SZAKDOLGOZAT

Nagy Lajos

2024

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Szent István Campus

Növénytermesztési-tudományok Intézet

Mezőgazdasági mérnök alapképzési szak

BLOKKLÁNCOK HASZNÁLATA A MEZŐGAZDASÁGI TERMELÉSBEN

Belső konzulens:	Dr. Kovács Gergő Péter Általános és oktatási intézetigazgató-helyettes
Belső konzulens intézete/tanszéke:	Növénytermesztési-tudományok Intézet
Külső konzulens:	
Készítette:	**Nagy Lajos**

Gödöllő

2024

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés

Magyarország gazdaságának egyik kulcsfontosságú ágazata - különösen a vidéki foglalkoztatás és az élelmiszerellátás szempontjából - a mezőgazdaság. Sok kistermelő él és dolgozik ebben az ágazatban, de nehezen jutnak piacra, és a közvetítők uralják a piacokat. A jelenlegi piaci struktúrák sokszor megakadályozzák, hogy a kistermelők hatékonyan értékesítsék termékeiket, és a közvetítők gyakran magas haszonkulccsal dolgoznak, ami csökkenti a termelők jövedelmét. Ez a probléma különösen aktuális a modern élelmiszerláncok globalizált világában, ahol a nagykereskedők és a szupermarketek gyakran a főszereplők.

Az elmúlt évtized technológiai fejlődése, különösen a blokklánc technológia, új lehetőségeket kínál a mezőgazdaság és az élelmiszeripar számára. A blokklánc decentralizált, biztonságos és átlátható struktúrája ideális alapot nyújt olyan rendszerek számára, amelyekben a termelők közvetlenül értékesíthetik termékeiket a fogyasztóknak, kizárva a közvetítőket. Ez az új technológia lehetőséget kínál a kistermelők számára arra, hogy közvetlenebb hozzáférést kapjanak a piachoz, miközben biztosítják termékeik nyomon követhetőségét és az adatbiztonságot. Emellett az okos szerződések használatával automatizálhatók a pénzügyi és logisztikai folyamatok, amelyek tovább csökkenthetik a tranzakciós költségeket és az adminisztrációs terheket.

A blokklánc technológia már számos ágazatban bizonyított, többek között az ellátási lánc menedzsmentjében, ahol a termékek nyomon követhetősége és átláthatósága alapvető fontosságú. A blokklánc-megoldások a mezőgazdaságban ellenőrizhetik a termékek eredetiségét, egyszerűsíthetik a logisztikát és növelhetik a fogyasztói bizalmat. Ezzel a technológiával a magyar kistermelők függetlenséget és piaci részesedést szerezhetnek egy decentralizált mezőgazdasági piacon.

1.1 Célkitűzések

A szakdolgozat célja annak feltárása, hogy a blokklánc technológia hogyan alkalmazható a magyar mezőgazdaságban, különösen a kistermelők esetében egy decentralizált piactér létrehozásával. Az élelmiszerpiacok növekvő nemzetközi versenye és a torz árképzés miatt a kistermelőket gyakran legyőzik a nagyobb piaci szereplők. Ez a tanulmány azt vizsgálja, hogy a blokklánc technológia hogyan tehetné lehetővé az átlátható és közvetítőktől mentes kereskedelmet, amely több bevételt és függetlenséget hozna a kistermelők számára.

Az elemzés célja a blokklánc technológia elméleti hátterének feltárása, valamint annak bemutatása, hogy miként működik egy decentralizált, biztonságos adatkezelési rendszer. Ezen

kívül a dolgozat kidolgozza egy decentralizált mezőgazdasági piactér koncepcióját, amely lehetővé teszi a kistermelők számára, hogy közvetlenül értékesíthessék termékeiket a fogyasztóknak, kizárva a közvetítőket. Vizsgálat tárgyát képezi továbbá az okos szerződések alkalmazása a mezőgazdasági értékesítési folyamatok automatizálásában. Az elemzés bemutatja a blokklánc nemzetközi alkalmazásának lehetőségeit a mezőgazdaságban, esettanulmányok segítségével szemléltetve, hogyan működik a technológia más országokban, és milyen hatékonyságot és eredményt hozott. Emellett a dolgozat feltérképezi a blokklánc technológia magyarországi alkalmazásának lehetséges akadályait és előnyeit, különös tekintettel a jogi, technikai és piaci környezetre.

2. Szakirodalmi áttekintés

2.1 Fogalmak és definíciók

Ebben a fejezetben a blokklánc technológiához kapcsolódó alapvető fogalmakat és definíciókat mutatom be, amelyek elengedhetetlenek a téma megértéséhez. A tárgyalt fogalmak közé tartoznak a blokklánc rendszerek alapvető elemei, a biztonságos működéshez nélkülözhetetlen technológiai megoldások, valamint a konszenzusmechanizmusok.

2.1.1. Blokk

A blokklánc technológiában a blokkok az adatok tárolásának alapegységei. A blokkok tartalmazzák a tranzakciók vagy más adatok csoportját, amelyeket a blokklánc hálózatban végrehajtanak vagy rögzítenek. Ezek a blokkok láncot alkotva kapcsolódnak egymáshoz, amelyhez minden új blokk hozzáadódik.

A Yaga és munkatársai (2018) alapján a blokkok általában a következő elemeket tartalmazzák:

- Blokkazonosító (Block ID): Egy egyedi azonosító, amely az adott blokkot egyértelműen azonosítja a blokkláncban.
- Előző blokk hivatkozása (Previous Block Reference): Az előző blokk azonosítója vagy hivatkozása, amely a blokkláncban való összekapcsolódást biztosítja.
- Tranzakciók vagy adatok: A blokkban tárolt tranzakciók vagy más adatok, például okosszerződések vagy felhasználói információk.
- Időbélyeg (Timestamp): A blokk létrehozásának időbélyege.
- Nonce: Egy véletlenszerű érték, amelyet a bányászok próbálnak megtalálni a Proof of Work (munka bizonyítéka) algoritmus segítségével, hogy validálják a blokkot és hozzáadják a blokklánchoz.

A blokkok általában hash-algoritmusokkal vannak titkosítva vagy összefoglalva, ami egyedi azonosítót hoz létre minden blokknak. Ez a hash érték biztosítja a blokk adatintegritását és az adatok változatlanságát.

2.1.2. Blokklánc

A blokklánc egy decentralizált és elosztott adatbázis rendszer, amelynek fő célja az adatok biztonságos és átlátható tárolása (Hayes, 2024). Az adatok blokkokba vannak szervezve, amelyek időbélyeggel rendelkeznek és láncolatot alkotnak. Az új blokkok hozzáadása csak kriptográfiai algoritmusokkal megerősített megegyezés alapján történhet. A blokkláncban a blokkok lineárisan kapcsolódnak egymáshoz, és a blokklánc egészének integritását és biztonságát a blokkok közötti szigorú időrendiség és a hash-értékek ellenőrzése biztosítja.

2.1.3. Decentralizált adatbázis rendszer

A decentralizált adatbázis rendszerben az adatokat több számítógép, csomópont vagy csomópontok hálózata tárolja, amelyek között nincs központi irányítás vagy egyetlen megbízható fél. Az adatokat elosztott módon tárolják, ami azt jelenti, hogy az adatok több helyen vannak, és a hálózatban résztvevő csomópontok között oszlanak meg. Ezek az adatbázisok szinkronizálva vannak egymással, ami azt jelenti, hogy az adatok minden adatbázisban frissülnek, és a változások másolódnak a többi adatbázisba (Brakeville és Perepa, 2019).

2.1.4. Csomópont (node)

A node olyan számítógép vagy eszköz, amely aktívan részt vesz a blokklánc hálózat működésének fenntartásában. Feladatai közé tartozik a blokkok és tranzakciók ellenőrzése, továbbítása és rögzítése a blokkláncon.

2.1.5. Kriptográfia

A blokklánc technológia alapja a kriptográfia, amely a biztonságos kommunikáció és az adatvédelem tudománya. A kriptográfiai algoritmusok használata lehetővé teszi az adatok titkosítását és a digitális aláírások létrehozását a blokkok hitelesítéséhez.

2.1.6. Hash-algoritmusok

Fontos szerepet játszanak a blokklánc technológiában. Ezek kriptográfiai függvények, amelyek a bemenetükként kapott adatokat, például tranzakciókat vagy blokkokat átalakítják egy fix hosszúságú, egyedi kóddá, amelyet hash értéknek vagy hash kódnak nevezünk.

2.1.7. Okosszerződések

Az okosszerződések olyan programozott kódok, amelyek automatikusan végrehajtódnak, ha előre meghatározott feltételek teljesülnek (Hayes, 2024). Ezek a szerződések segítenek automatizálni és kódolni üzleti folyamatokat a blokkláncon, minimalizálva az emberi beavatkozást és növelve a hatékonyságot.

2.1.8. Bányászat

A blokkláncok jellemzően bányászattal, azaz a blokkok ellenőrzésével és hozzáadásával járnak. A bányászok számítógépeik erőforrásait felhasználva versenyeznek, hogy matematikai problémákat oldjanak meg, és így hitelesítsék az új blokkokat. A bányászatot általában jutalomrendszer kíséri, amely lehet kriptovaluta vagy tranzakciós díj.

2.1.9. Kriptovaluta

A blokklánc technológia legelterjedteb alkalmazása a kriptovaluták, mint például a Bitcoin vagy az Ethereum. Ezek a digitális eszközök lehetővé teszik a közvetlen értékátadást és pénzügyi tranzakciókat a blokklánc hálózaton keresztül.

2.1.10. Konszenzus

A konszenzus a blokklánc technológiában a résztvevők közötti megegyezést jelenti a hálózaton található adatok és tranzakciók valódiságáról és integritásáról (Brakeville és Perepa, 2019). Ha a résztvevők nem értenek egyet az adatok és tranzakciók érvényességéről, akkor a blokklánc hálózat megbomolhat, és a hálózaton található adatok megbízhatósága veszélybe kerül.

2.1.11. Konszenzusmechanizmus

A blokkláncokban a konszenzusmechanizmusok felelősek az adatok integritásának és az egyetértés elérésének biztosításáért (Singh és munkatársai, 2022). Ezek a mechanizmusok meghatározzák, hogy hogyan dönt a hálózat a tranzakciók hitelesítéséről és a blokkok elfogadásáról. Példák erre a részesedés alapú (Proof of Stake) és a munka alapú (Proof of Work) konszenzusmechanizmusok.

2.1.12. Proof of Work (a továbbiakban PoW)

A blokklánc technológiában alkalmazott egyik konszenzusmechanizmus, amely a blokkok hitelesítésének és új blokkok hozzáadásának folyamatát szabályozza. A PoW koncepciója először a Bitcoin protokollban jelent meg, és azóta számos más blokklánc rendszerben is alkalmazzák.

A PoW alapelve, hogy a hálózaton résztvevő bányászoknak (számítógépeknek) bizonyítaniuk kell, hogy jelentős mennyiségű számítási munkát végeztek annak érdekében, hogy megoldjanak egy matematikai problémát (Yaga és munkatársai, 2018). Ez a feladat a blokk nonce értékének megtalálása, amely időigényes és erőforrásigényes feladat, és ezért kialakul egy verseny a bányászok között, hogy ki találja meg először a helyes nonce értéket.

A következőkben Singh és munkatársai (2022) alapján röviden áttekintjük a PoW konszenzusmechanizmus előnyeit és hátrányait.

Az előnyei a PoW mechanizmusnak:

- Biztonság: A PoW mechanizmus nagy számítási erőt és erőforrásokat igényel, hogy sikeresen manipulálhassák a blokkokat. Ez megnehezíti a rosszindulatú támadásokat és a blokklánc ellenőrizetlen módosítását.

- Elosztott részvétel: A PoW lehetővé teszi a hálózaton résztvevő bányászok számára, hogy közvetlenül részt vegyenek a blokkok hitelesítésében és a hálózat működésében. Bárki, aki rendelkezik számítási erőforrásokkal, lehetőséget kap a blokkok hitelesítésére és hozzáadására a blokklánchoz. Ez demokratikusabbá és elosztottabbá teszi a blokklánc rendszert.

A PoW hátrányai:

- Energiaigény: A PoW mechanizmus erőforrásigényes, és nagy mennyiségű elektromos energia felhasználásával jár. Ez nemcsak pénzügyi terhet jelenthet a bányászok számára, hanem környezeti hatásokkal is járhat.
- Skálázhatósági problémák: A PoW mechanizmus korlátozott skálázhatóságot eredményezhet a hálózatban. A nagyobb forgalommal és a bányászok számának növekedésével növekszik a tranzakciók feldolgozási időtartama.
- Hardverfüggőség: A PoW rendszerben a hatékonyság és a sikeres bányászat érdekében speciális hardverekre lehet szükség, amelyeket csak kevesen engedhetnek meg maguknak. Ez a résztvevők közötti egyenlőtlenséget és centralizációt eredményezhet.
- Centralizáció potenciális kockázata: Néhány nagy bányászcsoport kialakulása, centralizációs kockázatokat hordozhat és befolyásolhatja a hálózat döntéshozatalát.

2.1.14. Proof of Stake (a továbbiakban PoS)

Működése alapvetően különbözik a PoW rendszertől. A PoS alapelve az, hogy a blokkláncot ellenőrző résztvevők a rendelkezésükre álló kriptovaluta mennyiségével arányosan kapnak befolyást és jogot a blokkok hitelesítésére (Yaga és munkatársai, 2018). A PoS a PoW rendszertől eltérően nem a számítási teljesítményt, hanem a tétet (stake) vagy a résztvevők érdekeltségét veszi figyelembe a döntéshozatal során.

A PoS konszenzusmechanizmus előnyeit és hátrányait a következőkben Singh és munkatársai (2022) munkája alapján tekintjük át.

A PoS rendszer előnyei:

- Energiahatékonyság: A PoS rendszerben nem szükséges nagy számítási teljesítményt felhasználni a bányászathoz, így jóval kisebb energiafogyasztással jár, mint a PoW rendszer.

- Skálázhatóság: A PoS rendszerben a blokkok létrehozása gyorsabb lehet, és a tranzakciók feldolgozása hatékonyabb lehet a PoW rendszerhez képest. Ez lehetővé teszi a magasabb tranzakciómennyiséget és a gyorsabb blokkidőket.
- Kisebb hardverfüggőség: A PoS nem igényel speciális bányászati hardvereket, így a résztvevők számára könnyebben hozzáférhetővé válik a blokkok hitelesítése és a jutalmazás.

