ir definēti kodā.
3. Viedā līguma izpildes rezultātā viedais līgums pārsūta žetonus no vienas adreses uz citu, un šī transakcija tiek ievietota blokķēdē.



2.1. att. Viedā līguma izpilde [11]

2.2.2. Funkcionalitāte

Visizplatītākie viedo līgumu lietošanas piemēri [12]:

- daudzparakstu konti – līdzekļi no viena konta uz citu var tikt pārsūtīti tikai tad, kad nepieciešamais daudzums lietotāji ir to apstiprinājuši,
- finansiālu līgumu kodēšana – līguma noteikumu ieprogrammēšana viedajā līgumā. Piemēram, noteikumi, kam jāiestājas, lai persona saņemtu apdrošināšanas atlīdzību,

- līgumi, kas atkarīgi no ārējās pasaules – ar orākuļu palīdzību, datus no ārējiem avotiem ir iespējams iegūt un izmantot blokķēdes lietotnēs,
- glabātuve – glabāt dažāda veida informāciju viedajā līgumā.

2.2.3. Implementācijas/ izstrādes īpatnības

Viedais līgums praktiski ir koda rindas ievietotas noteiktā vidē, tāpēc viedā līguma kvalitāte ir tiešā veidā atkarīga no programmas koda kvalitātes un vides jeb platformas īpatnībām. Populārākā viedo līgumu platforma šobrīd ir Ethereum, bet tā nav vienīgā platforma un citām platformām ir zināmas priekšrocības pār Ethereum platformu. Ethereum platformas lielākā priekšrocība un trūkums ir tās lielā popularitāte – tās izmēri un Ether žetona lielā vērtība to padara drošāku, bet tas ievērojami palielina arī darbināšanas izmaksas.

Izvēloties blokķēdi, uz kuras izvietot viedos līgumus, ir jāņem vērā šādi faktori [14]:

- darbināšanas izmaksas – katrai blokķēdei ir maksa par transakciju pievienošanu blokķēdē jeb darbināšanas izmaksas, ko mēra nosacītās vienībās.. Katrai blokķēdei tās var būt ļoti atšķirīgs – Ethereum blokķēdei šīs vienības sauc par gāzi, un šai blokķēdei gāzes izmaksas ir vienas no lielākajām, bet pastāv daudzas citas blokķēdes, kā piemēram Polygon, kam gāzes izmaksas ir vairākus desmitus reižu mazākas [15]. Arī žetonu apmaiņa, manipulācijas ar tiem maksā, tāpēc blokķēdes lietošanas izmaksas ir ļoti svarīgs faktors.
- DeFi ekosistēma – tā ir decentralizēta finanšu sistēma, kas ir realizēta vienādranga finanšu tīkliem, kas izmanto drošības protokolus, savienojumus un speciālu programmatūru. Lietojumprogrammas, kas izmanto DeFi ekosistēmu, sauc par “dApps”, kas ir decentralizēta lietojumprogramma. Ar tām var ērtā veidā mijiedarboties ar blokķēdi. Ir svarīgi, lai blokķēdei būtu atbalsts žetonu apmaiņai, aizdošanai, NFT turēšanai, lai to varētu daudzējādi un pilnvērtīgi izmantot.
- Aktīva sabiedrība – ja blokķēdei ir liels sabiedrības daudzums, kas to izmanto katru dienu, un par to ir liela interese no izstrādātāju puses, tas ir rādītājs, ka blokķēde ir aktīva, tiek uzturēta un attīstās.
- Drošība – blokķēdes, kas ir lētas lietošanā, ir jaunas un nav pārbaudītas, ir liels risks, ka tā nav droša. Zemas darbināšanas izmaksas var piesaistīt automatizētus viltus lietotājus, kas var noslogot blokķēdi un padarīt to nelietojamu. Dažas blokķēdes var būt krāpnieciskas, kas uzdodas par drošām un uzticamām

blokķēdēm, bet pēc laika pārtrauc savu darbību un pazūd, atstājot investorus bez ieguldītajiem līdzekļiem un iespējas tos atgūt.

Viedie līgumi visbiežāk tiek rakstīti izmantojot tādas programmēšanas valodas kā Solidity, Web Assembly un citas [9]. Viedais līgums Ethereum blokķēdē ir Ethereum konta tips. Tam ir sava bilance un tas, tā pat kā jebkurš cits blokķēdes konts, var sūtīt transakcijas blokķēdē [10].

Lai izstrādātu viedo līgumu un to lietotu, ir jāseko šādiem soļiem [12]:

- izstrādātājs uzraksta kodu viedajam līgumam,
- izstrādātājs ievieto viedo līgumu blokķēdes tīklā, piemēram Ethereum tīklā,
- ikviens blokķēdes tīklā var darbināt viedo līgumu, norādot tā adresi izpildot viedā līguma nosacījumus.

2.2.4. Darbināšanas izmaksu veidošanās

Ikviena operācija ar viedajiem līgumiem patērē noteiktus resursus, kas ir maksa racējiem par transakciju validēšanu, lai segtu elektrības un aparatūras izmaksas. Darbināšanas maksa ir galvenais dzinējspēks blokķēdes tehnoloģijas darbībai, un, tā kā darbināšanas maksu maksā kriptovalūtā, kas ir konvertējama īstā naudā, iespējami mazākas izmaksas viedā līguma darbināšanai ir izšķirošs faktors to izmantošanā.

Darbināšanas izmaksas aprēķina pēc formulas:

Darbināšanas izmaksas = gāzes vienības * gāzes vienības cena. Gāzes vienības ir nepieciešamais skaitļošanas apjoms, bet gāzes vienības cena ir blokķēdes žetona vienības cena, kas tiek pielietota gāzes izmaksu aprēķināšanai. Gāzes vienības cenu nosaka blokķēdes žetona jeb kriptovalūtas tirgus cena transakcijas izpildes brīdī, bet gāzes vienību daudzums ir atkarīgs no daudziem faktoriem - tīkla noslogojuma, bloka lieluma un nepieciešamās skaitļošanas jaudas.

Tīkla noslogojums būtiski ietekmē nepieciešamo gāzes vienību apjomu, jo racēji blokķēdes tīklā izvēlas, kuras transakcijas nākamās ievietot blokķēdē. Tā kā blokķēdes apstrādājamo transakciju skaits laika vienībā ir ierobežots, ja tīkla noslogojums ir liels, racēji prasīs vairāk gāzes vienību un dos priekšroku tām transakcijām, kuras maksās vairāk gāzes vienību un dos lielāku piemaksu gāzes vienībās, bet mazas tīkla noslodzes gadījumā racēji pieņemts transakcijas ar mazāku gāzes vienību limitu un mazāku piemaksu. Gāzes vienību

piemaksa šajā gadījumā ir papildus gāzes vienību skaits, ko lietotājs izvēlas maksāt racējam, lai transakcija tiktu prioritizēta salīdzinājumā ar transakcijām ar mazāku piemaksu.

Bloka lielums, piemēram, Ethereum blokķēdē ir 15 miljoni gāzes vienību, kas ir mērķa lielums, bet tas var sasniegt pat 30 miljonu gas vienību [52]. To veido kopējā transakciju gāzes vienību summa, kas ievietojama blokā. Ja bloka izmēru palielinātu, vairāk transakciju varētu nonākt vienā blokā, kas palīdzētu tīkla noslogojumam, bet bloku apstrāde un to validēšana tiktu apgrūtināta lielo izmēru dēļ.

Nepieciešamā skaitļošanas jauda ir proporcionāla gāzes vienību apjomam, jo tas lielā mērā ietekmē skaitļošanas apjomu, kas jāveic racējiem, lai apstrādātu transakciju un ievietotu to blokā. Jo mazāks skaitļošanas apjoms nepieciešams, respektīvi, ja viedā līguma funkcijas nav komplikētas un ir optimizētas, jo mazāku gāzes vienību apjomu prasīs racēji transakcijas apstrādei.

2.2.5. Darbināšanas izmaksu optimizēšana

Gāzes vienības cenu ietekmēt nevar, tā ir atkarīga no blokķēdes žetona cenas, bet var ietekmēt nepieciešamās gāzes vienību apjomu. Ir daudzi paņēmieni un ieteikumi, kā maksimāli samazinātu nepieciešamo gāzes vienību apjomu viedā līguma darbināšanai:

- Pati dārgāka operācija blokķēdē ir datu glabāšana, tāpēc viedajam līgumam būtu maksimāli jāsamazina tā glabātais datu apjoms. Piemēram, dati, kurus nepieciešams glabāt ierobežotu laiku nepieciešams glabāt īstermiņa atmiņā, kas tiek dzēsta līdz ar viedā līguma funkcijas izpildi.
- Starprezultātus funkciju izpildes laikā, atmiņas taupīšanas nolūkos, nav ieteicams glabāt blokķēdē, bet izmantot īstermiņa atmiņu vai steku, un blokķēdē glabāt tikai gala rezultātus [49].
- Ethereum tīklā mazākais atmiņas apjoms, ko iespējams piešķirt, ir 256 biti. Atmiņa sastāv no nepārtrauktiem blokiem, kur katrs ir 256 bitus liels, tāpēc, ja mainīgais pārsniedz 256 bitus, tas aizņems daļu vietas no nākamā bloka. Lai samazinātu nepieciešamo atmiņu mainīgo glabāšanai, ir ieteicams izmantot speciālu tehniku, ko sauc par mainīgo pakošanu. Tas nozīmē to, ka atmiņā blakus ir jāraksta tie mainīgie, kuri var ietilpt vienā blokā. Piemēram, ja ir 3 mainīgie, kuri aizņem attiecīgi 128, 256 un 128 bitus, abus 128 bitu mainīgos ir jāglabā pēc kārtas, lai tie ietilptu vienā blokā, un pēc tam 256 bitu mainīgo, kas viens aizņems pilnu bloku. Tādējādi, Ethereum virtuālā mašīna, var iepakot 2 mainīgos vienā atmiņas blokā un, kad būs nepieciešams

lasīt vai rakstīt, virtuālā mašīnā spēs apvienot šos mainīgos 1 operācijā, kas ietaupīs nepieciešamo gāzes apjomu [50].

- Lai glabātu boolean tipa mainīgos, kas aizņem 1 bitu, ir lētāk, izmantojot funkcijas, tos iepakot vienā mainīgajā, nekā izmantot papildus atmiņas blokus, lai glabātu tos atsevišķi.
- Atmiņas taupīšanas nolūkos ir ieteicams izmantot datu tipu “uint128” vai mazāku, vai citos gadījumos “uint256”, bet nav ieteicams izmantot “uint*” tipa mainīgo, jo tas vispirms tiek konvertēts uz “uint256”, kam nepieciešams papildus gāzes apjoms. Lai apstrādātu sarakstus, ieteicams izmantot “mapping” datu tipu masīva vietā, jo “mapping” datu tips ir pakojams un iterējams [49].
- Struktūras vienmēr sākas jaunā atmiņas blokā, bet to sastāvdaļas var tikt sapakoti kā parasti mainīgie. Tāpēc ir ieteicams struktūras mainīgos deklarēt ar atsevišķām operācijām nevis vienā operācijā. Piemēram, struktūras inicializāciju vienā komandā:

```
Point storage p = Point(0, 0);
```

ir ieteicams aizstāt ar [51]:

```
Point storage p = Point()  
p.x = 0;  
p.y = 0;
```

- Lai samazinātu gāzes apjomu, ir jāizvairās no nevajadzīga koda jeb predikātiem, kas vienmēr ir nepatiesi, jo Solidity kompilators to neoptimizē.
- Ciklos jāizmanto iespējami mazāk atmiņas izmantošanas un sarežģītus aprēķinus, un ieteicams tos optimizēt un iznest ārpus cikla. Vairākus ciklus vajadzētu apvienot vienā, lai samazinātu baitkoda izmērus. Ja cikla iterācijās iegūtais rezultāts atkārtojas, jāizmanto iepriekš aprēķinātais rezultāts, lai samazinātu nepieciešamos aprēķinus [49].
- Jāizmanto fiksēta izmēra mainīgie, nevis dinamiska izmēra. Ja tomēr ir nepieciešams dinamiska izmēra masīvs, funkcijas vajag strukturēt tā, lai tās pievienot vērtības masīvā, nevis atņemtu, jo masīva garuma palielināšanai nepieciešams mazāks gāzes apjoms nekā tā samazināšanai [50].
- Mainīgos ir ieteicams inicializēt – piešķirt tiem vērtību to izveidošanas laikā [49].

- Ir iespējami jāsamazina ārējo funkciju izsaukumi jeb izsaukumi uz citiem viedajiem līgumiem. Labāk veikt vienu izsaukumu, kas paveic vairākas darbības nekā vairākus, sadalītus izsaukumus.
- Saucot funkcijas viedā līguma kodā, ir ieteicams izmantot iekšējās funkcijas, kur parametri tiek nodoti pēc references nevis publiskās funkcijas, kur visi parametri tiek dublēti atmiņā.
- Programmēšanā labā prakse ir sadalīt atsevišķas darbības atsevišķās funkcijās, bet, rakstot viedos līgumus, jo mazāk funkciju, jo mazāks gāzes apjoms nepieciešams. Turpretī apjomīgas funkcijas sarežģīt testēšanu un uzturamību, tāpēc ir jāatrod kompromiss starp funkciju daudzumu un to sarežģītību.
- Viedā līguma baitkoda izmērus samazina bibliotēku izmantošana savu funkciju rakstīšanas vietā, jo bibliotēkas fiziski nepievienojas viedā līguma baitkodam. Tomēr bibliotēku, kas faktiski ir citi viedo līgumi, izsaukšanai nepieciešamas gāzes vienības, tāpēc ir jāatrod kompromiss starp bibliotēku lietošanu un savu funkciju rakstīšanu, un triviālām darbībām ieteicams neizmantot bibliotēkas [49].
- Ja loģiskajās operācijās ir vairākas loģiskas izteiksmes, tās jāsakārto tā, lai ar pēc iespējas mazāku varbūtību tiktu izvērtēta nākamā izteiksme, lai samazinātu nepieciešamo skaitļošanas jaudu [49].
- Solidity ļauj definēt vairākus mainīgos vienā operācijā un, ja tas ir iespējams, izvairīties no katra mainīgā definēšanu atsevišķā instrukcijā.
- Tā kā Solidity atbalsta dinamiskos datu tipus, tos mainīgos, kas vairs netiek izmantoti, nepieciešams izdzēst no atmiņas ar operāciju “delete”. Veicot šo operāciju, kad atmiņa tiek atbrīvota, tās izsaucejs var saņemt gāzes atmaksu [49].

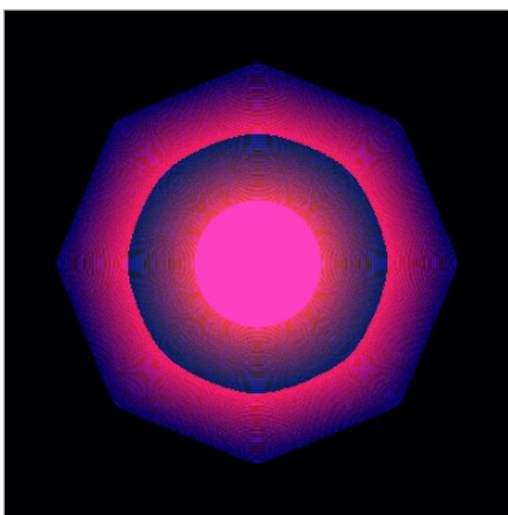
2.3. Neaizstājami blokķēžu žetoni (NFT)

2.3.1. Vispārējs apraksts

NFT jeb neaizstājami blokķēžu žetoni ir digitāls aktīvs, kas attēlo kādu reālās dzīves objektu kā māksla, mūzika, videospēles objekts un daudz kas cits [16]. Ja vien objekts, vai fizisks vai digitāls, eksistē, tas var tikt attēlots ar NFT. Ja lietotājam pieder NFT, viņam ir faktiski pieder īpašumtiesības uz attiecīgo objektu. NFT katrs ir unikāls ar savu identifikatoru un katrs attēlo kādu unikālu reālās pasaules objektu. Mūsdienās daudzi NFT attēlo digitālus

objektus, kas jau eksistē, piemēram, klipi no sporta spēlēm, visiem publiski pieejami attēli, bet ir cilvēki, kas vēlas iegūt īpašumtiesības uz objekta oriģinālu. NFT iekļauj digitālu autentifikāciju, kas kalpo kā autortiesību pierādījums [16].

NFT pastāv jau kopš 2014. gada, kad digitālais mākslinieks Kevins Makojs izveidoja pirmo NFT ar nosaukumu “Quantum” uz Namecoin blokķēdes. “Quantum” ir digitāls attēls ar pikselētu astoņstūri, kas maina krāsas un pulsē (skat. 2.2. att.).



2.2. att. NFT “Quantum” [17]

NFT eksistē blokķēdē un līdzinās kriptovalūtai, bet galvenā atšķirība ir tas ir neaizstājams. Kriptovalūtas ir aizstājamas un var tikt pārdotas vai apmainītas, jo tā pat kā nauda, kriptovalūta nav unikāla – dolāram vai bitkoinam nav unikālu īpašību, kas to atšķirtu vienu no otra. Bet katram NFT ir digitāls paraksts, kas padara par neiespējamu to apmainīt pret tādu pašu NFT. Katrs NFT ir unikāls un neaizstājams, tāpēc nevar tikt aizvietots ar tādu pašu NFT.

2.3.2. Žetonu standarti

Žetonu standarti apraksta principus, kas ļauj tiem funkcionēt un kā izveidot NFT balstītu uz attiecīgās blokķēdes protokola. Visvairāk izmantotā blokķēde NFT viedošanai ir Ethereum, tāpēc NFT lielākoties izmanto Ethereum blokķēdes žetonu standartus tādus kā ERC-721, kurš ir visvairāk izmantotais standarts, bet pastāv arī ERC-998 un ERC-1155 žetonu standarti. [40]. Bieži izmantots Ethereum žetonu standarts ir ERC-20, bet šis nav NFT standarts, bet gan aizstājamu žetonu standarts uz Ethereum blokķēdes.

ERC-721 standarts ir pielietojams žetonam, kas apzīmē vienu noteiktu objektu. Žetonam ir meta dati un ir spējīgs uzkrāt transakciju vēsturi. Tas definē interfeisa minimālo funkcionalitāti viedajam līgumam, lai NFT varētu tikt pārvaldīts un nodots citiem īpašniekiem. ERC-721 galvenais mērķis ir reģistrēt īpašumtiesības uz objektu. Svarīga EC-721 standarta

funkcionalitāte ir, ka, tā kā tas var glabāt transakciju vēsturi, tam var pievienot funkcionalitāti, ka ar katru attiecīgā NFT pārdošanas darījumu, tas spēj atvieglot honorāru maksājumus komisijas maksas veidā, piemēram, NFT sākotnējam īpašniekam [40].

ERC-1155 standarts visbiežāk ir pielietojams žetonu kolekcijām, kas var sastāvēt gan no aizstājamiem, piemēram kā ERC-20 žetoniem, gan no neaizstājamiem, piemēram kā ERC-721 žetoniem. Ar šo standartu ir iespējams pārvaldīt neierobežotu skaitu žetonu vienā transakcijā. Atšķirībā no ERC-721, tas neglabā transakciju vēsturi, bet to spēj katrs individuālais žetons, kas ir iekļauts ERC-1155 standarta žetonu kolekcijā [40].

Līdzīgas žetonu standartu alternatīvas ir arī citām blokķēdēm, piemēram, Binance Smart Chain blokķēdei ir savi BEP-721 un BEP-1155 žetonu standarti, kuriem ir dažas atšķirīgas vai pievienotas īpašības salīdzinot ar Ethereum ERC alternatīvām, bet idejiski tie ir paredzēti tam pašam nolūkam. Šādu nosaukumu pieeju izmanto daudzas blokķēdes, kurās ir implementēti žetonu standarti, lai būtu vieglāk atpazīstami ar asociācijām no Ethereum ERC standartiem.

2.3.3. NFT izstrāde

Lietojot pareizos rīkus, ikviens var izveidot NFT. Pirmkārt, ir jāizvēlas objekts, kam veidot NFT. Tas var būt jebkāds multimediju fails, foto, teksts vai video. Arī videospēles virtuāls objekts var būt NFT. Pašu NFT veidošanas procesu sauc par kalšanu. Kalšana ir digitāla priekšmeta pārvēršana aktīvā, kas tiek ievietots blokķēdē.

Unikālu un neatkārtojamo NFT padara ERC-721 standarts, kurš piešķir katram NFT savu kriptogrāfisku parakstu.

Ir pieejami 2 veidi, kā izveidot savu NFT – uzrakstot video līgumu, kas izkals NFT vai izmantot NFT tirgus kontu, piemēram OpenSea, kas izkals NFT bez nepieciešamības rakstīt video līgumu.

2.3.3.1. NFT izstrāde rakstot video līgumu

NFT var izstrādāt rakstot viedos līgumus, kuri izkaļ NFT. Vispopulārākā platforma šādiem viedajai līgumiem ir Ethereum blokķēde, un, lai izkaltu NFT uz Ethereum blokķēdes, ir jāizveido ERC-721 viedais līgums. NFT uz Ethereum blokķēdes var izveidot dažādos veidos, bet viens no variantiem, kur ir aprakstīti galvenie soļi NFT izstrādei uz Ethereum blokķēdes ir sekojoši [19]:

1. Jāsavienojas ar Ethereum tīklu. Ir iespējams savienoties ar blokķēdi bezmaksas izmantojot Alchemy lietotni, kas monitorē nosūtītās transakcijas uz blokķēdi.