Hátrányai:

- Részvénycentralizáció: A PoS rendszerben a résztvevők hatalma és jutalma a birtokolt részvénymennyiségüktől függ. Ez a gazdagok előnyére válhat, és a résztvevők közötti egyenlőtlenséget eredményezhet.
- Kezdeti részvényelosztás: A PoS rendszer bevezetésekor fontos a részvények kezdeti elosztása. Ha a kezdeti részvényelosztás nem történik megfelelően, vagy ha az elosztásban egyenlőtlenek a résztvevők közötti lehetőségek, az egyes résztvevők túl nagy előnyhöz juthatnak, ami centralizációs kockázatot jelenthet.

2.1.15. Centralizált váltók

A centralizált váltók olyan platformok, amelyek egy központosított infrastruktúrán alapulnak és egy vagy több központi entitás irányítása alatt állnak (Aspris és munkatársai, 2021). Ezek a váltók központi szervereken tárolják az ügyfelek pénzügyi adatait és a kriptovalutákat, ahol a kereskedők és a befektetők kriptovalutákat vásárolhatnak, adhatnak el és kereskedhetnek velük. Az ügyfelek számlákat hoznak létre és a váltó szabályai szerint járnak el. Könnyen használhatóak, nagyon likvidek és számos kereskedési lehetőséggel rendelkeznek. Ugyanakkor nagyobb biztonsági kockázatot is jelentenek, mivel a felhasználói adatokat központilag tárolják - így vonzó célpontok a hackerek számára.

2.1.16. Decentralizált váltók

A decentralizált váltók olyan platformok, amelyek a blokklánc technológiára és okosszerződésekre épülnek, és közvetlenül, peer-to-peer alapon működnek a blokklánc hálózatokon keresztül (Aspris és munkatársai, 2021).

A felhasználók saját kriptovaluta pénztárcáikat önállóan kezelik, és közvetlenül cserélhetnek vagy kereskedhetnek más felhasználókkal. Előnyük a magasabb biztonság és a jobb adatvédelem, mivel nincs központi adatbázis, amelyet hackerek támadhatnának. Ugyanakkor hátrányuk, hogy kevésbé felhasználóbarátak és technikailag bonyolultabbak lehetnek a kezdők számára, továbbá a likviditás is alacsonyabb lehet.

2.2. Bevezetés a blokklánc-technológiába

A blokklánc technológia megjelenése jelentős érdeklődést váltott ki a mezőgazdasági ágazatban. Az eredetileg a kriptovaluták számára kifejlesztett technológia új lehetőségeket kínál a hatékonyság, az átláthatóság és az átfogó nyomon követés fokozására a mezőgazdasági ellátási láncokon belül (Xiong és munkatársai, 2020). Decentralizált és megváltoztathatatlan jellegének köszönhetően a blokklánc technológia forradalmasíthatja a mezőgazdasági termelést, mivel olyan problémákat kezelésére lehet alkalmas, mint a termékcsalás, a nyomon követhetőség, az árdrágítás és a fogyasztói bizalmatlanság (Xiong és munkatársai, 2020). Ez a szakdolgozat a blokklánc technológia mezőgazdasági termelésben való felhasználhatóságát vizsgálja, és egy lehetséges Magyarországon történő alkalmazását mutatja be.

2.3. Blokklánc technológia bemutatása

Ahhoz, hogy teljes mértékben megértsük a blokkláncban rejlő lehetőségeket a mezőgazdasági termelésben, feltétlenül meg kell értenünk ennek az úttörő technológiának az alapjait. A blokklánc technológia olyan innovatív áttörést jelent, amely forradalmasította az adatokról, a tranzakciókról és a bizalomról alkotott felfogásunkat. A blokklánc lényegében egy decentralizált és elosztott főkönyvi rendszerként szolgál, amely pontosan rögzíti a tranzakciókat egy számítógép-hálózaton keresztül (Gad és munkatársai, 2022). Ennek köszönhetően a rendszer magas szintű átláthatóságot, biztonságot és megváltoztathatatlanságot nyújt, ami hozzájárul a megbízhatóságához.

A hagyományos rendszerek általában központi hatóságokra, például bankokra vagy kormányokra támaszkodnak a tranzakciók érvényesítésében vagy nyilvántartásában. Ezzel szemben a blokklánc számítógépek, úgynevezett csomópontok decentralizált hálózatán belül működik (Gad és munkatársai, 2022). Minden egyes csomópont rendelkezik a teljes blokklánc egy másolatával (Yaga és munkatársai, 2018). Ezáltal biztosítható, hogy egyetlen szereplő se szerezhesse meg az irányítást vagy manipulálhassa az tranzakciók adatait. A tranzakciókat konszenzusmechanizmusok, például a PoW vagy PoS mechanizmusok segítségével ellenőrzik és csatolják a blokklánchoz. Ez biztosítja, hogy a blokkláncon rögzített minden egyes tranzakció megbízható és nem manipulálható (Gad és munkatársai, 2022).

A blokkláncot felépítő blokkok mindegyike tranzakciók listáját tartalmazza (Gad és munkatársai, 2022). Ezek a tranzakciók különböző adattípusokat képviselhetnek, például kriptovaluta átutalásokat, szerződéseket vagy eszköz nyilvántartásokat. Továbbá a lánc minden egyes blokkja rendelkezik egy egyedi azonosítóval, amelyet kriptográfiai algoritmusok segítségével generálnak. A kriptográfia kulcsfontosságú szerepet tölt be a blokkláncok

biztonságának megteremtésében és fenntartásában. Minden egyes tranzakció titkosításon megy keresztül, és egy kriptográfiai hash segítségével kapcsolódik az előzőhöz, létrehozva ezzel az egymással összekapcsolt blokkok sorozatát. A hash-funkció két célt szolgál: biztosítja az adatok integritását az egyes blokkokon belül és szekvenciális kapcsolatot hoz létre a lánc összes blokkja között, így létrehozva a tranzakciók átfogó nyilvántartását (Bano és munkatársai, 2017). Ez a struktúra szinte lehetetlenné teszi a korábbi tranzakciók megváltoztatását vagy manipulálását a hálózat többségének konszenzusa nélkül.

A blokklánc-hálózatokban konszenzusmechanizmusokat alkalmaznak az újonnan hozzáadott blokkban lévő információk hitelesítésére és egyhangú döntés eléréséhez (Miles, 2017). A két legelterjedtebb mechanizmus a PoW és a PoS (Gad és munkatársai, 2022). A PoW mechanizmusban a bányászok egy versenyeztetési folyamat során bonyolult matematikai problémákat oldanak meg, hogy sikeresen hozzáadjanak egy blokkot a lánchoz. Ehhez képest a PoS mechanizmusban az érvényesítők a kriptovalutájukat letétbe helyezik, hogy a következő blokk létrehozójának válasszák őket (Mungoli, 2023). Mindkét mechanizmus biztosítja, hogy a hálózat résztvevői érdekeltek legyenek a hálózat integritásának fenntartásában. A PoW és a PoS mellett léteznek alternatív konszenzusmechanizmusok, például a delegált proof of stake és az elosztott konzisztencia algoritmusok (Mungoli, 2023; Bano és munkatársai, 2017).

2.4. Blokklánc tranzakció folyamata

A felhasználók létrehoznak egy digitális pénztárcát, amely a kívánt blokklánc-hálózathoz kapcsolódik a tranzakció kezdeményezéséhez. Ez a tárca egy egyedi címet tartalmaz, amelyet pénzeszközök vagy más digitális eszközök küldésére és fogadására használnak (Yaga és munkatársai, 2018). A felhasználó ezután létrehoz egy tranzakciós üzenetet, amelyben megadja a címzett címét és az átutalandó összeget (http1, 2022). A tranzakció tulajdonjogát és jogosultságát a küldő privát kulcsa ellenőrzi, amely egyfajta hitelesítésként szolgál (Yaga és munkatársai, 2018). A privát kulcs egy titkos kriptográfiai kulcs, amely egyedi és a felhasználóhoz köthető.

Amikor egy tranzakciót kezdeményeznek, az a blokklánc hálózatba kerül, és várakozik a hálózat konszenzusmechanizmusa által történő érvényesítésre (Gad és munkatársai, 2022). A blokklánc-hálózat csomópontjai fogadják a tranzakciót, és ellenőrzik annak hitelességét. A hitelesítés során ellenőrzik a digitális aláírás érvényességét, amely biztosítja, hogy a tranzakciót a feladó privát kulcsával írták alá (http1, 2022). Emellett megvizsgálják, hogy a feladó rendelkezik-e a tranzakcióhoz szükséges egyenleggel vagy felhatalmazással, és hogy a művelet megfelel-e a hálózat előírásainak és protokolljainak.

Az ellenőrzést követően a tranzakciót hozzáadják a meg nem erősített tranzakciókhoz, amelyek arra várakoznak, hogy bekerüljenek egy blokkba (Yaga és munkatársai, 2018). A blokk létrehozó csomópont innen választja ki az új blokkba kerülő tranzakciókat.

A tranzakciót tartalmazó, újonnan létrehozott blokkot konszenzus elérése céljából továbbítják a hálózatnak. A hálózat csomópontjai megvizsgálják a blokk tartalmát, majd konszenzusra jutnak annak érvényességéről. Ezt követően a blokkot hozzáadják a blokklánchoz. Ekkor a tranzakció megerősítettnek tekintendő, és a blokklánc megváltoztathatatlan történetének részévé válik (http1, 2022). A tranzakció innentől visszafordíthatatlan, és a hálózati résztvevők többségének konszenzusa nélkül nem módosítható. A felhasználók megtekinthetik a tranzakció részleteit a nyilvános blokklánc főkönyvben, így biztosítva az átláthatóságot (Gad és munkatársai, 2022).

Ez a folyamat biztosítja, hogy a blokklánc tranzakciók biztonságosak, átláthatóak és ellenállóak a csalással vagy a manipulációval szemben. Emellett nincs szükség közvetítőkre, mivel a megbízhatóság a blokklánc konszenzusmechanizmusai és kriptográfiai módszerei révén jön létre (Mungoli, 2023).

2.5. A blokklánctechnológia előnyei

A digitális világban a biztonság a legfontosabb, és a blokklánc technológia hatékony megoldást kínál. A blokklánc kriptográfiai technikákra való támaszkodása biztosítja a tranzakciók és az adatok biztonságát (Miles, 2017). A blokkláncon található tranzakciókat biztonságosan kódolják, és minden egyes tranzakciót kriptográfiai hashekkel kapcsolnak össze az előzővel, ami egy megváltoztathatatlan láncot eredményez (Gad és munkatársai, 2022). Egy blokk módosítása csak úgy lehetséges, ha utána a teljes láncon az összes azt követő blokkot is megváltoztatjuk., ami számításilag kivitelezhetetlenné teszi a műveletet, és biztosítja az adatok integritását. Ez azt jelenti, hogy szinte lehetetlen megváltoztatni vagy meghamisítani, ha egyszer egy tranzakciót felvettek a blokkláncra (Yaga és munkatársai, 2018). Ez a fokozott biztonság jelentősen csökkenti a csalást, a feltörést és az adatokhoz való jogosulatlan hozzáférést, biztonságosabb környezetet kínálva a digitális interakciók számára.

A decentralizáció a blokklánc technológia egyik alapvető előnye (Yaga és munkatársai, 2018). A hagyományos rendszerek gyakran központi hatóságokra, például bankokra, kormányokra vagy közvetítőkre támaszkodnak a tranzakciók érvényesítésében és rögzítésében. A blokklánc kiküszöböli ezeknek a közvetítőknek a szükségességét, a központi entitásokba vetett bizalmat a programkódba és a matematikába vetett bizalom váltja fel (Sharif és Ghodoosi, 2022). A

blokklánc technológia decentralizáltan működik, ez biztosítja, hogy egyetlen szereplő sem rendelkezik teljes kontrollal a hálózat felett. A decentralizáció növeli a biztonságot, emellett csökkenti a csalás, a manipuláció és a korrupció kockázatát, így különösen vonzóvá teszi az olyan iparágakban, ahol a bizalom kiemelkedően fontos.

Amikor egy tranzakciót egyszer rögzítenek a blokkláncon és megerősítenek, az megváltoztathatatlanná válik. Ez azt jelenti, hogy nem lehet megváltoztatni, törölni vagy meghamisítani, ami nagyfokú bizonyosságot és bizalmat biztosít az adatok történelmi pontosságával kapcsolatban (Bano és munkatársai, 2017). Ez a megváltoztathatatlanság számos iparágban alkalmazható.

A blokklánc nyilvános jellege elősegíti az átláthatóságot. Bárki megtekintheti a teljes tranzakciótörténetet a blokklánc főkönyvében, ami biztosítja az elszámoltathatóságot és csökkenti a korrupció kockázatát (Bano és munkatársai, 2017; Gad és munkatársai, 2022). Ez az átláthatóság értékes az ellátási lánc irányításában, ahol a fogyasztók egyre inkább igénylik a termékek eredetének és hitelességének átláthatóságát (Xiong és munkatársai, 2020). A blokklánc-technológiában alkalmazott konszenzusprotokollok alkalmazása továbbá garantálja a hálózat összes csomópontjának egyhangú egyetértését a tranzakciók érvényességét illetően.

A blokklánc továbbá lehetővé teszi a nyomon követhetőséget azáltal, hogy végponttól végpontig átláthatóvá teszi az áruk és eszközök mozgását (Zhang, 2019). Az ellátási lánc teljes folyamata dokumentálásra kerül a blokkláncon, lehetővé téve a fogyasztók számára, hogy nyomon követhessék egy termék útját annak eredetétől egészen a birtokukba kerüléséig (Zhang, 2019). Ez kulcsfontosságú a termékek eredetiségének ellenőrzéséhez, valamint az etikai és környezetvédelmi előírások betartásának biztosításához (Saberi és munkatársai, 2018).

A tranzakciók gyorsabban és a közvetítőkre való kisebb támaszkodással bonyolíthatók le, így nincs szükség hosszadalmas egyeztetési eljárásokra (Zhang, 2019). Ezáltal a blokklánc racionalizálja a folyamatokat és csökkenti a működési költségeket. A pénzügyi iparágakban a blokklánc a hagyományos módszereknél gyorsabb és olcsóbb határokon átnyúló fizetéseket tesz lehetővé, ami mind a vállalkozások, mind a fogyasztók számára előnyös.

Továbbá az okos szerződések, az előre meghatározott szabályokat követő, önvégrehajtó megállapodások használata automatizálja a bonyolult eljárásokat, és minimalizálja a közvetítők és a kézi beavatkozás szükségességét (Hayes, 2024). Ez nemcsak a hatékonyságot növeli, hanem az emberi hiba lehetőségét is minimalizálja.

A blokklánc lehetővé teszi az eszközök tokenizálását, lehetővé téve az egyének számára, hogy nagy értékű eszközök, például ingatlanok és műkincsek töredékét birtokolják (IBM, 2018). Ez lehetőséget nyújt olyan befektetésekhez való hozzáférésre, amelyek korábban a gazdagok számára voltak fenntartva.