2. Izveidot lietotni. Alchemy kontā ir jāizveido jauna lietotne, kas ļaus sūtīt pieprasījumus uz Ropsten testa tīklu. Ropsten tīkls ir blokķēde, netiek ieguldīta īsta nauda, jo tā paredzēta testa nolūkos.
3. Jāizveido Ethereum konts jeb virtuālais maciņš. Šim solim visērtākais ir spraudnis “MetaMask”, ko var lietot interneta pārlūkprogrammā. MetaMask maciņā ir jāsavienojas ar Ropsten testa tīklu.
4. Jāpievieno Ether savā maciņā. Lai izvietotu viedo līgumu uz blokķēdes, būs jāsamaksā blokķēdes darbināšanas maksa, tāpēc ir nepieciešams papildināt virtuālo maciņu ar kriptovalūtu. Tam var tikt izmantots “FaucETH”, kurā ievadod savu Ropsten tīkla adresi, uz to tiks pārsūtīta kriptovalūta. Šī kriptovalūta nav īsta un ir paredzēta testa nolūkos.
5. Jāizveido jauns Hardhat projekts. Jāizveido projekta direktorijs un jāinicializē projekts izmantojot npm pakešu pārvaldnieku. Jāuzinstalē uz datora Hardhat izstrādes vide un jāpievieno tas iepriekš izveidotajā projekta direktoriņā.
6. Jāraksta viedais līgums. Pirms sākt darbu ir jāimportē OpenZeppelin viedā līguma klases, jo NFT ir jāsaturs ERC-721 standarts, un šajās klasēs ir visas nepieciešamās metodes ERC-721 standarta implementācijai un NFT kalšanai.
7. Jāsavieno MetaMask un Alchemy ar savu projektu.
8. Jānokompilē viedais līgums un jāizvieto tas uz testa blokķēdes. Viedā līguma izvietošana uz blokķēdes jāsamaksā blokķēdes darbināšanas maksa, tāpēc no maciņa tiks noņemts neliels daudzums kriptovalūtas.
9. Jāsakonfigurē NFT metadati izmantojot IPFS. Metadati ir json dokuments, kas apraksta NFT. Metadatos ir iespējams pievienot nosaukumu, aprakstu, attēlu un citus atribūtus, lai aprakstītu to reālās dzīves objektu, ko attēlos NFT.
10. Jāizveido jauna transakcija un jāparaksta tā ar savu privāto atslēgu. Transakcija ir nepieciešami šādi parametri: ‘from’ – sūtītāja publiskā atslēga, ‘to’ – viedā līguma publiskā atslēga, ‘nonce’ – konta nonss ar transakciju skaitu, kas nosūtīts no sūtītāja adreses, ‘gas’ – aptuvenš gāzes apjoms nepieciešams, lai izpildītu transakciju, ‘data’ – darbība, kas jāveic šajā transakcijā. Šajā gadījumā tas ir izkalt NFT, kur ieraksta viedā līguma metodes nosaukumu.
11. Veikt transakciju. Pēc transakcijas izpildīšanas izkaltais NFT būs redzams MetaMask virtuālajā maciņā.

2.3.3.2. NFT izstrāde izmantojot NFT tirgus kontu

Galvenie NFT izveidošanas soļi izmantojot NFT tirgus kontu ir [18]:

1. Izveidot NFT saturu – ko tas attēlos, nosaukums, apraksts, īpašības, atbloķējams saturs utt.
2. Izveidot kriptovalūtas maciņu – šis ir solis, lai iekļūtu blokķēdes tīklā. Lai izveidotu NFT, ir nepieciešams Ethereum maciņš, kurā var turēt ETH kriptovalūtu, ERC20 žetonus un NFT. Ir arī citas blokķēdes, kurās var veidot NFT, bet Ethereum ir vispopulārākā.
3. Izveidot NFT tirgus kontu – lai varētu pārdod savus NFT un pirkt citu, ir nepieciešama vieta, kur to var darīt. Tas ir NFT tirgus, kur lietotāji var piedāvāt savus NFT. Vislielākais NFT tirgus ir OpenSea. Tur nav jāmaksā blokķēdes darbināšanas izmaksas, lai izkaltu NFT, bet nepieciešams maksāt būs tad, ja vēlies izlikt savu NFT pārdošanā.
4. Izveidot kolekciju NFT tirgus kontā – lai OpenSea kontā varētu turēt NFT, ir jāizveido sava kolekcija. Kolekcijai ir sava tēma, nosaukums, logo, apraksts, ārējās saites un citi uzstādījumi.
5. NFT kalšana – lai izkaltu NFT uz OpenSea konta, 1. solī izveidoto NFT saturu ir jāizvēlas un vienkārši jāseko instrukcijām, ko rāda OpenSea. Šis process ir ātrs un neko nemaksā.

2.4. Decentralizēta lietotne

Decentralizēta lietotne ir tāda lietotne, kura ir būvēta uz decentralizēta tīkla kā blokķēde un sasaista viedos līgumus ar lietotāja saskarni. Uz Ethereum blokķēdes viedie līgumi ir kā publiski pieejami API, kurus var izsaukt ikviena lietotne, kura darbojas Ethereum tīklā [47]. Tās dati un procesi tiek glabāti sadalītā virsgrāmatā un darbojas vienādranga blokķēdes tīklā, kur lietotnes darbību un tās koda izpildi nodrošina tīkls, kas nozīmē, ka nav viena centrālā servera, kam piekļūst lietotne lai izpildītu kodu kā tas ir centralizētās lietotnēs. Decentralizētas lietotnes ārējā saskarne var tikt programmēta jebkādā programmēšanas valodā, un tā veic izsaukumus uz aizmugursistēmu, kas ir viedie līgumi, kuri tālāk iegūst informāciju vai raksta to blokķēdē.

Decentralizētu lietotni raksturo decentralizētība, determinētība un izolētība, kas nozīmē, ka decentralizētas lietotnes tiek izpildītas uz virtuālajām mašīnām, piemēram, Ethereum virtuālā mašīna, lai viedā līguma kļūdas gadījumā tas neietekmē blokķēdes tīkla funkcionalitāti [47]. Decentralizētas lietotnes ir atvērtā koda lietotnes un visai tās informācijai ir jāglabājas uz publiski pieejama blokķēdes tīkla. Decentralizētai lietotnei ir jāimplementē iekšējā kriptovalūta žetonu veidā, lai varētu samaksāt transakciju maksas racējiem.

Ar decentralizētām lietotnēm var tikt izstrādāts jebkas, ko spēj tradicionālās, centralizētās lietotnes – sākot ar produktivitātes rīkiem vai blogiem un beidzot ar sarežģītām videospēlēm. Viena no decentralizētu lietotņu lielākajām priekšrocībām ir apziņa, ka lietotnes izstrādātāji nevar manipulēt tās datus vai kādā citā veidā to ļaunprātīgi izmantot, jo ikviens tās lietotājs, arī izstrādātāji, decentralizētā vidē ir vienlīdzīgi – nevienam nav privilģētākas tiesības pār citu tās lietotāju.

Pastāv 3 veidu decentralizētu lietotņu tipi, atkarībā no tā, kā tās sazinās ar blokķēdi:

1. Pirmā slāņa – eksistē uz pašas blokķēdes uz pa tiešo mijiedarbojas ar to. Šāda lietotne ir, piemēram Bitcoin, kas pa tiešo sazinās ar blokķēdi uz izmanto vienprātības mehānismu un definētus noteikumus [48]. Citiem vārdiem sakot, pirmais slānis apstrādā un ievieto transakcijas savā blokķēdē, un darbināšanas samaksai izmanto savus žetonus, piemēram Ethereum blokķēde transakciju maksām izmanto Ether žetonus.
2. Otrā slāņa – tās ir decentralizētas lietotnes, kas daļu no transakcijām pārnes uz blakusķēdi. Pirms transakcijas tiek ierakstītas galvenajā ķēdē, tās tiek apstrādātas blakusķēdē, kas noņem daļu slodzes no galvenās ķēdes, kas palielina ātrdarbību, mērogojamību un samazina izmaksas. Lai samaksātu darbināšanas izmaksas, šādas lietotnes izmanto žetonus, kas ir atšķirīgi no galvenās ķēdes žetoniem, katrai blakusķēdei ir savs žetons, ko tā izmanto. Otrā slāņa decentralizētas lietotnes ir visizplatītākās decentralizētu lietotņu veidošanai, un ir ieteicams izmantot blakusķēdi, nevis pirmā slāņa blokķēdi, jo tas ievērojami uzlabo daudzus problemātiskos blokķēdes aspektus.
3. Trešā slāņa – šīs decentralizētas lietotnes ir balstītas uz otrā slāņa, un parasti satur nepieciešamos datus, lai pirmais un otrais slānis varētu savā starpā komunicēt. Trešais slānis var glabāt API un skriptus, kas ir nepieciešami pirmajam un otrajam slānim [48].

3. VIDEOSPĒĻU AR NFT PIESAISTI IZSTRĀDE

3.1. Videospēles ar NFT izstrādes posmi

1. Ideja

Ikvienu videospēle tāpat kā ikviens projekts sākās ar ideju. Idejai pat obligāti nav jābūt oriģinālai, bet tai ir jābūt tādai, kas ieinteresē ne tikai pašas idejas autoru, bet arī citas personas, tāpēc ir svarīgi aptaujāt potenciālos spēles spēlētājus par potenciālo spēli. Idejas var smelties arī no esošām spēlēm, bet ir jābūt kaut kam, kas izcels potenciālo spēli no esošajām vai vienkārši darīs to pašu, bet labāk, interesētāk, ar citiem līdzekļiem.

Kad bāzes ideja ir skaidra, to ir nepieciešams attīstīt. Idejas attīstīšanai ir ieteicams sasaukt komandu, lai ideja attīstītos pilnīgāka. Ir svarīgi arī apzināties, vai ideja ir realizējama saprātīgā laikā ar saprātīgiem līdzekļiem. Videospēļu tirgū ir ļoti liela konkurence un tas strauji attīstās, tāpēc, ja spēles ideja prasīs pārāk ilgu laiku, jo nav iespējams savākt nepieciešamo komandas apjomu, lai to realizētu ātrāk, kad spēle būs pabeigta, tā vairs nebūs aktuāla, jo ir pa to laiku var būt izstrādātas labākas spēles ar līdzīgu ideju.

Nepieciešams analizēt jau esošās blokķēdes spēles, noteikt to veiksmes un neveiksmes, lai mācītos no tā un pilnveidotu savu spēles ideju.

2. Definēt izstrādes plānu

Svarīgs solis jebkurā projektā ir definēt izstrādes plānu, kas ietvertu galvenos izstrādes mērķus un nodevumus ar konkrētu laika grafiku. Izstrādes plānā ietver projekta izstrādes grafiku, sākot ar projekta sākumu un beidzot ar gala produktu, šajā gadījumā gatavu, spēlētājiem nododamu videospēli. Izstrādes plāns ir svarīgs ne tikai izstrādes komandai, lai varētu pieturēties pie plāna, bet arī investoriem, kuriem ir svarīgi zināt, kad produkts būs gatavs un varēs sākt gūt potenciālo peļņu.

3. Izveidot ICO žetonu un publicēt to blokķēdē

Lai projekts varētu izdoties, tam ir nepieciešams finansējums, ko blokķēdes gadījumā sniedz ICO (*Initial coin offering*) žetona izveidošana, kas ir sava veida pūļa finansējuma paveids. ICO žetoni tiek pārdoti kriptovalūtu tirgos un kalpo kā sava veida kriptovalūta, kas tiek iemainīta pret citām kriptovalūtām, piemēram, Ether vai Bitcoin, kurām ir skaidri zināma vērtība.