A blokklánc technológia révén a felhasználóknak nagyobb ellenőrzésük lehet digitális eszközeik és adataik felett. A blokklánc alapú digitális személyazonosságokkal a felhasználók biztonságos és hordozható személyazonossággal rendelkezhetnek, amelyet ők kontrollálnak, ezáltal csökken a személyazonosság lopás és a csalás kockázata (Lesavre és munkatársai, 2020).

A mezőgazdasági ágazatban tevékenykedő gazdálkodók is jelentős hasznot húzhatnak a blokklánc-technológiából. Azáltal, hogy a blokkláncot a terményeikre vonatkozó kulcsfontosságú információk - például a származás, a minőség és a termelési módszerek - rögzítésére használják, a gazdák növelhetik hitelességüket és piacképességüket, versenyképességüket és hozzáférést szerezhetnek a nemzetközi piacokhoz (Xiong és munkatársai, 2020).

Összefoglalva, a blokklánc-technológia számos előnyt kínál, többek között a decentralizáció révén magas biztonságot, a tranzakciók megváltoztathatatlanságát és átláthatóságot.

2.6. A blokklánctechnológia hátrányai

A blokklánc-technológia egyik legnagyobb kihívása a skálázhatóság (Frizzo-Barker és munkatársai, 2020). A hagyományos blokklánc-hálózatok, mint például a Bitcoin és az Ethereum, a tranzakciós sebesség és a kapacitás tekintetében kihívásokba ütköztek (http2, 2022). Ez a korlátozottság abból adódik, hogy a hálózat minden csomópontjának minden tranzakciót hitelesítenie és tárolnia kell, ami számításigényessé teszi a hálózatot.

Ennek eredményeként a blokklánc-hálózatok a nagy igénybevétel idején torlódással szembesülhetnek, ami hosszabb tranzakciós időkhöz és megnövekedett díjakhoz vezet (http1, 2022). E kihívások enyhítésére a kutatók jelenleg olyan skálázhatósági megoldásokat dolgoznak ki, mint a sharding és a layer-two megközelítések (Hafid és munkatársai, 2020). Azt azonban még nem lehet tudni, hogy ezek az eljárások milyen mértékben oldják meg hatékonyan a szóban forgó problémákat.

A PoW, a számos jelentős blokklánc-hálózat, például a Bitcoin által alkalmazott konszenzusmechanizmus, magas energiafogyasztásáról ismert (Bano és munkatársai, 2017). A PoW megköveteli, hogy a bányászok versenyezzenek az összetett matematikai rejtvények megoldásáért, ami hatalmas mennyiségű számítási teljesítményt és elektromos energiát

fogyaszt (Bano és munkatársai, 2017). Ez az energiafogyasztás kritikákat váltott ki a környezeti hatásai miatt. Egyes blokklánc projektek átállnak energiahatékonyabb konszenzusmechanizmusokra, például a PoS-re. Ennek ellenére az energiagondok továbbra is jelentős kihívást jelentenek a blokklánc-technológia szélesebb körű elterjedése szempontjából (Bano és munkatársai, 2017; Frizzo-Barker és munkatársai, 2020).

A blokklánc és a kriptovaluták besorolása és szabályozása jelenleg kihívások elé állítja a kormányokat és a szabályozó testületeket (Silva és Mira da Silva, 2022). Az egyértelmű irányelvek hiánya számos joghatóságban bizonytalanságot okozhat, ami hatással van a vállalkozásokra és a befektetőkre. Ez a bizonytalanság gátolja e technológiák széles körű elfogadását és alkalmazását.

Emellett a kriptovaluták illegális tevékenységekre, például pénzmosásra és adóelkerülésre való esetleges visszaélése miatti aggodalmak egyes régiókban szabályozási szigorításokat eredményeztek (Hayes, 2024). Az innováció előmozdítása és a szabályozási aggályok kezelése közötti megfelelő egyensúly megtalálása jelentős akadályt jelent (Coelho és munkatársai, 2021).

Bár a blokkláncot a biztonsági jellemzői miatt méltatják, nem teljesen mentes a biztonsági kockázatoktól. Az okos szerződések, a programkódban írt, önvégrehajtó megállapodások olyan sebezhetőségeket tartalmazhatnak, amelyeket a rosszindulatú szereplők kihasználhatnak (Ghosh és munkatársai, 2020). Ezek a sebezhetőségek pénzeszközök ellopásához vagy a szerződési feltételek manipulálásához vezethetnek.

Továbbá a blokkláncházatok decentralizáltsága azt jelenti, hogy a tranzakció megerősítése után visszafordíthatatlan. Ez a megváltoztathatatlanság kétélű kard lehet, mivel azt jelenti, hogy a hibákat vagy a visszaéléseket nem lehet könnyen korrigálni, ami nehézségeket okoz a viták rendezésében (Ghosh és munkatársai, 2020).

A blokklánc átláthatósága, bár jelentős előnyt kínál, hátránnyá válhat olyan helyzetekben, ahol a magánélet védelme kiemelten fontos. Míg a nyilvános blokkláncok az összes tranzakciós adatot bárki számára láthatóvá teszik, addig a privát blokkláncok a hozzáférést az arra jogosult résztvevőkre korlátozzák (Tran és munkatársai, 2021). Azonban még a privát blokkláncok sem biztos, hogy ugyanolyan szintű adatvédelmet nyújtanak, mint a hagyományos centralizált rendszerek, ami aggodalmakat vet fel azokban az iparágakban, ahol a titoktartás kiemelten fontos, például az egészségügyben és a pénzügyekben (Gordon és Catalini, 2018).

2.7. Bitcoin és Ethereum bemutatása

A kriptovaluták világában a Bitcoin és az Ethereum a két legmehatározóbb szereplő, mindkettő egyedi funkciókkal és képességekkel rendelkezik (Yaga és munkatársai, 2018). A Bitcoin 2009-ben jelent meg, létrehozója Satoshi Nakamoto néven vált ismertté, valódi kiléte azonban ismeretlen (Bano és munkatársai, 2017). Az Ethereum ötlete Vitalik Buterintől ered, akihez több fejlesztő csatlakozott és 2015-ben jelent meg az Ethereum első verziója (Das, 2024). Megjelenésük óta ezek a digitális eszközök globális figyelmet kaptak, és átformálták a pénz, a technológia és a pénzügyek értelmezését és felhasználását.

A Bitcoin és az Ethereum digitális valutaként osztozik néhány egységes funkcióban és jellemzőben. A Bitcoin és az Ethereum közös célja, hogy decentralizált rendszert biztosítsanak a peer-to-peer tranzakciók lebonyolítására, közvetítők, például bankok nélkül (http3, 2024). Bár mind a Bitcoin, mind az Ethereum nyilvános blokkláncokra épül, a mögöttes technológiák és célok jelentősen különböznek.

A gyakran digitális aranynak nevezett Bitcoin volt az első kriptovaluta, amelyet világszerte bevezettek. A Bitcoint, mint az úttörő és legismertebb kriptovaluta, úgy tervezték, hogy a pénz digitális formájaként szolgáljon (Frizzo-Barker és munkatársai, 2020). A vagyon megőrzésére és a tranzakciók megkönnyítésére szolgál, lehetővé téve a felhasználók számára, hogy bizalmas és megbízható módon küldjenek és fogadjanak fizetéseket (Frizzo-Barker és munkatársai, 2020).

A Bitcoint gyakran az aranyhoz hasonlítják annak ritkasága és értékmegőrző tulajdonságai miatt. A Bitcoint a 21 millió érméből álló fix kínálat jellemzi, ami elősegíti deflációs jellegét (Crooks, 2023). Alaptechnológiája egy blokkláncra épül, egy olyan elosztott főkönyvre, amely biztonságosan, átláthatóan és változatlanul rögzíti és megőrzi az összes tranzakciós rekordot (Gad és munkatársai, 2022). A Bitcoin a PoW nevű konszenzusmechanizmust alkalmazza, ez a folyamat biztosítja a kriptovaluta tranzakciótörténetének integritását és pontosságát. A Bitcoin szkriptnyelvét szándékosan korlátozottan, elsősorban tranzakciókhoz tervezték (http3, 2024). Bár támogat néhány alapvető okosszerződés-funkciót, az Ethereumhoz képest elhanyagolható.

Az Ethereum viszont több, mint egy digitális valuta. Az Ethereum olyan platformként szolgál, amely lehetővé teszi az okos szerződések létrehozását és végrehajtását, amelyek olyan megállapodások, amelyek előre meghatározott szabályok és feltételek mellett automatikusan végrehajtódnak (http3, 2024). Ezek az okos szerződések tranzakciók és megállapodások széles

körének automatizálására alkalmasak, ezáltal csökkentve a közvetítőkre való támaszkodást és javítva a működési hatékonyságot (The Investopedia Team, 2024).

Az Ethereum blokkllánca az Ethereum Virtual Machine felhasználásával működik, amely lehetővé teszi az okos szerződések és decentralizált alkalmazások végrehajtását (http3, 2024). Az Ethereum PoS konszenzusmechanizmust alkalmaz (Roy, 2024). Ez a konszenzusmechanizmus más algoritmusokhoz képest jobb energiahatékonyságot kínál (Mungoli, 2023). A PoS-ben a résztvevőket a birtokukban lévő és biztosítékként használni kívánt érmék mennyisége alapján ösztönzik. Az ether (ETH) az Ethereum saját kriptopénze, amelyet a hálózaton belüli tranzakciók megkönnyítésére és a számítási szolgáltatásokért való fizetésre használnak (http4, 2024).

Összefoglalva, a Bitcoin és az Ethereum két különböző módszert képvisel a blokklánc technológia fejlődésében. A Bitcoin a digitális valuta és az értéktárolás úttörője, míg az Ethereum az okos szerződés és a decentralizált alkalmazás lehetőségeivel szélesíti a horizontot. Egyedi jellemzőik és felhasználási eseteik megértése elengedhetetlen a kriptovaluták és decentralizált alkalmazások egyre bővülő világában való eligazodáshoz.

2.8. Okos szerződések

A szoros összeköttetésű digitális világban a biztonságos, átlátható és decentralizált tranzakciós mechanizmusok keresése folyamatos. A blokklánc-technológia keretében született okos szerződések úttörő megoldások, amelyek a digitális tranzakciók nagyobb biztonsága és automatizálása felé vezető utat nyitnak.

Az okos szerződések, bár szorosan a blokklánc-technológiához kötődnek, egy olyan koncepcióból erednek, amely megelőzte a blokkláncok létrehozását (The Investopedia Team, 2024). Nick Szabo kriptográfus által 1994-ben kitalált okos szerződéseket olyan önvégrehajtó szerződésként képzelték el, ahol a szerződési feltételek közvetlenül a kódsorokba vannak írva (Yaga és munkatársai, 2018; The Investopedia Team, 2024). A blokkláncok, nevezetesen az Ethereum megjelenése ezt az elméleti koncepciót gyakorlati felhasználássá alakította át azáltal, hogy olyan decentralizált platformot biztosít, ahol az okos szerződéseket fokozott biztonsággal és központi hatóság nélkül lehet végrehajtani (http3, 2024).

Az autonóm digitális ágensként működő okos szerződések előre meghatározott szabályok és cselekvések végrehajtására szolgálnak, ha meghatározott feltételek teljesülnek. Titkosítva és a blokkláncon tárolva biztosítják, hogy a tranzakciók visszafordíthatatlanok és feltörhetetlenek legyenek, ami egy megerősített biztonsági réteget jelent (Yaga és munkatársai, 2018). Az okos

szerződések elsősorban a megállapodásban szereplő ha-akkor tételeket automatizálják, és a bemeneti feltételek alapján közvetítők nélkül hajtják végre a kimeneteleket (http3, 2024).

Az általuk nyújtott szolgáltatások számos területet érintenek, beleértve a pénzügyi tranzakciókat, az eszközkezelést, az ellátási láncot és a decentralizált finanszírozást (DeFi) (The Investopedia Team, 2024). Alkalmazásuk elősegíti az átláthatóságot, csökkenti a csalást lehetőségét és kiküszöböli a közvetítői költségeket (Javaid és munkatársai, 2022). Az ellátási lánc menedzsmentjében például az okos szerződések automatikusan kiadhatják a kifizetéseket az áruk ellenőrzött leszállításakor, biztosítva a zökkenőmentes, átlátható és konfliktusmentes tranzakciót (Xiong és munkatársai, 2020).

Az okos szerződések az előnyeik ellenére kihívásokba és kritikákba ütköznek, különösen a jogszerűségükkel, biztonságukkal és technikai korlátjaikkal kapcsolatban (Silva és Mira da Silva, 2022). A jogi elismerésük változó a különböző joghatóságokban, ami befolyásolja az elfogadottságukat és a vitarendezés módját is, így ezek megítélése jogrendszerenként eltérően alakul. Ami a biztonságot illeti, bár a blokkláncok stabilitásukról híresek, az okos szerződések kódjai sebezhetőségeket rejthetnek magukban, amelyek kihasználva jelentős pénzügyi veszteségeket okozhat (Ghosh és munkatársai, 2020). Továbbá a blokkláncok eredendő megváltoztathatatlansága garantálja, hogy ha egy okos szerződést egyszer végrehajtanak, az megváltoztathatatlanná válik. Ez a tulajdonsága és az emberi hibákból fakadó sebezhetősége miatt aprólékos, nagy pontosságú kódolást tesz szükségessé.

Az okos szerződések forradalmi eszközként jelentek meg, amely automatizálást, biztonságot és átláthatóságot biztosít a digitális tranzakciók területén. Hasznosságuk túlmutat a puszta tranzakciókon, és számos ágazatban elterjedtek, olyan jövőt vizionálva, ahol a decentralizált, biztonságos és autonóm tranzakciók válnak normává (http3, 2024). Azonban a jövőbeni fejlesztéseknek a technológiai fejlődés, a jogi keretek és a felhasználó-központúság közötti egyensúlyt kell megtalálniuk meg (Silva és Mira da Silva, 2022).

2.9. Ethereum Layer 2 hálózatok

A második rétegű hálózat (Layer 2) a blokklánc-architektúra egyik kulcsfontosságú eleme, amely kiegészítő infrastruktúraként az elsődleges blokklánc felett működik. Ez a másodlagos réteg jelentősen enyhíti az elsődleges lánc számítási és tranzakciós terheit azáltal, hogy kezeli annak működésének egy részét (SubQuery Network, 2024).