Jāņem vērā ka pastāv vairāk nekā 1500 kriptovalūtas, tāpēc, lai piesaistītu investoru uzmanību tieši savai kriptovalūtai, ir prasmīgi jānāk prezentēt savs projekts potenciālajiem investoriem. Investori ar jaunu kriptovalūtu pirkšanu ir ļoti piesardzīgi, jo ir zināmi daudz gadījumi, kad blokķēžu projektos tiek investēti lieli līdzekļi, bet patiesībā tā ir krāpšana un investori zaudē visu savu ieguldīto naudu. Kriptovalūtu tirgus ir juridiski vāji regulēts tirgus, tāpēc krāpnieciskas darbības tur ir bieži izplatītas. ICO žetonu pirkšana ir līdzīga uzņēmuma akciju pirkšanai – žetoniem ir sava vērtība, kas var tikt izteikta citās kriptovalūtās vai eiro un tās vērtība ir ļoti svārstīga. Jebkurā brīdī investors var pārdot savā īpašumā esošos žetonus, saņemot par to atlīdzību, kas ir vienāda ar žetona vērtību dotajā brīdī.

Svarīgi ir saprast arī ICO žetonu likumdošanas noteikumus valstī. Atkarībā no valsts var pastāv dažādi noteikumi attiecībā uz darījumiem ar blokķēdes žetoniem un kriptovalūtām, un to bieži uzrauga nodokļu institūcijas. Kriptovalūtas tā pat kā zelts vai nekustamais īpašums ir aktīvs.

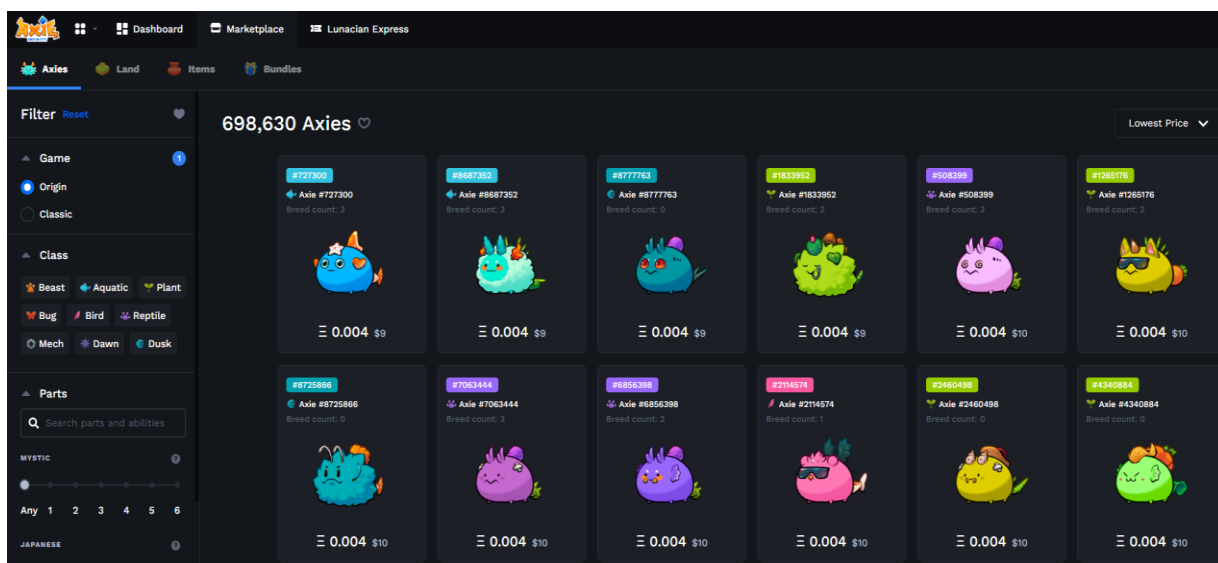
ICO žetoniem ir nepieciešams izveidot arī pārdošanas jeb sadales plānu. Pārdošanai var būt dažādi posmi – privātā pārdošana, iepriekšpārdošana vai pamata pārdošana. Ir jāapsver, cik žetoni tiks izlaisti apgrozībā, to sadale starp izstrādes komandas locekļiem, pārdošanas daudzums katrā pārdošanas posmā.

Ir nepieciešams aprēķināt nepieciešamo finansējumu kāds būtu nepieciešams, lai izveidotu minimālo dzīvotspējīgo produktu. Tas ir nepieciešamais minimums, lai projekta izstrāde varētu sākties, lai tas nosegtu visas nepieciešamās izmaksas – izstrādes komandas algas, aparatūru, programmatūru u.c. Un no otras puses ir jāaprēķina summa, ko pieņemt kā investīciju maksimumu un vairāk par noteiktu limitu žetonus nepārdot. Ja tiks savākts nesamērīgi daudz investoru naudas, tā netiks pielietota projekta mērķiem, tāpēc var radīt sliktu reputāciju par pārmērīgi lielu līdzekļu piesaistīšanu.

4. Izveidot NFT tirgu

Nākamais solis ir izveidot iekšējo spēles NFT tirgu, kur spēlētāji varēs tirgoties ar spēlē iegūtajiem spēles atribūtiem NFT formā. Tā ir vide, kur spēlētāji izliek pārdošanas savus spēles atribūtus, piemēram, spēles avatārus, ieročus, uzlabojumus, jebko, kas pastāv spēlē un ir reģistrēts kā NFT. Citi spēlētāji var apskatīt pārdošanā esošos spēles atribūtus, redzēt to īpašības un nopirkt vai solīt uz to.

Piemērs šādām NFT spēles tirgum ir spēles “Axie Infinity” tirgus, kur visiem ir redzami pārdošanā esošie “Axies”, tos var filtrēt pēc klases un citām īpašībām un katram “Axie” ir sava cena (3.1. att.).



2.1. att. Axie Infinity spēles tirgus [42]

5. Izstrādāt spēles prototipu

Lai piesaistītu investorus un varētu gūt priekšstatu, kāds varētu izskatīties gala produkts, ir vērts izstrādes spēles prototipu. Spēles prototipēšana ir tehnika, lai palīdzētu izprast spēles vīziju ar iespējami mazāk ieguldītā laika un līdzekļu. Prototips var būt gan zīmēti ekrānskati ar spēles potenciālo dizainu un tās atribūtiem vai pat strādājoša spēles daļa vai kāds līmenis, kur potenciālais spēlētājs vai investors var saprast, kā spēle darbosies un izskatīsies. Izstrādāt atbilstošu spēles prototipu var būt izaicinoši, jo tas tiek darīts projekta izstrādes agrīnā stadijā, kad daudzas spēles detaļas var būt ne līdz galam ir skaidras un laika gaitā daudz kas var mainīties.

Izstrādājot spēles prototipu, ir svarīgi izveidot labu spēles dizainu, lai pēc tas spētu atšķirties no citām spēlēm un spētu piesaistīt interesentu uzmanību.

6. Publicēt spēles žetonu

Lai varētu sākt gūt finansējumu no investoriem, ir nepieciešams publicēt savu spēles žetonu DeFi vidē, kas ir decentralizēta finanšu sistēma. Ir vairākas DeFi platformas, kas ļauj ievietot blokķēžu žetonus pārdošanā to agrīnā stadijā, lai investori tos varētu atrast un uzzināt vairāk par projektu. Šādu iespēju piedāvā, piemēram, “DxSale” platforma, kurai ir integrācija ar Binance Smart Chain, Ethereum un Solano blokķēdēm. Šādas platformas mērķis ir piesaistīt

finansējumu projektam tā agrīnā stadijā un pēc tam noņemt to no platformas, un vēlāk ievietot decentralizētā apmaiņas sistēmā, kur ir iespējams tirgoties ar visām kriptovalūtām uz žetoniem.

7. Uzprojektēt NFT vizuālo izskatu

NFT ir galvenais spēles elements, kas to padara par blokķēdes spēli, tā vizuālajam izskatam ir jāpievērš īpaši liela uzmanība. NFT ir jābūt tādām, kas piesaista to potenciālos kolekcionārus un ievieš vēlmi tos kolekcionēt. NFT dizainu parasti veido profesionāli dizaineri, un tie mēdz būt gan 2D, gan 3D formātā.

Veidojot NFT dizainu ir jāņem vērā daudzi faktori. Pirmkārt, ir jāsaprot tirgus, kas tos iegādāsies, ko kolekcionāri sagaida no dizaina, kādi dizaini šobrīd ir modē. Veiksmīgi dizainētām NFT ir jārada emocionāls savienojums ar tā kolekcionāru, vai tas būtu kāds piemīlīgs, animēts tēls vai kolekcionāram tuvs sporta veids, grāmata vai kas tamlīdzīgs.

Tā kā videospēlē visi NFT būs spēles atribūti, tiem ir jāpiemīt vienots dizains, lai varētu saprast, ka tie nāk no vienas vides – no videospēles.

8. Izstrādāt spēli balstoties uz izstrādes plānu

Kad visi iepriekšminētie soļi ir izdarīti, viss ir sagatavots, lai varētu sākt programmēt un faktiski izstrādāt spēli. Lai izstrādātu kvalitatīvu un ilgtspējīgu blokķēdes spēli ar NFT piesaisti ir vajadzīga augsti kvalificēta komanda, kas sastāv no:

- lietotāja saskarnes / lietotāja pieredzes dizainera,
- eksperta izvēlētajā blokķēdē, uz kuras balstīsies spēle, un ar zināšanām viedo līgumu izstrādē,
- kvalitātes kontroles un testēšanas profesionāļiem,
- projekta pārvaldnieka ar pieredzi ar blokķēdi saistītos projektos.

Videospēles izlaišana vispārējai, publiskai lietošanai tāpat kā jebkuras programmatūras izstrādei parasti notiek 3 soļos jeb galvenajās versijās:

1. Alfa versija.

Šī versija ir pirmā testēšanas fāzes versija, kur spēli testē, izmantojot baltās kastes testēšanas metodes. Padziļinātai testēšanai var tikt izmantotas arī melnās vai pelēkās kastes testēšanas metodes.

Alfa versija ir pirmā spēles lietojamā versija, un tai nav jābūt pilnībā iztestētai pirms tā tiek izlaista lietotājiem. Tā var saturēt nopietnas kļūdas, nestabilitāti, sliktu ātrdarbību, datu zudumus vai ko citu. Šī versija var nesaturēt visu iecerēto funkcionalitāti, kas ir paredzēta galējā versijā. Tā parasti nav publiski pieejama, jo ir paredzēta testēšanas nolūkos noteiktai lietotāju grupai [43].

2. Beta versija.

Beta versija ir nākamā galvenā versija pēc alfa versijas. Šajā versijā visa spēles funkcionalitāte ir lielākoties implementēta un kļūdas, kas tika atklātas alfa versijā, ir novērstas. Šī versija ir paredzēta kā tests reālam spēles lietojumam ar daudz spēlētāju iesaisti. Tā testē ātrdarbības aspektus ņemot vērā noslogojumu, lietojamību, kā arī kļūdas, kas netika atklātas alfa versijā.

Šī versija parasti tiek izlaista testēšanai lielākam cilvēku skaitam. Tā var būt privāta beta versija, kas nozīmē, ka spēle tiek izsniegta testēšanai noteiktai lietotāju grupai nosūtot ielūgumu vai kādā citā veidā. Vai tā var būt publiskā beta versija, kur ikvienam interesentam ir iespēja testēt spēli [43]. Beta versijas lietotāju pienākums ir ziņot par kādām problēmām, lai tās varētu tikt novērstas galējā versijā.