A blokkláncfejlesztőkhöz hasonlóan az Ethereum fejlesztőcsapata is jelentős kihívással találta magát szemben: a blokklánc-trilemmával (Das, 2024). Ez a trilemma, amelyet az Ethereum

társalapítója, Vitalik Buterin fogalmazott meg, azt állítja, hogy a blokklánc-architektúráknak kompromisszumokat kell kötniük a decentralizáció, a biztonság és a skálázhatóság között (Hafid és munkatársai, 2020). Stratégiai lépésként az Ethereum úgy döntött, hogy az első két tényezőt helyezi előtérbe, ezzel is hangsúlyozva a rendszeren belüli meghatározó szerepüket (Das, 2024).

A decentralizáció és a biztonság előtérbe helyezése a skálázhatósággal szemben korlátokat eredményez, nevezetesen a lassú és pénzügyileg megterhelő tranzakciók gyakoriságát (http5, 2024). Az Ethereum jelenlegi tranzakciós kapacitása korlátozott, másodpercenként 15 és 30 tranzakció között mozog (Das, 2024). Annak érdekében, hogy ezt perspektívába helyezzük, a Visa, ami egy központosított fizetési rendszer körülbelül 1700 tranzakciót bonyolít le másodpercenként (http2, 2022).

Az Ethereum második rétegű hálózatokat vezetett be kiegészítő megoldásként a fő blokklánc skálázhatósági korlátainak kezelésére (http5, 2024). Ezek a másodlagos rétegek az elsődleges Ethereum-lánc felett működnek, céljuk pedig a tranzakciók gyorsabb és költséghatékonyabb feldolgozása, miközben megőrzik az alaphálózat biztonsági garanciáit (SubQuery Network, 2024).

A második rétegbeli megoldások elsősorban abban különböznek, hogy milyen módszerekkel csökkentik az Ethereum-hálózat tranzakciós terhelését. A legelterjedtebb megoldások ezen a területen az oldalláncok és a blokklánc rollup-ok (Das, 2024).

Az oldalláncok olyan független blokkláncházatok, amelyek az elsődleges blokklánc mellett működnek, és saját tokenekkel és konszenzusmechanizmusokkal rendelkeznek (SubQuery Network, 2024). Fő céljuk, hogy növeljék az alaphálózat skálázhatóságát, azaz hatékonyabbá tegyék a tranzakciók kezelését. Ezek az oldalláncok egy kétirányú hídmechanizmuson keresztül kapcsolódnak az alapblokklánchoz, ami megkönnyíti az eszközök átvitelét az oldallánc és a fő blokklánc között (Das, 2024).

Az oldalláncok más megoldásokkal szemben nem mozgatják közvetlenül az eszközöket a két lánc között. Ehelyett egy egyedülálló mechanizmust használnak, amelyet kétirányú pegnek neveznek (Das, 2024). Ez egy olyan okos szerződést foglal magában, amely a fő láncon lévő eszközöket zárolja, és létrehozza e tokenek egyenértékű reprezentációját az oldalláncon (Das, 2023).

A második rétegbeli rollup megoldások több Ethereum-tranzakciót egyesítenek egy egységes adatszerkezetbe, amelyet aztán az elsődleges Ethereum blokkláncra helyeznek fel (http5, 2024). Ez a folyamat lehetővé teszi az aggregált tranzakciók hatékony feldolgozását és megerősítését az elsődleges Ethereum blokkláncon (Das, 2024).

A rollup skálázási megoldások két fő típusa az optimista rollup és a zéró-tudás (zero-knowledge, a továbbiakban zk) rollup. Az optimista rollup esetében az összevont tranzakciókat alapértelmezetten érvényesnek tekintik, amíg az ellenkezőjét nem bizonyítják (Das, 2024). A zk rollup viszont egy kriptográfiai érvényességi bizonyítékot generál, amely biztosítja az összevont tranzakciók hitelességét, anélkül, hogy azokat külön ellenőrizni kellene (SubQuery Network, 2024).

2.9.1. Polygon

A korábban Matic Network néven ismert Polygon, egy innovatív második rétegű skálázási megoldást jelent, amelyet az Ethereum blokklánc kiegészítésére fejlesztettek ki (Das, 2023). Ez a megoldás oldallánc technológiát alkalmaz, amely függetlenül működik az Ethereum fő hálózatától, mégis szorosan integrálódik annak ökoszisztémájába (http6, 2021).

A Polygon protokoll többláncú architektúrát kínál, amely megkönnyíti a különböző oldalláncok vagy második rétegbeli megoldások egyidejű működését (Phillips, 2021). Ez a többláncos megközelítés rugalmasságot és skálázhatóságot biztosít az alkalmazásfejlesztők számára.

Az oldallánc-architektúrája a PoS konszenzusmechanizmust alkalmazza, amely lehetővé teszi a hálózat résztvevői számára, hogy aktívan részt vegyenek a blokkok érvényesítésében és generálásában kriptovaluta-állományuk letétbe helyezésével (http6, 2021; Gad és munkatársai, 2022).

Jelentősen csökkenti a tranzakciós költségeket és növeli a feldolgozási sebességet, így tökéletesen illeszkedik a decentralizált alkalmazásokhoz és a DeFi protokollokhoz (http6, 2021). A Polygon kiterjedt támogatása a decentralizált alkalmazások és a nem helyettesíthető tokenek (Non-Fungible Tokens, NFT) számára lehetővé teszi ezen alkalmazások és eszközök zökkenőmentes működését alacsony költségek mellett (Makori, 2023). Továbbá a Polygon célja, hogy az Ethereum hálózaton kívüli blokkláncokkal való interoperabilitást érjen el, jelentős lépés egy jobban összekapcsolt blokklánc ökoszisztéma felé (Phillips, 2021).

2.9.2. Arbitrum

Az Arbitrum egy innovatív második rétegű skálázási protokoll, amelyet az Ethereum blokklánc kiegészítésére fejlesztettek ki (Das, 2024).

Az Arbitrum optimista rollup technológiát alkalmaz, ez az architektúrális megközelítés jelentősen növeli a tranzakciók átbocsátóképességét és csökkenti a kapcsolódó költségeket (Phillips, 2021). Az Arbitrum skálázási megoldása lehetővé teszi az Ethereum hálózat számára, hogy jelentősen megnövelje a tranzakció-feldolgozási sebességet. Ezáltal másodpercenként több ezer tranzakciót képes kezelni, miközben csökkenti a kapcsolódó tranzakciónkénti költségeket (Das, 2024).

Az Arbitrum második rétegű megoldását úgy tervezték, hogy jelentős mértékben kompatibilis legyen az Ethereum Virtual Machine architektúrájával (Phillips, 2021). Ez lehetővé teszi, hogy az Ethereum hálózaton már működő okos szerződések és decentralizált alkalmazások minimális módosításokkal zökkenőmentesen futtathatók legyenek az Arbitrum hálózaton. Ez a megnövelt kompatibilitás megkönnyíti az Ethereum-alapú alkalmazások migrációját és integrációját az Arbitrum skálázási megoldására, ezáltal egyszerűsítve a fejlesztők számára az adaptációs folyamatot.

Az Arbitrum nem csak az Ethereummal kompatibilis, hanem más blokklánchálózatokkal is interoperabilitásra törekszik (http7, 2024). Ez lehetővé teszi az eszközök és adatok zökkenőmentes áramlását a különböző blokklánc-ökoszisztémákban.

2.9.3. zkSync

A zkSync protokoll egy innovatív második rétegű skálázási megoldást jelent az Ethereum blokklánc számára, amely a zk rollup architektúrát használja ki (http8, 2024).

A Zero-Knowledge Proof technológia használata biztosítja a tranzakciók titkosságát és biztonságát anélkül, hogy érzékeny adatokat fedne fel (http8, 2024). Ez a kriptográfiai megközelítés értékes az olyan alkalmazások számára, amelyeknél az adatvédelem erős szintjére van szükség.

A zkSync második rétegű megoldása az Ethereumon hatékonyabb és gazdaságosabb tranzakciófeldolgozást tesz lehetővé, mint az elsődleges Ethereum-hálózat (http8, 2024). A számítási terhelésnek a zkSync oldalláncra való áthelyezésével ez a megközelítés enyhíti az Ethereum alaphálózatra nehezedő nyomást, ezáltal támogatva annak hosszú távú fenntarthatóságát és működését.

Ez a megoldás teljes mértékben kompatibilis az Ethereum ökoszisztémával, ami megkönnyíti az okos szerződések telepítését és végrehajtását (Copeland, 2024). A zkSync szoftverfejlesztő készlet lehetővé teszi a fejlesztők számára azt is, hogy új alkalmazásokat hozzanak létre és telepítsenek könnyen ezen a második rétegű hálózaton.

2.10. További blokklánc hálózatok

A Bitcoin és az Ethereum mellett számos más jelentős blokklánc platform létezik, amelyek saját egyedi megközelítéseikkel és technológiáikkal járulnak hozzá a decentralizált globális ökoszisztémához.

2.10.1. Solana

A Solana egy innovatív blokkláncházat, amely a gyors tranzakciókra és a magas áteresztőképességre fókuszál (http9, 2021).

A Solana blokklánc a PoS konszenzusmechanizmust használja, emellett egy egyedi időbélyegző mechanizmussal rendelkezik, amelyet proof of history (a továbbiakban PoH) néven ismerünk. Ez a technológiai megközelítés egy kriptográfiai órát használ, hogy egyedi időbélyeget rendeljen minden egyes tranzakcióhoz és eseményhez, lehetővé téve a tranzakciók időrendi sorrendjének hatékony és gyors meghatározását (http9, 2021). A PoH-rendszer továbbá lehetővé teszi a tranzakciók gyors végrehajtását anélkül, hogy az egyes hálózati csomópontok általi egyedi ellenőrzésre lenne szükség, jelentősen növelve a Solana-hálózat feldolgozási sebességét és csökkentve a várakozási időt (http9, 2021).

Az innovatív protokollok, például a Tower BFT konszenzusmechanizmus és a Turbine blokktovábbítási protokoll alkalmazása hozzájárul a skálázható hálózati teljesítmény fenntartásához, miközben megőrzi a biztonságot és a decentralizációt (http9, 2021).

A platform figyelemre méltó sebessége és skálázhatósága miatt kiválóan alkalmas nagy volumenű alkalmazásokhoz, míg költséghatékonysága és gyors tranzakciós ideje a decentralizált pénzügyi kezdeményezések és az NFT ökoszisztémák számára is vonzó.

2.10.2. Cardano

A Cardano azzal különbözteti meg magát a blokklánc ökoszisztémán belül, hogy fejlesztését szigorú tudományos vizsgálatokra és formális ellenőrzési technikákra alapozza (http10, 2020). Ez a tudományos alapokon nyugvó módszertan egyedülálló a blokklánc területén (http10, 2020).

A Cardano blokklánc a saját fejlesztésű Ouroboros proof of stake konszenzusmechanizmust alkalmazza, amely energiahatékony és biztonságos megközelítést biztosít a hálózat működtetéséhez (http10, 2020).

A blokklánc architektúrája megkülönbözteti a tranzakciók feldolgozását felügyelő elszámolási réteget és az okos szerződéseket végrehajtó számítási réteget (Vermaak, 2021). Ez a kettéosztott

felépítés növeli a hálózat rugalmasságát és működési hatékonyságát. A Cardano rugalmas számítási rétege lehetővé teszi a fejlesztők számára, hogy kifinomult okos szerződéseket és decentralizált alkalmazásokat hozzanak létre.

Decentralizált irányítási rendszere, a Project Catalyst lehetővé teszi a közösség tagjai számára, hogy javaslatokat tegyenek és szavazzanak a projekt jövőbeli fejlesztéseiről és irányairól (Cerny, 2024). Ez a közösség által vezérelt megközelítés elősegíti a blokklánc hosszú távú fenntarthatóságát és fejlődését.

A Cardano beépített kincstári mechanizmust alkalmaz a projekt hosszú távú pénzügyi fenntarthatóságának biztosítása érdekében (Zhang és munkatársai, 2019).

2.10.3. Avalanche

Az Avalanche egy innovatív, nagy teljesítményű blokkláncplatform decentralizált alkalmazásokhoz, okos szerződésekhez és vállalati szintű blokkláncmegoldásokhoz. A hálózatot úgy tervezték, hogy gyors, skálázható és biztonságos ökoszisztémát nyújtson, amely képes nagy volumenű tranzakciók kezelésére, ugyanakkor támogatja a különböző blokklánchálózatok közötti átjárhatóságot (Sirer, 2022).

Az Avalanche blokklánc platform a saját konszenzus mechanizmusát alkalmazza, amely elősegíti a tranzakciók gyors véglegesítését és alacsony késleltetést. Ez a decentralizált konszenzusos megközelítés lehetővé teszi a tranzakciók validálását anélkül, hogy jelentős számítási erőforrásokat igényelne (http11, 2021).

Gaurav (2022) munkája alapján az Avalanche hálózati architektúrája három különböző láncból áll. Az X-lánc egy irányított aciklikus gráf alapú lánc, amely lehetővé teszi a digitális eszközök létrehozását és kezelését, és költséghatékony és hatékony eszközt kínál a tranzakciók feldolgozásához. A P-lánc felelős a hálózati konszenzus fenntartásáért és a validátorok kezeléséért, és támogatja az alhálózatok létrehozását, amelyek lehetővé teszik a különböző blokkláncok működését a tágabb Avalanche ökoszisztémán belül. A C-láncot úgy tervezték, hogy kompatibilis legyen az Ethereum Virtual Machine-nel, lehetővé téve az Ethereum-alapú okos szerződések közvetlen végrehajtását.

Az Avalanche alhálózatai lehetővé teszik a különböző és testreszabható blokklánchálózatok működését az Avalanche fő ökoszisztémáján belül. Ezek az alhálózatok egyedi szabályokkal és konszenzusmechanizmusokkal konfigurálhatók, ezáltal növelve a teljes hálózat rugalmasságát és skálázhatóságát (Ganor, 2023).

2.10.4. Chainlink

A Chainlink decentralizált orákulumai lehetővé teszik, hogy az okos szerződések megbízható, külső forrásokból származó információkhoz jussanak, például piaci árakhoz és időjárási adatokhoz (http12, 2020). Az orákulumok több forrásból aggregált adatokat biztosítanak, így növelve az információk megbízhatóságát és pontosságát (Breidenbach és munkatársai, 2021). Az orákulumoknak biztosítékot kell letétbe helyezniük a hálózatnál, ha egy orákulum hamis adatokat szolgáltat, elveszítheti ezt a biztosítékot, ami további biztonságot nyújt a rendszernek (Breidenbach és munkatársai, 2021).

A Chainlink protokoll képes különböző blokklánc-hálózatokon működni, nem csak az Ethereumon. Továbbá a Chainlink rendelkezik az adatok dinamikus kezelésének képességével, lehetővé téve az okosszerződések számára, hogy valós idejű és változó információkat kérjenek le az orákulumhálózatból.

Emellett a Chainlink rugalmasan integrálható számos adatszolgáltatóval, lehetővé téve a fejlesztők számára, hogy az egyedi alkalmazási követelményekre szabott, testreszabott adatforrásokat válasszanak (Breidenbach és munkatársai, 2021).

2.11. Példák a kriptovaluták alkalmazására a mezőgazdaságban

A kriptovaluták számos iparágat elértek, és ez alól a mezőgazdaság sem kivétel. A mezőgazdasági ágazat különböző kihívásainak kezelésére számos kriptopénz kezdeményezés és platform került bevezetésre. Ezek a kezdeményezések az ellátási lánc kezelésével, a gazdálkodók méltányos kártalanításával és a termékek nyomon követhetőségének biztosításával kapcsolatos kérdéseket igyekeznek kezelni (Xiong és munkatársai, 2020). Íme néhány kriptovaluta és blokkláncprojekt, amelyek a mezőgazdaságban találtak alkalmazásra:

2.11.1. AgriChain (AGRI)

Az AgriChain (AGRI), korábbi nevén BlockGrain, egy blokkláncprojekt, amely a mezőgazdasági ellátási lánc forradalmasítására törekszik azáltal, hogy az elosztott főkönyvi technológiát kihasználva átlátható, biztonságos és hatékony platformot hoz létre, amely a mezőgazdasági folyamat valamennyi érdekeltjét összekapcsolja - a termelőktől a kiskereskedőkig (http13, 2019).

A platform okos szerződéseket használ, ez azt jelenti, hogy minden érintett fél jobban bízhat a kereskedési folyamat tisztességességében és megbízhatóságában.

Az AGRI tokenek az AgriChain hálózaton belüli saját kriptopénzként szolgálnak (http14, 2018). Ezek a tokenek megkönnyíthetik a platformon belüli tranzakciókat, biztonságos és egyszerű módszert biztosítva a tranzakciók elszámolásához.

Az AgriChain lehetővé teszi a közvetlen kereskedelmet a mezőgazdasági ellátási lánc valamennyi szereplője között (http14, 2018). Kiküszöböli a szükségtelen közvetítőket, biztosítva, hogy a végső eladási ár nagyobb része visszajusson az elsődleges termelőkhöz. A kiskereskedők, a feldolgozók és a fogyasztók hozzáférhetnek a mezőgazdasági termékek teljes történetéhez, ellenőrizhetik azok eredetiségét, és biztosíthatják, hogy azok megfelelnek az elvárt minőségi és biztonsági előírásoknak.

2.11.2. TE-FOOD

A TE-FOOD a farmtól az asztalig nyomon követhetőségi megoldás, amely az ellátási lánc minden szintjén átlátható és ellenőrizhető információkat biztosít a termeléstől a fogyasztókig, így garantálva az adatok integritását.

A TE-FOOD lehetővé teszi a fogyasztók számára, hogy a termék csomagolásán található QR-kódok beolvasásával részletes információkhoz jussanak a mezőgazdasági termékek előállításának, feldolgozásának és forgalmazásának történetéről (http15, 2017).

A platform lehetővé teszi az ellátási lánc résztvevőinek, hogy kezeljék a logisztikai és termelési adatokat (http15, 2017). Ez az adatvezérelt megközelítés segít a műveletek optimalizálásában és a veszteség csökkentésében azáltal, hogy lehetővé teszi az erőforrások jobb tervezését és kezelését.

A TE-FOOD a termelési és forgalmazási folyamatokra vonatkozó részletes információkkal segít biztosítani, hogy a mezőgazdasági termékek megfeleljenek a minőségi és biztonsági előírásoknak, csökkentve ezzel az élelmiszercsalás kockázatát és növelve a fogyasztók bizalmát (http15, 2017).

A termelők és beszállítók felhasználhatják a TE-FOOD adatkezelési képességeit, hogy betekintést nyerjenek a termelési és forgalmazási statisztikákba (http15, 2017). Ez lehetővé teszi számukra, hogy tájékozottabb döntéseket hozzanak az üzemeltetési eljárásokkal és az erőforrások elosztásával kapcsolatban.

Az okos szerződések automatizálják az olyan folyamatokat, mint a kifizetések és bizonylatok, biztosítva a hatékonyságot és csökkentve a viták és csalások kockázatát.

2.11.3. Agrolot

Az Agrolot egy olyan projekt, amelynek célja egy B2B platform létrehozása a mezőgazdasági termények és élelmiszerek kereskedelmére. Saját tokeneket vezettek be, az AGLT-t és az OFIR-t, hogy megkönnyítsék a platformon belüli tranzakciókat. Az Agrolot arra törekszik, hogy a blokklánc erejét kihasználva átláthatóbbá, biztonságosabbá és hatékonyabbá tegye a kereskedelmet a mezőgazdasági szektorban (http16, 2018). Az átlátható és megváltoztathatatlan nyilvántartás megbízható környezetet biztosít a mezőgazdasági ágazaton belüli tranzakciók, megállapodások és kereskedések számára.

Az AGLT nyilvánosan kereskedhető token a ERC-20 token szabványnak felel meg, ami az Ethereum hálózat szabványa (http16, 2018). Az Agrolot platformon belüli tranzakciók elsődleges eszközeként az OFIR token szolgál, lehetővé téve a vásárlásokat, cseréket és egyéb interakciókat decentralizált módon (http16, 2018).

A platform okos szerződéseket használ a tranzakciók és megállapodások automatizálására és biztosítására. A közvetítők eltávolításával és a termelők és a vevők közötti közvetlen kapcsolat biztosításával az Agrolot elősegítheti a tisztességes kereskedelmi gyakorlatot, és potenciálisan jobb kompenzációt biztosíthat a termelőknek és versenyképesebb árakat a vevőknek.

2.11.4. CoffeeCoin

A CoffeeCoin a blokklánc és a különleges kávé kereskedelem világát kívánja ötvözni, lehetővé téve a globális kávépiacon belüli hatékonyabb, átláthatóbb és biztonságosabb tranzakciókat. A CoffeeCoin (COF) nevű kriptopénz a CoffeeChain platformon a blokklánc-technológia segítségével igyekszik egyszerűsíteni a kávéellátási lánc különböző folyamatait a termelőtől a fogyasztóig (http17, 2017).

A blokklánc technológia a mezőgazdasági és élelmiszer-ellátási láncban felgyorsíthatja a fizetési folyamatokat a gazdálkodók és a beszállítók számára, miközben csökkentheti a tranzakciós díjakat. Ez különösen igaz a nemzetközi kereskedelmi tranzakciókra a hagyományos pénzügyi rendszerekhez képest (http17, 2017).

A CoffeeCoin nagyobb átláthatóságot tesz lehetővé a kávéellátási láncban azáltal, hogy a résztvevők nyomon követhetik a kávébabok útját a farmtól a csészéig, ellenőrizve a kávébab eredetiségét és a fenntarthatósági gyakorlatot (Bryman, 2018).

A kávétermelők és -szállítók közvetlenebb hozzáférést nyerhetnek a globális piacokhoz, és a számos közvetítő nélkül, egy globális platformon folytatott kereskedelem révén potenciálisan igazságosabb kompenzációban részesülhetnek (http17, 2017).

2.11.5. Etherisc

Az Etherisc egy decentralizált biztosítási platform, amelynek célja a biztosítási tranzakciók hatékonyabbá, megfizethetőbbé és inkluzívabbá tétele. Lehetővé teszi, hogy biztosítók saját termékeiket tervezzék és működtessék, valamint decentralizált kockázati csoportokat hozzanak létre, amelyek önálló kezelése csökkenti a költségeket és növeli a hatékonyságot (http18, 2022).

Az Etherisc platform az Ethereum blokklánc-technológiáját alkalmazza. Az okos szerződések lehetővé teszik a kötvények és kárigények automatizált, átlátható és megváltoztathatatlan kezelését, automatizálva a hagyományosan manuális folyamatokat, mint a kötvénykibocsátás és a kárigény-feldolgozás.

Az Etherisc bevezette saját kriptovalutáját, a DIP tokent, hogy megkönnyítse az ökoszisztémán belüli tranzakciókat. A DIP tokenek az Etherisc ökoszisztémán belüli különböző szolgáltatásokat kompenzálnak, például a kárigények ellenőrzését, a kockázati modellek biztosítását (http18, 2022).

A DIP tokenek lehetővé teszik a résztvevők számára, hogy tőkét fektessenek elsődleges kockázati csoportokba, amelyek az ügyfelek prémiumait és befektetési tőkét tartalmazzák a ritka, de jelentős kárigények fedezetére (http18, 2022). A befektetés kockázattal jár, de a kárigények gyakoriságától és mértékétől függően vonzó hozamokat kínálhat.

2.11.6. Morpheus.Network

A Morpheus.Network célja, hogy a blokklánc-technológia segítségével javítsa és racionalizálja az ellátási lánc és logisztikai műveleteket. Az átláthatóság, biztonság és hatékonyság növelésével egyszerűsíti a logisztikai folyamatokat, például a dokumentációt, valós idejű nyomon követést és tranzakciókat (http19, 2023).

A Morpheus.Network decentralizált főkönyve biztonságosan rögzíti és könnyen ellenőrizhetővé teszi a tranzakciókat és adatcseréket (http19, 2023). Okos szerződésekkel automatizálja a folyamatokat, mint a fizetések és dokumentumok érvényesítése, így csökkentve a kézi beavatkozás szükségességét és az emberi hibák esélyét.

A platformot úgy tervezték, hogy kommunikáljon és integrálódjon különböző technológiákkal, például IoT-eszközökkel, RFID-leolvasókkal és más blokklánc-hálózatokkal, hogy megkönnyítse az átfogó és hatékony ellátási lánc irányítást (http19, 2023). Az IoT-eszközök és más nyomkövető technológiák integrálásával a Morpheus.Network lehetővé teszi az érdekeltek számára, hogy nyomon kövessék az áruk valós idejű helyét és állapotát, miközben azok az ellátási láncban haladnak.

3. Egy lehetséges magyarországi alkalmazás bemutatása

3.1. A decentralizált piactér koncepciója

A decentralizált piactér blokklánc technológiát alkalmaz az áruk és szolgáltatások közvetítők nélküli, közvetlen cseréjére a termelők és a vevők között. A piactér decentralizált működéséből adódóan, nincs szükség sem központi hatóságra sem közvetítőre, amely a tranzakciókat vagy a piaci tevékenységeket felügyeli és irányítja. A piactér működését ehelyett a blokklánc által biztosított konszenzusmechanizmusok és okos szerződések irányítják.

Ez a modell segíthet a kistermelőknek, akik gyakran nehezen jutnak közvetlenül a piacra, és a közvetítők nagy haszonkulccsal dolgoznak. A decentralizált piacon a termelők közvetlenül a fogyasztóknak értékesítik a termékeket, közvetítői díjak fizetése nélkül, és saját maguk is nagyobb bevétellel rendelkeznek.

3.2. Blokklánc technológia szerepe a piactérben

A blokklánc technológia alapvető szerepet játszik a decentralizált piactér működésében. A technológia lehetővé teszi az átlátható és biztonságos tranzakciókat a hálózaton keresztül. A termelők és a fogyasztók közötti minden egyes tranzakció – legyen az termékértékesítés, szállítás vagy fizetés – rögzítve van a blokklánc hálózatban, és minden résztvevő ellenőrizheti annak hitelességét.

A blokklánc decentralizált főkönyvi rendszere biztosítja, hogy minden adat biztonságos és változtathatatlan legyen, ami megakadályozza a csalásokat és az adathamisítást. Az élelmiszerellátási láncban ez különösen lényeges, mivel a fogyasztók egyre nagyobb igényt támasztanak a termékek eredetiségének és útjának nyomon követhetősége iránt.

3.3. Okos szerződések alkalmazása a piactéren

Az okos szerződések a decentralizált piac egyik kulcsfontosságú technológiai elemei. Automatizálják a mezőgazdasági piaci folyamatokat. A fizetési folyamatban például, amikor egy ügyfél terméket vásárol, az okos szerződés akkor teljesíti a kifizetést, amikor a termék megérkezik, vagy a szállítási feltételek teljesülnek. Az okos szerződések a szállítást is ellenőrzik és felügyelik, hogy a termék jó állapotban és időben érkezzen meg a vevőhöz. Az okos szerződések minőségi követelményeket is meghatároznak a termékkel szemben, és biztosítják, hogy csak megfelelő minőségű termékeket értékesítsenek a piacon.

3.4. A decentralizált piactér előnyei a kistermelők számára

A decentralizált mezőgazdasági piac többek között növeli a piachoz való hozzáférést és a kistermelők jövedelmét. A közvetlen értékesítés nagyobb árképzési rugalmasságot biztosít a

gazdáknak - közvetlenül a fogyasztókkal tárgyalhatnak az árakról anélkül, hogy a közvetítők befolyásolnák az árakat vagy elvennék a részesedésüket. Ez segíti a kistermelőket abban, hogy jobban alkudhassanak, amikor a fogyasztók helyi, közvetlen forrásból származó élelmiszereket keresnek.

A blokklánc technológia biztosította ellátási lánc átláthatósága lehetővé teszi, hogy a termékek eredete, szállítási útvonala és minősége könnyen ellenőrizhető legyen. Ez nemcsak növeli a termékek megbízhatóságát, hanem segíti a kistermelőket abban, hogy versenyelőnyhöz jussanak, különösen a fenntartható és etikus termelést előtérbe helyező fogyasztói csoportok körében. Az ilyen átláthatóságot biztosító rendszer elősegíti a felelős gazdálkodási gyakorlatokat, és még támogatásokhoz is vezethet a környezetbarát termelés ösztönzéséért.

Az okos szerződések lehetővé teszik az automatizált fizetéseket és a rugalmas szerződési feltételeket. Ez hasznos a mezőgazdaságban, ahol a termelést az időjárás, a piaci mozgások és egyéb tényezők befolyásolják. A gazdálkodók kevésbé vannak kitéve a veszélynek, mivel a felek meghatározott feltételek mellett módosíthatják a tranzakciókat vagy a fizetési struktúrákat.

Hasonlóképpen egy decentralizált piac segíthet a termelőknek új piacokra, például a globális kereskedelembe való belépésben. A blokklánc-alapú platformok határokon átnyúló tranzakciókat is lehetővé tesznek - biztonságot és egyszerűséget nyújtanak a fizetésekhez anélkül, hogy bonyolult banki rendszereken keresztül kellene haladni. Ezáltal a kistermelők új piacokra juthatnak, növelve ezzel eladásaikat és bevételeiket.

Ezenkívül a decentralizált piactér által nyújtott közösségi együttműködés is fontos előny lehet. A blokklánc platformok támogatják a közösségi alapú megoldásokat, ahol a termelők megoszthatják tapasztalataikat, adataikat és erőforrásaikat egymással. Ez elősegíti a tudásmegosztást és a termelési hatékonyság növelését, valamint erősíti a helyi gazdálkodó közösségek együttműködését.