3. Galējā versija.

Galējā versija ir gatavs produkts, kur visas zināmās problēmas un kļūdas ir novērstas. Šī versija iekļauj pamācību video, lietotāja rokasgrāmatas, izlaišanas piezīmes un tās ievietošanu publiski pieejamā tīmekļa vietnē, spēļu portālā vai mobilo ierīču lietotņu veikalā kā Android PlayStore vai iOS Appstore.

Spēlei vēl joprojām var pastāvēt kļūdas, jo visu nav iespējams iztestēt, bet tās risina laika gaitā izlaižot jaunas versijas, kas aizstāj vecās. Lai uzturētu spēlētāju interesi, var tikt pievienotas arī jaunas funkcionalitātes, kas sākotnēji nebija paredzētas, kas, izejot visus testēšanas posmus, nonāk galējā versijā.

3.2. Videospēles izstrāde izmantojot Moralis izstrādes platformu

Videospēles izstrāde, kas balstīta uz blokķēdes, var būt ļoti sarežģīts un ilgstošs process, ja to dara no nulles. Izstrādāt centralizētas lietotnes jau nav vienkāršs uzdevums, bet izstrādāt decentralizētas lietotnes, kā piemēram videospēli ar NFT piesaisti, ir vēl jo sarežģītāks uzdevums, jo tas prasa ciešu integrāciju ar blokķēdes tīklu.

Viens no populārākajiem un vieglāk lietojamiem rīkiem decentralizētu lietotņu izstrādei ir Moralis izstrādes platforma. Tā piedāvā interfeisus ar neskaitāmiem ārējiem projektiem, blokķēdēm un tehnoloģijām. Šobrīd Moralis platforma atbalsta integrāciju ar Elrond, Ethereum, BSC, Solana un Polygon blokķēdēm. Moralis ir multiplatformu vide, kas nozīmē, ka tā nemanāmi var darboties uz jebkuras blokķēdes un, ja nākotnē tiks pievienotas jaunas blokķēdes, Moralis sniegs iespēju pārslēgties uz citu blokķēdi ar jau iepriekš izveidotu decentralizētu lietotni [46].

Vieni no nozīmīgākajām funkcijām videospēlē ar NFT ir reāla laika paziņojumi un iespēja pārbaudīt spēlētājam piederošos NFT. Moralis piedāvā rīkus šo datu iegūšanai no jebkādas blokķēdes ar vienkāršām metodēm [45].

Izstrāde ar Moralis platformu sākas ar servera izveidi Moralis platformā un Moralis SDK (programmatūras izstrādes komplekta) importēšanu uz sava datora. Moralis SDK izmanto JavaScript SDK un caur to decentralizētā lietotne komunicē ar Moralis serveri. Lai sāktu darbu, vispirms nepieciešams pieslēgties izveidotajam Moralis serverim, un tik vienkārši savienojums ar Moralis vidi ir izveidota. Lietotāju autentifikācijai Moralis izmanto Metamask klientu, kas ir interneta pārlūka spraudnis. Lietotājam ir jāautorizējas savā kriptovalūtas virtuālajā maciņā caur Metamask spraudni, un, pateicoties Moralis integrācijai, lietotājs tiks pievienots Moralis datubāzei. Moralis platforma ir spējīga iegūt lietotāja bilanci, kripto adreses, piederošos NFT, transakciju vēsturi un daudz ko citu, un šo informāciju parādīt lietotnes ārējā saskarnē.

Moralis serveris piedāvā daudzas vispārīgas iebūvētas funkcijas, kā transakciju vēsture, lietotājam piederošie NFT, lietotāju aktivitātes izsekošana un citas, bet, izstrādājot komplicētākas lietotnes, būs nepieciešams izmantot funkcijas, ko nepiedāvā Moralis serveris. Piemēram, NFT spēles gadījumā var būt nepieciešamība iegūt labāko spēlētāju sarakstu ar visvairāk punktiem vai spēles NFT tirgū ir nepieciešams filtrēt tur esošos NFT. Šādām funkcijām Moralis piedāvā mākoņfunkcijas, kas faktiski ir Javascript kods, ko var uzlikt uz sava Moralis servera, lai palielinātu sava Moralis servera funkcionalitāti. Caur šīm funkcijām ir iespējams piekļūt Moralis servera datubāzes datiem, blokķēdei vai ārējiem API un apstrādāt šos datus pēc nepieciešamības. Moralis serverī ievietotās funkcijas kļūst par HTTP galapunktiem, kurus no lietotnes var izsaukt.

Izmantojot mākoņfunkcijas var izsaukt Web3 funkcijas, kas ietver iespēju izsaukt viedo līgumu metodes un savietot uz blokķēdes esošus viedos līgumus ar savu decentralizēto lietotni. Lai to izdarītu ir jāiegūst Web3 instance attiecīgajai blokķēdei, izmantojot Moralis servera

funkcijas “web3ByChain” vai “ethersByChain” un no iegūtās Web3 instances ir jāizsauc viedais līgums, norādot viedā līguma adresi [46].

Lai izveidotu vienkāršotus spēles grafiskos elementus, var izmantot grafiskās bibliotēkas, piemēram, Phaser bibliotēku, kas ir atvērta pirmkoda HTML5 spēļu bibliotēka.

Lai apstrādātu spēlētāja veiktos gājienus ne tikai grafiski, bet arī aizmugursistēmā, šeit nāk talkā Moralis mākoņfunkcijas. Līdz ar spēlētāja veikto ievadi var izveidot mākoņfunkciju, kas apstrādā ievaddatus, atjauno spēles stāvokli un sniedz nepieciešamo atbildi. Piemēram, mākoņfunkcijā “ping”, kas ik pa īsam intervālam nepatraukti sūta pieprasījumu uz Moralis serveri, var pievienot funkcionalitāti, kā tā iegūst visu lietotāju adreses, kas dotajā brīdī atrodas spēlē un iegūt lietotāju NFT. Tālāk no blokķēdes ir iespējams iegūt NFT reprezentējošo ikonu SVG faila veidā un to attēlot spēles grafiskajā vidē [45].

Izveidot uz blokķēdes balstītas videospēles vai jebkādas decentralizētas lietotnes izmantojot Moralis platformu ir viegli un ērti, bet, protams, tam ir arī savi mīnusi, jo lietotnes darbība ir pilnīgi pakļauta Moralis serveru darbībai, kas nozīmē, ka tā ir pakļauta centralizētam serverim ar visiem no tā izrietošajiem mīnusiem, kas pie sevis apstrādā datus un darbojas kā starpnieks starp lietotnes lietotāju un blokķēdi. Kamēr Moralis platforma var ievērojami ietaupīt nepieciešamos līdzekļus un laiku lietotnes izstrādei, Moralis pakalpojumi nav bezmaksas, un pie liela pieprasījumu skaita uz produkcijas serveriem, tā abonēšanas maksa var strauji pieaugt.

4. VIEDĀ LĪGUMA AR SPĒLES ELEMENTIEM IZSTRĀDE UN OPTIMIZĀCIJAS

NOZĪME

4.1. Eksperimenta apraksts

Darba ietvaros autors veica eksperimentu, lai noskaidrotu viedā līguma optimizācijas ietekmi uz blokķēdes darbināšanas izmaksām vai konkrētāk, uz nepieciešamo gāzes apjomu. Tā kā gāzes apjoms, kas jāmaksā tā izsaucējam no sava maciņa, ir viens no galvenajiem faktoriem viedo līgumu un blokķēžu tehnoloģijas bremsējošajiem faktoriem, ir nepieciešams pievērst papildus uzmanību šī faktora nozīmei.

Eksperimenta ietvaros tika izveidoti divi nelieli viedie līgumi, kas ir prototips NFT spēles daļai un tiem ir identiska funkcionalitāte, bet vienā līgumā netika ievēroti viedo līgumu optimizācijas priekšnoteikumi gāzes apjoma samazināšanai, bet otrā tika mēģināts maksimāli ievērot tos un izveidot maksimāli efektīvu viedo līgumu, lai samazinātu nepieciešamo atmiņu viedā līguma datu glabāšanai un nepieciešamo skaitļošanas jaudu. Eksperimenta gaitā abiem viedajiem līgumiem tika pēc kārtas secīgi izsaukti vienādi funkciju izsaukumi, un tika pierakstīts iztērētais gāzes apjoms, ko patērēja katrs funkcijas izsaukums jeb transakcija.

Viedais līgums veidots ar ideju, ka tas ir kā blokķēdes spēles ar NFT piesaisti sastāvdaļa, kas veic nozīmīgas darbības ar NFT. Šajā spēlē katrs spēles atribūts – ierocis – ir NFT. NFT spēj izkalt tikai viedā līguma izveidotājs un spēj piešķirt tos spēlētājiem. Ieročiem ir īpašības, kas nosaka to stiprumu, ar ieročiem var cīnīties spēlētāji, kas veicina to nolietojumu. Ja ierocis ir sasniedzis nolietojuma kritisko robežu, ar to vairs nevar cīnīties un to ir jāatjauno, kas maksā kriptovalūtu.

Pēc eksperimenta veikšanas iegūtie dati tika pierakstīti, sakārtoti un analizēti. Tika analizēti galvenie iemesli, kāpēc rezultāti abiem viedajiem līgumiem atšķiras, kas to visvairāk ietekmēja.

4.2. Izstrādes vide

Eksperimentam tika izmantota Ganache lokālā blokķēde, kas ir simulēta Ethereum blokķēde, bet blokķēde tiek glabāta tikai lokāli testēšanas nolūkiem. Tajā ir iespējams redzēt izveidotos blokus, to transakcijas, transakciju datus kā adreses, iztērēto gāzes apjomu.

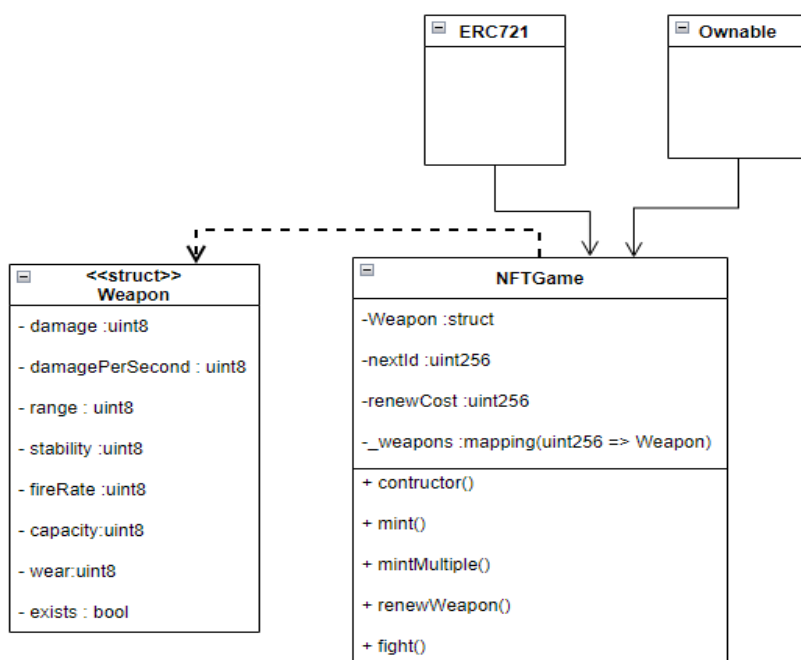
Viedie līgumi, katrs pēc kārtas, tika rakstīti Remix vidē, kas ir tiešsaistes integrētā izstrādes vide viedo līgumu izstrādei, testēšanai, līgumu ievietošanai blokķēdē un to funkciju izsaukšanai. Remix vide tika savienota ar Ganache lokālo blokķēdi, izmantojot Web3 piegādātāju, kas savienots ar lokālo portu: <http://127.0.0.1:7545>.

4.3. Viedā līguma apraksts

Viedais līgums implementē ERC-721 standartu, kas pats par sevi ir viedais līgums, kas nepieciešams NFT izveidei. Tas kā bibliotēka tika importēta izveidotajā viedajā līgumā.

Viedajā līgumā ir definēta struktūra “Weapon”, kas sastāv no 8 atribūtiem, kas apraksta objektu, kas ir spēles atribūta – ieroča – īpašības kā bojājums, šaušanas attālums, kontrole un citi. Globālais mainīgais “nextId” piešķir NFT to identifikācijas numurus. Globālais mainīgais “renewCost” nosaka izmaksu Ether žetonos, kas nepieciešams, lai atjaunotu ieroci. Saraksts “_weapons” satur visu spēlē esošo ieroču datus.

Viedā līguma konstruktors izsauc ERC721 viedo līgumu, kas izveido tā instanci ar nodotajiem parametriem. Funkcija “mint” izkaļ NFT ar nodotajiem parametriem. Funkcija “mintMultiple” ieejā saņem skaitli, un izkaļ attiecīgi ievadīto daudzumu NFT ar nosacīti nejaušiem parametriem. Funkcija “renewWeapon” vispirms pārbauda, vai lietotājs ir samaksājis līgumā norādīto kriptovalūtas daudzumu un vai ierocis ar norādīto identifikatoru eksistē, un atjauno ieroci. Funkcija “fight” ieejā saņem divu ieroču identifikatorus, pārbauda vai tie ir lietojami un eksistē, un palielina abu ieroču nolietojumu.



4.1. att. Optimizētā viedā līguma klašu diagramma

4.4. Neoptimizēta un optimizēta viedā līguma gāzes novērtējums

Zemāk tabulā kolonnā “Darbība” secīgi tiek uzskaitītas izsauktās viedā līguma funkcijas un to padotos ieejas parametrus. Divās nākamajās kolonnās ir patērētais gāzes apjoms katram viedajam līgumam izpildot attiecīgo funkciju (skat. 4.1.tab.).

4.1. tabula

Optimizēta un neoptimizēta viedā līguma darbību gāzes apjoms

Nr.	Darbība	Gāzes apjoms neoptimizētam viedajam līgumam	Gāzes apjoms optimizētam viedajam līgumam
1	Viedā līguma ievietošana testa vides blokkēdē	3365036	3346653
2	Funkcijas mint() izsaukšana pirmo reizi ar visu parametru vērtību - 1	274179	126196
3	Funkcijas mint() izsaukšana otro reizi ar visu parametru vērtību - 1	229179	96196
4	Funkcijas mint() izsaukšana trešo reizi ar visu parametru vērtību - 1	229179	96196
5	Funkcijas mintMultiple() izsaukšana ar parametru - 1	236440	98746
6	Funkcijas mintMultiple() izsaukšana ar parametru - 10	2048609	709339
7	Funkcijas fight() izsaukšana ar 2 atšķirīgu, eksistējošu objektu identifikatoriem	40997 / 0,08	40031

8	Funkcijas <code>renewWeapon()</code> izsaukšana ar eksistējoša objekta identifikatoru	30137	30369
---	---	-------	-------

Pēc datiem var secināt, ka līguma ievietošanas izmaksas atšķiras ļoti minimāli, un to var skaidrot ar to, ka līgumi baitkoda izmēra ziņā ir ļoti līdzīgi, un, tā kā tajos vēl nav saglabāti nekādi dati, patērētais gāzes apjoms būtiski neatšķiras.

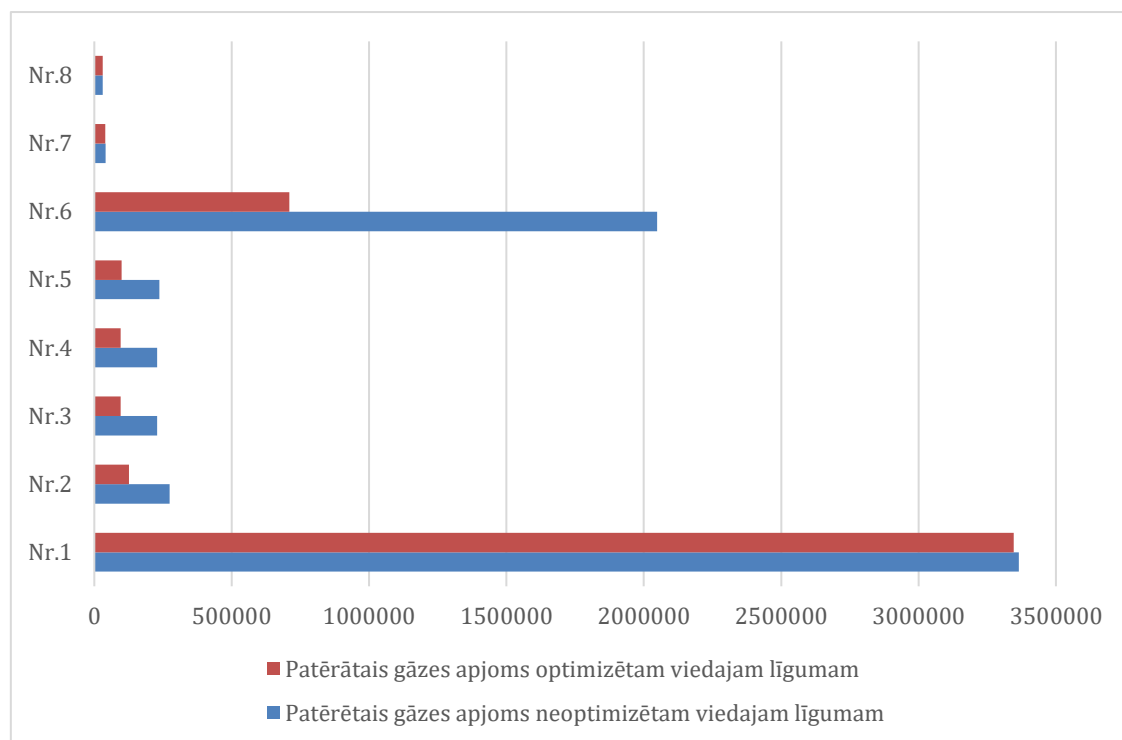
Savukārt darbībai ar kārtas numuru 2, patērētais gāzes apjoms atšķiras vairāk kā par pusi. Šajā brīdī tiek inicializēti visi mainīgie, piešķirta vieta atmiņā, kas neoptimizētajam līgumam ir krietni lielāka, jo mainīgajam “_weapons”, tas izmanto dinamisku masīvu, nevis mapējumu un struktūra “Weapon” sastāv galvenokārt no uint tipa mainīgajiem, kas faktiski ir uint256 tipa mainīgie, kas aizņem 32 baitus, turpretī uint8 tipa mainīgie, kādi ir optimizētajā līgumā, aizņem 1 baitu.

Pie vienādiem ieejas datiem, kad visi mainīgie ir inicializēti, ar katru nākamo funkcijas “mint()” izsaukumu patērētais gāzes apjoms ir konstants, bet abiem viedajiem līgumiem ievērojami atšķirīgs, ko var skaidrot ar palielinātu atmiņas nepieciešamību neoptimizētajā viedajā līgumā.

Funkcija “mintMultiple()” ar parametru 1 (darbība ar kārtas numuru 5), praktiski dara to pašu ko funkcija “mint()”, bet atribūtu vērtības iegūst izmantojot formulu, kas, kā redzams, nedaudz palielina nepieciešamo skaitļošanas jaudu, kas ir atspoguļots arī patērētājā gāzes apjomā. Vislielākā atšķirība starp viedajiem līgumiem ir vērojama 6. darbībā, kur tiek izsaukta funkcija “mint()” ar parametru 10, jeb tā tiek izpildīta 10 reizes. Šeit lomu spēlē ne tikai palielināts atmiņas daudzums, ko patērē neoptimizētais viedais līgums, bet arī tas, ka neoptimizētajā līgumā katrs NFT atribūts tiek atsevišķi aprēķināts, bet optimizētajā līgumā katra nākamā atribūta aprēķināšanā tiek izmantota iepriekšējā vērtība, kas samazina nepieciešamo skaitļošanas jaudu. Šeit bija vērojams arī ievērojams funkcijas izpildes laika palielinājums no kā var secināt, ka patērētais gāzes apjoms ir proporcionāls nepieciešamajam laikam, lai funkcija varētu izpildīties.

Darbībai ar numuru 7 nav ievērojamas atšķirības starp abiem līgumiem, jo tā veic salīdzinoši triviālas darbības – nolasa no blokķēdes abu objektu datus, kam nav nepieciešama gāze neatkarīgi no implementācijas, un nomaina viena atribūta vērtību, kas nepalielina datu apjomu un nav nepieciešama liela skaitļošanas jauda.

Līdzīga situācija ir 8. darbībai, kas nolasa tikai 1 objekta datus no blokķēdes un nomaina atribūta vērtību.



4.2. att. Gāzes izmaksu procentuālais salīdzinājums katrai no darbībām optimizētam un neoptimizētam viedajam līgumam

Diagrammā (skat. 4.2. att.) var uzskatāmi redzēt, kāda šajā eksperimentā ir atšķirība starp neoptimizēta un optimizēta viedā līguma patērētā gāzes apjoma katrā no izpildītajām darbībām. Vislielākā atšķirība – aptuveni 3 reizes – ir vērojama darbībā nr.6 (Funkcijas `mintMultiple()` izsaukšana ar parametru - 10), jo šī operācija pieprasa vislielākos skaitļošanas resursus un vislielāko atmiņas patēriņu. Darbības, kas neveic aprēķinus vai tikai modificē datus, kā tas tiek darīts darbībās nr.7 un nr.8, patērētās gāzes apjoma atšķirības gandrīz vai nav vērojamas, un līdzīgi ir darbībā nr.1 jeb viedā līguma ievietošanai blokķēdē.

No šīs diagrammas var secināt, ka vislielākā nozīme viedo līgumu optimizācijai ir gadījumos, ja tiek veiktas sarežģītas skaitļošanas vai datu rakstīšanas blokķēdē operācijas, bet operācijās, kur dati tiek lasīti no blokķēdes vai nolasīti un laboti, tas nespēlē tik lielu lomu.