3.5. Technikai és jogi kihívások

Bár a decentralizált piactér és a blokklánc technológia számos előnnyel szolgál, a széles körű elterjedés előtt álló technológiai és jogi kihívásokat nem lehet figyelmen kívül hagyni. A technikai akadályok között szerepel a blokklánc hálózatok jelentős számítási kapacitása és energiaigénye. Ez különösen problémás lehet vidéki területeken, ahol az internetkapcsolat korlátozott, és a technológiai infrastruktúra fejlesztése lassabb ütemben történik. A decentralizált piacterek sikeres működéséhez megbízható és gyors internetkapcsolatra van

szükség, ami sok kistermelő számára elérhetetlen, különösen a technológiailag elmaradott régiókban. Az ilyen infrastruktúra kiépítése jelentős anyagi befektetést igényel, amit sok esetben nehéz biztosítani.

Ezen túlmenően a blokklánc technológia egyik legnagyobb kihívása a skálázhatóság, amely meghatározza, hogy a rendszer képes-e kezelni a növekvő tranzakciószámot a mezőgazdasági piacokon. A jelenlegi technológiai platformok, különösen a PoW alapú rendszerek magas energiafogyasztást és üzemeltetési költségeket eredményeznek, ami nem fenntartható hosszú távon.

A jogi környezet is számos kihívást tartogat. A decentralizált piactér működéséhez megfelelő szabályozási keretek szükségesek, amelyek garantálják a vásárlók és termelők védelmét, különös tekintettel az adatbiztonságra. A blokklánc technológia alapvető tulajdonsága a decentralizáció, amely bonyolítja az adatvédelemmel kapcsolatos szabályozásokat, mivel nincsen központi hatóság, amely az adatok kezeléséért felelős. Magyarországon és az Európai Unióban még csak most kezdik kialakítani a blokklánc technológiára vonatkozó szabályozásokat, így a decentralizált mezőgazdasági piacoknak is alkalmazkodniuk kell a fejlődő jogi keretekhez. Ezenkívül a blokklánc rendszereknek meg kell felelniük a GDPR adatvédelmi előírásainak, amelyek további komplexitást jelenthetnek a technológia bevezetésében.

Az egyik további kihívás a piaci szereplők ellenállása. Sok gazdálkodó számára a blokklánc technológia újdonság, és bizonytalanok a rendszer előnyeivel kapcsolatban, különösen, ami a költségeket és a bonyolult működési feltételeket illeti. A megfelelő oktatási programok, valamint a technológia előnyeinek bemutatása elengedhetetlen ahhoz, hogy a piaci szereplők elfogadják és alkalmazzák ezt az új megoldást.

3.6. Technológiai feltételek a decentralizált piactér működéséhez

A piac fenntartásához bizonyos technológiai feltételek szükségesek. A legfontosabb a piacteret alkotó blokkláncházlózatok működése. Az ilyen decentralizált hálózatok garantálják a tranzakciók átláthatóságát és hitelességét, de működésükhöz nagy számítási erőforrásokra van szükség, különösen a konszenzusmechanizmusok fenntartásához.

Emellett az okos szerződés platformok is nélkülözhetetlenek a piactéren zajló tranzakciók automatizálásához. Ilyen platform például az Ethereum, amely programozható szerződéseket kínál, és ezeket különböző mezőgazdasági tranzakciók során lehet alkalmazni.

Végezetül a piactér felhasználói számára az adatkapcsolat és a technológiai eszközök fontosak a piactérhez való hozzáférés és a termékek nyomon követése szempontjából. Ez azonban nehézségekbe ütközhet a vidéki, technológiailag kevésbé fejlett területeken, ahol az internetkapcsolat és a modern eszközök korlátozottak.

3.7. A decentralizált piactér működési modellje

A decentralizált piactér alapvetően blokklánc technológiából és okos szerződésekből áll, amelyek biztosítják az átláthatóságot, a biztonságot és a tranzakciók automatikus végrehajtását a piacon. A decentralizált piactéren a termelők közvetlenül kapcsolatba léphetnek a fogyasztókkal, és minden tranzakciót a blokklánc hálózaton keresztül rögzítenek.

A piactér úgy működik, hogy a termelők feltöltik eladásra szánt termékeiket a platformra, ahol a vásárlók átlátható módon tájékozódhatnak a termék eredetiségéről és minőségéről. Minden tranzakciót a blokklánc hálózaton keresztül hajtanak végre, ha minden feltétel teljesül az okos szerződésekkel.

A piac célja az átláthatóság, az automatizálás és a biztonság. Az átláthatóság azt jelenti, hogy minden termék és tranzakció rögzítésre kerül a blokklánc-hálózaton, így a fogyasztók ellenőrizhetik az élelmiszerek eredetét, a gyártási folyamatokat és a szállítás részleteit. Az okos szerződések automatikusan végzik a fizetéseket, szállítási feltételeket és egyéb szerződéses kötelezettségeket, csökkentve az emberi hibalehetőségeket. Végül, de nem utolsósorban a biztonságot a blokklánc technológia biztosítja - a tranzakciók titkosítva és ellenőrizhetően zajlanak -, fenntartva az adatbiztonságot és a termelők és a fogyasztók közötti bizalmat.

3.8. Kockázatok és kockázatkezelés a piactéren

A decentralizált piacnak vannak előnyei, de a kockázatokat is kezelni kell. Az egyik ilyen kockázat a technikai hiba. A blokklánchálózatok és az okos szerződések technikai hibái komolyan megzavarhatják a piacot. Ennek elkerülése rendszeres rendszerkarbantartást és az infrastruktúra fejlesztését igényli.

További kockázat a piaci elfogadottság hiánya, mivel a kistermelők és vásárlók kezdetben idegenkedhetnek a blokklánc technológia és a decentralizált piactér használatától. Ezen kihívás kezelésére fontos szerepet játszanak az oktatási és tájékoztatási kampányok, amelyek elősegíthetik a technológia szélesebb körű elfogadását.

A harmadik kockázati elem a szabályozási kockázat: a decentralizált piac működését befolyásoló jogi és szabályozási kérdések problémákat okozhatnak - különösen ott, ahol a blokklánc-technológia még nem szabályozott a jogban. A rendszer hosszú távú

életképességének biztosítása érdekében a jogszabályok folyamatos figyelemmel kísérésére és a szabályozási keretrendszerhez való alkalmazkodásra van szükség.

3.9. A decentralizált mezőgazdasági piactér összegzése

A blokkláncra épülő decentralizált mezőgazdasági piactér átformálhatja a gazdák és a vevők közötti kereskedelmi kapcsolatokat. A blokkláncrendszerek által biztosított átláthatóság, megbízhatóság és közvetítők hiánya előnyös lehet a kistermelők számára, mivel közvetlen hozzáférést biztosít a piacokhoz, növeli a jövedelmeket és csökkenti a felesleges költségeket. Az ilyen piacterek lehetővé teszik a termelők számára, hogy jelen legyenek a helyi és globális piacokon.

Az okos szerződések tovább javítják ezt a hatékonyságot azáltal, hogy a tranzakciókat automatikusan végrehajtják, ha a szükséges feltételek teljesülnek. Ez csökkenti az adminisztratív terheket, kiküszöböli az emberi hibák okozta késedelmeket, és biztosítja a kifizetések időben történő teljesítését. Az okos szerződések tehát lehetővé teszik a termékkereskedelmet, valamint növelik a felek közötti bizalmat.

A decentralizált piactéren pedig alacsonyabb a visszaélések kockázata, mivel az ellátási lánc minden lépése átlátható és a blokklánc-hálózaton keresztül ellenőrzött. Mindez lehetővé teszi a termékek nyomon követhetőségét, és javítja az élelmiszerbiztonságot is. A termelők és a fogyasztók egyaránt profitálnak ebből a hozzáadott átláthatóságból, amely minden tranzakciót hitelessé és megbízhatóvá tesz.

A blokkláncokon való tárolás nagyon drága, és a képek általában nagy méretű fájlok, ezért nem érdemes közvetlenül a blokkláncon tárolni őket. Ehelyett decentralizált fájltárolási rendszert használhatunk, mint például az InterPlanetary File System (a továbbiakban IPFS), ami hatékony és olcsó megoldást nyújt.

Az IPFS egy decentralizált fájltárolási protokoll, amely lehetővé teszi, a fájlok (például képek) biztonságos és hatékony tárolását, miközben ezek a fájlok elérhetők maradnak az egész világon. IPFS használata esetén a fájlokhoz tartozik egy egyedi hash (azonosító), amellyel a fájl elérhető lesz.

A fájlokat tehát feltölthetjük az IPFS-re, majd a fájl hash-ét (azonosítóját) elmenthetjük a blokkláncra, hogy később onnan lekérhessük a képet.

3.10. A rendszer felépítése és működése

Ebben az alfejezetben részletesen bemutatom a decentralizált piactér technológiai felépítését és működési mechanizmusait. Először a rendszer alapvető funkcióit ismertetem, amelyeket az eladók és vásárlók számára nyújt, ideértve a terméklistázás, vásárlás, szállítás és visszatérítési folyamatok kezelését.

3.10.1. Fő funkciók

A decentralizált piactér számos alapvető funkciót biztosít mind az eladók, mind a vásárlók számára:

- Termékek létrehozása és listázása: A mezőgazdasági termelők új termékeket adhatnak hozzá a piactérhez, megadva a termék nevét, leírását, árát és egy képet, amely az IPFS segítségével kerül tárolásra. A vásárlók böngészhetik a listázott termékeket.
- Termék vásárlása: A vásárlók blokklánc alapú fizetéssel vásárolhatják meg a termékeket. A tranzakció során az összeg egy escrow számlára kerül, amely addig tartja a pénzt, amíg a vásárló nem igazolja a termék kézbesítését.
- Szállítás és kézbesítés jóváhagyása: A vásárló a termék átvétele után jóváhagyja a szállítást, ekkor az escrow számlán lévő összeg felszabadul, és eljut az eladóhoz.
- Visszatérítési mechanizmus: Ha a vásárló nem elégedett a termékkel, visszatérítést kérhet. Az eladó ezt jóváhagyhatja, és ekkor az összeg visszakerül a vásárlóhoz az escrow számláról.

3.10.2. Technológiai megvalósítás

A rendszer két fő részből épül fel: a backend a blokkláncon futó okosszerződésekből áll, míg a frontend a React és Web3.js technológiákat használja. Fontos megjegyezni, hogy a rendszer jelenlegi megvalósítása egy egyszerűbb verzió, amely egy lokális tesztkörnyezetben fut. Az IPFS szolgáltatóként a Pinata került felhasználásra a fájlok decentralizált tárolására, míg a blokklánc funkciókat helyileg a Ganache biztosítja. Az okosszerződések a Remix VM környezetében futnak, ahol a fejlesztés és tesztelés könnyen kivitelezhető.

Az okosszerződések Solidity programozási nyelven készültek, és ezek biztosítják a piactér működését, ideértve a tranzakciók és a termékinformációk kezelését. Az alábbiak a legfontosabb szerződések és funkciók:

- createProduct: Új termékek létrehozása az eladók által.
- purchaseProduct: A vásárlási folyamatot kezeli, ideértve a fizetés escrow-ba helyezését.

- confirmDelivery: A vásárló megerősíti a termék kézbesítését, és ezáltal az összeg az eladóhoz kerül.
- deleteProduct: Az eladó töröltre állíthatja a terméke státuszát, így az többé nem megvásárolható.
- requestRefund: A vásárló visszatérítést kérhet, ha a termék nem megfelelő.
- approveRefund: Az eladó jóváhagyja a visszatérítést, és a pénz visszakerül a vásárlóhoz.

A felhasználói felület React segítségével készült, és a Web3.js-t használja az Ethereum hálózattal való kommunikációra. Itt történik a termékek böngészése, a vásárlás, valamint a tranzakciók kezelése.

3.10.3. A rendszer működésének bemutatása

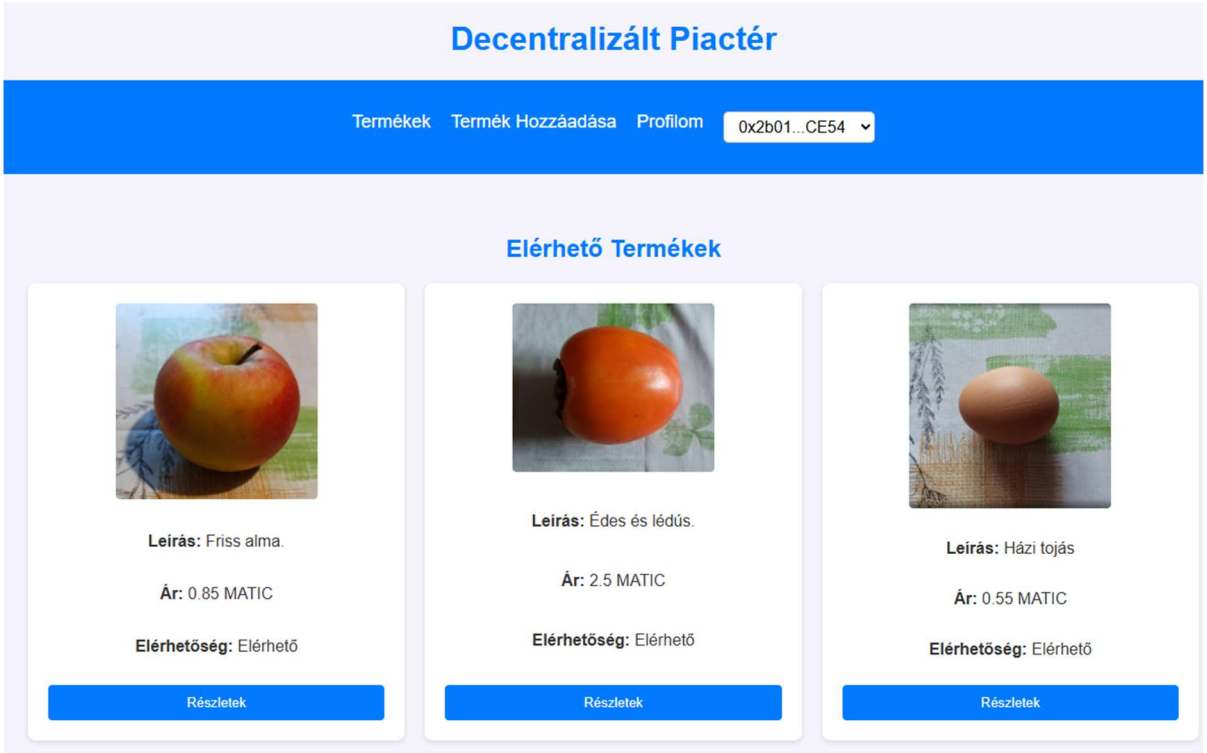
A rendszer működését egy gyakorlati példája alapján mutatom be, amiben szerepel a termékek hozzáadása, vásárlása és a visszatérítési folyamatok kezelése. Először egy mezőgazdasági kistermelő új terméket ad hozzá a piactérhez. Ehhez ki kell töltenie a termék nevét, leírását és árát, majd feltölt egy képet, amely az IPFS segítségével kerül tárolásra. Az adatok ezután az okosszerződésben tárolódnak, és a termék megjelenik a piactéren, ahol a vásárlók böngészhetnek.

1. ábra: Új termék hozzáadása

(Forrás: saját képernyőkép)

2. ábra: Az eladó termékei

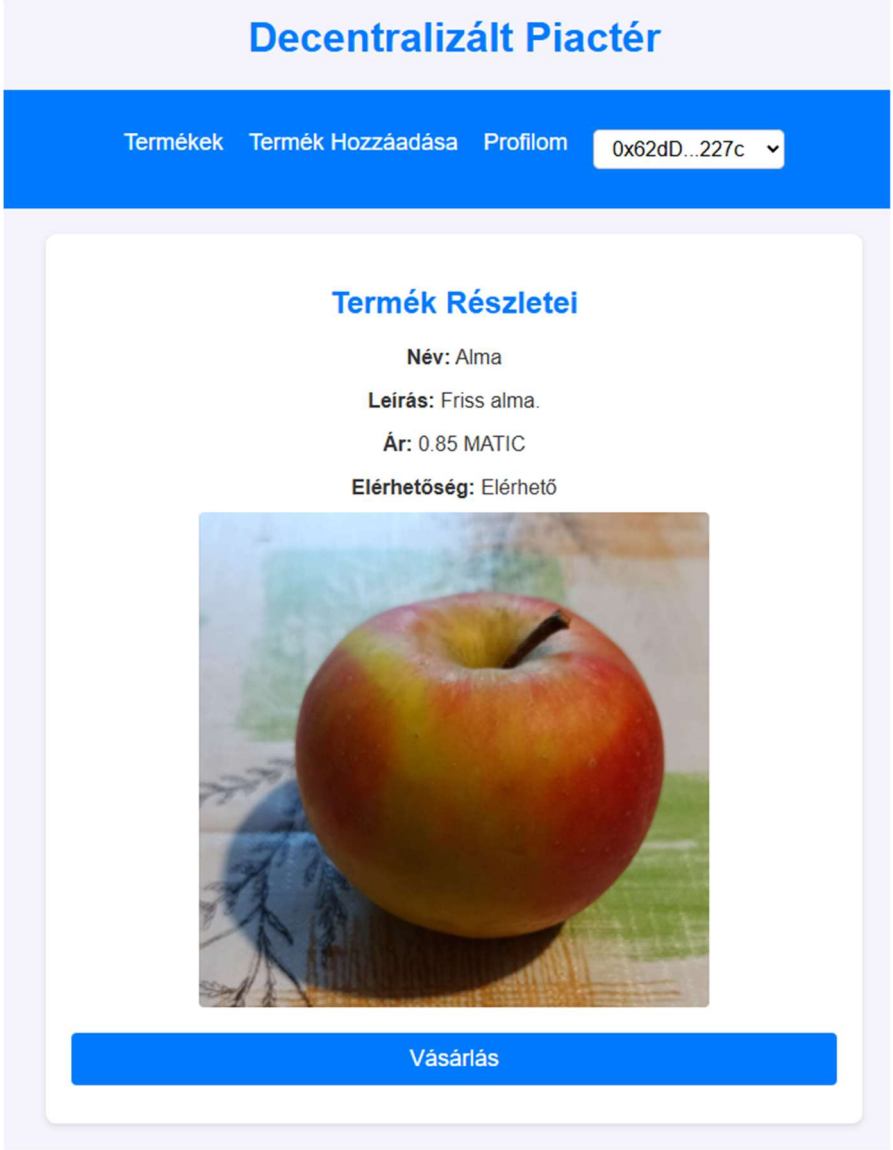
(Forrás: saját képernyőkép)



3. ábra: A termékek listája

(Forrás: saját képernyőkép)

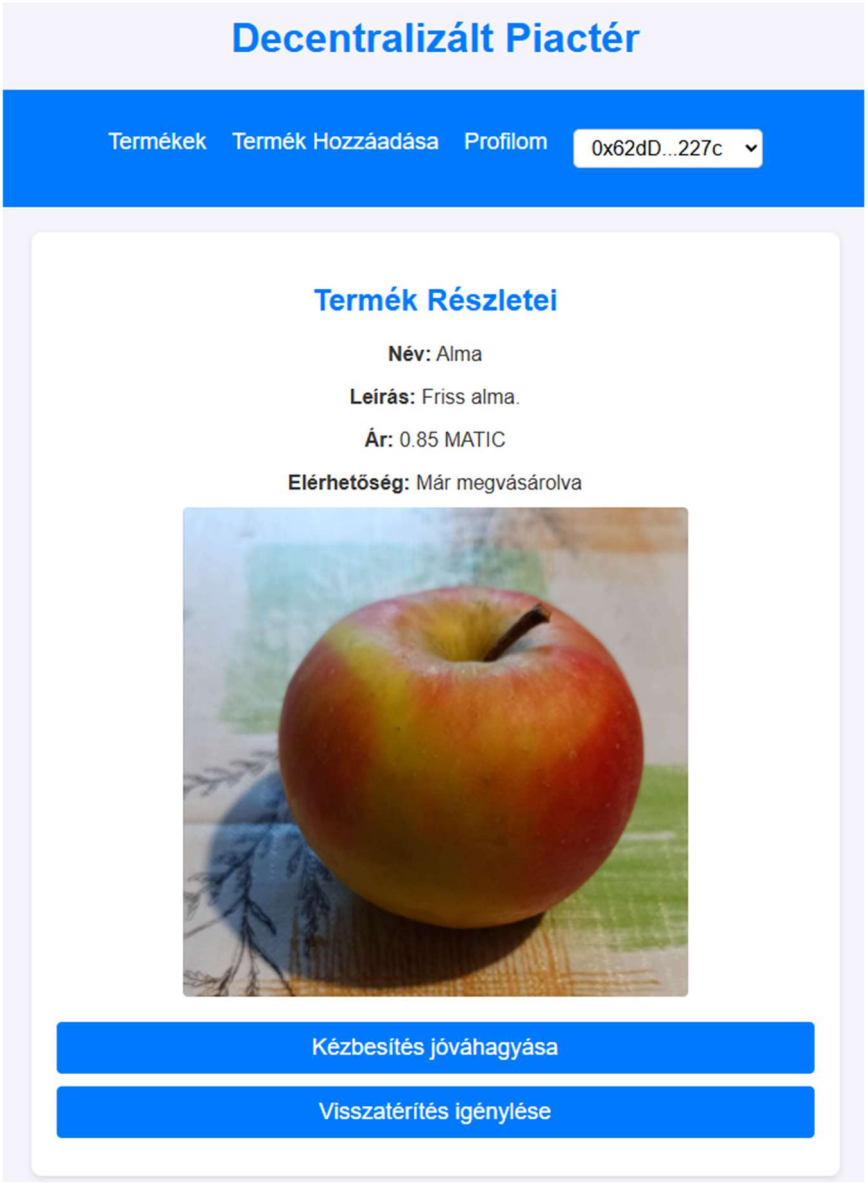
Amikor egy vásárló kiválaszt egy terméket, a piactéren keresztül megvásárolja azt. A tranzakció során a fizetett összeg egy escrow számlára kerül. Miután a vásárló megkapta a terméket, visszaigazolja a kézbesítést, ekkor az escrow számlán lévő összeg felszabadul, és az eladó megkapja a pénzt.



4. ábra: Egy termék adatlapja

(Forrás: saját képernyőkép)

Ha a vásárló elégedetlen a termékkel, lehetősége van visszatérítést kérni. Az eladó ezt követően jóváhagyhatja a visszatérítést, amellyel a pénz visszakerül a vásárlóhoz, lezárva a tranzakciót.



5. ábra: A termék adatlapja vásárlás után

(Forrás: saját képernyőkép)

4. Következtetések és javaslatok

Következtetések:

- A blokklánc technológia lehetőségei a mezőgazdaságban jelentősek, mivel lehetőséget nyújt a folyamatok átláthatóságának növelésére és a közvetlen termelői-vásárlói kapcsolat támogatására. Az okosszerződések használatával a tranzakciók biztonságosan és automatikusan végrehajthatók, minimális adminisztrációval.
- A decentralizált piactér kísérleti megvalósítása során bebizonyosodott, hogy a blokklánc alapú megoldások jól alkalmazhatók a terméklistázás, vásárlás, szállítás és visszatérítés folyamataiban, és hatékony módon használhatók escrow rendszerekkel. Felhasználói szempontból a rendszer működése hasonló egy hagyományos weboldalhoz: a termékek böngészése, kosárba helyezése és vásárlása egyszerű és intuitív, ugyanakkor a háttérben a blockchain technológia biztosítja a tranzakciók átláthatóságát és biztonságát. Ezáltal a rendszer egyszerre nyújtja a decentralizált technológia előnyeit és a hagyományos weboldalak felhasználóbarát funkcionalitását.
- A rendszer lokális tesztkörnyezetben való megvalósítása (Ganache és Remix VM) lehetőséget biztosított az okosszerződések egyszerű fejlesztésére és tesztelésére, elősegítve a piactér kezdeti felépítését. Az IPFS használata (Pinata) pedig megfelelően támogatta a decentralizált fájltárolást, lehetővé téve a képek hatékony kezelését. Bár a jelenlegi megvalósítás biztosítja a fejlesztési rugalmasságot, a rendszer további optimalizálást és skálázási megoldásokat igényel, hogy valódi használati környezetben is sikeresen működhessen.

Javaslatok:

- Érdemes kipróbálni alternatív blokklánc hálózatokat (pl. Polygon, Arbitrum), amelyek kisebb tranzakciós költségek mellett gyorsabbak is lehetnek, ezáltal javítva a rendszer skálázhatóságát és költséghatékonyságát.
- Javasolt további funkciókat beépíteni a piactérbe, mint például a termékek kategorizálása, a felhasználók értékelési rendszere, és egy átfogó logisztikai modul, amely a szállítást is figyelemmel kíséri.
- Az új rendszer sikeres bevezetéséhez elengedhetetlen, hogy a vásárlók és termelők megfelelően ismerjék a blockchain technológia előnyeit és működését. Oktatási anyagok és workshopok szervezése javasolt, amelyek bemutatják az okos szerződések és decentralizált piac használatát.

- Az adatvédelem és a tranzakcióbiztonság érdekében javasolt, hogy a fejlesztés során fokozott figyelmet fordítsunk a hazai és EU-s adatvédelmi szabályozások, mint a GDPR követelményeinek betartására.

5. Összefoglalás

A dolgozat célja a blokklánc technológia mezőgazdasági alkalmazási lehetőségeinek bemutatása, különös tekintettel egy decentralizált piactér modelljére, amely a magyarországi kistermelőket és a fogyasztókat közvetlenül köti össze. A dolgozatban bemutatásra kerül a blokklánc technológia és az okos szerződések alkalmazásának szerepe a piactérben, valamint a technológiai feltételek, kihívások és lehetséges kockázatok.

Néhány alapfogalom megismerése és a szakirodalmi áttekintés után bemutatásra kerültek a decentralizált piactér alapelvei, majd a blokklánc technológia szerepe, különös tekintettel a tranzakciók biztonságára, átláthatóságára és automatizálhatóságára. Az okosszerződések használata fontos része a piactér működésének, mivel automatizálja a fizetési folyamatot és a termékszállítás jóváhagyását, valamint a visszatérítést a vásárló elégedetlensége esetén.

Az ebben a szakdolgozatban említett előnyök közé tartozik, hogy a kistermelők közvetlenül, közvetítői költségek nélkül és nagyobb átláthatósággal értékesítenek egy blokklánc alapú piactéren keresztül. A dolgozat megvizsgálja a decentralizált megoldások technikai és jogi kérdéseit, valamint a működő piachoz elengedhetetlen technológiai feltételeket. Az elemzés kiterjed a piaci modellekre és a különböző kockázatok kezelésére, amelyek egy decentralizált mezőgazdasági piactér működése során felmerülhetnek.

A rendszer felépítése és működése egy prototípus példáján keresztül kerül bemutatásra, amely egy egyszerű lokális tesztkörnyezetben valósult meg Ganache és Remix VM segítségével. A frontend React és Web3.js technológiákat alkalmaz, a decentralizált fájltárolást pedig IPFS biztosítja Pinata szolgáltatón keresztül.

A piactér fő funkciói közé tartozik a termékek létrehozása és listázása, a blokklánc alapú fizetéssel történő vásárlás, valamint a szállítási folyamat ellenőrzése és jóváhagyása. Az escrow alapú fizetési mechanizmus biztosítja, hogy a vásárlók és az eladók közötti tranzakciók biztonságosak és megbízhatóak legyenek. A visszatérítési rendszer további biztonsági mechanizmusként szolgál a fogyasztók számára.

Összességében a tanulmány bemutatja, hogy a blokkláncra épülő decentralizált piactér javíthatja a magyarországi kistermelők gazdasági helyzetét, lehetővé téve számukra a piaci önállóságuk és a bevételeik növelését. A dolgozat zárásaként további kutatási irányok és gyakorlati fejlesztési javaslatok kerültek megfogalmazásra, amelyek a blokklánc technológia széleskörű, fenntartható mezőgazdasági alkalmazását célozzák.