REZULTĀTI

Bakalaura darba ietvaros autors izpētīja videospēļu attīstības galvenos posmos un videospēļu attīstības jaunākās tendences, kas noveda līdz blokķēžu spēlēm un P2E tipa spēlēm, kas lielākoties ir uz blokķēdes balstītas videospēles ar NFT piesaisti. Autors uzzināja, cik strauja ir šo spēļu attīstība, kas no vienas puses bija pārsteigums, bet no otras puses, ņemot vērā blokķēžu tehnoloģiju augošo popularitāti, tas bija sagaidāms. Tika sīkāk apskatīts P2E spēlēšanas modelis, analizētas populārākās blokķēžu spēles – tika noskaidrots, ka šadas spēles sastāv no viedajiem līgumiem, kuri iegūst un raksta datus blokķēdē. Tika analizēti galvenie blokķēžu spēļu ieguvumi un negatīvās īpašības, un kā galveno ieguvumi no blokķēžu spēlēm var minēt spēles atribūtu pārvēršanu neaizstājamos blokķēdes žetonos jeb NFT, kas eksistē blokķēdē un piemīt īstās naudas vērtība, kas atkarīga no pieprasījuma.

Bakalaura darba praktiskajā daļā darba autors izveidoja viedo līgumu, kas ir blokķēdes spēles ar NFT piesaisti viedā līguma prototips. Izmantojot bibliotēkas, kas paredzētas NFT kalšanai, un internetā pieejamos resursus un pamācības, autoram veiksmīgi izdevās izveidot šādu viedo līgumu ar dažādām funkcijām. Papildus tam autors analizēja viedo līgumu optimizēšanas nepieciešamību un svarīgumu, izveidojot divus – vienu optimizētu un vienu neoptimizētu – viedos līgumus. Praktiskā darba rezultātā tika noskaidrots, ka pastāv ļoti liela atšķirība starp šiem līgumiem, kas pamato optimizācijas nepieciešamību, jo tas ietekmē ne tikai ātrdarbību, bet arī patērēto gāzes apjomu, ko maksā viedā līguma izsaucējs ar saviem līdzekļiem kriptovalūtas veidā.

SECINĀJUMI

Bakalaura darba mērķis bija izpētīt blokķēžu pielietojšanas iespējas videospēlēs un it īpaši NFT piesaisti tajās, analizēt, kāds ir ieguvums NFT piesaistei videospēlēs, būtiskākās problēmas un izaicinājumi šādu spēļu izstrādē. Balstoties uz bakalaura darbā iegūto informāciju no dažādiem informācijas avotiem, autors var secināt, ka arvien populārāks kļūst “spēlēt lai nopelnītu” jeb P2E spēlēšanas modelis, un šis modelis balstās uz neaizstājamiem blokķēžu žetoniem jeb NFT, kas attēlo spēles atribūtus. NFT ļauj spēlē iegūtu bagātību “iznest” ārpus spēles, un, atkarībā no attiecīgā NFT pieprasījuma, ļauj gan spēlētājam, gan spēles izstrādātājiem gūt peļņu no tā pārdošanas.

Praktiskajā daļā, veicot eksperimentu, autoru pārsteidza, cik vienkārši ir izveidot viedo līgumu uz Ethereum izmantojot Solidity programmēšanas valodu, kas izveido NFT, glabā informāciju par tiem un veic vēl citas darbības, galvenokārt pateicoties importējamiem viedajiem līgumiem, kas definē visas nepieciešamās funkcijas NFT izveidei. Darba gaitā autors uzzināja, ka vislielākā problēma šādām spēlēm ir blokķēdes darbināšanas izmaksas, kas tiek samaksātas par transakciju izpildi, un šo problēmu padziļinātāk analizēja. Tika noskaidrots, ka kritiska loma ir viedo līgumu optimizācijai, kas neoptimizēta viedā līguma gadījumā var palielināt patērēto gāzes apjomu pat vairākas reizes. Tik pat svarīgi ir arī izvēlēties vispiemērotāko blokķēdi viedā līguma uzstādīšanai, jo, balstoties uz iegūto informāciju, blokķēdes darbināšanas izmaksas vienam un tam pašam viedajam līgumam var būtiski atšķirties atkarībā no izvēlētas blokķēdes.

Apkopojot bakalaura darba teorētiskajā un praktiskajā daļā iegūto informāciju, darba autors var secināt, ka blokķēdes tehnoloģijas un NFT var veiksmīgi tikt izmantotas videospēlēs, kas ļauj novērst atsevišķus tradicionālo videospēļu trūkumus un ļauj spēlētājiem nopelnīt. Šāda veida videospēles gan vēl ir tikai attīstības stadijā, un to attīstību ierobežo blokķēdes fundamentālās problēmas tādas kā mērogojamība un blokķēdes darbināšanas izmaksas. Darbināšanas izmaksas var samazināt, bet no tām atbrīvoties nevar, tāpēc rodas jautājums, cik daudz videospēles spēlētāji ir gatavi maksāt racējiem, kas apstrādā transakcijas, lai vēlprojām varētu gūt peļņu no spēlēšanas.

IZMANTOTĀ LITERATŪRA UN AVOTI

1. Bitcoin [tiešsaiste][Atsauce 11.04.2022]. Pieejams internetā:
<https://lv.wikipedia.org/wiki/Bitcoin>
2. Video game [tiešsaiste][Atsauce 12.04.2022]. Pieejams internetā:
https://en.wikipedia.org/wiki/Video_game
3. What Is a Cryptocurrency Public Ledger? [tiešsaiste][Atsauce 18.04.2022]. Pieejams internetā: <https://www.investopedia.com/tech/what-cryptocurrency-public-ledger/>
4. What is a hash function in a blockchain transaction? [tiešsaiste][Atsauce 18.04.2022]. Pieejams internetā: <https://www.bitpanda.com/academy/en/lessons/what-is-a-hash-function-in-a-blockchain-transaction/>
5. Bitcoin Average Transactions Per Block [tiešsaiste][Atsauce 18.04.2022]. Pieejams internetā: https://ycharts.com/indicators/bitcoin_average_transactions_per_block
6. How does a transaction get into the blockchain? [tiešsaiste][Atsauce 18.04.2022]. Pieejams internetā: <https://www.euromoney.com/learning/blockchain-explained/how-transactions-get-into-the-blockchain>
7. What Is Proof of Work (PoW) in Crypto? [tiešsaiste][Atsauce 21.04.2022]. Pieejams internetā: <https://www.fool.com/investing/stock-market/market-sectors/financials/cryptocurrency-stocks/proof-of-work/>
8. Proof-of-Work vs. Proof-of-Stake: Which Is Better? [tiešsaiste][Atsauce 21.04.2022]. Pieejams internetā: <https://blockworks.co/proof-of-work-vs-proof-of-stake-whats-the-difference/>
9. What is a smart contract? [tiešsaiste][Atsauce 24.04.2022]. Pieejams internetā: <https://www.coinbase.com/learn/crypto-basics/what-is-a-smart-contract>
10. INTRODUCTION TO SMART CONTRACTS [tiešsaiste][Atsauce 24.04.2022]. Pieejams internetā: <https://ethereum.org/en/developers/docs/smart-contracts/>
11. 5G, Blockchain and IPFS: A General Survey with Possible Innovative Applications in Industry [tiešsaiste][Atsauce 24.04.2022]. Pieejams internetā:
https://www.researchgate.net/publication/329404389_5G_Blockchain_and_IPFS_A_General_Survey_with_Possible_Innovative_Applications_in_Industry_40

12. How Do Ethereum Smart Contracts Work? [tiešsaiste][Atsauce 26.04.2022]. Pieejams internetā: <https://www.coindesk.com/learn/how-do-ethereum-smart-contracts-work/>
13. What Are Ethereum Gas Fees? [tiešsaiste][Atsauce 26.04.2022]. Pieejams internetā: <https://www.coindesk.com/learn/what-are-ethereum-gas-fees/>
14. If Ethereum Is Too Expensive, Use Other Smart Contract Platforms [tiešsaiste][Atsauce 26.04.2022]. Pieejams internetā: <https://medium.datadriveninvestor.com/if-ethereum-is-too-expensive-use-other-smart-contract-platforms-681ba4ad582a>
15. BITGERT HAS THE CHEAPEST GAS FEE, WHERE ETHEREUM COST \$50, BNB CHAIN \$2 & POLYGON \$1. [tiešsaiste][Atsauce 26.04.2022]. Pieejams internetā: <https://www.analyticsinsight.net/bitgert-has-the-cheapest-gas-fee-where-ethereum-cost-50-bnb-chain-2-polygon-1/>
16. What Is An NFT? Non-Fungible Tokens Explained. [tiešsaiste][Atsauce 26.04.2022]. Pieejams internetā: <https://www.forbes.com/advisor/investing/cryptocurrency/nft-non-fungible-token/>
17. Natively Digital: A Curated NFT Sale. [tiešsaiste][Atsauce 26.04.2022]. <https://www.sothebys.com/en/buy/auction/2021/natively-digital-a-curated-nft-sale-2/quantum>
18. The NFT handbook, Matt Fortnow, Quharrison Terry, 2021. gada, Creating and Minting NFTs, lpp. 125.-160.
19. HOW TO WRITE & DEPLOY AN NFT. [tiešsaiste][Atsauce 27.04.2022]. <https://ethereum.org/en/developers/tutorials/how-to-write-and-deploy-an-nft/>
20. Video Game History. [tiešsaiste][Atsauce 29.04.2022]. Pieejams internetā: <https://www.si.edu/spotlight/the-father-of-the-video-game-the-ralph-baer-prototypes-and-electronic-games>
21. Video Game History Timeline. [tiešsaiste][Atsauce 29.04.2022]. Pieejams internetā: https://www.museumofplay.org/video_games/
22. List of best-selling game consoles. [tiešsaiste][Atsauce 30.04.2022]. Pieejams internetā: https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_best-selling_game_consoles

23. The History Of Gaming: An Evolving Community. [tiešsaiste][Atsauce 30.04.2022]. Pieejams internetā: <https://techcrunch.com/2015/10/31/the-history-of-gaming-an-evolving-community/>
24. Quake (video game). [tiešsaiste][Atsauce 30.04.2022]. Pieejams internetā: [https://en.wikipedia.org/wiki/Quake_\(video_game\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Quake_(video_game))
25. How 'Quake' Changed Video Games Forever. [tiešsaiste][Atsauce 30.04.2022]. Pieejams internetā: <https://www.rollingstone.com/culture/culture-news/how-quake-changed-video-games-forever-187984/>
26. CryptoKitties. [tiešsaiste][Atsauce 30.04.2022]. Pieejams internetā: <https://en.wikipedia.org/wiki/CryptoKitties>
27. Blockchain Games: A Survey. [tiešsaiste][Atsauce 30.04.2022]. Pieejams internetā: https://www.researchgate.net/publication/333773561_Blockchain_Games_A_Survey
28. CryptoKitties Transaction Network Analysis: The Rise and Fall of the First Blockchain Game Mania. [tiešsaiste][Atsauce 30.04.2022]. Pieejams internetā: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fphy.2021.631665/full>
29. Top Blockchain Games. [tiešsaiste][Atsauce 03.05.2022]. Pieejams internetā: <https://dappradar.com/rankings/category/games>
30. SPLINTERLANDS: A THRILLING BLOCKCHAIN CARD GAME. [tiešsaiste][Atsauce 03.05.2022]. Pieejams internetā: <https://gameonchain.com/splinterlands-a-thrilling-blockchain-card-game/>
31. Splinterlands - . Most Expensive Cards Currently In Game? [tiešsaiste][Atsauce 03.05.2022]. Pieejams internetā: <https://ecency.com/hive-13323/@mawit07/splinterlands-most-expensive-cards-currently>
32. Hive Review: Steem Fork & Blockchain for Web 3.0. [tiešsaiste][Atsauce 03.05.2022]. Pieejams internetā: <https://www.coinbureau.com/review/hive-blockchain/>
33. Balthazar Research Report – Splinterlands: The Sleeping Giant. [tiešsaiste][Atsauce 03.05.2022]. Pieejams internetā: <https://bltztzr.gg/splinterlands-the-sleeping-giant/>
34. The Rise of Blockchain Gaming. [tiešsaiste][Atsauce 05.05.2022]. Pieejams internetā: https://assets.ctfassets.net/hfgyig42jimx/54IHsI4Bcw95keDQTr2MAW/255218fec95cb49d43f28d456f830373/The_Rise_of_Blockchain_Gaming.pdf