Irodalomjegyzék

Aspris, A. – Foley, S. – Svec, J. – Wang, L. (2021): Decentralized exchanges: The “wild west” of cryptocurrency trading. International Review of Financial Analysis, Volume 77, 101845. Elsevier. DOI: 10.1016/j.irfa.2021.101845

Bano, S. – Sonnino, A – Al-Bassam, M. – Azouvi, S. – McCorry, P. – Meiklejohn, S. – Danezis, G. (2017): Consensus in the Age of Blockchains. Egyesült Királyság: University College London. DOI: 10.48550/arXiv.1711.03936

Brakeville, S. – Perepa, B. (2019): Blockchain basics: Introduction to distributed ledgers. IBM Developer. Letöltés dátuma: 2024.06.29. forrás: https://developer.ibm.com/tutorials/cl-blockchain-basics-intro-bluemix-trs/

Breidenbach, L. – Coventry, A. – Cachin, C. – Ellis, S. – Miller, A. – Juels, A. – Magauran, B. – Nazarov, S. – Topliceanu, A. – Zhang, F. – Chan, B. – Koushanfar, F. – Moroz, D. – Tramèr, F. (2021): Chainlink 2.0: Next Steps in the Evolution of Decentralized Oracle Networks. Chainlink. Letöltés dátuma: 2024.06.30. forrás: https://research.chain.link/whitepaper-v2.pdf

Bryman, H. (2018): Cryptocurrency and Blockchain In Coffee, Part 2: At Origin. Daily Coffee News. Letöltés dátuma: 2024.07.06. forrás: https://dailycoffeenews.com/2018/03/14/cryptocurrency-and-blockchain-in-coffee-part-2-at-origin/

Cerny, N. (2024): Be Part of the Governance. Cardano Developer Portal. Letöltés dátuma: 2024.06.30. forrás: https://developers.cardano.org/docs/governance/

Coelho, R. – Fishman. J. – Ocampo, D. G. (2021): Supervising cryptoassets for anti-money laundering. FSI Insights, 31. Letöltés dátuma: 2024.06.29. forrás: https://www.bis.org/fsi/publ/insights31.pdf

Copeland, T. (2024): What is Ethereum Layer 2 network ZKsync and how does it work? The Block. Letöltés dátuma: 2024.06.30. forrás: https://www.theblock.co/learn/286330/what-is-zksync-and-how-does-it-work

Crooks, N. (2023): How is bitcoin similar to gold? The Block. Letöltés dátuma: 2024.06.29. forrás: https://www.theblock.co/learn/245718/how-is-bitcoin-similar-to-gold

Das, L. (2023): What Is a Sidechain? Letöltés dátuma: 2024.06.29. forrás: https://www.ledger.com/academy/what-is-a-sidechain

Das, L. (2024): What Are Ethereum Layer 2 Blockchains and How Do They Work? Letöltés dátuma: 2024.06.29. forrás: https://www.ledger.com/academy/topics/blockchain/what-are-ethereum-layer-2-blockchains-and-how-do-they-work

Frizzo-Barker, J. – Chow-White, P. A. – Adams, P. R. – Mentanko, J. – Ha, D. – Green, S. (2020): Blockchain as a disruptive technology for business: A systematic review. International Journal of Information Management, 51, 102029. Hollandia: Elsevier Science Publishers B. V. DOI: 10.1016/j.ijinfomgt.2019.10.014

Gad, A. G. – Mosa, D. T. – Abualigah, L. M. Q. - Abohany, A. A. (2022): Emerging Trends in Blockchain Technology and Applications: A Review and Outlook. Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences, 34(9), pp. 6719-6742. Szaúd-Arábia: King Saud University. DOI: 10.1016/j.jksuci.2022.03.007

Ganor, J. (2023): What Is Avalanche? In-depth Guide. Chainport. Letöltés dátuma: 2024.06.30. forrás: https://www.chainport.io/knowledge-base/what-is-avalanche-in-depth-guide

Gaurav, R. (2022): What is Avalanche (AVAX)? Features, Tokenomics and Road Map. CoinMarketCap. Letöltés dátuma: 2024.06.30. forrás: https://coinmarketcap.com/academy/article/a-deep-dive-into-avalanche-avax

Ghosh, A. – Gupta, S. – Duam, A. – Kumar, N. (2020): Security of Cryptocurrencies in blockchain technology: State-of-art, challenges and future prospects. Journal of Network and Computer Applications, 163, 102635. Elsevier. DOI: 10.1016/j.jnca.2020.102635

Gordon, W. J. – Catalini, C. (2018): Blockchain Technology for Healthcare: Facilitating the Transition to Patient-Driven Interoperability. Computational and Structural Biotechnology Journal, 16, pp. 224-230. Hollandia: Elsevier B. V. DOI: 10.1016/j.csbj.2018.06.003

Hafid, A. – Hafid, A. S. – Samih, M. (2020): Scaling Blockchains: A Comprehensive Survey. IEEE Access, 8, pp. 125244-125262. DOI: 10.1109/ACCESS.2020.3007251

Hayes, A. (2024): Blockchain Facts: What Is It, How It Works, and How It Can Be Used. Investopedia. Letöltés dátuma: 2024.06.29. forrás: https://www.investopedia.com/terms/b/blockchain.asp#toc-how-are-blockchains-used

http1 (2022): How Does a Blockchain Transaction Work? Ledger Academy. Letöltés dátuma: 2024.06.29. forrás: https://www.ledger.com/academy/how-does-a-blockchain-transaction-work

http2 (2022): Transactions Per Second (TPS) Meaning. Ledger Academy. Letöltés dátuma: 2024.06.29. forrás: https://www.ledger.com/academy/glossary/transactions-per-second-tps

http3 (2024): Ethereum Whitepaper. Ethereum. Letöltés dátuma: 2024.06.29. forrás: https://ethereum.org/en/whitepaper/

http4 (2024): What is ether (ETH)? Ethereum. Letöltés dátuma: 2024.06.29. forrás: https://ethereum.org/en/eth/

http5 (2024): Layer 2. Ethereum. Letöltés dátuma: 2024.06.29. forrás: https://ethereum.org/en/layer-2/

http6 (2021): What Is Polygon (MATIC)? Binance Academy. Letöltés dátuma: 2024.06.30. forrás: https://academy.binance.com/en/articles/what-is-polygon-matic

http7 (2024): Arbitrum's Impact on Cross-Chain Interoperability. Smart Liquidity Research. Letöltés dátuma: 2024.06.30. forrás: https://smartliquidity.info/2024/05/23/arbitrums-impact-on-cross-chain-interoperability/

http8 (2024): What Is ZKsync and How Does It Work? Binance Academy. Letöltés dátuma: 2024.06.30. forrás: https://academy.binance.com/en/articles/what-is-zksync-and-how-does-it-work

http9 (2021): What Is Solana (SOL)? Binance Academy. Letöltés dátuma: 2024.06.30. forrás: https://academy.binance.com/en/articles/what-is-solana-sol

http10 (2020): What Is Cardano (ADA)? Binance Academy. Letöltés dátuma: 2024.06.30. forrás: https://academy.binance.com/en/articles/what-is-cardano-ada

http11 (2021): What Is Avalanche (AVAX)? Binance Academy. Letöltés dátuma: 2024.06.30. forrás: https://academy.binance.com/en/articles/what-is-avalanche-avax

http12 (2020): What Is Chainlink (LINK)? Binance Academy. Letöltés dátuma: 2024.06.30. forrás: https://academy.binance.com/en/articles/what-is-chainlink-link

http13 (2019): Four Ways Blockchain Is Transforming Supply Chain Management. Agrichain. Letöltés dátuma: 2024.07.05. forrás: https://agrichain.com/blockchain-transforming-supply-chain-management/

http14 (2018): Blockgrain Whitepaper. Agrichain. Letöltés dátuma: 2024.07.05. forrás: https://pages.agrichain.com/hubfs/Blockgrain_Whitepaper-1.pdf

http15 (2017): TE_FOOD Whitepaper. TE-FOOD. Letöltés dátuma: 2024.07.06. forrás: https://te-food.com/wp-content/uploads/2020/11/te-food-white-paper.pdf

http16 (2018): Agrolot Whitepaper. Letöltés dátuma: 2024.07.06. forrás: https://cisfunctionsstorage.blob.core.windows.net/cis-files/whitepaper/AGLT_agrolot.pdf

http17 (2017): CoffeeCoin Whitepaper. Letöltés dátuma: 2024.07.06. forrás: https://drive.google.com/file/d/0B2U7BxOUv-TXcGlVNXhDWGpUQVk/view?resourcekey=0-MwlKopGN6qYPpaPSzjGxVA

http18 (2022): Etherisc White Paper 2.0. Letöltés dátuma: 2024.07.06. forrás: https://uploads-ssl.webflow.com/6243075ff83d08a79dc7b307/63bbffeb07508e1d02fc70b4_Etherisc%20Whitepaper%20December%202022.pdf

http19 (2023): Morpheus.Network Black Platform. Letöltés dátuma: 2024.07.06. forrás: https://morpheus.network/assets/Morpheus.Network_Black_Platform.pdf

IBM (2018): Moving to a token-driven economy. IBM. Letöltés dátuma: 2024.06.29. forrás: https://www.ibm.com/downloads/cas/YMRKPOJ8

Javaid, M. – Haleem, A. – Singh, R. P. – Suman, R. – Khan, S. (2022): A review of Blockchain Technology applications for financial services. BenchCouncil Transactions on Benchmarks, Standards and Evaluations, 2(3), 100073. DOI: 10.1016/j.tbench.2022.100073

Lesavre, L. – Varin, P. – Mell, P. – Davidson, M. – Shook, J. (2020): A Taxonomic Approach to Understanding Emerging Blockchain Identity Management Systems. NIST Cybersecurity White Paper, 9. Egyesült Államok: National Institute of Standards and Technology. DOI: 10.6028/NIST.CSWP.01142020

Makori, J. (2023): Polygon vs. Ethereum: DeFi, NFTs, Gas Fees, and More. CoinGecko. Letöltés dátuma: 2024.06.30. forrás: https://www.coingecko.com/learn/polygon-vs-ethereum

Miles, C. (2017): Blockchain security: What keeps your transaction data safe? IBM. Letöltés dátuma: 2024.06.29. forrás: https://www.ibm.com/blog/blockchain-security-what-keeps-your-transaction-data-safe/

Mungoli, N. (2023): Deciphering the Blockchain: A Comprehensive Analysis of Bitcoin's Evolution, Adoption, and Future Implications. Egyesült Államok: University of North Carolina at Charlotte. DOI: 10.48550/arXiv.2304.02655

Phillips, D. (2021): What Is Polygon? CoinMarketCap. Letöltés dátuma: 2024.06.30. forrás: https://coinmarketcap.com/academy/article/what-is-polygon-matic

Phillips, D. (2021): What Is Arbitrum? CoinMarketCap. Letöltés dátuma: 2024.06.30. forrás: https://coinmarketcap.com/academy/article/what-is-arbitrum

Roy, G. (2024): What Is Ethereum Proof-of-Stake? Ledger Academy. Letöltés dátuma: 2024.06.29. forrás: https://www.ledger.com/academy/ethereum-proof-of-stake-pos-explained

Saberi, S. – Kouhizadeh, M. – Sarkis, J. – Shen, L. (2018): Blockchain technology and its relationships to sustainable supply chain management. International Journal of Production Research, 57(7), pp. 2117–2135. DOI: 10.1080/00207543.2018.1533261

Sharif, M. M. – Ghodoosi, F. (2022): The Ethics of Blockchain in Organizations. The Ethics of Blockchain in Organizations, 178(4), pp. 1009-1025. Springer. DOI: 10.1007/s10551-022-05058-5

Silva, E.C., Mira da Silva, M. (2022): Research contributions and challenges in DLT-based cryptocurrency regulation: a systematic mapping study. Journal of Banking and Financial Technology, 6, pp. 63–82. DOI: 10.1007/s42786-021-00037-2

Singh, A. – Kumar, G. – Saha, R. – Conti, M. – Alazab, M. – Thomas, R. (2022): A survey and taxonomy of consensus protocols for blockchains. Journal of Systems Architecture, 127, 102503. Elsevier. DOI: 10.1016/j.sysarc.2022.102503

Sirer, E. G. (2022): A Dive Into Avalanche. CoinMarketCap. Letöltés dátuma: 2024.06.30. forrás: https://coinmarketcap.com/academy/article/a-dive-into-avalanche

SubQuery Network (2024): Ethereum's Layer 2 Landscape: An Overview. Medium. Letöltés dátuma: 2024.11.01. forrás: https://subquery.medium.com/ethereums-layer-2-landscape-an-overview-2c40858c4615

The Investopedia Team (2024): What Are Smart Contracts on the Blockchain and How Do They Work? Investopedia. Letöltés dátuma: 2024.06.29. forrás: https://www.investopedia.com/terms/s/smart-contracts.asp

Tran, Q. N. – Turnbull, B. P. – Wu, H.-T. – de Silva, A. J. S. – Kormusheva, K. – Hu, J. (2021): A Survey on Privacy-Preserving Blockchain Systems (PPBS) and a Novel PPBS-Based Framework for Smart Agriculture. IEEE Open Journal of the Computer Society, 2, pp. 72-84. DOI: 10.1109/OJCS.2021.3053032

Vermaak, W. (2021): A Deep Dive Into Cardano. CoinMarketCap. Letöltés dátuma: 2024.06.30. forrás: https://coinmarketcap.com/academy/article/a-deep-dive-into-cardano

Xiong, H. – Dalhaus, T. – Wang, P. – Huang, J. (2020): Blockchain Technology for Agriculture: Applications and Rationale. Frontiers in Blockchain, 3(1). DOI: 10.3389/fbloc.2020.00007

Yaga, D. – Mell, P. – Roby, N. – Scarfone, K. (2018): NIST IR 8202 - Blockchain Technology Overview. Egyesült Államok: National Institute of Standards and Technology. DOI: 10.6028/NIST.IR.8202

Zhang, B. – Oliynykov, R. – Balogun, H. (2019): A Treasury System for Cryptocurrencies: Enabling Better Collaborative Intelligence. Network and Distributed Systems Security (NDSS) Symposium 2019. DOI: 10.14722/ndss.2019.23024

Zhang, J. (2019): Deploying Blockchain Technology in the Supply Chain. Computer Security Threats, Intechopen. DOI: 10.5772/intechopen.86530

Ábrajegyzék

NYILATKOZAT

a szakdolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: NAGY LAJOS

A Hallgató Neptun kódja: A342LP

A dolgozat címe: BLOKKLÁNCOK HASZNÁLATA A MEZŐGAZDASÁGI TERMELÉSBEN

A megjelenés éve: 2024

A konzulens intézetének neve: NÖVÉNYTERMESZTÉSI-TUDOMÁNYOK INTÉZET

A konzulens tanszékének a neve: AGRONÓMIA TANSZÉK

Kijelentem, hogy az általam benyújtott szakdolgozat egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlant állítottam, tudomásul veszem, hogy a záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkori szellemitulajdon-kezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem MATER Hallgatói Dolgozatok repozitoriumába. Tudomásul veszem, hogy a megvédett és

- nem titkosított dolgozat a védést követően
- titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelte után

nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem MATER Hallgatói Dolgozatok repozitoriumában.

Kelt: VÁC, 2024 év 11 hó 03 nap

Nagy Lajos

Hallgató aláírása

NYILATKOZAT

NAGY LAJOS (hallgató Neptun azonosítója: A342LP) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A szakdolgozatot a záróvizsgán történő védésre **javaslom / nem javaslom**[1].

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem*[2]

Kelt: 2024 év 11 hó 04 nap

belső konzulens

[1] A megfelelő aláhúzandó.
[2] A megfelelő aláhúzandó.