35. Number of 'Active' Blockchain Games Doubled in Past Year to Almost 400. [tiešsaiste][Atsauce 05.05.2022]. Pieejams internetā: <https://www.coindesk.com/markets/2022/01/19/number-of-active-blockchain-games-doubled-in-past-year-to-almost-400/>
36. Blockchain Game Alliance: NFT games generated \$2.32B in Q3. [tiešsaiste][Atsauce 05.05.2022]. Pieejams internetā: <https://venturebeat.com/2021/12/16/blockchain-game-association-nft-games-generated-2-32b-in-q3/>
37. The Rise Of Play-To-Earn Games. [tiešsaiste][Atsauce 09.05.2022]. Pieejams internetā: <https://www.c-sharpcorner.com/article/the-rise-of-play-to-earn-games/>
38. PlayToEarnReport. [tiešsaiste][Atsauce 09.05.2022]. Pieejams internetā: https://playdapp.io/document/P2E_NFT_Game_Analysis_Playdapp_Report_en.pdf
39. Ronin Attack Shows Cross-Chain Crypto Is a 'Bridge' Too Far. [tiešsaiste][Atsauce 09.05.2022]. Pieejams internetā: <https://www.coindesk.com/layer2/2022/04/05/ronin-attack-shows-cross-chain-crypto-is-a-bridge-too-far/>
40. NFT Standards Explained. [tiešsaiste][Atsauce 10.05.2022]. Pieejams internetā: <https://www.koombea.com/blog/nft-standards/>
41. How to create an NFT game with your own ICO. [tiešsaiste][Atsauce 10.05.2022]. Pieejams internetā: <https://mitsoftware.com/en/como-crear-un-juego-nft-con-tu-propio-ico-token-startup/>
42. Axie Infinity marketplace. [tiešsaiste][Atsauce 11.05.2022]. Pieejams internetā: <https://marketplace.axieinfinity.com/axie/?auctionTypes=Sale>
43. Software release life cycle. [tiešsaiste][Atsauce 11.05.2022]. Pieejams internetā: https://en.wikipedia.org/wiki/Software_release_life_cycle
44. Blockchain gaming: An analysis of the use of blockchain technology in the video gaming industry. [tiešsaiste][Atsauce 12.05.2022]. Pieejams internetā: https://amslaurea.unibo.it/20533/1/ershov_igor_tesi.pdf
45. NFT Game Development — How to Build an NFT Game App in Minutes. [tiešsaiste][Atsauce 12.05.2022]. Pieejams internetā: <https://moralis.io/nft-game-development-how-to-build-an-nft-game-app-in-minutes/>

46. Why use Moralis? [tiešsaiste][Atsauce 12.05.2022]. Pieejams internetā:
<https://docs.moralis.io/introduction/readme>
47. INTRODUCTION TO DAPPS. [tiešsaiste][Atsauce 12.05.2022]. Pieejams internetā:
<https://ethereum.org/en/developers/docs/dapps/>
48. What are DApps? [tiešsaiste][Atsauce 12.05.2022]. Pieejams internetā:
<https://cointelegraph.com/defi-101/what-are-dapps-everything-there-is-to-know-about-decentralized-applications>
49. Ethereum Smart Contracts Optimization. [tiešsaiste][Atsauce 17.05.2022]. Pieejams internetā:
<https://computerscience.unicam.it/marcantoni/tesi/Ethereum%20Smart%20Contracts%20Optimization.pdf>
50. Tight Variable Packing. [tiešsaiste][Atsauce 17.05.2022]. Pieejams internetā:
https://fravoll.github.io/solidity-patterns/tight_variable_packing.html
51. Gas Optimization in Solidity Part I: Variables. [tiešsaiste][Atsauce 17.05.2022]. Pieejams internetā: <https://medium.com/coinmonks/gas-optimization-in-solidity-part-i-variables-9d5775e43dde>
52. Blocks. [tiešsaiste][Atsauce 17.05.2022]. Pieejams internetā:
<https://ethereum.org/en/developers/docs/blocks/>

PIELIKUMI

1. PIELIKUMS. NEOPTIMIZĒTA SPĒLES AR NFT PIESAISTI VIEDĀ LĪGUMA SOLIDITY KODS

```
// SPDX-License-Identifier: GPL-3.0

pragma solidity ^0.8.4;

import "@openzeppelin/contracts/token/ERC721/ERC721.sol";
import "@openzeppelin/contracts/access/Ownable.sol";

contract gameNFT is ERC721, Ownable {

    struct Weapon {
        uint damage;
        uint damagePerSecond;
        uint range;
        uint stability;
        uint fireRate;
        uint capacity;
        uint wear;
        bool exists;
    }

    uint256 nextId = 0; // NFT counter
    uint256 public renewCost = 0.0001 ether;

    // list of existing NFTs
    Weapon[] public _weapons;

    // calls ERC721 contract constructor
    constructor() ERC721("Weapon", "WPN") {

    }

    function mint(uint damage,uint damagePerSecond,uint range,uint
    stability,uint fireRate,uint capacity) public onlyOwner {

        //creates new Weapon object
        Weapon memory weapon =
        Weapon(damage,damagePerSecond,range,stability,fireRate,capacity
        ,1, true);
        //pushes Weapon object to array
        _weapons.push(weapon);
        //mints weapon NFT
        _safeMint(msg.sender, nextId); // pass owner address and NFT id
        nextId++;
    }

    function mintMultiple(uint8 count) public onlyOwner {
        for (uint i=1; i <= count; i++) {
            // calculates weapon attributes
            uint num = uint(keccak256(abi.encodePacked(block.timestamp,
            msg.sender, i))) % 100;
```

```

uint num1 = ((uint(keccak256(abi.encodePacked(block.timestamp,
msg.sender, i))) % 100) + 11) % 100;
uint num2 = ((uint(keccak256(abi.encodePacked(block.timestamp,
msg.sender, i))) % 100) + 22) % 100;
uint num3 = ((uint(keccak256(abi.encodePacked(block.timestamp,
msg.sender, i))) % 100) + 33) % 100;
uint num4 = ((uint(keccak256(abi.encodePacked(block.timestamp,
msg.sender, i))) % 100) + 44) % 100;
uint num5 = ((uint(keccak256(abi.encodePacked(block.timestamp,
msg.sender, i))) % 100) + 55) % 100;
// calls mint with calculated values
mint(num, num1, num2, num3, num4, num5);
}
}

function renewWeapon(uint256 tokenId) public payable {
    //gets weapon by tokenId from array
    Weapon storage weapon = _weapons[tokenId];
    require(weapon.wear < 100, "Weapon is destroyed");
    require(weapon.exists == true, "Weapon does not exist");
    require(msg.value == renewCost, "Renew cost is wrong" );
    weapon.wear = 1;
}

function fight(uint256 tokenId1, uint256 tokenId2) public {
    //gets weapon by tokenId from array
    Weapon storage weapon1 = _weapons[tokenId1];
    Weapon storage weapon2 = _weapons[tokenId2];

    require(weapon1.wear < 100, "Weapon 1 is destroyed");
    require(weapon2.wear < 100, "Weapon 2 is destroyed");
    require(weapon1.exists == true, "Weapon 1 does not exist");
    require(weapon2.exists == true, "Weapon 2 does not exist");
    //increases both weapon wear
    _weapons[tokenId1].wear = weapon1.wear + 1;
    _weapons[tokenId2].wear = weapon2.wear + 1;
}
}

```

2. PIELIKUMS. OPTIMIZĒTA SPĒLES AR NFT PIESAISTI VIEDĀ LĪGUMA SOLIDITY KODS

```
// SPDX-License-Identifier: GPL-3.0

pragma solidity ^0.8.4;

import "@openzeppelin/contracts/token/ERC721/ERC721.sol";
import "@openzeppelin/contracts/access/Ownable.sol";

contract gameNFT is ERC721, Ownable {

    struct Weapon {
        uint8 damage;
        uint8 damagePerSecond;
        uint8 range;
        uint8 stability;
        uint8 fireRate;
        uint8 capacity;
        uint8 wear;
        bool exists;
    }

    uint256 nextId = 0; // NFT counter
    uint256 public renewCost = 0.0001 ether;

    // list of existing NFTs
    mapping(uint256 => Weapon) public _weapons;

    // calls ERC721 contract constructor
    constructor() ERC721("Weapon", "WPN") {

    }

    function mint(uint8 damage,uint8 damagePerSecond,uint8 range,uint8
    stability,uint8 fireRate,uint8 capacity) public onlyOwner {

        //creates new Weapon object with given parameters and inserts
        it in mapping with its ID
        _weapons[nextId] =
        Weapon(damage,damagePerSecond,range,stability,fireRate,capacity
        ,1, true);
        //mints weapon NFT
        _safeMint(msg.sender, nextId); // pass owner address and NFT id
        nextId++;
    }

    function mintMultiple(uint8 count) public onlyOwner {
        for (uint i=1; i <= count; i++) {
            // calculates weapon attribute
            uint number = uint(keccak256(abi.encodePacked(block.timestamp,
            msg.sender, i))) % 100;
            // casts number to uint8 data type
            uint8 num = uint8(number);
            //calls mint with modified num variable for each parameter
            mint(num, ((num+11)%100), ((num+22)%100), ((num+33)%100), ((num+44)
            %100), ((num+55)%100));
        }
    }
}
```

```

    }
}

function renewWeapon(uint256 tokenId) public payable {
    //creates Weapon object from _weapons mapping with given
    tokenId
    Weapon storage weapon = _weapons[tokenId];
    require(weapon.wear < 100, "Weapon is destroyed");
    require(weapon.exists == true, "Weapon does not exist");
    require(msg.value == renewCost, "Renew cost is wrong" );
    weapon.wear = 1;
}

function fight(uint256 tokenId1, uint256 tokenId2) public {
    //creates Weapon objects from _weapons mapping with given
    tokenId
    Weapon storage weapon1 = _weapons[tokenId1];
    Weapon storage weapon2 = _weapons[tokenId2];

    require(weapon1.wear < 100, "Weapon 1 is destroyed");
    require(weapon2.wear < 100, "Weapon 2 is destroyed");
    require(weapon1.exists == true, "Weapon 1 does not exist");
    require(weapon2.exists == true, "Weapon 2 does not exist");
    //increases both weapon wear
    _weapons[tokenId1].wear = weapon1.wear + 1;
    _weapons[tokenId2].wear = weapon2.wear + 1;
}
}

```